Г. А. Шкляревич, О. В. Фомина. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ ГАГИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*SOMATERIA MOLLISSIMA* L.) БЕЛОГО МОРЯ **86**

Ю. А. Шустов, И. А. Тыркин, Е. Н. Белякова. ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОЛОДИ КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. В ВОДОЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ **94**

Е. А. Фионина. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ЛЕСНОГО КОНЬКА *ANTHUS TRIVIALIS* L. В ОТКРЫТЫХ БИОТОПАХ ДОЛИНЫ РЕКИ ОКИ **102**

М. Г. Рябинкина, Т. П. Куликова, Л. П. Рыжков. ЗООПЛАНКТОН ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ЛАДОГИ **113**

Краткие сообщения

Б. В. Раевский. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАРЕЛИИ **126**

В. А. Карпин. СЕРООЛЬШАНИКИ ЗАОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА **130**

В. Л. Миронов. СПЕЦИФИКА ПРИОЗЕРНЫХ БОЛОТ У ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ПАДОЗЕРА (СРЕДНЯЯ ТАЙГА) **132**

М. А. Фадеева, А. В. Кравченко. НОВЫЕ ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ ДЛЯ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ **138**

А. Э. Хумала, А. В. Полевой. ДОПОЛНЕНИЕ К ЭНТОМОФАУНЕ ЗАКАЗНИКА «КИЖСКИЕ ШХЕРЫ» **141**

Хроника

В. К. Антипин, А. М. Крышень. Всероссийская научно-практическая конференция «Особо охраняемые природные территории в XXI веке: современное состояние и перспективы развития», посвященная 20-летнему юбилею национального парка «Водлозерский» **146**

Юбилеи и даты

А. В. Артемьев. Владимир Борисович Зимин (к 75-летию со дня рождения) **152**

О. Н. Лебедева. Олег Леонидович Кузнецов (к 60-летию со дня рождения) **158**

М. А. Скоробогатов. Алексей Елпидифорович Веселов (к 50-летию со дня рождения) **165**

Правила для авторов **170**

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. № 1, 2012. Серия БИОГЕОГРАФИЯ

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 1, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия БИОГЕОГРАФИЯ. Выпуск 13

СОДЕРЖАНИЕ

П. Ю. Литинский. ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ **3**

И. Б. Кучеров, С. А. Кутенков. КУСТАРНИЧКОВЫЕ СФАГНОВО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЕ И СФАГНОВЫЕ СОСНЯКИ СРЕДНЕЙ И СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ **16**

А. А. Бобров, Е. В. Чемерис. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ МАЛОЙ ЮЖНОТАЕЖНОЙ РЕКИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ЗАРЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КУЕКША, КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ) **33**

Л. В. Канцерова. РАЗНООБРАЗИЕ И СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПРИДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ КАРЕЛИИ **48**

Т. А. Чекрыжева. ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА **56**

С. В. Сазонов. ОБНОВЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ФАУНЫ И ФАУНИСТИЧЕСКИХ ГРУПП ПТИЦ ДЛЯ ЗАПАДА ЕВРАЗИЙСКОЙ ТАЙГИ **70**

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия БИОГЕОГРАФИЯ. Выпуск 13

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 1, 2012. Серия БИОГЕОГРАФИЯ, вып. 13

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 1, 2012. BIOGEOGRAPHY Series

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Schiptsov

Редакционная коллегия серии «Биогеография»

А. В. Артемьев, В. Ф. Брязгин, Х. Васандер, А. Е. Веселов, А. Н. Громцев, П. И. Данилов, Е. П. Иешко, С. Ф. Комулайнен, А. В. Кравченко, А. М. Крышень (отв. редактор), О. Л. Кузнецов (зам. отв. редактора), В. И. Кухарев, Т. Линдхольм, О. О. Предтеченская (отв. секретарь), А. И. Слабунов, Н. Г. Федорец, В. Т. Ярмишко

Editorial Board of the «Biogeography» Series

A. V. Artem'ev, V. F. Bryazgin, H. Vasander, A. E. Veselov, A. N. Gromtsev, P. I. Danilov, E. P. Ieshko, S. F. Komulainen, A. V. Kravchenko, A. M. Kryshen' (Editor-in-Charde), O. L. Kuznetsov (Deputy Editor in-Charde), V. I. Kuharev, T. Lindholm, O. O. Predtechenskaya (Executive Secretary), A. I. Slabunov, N. G. Fedorets, V. T. Yarmishko

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

© Карельский научный центр РАН, 2012

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 3–15

УДК 528.8+681.3:574.4

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

П. Ю. Литинский

Институт леса Карельского научного центра РАН

Описываются результаты создания геоинформационной модели оригинальным методом моделирования спектрального пространства сканерного снимка Landsat ETM+. Показано, что для лесных экосистем в значительной части случаев локализация спектральных классов модели прямо соответствует их положению в осях эдафофитоценотических координат, причем идентифицируются биогеоценотические комплексы (четвертичные отложения + растительность). Для болотных экосистем спектральные классы четко отражают тип водно-минерального питания (олиготрофное/мезотрофное). Декомпозиция неоднозначных спектральных классов производится по геоморфометрической модели и по разновременным данным, в результате выделяются все основные классы первичных экосистем, а также различные варианты и стадии их естественных и антропогенных нарушений, в общей сложности несколько десятков категорий, с детализацией масштаба примерно 1 : 25 000. Таким образом создается структурная основа для интеграции результатов различных натурных исследований, и в итоге – для построения комплексной структурно-функциональной модели.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, таежные экосистемы, дистанционное зондирование, классификация многоспектральных сканерных снимков.

P. Yu. Litinskiy. GEOINFORMATION MODEL OF EASTERN FENNOSCANDIA NORTHERN TAIGA ECOSYSTEMS

The results of creation of geoinformation model by an original technique of spectral space modeling of Landsat ETM+ image are described. It is shown that for forest ecosystems the location of spectral classes in many cases directly corresponds to their location within the axes of edaphic and phytocenotic coordinates, and the biogeocenotic complexes (quaternary deposits + vegetation) are identified. For mire ecosystems, spectral classes accurately reflect the water and mineral nutrition type (oligotrophic/mesotrophic). Ambiguous classes are decomposed using the geomorphometric model and time series imagery. As the result, all basic classes of primary ecosystems, as well as variants and stages of their natural and anthropogenic disturbance, are distinguished, totalling several dozens of categories, with a scale approximately 1 : 25 000. Thus the structural basis is created for integration of the results of various *in situ* surveys and, eventually – for building of the complex structural and functional model.

Key words: geoinformation modeling, boreal ecosystems, remote sensing, multispectral images classification.

Введение

В настоящее время одним из основных направлений биогеографических исследований в Карелии является *«изучение структурно-функциональной организации и динамики лесных экосистем»* [Лесобиологические исследования..., 2007, с. 11]. При этом абсолютный приоритет отдается натурным исследованиям биоценозов и их компонентов на отдельных модельных объектах. Но сколь бы детальными такие исследования ни были, все они имеют смысл лишь в том случае, если их результаты в дальнейшем будут интегрированы и экстраполированы на определенную территорию. Для этого необходима ее структурная (геоинформационная) модель, которая может быть создана лишь с использованием данных приборов дистанционного зондирования (ДЗ) – космических сканеров и радаров высокого разрешения [Барталев и др., 2007].

Работы над созданием геоинформационной модели Восточной Фенноскандии ведутся в Институте леса Карельского НЦ РАН с 1990-х гг. В начальный период применялся традиционный подход к классификации сканерных снимков – математическая экстраполяция наземных данных на всю охваченную снимком территорию, в качестве ключевых участков использовались в основном данные ландшафтных исследований [Литинский, 2003, 2004]. Однако постепенно выявилась недостаточная эффективность традиционных методов классификации для создания геоинформационной модели. Все они основаны на формальном математическом сходстве кривых спектрального отражения (сигнатур), без какого-либо учета их формы как таковой, которая определяется биотическими свойствами отражающей поверхности. Более того, ввиду технических ограничений сканера в значительной части случаев не существует взаимно однозначного соответствия между формой сигнатуры и типом экосистемы [Литинский, 2007, с. 70]. Исследователь по сути дела действует вслепую, т. е. не может оценить реальные размеры и взаимное расположение категорий земной поверхности в многомерном спектральном пространстве (СП) снимка, которое остается «черным ящиком».

С другой стороны, очевидной стала недостаточная пригодность ландшафтных профилей как ключевых участков. Информация профилей имеет скорее иллюстративный, нежели количественный характер, и на них затруднительно набрать количество участков, обеспечивающее статистическую достоверность результатов. Не привела к кардинальному улучшению положения и закладка дополнительных ключевых участков. Поэтому был разработан принципиально иной метод классификации, основанный на моделировании СП снимка и сопоставлении его с массовыми наземными данными – материалами лесоустройства и аэрофотоснимками [Литинский, 2011]. Поскольку имевшиеся в распоряжении пакеты обработки данных ДЗ (GRASS, Idrisi) не содержат средств для реализации данного метода, потребовалась разработка собственного программного обеспечения в виде дополнительного модуля для этих пакетов. В статье кратко изложены первые основные результаты применения данного методического подхода в северотаежной подзоне Восточной Фенноскандии.

Объекты и методика

Для создания геоинформационной модели использовался космический снимок, полученный сканером Landsat 7 (сенсор ETM+) 28 июля 2000 г. Были взяты сцены 14 и 15 витка 186, покрывающие большую часть северотаежной подзоны Восточной Фенноскандии и включающие все основные типы природных комплексов данной территории, за исключением горных тундр хребта Маанселькя (рис. 1). Снимок находится в свободном доступе в архиве по адресу ftp://ftp.glcf.umiacs.umd.edu/glcf/Landsat. Динамика растительного покрова выявлялась путем сравнения данного снимка с двумя сценами Landsat 5 (сенсор TM) того же витка от 12 июня 1992 (северная часть, сцена 14) и 23 июня 1990 (южная часть, сцена 15).

Программное обеспечение

Классификация снимка проводилась методом моделирования СП сканерного снимка [Литинский, 2011]. Для построения модели СП исходное пространство снимка особым образом трансформируется: число размерностей пространства уменьшается до трех наиболее значимых для выявления категорий таежной растительности. Модель строится в осях ***xyz***, где ***x*** и ***y*** – соответственно первая (PC1) и вторая (PC2) главные компоненты логарифмированной матрицы минимально взаимно коррелирующих каналов сканера (R, NIR, SWIR2), а ***z*** – индекс стресса влажности MSI (отношение каналов SWIR1 и NIR в процентах). Каждая категория земной поверхности представляется в модели в виде призматической области СП, в которой основания призмы описываются полигонами векторного файла, а ее высота и положение в оси MSI – атрибутивными значениями полигона.

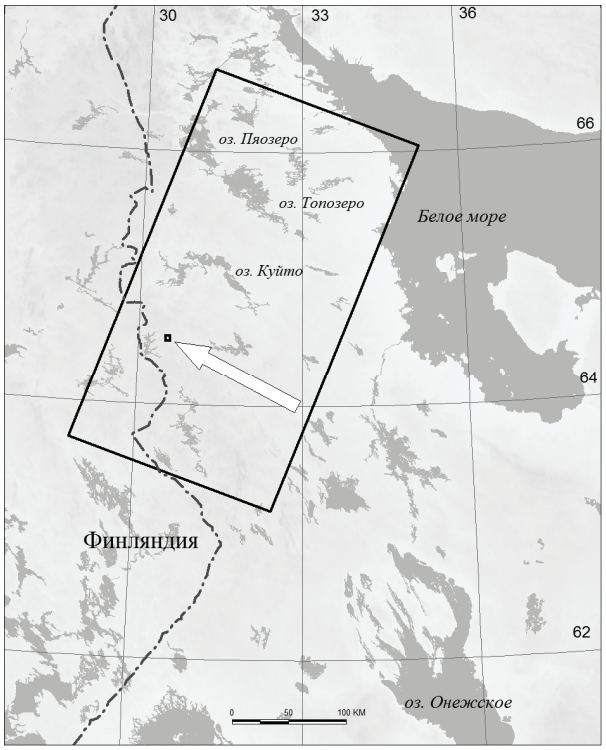


Рис. 1. Локализация объекта исследования – сцены 14 и 15 витка 186 сканера Landsat. Стрелка показывает положение фрагмента, представленного на рис. 5

Для классификации данным методом разработан оригинальный программный модуль (свид. о гос. регистрации № 2011613929 от 20.05.2011). Модуль работает в двух режимах: создания модели СП и собственно классификации. В первом режиме создается векторный файл модели СП (shape-файл ESRI), он может визуализироваться для анализа и редактирования или же сразу использоваться для классификации. Для работы модуля необходимы растровые файлы компонент PC1 и PC2, файл индекса MSI и (в первом режиме) файл локализации ключевых участков. Подготовка растровых файлов, анализ и редактирование модели проводилось с использованием свободно распространяемого пакета Quantum GIS (http://qgis.org), который включает векторную ГИС (упрощенный аналог ArcMap ESRI), а также растровый пакет GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), содержащий широкий набор модулей анализа и обработки геоинформации.

Препроцессорная обработка. Все данные были приведены к картографической проекции сканерного снимка – UTM36N, эллипсоид WGS84. В векторной ГИС создавался shape-файл полигонов ключевых участков и производился анализ и при необходимости редактирование файла модели СП. Файлы компонент создавались модулем GRASS **i.pca**, файл MSI – модулем **r.mapcalc**, растр ключевых участков – модулем **v.to.rast** из shape-файла их полигонов.

При создании файлов компонент были взяты наименее взаимно коррелирующие каналы снимка – R, NIR, SWIR2 (табл. 1). При таких параметрах трансформации левая, «водная» часть спектрального гиперэллипсоида становится диффузной, но «наземная» часть наиболее развернута в пространстве (серый фон на рис. 2–4). Панхроматический канал использовался для создания цветного растра с разрешением 15 м (подложка на рис. 5) методом двойной трансформации моделей цвета RGB-HIS-RGB с помощью модулей **i.his.rgb** и **i.rgb.his** с подстановкой панхроматического канала как яркостного. Растр применялся при визуальной локализации ключевых участков.

Для повышения достоверности классификации необходимо использование геоморфометрической модели на основе цифровой модели высот (DEM). Построение DEM производилось путем интерполяции точек векторизованных горизонталей топокарты М 1 : 200 000 методом регуляризованных сплайнов с натяжением (модуль **v.surf.rst**). Геоморфометрическая модель, позволяющая определить уклоны и формы рельефа [Wood, 1996], формировалась из DEM с помощью модуля **r.param.scale**.

Таблица 1. Исходные данные и параметры их трансформации для создания модели СП

Спектральные каналы ETM+				Эйгенвекторы компонент	
№	Название	Разрешение, м	Диапазон, мкм	PC1	PC2
3	Красный, R	30	0,63–0,69	260,8	582,2
4	Ближний инфракрасный, NIR	30	0,78–0,90	791,1	– 586,0
5	1-й средневолновый инфракрасный, SWIR1	30	1,55–1,75	0	0
7	2-й средневолновый инфракрасный, SWIR2	30	2,09–2,35	553,2	563,5
8	Панхроматический	15	0,52–0,90	0	0

Постпроцессорная обработка. Классифицированный растр обеспечивает высокую детальность – средний размер участка некоторых категорий не более нескольких пикселов (несколько десятых долей гектара), поэтому для генерализации изображения использовалась фильтрация модулем **r.neighbour**. Векторизация осуществляется модулем **r.to.vect**, обработка векторных слоев (удаление малых полигонов, также с целью генерализации) – модулем **v.clean**. Эти операции, требующие боль-

шой вычислительной мощности, выполнялись на суперкомпьютере Карельского НЦ РАН (*http://cluster.krc.karelia.ru*).

Наземные данные. Для калибровки модели использовались приведенные к рабочей проекции фрагменты планов лесонасаждений, картографические данные исследований лесных и болотных экосистем [Волков и др., 1995; Юрковская, Елина, 2005; Токарев, 2005], растровые топографические карты М 1 : 50 000, а также архивные аэрофотоснимки и материалы отчетов Института леса Карельского НЦ РАН.

Результаты и обсуждение

Общее описание модели СП снимка

Положение категории земной поверхности в СП определяется формой ее сигнатуры, т. е. соотношением отражения и поглощения в различных диапазонах спектра на молекулярном (хлорофилл), клеточном (паренхима листа) и макроуровнях (ровность отражающей поверхности, структура лесного полога). При построении модели в 3D-пространстве осей PC1-PC2-MSI наиболее общие различия категорий проявляются в их проекции на плоскость осей компонент (см. рис. 2–4). Ординация сигнатур происходит таким образом, что общая яркость (суммарная величина формирующих сигнатуру значений) возрастает слева направо, вдоль первой главной компоненты.

В самой левой, наиболее «темной» части (значение PC1 менее 500) расположены водные поверхности. Объясняется это тем, что основная часть всего спектра солнечного излучения отражается от поверхности воды, не попадая в объектив сканера, а значительная часть инфракрасного спектра водой поглощается. Лесной полог отличается сильной неровностью поверхности, поглощающей большую долю как видимого, так и инфракрасного излучения, поэтому высокосомкнутые леса расположены в самой левой части всех наземных категорий (значение PC1 в пределах 500–650), правее расположены редкостойные леса и кустарники. Ровные поверхности, покрытые недревесной растительностью – болота, вырубки, сельхозугодья, поглощают значительно меньшее количество излучения, чем лесной полог, поэтому занимают самую правую часть СП.

Вторая главная компонента определяет положение категорий с различным количеством фотосинтезирующей биомассы, причем связь обратно пропорциональная – области лишенных растительности категорий находятся в зоне максимальных значений (PC2 более 250), в противоположной части (на рисунке внизу) – высокопродуктивные хвойные молодняки, луга, сельхозкультуры (см. рис. 4).

Третье измерение модели – индекс влажности MSI. Одну и ту же область в 2D-пространстве компонент могут занимать принципиально различные категории – например, топи болот и высокосомкнутые ельники, отдельные участки олиготрофных болот и сосновые молодняки, различаются они по значению MSI (указано в табл. 2 и 3). Таким образом, в целом модель СП представляет собой сложную объемную фигуру.

Таблица 2 . Классы первичных лесных экосистем геоинформационной модели

Спектральные классы			Классы экосистем		
№	Название	Индекс влажности MSI, %	Положение в рельефе и/или типе ландшафта	Индекс экосистемы	Тип леса (С – сосняк, Е – ельник)
1	Сосняки зеленомошные	50–65	Вершины моренных холмов	1a	С. брусничные
			Склоны моренных холмов	1b	С. черничные
2	Сосняки брусничные	60–80	Флювиогляциальные дельты	2	С. брусничные
3	Сосняки скальные, каменистые	70–90	Скальные обнажения	3a	С. скальные
			зандровые равнины	3b	С. каменистые
4	Высокополнотные ельники	55–65	Склоны моренных холмов	4a	Е. черничные
			Подножия холмов	4b	Е. долгомошные
			Ложбины стока	4c	Е. логовые
5	Низкополнотные хвойные	50–70	Озерные равнины	5a	Е. черничные влажные
			Холмы денудационно-тектонические – тонкий слой морены	5b	С/Е черничные/ брусничные скальные
			Ложбины стока	5c	Е. сфагновые
6	Сосняки багульниковые	55–65	Озерные равнины	6	С. багульниковые
7	Хвойно-лиственные	45–55	Морена	7	С/Е/Б черничные / брусничные
23	Сосняки сфагновые	55–70	Озерные равнины	24	С. сфагновые

Таблица 3. Нарушенные экосистемы и воды

Спектральный класс	Индекс влажности MSI, %	Категория
10	90–160	Свежая вырубка
9	90–160	Вырубка 3–5 лет
11	45–65	Молодняк сосны на морене 10–20 лет
12	40–60	То же, 20–40 лет
14	65–85	Молодняк сосны 10–40 лет на флювиогляциальных отложениях
61, 62	70–90	Гари различного типа и давности
40	90–120	Кустарники
13	40–60	Луга, сельхозкультуры
50	90–150	Застройка, карьеры и т. п.
30	50–90	Озера
31	20–50	Мелководье
33	30–110	Загрязненные воды

По типу растительного покрова таежные экосистемы классифицируются на два основных типа – лесные и болотные, кроме того, существуют и лишенные растительности (как правило, вследствие антропогенного воздействия) участки. Поэтому при описании модели СП снимка таежной территории условно принято, что она состоит из трех взаимопересекающихся подпространств: 1) лесного, 2) болотного и 3) подпространства нарушенных экосистем. Границы между подпространствами во многом также условны, поэтому некоторые сегменты (спектральные классы) модели представлены одновременно на нескольких рисунках.

Лесное подпространство

К этому подпространству отнесены приспевающие, спелые и перестойные леса, находящиеся в естественном состоянии или на поздних стадиях восстановления до состояния, близкого к естественному, после различных видов естественного или антропогенного воздействия. Молодняки (т. е. лесные экосистемы, находящиеся на начальных стадиях восстановления), рассматриваются в подпространстве нарушенных экосистем.

Основные факторы, определяющие положение растительной категории в СП – это количество фотосинтезирующей фитомассы и стресс влажности. Первое зависит от количества и состава элементов питания в почве, второе – от влагообеспеченности условий произрастания. Поэтому наблюдается достаточно четкое соответствие между положением различных типов леса в СП и в эдафофитоценотических осях, особенно для наиболее контрастных по условиям водно-минерального питания типов сосновых лесов (см. рис. 2). При этом имеет значение не только название типа леса по доминантным видам напочвенного покрова, но и его экологическая приуроченность к определенному типу четвертичных отложений (основную роль в строении данной территории играют ледниковые, флювиогляциальные и озерно-

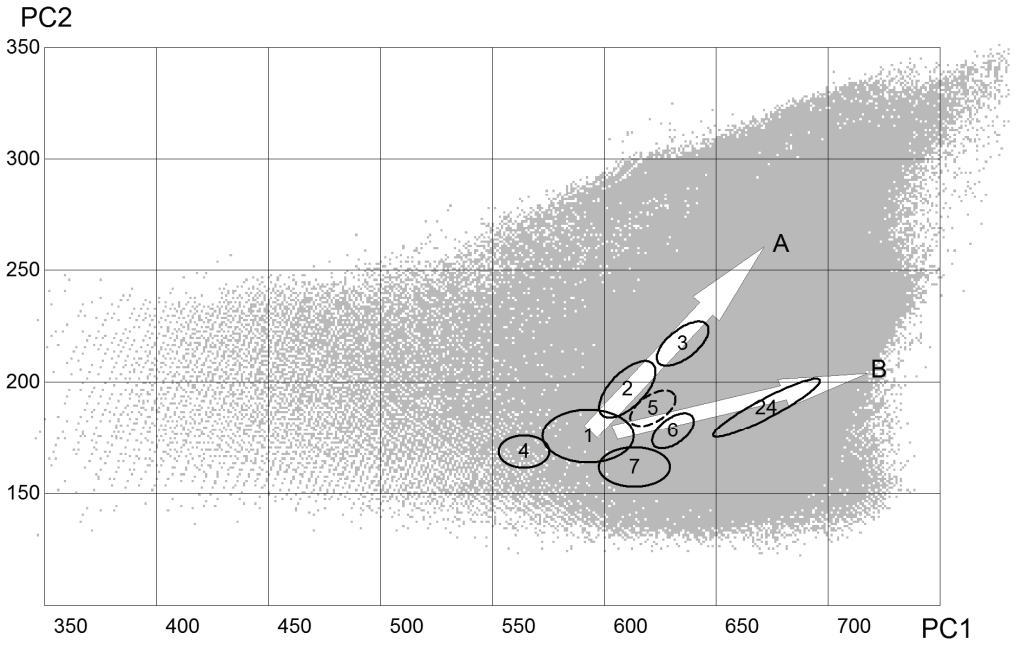


Рис. 2. Лесное подпространство. Стрелки A и B показывают направления осей эдафофитоценотических координат. Спектральные классы:

1 – сосняки зеленомошные; 2 – сосняки брусничные/лишайниковые; 3 – сосняки каменистые/скальные; 4 – высокополнотные ельники; 5 – низкополнотные хвойные: 6 – сосняки багульниковые; 24 – сосняки сфагновые; 7 – хвойно-лиственные приспевающие

ледниковые образования, рыхлый покров осадков часто разомкнут выходами кристаллических пород различной площади [Лукашов, Демидов, 2001]). Названия типов сосняков (там, где не указано иное), даны по: [Зябченко, 1984], ельников – по: [Волков и др., 1995].

Спектральный класс **1** представлен сосняками зеленомошной группы – черничными и брусничными, произрастающими в наиболее благоприятных условиях, в северотаежной подзоне это прежде всего различные ледниковые (моренные) холмы и гряды. В прошлом, до начала концентрированных рубок, это был наиболее распространенный класс лесных экосистем, но к настоящему времени встречается отдельными небольшими фрагментами (за исключением охраняемых природных территорий).

По оси недостаточного водно-минерального питания (стрелка А) ближайшую к центру область (класс **2**) занимают сосняки брусничные свежие флювиогляциальных дельт [Волков и др., 1995]. Класс **3** – сосняки скальные, наиболее распространенные на побережье Белого моря севернее 66 градуса широты. Этот же сегмент занимают и сосняки каменистые на наименее плодородных участках флювиогляциальных отложений, например, на зандровых равнинах севернее оз. Куйто. Далее по оси (на схеме не показана) расположена область скальных пустошей с редкой низкоствольной сосной.

В области избыточного застойного увлажнения (стрелка В) так же, как и на эдафофитоценотической схеме, наиболее удалены от центра сосняки сфагновые (класс **24**) с полнотой 0,3–0,4, в самой правой части сегмента – болота с редкой сосной. Класс **6** – сосняки багульниковые. Как и сфагновые, распространены повсеместно, но наиболее крупные массивы таких лесов приурочены к обширным участкам озерных равнин к востоку от оз. Куйто и на перешейке между озерами Пяозеро и Топозеро. Здесь они отличаются несколько большей продуктивностью и значительным (до 25–30 %) участием ели. Вероятно, это обусловлено относительно богатым минеральным составом залегающих под слоем торфа озерных отложений. В остальных случаях участки класса 6 представлены обычными сосняками багульниковыми с участием ели 10–15 %.

Таким образом, система эдафофитоценотических координат представляет собой не только абстрактную конструкцию, но и находит свое реальное воплощение в модели СП. Однако взаимно однозначное соответствие между типом биогеоценоза и классом модели СП наблюдается не во всех случаях. Сегмент класса **5** показан пунктирной линией, для индикации того, что его «содержимое» различно в различных типах ландшафта. Можно обозначить его как «низкополнотные хвойные леса» – сосняки и ельники с различной долей участия обеих пород, в неэкстремально неблагоприятных условиях местообитания, т. е. в системе эдафофитоценотических координат, занимающих среднее положение на осях А и В. В спектральной модели данный сегмент находится на биссектрисе угла между осями. Неоднозначность этого спектрального класса объясняется тем, что при размере пиксела 30 х 30 м в редкостойных древостоях сканер регистрирует интегральную величину отражения от полога и напочвенного покрова. При этом оказывается, что основные факторы, определяющие форму сигнатуры, практически одинаковы в разных по преобладающей породе древостоях, поэтому определить, сосна это или ель, не представляется возможным – тем более что в большинстве случаев в разных соотношениях присутствуют обе породы.

Декомпозиция этого спектрального класса проводится с учетом экологической приуроченности типов леса к формам рельефа и типам ландшафта с использованием геоморфометрической модели. Так, в ландшафтах денудационно-тектонического генезиса с тонким прерывистым чехлом ледниковых отложений, на вершинах и склонах холмов класс 5 представлен сосняками и ельниками черничными скальными [Волков и др., 1995]. Крупнейший массив таких лесов находится к западу от оз. Куйто.

На равнинах прибеломорской низменности и повсеместно у подножий склонов и вдоль ложбин стока класс 5 представлен ельниками черничными влажными и чернично-сфагновыми. Имеет значение также положение участков данного класса в контексте территориально сопряженных биоценозов: отдельные небольшие участки класса 5, окруженные зеленомошными сосняками (класс 1), вероятнее всего, представляют собой участки выборочных рубок, поляны, прогалины и т. д. Следует отметить, что в настоящее время, когда в северотаежной подзоне высокопродуктивные зеленомошные леса (класс 1) сохранились лишь в пределах охраняемых природных территорий, класс 5 стал одним из наиболее распространенных.

Класс **7** – смешанные хвойно-лиственные леса с долей березы и осины до 40–50 %, обычно это вторичные приспевающие насаждения на месте рубок 80–100-летней давности. В северотаежной подзоне леса этого класса

встречаются относительно редко, поскольку в соответствующий период массовых рубок не проводилось.

Для **ельников** соответствие эдафофитоценотической схеме менее выражено. Четко определенное положение в СП занимают лишь монодоминантные высокополнотные ельники (класс **4**). Во всех участках спектра коэффициент отражения еловой хвои меньше, чем сосновой, кроме того, архитектоника полога сомкнутых ельников способствует большему поглощению, поэтому этот класс расположен в самой левой части СП. В зависимости от положения в рельефе он представлен ельниками черничными на вершинах и склонах холмов, ельниками чернично-сфагновыми у подножий склонов и в котловинах, а также ельниками логовыми вдоль линий стока.

Декомпозиция по геоморфометрической модели применяется также и для класса 1, для разделения зеленомошных типов на черничные и брусничные. Вершины гряд соответствуют брусничным, склоны – черничным типам, подножия склонов и котловины – наиболее высокополнотным участкам долгомошных.

Таким образом, для лесных экосистем создание геоинформационной модели включает две основные стадии: локализация сегментов в модели СП и декомпозиция полученных спектральных классов по геоморфометрической модели. Результаты представлены в табл. 2, соответственно в левой и правой ее частях.

Болотное подпространство

В северотаежной подзоне распространены два основных типа болот: мезотрофные аапа и олиготрофные осоково-сфагновые [Токарев, 2005; Юрковская, Елина, 2005], доля низинных болот составляет лишь 0,5 % [Морозова, 2001]. Различия в типе водно-минерального питания определяют тип растительного покрова болота и, соответственно, его сигнатуру и, в конечном итоге, положение в СП (рис. 3). Различия эти столь существенны, что болота данных типов занимают практически диаметрально противоположные области. Аапа-болота расположены в зоне, граничащей с областью нерастительных категорий. Слева направо уменьшается влажность поверхностного слоя: **26** – внутриболотная гидрографическая сеть (топи, водотоки, вторичные озерки), **27** – крупногрядовые и **28** – мелкогрядовые. Олиготрофные болота, ввиду значительного количества фотосинтезирующей фитомассы в верхнем слое сфагновых мхов, занимают нижнюю часть пространства, в том же порядке убывания влажности поверхности: сегмент **21** – топи, **22** – влажные, **23** – среднего увлажнения, **29** – сухие. Наиболее распространены в северотаежной подзоне аапа и осоково-сфагновые болота классов 23 и 28, несколько реже класса 22. Крупногрядовые аапа класса 27 на значительной площади расположены лишь в крупнейшем болотном массиве к востоку от оз. Куйто.

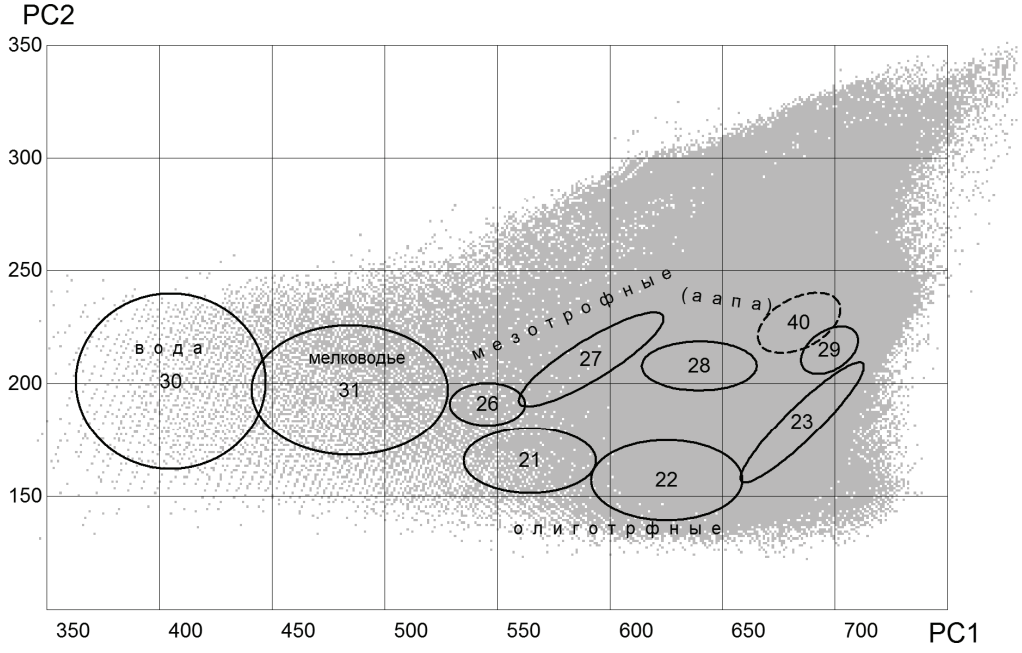


Рис. 3. Болотное подпространство. Спектральные классы: 30 – открытая вода; 31 – мелководье; 21–23, 29 – олиготрофные болота; 26–28 – аапа-болота

Как видно из рис. 2 и 3, некоторые сегменты спектральных классов лесных и болотных экосистем занимают одно и то же положение в осях PC1 и PC2. Различаются они по величине индекса влажности MSI: олиготрофные болота (21 и 22) имеют значение индекса меньшее, чем соответствующие сегменты лесных экосистем, а сегменты аапа-болот (26 и 27) – наоборот, большее.

В болотном подпространстве, как и в лесном, имеются неоднозначные спектральные классы, в частности, показанный пунктиром сегмент **40**. Это различные кустарники – ивняки, ольшаники. Такого рода растительность встречается как на заболоченных участках в естественном состоянии, так и на вырубках, поэтому декомпозиция сегмента будет рассмотрена далее, в подпространстве нарушенных экосистем.

При классификации выявляются искажения, вызванные наличием контактной зоны между лесным и болотным подпространствами. Так, частично соприкасаются сегменты 1 и 21, 3 и 28, 4 и 21, 7 и 22 и др. (ср. рис. 2 и 3). Реальные границы между категориями в СП диффузны в силу ряда причин: естественной гетерогенности растительного покрова, измерительной погрешности сканера и дискретности его сигнала, а также компьютерных погрешностей при построении модели СП. При классификации же по призматическим сегментам они представляют собой плоскости. В результате появляются отдельные пикселы ельников среди топей, пикселы аапа-болот среди сухих сосняков и другие маловероятные в природе комбинации территориального сопряжения экосистем. Такие дефекты устраняются с использованием контекстных ГИС-операторов (например: полигону класса 1, находящемуся внутри полигона класса 21 назначается класс 21, и наоборот).

Подпространство нарушенных экосистем

Данное подпространство объединяет категории, в прошлом занятые лесами, а ныне находящиеся в той или иной стадии естественной или антропогенной трансформации. В свою очередь в подпространстве выделяются несколько групп категорий в зависимости от обратимости трансформации (см. рис. 4, табл. 3). Полностью лишенные растительности категории занимают область **50**. Это грунтовые и асфальтированные дороги, песчаные и горные карьеры, участки застройки. Категория **10** – свежие вырубки (давностью до 2–3 лет).

Траектории лесовосстановительного процесса непохожи в различных эдафических условиях. Более длинная траектория – на ледниковых (моренных) отложениях. Здесь четко выделяются несколько стадий: появление растительности (**9**), затем два класса молодняков (**11**, **12**) и приспевающие (7). Последние уже могут быть отнесены к лесному подпространству. На водно-ледниковых отложениях траектория прямее и короче, классы молодняков практически не выражены, они объединены в класс **14**.

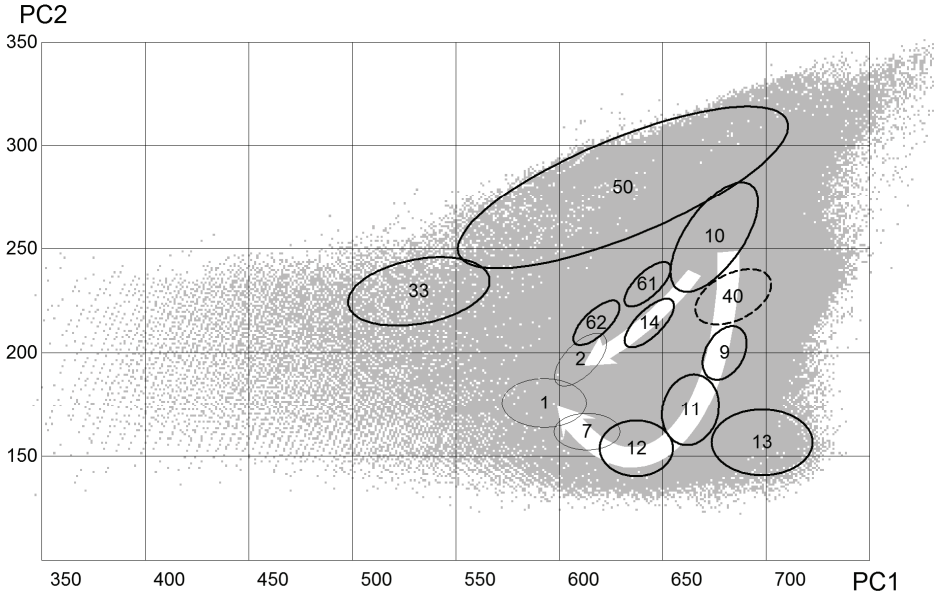


Рис. 4. Подпространство нарушенных экосистем. Наименования спектральных классов указаны в табл. 3. Длинной стрелкой показана траектория лесовозобновительного процесса на моренных местообитаниях, от свежей вырубки (10) до спелого леса (40–9–11–12–7–1), короткой – на флювиогляциальных (10–14–2)

В подпространстве болот и нарушенных экосистем также присутствуют спектральные классы с неоднозначным «содержимым». Практически идентичны по форме сигнатуры некоторых участков болот и вырубок давностью более 5 лет, с редкой кустарниковой растительностью (класс 40). Следует отметить, что для некоторых задач – например, при оценке запаса фитомассы в данный момент времени, эти категории могут совпадать, но с точки зрения структурно-функциональной организации это принципиально различные категории. Дифференциацию этих категорий в данном случае можно осуществить известным методом использования разновременных снимков. Если в прошлом в данном месте был лес, то категория является вырубкой, если же она остается неопределенной, следует рассмотреть траекторию ее движения в СП. Изменения сигнатур болот в основном имеют сезонный характер, в зависимости от температурного режима и осадков. В засушливые годы некоторые типы аапа-болот (класс 28) перемещаются в сегмент класса 10 (свежая вырубка). Динамика сигнатур вырубок принципиально иная, соответствует траекториям, показанным на рис. 4. Следовательно, если на снимках разных лет наблюдаются небольшие ненаправленные перемещения положения участка «неопределенной» категории в СП – то это болото, если же сигнатура медленно перемещается по описанной выше траектории – участок является вырубкой. В результате одновременно и выявляется *динамика* растительного покрова, и детализируется его *структура.* Таким образом, для подпространств болотных и нарушенных экосистем декомпозиция неоднозначных спектральных классов проводится в основном по разновременным снимкам. В некоторых случаях также эффективно использование геоморфометрической модели. Поскольку вырубки проводились в основном в наиболее продуктивных суходольных лесах, и если объект класса 40 расположен на вершине или склоне холма, то он, вероятнее всего, является заросшей кустарником вырубкой.

Рассмотренные результаты показывают, что модель СП сканерного снимка в значительной части случаев непосредственно отражает биогеоценотическую структуру (левая часть табл. 2). В результате декомпозиции неоднозначных сегментов СП по геоморфометрической модели выделяются все основные классы первичных экосистем (правая часть табл. 2 и табл. 4). В совокупности с различными вариантами и стадиями их естественных и антропогенных нарушений, выявляемых путем декомпозиции спектральных классов по разновременным данным, геоинформационная модель включает несколько десятков категорий, с детализацией масштаба примерно 1 : 25 000. Фрагмент модели, созданной по данным рис. 2–4, представлен на рис. 5. Для наглядности модель подвергнута двухстадийной генерализации. Первая стадия – фильтрация классифицированного растра фильтром «мода» в скользящем окне 3 x 3 пиксела, затем растр был переведен в векторную форму, на котором удалены полигоны площадью менее 0,2 га.

Таблица 4. Соответствие классов экосистем типам четвертичных отложений

Четвертичные отложения	Преобладающие классы экосистем
Отсутствуют	3a – сосняки скальные
Флювиогляциальные	2 – сосняки брусничные/лишайниковые 3b – сосняки каменистые 14 – сосновые молодняки
Тонкий чехол морены	5b – сосняки черничные/брусничные скальные
Мощная морена	1 – сосняки зеленомошные 4 – высокополнотные ельники черничные 7 – хвойно-лиственные 11, 12 – сосновые молодняки
Озерно-ледниковые	6 – сосняки багульниковые 5a – ельники черничные влажные 24 – сосняки сфагновые 21–23 – болота олиготрофные с различной степенью влажности поверхности 26–28 – аапа-болота нескольких типов

Созданные традиционными методами на основе снимков Landsat 7 модели сопредельных территорий существенно менее информативны. В Ленинградской области [Healy et al., 2005] выделяют около десяти категорий; на Кулойском плато в Архангельской области [Гофаров и др., 2006] выделены лишь пять классов растительности – еловые, светлохвойные, мелколиственные и смешанные леса и открытые болота, причем указывается, что такой набор классов обусловлен низким пространственным разрешением сканера (с. 125). Наши результаты показывают, что причина в другом: именно традиционный подход к классификации не дает возможность в полной мере использовать потенциал сканерной информации. Пространственное разрешение сенсоров TM/ETM+ позволяет создавать модели значительно большей детальности, которая еще более увеличивается при использовании геоморфометрической модели.

Тип растительности в комплексе с типом четвертичных отложений определяют в целом ход почвообразовательного процесса, биологическую продуктивность биоценоза и прочие его характеристики. Поэтому в традиционном понимании, геоинформационная модель – это

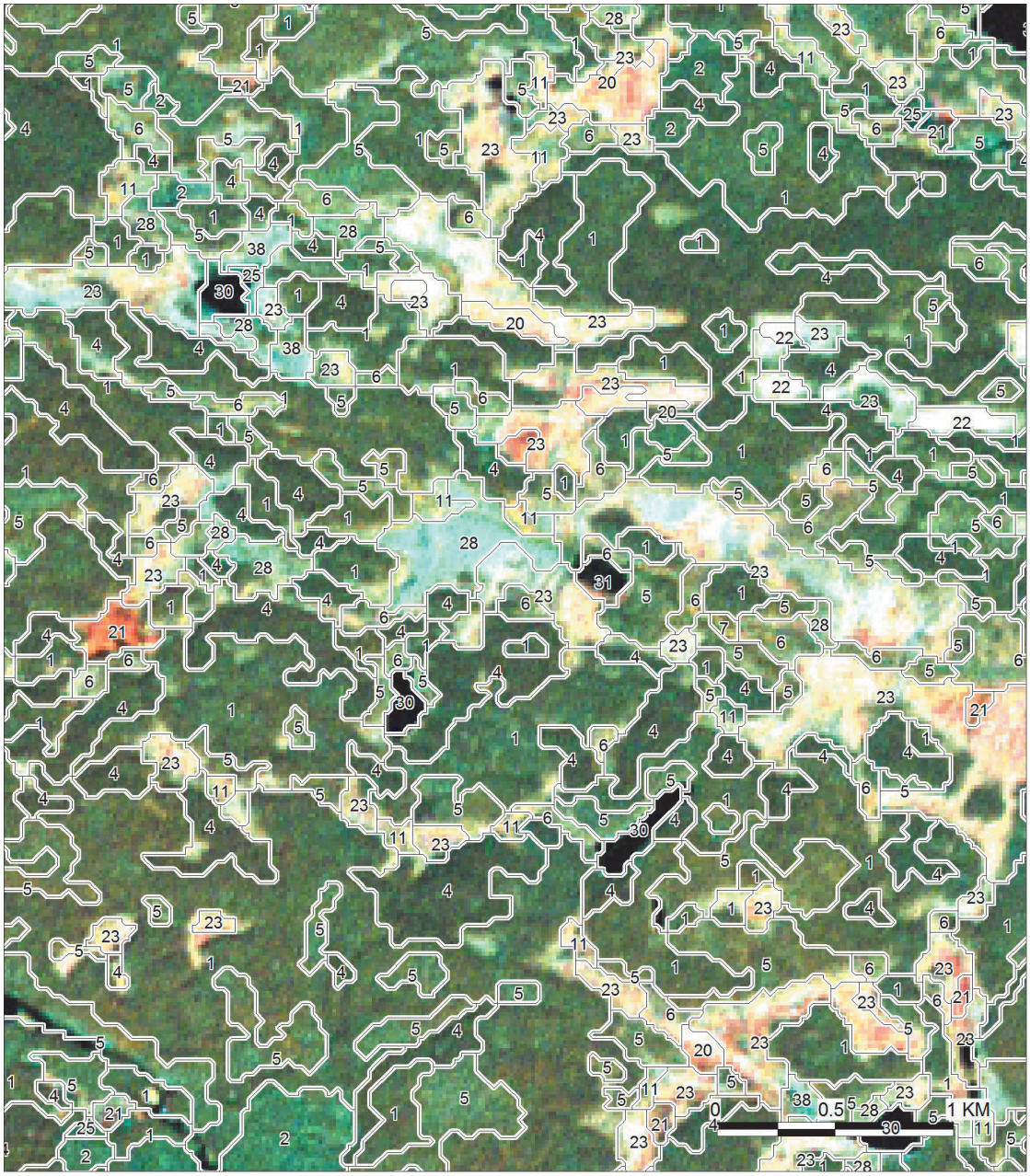


Рис. 5. Фрагмент векторного слоя геоинформационной модели. Индексы полигонов соответствуют спектральным классам на рис. 2–4. Растровая подложка синтезирована из инфракрасных и панхроматического каналов (4, 5, 7 и 8), разрешение 15 м

«комплект карт» М 1 : 25 000 (для Карелии около 2000 листов формата А3), в зависимости от подключаемых атрибутивных данных:

– четвертичных отложений;
– растительности (план лесонасаждений);
– типов болот;
– почв;
– биоресурсов;
– антропогенной нарушенности и др.

Использование модели СП изменяет не только детальность, но сам подход к количественной оценке биогеоценотической структуры и выявления межэкосистемных связей. В традиционных методах классификации и количественного анализа ландшафтной структуры (модули GRASS с общим префиксом **r.le**) экотоны линейны, рассматриваются как протяженность линии контакта. Из рис. 2–4 видно, что спектральное пространство имеет пустоты. Фактически это означает, что при использовании данного метода классификации возможно выделение экотонных зон между категориями в виде площадных объектов (полигонов), что переводит на качественно новый уровень исследования пространственной неоднородности

растительности и ее связей со средой. Это особенно актуально для таежных экосистем ввиду обширной площади экотонов между лесными и болотными экосистемами. Сосняки сфагновые (класс 24) сами представляют собой экотон между болотом и суходолом.

Опыт создания геоинформационной модели на основе описанных принципов позволяет сделать следующие выводы методического плана. На современном этапе развития систем ДЗ основной источник данных модели – снимки сканеров Landsat TM/ETM+ благодаря своей доступности и достаточно высокой информативности. Вследствие технических ограничений сканера по спектральному и пространственному разрешению реальная информация, заложенная в снимке в виде многомерного массива данных, лишь частично отражает структуру растительного покрова. Для разрешения этого противоречия целесообразно представить массив данных снимка в виде визуальной модели. Для таежных территорий модель СП целесообразно строить в осях ***xyz***, где ***x*** и ***y*** – соответственно первая и вторая главные компоненты логарифмированной матрицы снимка, а ***z*** – индекс MSI (SWIR1/NIR). Отметим, что снимки сканеров, не имеющих канала SWIR1 (к которым относятся все современные сканеры сверхвысокого разрешения), значительно менее информативны, поскольку нет возможности получить значение индекса влажности, и исчезает одна размерность модели.

Классификация снимка с использованием модели СП представляет собой постепенный исследовательский процесс выяснения соответствия между областями СП (спектральными классами) и наземными данными. Схема классификации (набор целевых классов растительного покрова) перестает быть наперед заданной, как при использовании традиционного подхода, а формируется и уточняется в процессе моделирования СП. Иными словами, модель в определенной степени и представляет собой схему классификации.

Для значительной части лесных и болотных экосистем модель СП прямо отражает биогеоценотическую структуру (комплекс четвертичные отложения + растительность), а также различные варианты и стадии естественных и антропогенных нарушений. Но ввиду наличия неоднозначных спектральных классов непосредственные результаты классификации лишь частично соответствуют действительности, даже если ключевые участки включают большинство априори известных категорий. В северотаежной подзоне неоднозначные классы включают прежде всего редкостойные хвойные леса различного типа и породного состава, а также некоторые естественные и производные экосистемы с растительностью кустарникового типа. Поэтому в целом процесс создания геоинформационной модели включает две стадии: построение модели СП и декомпозиция неоднозначных классов по геоморфометрической модели и разновременным снимкам.

При построении модели спектральное пространство целесообразно условно разделить на три подпространства – лесных, болотных и нарушенных экосистем. Такое деление соответствует наиболее генерализованным классам растительного покрова, с другой стороны, процесс создания геоинформационной модели несколько различается для каждого подпространства.

Для *лесных экосистем* он включает следующие основные стадии:

– подбор наземных данных, классифицированных по условиям водно-минерального питания (согласно эдафофитоценотической схеме) и с учетом типа четвертичных отложений;

– сопоставление наземных данных с моделью СП (иными словами, локализация осей эдафофитоценотической схемы в 3D-пространстве модели);

– декомпозиция полученных спектральных классов по геоморфометрической модели с учетом приуроченности к определенным формам рельефа, водотокам и т. д.

Для *нарушенных экосистем* необходимо локализовать в модели СП положение молодняков различного возраста (траектории лесовозобновительного процесса). Эти траектории отличны в разных типах четвертичных отложений – моренных и флювиогляциальных, что и определяет принцип подбора ключевых участков. Сегменты лишенных растительности категорий и вторичной антропогенной растительности (луга, сельхозкультуры) занимают обособленное от других категорий положение, и декомпозиция этих классов обычно не требуется.

Для *болотных экосистем* ключевые участки подбираются по типу водно-минерального питания и уровню грунтовых вод. При локализации их в модели СП возможно взаимопересечение некоторых сегментов с подпространством нарушенных экосистем, соответственно, декомпозиция этих подпространств проводится параллельно. При этом помимо геоморфометрической модели, в большинстве случаев необходимо использование разновременных снимков.

На заключительном этапе создания модели, после переведения ее в векторную форму, с помощью операторов контекстного ГИС-

анализа устраняются искажения, вызванные наличием соприкасающихся сегментов спектральной модели, территориальная сопряженность которых в природе невозможна (или маловероятна).

Таким образом, для создания геоинформационной модели, наиболее достоверно отражающей пространственную структуру таежных экосистем, помимо сканерной информации, необходима также геоморфометрическая модель. Модель высот, используемая для ее построения, должна иметь разрешение, соответствующее разрешению сканерного снимка, т. е. может быть получена из горизонталей топокарты масштаба не более 1 : 50 000. Наилучшие характеристики имеет модель высот, полученная лазерным сканированием, которое дает не только детальную модель рельефа, но и данные о параметрах и архитектонике древесного полога [Данилин и др., 2005], но в настоящее время эти данные еще малодоступны ввиду их высокой стоимости.

Заключение

В результате исследований впервые для рассматриваемой территории получена геометрически корректная цифровая информация о структуре четвертичных отложений и лесных и болотных экосистем, в их реальном современном состоянии и со столь высокой степенью детальности. Однако целью данной работы было не столько получить картографическую информацию, сколько на примере инновационной методики показать возможности и перспективы геоинформационного моделирования. На данном этапе модель в основном имеет качественный характер (но, с другой стороны, это и является одним из ее достоинств), для подключения к ней точных биоресурсных характеристик экосистем необходима дальнейшая калибровка по наземным данным. Работы по развитию модели идут в направлении расширения территориального охвата, увеличения степени детализации и постепенного подключения к модели функциональных блоков.

В процессе создания модели получил дальнейшее развитие комплексный метод извлечения информации из сканерных снимков, основанный на моделировании спектрального пространства. Установлено, что спектральная модель в значительной степени отражает естественную структуру растительного покрова, определяемую типом четвертичных отложений и условиями водно-минерального питания. Это обстоятельство принципиально увеличивает достоверность результатов классификации по сравнению с традиционным подходом. Предварительный анализ спектральных моделей показывает, что их структура весьма сходна у всех снимков TM/ETM+ таежных территорий (Фенноскандии, Сибири, Канады), поэтому данный подход, на наш взгляд, целесообразно использовать во всей бореальной зоне. Этим может быть достигнута более достоверная унификация результатов, поскольку они становятся менее зависимыми от имеющихся локальных классификаций экосистем по видовому составу.

Важнейшее значение геоинформационной модели для фундаментальных исследований заключается в том, что она является структурной основой для интеграции результатов дискретных периодических натурных наблюдений о состоянии отдельных экосистем и его динамике в единый пространственно-временной континуум – комплексную структурно-функциональную модель взаимодействия наземных экосистем с атмо-, гидро- и литосферой.

Автор признателен д. б. н. О. Л. Кузнецову (ИБ КарНЦ РАН) и к. с.-х. н. С. М. Синькевичу (ИЛ КарНЦ РАН) за консультации по дешифрированию аэрофотоснимков болотных и лесных экосистем, а также сотруднику ИПМИ А. С. Румянцеву за помощь в организации обработки больших объемов данных на вычислительном кластере Карельского НЦ РАН.

Выполнение работы стало возможным исключительно благодаря открытию правительством США свободного доступа к космическим снимкам Landsat и программному обеспечению GRASS.

Литература

Барталев С. А., Исаев А. С., Ершов Д. В. Актуальные задачи, возможности и перспективные направления методов спутникового мониторинга бореальных лесов // Международная конференция «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве». М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. С. 20–22.

Волков А. Д., Громцев А. Н., Еруков Г. В. и др. Экосистемы ландшафтов запада северной тайги (структура, динамика). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. 194 с.

Гофаров М. Ю., Болотов И. Н., Кутинов Ю. Г. Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 141 с.

Данилин И. М., Медведев Е. М., Мельников С. Р. Лазерная локация земли и леса: Учеб. пособие. Красноярск: Ин-тут леса им. В. Н. Сукачева, 2005. 182 с.

Зябченко С. С. Сосновые леса европейского Севера. Л.: Наука, 1984. 244 с.

Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы // Материалы науч. конф., посвящ. 50-летию Института леса Карельского научного центра РАН (3–5 октября 2007 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 214 с.

Литинский П. Ю. Ландшафтно-экологическая ГИС Восточной Фенноскандии // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 5. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 100–107.

Литинский П. Ю. Концепция и методика создания ландшафтно-картографической основы геосистемного космического мониторинга // Материалы Междунар. конф. «Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты». Петрозаводск, 2004. С. 334–337.

Литинский П. Ю. Трехмерное моделирование структуры и динамики таежных ландшафтов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 107 с.

Литинский П. Ю. Классификация сканерных снимков методом моделирования спектрального пространства // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. «Математическое моделирование и информационные технологии». Вып. 2. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. С. 45–54.

Лукашов А. Д., Демидов И. Н. Условия формирования рельефа и четвертичных отложений Карелии в поздне- послеледниковье как основа становления современной природной среды // Труды Карельского НЦ РАН. Серия Б. «Биология». Вып. 2. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 3–12.

Морозова Р. М. Географические закономерности формирования почвенного покрова Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. Серия Б. «Биология» Вып. 2. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 12–18.

Токарев П. Н. Разработка методики дешифрирования на космоснимках основных типов болотных участков Карелии с использованием материалов наземных и дистанционных исследований на основе ГИС-технологий // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. С. 65–79.

Юрковская Т. К., Елина Г. А. Картографический анализ болот Северо-Востока Карелии // Там же. С. 6–15.

Healy S. P., Cohen W. B., Zhiqiang Y., Krankina O. N. Comparison of Tasseled Cup-based Landsat data structure for use in forest disturbance detection // Remote Sens. Environ., 2005. V. 97. P. 301–310.

Wood, J. The Geomorphological characterisation of Digital Elevation Models. Diss., Department of Geography, University of Leicester, U. K. 1996 http://www. soi. city. ac. uk/~jwo/phd/

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Литинский Петр Юрьевич
старший научный сотрудник, к. с.-х. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: litinsky@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Litinskiy, Pyotr
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: litinsky@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 16–32

УДК 581.526.426.2 (470.1)

КУСТАРНИЧКОВЫЕ СФАГНОВО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЕ И СФАГНОВЫЕ СОСНЯКИ СРЕДНЕЙ И СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

И. Б. Кучеров [1], С. А. Кутенков [2]

[1]Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН
[2]Институт биологии Карельского научного центра РАН

По данным полевых исследований 1996–2010 гг. в различных регионах средней и северной тайги Европейской России методом доминантно-флористической классификации выделено 10 синтаксонов кустарничковых сфагново-зеленомошных и сфагновых сосновых лесов – 5 ассоциаций с 2 субассоциациями и 7 вариантами. Проанализировано распространение выделенных синтаксонов, характер их зонально-климатической приуроченности и условий минерального питания.

К л ю ч е в ы е с л о в а : сосновые леса, классификация растительности, средняя тайга, северная тайга, Европейская Россия.

I. B. Kucherov, S. A. Kutenkov. DWARF SHRUB SPHAGNUM-FEATHERMOSS AND SPHAGNUM PINE FORESTS OF NORTHERN AND MIDDLE TAIGA OF EUROPAEAN RUSSIA

As a result of field research of 1996–2010 in northern and middle taiga of European Russia, 10 syntaxa of dwarf shrub sphagnum-feathermoss and sphagnum pine (*Pinus sylvestris*) forests, including 5 associations with 2 sub-associations and 7 variants, were distinguished following the dominant-floristic approach to vegetation. All the units undergo paludification, and grow on peat deposits of various thickness. The geographical ranges of the syntaxa are analyzed together with their latitudinal distribution and mineral nutrition features.

K e y w o r d s : pine forests, syntaxonomy, middle taiga, northern taiga, European Russia.

Кустарничковые сфагновые и сфагново-зеленомошные сосняки (из *Pinus sylvestris* s. l.) – широко распространенные группы ассоциаций на севере Европейской России. В северной тайге Карелии на кустарничковые сфагновые сосняки приходится 20 % площади сосновых лесов, в средней тайге – 14 % [Федорчук и др., 2005; Громцев, 2008]. Аналогичные показатели для северной и средней тайги Архангельской обл. составляют 30 и 32 % [Рысин, 1975]. Широко распространены кустарничковые сфагновые сосняки и в Республике Коми, где большое значение приобретают также сфагново-зеленомошные леса [Лащенкова, 1954; Мартыненко, 1999]. Сообщества хорошо изучены, будучи объектом внимания как лесных геоботаников [Усков, 1930; Сукачев, 1931; Самбук, 1932; Цинзерлинг, 1932; Рутковский, 1933; Леонтьев, 1937; Корчагин, 1940; Лащенкова, 1954; Семенова-Тян-Шанская, 1956; Яковлев, Воронова, 1959; Сабуров, 1972; Рысин, 1975; Карпенко, 1980;

Колесников, 1985 и др.], так и болотоведов [Архипов, 1932; Благовещенский, 1936; Пьявченко, 1957, 1963; Дыренков, Лешок, 1988; Смагин, 1988, 1991; Юрковская, 1992; Кузнецов, 1999, 2000, 2005]. Несмотря на это, все еще не до конца выявлен характер их экологической, а также географической изменчивости, которая должна иметь место в пределах столь протяженного региона. Наша статья призвана привлечь внимание к деталям подобной изменчивости.

В основу статьи положено 370 описаний кустарничковых сфагновых и сфагново-зеленомошных сосняков, собранных в основном при совместных полевых исследованиях авторов в 1998–2008 гг. в Карелии (заповедник «Кивач»), Архангельской обл. и в Сосногорском районе Республики Коми. Использованы также описания И. Б. Кучерова 1996–2010 гг. из национального парка «Кенозерский», низовий р. Онеги, верховий р. Кулой, Пинежского (Архангельская обл.) и Печоро-Илычского (Коми) заповедников, И. Б. Кучерова и В. В. Чепиноги 2001 г. из Мурманской обл. и Керетской Карелии (Kk; здесь и далее – традиционно выделяемые биогеографические провинции Фенноскандии [Cajander, 1906]), С. А. Кутенкова 2002–2009 гг. из Керетской (Гридино, Чернецкий), Куусамской (Ks; национальный парк «Паанаярви»), Суоярвской (Kb; ландшафтный заказник «Толвоярви»), Олонецкой (Kol; район ст. Деревянка) и Заонежской (Kon; заповедник «Кивач») Карелии. 51 описание (14 %) взято из литературы [Игошина, 1930; Самбук, 1932; Андреев, 1935; Аврорин и др., 1936; Благовещенский, 1936; Никольский, Изотов, 1936; Салазкин, 1936; Леонтьев, 1937; Любимова, 1937; Корчагин, 1940; Колесников, 1985; Морозова, Коротков, 1999]. Еще 73 описания (сверх 370) отбракованы: 32 (по данным литературы) как флористически неполные, остальные – как редины, отнесенные к болотному типу растительности, либо молодняки.

Классификация растительности выполнена с помощью программы IBIS 6.1 [Зверев, 2007] на основе доминантно-флористического метода, предполагающего выделение синтаксонов по доминантам, затем уточнение их флористической однородности с помощью детерминантных групп экологически близких видов. Сопряженность распределения видов в каждой из групп проверяется Q-критерием Кокрена [Василевич, 1995; Кучеров и др., 2008, 2009]. Синтаксоны сведены в фитоценотическую таблицу (см. табл.). Номенклатура сосудистых растений дана по С. К. Черепанову [1995], листостебельных мхов – по М. С. Игнатову и О. М. Афониной [Ignatov, Afonina, 1992], печеночных мхов – по Н. А. Константиновой и др. [Konstantinova et al., 1992], лишайников – по O. Vitikainen et al. [1997]. Экологические характеристики диагностических групп видов основаны на шкалах Л. Г. Раменского [Раменский и др., 1956] и В. Д. Лопатина с соавторами [Лопатин и др., 1985], характеристики ареалов сосудистых растений – на монографии E. Hultén и M. Fries [1986].

Кустарничковые сфагново-зеленомошные и сфагновые сосняки развиваются в условиях олиготрофного (реже – мезоолиготрофного) заболачивания. На начальных стадиях процесса мощная лесная подстилка становится оторфованной; для более сильно заболоченных сосняков типична торфяная залежь. В сложении мохового яруса всегда участвуют гигромезофиты либо гигрофиты из рода *Sphagnum*. В отличие от травяно-сфагновых сосняков [Кучеров, Кутенков, 2011] нанорельеф не трех-, а двухкомпонентный, представлен микроповышениями (кочками, основаниями стволов) и сфагновым ковром между ними; западины нетипичны. В травяно-кустарничковом ярусе господство принадлежит эрикоидным кустарничкам; их сопровождают лишь немногие болотные травы. Ценофлора сосудистых растений бедна видами, что затрудняет флористическую дифференциацию синтаксонов.

Группа ассоциаций Pineta fruticuloso-sphagno-hylocomiosa – сосняки кустарничково-сфагново-зеленомошные (№ 1–3; см. табл.) соответствует начальному этапу олиготрофного заболачивания в сосняке на фоне различных зонально-климатических и почвенно-литологических условий. Оторфованная лесная подстилка обычно не толще 20 см; реже развита маломощная торфяная залежь. Бонитет древостоя IV. Моховой ярус сформирован как сфагновыми, так и зелеными мхами, нередко с участием лишайников, не всегда сомкнутый. От кустарничково-, а также травяно-сфагновых [Кучеров, Кутенков, 2011] сосняков группу ассоциаций отличают олиготрофные пустошные мезопсихрофиты (*Avenella flexuosa, Polytrichum juniperinum, Cladonia gracilis*). К ним тяготеют также таежно-лесные мезофиты: *Trientalis europaea, Orthilia secunda, Linnaea borealis*.

1. Sphagno russowii-(Myrtillo-)Pinetum (P.) – сосняк (черничный) сфагново-зеленомошный скальный (№ 1; см. табл.) описан в сельговых ландшафтах заповедника «Кивач» в южной Карелии [Кучеров и др., 2008]. Небольшие по площади (до 400 м^2) участки сообществ приурочены к замкнутым понижениям на вершинах и к ложбинам в верхней части склонов сельг, развиваются в комплексе с лишайнико-

выми сосняками на возвышениях скального рельефа. Почвы торфянисто-грубогумусные [Чертов, 1974]; мощность подстилки в среднем 15 (до 30) см. Нанорельеф копирует неровности скальной породы. В сомкнутом (100 %) моховом ярусе, наряду с *Polytrichum commune* и *Pleurozium schreberi*, доминирует *Sphagnum russowii* (реже *S. capillifolium*), создающий характерный красный аспект. Древостой разрежен; сомкнутость 1-го яруса – 0,3 при средней высоте 17 м, 2-го яруса из *Picea abies* s. l. – 0,2 (до 0,5) при высоте 4–8 м. Покрытие елового подроста – 5–15 (50) %, высота – 1,5–2,5 м; смена сосны елью заторможена условиями экотопа. В древостое и подросте примесь *Betula pendula*. В подлеске – малообильные *Juniperus communis, Salix caprea*, иногда *S. aurita*. Травяно-кустарничковый ярус умеренно густой (50 %) из *Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea* (по 15–20 %) и *Carex globularis*. Отсутствуют болотные кустарнички, что отличает ассоциацию от прочих описанных ниже типов.

Детерминантами, наряду с *Betula pendula*, служат светолюбивые лесные мезофиты *Luzula pilosa* и *Calamagrostis arundinacea*. С багульниковыми сфагново-зеленомошными сосняками синтаксон объединяют *Calluna vulgaris* и лишайники из рода *Cladina*, с чернично-сфагновыми – также напочвенные таежно-лесные зеленые мхи.

Помимо Заонежской Карелии (на габбродиабазах), ассоциация встречается в сельговых ландшафтах Олонецкой и Приладожской Карелии и на севере Карельского перешейка (на гранитах [Ниценко, 1951; Дмитриева, 1979]). В Приладожье в лесах данного типа отмечен багульник, но он не столь обычен, чтобы относить его к постоянным видам. Возможно обнаружение синтаксона и в южной Финляндии.

2. Polytricho-Ledo-Pinetum – сосняк багульниковый сфагново-зеленомошный (№ 2–3; см. табл.). В южной Фенноскандии имеет экотонный характер; к северу и востоку роль лесов данного типа заметно возрастает. Почвы торфянистые [Чертов, 1974] на песках, реже на супесях и суглинках; мощность оторфованной подстилки – около 20 см. Иногда уже на глубине 10–25 см наблюдается верховодка. От сосняков сфагновых скальных синтаксон отличают болотные кустарнички-оксилофиты – гипоарктические (*Empetrum hermaphroditum, E. nigrum*), гипоаркто-бореальные (*Ledum palustre, Vaccinium uliginosum*) и бореальные (*Chamaedaphne calyculata*), – которые доминируют наряду с *Vaccinium myrtillus.* Эти виды свойственны также кустарничково-сфагновым соснякам; своих диагностических видов у ассоциации нет. Ярус кустарничков очень густой: 80–90 %. Преобладают *Vaccinium myrtillus* (25 %), *Ledum palustre* (15 %), *Vaccinium vitis-idaea, V. uliginosum* (по 10 %). Под особо густыми куртинами кустарничков появляются плешины (до 10 %) в моховом ковре. Из трав постоянны *Carex globularis* (5–10 %, больше в средней тайге и на востоке региона), *Avenella flexuosa, Equisetum sylvaticum*; редки *Trientalis europaea, Linnaea borealis, Maianthemum bifolium*. Выделяются 2 широтных варианта, различающихся по характеристикам древостоя и лишайниково-мохового ковра.

2.1. Var. typicum – типичный среднетаежный («долгомошный») **вариант** (№ 2; см. табл.). Сомкнутость 1-го яруса древостоя 0,6 при высоте 18 (до 21–25) м. К сосне примешиваются ель, береза *Betula pubescens*, в Двино-Печорском регионе также лиственница *Larix sibirica* (в сумме до 2 единиц по составу древостоя). Основу 2-го яруса сомкнутостью 0,2–0,3 и высотой 9 (до 15) м составляет *Betula pubescens*. В подросте почти поровну (по 3–5 %) присутствуют все виды, слагающие древостой (кроме лиственницы), но возобновление сосны угнетено. Часто подрост отсутствует. В подлеске *Juniperus communis* и *Sorbus aucuparia* (по 1–2 %). Общее покрытие подроста и подлеска 20 %. Согосподствующие мхи – *Polytrichum commune, Pleurozium schreberi, Sphagnum capillifolium* (по 20–25 %). Лишайники нехарактерны. Дифференциация – как у ассоциации в целом.

В южной Карелии сообщества развиты только в условиях осушения; если же последнее не проведено, представлены фрагментарно, в экотонах по краю массивов олиготрофных сфагновых сосняков [Кучеров и др., 2008]. Здесь бывает выражен кочковатый нанорельеф с перепадом высот 50–100 см, обусловленный ветровалом.

В Двино-Печорском регионе леса данного типа развиваются по краю болот и на пологих шлейфах склонов, в восточной его части – также в бессточных понижениях боровых террас крупных рек [Самбук, 1932; Корчагин, 1940; Лащенкова, 1954; Карпенко, 1980]. Нами такие леса описаны по берегам оз. Кенозеро, в низовьях р. Онеги, в бассейнах рек Устьи и Вычегды. Для заболоченных водоразделов юга Архангельской обл. «сосняки-долгомошники» приводит А. П. Шиманюк [1931], для центральной части области – С. Я. Соколов [1928] и Н. И. Пьявченко [1957], а для вычегодских низовий – С. С. Архипов [1932]. Особенно обычными сфагново-зеленомошные сосняки становятся в верховьях р. Вычегды (P. vaccinio-

polytrichosum, также «P. myrtilli-sphagnosum» и «P. cassandri-sphagnosum» по мелкой торфяной залежи поверх песка [Колесников, 1985]) и на верхней Печоре (P. polytrichoso-caricosum [Самбук, 1932], P. baccoso-ledosum, P. hylocomioso-sphagnoso-vaccinioso-myrtilloso-ledosum, P. hylocomioso-sphagnoso-baccoso-globulari-caricosum [Корчагин, 1940], P. ledoso-hypnoso-sphagnosum, P. uligini-vaccinioso-hypnoso-sphagnosum, P. ledoso-polytrichosum [Лащенкова, 1954]). Для печорских сообществ, наряду с обилием болотных кустарничков, характерно усиление роли *Carex globularis*.

На боровых террасах верхней Печоры нами встречены «типичные» сосняки долгомошные (с багульником), где *Polytrichum commune* явно преобладает в составе мохового яруса. Здесь они приурочены к неглубоким замкнутым понижениям в окружении лишайниковых боров на песках. Леса такого типа наблюдались здесь и ранее [Самбук, 1932; Корчагин, 1940; Лащенкова, 1954]. С восточной стороны Урала долгомошные сосняки отмечены в средней тайге у подножия макросклона [Игошина, 1964]. Для мохового покрова большинства «долгомошников» характерна мозаика, в сложении которой наряду с *P. commune* участвуют зеленые и сфагновые мхи. Господство *P. commune* наблюдается лишь недолгое время после очередного низового пожара [Ниценко, 1954; Пьявченко, 1957; Колесников, 1985]. В послевоенные десятилетия «типичные» долгомошники почти исчезли благодаря охране лесов от пожаров [Василевич, Бибикова, 2004]; в последние годы, по нашим наблюдениям, их встречаемость снова растет.

Для карбонатных ландшафтов средней тайги сообщества нехарактерны.

Багульниковые сфагново-зеленомошные сосняки известны также из южной тайги Ленинградской [Смирнова, 1928; Ниценко, 1959, 1960; Карпенко, 1980], Новгородской [Рысин, 1975] и Ярославской [Курнаев, 1969] областей, Заволжья [Соколов, 1931], Мещеры [Рысин, 1975; Самбук, 1991], Украинского [Поварніцин, 1959] и Белорусского [Гозин, 1966] Полесья, обычно под названием «P. polytrichoso-myrtillosum». На севере Средней Европы долгомошные сосняки замещает тип сообществ «Pinus-Molinia» J. Mat. 1973, известный из Польши. В таких лесах в травяно-кустарничковом ярусе, наряду с *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea* обильна *Molinia caerulea*, в моховом преобладают *Polytrichum commune, Sphagnum capillifolium* и *Pleurozium schreberi.* Описаны как «типичный» вариант, так и вариант с *Ledum palustre* [Matuszkiewicz, Matuszkiewicz, 1973]. Видимо, этот же синтаксон известен из южной тайги от Полесья [Поварніцин, 1959] до Поволжья как сосняк молиниево-долгомошный (P. molinioso-polytrichosum [Рысин, 1975]). Впрочем, не все авторы придают разрастанию молинии в долгомошниках диагностическое значение [Ниценко, 1954, 1960; Самбук, 1991].

2.2. Var. Cladina rangiferina – лишайниковый северотаежный вариант (№ 3; см. табл.). Ранее описан в ранге субассоциации (Polytricho-Ledo-P. empetretosum [Кучеров и др., 2009]). В северной Карелии леса данного типа обычны по краю верховых болот, но могут покрывать и вершины невысоких песчаных гряд среди болота. Нередки они также при основании озов и сельг. В северной тайге Коми сообщества выходят на песчаные водоразделы, где могут занимать большие площади. Нанорельеф кочковатый, перепад высот 15–35 (50) см; микроповышения занимают 40–60 % площади ценоза. Сомкнутость 1-го яруса древостоя 0,5 (в Прибеломорье 0,3, в Предуралье 0,6) при средней высоте 15 (12–17) м. Примесь ели к сосне невелика. Во 2-м ярусе сомкнутостью 0,2 (0,3) и высотой 8 м почти поровну представлены сосна, ель и *Betula pubescens*. Подрост смешанный елово-сосновый (10 %); в подлеске единичные кусты *Juniperus communis* s. l. В ярусе кустарничков растет покрытие *Empetrum hermaphroditum* (до 10 %). В моховом ярусе господствуют *Pleurozium schreberi* (35 %) и *Hylocomium splendens* (15 %), покрытие *Sphagnum capillifolium, S. russowii* и *Polytrichum commune* – по 5–10 % каждого вида.

Около 10 % составляет общее покрытие лишайников из рода *Cladina* (*C. stellaris, C. rangiferina* s. l.), дифференцирующих вариант от типичного. К этой же группе тяготеет *Cladonia coccifera* s. l. (incl. *C. borealis*), из сосудистых растений – *Calluna vulgaris*. Все эти виды характерны для возобновления сосняков на песках после пожаров [Сукачев, 1931; Самбук, 1932; Пушкина, 1960; Самойлов, Ипатов, 1995; Горшков и др., 2009]. Однако в сфагновых сосняках они выступают скорее в роли зонально-климатических индикаторов, разграничивая северотаежные синтаксоны (с лишайниками и вереском) от среднетаежных (без них) [Семенова-Тян-Шанская, 1956; Дыренков, 1984; Юрковская, 1992]. Вероятная причина кроется в большей (притом более выровненной) влажности приземного воздуха в северной тайге [Микроклимат СССР, 1967; Stoutjesdijk, Barkman, 1992; Dahl, 1998], что благоприятствует росту как лишайников, так и вереска – вида с атлантическим «центром тяжести» ареала [Hultén, Fries, 1986].

В состав диагностической группы не входит *Cladina arbuscula* s. l., чей ценоспектр более широк. Возможно, это объясняется сборным характером таксона, объединяющего *C. arbuscula* и *C. mitis*. Эти виды, неразличимые без использования хемотаксономии, вероятно, не вполне сходны экологически.

Большая часть описаний, сделанных авторами, приходится на Керетскую Карелию и водораздел рек Ижмы и Печоры в Коми. В литературе леса данного типа многократно описаны из северной Карелии (P. polytrichosum [Усков, 1930], P. ledoso-polytrichosum [Соколова, 1936], P.-Piceetum myrtilloso-ledosum [Благовещенский, 1936], Piceeto-P. fruticuloso-polytrichosum [Яковлев, Воронова, 1959] и др. [Солоневич, 1934; Никольский, Изотов, 1936; Вехов, 1969; Морозова, Коротков, 1999]). Особенно характерны сфагново-зеленомошные сосняки для Кемского края. Здесь В. И. Рутковский [1933] различает P. ledosum при основании склонов озов и сельг, P. myrtillo-ledosum на островах среди болот, P. sphagno-ledosum на ровных участках по их окраинам. На Кольском п-ове сообщества встречаются намного реже, чем в Карелии, но и здесь они описаны из бассейна р. Умбы (P. ledosum [Салазкин, 1936]) и Лапландского заповедника (P. fruticulosum, P. empetroso-polytrichoso-sphagnosum [Нешатаев, Нешатаева, 2002]).

Восточнее леса данного типа приводятся из Холмогорского р-на [Соколова, 1937] и указываются как типичные для крайне северной тайги [Цветков, Семенов, 1985] Архангельской обл. Они обычны и в северной тайге Коми (P. hylocomioso-sphagnosum, P. fruticuloso-cladoso-hypnoso-sphagnosum [Лащенкова, 1954]). Здесь опубликованы описания с Тимана (P. polytrichoso-uliginosum [Андреев, 1935]), средней Печоры (P. clado-sphagno-nanolignosum, «P. myrtillosum» [Самбук, 1932]) и из бассейна Илыча (P. clado-polytrichoso-vaccinioso-myrtillosum, P. clado-hylocomioso-sphagnoso-uliginoso-vaccinioso-ledosum, P. clado-hylocomioso-sphagnoso-baccoso-ledosum [Корчагин, 1940]). Синтаксон известен и из северной тайги Западной Сибири [Нешатаев и др., 2002].

В верховьях Вычегды («P. myrtilli-sphagnosum» [Колесников, 1985]) и Печоры (P. clado-sphagno-nanolignosum [Самбук, 1932], P. polytrichoso-myrtillosum [Корчагин, 1940]) синтаксон проникает и в приграничную полосу средней тайги, где встречается наряду с var. typicum. В печорских сообществах повышается роль *Vaccinium uliginosum.*

Изредка леса данного типа отмечены не только в силикатных, но и в карбонатных ландшафтах Архангельской обл. – на Беломорско-Кулойском плато (P. empetroso-uliginosum [Леонтьев, 1937]) и в верховьях Кулоя. В этом случае наблюдается торфяная залежь мощностью 80–100 см, изолирующая корни растений от подстилающей породы.

В зарубежной Фенноскандии сообщества данного типа не выделяют.

3. Sphagno fusci-Empetro-Pinetum – сосняк вороничный зеленомошно-сфагновый (№ 4; см. табл.). Сообщества лесного пояса гор Кольского п-ова. Тяготеют к нижней трети пологих, реже умеренно крутых (5–20 °) северных склонов вблизи от сниженной (130–150 м над у. м.) верхней границы леса. Здесь они развиты неширокой полосой по берегам ручьев в условиях повышенной нивальности. Торфяная залежь маломощная – 20 (15–50) см; подстилается скальной породой кислого состава либо перекрывающим ее тонким слоем песка. Древостой разрежен (сомкнутость 0,2), высота его сильно варьирует – от 4 м на наветренных участках склона до 20 м в защищенных от ветра распадках, в среднем 13 м. Бонитет Va. 2-й ярус древостоя из *Pinus sylvestris* и *Betula subarctica* (*B. pubescens* s. l.) с примесью *Alnus kolaënsis* (*A. incana* s. l.), сомкнутостью 0,2 при высоте 2,5–5 м. В подросте (8 %) преобладает сосна (5 %); ели нет. Подкроновые пятна низкого (0,6 м) подлеска сформированы *Juniperus sibirica* (*J. communis* s. l.) и *Betula nana*. Общее покрытие подроста и подлеска 15 (5–30) %. В ярусе кустарничков согосподствуют *Empetrum hermaphroditum, Calluna vulgaris, Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum* (по 10–15 % каждого вида), им сопутствуют *Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus* (по 5 %). Постоянны, но не обильны *Andromeda polifolia*, из трав – *Avenella flexuosa* s. l. и *Solidago lapponica* (*S. virgaurea* s. l.). Отсутствуют *Chamaedaphne calyculata* и *Carex globularis*: первый вид не доходит до запада Кольского п-ова, второй очень редок.

Лишайниково-моховой ярус выраженно мозаичен, его слагают несколько независимых синузий. Сфагновые кочки из *Sphagnum fuscum* (15 %) и *S. aongstroemii*, высотой до 30–35 (50) см, но небольшого диаметра, разбросаны по ковру зеленых мхов из *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* (по 10–15 %) с примесью *Dicranum drummondii, D. majus* и *Sphagnum angustifolium* (по 2–3 %). Очень редко встречаются *S. warnstorfii* и *Tomentypnum nitens*. Заболачивание обусловлено не столько влиянием ручья, сколько ростом нивальности при наличии скального водоупора. В одном из описаний отмечены топкие западины с *Gymnocolea inflata* и *Sphagnum subsecundum*.

Отдельными пятнами произрастает печеночник *Orthocaulis floerkei* (определил В. А. Бакалин). На выходах скальной породы отмечены *Racomitrium microcarpon, Andreaea rupestris*. Лишайники из рода *Cladina* растут как на скальных выходах, так и на сфагновых кочках (в сумме до 10 %).

Флористически синтаксон занимает переходное положение между сфагново-зеленомошными и сфагновыми сосняками и не может быть строго отнесен ни к одной из групп. Об этом свидетельствует его дифференциация: типичны как пустошные мезопсихрофиты группы Avenella flexuosa (а также *Juniperus communis* s. l. и *Salix caprea*), так и характерные для кустарничковых сфагновых сосняков болотные оксилофиты группы Rubus chamaemorus–Sphagnum angustifolium, прежде всего, *Andromeda polifolia*.

Специфичные для синтаксона детерминанты отражают повышенный уровень нивальности, а также улучшение условий минерального питания: таяние больших объемов снега вкупе с деятельностью ручья существенно усиливает поверхностный сток. Наряду с бореальными и гипоаркто-бореальными лесными видами (*Carex vaginata, Dicranum drummondii, Lycopodium annotinum* s. l., incl. *L. dubium*), в состав группы входят тундровые хионофиты (*Phyllodoce caerulea*), а также мезоэвтрофные мезо- и гигромезофиты (*Molinia caerulea, Saussurea alpina, Dactylorhiza maculata* s. l., incl. *D. hebridensis*), характерные для аапа-болот и травяно-моховых горных тундр. Как хионофитом, так и мезоэвтрофом является *Tofieldia pusilla.* К этой же группе тяготеют, не входя в ее состав, *Cirsium heterophyllum, Geranium sylvaticum, Solidago lapponica, Orthocaulis floerkei.*

Наряду с мезоэвтрофами выделяется группа оксилофитов, объединяющая синтаксон с сильно заболоченными багульниковыми сосняками со *Sphagnum fuscum*. Кроме названного вида, это *Betula nana, Oxycoccus microcarpus, Drosera rotundifolia.* Мхи из группы Polytrichum commune–Sphagnum capillifolium встречаются нерегулярно, что также характерно для сосняков со *Sphagnum fuscum,* однако не в северной, а в средней тайге.

Большая часть сообществ встречена в предгорьях Сальных тундр, но есть описания и из Ловозерских гор («P. sphagnosum» [Любимова, 1937]). Сходные сообщества из гор северной Фенноскандии в системе И. Браун-Бланке подпадают под описание ассоциации Barbilophozio-P. Br.-Bl. & Siss. 1939 em. K.-Lund 1967, для которой характерны *Orthocaulis floerkei, O. attenuatus, Barbilophozia lycopodioides, Ditrichum flexicaule*, на выходах скал – *Racomitrium lanuginosum*; обильны *Empetrum hermaphroditum, Calluna vulgaris*, постоянны *Lycopodium annotinum* s. l., *Rubus chamaemorus, Polytrichum strictum* [Dierßen, 1996]. Однако в целом ассоциация Barbilophozio-P. – это более сухой тип горного соснового редколесья, где в мохово-лишайниковом ярусе наряду с печеночными мхами доминируют виды *Cladina*, а *Sphagnum* spp. есть лишь в примеси [Påhlsson, 1994]. Наши сообщества могли бы быть описаны как более сырой сфагновый вариант этой ассоциации.

Группа ассоциаций Pineta fruticuloso-sphagnosa – сосняки кустарничково-сфагновые (№ 5–10; см. табл.) характеризует более продвинутые этапы заболачивания. Развита торфяная залежь. Сомкнутость 1-го яруса древостоя не более 0,5 в средней и 0,4 в северной тайге, нередко 0,2–0,3. Бонитет обычно V–Va (хотя есть и исключения; см. ниже). Обычны редколесья и редины; наблюдается плавный переход от багульниковых сосняков к верховым болотам с сосной. Для большинства синтаксонов характерно успешное, хоть и замедленное, возобновление сосны на кочках; смена сосны елью происходит лишь в некоторых типах сообществ. Кустарничковый ярус с господством *Ledum palustre* и других болотных видов и/или *Vaccinium myrtillus*, умеренно густой (60–75 %); сравнительно с сосняками сфагново-зеленомошными на песках, покрытие яруса снижается. Моховой ярус сомкнутый (90–100 %) из видов *Sphagnum*, дифференцированных по элементам нанорельефа и в то же время часто демонстрирующих фитоценотическую замещаемость. Зеленые мхи и лишайники малообильны, тяготеют к кочкам.

Детерминантными видами группы выступают болотные оксилофиты с обширным географическим ареалом и сравнительно широкой экологической амплитудой: *Rubus chamaemorus, Andromeda polifolia, Sphagnum angustifolium*.

4. Sphagno girgensohnii-Myrtillo-Pinetum – сосняк черничный сфагновый (№ 5; см. табл.) нередко встречается по ложбинам стока, межозовым и межсельговым понижениям, на заболоченных водоразделах и в распадках боровых террас крупных рек, по берегам больших озер. Практически никогда не окаймляет болотные массивы. Торфяные отложения обычно маломощные – 35 (15–100) см поверх песка либо супеси, – но изредка встречаются леса и по глубокой залежи мощностью до 2 м. Условия минерального питания «сдвинуты» от олиготрофных к мезотрофным. Древостой отличается хорошим ходом роста, нетипичным для кустарничково-

сфагновых сосняков: средняя высота его составляет 20 (17–25) м, сомкнутость – 0,5 (0,3–0,8), бонитет IV, иногда III. Примесь ели к сосне в 1-м ярусе до 2 единиц по составу. Единична примесь *Betula pubescens*. Выражен 2-й ярус ели сомкнутостью 0,2 (0,1–0,3), высотой 13 (5–16) м. Обилен благонадежный еловый подрост, его покрытие составляет 15 (до 35) %, высота 2,5 (до 5–6) м. Подрост сосны единичен, березы – до 3 %. Очевидно, имеет место смена сосны елью. В подлеске единичные *Juniperus communis, Salix caprea, S. aurita, Sorbus aucuparia* s. l.

В кустарничковом ярусе господствует *Vaccinium myrtillus* (25 %) в сопровождении *V. vitis-idaea* (10 %). Покрытие *Ledum palustre* и других болотных кустарничков снижается до 3–5 % каждого вида, постоянство – до III класса против V в багульниковых сосняках. Из трав умеренно обильны *Rubus chamaemorus* и *Carex globularis* (по 5 %; в Прибеломорье покрытие *C. globularis* возрастает); встречается *Equisetum sylvaticum*. В моховом ярусе преобладает *Sphagnum girgensohnii* ((20) 30 (85) %), иногда замещаясь на *S. angustifolium*; ему сопутствуют *S. capillifolium, S. russowii* (по 3–5 %), *Polytrichum commune* (15 %), при стволах – *Pleurozium schreberi* (10 %), *Hylocomium splendens* (5 %). В карельских сообществах может наблюдаться кочковатый нанорельеф: микроповышения высотой 20–35 см занимают до 70 % площади ценоза; морошка тяготеет к межкочьям, а черника и брусника – к кочкам, где появляется также *Sphagnum magellanicum* (5–10 % [Кутенков, 2006]), в целом нетипичный для синтаксона. Как правило, однако, кочковатость не выражена. Лишайников и *Calluna vulgaris* нет.

Диагностические виды – болотно-лесные оксилогигромезофиты (*Sphagnum girgensohnii, S. centrale, S. wulfianum*); к этой же группе тяготеет *Listera cordata*, чей ценоспектр, однако, шире. Чернично-сфагновые сосняки отличает от сфагново-зеленомошных, а также от кольского Sphagno fusci-Empetro-P. отсутствие пустошных видов из группы Avenella flexuosa. В то же время все эти синтаксоны объединяют *Juniperus communis, Salix caprea* и *S. aurita* в подлеске, *Equisetum sylvaticum*, таежно-лесные зеленые мхи. От багульниково-сфагновых сосняков синтаксон отличает нетипичность оксилофитов из группы Eriophorum vaginatum-Sphagnum magellanicum. Нет и видов из группы S. fuscum.

В Карелии чернично-сфагновые сосняки распространены как в средней, так и в северной тайге, при этом тяготеют к кислым силикатам, реже встречаясь на основных. В литературе есть описания из Костомукшского заповедника [Морозова, Коротков, 1999] и более ранние указания для Кемского края [Рутковский, 1933]. На Кольском п-ове сообщества отсутствуют. На западе Архангельской обл. синтаксон также отмечен в обеих подзонах, восточнее же р. Онеги – почти исключительно в средней тайге, где описан нами в бассейне р. Устьи (на карбонатной московской морене), в низовьях р. Вычегды и в Печорском Предуралье (на песках). Единственное описание в северной тайге Коми сделано близ границы со средней тайгой в долине руч. Джъер. Ранее в лесах Коми чернично-сфагновые сосняки со *Sphagnum girgensohnii* не выделялись в особый тип [Корчагин, 1940; Лащенкова, 1954; Мартыненко, 1999], что мешает учитывать данные литературы при анализе их ареала. В средней тайге подножий восточного макросклона Урала сосняки со *S. girgensohnii и S. wulfianum* по мелкой залежи приводит К. Н. Игошина [1964].

В южной тайге синтаксон приводится для Северо-Запада России [Дмитриева, 1973; Нешатаев, 1985; Самбук, 1987, 1991], Заволжья [Соколов, 1931], Мещеры и Украинского Полесья [Рысин, 1975], обычно под названием «P. myrtilloso-sphagnosum». Для него всюду характерны сочетание *S. girgensohnii* (либо *S. angustifolium*) и *S. capillifolium* при отсутствии *S. fuscum*, обилие черники, сравнительно высокая сосна [Рысин, 1975]. Аналогичные сообщества описаны и из Финляндии, где рассматриваются в составе болотной растительности (korpiräme [Heikurainen, 1978]; true spruce-pine mires [Eurola et al.,1984]).

По своей экологии леса данного синтаксона занимают промежуточное положение между сосняками хвощово- и багульниково-сфагновыми. С первыми их сближает господство *Sphagnum girgensohnii* и хороший рост сосны (и то, и другое говорит об улучшении условий минерального питания), со вторыми – обилие *Rubus chamaemorus*, эпизодическое появление *Eriophorum vaginatum, Oxycoccus palustris, Sphagnum magellanicum* [Кучеров и др., 2008]. Судя по активно протекающей смене сосны елью, чернично-сфагновые сосняки сукцессионно предшествуют ельникам аналогичного типа (Sphagno girgensohnii-(Myrtillo-)Piceetum [Василевич, Бибикова, 2004; Кучеров и др., 2010]).

5. Sphagno angustifolii-Ledo-Pinetum – сосняк багульниковый сфагновый (№ 6–10; см. табл.). Сообщества окаймляют массивы болот – сфагновых с низкой сосной либо безлесных осоково-сфагновых, – а также сплавины по берегам олиготрофных озер. В Карелии развиваются также на контакте болот с озами и сельгами. Встречаются и самостоятельными, иногда

протяженными массивами; на правобережье Северной Двины и в бассейне Печоры местами выходят на заболоченные водоразделы. Торфяная залежь формируется поверх песка, реже суглинка либо скальной породы. Сравнительно со сфагново-зеленомошными, багульниковые сфагновые сосняки развиваются по более мощной залежи, характеризуя следующий этап в ряду олиготрофного заболачивания. Их в полном смысле слова можно отнести к болотным лесам, растущим на торфе [Пьявченко, 1963]. Выражен кочковатый нанорельеф. Леса очень часто горят (в Карелии не реже 1–2 раз в 100 лет [Громцев, 1993]); заметны огневые шрамы на соснах, обгоревшие пни. Травяно-кустарничковый ярус (70–75 %) сформирован болотными кустарничками-оксилофитами. Наиболее обильны *Ledum palustre* (10–15 %) и *Chamaedaphne calyculata* (5–15 %); *Vaccinium uliginosum* и *Empetrum hermaphroditum* обычно доминанты 2-го порядка (по 5–10 %). Всегда присутствуют *Vaccinium myrtillus* и *Carex globularis* – один из критериев, по которому багульниковые сосняки отличаются от сфагновых болот с сосной, – а также *Rubus chamaemorus, Eriophorum vaginatum*. Покрытие яруса мхов 95–100 % (через 5–10 лет после пожара – 60–70 %); в числе доминантов всегда *Sphagnum angustifolium*. На кочках, как правило, обилен *S. magellanicum*.

Диагностические виды ассоциации – типичные болотные оксилофиты: *Eriophorum vaginatum, Oxycoccus palustris, Polytrichum strictum, Sphagnum magellanicum.* В данной ассоциации наблюдается также эколого-ценотический оптимум *S. angustifolium* и *Rubus chamaemorus.* Вероятно, список детерминантов может быть пополнен за счет печеночных мхов (*Lophozia longiflora, L. longidens, Calypogeia sphagnicola, Cephalozia lunulifolia* и т. д.). Мы не включили эти виды в состав группы в силу неполноты наших сборов.

От чернично-сфагновых сосняков синтаксон отличает также отсутствие видов из групп Sphagnum girgensohnii и Juniperus communis-Salix caprea.

Багульниково-сфагновые сосняки, обычно приводимые в отечественной литературе под наименованиями «P. sphagnosum», «P. ledoso-sphagnosum» либо «P. fruticuloso-sphagnosum», широко распространены во всех подзонах тайги [Усков, 1930; Сукачев, 1931; Самбук, 1932; Цинзерлинг, 1932; Рутковский, 1933; Андреев, 1935; Соколова, 1936, 1937; Леонтьев, 1937; Лащенкова, 1954; Яковлев, Воронова, 1959; Сабуров, 1972; Рысин, 1975; Карпенко, 1980; Самбук, 1987, 1991; Дыренков, Лешок, 1988; Кузнецов, 2000, 2005; Нешатаев, Нешатаева, 2002; Кутенков, 2006, 2008; Кучеров и др., 2008, 2009]. Они известны от Швеции [Pehlsson, 1994], Финляндии (kangasräme [Cajander, 1921]; *Sphagnum fuscum*-Reisermoor, normalen Reisermoor [Ruuhijärvi, 1960; Eurola, Ruuhijärvi, 1961], true dwarf shrub pine bog [Eurola et al., 1984]) и Эстонии (heath moor site type, подтип Ledum-Sphagnum pine heath moor [Paal, 1999]) до Верхнего Поволжья [Курнаев, 1969], Заволжья и Мещеры [Рысин, 1975], Западной (P. sphagnosum angustifolii [Нешатаев и др., 2002]) и Центральной [Семенова-Тян-Шанская, 1956] Сибири. В Карелии на них приходится наибольшая доля от площади всех заболоченных сосняков [Громцев, 2008].

Еще недавно считалось, что багульниково-сфагновые сосняки экологически однородны и флористически единообразны на всем протяжении ареала [Самбук, 1991; Смагин, 2000]. Однако пристальный анализ большого массива описаний вскрывает внутреннюю неоднородность синтаксона. О. Л. Кузнецов [2005] подразделяет ассоциацию Pinus sylvestris-Ledum palustre-Sphagnum angustifolium в Карелии на субассоциации S. angustifolium и S. fuscum. Аналогичные леса в Заонежье подразделены на субассоциации caricetosum globularis и rubetosum chamaemori с рядом вариантов [Кучеров и др., 2008]. Выявляется и широтная изменчивость, а также «меридиональная зональность» [Юрковская, 1992]. Неоднородность ассоциации подтверждают и финские болотоведы [Ruuhijärvi, 1960; Eurola et al., 1984]. При динамическом подходе к классификации багульниковый сосняк, хотя и признан за единый тип леса, также подразделяется на ряд ассоциаций, различающихся не только по доминантам, но и флористически [Герасименко и др., 1998].

5.1. Subass. typicum (№ 6–8; см. табл.). Ранее в более узком объеме была описана как «subass. caricetosum globularis» [Кучеров и др., 2008]. Сообщества характерны для окраин сфагновых болот. Сомкнутость 1-го яруса древостоя в среднем 0,4 (0,2–0,7); бонитет IV–V. Сомкнутость 2-го яруса древостоя 0,1–0,2, высота его (4–6) 8–9 (13) м; нередко ярус не выражен. Общее покрытие подроста (5) 15 (40–55) % при средней высоте (0,5) 2,5 (3–6) м; соотношение сосны и ели различно в разных вариантах. Иногда подрост отсутствует (свидетельство недавнего пожара). Подлесок не выражен. Наряду с эрикоидными болотными кустарничками (в сумме 25–30 %), обильны *Vaccinium myrtillus* (5–15 %) и *Carex globularis* (около 10 %). Дифференциация – как у ассоциации в целом.

Сообщества субассоциации, в целом сходные между собой по набору видов, приводятся от Карелии (P. ledosum [Цинзерлинг, 1932]; P. sphagnosum [Благовещенский, 1936; Никольский, Изотов, 1936]; Sphagnetum globulari-caricoso-pinosum [Соколова, 1936] и др. [Вехов, 1969; Ипатов и др., 1998; Кузнецов, 2005]) до Республики Коми (P. uliginosum [Самбук, 1932]; P. fruticuloso-caricoso-sphagnosum [Лащенкова, 1954]) и южнотаежного Заволжья (P. globulari-caricoso-sphagnosum [Рысин, 1975]). Из Скандинавии они описаны как Pinus sylvestris-Carex globularis-typ [Påhlsson, 1994], из Финляндии – как Carex globularis-Reisermoor [Ruuhijärvi, 1960] либо Carex globularis pine mire [Eurola et al., 1984].

В рамках субассоциации можно выделить 3 варианта, два из которых различаются преимущественно экологически, третий – также географически.

5.1.1. Var. Equisetum sylvaticum – сосняк чернично-багульниковый сфагновый (№ 6; см. табл.). Синтаксон, переходный от чернично-сфагновых сосняков к багульниковым, формируется по краю сфагновых болот, окруженных ельником; в Карелии нередок также на болотах в понижениях между озов или сельг. Торфяная залежь (15) 50 (160) см. Нанорельеф выровненный, с перепадом высот 10–35 см, микроповышения занимают 40–80 % площади ценоза. Высота 1-го яруса древостоя 12–16 (до 20–23) м; бонитет IV; есть единичная примесь ели к сосне. Во 2-м ярусе почти поровну представлены сосна, ель и *Betula pubescens.* В подросте преобладает ель (покрытие 5–6 %); налицо и *Betula pubescens* (3 %), но сосны очень мало. Состав подроста сближает синтаксон с чернично-сфагновыми сосняками, равно как и обилие *Vaccinium myrtillus*, не уступающее *Ledum palustre* (по 15 %). Обильны также *Rubus chamaemorus, Carex globularis* (по 10 %), в меньшей степени – *Vaccinium vitis-idaea, V. uliginosum, Chamaedaphne calyculata* и *Eriophorum vaginatum* (по 5 %). Господствующий в моховом ковре межкочий *Sphagnum angustifolium* (45 %) может замещаться на *S. girgensohnii* либо *S. capillifolium*. На кочках произрастают *S. magellanicum, S. russowii, Polytrichum commune* (по 10 %), *Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens* (по 5 %). Лишайники и вереск нехарактерны.

Флористически вариант отличает от типичного и сближает с чернично-сфагновыми сосняками группа таежно-лесных мезофильных мхов (*Hylocomium splendens, Dicranum polysetum, D. majus, Ptilium crista-castrensis*), произрастающих на микроповышениях. В состав группы входит также *Equisetum sylvaticum* – гигромезофит, растущий на сфагновом ковре (3 %). Однако кустарники, дифференциальные для чернично-сфагновых сосняков (*Juniperus communis, Salix caprea, S. aurita*), здесь случайны.

Синтаксон выявлен во всех посещаемых нами районах Карелии, Коми, Архангельской и Мурманской областей. Именно к нему относится значительная часть багульниковых сосняков заповедника «Кивач»: как с обилием *Equisetum sylvaticum* и *Carex globularis* («subass. caricetosum globularis»), так и с морошкой и еловым подростом («subass. rubetosum chamaemori var. *Picea fennica*» [Кучеров и др., 2008]). Из синтаксонов, описанных в Керетском Беломорье, к данному варианту может быть отнесен «Sphagno angustifolii-Ledo-P. equisetosum palustris» [Кучеров и др., 2009]. Финские авторы выделяют багульниковые сосняки с елью как «varsinainen korpiräme» [Heikurainen,1978] либо объединяют их с чернично-сфагновыми сосняками как «true spruce-pine mires» [Eurola et al., 1984]. Описания сообществ данного типа приводятся также: в Карелии – из окрестностей Ругозера (Pineto-Piceetum myrtilloso-polytrichoso-sphagnosum [Никольский, Изотов, 1936]) и Костомукшского заповедника [Морозова, Коротков, 1999], в Коми – с верховий р. Вычегды («P. cassandri-sphagnosum» [Колесников, 1985]).

5.1.2. Var. typicum (№ 7; см. табл.). Наиболее обычный тип багульниковых сосняков. Встречается по краю олиготрофных болот и сплавин на озерах, окруженных сосняками на песках. Торфяная залежь мощнее, чем в предыдущем варианте: в среднем 70 (до 160–320) см. Нанорельеф также выражен сильнее, перепад высот 20–50 см. Микроповышения занимают 25–30, редко 50–70 % площади ценоза. Высота 1-го яруса древостоя 14 (9–17) м, бонитет V; примеси ели к сосне нет. 2-й ярус и подрост смешанный, но и там сосна преобладает над елью и березой (5–7 против 2–3 %). Рост ели угнетен; сосняк этого типа можно считать коренным. В подлеске изредка – единичные кусты *Betula nana* □ *B. pubescens*. Из кустарничков обильны *Ledum palustre* (15 %) и *Chamaedaphne calyculata* (10 %). Сравнительно с var. Equisetum sylvaticum, усиливается роль болотных видов: растут покрытие *Eriophorum vaginatum* (до 10 %), *Oxycoccus palustris* (до 4 %), постоянство *Andromeda polifolia*. В то же время покрытие *Vaccinium myrtillus* снижается до 10 %, *V. vitisidaea* до 2 %. *Calluna vulgaris* в целом нехарактерен, при этом нередок в карельских сообществах, но отсутствует в двино-печорских. *Sphagnum angustifolium* никогда не замещается на *S. girgensohnii*. На кочках «выпадают» мхи из

группы Hylocomium splendens, покрытие *Polytrichum commune* снижается вдвое. В остальном позиции видов неизменны. Дважды отмечены топкие западины со *Sphagnum balticum* либо *S. fallax* (2–3 % площади ценоза). Дифференциация от других вариантов негативная.

Синтаксон, как и предыдущий, наблюдался нами повсеместно от Карелии до Коми, несколько чаще в средней тайге. Не отмечен в Мурманской обл. Известны его описания из Парандово-Ругозерского края (P. ledosum, P. sphagnosum [Никольский, Изотов, 1936]) и Костомукшского заповедника [Морозова, Коротков, 1999], с центрального Тимана (P. sphagnoso-caricosum [Андреев, 1935]), средней Печоры («P. cassandrosum» [Самбук, 1932]) и верхней Вычегды (P. fruticulosi-turfosum [Колесников, 1985]), с р. Тимшер на севере Пермской обл. («Sphagnetum magnopinosum» [Игошина, 1930]). К нему же относятся синонимы, приведенные для субассоциации в целом.

5.1.3. Var. Vaccinium uliginosum – сосняк голубичный сфагновый (№ 8 см. табл.). Сообщества Двино-Печорского региона. Внутриландшафтная приуроченность и 1-й ярус древостоя – как у типичного варианта, мощность торфа ближе к var. Equisetum sylvaticum: в среднем 50 (до 120–220) см. Нанорельеф кочковатый: кочек 30–60 %, перепад высот 20–50 см. 2-й ярус древостоя в основном сосновый, примесь березы и ели в сумме не более 1/4 по составу. В подросте сосна выраженно преобладает над угнетенными елью и березой (8 % против 2 и 1 %). Из кустарничков очень обильна *Vaccinium uliginosum* (25 %; постоянство 100 %). Ее фитоценотический оптимум, возможно, обусловлен нарастанием континентальности климата, из-за чего ослабевает роль *V. myrtillus* (5 %). *Ledum palustre* и *Chamaedaphne calyculata* служат доминантами 2-го порядка (по 10 %). Несколько возрастают покрытие *Empetrum hermaphroditum* (5 % против 2 % в var. typ.), постоянство *Andromeda polifolia, Polytrichum strictum.* В то же время снижается покрытие ряда болотных видов: *Eriophorum vaginatum, Rubus chamaemorus* (до 3 %), *Oxycoccus palustris* (до 1 %). В моховом ярусе доля *Sphagnum angustifolium* уменьшается до 30 %, но возрастает роль *S. capillifolium* (20 %) – вида с евросибирским континентальным типом ареала на севере Европы [Påhlsson, 1994]. На кочках покрытие *Pleurozium schreberi* и *Sphagnum russowii* не более 10 %, *S. magellanicum* – 5 %. *Polytrichum commune* не обилен.

Дифференциальную группу видов варианта формируют лишайники (*Cladina stellaris, C. stygia* (*C. rangiferina* s. l.), *Cladonia coccifera* s. l.; общее покрытие до 10 %), вблизи от западной границы ареала синтаксона – также *Calluna vulgaris*.

Голубичные сосняки встречаются в Двино-Печорском регионе, начиная от правобережья р. Онеги. Большая часть описаний сделана нами в бассейне р. Устьи (средняя тайга Архангельской обл.) и на водоразделе Ижмы и Печоры (северная тайга Коми), а также в Печорском Предуралье; единичные описания сделаны также в низовьях р. Вычегды. В литературе описания лесов данного типа известны из Коми (P. uligini-vaccinioso-sphagnosum [Лащенкова, 1954]), в том числе с верховий Вычегды (P. fruticulosi-turfosum [Колесников, 1985]), с верхней и средней Печоры (P. uliginosum, P. caricosum, P. cassandrosum [Самбук, 1932]; P. polytrichoso-uligini-vacciniosum [Корчагин, 1940]).

5.2. Subass. sphagnetosum fusci – сосняк ерниковый сфагновый (№ 9–10; см. табл.). Сообщества целиком покрывают небольшие по площади массивы лесных болот, либо развиваются ближе к центру болотного массива. В этом случае они формируют полосу между багульниковым сосняком с обилием черники/голубики и *Carex globularis* и собственно сфагновым болотом с низкой сосной, отличаясь от последнего как флористически, так и по выраженности эдификаторной роли сосны [Салтыковская, 1998]. Условия минерального питания явственно олиготрофные. Мощность торфяной залежи различается по подзонам. Древостой разрежен и невысок; 1-й ярус высотой 12–13 (9–16) м. Бонитет Va. 2-й ярус сомкнутостью 0,1 при высоте 7 (3–10, в средней тайге до 14) м. Оба яруса чисто сосновые. Часто 2-й ярус не выражен. Подрост сосновый (7–8 %), высотой 1–2 м. Подрост ели и березы малообилен (по 1 %) и сильно угнетен, у ели усыхает. Характерен подлесок из *Betula nana,* низкий (50–60 см) и обычно разреженный (5–10 %). Однако общее покрытие подроста и подлеска (в среднем 15 %) варьирует от 1–3 до 40–60 %; густые заросли березки могут наблюдаться как в средней, так и в северной тайге.

В травяно-кустарничковом ярусе обильны *Ledum palustre, Vaccinium uliginosum* и *Rubus chamaemorus* (по 10 %). Постоянны, но не обильны *Andromeda polifolia, Carex globularis, Vaccinium myrtillus* (по 3–5 %); *V. vitis-idaea* (1 %). В моховом ярусе на кочках преобладает *Sphagnum fuscum* (20–30 %) с примесью других видов *Sphagnum, Polytrichum strictum, Pleurozium schreberi*; в межкочьях *Sphagnum angustifolium* (30–50 %).

Фитоценотическая характеристика кустарничково-сфагновых сосновых лесов средней и северной тайги Европейской России

Вид	Ярус	Синтаксоны																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Betula pendula	b		83		–		2		–		–		2		–		–		–		–
Luzula pilosa	c		83		29		10		–		20		2		2		–		–		–
Calamagrostis arundinacea	c		50		8		4		–		–		–		–		–		–		–
Avenella flexuosa	c	1	67	2	38	1	43	1	75		31		7		–		6		2		4
Polytrichum juniperinum	d		33	2	4		10		42		6		2		–		6		–		13
Cladonia gracilis s. l.	d		17		–		10		17		3		–		–		6		–		15
Juniperus communis s. l.	b	1	50	2	29		14	5	75		31		14		5		3		2		2
Salix caprea	b		67		29		20		33		20		7		–		–		2		2
S. aurita	b	3	33		13		8		-	3	26	1	20	3	13		9		5		2
Equisetum sylvaticum	c		–	1	21	1	27		17	1	43	3	61		3		–	1	12		2
Hylocomium splendens	d	13	83	10	50	15	55	11	83	5	74	4	52		13	1	9		7	3	28
Dicranum polysetum	d	1	67	1	50	2	49		8	1	31		25		10		18		8		2
Ptilium crista-castrensis	d		33	2	46	1	18		–	1	23		18		2		12		5		4
Dicranum majus	d		33		4		6	3	25		6		11		5		3		–		13
Calluna vulgaris	c	4	83	2	21	2	14	15	92	1	14		9	1	13	2	9	1	10	6	55
Cladina rangiferina s. l.	d	2	83		29	4	86	6	83		–		18		17	1	73		15	4	81
C. stellaris	d		17		4	2	59	1	58		–		2		7	1	52		3	2	55
Cladonia coccifera s. l.	d		17		–	1	14		–		–		–		–		3		–		9
Polytrichum commune	d	23	83	22	88	8	78	1	17	13	86	8	50	6	37	3	55	2	12	1	28
Sphagnum capillifolium	d	8	33	17	71	8	59	3	33	6	49	9	50	9	55	22	82	5	30	1	17
Aulacomnium palustre	d		83	1	42	1	35		17		37		57		32		48		25	1	40
Sphagnum russowii	d	14	67	3	13	7	39	5	33	3	31	9	48	8	37	11	45		13	6	55
Vaccinium uliginosum	c		–	7	79	12	94	12	100	4	69	5	82	7	92	24	100	9	78	12	98
Ledum palustre	c		–	17	83	15	86	9	100	6	54	16	80	15	87	11	76	11	82	10	87
Chamaedaphne calyculata	c		–	3	54	2	29		–	1	43	7	77	12	85	9	82	14	97	4	28
Empetrum hermaphroditum + nigrum	c		–	2	17	9	84	12	100	3	31	3	45	2	48	6	67	3	40	13	96
Dactylorhiza maculata + hebridensis	c		–		4		–		42		6		14		17		3		13		2
Lycopodium annotinum + dubium	c		–		13		6	2	58		9		2		3		–		–		–
Carex vaginata	c		–		–		–	2	92		–		7		–		–		–		6
Molinia caerulea	c		–		–		–	2	33		–		2		2		–		–		2
Tofieldia pusilla	c		–		–		–		50		–		–		–		–		–		–
Phyllodoce caerulea	c		–		–		–		50		–		–		–		–		–		–
Saussurea alpina	c		–		–		–		25		–		–		–		–		–		–
Dicranum drummondii	d		17		–		2		58		–		–		–		–		–		9
Rubus chamaemorus	c		–		13	1	24	1	25	4	57	12	84	9	77	3	55	12	87	11	91
Andromeda polifolia	c		–		17		20	1	92		6		39	2	67	2	73	4	85	3	91
Sphagnum angustifolium	d		17	2	29	3	29	2	17	22	60	46	91	52	88	32	85	49	92	28	77
Betula nana	b		–		–		12	1	33		6	1	16	2	28	2	21	4	65	8	85
Oxycoccus microcarpus	c		–		4		14	1	42		3		5		13		30		20	1	70
Carex pauciflora	c		–		–		–		–		6	1	18	1	22		21	2	62	1	21
Drosera rotundifolia	c		–		–		–		8		–		9		12		9		47		26
Sphagnum fuscum	d		–		4		4	13	58		–		16		8	1	15	19	75	32	79
S. rubellum	d		–		–		–		–		3		–		2		–		7	1	15
S. girgensohnii	d		–	1	8	1	2		–	32	71	3	9	1	3		9		–		–
S. centrale	d		–		–		2		–	2	11		5		–		–	1	3		–
S. wulfianum	d		–		4		2		–		9		–		–		3		–		–
Eriophorum vaginatum	c		–		4		10		33		23	4	82	8	92	3	73	12	100	5	91
Oxycoccus palustris	c		–		4		2		17		20	2	68	4	83	1	64	5	97	1	49
Polytrichum strictum	d	4	17	2	33	1	33		–		23	1	41	2	48	3	73	2	68	2	62
Sphagnum magellanicum	d		–		–		–		–	1	17	9	68	11	73	5	39	20	88	3	28
Pinguicula villosa	c		–		–		–		8		–		–		–		–		–		9
Dicranum bergeri	d		–		–	1	12		8		–		5		–	1	18		3	1	45
Mylia anomala	d		–		–		–		8		–		2		2		–		3		32
Cladonia elongata + maxima	d		–		–		–		17		3		–		–		–		–		9
Pinus sylvestris	a1	24	100	48	100	39	100	13	100	43	100	37	100	41	100	40	100	35	100	20	100
Vaccinium vitis-idaea	c	15	100	10	100	9	98	5	100	11	100	5	98	2	85	3	91	1	72	1	77
V. myrtillus	c	22	100	25	100	21	92	7	100	23	100	16	93	9	83	6	91	5	75	3	79
Carex globularis	c	3	50	10	92	4	84		–	5	94	9	93	9	85	8	85	2	40	5	47
Melampyrum pratense	c	3	83	1	58	1	57		67		51		52	1	55	1	76	1	60		40
Pleurozium schreberi	d	30	100	24	100	34	94	14	92	9	100	7	89	6	78	12	94	2	58	9	87
Picea abies s. l.	a1	2	33	2	38	3	55		17	8	89	3	45	1	20		24		15	1	23
Betula pubescens	a1		–	3	38	1	35	1	17	2	34	2	41		17		6		7		2

Larix sibirica	a1		–	2	21	1	14		–		3		–		2		–		–		4
Betula pendula	a1+2	2	67		4		12		–		3		–		–		6		–		–
Betula pubescens	a2	1	33	14	63	4	57	6	92	4	60	5	77	3	38	1	42	2	32	1	30
Pinus sylvestris	a2		17	3	29	3	41	8	67	1	29	4	36	7	43	7	52	6	48	9	74
Picea abies s. l.	a2	12	83	3	38	4	53		8	13	63	7	66	2	32	2	39	2	30	3	43
Alnus incana s. l.	a2+b		17		17		–	1	25		6	1	18		–		6		2		4
Pinus sylvestris	b	1	33	5	63	5	84	5	100	1	29	1	61	5	90	8	97	8	82	7	94
Picea abies s. l.	b	9	100	3	50	4	78		50	13	97	6	91	2	62	2	64	1	70	1	70
Betula pubescens	b		17	4	71	2	84	2	83	3	91	3	89	2	72	1	61	1	58	1	36
Sorbus aucuparia s. l.	b	1	100	2	63		33		67		31		27		5		–		3		–
Pinus sibirica	b		–		25		14		–		3		5		3		3		7		4
Populus tremula	b		33		25		12		–		6		9		2		3		–		–
Pinus sylvestris	c		50		21		37		50		17		20		38		55		40		79
Picea abies s. l.	c	1	67		17		35		17		60		39		22		30		15		36
Betula pubescens	c		–		13		27		58		26		27		18		27		18		15
Orthilia secunda	c		17		13		8		58		26		2		–		–		3		–
Linnaea borealis	c		–		17		18		33		14		2		2		–		–		–
Trientalis europaea	c	1	50	1	29		4		17		20		5		–		–		–		–
Chamaenerion angustifolium	c		17		17		12		25		9		–		–		–		3		2
Solidago virgaurea s. l.	c		–		13		8	1	83		–		2		–		–		–		–
Listera cordata	c		–		–		–		25		9		11		–		–		2		–
Rubus saxatilis	c		17		25		–		17		–		–		–		–		–		–
Geranium sylvaticum	c		–		–		–		42		–		2		–		–		–		–
Hieracium vulgatum s. l.	c		–		4		2		25		–		–		–		–		–		–
Betula pendula	c		67		–		–		–		–		–		–		3		–		–
Bartsia alpina	c		–		–		–		33		–		–		–		–		–		–
Pinguicula vulgaris	c		–		–		–		25		–		–		–		–		–		2
Cirsium heterophyllum	c		–		–		–	1	33		–		–		–		–		–		–
Arctous alpina	c		–		–		–		25		–		–		–		–		–		–
Cladina arbuscula s. l.	d	5	100	1	29	2	71	4	75		6		18		15	1	55		12	1	51
Dicranum scoparium	d		67		17	1	63	1	50	1	29		16		2		6		3		6
Sphagnum balticum	d		–		–		–		–		3	1	16	1	22	1	15		12	1	30
Pohlia nutans s. l.	d		17		–		8		–		14		16		7		27		5		17
Lophozia spp.	d		–		–		–		8		–		5		5		–		2		19
Cladonia cenotea	d		17		–		2		33		–		–		–		–		–		13
Orthocaulis floerkei	d		–		–		–		50		–		2		–		–		–		4
Racomitrium microcarpon	d		17		–		–		25		–		–		–		–		–		–
Andreaea rupestris	d		17		–		–		25		–		–		–		–		–		–
Sphagnum aongstroemii	d		–		–		–	2	17		–		–		2		–		–		–
Cladonia pyxidata s. l.	d		33		–		–		–		–		–		–		–		–		–
Сомкнутость крон / проективное покрытие (%) и высота ярусов (м):																					
– 1-го яруса древостоя	a1	0,3	17	0,6	18	0,5	15	0,2	13	0,5	20	0,4	17	0,4	14	0,4	14	0,3	13	0,2	12
– 2-го яруса древостоя	a2	0,2	6	0,2	9	0,1	8	0,2	4	0,3	13	0,2	9	0,1	8	0,1	9	0,1	7	0,1	7
– подроста и подлеска	b	15	1,5	20	2	15	1,5	15	0,6	20	2,7	15	2,5	15	2,3	15	2,4	15	1,8	15	1,3
травяно-кустарничкового	c	50		80		75		75		60		75		70		70		70		70	
мохово-лишайникового	d	100		90		90		75		90		95		95		95		100		95	
Бонитет древостоя		IV		IV		IV		Va		IV		IV		V		V		Va		Va	
Мощность торфа, см		15		18		21		22		35		50		68		50		130		75	
Число описаний		6		24		49		12		35		44		60		33		60		47	

Примечание. Синтаксоны: 1 – Sphagno russowii-Myrtillo-Pinetum; 2–3 – Polytricho-Ledo-Pinetum: 2 – var. typicum, 3 – var. Cladina rangiferina; 4 – Sphagno fusci-Empetro-Pinetum; 5 – Sphagno girgensohnii-Myrtillo-Pinetum; 6–10 – Sphagno angustifolii-Ledo-Pinetum: 6–8 – typicum: 6 – var. Equisetum sylvaticum, 7 – var. typicum, 8 – var. Vaccinium uliginosum; 9–10 – sphagnetosum fusci: 9 – var. typicum, 10 – var. Cladina rangiferina. Ярусы: a1 и a2 – 1-й и 2-й ярусы древостоя, b – подрост и подлесок, c – травяно-кустарничковый, d – мохово-лишайниковый. Для видов приводятся: в левой части колонок – среднее проективное покрытие, в правой – постоянство, при характеристике древостоя – соответственно средние сомкнутость крон и высота. Виды в пределах детерминантных групп по ярусам расположены в порядке убывания встречаемости во всем массиве описаний, входящих в таблицу. Детерминантные группы видов выделены полужирной рамкой и серым фоном. Исключены из таблицы: виды со встречаемостью не более 20 % хотя бы в одном из синтаксонов, эпифитные лишайники и мохообразные.

От subass. typ. синтаксон отличают болотные (*Oxycoccus microcarpus, Carex pauciflora, Drosera rotundifolia, Sphagnum fuscum, S. rubellum*) и болотно-южнотундровые (*Betula nana*) оксилофиты, перацидофилы, общие с кольскими горными редколесьями Sphagno fusci-Empetro-P. Выделяются 2 варианта, дифференцированные по подзонам.

5.2.1. Var. typicum – типичный среднетаежный вариант (№ 9; см. табл.). Внутриландшафтная приуроченность как у субассоциации в целом. Торфяная залежь мощная: в среднем 130, часто до 250, иногда до 500 см. Нанорельеф выраженно крупнокочковатый. На микроповышения приходится (30) 50 (75) % площади ценоза, перепад высот от 20 до 80–100 см.

Сомкнутость 1-го яруса древостоя 0,4 (0,2–0,6). Из кустарничков на 1-е место по обилию выходит *Chamaedaphne calyculata* (15 %). Много *Eriophorum vaginatum* (12 %, постоянство 100 %); фитоценотический оптимум этого вида по степени выраженности в данном синтаксоне уступает лишь пушицево-сфагновым соснякам [Кучеров, Кутенков, 2011], безлесным болотам и кочкарным южным тундрам. Значимого обилия (5 %) достигает *Oxycoccus palustris*. На кочках к *Sphagnum fuscum* примешивается *S. magellanicum* (20 %). В нескольких описаниях отмечены западины с *Gymnocolea inflata* (5–10 % площади ценоза). Лишайники нетипичны, равно как и мхи из группы Polytrichum commune-Sphagnum capillifolium. Дифференциация от var. Cladina rangiferina негативная.

Сообщества описаны нами по всей средней тайге от Карелии до Северного Урала. В литературе есть указания для верхней Вычегды (P. fruticulosi-turfosum [Колесников, 1985]) и в целом для средней тайги Коми (P. cassandroso-sphagnosum [Лащенкова, 1954; Мартыненко, 1999]. Из Скандинавии синтаксон приводится как «Pinus sylvestris-Ledum palustre-typ» [Påhlsson, 1994], из Финляндии как «true dwarf shrub pine bog» [Eurola et al., 1984]. Южнотаежные сосняки со *Sphagnum fuscum* часто лишены *Betula nana* [Смирнова, 1928; Курнаев, 1969; Рысин, 1975; Самбук, 1987, 1991], которая на южном пределе ареала тяготеет к экотонам по границе леса с безлесными верховыми болотами.

5.2.2. Var. Cladina rangiferina – лишайниковый северотаежный вариант (№ 10; см. табл.) нередко также развивается ближе к центру болотного массива. Однако в северной Карелии, на Кольском п-ове и на водоразделе Ижмы и Печоры сообщества могут начинаться и сразу от края болота, по сравнительно мелкой залежи. Мощность ее в целом меньше, чем в типичном варианте: (30) 75 (170), в верховьях Кулоя редко 300 см. Нанорельеф мелкокочковатый, перепад высот 10–45 см, микроповышения занимают 50–85 % площади ценоза. Сомкнутость 1-го яруса древостоя снижается до 0,2 (0,1–0,4), высота его на северном пределе лесов составляет лишь 7–9 против средних 12 м. В травяно-кустарничковом ярусе до 15 % возрастает обилие *Empetrum hermaphroditum* либо (в Прибеломорье) *E. nigrum*, до 5 % – *Calluna vulgaris*. До такой же величины уменьшается среднее покрытие у *Chamaedaphne calyculata* (которой нет на Кольском п-ове) и *Eriophorum vaginatum*. В северокарельских сообществах существенно (до 15 %) больше покрытие *Carex globularis* [Кучеров и др., 2009], что несвойственно другим регионам. На кочках к *Sphagnum fuscum* примешиваются *Pleurozium schreberi* (10 %) и *Sphagnum russowii* (5 %), а *S. magellanicum* менее обилен, чем в средней тайге (3 %).

Детерминантную группу видов формируют гипоарктические *Dicranum bergeri, Pinguicula villosa* (редкий вид), *Cladonia elongata, C. maxima*, а также печеночный мох *Mylia anomala* – «спутник» *Sphagnum fuscum* с выраженным оптимумом в подзоне северной тайги. Все названные виды растут на кочках *S. fuscum*. В межкочьях в одном из лапландских описаний в большом обилии отмечен также тундровый лишайник *Cetrariella delisei*, нередкий на открытых верховых болотах Кольского п-ова и Керетской Карелии.

От var. typicum рассматриваемый вариант дифференцирует группа Calluna vulgaris-Cladina spp., маркирующая скальные и северотаежные синтаксоны, а также мхи из группы Polytrichum commune-Sphagnum capillifolium, из которых обилен *S. russowii*. Виды из обеих групп тяготеют к кочкам. Общее покрытие лишайников порядка 10 %.

Сообщества изучались нами в северной тайге Кольского п-ова, Керетской Карелии (Чкаловский, Гридино), верховий р. Кулой и Печоро-Ижемского водораздела. Из Прибеломорья синтаксон ранее описан под названиями «Sphagno angustifolii-Ledo-P. caricetosum globularis var. Cladina stygia» (сообщества периферии болот) и «S.a.-L.-P. typicum var. Cladina stellaris» [Кучеров и др., 2009]. Различия между этими типами, явные на региональном уровне, несущественны при рассмотрении в масштабах всего севера Европейской России. Единственное описание в подзоне средней тайги (у границы с северной) сделано в Печорском Предуралье. В литературе описания приводятся для Хибин (P. chamaemorosum [Аврорин и др., 1936]), Беломорско-Кулойского плато (P. cassandrosum [Леонтьев, 1937]), Центрального Тимана (P. nano-betulosum [Самбук, 1932]), бассейна р. Илыч (Pineto-angustifolii-sphagnetum nano-betuloso-lyonosum [Корчагин, 1940]). Под наименованием «P. nano-betuloso-sphagnosum» синтаксон хорошо известен из северной тайги Карелии [Рутковский, 1933; Солоневич, 1934], Холмогорского («P. empetroso-sphagnosum» [Соколова, 1937]), Мезенского и Пинежского [Леонтьев, 1937] районов Архангельской обл., а также из Коми [Самбук, 1932; Лащенкова, 1954; Мартыненко, 1999], где занимает особенно большие площади [Рысин, 1975]. Исходя из наличия *Betula nana* и *Sphagnum fuscum*, мы синонимизируем с ним также «P. uliginosi-vaccinioso-sphagnosum» из района Лоухи-Кестеньгского

тракта в северной Карелии [Соколова, 1936] и северофенноскандский Pinus sylvestris-Vaccinium uliginosum-typ [Påhlsson, 1994].

В пределах ареала синтаксона намечаются 2 географические расы: западная, кольская, заходящая на Онежский п-ов (Cladino-fusci-sphagneto-empetroso-pinosum [Соколова, 1937]), с *Calluna vulgaris,* но без *Chamaedaphne calyculata* и (на Кольском п-ове) *Carex globularis*, и восточная, печорская, с кассандрой и осокой без вереска. Переходная зона между ними занимает север Карелии и материковую часть Архангельской обл.

В системе И. Браун-Бланке багульниковые сосняки севера Европейской России с *Carex globularis* описаны под именем Sphagno-P. sylvestris Smagin 2000, со *Sphagnum fuscum* – как Pino sylvestris-Sphagnetum angustifolii Smagin 2000 (Sphagnetum magno-pinosum Filatov et Yurev 1913 [Смагин, 2000]). Кустарничково-сфагновые сосняки Фенноскандии относят к ассоциации Oxycocco quadripetali-P. K.-Lund 1981 [Kielland-Lund, 1981]. Кроме багульниковых, она охватывает и западнофенноскандские воронично-голубичные сосняки с *Myrica gale* и *Erica tetralix* без *Ledum* и *Chamaedaphne* [Påhlsson, 1994], которые стоило бы относить к иному синтаксону. В атлантическом климате юга Норвегии выделяется географическая раса с дифференциальными видами *Chamaepericlymenum suecicum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum quinquefarium* и *Rhytidiadelphus loreus*, переходная к ассоциации Bazzanio-P. K.-Lund 1981, а также ассоциация балтийских приморских сосняков Erico tetralicis-P. (K.-Lund 1981) K. & B. Dierßen 1982 [Dierßen, 1996].

Багульниковые сосняки востока Средней Европы относят к ассоциации Ledo-P. (Hueck 1929) R.Tx. 1955 с *Ledum palustre, Picea abies, Rubus chamaemorus, Betula nana, Sphagnum capillifolium*. Западнее, в субатлантическом климате, ее замещает ассоциация Vaccinio uliginosi-P. (Hueck 1925) Kleist 1929 без характерных видов. Это сугубо среднеевропейский синтаксон, где *Ledum* сочетается с *Molinia caerulea* и *Quercus robur* [Коротков, 1991]; указание его для Северного Приладожья [Самбук, 1987] ошибочно. Наконец, в атлантическом климате развита ассоциация Betuletum pubescentis R.Tx. 1937 с *Myrica gale* и *Erica tetralix* [Pott, 1995]. Часто багульниковые сосняки Польши и восточной Германии также относят к Vaccinio uliginosi-P. наряду с вороничко-голубичными сосняками без багульника [Matuszkiewicz, Matuszkiewicz, 1973; Ellenberg, 1996]. Багульниковые сосняки Валдая описаны К. О. Коротковым [1991] как Chamaedaphno-Ledetum Korotk. 1991, однако отличия этой ассоциации от Oxycocco-P. не вполне понятны.

Всего в средней и северной тайге Европейской России нами выделено: 2 ассоциации кустарничковых сфагново-зеленомошных сосняков с 2 вариантами; 2 ассоциации кустарничковых сфагновых сосняков, из них одна (Sphagno angustifolii-Ledo-P.) с 2 субассоциациями и 5 вариантами; 1 ассоциация, переходная между группами. Различия субассоциаций обусловлены изменениями режима трофности по мере удаления от края к центру болота. Варианты могут быть детерминированы как экологически (различия между var. Equisetum sylvaticum и var. typicum внутри Sphagno angustifolii-Ledo-P. typicum), так и географически – маркируя отдельные подзоны таежной зоны либо, как в случае var. Vaccinium uliginosum, долготные сектора европейского субконтинента. В силу особенностей генезиса все синтаксоны выраженно ацидофильны и избегают карбонатных ландшафтов. Лишь багульниково-сфагновые сосняки, растущие на мощном слое торфа, изолирующем их от подстилающей породы, индифферентны к ее химизму.

Авторы признательны администрации и сотрудникам заповедников «Кивач», «Печоро-Илычский», «Лапландский», «Пинежский», национальных парков «Кенозерский» и «Паанаярви» за помощь при организации полевых работ, А. Г. Безгодову («ПермНИПИНефть»), В. В. Чепиноге (ИГУ), М. Д. Люблинской (ИЛИ РАН), С. И. Дровниной (ИЭПС УрО РАН), А. В. Петрову за участие в экспедициях, А. А. Звереву (ТГУ) за предоставление программы «IBIS», А. И. Максимову, Т. А. Максимовой, М. А. Бойчук (ИБ КарНЦ РАН), В. А. Бакалину (БПИ ДВО РАН), М. В. Дулину (ИБ УрО РАН), Е. Ю. Чураковой (САФУ), А. Г. Безгодову за определение сборов мохообразных, Т. К. Юрковской, В. И. Василевичу (БИН РАН) и О. Л. Кузнецову (ИБ КарНЦ РАН) за ценные советы. Работа частично поддержана Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» за 2007–2008 гг.

Литература

Аврорин Н. А., Качурин М. Х., Коровкин А. А. Материалы по растительности Хибинских гор // Тр. СОПС АН СССР. Сер. Кольск. 1936. Вып. 11. С. 3–95.

Андреев В. Н. Лесная растительность южного Тимана // Тр. Полярной комиссии. 1935. Т. 24. С. 7–64.

Архипов С. С. Заболачивание и типы лесов котласского леспромхоза. М.: Гослестехиздат, 1932. 77 с.

Благовещенский Г. А. Эволюция растительного покрова болотного массива «1007 км» у ст. Лоухи

(Карелия) // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геобот. 1936. Вып. 3. С. 141–232.

Василевич В. И. Доминантно-флористический подход к выделению растительных ассоциаций // Ботан. журн. 1995. Т. 80, № 6. С. 28–39.

Василевич В. И., Бибикова Т. В. Сфагновые ельники Европейской России // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 5. С. 734–748.

Вехов В. Н. Растительность Кемь-лудского архипелага // Тр. Кандалакшского заповедника. 1969. Вып. 7. С. 60–125.

Герасименко Г. Г., Ипатов В. С., Салтыковская Т. О. Динамика сфагновых сосняков северо-запада России // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 4. С. 1–15.

Гозин А. А. Типологическая структура лесов междуречья Сожа и Днепра // Ботаника: Исследования. Минск, 1966. Вып. 8. С. 168–176.

Горшков В. В., Ставрова Н. И., Баккал И. Ю. Основные этапы восстановительной динамики северотаежных лесов // Динамика лесных сообществ северо-запада России. СПб.: ВВМ, 2009. С. 228–236.

Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных лесов Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1993. 160 с.

Громцев А. Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 238 с.

Дмитриева Е. В. Сосновые леса северо-запада Карельского перешейка // Ботан. журн. 1973. Т. 58, № 8. С. 1093–1106.

Дмитриева Е. В. Лишайниковые сосняки северо-запада Карельского перешейка // Вестн. ЛГУ. 1979. Сер. 3. Биол. Вып. 3, № 18. С. 59–71.

Дыренков С. А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.

Дыренков С. А., Лешок В. И. Болотные сосняки южной Карелии // Болотные экосистемы Европейского Севера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1988. С. 59–72.

Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2007. 304 с.

Игошина К. Н. Растительность северной части Верхне-Камского округа Уральской области // Тр. биол. ин-та Перм. ун-та. 1930. Т. 3. Вып. 2. С. 73–176.

Игошина К. Н. Растительность Урала // Тр. БИН АН СССР. 1964. Сер. 3. Геобот. Вып. 16. С. 83–230.

Ипатов В. С., Герасименко Г. Г., Трофимец В. И. Динамическая классификация сосново-еловых лесов на скалах // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 2. С. 13–24.

Карпенко А. С. Сосновые леса. Североевропейские сосновые леса // Растительность европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 117–133.

Колесников Б. П. Лесная растительность юго-восточной части бассейна Вычегды. Л.: Наука, 1985. 216 с.

Корчагин А. А. Растительность северной половины Печорско-Ылычского заповедника // Тр. Печорско-Ылычского заповедника. 1940. Вып. 2. С. 5–415.

Кузнецов О. Л. Разнообразие облесенных болотных сообществ Карелии // Коренные леса таежной зоны Европы: современное состояние и сохранение: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 1999. С. 146–148.

Кузнецов О. Л. Топо-экологическая классификация растительности болот Карелии // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С. 28–33.

Кузнецов О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Петрозаводск, 2005. Вып. 8. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. С. 15–46.

Курнаев С. Ф. Основные типы леса боровых сосняков южной тайги Ярославской области // Сосновые боры подзоны южной тайги и пути ведения в них лесного хозяйства. М.: Наука,1969. 297 с.

Кутенков С. А. Растительность болотных лесов среднетаежной подзоны Карелии // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. С. 159–172.

Кутенков С. А. Болотные и заболоченные леса // Скальные ландшафты Карельского побережья Белого моря: природные особенности, хозяйственное освоение, меры по сохранению. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. С. 41–51.

Кучеров И. Б., Головина Е. О., Чепинога В. В. и др. Сосновые леса и редколесья Карельского берега Белого моря (Республика Карелия) // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. Биогеогр. 2009. № 4. С. 30–52.

Кучеров И. Б., Кутенков С. А. Травяно-сфагновые сосняки средней и северной тайги Европейской России // Ботан. журн. 2011. Т. 96, № 6. С. 733–763.

Кучеров И. Б., Кутенков С. А., Максимов А. И., Максимова Т. А. Заболоченные сосновые леса заповедника «Кивач» (Карелия) // Ботан. журн. 2008. Т. 93, № 4. С. 615–637.

Кучеров И. Б., Разумовская А. В., Чуракова Е. Ю. Еловые леса национального парка «Кенозерский» (Архангельская область) // Ботан. журн. 2010. Т. 95, № 9. С. 1268–1301.

Лащенкова А. Н. Сосновые леса // Производительные силы Коми АССР. 1954. Т. 3. Ч. 1. С. 126–156.

Леонтьев А. М. Растительность Беломорско-Кулойской части Северного края // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1937. Вып. 2. С. 81–222.

Лопатин В. Д., Волков А. Д., Воронова Т. Г. Метод экоценотических координат при изучении лесов таежной зоны // Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1985. С. 159–180.

Любимова А. А. Растительность и почвы побережья оз. Ловозеро (Кольский полуостров) // Тр. БИН АН СССР. 1937. Сер. 3. Геобот. Вып. 2. С. 345–489.

Мартыненко В. А. Светлохвойные леса // Леса Республики Коми. М.: Лесн. пром-сть, 1999. С.105–131.

Микроклимат СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 286 с.

Морозова О. В., Коротков В. Н. Классификация лесной растительности Костомукшского заповедника // Заповедное дело. М., 1999. Вып. 5. С. 56–78.

Нешатаев В. Ю. Некоторые ассоциации заболоченных сосняков Ленинградской области // Ботан. журн. 1985. Т. 70, № 10. С. 1362–1373.

Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю. Синтаксономическое разнообразие сосновых лесов Лапландского заповедника // Ботан. журн. 2002. Т. 87, № 1. С. 99–121.

Нешатаев В. Ю., Потокин А. Ф., Томаева И. Ф. и др. Растительность, флора и почвы Верхне-Тазовского государственного заповедника. СПб.: Гос. природн. заповедник «Верхне-Тазовский», 2002. 154 с.

Никольский П. Н., Изотов И. И. Очерк растительности полосы вдоль Парандово-Ругозерского тракта // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1936. Вып. 3. С. 345–394.

Ниценко А. А. Леса долгомошники в ботаническом и мелиоративном отношении // Учен. зап. ЛГУ. № 167. Сер. биол. наук. 1954. Вып. 34. С. 137–150.

Ниценко А. А. О процессах развития растительности на обнаженных скалах // Учен. зап. ЛГУ. Сер. биол. наук. 1951. № 143, вып. 30. С. 86–111.

Ниценко А. А. Очерки растительности Ленинградской области. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1959. 141 с.

Ниценко А. А. Сосновые леса Ленинградской области // Вестн. ЛГУ. Отд. биол. 1960. № 21, вып. 4. С. 22–33.

Поварніцин В. О. Ліси Українського Полісся. Київ: Наукова думка, 1959. 207 с.

Пушкина Н. М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях // Тр. Лапландского гос. заповедника. 1960. Вып. 4. С. 5–125.

Пьявченко Н. И. Типы заболачивания лесов в бассейне Северной Двины // Материалы по изучению лесорастительных условий на торфяно-болотных почвах лесной зоны и в тундре // Тр. Ин-та леса. М., 1957. Т. 36. С. 5–55.

Пьявченко Н. И. Лесное болотоведение. М.: Наука, 1963. 192 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

Рутковский В. И. Типы лесов Кемского края АКССР // Тр. Ин-та изучения леса АН СССР. 1933. Т. 1. С. 1–97.

Рысин Л. П. Сосновые леса европейской части СССР. М.: Наука, 1975. 212 с.

Сабуров Д. Н. Леса Пинеги. Л.: Наука, 1972. 173 с.

Салазкин А. С. Очерк растительности бассейна р. Умбы // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1936. Вып. 3. С. 69–139.

Салтыковская Т. О. К вопросу об отнесении сфагновых сосняков к лесному или болотному типу растительности // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 5. С. 83–88.

Самбук С. Г. Олиготрофные сфагновые сосновые леса на северо-западе европейской части СССР // Ботан. журн. 1987. Т. 72, № 11. С. 1523–1532.

Самбук С. Г. Заболоченные сосновые леса европейской части СССР // Ботан. журн. 1991. Т. 76, № 4. С. 537–547.

Самбук Ф. В. Печорские леса // Тр. Бот. музея АН СССР. 1932. Т. 24. С. 63–245.

Самойлов Ю. И., Ипатов В. С. Пирогенные сукцессии напочвенного покрова сухих сосняков на песках // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биол. 1995. Вып. 4, № 24. С. 58–66.

Семенова-Тян-Шанская А. М. Сосновые леса // Растительный покров СССР: Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР» М 1: 4 000 000. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 1. С. 217–248.

Смагин В. А. Болотные сосняки на Северо-Западе РСФСР // Ботан. журн. 1988. Т. 73, № 2. С. 255–263.

Смагин В. А. Болотные березняки и евтрофные сосняки Северо-Запада РСФСР // Ботан. журн. 1991. Т. 76, № 3. С. 365–377.

Смагин В. А. Ассоциации лесных болот класса Vaccinietea uliginosi на севере европейской России // Ботан. журн. 2000. Т. 85, № 3. С. 83–94.

Смирнова З. Н. Лесные ассоциации северо-западной части Ленинградской области // Тр. Петергоф. естеств.-науч. ин-та. 1928. № 5. С. 119–258.

Соколов С. Я. Краткий очерк типов леса внеленинградской группы учебно-опытного лесничества Ленинградского Лесного института // Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств Ленингр. Лесн. ин-та. М.: Новая деревня, 1928. С. 37–46.

Соколов С. Я. Типы леса восточной части Баково-Варнавинского учебно-опытного леспромхоза // Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств Ленингр. Лесн. ин-та. М.: Новая деревня, 1931. Вып. 2. С. 115–261.

Соколова Л. А. Растительность района Лоухи-Кестеньгского тракта (Карелия) // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1936. Вып. 3. С. 241–306.

Соколова Л. А. Материалы к геоботаническому районированию Онего-Северодвинского водораздела и Онежского полуострова // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1937. Вып. 2. С. 9–80.

Солоневич К. И. Геоботанический очерк района западной части Кемь-Ухтинского тракта (Карелия) // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1934. Вып. 1. С. 53–87.

Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов лесов. 3-е изд. М.: Сельхозгиз, 1931. 328 с.

Федорчук В. Н., Нешатаев В. Ю., Кузнецова М. Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб.: СПбНИИЛХ, 2005. 382 с.

Усков С. П. Типы лесов Карелии. Петрозаводск: Кн. изд-во, 1930. 87 с.

Цветков В. Ф., Семенов Б. А. Сосняки Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1985. 115 с.

Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова северо-запада европейской части СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1932. 376 с.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: «Мир и семья–95», 1995. 991 с.

Чертов О. Г. Определение типов гумуса лесных почв. Л.: ЛенНИИЛХ, 1974. 16 с.

Шиманюк А. П. Опыт изучения северных лесов. М.; Л.: Сельхозгиз, 1931. 104 с.

Юрковская Т. К. География и картография растительности болот России и сопредельных территорий. СПб.: БИН РАН, 1992. 256 с.

Яковлев Ф. С., Воронова В. С. Типы лесов Карелии и их природное районирование. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. 190 с.

Cajander A. K. A. J. Melan suomen kasvio // Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia. Helsinki, 1906. Vol. 53, N 3. L. 1–764.

Cajander A. K. Über Waldtypen in allgemeinen // Acta Forest. Fenn. 1921. Vol. 20, N 1. 41 s.

Dahl E. The Phytogeography of Northern Europe (British Isles, Fennoscandia and Adjacent Areas). Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1998. 297 p.

Dierßen K. Vegetation Nordeuropas. Stuttgart: Ulmer, 1996. 839 s.

Ellenberg H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl. Stuttgart: Ulmer, 1996. 1095 s.

Eurola S., Ruuhijärvi R. Über der regionale Einteilung der finnischen Moore // Arch. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo. 1961. Vol. 16 (suppl.). S. 49–63.

Eurola S., Hicks S., Kaakinen E. Key to Finnish mire types // European Mires. L. Acad. Press, 1984. 117 p.

Heikurainen L. Suo-opas. 3: Uudistettu pianos. Helsinki: Kirjayhtymä, 1978. 51 s.

Hultén E., Fries M. Atlas of North European vascular plants, north of the Tropic of Cancer: In 3 t. Königstein: Koeltz Sci. Publ., 1986. 1172 p.

Ignatov M. S., Afonina O. M. Check-list of mosses of the former USSR // Arctoa. 1992. Vol. 1. P. 1–85.

Kielland-Lund J. Die Waldgesellschaften SO Norwegens // Phytocoenologia. 1981. Vol. 9, N 1–2. P. 53–250.

Konstantinova N. A., Potemkin A. D., Schljakov R. N. Check-list of the *Hepaticae* and *Anthocerotae* of the former USSR // Arctoa. 1992. Vol. 1. P. 87–127.

Matuszkiewicz W., Matuszkiewicz J.-M. Przegad fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Cz. 2. Bory sosnowe // Phytocoenosis. 1973. Vol. 2, N 4. P. 273–356.

Paal J. Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. Tartu: Tartu Ülikool bot. ökol. inst., 1999. 202 lk.

Påhlsson L. (ed.) Vegetationstyper i Norden. Köpenhavn: Nordiska Ministerrådet, 1994. 627 s.

Pott R. Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer, 1995. 622 s.

Ruuhijärvi R. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore // Ann. Bot. Soc. Vanamo. 1960. Vol. 31, N 1. S. 1–360.

Stoutjesdijk Ph., Barkman J. J. Microclimate, vegetation and fauna. Uppsala: Opulus Press, 1992. 205 p.

Vitikainen O., Ahti T., Kuusinen M. et al. Checklist of lichens and allied fungi of Finland // Norrlinia. 1997. N 6. P. 1–123.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кучеров Илья Борисович
старший научный сотрудник, к. б. н.
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
лаб. растительности лесной зоны,
ул. Проф. Попова, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 197376
эл. почта: dryas.punctat@mail.ru
тел.: (812) 554 25 52

Кутенков Станислав Анатольевич
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: effort@krc.karelia.ru
тел.: +79114012678

Kucherov, Ilya
Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences
2 Prof. Popov St., 197376 St. Petersburg, Russia
e-mail: dryas.punctat@mail.ru
tel.: (812) 554 25 52

Kutenkov, Stanislav
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: effort@krc.karelia.ru
tel.: +79114012678

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 33–47

УДК 581.526.3 (282.2) (470.317)

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ МАЛОЙ ЮЖНОТАЕЖНОЙ РЕКИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ЗАРЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КУЕКША, КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. А. Бобров, Е. В. Чемерис

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН

Рассмотрен растительный покров малой реки Куекша (Костромская обл., Островский р-н). Флора реки состоит из 2 видов макроскопических водорослей, 10 – мохообразных и 57 – сосудистых растений, всего 69 таксонов. Растительность сложена ценозами 21 ассоциации из 8 классов системы Браун-Бланке. Зарастание слабое (10–20 %), относится в целом к фрагментарному типу. По преобладающим растениям и сообществам бóльшая часть р. Куекша принадлежат к шелковниковому и рдестово-шелковниковому типам. Макрофиты являются важным первичным продуцентом в реке. Проанализировано влияние зарегулирования стока на растительный покров – в направлении плотины снижается реофильная составляющая, увеличивается роль неспецифических, прибрежно-водных и отмельных видов и сообществ, увеличивается зарастание и продуктивность. Выявлены редкие растения и фитоценоза. Сделано заключение о достаточно хорошем экологическом состоянии реки и отрицательном влиянии зарегулирования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: малая река, флора, растительность, характер и типы зарастания, продукция, зарегулирование стока.

A. A. Bobrov, E. V. Chemeris. PLANT COVER OF A SMALL SOUTH TAIGA RIVER AND ITS CHANGE AT FLOW REGULATION (EXAMPLE OF THE KUEKSHA RIVER, KOSTROMA REGION)

We investigated the plant cover of the small river Kueksha (Ostrovskiy District, Kostroma Region). Flora of the river comprises 2 species of macroscopic algae, 10 bryophyte and 57 vascular plant species, 69 taxa in total. The vegetation is composed of coenoses of 21 associations belonging to 8 classes according to the Braun-Blanquet system. Overgrowing is low (10–20 %), generally fragmentary. Classified by the prevalent plants and communities, most of the Kueksha River belongs to the *Batrachium* and *Batrachium-Potamogeton* botanical types. Macrophytes are a key primary producer in the river. The effect of flow regulation on the plant cover was analyzed – the rheophilic component decreased, the role of nonspecific, semiaquatic and shoal species and communities rose, overgrowing and productivity increased towards the dam. Rare plants and phytocoenoses have been found. A conclusion is drawn about sufficiently good ecological state of the river and negative influence of regulated flow.

K e y w o r d s: small river, flora, vegetation, pattern and types of overgrowing, production, regulated flow.

Введение

Костромская обл. – слабоизученный в ботаническом отношении регион Средней России [Прилепский, 1992а, б]. Водной флоре и растительности посвящены лишь единичные работы [Лисицына, 1990; Папченков и др., 1994], касающиеся в основном крупных озер и водохранилищ. Растительный покров ручьев, малых и средних рек области остался практически без внимания, если не считать весьма общие сведения, опубликованные А. И. Кузьмичёвым [2005]. В статье представлены результаты полного гидроботанического изучения одной из рек области, а также прослежено влияние зарегулирования стока и пруда на речную флору и растительность.

Материал и методы

Растительный покров р. Куекша (Костромская обл., Островский р-н) исследован в мае и августе 2001, августе 2002–2004, июле 2005 гг. по ранее предложенной методике [Бобров, Чемерис, 2006]. Изучены участки реки выше (окрестности д. Николо-Бережки, д. Фомицыно, бывшей д. Заречье), ниже (от родников «Голубого ключика» до впадения в р. Сендега) и в пределах Государственного мемориального и природного музея-заповедника А. Н. Островского «Щелыково». На территории усадьбы Щелыково было заложено и обследовано 8 станций: 1 – выше пруда, 2 – верхняя граница музея-заповедника (у моста), 3–5 – русловые участки пруда (русло, у беседки, поворот), 6 – старица, 7 – приплотинный плес, 8 – ниже плотины (рис.). Основные работы выполнены в 2001 г., в последующие годы преимущественно велись наблюдения за изменениями растительности. В 2002, 2003, 2005 гг. изучались ст. 2, 6, 7, участки выше и ниже по реке, в 2004 г. – ст. 1–8. Каждая станция представляет собой отрезок русла до 1 км длины. В пределах музея-заповедника исследованные участки были короче – 100–150 м длины, поскольку они следовали один за другим с небольшими промежутками и покрывали бóльшую часть этого отрезка реки. Гербарные материалы хранятся в IBIW.

Природные условия

Река Куекша имеет протяженность около 40 км и принадлежит к категории малых рек. Она располагается на юге Костромской обл., относится к бассейну Верхней Волги. Река берет свое начало на южной окраине Галичской возв. и протекает по юго-западной части Ветлужско-Унжинской низм., поверхность которой сложена флювиогляциальными песками времен московского оледенения. Рельеф здесь пологий и выровненный. Коренные породы представлены преимущественно юрскими глинами, которые местами обнажаются по руслам водотоков [Ресурсы..., 1973]. Река имеет достаточно подвижные песчаные грунты, слабо расчленена на плесы и перекаты, довольно сильно меандрирует. Ее обильно питают родники, поэтому вода чистая и прохладная, отличается средней минерализацией (220–420 мг/л) и умеренной жесткостью (2,8–4,8 мг-экв/л). Долина местами глубоко врезана, почти до уреза воды облесена, поэтому русло в той или иной мере подвержено затенению. В нижнем течении в пределах усадьбы Щелыково поставлена плотина и организован пруд длиной около 1 200 м и площадью около 23 000 м^2, который используется в рекреационных целях. У верхней границы в пруд попадают бытовые стоки из близлежащих населенных пунктов.

Видовой состав

Флора р. Куекша представлена 69 видами из 58 родов и 40 семейств макроводорослей, мохообразных и сосудистых растений (табл. 1). Отмечено по 1 виду зеленых нитчатых (*Cladophora glomerata**) и красных (*Batrachospermum gelatinosum*) водорослей. Среди мохообразных 5 печеночников (*Blasia pusilla, Conocephalum conicum, Marchantia polymorpha, Riccia cavernosa, R. fluitans*) и 5 листостебельных мхов (*Brachythecium rivulare, Cratoneuron filicinum, Fontinalis antipyretica, Leptodictyum riparium, Plagiomnium ellipticum*), всего 10 видов. Сосудистых обнаружено 57 видов из 47 родов и 29 семейств, из них 1 вид споровых (*Equisetum fluviatile*), остальные – цветковые растения. Наибольшим разнообразием среди них отличаются семейства *Poaceae* Barnhart – 6 видов, *Cyperaceae* Juss., *Lamiaceae* Martinov – по 4, *Asteraceae* Bercht. et J. Presl, *Brassicaceae* Burnett, *Lemnaceae* Martinov, *Primulaceae* Batsch ex Borkh., *Ranunculaceae* Juss., *Salicaceae* Mirb. – по 3 вида. В эти 9 семейств входит 56,1 % всех сосудистых растений. Остальные 20 семейств представлены 1–2 видами. На уровне родов *Salix* L. содержит 3 вида, *Callitriche* L., *Cardamine* L., *Carex* L., *Glyceria* R. Br., *Juncus* L., *Lemna* L., *Potamogeton* L., *Sparganium* L. – по 2, остальные – по 1 виду. Гидрофитная фракция

* Авторы видов растений приводятся в табл. 1.

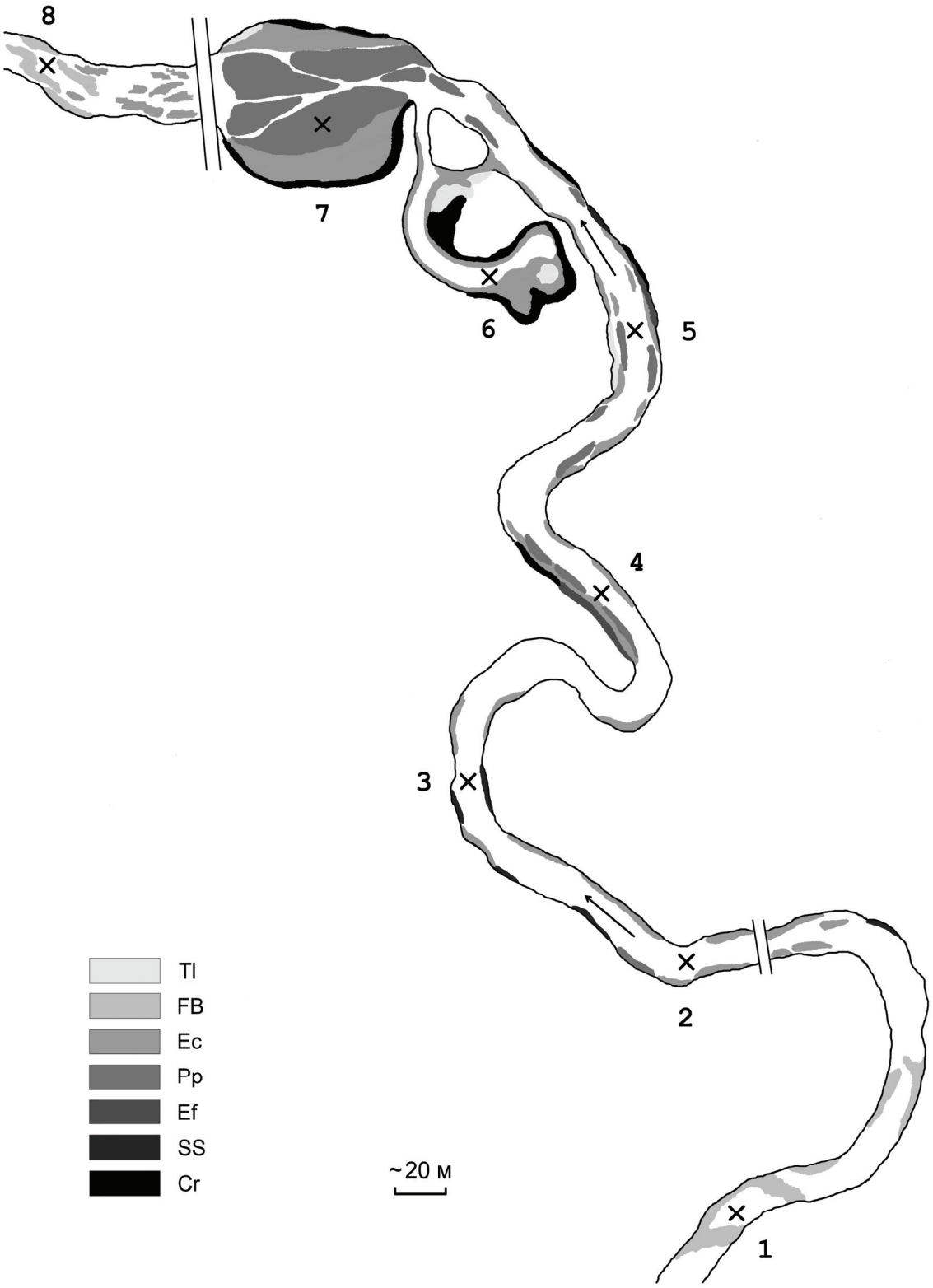


Схема зарастания участка р. Куекша в пределах усадьбы Щелыково

Градацией цвета показаны основные растительные сообщества:
Tl – Typhetum latifoliae, FB – Fontinali-Batrachietum kauffmannii,
Ec – Elodeetum canadensis, Pp – Potamogetonetum perfoliati,
Ef – Equisetetum fluviatilis, SS – Sagittario-Sparganietum emersi,
Cr – Caricetum rostratae.

× – станции гидроботанических съемок с соответствующей нумерацией

Таблица 1. Список видов растений и их распространение на р. Куекша

Семейство	Вид	ЭГ	Ареал	В	1	2	3	4	5	6	7	8	Н	Встреч. река	Встреч. усадьба
Cladophoraceae	*Cladophora glomerata* (L.) Kütz	I	PZ, PR (BP)	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	2	2
Batrachospermaceae	*Batrachospermum gelatinosum* (L.) DC.*,**	I	PZ, PR (BP)	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2	1
Blasiaceae	*Blasia pusilla* L.	IV	B, GA	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
Conocephalaceae	*Conocephalum conicum* (L.) Dumort. ex Lindb.	IV	BN, GA	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	2	2
Marchantiaceae	*Marchantia polymorpha* L.	IV	PZ, PR	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	–
Ricciaceae	*Riccia cavernosa* Hoffm.**	IV	PZ, PR	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
	R. fluitans L.	I	PZ, PR	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
Mniaceae	*Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T. Kop.	IV	PZ, PR (BP)	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	2	2
Fontinaliaceae	*Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw.*														
	(var. *antipyretica* и var. *gracilis* (Lindb.) Schimp.)	I	PZ, GA	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	2	1
Cratoneuraceae	*Cratoneuron filicinum* (L. ex Hedw.) Spruce	III	PZ, GA	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2	1
Amblystegiaceae	*Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst.*	II	PZ, PR (BP)	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2	1
Brachytheciaceae	*Brachythecium rivulare* Schimp.	III	AB, GA	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2	1
Equisetaceae	*Equisetum fluviatile* L.	II	PZ, GA	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+	2	7
Salicaceae	*Salix fragilis* L.	IV	PZ, E-WS	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	–	2
	S. triandra L.	IV	B, ES	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	–	2
	S. viminalis L.	IV	B, ES	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
Polygonaceae	*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre	IV	PZ, GA	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	–	1
	Rumex aquaticus L.	III	B, EA	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	–	2
Nymphaeaceae	*Nuphar lutea* (L.) Smith	I	PZ, ES	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Ranunculaceae	*Batrachium kauffmannii* (Clerc) V. Krecz.*	I	B, EA	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	2	3
	Caltha palustris L.	III	B, GA	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2	1
	Ranunculus repens L.	IV	PZ, EA	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	2	4
Brassicaceae	*Cardamine amara* L.	III	B, E-WS	+	+	+	+	+	.	.	.	+	+	2	5
	C. dentata Schult.	IV	B, ES	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	–	1
	Rorippa palustris (L.) Bess.	IV	PZ, PR (BP)	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	–	2
Saxifragaceae	*Chrysosplenium alternifolium* L.	IV	B, GA	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	–
Grossulariaceae	*Ribes nigrum* L.	V	B, EA	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	–
Callitrichaceae	*Callitriche cophocarpa* Sendtner*	I	PZ, E	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	–	1
	C. palustris L.	I	PZ, GA	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	–	1
Lythraceae	*Lythrum salicaria* L.	III	PZ, GA	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	–
Onagraceae	*Epilobium adenocaulon* Hausskn.	IV	ADV	+	.	+	.	.	+	.	.	.	.	1	2
Haloragaceae	*Myriophyllum spicatum* L.	I	PZ, GA	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Primulaceae	*Androsace filiformis* Retz.	IV	B, EA	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
	Lysimachia vulgaris L.	IV	B, ES	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	1
	Naumburgia thyrsiflora (L.) Reichenb.	III	B, GA	+	+	+	.	.	.	+	.	.	+	2	3
Boraginaceae	*Myosotis palustris* (L.) L.	IV	B, EA	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	2	2
Lamiaceae	*Lycopus europaeus* L.	IV	PZ, EA	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	–	2
	Mentha arvensis L.	IV	B, EA	+	.	+	.	+	+	.	.	.	+	2	3
	Scutellaria galericulata L.	IV	B, EA	+	.	+	.	.	.	+	.	+	+	2	3
	Stachys palustris L.	IV	B, EA	+	+	.	+	.	.	.	.	.	+	2	2
Solanaceae	*Solanum dulcamara* L.	IV	BN, E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	–
Scrophulariaceae	*Veronica beccabunga* L.*	III	PZ, ES	+	+	+	+	.	+	.	.	+	+	2	5

Rubiaceae	*Galium palustre* L.	IV	B, ES-NA	+	+	.	.	.	.	.	+	+	+	2	3
Asteraceae	*Bidens tripartita* L.	IV	PZ, GA	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	–	1
	Gnaphalium uliginosum L.	IV	B, GA	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	–	2
	Tussilago farfara L.	V	B, EA	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
Typhaceae	*Typha latifolia* L.	II	PZ, GA	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	–	6
Sparganiaceae	*Sparganium emersum* Rehm.														
	(типичный и f. *fluitans* (Gren. et Godr.) Glück)	II	PZ, GA	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+	2	6
	S. microcarpum (Neum.) Raunk.	II	B, E	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	8
Potamogetonaceae	*Potamogeton alpinus* Balb.*	I	AB, GA	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	1	3
	P. perfoliatus L.														
	(f. *perfoliatus* и f. *cordatolanceolatus* (Mert. et W. D. J.														
	Koch ex Fieb.) Glück*)	I	PZ, PR (BP)	+	+	+	.	+	+	.	+	+	+	2	6
Alismataceae	*Alisma plantago-aquatica* L.	II	PZ, EA	+	+	+	.	+	+	.	.	+	+	2	5
Hydrocharitaceae	*Elodea canadensis* Michx.	I	ADV	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	1	7
Poaceae	*Agrostis stolonifera* L.	III	B, ES	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	1	4
	Alopecurus aequalis Sobol.	IV	B, GA	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
	Glyceria fluitans (L.) R. Br.*														
	(типичный и f. *submersa* Glück)	III	BN, E-NA	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	2	2
	G. notata Chevall.	III	B, E-WS	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	–	1
	Phalaroides arundinacea (L.) Rauschert	IV	PZ, GA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	8
	Poa palustris L.	IV	B, GA	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	–	1
Cyperaceae	*Carex acuta* L.	III	B, ES	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	–	1
	C. rostrata Stokes	III	B, GA	.	+	+	.	+	+	+	+	.	.	–	6
	Eleocharis austriaca Hayek**	III	B, EA	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	1	3
	Scirpus sylvaticus L.	IV	BN, EA	+	+	.	+	+	.	+	.	+	+	2	5
Araceae	*Calla palustris* L.	III	B, GA	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	–	2
Lemnaceae	*Lemna minor* L.	I	PZ, PR (BP)	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	2	7
	L. trisulca L.	I	PZ, PR	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	1	1
	Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.	I	PZ, PR	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	1	7
Juncaceae	*Juncus articulatus* L.	IV	B, GA	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
	J. bufonius L.	IV	B, GA	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
	Всего			41	29	33	13	23	22	15	14	23	35	45	69

Примечание. ЭГ (экогруппа): I – гидрофит, II – гелофит (гигрогидрофит для мохообразных), III – гигрогелофит (гидрогигрофит для мохообразных), IV – гигрофит, V – гигромезофит. Ареал: AB – арктобореальный, B – бореальный, BN – бореонеморальный, PZ – плюризональный; E – европейский, EA – евразиатский, E-NA – европейско-североамериканский, ES – евросибирский, ES-NA – евросибирско-североамериканский, E-WS – европейско-западносибирский, GA – голарктический, PR – плюрирегиональный; ADV – адвентивный; BP – биполярный. В – участки реки выше усадьбы Щелыково, Н – отрезки реки ниже музея-заповедника, цифрами (1–8) обозначены станции в пределах усадьбы, Встреч. река – встречаемость в реке выше и/или ниже границ усадьбы Щелыково. Встреч. усадьба – встречаемость на станциях в границах музея-заповедника. * – специфические речные растения; ** – редкие для региона виды.

флоры, или водная флора (гидро-, гигрогидро- / гело- и гидрогигро- / гигрогелофиты*) включает 2 вида водорослей, 5 – мохообразных и 29 видов из 23 родов и 19 семейств сосудистых растений. По разнообразию выделяются семейства *Cyperaceae, Lemnaceae, Poaceae* (по 3 вида), *Callitrichaceae* Link, *Potamogetonaceae* Bercht. et J. Presl, *Sparganiaceae* Rudolphi, *Ranunculaceae* (по 2); и рода *Callitriche, Carex, Glyceria, Lemna, Potamogeton, Sparganium* (по 2 вида).

В экологическом спектре более половины видов (36 или 52,2 %) относятся к водным растениям. Макроводоросли – типичные гидрофиты. Среди мохообразных *Fontinalis antipyretica* – облигатно водный вид; *Riccia fluitans* – гидрофит, способный произрастать и на обсыхающих отмелях; *Leptodictyum riparium* предпочитает обводненные местообитания (гигрогидрофит); *Brachythecium rivulare, Cratoneuron filicinum* – родниковые мхи, обитающие в условиях периодического кратковременного обводнения (гидрогигрофиты); *Conocephalum conicum, Marchantia polymorpha, Plagiomnium ellipticum* встречаются на сырых береговых стенках, свежих обнажениях, ключах, а *Blasia pusilla, Riccia cavernosa* – на обсыхающих отмелях (гигрофиты). Водные группы сосудистых растений включают гидрофиты (11 видов), гелофиты (5) и гигрогелофиты (13). Растения переувлажненных и влажных местообитаний представлены в основном гигрофитами (26 видов) и лишь 2 гигромезофитами. Соотношение числа водных видов сосудистых растений к числу всех их видов равно 50,9 %, что чуть выше, чем во флорах некоторых малых рек Верхнего Поволжья [Бобров, Чемерис, 2005, 2007]. Это отчасти связано с тем, что река имеет отчетливо врезанное русло с высокой береговой кромкой, не позволяющее проникать в воду целому ряду влаголюбивых береговых видов. Но этот показатель ниже, чем во флоре рек бассейна Ветлуги на востоке области, где и состав водных растений богаче из-за более крупных размеров водотоков и их большей водности, и русла сильнее врезаны, что изолирует береговые виды от собственно русловой части [Бобров, Чемерис, 2011].

В географическом отношении оба вида водорослей космополиты. Мохообразные имеют плюризональное (*Cratoneuron filicinum, Fontinalis antipyretica, Leptodictyum riparium, Marchantia polymorpha, Plagiomnium ellipticum, Riccia* spp.) и преимущественно бореальное (*Blasia pusilla, Brachythecium rivulare, Conocephalum conicum*) широтное распространение. Среди долготных групп представлены плюрирегиональная (*Fontinalis antipyretica, Leptodictyum riparium, Marchantia polymorpha, Plagiomnium ellipticum*, виды *Riccia*) и голарктическая (*Blasia pusilla, Brachythecium rivulare, Conocephalum conicum, Cratoneuron filicinum*). Флора сосудистых растений в широтном плане имеет б. м. зональный характер, так как почти половина видов имеют бореальное (30 видов) или преимущественно бореальное (1 арктобореальный и 3 бореонеморальных вида) распространение. Плюризональные ареалы присущи 21 виду. В долготном отношении преобладают широко распространенные виды. Наибольшее их число имеет голарктический (20 видов) и евразиатский (14) ареалы. Значительно представлены евросибирская (8) и плюрирегиональная (5) группы. Преимущественно европейских, подчеркивающих региональные черты флоры, всего 6 видов (3 европейских и 3 европейско-западносибирских). Присутствуют адвентивные североамериканские *Elodea canadensis, Epilobium adenocaulon*. Среди сосудистых макрофитов преобладают бореальные голарктические и евразиатские виды (по 10), а также плюризональные голарктические (9). Водная фракция отличается ослаблением зональных и усилением региональных черт. Подобный характер географических связей вполне типичен для флоры малых рек региона [Бобров, Чемерис, 2005, 2007, 2011].

Из 45 видов, найденных в реке вне усадьбы, широко распространены чуть более 30 (например, почти все криптогамные растения, за исключением отмельных печеночников, *Batrachium kauffmannii, Caltha palustris, Cardamine amara, Equisetum fluviatile, Glyceria fluitans, Lemna minor, Myosotis palustris, Naumburgia thyrsiflora, Phalaroides arundinacea, Potamogeton* spp., *Scirpus sylvaticus, Sparganium* spp., *Veronica beccabunga*). Характер встречаемости на 8 станциях в пределах музея-заповедника изменяется. На половине и больше станций отмечено 16 видов (из них доминируют *Carex rostrata, Elodea canadensis, Equisetum fluviatile, Phalaroides arundinacea, Sparganium* spp., *Potamogeton perfoliatus, Typha latifolia*). Меньше чем на половине станций обнаружен 21 таксон (например, *Cladophora glomerata, Conocephalum conicum, Batrachium kauffmannii, Eleocharis austriaca, Naumburgia thyrsiflora, Potamogeton alpinus, Calla palustris, Glyceria fluitans, Gnaphalium uliginosum, Lycopus europaeus, Myosotis palustris, Rorippa palustris, Rumex aquaticus*). На 1 станции встречено 27 видов – это большин-

* Про названия экогрупп см. прим. к табл. 1.

ство криптогамных макрофитов, а также сосудистые растения: *Alopecurus aequalis, Bidens tripartita, Callitriche* spp., *Glyceria notata, Juncus* spp., *Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar lutea, Persicaria lapathifolia* и др. Только в пределах усадьбы произрастает 24 вида, а пруда (ст. 2–7) – 22 (например, *Blasia pusilla, Riccia* spp., *Bidens tripartita, Calla palustris, Callitriche palustris, Glyceria notata, Gnaphalium uliginosum, Juncus bufonius, Lycopus europaeus, Persicaria lapathifolia, Rorippa palustris, Rumex aquaticus, Salix* spp., *Typha latifolia*). На половине и большем числе станций встречаются преимущественно водные и прибрежно-водные виды с широкой экологической амплитудой. На меньшем числе участков обнаружены б. м. стенотопные растения. Сюда входят речные *Batrachospermum gelatinosum, Fontinalis antipyretica, Leptodictyum riparium, Batrachium kauffmannii, Eleocharis austriaca, Glyceria fluitans, Potamogeton alpinus*, однако преобладают прибрежно-водные отмельные или береговые приречные виды, т. е. во многом случайные по отношению к речной (водной) флоре. Только вне границ усадьбы Щелыково отмечено всего 5 растений (*Marchantia polymorpha, Chrysosplenium alternifolium, Lythrum salicaria, Ribes nigrum, Solanum dulcamara*).

Растительные сообщества

Растительность р. Куекша представлена 21 ассоциацией из 12 союзов, 10 порядков и 8 классов классификации Браун-Бланке. Особенности сложения и экологии выявленных ценозов отражены в табл. 2. Синтаксономическая система имеет следующий вид:

Кл. Cladophoretea glomeratae Bobrov, Kipriyan. et Chemeris (2005) 2007
Пор. Cladophoretalia glomeratae Bobrov, Kipriyan. et Chemeris (2005) 2007
С. Cladophorion fractae Bobrov, Kipriyan. et Chemeris 2005
Acc. Cladophoretum glomeratae Sauer 1937 (табл. 2, оп. 1)
С. Vaucherio sessilis-Cladophorion glomeratae Bobrov, Kipriyan. et Chemeris (2005) 2007
Acc. Vaucherio-Cladophoretum Weber-Oldecop ex Bobrov, Kipriyan. et Chemeris 2005
Кл. Lemaneetea Weber-Oldecop 1974
Пор. Lemaneetalia Weber-Oldecop 1974
С. Batrachospermion Bobrov et Chemeris 2006
Acc. Batrachospermetum gelatinosi Bobrov et Chemeris 2006 (табл. 2, оп. 2)
Кл. Lemnetea R. Tx. ex de Bolòs et Masclans 1955
Пор. Lemnetalia minoris R. Tx. ex de Bolòs et Masclans 1955
С. Lemnion minoris R. Tx. ex de Bolòs et Masclans 1955
Acc. Lemnetum minoris Soó 1927 (табл. 2, оп. 3)
Acc. Lemno-Spirodeletum polyrhizae W. Koch 1954 em. Th. Müller et Görs 1960 (табл. 2, оп. 4)
Кл. Potamogetonetea Klika 1941
Пор. Potamogetonetalia W. Koch 1926
С. Potamogetonion pectinati (W. Koch 1926) Oberd. 1957
Acc. Elodeo-Potamogetonetum alpini (Podb. 1967) Pass. 1994 (табл. 2, оп. 5, 6)
Acc. Potamogetonetum perfoliati W. Koch 1926 em. Pass. 1964 (табл. 2, оп. 7, 8)
Acc. Elodeetum canadensis Eggler ex Pass. 1964 (табл. 2, оп. 9)
Пор. Callitricho-Batrachietalia Pass. 1978
С. Batrachion fluitantis Neuhdusl 1959
Acc. Fontinali-Batrachietum kauffmannii Bobrov 2001 (табл. 2, оп. 10–17)
Acc. Batrachio-Potamogetonetum perfoliati W. Koch 1926 em. et nom. invers. Bobrov et Chemeris 2003 (табл. 2, оп. 18–22)
Кл. Phragmito-Magnocaricetea Klika 1941
Пор. Phragmitetalia W. Koch 1926 em. Pign. 1953
С. Phragmition communis W. Koch 1926
Acc. Equisetetum fluviatilis Steffen 1931 (табл. 2, оп. 23, 24)
Acc. Typhetum latifoliae Soó ex Lang 1973 (табл. 2, оп. 25, 26)
Acc. Sparganietum microcarpi (Weber 1976) Pass. 1978 (табл. 2, оп. 27, 28)
Acc. Sagittario-Sparganietum emersi R. Tx. 1953 (табл. 2, оп. 29–31)
Acc. Eleocharitetum austriacae Kiprian. et Lashch. 2000 (табл. 2, оп. 32, 33)
С. Glycerio-Sparganion Br.-Bl. et Siss. in Boer 1942
Acc. Glycerietum fluitantis Gams 1927 (табл. 2, оп. 34)
Пор. Magnocaricetalia Pign. 1953
С. Magnocaricion elatae W. Koch 1926
Acc. Caricetum inflatae Rübel 1912 (табл. 2, оп. 35–37)
Acc. Phalaridetum arundinaceae W. Koch ex Libb. 1931
Кл. Isotëo-Nanojuncetea Br.-Bl. et R. Tx. 1943
Пор. Cyperetalia fusci Pietsch 1963
С. Elatino-Eleocharition ovatae (Pietsch et Müller-Stoll 1968) Pietsch 1973
Acc. Cypero-Limoselletum (Oberd. 1957) Korneck 1960 (табл. 2, оп. 38)
Кл. Montio-Cardaminetea Br.-Bl. et R. Tx. 1943
Пор. Cardamino-Chrysosplenietalia Hinterlang 1992
С. Caricion remotae Kästner 1940
Acc. Pellio-Conocephaletum Maas 1959 (табл. 2, оп. 39)
Кл. Agrostidetea stoloniferae Oberd. et Th. Müller in Th. Müller 1961 ex Görs 1968
Пор. Agrostidetalia stoloniferae Oberd. in Oberd. et al. 1967
С. Potentillion anserinae R. Tx. 1946
Acc. Ranunculo repentis-Agrostidetum stoloniferae Oberd. et al. 1967 (табл. 2, оп. 40)

Таблица 2. Описания растительных сообществ р. Куекша

№ описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Площадь описания, кв. м	8	4	4	1	8	8	16	9	10	50	20	20	24	15	20	60	18	50	20	20	40	10	8	10	15	15	5	100	8	20	8	4	10	1	8	20	10	2	2	4
ОПП, %	100	50	95	80	95	100	60	90	100	75	75	80	90	90	60	70	75	100	100	50	100	100	60	90	70	75	75	90	75	80	85	100	90	90	75	85	95	30	100	95
Глубина, см	150	20-30	100	20	0-20	20-30	80	60-70	20-30	10-15	30-40	5-15	5-20	10-30	5-10	20-40	10-20	10-20	10-30	30-50	10-30	10-30	30	0	40-50	0-10	20	0-5	10-40	0-50	10	0-30	0-5	0-5	50-60	30-40	0-20	0	0-5	0-5
Грунт	и.-г.	к.	г.-и.	к.	п.	п.-и.	и.	и.-п.	и.	п.-к.	п.-к.	к.	к.	п.-к.	к.	п.	к.	к.	п.-к.	п.-к.	к.-к.	к.	и.-п.	и.	и.	и.	п.	и.	и.-г.	и.	и.	и.	и.	г.	и.	и.	и.	и.	г.	к.
Скорость течения, м/с	–	0.5-0.7	–	–	0.1	–	–	–	–	0.3-0.4	0.3-0.4	0.6-0.7	0.6-0.7	0.4	1	1	0.5-0.6	0.6-0.8	0.1	1.25	0.7-0.8	0.7-0.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Число видов	4	3	2	2	4	2	3	3	4	3	2	3	3	2	3	3	5	5	5	2	3	5	8	10	4	10	5	5	5	6	7	4	6	3	4	8	5	18	9	5
х. в. ассоциаций																																								
Cladophora glomerata	**5**	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Batrachospermum gelatinosum	.	**3**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lemna minor	+		**5**	4	1	2	1	1	+	.	.	1	1	.	1	.	+	+	1	.	.	1	+	.	1	2	+	.	1	2	2	2	2	.	1	+	2	.	.	.
Spirodela polyrhiza	.	.	r	**3**	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	2	+	1	.	.	2	.	2	.	.	.	+	.	.	.
Potamogeton alpinus	.	.	.	.	**5**	**5**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
P. perfoliatus	+	.	.	.	.	.	**3**	**5**	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Elodea canadensis	+	.	.	.	.	.	2	1	**5**	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	1	1	2	2	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Batrachium kauffmannii	.	r	.	.	1	.	.	.	.	**3**	**4**	**4**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	1	2	1	1	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fontinalis antipyretica var. *gracilis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	**1**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potamogeton perfoliatus f. *cordatolanceolatus*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**5**	**4**	**3**	**5**	**5**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Equisetum fluviatile	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**3**	**5**	.	1	.	1	.	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.
Typha latifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	**4**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+$_j$	.	.
Sparganium microcarpum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**4**	**5**	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S. emersum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	**4**	**4**	**4**	+	2	.	.	.	.	+$_j$	.	.
Eleocharis austriaca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	**5**	**4**	.	.	.	.	.	.	.
Veronica beccabunga	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**5**	.	.	.	+	.	.
Carex rostrata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**4**	**4**	**5**	.	.	.
Gnaphalium uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**1**		

| | | |

Наибольшим разнообразием в реке отличаются сообщества прибрежно-водных и береговых растений кл. Phragmito-Magnocaricetea (8 асс.), несколько меньшим – типично водных погруженных растений кл. Potamogetonetea (5 асс.). Ценозы плейстофитов кл. Lemnetea и зеленых нитчатых водорослей кл. Cladophoretea glomeratae включают по 2 асс., а пресноводных красных водорослей кл. Lemaneetea, отмельных эфемеров кл. Isoëto-Nanojuncetea, родников кл. Montio-Cardaminetea и речных отмелей кл. Agrostidetea stoloniferae – по 1 асс.

Выше и ниже усадьбы растительность в реке сложена сообществами 9 асс. (основные из них Lemnetum minoris, Elodeo-Potamogetonetum alpini, Fontinali-Batrachietum kauffmannii, Batrachio-Potamogetonetum perfoliati, Pellio-Conocephaletum) (табл. 3). По распространению на 8 станциях в пределах музея-заповедника наиболее обычными оказались сообщества асс. Elodeetum canadensis, встреченные на 6 из них. Причем они отсутствуют на станциях выше и ниже запруженного отрезка. На 4 станциях отмечены ценозы погруженных растений асс. Potamogetonetum perfoliati, гелофитов асс. Sparganietum microcarpi, Sagittario-Sparganietum emersi и сырых прибрежий асс. Caricetum inflatae, Phalaridetum arundinaceae. В пределах 3 станций распространены сообщества асс. Typhetum latifoliae. Все эти ценозы сосредоточены главным образом в границах пруда. На 2 станциях выше и ниже пруда встречаются характерные для ненарушенных участков реки фитоценозы перекатов и стремнин асс. Fontinali-Batrachietum kauffmannii (распространены в верхнем течении реки), Batrachio-Potamogetonetum perfoliati (свойственны нижней части до впадения в р. Сендега), здесь же отмечены сообщества русловых стенок асс. Pellio-Conocephaletum. Также на 2 станциях, но уже пруда распространены ценозы прибрежно-водных растений илистых мелководий асс. Equisetetum fluviatilis, Eleocharitetum austriacae. Редкими, отмеченными на 1 станции являются фитоценозы нитчаток асс. Cladophoretum glomeratae (встречены в наиболее эвтрофированном центральном плесе пруда), Vaucherio-Cladophoretum (характерны для перекатов), сообщества красных водорослей асс. Batrachospermetum gelatinosi, ценозы плейстофитов асс. Lemnetum minoris, Lemno-Spirodeletum polyrhizae, типичные для реки фитоценозы асс. Elodeo-Potamogetonetum alpini, а также отмельные сообщества асс. Glycerietum fluitantis, Cypero-Limoselletum, Ranunculo repentis-Agrostidetum stoloniferae. Только в границах усадьбы отмечены ценозы 12 асс., а пруда (ст. 2–7) – 11 асс.: Cladophoretum glomeratae, Potamogetonetum perfoliati, Elodeetum canadensis, Equisetetum fluviatilis, Typhetum latifoliae, Sagittario-Sparganietum emersi, Eleocharitetum austriacae, Glycerietum fluitantis, Caricetum inflatae, Phalaridetum arundinaceae, Cypero-Limoselletum. Сообществ,

Таблица 3. Распространение растительных сообществ в р. Куекша

Сообщество (ассоциация)	В	1	2	3	4	5	6	7	8	Н	Встреч. река	Встреч. усадьба
Cladophoretum glomeratae	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	–	1
Vaucherio-Cladophoretum*	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	1
Batrachospermetum gelatinosi*, **	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	1
Lemnetum minoris	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Lemno-Spirodeletum polyrhizae	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	1
Elodeo-Potamogetonetum alpini*	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Potamogetonetum perfoliati	.	.	+	.	+	+	.	+	.	.	–	4
Elodeetum canadensis	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	–	6
Fontinali-Batrachietum kauffmannii*	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	2	2
Batrachio-Potamogetonetum perfoliati*	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	1	2
Equisetetum fluviatilis	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	–	2
Typhetum latifoliae	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	–	3
Sparganietum microcarpi	.	+	.	.	.	+	+	+	.	.	–	4
Sagittario-Sparganietum emersi	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	–	4
Eleocharitetum austriacae**	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	–	2
Glycerietum fluitantis*	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	–	1
Caricetum rostratae	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	–	4
Phalaridetum arundinaceae	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	–	4
Cypero-Limoselletum**	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	–	1
Pellio-Conocephaletum*	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	2	2
Ranunculo repentis-Agrostidetum stoloniferae*	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Всего	5	6	5	3	7	9	5	7	6	6	9	21

Примечание. Обозначения как в табл. 1. * – специфические речные сообщества, ** – редкие для региона фитоценозы.

встречающихся только за пределами усадьбы Щелыково, нет.

Характер зарастания

Степень зарастания р. Куекша в среднем слабая и составляет в зависимости от гидрологических условий года 10–20 %. Это связано с довольно высокими средними скоростями течения, преобладанием песчанистых, легко перемещаемых и перемываемых грунтов, а также достаточной затененностью русла. По характеру распределения растительных сообществ зарастание р. Куекша относится к фрагментарному типу, когда фитоценозы формируют узкие полосы и пятна вдоль берегов и в русле (табл. 4).

Выше усадьбы, практически от самых верховьев река быстрая, в основном с песчаным дном, течет в заросшей лесом, местами довольно глубоко врезанной долине. Такие условия неблагоприятны для развития водной растительности, поэтому зарастание здесь очень слабое (5–10 %), фрагментарное. До усадьбы река заселена бобрами, которые в окрестностях бывшей д. Заречье и выше ставят плотины, в пределах музея-заповедника и ниже бобры не отмечены. Отрезок на ст. 1 отличается хорошо структурированным руслом. Степень зарастания увеличивается (10–12 %), характер распределения сохраняется (см. рис.). Ст. 2 расположена в зоне влияния подпора пруда и окрестных населенных пунктов. Зарастание возрастает до 15–17 %, растительность представлена прибрежными зарослями. Участок реки на ст. 3 имеет каналовидное русло с достаточно большой глубиной, песчаными, легко перемываемыми грунтами, крутой береговой кромкой, сильно затенен приречным сероольшаником. Степень зарастания отрезка снижается (8–10 %), но расположение растительности не изменяется. На ст. 4 и 5 река течет по открытой местности, имеются спокойные и проточные отрезки с различной глубиной, грунты от песчаных до илистых и глинистых, есть отмели и низкие берега. Зарастание станций увеличивается (15 и 20 %, соответственно), к прибрежным зарослям добавляются русловые. Ст. 6 и 7 размещаются уже в различных частях расширения пруда – в затопленной старице и центральном плесе. Они отличаются стоячей водой, большой глубиной, илистыми или торфянистыми грунтами, более высокой цветностью воды, отсутствием мелководий. Площади зарастания данных отрезков наибольшие – 40 и 90 %, а тип – прибрежный и сплошной, соответственно. На ст. 6 наблюдаются начальные этапы заболачивания. Последняя ст. 8 расположена ниже плотины. Участок характеризуется довольно сильным течением, песчано-каменистыми грунтами, затенен приречным лесом. По условиям среды эта станция приближается к ст. 1. Степень зарастания снижается (20–25 %), восстанавливается фрагментарный тип зарослей. Ниже усадьбы река не нарушена. Зарастание не превышает 15–18 %, фрагментарное.

По доминирующим видам растений и сообществам [Бобров, Чемерис, 2005, 2007] р. Куекша можно разделить на 3 участка, относящихся к различным ботаническим типам. Верхняя часть реки до усадьбы Щелыково, отличающаяся высокими скоростями течения, песчаными и песчано-каменистыми грунтами, принадлежит к шелковниковому типу (*Batrachium kauffmannii, Fontinalis antipyretica* и др.; преимущественно acc. Fontinali-Batrachietum kauffmannii). Участок в пределах музея-заповедника, нарушенный в результате зарегулирования и образования пруда, относится к элодейному типу (*Elodea canadensis* и *Potamogeton perfoliatus*; acc. Elodeetum canadensis). Ниже плотины с довольно сильным течением и каменистыми грунтами формируется рдестово-шелковниковый тип (*Potamogeton perfoliatus, Batrachium kauffmannii* и др.; в основном acc. Batrachio-Potamogetonetum perfoliati).

Таблица 4. Видовое и ценотическое разнообразие растительного покрова, степень и тип зарастания, качество воды р. Куекша

Параметр	В	1	2	3	4	5	6	7	8	Н	Всего
Число видов	41	29	33	13	23	22	15	14	23	35	69
Число сообществ	5	6	5	3	7	9	5	7	6	6	20
Степень зарастания, %	5–10	10–12	15–17	8–10	15	20	40	90	20–25	15–18	10–20
Тип зарастания	ф	ф	п	п	пф	пф	п	с	ф	ф	ф
Качество воды	о	о	β	β	β–α	α	α	α	β	β–о	о–β

Примечание. Обозначения как в табл. 1. п – прибрежное, пф – прибрежно-фрагментарное, с – сплошное, ф – фрагментарное; о – олигосапробная зона (очень чистая вода), β – β-мезосапробная зона (довольно чистая вода), α – α-мезосапробная зона (загрязненная вода). Качество воды дано по сапробиологическим показателям макрофитов и их сообществ [Fjerdingstad, 1964, 1965; Arendt, 1981, 1982] с необходимыми поправками и дополнениями.

Влияние зарегулирования стока

Растительный покров р. Куекша выше и ниже музея-заповедника, а также в его пределах (на 8 станциях) заметно различается (см. табл. 1, 3, 4; рис.). Ст. 1 сходна с вышележащими отрезками реки. Резкое изменение растительности происходит в пруду. По мере увеличения подтопления русла, низкой поймы, формирования приплотинного расширения происходит снижение числа реофильных видов, увеличение роли макрофитов широкой экологии, прибрежно-водных и отмельных растений, а также общее обеднение флоры. Повышение разнообразия на ст. 2, 4, 5 дают отмельные виды. Начиная со ст. 2 появляется и доминирует *Elodea canadensis*, заносный североамериканский вид, не встречающийся на бóльшей части р. Куекша. Основное направление изменения фитоценотической составляющей такое же – замещение речных сообществ на неспецифические и прибрежные ценозы. Однако разнообразие не изменяется или несколько увеличивается. Наибольшее число сообществ отмечено на ст. 4, 5 и 7, в основном благодаря прибрежно-водным фитоценозам, развивающимся на отмелях затопленной поймы. В целом участок в музее-заповеднике, и главным образом пруд (ст. 2–7) повышает разнообразие растительного покрова реки на 24 вида и 12 ассоциаций, многие из которых индицируют нарушение речных условий. Степень зарастания имеет тенденцию к увеличению, достигая максимума на наиболее открытых участках (ст. 6, 7). Пространственный тип зарастания отражает особенности морфологии русел на станциях: в каналовидных (ст. 2, 3) или глубоких (ст. 6) участках растительность располагается вдоль берегов; в местах с затопленной поймой (ст. 4, 5) фитоценозы представлены как вдоль берега, так и в русле; приплотинный плес (ст. 7) имеет сплошное зарастание. Качество воды по сапробиологическим показателям макрофитов отчетливо снижается по мере увеличения зарастания и уменьшения проточности. Участок реки ниже плотины (ст. 8) по условиям среды приближается к фоновому, и видовое богатство здесь вновь вырастает, появляются характерные речные сообщества, которые отмечались лишь на ст. 1 и выше. Степень зарастания снижается, вода становится более чистой. Однако в этом месте еще наблюдаются остаточные заросли *Elodea canadensis*, как результат выноса из пруда фрагментов этого растения. В водотоках Верхнего Поволжья элодея активна лишь во вторичных местообитаниях, вследствие восстановительной сукцессии происходит подавление этого вида и замещение его представителями аборигенной флоры.

Продуктивность

Расчет продуктивности основных растительных сообществ (табл. 5, 6) показал, что макрофиты на участке р. Куекша в пределах усадьбы Щелыково производят до 12 500 кг первичного органического вещества в год. Основная роль принадлежит фитоценозам настоящих погруженных растений, в частности, доминирующим на этом отрезке сообществам acc. Elodeetum canadensis и Potamogetonetum perfoliati. На участках реки выше и ниже музея-заповедника продуктивность растительности заметно слабее. Так, в верхнем течении реки на километровом отрезке ценозы *Batrachium kauffmannii* (acc. Fontinali-Batrachietum kauffmannii), покрывающие 10 % его площади, дают до 1 000 кг органического вещества в год. На таком же участке ниже плотины, занятом на 15 % сообществами *B. kauffmannii* и *Potamogeton perfoliatus* (acc. Batrachio-Potamogetonetum perfoliati и Fontinali-Batrachietum kauffmannii), продукция органического вещества может достигать 3 000–3 200 кг за сезон. Следовательно, в пределах музея-заповедника при замедленном водообмене, лучшей освещенности, благоприятном температурном режиме, обогащении биогенами (за счет стоков из окрестных населенных пунктов) происходит значительное увеличение продукции макрофитов. Она в 4–12 раз превышает продукцию на ненарушенных участках реки. Это отрицательно сказывается на биоте, так как вызывает заморные процессы (неприятный запах, гибель рыбы).

Динамика

В 2002 г. в результате жаркого и засушливого лета р. Куекша характеризовалась меньшей водностью, слабым течением, повышенной температурой и очевидно более высоким содержанием органического вещества в воде, чем в 2011 г. На верхней границе музея-заповедника (ст. 2) отмечено немного больше *Lemna minor* и *Elodea canadensis*, в старице (ст. 6) и приплотинном плесе (ст. 7) растительность занимала несколько бóльшие площади, а в плесе зафиксировано более сильное развитие нитчатых водорослей. В 2003 г. климатические условия были сходные с 2001 г., поэтому характеристики реки, состав и распределение растительности мало отличались. По сравнению с 2002 г. стало несколько меньше

Таблица 5. Продукционные характеристики основных растительных сообществ на отрезке р. Куекша в пределах усадьбы Щелыково

Сообщество (ассоциация)	Среднее проективное покрытие, %	Сырой вес, кг/м^2	Абсолютно сухой вес, кг/м^2	Органическое вещество, кг/м^2	Коэффициент для определения годовой продукции
Typhetum latifoliae	70	5,6	0,67	0,62	1,1
Fontinali-Batrachietum kauffmannii	80	4,8	0,19	0,16	4
Elodeetum canadensis	100	6,4	0,6	0,51	5
Potamogetonetum perfoliati	90	5,2	0,47	0,4	4
Equisetetum fluviatilis	75	4	0,67	0,62	2
Sagittario-Sparganietum emersi	80	2,6	0,18	0,17	2,3
Caricetum rostratae	85	2,2	0,26	0,24	2

Примечание. Абсолютно сухой вес и органическое вещество рассчитаны по коэффициентам [Катанская, 1981].

Таблица 6. Продуктивность основных растительных сообществ на отрезке р. Куекша в пределах усадьбы Щелыково

Сообщество (ассоциация)	Занимаемая площадь, м^2	Запасы фитомассы, кг			Годовая продукция, кг		
		Сырой вес	Абсолютно сухой вес	Органическое вещество	Сырой вес	Абсолютно сухой вес	Органическое вещество
Typhetum latifoliae	280	1568	188	174	1725	207	191
Fontinali-Batrachietum kauffmannii	700	3360	133	112	13440	532	448
Elodeetum canadensis	3120	19968	1872	1591	99840	9360	7955
Potamogetonetum perfoliati	2200	11440	1034	880	45760	4136	3520
Equisetetum fluviatilis	120	480	80	74	960	160	148
Sagittario-Sparganietum emersi	144	374	26	24	860	60	55
Caricetum rostratae	230	506	60	55	1012	120	110
Всего	6794	37696	3393	2910	163597	14575	12427

Potamogeton perfoliatus в плесе у плотины и не было сильного развития нитчатых водорослей. В 2004 г. с прохладным и влажным летом река отличалась высокой водностью, бóльшими скоростями течения, меньшими температурами воды и выглядела экологически более благополучно. На всех станциях площади зарослей были меньше. Заметно снизились площади *Lemna minor* и *Elodea canadensis* на участке в музее-заповеднике, в пруду не было мощных зарослей нитчатых водорослей, и *Potamogeton perfoliatus* занимал отчетливо меньшие площади. Везде расширили свои площади сообщества *Batrachium kauffmannii*, тем самым индицируя несколько более «чистые» условия. В 2005 г. на всех участках отмечена меньшая степень зарастания, нет массового развития *Cladophora glomerata*, поскольку наблюдения проводились довольно рано по срокам, а своего пика растительность и выраженность процессов, как известно, достигают в период межени. В реке держался довольно низкий уровень воды, что стимулировало появление на отмелях на ст. 2 специфических сообществ пойменного эфемеретума. Таким образом, за период наблюдений каких-либо сильных изменений в растительном покрове реки не наблюдалось, отмечена лишь небольшая флуктуация, обусловленная в основном естественными климатическими и гидрологическими особенностями годов.

Редкие растения и сообщества

Среди редких растений и сообществ р. Куекша можно отметить красную водоросль *Batrachospermum gelatinosum* и ее ценозы (acc. Batrachospermetum gelatinosi), которые встречаются в реке ниже пруда (ст. 8 и ниже). Они характерны для чистых рек региона с прохладными, средне минерализованными и умеренно жесткими водами [Чемерис, Бобров, 2009]. Интересны редкие печеночники *Blasia pusilla* и *Riccia cavernosa*, собранные на обсыхающей песчаной отмели у верхней границы пруда (ст. 2). Для *Blasia pusilla* это новая находка в области и регионе [Бобров, Чемерис, 2011]. *Riccia cavernosa* – новинка для рек области и ее флоры в целом. В водотоках Верхнего Поволжья это растение ранее также известно не было, указывалось лишь для отмелей Рыбинского водохранилища [Волкова и др., 1994]. Эти печеночники входят в состав малоизученных в европейской России сообществ пойменного эфемеретума из *Gnaphalium uliginosum, Juncus bufonius, Rorippa palustris, Androsace filiformis* и др. (acc. Cypero-Limoselletum). Подобные фито-

ценозы для Костромской обл. ранее приводились лишь в бассейне Ветлуги [Бобров, Чемерис, 2011]. Здесь также обнаружены редкие в европейской части *Eleocharis austriaca* и его сообщества (асс. Eleocharitetum austriacae). Растение встречается до пруда (ст. 1 и выше) и в его средней части (ст. 4, 5), но фитоценозы формирует только в пределах пруда. Вид ранее отмечался в нескольких реках Костромской обл., где местами обилен [Бобров, Чемерис, 2011]. В остальной части Верхневолжья встречается редко и очень небольшими популяциями. Для специфических речных экотопов – омываемых в паводки отвесных береговых стенок с сочащимися грунтовыми водами – характерны сообщества асс. Pellio-Conocephaletum. Они отмечены только на речных участках (ст. 1 и выше, ст. 8 и ниже). И местообитание, и фитоценоз весьма уязвимы к нарушениям, особенно к осветлению русел в результате сведения приречных лесов и кустарников и загрязнению бытовыми стоками.

Заключение

Растительный покров р. Куекша отражает климатические и ландшафтные особенности водосбора. На большем протяжении река представляется типичным малым водотоком лесной зоны севера Русской равнины, так называемого «хариусного типа», с чистой, прохладной, быстротекущей водой, песчаными и песчано-каменистыми грунтами, с достаточно сильно врезанной облесенной долиной. Растительность характеризуется немногочисленными доминантами (*Batrachium kauffmannii, Glyceria fluitans, Potamogeton alpinus, P. perfoliatus, Sparganium emersum*), малыми площадями и фрагментарным размещением в русле. По характеру флоры и растительности р. Куекша занимает промежуточное положение между ярославскими реками Куекша и Вожа [Бобров, Чемерис, 2005] и водотоками бассейна Ветлуги [Бобров, Чемерис, 2011], так как она протекает в переходных природных условиях.

Однако на сравнительно небольшом участке в пределах музея-заповедника «Щелыково» река зарегулирована, образован пруд, в него попадают органические стоки из близлежащих населенных пунктов. Все это приводит к замещению реофильных видов и сообществ макрофитами и ценозами широкой экологии, увеличению зарастания и продуктивности и отрицательно сказывается на состоянии экосистемы. На этом отрезке развивается растительность не речного характера, а свойственная стоячим водоемам с начальными процессами заболачивания. В период межени часто происходит вспышка развития нитчатых водорослей. Типичные сообщества проточных вод почти полностью отсутствуют.

Необходимо принятие мер по уходу за этим участком реки: в периоды паводков открывать шлюзы плотины для увеличения проточности пруда и его промывания, в летне-осеннюю межень удалять заросли макрофитов механическим путем, ограничить, а в дальнейшем и прекратить поступление неочищенных бытовых стоков из прилегающих населенных пунктов и пансионата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 01-04-49524, 04-04-49814, 07-04-00351) и Фонда содействия отечественной науке.

Литература

Бобров А. А., Чемерис Е. В. Очерк растительного покрова малых рек Колокша и Вожа (Ярославская область) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2005. Т. 110, вып. 5. С. 52–64.

Бобров А. А., Чемерис Е. В. Изучение растительного покрова ручьев и рек: методика, приемы, сложности // Матер. VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам «Гидроботаника 2005». Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2006. С. 181–203.

Бобров А. А., Чемерис Е. В. Флора и растительность реки // Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды / Отв. ред. А. В. Крылов, А. А. Бобров. М.: Тов. научн. изд. КМК, 2007. С. 62–87.

Бобров А. А., Чемерис Е. В. Речная растительность бассейна Ветлуги (Костромская область) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2011. Т. 116. Вып. 2. С. 44–62.

Волкова Л. А., Жукова А. Л., Потёмкин А. Д., Немцева Н. Д. Мохообразные Дарвинского государственного заповедника // Флора и растительность Тверской области. Сб. науч. тр. Тверь: ТвГУ, 1994. С. 13–24.

Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.

Кузьмичёв А. И. Флора и растительность средних рек Костромской области // Гидрофильный компонент в сравнительной флористике бореальной Евразии. Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2005. С. 109–116.

Лисицына Л. И. К флоре водоемов Костромской области // Биол. внутр. вод: Информ. бюл. 1990. № 88. С. 38–42.

Папченков В. Г., Лисицына Л. И., Довбня И. В., Артёменко В. И. Водная растительность Костромского расширения Горьковского водохранилища // Ботан. журн. 1994. Т. 79, № 11. С. 35–45.

Прилепский Н. Г. К истории ботанического изучения Костромской области (губернии): XVIII век – 20-е годы XX века // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1992а. Т. 97. Вып. 5. С. 118–128.

Прилепский Н. Г. К истории ботанического изучения Костромской области (с 20-х годов XX века до наших дней) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1992б. Т. 97. Вып. 6. С. 125–135.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 10. Верхне-Волжский район. Кн. 1 / Под ред. Ю. Е. Яблокова. М.: Гидрометеоиздат, 1973. 475 с.

Чемерис Е. В., Бобров А. А. Находки видов *Rhodophyta* в реках Верхнего Поволжья и прилегающих территорий // Ботан. журн. 2009. Т. 94, № 10. С. 1568–1583.

Arendt K. Pflanzengesellschaften von Fleißgewässern als Indikatoren der Gewässerverschmutzung, dargestellt am Beispiel des Uecker- und Havelsystems // Limnologica. 1981. Bd. 13. Hf. 2. S. 485–500.

Arendt K. Soziologisch-ökologische Charakteristik der Pflanzengesellschaften von Fließgewässern des Uecker- und Havelsystems // Limnologica. 1982. Bd. 14. Hf. 1. S. 115–152.

Fjerdingstad E. Pollution of streams estimated by benthal phytomicro-organisms. I. A system based on communities of organisms and ecological factors // Int. Rev. ges. Hydrobiol. 1964. Bd. 49. Hf. 1. S. 63–131.

Fjerdingstad E. Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms // Int. Rev. ges. Hydrobiol. 1965. Bd. 50. Hf. 4. S. 475–604.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бобров Александр Андреевич
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии внутренних вод им.
И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742
эл. почта: lsd@ibiw.yaroslavl.ru
тел.: (48547) 24486

Чемерис Елена Валентиновна
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии внутренних вод им.
И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742
эл. почта: lechem@ibiw.yaroslavl.ru
тел.: (48547) 24486

Bobrov, Aleksandr
I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters,
Russian Academy of Sciences,
152742 Borok Vil., Nekouzskiy District, Yaroslavl Region
e-mail: lsd@ibiw.yaroslavl.ru
tel.: (48547) 24486

Chemeris, Elena
I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters,
Russian Academy of Sciences,
152742 Borok Vil., Nekouzskiy District, Yaroslavl Region
e-mail: lechem@ibiw.yaroslavl.ru
tel.: (48547) 24486

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 48–55

УДК 581.524.34

РАЗНООБРАЗИЕ И СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПРИДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ КАРЕЛИИ

Л. В. Канцерова

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В статье приводятся результаты исследования видового и ценотического разнообразия, также динамики растительного покрова различных типов подтопленных придорожных участков Карелии. Сукцессионный процесс идет в сторону мезотрофизации сообществ по сравнению с исходными.

К л ю ч е в ы е с л о в а: растительность, классификация, сукцессии, придорожные участки, Карелия.

L. V. Kantserova. THE DIVERSITY AND SUCCESSIONS OF PLANT COMMUNITIES IN TRANSFORMED ROADSIDE HABITATS IN KARELIA

The results of our investigations into the vegetation dynamics in different types of inundated roadside habitats in Karelia are presented. The plant communities evolve into more mesotrophic ones as compared with the original status.

K e y w o r d s : vegetation, classification, succession, roadside habitats, Karelia.

Введение

Усиление воздействия антропогенного фактора на природу приводит к преобразованию естественной растительности и формированию в той или иной степени трансформированных растительных сообществ. Так, при строительстве (ремонте) автомобильных дорог происходят нарушения растительного покрова, почвенного слоя, водного режима, в результате чего придорожная полоса изменяется. Восстановительная динамика растительного покрова, представляющая собой серии сообществ, в трансформированных придорожных полосах идет с различной скоростью. Эта скорость зависит от степени антропогенного воздействия на данный участок придорожной полосы (образование копаней; заболоченные участки с неправильно спроектированной системой дренажа автомобильной дороги; размытые, подтопленные канавы и т. д.); от того, в какой естественной среде (лес, болото) образовался данный трансформированный биотоп (придорожный участок (ПУ)); от состава почвы (глина, песок) и наличия торфяного слоя. До настоящего времени специальных работ, касающихся изучения разнообразия и динамики растительного покрова ПУ в Карелии, не проводилось. Имеются данные по динамике растительного покрова болотных экосистем [Елина, 1979, 1981, 1994; Юрковская, 1980, 1983; Елина и др., 1984, 1983; Кузнецов, 2006], осушенных болот [Грабовик, 2005], приозерных болот [Миронов, 2011], болотных лесов [Кутенков, 2004], луговых сообществ [Зайкова, 1980] Карелии. Данные по динамике придорожных болот встречены нами только по Сибири [Филиппов и др., 2011].

Данная статья посвящена изучению разнообразия и динамики растительных сообществ в трансформированных ПУ. Цель исследования – изучить видовое и ценотическое разнообразие растительного покрова различных типов нарушенных ПУ и рассмотреть динамические процессы растительных сообществ.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнялись маршрутным методом в течение полевых сезонов 2009–2010 гг. на территории Карелии (среднетаежная подзона) вдоль автомобильных дорог в Прионежском, Кондопожском, Пряжинском и Пудожском районах. В качестве объекта исследования были выбраны сырые и заболоченные ПУ (160) с разным режимом увлажнения, на которых выполнено 200 геоботанических описаний. На придорожном участке с однородным растительным покровом выполнялось одно описание. На некоторых участках выполняли по три и более описаний, как правило, описывали придорожную, центральную и пограничную с лесом или другим фитоценозом части. На участках закладывались временные пробные площади, внутри которой отмечалось проективное покрытие встреченных видов в процентах [Корчагин, 1964]. Размер пробных площадей варьировал от 5 □5 до 15 □10 м.

Исследованные сообщества находятся на разных стадиях сукцессий, протекающих как на минеральных, так и на торфяных почвах. Торф обнаружен в 42 сообществах (20 %), в них пробурено 24 скважины на стратиграфию торфяной залежи. Большинство описаний выполнено уже в довольно устойчивых сообществах, возраст которых более 20–30 лет.

Результаты и обсуждение

Флора и растительность. Всего в исследованных сообществах выявлен 171 вид сосудистых растений, относящихся к 105 родам, 46 семействам (аборигенная фракция насчитывает 141 вид, адвентивная – 30) и 46 видам листостебельных мхов, также встретилось 5 видов печеночников.

Классификация растительности ПУ построена на основе эколого-фитоценотического метода, где ассоциации выделены по доминирующим и содоминирующим видам и представленности эколого-ценотических групп (ЭЦГ) видов. Для анализа и характеристики ассоциаций мы используем ЭЦГ видов, выделенные О. Л. Кузнецовым [2005] для классификации растительности болот Карелии. Группы были несколько изменены и дополнены в целях адаптации к изучаемому объекту. Уточнение принадлежности описаний к той или иной ассоциации проводилось с помощью коэффициента Жаккара с использованием метода бестрендового анализа соответствия (DCA) [Hill, Gauch, 1980]. Данная обработка выполнена в пакете PC-ORD.

В растительном покрове ПУ выделено 10 ассоциаций, 9 из которых относятся к травяному типу, а 1 к кустарниково-травяному (табл.). Более подробно классификация растительности ПУ рассмотрена в статье Л. В. Канцеровой [2011а].

1. Ассоциация Carex rostrata – Comarum palustre

Мезотрофные осоково-сабельниковые сообщества встречаются только в длительно обводненных ПУ. Структура сообществ мозаичная. Кустарниковый ярус разреженный, не высокий (до 2 м), образован преимущественно *Salix phylicifolia*, S. myrsinifolia.* Встречаются отдельные экземпляры других ив (*S. aurita, S. cinerea, S. pentandra*). В травяном ярусе доминирует *Carex rostrata*, также постоянен *Comarum palustre*, довольно часто встречаются *Scirpus sylvaticus, Equisetum fluviatile.* Моховой ярус формируют 20 видов, из которых наиболее обильны *Sphagnum squarrosum, Calliergon cordifolium.* Общее проективное покрытие (ОПП) в пределах 45–100 % (в среднем 75–80 %) и зависит от глубины воды (+5…+70 см).

2. Ассоциация Carex rostrata – Sphagnum fallax

Ассоциация включает осоково-сфагновые мезоолиготрофные сообщества ковров с доминированием в травяном ярусе *Carex rostrata* и с содоминированием в некоторых сообществах *Equisetum fluviatile.* В составе сообществ ассоциации из древесных пород встречаются *Alnus incana, Betula pubescens*, из кустарников наиболее часто встречается *Salix phylicifolia, S. cinerea*, из кустарничков *Chamaedaphne calyculata, Oxycoccus palustris* их обилие низкое. Моховой ярус развит хорошо (в среднем 85 %). Сфагновый покров сплошной, образован различными видами, преимущественно *Sphagnum riparium, Sphagnum fallax.*

3. Ассоциация Equisetum fluviatile

Для сообществ данной ассоциации характерно обитание в условиях постоянного или переменного режима обводнения. Как правило, это хвощовые заросли с участками открытой воды, с обильно развитыми группами

* Таксономия сосудистых растений приводится по А. В. Кравченко [2007], мхов по Ignatov et al. [2006].

Видовой состав ассоциаций трансформированных придорожных участков Карелии

№ ассоциации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество описаний	26	39	52	27	13	13	11	10	6	3
Видовое богатство	85	102	143	113	61	70	60	55	63	30
Видовая насыщенность	12	16	16	15	13	16	15	14	18	14
Кол-во видов с III–V кл. пост-ва	6	8	9	11	7	12	14	8	13	9
Betula pubescens	I+	II+	II+	I+		IV1	I+		I+	IV1
Salix cinerea	II1	III2	II3	II4	I1	IV3	III1	I+	I2	II1
Salix myrsinifolia	IV3	II1	III4	III3	II1	IV3	V3	I+	II2	V3
Salix phylicifolia	III3	II1	III3	III1	III2	II+	IV2	II1	III1	**V25**
Salix pentandra	II1	II+	II1	II+	II+	II+	I+	I+		V10
5.Carex rostrata*	**V37**	**IV14**	III5	III2	II+	I1	III1	II4	II1	
Sphagnum fallax	I+	**IV30**	I+							
***8**.Equisetum fluviatile*	III4	III6	**V27**	IV3	IV2	III+	IV5	IV2	II1	II+
Eriophorum angustifolium	I+	II1	I+				I+	I+		IV2
***9**.Calamagrostis purpurea*	II1	II1	I+	I+	II1		III+	I+	II+	
Carex canescens	II1	III1	III2	II+	I+	IV1	II1	II2	**IV1**	**V11**
Carex elongata	I1		II2	I+	I+	**V13**	II2		III+	
Filipendula ulmaria	II+		II+	IV5	IV+		III2	I+	IV+	II+
Phragmites australis	I+	I+	I1	I1	**V45**			II1	I+	
Ranunculus repens		I+	I+	I+					III+	IV+
Scirpus sylvaticus	III2	I+	II2	**V37**	IV8		III2	II+	I2	
Sphagnum squarrosum	II2	II1	III13	I1		IV4	I+		I+	
***10**.Calamagrostis neglecta*	I+	I+	II+	I+	I+	III+	I+			II1
Carex vesicaria	II3	I1	I1	I1		I2			**V34**	
Comarum palustre	**V7**	II2	III5	III3	IV3	IV2	**V31**	I+	III1	
Galium palustre	II+	I+	III+	III+	II+	IV+	IV+	I+	V+	II+
Juncus filiformis	II+	II1	I+	II+	I+	IV1		II+	III+	
Thyselium palustre	I+		II+	II+	III+		III+	I+	I+	
Sphagnum riparium	I1	IV32	I1	I+		I+				
***11**.Epilobium palustre*	II+	II+	III+	III+	II+	I+	V+	III+	II+	
***12**.Carex brunescens*	I+	I+	I+	I+		II1	I+	I+	III+	IV1
Deschampsia cespitosa	I+	I+	II+	III+	II+		III+	III+	I+	
***12a**.Calamagrostis epigeios*	I+	I+	I+	I+	II1		I2		III+	
Juncus conglomeratus	I+	I+	I+	II+	II+		I+	IV+		II1
***13**.Alisma plantago-aquatica*	I+	I+	II+	II+	I+			III2	III+	
Typha latifolia	II2	II1	II3	III3	II2		III2	**V45**		

Примечание. Ассоциации: 1 – Carex rostrata – Comarum palustre; 2 – Carex rostrata – Sphagnum fallax; 3 – Equisetum fluviatile; 4 – Scirpus sylvaticus; 5 – Phragmites australis – Equisetum fluviatile; 6 – Carex elongata; 7 – Comarum palustre; 8 – Typha latifolia; 9 – Carex vesicaria – Carex canescens; 10 – Salix phylicifolia – Carex canescens.
*Номера ЭЦГ. В рамках выделены доминантные и содоминантные виды ассоциаций.

Comarum palustris, Carex rostrata, Carex canescens, а также свободно плавающими растениями *Lemna minor.* В воде также встречаются такие гидрофиты, как *Alisma plantago-aquatica, Hippuris vulgaris, Potamogeton natans*, а также *Typha latifolia.* Кустарниковый ярус развит хорошо, проективное покрытие ив составляет от 5 до 35 %. Моховой ярус состоит из 31 вида листостебельных мхов, из которых главенствующую роль в сообществах играет *Sphagnum squarrosum*, он встречается в 70 % сообществ.

По флористическому составу ассоциация является самой богатой и насчитывает 143 вида. ОПП в среднем составляет 80–85 %.

4. Ассоциация Scirpus sylvaticus

Сообщества ассоциации приурочены в основном к ПУ с уровнем воды от –5 до +25 см. Кустарниковый ярус невысокий (0,5–1 м) и образован преимущественно *Salix phylicifolia, S. myrsinifolia.* В травяном ярусе доминирует *Scirpus sylvaticus*, также довольно часто отмечаются *Filipendula ulmaria, Equisetum fluviatile, Carex rostrata, Comarum palustre, Typha latifolia.* В межкочьях, как правило, можно встретить *Sparganium natans.* ОПП составляет 45–100 %. В данных сообществах были обнаружены редкие для Карелии виды *Carex pseudocyperus, Carex riparia* [Кравченко, 2007].

5. Ассоциация Phragmites australis – Equisetum fluviatile

Сообщества ассоциации чаще всего образуют четко выраженный довольно густой ярус высокотравья (до 2–2,5 м), образованный *Phragmites australis* и *Equisetum fluviatile* с вкраплениями *Scirpus sylvaticus* (0,8–1,2). Виды болотного разнотравья сомкнутого яруса не образуют. Моховой ярус полностью отсутствует. ОПП составляет 35–95 %.

6. Ассоциация Carex elongata

Для данных фитоценозов характерно обитание в условиях переменного режима обводнения. Сообщества ассоциации образованы *C. canescens* и *C. elongata*, с обязательным участием *Comarum palustre* и других видов болотного разнотравья (*Equisetum fluviatile, Galium palustre, Epilobium palustre* и нескольких видов осок (*C. rhynchophysa, C. acuta, C. cespitosa, C. nigra, C. vesicaria*). Моховой ярус развит слабо, как правило, начинают формироваться дернинки *Sphagnum squarrosum, Sphagnum riparium, Sphagnum fimbriatum, Calliergonella lindbergii*. ОПП в среднем 60–65 %.

7. Ассоциация Comarum palustre

Сообщества ассоциации имеют довольно простое строение: кустарниковый ярус из *Salix phylicifolia, S. myrsinifolia, S. cinerea*, травяной ярус из *Comarum palustre, Equisetum fluviatile, Carex rostrata.* Моховой ярус выражен слабо, в нем встречаются такие виды как *Sphagnum teres, Sphagnum subsecundum, Calliergon cordifolium.* ОПП составляет 45–100 %.

8. Ассоциация Typha latifolia

Для сообществ ассоциации характерен густой ярус *Typha latifolia*, который обычно образует полосы шириной до 5 м вдоль дорог, либо целиком занимает небольшие участки. Его постоянными спутниками являются *Equisetum fluviatile* и *Carex rostrata.* Эти виды чаще всего образуют четко выраженный сомкнутый ярус. Но иногда *Typha latifolia* встречается и фрагментарно. В некоторых сообществах характерно присутствие кустарникового яруса из ив, но проективное покрытие их ничтожно мало. Моховой ярус практически отсутствует и представлен всего одним видом *Calliergon cordifolium.* Сообщества сильно обводнены (уровень воды в среднем + 20 см) и в воде часто встречается *Lemna minor*, реже такие гидрофиты, как *Eleocharis palustris, Potamogeton natans, Sparganium natans.* ОПП составляет 40–95 %. В Карелии данные сообщества описаны впервые и являются пионерными сообществами на недавно возникших ПУ.

Ассоциация Carex vesicaria – Carex canescens

Внешний облик сообщества ассоциации придает *Carex vesicaria*, которая произрастает в обводненных участках вдоль дорог. Часто в сообществах встречаются *Calla palustris, Alisma plantago-aquatica, Hippuris vulgaris, Sparganium natans.* Моховой покров выражен слабо, но встречаются *Sphagnum angustifolium, Sphagnum squarrosum, Calliergon cordifolium, Calliergonella cuspidata.* ОПП 55–85 %.

Также нами описаны сообщества, которые мы предварительно отнесли к ассоциации Salix phylicifolia – Carex canescens. В дальнейшем планируется дополнить характеристику данной ассоциации описаниями типичных сообществ.

Эти ассоциации встречаются также в других типах трансформированных местообитаний Карелии [Канцерова, 2011б].

Типы придорожных участков. По характеру микрорельефа и степени увлажнения все трансформированные ПУ были разбиты на 2 типа.

I. Влажные искусственные выемки в грунте (65 придорожных участков (ПУ)).

1. Нарушенные канавы (52). Это размытые подтопленные заросшие ПУ, где ширина канавы в несколько раз больше первоначально сформированной канавы при строительстве дороги. Нами рассматривались канавы, ширина которых более 7 м. Глубина их варьировала от 5 до 60 см. На ПУ обнаружено 10 ассоциаций. Наиболее часто встречаются сообщества ассоциаций Scirpus sylvaticus (отмечены в 32 % придорожных участков), Carex rostrata (в 14 %), Equisetum fluviatile (в 11 %).

2. Копани (13) – это искусственные углубления, образовавшиеся после выемки грунта при строительстве автомобильной дороги. Как правило, они находятся на несколько метров ниже уровня дорожной насыпи. Копани существенно нарушают естественные экосистемы – при их создании уничтожается почвенно-растительный покров, изменяется уровень грунтовых вод. Размер копаней в среднем составляет 20 □10 м. Глубина воды варьирует от 20 до 100 см.

Восстановление растительного покрова происходит в основном за счет активного расселения аборигенных видов растений. В глубоких копанях (до 1 м) зарастание происходит по краям, а там, где глубина воды колеблется от 5 до 50 см, копани зарастают либо целиком, либо растительный покров занимает не менее 50 % площади участка. На каждой копани сделано по одному описанию, это, как правило, сообщества ассоциаций Equisetum fluviatile, Phragmites australis – Equisetum fluviatile, Scirpus sylvaticus, Typha latifolia.

ПУ, отнесенные к I типу, развиваются на минеральном грунте. Верхние слои почвы и напочвенный покров в результате строительства были уничтожены и поэтому формирование растительного покрова на этих участках можно рассматривать как условно-первичные сукцессии [Александрова, 1964].

II. Ровные заболоченные ПУ с одним или несколькими сообществами (85).

1. ПУ с однородным растительным покровом (74). Наиболее часто встречаемыми сообществами являются Carex rostrata (20 %), Equisetum fluviatile (18 %). На 23 ПУ (30 %) обнаружен торф, который образован преимущественно остатками сфагновых мхов (*Sphagnum fallax* и *Sphagnum riparium*).

2. ПУ с динамическим рядом сообществ (6). Сообщества Equisetum fluviatile – Sphagnum squarrosum встречаются в 30 % ПУ, Carex rostrata – Sphagnum riparium в 20 %. На всех участках есть торф. Наиболее типичны следующие ряды. Так, на одном из таких ПУ в придорожной полосе расположено хвощово-осоково-сабельниковое сообщество (мощность торфа – 50 см); центральную часть ПУ занимает ивово-осоково-сабельниковое сообщество на торфе, мощностью 45 см; на пограничной с лесом части находится таволговое сообщество на минеральном грунте. На другом ПУ в придорожной полосе осоковое сообщество с доминированием *Carex acuta* (25 %); в центральной части участка хвощово-сфагновое сообщество на тонком слое торфа (30 см), в травяном ярусе доминирует *Equisetum fluviatile* (25%), в моховом – *Sphagnum squarrosum* (75%); на пограничной с лесом части находится травяное сообщество из *Equisetum fluviatile, Carex rostrata, Calamagrostis purpurea* на слое торфа 40 см.

ПУ, отнесенные ко II типу, развиваются на торфяной почве и их формирование можно рассматривать как вторичные сукцессии.

Динамика растительного покрова. Для изучения сукцессионной динамики ПУ использовали стратиграфический анализ торфяных отложений. Состав формирующегося торфа позволил наиболее детально раскрыть ключевые стадии развития ПУ и смог показать, когда началась трансформация участка. В исследованных слоях торфа (138 образцов) выявлены примеси песка (в 80 % образцах).

Ниже рассмотрены ПУ с однородным растительным покровом, на одном из которых торф образовался задолго до строительства дороги; второй ПУ образовался вследствие строительства, процесс торфообразования в нем только начался.

Первый ПУ расположен в Прионежском районе вдоль асфальтированной автомобильной дороги на Суоярви в 10 км от г. Петрозаводска (61°50' с.ш. и 34°11' в.д.). Размер участка 20 □ 40 м, уровень почвенно-грунтовых вод (УПГВ) +10 см. ПУ был описан как сообщество Carex rostrata – Sphagnum riparium, отнесенное в ранге субассоциации к ассоциации Carex rostrata – Sphagnum fallax.

Сукцессионный ряд выявлен на материале скважины, пробуренной в центральной части подтопленного участка, в 10 м от дороги. Глубина скважины 125 см. Отбор образцов был произведен через каждые 10–25 см. Торф на участке образовался еще до строительства автомобильной дороги. Построена диаграмма ботанического состава торфа, отражающая процентное содержание растительных остатков в соответствующих слоях (рис.). Из диаграммы можно судить о прохождении растительным покровом пяти основных стадий. На I стадии было сообщество с доминированием *Betula* и *Salix* в древесном ярусе и *Carex rostrata* в травяном ярусе. Также на этой стадии отмечены водные и болотные растения *Calla palustris, Carex rhynchophysa, Menyanthes trifoliata, Equisetum* и мхи *Sphagnum riparium, Sphagnum fallax.* В создавшихся для этого условиях началось отложение торфов.

По мере понижения уровня воды (стадия II) на данном участке снижается количество *Salix* в кустарниковом ярусе, появляется *Pinus sylvestris.* В травяном ярусе появляются кочки с *Carex cespitosa, C. paupercula.* Обилие *Carex rostrata* снижается. Моховой ярус формируется из *Sphagnum riparium* (15–20 %).

Вероятно, на III стадии УПГВ еще снизился, что подтверждается резким исчезновением *Sphagnum riparium* и появлением *Sphagnum centrale* и *Sphagnum fallax*, характерных для более дренированных местообитаний. В травяном ярусе возрастает роль *Calamagrostis.*

На IV стадии торф содержит остатки *Carex rostrata, Comarum palustre, Calamagrostis, Eriophorum.* Древесные породы исчезают. Торф с I по IV стадии образован преимущественно остатками эвтрофных растений и является низинным.

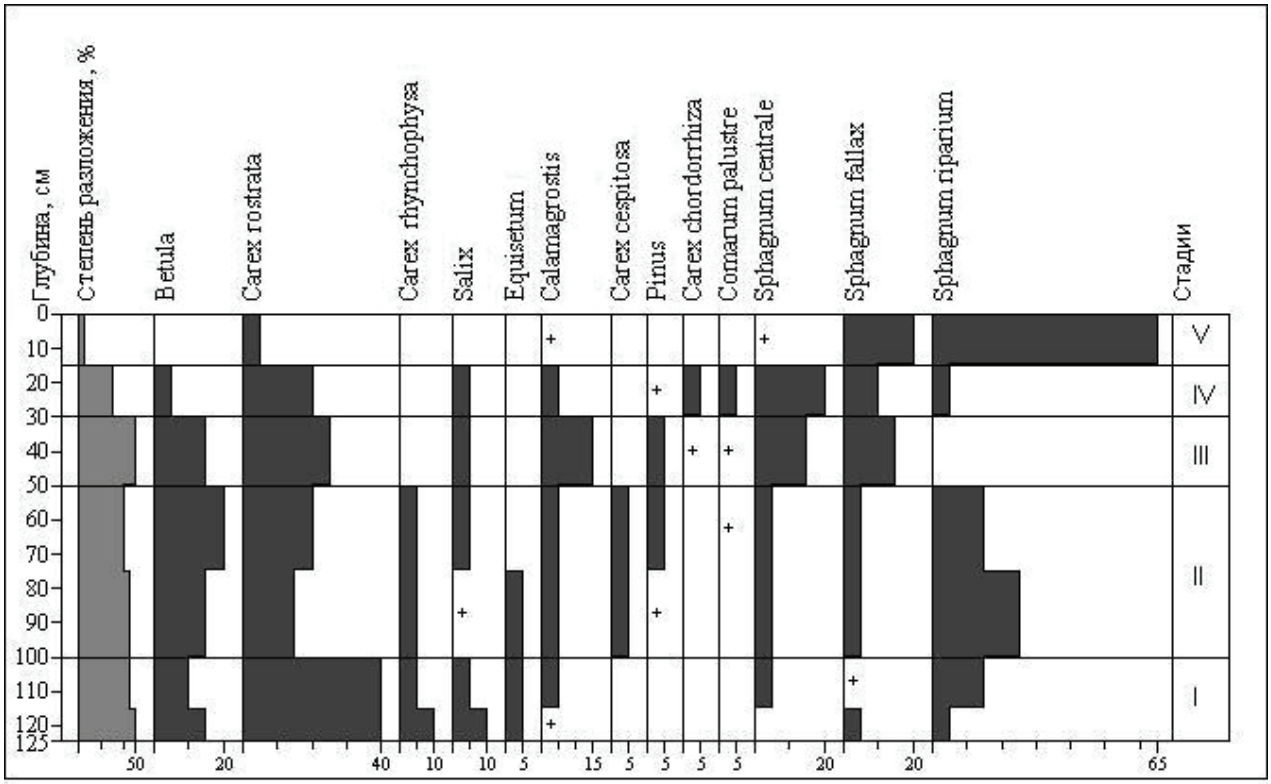


Диаграмма ботанического состава торфа на придорожном участке Карелии (Прионежский район): I стадия – Березово-осоковая; II – Березово-осоково-сфагновая; III – Березово-осоковая; IV – Осоковая; V – Сфагновая

Верхний слой мощностью 15 см (V стадия) содержит значительное количество остатков *Sphagnum riparium* (65 %), что говорит о слабопроточном увлажнении участка. Древесные породы в торфе отсутствуют. Вероятнее всего, строительство автомобильной дороги осуществлялось именно на последних двух стадиях. Дорожная насыпь прервала естественный сток, в результате чего повысился УПГВ, произошло подтопление и переувлажнение болотного ПУ. Это сфагновое мезотрофное сообщество, которое откладывает уже переходный сфагновый торф.

Современное геоботаническое описание выявило наличие видов *C. rostrata* (10 %), *Chamaedaphne calyculata* (10), *Comarum palustre* (7), *Sphagnum riparium* (30), *Sphagnum fallax* (30).

Второй ПУ расположен в Пряжинском районе вдоль асфальтированной автомобильной дороги на Суоярви в 46 км от г. Петрозаводска. ПУ имеет координаты 61°53' с.ш. и 33°38' в.д. Размер участка 25 □ 15 м, УПГВ +10 см. ПУ был описан как сообщество Carex rostrata – Sphagnum riparium, отнесенное к ассоциации Carex rostrata – Sphagnum fallax в ранге особой субассоциации.

Скважина пробурена в центральной части участка в 10 м от дороги, глубина ее составляет 10 см. Маломощная торфяная залежь говорит о недавнем образовании ПУ (около 50 лет назад). Скорее всего, он образовался в результате строительства неправильно спроектированной системы дренажа автомобильной дороги. Произошло подтопление ПУ, что привело к постепенному заболачиванию и преобразованию растительности в нем.

Скорее всего, до заболачивания ПУ был облесен, о чем свидетельствуют находки в торфяной залежи остатков коры березы (25 %), сосны (20), ивы (10) и ольхи (5), кустарничков и мха (*Polytrichum*). В настоящее время ПУ окружает сосняк кустарничково-зеленомошный.

После строительства на нарушенном участке началась сукцессия растительного покрова, представленная рядом, состоящим из двух стадий.

Заболачивание началось с эвтрофной стадии, при этом на ПУ формируется древесно-осоково-зеленомошный ценоз. На этой стадии в растительном покрове в травяном ярусе появляются водно-болотные виды: *Carex rhynchophysa, Carex rostrata* (10), *Equisetum* (10) и только начинают образовываться подушки из сфагновых мхов *Sphagnum girgensohnii* и *Sphagnum riparium*.

Вторая стадия представлена эвтрофным сосново-травяно-сфагновым сообществом.

Древесный ярус представлен остатками сосны (20) и вкраплениями ивы (5). В травяном ярусе не произошло резких перемен, а в моховом ярусе появился мезотрофный вид *Sphagnum obtusum*, обилие *Sphagnum girgensohnii* (15) и *Sphagnum riparium* (20) возросло.

Современное геоботаническое описание выявило наличие видов *Equisetum fluviatile* (20 %), *C. rostrata* (10), *Sphagnum riparium* (60), *Sphagnum centrale* (10). Это уже мезотрофное осоково-сфагновое сообщество, которое откладывает переходный торф.

В торфе на ПУ встречается примесь мелкого песка, степень разложения довольно высокая – от 25 до 35–40 %.

Сукцессии растительности после нарушения гидрологического режима на участках как с мощной торфяной залежью, так и с минеральным грунтом направлены в сторону формирования близких мезотрофных сообществ с доминированием *Sphagnum riparium.*

Выводы

На трансформированных подтопленных ПУ выявлено высокое разнообразие флоры (171 вид сосудистых растений и 51 вид мхов) и растительных сообществ, в составе которых выделено 10 ассоциаций.

Сукцессионный процесс, происходящий в растительном покрове осоково-сфагнового и сфагнового мезотрофных ПУ, идет в сторону мезотрофизации формирующихся сообществ по сравнению с исходными евтрофными сообществами.

Гидрологические изменения ПУ, связанные со строительством автомобильной дороги (образование выемок, насыпей, неправильная система дренажа), оказывают негативное влияние на растительный покров ПУ и микрорельеф. В первую очередь, на такие изменения реагируют древесные виды (береза и сосна), обилие которых заметно уменьшается. Напротив, обилие гидрофильных сосудистых растений, а также топяного *Sphagnum riparium* резко возрастает. Поэтому предотвращение или ослабление вредных последствий дорожного строительства должно достигаться сохранением гидролитического режима территории, а в случае их нарушений – рекультивацией трансформированных земель.

Автор выражает глубокую благодарность к. б. н. С. И. Грабовик за помощь в полевых исследованиях, к. б. н. С. П. Кутенкову и ведущему биологу В. Л. Миронову за помощь при отборе торфа, главному биологу Н. В. Стойкиной, выполнившей анализ ботанического состава торфа, ведущему биологу Т. И. Бразовской за помощь в построении диаграммы ботанического состава торфа и д. б. н. О. Л. Кузнецову за ценные рекомендации при написании статьи.

Работа выполнена в рамках ФЦП, контракт № 02.740.11.0700

Литература

Александрова В. Д. Изучение смен растительного покрова / Ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. М.; Л.: АН СССР, 1964. Т. 3. С. 300–447.

Грабовик С. И. Постмелиоративная динамика растительности мезотрофных травяно-сфагновых болот южной Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2005. С. 155–162.

Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.

Елина Г. А. Динамика болотообразования на северо-западе России в голоцене // Биогеоценологические особенности болот и их рациональное использование. Чтения памяти академика В. Н. Сукачева. XI. М., 1994. С. 61–84.

Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.

Зайкова В. А. Динамика луговых сообществ. Л.: Наука, 1980. 216 с.

Канцерова Л. В. Синтаксономия растительности придорожных участков Карелии // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Тез. докл. Всерос. конф. (Санкт-Петербург, 20–24 сент. 2011 г.). СПб., 2011а. Т. 2. С. 95–98.

Канцерова Л. В. Классификация растительности трансформированных влажных местообитаний Карелии // Развитие геоботаники: история и современность: Тез. докл. Всерос. конф. (Санкт-Петербург, 31 янв.–2 февр. 2011 г.). СПб., 2011б. С. 50–51.

Корчагин А. А. Видовой состав растительных сообществ и методы его изучения / Ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. М.; Л.: АН СССР, 1964. Т. 3. С. 39–62.

Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 403 с.

Кузнецов О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2005. С. 15–46.

Кузнецов О. Л. Структура и динамика растительного покрова болотных экосистем Карелии: Автореф. дис. …докт. биол. наук. Петрозаводск, 2006. 53 с.

Кутенков С. А. Эколого-ценотическая структура и динамика болотных лесов Карелии: Автореф. дис. …канд. биол. наук. Петрозаводск, 2004. 23 с.

Миронов В. Л. Сукцессии растительных сообществ на приозерных болотах Южной Карелии // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Тез. докл. Всерос. конф. (Санкт-Петербург, 20–24 сент. 2011 г.). СПб., 2011. Т. 1. С. 151–154.

Филиппов И. В., Филиппова Н. В., Лапшина Е. Д. Влияние дорожной сети на растительность болот природного парка «Кондинские озера» // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Третьего Междунар. полевого симп. (Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2011 г.). Новосибирск, 2011. С. 206–207.

Юрковская Т. К. Болота // Растительность европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 300–345.

Юрковская Т. К. Структура и динамика растительного покрова грядово-мочажинных комплексов некоторых типов болот // Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1983. С. 38–51.

Hill M. O., Gauch H. G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique // Vegetatatio. 1980. Vol. 42. P. 47–58.

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1–130.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Канцерова Любовь Викторовна
аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: Kancerova.L@mail.ru
тел.: 9535312634

Kantserova, Lyubov
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Kancerova.L@mail.ru
tel.: 9535312634

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 56–69

УДК 574.526.325:581.5:581.92 (282.247.211)

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Т. А. Чекрыжева

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Сводный список фитопланктона пелагиали и литорали Онежского озера насчитывает 775 видов, разновидностей и форм водорослей, принадлежащих к 8 отделам, 16 классам, 30 порядкам, 76 семействам и 155 родам. Разнообразнее видами диатомовые, зеленые, синезеленые и золотистые водоросли (93 % от общего списка). Наиболее высокие флористические пропорции в планктонной флоре имеют диатомовые водоросли. Для фитопланктона характерно большое число одновидовых и маловидовых семейств и родов. Планктонная флора представлена в основном космополитными видами с существенной долей бореальных и арктоальпийских форм (53 % от общего состава), индифферентными по отношению к солености (75 %) и pH воды (51 %), олигосапробными, олиго-β-мезосапробными и β-мезосапробными видами (79 %).

К л ю ч е в ы е с л о в а: фитопланктон, таксономический состав, экология видов, Онежское озеро.

T. A. Chekryzheva. TAXONOMIC AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON IN LAKE ONEGA

The total list of phytoplankton of pelagic and littoral zones of Onego Lake includes 775 species, varieties and forms of algae, which belong to 8 branches, 16 classes, 30 orders, 76 families and 155 genera. The diversity of Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta and Chrysophyta is the most (about 93 % of species of the generalized list). Diatoms have the highest floristic proportion in the plankton flora. Phytoplankton of lake is noted for a big number of families and genera represented by one or few species. The plankton flora is mainly made up of cosmopolitan species with the essential share of boreal and arctalpine forms (53 % from the total list), species indifferent towards salinity (75 %) and pH of the water (51 %), oligosaprobic, oligo-β-mesosaprobic and β-mesosaprobic species (79 %).

K e y w o r d s: phytoplankton, taxonomic composition, species ecology, Lake Onega.

Фитопланктон Онежского озера, исследования которого имеют длительную историю [Давыдова и др., 1971], во флористическом отношении изучен достаточно полно. Первые упоминания о видовом составе водорослей Онежского озера относятся к 20-м годам прошлого столетия [Вислоух, Кольбе, 1927; Чернов, 1932]. Опубликованные списки планктонных водорослей пелагических [Петрова, 1971] и литоральных участков [Петрова, 1975] Онежского озера, составленные по материалам исследований фитопланктона 1964–1968 гг., включали, соответственно, 383 и 336 видов, разновидностей и форм. В дальнейшем список

планктонных водорослей пелагиали озера был расширен до 450–780 наименований [Вислянская, 1990, 1999; Шаров, Вислянская, 2007; Чекрыжева, 2008а]. С использованием метода сканирующей электронной микроскопии уточнена таксономическая принадлежность ряда центрических диатомовых [Генкал, Трифонова, 2009] и золотистых водорослей [Балонов, 1979] Онежского озера.

Составление сводного списка пелагического и литорального фитопланктона Онежского озера имеет целью дать его обобщенную систематическую, экологическую и географическую характеристику.

Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили результаты многолетних (1964–2010 гг.) исследований фитопланктона Онежского озера. С целью составления сводного списка водорослей проанализированы литературные сведения о видовом составе фитопланктона озера за 1964–1998 гг. [Петрова, 1971, 1975, 1990; Балонов, 1979; Вислянская, Калугин, 1980; Вислянская, 1986, 1990, 1998, 1999; Генкал, Трифонова, 2009], а также данные собственных сезонных наблюдений за 1998–2010 гг.

Видовую идентификацию водорослей осуществляли, используя «Определитель пресноводных водорослей СССР» [1951, 1953–1955, 1959, 1962, 1982, 1986], «Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)» [1974, 1988, 1992], «Флора споровых растений СССР» [1960], а также публикации [Еленкин, 1938; Коршиков, 1953; Скабичевский, 1960; Матвиенко, Литвиненко, 1977; Паламарь-Мордвинцева, 1982]. При составлении полного систематического списка водорослей использовали работы [Hindak, 1984; Starmach, 1985; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988; Komárek, Anagnostidis, 1986; Anagnostidis, Komárek, 1988; Генкал, Трифонова, 2009].

При выделении и расположении отделов водорослей используется система, принятая в справочнике «Водоросли» [1989], система таксонов диатомовых водорослей принята по изданию «Диатомовые водоросли СССР» [1974–1992].

Экологические характеристики видов водорослей устанавливали из работ [Прошкина-Лавренко, 1953; Sladecek, 1973; Макрушин, 1974; Унифицированные методы..., 1977; Давыдова, 1985; Кузьмин, 1985; Вассер и др., 1989; Баринова и др., 2006].

Результаты и обсуждение

На основании анализа и систематической ревизии опубликованных видовых списков фитопланктона Онежского озера, а также результатов собственных исследований видового состава планктонных водорослей пелагиали и литорали озера, составлен сводный список, насчитывающий 775 видов, разновидностей и форм водорослей, принадлежащих к 8 отделам, 16 классам, 30 порядкам, 76 семействам и 155 родам (Приложение). По систематическим отделам выявленные водоросли распределились следующим образом: Bacillariophyta – 426 (55 %), Chlorophyta – 136 (17,5 %), Cyanophyta – 103 (13 %), Chrysophyta – 59 (7,5 %), Euglenophyta – 16 (2 %), Dinophyta – 15 (2 %), Cryptophyta – 10 (1,5 %), Xanthophyta – 10 (1,5 %). 67 семейств (88 %) входят в состав четырех отделов: зеленых (35,5 %), диатомовых (23,5 %), синезеленых (20 %), золотистых (9 %) водорослей и включают 724 таксона рангом ниже рода или 93 % (табл. 1). Высокое разнообразие диатомовых, зеленых, золотистых и синезеленых водорослей характерно для фитопланктона таких крупных глубоководных озер умеренного пояса, как Байкал [Кожова, 1959; Поповская, 1963; Бондаренко, 1995], Ладожское [Петрова, 1968, 1990], а также для большинства озер Карелии [Альгофлора озер..., 2006] и северо-западных и северо-восточных бореальных и субарктических территорий России [Трифонова, 1976, 1990; Гецен, 1978, 1985; Кузьмин, 1985; Трифонова, Петрова, 1994] и Фенноскандии [Johansson, 1982; Eloranta, 1986]. Динофитовые, криптофитовые, эвгленовые и желтозеленые водоросли занимают в фитопланктоне озера подчиненное положение по числу выявленных семейств и родов (см. табл. 1).

Таблица 1. Таксономическая структура фитопланктона

Отдел	Число					% от общего числа таксонов	Пропорции флоры *		
	классов	порядков	семейств	родов	таксонов		р/с	в/с	в/р
Cyanophyta	2	4	15	22	103	13,0	1,5	6,9	4,7
Chrysophyta	1	4	7	16	59	7,5	2,3	8,5	3,7
Bacillariophyta	2	7	18	44	426	55,0	2,5	23,7	9,7
Xanthophyta	1	4	4	5	10	1,5	1,3	2,5	2,0
Cryptophyta	2	6	1	2	10	1,5	2,0	10,0	5,0
Dinophyta	3	3	3	4	15	2,0	1,3	5,0	3,8
Euglenophyta	1	1	1	3	16	2,0	3,0	16,0	5,3
Chlorophyta	5	9	27	59	136	17,5	2,2	5,0	2,3
Всего	16	30	76	155	775	100	2,0	10,2	5,0

Примечание. * Пропорции флоры – отношение числа родов (р/с) и таксонов (в/с), приходящихся на одно семейство; родовая насыщенность – число таксонов, приходящихся на один род (в/р).

Самые высокие флористические пропорции в планктонной флоре имеют диатомовые водоросли (см. табл. 1), кроме того, для фитопланктона Онежского озера, как и многих северных водоемов [Гецен, 1978, 1985; Ярушина и др., 2004] характерно большое число одновидовых семейств (28 %) и родов (32 %), а также семейств и родов с 2–5 таксонами, соответственно, 29 и 26 % (табл. 2).

Таблица 2. Состав семейств и родов по числу содержащихся в них видовых и внутривидовых таксонов

Число видов и внутривидовых таксонов	Число семейств	% от общего числа семейств	Число родов	% от общего числа родов	Число видов и внутривидовых таксонов
1	21	28	69	32	69
2–5	22	29	55	26	55
6–9	8	11	10	5	10
10 и более	24	32	78	37	24
Всего	75	100	212	100	158

Наибольшую насыщенность таксонами, из наиболее разнообразно представленных в фитопланктоне озера диатомовых водорослей (см. табл. 3), имеют семейства Naviculacea, Cymbellaceae, Achnanthaceae, Fragilariaceae, Surirellaceae, Eunotiaceae, Gomphonemataceae, Nitzschiaceae, Stephanodiscaceae, Aulacoseiraceae, Epithemiaceae, включающие свыше 50 % от всего числа выявленных видов и внутривидовых таксонов. Наиболее богаты видами (см. табл. 3) роды *Navicula, Pinnularia, Cymbella, Eunotia, Achnanthes, Gomphonema, Surirella, Nitzschia, Fragilaria, Synedra* (класс Pennatophyceae), и роды *Cyclotella, Aulacoseira* (класс Centrophyceae).

Наиболее разнообразны таксонами из зеленых водорослей порядки Chlorococcales, включающий 13 семейств, 34 рода и 66 таксонов рангом ниже рода, и Desmidiales, в составе которого насчитывается два семейства, 15 родов и 48 видов, разновидностей и форм водорослей. Из порядка Chlorococcales наиболее богаты таксонами (см. табл. 3) семейства Scenedesmaceae, Ankistrodesmaceae, Oocystaceae, а также роды *Scenedesmus, Pediastrum, Oocystis, Monoraphidium, Crucigenia, Ankistrodesmus.* В порядок Desmidiales входят семейства Desmidiaceae и Closteriaceae, включающие, соответственно, 35 и 13 таксонов рангом ниже рода. Наибольшее число таксонов содержится в родах *Cosmarium* и *Closterium* (см. табл. 3). Порядки Chlamydomonadales, Volvocales, Ulothrichales, Oedogoniales и другие наименее разнообразны и представлены немногочисленными таксонами из родов *Chlamydomonas, Pandorina, Eudorina, Volvox, Phacotus*.

Синезеленые водоросли (Cyanophyta) представлены в планктоне озера 15 семействами и 22 родами, из которых разнообразнее представлены семейства Microcystidaceae, Gloeocapsaceae, Oscillatoriaceae, Anabaenaceae и Synechococcaceae и роды *Anabaena, Oscillatoria* (см. табл. 3).

Видовое разнообразие золотистых водорослей (Chrysophyta) формируется за счет таксонов из 7 семейств, из которых наиболее богаты таксонами Dinobryonaceae, Sinuraceae и Chromulinaceae, составляющие 7 % от общего списка видов. Наибольшее разнообразие имеют роды *Dinobryon* и *Mallomonas* (см. табл. 3).

Доля участия других отделов (Euglenophyta, Dinophyta, Xanthophyta, Cryptophyta) в формировании разнообразия фитопланктона озера невысока и не превышает в сумме 7 % (см. табл. 1, 3). Наиболее часто в планктоне встречаются виды из семейств и родов, представленных в табл. 3.

При большом видовом разнообразии фитопланктона диатомовые водоросли преобладают в планктоне озера во все сезоны года. Массовыми из них являются холодолюбивые виды весеннего-осеннего комплекса *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., *A. italica* Kütz. Sim. var. *italica* и *A. alpigena* Grun. Kram., а также летние теплолюбивые виды – *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Asterionella formosa* Hass. и *Fragilaria crotonensis* Kitt.

Набор доминирующих в планктоне озера видов за длительный период наблюдений постоянно расширялся. При сохранении состава массовых форм, насчитывающих [Петрова, 1971] в 1960-е гг. 18 видов (5 % от общего списка), к концу 1970-х гг. [Петрова, Антонов, 1981] в список доминантов были включены *Woronichinia naegeliana* (Ung) Elenk., *Oscillatoria tenuis* Ag. (Cyanophyta) и *Tribonema affine* West (Xanthophyta), а к середине 1980-х гг. [Вислянская, 1990] добавлены еще 10 видов. Число массовых форм последнего десятилетия прошлого столетия [Вислянская, 1999; Чекрыжева, 2008б] увеличилось за счет синезеленых, зеленых и криптофитовых водорослей, характерных для эвтрофных водоемов [Петрова, 1990].

Эколого-географический анализ показал, что при преобладании космополитных форм, в фитопланктоне очень высоко разнообразие бореальных (40 %) и арктоальпийских (13 %) видов. По отношению к солености воды в фитопланктоне наиболее разнообразны индифферентны, составляющие 75 % от общего числа видов, роль галофильных и галофобных таксонов невелика

Таблица 3. Распределение видов и внутривидовых таксонов по ведущим семействам и родам

Семейство	Число видов и внутривидовых таксонов	(% от общей флоры)	Число родов	Род	Число видов и внутривидовых таксонов	(% от общей флоры)
Bacillariophyta				Bacillariophyta		
Naviculaceae	134	17,3	11	*Navicula*	56	7,2
Cymbellaceae	42	5,4	3	*Pinnularia*	34	4,4
Achnanthaceae	38	4,9	3	*Cymbella*	31	4,0
Fragilariaceae	36	4,6	5	*Eunotia*	29	3,7
Surirellaceae	31	4,0	3	*Achnanthes*	26	3,4
Eunotiaceae	29	3,7	1	*Gomphonema*	23	3,0
Gomphonemataceae	24	3,1	2	*Surirella*	23	3,0
Nitzschiaceae	23	3,0	3	*Nitzschia*	20	2,6
Stephanodiscaceae	22	2,8	5	*Fragilaria*	17	2,2
Aulacoseiraceae	10	1,3	1	*Cyclotella*	11	1,4
Epithemiaceae	10	1,3	2	*Aulacoseira*	10	2,1
Chlorophyta				Chlorophyta		
Desmidiaceae	35	4,5	14	*Cosmarium*	13	1,7
Scenedesmaceae	15	1,9	4	*Closterium*	13	1,7
Closteriaceae	13	1,7	1	*Scenedesmus*	8	1,0
Cyanophyta				Cyanophyta		
Microcystidaceae	23	3,0	3	*Anabaena*	14	1,8
Gloeocapsaceae	20	2,6	3	*Oscillatoria*	14	1,8
Oscillatoriaceae	20	2,6	3	Chrysophyta		
Anabaenaceae	14	1,8	1	*Dinobryon*	17	2,2
Synechococcaceae	6	1,0	3	*Dinobryon*	17	2,2
Chrysophyta				*Mallomonas*	14	1,8
Sinuraceae	22	2,8	5	Euglenophyta		
Dinobryonaceae	20	2,6	1	*Euglena*	8	1,0
Chromulinaceae	12	1,5	3	*Phacus*	4	0,5
Euglenophyta				Dinophyta		
Euglenaceae	16	2,1	3	*Peridinium*	10	1,3
Phacus	4	0,5	1	*Glenodinium*	4	0,5
Dinophyta				Cryptophyta		
Peridiniaceae	14	1,8	2	*Cryptomonas*	7	1,0
Cryptophyta				Xanthophyta		
Cryptomonadaceae	10	1,3	3	*Tribonema*	5	0,6

Таблица 4. Распределение видов, разновидностей и форм водорослей по экологическим группам

Характеристика	Число таксонов	%
Галобность:		
Олигогалобы (ог)	10	2
Галофобы (гб)	42	11
Индифференты (ин)	300	75
Галофилы (гл)	35	9
Мезогалобы (мг)	13	3
Всего	400	100
Отношение к pH:		
Ацидофилы (ац)	49	13
Индифференты (и)	196	51
Алкалифилы (ал)	137	36
Всего	382	100
Сапробность:		
Ксеносапробы (χ)	15	3
Ксено-олигосапробы (χ-o)	36	8
Олигосапробы (o)	104	23
Олиго-β-мезосапробы (o-β)	124	28
β-мезосапробы (β)	128	28
β-α-мезосапробы (β-α)	28	6
α-мезосапробы (α)	12	3
ρ-α-поли-α-сапробы (ρ-α)	3	1
Всего	450	100

(см. табл. 4). По отношению к кислотности водной среды в фитопланктоне озера также преобладают виды-индифференты (51 %) при значительной доле алкалифильных (36 %) и ацидофильных (13 %) форм. Из 450 (58 % видов от общего списка) выявленных видов-индикаторов сапробности, большинство (356 видов или 79 %) относится к олигосапробным, олиго-β-мезосапробным и β-мезосапробным формам (см. табл. 4).

В фитопланктоне районов озера, в наибольшей степени подверженных антропогенному эвтрофированию (Кондопожская и Петрозаводская губы), отмечено увеличение числа видов водорослей, являющихся показателями повышенного уровня трофии и органического загрязнения вод [Шаров, Вислянская, 2007; Чекрыжева, 2008б]. Фитопланктон пополняется видами, характерными как для вод повышенного уровня трофии (диатомовые *Fragilaria crotonensis* Kitt. и *Diatoma elongatum* (Lyngb.) C.A. Agardh.), так и являющимися индикаторами органического загрязнения (сапробности)

вод из числа криптофитовых (*Croomonas acuta* Uterm., *Cryptomonas erosa* Ehr., *C. marssonii* Skuja, *C. obovata* Skuja, *C. ovata* Ehr. и *Rhodomonas lacustris* Pascher et Ruttn.), зеленых (*Chlamydomonas monadina* Stein. и *Planctococcus sphaerocystiformis* Korschik.), диатомовых (*Nitzschia acicularis* (Kütz.)).

Заключение

Сводный список фитопланктона пелагиали и литорали Онежского озера насчитывает 775 видов, разновидностей и форм водорослей, относящихся к 8 отделам, 16 классам, 30 порядкам, 76 семействам и 155 родам. Наиболее разнообразно в планктоне озера представлены водоросли из четырех отделов Bacillariophyta (55 %), Chlorophyta (17,5 %), Cyanophyta (13 %), и Chrysophyta (7,5 %) (93 % флористического списка). Для фитопланктона озера характерно большое число одновидовых и маловидовых семейств (57 %) и родов (58 %).

Эколого-географический анализ выявил в фитопланктоне озера существенную долю (53 % от общего видового состава) бореальной фракции, которую формируют бореальные и арктоальпийские виды. Планктонная флора представлена индифферентными по отношению к солености (75 %) и pH воды (51 %) видами. Из 450 обнаруженных видов-индикаторов сапробности, 79 % относится к олигосапробным, олиго-β-мезосапробным и β-мезосапробным видам.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Отдел Cyanophyta
Класс Chroococcophyceae
Порядок Chroococcales

Семейство Synechococcaceae

Synechocystis aquatilis Sauv.
S. crassa Woronich.
S. endobiotica Elenk. et Hollerb.
Rabdoderma lineare Schmidle et Laut. em. Hollerb.
Dactylococcopsis acicularis Lemm.
D. irregularis G. M. Smith

Семейство Holopediaceae

Holopedia geminata Lagerh.

Семейство Merismopediaceae

Merismopedia elegans A. Br.
M. glauca (Ehr.) Näg.
M. major (Smith.) Geitl.
M. punctata Meyen.
M. tenuissima Lemm.

Семейство Microcystidaceae

Microcystis aeruginosa Kütz. emend Elenk. (incl. *M. aeruginosa* f. *flos-aquae* (Wittr.) Kirch.)
M. aeruginosa f. *photocystis* (Crow.) Elenk.
M. aeruginosa f. *scripta* (Richt.) Elenk.
M. aeruginosa f. *sphaerodictyoides* Elenk.
M. grevillei (Hass.) Elenk. emend. Rabenh.
M. ichtyoblabe Kütz.
M. parietina (Näg.) Elenk.
M. pulverea f. *conferta* (W. et G. S. West) Elenk.
M. pulverea f. *elongata* Grow.
M. pulverea f. *irregularis* (B.-Peters.) Elenk.
M. pulverea f. *minor* (Lemm.) Hollerb.
M. pulverea f. *parasitica* (Kütz.) Elenk.
M. pulverea f. *planctonica* (G. M. Smith) Elenk.
M. pulverea f. *prasina* (Wittr.) Hollerb.
M. pulverea f. *pulchra* (Lemm.) Elenk.
M. reinboldii (Richter) Forti (incl. *M. pulverea* (Wood) Forti; *M. pulverea* f. *inserta* (Lemm.) Crow)
Aphanocapsa elachista W. et G. S. West
Aphanothece clathrata W. et G. S. West f. *clathrata*
A. clathrata var. *brevis* (Bachm.) Elenk.
A. elabens (Bréb.) Elenk.
A. saxonica Nag. f. *saxonica*
A. saxonica f. *endophytica* (W. et G. S. West) Elenk.
A. stagnina (Sptengel) B.-Petersen

Семейство Gloeocapsaceae

Gloeocapsa cohaerens (Bréb.) Hollerb.
G. limnetica (Lemm.) Hollerb. (= *Croococcus limneticus* Lemm.)
G. limnetica f. *distans* (G. M. Sm.) Hollerb.
G. magma (Bréb.) Kütz. emend Hollerb.
G minima (Keissl.) Hollerb. ampl. f. *minima*
G. minor (Kütz.) Hollerb. (=*Croococcus minor* (Kütz.) Näg.)
G. minuta (Kiss.) Hollerb. (=*Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg.)
G. montana (Kütz.) Hollerb. f. *montana*
G. punctata Näg. emend. Hollerb.
G. tenax (Kirchn) Hollerb.
G. turgida (Kütz.) Hollerb. (=*Chroococcus turgidus* (Kütz.) Näg.)
G. turgida f. *mipitanensis* (Wolosz.) Hollerb.
G. turgida f. *quaternaria* (Zaiessky) Hollerb.
G. vacuolata (Skuja) Hollerb.
G. varia (A. Br.) Hollerb.
Gloeothete coerulea Geifl.
G. confluens Näg.
G. pisum (Ag.) Thur.
Coelosphaerium dubium Grunow
C. kuetzingianum Näg.

Семейство Gomposphaeriaceae

Gomposphaeria aponina Kütz.
G. lacustris Chod. (=*Snowella lacustris* (Chod.) Kom. et Hind.)

Семейство Woronichiniaceae

Woronichinia naegeliana (Ung.) Elenk.

Класс Hormogoniophycea
Порядок Oscillatoriales

Семейство Oscillatoriaceae

Oscillatoria agardhii Gom. (=*Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom.)
O. amphibia Ag. f. *amphibia*
O. bornetii (Zukal) Forti
O. curviceps Ag.

O. geminata (Menegh.) (=*Jaaginema geminatum* (Menegh. et Gom.) Anagn. et Kom.
O. irrigua (Kütz.) Gom.
O. limnetica Lemm.
O. limosa Ag. et Gom.
O. mougeottii (Kütz.) Forti f. *mougeottii*
O. planctonica Wolosz. (=*Limnothrix planctonica* (Wolosz.) Meffert
O. rubescens (D. C.) Gom.
O. sancta (Kütz.) Gom.
O. simplicissima Gom.
O. splendida Grew. (=*Geitlerinema splendidum* (Grew. ex Gom.) Anagn.
O. tenuis Ag. ex Gom. (=*Phormidium konstantinosum* (Ag.) Umezaki et Watanabe)
Phormidium ambiguum Gom. f. *ambiguum*
P. frigidum F. E. Fritsch.
P. mucicola Hub.-Pestalozzi et Naum.
P. tenue (Menegh.) Gom.
Lyngbia limnetica Lemm. (=*Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb.)

Порядок Nostocales

Семейство Nostocaceae

Stratonostoc verrucosum Vauch.

Семейство Anabaenaceae

Anabaena constricta (Szaf.) Geitl.
A. contorta Bachm.
A. flos-aquae (Lyngb.) Brйb.
A. hassalii (Kütz.) Wittz. f. *hassalii*
A. kisseleviana Elenk.
A. lemmermanii P. Richt
A. levanderi Lemm.
A. renijormis Lemm. emend. Aptek
A. scheremetievi Elenk. (=*A. planctonica* Brunnth.)
A. scheremetievi f. *ovalispora* Elenk.
A. spiroides f. *degenerans* (Woronich.) Elenk.
A. spiroides Kleb.
A. spiroides Kleb. var. *crassa* Lemm. (=*A. crassa* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb.; A. *spiroides* f. *woronichiniana* Elenk.)
A. spiroides f. *meyeriana* (Meyer.) Elenk.

Семейство Aphanizomenonaceae

Aphanizomenon flos-aquae L. Ralfs.

Семейство Scytonemataceae

Tolypotrix distorta (Fl. Dan.) Kütz. f. *distorta*
T. tenuis Kütz. f. *tenuis*

Семейство Rivulariaceae

Rivularia haematites (D.C.) Ag.
Gloeotrichia echinulata (J. S. Smith.) P. Richt.
G. natans (Gedw.) Rabenh.
G. pisum (Ag.) Thur.

Порядок Stigonematales

Семейство Stigonemataceae

Stigonema mamilosum (Lyngb.) Ag.
S. minutum (Ag.) Hass. em. Elenk. f. *minutum*

Семейство Capsosiriceae

Capsosira brebissonii Kütz.

Отдел Cryptophyta
Класс Cryptophyceae
Порядок Cryptomonadales

Семейство Cryptomonadaceae

Rhodomonas lacustris Pascher et Ruttner
R. minuta Skuja
Chroomonas acuta Uterm.
Cryptomonas erosa Ehr.
C. marssonii Skuja
C. obovata Skuja
C. ovata Ehr.
C. reflexa (Marsson) Skuja
C. rostrata Troitzs. emend. I. Kisel.
C. woloszynskae Czosnowski

Отдел Dinophyta
Класс Dinophyceae
Порядок Gymnodiniales

Семейство Gymnodiniaceae

Gymnodinium simplex (Lohmann) Kofoid et Swezy

Порядок Peridiniales

Семейство Peridiniaceae

Glenodinium edax Schilling.
G. quadridens (Stein.) Bourr.
G. lemmermanii Zach.
G. oculatum Stein.
Peridinium aciculiferum Lemm.
P. africanum Lemm.
P. anctum (O. F. Müll.) Ehr. f. cinctum
P. cinctum (Müll.) Ehrb.
P. inconspicuum Lemm.
P. bipes Stein
P. goslaviense Wolosz.
P. lomnickii Wolosz.
P. cf. *pusillum* (Penard.) Lemm.
P. willei Huitf.-Kaas

Семейство Ceratiaceae

Ceratium hirundinella (O. F. Müll.) Schrank

Отдел Chrysophyta
Класс Chrysophyceae
Порядок Chromulinales

Семейство Chromulinaceae

Chrysococcus cordiformis Naum.
C. punctiformis Pasch.
C. rufescens Klebs
Kephyrion boreale Skuja
K. cupuliforme Conrad.
K. densatum (Schmidle) Bourelly (= *Stenokalyx densata* Schmidle)
K. inconstans (Schmidle) Bourrelly (=*Stenokalyx inconstant* Schmidle)
K. moniliferum (Schmidle) Bourelly (=*Stenokalyx monilifera*)
K. ovum Pascher
K. parvulum (Schmidle) Bourelly (= *Stenokalyx parvula* Schmidle)
K. spirale Conrad.
Stenokalyx cylindrica Schmid.

Семейство Bicosoecaceae

Bicosoeca planctonica Kisselev

Порядок Ochromonadales

Семейство Ochromonadaceae

Uroglena volvox Ehr.
Uroglenopsis americana Lemm.

Семейство Dinobryonaceae

Dinobryon acuminatum Ruttn.

D. bavaricum Imhof var. *bavaricum*
D. bavaricum Imhof var. *medium* (Lemm.) Krieger
D. borgei Lemm.
D. cylindricum Imhof
D. cylindricum var. *palustre* Lemm.
D. divergens var. *angulatum* (Seligo) Brun.
D. divergens Imhof
D. pediforme (Lemm.) Steinecke
D. sertularia Ehr.
D. sertularia var. *protuberans* (Lemm.) Krieg.
D. sociale Ehr.
D. sociale var. s*tipitatum* (Stein) Lemm.
D. spirale Iwan.
D. stipitatum var. *bavaricum* (Imch.) Zacharias
D. suecicum Lemm.
D. suecicum var. *longispinum* Lemm.
Hyalobryon ramosum Laut
Pseudokephyrion entzii Corn.
P. latum (Schill.) Schmid.

Семейство Sinuraceae

Mallomonas acaroides Perty emend Fott
M. akrokomos Ruttner.
M. allorgei (Defl.) Conr.
M. caudata Iwan. Sensu Krieger
M. coronata Boloch.
M. crassisquama (Asmund.) Fott.
M. bolochonzewi Woronich.
M. denticulata Matv.
M. fressenii Kent.
M. monograptus Harris et Bradley
M. multiunca Asmund.
M. producta Ivan.
M. pumilio Harris et Bradley
M. tonsurata Teil.
Synura adamsii G. M. Smith.
S. spagnicola Korschik.
S. uwella Ehr. em. Korschik.
Chrysosphaerella brevispina Korschik.
C. coronacircumspina Wujek et Kristiansen var. *coronacircumspina*
C. longispina Laut.
Paraphysomonas vestita (Stokes) de Saedeleer.
Spiniferomonas trioralis Takahashi

Порядок Pedinelallales

Семейство Pedinellaceae

Pseudopedinella elastica Skuja

Порядок Stylococcales

Семейство Stylococcaceae

Chrysopyxis Iwanoff. Laut.

Отдел Bacillariophyta
Класс Centrophyceae
Порядок Thalassiosirales

Семейство Stephanodiscaceae

Stephanodiscus minutulus (Kütz.) Cl. et Möll.
S. binderanus (Kütz.) Krig.
S. hantzschii Grun.
S. neoastraea Håkansson et Hickel emend. Casper, Scheffler et Augsten
Cyclostephanos dubius (Frice) Round
Cyclotella antiqua W. Sm.
C. krammeri Håkasson
C. meneghiniana Kütz. (=*C. kuetzingiana*)
C. ocellata Pant. (=*C. kuetzingiana* var. *planetophora* Frike)
C. operculata (Ag.) Kütz.
C. planktonica Brunnth.
C. rossii Håkansson.
C. quadrijuncta (Shröt.) von Keissler
C. schumannii (Grun.) Håkasson (=*C. kuetzingiana* var. *schumannii* Grun.)
C. tripartita Håkansson
C. vorticosa A. Berg.
Discostella pseudostelligera (Hustedt) Houk et Klee
D. stelligera (Cleve et Grunow) Houk et Klee
Puncticulata bodanica (Grunow) Håkansson
P. comta (Ehrenberg) Håkansson.
P. glabriuscula (Grunow) Håkansson)
P. radiosa (Lemmermann) Håkansson

Порядок Melosirales

Семейство Melosiraceae

Melosira moniliformis (O. Müll.) Ag.
A. varians Ag.
M. undulata (Ehr.) Kütz.

Порядок Aulacoseirales

Семейство Aulacoseiraceae

Aulacoseira alpigena Grun. Kram. (=*A. distans var. alpigena* Grun. Sim.)
A. ambigua (Grun.) Sim.
A. distans (Ehr.) Sim.
A. lirata (Ehr.)
A. subarctica (O. Müll.) Haworth emend Genkal
A. tenella (Nyg.) Sim.
A. islandica (O. Müll.) Sim. (=incl. f. *curvata* f. *islandica* (O. Müll.) Sim.; *Melosira islandica* ssp. *helvetica* O. Müll.
A. italica Kütz. Sim. var. *italica*
A. valida (Grun.) Kram. (=*A. italica* var. *valida* Grun. Sim.)
A. granulata (Ehr.) Sim.
Ellerbeckia arenaria (Moore ex Ralfs) (Crawford)

Порядок Biddulphiales

Семейство Hemiaulaceae

Acanthoceras zachariasii (Brun) Sim. (= *Atthea zachariasii* Brun)?

Порядок Rhizosoleniales

Семейство Rhizosoleniaceae

Rhizosolenia eriensis H. L. Sm. var. *eriensis*
R. eriensis var. *morsa* W. et G. S. West
R. longiseta Zach.
R. stagnalis Zach.

Класс Pennatophyceae
Порядок Araphales

Семейство Fragilariaceae

Fragilaria bicapitata A. Meyer. var. *bicapitata*
F. bidens Heib.
F. bicapitata A. Mayer.
F. capucina Desm. var. *capucina* (incl. var. *lanceolata* Grun.)
F. capucina var. *mesolepta* (Rabenh.) Rabenh.
F. constricta Ehr. f. *constricta*
F. construens (Ehr.) Grun. var. *construens*
F. construens f. *binodis* (Ehr.) Hust. (=*F. construens* var. *binodis* (Ehr.) Grun. var. *triandulata* Reich.)
F. construens f. *venter* (Ehr.) Hust. (=*F. construens* var. *venter* (Ehr.) Grun.)

F. crotonensis Kitt.
F. capucina var. *vaucheriae* (Kütz.) Lange-Bertalot (=*F. intermedia* Grun. var. *intermedia*)
F. inflata (Heid.) Hust. *var. inflate* (= *F. heidenii* Østr.)
F. lapponica Grun.
E. leptostauron (Ehr.) Hust. var. *leptostauron*
F. pinnata Ehr. (incl.var. *elliptica* (Schum.) Carlson et var. *lancettula* (Schum.) Hust.)
F. virescens Rolfs. var. *virescens* (incl. var. *elliptica* Hust.)
F. virescens var. *oblongella* Grun. (incl. f. *clavata* Grun.)
Ophephora martyi Herib. var. *martyi*
Synedra amphicephala Kütz. var. *amphicephala*
S. acus Kütz. ssp. *acus*
S. acus ssp. *radians* (Kütz.) Skabitsch. (incl. var. *angustissima* Grun.)
S. berolinensis Lemm.
S. capitata Ehr.
S. parasitica (S. Sm.) Hust. var. *parasitica*
S. rumpens Kütz. var. *rumpens*
S. rumpens var. *fragilarioides* Grun.
S. vaucheriae Kütz. var. *vaucheriae* (incl. var. *parvula* Grun.)
S. ulna (Nitzsch.) Ehr. var. *ulna*
S. ulna var. *aequalis* (Kütz.) Hust.
S. ulna var. *amphirhynchus* (Ehr.) Grun.
S. ulna var. *biceps* (Kütz.) Schцnf.
S. ulna var. *danica* (Kütz.) Grun.
S. ulna var. *impressa* Hust.
S. ulna var. *spatulifera* Grun.
Asterionella formosa Hass. (=*A. gracillima* (Hantz.) Heib.; A. *formosa* var. *gracillima* (Hantz.) Grun.)
Ceratoneis arcus (Ehr.) Kütz. var. *arcus*

Семейство Diatomaceae

Diatoma anceps (Ehr.) Kirchn.
D. ehrenberghii (Kütz.) (=*D. vulgare* var. *ehrenberghii* (Kütz.) Grun.
D. tenuis Ag. (=*D. elongatum* (Lyngb.) Ag.)
D. vulgare Bory var. *vulgare* (incl. var. *brevis* Grun., var. *lineare* Grun., var. *ovale* (Fricke) Hust., var. *productum* Grun.)
Meridion circulare (Grev.) Ag.
M. circulare var. *constrictum* (Rolfs.) V. H.

Семейство Tabellariaceae

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. (incl. var. *intermedia* Grun.)
T. fenestrata var. *geniculata* A. Cl.
T. flocculosa (Roth.) Kütz. (incl. var. *ventricosa* Grun.)
Tetracyclus glans (Ehr.) Mill. (=*T. lacustris* Ralfs.; =*T. lacustris* var. *elongatus* Hust.; =*T. lacustris* var. *strumosus* (Ehr.) Hust.)
T. emarginatus (Ehr.) W. Sm.
T. rupestris (A. Br.) Grun.

Порядок Raphales

Семейство Naviculaceae

Navicula americana Ehr.
N. amphibola Cl.
N. amphibola var. *orientalis* (L. Kiss) Zabelina
N. amygdalina Hust.
N. ajajensis Skabitsch.
N. anglica Ralfs.
N. bacillum Ehr. var. *bacillum* (incl. var. *minor* (Grun.) Cl.)
N. bacilliformis Grun.
N. cocconeiformis Greg. ex Grev.
N. costulata Grun. var *costrulata*
N. cryptocephala Kütz. var. *cryptocephala* (=*N. exilis* Kütz.; *N. cryptocephala* var. *exilis* (Kütz.) Grun.)
N. cryptocephala var. *lata* Poretzky et Anissim.
N. cryptotenella Lange-Bertalot (=*N. radiosa* var. *tenella* (Breb.) ex. Kütz.) V.H.)
N. cuspidata (Kütz.) Kütz. (incl. f. *subrostrata* Dipp.)
N. cuspidata f. *primigena* Dipp.
N. exiqua (Greg.) Grun.
N. fennoscandica A. Cl.
N. dicephala (Ehr.) W. Sm.
N. gastrum (Ehr.) (Kütz.)
N. gastrum var. *exiqua* Greg.
N. gracilis Ehr.
N. halophila (Grun.) Cl. f. *subcapitata* Østr.
N. hasta Pant.
N. hungarica Grun.
N. hungarica var. *capitata* (Ehr.) Cl.
N. hungarica var. *linearis* Østr.
N. hungarica lueneburgensis Grun.
N. hustedtii Krasske var. *hustedtii*
N. integra (W. Sm.) Ralfs.
N. jentzschii Grun.
N. lacustris Greg. var. *lacustris*
N. laucustris var. *paralella* Wisl. et Kolbe
N. lanceolata (Ag.) Kütz.
N. lanceolata var. *tenella* A. S.
N. lanceolata var. *tenuirostris* Skv.
N. longirostris Hust.
N. menisculus Schum. var. *menisculus*
N. mutica (Kütz.) var. *mutica*
N. obtusangula Hust.
N. placentula (Ehr.) Kütz. f. *placentula* (incl. var. *rostrata* A. Mayer)
N. placentula f. *lanceolata* Grun. Hust.
N. platystoma Ehr. (incl. var. *pantoczekii* Wisl. et Kolbe)
N. pseudogracilis Skv. var. *pseudogracilis*
N. pseudoscutiformis Hust.
N. pupula Kütz. var. *pupula* (incl. var. *capitata* Hust.)
N. pupula var. *rostrata* Hust.
N. radiosa Kütz.
N. rhynchocephala Kütz.
N. rotaeana (Rabench.) Grun.
N. salinarum f. *capitata* Schulz
N. scutiformis Grun.
N. subocculta Hust. var. *subocculta*
N. tuscula Ehr. f. *tuscula* (incl.f. *minor* Hust.)
N. tuscula f. *rostrata* Hust.
N. viridula var. *rostellata* Kütz. Cl.
N. vulpina Kütz.
Anomoeoneis exilis (Kütz.) Cl. B
Stauroneis anceps Ehr. var. *anceps* (=*S. anceps* var. *linearis* (Ehr.) Cl.
S. anceps var. *hyalina* M. Peg. et Brun.
S. anceps var. *siberica* Grun.
S. dilatata (Ehr.)
S. parvula Grun. var. *parvula*
S. parvula var. *prominula* Grun.
S. phoenicenteron (Nitzsch.) Ehr.
S. phoenicenteron var. *nobilis* (Schum.) Zabelina
S. smithii Grun. (incl. var. *incisa* Pant.)

S. smithii carelica Wils. et Kolbe
Gyrosigma acuminatum (Kütz.) Rabenh. var. *acuminatum*
G. attenuatum (Kütz.) Rabenh.
G. spenceri var. *spenceri* (Quek.) Griff. et Henfr. (=*G. kuetzingii* (Grun.) Cl.)
Pinnularia appendiculata (Ag.) Cl.
P. braunii (Grun.) Cl.
P. braunii var. *amphicephala* (A. Mayer) Hust.
P. brevicostata Cl. var. *brevicostata*
P. *divergens* W. Sm.
P. interrupta W. Sm.
P. interrupta var. *crassior* Grun.
P. interrupta f. *minor* Boye P.
P. interrupta var. *minutissima* Hust.
P. isostauron Grun.
P. hemiptera (Kütz.) Cl.
P. gibba Ehr.
P. gibba var. *linearis* Hust.
P. gibba var. *mesogongylla* (Ehr.) Hust.
P. gibba var. *mesogongylla* f. *interrupta* Cl.
P. gibba f. *subundulata* A. Mayer.
P. karelica Cl. var. *karelica*
P. major (Kütz.) Rabenh. (=*N. major* Kütz.; *P. major* var. *lacustris* Meist.)
P. mesolepta (Ehr.) W. Sm.
P. microstauron (Ehr.) Cl. var. *microstauron*
P. microstauron f. *biundilata* O. Müll.
P. microstauron var. *brebissonii* (Kütz.) Mayer
P. molaris (Grun.) Cl.
P. nodosa Ehr. W. Smith.
P. polyonca (Bréb.) O. Müll.
P. subsolaris (Grun.) Cl.
P. undulata Greg. var. *undulata*
P. viridis (Nitzsch.) Ehr. var. *viridis*
P. viridis var. *elliptica* Meist.
P. viridis var. *fallax* Gl.
P. viridis var. *intermedia* Cl.
P. viridis var. *leptogongyla* (Ehr.) Grun.
P. viridis var. *semieruciata* Grun.
P. viridis var. *sudetica* (Hilse) Hust.
Pleurosygma angulatum (Queck.) W. Sm.
P. attennuatum (Kütz.) W. Sm.
Caloneis bacillum (Grun.) Cl. (=*C. fasciata* (Lagerst.) Cl.; *Pinnularia fasciata* (Lagerst.) Hust.)
C. opulenta (Hust.) A. Cl.
C. silicula (Ehr.) Cl. var. *silicula*
C. silicula var. *longissima* Schirschow
C. silicula var. *major* Skv.
C. silicula var. *truncatula* (Grun.) Cl.
C. silicula var. *ventricosa* (Ehr.) Dong.
Diploneis domblitensis (Grun.) Cl.
D. boldtiana Cl. var. *boldtiana*
D. domblitensis var. *subconstricta* A. Cl.
D. elliptica (Kütz.) Cl. var. *elliptica*
D. elliptica var. *ladogensis* Cl.
D. finnica (Ehr.) Cl. (=*D. finnica* var. *cleveii* (Font.) Hust.)
D. oblongella (Nag.) Cl.-Eul. (=*D. ovalis* var. *oblongella* (Näg.) D.
D. ovalis (Hilse.) Cl.
D. parma Cl.
D. smithii (Bréb.) Cl. var. *smithii*
D. smithii var. *pumila* (Grun.) Hust.
D. smithii var. *rhombica* Mereschk.
Neidium hitchcockii (Ehr.) Cl. (=*Navicula hitchcockii* Ehr.)
N. iridis (Ehr.) Cl. var. *iridis*
N. ladogensis (Cl.) Foged) (=*C. ladogensis* (Cl.) Cl.)
Amphipleura pellucida (Kütz.) Kütz.
Frustulia rhomboides var. *amphipleroides* (Grun.) D. T.
F. rhomboides var. *amphipleuroides* Grun.
F. rhomboides (Ehr.) D. T. var. *rhomboides*
F. rhomboids var. *crassinervia* (Bréb.) Ross
F. rhomboides var. *saxonica* (Rabenh.) D. T.

Семейство Achnanthaceae

Cocconeis disculus (Schum.) Cl. et Jentzsch var. *disculus*
C. neodiminuta (Pant.) Krammer (=*C. disculus* var. *diminuta* (Pant.) Scheshuk.
C. pediculus Ehr.
C. placentula Ehr. var. *placentula*
C. placentula var. *euglypta* (Ehr.) Grun.
C. placentula var. *rouxii* (Brun. et Herib.) Cl.
C. thumensis A. Mayer.
Achnanthes biosolettiana Grun.
A. borealis A. Cl.
A. calcar (Cl.) Cl.
A. clevei Grun.
A. clevei var. *rostrata* Hust.
A. dispar Cl.
A. dispar var. *capitata* Jasnitsky
A. exiqua Grun.
A. gibberula var. *gibberula* Grun.
A. gracillima Hust.
A. hauskiana Grun.
A. hauskiana var. *rostrata* Shuiz.
A. laevis var. *quadratarea* (Østr.) Lange-Bertalot (=*Eucocconeis lapponica* Hust.)
A. lanceolata (Breb.) Grun. var. *lanceolata* (incl. f. *ventricosa* Hust.)
A. lanceolata ssp. *lanceolata* var. *elliptica* Cl. (=*A. lanceolata* var. *elliptica* Schulz.)
A. lanceolata var. *rostrata* (Østr.) Hust.
A. laterostrata Hust.
A. linearis (W. Sm.) Grun. var. *linearis*
A. linearis var. *pusilla* Grun.
A. minutissima var. *affinis* (Grun.) Lange-Bertalot (=*Achnanthes affinis* Grun.)
A. minutissima Kütz. var. *minutissima* (incl. var. *cryptocephala* Grun.)
A. minutissima var. *gracillima* (Meist.) Lange-Bertalot (=*A. microcephala* Kütz.) Grun.
A. nodosa A. Cleve.
A. oestrupii (A. Cl.) Hust.
A. peragalli Brun. et Herib.
A. striata var. *rostrata* Skabitsch.
Eucocconeis flexella Kütz. var. *flexella*
E. flexella var. *alpestris* Brun.
E. elliptica Savel.-Dolg.
E. minuta (Cl.) Cl.
E. onegensis Wisl. et Kolbe.

Семейство Eunotiaceae

Eunotia arcus Ehr.
E. arcus var. *fallax* Hust.
E. areas Ehr. var. *areas*
E. bigibba Kütz.

E. clevei Grun.
E. exiqua (Bréb. ex Kütz.) Rabenh.
E. exiqua var. *compacta* Hust.
E. faba (Ehr.)
E. fallax A. Cl. var. *fallax*
E. formica Ehr.
E. lapponica Grun.
E. lunaris (Ehr.) Grun.
E. lunaris var. *subarcuata* (Näg.) Grun.
E. parallela Ehr. var. *parallela*
E. pectinalis (Dillw.) Rabenh. var. *pectinalis* (=*E. pectinalis* var. *minor* (Kütz.) Rabenh.)
E. pectinalis var. *undulata* Ralfs. (=*E. pectinalis* var. *ventralis* (Ehr.) Hust.)
E. praerupta Ehr. var. *praerupta* (incl. var. *bidens* (W. Sm.) Grun., var. *laticeps* Grun., var. *muscicola* Boye-Pet.)
E. praerupta var. *inflata* Grun.
E. septentrionalis Østr.
E. serra Ehr. var. *serra* (=*E. robusta* Rolfs. var. *robusta*)
E. serra var. *diadema* (Ehr.) Patrick. (=*E. robusta* var. *diadema* (Ehr.) Ralfs.)
E. serra var. *tetraodon* (Ehr.) Nörpel (=*E. robusta* var. *tetraodon* (Ehr.) Ralfs.)
E. sudetica O. Müll.
E. sudetica var. *bidens* Hust.
E. tenella (Grun.) Hust.
E. valida Hust.
E. veneris (Kütz.) O. Müll. var. *veneris*
E. veneris var. *elliptica* Hust.

Семейство Rhoicospheniaceae

Rhoicosphenia abbreviate (Ag.) Lange-Bertalot (=*Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun. ex Rabenh.)

Семейство Cymbellaceae

Cymbella affinis Kütz.
C. aequalis W. Sm. (=*C. obtuse* Greg.)
C. aspera (Ehr.) H. Perag.
C. amphicephala Näg.
C. *cesatii* (Rabench.) Grun.
C. cistula (Ehr.) Kirchn. (incl. var. *maculate* (Kütz.) V.H.)
C. cuspidata (Kütz.)
C. cymbiformis Ag. (=*C. cistula* var. *gibbosa* Brun)
C. gracilis (Ehr.) Kütz. (=*C. gracilis* (Rabench.) Cl.
C. hebridica (Grun.) Cl.
C. heteropleura (Ehr.) Kütz.
C. helvetica Kütz. var. *helvetica*
C. helvetica var. *minor* Cl.
C. helvetica var. *punctata* Hust.
C. hustedtii Krasske
C. hybrida Grun.
C. lanceolata (Ehr.) Kirchn. var. *lanceolata* (incl. var. *notata* Wisl. et Poretzky)
C. lata Grun. var. *lata*
C. lata var. *minor* Molder
C. naviculiformis Auersw. Cl.
C. norvegica Grun. var. *norvegica*
C. parva (W. Sm.) Cl.
C. prostrata (Berk.) Cl.
C. pusilla Grun.
C. sinuata Greg. f. *sinuata*
C. stuxbergii (Cl.) Cl.
C. tumida (Breb.) V. H.
C. tumidula Grun. var. *tumidula*
C. turgida (Greg.) Cl.
C. ventricosa Kütz. var. *ventricosa*
C. ventricosa var. *ovata* Grun.
Amphora coffeaformis (Ag.) Kütz. var. *coffeaformis*
A. costulata Skv.
A. ovalis (Kütz.) Kütz. (incl. var. *gracilis* (Ehr.) Cl.)
A. ovalis var. *libyca* Ehr.
A. ovalis var. *pediculus* Kütz. Van. Heurck
A. pediculus (Kütz.) Grun. (=*A. ovalis* var. *pediculus* (Kütz.) V.H.)
A. pediculus var. *minor* Grun.
A. perpusilla Grun.
A. serrata Skablitsch.
A. sibirica Skv.
Amphiprora ornata Bailey

Семейство Gomphonemataceae

Gomphonema acuminatum Ehr. (incl. var. *brebissonii* (Kütz.) Grun., var. *coronatum* (Ehr.) W. Sm.
G. angustatum (Kütz.) Rabenh. var. *angustatum* (incl. var.*productum* Grun., var. *sarcophagum* (Greg.) V.H.)
G. augur Ehr.
G. constrictum Ehr. var. *constrictum*
G. constrictum var. *capitatum* (Ehr.) Cl.
G. gracile Ehr. var. *gracile*
G. gracile var. *lanceolatum* Kütz.
G. gracile var. *naviculaceum* W. Sm.
G. intricatum var. *intricatum* Kütz.
G. intricatum var. *dichotomum* (Kütz.) Grun.
G. intricatum var. *pumilum* Grun.
G. lanceolatum Ehr. var. *lanceolatum*
G. longiseps Ehr. var. *longiseps*
G. longiseps var. *montanum* (Schum.) Cl.
G. longiseps var. *montanum* f. *suecicum* Grun.
G. longiseps var. *subscavatum* Grun.
G. longiseps var. *subscavatum* f. *gracile* Hust.
G. olivaceum (Horn.) Breb. var. *olivaceum*
G. olivaceum var. *calcareum* (Cl.) Cl.
G. parvulum (Kütz.) Kütz. (incl. var. *microporus* (Kütz.) Cl.)
G. quadripunctatum (Østr.) Wisl.
G. subtille var. *sagitum* (Schum.) Cl.
G. ventricosum Greg.
Didymosphaenia geminata (Lyngb.) M. Shm.

Семейство Epithemiaceae

Epithemia argus (Ehr.) Kütz. var. *argus*
E. hyndmannii W. Sm.
E. sorex Kütz.
E. sorex var. *gracilis* Hust.
E. turgida (Ehr.) Kütz.
E. turgida var. *granulata* (Ehr.) Grun.
E. zebra (Ehr.) Kütz. var. *zebra*
E. zebra var. *porcellus* (Kütz.) Grun
E. zebra var. *saxonica* (Kütz.) Grun
Denticula tenuis Kütz. (incl. var. *crassula* (Näg.) Hust.

Семейство Rhopalodiaceae

Rhopalodia gibba (Ehr.) O. Müll. var. *gibba*
R. gibba var. *parallela* (Grun.) H. et M. Perag.
(=*R. parallela* (Grun.) O. Müll.
R. gibberula (Ehr.) O. Müll.
R. musculus (Kütz.) O. Müll.

Семейство Nitzschiaceae

Nitzschia acicularis (Kütz.) W. Sm.

N. acuta Hantz.
N. amphibia Grun.
N. angustata (W. Sm.) Grun. var. *angustata*
N. dissipata (Kütz .) Grun.
N. gracilis Hantz. (incl. *var. capitata* Wisl. et Poretzky)
N. hungarica Grun.
N. linearis (Ag.) W. Sm. var. *linearis*
N. obtusa W. Sm.
N. palea (Kütz.) W. Sm. var. *palea* (incl. var. *teniurostris* Grun. sensu Lange-Bertalot non Grun.)
N. parvula Lewis
N. plana (W. Sm.) Pelletan
N. recta Hantzsch.
N. sigmoidea (Ehr.) W. Sm.
N. thermalis Kütz. var. *thermalis*
N. tibetana Hust.
N. tryblionella Hantzsch.
N. tryblionella var. *levidensis* (W. Sm.) Grun.
N. tryblionella var. *victoriae* Grun.
N. tubicola Grun.
Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grun. (incl. var. *compacta* Hust.)
H. *amphioxys* var. *major* Grun. in Van Heurck
Bacillaria paradoxa Gmel.

Семейство Surirellaceae

Surirella angusta Kütz.
S. biceriata Bréb. var. *biseriata* (=*S. biceriata* var. *constricta* Grun.; *S. biceriata* f. *punctata* (Meist.) Hust.)
S. bifrons (Ehr.) (=*S. biceriata* var. *bifrons* (Ehr.) Hust.; *S. biceriata* var. *bifrons* f. *punctata* Meist.)
S. capronii Bréb. var. *capronii*
S. dydima Kütz. var. *dydima*
S. distinguenda A. Cl.
S. elegans Ehr.
S. elegans Ehr. var. *norvegica* (Eulenst.) Brun.
S. helvetica (Brun.) Meist.
S. linearis W. Sm. var. *linearis*
S. linearis var. *constricta* Grun.
S. ovalis Bréb.
S. ovata Kütz. var. *ovata*
S. ovata var. *crumena* (Bréb.) V.H.
S. ovata var. *pinnata* (W. Sm.) Hust.
S. ovata var. *pseudopinnata* A. Mayer.
S. robusta Ehr. var. *robusta*
S. robusta var. *splendida* Ehr.
S. tenera Greg.
S. tenera var. *nervosa* A. Schmidt
S. turgida W. Sm.
S. turgida var. *marginata* Pant.
S. turgida var. *skvortzowii* (Meyer.) I. Riss.
Cymatopleura brunii Petit. et Brun
C. elliptica Bréb. W. Sm. var. *elliptica*
C. elliptica var. *discoidea* Wisl. Et Kolbe
C. elliptica var. *hibernica* (W. Sm.) V.H. (=C. *elliptica* var. *nobilis* (Hantzsch.) Hust.
C. solea (Bréb.) W. Sm. var. *solea*
C. solea var. *apiculata* (W. Sm.) Ralfs (=*C. solea* var. *vulgaris* Meist.)
Campylodiscus hibernicus (Ehr.) (=C. *noricus* var. *hibernicus* (Ehr.) Grun.
C. noricus Ehr. (incl. var. *costatum* (W. Sm.) Grun.)

Отдел Xanthophyta
Класс Xanthocapsophyceae
Порядок Heterococcales

Семейство Sciadaceae

Centritractus belonoporus Lemm.
Pseudotetraedron neglectum Pascher
Ophiocytium capitatum Wolle.

Семейство Pleurochloridaceae

Istmochloron lobulatum (Näg.) Skuja

Класс Xanthotrichophyceae
Порядок Tribonematales

Семейство Tribonemataceae

Tribonema affine West.
T. aequale Pasch.
T. ambiquum Skuja
T. angustissimum Pasch.
T. vulgare Pasch.

Класс Xanthosiphonophyceae
Порядок Vaucheriales

Семейство Vauchetiaceae

Vaucheria sp.

Отдел Euglenophyta
Класс Euglenophyceae
Порядок Euglenales

Семейство Euglenaceae

Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend Delf.
T. volvocina Ehr.
T. volvocina var. *subglobosa* Lemm.sens. Swir.
Euglena acus Ehr.
E. hemichromata Skuja
E. gracilis Klebs.
E. longissima Delf.
E. oblonga Schmitz.
E. obtusa Schmitz.
E. ornata (Swir.) Skv.
E. proxima Dang.
E. viridis Ehr.
Phacus caudatus Hubner
P. curvicauda Swir.
P. limnorensis Playf.
P. longicaudata (Ehr.) Duj. var. *longicaudata*

Отдел Chlorophyta
Класс Volvocophyceae
Порядок Chlamydomonadales

Семейство Chlamydomonadaceae

Chlamydomonas monadina Stein.

Семейство Phacotaceae

Pteromonas torta Korschik.

Порядок Volvocales

Семейство Volvocaceae

Eudorina elegans Ehr.
Pandorina morum (Müll.) Bory
Volvox globator Linné.

Класс Protococophyceae
Порядок Chlorococcales

Семейство Characiaceae

Korschikoviella (=*Lambertia ocellata* Korchik.)
Schroederia setigera (Schroed.) Lemm.

Семейство Hydrodictiaceae

Pediastrum angulosum (Ehr.) Menegh. var. *angulosum*
P. boryanum (Turp.) Menegh.
P. duplex Meyen.

P. duplex var. *cornutum* Racib.
P. tetras (Ehr.) Ralfs.
Tetraedron minimum (A. Braun.) Hansg.
T. triangulare Korschik.

Семейство Micractiniaceae

Golenkiniopsis solitaria Korshik.

Семейство Radiococcaceae

Coenococcus planctonicus Korschik.
C. subcylindrica Korschik.
Coenochloris ovalis Korschik.
C. pyrenoidosa Korschik.
Coenocystis planctonica Korschik.
C. obtusa Korschik.

Семейство Palmellaceae

Palmellocystis planctonica Korschik.
Planctococcus sphaerocystiformis Korschik.
Sphaerocystis schroeteri Chod. et Korschik.
S. planctonica (Korschik.) Bourr.
S. polycocca Korschik.
Sphaerocystiformis schroeteri Chod.

Семейство Dictyosphaeriaceae

Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.
D. pulchellum Wood.

Семейство Botryococcaceae

Botryococcus braunii Kütz.

Семейство Oocystaceae

Chlorella vulgare Beijer
Lagercheimia ocellata Korschik.
Oocystis elliptica W. Sm.
O. lacustris Chod.
O. novae-semlie Wille
O. solitaria Wittr.
O. submarina Lagerh.
O. ovale Korschik.

Семейство Selenastraceae

Monoraphidium contortum (Thur.) Komarkova-Legenerova) (=*Ankistrodesmus angustus* (Bern.) Korshik.
Monoraphidium griffithii (Berk.) Komarkova-Legenerova) (=*Ankistrodesmus acicularis* (A. Br.) Korschik.
Monoraphidium irregulare (G. S. Sm.) Kom.-Legn.) (incl. *A. pseudomirabilis* Korschik. var. *pseudomirabilis*; *A. pseudomirabilis* var. *spiralis* Korschik.)
Monoraphidium mirabile (W. & G. S. West) Pankov) (=*Ankistrodesmus mirabilis* (W. et G. S. West) Lemm.)

Семейство Coelastraceae

Coelastrum cambricum Arch.
C. costatum Korschik.
C. microporum Näg.
C. sphaericum Näg

Семейство Scenedesmaceae

Crucigenia irregularis Wille.
C. quadrata Morren.
C. rectangularis (Näg.) Komarek
C. tetrapedia (Kirchn.) W. et G. West
Tetrastrum glabrum (Roll.) Ahlstr. et Tiff.
Actinastrum hantzschii Lagerh.
A. hantzschii var. *gracile* Roll.
Scenedesmus acuminatus (Lagerh.) Chod.
S. arcuatus Lemm.
S. bijugatus (Turp.) Kütz. var. *bijugatus* (=*S. ecornis* (Ralfs.) Chod. f. *ecornis*)
S. denticulatus Lagerh.
S. obliquus (Turp.) Kütz.
S. quadricauda (Turp.) Bréb.
S. quadricauda var. *armatus* (Chod.) Deduss.
S. quadricauda var. *cetosus* Kirchn.

Семейство Ankistrodesmaceae

Ankistrodesmus arcuatus Korschik.
A. braunii Näg Brunnth.
A. densus Korschik.
A. falcatus (Corda) Ralfs.
A. fusiformis Corda
A. longissimus (Lemm.) Wille (=*R. longissima* Schroeder)
Hyaloraphidium contortum Pasther et Koschik var. *contortum*
Didymogenes palatina Schmidle
Kirchneriella contorta (Shmidle) Bohl.
Quadrigula closterioides (Bohl.) Printz. (=*Ankistrodesmus closterioides* (Printz.) Korschik. var. *closterioides*)

Семейство Sphaerocysticeae

Planktosphaeria gelatinosa G. M. Smith.

Класс Ulothrichophyceae
Порядок Ulothrichales

Семейство Elakatothrichaceae

Elakatothrix acuta Pasch.
E. genevensis (Reverd.) Hind. (=*E. lacustris* Chod.)
Koliella longiseta (Vischer.) Hind. (=*Raphidonema longiseta* Vischer)
K. spiratoenia (G. S.West) Hindak (=*Raphidonema spiratoenia* (G. S.West) Korschik.)

Семейство Ulothrichaceae

Ulothrix tenuissima Kütz.
U. zonata (Web. et. Mohr.) Kütz. var. *zonata*

Порядок Chaetophorales

Семейство Chaetophoraceae

Stigeoclonium tenue (Ag.) Kütz. var. *tenue*
Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.
D. plumosa (Vauch.) Ag.

Порядок Oedogoniales

Семейство Oedogoniaceae

Oedogonium sp.
Bulbochaete sudetica Chool.
Bulbochaete sp.

Класс Сифонокладовые Siphonocladophyceae
Порядок Cladophorales

Семейство Cladophoraceae

Cladophora glomerata (L.) Kütz.

Класс Conjugatophyceae
Порядок Zygnematales

Семейство Zygnemaceae

Zygnema sp.
Spirogyra crassa (Kütz.) Czurdae
Mougeotia sp.

Порядок Desmidiales

Семейство Closteriaceae

Closterium acerosum (Schrank) Ehr.

C. archerianum Cl.
C. aciculare Tuff. West. var. *aciculare*
C. cynthia De Notaries
C. erenberghii Menegh.
C. gracile Bréb. var. gracile
C. juncidum Ralfs. var. *juncidum*
C. kuetzingii Bréb.
C. lineatum Ehr.
C. nordstedtii (Delp.) Chod.
C. moniliferum (Bory.) Ehr.
C. parvulum Näg.
C. setaceum Ehr. ex Ralfs

Семейство Desmidiaceae

Cosmarium angulosum Bréb. var. *angulosum*
C. brebissonii Menegh.
C. depressum (Näg.) Lund.
C. granatum Bréb.
C. humile (Gay) Nordst.
C. margaritiferum Menegh.
C. ornatum Ralfs. var. *ornatum*
C. phaseolus Bréb. var. *phaseolus*
C. portianum Arch.
C. retusiforme (Wille) Gutw. var. *retusiforme*
C. turpinii Bréb.
C. venustum f. *minor* Wille
C. undulatum Corda var. *undulatum*
Gonatozigon brevissonii De-Bary
Bambusina brebissonii Kütz.
Staurastrum furcigerum f. *armigera* (Bréb.) Nordst.
S. paradoxum Meyen.
Ankyra juday (G. M. Smith.) Fott.
Arthrodesmus incus (Bréb.) Teil. var. *incus* (=*Staurodesmus incus* (Bréb.)
A. incus var. *planum* Tarnogr. (=*S. incus* var. *ralfsii* (West) Teil.)
A. octocornis var. *ralfsii* W. West.
A. sibulatus f. *americana* (Turp.) W. et G. S. West
Staurodesmus brevispina (Bréb.) Croas.
S. convergens (Ehr.) Teil.
S. triangularis (Lagerh.) Teil.
Xantidium antilopaeum (Bréb.) Kütz. var. *antilopaeum*
Euastrum bidentatum Näg.
E. ansatum Ehr. ex Ralfs.
E. dubium Näg. var. *dubium*
E. elegans (Bréb.) Kütz.
Micrasterias radiata Hass.
Spondylosium planum (Wolle) W. et G. S. West
Desmidium schwartzii Ag.
Cosmocladium saxonicum De Bary
Docidium baculum Bréb.

Литература

Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. 81 с.

Балонов И. М. Золотистые водоросли сем. Synuraceae Lemm. водоемов Карелии // Флора и растительность водоемов бассейна верхней Волги. Тр. Ин-та биол. внутр. вод. Вып. 42(45). Рыбинск, 1979. С. 3–26.

Баринова С. С., *Медведева Л. А.*, *Анисимова О. В.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.

Бондаренко Н. А. Список планктонных водорослей Байкала // Атлас и определитель пелагобионтов Байкала с краткими очерками по их экологии. Новосибирск: Наука, 1995. С. 621–630.

Вассер С., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с.

Вислоух С. М., *Кольбе Р. Р.* Материалы по диатомовым Онежского и Лососинского озер // Тр. Онеж. науч. экспед. 1927. Ч. 5. (Ботаника). Вып. 1. 76 с.

Вислянская И. Г. Современное состояние фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1986. С. 98–113.

Вислянская И. Г. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. С. 146–158.

Вислянская И. Г. Фитопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По материалам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1998. С. 57–60.

Вислянская И. Г. Фитопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л.: Наука, 1990. С. 183–192.

Вислянская И. Г., *Калугин А. И.* Фитопланктон Петрозаводской губы // Гидробиология Петрозаводской губы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1980. С. 10–30.

Водоросли. Справочник / Ред. С. П. Вассер. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с.

Генкал С. И., *Трифонова И. С.* Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати», 2009. 72 с.

Гецен М. В. Водоросли // Флора и фауна водоемов Европейского Севера (на примере Большеземельской тундры). Л.: Наука, 1978. С. 11–20.

Гецен М. В. Водоросли бассейна Печоры (состав и распределение). Л.: Наука, 1973. 147 с.

Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 165 с.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Давыдова Н. Н., *Петрова Н. А., Распопов И. М.* История исследований водных растений Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука, 1971. С. 16–18.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 403 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1988. Т. 2, вып. 1. 116 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб.: Наука, 1992. Т. 2, вып. 2. 125 с.

Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР. Спец. ч. Вып. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 1–984.

Кожова О. М. Фитопланктон Малого моря // Тр. Байкал. лимнол. ст. 1959. Т. 17. С. 255– 274.

Коршиков О. А. Визначник прісноводных водоростей Украінской РСФСР. Київ: Наукова Думка, 1953. Т. 5. 437 с.

Кузьмин Г. В. Видовой состав фитопланктона водоемов зоны затопления Колымской ГЭС. Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1985. 41 с.

Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л.: Наука, 1974. 53 с.

Матвиенко О. М., Литвиненко Р. М. Пірофітові водорості – Pyrrophyta // Визн. Прісн. Вод. УРСР. Київ: Наукова Думка, 1977. Т. 3. Ч. 2. 386 с.

Паламарь-Мордвинцева Г. М. Десмидиевые водоросли Украинской ССР. Київ: Наукова Думка, 1982. 619 с.

Петрова Н. А. Фитопланктон Ладожского озера // Растительный мир Ладожского озера. Л.: Наука, 1968. С. 73–130.

Петрова Н. А. Фитопланктон Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука, 1971. С. 88–127.

Петрова Н. А. Фитопланктон литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л.: Наука, 1975. С. 138–144.

Петрова Н. А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л.: Наука, 1990. 200 с.

Петрова Н. А., *Антонов С. А.* Анализ изменений в фитопланктоне Онежского озера за период с 1964 по 1979 гг. // Биологические ресурсы Балтийского моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Петрозаводск, 1981. С. 42–43.

Поповская Г. И. Фитопланктон Селенгинского мелководья, прилежащих участков открытого Байкала и дельтовых протоков реки Селенги: Автореф. дис. …канд. биол. наук. Иркутск, 1963. 27 с.

Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды // Диатомовый сборник. Л.: ЛГУ, 1953. С. 186–205.

Скабичевский А. П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. (Систематика, экология, распространение). М.: МГУ, 1960. 200 с.

Трифонова И. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л.: Наука, 1976. 168 с.

Трифонова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.

Трифонова И. С., Петрова А. Л. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера (на примере Большеземельской тундры). СПб., 1994. С. 80–109.

Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. 3-е изд. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. М.: СЭВ, 1977. С. 42–141.

Флора споровых растений СССР. Коньюгаты или сцеплянки. Десмидиевые водоросли. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1960. Вып. 1. 706 с.

Чекрыжева Т. А. Изменения в структуре летнего фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера в процессе антропогенного эвтрофирования // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 12. Сер. Биогеография. Петрозаводск, 2008а. С. 156–163.

Чекрыжева Т. А. Фитопланктон как компонент биоресурсной базы озера // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008б. С. 24–35.

Чернов В. К. Фитопланктон Шальской губы Онежского озера // Тр. Бородинской станции в Карелии. 1932. Т. 6. Вып. 1. С. 25–26.

Шаров А. Н., Вислянская И. Г. Фитопланктон // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 112–155.

Ярушина М. И., Танаева Г. В., Еремкина Т. В. Флора водорослей водоемов Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 307 с.

Anagnostidis K., Komárek J. Modern approach to the classification systev of cyanophytes. 3. Osscilatoriales // Arch. Hydrobiol. 1988. Suppl. 80. N 1–4 (Algological Studies 50–53). S. 327–472.

Eloranta P. The phytoplankton of some subarctic subalpine lakes in Finnish Lapland // Mem. Soc. Fauna et Flora Fennica. 1986. 62. P. 41–57.

Hindak F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophycea) // Biologia (Dratislava). 1984. Pr. 3. N 1. 308 p.

Johansson C. Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden // Acta Phytogeogr. Suec. 1982. 71. P. 1–80.

Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2 – Chlorococcales // Arch. Hydrobiol. 1986. Suppl. 73. N 2 (Algological Studies 43). S. 157–226.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1. Teil: *Naviculaceae* // Supwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2. Stuttgerdt; N. Y.: Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 s.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 2. Teil: *Bacillariaceae, Epitemiaceae, Surirellaceae*. II // Susswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2. Stuttgerdt; N. Y.: Gustav Fischer Verlag, 1988. 596 s.

Sladecek V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. 7. 1973. P. 1–128.

Starmach K. Chryophyceae und *Haptophyceae* // Supwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 1. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1985. 515 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Чекрыжева Татьяна Александровна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185003
эл. почта: Tchekryzheva@mail.ru
тел.: (8142) 57 65 20

Chekryzheva, Tatyana
Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences,
50 A. Nevsky St., 185003
Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Tchekryzheva@mail.ru
tel.: (8142) 57 65 20

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 70–85

УДК 591.9:598.2(470.1/.2)

ОБНОВЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ФАУНЫ И ФАУНИСТИЧЕСКИХ ГРУПП ПТИЦ ДЛЯ ЗАПАДА ЕВРАЗИЙСКОЙ ТАЙГИ

С. В. Сазонов

Институт леса Карельского научного центра РАН

В развитие предыдущих схем деления орнитофауны Палеарктики [Штегман, 1931, 1938; Бобринский, 1951; Брунов, 1978, 1980; Белик, 2000, 2006; Сазонов, 2003, 2004] предложена новая классификация типов фауны и фаунистических групп птиц, разработанная применительно к западным областям евразийской тайги. Выделено 10 типов фауны: арктический, гипоарктический, таежный, лесной палеарктической фауны, азональный палеарктической фауны, европейских широколиственных лесов, дальневосточных хвойно-широколиственных лесов (маньчжурский), средиземноморский, степно-пустынный, гор юга Палеарктики. В составе типов фауны обособляются около 25 фаунистических групп и подгрупп птиц. Из них новыми в данной классификации являются следующие типологические подразделения: североатлантические, приокеанических бореальных формаций, лесной палеарктической фауны, азональные палеарктической фауны – виды крупных водоемов и обширных открытых пространств (включая космополитные). Птицы приокеанических бореальных формаций включены на правах особой подгруппы в состав таежного комплекса. Подгруппа североатлантических видов причислена к арктической фауне. Приведены полные видовые списки и примерный объем (количество видов) каждого из типов фауны для запада евразийской тайги.

К л ю ч е в ы е с л о в а: тип фауны, фаунистические группы птиц, орнитогеографическое деление Палеарктики.

S. V. Sazonov. REVISED CLASSIFICATION OF THE TYPES OF BIRD FAUNA AND FAUNAL GROUPS IN THE WEST OF EURASIAN TAIGA

In furtherance of the previously developed groupings of the Palaearctic avifauna [Штегман, 1931, 1938; Бобринский, 1951; Брунов, 1978, 1980; Белик, 2000, 2006; Сазонов, 2003, 2004] we suggest a new classification of the types of fauna and faunal groups of birds designed for western parts of Eurasian taiga. Ten types of the fauna are distinguished: Actic, Hypoarctic, Boreal, types of the forest Palaearctic fauna, azonal types of the Palaearctic fauna, of European broadleaved forests, of the Far East coniferous-deciduous forests (Manchurian), Mediterranean, steppe-desert, of south Palaearctic highlands. Around 25 faunal groups and subgroups of birds are comprised within the types of the fauna. Of these, the following typological subdivisions are new in the classification: North Atlantic, of circumoceanic boreal formations, of the forest Palaearctic fauna, azonal groups of the Palaearctic fauna – species pertinent to large bodies of water and vast open spaces (including cosmopolitan species). Birds of circumoceanic boreal formations are included as a separate subgroup into the boreal complex. The subgroup of North Atlantic species is classed into the Arctic fauna. We provide complete species lists and state an estimated scope (number of species) of each type of fauna in the west of Eurasian taiga.

K e y w o r d s: type of fauna, faunal groups of birds, ornithogeographical zoning of the Palaearctic.

Детальный обзор развития взглядов русских исследователей на зоогеографическое расчленение Палеарктики и выделение типов фауны птиц содержится в публикациях В. В. Кучерука [1972] и Ю. И. Чернова [1975]. Позднее подробно рассмотрена история орнитогеографических построений, разработанных применительно к таежному биому Палеарктики [Сазонов, 2004]. Общепринятой в орнитогеографии является схема деления орнитофауны Палеарктики на типы фауны, предложенная Б. К. Штегманом [1931, 1938]. Им выделены 7 типов фауны или фаунистических комплексов – арктический, сибирский (таежный), европейский (европейских широколиственных лесов), средиземноморский, монгольский, тибетский и китайский.

Дальнейшее продолжение и развитие типологический подход, разработанный Б. К. Штегманом, получил в трудах В. В. Брунова [1978, 1980]. Наряду с понятием «тип фауны» (или как синоним «фаунистический комплекс»), им предложен термин «фаунистическая группа», служащий типологической единицей более низкого ранга, чем тип фауны. Главными критериями при выделении фаунистических групп, как и при обособлении типов фауны, выступают сходство очертаний ареалов и общность оптимумов ареалов отдельных видов птиц. В отличие от типа фауны, деление на фаунистические группы касается уже более мелких внутризональных подразделений тайги или других зональных полос (лесотундра, южная кустарниковая тундра; нетаежные леса). Применительно к евразийской тайге автором выделены 5 фаунистических групп, составленных из видов птиц с оптимумами ареалов: 1) в северной и средней тайге; 2) в южной темнохвойной тайге; 3) одновременно в южной темнохвойной тайге и нетаежных (подтаежных) хвойно-широколиственных лесах; 4) в поясе субальпийских редколесий гор умеренных и высоких широт Палеарктики; 5) в южной кустарниковой тундре и лесотундре [Брунов, 1980].

В развитие представлений Б. К. Штегмана [1938] и В. В. Брунова [1980] нами составлена оригинальная классификация фаунистических комплексов (типов фауны), а также фаунистических групп и подгрупп птиц для запада евразийской тайги [Сазонов, 2003, 2004]. В отличие от классификации В. В. Брунова [1980], в предложенной схеме окончательно закреплен тот факт, что группы южнотаежных и подтаежных видов, по существу, таежными не являются. В подавляющем большинстве они отнесены к лесной палеарктической фауне – новому фаунистическому комплексу, ранее трактуемому как транспалеарты, т. е. виды, широко распространенные с запада на восток и с юга на север Палеарктики, имеющие неопределенный и размытый зоогеографический статус [Штегман, 1938]. Всего для условий евразийской тайги выделены 8 фаунистических комплексов или как синоним типов фауны: арктический, гипоарктический, таежный, комплекс лесной палеарктической фауны, европейских широколиственных лесов, дальневосточных хвойно-широколиственных лесов (маньчжурской фауны), средиземноморский, азональный комплекс. В гипоарктический комплекс включены виды южной кустарниковой тундры и лесотундры, а также подгруппа субальпийских видов. Очень многие виды птиц таежного комплекса являются не сибирскими, но азиатскими по своему происхождению благодаря древним зоогеографическим связям тайги с горными хвойными лесами, субальпийскими криволесьями и альпийским поясом гор юга Палеарктики, прежде всего с ее Нагорно-Азиатской подобластью [Сушкин, 1925; Бёме, 1975, 1984; Сазонов, 2004]. Поэтому таежную фауну следует назвать не сибирской, но азиатской (южноазиатской) по происхождению, а сам термин «сибирский» лучше изъять из названия таежного типа фауны. Азональный комплекс представляет собой сборную группу видов, которые объединяет принадлежность к экстразональным для равнинной тайги местообитаниям; это птицы морей, крупных пресноводных водоемов, гор, степи и аридных территорий [Сазонов, 2004].

Применительно к таежным областям европейской России нами выделены следующие фаунистические группы и подгруппы птиц: северо-среднетаежные, приокеанических бореальных формаций, гипоарктические (южной кустарниковой тундры и лесотундры, субальпийские), североатлантические, арктические (тундровые, ледовитоморских побережий, горно-тундровые), лесной палеарктической фауны (лесные и интразональных стаций), европейских широколиственных лесов, дальневосточных хвойно-широколиственных лесов, средиземноморские и азональные (морей и крупных континентальных водоемов, гор, степи и аридных территорий). Новым является выделение птиц приокеанических бореальных формаций (весничка, белобровик, рябинник, клуша, средний крохаль), включаемых в качестве особой подгруппы в состав таежного комплекса. Подгруппа североатлантических видов – гага, кулик-сорока, большая морская чайка, тупик, гагарка, тонкоклювая кайра, короткохвостый поморник и камнешарка, учитывая их приуроченность

к акваториям северо-западной Атлантики и многочисленность популяций в высоких широтах, причислена к арктической фауне [Сазонов, 2004].

В 2006 г. выходит в свет обширная статья В. П. Белика [2006], в которой содержится анализ взглядов на современное фауногенетическое деление Палеарктики и предлагается обновленная схема типов фауны для данной области. Автор ссылается на любопытную книгу Н. А. Бобринского [1951], не вошедшую в имеющиеся обзоры литературы по проблемам орнитогеографии и зоогеографии наземных позвоночных [Кучерук, 1972; Чернов, 1975; Брунов, 1978; Жуков, 2004; Сазонов, 2004]. В своем курсе зоогеографии Н. А. Бобринский выделяет для Голарктики 7 основных фаун типологического плана или фаунистических комплексов: тундры, таежной области, европейского широколиственного леса, дальневосточного широколиственного леса, широколиственного леса Северной Америки, степей и пустынь Голарктики, гор Голарктики. Как указывает В. П. Белик [2006], его схема очень близка к делению Н. А. Бобринского [1951]; отличия касаются отказа от объединения Палеарктики и Неарктики в одну зоогеографическую область (Голарктическую), а также выделения нового евро-китайского типа фауны, включающего широко распространенные виды лесной палеарктической фауны. В главных своих чертах предлагаемая новая типология фауны Палеарктики сформулирована В. П. Беликом в монографии, посвященной птицам степного Придонья [Белик, 2000]. Палеарктическая авифауна делится автором на 7 типов: Арктический, Сибирский (таежный), Европейский (европейских широколиственных лесов), Китайский, Евро-Китайский, Номадийский (степно-пустынный) и Гималайский (гор юга Палеарктики). В фауногенетическом и эволюционном отношении каждый тип фауны связан с определенной зоогеографической подобластью Палеарктики.

Внутри каждого типа фауны В. П. Белик [2000, 2006] выделяет несколько фаунистических комплексов, являющихся выражением зонально-ландшафтного аспекта того или иного типа фауны. Эволюционно фаунистические комплексы связаны с основными зональными и интразональными элементами ландшафта, свойственными данному типу фауны или зоогеографической подобласти [Белик, 2006]. Вместе с тем, термин «фаунистический комплекс», применяемый автором для обозначения типологических единиц зонального или ландшафтного характера внутри типа фауны, представляется нам неудачным. Во-первых, этот термин относится к числу «занятых», поскольку издавна понятие фаунистический комплекс (орнитокомплекс) используется в качестве синонима типа фауны [Штегман, 1931, 1938; Бобринский, 1951; Нейфельдт, 1958; Кучерук, 1972; Бёме, 1975; Чернов, 1975; Брунов, 1978, 1980]. Во-вторых, для обозначения зональных или ландшафтных типологических вариантов, имеющихся внутри одного типа фауны, существуют такие гораздо более подходящие и нейтральные термины, как фаунистическая группа или подгруппа [Брунов, 1980; Сазонов, 2004]. Во избежание терминологической путаницы, предлагаем применять для обозначения зонально-ландшафтных подразделений внутри типа фауны термин фаунистическая группа (подгруппа), а понятия тип фауны и фаунистический комплекс (орнитокомплекс) считать синонимами. Как справедливо указывает В. П. Белик [2006], излишняя детализация фауногенетического (типологического) деления орнитофауны Палеарктики оказывается ненужной при проведении зоогеографического анализа состава региональной фауны. Поэтому полезно ограничиться минимально необходимым числом фаунистических групп (подгрупп) птиц, выделяемых внутри типа фауны.

С целью сопоставления приведем схемы деления Палеарктики на типы фауны и фаунистические группы согласно публикациям различных авторов [Штегман, 1938; Бобринский, 1951; Брунов, 1980; Белик, 2000, 2006; Сазонов, 2003, 2004] (табл. 1). В своей статье В. П. Белик [2006] обращает особое внимание на ряд нововведений в предлагаемой типологии фаун. Так для обозначения степно-пустынного типа фауны, соответствующего Великому пустынно-степному поясу или Сахаро-Гобийской подобласти Палеарктики [Гептнер, 1945], вводится название Номадийский. Тип фауны, свойственный горам юга Палеарктики и приуроченный к Нагорно-Азиатской или Южно-палеарктической подобласти [Сушкин, 1925; Бёме, 1975], назван Гималайским. Оба упомянутых типа фауны хотя бы отчасти можно сопоставить с монгольским и тибетским типами фауны, выделенными Б. К. Штегманом [1938]. Номадийский тип фауны, в свою очередь, сопрягается со степным комплексом фауны, предложенным ранее на примере млекопитающих [Кучерук, 1959; Кулик, 1980]. Номадийский и гималайский типы фауны фигурируют в нашей более ранней схеме [Сазонов, 2004], как азональные для равнинной тайги комплексы фауны – азональный степи и аридных территорий, азональный горных ландшафтов. Номадийский

Таблица 1. Типы фауны и фаунистические группы птиц, согласно различных типологических схем деления Палеарктики

Типы фауны (фаунистические комплексы) по: [Штегман, 1938]	Основные фауны (фаунистические комплексы) по: [Бобринский, 1951]	Типы фауны и фаунистические комплексы (зонально-ландшафтные группировки) по: [Белик, 2000, 2006]	Типы фауны (фаунистические комплексы) и фаунистические группы и подгруппы по: [Сазонов, 2004 с дополнениями]
1	2	3	4
ФАУНА АРКТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ	ФАУНА ТУНДРЫ	АРКТИЧЕСКИЙ – эоарктический (арктических тундр и ледовитоморских побережий); – гемиарктический (типичных тундр); – арктоальпийский (горных тундр)	АРКТИЧЕСКИЙ – арктических тундр и типичных тундр; – ледовитоморских побережий и островов; – горно-тундровые; – североатлантические; – северотихоокеанские
–	–	– гипоарктический (южной кустарниковой тундры и лесотундры)	ГИПОАРКТИЧЕСКИЙ – южной кустарниковой тундры и лесотундры; – субальпийского пояса гор умеренных и высоких широт
СИБИРСКИЙ (ТАЕЖНЫЙ)	ФАУНА ТАЕЖНОЙ ОБЛАСТИ	СИБИРСКИЙ (ТАЕЖНЫЙ) – северотаежный; – горнотаежный; – боремонтанный (альпики и субальпики)	ТАЕЖНЫЙ – северо-среднетаежные; – приокеанических бореальных формаций
Транспалеаркты	Широко распространенные	ЕВРО-КИТАЙСКИЙ – древненеморальный; – древнелесостепной	ЛЕСНОЙ ПАЛЕАРКТИЧЕСКОЙ ФАУНЫ – лесные; – интразональных стаций
Транспалеаркты	Широко распространенные	–	АЗОНАЛЬНЫЙ ПАЛЕАРКТИЧЕСКОЙ ФАУНЫ – морские и крупных пресноводных водоемов; – обширных открытых пространств
ЕВРОПЕЙСКИЙ (ЕВРОПЕЙСКИХ ШИРОКОЛИСТ-ВЕННЫХ ЛЕСОВ)	ФАУНА ЕВРОПЕЙСКОГО ШИРОКО-ЛИСТВЕННОГО ЛЕСА	ЕВРОПЕЙСКИЙ – неморальный, включая борово-неморальный; – лесостепной; – аллювиофильный (пойм, лугов, болот и водоемов)	ЕВРОПЕЙСКИХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ – европейских мезофильных широколиственных лесов, включая открытые поймы, луга, низинные болота и водоемы; – сухих сосновых боров и суборей
СРЕДИЗЕМНО-МОРСКИЙ	–	– субсредиземноморский (горных лесов и кустарников)	СРЕДИЗЕМНОМОРСКИЙ – жестколистных вечнозеленых кустарников и горных сосняков; – открытых предгорных склонов и скал
КИТАЙСКИЙ	ФАУНА ДАЛЬНЕ-ВОСТОЧНОГО ШИРОКО-ЛИСТВЕННОГО ЛЕСА	КИТАЙСКИЙ – маньчжурский (хвойно-широколиственных лесов); – аллювиофильный (равнинных пойм, болот, водоемов); – лесостепной; – реофильный (горных рек) – субтропический (вечнозеленых горных лесов и кустарников)	ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (МАНЬЧЖУРСКИЙ) – дальневосточных хвойно-широколиственных лесов, включая открытые поймы, луга, низинные болота и водоемы на равнинах; – лесостепи и открытых предгорных склонов; – альпийского и субальпийского пояса низкогорий и среднегорий
МОНГОЛЬСКИЙ	ФАУНА СТЕПЕЙ И ПУСТЫНЬ	НОМАДИЙСКИЙ – песчано-пустынный, включая лесные оазисы; – пустынно-горный; – пустынно-степной; – лиманный (соленых озер, морей, лиманов и плавней)	СТЕПНО-ПУСТЫННЫЙ Северной Азии и Восточной Европы – открытых пространств степи, лесостепи и аридных территорий; – периодически усыхающих пресных и соленых водоемов, их заливов и тростниковых займищ
ТИБЕТСКИЙ	ФАУНА ГОР ГОЛАРКТИКИ	ГИМАЛАЙСКИЙ – альпийский; – субальпийский	ГОР ЮГА ПАЛЕАРКТИКИ – альпийские и субальпийские; – горных рек; – открытых пространств степи и лесостепи в горах и предгорьях

Примечание. Типы фауны (фаунистические комплексы) обозначены заглавными буквами; фаунистические группы и подгруппы [Брунов, 1980; Сазонов, 2004], а также зонально-ландшафтные группировки внутри типа фауны [Белик, 2006] обозначены строчными буквами.

или степно-пустынный тип фауны представлен в таежной зоне ограниченным числом видов. К ним отнесены птицы, определенно южные по происхождению – серая куропатка, степной лунь, кобчик, кольчатая горлица, грач и хохлатый жаворонок, а также ряд водных и околоводных птиц с чертами инвазионности – красношейная поганка, белоглазый и красноголовый нырок, пеганка, серая утка, лысуха, чеграва, малая чайка, поручейник и др. Очень мало в европейской тайге собственно горных (альпийских) видов, встречающихся главным образом в Скандинавских горах и на Урале: обыкновенная каменка, белозобый дрозд, горная коноплянка, горный конек, горная трясогузка, черногорлая завирушка (Урал); к горному комплексу могут быть причислены беркут, ворон и оляпка, гнездящаяся на горных реках.

Выдвижение и обоснование маньчжурского фаунистического комплекса [Шульпин, 1940; Кузнецов, 1950; Бобринский, 1951; Кулик, 1980; Сазонов, 2004], фактически нового типа фауны взамен китайского [Штегман, 1938], требует и следующего логического шага. А именно – необходимости исключения из данного комплекса субтропических и тропических фаунистических элементов, принадлежащих главным образом к Индо-Малайской зоогеографической области и очень ограниченно заходящих в регионы дальневосточного хвойно-широколиственного леса (теплолюбивые экзоты, виды на периферии ареала). Большинство зоогеографов относят южный Китай, расположенный южнее междуречья Хуанхэ и Янцзы, к Индо-Малайскому царству или к переходной зоне между индо-малайской и палеарктической фаунами [Мензбир, 1934; Чернов, 1975; Lattin, 1967]. Исходя из изложенного, маньчжурский фаунистический комплекс приобретает гораздо более узкую зоогеографическую трактовку, по сравнению с классическим китайским типом фауны, включающим субтропические элементы [Штегман, 1938; Белик, 2006 – табл. 1].

Вместе с тем остается еще немало видов птиц с невыясненными фауногенетическими связями; по своему распространению они и не южные, и не северные, а убиквисты или имеющие в Палеарктике очень широкие ареалы. Среди них насчитывается несколько видов с космополитным или почти космополитным распространением: большой баклан, большая белая цапля, малая выпь, чомга, скопа, сапсан, малая крачка, морской зуек, кулик-сорока (материковый подвид), ворон. Еще два космополитных вида – камышница и сипуха, ранее отнесены к фауне европейских широколиственных лесов [Штегман, 1938]. Примечательно, что среди видов-космополитов нет ни одного лесного вида птиц, т. е. представителя дендрофильной или настоящей лесной фауны. В этот выделяемый нами азональный комплекс палеарктической фауны (см. табл. 1) входят прежде всего обитатели морей и крупных пресноводных водоемов – серощекая поганка, чомга, большой баклан, хохлатый баклан, серая цапля, большая белая цапля, олуша, серый гусь, хохлатая чернеть, широконоска, чирок-трескунок, болотный лунь, скопа, орлан-белохвост, серебристая чайка, озерная чайка и другие. Кроме того, сюда включены такие широкораспространенные виды, населяющие обширные открытые пространства, как пустельга, полевой лунь, большой кроншнеп, травник, чибис, болотная сова, береговая ласточка, городская ласточка, полевой жаворонок, желтая трясогузка, желтоголовая трясогузка, черноголовый чекан.

В статье В. П. Белика [2006] содержится отказ от выделения Средиземноморской подобласти и соответствующего ей типа фауны, обосновываемый в том числе ссылкой на публикацию В. Г. Гептнера [1945]. Однако в цитируемой работе речь идет главным образом о пустынно-степной полосе и ее типе фауны, которые включают пустынно-степные комплексы Сахары и Средиземноморья, рассматриваемые как часть единой Сахаро-Гобийской подобласти. Что касается собственно средиземноморской фауны и, прежде всего, дендрофильных птиц, обитающих в вечнозеленых жестколистных кустарниках (максвис, гаррига) и горных светлохвойно-дубовых лесах, или видов открытых стаций, населяющих предгорные склоны и скалы, то их существование в количестве самостоятельного типа фауны не отрицается [Гептнер, 1945]. Точно так же, на примере индивидуального зоогеографического районирования, провинция горно-лесного Средиземноморья выделяется Л. М. Шульпиным [1940] и Б. А. Кузнецовым [1950] на орнитологическом и териологическом материале. Ими же перечисляются основные ландшафты Средиземноморья со специфической фауной позвоночных: предгорные степи и скалы, вечнозеленые кустарниковые заросли на горных склонах, сосновые леса верхних поясов гор. Поэтому средиземноморский тип фауны, как это делают и ряд других авторов [Чернов, 1975, 2008; Lattin, 1967], мы сочли необходимым оставить в предложенной схеме (см. табл. 1).

С учетом изложенного анализа основных проблем фаунистического деления Палеарктики приводим перечень типов фауны и фауни-

стических групп птиц для запада евразийской тайги. Всего в составе орнитофауны Палеарктики выделяется 10 типов фауны или фаунистических комплексов: 1) арктический; 2) гипоарктический; 3) таежный; 4) лесной палеарктической фауны; 5) азональный палеарктической фауны; 6) европейских широколиственных лесов; 7) дальневосточных хвойно-широколиственных лесов (маньчжурский); 8) средиземноморский; 9) степно-пустынный; 10) гор юга Палеарктики. Наряду с типологией фауны даны видовые списки и примерный объем (количество видов) каждого из фаунистических комплексов, отдельно для запада евразийской тайги и наиболее подробно для региона Беломоро-Онежского водораздела, птицам которого посвящено наше новейшее исследование [Сазонов, 2010]. При составлении видовых списков используется классификация орнитофауны на экологические группы: а) дендрофильные или настоящие лесные птицы; б) болотные; в) водные и околоводные (гидрофильные); г) открытых стаций – обитатели лугов, пашен, пустошей, вырубок и гарей (пионерные); д) синантропные птицы, связанные с человеком и населенными пунктами; е) эвритопные птицы, населяющие широкий спектр местообитаний; ж) тундровые; з) горные и горно-тундровые.

Арктический комплекс. Арктическая фауна включает несколько основных фаунистических групп птиц – арктических и типичных тундр, ледовитоморских побережий и островов, горно-тундровые и североатлантические виды. На западе евразийской тайги наибольшее разнообразие характерно для экологической группы водных и околоводных птиц (32 вида): краснозобая гагара, тундряный лебедь, короткоклювый гуменник, черная казарка, белощекая казарка, краснозобая казарка, сибирская гага, гага-гребенушка, синьга, турпан, морянка, морская чернеть, галстучник, круглоносый плавунчик, морской песочник, песчанка, средний поморник, западносибирская чайка, моевка, бургомистр, полярная крачка, чистик, люрик, толстоклювая кайра из арктических видов; гага, камнешарка, короткохвостый поморник, кулик-сорока, большая морская чайка, тонкоклювая кайра, тупик, гагарка из североатлантических птиц; канадская казарка из числа интродуцированных видов.

К тундровым и горно-тундровым птицам (г-т) принадлежат 20 видов: белолобый гусь, пискулька (г-т), тундряная куропатка (г-т), зимняк (эвритоп), кречет (г-т), золотистая ржанка, тулес, хрустан (г-т), малый веретенник, турухтан, чернозобик, кулик-воробей, белохвостый песочник (г-т), щеголь, длиннохвостый поморник, белая сова, рогатый жаворонок (г-т), краснозобый конек, пуночка (г-т), лапландский подорожник.

Всего в составе арктической фауны на западе евразийской тайги насчитывается 53 вида птиц, гнездящихся преимущественно в тундрах и на ледовитоморском побережье европейской России. В тайге Беломоро-Онежского водораздела и на территории Водлозерско-Кожозерского таежного резервата (ВКТР), расположенного в центре водораздела, большинство из этих птиц встречается в сезоны миграций. Гнездятся в самом резервате очень ограниченное количество видов – краснозобая гагара (гидрофил), золотистая ржанка и турухтан (болотные птицы в условиях тайги). У побережья Белого моря в низовьях р. Онеги к ним добавляется морская чернеть, полярная крачка, кулик-сорока (североатлантический подвид), галстучник. На островах Онежского архипелага Белого моря гнездятся также гага, большая морская чайка, камнешарка, короткохвостый поморник, чистик, гагарка (дополнительно 6 видов). К случайно гнездящимся принадлежат гага-гребенушка, тупик, малый веретенник и лапландский подорожник, изредка размножающиеся на Соловецком архипелаге и близлежащих островах. Гнездование щеголя на болотах в материковых таежных районах Восточной Фенноскандии регистрируется только у побережья Кандалакшского залива Белого моря и в северной части Западно-Карельской возвышенности (Костомукша, Калевала, Паанаярви).

Итого к числу гнездящихся на Беломоро-Онежском водоразделе относятся 3 арктических вида, еще 10 видов арктической фауны гнездятся на побережье и островах Онежского залива Белого моря.

Гипоарктический комплекс. Включает в себя фаунистическую группу птиц южной кустарниковой тундры и лесотундры, а также несколько субальпийских видов (северная варакушка, щур, зарничка, сибирская завирушка). К группе гидрофильных птиц принадлежат чернозобая гагара, шилохвость и северная варакушка. К числу тундровых птиц относятся 9 видов: гуменник, белая куропатка, средний кроншнеп, фифи, гаршнеп, азиатский бекас, грязовик, луговой конек, овсянка-крошка. Почти все перечисленные виды, за исключением грязовика и азиатского бекаса, гнездятся на западе евразийской тайги, включая Водлозерско-Кожозерский резерват. В условиях таежных ландшафтов они поселяются на обширных болотных массивах и потому причисляются

здесь к экологической группе болотных птиц. Два гипоарктических вида – дербник и серый сорокопут, отнесены к группе эвритопных птиц, в тайге они приурочены к побережьям водоемов, крупным вырубкам и болотным местообитаниям, образующим подобие лесотундры. Дендрофильная фауна представлена двумя видами – чечетка и щур. В приуральских секторах тайги и лесотундры к ним добавляются сибирская завирушка *Prunella montanella* и зарничка *Phylloscopus inornatus.*

Итого в составе гипоарктического комплекса на западе евразийской тайги насчитывается 18 видов птиц, из них 13 гнездятся в тайге Беломоро-Онежского водораздела. Еще один вид – щур, апериодически гнездится в сопредельных таежных регионах, так в 1966–1967 гг. его гнездование отмечено на юге Онежского п-ва [Бутьев, 1969].

Таежный комплекс. Зональное лицо орнитофауны тайги определяет северо-среднетаежная фаунистическая группа птиц. В таежный комплекс входит также подгруппа птиц приокеанических бореальных формаций – весничка, белобровик, рябинник, клуша, средний крохаль. Наибольшее видовое разнообразие характерно для дендрофильных птиц, всего 24 вида: глухарь, рябчик, ястребиная сова, бородатая неясыть, уральская неясыть, воробьиный сычик, мохноногий сыч, желна, трехпалый дятел, кукша, пухляк, сероголовая гаичка, синехвостка, белобровик, рябинник, весничка, таловка, свиристель, овсянка-ремез, вьюрок, клестеловик, клест-сосновик, белокрылый клест, снегирь.

Экологическая группа водных и околоводных птиц включает 8 видов: лебедь-кликун, свиязь, чирок-свистунок, гоголь, луток, средний крохаль, клуша, мородунка. По одному виду принадлежит к группе болотных птиц (большой улит) и обитателям открытых стаций (пятнистый сверчок).

Всего в составе комплекса на западе евразийской тайги насчитывается 34 вида птиц, почти все они (за исключением мородунки) гнездятся в регионе Беломоро-Онежского водораздела и на территории Водлозерско-Кожозерского резервата. Гнездование мородунки установлено для низовьев р. Онеги и близлежащих островов у побережья Белого моря [Корнеева и др., 1984; Паевский, Карелина, 1991]; оно предполагается для среднего течения Илексы, Кожозерья, низовьев р. Водлы и ряда других местностей Беломоро-Онежского водораздела.

Лесной палеарктической фауны. Данный комплекс включает виды птиц с широкими ареалами, встречающиеся в лесной зоне от гор юга Палеарктики и до северных границ сомкнутых лесов; они же широко распространены с запада на восток Евразии. В составе комплекса представлены два крупных подразделения птиц – собственно лесные виды и виды интразональных стаций – мозаичных агроландшафтов, полуоткрытых речных пойм, побережий небольших водоемов, болот, пустошей и т. п.

К экологической группе дендрофильных птиц относятся 24 вида: ястреб-тетеревятник, ястреб-перепелятник, канюк, большой подорлик, вальдшнеп, ушастая сова, кукушка, большой пестрый дятел, белоспинный дятел, малый пестрый дятел, вертишейка, сойка, кедровка, поползень, пищуха, большая синица, московка, ополовник, теньковка, желтоголовый королек, крапивник, лесная завирушка, лесной конек, дубонос.

К водным и околоводным принадлежат 11 видов: кряква, большой крохаль, чеглок, черныш, перевозчик, малый зуек, сизая чайка, речная крачка, зимородок, белая трясогузка, камышевая овсянка. Дополнительно в группу гидрофилов отнесен один подвид птиц – среднерусская варакушка. В группу обитателей открытых стаций и полуоткрытых лесных местообитаний входят дупель, большой веретенник и тетерев (вид полуоткрытых стаций). Дупель и большой веретенник придерживаются также болотных массивов, влажных лугов и торфяников. К числу болотных птиц относятся серый журавль и бекас. Эвритопным видом является филин. К синантропным принадлежат деревенская ласточка, серая ворона и сорока.

Всего на западе евразийской тайги насчитывается 44 вида лесной палеарктической фауны. Подавляющее большинство из них (42 вида) гнездится на Беломоро-Онежском водоразделе и на территории ВКТР; исключение составляют кедровка и зимородок, а также среднерусский подвид варакушки.

Азональный палеарктический фауны. В данный сборный комплекс фауны входят широко распространенные по всей Палеарктике виды; это птицы экстразональных для лесной зоны местообитаний: 1) водные и околоводные виды, приуроченные к морям и крупным пресноводным водоемам; 2) виды обширных открытых пространств. Среди них часто встречаются птицы с космополитным или почти космополитным распространением, обитающие на всех или почти всех материках Земли [Жуков, 2004; список см. выше].

Наиболее разнообразна группа азональных видов, населяющих водоемы (20 видов): серощекая поганка, чомга, большой баклан, хохлатый баклан, серая цапля, большая белая цапля, малая выпь, олуша, малая качурка, серый гусь, хохлатая чернеть, широконоска, чирок-трескунок, болотный лунь, скопа, орлан-белохвост, кулик-сорока (материковый подвид), серебристая чайка (номинальный подвид), озерная чайка, морской зуек.

К группе птиц открытых стаций относится 10 видов: пустельга, полевой лунь, болотная сова, большой кроншнеп, чибис, травник, береговая ласточка, полевой жаворонок, желтоголовая трясогузка, черноголовый чекан. Городская ласточка – изначально горный по происхождению вид, принадлежащий к группе птиц открытых стаций. В настоящее время ее население практически полностью синантропизировалось и перешло к гнездованию в городах и поселках, а потому городская ласточка в современности отнесена к синантропной группе птиц. Береговая ласточка, являясь по преимуществу видом открытых стаций, одновременно приурочена к водоемам и их побережьям. Один азональный вид – желтая трясогузка, принадлежит к группе болотных птиц. Еще один вид азональной фауны – сапсан, горный по происхождению и космополитный по распространению, относится к группе эвритопных птиц.

Всего в составе азональной палеарктической фауны на западе евразийской тайги насчитывается 33 вида птиц, из них 21 гнездится в регионе Беломоро-Онежского водораздела.

Европейских широколиственных лесов. Комплекс включает, с одной стороны, мезофильные лесные, опушечные и околоводные виды птиц, населяющие богатые широколиственные леса куртинно-полянного типа и побережья эвтрофных водоемов, а с другой – обитателей сухих боров, суборей и пустошей. К последнему «ксерофильному» подразделению видов относятся змееяд, козодой, дрозд-деряба, серая мухоловка, хохлатая синица, горихвостка-лысушка, славка-завирушка, ястребиная славка, сорокопут-жулан, лесной жаворонок, а также удод и сизоворонка из лесостепных видов, вертишейка и лесной конек из птиц лесной палеарктической фауны.

В группу дендрофильных птиц входят 25 видов данного комплекса: осоед, вяхирь, клинтух, серая неясыть, средний дятел, зеленый дятел, лазоревка, черноголовая гаичка, хохлатая синица, серая мухоловка, мухоловка-пеструшка, черный дрозд, певчий дрозд, дрозд-деряба, зарянка, восточный соловей, горихвостка-лысушка, садовая славка, славка-черноголовка, славка-завирушка, ястребиная славка, пересмешка, трещотка, чиж, зяблик.

К группе обитателей открытых стаций и опушечных птиц принадлежат 19 видов: змееяд, белый аист, луговой лунь, сипуха, козодой, коростель, обыкновенная горлица, лесной жаворонок, луговой чекан, серая славка, обыкновенный сверчок, речной сверчок, болотная камышевка, сорокопут-жулан, обыкновенная овсянка, садовая овсянка, щегол, коноплянка, зеленушка.

Водоемы и их побережья населяют 9 видов: черный коршун, погоныш, малый погоныш, камышница, водяной пастушок, черная крачка, дроздовидная камышевка, тростниковая камышевка, камышевка-барсучок. К группе эвритопных птиц относится черный стриж, к группе синантропных видов – галка и скворец.

Всего на западе евразийской тайги встречается 56 видов птиц фауны европейских широколиственных лесов. Из них гнездятся в тайге Беломоро-Онежского водораздела 40 видов, еще для 4 видов птиц гнездование предполагается – клинтух, малый погоныш, водяной пастушок, дроздовидная камышевка. В зоогеографическом плане примечателен факт отсутствия на гнездовье в районах к востоку от Онежского озера таких юго-западных видов, как лесной жаворонок, ястребиная славка и садовая овсянка.

Дальневосточных хвойно-широколиственных лесов (маньчжурский комплекс). Согласно взглядам Н. А. Бобринского, фауна дальневосточного широколиственного леса охватывает восточную Маньчжурию, Амуро-Уссурийский край, Корею, Японию и северный Китай. По низкогорьям и среднегорьям она отсылает на запад длинный язык, идущий по Гималаям почти до Памира на значительных отметках абсолютных высот [Бобринский, 1951].

На западе евразийской тайги маньчжурская фауна представлена несколькими видами птиц – обитателями хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, лесостепи, открытых речных пойм и предгорных ландшафтов. К группе дендрофильных птиц принадлежат 6 видов: седой дятел, глухая кукушка, иволга, малая мухоловка, зеленая пеночка, пестрый дрозд *Turdus dauma* (только в Печоро-Илычском заповеднике). К группе птиц открытых стаций относятся 5 видов: садовая камышевка, бормотушка, овсянка-дубровник, чечевица, белошапочная овсянка (только в Приуралье на юго-востоке Республики Коми). Чечевица – выходец из субальпийского пояса восточных секторов гор юга Палеарктики [Бёме, 1984]. Овсянка-дубровник связана с открытыми речными поймами и низинными болотами дальневосточных равнин. Отчасти к экологической группе

птиц открытых стаций примыкает полевой воробей, происходящий из полуоткрытых лесостепных ландшафтов Маньчжурии. На западе евразийской тайги полевой воробей ведет себя как типичный синантропный вид.

Садовая камышевка, бормотушка и белошапочная овсянка образуют судя по всему самостоятельную фаунистическую подгруппу алтайских видов – выходцев из открытых ландшафтов предгорий Алтая и Саян. Частично они, очевидно, происходят также из лесостепи юга Западной Сибири (белошапочная овсянка) и лесостепи Передней Азии (бормотушка). Алтайская фаунистическая подгруппа – это северный форпост переднеазиатской (ирано-туранской) ксерофильной кустарниковой фауны [Гептнер, 1945; Кучерук, 1972; Емельянов, 1974], иначе называемой как восточноазиатская ксерофильная лесная фауна [Кулик, 1980]. Она, в свою очередь, сопоставима в зоогеографическом отношении со средиземноморской ксерофильной фауной [Неронов, Арсеньева, 1980].

Всего на западе евразийской тайги насчитывается 9 видов фауны дальневосточных хвойно-широколиственных лесов, все они гнездятся в регионе Беломоро-Онежского водораздела.

Средиземноморский комплекс. Большинство видов средиземноморской фауны, встречающихся на западе евразийской тайги, изначально связаны с открытыми и скальными ландшафтами: перепел, сизый голубь, домовый воробей, горихвостка-чернушка (горный вид). Канареечный вьюрок принадлежит к экологической группе горнолесных птиц. Изредка залетающие в таежную и бореальную зоны сирийский дятел, золотистая щурка и красный коршун относятся соответственно к группам дендрофилов и видов открытых стаций. Сизый голубь и домовый воробей в тайге – полностью синантропные птицы. Перепел – обитатель полей и лугов, горихвостка-чернушка и канареечный вьюрок эпизодически гнездятся в парках городов и поселков на север до широты Санкт-Петербурга.

Всего на западе таежной зоны гнездится 5 видов – представителей средиземноморской фауны, из них в тайге Беломоро-Онежского водораздела встречается 3 вида – домовый воробей, сизый голубь, перепел.

Степно-пустынный комплекс. Включает виды степи, лесостепи и аридных территорий [Бобринский, 1951]. Это определенно южные виды, часто с восточными связями, распространенные от Северной Африки, Восточной Европы и Передней Азии до Монголии и Тибета. Комплекс распадается на несколько подразделений: степи и лесостепи, пустынно-степной (включая предгорья), периодически усыхающих пресных и соленых водоемов.

К выходцам из степи и лесостепи относятся серая куропатка, кобчик, степной лунь, сизоворонка, удод, грач, хохлатый жаворонок, полевой конек *Anthus campestris*, степной конек *A. richardi.* Большинство перечисленных видов (8) принадлежат к экологической группе птиц открытых стаций. И только один синантропный вид – грач, идет по сельхозугодьям далеко на север, прочие виды отмечаются на гнездовье в бореальной зоне изредка и не севернее Санкт-Петербурга.

К пустынно-степным видам, включая обитателей предгорий, относятся кольчатая горлица, обыкновенный фазан, домовый сыч, розовый скворец, майна. Кольчатая горлица, несмотря на стремительную экспансию в высокие широты во второй половине XX в., гнездится к настоящему времени на север примерно до г. Олонца. Остальные виды отмечаются чаще в качестве залетных и в областях южнее Санкт-Петербурга. Два типичных пустынно-степных вида – саджа (копытка) и чернобрюхий рябок, являются в тайге случайно залетными. Все перечисленные виды входят в экологическую группу птиц открытых стаций.

Большинство представителей степно-пустынного комплекса, регистрируемых в таежной зоне, относятся к обитателям периодически усыхающих водоемов и их побережий. Для них характерны черты инвазионности и нерегулярные выселения из водоемов засушливых и аридных территорий на Север. Все они принадлежат к экологической группе водных и околоводных птиц. Сюда входят следующие 15 видов: красношейная поганка, черношейная поганка, малая поганка *Podiceps ruficollis*, большая выпь, белоглазый нырок, красноголовый нырок, пеганка, лебедь-шипун, серая утка, лысуха, малая чайка, чеграва, малая крачка *Sterna albifrons*, поручейник, индийская камышевка *Acrocephalus agricola.* К числу редко залетающих на Север пустынно-степных видов относятся также розовый пеликан, колпица, фламинго, огарь, красноносый нырок *Netta rufina*.

Всего на западе евразийской тайги встречается 29 видов степно-пустынной фауны, еще 9 видов являются случайно залетными. В тайге Беломоро-Онежского водораздела гнездится 6 видов степи и лесостепи – серая куропатка, кобчик, грач, большая выпь, лысуха, малая чайка.

Гор юга Палеарктики. Горный комплекс на западе евразийской тайги представлен несколькими видами, населяющими альпийский и субальпийский пояса – обыкновенная каменка, белозобый дрозд, горный конек, горная коноплянка. На Урале к ним присоединяются черногорлая завирушка и соловей-красношейка *Luscinia calliope*. К горным рекам приурочены горная трясогузка и оляпка. Изначально с горными ландшафтами связаны беркут и ворон, а также отчасти сапсан, отнесенный к азональной для тайги фауне птиц. Беркут, ворон и сапсан принадлежат к экологической группе эвритопных видов. Случайно залетными на западе евразийской тайги являются такие горные виды, как белоголовый сип, стервятник, индийский гусь, рыжепоясничная ласточка, синий каменный дрозд *Monticola solitarius*, розовая чечевица *Carpodacus roseus*. Большинство представителей альпийской фауны относится к экологической группе горных птиц. Черногорлая завирушка и соловей-красношейка – дендрофильные виды, оляпка и горная трясогузка – околоводные птицы.

Всего на западе евразийской тайги встречается 10 видов горной фауны, из них три вида – беркут, ворон и каменка, гнездятся в регионе Беломоро-Онежского водораздела.

Близкая к горной фауне экологическая группа горно-тундровых птиц включает на Севере такие арктические виды, как тундряная куропатка, хрустан, белохвостый песочник, рогатый жаворонок, пуночка, пискулька, каменушка *Histriornis histriornis*, турпан, кречет. Горно-тундровые арктические виды интересны тем, что в большинстве своем первоначально происходят из горных ландшафтов, преимущественно из восточных секторов гор юга Палеарктики. Так например, рогатый жаворонок, изначально населявший горные степи Нагорно-Азиатской подобласти, расселился затем в горные степи-аласы Якутии, а впоследствии широко освоил тундровые местообитания в арктической зоне на Северо-Востоке Азии и далее на запад, вплоть до Кольского и Скандинавского полуостровов. В настоящее время преобладающая часть популяций горно-тундровых видов птиц обитает в арктической зоне, а потому они причисляются к арктической фауне.

Материалы по участию фаунистических групп птиц в составе региональных авифаун – Водлозерско-Кожозерский таежный резерват с отдельными его подразделениями и Беломоро-Онежский водораздел в целом обобщены в табл. 2. Повышенная доля участия северных видов птиц характерна для архангельской территории Водлозерского парка – 36 % по сравнению с 30 % в карельской части парка. Данное обстоятельство объясняется наиболее водораздельным положением и сильной степенью заболоченности архангельского бассейна Илексы, преобладанием коренных таежных ландшафтов и слабым воздействием хозяйственной деятельности человека (сельхозугодья, населенные пункты). Здесь присутствует минимальное количество синантропных видов и птиц открытых стаций, а также видов, связанных с подсечным земледелием и вырубками; в результате наблюдается минимальное участие птиц южного происхождения (23 % по сравнению с 31 % в карельской части парка). Сравнительно высока доля птиц северного комплекса в составе орнитофауны Кожозерского заказника – 38 % по сравнению с 32 % в целом для резервата. Помимо слабого хозяйственного освоения лесных ландшафтов Кожозерья, сказывается его более северное и континентальное положение, что обуславливает исчезновение на данной ООПТ целого ряда птиц европейских широколиственных лесов и средиземноморских видов, демонстрирующих западные ареалогические связи (в сумме достигающих только 24 % фауны).

В составе региональной авифауны Водлозерского национального парка зарегистрировано 155 гнездящихся видов птиц. При этом исключены из списка гнездовой орнитофауны 11 видов, для которых известно размножение в прошлом (серая куропатка, галка) или их гнездование в парке только предполагается – кобчик, кулик-сорока, мородунка, дупель, большой веретенник, обыкновенная горлица, иволга, поползень, дубонос. В Водлозерско-Кожозерском резервате также насчитывается 155 гнездящихся видов птиц, т. е. присоединение к Водлозерскому парку территории Кожозерья не дает прибавления новых видов гнездовой орнитофауны. Исключение составляет глухая кукушка, однако она появляется на Кожозерье крайне редко и относится к числу предположительно гнездящихся.

Список гнездящихся птиц для Беломоро-Онежского водораздела, ограниченного южным побережьем Белого моря, р. Онегой до озера Лача, Беломорско-Балтийским каналом, восточным побережьем Онежского озера до устья р. Вытегры и центром Андомской возвышенности, расширяется до 173 видов, пополняясь 18 видами, новыми по сравнению с Водлозерско-Кожозерским резерватом. Во-первых, это 5 новых для региона видов, обнаруженных на сопредельных с резерватом трансформированных территориях – чомга, сероцекая поганка, большая выпь, лысуха, коноплянка. Во-вторых, это 13 видов, гнездование которых в современности достоверно не отмечено

Таблица 2. Фауногенетическая структура региональных авифаун в тайге Беломоро-Онежского водораздела

Фаунистические группы и подгруппы птиц	Водлозерско-Кожозерский резерват					Беломоро-Онежский водораздел
	Водлозерский парк			Кожозерский ландшафтный заказник	Резерват в целом	
	карельская часть	архангельская территория	весь парк			
1. Арктические	3	3	3	3	3	3
2. Гипоарктические	11	13	13	13	13	13
3. Северо-среднетаежные	27	26	28	28	28	28
4. Приокеанических бореальных формаций	5	4	5	5	5	5
5. Лесной палеарктической фауны	38	37	38	33	38	42
6. Азональные палеарктической фауны	18	13	18	12	18	21
7. Горные	3	3	3	3	3	3
8. Европейских широколиственных лесов	35	24	35	25	35	40
9. Дальневосточных хвойно-широколиственных лесов	8	6	8	6	8	9
10. Средиземноморские	3	–	3	–	3	3
11. Степи и лесостепи	1	–	1	–	1	6
Всего гнездящихся видов	152	129	155	128	155	173
В том числе (абс. и %):						
– северные виды (группы 1–4)	46 30,3	46 35,7	49 31,6	49 38,3	49 31,6	49 28,3
– широко распространенные виды (группы 5–7)	59 38,8	53 41,1	59 38,1	48 37,5	59 38,1	66 38,2
– южные виды (группы 8–11)	47 30,9	30 23,2	47 30,3	31 24,2	47 30,3	58 33,5

в резервате – серая куропатка и кобчик (озеро Лача), большой веретенник, дупель, кулик-сорока (материковый подвид), черная крачка, обыкновенная горлица, иволга, грач, галка, поползень, щегол, дубонос. Как видно из перечня новых гнездящихся видов, это по преимуществу птицы южного происхождения или азональные нелесные птицы, что повышает, хотя и незначительно, процент видов южного комплекса для Беломоро-Онежского водораздела по сравнению с Водлозерско-Кожозерским резерватом (соответственно 33,5 и 30 %). Между тем доля видов северного комплекса в резервате несколько выше, чем в регионе в целом (32 и 28 %).

Видовое разнообразие локальных фаун и соотношение внутри них основных фауногенетических групп птиц складываются в зависимости от комплекса естественных и антропогенных факторов. Ведущими факторами формирования видового разнообразия птиц в таежных местообитаниях выступают: 1) генетический тип ландшафта и географическая широта местности; 2) характер преобладающей лесной формации и степень заболоченности территории; 3) общая продуктивность и структурная неоднородность (мозаичность) ландшафта; 4) развитие внутренней гидрографической сети и соседство крупных водоемов; 5) уровень антропогенной трансформации экосистем – интенсивность сплошных рубок лесов, степень аграрного освоения, густота сети населенных пунктов [Сазонов, 2004]. Генетический тип ландшафта и его положение в системе зональных и подзональных координат определяют мезоклимат, преобладающую лесную формацию и биологическую продуктивность экосистем данного района. В каждой из зоогеографических полос тайги (южная, переходная, северная, низкогорная) и в каждом из ландшафтно-орнитологических районов формируются своеобразные наборы локальных фаун и образуются свои зональные соотношения основных фаунистических групп птиц в составе региональных авифаун и локальных фаун.

Наличие развитой гидрографической сети, соседство крупных озер и рек или морских побережий, служащих важными направляющими линиями миграций птиц, способствуют увеличению видового разнообразия орнитофауны. В условиях монотонной водораздельной тайги наличие крупных открытых болот, фрагментирующих лесной массив, также повышает разнообразие птиц за счет представления стаций для новых видов болотной и гидрофильной фауны, принадлежащих главным образом к северному комплексу. В сильнотрансформированных человеком таежных регионах крупные болотные массивы с уцелевшими от рубки лесными окрайками болот выполняют роль убежищ для целого ряда редких и уязвимых видов – болотных, водных и лесных, включая дневных хищников, сов и дятлов.

Особенности воздействия на орнитофауну ведущих в таежной зоне антропогенных факторов – аграрное освоение и сплошные рубки лесов, во многом определяются исходной ландшафтной основой. Размещение основных аграрных очагов приурочено к наиболее плодородным лесным почвам, главные транспортные пути и гнезда населенных пунктов расположены по берегам крупных рек и озер. Для ведения подсечного хозяйства в лесах выбирались самые производительные древостои; то же касается выборочных рубок леса, а на первых порах (XVII–XIX вв.) и сплошных рубок лесов, включая рубки на углежжение. То есть в наиболее продуктивных и мозаичных по структуре типах ландшафта и вблизи побережий крупных водоемов воздействие человека и его хозяйства на лесные экосистемы гораздо интенсивнее и глубже по своим последствиям для орнитофауны, по сравнению с водоразделами и типами ландшафта, характеризующимися пониженным бонитетом лесов или сильной заболоченностью.

Сказанное может быть проиллюстрировано на примере показателей видового разнообразия локальных фаун птиц, имеющихся для таежных ландшафтов на Северо-Западе России (рис. 1). Приведенные материалы дают представление об уровне разнообразия локальных фаун для трех меридиональных полос тайги: 1) западная приграничная полоса лесов между Россией и Финляндией; 2) срединная полоса, пролегающая через центр южной Карелии и западное побережье Белого моря до Кандалакши и Ловозера; 3) восточная полоса на границе Карелии и Архангельской области, проходящая через низовья р. Онеги и окрестности г. Архангельска, далее вдоль восточного берега Белого моря. Дополнительно приводятся цифры по числу гнездящихся птиц для отдельных участков тундры и лесотундры на п-ове Канин и на Кольском п-ове [Кищинский, 1960; Спангенберг, Леонович, 1960; Малышевский, 1962; Коханов, 1975; Зубцовский, Рябицев, 1976; Леонович, 1986; Бианки и др., 1993; Михайлов, 1993; Птицы Пасвика, 2007]. Как видно из материалов, наиболее высокие показатели видового разнообразия орнитофауны регистрируются в местностях южной Карелии, примыкающих к Ладожскому и Онежскому озерам (122–142 и до 155 видов). В водораздельных слабоосвоенных или сильнозаболоченных местностях разнообразие локальных фаун снижается даже на юге региона до 102–104 и 107–114 видов – Внутренняя Карелия, Сойдозерский участок, Новгудский и Монастырский участки. Одновременно и прежде всего в сильнозаболоченных ландшафтах растет доля участия птиц северного комплекса. На побережье Белого моря и в низовьях крупных рек, впадающих в него, состав гнездящихся птиц снова обогащается (115–121 и до 134 видов) за счет появления околоводных и морских видов птиц, относящихся главным образом к арктической и гипоарктической фауне.

Параллельно указанным тенденциям изменения показателей видового разнообразия наблюдаются закономерные смены состава локальных фаун в зональном аспекте (рис. 2). Наиболее высокое участие птиц южного комплекса обнаруживается в локальных фаунах Приладожья и Обонежья (34–39 %). Минимальное участие южных птиц отмечается для локальных фаун водораздельных территорий – Внутренняя Карелия, Сойдозерский участок, Новгудский и Монастырский участки в бассейне Илексы (25–31 и 21–25 %). Доля северных видов незначительна в местностях южной Карелии возле Ладожского и Онежского озер (14–16 и до 27 %), на водоразделах она возрастает и составляет 30–37 %. И, наконец, на побережье Белого моря доля птиц северного комплекса, включая арктические и гипоарктические виды, снова увеличивается – 37–46 и до 49 %.

Заключение

Современная система типов фауны и фаунистических групп птиц Палеарктики может быть охарактеризована как все еще незавершенная и требующая своего дальнейшего совершенствования. Заметное влияние в ее первоначальном становлении, в частности, на взгляды Б. К. Штегмана [1931, 1938] оказала, по всей вероятности, гипотеза о центрах происхождения культурных растений, обоснованная в трудах Н. И. Вавилова [1926, 1987а, б]. Согласно представлениям Н. И. Вавилова, в пределах умеренной и субтропической части Евразии имеются следующие важнейшие центры происхождения культурных растений: 1) Восточноазиатский центр, тяготеющий к Маньчжурии и субтропической области Китая; 2) Юго-западноазиатский центр, состоящий из очагов: а) переднеазиатского, б) северо-западноиндийского (в том числе Южный Афганистан, Пакистан, Кашмир), в) кавказского; 3) Средиземноморский центр, включая египетский очаг формообразования культурных растений. С некоторыми из указанных центров и очагов совпадают часть выделенных Б. К. Штегманом типов орнитофауны Палеарктики (китайский, средиземноморский), с другими

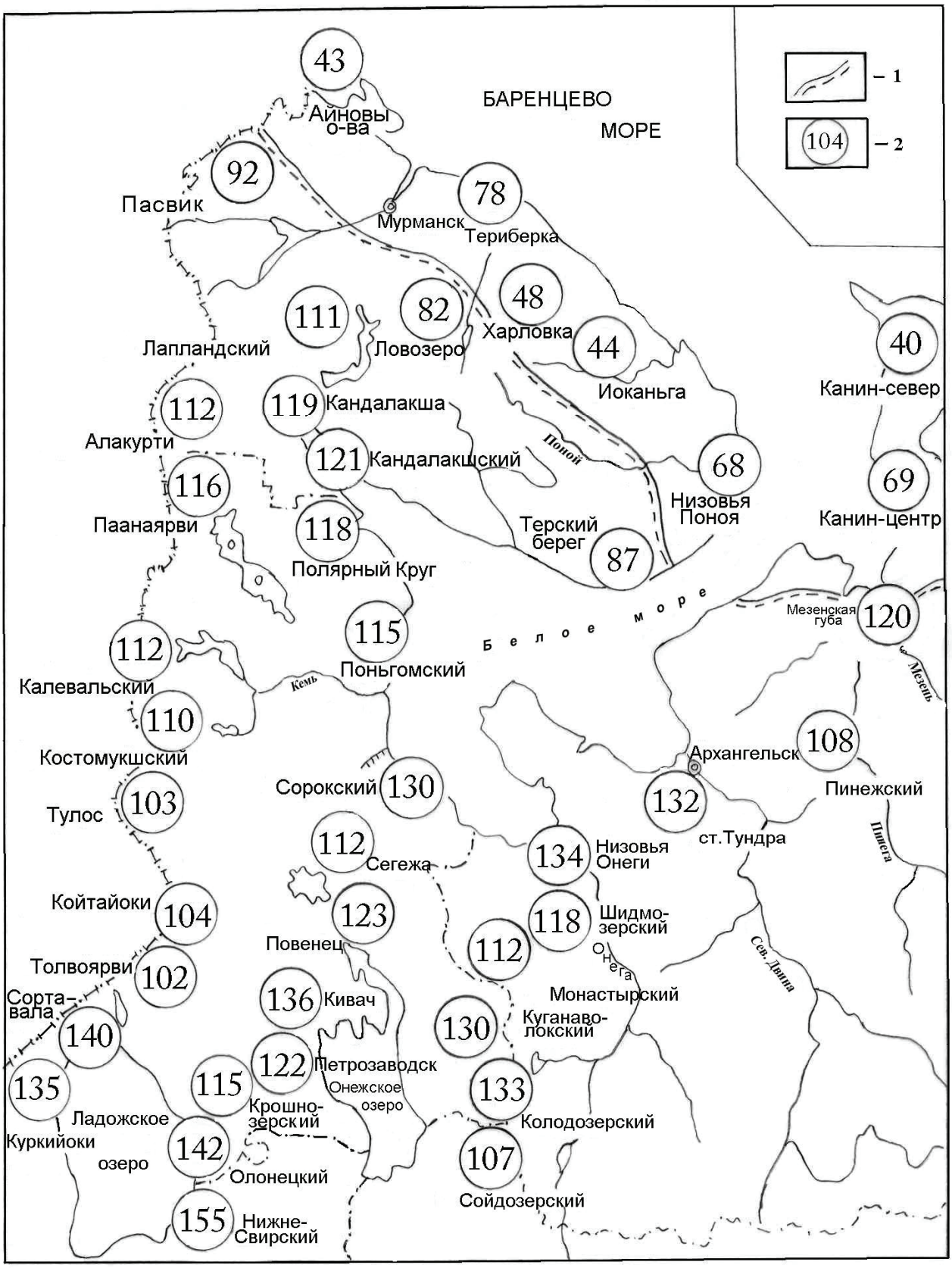


Рис. 1. Видовое разнообразие локальных фаун птиц в тайге, лесотундре и тундре Кольско-Карельского региона и запада Архангельской области:

1 – северная орнитогеографическая граница тайги; 2 – число гнездящихся видов в составе локальных фаун

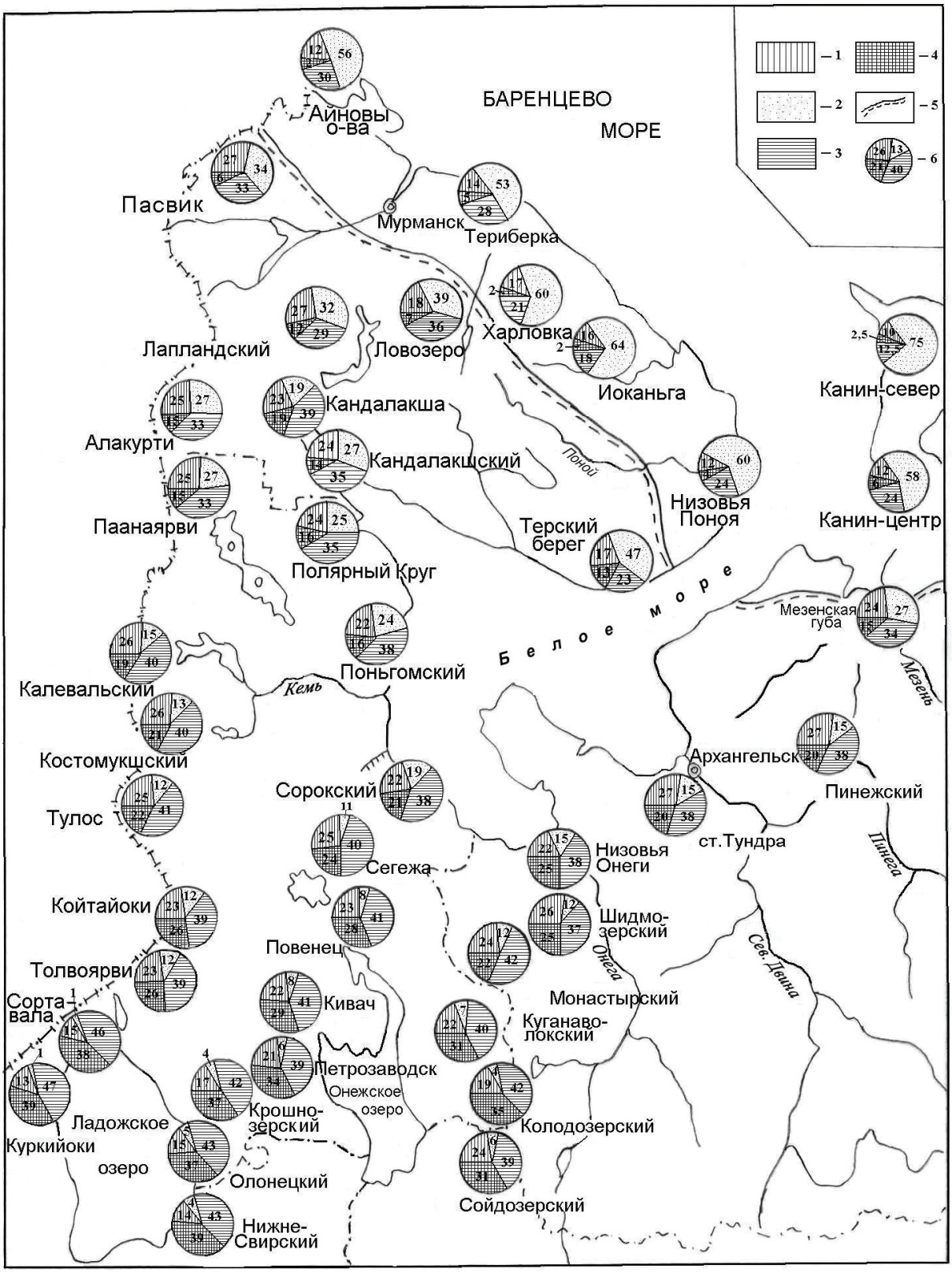


Рис. 2. Зональные изменения состава локальных фаун птиц в тайге, лесотундре и тундре Кольско-Карельского региона и запада Архангельской области:

1 – таежный комплекс; 2 – комплекс арктических и гипоарктических видов; 3 – комплекс лесных палеарктических и азональных видов (широко распространенных); 4 – комплекс видов европейских широколиственных лесов и средиземноморских; 5 – северная орнитогеографическая граница тайги; 6 – участие фаунистических комплексов в составе локальных фаун, % от общего числа гнездящихся видов

очагами они так или иначе сопрягаются (тибетский, монгольский типы фауны). Несмотря на ряд различий в орнитогеографических построениях и трактовках типов фауны, главный костяк типологического деления орнитофауны Палеарктики остается сравнительно неизменным. Отличия касаются характера и количества типов фауны (фаунистических групп), а также отнесения тех или иных видов птиц к определенным типологическим подразделениям. Таким образом, имеющаяся на сегодня система типов фауны и фаунистических групп птиц Палеарктики вполне пригодна для использования в зоогеографических исследованиях.

Классификация типов фауны и фаунистических групп птиц для запада евразийской тайги, разработанная ранее [Сазонов, 1997, 2003, 2004] и ныне обновленная, служит важным инструментом при проведении зоогеографических сравнений. Широкий опыт применения данной классификации в ходе анализа орнитофауны тайги на разных уровнях – в целом для Восточной Фенноскандии и отдельных регионов этой области, а также для серий локальных таежных фаун, показывает ее высокую эффективность [Сазонов, 1997, 2000, 2001, 2004]. При помощи данной классификации отчетливо вскрываются орнитогеографические различия, проявляющиеся как в зональном (широтном) аспекте, так и на ландшафтном уровне, например при сравнении местностей с разной степенью антропогенной трансформации территории.

Литература

Белик В. П. Птицы степного Придонья: формирование фауны, ее антропогенная трансформация и вопросы охраны. Ростов-на-Дону: Изд-во РГПУ, 2000. 376 с.

Белик В. П. Фаногенетическая структура авифауны Палеарктики // Зоол. журн. 2006. Т. 85, № 3. С. 298–316.

Бёме Р. Л. Птицы гор южной Палеарктики. М.: Изд-во МГУ, 1975. 181 с.

Бёме Р. Л. Особенности распространения горных птиц южной Палеарктики (эндемизм горной авифауны) // Орнитология. М.: Изд-во МГУ, 1984. Вып. 19. С. 3–12.

Бианки В. В., Коханов В. Д., Корякин А. С. и др. Птицы Кольско-Беломорского региона // Русский орнитол. журн. 1993. Т. 2. Вып. 4. С. 491–586.

Бобринский Н. А. География животных (курс зоогеографии). М.: Учпедгиз, 1951. 384 с.

Брунов В. В. Опыт анализа фаунистических групп птиц тайги Палеарктики // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1978. Т. 83. Вып. 5. С. 5–15.

Брунов В. В. О некоторых фаунистических группах птиц тайги Евразии // Современные проблемы зоогеографии. М.: Наука, 1980. С. 217–254.

Бутьев В. Т. Структура населения птиц северной тайги Европейской части СССР // Орнитология в СССР. Ашхабад, 1969. С. 153–165.

Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений // Труды по прикладной ботанике и селекции. 1926. Т. 16. Вып. 2.

Вавилов Н. И. Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987а. 440 с.

Вавилов Н. И. Пять континентов. Л.: Наука, 1987б. 213 с.

Гептнер В. Г. Пустынно-степная фауна Палеарктики и очаги ее развития // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1945. Т. 50. Вып. 1–2. С. 17–38.

Емельянов А. Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомол. обозр. 1974. Т. 53, № 3. С. 497–522.

Жуков В. С. Хорологический анализ орнитофауны Северной Евразии: ландшафтно-экологический аспект. Новосибирск: Наука, 2004. 182 с.

Зубцовский Н. Е., Рябицев В. К. Новые данные о птицах полуострова Канин // Орнитология. М.: Изд-во МГУ, 1976. Вып. 12. С. 228–231.

Кищинский А. А. К фауне и экологии птиц Териберского района Мурманской области // Труды Кандалакш. гос. заповедника. 1960. Вып. 2. С. 122–212.

Корнеева Т. М., Быков А. В., Речан С. П. Наземные позвоночные низовьев р. Онеги. М.: Наука, 1984. 89 с.

Коханов В. Д. К авифауне Терского берега Белого моря // Естеств. среда и биол. ресурсы Крайнего Севера. Л., 1975. С. 28–32.

Кузнецов Б. А. Очерк зоогеографического районирования СССР. М.: Изд-во МОИП, 1950. 176 с.

Кулик И. Л. Взаимопроникновение фаунистических комплексов млекопитающих // Современные проблемы зоогеографии. М.: Наука, 1980. С. 272–284.

Кучерук В. В. Степной фаунистический комплекс млекопитающих и его место в фауне Палеарктики // География населения наземных позвоночных и методы ее изучения. М., 1959. С. 45–87.

Кучерук В. В. Опыт анализа развития взглядов русских зоогеографов на расчленение Палеарктики // Основные проблемы териологии. Труды МОИП. Отд. биол. 1972. Т. 48. С. 150–176.

Леонович В. В. Изменения в авифауне юга полуострова Канин // Орнитология. М.: Изд-во МГУ, 1986. Вып. 21. С. 136–137.

Малышевский Р. И. Летние наблюдения над птицами Терского берега Белого моря // Орнитология. М.: Изд-во МГУ, 1962. Вып. 5. С. 13–27.

Мензбир М. А. Очерк истории фауны европейской части СССР. М.; Л., 1934. 223 с.

Михайлов К. Е. Авифауна зональных тундр северной части Кольского полуострова // Русский орнитол. журн. 1993. Т. 2, № 1. С. 7–28.

Нейфельдт И. А. Об орнитофауне южной Карелии // Труды Зоол. ин-та АН СССР. 1958. Т. 25. С. 183–254.

Неронов В. М., Арсеньева Л. П. Зоогеографический анализ фауны грызунов Афганистана // Современные проблемы зоогеографии. М.: Наука, 1980. С. 254–272.

Паевский В. А., Карелина Л. Д. Орнитологические наблюдения на юго-восточном побережье Онежской губы // Орнитология. М.: Изд-во МГУ, 1991. Вып. 25. С. 169–170.

Птицы Пасвика / Е. И. Хлебосолов, О. А. Макарова, О. А. Хлебосолова и др. Рязань: НП «Голос губернии», 2007. 176 с.

Сазонов С. В. Орнитофауна заповедников и национальных парков северной тайги Восточной Фенноскандии и ее зоогеографический анализ. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1997. 116 с.

Сазонов С. В. Характеристика локальных фаун птиц Заонежья // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и Северного Приладожья. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С. 149–156.

Сазонов С. В. Локальные фауны птиц // Инвентаризация и изучение биол. разнообразия на территории центральной Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 134–149.

Сазонов С. В. Характеристика фаунистических групп птиц запада евразийской тайги // Труды Карельского НЦ РАН. Биогеография Карелии. Вып. 4. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 160–172.

Сазонов С. В. Орнитофауна тайги Восточной Фенноскандии: исторические и зонально-ландшафтные факторы формирования. М.: Наука, 2004. 391 с.

Сазонов С. В. Птицы тайги Беломоро-Онежского водораздела. Петрозаводск, 2010. Рукопись. 677 с.

Спангенберг Е. П., Леонович В. В. Птицы северо-восточного побережья Белого моря // Труды Кандалакшского гос. заповедника. 1960. Вып. 2. С. 213–336.

Сушкин П. П. Зоологические области средней Сибири и ближайших частей нагорной Азии и опыт истории современной фауны Палеарктической Азии // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1925. Новая серия. Т. 34. С. 7–86.

Чернов Ю. И. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 1975. 222 с.

Чернов Ю. И. Экология и биогеография. Избранные работы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 508 с.

Штегман Б. К. О происхождении орнитофауны тайги // Докл. АН СССР. 1931. № 13. С. 350–357.

Штегман Б. К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики. М.; Л., 1938. 156 с.

Шульпин Л. М. Орнитология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1940.

Lattin G. Grundri der Zoogeographie. Jena, 1967. 602 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сазонов Сергей Владимирович
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: forest@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Sazonov, Sergey
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: forest@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 86–93

УДК 504.75. 591.53

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ ГАГИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*SOMATERIA MOLLISSIMA* L.) БЕЛОГО МОРЯ

Г. А. Шкляревич, О. В. Фомина

Петрозаводский государственный университет

Исследовалось питание морской утки гаги обыкновенной в одном из типичных шхерных участков беломорской акватории в связи с инвазированностью ведущих компонентов. Анализ пищевого рациона проводился с использованием копрологического метода. Основу питания составляют мелководные бентосные беспозвоночные, большая часть которых представлена моллюсками мидиями. Проведенный нами качественный анализ рациона показал, что гага потребляет в летний период наиболее массовых и доступных для питания бентосных организмов, большинство из которых являются промежуточными хозяевами различных паразитических организмов.

Ключевые слова: гага обыкновенная *Somateria mollissima*, питание, *Mytilus edulis*, мелководье, бентосные беспозвоночные, Порья Губа, Кандалакшский залив, Белое море.

G. A. Shklyarevich, O. V. Fomina. FORMATION PATTERNS OF THE PARASITE FAUNA OF COMMON EIDER (*SOMATERIA MOLLISSIMA* L.) IN THE WHITE SEA AREA

Excreta samples were collected from the marine ducks' nesting area near islands. Analysis of the samples has shown that the diet of the species consisted mainly of benthic invertebrates. Mollusks and arthropods were the greatest group. Common mussels *Mytilus edulis* were found in all samples. Quite possibly, the poor identifiability of digested remains may have resulted in underestimating of Polychaeta and crustacean shares in the Eider diet. Eider foraging strategy is usually targeted at the most numerous benthos groups in the study area such as mollusks and crustacea. The diet of Common Eider in summer consists almost exclusively of intertidal and shallow-water invertebrates – intermediate hosts of richest parasite fauna.

Key words: Eider *Somateria mollissima*, foraging, blue mussels *Mytilus edulis*, shallow waters, benthic invertebrates, Porja Guba Bay, Gulf of Kandalaksha, the White Sea.

Введение

Познание экологических процессов, происходящих в природных комплексах, теснейшим образом связано с изучением питания и пищевых взаимоотношений видов животных, их населяющих. Трофологическое направление в исследовании биотических взаимоотношений животных самых различных таксономических рангов занимает в настоящее время одно из приоритетных мест, так как именно сложно организованные трофические процессы лежат в фундаменте функционирования экосистем Белого моря. Это направление становится

чрезвычайно актуальным еще и потому, что процесс питания водных позвоночных животных вносит не всегда безопасные (для человека) коррективы в состояние здоровья окружающей среды. Хищничество и паразитизм наряду с другими биотическими взаимоотношениями, возникающими в мелководных морских биоценозах, являются облигатными и лежат в основе сложных экологических систем, функционирующих как единое целое. Паразитизм лежит в основе коэволюционной составляющей трофики беспозвоночных любого водоема (и Белое море не исключение) – их паразитофауны. Причем в биоценозах протекает именно совместная сопряженная эволюция организмов, объединенных трофическими и паразитическими взаимоотношениями. Паразит и хозяин являются эволюционными факторами друг для друга, поэтому с течением времени может происходить регуляция плотности популяций первого и второго в зависимости от изменяющегося состояния окружающей среды. В результате могут вспыхивать массовые заболевания внезапно на фоне кажущегося благополучия [Контримавичус, 1982]. Так, с 1949 г. в заповедной акватории Кандалакшского государственного природного заповедника в Белом море систематически наблюдается гибель птенцов, а в некоторых случаях и взрослых морских уток *Somateria mollissima* L. Причиной гибели во всех случаях были паразитические организмы, в основном относящиеся к Типу Plathelminthes, к классам Trematoda и Cestoda и к Типу Nemathelminthes, к классу Nemathoda [Кулачкова, 1979]. Гаги заражаются во время питания морскими мелководными беспозвоночными животными, которые являются промежуточными хозяевами разнообразной паразитофауны в Белом море.

Необходимым условием теоретической и практической разработки профилактики любой паразитарной эпизоотии является знание условий и особенностей жизни, в целом экологии и эколого-паразитологических взаимосвязей хозяина и паразита на всех стадиях его развития и во всех средах – от внешней окружающей до внутренней среды промежуточных и окончательных хозяев.

В связи с вышесказанным нами были предприняты исследования состава кормов гаги обыкновенной (*Somateria mollissima* L.) для понимания значения их ведущих компонентов в формировании паразитофауны и циркуляции массовых гельминтозов птиц Белого моря.

Материалы и методы исследования

В июне–июле 2006 г. на островах Кандалакшского государственного природного заповедника, в районе Порьей Губы (рис. 1) (Кандалакшский залив Белого моря) был собран помет гаги обыкновенной *Somateria mollissima* L., летующей в районе Порьей Губы.

Материал собирался на 4 островах во время полной воды в местах отдыха этих морских уток после их кормежки. Всего было собрано 30 порций. Пробы собирали в бумажные пакеты, помет высушивали в тени в полевых условиях. В лаборатории каждую пробу в отдельной чашке Петри размачивали в морской воде в течение не менее 3 часов. Затем просматривали под бинокуляром и микроскопом и проводили идентификацию съеденных гагой гидробионтов по фрагментам их остатков, прошедших через пищеварительный тракт, но при этом сохранивших характерные структуры или формы покровных и некоторых других тканей. Идентификация проводилась, по возможности, до вида, рода или более высокоранговых таксономических групп.

Исследования, проведенные в 50–70-е годы прошлого века, показали, что питание гаги обыкновенной в Кандалакшском и Онежском заливах (по результатам анализа содержимого 83 желудков) состоит из 20 видов [Перцов, 1963] и по результатам анализа содержимого 292 желудков из 53 [Бианки, 1979] видов беспозвоночных. При общепризнанной среди орнитологов традиционности такого метода изучения питания он имеет ряд существенных недостатков [Шкляревич, 1982].

Примененный нами метод копрологического исследования более надежно отражает качественную характеристику трофической составляющей (хотя не дает представления о количественной ее стороне) экологии гаги обыкновенной. Отчасти благодаря преимуществам нашего метода в результате наших исследований, проведенных на значительно меньшей площади, в более короткий промежуток времени по сравнению с предшествующими работами [Перцов, 1963; Бианки, 1979] выявлен достаточно широкий спектр кормовых объектов (19 видов животного происхождения) у этого вида морских уток. Отчасти такая высокая степень видового разнообразия кормов объясняется богатым качественным составом мелководного зообентоса в Порьей Губе, представленным 244 видами [Шкляревич, 1999] (от общего количества макрозообентоса Белого моря это составляет не менее 30 %).

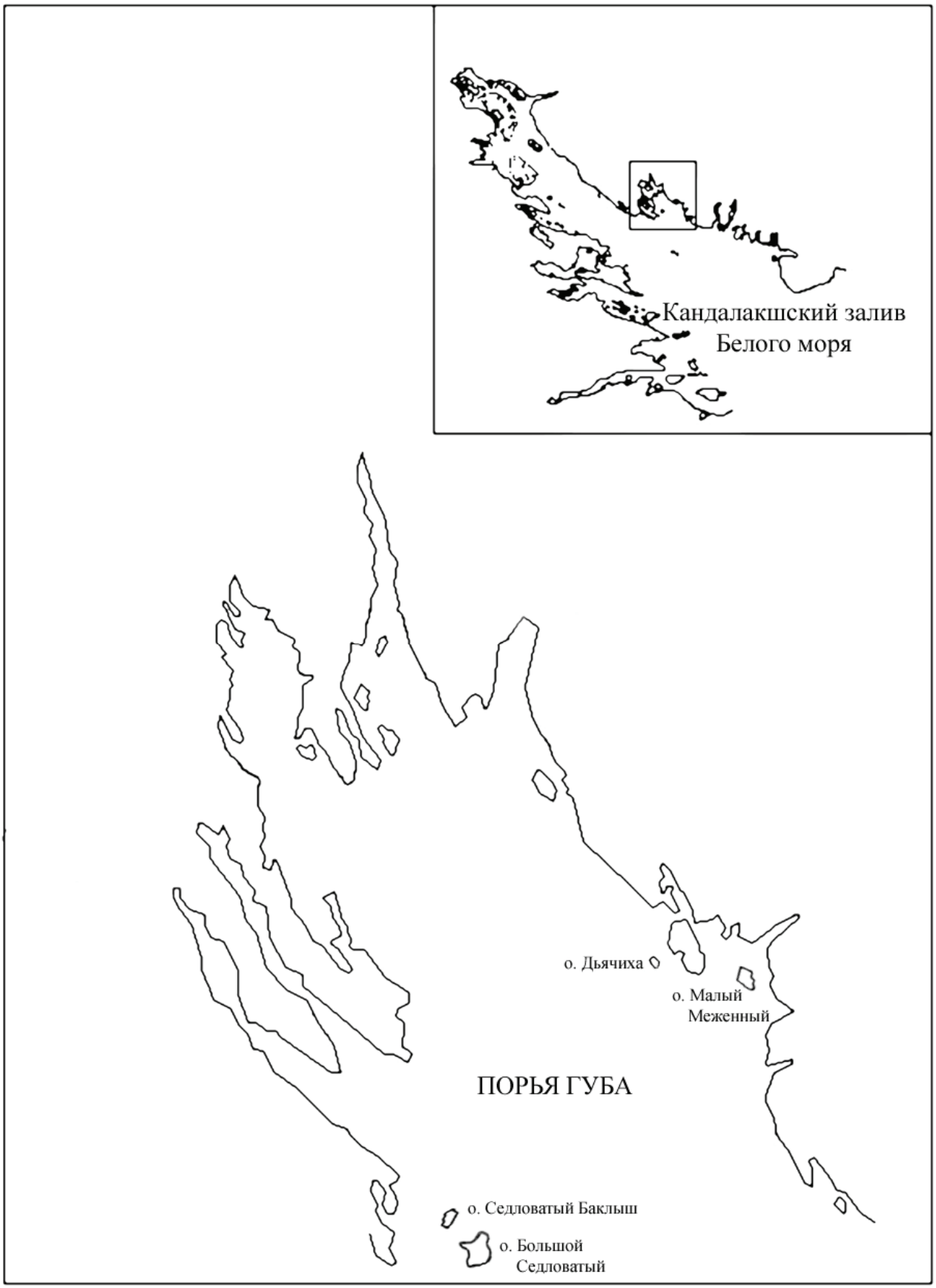


Рис. 1. Карта-схема района исследований особенностей питания и качественного состава кормов гаги обыкновенной (*Somateria mollissima* L.)

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анализа проб помета гаги обыкновенной, собранных в Порьей Губе Кандалакшского залива Белого моря, представлены в таблице. Они показали, что летнее питание этой утки в исследуемом районе было разнообразным и состояло из 43 компонентов животного и растительного происхождения. Беспозвоночные животные представлены 34 видами и группами более высокого таксономического ранга (см. табл.).

Основу питания гаги, обитающей летом в Порьей Губе, составляют моллюски – это согласуется с литературными данными в целом по всему Белому морю [Перцов, 1963; Бианки, 1979]. Эти утки в исследованном нами районе летом 2006 г. предпочитали моллюсков: 10 компонентов питания относились к брюхоногим и 9 компонентов – к двустворчатым моллюскам. Это составило соответственно не менее 38 и 43 % списочных составов Gastropoda и Bivalvia, обитающих на мелководьях Порьей Губы.

Большее предпочтение при питании гаги отдают двустворчатым моллюскам, имеющим более оптимальные размеры (максимальный параметр литоральных мидий колеблется от 1 до 4 см), по сравнению с брюхоногими, что позволяет птицам экономить энергетические затраты при сборе пищи и время для необходимого последующего отдыха. Хотя все кормовые Gastropoda в исследованном районе обитают на поверхности различных субстратов. Это медлительные, свободно передвигающиеся животные, – их гаге можно легко собирать. Самые распространенные из них – несколько видов рода Littorina, имеющих в среднем и нижнем горизонтах литорали высокие плотность – 2 318 экз/м^2 и биомассу – 156 г/м^2 [Шкляревич, 1982].

Около половины особей популяций всех беломорских видов рода Littorina (экстенсивность инвазии многих популяций достигает 50–60 % [Сергиевский, 1997], иногда даже до 80 % [Кулачкова, 1979]), являются промежуточными хозяевами 10 видов паразитических червей (Trematoda). Виды паразитов группы «pigmaeus» существенно модифицируют поведение моллюсков: зараженные особи во время отлива остаются на открытых поверхностях субстратов (здоровые прячутся под водоросли). Зараженные моллюски поедаются птицами в первую очередь.

Bivalvia являются прикрепленными биссусными нитями к различным субстратам, например *Mytilus edulis, Modiolus modiolus* или являются представителями инфауны, такие как *Serripes groenlandicus, Arctica islandica*. При питании гаги отрывают прикрепляющихся или выкапывают инфаунных моллюсков из грунта. Мидии на литорали встречаются часто в больших количествах – до 4 тыс. экз./м^2, их биомасса колеблется от 0,5 до 4 кг/м^2. *M. Modiolus* обитает в районе наших исследований на мелководьях от 0 до 20 м в довольно больших количествах – до 3 кг/м^2. *S. groenlandicus* имеет в среднем плотность 21 экз./м^2, биомассу – 66 г/м^2; *A. islandica* – 17 экз./м^2 и 74 г/м^2 соответственно. Массовый моллюск мидия является промежуточным хозяином таких наиболее распространенных трематод, как *Prosorhynchus squamatus, Psilostomum brevicolle* и представители родов Himasthla, Renicola и Gymnophallus.

Некоторые двустворки прикрепляются к талломам водорослей биссусом, из его нитей строят гнездо, внутри которого и обитают на протяжении всего жизненного цикла, в частности, виды рода Musculus. *Musculus discors*, например, в районе наших исследований встречается с плотностью 150 экз./м^2 и с биомассой 68 г/м^2.

Более высокую встречаемость имели морские звезды *Asterias rubens* (в среднем 7,5 %), тогда как в литературе [Бианки, 1979] по питанию беломорских гаг аналогичный показатель этого вида звезд составлял не более 2 %.

В целом иглокожих Echinodermata гаги поедали во всех исследованных мелководьях довольно большое количество – от 8,3 % у о. Дьячиха до 10 % у о. Седловатый Баклыш (рис. 2). Как видно из рисунка, основными группами кормов *Somateria mollissima* в районе Порьей Губы летом 2006 г. были Mollusca, Arthropoda (Crustacea) и Echinodermata – встречались в помете, оставленном после кормежки, и отдыха на всех обследованных островах. Аналогичную встречаемость имеют и Coelenterata, но они представлены лишь мелкими эпифаунными гидроидными полипами, которые, по всей вероятности, заглатываются гагой попутно вместе с другими гидробионтами. Черви – Annelida входили в состав питания гаги на трех островах, кроме о. Дьячиха. Кости мелких рыб, по всей вероятности, трехиглой колюшки – *Gasterosteus aculeatus* содержались в помете, собранном на двух островах Малый Меженный и Дьячиха.

Фрагменты талломов водорослей – Algae и листьев *Zostera marina* попадают в пищеварительный тракт гаги, скорее всего, попутно вместе с обитающими на их поверхности беспозвоночными животными. Несмотря на возможно случайное включение морской растительности в рацион, биохимические ее вещества все же,

Встречаемость кормов в помете обыкновенной гаги в районе Порьей Губы Белого моря в 2006 г.

Компоненты питания	О. Большой Седловатый		О. Седловатый Баклыш		О. Малый Меженный		О.-луда Дьячиха	
	кол-во компо-нентов пита-ния	%	кол-во компо-нентов пита-ния	%	кол-во компо-нентов пита-ния	%	кол-во компо-нентов пита-ния	%
Cnidaria								
Hydropolipae, ближе не определены	4	5,0	1	3,3	3	4,5	1	8,3
Annelida								
Nereis pelagica	1	1,3	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Alitta virens	0	0,0	0	0,0	2	3,0	0	0,0
Polychaeta, ближе не определены	3	3,8	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Arthropoda								
Crustacea								
Balanus balanus или Balanus crenatus	1	1,3	0	0,0	2	3,0	0	0,0
Balanus spp.	0	0,0	0	0,0	1	1,5	1	8,3
Amphipoda spp.	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Pagurus pubescens	0	0,0	1	3,3	0	0,0	1	8,3
Hyas araneus	0	0,0	1	3,3	1	1,5	0	0,0
Decapoda, ближе не определены	0	0,0	1	3,3	1	1,5	0	0,0
Caprellidae, ближе не определены	1	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Crustacea, ближе не определены	5	6,3	0	0,0	3	4,5	2	16,7
Mollusca								
Loricata								
Tonicella marmorea	5	6,3	2	6,7	1	1,5	1	8,3
Gastropoda								
Margarites helicinus	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Margarites spp.	1	1,3	0	0,0	2	3,0	1	8,3
Littorina littorea	2	2,5	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Littorina obtusata	1	1,3	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Littorina saxatilis	1	1,3	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Littorina spp.	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Skeneopsis planorbis	0	0,0	1	3,3	0	0,0	0	0,0
Naticidae	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Buccinum spp.	6	7,5	3	10,0	3	4,5	1	8,3
Gastropoda, ближе не определены	2	2,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Bivalvia								
Musculus spp.	1	1,3	2	6,7	1	1,5	0	0,0
Modiolus modiolus	7	8,8	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Mytilus edulis	12	15,0	5	16,7	8	11,9	2	16,7
Tridonta borealis	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Hiatella arctica	0	0,0	1	3,3	3	4,5	0	0,0
Ciliatocardium ciliatum	1	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Serripes groenlandicus	1	1,3	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Arctica islandica	0	0,0	1	3,3	0	0,0	0	0,0
Bivalvia, ближе не определены	5	6,3	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Echinodermata								
Asterias rubens	7	8,8	2	6,7	4	6,0	1	8,3
Ophiuroidea, ближе не определены	0	0,0	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Pisces								
Рыба, ближе не определена	0	0,0	0	0,0	1	1,5	1	8,3
Algae								
Phaeophyta								
Laminaria spp.	1	1,3	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Cladophora rupestris	2	2,5	0	0,0	2	3,0	0	0,0
Sphacellaria plumosa	0	0,0	0	0,0	2	3,0	0	0,0
Fucales, ближе не определены	5	6,3	2	6,7	2	3,0	0	0,0
Rhodophyta								
Corallina officinalis	3	3,8	1	3,3	2	3,0	0	0,0
Phyllophora brodiaei	0	0,0	1	3,3	0	0,0	0	0,0
Rhodophyta nitella	2	2,5	0	0,0	1	1,5	0	0,0
Zostera marina	0	0,0	0	0,0	2	3,0	0	0,0

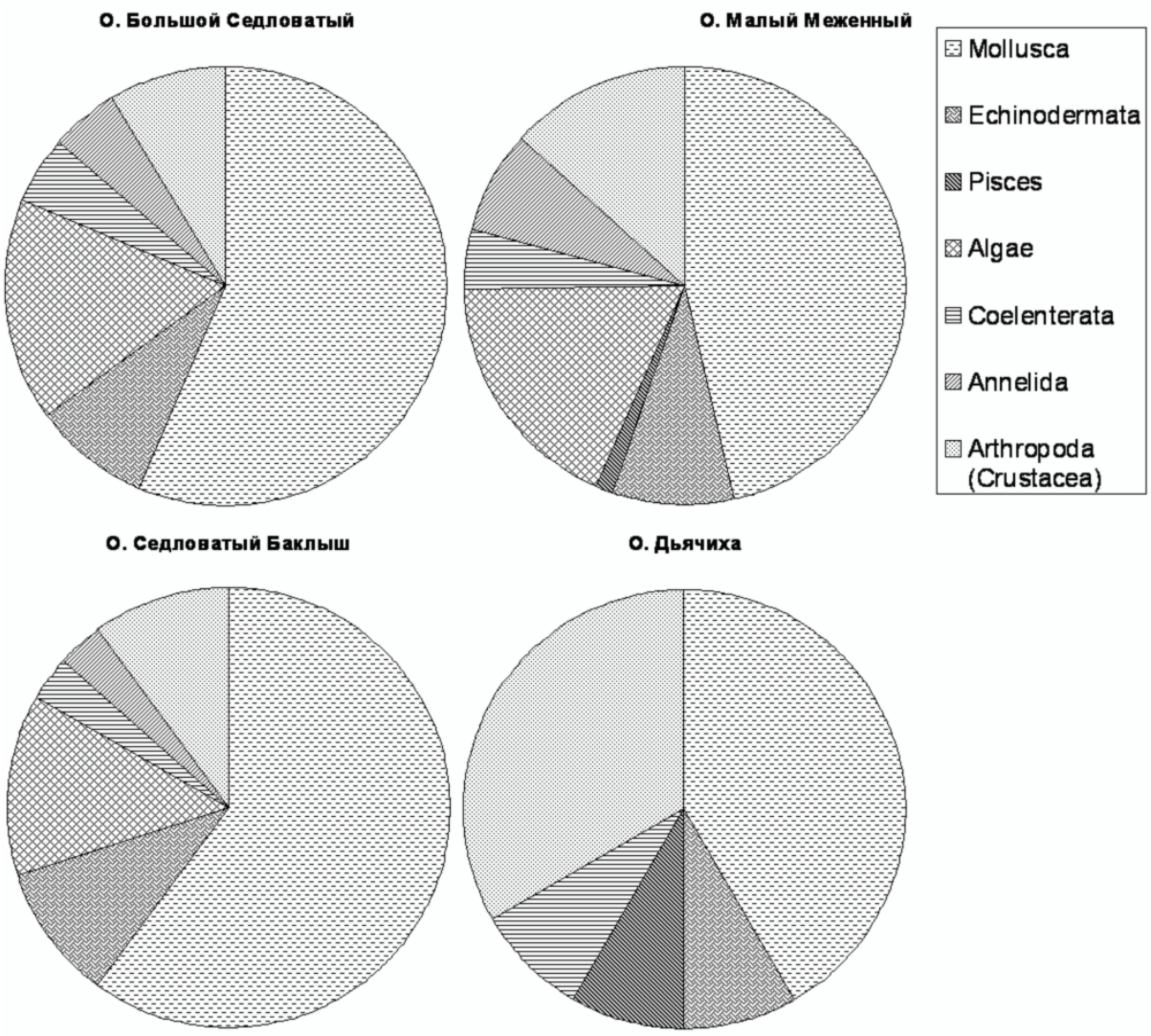


Рис. 2. Встречаемость различных типов кормов в питании гаги обыкновенной, летующей в районе Порьей Губы Кандалакшского залива Белого моря

по всей вероятности, участвуют в метаболизме организма гаги. Все остальные компоненты (беспозвоночные и рыбы) потребляются этой морской уткой при ее активном избирательном поведении, исключение составляют лишь брюхоногие моллюски *Skeneopsis planorbis* (см. табл.) и гидроидные полипы (Cnidaria), которые из-за малых размеров своего тела (диаметр раковины взрослого моллюска менее 3 мм, высота ствола побега полипов менее 1 см) входят в состав питания аналогично растительным объектам (попутно с основными кормами).

Гага относится по стратегии своего пищевого поведения к «искателям – searchers» [Пианка, 1981, с. 167]. По теории оптимизации добывания пищи Мак-Артура [MakArthur, 1972], наилучшей стратегией в этом случае будет такая, при которой поедаются все встреченные кормовые объекты, наиболее подходящие для питания.

Было установлено [Кулачкова, 1987], что большинство водоплавающих и околоводных птиц Белого моря имеют общие места гнездования и кормежки с обыкновенной гагой и поэтому играют все вместе большую роль в поддержании очага гельминтозных заболеваний, являясь источником поступления во внешнюю среду инвазионного начала. Всего у гаги обыкновенной и еще у 10 видов пластинчатоклювых и 4 видов куликов было выявлено 103 вида сосальщиков и 75 видов круглых червей. У гаги всего было зарегистрировано 34 вида паразитов, из которых 29 являются гельминтами [Кулачкова, 1987]. Наиболее опасными являются *Paramonostomum alveatium, Microphallus pygmaeus.*

Известно [Кулачкова, 1966], что фауна паразитирующих в птицах организмов подвержена не только погодичным флюктуациям, но, несмотря на сравнительно короткий период

(весенне-летне-осенний) пребывания окончательных хозяев – птиц в Белом море, сезонным изменениям. Таким же временным колебаниям основных биономических количественных показателей подвержены и беспозвоночные животные, являющиеся кормовыми объектами птиц. От весны до осени увеличивается плотность поселений большинства видов кормовых беспозвоночных. В середине лета обилие беспозвоночных – промежуточных хозяев паразитических организмов, обитающих на хорошо прогреваемых и защищенных от ветров мелководьях (от литорали до глубины 5–10 м), благоприятствует развитию и существованию различных паразитических организмов во всех фазах их жизненного цикла.

Межгодовые колебания количественных показателей мидий по данным, полученным в районе наших исследований в 2004–2008 гг., например имели амплитуду плотности от 20 до 48 тыс. экз./м^2 и биомассы – от 2,5 до 8,5 кг/м^2.

Заключение

В результате анализа наших данных подтвердился вывод [Перцов, 1963; Бианки, 1979] о том, что гага является в основном малакофагом и главным пищевым объектом ей служит *Mytilus edulis.* Поскольку мидии в исследованных мелководьях образуют лишь отдельные небольшие по размеру друзы и щетки, гагам приходится питаться более разнообразной пищей, чем в других районах Белого моря, содержащих большие по площади плотные мидиевые поселения и банки. Питание этой утки в исследуемом районе было разнообразным и состояло из 43 компонентов животного и растительного происхождения. Беспозвоночные животные представлены 34 видами и группами более высокого таксономического ранга.

С 1949 г. в Белом море систематически наблюдается гибель птенцов, а в некоторых случаях и взрослых морских уток *Somateria mollissima* L. Причиной гибели во всех случаях были паразитические организмы. У гаги всего зарегистрировано 34 вида паразитов, из которых 29 являются гельминтами.

Птицы заражаются, питаясь морскими мелководными беспозвоночными животными, которые являются промежуточными хозяевами разнообразной паразитофауны в Белом море. Главный источник заражения птиц – их кормовые объекты – беспозвоночные животные обитают на мелководьях: на литорали и в верхних горизонтах сублиторали.

В последнее время в Белом море «современное состояние морских экосистем близко к фоновому, соответствующему климатической норме и относительно низкому уровню антропогенных нагрузок» [Комплексные исследования…, 2007, с. 63].

Паразитизм наряду с другими биотическими взаимоотношениями, возникающими в мелководных морских биоценозах, является неотъемлемой частью функционирования сложных экологических систем, сформировавшихся в филогенезе. Трофическая составляющая сложившихся экосистем поддерживает континуум паразитологической ситуации в Белом море.

Цели и задачи наших будущих исследований в этом направлении будут заключаться в продолжении слежения за состоянием и межгодовыми изменениями количественных показателей массовых беспозвоночных (кормовых объектов) на мелководьях Белого моря с учетом новых паразитологических данных. Такие многолетние исследования морских мелководных беспозвоночных с учетом изменяющихся параметров окружающей среды и паразитологической ситуации позволят правильно понимать роль беспозвоночных как кормовых объектов птиц в поддержании континуума эпизоотологической ситуации в Белом море и осуществлять контроль над ней.

Авторы выражают глубокую благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника за предоставленную возможность сбора полевого материала и содействие в работе.

Литература

Бианки В. В. Питание обыкновенной гаги Белого моря / В. В. Бианки, Н. С. Бойко, Е. А. Нинбург, Г. А. Шкляревич // Экология и морфология гаг в СССР. М.: Наука, 1979. С. 126–170.

Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Североевропейского бассейна. Проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан». Вып. 2. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2007. 633 с.

Контримавичус В. Л. Паразитизм и эволюция экосистем (экологические аспекты паразитизма) // Журн. общ. биол. 1982. Т. 43, № 3. С. 291–302.

Кулачкова В. Г. Трематоды морянки (*Clangula hiemalis* L.) Кандалакшского залива Белого моря // Труды Гельминтологической лаборатории АН СССР. М., 1966. Т. 17. С. 82–87.

Кулачкова В. Г. Гельминты как причина смертности обыкновенной гаги в вершине Кандалакшского залива // Экология и морфология гаг в СССР. М.: Наука, 1979. С. 119–125.

Кулачкова В. Г. Паразитологические исследования на Белом море // Гидробиологические и ихтио-

логические исследования на Белом море. Сб. науч. трудов (Проект «Белое море»). Изд. ЗИН АН СССР, 1987. С. 107–131.

Перцов Н. А. Питание гаги Кандалакшского заповедника и роль ее в динамике литоральной фауны / Н. А. Перцов, В. Е. Флинт // Труды Кандалакшского государственного заповедника. Вып. 4. Воронежское книжное издательство, 1963. С. 7–28.

Пианка Э. Р. Эволюционная экология / Пер. с англ. под ред. Гилярова. М.: Мир, 1981. 400 с.

Сергиевский С. О. Популяционная фенетика брюхоногих моллюсков рода Littorina / С. О. Сергиевский, В. Я. Бергер, Д. В. Богданов и др. // Популяционная фенетика. М.: Наука, 1997. С. 25–44.

Шкляревич Г. А. Запасы беспозвоночных и водорослей на литорали заповедных островов в вершине Кандалакшского залива // Десятая сессия ученого совета по проблеме «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». Тез. докл. Сыктывкар, 1977. С. 72–73.

Шкляревич Ф. Н. О весеннем питании обыкновенной гаги на Семи островах (Восточный Мурман) / Ф. Н. Шкляревич, Г. А. Шкляревич // Экология и морфология птиц на крайнем северо-западе СССР. Сб. науч. трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР. М., 1982. С. 56–65.

Шкляревич Г. А. Водоросли и беспозвоночные животные мелководий Порьей Губы. Апатиты, 1999. 70 с.

MakArthur R. H. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. New York: Harper & Row, 1972. 269 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шкляревич Галина Андреевна
профессор, д. б. н.
ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»,
Эколого-биологический факультет
пр. Ленина, д. 33, ул. Красноармейская, 31, Петрозаводск, 185910, Россия
эл. почта: gash@psu.karelia.ru, Cerianthus@sampo.ru
тел.: (8142) 781741

Фомина Ольга Викторовна
зам. директора по научной работе, к. б. н.
ФГУ «Государственный заповедник «Кивач»
пос. Кивач, Кондопожский район, Карелия, 186220
эл. почта: ofomina@onego.ru
тел.: 89217018680

Shklyarevich, Galina
Faculty of Ecology and Biology, Petrozavodsk State University
33 Lenin Av., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: gash@psu.karelia.ru, Cerianthus@sampo.ru
tel.: (8142) 781741

Fomina, Olga
Kivach Strict Nature Reserve
186220 Kivach Vil., Kondopozhskiy District, Karelia, Russia
e-mail: ofomina@onego.ru
tel.: 89217018680

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 94–101

УДК 597.552.511

ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОЛОДИ КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. В ВОДОЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Ю. А. Шустов[1], И. А. Тыркин[2], Е. Н. Белякова[1]

[1]*Петрозаводский государственный университет*
[2]*СевНИИРХ ПетрГУ*

Представлены данные, характеризующие возрастные особенности роста молоди кумжи *Salmo trutta* (L. 1758) в водоемах Европейского Севера России. Темп роста пестряток кумжи значительно выше, чем пестряток лосося. В отличие от молоди атлантического лосося для пестряток кумжи характерны ситуации, когда старшие по возрасту особи могут существенно уступать по своим размерам и весу более младшим рыбам. Показано, что темп роста кумжи в первую очередь определяется не географическим положением водоемов, что свойственно атлантическому лососю, а их климатическими, гидрологическими и кормовыми условиями рек.

К л ю ч е в ы е с л о в а : кумжа, пестрятки, рост, водоемы Европейского Севера.

Yu. A. Shustov, I. A. Tyrkin, E. N. Belyakova. CHARACTERISTICS OF JUVENILE BROWN TROUT *SALMO TRUTTA* L. GROWTH IN THE NORTH OF EUROPEAN RUSSIA

Compared with the growth of juvenile Atlantic salmon there are some differences in the mechanisms of juvenile brown trout growth in waters of the north of European Russia. The growth rate of juvenile brown trout is considerably higher than that of juvenile Atlantic salmon. As opposed to juvenile Atlantic salmon it often happens among brown trout parr that older individuals turn out to be appreciably smaller in size and weight than younger individuals. According to our data the growth rate of brown trout is primarily controlled by the climatic, hydrological and feeding conditions rather than by the geographical location as in the case of Atlantic salmon.

K e y w o r d s : brown trout, parr, growth, waters of the European North of Russia.

Введение

Лососевые рыбы играют ведущую роль в водных экосистемах северных рек. Естественно, что эти рыбы являются основным объектом изучения многих аспектов биологии, экологии, физиологии и биохимии рыб, включая и исследования их роста. Из литературных данных известно, что рост молоди атлантического лосося в первую очередь определяется сроками ее нагула, а поэтому зависит от длительности периода с оптимальными температурами, и, следовательно, от широты и климатических особенностей региона [Шустов, 1983]. В то же время в реках, расположенных на одной географической широте и даже в разных участках единой водной системы, могут наблюдаться существенные различия в росте рыб [Мельникова, 1970; Mills, 1971; Митанс, 1973 и др.]. Особо выделяются озерно-речные системы, в которых наилучшим образом реализуются потенциальные возможности роста пресноводного лосося

[Смирнов и др., 1978б]. В озерах Северной Лапландии (Финляндия) темп роста пестряток атлантического лосося, а также интенсивность питания рыб значительно выше по сравнению с молодью лосося, обитающей в речных условиях [Erkinaro et al., 1995, 1998a, b].

О росте молоди кумжи *Salmo trutta* (L. 1758) в европейских водоемах России имеется обширная литература. Так сведения о темпе роста ручьевой форели *Salmo trutta* L. *morpha fario* р. Пулоньги (Кольский п-ов) представлены в работе В. Н. Евсина [1987]. К. В. Кузищин и Г. Г. Новиков [1994], исследуя морфо-экологическую дифференциацию молоди семги и кумжи в небольших притоках Белого моря (Северная Карелия), приводят сравнительные линейно-весовые данные рыб. Сведения о росте кумжи, в том числе ее молоди, в 8 речках и ручьях, а также 5 озерах Терского и Карельского побережий Кандалакшского залива Белого моря опубликованы в статье И. Г. Мурзы и О. Л. Христофорова [1984]. С. С. Крылова [2003] исследовала размерно-весовую структуру популяций кумжи из озер и рек Кольского п-ова. Таблицы по росту молоди кумжи в бассейне р. Варзины представлены С. С. Крыловой и А. А. Лукиным [Ихтиофауна малых рек..., 2005]. Особенности линейного и весового роста ручьевой форели, озерной и морской кумжи в водоемах Северо-Запада России достаточно подробно исследованы С. П. Китаевым с соавторами [2005]. К. А. Савваитова [1968] одна из первых обратила внимание на неоднородность роста беломорской кумжи в пределах одной популяции.

Рыбоводство на Севере России постоянно развивается, чему способствует спрос на продукцию таких предприятий. Возможно, озерная и речная форель будет использоваться в аквакультуре. В связи с этим линейные и весовые данные могут иметь практический интерес [Kaukoranta et al., 2000; Шустов, Веселов, 2006].

Цель нашей работы состояла в изучении особенностей роста молоди кумжи в нерестовых реках бассейнов Онежского озера и Белого моря. Сравнение темпа роста пестряток кумжи с молодью лосося в разных регионах Европейского Севера.

Материал и методы исследований

Сбор материала для изучения роста молоди кумжи проводился нами в трех регионах Европейского Севера России (рис.) в период 2001–2005 гг.; материалы (чешуйные книжки) по молоди кумжи и балтийского лосося из финской р. Пакаёки (бас. р. Торнио) были представлены нам сотрудниками лаб. паразитологии животных и растений Института биологии Карельского НЦ РАН – проф. Е. П. Иешко и к. б. н. Ю. Б. Барской.

К сожалению, на сегодня популяции кумжи на Европейском Севере России значительно подорваны, а многие полностью уничтожены. Вследствие чего кумжа была занесена в «Красные книги» Республики Карелия, Мурманской и Ленинградской областей. Большинство водоемов, на которых мы проводили исследования питания и роста молоди кумжи, относятся к типично малым кумжевым рекам, ручьям и озерам, популяции рыб в которых немногочисленны (не более нескольких десятков экз. производителей). Поэтому мы были вынуждены сознательно ограничивать объемы отлова молоди кумжи для исследований.

Отлов рыб проводился на порогах и перекатах с помощью электролова ранцевого типа по стандартной методике [Karlstrom, 1976; Маслов, 1989] и двумя сачками с диаметром (d) входного отверстия 0,5 м, длина кута 1 м, ячея 4 мм (с последующей их фиксацией для проведения камеральной обработки, например, питания). Возраст рыб определялся по чешуе, забранной из 2–3 ряда над боковой линией на участке между задним краем спинного плавника и передним краем анального плавника [Мартынов, 1987]. Измеряли длину АВ и вес [Правдин, 1966]. Для оценки темпа роста молоди кумжи нами также подсчитывалось количество склеритов за каждый год жизни рыб [Бугаев, 1995] и анализировалась структура чешуи [Кузищин и др., 1999].

Результаты и обсуждение

Бассейн Онежского озера. Рост молоди кумжи исследовался нами в двух малых притоках Онежского озера – реках Большая Уя и Орзега, имеющих длину около 2–3 десятков км и среднюю ширину не более 5–10 м (см. рис.). Молодь кумжи в этих небольших реках обитала не только в затишных участках – песчаных плесах, глубиной более 1 м, но и на мелких перекатах и порожках со скоростями течения свыше 0,5 м/с и валунно-галечниковым грунтом.

Полученные данные о размерно-весовых показателях роста пестряток кумжи приведены в табл. 1. Для обеих популяций кумжи характерен большой разброс размерно-весовых показателей. Двухлетки кумжи (возраст 1+), отловленные в р. Большой Уе в июне 2005 г., имели минимальный вес 3,8 г, а максимальный в 15,9 г. Некоторые особи младших групп имели

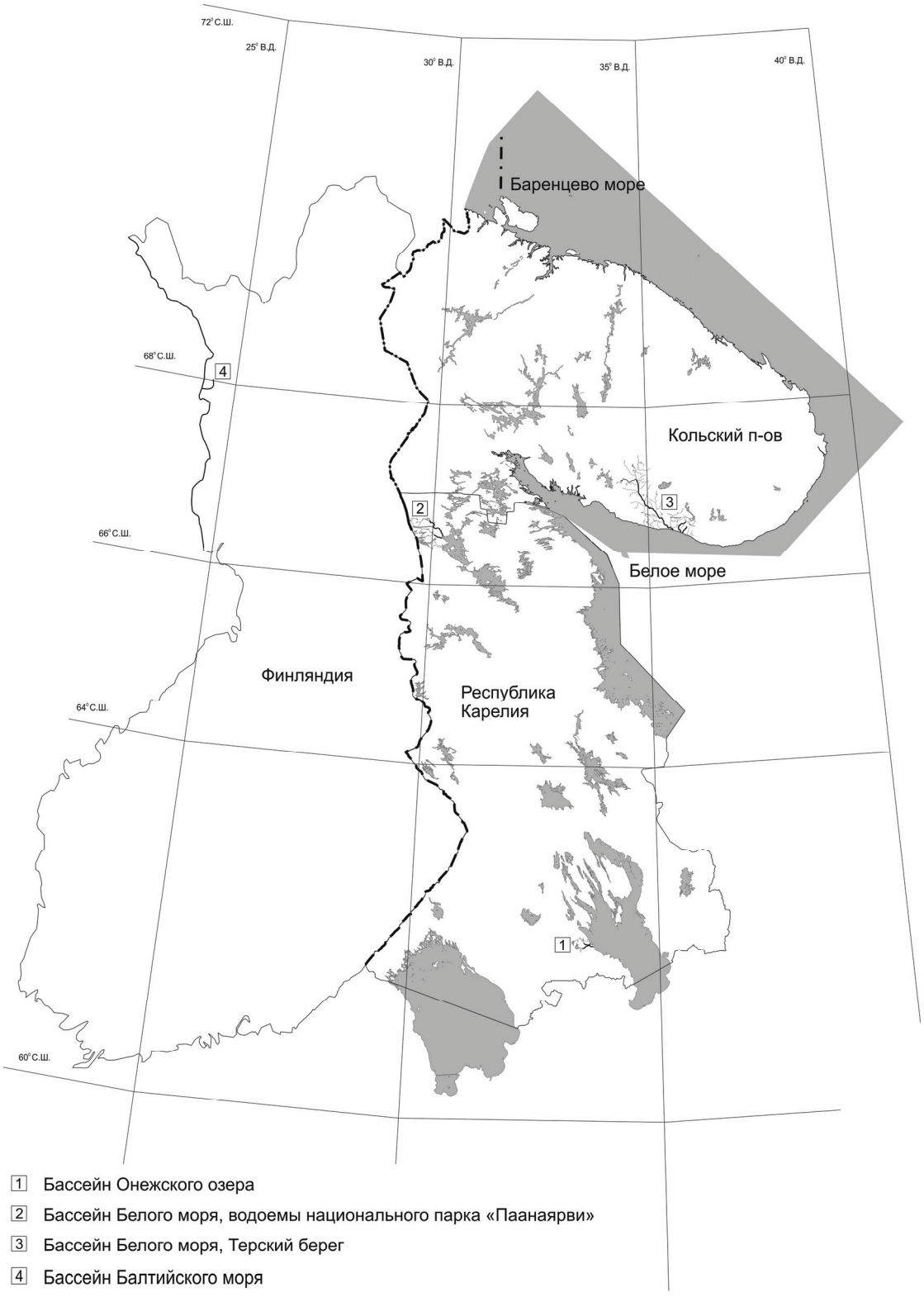


Рис. 1. Карта-схема расположения мест сбора материала

более высокие показатели роста по сравнению с более старшими особями. Например, в сентябре 2003 г. трехлетки кумжи (2+) из р. Большой Уи имели минимальные показатели: длина (АВ) 12,3 см и вес 21 г, а двухлетки (1+) максимальные показатели – 13,5 см и 26 г. Аналогичные данные о большом разбросе размерно-весовых показателей получены нами и для орзегской кумжи – так, например, трехлетки (2+), отловленные в р. Орзеге в ноябре 2003 г., имели следующие минимальные значения: длина АВ в 12,9 см и вес 26 г; а максимальные: 20 см и 88 г.

Таблица 1. Размерно-весовые показатели роста молоди кумжи в реках бассейна Онежского озера

Водоем	Время отлова рыб	Возраст рыб	Показатели роста рыб		Кол-во рыб, экз.
			длина АВ, см, колебания	вес, г, колебания	
р. Б. Уя	Сентябрь 2003 г.	1+	11,6 (10,2–13,5)	18,0 (13,0–26,0)	4
		2+	14,3 (12,3–16,0)	34,2 (21,0–49,0)	6
	Ноябрь 2003 г.	1+	11,8	18,5	1
		2+	17,5 (14,1–20,1)	73,6 (36,0–103,0)	9
	Июнь 2005 г.	1+	10,0 (7,9–12,1)	9,2 (3,8–15,9)	13
р. Орзега	Сентябрь 2003 г.	1+	9,4 (9,0–9,7)	9,5 (9,0–10,0)	2
		2+	14,1 (12,6–17,5)	35,0 (22,0–58,0)	9
	Ноябрь 2003 г.	1+	10,9 (8,9–12,4)	16,1 (7,5–23,0)	4
		2+	14,8 (12,9–20,0)	39,9 (26,0–88,0)	7

Соответственно и структура чешуи у рыб, имеющих различия в темпе роста, значительно отличалась. Условно разделив рыб на две группировки – длиной менее и более 10 см, мы выявили следующие особенности строения чешуи пестряток кумжи. У относительно мелких рыб первая годовая зона состоит из группы расширенных склеритов в среднем из 3-х (возраст 0+), а группа суженных склеритов в среднем из 7 склеритов (возраст 1). Вторая годовая зона представлена группой расширенных склеритов (1+), состоящей в среднем из 3-х склеритов (всего 13 склеритов). У крупных особей зоны чешуи имели следующее строение: первая группа расширенных склеритов представлена 4 склеритами; первая группа суженных склеритов состоит из 10. Вторая годовая зона представлена группой расширенных склеритов, состоящей в среднем из 4-х (всего 18 склеритов), т. е. на 38 % больше склеритов, по сравнению с мелкими рыбами.

Возможно, в силу высокой пластичности данного вида лососевых рыб, о чем свидетельствует многочисленная литература [Махров и др., 1997, 1999; Кузищин, 2010 и др.], в реках Большой Уе и Орзеге (бас. Онежского озера) мелкие и крупные пестрятки длительный период обитают в разных экологических условиях, т. е. это могут быть как глубокие заводи или мелкие перекаты, так и пороги с крупным валунно-галечным грунтом и высокой скоростью потока. Такое распределение молоди кумжи не позволяет всем особям находиться на оптимальных для питания и роста местах обитания. Так, например, К. А. Савваитова [1968], исследуя неоднородность роста беломорской кумжи в пределах одной популяции, пришла к выводу, что общий годовой прирост у рыб с разным ритмом роста в благоприятных условиях примерно одинаков, а различия в темпе роста наблюдаются лишь в неблагоприятных условиях существования.

Рост кумжи отличается от роста молоди пресноводного лосося в притоках Онежского озера. В малых реках (Пяльма, Туба) осенью молодь лосося имела следующие средние размерно-весовые характеристики: пестрятки в возрасте 1+ (58 экз.) – длина АС в 9,5 см и вес в 9 г; пестрятки в возрасте 2+ (20 экз.) соответственно 11,5 см и 20 г [Смирнов и др., 1978а; Шустов, 1983]. Сравнивая рост молоди озерного лосося и кумжи в притоках Онежского озера (правда за разные годы, что естественно вносит некоторые ошибки в наши расчеты), можно сделать вывод о том, что кумжа растет лучше, причем с возрастом эти различия в росте все более увеличиваются. Если данные о весовом росте кумжи из рек Большой Уи и Орзеги, отловленных в сентябре и ноябре 2003 г., сравнить с данными о росте пестряток лосося из рек Тубы и Пяльмы, то получается следующая картина: в возрасте 1+ вес кумжи (11 экз.) выше по сравнению с лососем на 75,5 %, а вес трехлеток (31 экз.) – уже на 136 %.

Естественно, что наши данные нельзя принимать за нормативные показатели роста кумжи в притоках Онежского озера, из-за малого масштаба проведенных исследований. Количество исследованных нами кумжевых рек (всего две) и самой молоди кумжи (изучен рост нескольких десятков особей) незначительны для такого серьезного научного обоснования. Поэтому исследования роста кумжи необходимо продолжать.

Бассейн Белого моря, водоемы национального парка «Паанаярви». Кумжа в водоемах и водотоках национального парка обитает в разных экологических условиях [Хууско и др.,1993; Маслов и др., 1995; Махров, 1995; Shustov et al., 2000]. Малые реки (Лохиёки, Безымянный приток, Муткаёки и Нурис (рис.)) обычно имеют ширину в несколько метров и глубину на порогах не более 1 м, малые горные озера (Нижний Нерис, Безымянное и Кивакалампи) имели средние размеры 1,5 на 0,5 км, в которых обитали, кроме кумжи, палия, сиг, налим, окунь, гольян. Река Оланга представляет собой крупную реку с многочисленными порогами глубиной до 5 м, мощными водопадами, плесами шириной более 100 м.

По материалам Ю. А. Шустова и А. Е. Веселова [2007] пестрятки олангской кумжи (3+), обитающие на верхнем пороге р. Оланги, достоверно крупнее рыб, как из малых озер, так и малых рек (табл. 2). Такая же ситуация характерна и для лососевых нерестовых притоков

Онежского озера, где показатели линейного и весового роста молоди лосося достоверно выше у рыб, обитающих на порогах и перекатах, расположенных в истоковых участках рек и испытывающих наиболее сильное влияние крупных озер [Шустов, 1983]. Для кумжи из малых рек бас. Онежского озера и водоемов национального парка «Паанаярви» также характерен большой разброс размерно-весовых показателей по возрастам, когда старшие особи могут быть значительно меньше по своим размерам, по сравнению с более младшими особями (см. табл. 2). К примеру, самые крупные пестрятки из малых озер возраста 2+ имели длину АВ 20 см, в то время как самые мелкие рыбы возраста 3+ всего 14,5 см. Аналогичная ситуация характерна и для роста кумжи в малых реках, некоторые двухлетки оказываются мельче трехлеток, трехлетки в свою очередь мельче четырехлеток.

Таблица 2. Линейный рост молоди кумжи в водоемах национального парка «Паанаярви» [Шустов, Веселов, 2007]

Возраст рыб	Водоем; количество рыб, экз.					
	Малые озера		Малые реки		Исток р. Оланги	
	длина АВ, см, колебания	N	длина АВ, см, колебания	N	длина АВ, см, колебания	N
1+	9,5	1	10,2 (7,5–12,7)	6	–	–
2+	14,3 (11,0–20,0)	35	14,8 (10,5–18,8)	27	–	–
3+	20,3 (14,5–28,0)	14	17,7 (13,7-20,7)	16	24,6 (22,7–26,5)	15
4+	30,0 (23,5–35,5)	10	–	–	27,0 (26,0–28,3)	3
5+	29,5 (25,5–36,5)	5	–	–	32,2	1
6+	44,0	1	–	–	28,0	1

Естественно, что такая ситуация отражается и на структуре чешуи кумжи – у крупных рыб закономерно как в летний, так и зимний период суммарное число склеритов больше, чем у мелких рыб одного и того же возраста.

Бассейн Белого моря, Терский берег. Рост молоди кумжи исследован нами в ручье Собачьем (приток р. Варзуги), а также в соседних водоемах: ручье Ольховка и р. Индере (табл. 3) (см. рис.). В этот период отлавливалась и молодь атлантического лосося – в ручье Пятка (приток р. Варзуги) и р. Индере (табл. 4). По своим характеристикам все исследованные нами водоемы Терского берега относятся к малым рекам.

Анализ данных показал, что темп роста молоди кумжи в данном регионе значительно выше, чем молоди атлантического лосося. Например, сеголетки рыб, выловленные в одни и те же сроки (сентябрь 2004 г.), но из разных близко расположенных водоемов, имели значительные различия. Длина АВ сеголетков кумжи из ручья Ольховка была больше на 25 % длины сеголетков лосося из р. Индеры, а вес на 133 %. Аналогичная ситуация наблюдалась и для более старших возрастных групп лососевых рыб, так пестрятки кумжи (1+) из ручья Собачьего были по длине больше на 49 % лосося из ручья Пятка, а вес больше на 190 %. Молодь кумжи в возрасте 2+ по отношению к лососю из этих же водоемов также имела более лучшие показатели: по длине на 58 %, а по весу на 338 %. Был случай, когда в возрасте всего 2+ самец кумжи из р. Индеры с половыми продуктами на стадии 1–2 в сентябре (2004 г.) имел длину АВ уже в 19,5 см и вес 99 г. Примеры такого высокого темпа роста у молоди атлантического лосося нам не известны. Согласно данным К. В. Кузищина и Г. Г. Новикова [1994] в р. Нильме (Карельский берег Белого моря) молодь семги имела более низкий темп роста, чем молодь кумжи.

Таблица 3. Размерно-весовые показатели роста молоди кумжи в водоемах бассейна Белого моря (Терский берег)

Водоем	Время отлова рыб	Возраст рыб	Показатели роста рыб		Кол-во рыб, экз.
			длина АВ, см, колебания	вес, г, колебания	
Ручей Собачий, приток р. Варзуги	Октябрь 2003 г.	2+	13,3 (11,0–16,3)	24,4 (11,5–47,0)	6
		3+	16,0	39,5	1
	Июль 2004 г.	1+	9,8 (7,3–11,0)	8,7 (4,5–16,5)	3
		2+	14,5	39,0	1
		3+	16,1 (13,8–18,0)	49,5 (27,0–68,0)	11
Ручей Ольховка	Сентябрь 2004 г.	0+	5,0 (4,2–6,0)	1,4 (0,7–2,4)	4
		4+	17,0	46,0	1
		5+	19,5	77,0	1
Р. Индера	Сентябрь 2004 г.	1+	9,5	9,5	1
		2+	19,5	99,0	1

Таблица 4. Размерно-весовые показатели роста молоди атлантического лосося в водоемах бассейна Белого моря (Терский берег)

Водоем	Время отлова рыб	Возраст рыб	Показатели роста рыб		Кол-во рыб, экз.
			длина АВ, см, колебания	вес, г, колебания	
Ручей Пятка, приток р. Варзуги	Июль 2004 г.	1+	6,6 (5,7–7,3)	3,0 (2,0–3,7)	5
		2+	9,2 (8,6–9,7)	8,0 (7,0–9,0)	2
Р. Индера	Сентябрь 2004 г.	0+	4,0 (3,4–4,4)	0,6 (0,4–0,8)	6
		1+	7,6 (7,2–8,2)	4,1 (3,5–5,0)	3

Еще одно различие в росте молоди кумжи и молоди атлантического лосося, установленное нами для данного региона, в том, что если у пестряток лосося линейно-весовые показатели увеличиваются линейно, т. е. лососевая молодь возрастной группы 0+ практически всегда имеет меньшие значения по сравнению со

старшими возрастными группами (1+ и др.) [Казаков и др., 1992]. То для молоди кумжи достаточно характерна обратная ситуация (см. табл. 3), когда старшие возрастные группы имеют меньшие линейно-весовые показатели по сравнению с младшими возрастными группами.

Бассейн Балтийского моря. Данные о росте молоди лососевых рыб рода *Salmo* в лососевой нерестовой р. Торнио и некоторых ее притоках представлены в публикации Ю. Ю. Барской с соавторами [2009]. Сведения о росте молоди балтийского лосося и молоди кумжи в притоке Пакаёки представлены в табл. 5 (см. рис.).

Таблица 5. Размерно-весовые показатели роста молоди кумжи и молоди атлантического лосося в р. Пакаеки (бас. р. Торнио, Балтийское море), сентябрь 2005 г.

Возраст рыб	Длина AB, см, колебания	Вес, г, колебания	Количество рыб, экз.
Кумжа			
0+	6.0 (5,9–6,1)	2.0 (1,9–2,0)	2
1+	10.6 (8,8–12,5)	10.5 (5,4–16,6)	6
2+	14.2 (11,8–16,3)	25.3 (13,7–38,8)	7
Лосось			
1+	8.6 (7,8–9,4)	4.9 (3,3–6,1)	8
2+	11.8 (9,5–14,2)	12.9 (6,0–20,6)	30
3+	14.9 (14,5–15,2)	24.9 (22,9–26,8)	2

Анализ материалов показал более высокий темп роста кумжи по отношению к молоди атлантического лосося аналогичной возрастной группы, обитающих в бассейне Балтийского моря. Пестрятки кумжи в возрасте 1+ были длиннее лосося на 23 %, а по весу на 114 %; а кумжа возраста 2+ была длиннее на 20 %, по весу на 96 %. Как и в других регионах, у молоди балтийского лосося не отмечены случаи преобладания по линейно-весовым показателям младших возрастных групп над старшими. Хотя для балтийской кумжи они носят явно постоянный характер, когда пестрятки кумжи старших возрастных групп оказываются мельче рыб из младших возрастных групп.

Ранее [Барская и др., 2009] мы уже проводили примеры роста молоди атлантического лосося и кумжи из бас. р. Торнио с рыбами из соседних регионов. Было установлено, что у молоди балтийского лосося темп роста выше, хотя речные системы рек Торнио и Варзуги находятся примерно на одной и той же широте (район Полярного круга). В кумжевых реках озерно-речной системы Паанаярви-Оланга, расположенной примерно на этой же широте, размерные характеристики молоди кумжи практически соответствуют таковым кумжи речной системы р. Торнио.

Учитывая то обстоятельство, что исследуемая нами беломорская и балтийская кумжа была отловлена практически на одной северной широте – между 66° с.ш. и северным Полярным кругом (см. рис.), мы попытались провести сравнительный анализ собственных материалов и выявить различия в росте кумжи, обитающей на одной широте – в малых кумжевых реках трех регионов: в ручье Собачьем бас. р. Варзуги Терского берега Белого моря, в реках национального парка «Паанаярви» северной части Карелии; в р. Пакаёки бас. р. Торнио Балтийского моря. Результаты показали, что наименьший линейный рост кумжи свойственен для наиболее восточного региона – бас. р. Варзуги (табл. 6), что, по-видимому, определяется достаточно суровым климатом данного региона, по сравнению с мягким климатом Балтики. Р. В. Казаков с соавторами [1992, с. 78] по поводу низкого роста варзугских пестряток говорили следующее: «во всех случаях обращает на себя внимание относительно низкий по сравнению с рыбами из многих других рек темп роста пестряток…».

Таблица 6. Линейный рост молоди кумжи в исследованных малых кумжевых реках бассейнов Белого и Балтийского морей

Регион, бассейн	Водоем	Возраст рыб	Средняя длина AB, см, колебания	Кол-во рыб, экз.
Кольский п-ов, бас. Белого моря, Терский берег	Ручей Собачий, приток р. Варзуги	1+	9.8 (7,3–11,0)	3
		2+	13.5 (11,0–16,3)	7
		3+	16.1 (13,8–18,0)	12
Карелия, Бас. Белого моря, национальный парк Паанаярви»	Малые кумжевые реки	1+	10.2 (7,5–12,7)	6
		2+	14.8 (10,5–18,8)	27
		3+	17.7 (13,7–20,7)	16
Финляндия, Бас. Балтийского моря	Р. Пакаёки, приток р. Торнио	1+	10.6 (8,8–12,5)	6
		2+	14.2 (11,8–16,3)	7

Заключение

Из многочисленной литературы, посвященной исследованиям роста молоди атлантического лосося, известно, что темп роста рыб четко коррелирует с географической широтой региона. Поэтому, например, основной причиной меньших размеров среди ровесников и большей длительности речного периода в реках Карелии по сравнению с реками прибалтийских стран является меньшая продолжительность сезона роста [Митанс, 1973; Шустов, 1983; Валетов, 1999 и др.]. В северных реках бассейнов Белого и Баренцева морей показатели роста лосося еще ниже [Казаков и др., 1992; Калюжин, 2003, Мартынов, 2005 и др.]. Ю. Ю. Дгебуадзе [2001] также указывает на

географическую изменчивость роста атлантического лосося.

И все же, по-видимому, для молоди кумжи такая четкая корреляция между географической широтой и темпом роста рыб, которая характерна для атлантического лосося, не наблюдается. К примеру, если в озерах национального парка «Паанаярви», расположенных на севере Карелии, пестрятки кумжи имели следующие средние размеры: возраст 2+ – 14,3 см (АВ) (35 экз.); 3+ – 20,3 см (АВ) (14 экз.); 4+ – 30,0 см (АВ) (10 экз.), то в озере Енозере (данные С. С. Крыловой и А. А. Лукина [2005] за 1996–2002 гг.), расположенном на Кольском п-ове, по климатическим условиям в самом суровом регионе – Восточном Мурмане, пестрятки кумжи имели даже более высокий темп роста: 2+ – 21,9 см (АВ) (25 экз.); 3+ – 34,8 см (АВ) (32 экз.) и 4+ – 40,8 см (АВ) (41 экз.). Учитывая высокую пластичность данного вида лососевых рыб, можно сделать предположение о том, что темп роста кумжи в первую очередь определяется не географическим положением водоемов, а их климатическими, гидрологическими и кормовыми условиями.

Авторы благодарят за помощь в получении материалов своих коллег из Института биологии Карельского НЦ РАН профессоров А. Е. Веселова и Е. П. Иешко, а также канд. биол. наук. Ю. Ю. Барскую.

Литература

Барская Ю. Ю., Иешко Е. П., Каукоранта М., Шустов Ю. А. Особенности биологии и паразитофауны молоди лососевых рыб рода Salmo системы реки Торнио (бассейн Балтийского моря) // Вопросы ихтиологии. 2009. Т.49, № 4. С. 488–494.

Бугаев В. Ф. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 1995. 465 с.

Валетов В. А. Лосось Ладожского озера (биология, воспроизводство). Петрозаводск: Печатн. цех КГПУ, 1999. 90 с.

Дгебуадзе Ю. Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука, 2001. 276 с.

Евсин В. Н. Некоторые биологические особенности ручьевой форели *Salmo trutta* L. *morpha fario* L. реки Пулоньги (Кольский полуостров) // Сб. научн. тр. Гос.НИИ оз. и реч. рыб. х-ва. 1987. № 260. С. 55–78.

Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2005. 264 с.

Казаков Р. В., Кузьмин О. Г., Шустов Ю. А., Щуров И. Л. Атлантический лосось реки Варзуги. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 108 с.

Калюжин С. М. Атлантический лосось Белого моря: проблемы воспроизводства и эксплуатации. Петрозаводск: Изд. дом «ПетроПресс», 2003. 264 с.

Китаев С. П., Ильмаст Н. В., Михайленко В. Г. Кумжи, радужная форель, гольцы и перспективы их использования в озерах Северо-Запада России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. 107 с.

Крылова С. С. Кумжа (*Salmo trutta* L.) Кольского полуострова: Дис. ...канд. биол. наук. Петрозаводск, 2003. 152 с.

Крылова С. С., Лукин А. А. Кумжа (*Salmo trutta* L.) бассейна реки Варзина // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. 2005. Гл. 1. 2. 4. С. 158–169.

Кузищин К. В. Формирование и адаптивное значение внутривидового экологического разнообразия лососёвых рыб (семейства Salmonidae): Автореф. дис. ...докт. биол. наук. М., 2010. 51 с.

Кузищин К. В., Новиков Г. Г. Морфоэкологическая дифференциация молоди семги *Salmo salar* и кумжи *Salmo trutta* в небольших потоках (Северная Карелия) // Вопр. ихтиологии. 1994. Т. 34, № 4. С. 479–485.

Кузищин К. В., Савваитова К. А., Груздева М. А. Структура чешуи как критерий дифференциации локальных популяций микижи Parasalmo mykiss из рек Западной Камчатки и Северной Америки // Вопр. ихтиологии. 1999. Т 39, № 6. С. 809–818.

Мартынов В. Г. Атлантический лосось *Salmo salar* L. на северо-востоке ареала (структура популяций, экология, хозяйственное значение): Дис. ...докт. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 503 с.

Мартынов В. Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося (методические рекомендации). Сыктывкар, 1987. 36 с.

Маслов С. Е. Применение электроловов ранцевого типа в ихтиологических исследованиях на лососёвых реках // Тез. докл. респ. конф. Петрозаводск, 1989. С. 22–28.

Маслов С. Е., Шустов Ю. А., Щуров И. Л. Естественное воспроизводство кумжи Паанаярвского национального парка // Природа и экосистема Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. С. 116–122.

Махров А. А. Структурно-популяционные, морфологические и генетические особенности кумжи реки Оланги // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. С. 122–126.

Махров А. А., Кузищин К. В., Алтухов Ю. П. Связь аллозимной гетерозиготности с темпом роста и экологической дифференциацией кумжи *Salmo trutta* L. // Генетика. 1997. Т. 33, № 5. С. 673–678.

Махров А. А., Кузищин К. В., Новиков Г. Г. Генетическая дифференциация кумжи (*Salmo trutta* L.) побережья пролива Великая Салма (Белое море) // Генетика. 1999. Т. 35, № 7. С. 969–975.

Мельникова М. Н. Некоторые особенности молоди семги ряда рек бассейна Белого моря // Вопр. ихтиологии. 1970. Т.10. Вып. 3(62). С. 442–451.

Митанс А. Р. Экологические основы эффективности естественного и искусственного воспроизводства балтийского лосося *Salmo salar* L.: Автореф. канд. дис. Л., 1973. 24 с.

Мурза И. Г., Христофоров О. Л. Динамика полового созревания и некоторые закономерности

формирования сложной структуры популяций кумжи *Salmo trutta* L. из водоемов побережья Кандалакшского залива Белого моря // Сб. научн. Тр. ГосНИОРХ. 1984. Вып. 220. С. 41–86.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 270 с.

Савваитова К. А. О неоднородности роста кумжи (*Salmo trutta* L.) в пределах одной популяции // Науч. докл. высш. школы, биол. науки. 1968. № 2. С. 23–29.

Смирнов Ю. А., Комулайнен С. Ф., Круглова А. Н. и др. Лососевые нерестовые реки Онежского озера // Биологический режим, использование. Л.: Наука, 1978а. № 102. С. 5–9.

Смирнов Ю. А., Шустов Ю. А., Щуров И. Л. Особенности роста молоди озерного лосося *Salmo salar* L. morpha sebago Girard в притоках Онежского озера // Вопр. ихтиологии. 1978б. Т.18. Вып. 3. С. 439–443.

Хууско А., Куусела К., Шустов Ю. Рыбы // Паанаярвский национальный парк. Куусамо, 1993. С. 74–80.

Шустов Ю. А. Экология молоди атлантического лосося. Петрозаводск: «Карелия», 1983. 152 с.

Шустов Ю. А., Веселов А. Е. Питание и рост молоди озерной кумжи *Salmo trutta* L. morpha lacustris в водоемах национального парка «Паанаярви» // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 11. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 142–146.

Шустов Ю. А., Веселов А. Е. Современное состояние и пути сохранения озерной кумжи *Salmo trutta* m. Lacustris L. в водоемах Карелии // Лососевидные рыбы Восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2006. С. 198–210.

Erkinaro J., Niemela E., Saari A. et al. Timing of habitat shift by Atlantic salmon parr from fluvial to lacustrine habitat: analysis of age distribution, growth, and scale characteristics // Can. J. Fish. And Aquat. Sci. 1998a. Vol. 55, N 10. P. 2266–2273.

Erkinaro J., Shustov Yu., Niemela E. Enhanced growth and feeding rate in Atlantic salmon parr occupying a lacustrine habitat in the River Utsjoki, northern Scandinavia // J. Fish Biol. 1995. Vol. 47. P. 1096–1098.

Erkinaro J., Shustov Yu., Niemela E. Feeding strategies of atlantic salmon Salmo salar parr occupying lacustrine and fluvial habitats in a subarctic river, northern Finland // Pol. Arch. Hydrobiol. 1998b. Vol. 45, N 2. P. 259–268.

Frost W. E., Brown M. E. The trout. London, Collins, 1967. 286 p.

Karlstrom O. Quantitative Methods in Electrical Fishings in Swedish Salmon Rivers // ZOOH. 1976. Vol. 4. P. 53–63.

Kaukoranta M., Koljonen M.-L., Koskiniemi J. et al. Atlas of Finnish Fishes. Helsinki, 2000. 40 p.

Mills D. Salmon and trout: A resource, its ecology, conservation and management. Edinburg, 1971. 351 p.

Shustov Yu. A., Systra Y. Y., Kuusela K. et al. Ichthyofauna in small lakes of the Paanajarvi National Park // Oulanka Reports. 2000. Vol. 23. P. 121–125.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шустов Юрий Александрович
д. б. н., профессор
ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»,
Эколого-биологический факультет, кафедра зоологии и экологии
ул. Красноармейская 31, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: shustov@petrsu.ru
тел.: (8142) 781741

Shustov, Yuri
Department of Zoology, Faculty of Ecology and Biology, Petrozavodsk State University
31 Krasnoarmejskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: shustov@petrsu.ru
tel.: (8142) 781741

Тыркин Игорь Александрович
научный сотрудник
Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства ПетрГУ
наб. Варкауса, 3, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185031
эл. почта: igor7895@yandex.ru
тел.: (8142) 769934

Tyrkin, Igor
Northern Fisheries Research Institute,
Petrozavodsk State University
3 Varkaus Nab., 185031 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: igor7895@yandex.ru
tel.: (8142) 769934

Белякова Елена Николаевна
аспирант
ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»,
Эколого-биологический факультет, кафедра зоологии и экологии
ул. Красноармейская 31, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: belyakovalena@yandex.ru

Belyakova, Elena
Department of Zoology, Faculty of Ecology and Biology, Petrozavodsk State University
31 Krasnoarmejskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: belyakovalena@yandex.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 102–112

УДК 589.285 : 591.5

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ЛЕСНОГО КОНЬКА *ANTHUS TRIVIALIS* L. В ОТКРЫТЫХ БИОТОПАХ ДОЛИНЫ ОКИ

Е. А. Фионина

Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина

Изучение пространственных и трофических связей лесного конька *Anthus trivialis* L. проводили в 2004–2010 гг. в открытых биотопах долины Оки в границах Рязанской области. Лесной конек освоил разные типы биотопов, наиболее высока его плотность населения на полянах в пойменных дубравах – 71,7 пар/км^2. Вид предпочитает участки с наличием деревьев. Лесной конек чаще всего населяет местообитания с негустым травостоем, высота которого составляет 51–70 см, а общее проективное покрытие – 16–30 %. При кормежке он обычно перемещается по поверхности земли или основаниям растений, пищу склевывает с тех же субстратов. Кормовое поведение представляет собой типичную «пастьбу», интенсивность кормежки составляет 21,3 кормовых маневра в минуту. В рационе птенцов преобладают мелкие объекты – личинки чешуекрылых и прямокрылых, жесткокрылые. В открытых стациях с отдельно встречающимися деревьями или негустыми, но высокими куртинами кустарника лесной конек находит все необходимые для него условия для реализации пространственных и трофических связей. В условиях повсеместного сокращения площади лесов такие биотопы могут стать местами сохранения вида.

Ключевые слова: *Anthus trivialis* L., открытые биотопы, долина Оки, пространственные и трофические связи, кормовые микростации, кормовое поведение, рацион птенцов.

E. A. Fionina. SPATIAL AND TROPHIC RELATIONS OF TREE PIPIT *ANTHUS TRIVIALIS* L. INHABITING OPEN HABITATS IN THE OKA RIVER VALLEY

Spatial and trophic relations of Tree pipit *Anthus trivialis* L. were studied in 2004–2010 in open habitats of the Oka River valley within the Ryazan Region. Tree pipit has occupied various types of biotopes, the highest population density is in the meadows in floodplain oak forests – 71.7 pairs/km^2. This species prefers areas with trees growing. Tree pipit often inhabits areas with sparse vegetation 51–70 cm high, and a field layer cover of 16–30 %. When foraging, it usually holds to the ground or bases of plants, and pecks food from those substrates. The foraging behavior is typical «gleaning», the intensity of feeding is 21.3 foraging maneuvers a minute. The diet of the nestlings is chiefly small items – Lepidoptera and Orthoptera larvae, Coleoptera imagoes. In open habitats with rare trees or sparse but high shrub patches Tree pipit finds everything they need to maintain their spatial and trophic links. As the area of forests keeps declining throughout this type of habitat may act as refugia for the species.

Key words: *Anthus trivialis* L., open habitats, Oka river valley, spatial and trophic relations, foraging microhabitat, foraging behavior, diet of nestlings.

Введение

Лесной конек *Anthus trivialis* L. – обычный, иногда многочисленный гнездящийся вид центра Европейской части России. Он населяет преимущественно лесные стации, а также гнездится на полянах, опушках, в лесополосах среди полей, в пойменных лугах [Дементьев, Гладков, 1954; Yapp, 1962; Птушенко, Иноземцев, 1968; Loske, 1987; Cramp, 1988]. Этот вид имеет смешанный тип питания, поедая как семена, так и различных беспозвоночных, а птенцов выкармливает практически исключительно животным кормом [Дементьев, Гладков, 1954; Иноземцев, 1960; Сорокин, 1964; Птушенко, Иноземцев, 1968; Прокофьева, 2003]. Лесной конек играет в природных экосистемах весьма существенную роль и является важным звеном множества пищевых цепочек [Иноземцев, 1962, 1978].

Пространственные и трофические связи лесного конька хорошо изучены в разных частях ареала, однако большая часть работ посвящена преимущественно лесным стациям [Нейфельдт, 1956; Прокофьева, 1958; Иноземцев, 1962; Мальчевский, Пукинский, 1983; Cramp, 1988; Преображенская, 1998; Nowakowski, 2000; Burton, 2007; Hübner, 2008; Moga et al., 2009]. В связи с повсеместной деградацией лесов и сокращением их площадей численность лесного конька во многих странах Европы в последние годы заметно сократилась [Schuster, 1996; Amar et al., 2006; Baillie et al., 2006; Sanderson et al., 2006; Gregory et al., 2007; Fuller et al., 2007; Hübner, 2008; Vukelič, 2009]. Многие исследователи обращают внимание на появление у этого вида тенденции к гнездованию в опушечных стациях и постепенный переход в открытые биотопы [Schuster, 1996; Nowakowski, 2000; Kumstátová, 2004; Hübner, 2008, 2009].

Несмотря на то, что способность данного вида к гнездованию в открытых биотопах отмечалась многократно, трофическим и пространственным связям лесного конька в этих типах местообитаний посвящено сравнительно немного работ [Kumstátová, 2004; Барановский, 2008; Фионина, Железнова, 2009; Шемякина, 2009]. Вместе с тем, открытые биотопы представляют собой совершенно иной, по сравнению с лесами, тип стаций и имеют специфические условия для птиц.

Поэтому нам представляется весьма интересным выявить особенности, характеризующие трофические и пространственные связи лесного конька в открытых биотопах, что и послужило целью данного исследования.

Материал и методы

Материалом послужили полевые исследования, выполненные в 2004–2010 гг. в долине среднего течения р. Оки (Касимовский, Спасский и Рязанский районы Рязанской области). Стационарные исследования проводили преимущественно на территории Окского государственного природного биосферного заповедника и в его окрестностях.

Для выяснения плотности населения лесного конька были обследованы разные типы открытых биотопов: пойменные сенокосные и пастбищные луга; пойменные луга, зарастающие кустарником; обширные поляны в пойменных дубравах; поля сельскохозяйственных культур; заброшенные поля, зарастающие древесной растительностью. Учет численности птиц осуществляли с использованием точечно-картографического и маршрутного методов [Tomjalojc, 1980; Приедниекс и др., 1986; Морозов, 1999; Равкин, Челинцев, 1999]. Для проведения точечно-картографических учетов в 2005–2007 гг. на территории Окского заповедника и в его охранной зоне были заложены 4 модельных площадки общей площадью 129 га, на каждой из них ежегодно проводили по 6–8 учетов [Tomjalojc, 1980; Приедниекс и др., 1986]. Маршрутные учеты осуществляли в 2009–2010 гг. как на территории Окского заповедника, так и в других районах долины Оки. Птиц учитывали независимо от расстояния их обнаружения с последующим раздельным пересчетом по дальности их обнаружения [Равкин, Челинцев, 1999].

Для определения биотопических предпочтений лесного конька в местах его обитания проводили геоботанические описания биотопов. Отмечали проективное покрытие древесного и кустарникового ярусов, высоту и густоту травостоя, степень влажности почвы [Неронов, 2002]. Для выявления тонких специфических особенностей пространственной приуроченности птиц при кормежке описывали кормовые «микростации» лесного конька – участки пространства, в которых птица разыскивала и добывала пищевые объекты. По своим масштабам эти участки сопоставимы с размерами самой птицы [Марочкина, 2004; Марочкина, Чельцов, 2005, Фионина, 2006]. Описание микростаций и регистрацию микростациальной приуроченности осуществляли при наблюдении за кормящейся птицей. При этом отмечали следующие параметры: 1) положение птицы в кроне дерева, кустарника или травостое; 2) характерные особенности субстрата, по которому передвигалась птица при сборе корма;

3) особенности субстрата, с которого птица склевывала корм.

Для изучения кормового поведения лесного конька использовали метод непрерывной регистрации кормовой активности, регистрируя выполняемые птицей кормовые маневры с помощью диктофона [Holmes et al., 1979; Remsen, Robinson, 1988; Хлебосолов, 1999]. Отмечали последовательность выполнения кормовых маневров, длину и направление перемещений. В ходе камеральной обработки данных все сведения с диктофона переносили на бумагу, совмещая их с показаниями электронного секундомера и отмечая время, затрачиваемое птицей на каждый маневр. Изучение состава пищи лесного конька осуществляли на основе анализа корма птенцов, полученного методом наложения шейных лигатур [Мальчевский, Кадочников, 1953]. Пробы изымали у птенцов в возрасте от 3 до 9 суток, в работе было задействовано 6 гнезд лесного конька.

За время проведения исследований было пройдено 80 стандартных площадочных учетов, суммарная площадь охваченной учетами территории составила 25,8 км^2. Общая протяженность маршрутных учетов составила 156,2 км. Выполнено 44 геоботанических описания в местообитаниях лесного конька и 160 микробиотопических описаний в местах его кормежки. Общая продолжительность наблюдений за кормовым поведением конька составила 50,6 мин. Для анализа рациона птенцов проанализированы 104 пищевые пробы, содержащие 330 объектов. Математическая обработка данных произведена по общепринятым методам вариационной статистики [Плохинский, 1970; Лакин, 1990].

Результаты и обсуждение

Плотность населения

В Рязанской области лесной конек – многочисленный гнездящийся вид птиц. Он широко распространен и населяет разреженные леса, чередующиеся с обширными полянами и вырубками, а также луга с древесной растительностью, окраины полей с полезащитными лесополосами, окрестности населенных пунктов [Птушенко, Иноземцев, 1968; Бабушкин и др., 1972; Иванчев, 2005, 2008; Сапетина, 2009]. Численность его в различных биотопах Рязанской области заметно различается. По данным разных исследователей, плотность населения лесного конька в хвойных лесах варьирует от 15 до 86 пар/км^2, в смешанных – от 3,3 до 23,9 пар/км^2, в лиственных – от 0,5 до 47 пар/км^2 [Кулешова, 1988; Марочкина, Чельцов, 2000; Марочкина, 2002; Денис, 2004; Владыкина, 2009]. В открытых пойменных лугах численность птиц несколько ниже. На пойменных лугах разной степени увлажнения лесной конек гнездится с плотностью 1,7–4,8 пар/км^2, на пойменных лугах, зарастающих кустарником – 16,7–28,6 пар/км^2 [Кулешова, 1988; Фионина, 2008а; наши неопубл. данные]. В сельскохозяйственном ландшафте показатель обилия лесного конька варьирует от 1,8 пар/км^2 на сенокосах и пастбищах до 19,2 пар/км^2 на полях сельскохозяйственных культур и 29,2 пар/км^2 на зарастающих полях [наши неопубл. данные]. Значительно выше плотность населения лесного конька на обширных лесных полянах. На полянах в сосняках коньки гнездятся с плотностью 57,2 пар/км^2, на полянах в березняках – 22,2 пар/км^2, на полянах в пойменных дубравах численность птиц достигает 71,7 пар/км^2 [Кулешова, 1988; Фионина, 2008а, б; Сапетина, 2009; наши неопубл. данные].

Лесной конек играет заметную роль в орнитокомплексах открытых биотопов. Так, при изучении сообществ птиц Окского заповедника в 2005–2007 гг. установлено, что на обширной лесной поляне в пойменной дубраве конек ежегодно входил в число видов-доминантов, а его доля в сообществе достигала 22,8 % [Фионина, 2008б]. В отдельные годы вид доминировал и в сообществе пойменного луга, зарастающего кустарником, его доля в населении птиц достигала 5,7 % [Фионина, 2008а].

Биотопические и микробиотопические предпочтения

Биотопы, населяемые лесным коньком, характеризуются рядом особенностей: отсутствием густого травяно-кустарникового яруса и подлеска, что является важным для успешной кормежки и гнездования птиц, и в то же время – наличием хотя бы отдельных деревьев, необходимых птице для отдыха и используемых в качестве песенных присад [Loske, 1987; Cramp, 1988; Преображенская, 1998; Kumstátová et al., 2004; Burton, 2007; Moga et al., 2009]. Некоторые авторы сообщают о гнездовании лесных коньков в открытом ландшафте с небольшим числом кустарников и практически полным отсутствием деревьев. В таких местообитаниях песенными постами самцам служат верхушки кустарников, провода ЛЭП и другие предметы антропогенного происхождения, вершины крутых склонов [Мальчевский, Пукинский, 1983; Nowakowski, 2000; Коровин, 2004; Kumstátová et al., 2004; Hübner, 2009]. Проективное покрытие деревьев в местообитаниях этого вида

может достигать 80 %, но оптимальным для лесного конька является проективное покрытие деревьев, не превышающее 40–60 % [Loske, 1987; Kumstátová, 2004; Müller, Hothorn, 2004; Burton, 2007; Moga et al., 2009].

В районе наших исследований лесной конек населял биотопы с наличием древесного яруса в 68,2 % случаев (n = 44). Проективное покрытие деревьев в его местообитаниях варьировало от 2 до 40 %. Большая часть птиц селилась в биотопах с проективным покрытием древостоя от 2 до 10 % (52,3 % случаев), гораздо реже коньки населяли биотопы с более густым древостоем (15,9 % случаев). В 31,8 % случаев лесные коньки выбирали биотопы без древесного яруса. Песенными присадами в этих случаях им служили вершины ветвей в куртинах кустарника и высокие жесткостебельные травы.

При выборе биотопа лесной конек избегает сплошных кустарниковых зарослей. По данным разных авторов, проективное покрытие кустарника в местообитаниях лесного конька не превышает 30 %, а более густой кустарник затрудняет гнездование птиц и их кормежку [Loske, 1987; Moga et al., 2009]. По нашим данным, в местообитаниях лесного конька кустарник чаще всего отсутствовал (63,6 % случаев, n = 44), либо его общее проективное покрытие не превышало 5 % (20,5 % случаев). Реже конек населял биотопы с более густым кустарниковым ярусом (15,9 % случаев), однако и в этих случаях общее проективное покрытие кустарника в местообитаниях конька не превышало 20 %.

Проективное покрытие травостоя и его высота оказывают заметное влияние на плотность населения лесного конька. Оптимальным для вида является такой травостой, который, с одной стороны, не препятствует передвижению птиц при кормежке, а с другой стороны – обеспечивает необходимое количество пищи [van Hekke, 1979; Loske, 1987; Meury, 1991; Преображенская, 1998; Müller, Hothorn, 2004; Hübner, 2009]. По данным Лоске [1987], лесной конек предпочитает участки с проективным покрытием травостоя 50–90 %. Этот вид избегает участков, лишенных травянистой растительности, видимо, по причине их бедной кормовой базы [Hübner, 2008, 2009]. В то же время, участки с высоким и густым травостоем также оказываются для птиц непригодными, так как в таких местах затруднена их кормежка [Преображенская, 1998; Hübner, 2008, 2009]. По нашим данным, общее проективное покрытие (ОПП) травостоя в местообитаниях лесного конька варьировало от 15 до 90 %, наиболее часто составляя 16–30 % (рис. 1, А). Высота травостоя в местообитаниях лесного конька варьировала от 25 до 150 см, наиболее часто составляя 51–70 см (рис. 1, Б). Степень увлажнения почвы в местообитаниях конька наиболее часто составляла 2 балла (рис. 2).

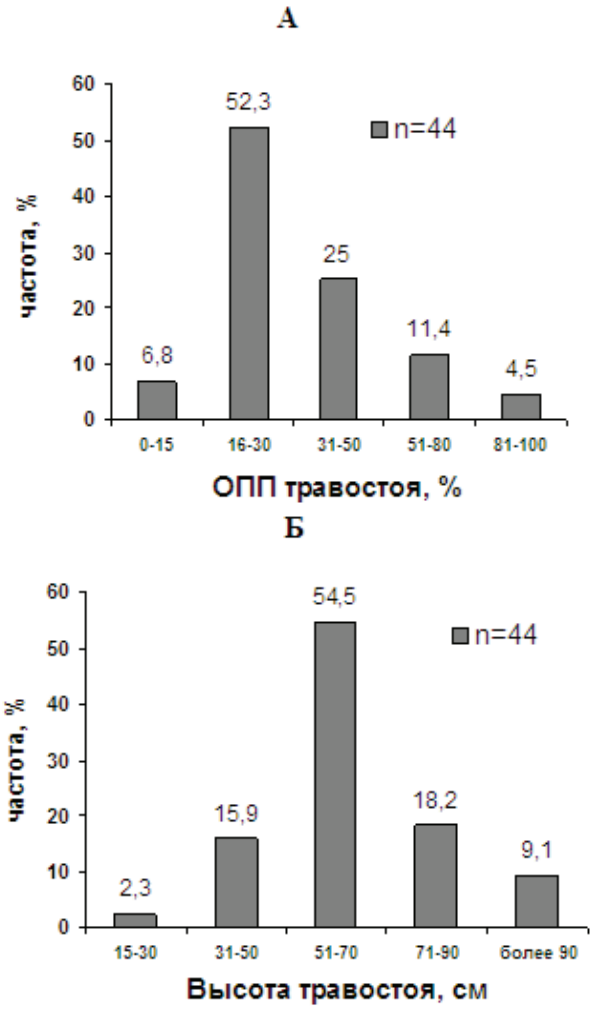


Рис. 1. Общее проективное покрытие (А) и высота (Б) травостоя в местообитаниях лесного конька. Значения даны в процентах от общего числа регистраций (n)

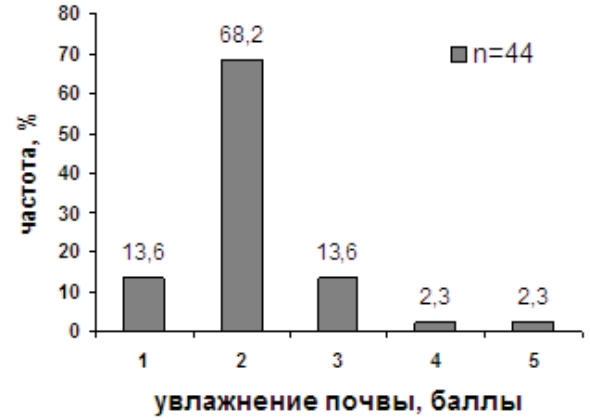


Рис. 2. Степень увлажнения почвы в местообитаниях лесного конька. Значения даны в процентах от общего числа регистраций (n)

Основными местами кормежки лесного конька служат земля и травяной покров. Реже он охотится на комлевой части деревьев и пней, ветвях деревьев и кустарников [Нейфельдт, 1956; Иноземцев, 1962; Мальчевский, Пукинский, 1983; Прокофьева, 2003]. Иногда лесной конек взлетает с земли и преследует насекомых в воздухе или облетает кроны деревьев [Птушенко, Иноземцев, 1968; Cramp, 1988; Резанов, 2005]. В районе исследования лесной конек кормился, передвигаясь по земле (89,4 %, n = 160), по основаниям травянистых растений (8,8 %), по предметам антропогенного происхождения (1,2 %), по ветвям деревьев (0,6 %). Кормовые объекты птица добывала на почве и подстилке (76,8 %, n = 112), основаниях стеблей растений (19,6 %), реже – в основном ярусе травостоя (0,9 %), на ветвях деревьев (0,9 %) (табл. 1).

Таблица 1. Использование лесным коньком различных кормовых микростаций

Место кормежки	Регистраций (субстрат перемещения птицы)		Регистраций (субстрат кормового объекта)	
	абс.	%	абс.	%
Древесный ярус	1	0,6	1	0,9
нижняя наружная часть кроны	*1*	*0,6*	*1*	*0,9*
Травостой	14	8,8	23	20,5
Средний ярус	–	–	1	0,9
живые стебли и листья	–	–	*1*	*0,9*
Нижний ярус (основания растений)	14	8,8	22	19,6
живые стебли и листья	*10*	*6,3*	*18*	*16,1*
прошлогодние стебли	*4*	*2,5*	*4*	*3,5*
Почва и подстилка	143	89,4	86	76,8
Предметы антропогенного происхождения (кучи бревен, кирпича и проч.)	2	1,2	2	1,8
Всего	160	100	112	100

Для успешной охоты конькам необходим хороший обзор [Владышевский, 1980; Преображенская, 1998; Moga et al., 2004; Hübner, 2009]. По нашим данным, лесные коньки чаще всего кормились на участках с редким травостоем (ОПП не более 25 %) или на участках с травостоем средней густоты (ОПП 26–50 %) (табл. 2). Высота травостоя в местах кормежки лесного конька варьировала, достигая 85 см. При этом лесной конек редко кормился на участках с низким травостоем. Чаще всего этот вид кормился в высоком разреженном и высоком среднегустом травостое, а также на участках, где верхний ярус травостоя был высоким разреженным, а основной ярус – низким разреженным или средней густоты (см. табл. 2). На участках с высоким густым травостоем лесной конек кормился редко, так как слишком густой и высокий травостой, по-видимому, затрудняет передвижение птиц по субстрату и обнаружение ими пищевых объектов [Преображенская, 1998; Hübner, 2008, 2009].

Таблица 2. Высота и густота травостоя в местах кормежки лесного конька

Густота и высота ярусов травостоя	Число регистраций	
	абс.	%
Травостой отсутствует	4	2,5
Редкий травостой (ОПП не более 25 %)	103	64,8
*Все ярусы низкие**	*21*	*13,2*
*Все ярусы высокие***	*37*	*23,3*
Основной ярус низкий, верхний ярус высокий	*45*	*28,3*
Среднегустой травостой (ОПП 26–50 %)	50	31,4
Все ярусы низкие	*7*	*4,4*
Все ярусы высокие	*23*	*14,4*
Основной ярус низкий, верхний ярус редкий (ОПП не более 25 %) высокий	*20*	*12,6*
Густой травостой (ОПП более 50 %)	2	1,3
Все ярусы высокие	*2*	1,3
Всего регистраций	159	100

Примечание. *Высота яруса не более 10 см**, высота яруса более 10 см.

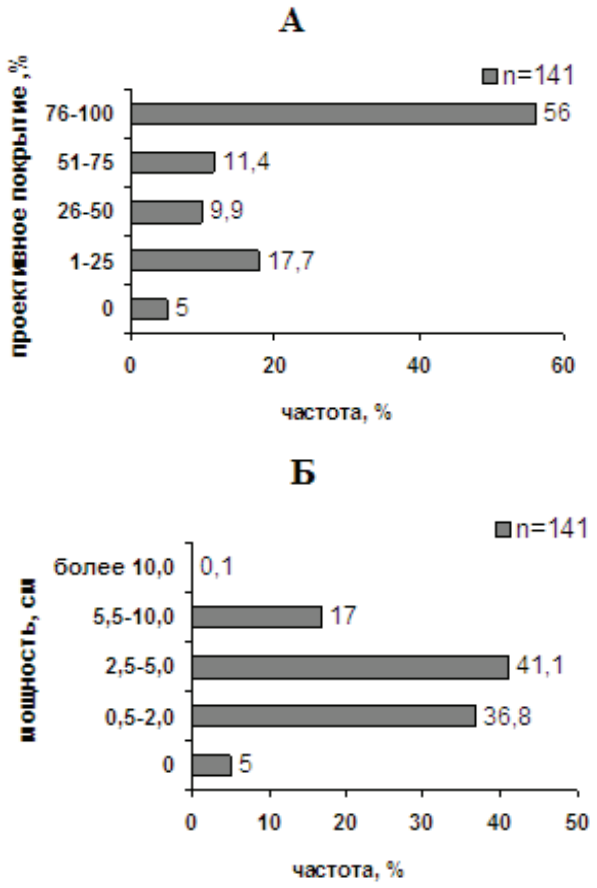


Рис. 3. Проективное покрытие (А) и мощность (Б) подстилки в местах кормежки лесного конька. Значения даны в процентах от общего числа регистраций (n)

Для коньков, кормящихся на земле и в напочвенном ярусе растительности, большую роль играют наличие подстилки, ее проективное

покрытие и мощность, характер неровностей почвы (наличие кочек, бугорков, борозд), так как эти особенности могут облегчать или, напротив, затруднять для птиц обзор и передвижение по субстрату [Хлебосолов, 1999; Зацаринный, Елизарова, 2004; Шемякина, 2009]. По нашим данным, проективное покрытие подстилки в кормовых микростациях лесного конька достигало 100 %, а наиболее часто составляло 76–100 %. В 5,0 % случаев лесной конек кормился на участках без подстилки (рис. 3, А). Мощность подстилки в местах охоты конька достигала 10 см, наиболее часто составляла 0,5–5,0 см (рис. 3, Б).

Таблица 3. Частота встречаемости неровностей почвы разного размера в местообитаниях лесного конька

Тип неровностей почвы	Высота неровностей, см	Ширина неровностей, см	Регистраций	
			абс.	%
Неровности отсутствуют	0	0	49	34,8
Мелкие бугорки	3–7	5–7	16	11,4
Низкие широкие борозды	5–10	30–70	36	25,5
Высокие широкие борозды	15–30	30–70	37	26,2
Высокие кочки	15–30	15–30	3	2,1
Всего			141	100

Неровности почвы в кормовых микростациях лесного конька чаще всего были представлены высокими и низкими широкими бороздами, реже – небольшими бугорками и высокими кочками. В 34,8 % случаев лесной конек кормился на участках почвы, лишенных неровностей (табл. 3).

Кормовое поведение и питание

Лесной конек кормится на земле или основаниях растений, обследует субстрат, передвигаясь по нему сериями шагов, пробежками. При этом конек осматривает прилегающее пространство, совершая кратковременные остановки [Cramp, 1988; Преображенская, 1998]. Нами установлено, что при поиске пищи птица перемещается по субстрату чаще всего при помощи ходьбы (87,8 % всех перемещений, n = 484), реже использует пробежки (7,0 %), прыжки (3,3 %), полеты (1,9 %). Длина серии шагов лесного конька варьирует от 5 до 335 см. Наиболее часто длина серии шагов составляет 5–10 см (49,7 %, n = 402) или 11–20 см (27,9 %). Протяженность пробежек лесного конька варьирует от 5 до 50 см. Наиболее часто отмечаются пробежки на расстояние 5–10 см (28,0 %, n = 25) и 11–20 см (56,0 %).

Продолжительность осматриваний у лесного конька варьирует от 1 до 32 сек. Чаще всего осматривания длятся 1–2 сек (69,2 %, n = 357), реже – 3–4 сек (15,1 %). На осматривания лесной конек затрачивает 36,6 % времени кормежки. После обнаружения добычи птица совершает один или несколько клевков. Чаще всего клевок следует после ходьбы (52 % клевков, n = 203), реже – после осматривания (14 %), другого клевка (13 %), дотягивания (12 %) или пробежки (7 %). После клевка конек обычно начинает новую серию кормовых маневров с ходьбы (53 %) или осматривания (31 %). В общем виде кормовое поведение лесного конька отражено в схеме (рис. 4).

Для лесного конька характерна относительно высокая интенсивность кормежки. За 1 мин кормового поведения он совершает в среднем 21,3 кормовых маневра, из которых 4,0 – клевки (табл. 4).

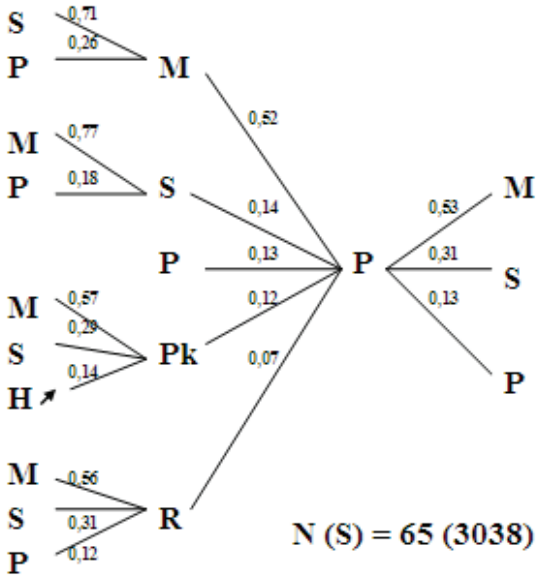


Рис. 4. Последовательность и частота кормовых маневров, совершаемых лесным коньком. Обозначения: P – клевок, S – осматривание, M – ходьба, H – прыжок в направлении «выше», Pk – дотягивание, R – пробежка. N (S) – число последовательностей кормовых маневров и общее время непрерывных наблюдений в секундах (в скобках). В схему не включены последовательности с частотой следования менее 0,05

Таблица 4. Частота использования различных кормовых маневров лесным коньком

Кормовые маневры	Количество (в расчете на 1 мин кормового поведения)
Осматривания	7,2
Ходьба	8,4
Пробежки	0,7
Прыжки	0,3
Полеты	0,2
Дотягивания	0,5
Клевки	4,0
Все	21,3

Таким образом, кормовое поведение лесного конька характеризуется следующими действиями: птица перемещается по поверхности субстрата (по земле) преимущественно сериями шагов, реже пробежками. Перемещения чередуются с непродолжительными осматриваниями. При обнаружении кормового объекта птица совершает клевок (иногда с дотягиванием), после чего следует новая серия поисковых маневров. Такое кормовое поведение можно рассматривать как «собирание», или «пастьбу» [Remsen, Robinson, 1988; Преображенская, 1998].

Пищевой рацион лесного конька довольно разнообразен. Основу рациона составляют беспозвоночные животные: насекомые, пауки, многоножки, моллюски [Иноземцев, 1960; Нейфельдт, 1961; Мальчевский, Пукинский, 1983; Прокофьева, 2003]. Состав корма взрослых птиц несколько отличается от рациона гнездовых птенцов. По данным анализа содержимого желудков, в пище взрослых коньков высока доля жесткокрылых и муравьев. Взрослые птицы поедают также растительный корм – семена осок, черники, ели, сосны и других растений. Для них характерна сезонная смена состава кормов. Весной птицы поедают главным образом жесткокрылых, преимущественно долгоносиков, а также пауков, а летом и осенью в желудках встречаются мелкие равнокрылые, двукрылые, бабочки и семена растений [Воропанова, 1957; Птушенко, Иноземцев, 1968; Прокофьева, 2003; Коровин, 2004]. Птенцы лесного конька получают главным образом мягкие животные корма. В их рационе преобладают личинки пилильщиков и чешуекрылых, встречаются также имаго двукрылых, равнокрылые, прямокрылые, пауки. Доля жесткокрылых в рационе птенцов заметно ниже, чем у взрослых птиц [Нейфельдт, 1961; Птушенко, Иноземцев, 1968; Loske, 1987; Прокофьева, 2003; Барановский, 2008].

Изучение корма птенцов лесного конька, проведенное нами в открытых биотопах долины Оки, показало, что основу пищевого рациона составляют насекомые, на их долю приходится 84,25 % всех пищевых объектов. Кроме насекомых, в пище довольно обильны паукообразные, встречаются также многоножки и моллюски (табл. 5).

Размер пищевых объектов в рационе птенцов лесного конька оказался небольшим. Длина пищевых объектов колебалась от 3 до 36 мм, а толщина – от 2 до 12 мм [Фионина, Железнова, 2009]. В рационе птенцов значительная доля (60,9 %, n = 330) принадлежала объектам с размерами 6–15 □ 2–5 мм. Более крупные, равно как и более мелкие пищевые объекты в рационе встречались реже (31,2 и 7,9 % соответственно). Масса пищевых объектов лесного конька варьировала от 4 до 664 мг. В рационе птенцов важную роль играли пищевые объекты массой до 50 мг, также значительная доля пищевых объектов имела массу от 51 до 100 мг (рис. 5). Сходные данные получены для других районов Рязанской области. Так, в национальном парке «Мещерский» средняя масса пищевых объектов для лесного конька составила 53,6 мг, а в целом этот показатель варьировал от 4 до 692 мг [Барановский, 2008].

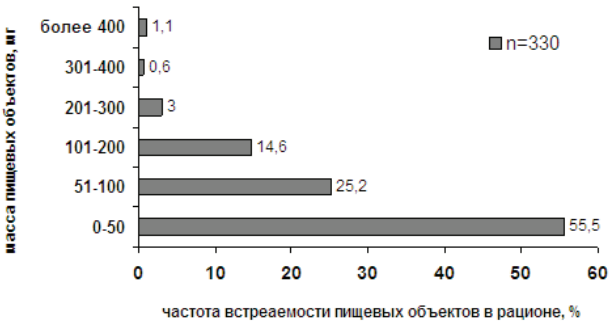


Рис. 5. Частота встречаемости пищевых объектов разной массы в рационе птенцов лесного конька. Значения даны в процентах от общего числа регистраций (n)

Заключение

В долине Оки, расположенной в контурах Рязанской области, лесной конек освоил целый ряд открытых биотопов. Наибольшую плотность населения он имеет на обширных полянах в пойменных дубравах с хорошо развитым древесным ярусом, обитает также на зарастающих древостоем полях. Этот вид предпочитает участки с наличием хотя бы отдельно растущих деревьев, и численность его в пойменных лугах, поросших кустарником, а также в сельскохозяйственных ландшафтах, лишенных древесного яруса, заметно ниже. Лугов, сильно заросших кустарником, и высокотравных пойменных лугов птица избегает. Этот вид чаще всего населяет стации с негустым травостоем, высота верхнего яруса которого составляет 51–70 см, а общее проективное покрытие – 16–30 %. Лесной конек предпочитает биотопы с низкой и средней степенью влажности почвы. При кормежке он чаще всего перемещается по поверхности земли или основаниям растений, пищу склевывает с тех же субстратов. Подстилка в местах кормежки данного вида чаще всего плотная, мощностью 0,5–10,0 см. Кочек и

Таблица 5. Состав птенцового корма лесного конька

Состав корма	Кол-во экземпляров	Стадия	Доля в общем количестве объектов, %	Общая масса, мг	Доля в общей массе корма, %
INSECTA	**278**		**84,25**	**21193**	**92,11**
Odonata	**1**	***i***	**0,30**	**24**	**0,10**
Lestidae	1	*i*	0,30	24	0,10
Orthoptera	**68**	***6 i + 62 l***	**20,61**	**7091**	**30,82**
Tettigoniidae	26	*l*	7,88	3413	14,83
Acrididae	42	*6 i + 36 l*	12,73	3678	15,99
Homoptera	**17**	***3 i + 14 l***	**5,15**	**167**	**0,73**
Cercopidae	17	*3 i + 14 l*	5,15	167	0,73
Hemiptera	**5**	***4 i + 1 l***	**1,52**	**51**	**0,22**
Nabidae	3	*2 i + 1 l*	0,91	31	0,13
Piesmatidae	2	*i*	0,61	20	0,09
Coleoptera	**43**	***28 i + 14 l + 1 p***	**13,03**	**1475**	**6,41**
Haliplidae	1	*l*	0,30	80	0,35
Cantharididae	14	*i*	4,24	458	1,99
Hydrophilidae	1	*i*	0,30	23	0,10
Elateridae	1	*i*	0,30	92	0,40
Byrrhidae	4	*l*	1,21	73	0,32
Chrysomellidae	7	*l*	2,12	266	1,16
Curculionidae	11	*i*	3,34	210	0,91
Scarabaeidae	2	*l*	0,61	259	1,12
Coleoptera, ближе не опереденные	2	*1 l + 1 p*	0,61	14	0,06
Diptera	**31**	***26 i + 5 l***	**9,39**	**2265**	**9,85**
Tipulidae	9	*i*	2,73	685	2,98
Tabanidae	5	*l*	1,52	659	2,86
Rhagionidae	11	*i*	3,33	678	2,95
Asilidae	2	*i*	0,61	84	0,37
Tachinidae	1	*i*	0,30	90	0,39
Muscidae	3	*i*	0,91	69	0,30
Hymenoptera	**28**	***5 i + 23 l***	**8,48**	**1944**	**8,44**
Cephidae	1	*i*	0,30	8	0,03
Tentredinidae	24	*1 i + 23 l*	7,27	1838	7,99
Formicidae	2	*i*	0,61	58	0,25
Hymenoptera, ближе не определенные	1	*i*	0,30	40	0,17
Trichoptera	**1**	***i***	**0,30**	**32**	**0,14**
Lepidoptera	**82**	***9 i + 70 l + 3 p***	**24,85**	**8064**	**35,05**
Hepialidae	2	*i*	0,61	279	1,21
Limacodidae	2	*l*	0,61	29	0,13
Zygaenidae	1	*l*	0,30	203	0,88
Tortricidae	1	*l*	0,30	14	0,06
Hyponomeutidae	1	*l*	0,30	42	0,18
Pyralidae	3	*l*	0,91	325	1,41
Pyraustidae	1	*i*	0,30	13	0,06
Geometridae	23	*l*	6,97	1359	5,91
Noctuidae	28	*4 i + 24 l*	8,49	3812	16,57
Arctiidae	1	*l*	0,30	16	0,07
Pieridae	3	*l*	0,91	164	0,71
Lycaenidae	4	*l*	1,21	590	2,56
Nymphalidae	6	*l*	1,82	724	3,15
Lepidoptera, ближе не определенные	6	*2 i + 1 l + 3 p*	1,82	494	2,15
INSECTA, ближе не определенные	**2**	***i***	**0,61**	**80**	**0,35**
MYRIOPODA	**1**	–	**0,30**	**59**	**0,26**
ARACHNIDA	**37**	–	**11,21**	**1414**	**6,15**
MOLLUSCA	**11**	–	**3,33**	**282**	**1,23**
Комочки грунта	**3**	–	**0,91**	**57**	**0,25**
Всего	330		100	23005	100

других крупных неровностей почвы птица при кормежке избегает, предпочитая кормиться на ровных участках поверхности или на участках с широкими бороздами различной высоты. Кормовое поведение представляет собой типичную «пастьбу» – чередование шагов, непродолжительных осматриваний, коротких пробежек и клевков. Интенсивность кормежки лесного конька относительно велика – 21,3 кормовых маневра в минуту. В рационе птенцов наибольшая доля принадлежит насекомым, преимущественно личинкам чешуекрылых и прямокрылых, а также жесткокрылым. Чаще всего лесной конек добывает мелкие пищевые объекты.

Полученные данные о пространственных и трофических связях лесного конька в открытых биотопах долины р. Оки хорошо согласуются с данными, известными для лесных стаций и полученных другими авторами. В открытых местообитаниях конек выбирает для кормежки участки, по структуре сходные с таковыми в лесных биотопах, сходным оказывается также его кормовое поведение и состав рациона. Наше исследование показало, что в открытых стациях с отдельно встречающимися деревьями или негустыми, но высокими куртинами кустарника лесной конек находит все необходимые для него условия для реализации пространственных и трофических связей. В условиях повсеместного сокращения площади лесов такие биотопы могут стать местами сохранения вида.

Автор выражает глубокую признательность В. П. Иванчеву, Е. И. Хлебосолову, И. В. Зацаринному, оказавшим большую помощь в организации полевых исследований, обработке полученного материала и работе над статьей. Автор благодарен коллективу кафедры биологии Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина и сотрудникам Окского государственного природного биосферного заповедника за всестороннюю помощь и поддержку при проведении исследований.

Литература

Бабушкин Г. М., Бозина Е. Д., Вискова В. И. и др. Животный мир Рязанской области / Под ред. Л. В. Шапошникова. Рязань: Рязанская обл. типография, 1972. 192 с.

Барановский А. В. Питание луговых птиц рязанской Мещеры в условиях симбиотопии // Современная экология – наука XXI века: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, 17–18 окт. 2008). Рязань: РГУ, 2008. С. 498–505.

Владыкина Н. С. Влияние садово-дачного освоения лесной территории на видовой состав и численность птичьего населения // Экология, эволюция и систематика животных: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Рязань, 17–19 ноября 2009). Рязань: НП «Голос губернии», 2009. С. 193–194.

Владышевский Д. В. Экология лесных птиц и зверей (кормодобывание и его биоценотическое значение). Новосибирск: Наука, 1980. 245 с.

Воропанова Т. А. Питание птиц Вологодской области // Учен. зап. Вологод. пед. ин-та. 1957. Вып. 20. С. 167–210.

Дементьев Г. П., Гладков Н. А. Птицы Советского Союза. М.: Советская наука, 1954. Т. 5. С. 660–666.

Денис Л. С. Особенности динамики численности и пространственного распределения птиц в некоторых биотопах Окского заповедника // Труды Окского заповедника. Вып. 23. Рязань: Узорочье, 2004. С. 119–132.

Зацаринный И. В., Елизарова Г. В. Пространственные отношения и кормовое поведение лугового конька (*Anthus pratensis*, Motacillidae, Passeriformes) на северо-западе Кольского полуострова // Экология и эволюция животных. Сборник науч. трудов каф. зоологии РГПУ / Под ред. Н. В. Чельцова. Рязань: РИРО, 2004. С. 26–35.

Иванчев В. П. Динамика орнитофауны Рязанской области (с конца XIX до начала XX вв.) // Труды Окского государственного природного биосферного заповедника. Вып. 24. Рязань: Рязанская обл. типография, 2005. С. 534–567.

Иванчев В. П. Современное состояние фауны птиц Рязанской Мещёры // Птицы Рязанской Мещёры / Под ред. Е. И. Хлебосолова. Рязань: НП «Голос губернии», 2008. С. 31–86.

Иноземцев А. А. О питании лесного конька // Агробиология. 1960. Т. 3. С. 465–467.

Иноземцев А. А. Оценка степени воздействия лесного конька на фауну беспозвоночных в гнездовой период // Науч. доклады высшей школы. Биол. науки. 1962. Вып. 2. С. 55–57.

Иноземцев А. А. Роль насекомоядных птиц в лесных биоценозах. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. 264 с.

Коровин В. А. Птицы в агроландшафтах Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2004. 504 с.

Кулешова Л. В. Сообщества птиц Окского заповедника // Проблемы инвентаризации живой и неживой природы в заповедниках. Проблемы заповедного дела. М.: Наука, 1988. С. 131–156.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

Мальчевский А. С., Кадочников Н. П. Методика прижизненного изучения питания гнездовых птенцов насекомоядных птиц // Зоол. журн. 1953. Т. 32. Вып. 2. С. 227–282.

Мальчевский А. С., Пукинский Ю. Б. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий: История, биология, охрана. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1983. Т. 2. 504 с.

Марочкина Е. А. Структура и динамика некоторых лесных сообществ воробьиных птиц Окского заповедника // Сб. научн. трудов каф. зоологии РГПУ. Рязань, 2002. С. 63–69.

Марочкина Е. А. Трофические и пространственные отношения воробьиных птиц в лесных биотопах Мещерской низменности: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. М., 2004. 17 с.

Марочкина Е. А., Чельцов Н. В. К вопросу о механизмах пространственного распределения лесных воробьинообразных птиц Мещерской низменности в гнездовой период // Экология, эволюция и систематика животных: сб. науч. трудов каф. зоологии РГПУ. Рязань, 2005. С. 64–77.

Марочкина Е. А., Чельцов Н. В. Сравнительный анализ пространственной структуры населения птиц дубравы и соснового леса Окского заповедника // Труды Окского заповедника. Вып. 20. Рязань: Узорочье, 2000. С. 240–250.

Морозов Н. С. Метод картирования территорий птиц на постоянных пробных площадках: международные рекомендации и личный опыт // Организация науч. исследований в заповедниках и национальных парках. Сб. докладов семинара-совещания (Пущино-на-Оке, 18–26 декабря 1999). М.: Всемирный фонд дикой природы, 1999. С.156–186.

Нейфельдт И. А. Материалы по питанию гнездовых птенцов некоторых лесных насекомоядных птиц // Зоол. журн. 1956. Т. 35, № 3. С. 434–440.

Нейфельдт И. А. Питание воробьиных птиц в Южной Карелии // Зоол. журн. 1961. Вып. 3. С. 416–426.

Неронов В. В. Полевая практика по геоботанике в средней полосе Европейской России. М.: Изд. Центра охраны дикой природы, 2002. С. 59–121.

Плохинский Н. А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 364 с.

Преображенская Е. С. Экология воробьиных птиц Приветлужья. М.: КМК Scientific Press Ltd, 1998. 200 с.

Приедниекс Я., Куресоо А., Курлавичус П. Рекомендации к орнитологическому мониторингу в Прибалтике. Рига: Зинатне, 1986. С. 1–47.

Прокофьева И. В. О питании гнездовых птенцов некоторых видов лесных птиц // Учен. зап. Ленингр. пед. ин-та им. Герцена. 1958. Вып. 143. С. 49–66.

Прокофьева И. В. Об особенностях питания лесных коньков *Anthus trivialis* разного возраста // Русский орнитол. журн. 2003. Экспресс-вып. 247. С. 1430–1437.

Птушенко Е. С., Иноземцев А. А. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М.: МГУ, 1968. 461 с.

Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по маршрутному учету населения птиц в заповедниках // Организация науч. исследований в заповедниках и национальных парках. Сб. докладов семинара-совещания (Пущино-на-Оке, 18–26 декабря 1999). М.: Всемирный фонд дикой природы, 1999. С. 143–155.

Резанов А. Г. Необычный кормовой метод лесного конька *Anthus trivialis* // Русский орнитол. журн. 2005. Т. 14. Экспресс-вып. 292. С. 611.

Сапетина И. М. Птицы Окского заповедника и сопредельных территорий (биология, численность, охрана). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 172 с.

Сорокин М. Г. Материалы по питанию птенцов лесного конька, пеночки-веснички и сорокопутажулана в Калининской области // Учен. зап. Калининского пед. ин-та. 1964. Вып. 31. С. 50–56.

Фионина Е. А. Методы описания микростациальной приуроченности птиц открытых местообитаний // Сб. научн. трудов каф. зоологии РГУ. Рязань, 2006. С. 69–74.

Фионина Е. А. Структура сообществ воробьиных птиц пойменных лугов Окского заповедника // Мониторинг редких видов животных и растений и среды их обитания в Рязанской области. Рязань: НП «Голос губернии», 2008а. С. 72–97.

Фионина Е.А. Численность и пространственное распределение воробьиных птиц в луговых экосистемах Мещерской низменности // Естественные и технические науки. 2008б. Вып. 1. С. 119–126.

Фионина Е. А., Железнова О. С. Питание трясогузковых птиц (*Motacillidae*, Passeriformes) южной Мещеры: индивидуальные и видовые предпочтения по размеру пищи // Всерос. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы в области химико-педагогического и естественнонаучного образования» (Оренбург, 16–17 февраля 2009). Оренбург: ОГПУ, 2009. С. 129–132.

Хлебосолов Е. И. Экологические факторы видообразования у птиц. М.: Горизонт, 1999. 284 с.

Шемякина О. С. Особенности формирования сообществ воробьиных птиц на верховых болотах // Экология, эволюция и систематика животных: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Рязань, 17–19 ноября 2009). Рязань: НП «Голос губернии», 2009. С. 295–296.

Amar A., Hewson C. M., Thewlis R. M. et al. What's Happening to Our Woodland Birds? Long-Term Changes in the Report of Woodland Birds. RSPB Research Report no. 19 / BTO Research Report no. 169. Sandy, UK: Royal Society for the Protection of Birds / Thetford, UK: British Trust for Ornithology. 2006.

Baillie S. R., Marchant J. H., Crick H. Q. P. et al. Breeding Birds in the Wider Country-side: Their Conservation Status 2005. BTO Research Report no. 435. Thetford, UK. 2006. British Trust for Ornithology.

Burton N. H. K. Influences of restock age and habitat patchiness on Tree Pipits *Anthus trivialis* breeding Breckland pine plantations // Ibid. 2007. V. 149 (Suppl. 2). P. 193–204.

Cramp S. The Birds of Western Palearktic. Oxford: Oxford University Press, 1988. Vol. 5. 1084 p.

Fuller R. J., Smith K. W., Grice P. V. et al. Habitat change and woodland birds in Britain: implication for the management and future research // Ibid. 2007. Vol. 149 (Suppl. 2). P. 261–268.

Gregory R. D., Vorisch P., van Strien A. et al. Population trends of widespread woodland birds in Europe // Ibid. 2007. Vol. 149 (Suppl. 2). P. 78–97.

Holmes R. T., Bonney R. E. Jr., Pacala S. W. Guild structure of the Hubbard Brook bird community a multivariate approach // Ecology. 1979. Vol. 60. P. 512–520.

Hübner A. Habitatpräferenzen des Baumpiepers *Anthus trivialis* im Großraum Köln/Bonn // Vogelwarte. 2008. Vol. 46. P. 364–365.

Hübner A. Die Habitatwahl des Baumpipers *Anthus trivialis* – eine Anaklyse mittels GIS // Vogelwarte. 2009. Vol. 47. P. 165–170.

Kumstátová T., Brinke T., Tomková S. et al. Habitat preferences of tree pipit (*Anthus trivialis*) and meadow pipit (*A. pratensis*) at sympatric and allopatric localities // J. Ornithol. 2004. V. 145. P. 334–342.

Loske K-H. Habitatwahl des Baumpipers (*Anthus trivialis*) // J. Ornithol. 1987. V. 128. P. 33–47.

Meury R. Zur Nahrungsokologie des Baumpiepers *Anthus trivialis* in einem Landwirtschaftsgebiet des schweizerischen Mittellandes // Ornithol. Beob. 1991. Vol. 88. P. 57–72.

Moga C. I., Hartel T., Öllerer K. Ancient oak wood-pasture as a habitat for the endangered tree pipit *Anthus trivialis* // Biologia. 2009. Vol. 64, N 5. P. 1011–1015.

Müller J., Hothorn T. Maximally selected two-sample statistics as a new tool for the identification and assessment of habitat factors with an application to breeding-bird communities in oak forests // Eur. J. Forest Res. 2004. Vol. 123. P. 219–228.

Nowakowski J. J. Spatial distribution of a Tree Pipit *Anthus trivialis* population from agiewnicki Forest (Łódź – Central Poland) // Avocetta. 2000. V. 24. P. 125–128.

Remsen J. V. Jr., Robinson S. K. A classification schieme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats // Studies in Avian Biology. 1988. N 13: Avian foraging: theory, methodology, and applications. P. 144–160.

Sanderson F. J., Donald P. F., Pain D. J. et al. Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds // Biol. Conservation. 2006. V. 131. P. 93–105.

Schuster A. Bestandszusammenbruch des Baumpiepers (*Anthus trivialis*) an der Unteren Traun, Oberöstrreich // Vogelkundliche Nachrichten Oö u. Naturschutz aktuell. 1996. V. 4. P. 37–42.

Tomialojc L. The combined version of the mapping method // Proc. VI Intern. Conf. Bird Census Work. (Gottingen, 24–28 sept. 1979). Gottingen, 1980. P. 92–106.

van Hekke P. Verhalten, Nest und Neststandort des Baumpipers (*Anthus t. trivialis*) // J. Ornithol. 1979. Vol. 120. P. 265–279.

Vukelič E. Vpliv načinov gospodarjenja s travišči na ptice gnezdilke Ljubljanskega barja (osrednja Slovenija) // Acrocephalus. 2009. V. 30 (140). P. 3–15.

Yapp W. B. Birds and woods. London: Oxford University Press, 1962. 308 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Фионина Елена Александровна
младший научный сотрудник
ГОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина»
ул. Свободы, д. 46, г. Рязань, Россия, 390000
эл. почта: fionina2005@mail.ru
тел.: 9105076474

Fionina, Elena
Ryazan State University
46, Svobody St, 390000 Ryazan, Russia
e-mail: fionina2005@mail.ru
tel.: 89105076474

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 113–125

УДК 574.583 (282.247.212)

ЗООПЛАНКТОН ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ЛАДОГИ

М. Г. Рябинкина,[1] Т. П. Куликова,[2] Л. П. Рыжков[1]

[1]Петрозаводский государственный университет
[2]Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Обобщены результаты многолетних исследований зоопланктона водных объектов (38 озер и 19 рек) северной части бассейна Ладожского озера. Представлен сводный список видов, включающий 129 таксонов ракообразных и коловраток, широко распространенных в карельском регионе. Даны качественные и количественные характеристики планктонной фауны для каждого водоема.

Ключевые слова: озерно-речные системы, зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса.

M. G. Ryabinkina, T. P. Kulikova, L. P. Ryzhkov. ZOOPLANKTON IN THE NORTHERN LAKE LADOGA CATCHMENT

The results of long-term studies of zooplankton in waterbodies in the catchment of Northern Ladoga (38 lakes and 19 rivers) are summarized. The total list of species comprising 129 taxa of various crustaceans and rotifers, which are widespread in the Karelian region, is provided. Qualitative and quantitative characteristics of the plankton fauna in each of the reservoirs are reported.

Key words: lake-river systems, zooplankton, species composition, abundance, biomass.

Введение

Ладожское озеро, крупнейший водоем Европы, оказывает большое влияние на климатические характеристики региона. Северная часть бассейна озера, расположенная в приграничном районе с Финляндией, перспективна в экономическом отношении. Озера и реки района служат источником водоснабжения для населения и промышленности, гидроэнергетики, транспортными системами, прекрасной базой для рыбного хозяйства и массового туризма.

Водоемы в бассейне сочетают в себе наиболее характерные для Карело-Кольской лимнологической области морфологические и биологические типы. Для оценки современного состояния водных объектов бассейна, определения их возможностей, путей использования необходимы корректные научные материалы. Однако имеющиеся в литературе сведения разрозненны, по ряду водоемов данные ограничены или отсутствуют. Наиболее ранние гидробиологические наблюдения в ладожском бассейне известны с середины XIX-го – начала XX-го столетий. Комплексные исследования озерно-речных систем северной части бассейна Ладожского озера проводятся начиная с 60-х годов прошлого столетия. В это время были обследованы системы рек Янисъйоки, Сюскуянъйоки, Иййоки, Тохмайоки, Уксунъйоки [Озера Карелии..., 1959; Филимонова, 1968; Рыжков, 1999].

Сообщество зоопланктона является важным индикатором состояния экосистемы водоемов, отражает изменения, происходящие в них в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на современном этапе.

Цель настоящего сообщения – составление сводного списка видов, характеристика количественного развития зоопланктона в обследованных водных объектах, находящихся в естественном состоянии, не испытывающих активного влияния антропогенных факторов и до сих пор мало исследованных. В работе использованы данные комплексных наблюдений 1994–1997 гг. Петрозаводского государственного университета, фондовые материалы Северного НИИ рыбного хозяйства, Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН [Современное состояние..., 1990; Рыжков, 1999] .

Данная работа позволяет объединить и систематизировать сведения по фауне водных объектов западной части Карелии, является частью исследований по инвентаризации биологических ресурсов озер республики [Куликова, 2004, 2007, 2010].

Материалы и методы

Характеристика района исследований

Гидрографическая сеть бассейна северной Ладоги представлена речными, озерно-речными и озерными водными системами. Все они ориентированы в соответствии с основными формами рельефа с северо-запада на юго-восток. Длина рек и площади их водосборов имеют в основном малые величины. Преобладают водотоки длиной до 5 км с водосборами до 100 км^2. Наиболее крупными из них являются Янисъйоки (длина 70 км, площадь водосбора 3900 км^2), Тохмайоки (64 и 1602), Уксунъйоки (121 и 1080), Китеенъйоки (78 и 761), Асиланъйоки (60 и 1370 соответственно). Озерность рек изменяется от 0,4 (Саавайнъйоки) до 14 % (Асиланъйоки), в среднем для Приладожья составляет 6,6 %. Все реки имеют ступенчатый продольный профиль: порожистые участки чередуются с плесами или озерами. Берега рек часто заболочены или покрыты смешанным лесом. Питание рек происходит по смешанному типу с преобладанием атмосферных осадков. Высокая водность определяется расположением бассейна в зоне избыточного увлажнения [Берсонов, 1960; Григорьев, 1964; Карпечко, 1985; Литинская, 1985а; Каталог..., 2001].

Озер в бассейне насчитывается более 2000. По своему происхождению они относятся к трем типам: тектоническому (Ладожское), образовавшихся путем отчленения озерных заливов – шхер (Кортеланъярви, Хюмпелянъярви) и ледниковому (Кангасъярви и др.). Относительно крупных озер (площадью водного зеркала более 10 км^2) немного, самое крупное из них Янисъярви (200 км^2). Основная часть озер, имеющих площадь 1,0–10,0 км^2 (а также малые, площадью менее 1,0 км^2), сосредоточены в бассейнах рек Видлицы, Янисъйоки, Тулемайоки, на северо-западном побережье [Литинская, 1985б].

Время активной вегетации в озерах продолжается с первой декады мая по первую половину октября, 150–160 дней. Летом в глубоких озерах четко выражена температурная стратификация: поверхностные воды прогреваются до 16–20 °С, на глубине температура не превышает 10 °С. Мелкие водоемы прогреваются до дна.

По гидрохимическому составу воды озерно-речных систем бассейна имеют низкую минерализацию, поскольку основные водосборы подстилают трудно размываемые породы (граниты, гнейсы, кварциты), относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция или гидрокарбонатно-сульфатному. Вследствие заболоченности бассейна и зарегулированности рек озерами практически во всех водотоках отмечается высокое содержание темноокрашенных гумусовых веществ: цветность 96–150 град., перманганатная окисляемость 14,7–42,4 мгО/л, бихроматная – 31,7–67,9. Реакция среды (pH) 6,4–6,7. Воды отличаются низкими показателями биогенных веществ [Курапцева, 1985]. В последние годы содержание азота и фосфора в водах северного Приладожья имеет тенденцию к увеличению, что может быть обусловлено созданием мелких фермерских хозяйств вблизи озер и рек, увеличением содержания соединений азота и фосфора в атмосферных осадках [Мартынова, Лозовик, 2007].

Высшая водная растительность (тростник, рдест, кубышка, хвощ, осоки) в большинстве озер как качественно, так и количественно небогата, в основном развивается в прибрежной части и в заливах, в реках – в устьевых участках. В глубоководных водоемах зарастаемость обычно не превышает 2–3 % общей площади, в мелководных – значительно больше, до 10–15 %.

Отбор проб и обработка полевого материала

Отбор материала на водных объектах осуществлялся главным образом в летний период (июль), отчасти (на 5 озерах) – в осенний (октябрь) 1994–1998 гг.

Пробы зоопланктона в озерах (всего 158) отбирали малой сетью Джеди с диаметром входного отверстия 18 см (сито с размером ячеи газового конуса 0,099 мм), фиксировали формалином до концентрации 4 %. Применялся послойный лов, в зависимости от глубины станции (0–2, 5–2, 10–5 м и т. д.). В мелководных водоемах, где глубина не превышала 3–4 м, пробы отбирались тотально (от дна до поверхности). В реках (44 пробы) процеживался определенный объем воды, обычно 100 л, через качественную сеть Апштейна (сито с ячеей 0,072 мм). Камеральную обработку проб проводили по общепринятой методике [Методика..., 1975; Руководство..., 1983].

При определении биомассы зоопланктона использовали индивидуальные веса организмов, рассчитанные по формуле соотношения между массой и длиной тела особи [Ruttner-Kolisko, 1977; Балушкина, Винберг, 1979]. Математическую обработку данных проводили в программе Excel. Анализ изменений зоопланктона в водоемах под влиянием антропогенных факторов осуществлялся с применением индикационных показателей [Макрушин, 1974; Куликова, 1983; Андроникова, 1996].

Список видов зоопланктона исследованных водных объектов (для 38 озер и 19 рек), приведенный в Приложении, имеет двойную синонимию в названии: в соответствии с современными представлениями о таксономии [Маркевич, 1990; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995; Lieder, 1996; Определитель зоопланктона..., 2010] и согласно авторам исследований (знак «=»). Следует отметить, что к настоящему времени некоторые семейства и роды Cladocera, в частности *Bosmina*, находятся на разных стадиях систематической ревизии, отдельные таксоны не имеют ясного статуса.

Некоторые характеристики по морфологии, гидрографии, гидрологии озер приводятся по данным ряда изданий [Григорьев, Грицевская, 1959; Литинская, 1961; Ресурсы поверхностных вод..., 1972; Каталог..., 2001].

Результаты и обсуждение

Таксономическое разнообразие зоопланктона водных объектов

В составе зоопланктона водных объектов отмечено 129 таксонов, в том числе Rotatoria – 50, Calanoida – 5, Cyclopoida – 23, Harpacticoida – 1, Cladocera – 50. В озерах зафиксировано 98 таксонов, в реках – 99 (Приложение). Как обычно, в реках наиболее разнообразно представлены коловратки – 43 таксона (против 32 – в озерах), а в озерах – кладоцеры – 42 таксона (против 36 – в реках).

С учетом предыдущих результатов исследований [Александров, Гуляева, 1959а, б; Современное состояние..., 1990] наибольшее количество видов отмечено в озерах Пайкъярви (62) и Янисъярви (43). Минимальное видовое разнообразие зафиксировано в озерах Юлялампи и Саркаярви (по 14), Пиени-Ййярви (12) и Валкиаярви (10). В реках этот показатель изменяется от 5 (Саавайнъйоки) – 13 (Эняйоки) до 32 (Ийоки).

Биогеографический анализ показывает, что таксономический состав зоопланктона в большинстве исследованных водоемов типичен для фауны Европейского Севера [Куликова, 2001]. Более 50 % от общего числа составляют виды, имеющие широкий ареал распространения в карельских водоемах, представители эвритермного и умереннотепловодного комплексов: *Eudiaptomus gracilis* (Sars 1863), *Heterocope appendiculata* Sars 1863, *Thermocyclops oithonoides* (Sars 1863), *Daphnia cristata* Sars 1862, *Limnosida frontosa* Sars 1862, *Sida crystallina* (O. F. Müller 1776), *Holopedium gibberum* Zaddach 1855, *Leptodora kindtii* (Focke 1844), *Polyphemus pediculus* (Linne 1778), *Asplanchna priodonta* Gosse 1850, *Kellicottia longispina* (Kellicott 1879), *Keratella cochlearis* (Gosse 1851), *Bipalpus hudsoni* (Imhof 1891), *Conochilus unicornis* Rousselet 1892. К элементам более южной фауны, зоны смешанных лесов, относятся *Bosmina coregoni* Baird 1857, *Daphnia cucullata* Sars 1862, *Brachionus*. Значительная доля коловраток отличается высокой экологической валентностью и относится, как известно, к космополитам. В эту группу планктона входят также циклопы: *Mesocyclops leuckarti* (Claus 1857), виды из родов *Macrocyclops, Paracyclops*. Всесветное распространение имеют и некоторые кладоцеры – *Bosmina longirostris* (O. F. Müller 1785), *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin 1848), *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller 1785). Ледниковый реликт морского происхождения *Limnocalanus macrurus* Sars 1863 с верхним температурным пределом обитания 18 °С отмечен в 7 озерах (Приложение).

Массовые виды зоопланктона рек

Реки северного побережья Ладоги, как и большинство рек Карелии, представляют собой сложные озерно-речные системы, что во многом определяет их биологический режим, своеобразие качественного состава планктон-

ной фауны, ее количественного развития. Видовое разнообразие зоопланктона увеличивается (до 26–35 таксонов) в реках с большей площадью водосбора и более высокой озерностью (Янисъйоки, Асиланъйоки, Иййоки, Китеенъйоки). Оно формируется в основном за счет элементов озерного комплекса, циклопов и коловраток. Преобладают *Thermocyclops oithonoides* из циклопов, *Kellicottia longispina, Keratella cochlearis, Euchlanis dilatata* Ehrenberg 1832 – коловраток. Среди кладоцер более других отмечаются босмины (*Bosmina obtusirostris, B. longirostris*), *Chydorus sphaericus, Daphnia cristata*. В реках с малой озерностью, наличием макрофитов (Мийналанъйоки, Саавайнъйоки, Соанъйоки, Эняйоки) увеличивается роль обитателей прибрежья, зарослевых зон – *Eucyclops, Polyphemus*, хидорид. На участках с быстрым течением, водопадами (Уксунъйоки, Янисъйоки, Тохмайоки, Асиланъйоки) преобладают мелкие циклопы (*Thermocyclops*) и коловратки (*Kellicottia, Keratella, Synchaeta*).

Количественное развитие зоопланктона рек

Уровень количественного развития бионтов в реках в целом невысокий (табл. 1). На порожистых участках водотоков количество организмов планктона резко снижается. Так, в р. Ууксунъйоки этот показатель составляет 0,03 тыс. экз./м^3 против 85,1 – ниже озер Сиркойнъярви, Салменъярви и Уксунъярви, где основная часть сообщества представлена *Thermocyclops oithonoides* (44,4 тыс. экз./м^3) и *Kellicottia longispina* (17,8).

Численность организмов возрастает от верхних участков к устьевым, в которых, как правило, сосредоточены макрофиты. Следует отметить, что более высокий уровень развития зоопланктона отмечен в реках (Тохмайоки, Китеенъйоки), получающих водное питание с заболоченных водосборов и характеризующихся повышенным содержанием органических веществ (цветность 168–204 град., перманганатная окисляемость 19,0–26,6 мгО/л). Известно, что многие виды, обитающие в них, отличаются высокой пластичностью к содержанию в воде гуминовых веществ, могут жить при значительной амплитуде колебаний активной реакции среды (pH 4,5–8,4). Так, в истоке р. Тохмайоки (заболоченный ручей) заметную роль играют такие виды, как *Keratella serrulata* (Ehrenberg 1838) (35% общего числа организмов – 10,8 тыс. экз./м^3), *Acanthocyclops bisetosus* (Rheberg 1880) (соответственно 17 и 5,1), *Eucyclops serrulatus* (Fischer 1851) (11 и 0,2).

Наиболее высокие количественные показатели планктонной фауны отмечены в р. Соанъйоки, отличающейся медленным течением и наличием зарослей макрофитов, за счет высокой плотности *Bosmina obtusirostris* (70 % общей численности организмов) и *Polyphemus pediculus* (более половины суммарной биомассы).

Массовые виды зоопланктона озер

Руководящий планктический комплекс зоопланктона в озерах складывается из обычных для карельских водоемов видов, достигающих наибольшего развития летом. Массового развития среди Copepoda достигает круглогодичная форма – *Eudiaptomus gracilis* – до более половины числа организмов в группе и 11–30 % от общей численности сообщества. В ряде озер (Хюмпелянъярви, Суйстамонъярви, Яймяярви, Полвиярви, Матриярви) значительного развития достигает *E. graciloides* (Lilljeborg 1888). Вместе с *E. gracilis* на их долю приходится 45–85 % численности копепод. *Thermocyclops oithonoides* составляет 50–96 % суммарной численности Cyclopoida: от 30,0–56,7 тыс. экз./м^3 (Уксунъярви, Исо-Ийярви, Пялкъярви, Кармаланъярви) до 122,5 (Хюмпелянъярви). В оз. Париканъярви циклопиды самая многочисленная группа с превалирующим видом *Cyclops scutifer* (до 90 % общей численности и биомассы) – в среднем 250 тыс. экз./м^3 (в придонном слое воды, 10–15 м, до 750 тыс. экз./м^3).

В группе Cladocera самым широко распространенным и продуктивным компонентом практически во всех озерах (50–80 %) является *Daphnia cristata* – от 20 (Сиркойнъярви) – 44,8 (Исо-Ийярви) до 100,8 тыс. экз./м^3 (Тюрьянъярви). За ней следуют босмины, довольно разнообразные по составу (*Bosmina longicornis* Schoedler 1863, *B. kessleri* (Uljanin 1872), *B. longirostris*), однако наиболее массовая из них *Bosmina obtusirostris* Sars 1862 (35–60 %). В некоторых озерах (Юлялампи, Алалампи, Кяснясенъярви, Рекиярви, Руокоярви) среди ветвистоусых рачков отмечена значительная роль *Diaphanosoma brachyrum* (33–74 %). В центральной части озер Куркеланъярви, Валкеаярви и Саркаярви превалировал *Holopedium gibberum* (70–89 %), в последнем плотность рачка достигала 117,4 тыс. экз./м^3.

Среди коловраток абсолютным доминантом во всех озерах является *Kellicottia longispina* (67–99 %). В ряде озер она занимает значительное место и в общей численности организмов (Суйстамонъярви, Яймяярви – 39, Руоколампи, Вахваярви, Котаярви – 47, Валкеаярви,

Таблица 1. Количественное развитие зоопланктона рек

Дата исследов.	Река (кол-во станций)	Числ., тыс. экз. /м^3	Соотношение осн. систем. групп, % общей численности				Биом., г/м^3
			Calanoida	Cyclopoida	Cladocera	Rotatoria	
11.07.94	Янисъйоки (4)	0,4–4,6	1–2	3–10	10–65	27–84	0,001–0,02
11.07.94	Вельяканъйоки (1)	0,5	–	4	33	63	0,004
11.07.94	Соанъйоки (1)	48,4	–	6	90	4	1,56
08.07.94	Улисмайсенъйоки (1)	6,0	25	6	12	57	0,03
07.07.94	Саркайоки (1)	1,2	–	9	14	76	0,004
05–12.07.95	Уксунъйоки-1 (5)	0,03–85,1	1	22–56	10–87	13–27	0,0004–0,44
11.07.95	Уксунъйоки-2 (2)	11,4–9,3	–	32–45	29–35	20–39	0,12–0,11
10.07.95	Пенсанъйоки (1)	0,5	–	22	68	10	0,039
10.07.95	Уомасоя (1)	0,3	–	67	33	–	0,01
12.07.96	Иййоки (3)	0,05–22,6	7	45–53	3–20	6–80	0,0001–0,15
06.07.96	Сюскуянъйоки (2)	0,5–1,8	20–30	20–26	3–22	28–51	0,0021–0,003
06.07.96	Кулисмайоки (1)	1,0	11	40	36	13	0,008
07.07.96	Варпаоя (1)	3,0	29	10	19	42	0,017
05.07.97	Тохмайоки (4)	0,2–30,4	–	18–40	4–40	20–75	0,001–0,25
06.07.97	Саавайнъйоки (1)	2,8	–	97	3	< 1	0,026
06.07.97	Мийналанъйоки (2)	0,3–0,9	–	9–26	6–50	24–85	0,001–0,08
07.07.97	Китеенъйоки (3)	0,1–44,1	1	50–75	5–38	12–15	0,0003–0,47
07–15.07.98	Асиланъйоки (6)	0,1–6,0	1	2–66	3–5	23–96	0,0002–0,006
15.07.98	Эняйоки (3 ст.)	0,1–0,9	1	11–69	11–50	12–78	0,001–0,02

Куркеланъярви – 58, Хияярви – 67 %). В Руоколампи количество особей составляло 13,8 тыс. экз./м^3, Варпаярви – до 23,2. Дополняли келликотию *Conochilus unicornis* и *Asplanchna priodonta* (в Янисъярви Большом соответственно до 2,3 и 42,7 тыс. экз./м^3), *Polyarthra major* (в Салменъярви, Тюрьянъярви, Пайкъярви – более половины общего числа коловраток).

Количественное развитие зоопланктона озер

В уровне количественного развития зоопланктона озер наблюдается значительная вариабельность. Численность организмов изменяется от 1,0–2,4 до 95,2–263,3 тыс. экз./м^3, а биомасса – от 0,01–0,15 до 1,0–3,60 г/м^3. Наиболее высокая биомасса отмечена в озерах бассейнов рек Тохмайоки – Хюмпеленъярви (до 3,6 г/м^3) и Пялкъярви (3,4), Ийоки – Исо-Ийярви (2,6), Янисъйоки – Яймяярви (2,2). Максимальные показатели относились к оз. Париканъярви – 289,8 тыс. экз./м^3 и 8,3 г/м^3. Значительное место в сообществе по численности среди копепод (в среднем 32–52 %) занимают циклопиды (16–34 %). В формировании биомассы основная роль принадлежит ветвистоусым рачкам (в среднем 30–76, максимально до 93 %). Качественно разнообразнее и количественно богаче планктон (80,7–143,5 тыс. экз./м^3 и 1,0–2,1 г/м^3) на участках с зарослями макрофитов (Хюмпелянъярви, Руокоярви, Рекиярви, Яймяярви). Осенью, в октябре, сообщество не отличается большим разнообразием в связи с естественной убылью теплолюбивых форм, численность организмов снижается – до 13,2–26,4 тыс. экз./м^3, а биомасса составляет 0,15–0,32 г/м^3 (Сариярви, Валкиаярви и др.) (табл. 2).

Как обычно, летом основная масса зоопланктона сосредоточена в верхнем слое воды (0–5 м) и достигает в некоторых озерах значительных величин. Количество бионтов изменяется от 17,3– 34,4 до 158,0–329,5 тыс. экз./м^3, а биомасса – от 0,51–0,67 до 3,10–4,40 г/м^3 (табл. 3).

В Париканъярви максимальная плотность организмов, представленных практически одним видом – *Cyclops scutifer* (97 %), обитателем в основном олиготрофных водоемов, в период исследований отмечена в нижнем слое воды. Согласно наблюдениям в других озерах, в том числе карельских, для рачка характерна суточная вертикальная стратификация со значительной амплитудой: днем избегает поверхностных слоев воды и обитает главным образом в нижних слоях гиполимниона.

Выводы

Планктонное сообщество исследованных водных объектов бассейна Северной Ладоги (38 озер и 19 рек) довольно однородно и представлено коловратками и рачковыми формами, обычными для карельского региона. Анализ эколого-географических особенностей района исследований позволяет отметить некоторое отличие качественных и количественных характеристик зоопланктона в каждом из водоемов. В целом фауна планктона представлена широко распространенными в континентальных водах видами. В ее составе отмечено 129 таксонов, в том числе Rotatoria – 50, Copepoda – 29,

Таблица 2. Количественные показатели зоопланктона озер

Дата исследов.	Числ. тыс. экз./м³	Соотношение осн. групп, %				Биом. г/м³	Соотношение осн. групп, %			
		Cala-noida	Cyclo-poida	Clado-cera	Rota-toria		Cala-noida	Cyclo-poida	Clado-cera	Rota-toria
Бассейн р. Янисъйоки										
					Малое Янисъярви					
10.10.94	22,2	9	46	19	26	0,57	20	31	19	30
					Большое Янисъярви					
07.08.94	17,8	9	38	10	43	0,44	9	29	7	53
					Вахваярви					
14.07.94	21,6	7	16	20	57	0,33	6	9	66	19
					Хияярви					
14.07.94	43,2	5	13	12	70	0,47	11	30	30	29
					Руоколампи					
20.07.94	32,2	4	29	18	49	0,19	11	26	52	11
					Юлялампи					
20.07.94	27,8	26	14	33	27	0,23	35	13	48	4
					Алалампи					
20.07.94	34,3	28	27	21	24	0,53	28	9	58	5
					Суйстамонъярви					
07.07.94	31,8	27	14	20	39	0,48	39	8	33	20
					Рекиярви					
08.07.94	140,8	19	11	33	37	2,14	33	14	44	9
					Саркаярви					
08.07.94	48,9	1	2	95	2	1,76	6	1	93	< 1
					Яймяярви					
08.07.94	143,5	15	24	24	37	1,38	34	31	34	1
Басейн р. Уксунъйоки (Ууксунъйоки)										
					Куйккаярви					
05.07.95	89,7	3	12	30	65	0,98	5	5	27	63
					Валкиаярви (Валкеаярви)					
05.07.95	19,3	4	6	32	59	0,41	3	3	93	1
					Сиркойнъярви					
12.07.95	28,9	1	26	72	1	0,63	6	8	86	< 1
					Салменъярви					
12.07.95	26,4	3	45	43	9	0,46	14	18	66	2
					Уксуярви (Ууксуярви)					
11.07.95	42,6	2	45	24	29	0,43	4	35	56	5
					Сариярви					
9.10.95	3,9	6	5	64	25	0,08	9	4	66	21
					Полвиярви					
9.10.95	16,1	8	47	35	10	0,32	19	25	55	1
					Сяксъярви					
10.07.95	31,5	15	27	25	33	0,23	25	22	50	3
					Котаярви					
10.07.95	43,9	21	23	9	47	0,28	32	32	34	2
					Кяснясенъярви					
10.07.95	51,8	14	30	34	22	1,11	27	16	43	14
Бассейн р. Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки, Соскуанъйоки)										
					Сюскюярви (Сюскуярви)					
06.07.96	16,2	11	28	38	23	0,17	6	18	71	5
					Руокоярви					
06.07.96	40,3	48	9	35	8	1,52	75	3	21	1
					Варпаярви					
07.07.96	44,7	26	12	9	53	0,54	51	14	20	15
					Мустаярви					
07.07.96	21,5	58	17	11	14	0,29	69	14	17	< 1
					Валкиаярви					
9.10.96	13,2	1	43	10	46	0,15	20	33	33	14
Бассейн р. Иййоки										
					Исо-Ийярви					
12.07.96	75,3	13	41	31	15	1,53	11	24	28	37
					Пиени-Ийярви					
10.10.96	26,4	30		42	28	0,31	24		66	10
					Куркеланъярви					
11.07.96	40,4	23	10	11	57	0,33	38	22	32	8
					Матриярви					
11.07.96	64,0	32	26	23	20	1,67	37	31	30	2
					Париканъярви					
11.07.96	289,8	4	92	3	1	8,33	2	96	2	< 1

Окончание табл. 2

Бассейн р. Тохмайоки										
09.07.97	Хюмпелянъярви									
	139,0	19	34	39	8	2,07	21	23	38	18
08.07.97	Кармаланъярви									
	73,3	20	38	24	18	0,70	17	26	46	11
07.07.97	Руокоярви									
	80,7	21	24	45	10	1,03	23	17	59	1
04.07.97	Пялкъярви									
	105,4	13	26	47	14	1,82	13	18	68	1
Бассейн р. Мийналанъйоки (Миналанйоки)										
06.07.97	Пайкъярви									
	42,5	13	18	16	53	0,37	14	15	38	33
Бассейн р. Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)										
07.07.98	Вейяланъярви									
	8,47	1	48	19	32	0,07	0,6	54	40	5
11.07.98	Тюрьянъярви									
	107,2	5	25	40	30	0.88	7	23	58	12
11.07.98	Симпелеярви									
	44,7	23	28	30	19	0,33	15	24	60	1

Cladocera – 50. При этом относительное обилие видов в отдельных водоемах колеблется довольно значительно (в озерах от 10 до 44, в реках – от 5 до 35). Важнейшими экологическими факторами, оказывающими существенное влияние на состав и количественное развитие зоопланктона водоемов, являются гидрографические особенности их бассейнов, температурный режим, химический состав вод. В связи с тем, что пробы отбирались в первой декаде июля, в сообществе заметное место по численности занимают циклопиды и коловратки. В формировании биомассы основную роль играют кладоцеры (в среднем до 50–70 %).

Таблица 3. Вертикальное распределение зоопланктона в озерах

Горизонт лова, м	Численность, тыс. экз./м^3	Биомасса, г/м^3
Руокоярви		
2– 0	176,5	2,60
5–2	51,3	0,55
10–5	12,1	0,19
Тюрьянъярви		
2–0	222,9	2,31
5–2	106,6	0,74
9–5	45,0	0,51
Большое Янисъярви		
5–0	17,3	0,67
10–5	6,0	0,08
10–20	3,0	0,10
20–30	1,8	0,18
Суйстамонъярви		
5–0	34,4	0,51
10–5	9,9	0,52
20–10	6,3	0,32
Исо-Ийярви		
5–0	158,0	4,38
9–5	22,5	0,40
Париканъярви		
5–0	50,7	0,52
10–5	59,0	1,57
15–10	759,7	22,9

В уровне количественного развития зоопланктона озер наблюдается значительная вариабельность. В целом они имеют невысокие количественные показатели, обычно характерные для олиготрофных водоемов (с биомассой менее 1,0 г/м^3). В то же время некоторые из них отличаются повышенным уровнем разнообразия сообществ и более высокой биологической продуктивностью. В соответствии с существующей классификацией [Китаев, 1984] это олиго-мезотрофные и мезотрофные водоемы: в бассейне р. Тохмайоки – озера Пялкъярви и Хюмпеленъятрви, р. Янисъярви – Яймярви и Рекиярви, р. Иййоки – Исо-Ийярви и Матриярви.

По качеству воды озера относятся к водоемам β-мезосапробного класса или умеренно-слабозагрязненным (индекс сапробности изменяется в пределах 1,63–1,83).

Приведенный в Приложении список видов не исчерпывает всего разнообразия планктонной фауны исследованных водных объектов в связи с непродолжительным периодом наблюдений и требует последующей детализации.

Приложение

Видовой состав зоопланктона исследованных водоемов Северной Ладоги

Тип Коловратки (*Rotifera*)

Класс *Eurotatoria*

Надотряд *Pseudotrocha*

Отряд *Saeptiramida*

Подотряд *Notommatina*

Семейство *Notommatidae*

Cephalodella sp.: реки: Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Тохмайоки

Семейство *Trichocercidae*

Trichocerca sp.: Вейяланъярви, Каскозеро, Пайкъярви, Симпелеярви, Тюрьянъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Тохмайоки

Подотряд *Ploesomina*

Семейство *Synchaetidae*

Synchaeta grandis Zacharias, 1893: Вейяланъярви, Пайкъярви, Янисъярви. Реки: Уксунъйоки (№ 1119), Янисъйоки

S. longipes Gosse, 1887: река Саркайоки
S. pectinata Ehrenberg, 1832: Вейяланъярви, Саркаярви, Тюрьянъярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Соанъйоки, Янисъйоки
S. kitina Rousselet, 1902: река Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)
Synchaeta sp.: Котаярви, Пайкъярви, Сяксъярви, Хюмпелянъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Тохмайоки
Polyarthra luminosa Kutikova, 1962: Исо-Ийярви, Пайкъярви, Руоколампи. Реки: Иййоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Янисъйоки
P. vulgaris Carlin, 1943: река Китеенъйоки (Китенъйоки)
P. dolichoptera Idelson, 1925: Янисъярви
P. remata Skorikov, 1896: река Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)
P. major Burckhardt, 1900: Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Пайкъярви, Салменъярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Янисъярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Саркайоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Улисмайсенъйоки
P. euryptera Wierzejski, 1891: Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Кяснясенъярви, Рекиярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви. Реки: Саркайоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Янисъйоки
Polyarthra sp.: Варпаярви, Котаярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Яймяярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)
Ploesoma truncatum (Levander, 1894): Варпаярви, Кяснясенъярви, Пайкъярви, Руоколампи, Сяксъярви, Янисъярви. Реки: Варпаоя, Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Иййоки, Кулисмайоки, Пенсанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Янисъйоки
P. lenticulare Herrick, 1885: река Саркайоки
Bipalpus hudsoni (Imhof, 1891): Варпаярви, Вахваярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Полвиярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Янисъйоки

Отряд *Centroramida*
Семейство *Lindidae*

Lindia sp.: река Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)

Отряд Saltiramida

Семейство *Aaplanchnidae*

Asplanchna herricki Guerne, 1888: Пайкъярви
A. priodonta Gosse, 1850: Алалампи, Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Куйккаярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Хияярви, Хюмпелянъярви, Юлялампи, Янисъярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Уксунъйоки (№ 1122), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Отряд *Transversiramida*
Подотряд *Epiphanina*
Семейство *Lecanidae*

Lecane (*Monostyla*) *lunaris* (Ehrenberg, 1832): Река Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)
Lecane sp.: реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Кулисмайоки, Саркайоки

Подотряд *Mytilinina*
Семейство *Trichotriidae*

Trichotria truncata (Whitelegge, 1898): Варпаярви. Реки: Тохмайоки, Саркайоки
T. pocillum (Müller, 1776): река Иййоки
Trichotria sp.: Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Куйккаярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Китеенъйоки (Китенъйоки), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Семейство *Mytilinidae*

Lophocharis sp.: Пайкъярви. Река Эняйоки

Семейство *Colurellidae*

Lepadella (s. str.) patella (Müller, 1776): река Тохмайоки
Lepadella sp.: река Мийналанъйоки (Мийноланъйоки)

Подотряд *Brachionina*
Семейство *Euchlanidae*

Euchlanis meneta Myers, 1930: Пайкъярви. Река Янисъйоки
E. incisa Carlin, 1939: река Мийналанъйоки (Мийноланъйоки)
E. dilatata Ehrenberg, 1832: Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Пайкъярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Тохмайоки
E. dilatata dilatata Ehrenberg, 1832: реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки
E. deflexa Gosse, 1851: Пайкъярви. Реки: Уксунъйоки (№ 1119), Эняйоки
E. deflexa deflexa Gosse, 1851: реки: Соанъйоки, Улисмайсенъйоки
E. lyra Hudson, 1886: Вейяланъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки
E. lyra lyra Hudson, 1886: река Янисъйоки
E. myersi Kutikova, 1959: река Иййоки
E. triquetra Ehrenberg, 1838: Сяксъярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)
Euchlanis sp.: Салменъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви. Реки: Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Пенсанъйоки, Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1122)

Семейство *Brachionidae*

Brachionus calyciflorus Pallas, 1766: Пайкъярви
Keratella cochlearis (Gosse, 1851): Варпаярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Кяс-

нясенъярви, Пайкъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Янисъйоки

K. serrulata (Ehrenberg, 1838): Куйккаярви, Сиркойнъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Пенсанъйоки, Саавайнъйоки (Савайнъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1122)

K. serrulata serrulata (Ehrenberg, 1838): реки: Иййоки, Соанъйоки

K. quadrata (Müller, 1786): Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Пайкъярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Тюрьянъярви, Хюмпелянъярви. Река Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)

Kellicottia longispina (Kellicott, 1879): Алаламли, Валкиаярви (Валкеаярви, бас.Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Саркаярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хияярви, Хюмпелянъярви, Юляламли, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Саркайоки, Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Улисмайсенъйоки, Эняйоки, Янисъйоки

Надотряд *Gnesiotrocha*

Отряд *Protoramida*

Подотряд *Conochilina*

Семейство *Conochilidae*

Conochilus hippocrepis (Schrank, 1803): Вахваярви, Пайкъярви, Янисъярви

C. unicornis Rousselet, 1892: Алаламли, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Саркаярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хияярви, Хюмпелянъярви, Юляламли, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Иййоки, Саркайоки, Соанъйоки, Янисъйоки

Подотряд *Flosculariina*

Семейство *Filiniidae*

Filinia maior (Colditz, 1914): Исо-Ийярви, Пайкъярви, Пиени-Ийярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки)

F. longiseta (Ehrenberg, 1834): Исо-Ийярви

Filinia sp.: Пайкъярви

Класс *Archiorotatoria*

Отряд *Bdelloidea*

Rotatoria ex ovd. Bdelloidea: река Уксунъйоки (№ 1122)

Веслоногие раки (Copepoda)

Отряд Каляниды (*Calaniformes*)

Семейство *Centropagidae*

Limnocalanus macrurus Sars, 1863: Вахваярви, Вейяланъярви, Кармаланъярви, Куйккаярви, Суйстамонъярви, Хюмпелянъярви, Янисъярви

Семейство *Diaptomidae*

Подсемейство *Diaptominae*

Eudiaptomus gracilis (Sars, 1863): Алаламли, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хияярви, Хюмпелянъярви, Юляламли, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Иййоки, Сюскюянъйоки, Улисмайсенъйоки

E. graciloides (Lilljeborg, 1888): Варпаярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Куйккаярви, Матриярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Рекиярви, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Сариярви (бас. Уксунъйоки), Саркаярви, Сяксъярви, Хюмпелянъярви, Янисъярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки)

Семейство *Temoridae*

Eurytemora lacustris (Poppe, 1887): Вахваярви, Янисъярви

Heterocope appendiculata Sars, 1863: Алаламли, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Саркаярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хияярви, Хюмпелянъярви, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Варпаоя, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки

Отряд Циклопиды (*Cyclopiformes*)

Семейство *Cyclopidae*

Подсемейство *Eucyclopinae*

Macrocyclops albidus (Jurine, 1820): Алаламли, Пайкъярви, Пялкъярви. Реки: Соанъйоки, Уомасоя

Eucyclops serrulatus (Fischer, 1851): Вахваярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Тюрьянъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Саавайнъйоки (Савайнъйоки), Соанъйоки, Тохмайоки

E. macruroides (Lilljeborg, 1901): реки: Тохмайоки, Эняйоки

E. macrurus (Sars, 1863): река Эняйоки

Eucyclops sp.: реки: Иййоки, Саркайоки

Paracyclops fimbriatus (Fischer, 1853): реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Пенсанъйоки

Paracyclops sp.: Пайкъярви, Пялкъярви, Тюрьянъярви, Хиярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)

Подсемейство *Cyclopinae*

Cyclops strenuus Fischer, 1851: Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Мустаярви, Пайкъярви, Полвиярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Янисъярви

C. lacustris Sars, 1863: Суйстамонъярви, Хиярви

C. scutifer Sars, 1863: Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Варпаярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Салменъярви, Саркаярви, Сиркойнъярви, Сяксъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Яймяярви

C. vicinus Uljanin, 1875: Янисъярви

C. kolensis Lilljeborg, 1901: Варпаярви, Салменъярви, Янисъярви

Cyclops sp.: Кармаланъярви, Пайкъярви, Саркаярви, Сюскуярви (Сюскюярви). Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Кулисмайоки, Саркайоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)

Megacyclops viridis (Jurine, 1820)

=*Acanthocyclops viridis* (Jurine, 1820): Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Пайкъярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Сиркойнъярви, Янисъярви. Река Тохмайоки

M. gigas (Claus, 1857)

= *Acanthocyclops gigas* (Claus, 1857): Янисъярви

Acanthocyclops vernalis (Fischer, 1853): Пайкъярви. Река Соанъйоки

Acanthocyclops sp.: Вейяланъярви, Кармаланъярви, Куйккаярви, Симпелеярви, Уксунъярви (Уксуярви), Янисъярви. Река Асиланъйоки (Хийтоланъйоки)

Diacyclops bicuspidatus (Claus, 1857)

= *Acanthocyclops bicuspidatus* (Claus, 1857): Вейяланъярви

D. bisetosus (Rehberg, 1880)

=*Acanthocyclops bisetosus* (Rehberg, 1880): реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Тохмайоки, Эняйоки

D. languidoides (Lilljeborg, 1901)

=*Acanthocyclops languidoides* (Lilljeborg, 1901): река Иййоки

Microcyclops sp.: Пайкъярви. Река Уксунъйоки (№ 1119)

Mesocyclops leuckarti (Claus, 1857): Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Полвиярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Янисъйоки

Thermocyclops oithonoides (Sars, 1863) = *Mesocyclops oithonoides* (Sars, 1863): Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Саркаярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Хюмпелянъярви, Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Th. crassus (Fischer, 1853) = *Mesocyclops crassus* (Fischer, 1853): Пайкъярви

Отряд Гарпактициды (*Harpactiformes*)

Ex ovd Harpactiformes: Пайкъярви. Река Уомасоя

Ветвистоусые раки (*Cladocera*)

Отряд *Ctenopoda*

Семейство *Sididae*

Sida crystallina crystallina (O. F. Müller, 1776): Исо-Ийярви, Пайкъярви, Пялкъярви, Суйстамонъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Янисъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Саркайоки, Уксунъйоки (№ 1122)

Limnosida frontosa Sars, 1862: Алалампи, Варпаярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Улисмайсенъйоки

Diaphanosoma brachyurum (Liévin, 1848): Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Варпаярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Соанъйоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122)

Семейство *Holopedidae*

Holopedium gibberum Zaddach, 1855: Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъйоки), Варпаярви, Вахваярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Полвиярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Саркаярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Хюмпелянъярви, Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Река Уксунъйоки (№ 1119)

Отряд *Anomopoda*

Семейство *Daphniidae*

Род *Daphnia*

Подрод *Daphnia*

Группа видов *Daphnia* (*Daphnia*) *longispina*

Daphnia (*Daphnia*) *longispina* O. F. Müller, 1785: Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Кяснясенъярви, Пайкъярви, Полвиярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Суйстамонъярви, Тюрьянъярви, Хюмпелянъярви, Яймяярви, Янисъярви

D. (*D.*) *cucullata* Sars, 1862: Исо-Ийярви, Пялкъярви, Симпелеярви, Тюрьянъярви

Группа видов *Daphnia* (*Daphnia*) *cristata*

D. (*D.*) *cristata* Sars, 1862: Алалампи, Валкиаярви (бас. Сюскуянъярви), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Полвиярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Саркаярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Хюмпелянъярви, Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Simocephalus vetulus (O. F. Müller, 1776): реки: Уомасоя, Эняйоки

S. serrulatus (Koch, 1841): Хелмиярви

Ceriodaphnia quadrangula (O. F. Müller, 1785): Алалампи, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Пайкъярви, Париканъярви, Полвиярви, Пялкъярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Симпелеярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Юлялампи, Яймяярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Пенсанъйоки, Саркайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Эняйоки

C. reticulata (Jurine, 1820): Пайкъярви (?)

C. dubia Richard, 1894

=*C. affinis* Lilljeborg, 1900: Исо-Ийярви, Рекиярви. Река Соанъйоки

Ceriodaphnia sp.: Янисъярви. Река Янисъйоки

Scapholeberis mucronata (O. F. Müller, 1776): Пайкъярви. Реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Саавайнъйоки (Савайнъйоки), Саркайоки, Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1122)

Семейство *Macrothricidae*

Macrothrix sp.: Суйстамонъярви

Семейство *Ophryoxidae*

Ophryoxus gracilis Sars, 1862: Пайкъярви, Суйстамонъярви, Сяксъярви

Семейство *Ilyocryptidae*

Ilyocryptus sordidus (Liévin, 1848): река Соанъйоки

Семейство *Eurycercidae*

Подрод *Eurycercus*

Eurycercus (*Eurycercus*) *lamellatus* (O. F. Müller, 1776): Валкиаярви (бас. Сюскуянъярви), Варпаярви, Пайкъярви. Реки: Пенсанъйоки, Соанъйоки, Эняйоки

Семейство *Chydoridae*

Подсемейство *Chydorinae*

Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820): река Соанъйоки

P. trigonellus (O. F. Müller, 1785): Тюрьянъярви. Река Вельяканъйоки (Вельяккайоки)

Peracantha truncata (O. F. Müller, 1785): Пайкъярви

Pleuroxus sp.: реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Пенсанъйоки

Alonella nana (Baird, 1850): Вахваярви, Вейяланъярви, Пайкъярви, Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Сяксъярви, Уксунъярви (Уксуярви). Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Китеенъйоки (Китенъйоки), Пенсанъйоки, Саркайоки, Уксунъйоки (№ 1119)

Chydorus sphaericus (O. F. Müller, 1785): Алалампи, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Пялкъярви, Рекиярви, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Симпелеярви, Суйстамонъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хюмпелянъярви, Юлялампи, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Саавайнъйоки (Савайнъйоки), Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Улисмайсенъйоки, Уомасоя, Эняйоки, Янисъйоки

Подсемейство *Aloninae*

Alona quadrangularis (O. F. Müller, 1785): Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Суйстамонъярви, Янисъярви. Реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Уксунъйоки (№ 1122), Уомасоя

A. costata Sars, 1862: Пайкъярви. Реки: Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122)

A. guttata Sars, 1862: реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Пенсанъйоки, Саавайнъйоки (Савайнъйоки), Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Уксунъйоки (№ 1119), Улисмайсенъйоки

A. rectangula Sars, 1862: реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Иййоки, Соанъйоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)

Alona sp.: Саркаярви

Acroperus harpae (Baird, 1834): Пайкъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Сюскуярви (Сюскюярви), Тюрьянъярви, Яймяярви. Реки: Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Пенсанъйоки, Соанъйоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Уомасоя, Эняйоки, Янисъйоки

Alonopsis elongatus Sars, 1862: Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки). Реки: Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Camptocercus rectirostris Sars, 1862: река Китеенъйоки (Китенъйоки)

Graptoleberis testudinaria (Fischer, 1851): река Соанъйоки

Rhynchotalona falcata (Sars, 1862): река Иййоки
Monospilus dispar Sars, 1862: река Иййоки

Семейство *Bosminidae*

Род *Bosmina* Baird, 1845

Подрод *Bosmina* Baird, 1845

Bosmina (*Bosmina*) *longirostris* (O. F. Müller, 1785): Исо-Ийярви, Вейяланъярви, Кармаланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пиени-Ийярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Саркаярви, Симпелеярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки), Тохмайоки, Улисмайсенъйоки, Эняйоки

=*B. longirostris curvirostris* Fischer, 1854: Пайкъярви

Подрод *Eubosmina*

Bosmina (*Eubosmina*) *coregoni* Baird, 1857: Алалампи, Вахваярви, Вейяланъярви, Куйккаярви, Пайкъярви, Руоколампи, Салменъярви, Сиркойнъярви, Сяксъярви, Тюрьянъярви, Хиярви, Юлялампи, Яймярви, Янисъярви. Реки: Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

=*B. coregoni gibbera* (Schöedler, 1863): Кармаланъярви, Пайкъярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки)

B. (*E.*) *longicornis* Schöedler, 1866: Кармаланъярви, Хюмпелянъярви, Янисъярви. Река Китеенъйоки (Китенъйоки)

=*B. kessleri* (Uljanin, 1874): Алалампи, Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куркеланъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Рекиярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Суйстамонъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Хиярви, Юлялампи, Янисъярви. Реки: Иййоки, Сюскуянъйоки (Сюскюянъйоки)

=*B. coregoni lilljeborgii* (Sars, 1862): Котаярви, Пайкъярви, Уксунъярви (Уксуярви)

B. (*E.*) *longispina* Leydig, 1860: Кяснясенъярви, Пялкъярви, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Янисъярви. Река Янисъйоки

=*B. obtusirostris* Sars, 1862: Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Валкиаярви (бас. Сюскуянъярви), Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Куркеланъярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Мустаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Полвиярви, Пялкъярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Сариярви (бас. Уксунъйоки), Симпелеярви, Сиркойнъярви, Сюскуярви (Сюскюярви), Сяксъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Хюмпелянъярви, Юлялампи, Янисъярви. Реки: Асиланъйоки (Хийтоланъйоки), Варпаоя, Иййоки, Китеенъйоки (Китенъйоки), Кулисмайоки, Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Пенсанъйоки, Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Уксунъйоки (№ 1122), Эняйоки

=*B. obt. obtusirostris* Sars, 1862: Пайкъярви, Рекиярви, Саркаярви, Суйстамонъярви, Яймярви. Реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Саркайоки, Соанъйоки, Янисъйоки

=*B. lacustris* Sars, 1862: Пайкъярви, Суйстамонъярви. Реки: Улисмайсенъйоки

B. (*E.*) *crassicornis* Lilljeborg, 1887: Кармаланъярви, Симпелеярви, Хюмпелянъярви. Река Китеенъйоки (Китенъйоки)

Отряд *Onychopoda*

Семейство *Polyphemidae*

Polyphemus pediculus (Limnaeus, 1761): Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Варпаярви, Исо-Ийярви, Котаярви, Куйккаярви, Пайкъярви, Париканъярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Тохмайоки), Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Яймяярви, Янисъярви. Реки: Вельяканъйоки (Вельяккайоки), Мийналанъйоки (Мийноланъйоки), Пенсанъйоки, Саркайоки, Соанъйоки, Тохмайоки, Уксунъйоки (№ 1119), Улисмайсенъйоки, Янисъйоки

Семейство *Cercopagidae*

Bythotrephes longimanus Leydig, 1860: Алалампи, Валкиаярви (Валкеаярви, бас. Уксунъйоки), Вахваярви, Котаярви, Матриярви, Салменъярви, Хиярви

B. cederstromii Schoedler, 1863: Янисъярви

Отряд *Haplopoda*

Семейство *Leptodoridae*

Leptodora kindtii (Focke, 1844): Варпаярви, Вахваярви, Вейяланъярви, Исо-Ийярви, Кармаланъярви, Котаярви, Куйккаярви, Кяснясенъярви, Матриярви, Пайкъярви, Париканъярви, Пялкъярви, Руоколампи, Руокоярви (бас. Сюскуянъйоки), Руокоярви (бас. Тохмайоки), Салменъярви, Саркаярви, Симпелеярви, Сиркойнъярви, Суйстамонъярви, Тюрьянъярви, Уксунъярви (Уксуярви), Хиярви, Хюмпелянъярви, Яймяярви, Янисъярви. Реки: Китеенъйоки (Китенъйоки), Янисъйоки

Примечание. № 1119, 1122 – номер водотока по: [Каталог озер и рек Карелии, 2001].

Литература

Александров Б. М., Гуляева А. М. Озеро Большое Янисъярви // Озера Карелии. Справочник. Петрозаводск: Госуд. изд-во Карельской АССР, 1959а. С. 385–391.

Александров Б. М., Гуляева А. М. Озеро Малое Янисъярви // Озера Карелии. Справочник. Там же. 1959б. С. 391–394.

Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 190 с.

Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л.: Наука, 1979. С. 58–79.

Берсонов С. А. Водноэнергетический кадастр Карельской АССР. Кадастр потенциальных запасов водной энергии. М.; Л., 1960. 405 с.

Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. 238 с.

Григорьев С. В. Изменчивость озерности в водосборах рек Карелии // Тр. Карельского филиала АН СССР, 1964. Вып. 36. С. 40–53.

Карпечко В. А. Водные ресурсы // Водное хозяйство Карельского Приладожья. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1985. С. 12–22.

Каталог озер и рек Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. 288 с.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.

Куликова Т. П. Рекомендации по определению сапробности с учетом биологических особенностей планктонных организмов Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1983. 6 с.

Куликова Т. П. Видовой состав зоопланктона внутренних водоемов Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. Б. «Биология». Вып. 2. Биогеография Карелии. Петрозаводск, 2001. С. 133–151.

Куликова Т. П. Зоопланктон водоемов бассейна реки Шуи (Карелия). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2004. 124 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 223 с.

Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 325 с.

Курапцева С. В. Качество поверхностных вод // Водное хозяйство Карельского Приладожья. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1985. С. 22–35.

Литинская К. Д. Уровни воды озер-водохранилищ Карелии // Труды Карельского филиала АН ССР. Вып. 31. Петрозаводск, 1961. С. 18–88.

Литинская К. Д. Общая физико-географическая характеристика и природно-экономические предпосылки развития водопользования // Водное хозяйство Карельского Приладожья. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1985а. С. 6–12.

Литинская К. Д. Использование водных ресурсов в рыбном хозяйстве // Там же. 1985б. С. 69–83.

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л.: Наука, 1974. 60 с.

Маркевич Г. И. Историческая реконструкция филогенеза коловраток как основа построения их макросистемы // Коловратки: Матер. третьего Всесоюз. симпоз. по коловраткам. Л., 1990. С. 140–156.

Мартынова Н. Н., Лозовик П. А. Северный район Ладожского озера и его притоки. Химический состав воды притоков // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозваводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 64–77.

Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 138–157.

Озера Карелии. Природа, рыбы и рыбное хозяйство. Справочник. Петрозаводск: Госуд. изд-во Карельской АССР, 1959. 619 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные. СПб., 1995. 627 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Ред. В. Р. Алексеев, С. Я. Цалолихин. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Карелия и Северо-Запад. Т. 2, ч. 3. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 958 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.

Рыжков Л. П. Озера бассейна северной Ладоги. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета, 1999. 204 с.

Современное состояние источника водоснабжения г. Лахденпохья (оз. Пайкъярви). Науч. отчет Отдела водных проблем Карельского филиала АН СССР. № 830. Петрозаводск, 1990. 35 с.

Филимонова З. И. Зоопланктон озер Северного Приладожья // Сырьевые ресурсы внутренних водоемов Северо-Запада. Труды Карельск. отдел. ГосНИОРХ. Т. 5, вып. 1. Петрозаводск, 1968. С. 129–133.

Lieder U. Crustacea. Cladocera. Bosminidae // Süsswasserfauna von Mitteleuropa. Bd. 8, Heft 2–3. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: G. Fischer. 1996. 81 s.

Ruttner-Kolisko. Suggestions for biomass calculation of plancton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Heft 8. Stuttgart, 1977. P. 71–76.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Рябинкина Марина Германовна
гидробиолог
ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»
пр. Ленина, 33, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185980
эл. почта: rlp@petrsu.ru
тел.: (8142)781741

Ryabinkina, Marina
Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185980
Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rlp@petrsu.ru
tel.: (8142) 781741

Куликова Тамара Павловна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: tampk@mail.ru
тел.: (8142)576520

Kulikova, Tamara
Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: tampk@mail.ru
tel.: (8142)576520

Рыжков Леонид Павлович
профессор, д. б. н.
ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»
пр. Ленина, 33, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185980
e-mail: rlp@petrsu.ru
тел.: (8142) 781741

Ryzhkov, Leonid
Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185980 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: rlp@petrsu.ru
tel.: (8142) 781741

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 126–129

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

*УДК 630*165.44:582.475(470.22)*

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАРЕЛИИ

Б. В. Раевский

Институт леса Карельского научного центра РАН

Выполнена группировка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по локальным популяциям и дана их сравнительная оценка по ряду количественных признаков. Сделан вывод, что самые высокопродуктивные экземпляры были отобраны вдоль западного побережья Онежского озера.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовые деревья, пространственное размещение.

B. V. Raevskiy. SPATIAL ALLOCATION OF SCOTS PINE PLUS TREES IN KARELIA

Scots pine plus trees were grouped by local populations, and their quantitative traits were comparatively assessed. It was found that he most productive plus trees had been sampled from the vicinity of the western shore of Lake Onega.

Key words: Scots pine, plus trees, spatial allocation.

В случае с сосной обыкновенной, как и многими другими видами, имеющими обширные ареалы, бывает трудно определить границы и объем микропопуляции, популяции или группы популяций, поскольку ареал непрерывен и давление отбора изменяется постепенно. С. Райт [Wright, 1946], изучая влияние на уровень внутривидовой подразделенности феномена репродуктивной изоляции расстоянием, ввел понятие соседства как субпопуляционной структуры, внутри которой происходит случайное переопыление. Если у сосны обыкновенной 91 % пыльцы оседает в пределах круга радиусом 60 м [Strand, 1957], то мы имеем соседство площадью около 1 га с количеством деревьев в несколько сотен. По мнению Дж. Райта [Райт, 1978], подобные размеры соседств приводят к небольшой или средней генетической дифференциации в пределах 50–100 миль (80–160 км). Справедливо допустить, что сосновый древостой (участок леса, насаждение), состоящий из таких перекрывающихся соседств и имеющий границы, в натуре может быть принят в качестве лесной микропопуляции. Степень ее репродуктивной изоляции будет, естественно, невелика. Поэтому в селекционной

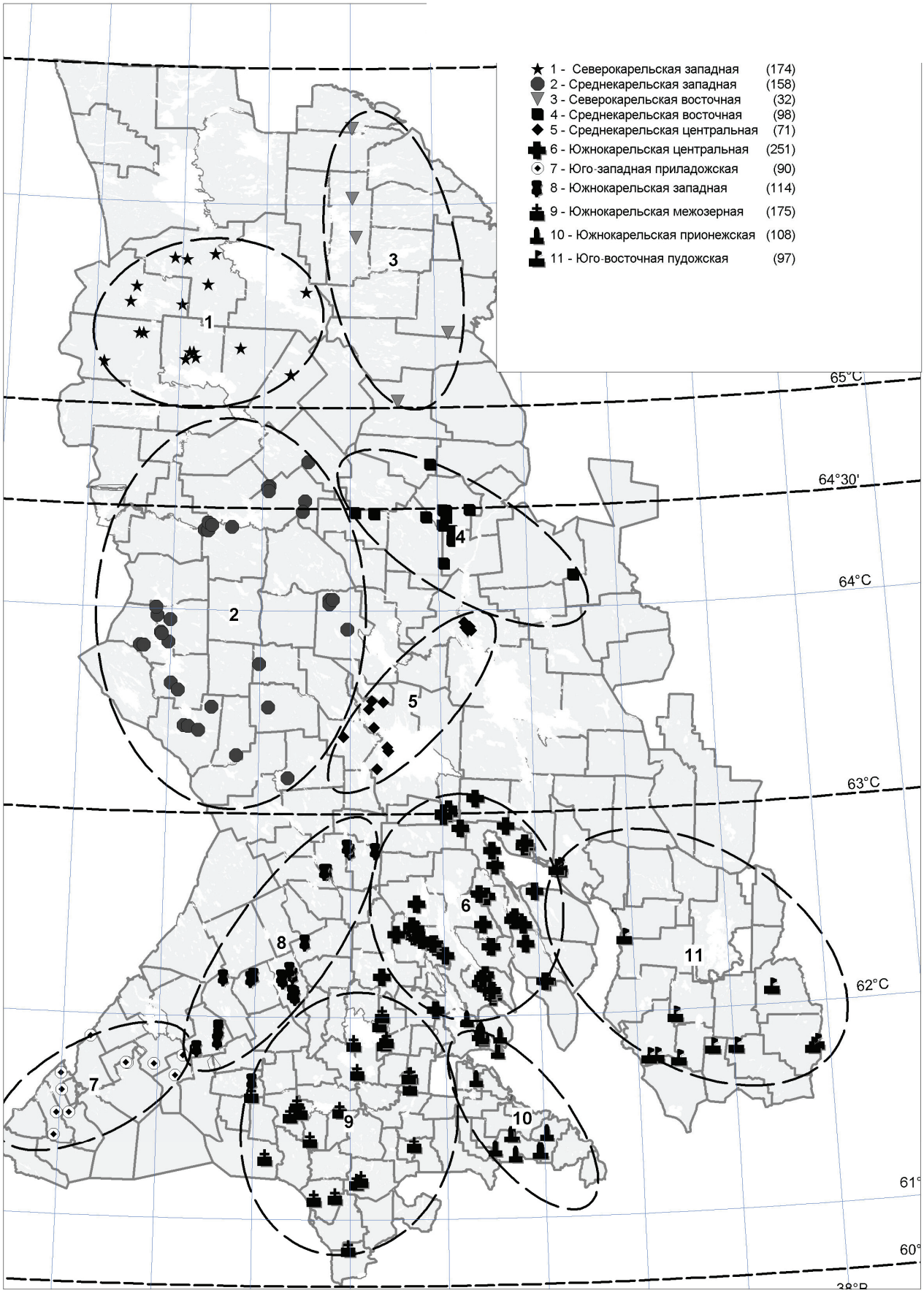


Рис. 1. Карта-схема размещения плюсовых деревьев сосны в Карелии

Таблица 1. Усредненные параметры плюсовых деревьев сосны по локальным популяциям

№ популяции	Число деревьев	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, кбм	Диаметр кроны, м	Протяженность кроны, %	Безсучковая зона, %	Превышение по высоте, %	Превышение по диаметру, %
1	174	101	22,4	28,7	0,673	3,4	33,5	44,8	123,1	141,8
2	155	90	23,1	28,1	0,671	2,7	37,4	46,1	129,9	138,8
3	32	88	22,4	29,0	0,677	3,0	34,6	44,5	118,2	134,1
4	98	102	24,7	30,8	0,874	3,2	34,6	49,5	121,9	134,8
5	66	96	25,2	31,0	0,863	3,4	32,0	58,2	119,7	138,3
6	274	91	27,0	31,0	0,950	3,2	30,5	55,9	129,3	138,3
7	90	82	25,5	30,3	0,865	3,5	31,9	54,0	126,2	131,5
8	114	75	25,8	30,5	0,868	2,7	34,0	47,5	128,2	131,3
9	175	80	24,7	28,3	0,729	2,9	33,1	49,9	126,5	131,9
10	108	88	28,9	33,8	1,186	3,1	29,0	56,4	123,8	131,8
11	82	92	25,8	32,5	1,001	3,4	29,1	56,6	120,5	137,0

практике удобнее работать с группой таких микропопуляций, приспособленных отбором к местным климатическим особенностям и формирующим локальный экотип внутри более крупной категории – климатипа. Иными словами, если, например, в пределах Южнокарельского лесосеменного района [Лесосеменное районирование..., 1982] имеются территории, существенно различающиеся по почвенно-климатическим условиям и выделяемые в качестве агроклиматических районов, то можно предположить существование в границах этого лесосеменного района локальных экотипов сосны.

Поэтому, следуя этой логике, все плюсовые деревья (ПД) сосны нами были распределены в 11 локальных популяций (рис. 1, табл. 1). Данная группировка была осуществлена в значительной степени формально, исключительно по географическому принципу с тем, чтобы создать дополнительные возможности для более детального статистического анализа всей совокупности ПД сосны. В связи с тем, что средний возраст ПД локальных популяций существенно отличался, рассчитывался средний прирост по объему ствола, который определялся путем деления объема ствола дерева в момент отбора на его календарный возраст. Данные табл. 2 показывают, что в климатическом отношении районы локальных популяций ПД больше всего разнились по среднегодовым температурам, которые имеют хорошо известную тенденцию увеличения с севера на юг по территории Карелии. Поскольку в таежной зоне одним из основных лимитирующих экологических факторов является тепло, закономерно, что для выделенных 11 локальных популяций также оказался характерен субмеридиональный тренд увеличения продуктивности (рис. 2). Чтобы исключить географическую составляющую, анализ достоверности различий популяций по продуктивности был ограничен пределами Южнокарельского лесосеменного района, где в настоящее время локализована большая часть всех числящихся в Госреестре ПД сосны. Существенность различий определялась путем сравнения частной средней одной градации (популяции) с суммарной средней по всем остальным градациям однофакторного дисперсионного комплекса [Плохинский, 1970]. Как следует из табл. 3, в пределах указанного района статистически достоверной повышенной продуктивностью отличались популяции № 8 и 10, а популяция № 9 являлась отстающей. Юго-западная приладожская популяция (№ 7) находится в самых благоприятных климатических условиях, как впрочем, и популяция № 9. Однако они уступают по продуктивности популяции № 8, район произрастания

Таблица 2. Основные метеоэлементы, усредненные по районам локальных популяций

№	Локальные популяции	Продолжит. солнеч. сияния, часы	Число дней без солнца	Количество осадков P, мм	Среднегодовая температура T, °C	Относительная влажность F, %
1	Северокарельская западная	1613,1	133	532	0,3	79,5
2	Среднекарельская западная	1582,4	135	574,7	1,1	79,0
3	Северокарельская восточная	1560,2	141	534,5	0,4	80,0
4	Среднекарельская восточная	–	–	533	1,2	82,0
5	Среднекарельская центральная	–	–	556,0	1,5	80,0
6	Южнокарельская центральная	–	–	611,5	2,0	80,0
7	Юго-западная приладожская	–	–	616,5	2,65	80,0
8	Южнокарельская западная	–	–	630,5	1,75	79,5
9	Южнокарельская межозерная	–	–	674,7	2,50	80,3
10	Южнокарельская прионежская	1673,8	119	578	2,2	80,5
11	Юго-восточная пудожская	1694	126	642,67	1,87	79,7

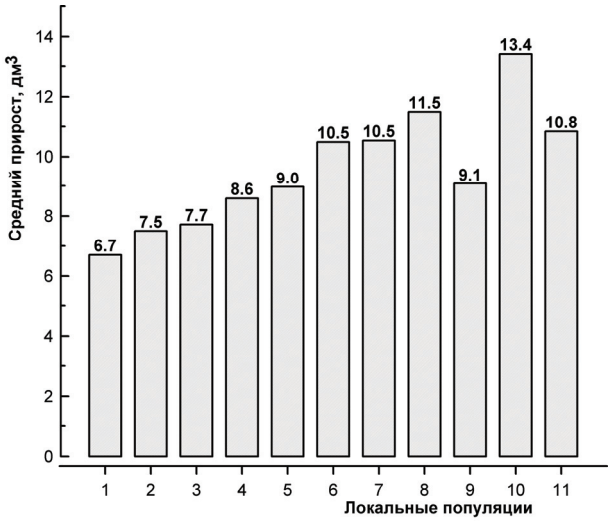


Рис. 2. Средний прирост по объему ствола ПД по локальным популяциям

Таблица 3. Существенность различий между локальными популяциями Южнокарельского лесосеменного района в природе по объему ствола

Локальные популяции	Возраст, лет	Число ПД	Средний пирост ствола, дм^3	Ошибка среднего, дм^3	Достоверность различий, Fd
6	91	254	10,59	0,22	1,5
7	83	90	10,34	0,37	1,8
8	**75**	**114**	**11,49**	**0,20**	**5,1**
9	80	175	9,19	0,22	48,0
10	**88**	**108**	**13,43**	**0,38**	**71,0**
11	92	97	11,00	0,44	0,3
Общее среднее	**86**	**838**	**10,81**	**0,13**	

которой в климатическом плане менее благоприятен. Причины выявленного соотношения пока не совсем ясны. Лесные массивы того или иного района могли быть особенно сильно истощены рубками. Либо же в пределах данной локальной популяции не оказалось участков почв со сравнительно высоким плодородием. Мог сыграть свою роль и такой чисто субъективный фактор, как не очень добросовестная работа специалистов, отобравших не самые лучшие деревья. Очевидно, что данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Выводы

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что для выделенных 11 локальных популяций плюсовых деревьев сосны в целом оказался характерен субмеридиональный тренд увеличения продуктивности, следующий за увеличением такого макроклиматического параметра как среднегодовая температура. Однако в пределах Южнокарельского лесосеменного района данная закономерность не прослеживается. Установлено, что хотя подавляющее большинство плюсовых деревьев сосны имеют выдающийся фенотип, самые высокопродуктивные экземпляры (популяция № 10) отобраны вдоль западного побережья Онежского озера.

Литература

Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. М.: «Лесная промышленность», 1982. 368 с.

Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.

Райт Дж. В. Введение в лесную генетику. М., 1978. 470 с.

Strand L. Pollen dispersal // Silvae Genetica. 1957. N 6. P. 129–136.

Wright S. Isolation by distance under diverse systems of mating // Genetics. 1946. N 31. P. 39– 59.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Раевский Борис Владимирович
старший научный сотрудник, к. с.-х. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: raevski@drevlanka.ru
тел.: (8142) 768160

Raevskiy, Boris
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: raevski@drevlanka.ru
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 130–131

*УДК:630*182.2:630*187(470.2)*

СЕРООЛЬШАНИКИ ЗАОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. А. Карпин

Институт леса Карельского научного центра РАН

Приводятся новые данные о формировании устойчиво-производных сероольховых фитоценозов.

Ключевые слова: сероольховые леса, устойчиво-производные, постаграрные земли, Заонежье.

V. A. Karpin. GRAY ALDER FORESTS OF THE ZAONEZHSKIY PENINSULA

New data on formation of secondary gray alder phytocenoses are reported.

Key words: gray alder phytocenoses, secondary forest, post agrarian area, Zaonezhje.

В пределах тайги европейской части России ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) встречается повсеместно, принимая различное участие в составе лесных биогеоценозов. Наиболее типичными ее местообитаниями являются периодически затопляемые поймы рек, где наблюдается близкая к естественной динамика сероольховых древостоев, обуславливаемая сезонностью паводков, также участки с выклиниванием минерализованных грунтовых вод. Из-за специфики таких местообитаний (небольшой площади и фрагментарной протяженности), формирующиеся здесь фитоценозы не образуют заметных по площади лесных массивов. Достаточно широко вид встречается при восстановлении леса после рубки, особенно в зеленомошной группе. Однако ее участие в древостое достаточно кратковременно и приходится на первые стадии сукцессий. Это обусловлено биологическими особенностями ольхи серой, а именно, приблизительно к 1970 гг. она начинает выпадать из состава древостоя, после чего присутствует лишь в подлеске. Относясь к пионерным лесообразующим породам, ольха широко поселяется на заброшенных пашнях, пастбищах и сенокосах. Данный тип местообитаний также является достаточно обычным и широко распространенным, особенно в регионах со значительной долей сельхозугодий.

Районом исследований являлась территория Заонежского полуострова – северо-западное побережье Онежского озера (Республика Карелия), освоение которого велось с начала второго тысячелетия. Здесь находятся крупнейшие на западе таежной зоны России и самые северные массивы сероольховых лесов. В целом с использованием данных дистанционного зондирования зафиксировано порядка 100 000 га смешанных древостоев с участием серой ольхи, включая земли, не входящие в Государственный лесной фонд. Площадь отдельных крупных массивов достигает 20 000 га. Обширная площадь данных фитоценозов обусловлена их приуроченностью к заброшенным сельскохозяйственным угодьям, которые в свою очередь были достаточно сконцентрированы и занимали значительную территорию. Формирующиеся здесь сероольшаники занимают наиболее плодородные дерново-шунгитовые почвы, при этом нередко мелиорированные.

На обследованных участках ольха серая полностью доминирует в процессе облесения земель, выбывших из-под сельхозпользования, и образует практически чистые по составу фитоценозы. Первый ярус сформирован ольхой в составе не менее чем 8 единиц. Дополняют ее береза и ива козья древовидной формы. Ель, сосна и осина крайне незначительны и встречаются чаще в куртинах по 5–10 деревьев. Формирующиеся древостои отличаются средней полнотой (0,5) и низким запасом древесины. Возрастной диапазон для ольхи составляет 10–60 лет, но преобладают деревья в возрасте 50 лет. Нужно отметить, что такие почвенные условия являются оптимальными для формирования биогеоценозов зеленомошной группы типов леса. В данных условиях смешанный хвойно-лиственный древостой в черничных местообитаниях, к началу распада сероольхового древостоя (около 60 лет), набирает запас около 270 м^3 в сравнении с 160 м^3 у ольхи, а к возрасту рубки (100 лет) может достигать 400 м^3.

Подлесок на 80 % сформирован черемухой и рябиной, на некоторых участках очень густой. Встречаются и древовидные формы этих пород, соответствующие по высоте и диаметру деревьям первого яруса. Обычны смородина колосистая, волчье лыко, крушина ломкая, жимолость лесная, можжевельник, ивы.

Возобновление хозяйственно ценных пород в сероольшаниках практически отсутствует. Сосна, являясь светолюбивой породой, вообще не поселяется под пологом. Подрост ели встречается в незначительном количестве. Это связано с богатым сильно развитым напочвенным покровом, плотным слоем опада листьев ольхи и недостатком источников семян. Отдельные редкие деревья, а также небольшие куртины ели и сосны (от 2 до 10 деревьев) чаще приурочены к мелиоративным каналам, к граничным участкам, либо к грудам камней, являющихся результатом расчистки. Большинство таких деревьев и куртин имеют возраст больший, чем возраст самого фитоценоза, что объясняется как сменой нескольких поколений ольхи, так и появлением этих деревьев и куртин до формирования собственно ольхового древостоя. При этом возобновление ольхи серой под пологом таких древостоев и в образующихся естественных прогалинах присутствует повсеместно, практически полностью путем образования корневых отпрысков. В результате чего формируются устойчиво-производные сообщества.

В живом напочвенном покрове с общей степенью покрытия 80–90 % преобладают щитовник мужской, костяника, лютик едкий, кислица обыкновенная, борец северный, зеленые мхи, ландыш майский, земляника лесная, по понижениям может встречаться кукушкин лен, осоки, сабельник, таволга. Крапива и малина образуют участки с плотными зарослями, составляющие до 60 % от общего покрытия.

Следует отметить, что в ядровой части крупного сероольхового массива была обнаружена Лобария легочная (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm). Этот вид считается одним из наиболее типичных индикаторов коренных лесов таежной зоны [Красная книга…, 2007].

Итак, можно утверждать следующее: 1) складывается парадоксальная ситуация, когда на самых богатых в почвенном отношении участках для условий данного региона формируются крупные массивы устойчивых, самовозобновляющихся (устойчиво-производных) низкопродуктивных фитоценозов; 2) эти леса совершенно оригинальны с точки зрения разнообразия видов и сообществ; 3) без мер хозяйственного воздействия (сплошной рубки и создания лесных культур с неоднократными уходами для светолюбивых пород) такие леса могут существовать сколь угодно долго.

Литература

Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: «Карелия», 2007. 368 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Карпин Владимир Александрович
младший научный сотрудник
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: landscapeexplorer@gmail.com
тел.: (8142) 768160

Karpin, Vladimir
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: landscapeexplorer@gmail.com
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 132–137

УДК 581.524.32:551.438.222(470.22)

СПЕЦИФИКА ПРИОЗЕРНЫХ БОЛОТ У ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ПАДОЗЕРА (СРЕДНЯЯ ТАЙГА)

В. Л. Миронов

Институт биологии Карельского научного центра РАН

На основе данных по стратиграфии озерно-болотных отложений выделены основные этапы частичного заторфовывания озер Верхнее и Нижнее Падозеро. Показано отображение уровенной динамики озер в течение голоцена на составе существовавших палеосообществ приозерных болот.

Ключевые слова: приозерные болота, стратиграфия, торф, сукцессии, уровенная динамика.

V. L. Mironov. PECULARITIES OF LIMNOGENOUS MIRES AT LAKES VERKHNEYE AND NIZHNEYE PADOZERO (MIDDLE TAIGA)

The main paludification stages of Lakes Verchneye and Nizhneye Padozero were distinguished relying on stratigrafic data for lacustrine-palustrine deposits. The influence of level dynamics on the palaeocommunity composition in the Holocene is demonstrated.

Key words: limnogenous mires, stratigraphy, successions, the level dynamics.

Карелия – край озер. Примерно 12 % территории занято озерами (без Онеги и Ладоги). По современным подсчетам, количество озер превышает 61 тыс. [Каталог…, 2001]. Те из них, которые располагаются в слабопересеченном рельефе и имеют небольшие глубины, склонны к зарастанию и заторфовыванию. Поэтому многие озера встречаются вместе с приозерными болотами, находящимися на разных стадиях развития и образующими генетически и функционально взаимосвязанные озерно-болотные системы. Приозерные болота формируются в прибрежных частях озерных котловин в результате их зарастания, а также формирования сплавин [Сукачев, 1923]. Развитие их носит центростремительный характер, в результате чего площадь озера сокращается, а болота, напротив, увеличивается. Приозерным болотам Карелии посвящено очень мало работ, наиболее полно они отражены в работе Е. А. Галкиной [1959], где выделяются в ранге самостоятельного класса типов с двумя вариантами. К первому варианту относятся болота, занимающие нижние, едва выраженные террасы мелких бессточных и сточных озер. В процессе развития и нарастания поверхности болот, озера могут уменьшиться в размерах или совсем исчезнуть, а форма болота из плоской стать выпуклой. Ко второму варианту относятся болота в заливах озер средних и крупных размеров. Их поверхность слегка наклонена в сторону озера, в этом же направлении происходит сток делювиальных вод. Рассматривая функционально-генетические особенности приозерных болот, неучтенным остается внешнее влияние на них со стороны озера, выраженное в колебаниях его уровенного режима. В годовой и многолетней ретроспективе уровень

водоемов нестабилен [см. напр.: Китаев, 2007]; он оказывает определенное влияние на примыкающие болота, а, следовательно, и на состав их палеосообществ [Кунскас, 1970; Елина и др., 1984; Шевелин и др., 1988; Елина, Антипин, 1992; Филимонова, Шелехова, 2005].

Объект и методы

Озера Верхнее и Нижнее Падозеро (61°54' с.ш. и 33°53' в.д) расположены на территории Пряжинского района (рис. 1) в пределах озерно-ледниковой равнины. Четвертичные отложения представлены преимущественно отложениями приледниковых озер, в составе которых преобладают глины и суглинки, также встречаются песчано-алевритовые отложения. В орографическом отношении данная местность является частью Шуйской низины [Лукашов, 2003].

Озеро Верхнее Падозеро имеет длину 2,9 км, а ширину – 2,2 км. Площадь озера – 393 га [Каталог..., 2001], из них 4,5 га приходится на острова. В него впадают реки Паданоя и Падарка, а также безымянный ручей. Общая водосборная площадь составляет 8 480 га. Отметка уровня воды составляет 74,2 м. Верхнее Падозеро – мелководный водоем с сильно заболоченными берегами. Его максимальная глубина составляет 2,6 м, а средняя – 1,7 м. В нем развиты густые заросли гелофитов, маркирующие глубины до 1,7 м, и представлены они в основном *Scirpus lacustris*, Phragmites australis, Equisetum fluviatile*; на более открытых участках встречается *Nuphar luteum*, а у самого берега на мелководье – разные виды осок. Заросли макрофитов, по данным дешифрирования космических снимков, занимают площадь 198 га, т. е. чуть больше половины площади озера. Донные отложения представлены коричневым сапропелем, содержащим большое количество растительных макроостатков. На дне озера много погруженных в сапропель топляков. Мощность донных грунтов варьирует в разных участках, не превышая полуметра. В течение вегетации нами была отмечена амплитуда уровня озера примерно 30 см.

Озеро Нижнее Падозеро имеет длину 3,4 км, а ширину – 1,8 км. Площадь озера 343 га [Каталог..., 2001]. Отметка уровня составляет 74 м. В озеро впадает короткая протока из Верхнего Падозера, а также р. Чевжа. Общая водосборная площадь Нижнего Падозера составляет 18 800 га. Нижнее Падозеро характеризуется относительно ровным дном. В основной части озера глубины невелики и варьируют от 2 до 3 м. Максимальная глубина 4,1 м зафиксирована в юго-восточной части озера недалеко от берега. Из-за больших глубин макрофиты образуют плотные заросли только в мелководных прибрежных частях водоема, поэтому их общая площадь составляет 77 га. Состав преобладающих макрофитов идентичен с Верхним Падозером. Дно озера выстлано коричневым сапропелем, мощность которого в наиболее глубоких впадинах доходит до 1,5 м, также отмечено большое количество древесных остатков. В течение вегетации нами была отмечена амплитуда уровня озера примерно 60 см.

В бассейне Верхнего и Нижнего Падозера в довоенное и послевоенное время велись лесосплавные работы, это объясняет захламленность дна озер топляками и древесными остатками. Наиболее засоренным остается Нижнее Падозеро, что связано с наиболее активным сплавом леса по р. Чевже, а также функционировавшим на ее берегу заводом по переработке древесины.

Местность вокруг озер довольно заболочена. Общая площадь болот вокруг Верхнего и Нижнего Падозера составляет немногим свыше 450 га, из них 40 га приходится на открытые участки, 410 га занимают облесенные участки. Основная часть всех болот располагается в пределах изогипсы 75 м. Нами исследовались открытые участки болот, приуроченные к побережьям озер, а также соединяющей их протоке.

Описание растительного покрова проводилось стандартным методом [Полевая геоботаника, 1964], отбор образцов торфа и сапропеля осуществлялся торфяным буром системы Инсторфа. Послойное исследование динамики приозерных болот проводилось общепринятым макрофоссильным методом [Короткина, 1939]. Особенностью приозерных болот у Верхнего и Нижнего Падозера является периодическое их заливание водами озера, и, следовательно, привнесение на них массы аллохтонного материала. Весной после снежной зимы и дождливой осенью, когда озера заливают значительные площади приозерных болот, можно видеть в массе выброшенные стебли камыша, тростника, кубышки, рдестов, а иногда – стволы деревьев. Все это затрудняет реконструкцию, создает «шумы». Для того чтобы их нивелировать и свести к минимуму, выделение палеосообществ было проведено в соответствии с принятыми методами, по преобладающим остаткам [Елина, Антипин, 1992], но с учетом проникающей способности корневых систем

* Названия сосудистых растений по: [Черепанов, 1995]

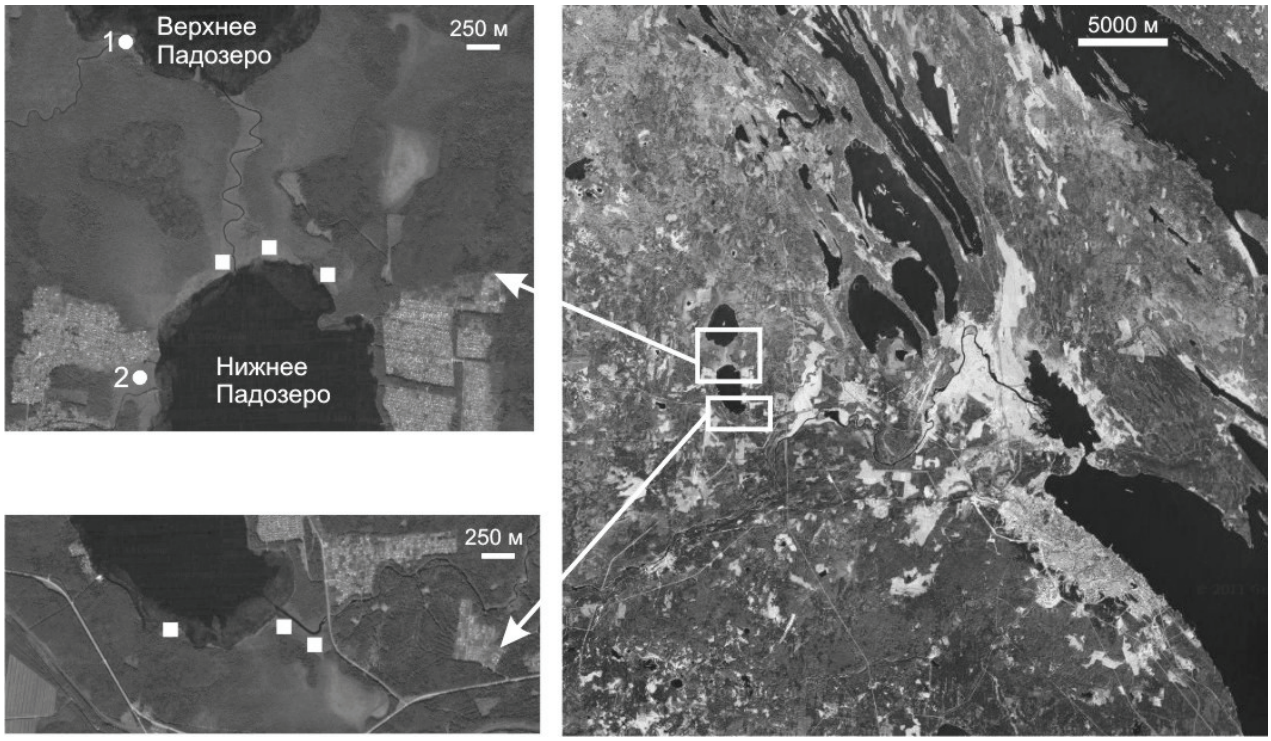


Рис. 1. Район исследований

растений; также анализировалось присутствие остатков видов резко отличающейся экологии. В рамках данной работы динамические ряды палеосообществ рассматриваются на примере двух эталонных скважин, одна из которых выполнена у Верхнего, а другая у Нижнего Падозера. Материал их был отобран наиболее полно, с детальным выделением стратиграфических слоев. Также приводятся данные по торфам, отобранным на болоте вдоль протоки.

Результаты и обсуждение

Всего было исследовано 11 скважин, из них 2 расположены на болотах у Верхнего, а 9 – у Нижнего Падозера. Мощность озерно-болотных отложений под мезотрофной травяно-сфагновой фацией на приозерном участке болота у Верхнего Падозера не превышает 2 м. На открытых участках болот базальный слой сапропеля составляет 30–45 см. Снизу его подстилает слой ленточных озерных глин, а сверху располагается слой сильноразложенных торфов. По ходу озерных и болотных отложений в скважинах отмечается примесь песка, регулярно намываемого в период высокого стояния вод озера.

Отложения болот у Нижнего Падозера имеют большую мощность, в северной части она составляет 2,8 м, а в южной доходит до 4,75 м. При этом сапропель в разных участках имеет разную толщину: на болоте в западной части озера у деревни он практически отсутствует, а в южной части его мощность почти 2 м. В северной части, в месте соединения озер протокой, мощность сапропеля составляет около 30 см. Важной особенностью стратиграфии отложений приозерных участков болот Нижнего Падозера является значительное содержание песка и глины в торфе, которые в отдельных случаях образуют самостоятельные слои. Между тем, их мощность невелика и составляет не более 1,5 см. Минеральные прослойки были зафиксированы на болотах, расположенных в северной и южной частях Нижнего Падозера, т. е. приурочены к главным водотокам. Наличие прослоек глины обычно связывают с длительным заливанием участков замутненными водами озера, а наличие прослоек песка – со спуском уровня до меньших отметок [Субетто, 2009]. Наиболее четкие прослойки отмечены на глубинах 2,5 м, с 0,5 до 0,85 м. В первом случае их наличие может быть результатом естественной динамики водоема, а во втором – результатом искусственного поднятия уровня озер для целей лесосплава.

Скважина у Верхнего озера пробурена в 8 м от линии уреза воды, имеет глубину 2 м (рис. 2). Нижний слой органогенных отложений мощностью 45 см (стадия I) представлен илистым сапропелем с высоким содержанием остатков *Equisetum fluviatile* и примесью *Phragmites australis, Betula sp., Nuphar sp*. и

*Calliergon giganteum**. Данный состав отложений, вероятнее всего, характерен для условий мелководья, когда длительное время господствуют гелофитные сообщества с доминированием хвоща.

Следующий слой (стадия II) имеет не вполне обычный генезис. По мере отложения сапропеля и с некоторым снижением уровня и отступлением водоема возникают условия для зарастания обнажившегося дна древесными видами – березой и сосной. Корни березы проникают в нижележащий слой сапропеля – отсюда наличие в нем ее остатков. Но поскольку эта зона является по-прежнему контактной между озером и болотом, в торфе наблюдается примерно одинаковое содержание остатков гидрофитов – *Nuphar sp*. и *Calliergon giganteum*.

Незначительное повышение уровня озера (стадия III) приводит к смене доминантов: древесный ярус практически сходит на нет, а гидрофильные хвощ, *Drepanocladus sp.* (*Warnstorfia sp.*) и *C. giganteum* увеличивают свою биомассу и выходят в доминанты.

Повторное падение уровня озера и появление почти сплошного покрова *Sphagnum obtusum* ограничило произрастание гипновых мхов (они присутствуют лишь в примеси), также на участке расселяются типично болотные виды: *Carex rostrata, C. lasiocarpa, Menyanthes trifoliata* (стадия IV).

По мере повышения уровня воды, на данном участке появляются такие виды, как *Sphagnum platyphyllum* и осоки (*Carex aquatilis, C. limosa*) (стадия V). Их присутствие может являться результатом формирования микрокомплексности, т. е. появления зачатков западинок и возвышений, либо следствием увеличения обводненности. Доминирующее положение *Sphagnum obtusum* уступает более гидрофильному *S. platyphyllum*.

Верхний слой мощностью в 10 см (стадия V) содержит большое количество *Sphagnum squarrosum* и *Calamagrostis canescens*, его отложило современное растительное сообщество со следующим составом: *Calamagrostis canescens* – 17 %, *Menyanthes trifoliata* – 12 %, *Comarum palustre* – 10 %, *Equisetum fluviatile* – 3 %, *Sphagnum sqarrosum* – 70 %.

Скважина у Нижнего Падозера пробурена в 30 м от уреза воды, глубина ее составляет 230 см (рис. 3). Нижний слой органогенных отложений (стадия I) представлен сапропелем с высоким содержанием остатков *Typha angustifolia., Equisetum fluviatile* и *Salix sp*., в примеси встречены *Iris pseudacorus, Nuphar sp*. и *Drepanocladus*. Он имеет толщину 10 см. Сапропель с таким составом, вероятнее всего, откладывался в условиях мелководья.

Контраст в смене сапропеля на древесный торф с высоким содержанием остатков березы является результатом внезапного падения уровня воды в водоеме (стадия II). При обмелении водоема создаются условия для зарастания сапропеля березой. Формируется сообщество по типу современной корбы (korpi), т. е. лесное болото с доминированием березы [Кутенков, 2006], с высокими приствольными возвышениями, топкими межкочьями и обилием болотных видов.

Стадия корбы существовала длительное время, до момента трансгрессии озера. Последнее подтверждается значительным увеличением остатков хвоща в торфе и резким исчезновением березы; наряду с этим отмечается увеличение количества остатков *Nuphar sp*. и появление *Ceratophyllum demersum* (стадия III). Формируется хвощовое сообщество с участием гидрофитов, но подстилаемое древесным торфом.

По мере отложения торфа и, возможно, при незначительном снижении уровня озера, происходит формирование сообществ с высокой долей участия хвоща, вахты и сабельника. Уровень болотно-грунтовых вод (УБГВ) находится над поверхностью болота. Для более ранней стадии характерно увеличение содержания остатков *Comarum palustre* (стадия IV), а для более поздней – *Menyanthes trifoliata* (стадия V). Доля участия хвоща в формировании облика сообществ была примерно одинакова. Поскольку палеосообщества IV и V не имеют четко выраженных доминантов, граница между ними весьма условна.

При очередном падении уровня воды (стадия VI) вновь следует формирование березовой корбы, в травяном ярусе которой высока доля *Menyanthes trifoliata, Carex rostrata* и другие осоки (*C. chordorrhiza, C. aquatilis, C. limosa*).

Верхний слой толщиной 20 см (стадия VII) содержит значительное количество остатков *Menyanthes trifoliata, Equisetum fluviatile, Calamagrostis sp., Carex chordorrhiza, Sphagnum sect. Subsecunda*. Такой состав торфа был отложен травяными сообществами, сходные с которыми существуют на участке и в настоящее время. В них преобладают *M. trifoliata* – 25 %, *Carex chordorrhiza* – 10 %, *C. lasiocarpa* – 4 %, *Comarum palustre* – 15 %, *Naumburgia thyrsiflora* – 7 %.

Обращает на себя внимание исчезновение *Calamagrostis* из растительного покрова, в то

* Названия мохообразных по: [Ignatov et al., 2006]

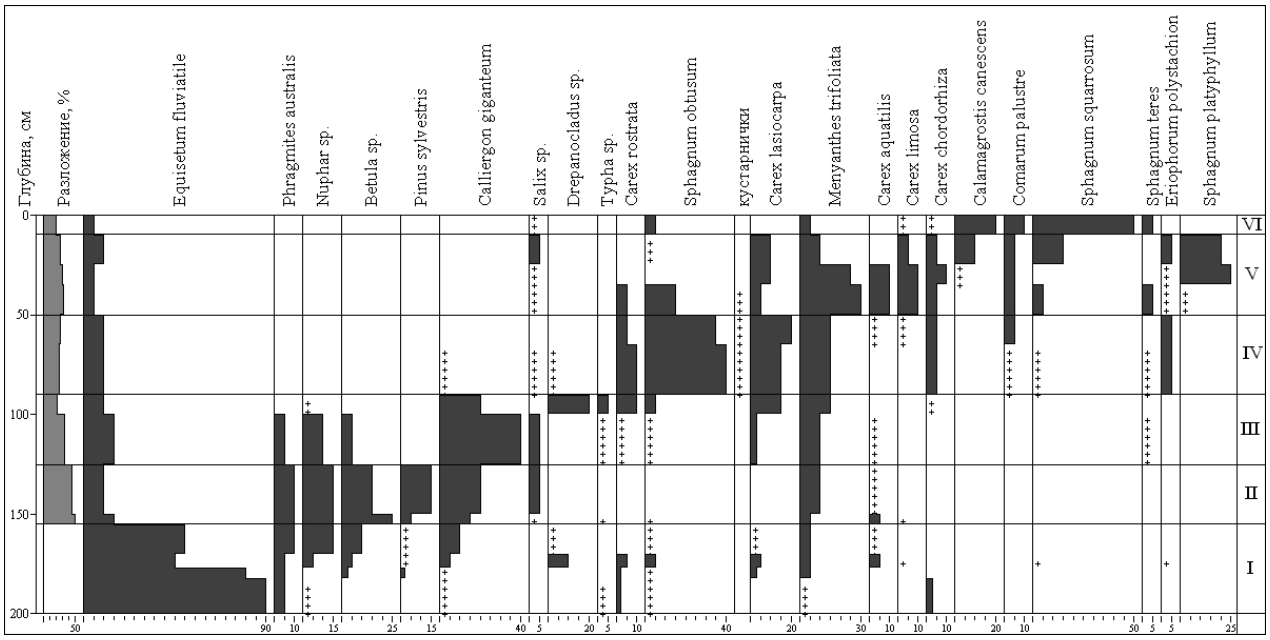


Рис. 2. Диаграмма ботанического состава органогенных отложений скважины на болоте у оз. Верхнее Падозеро

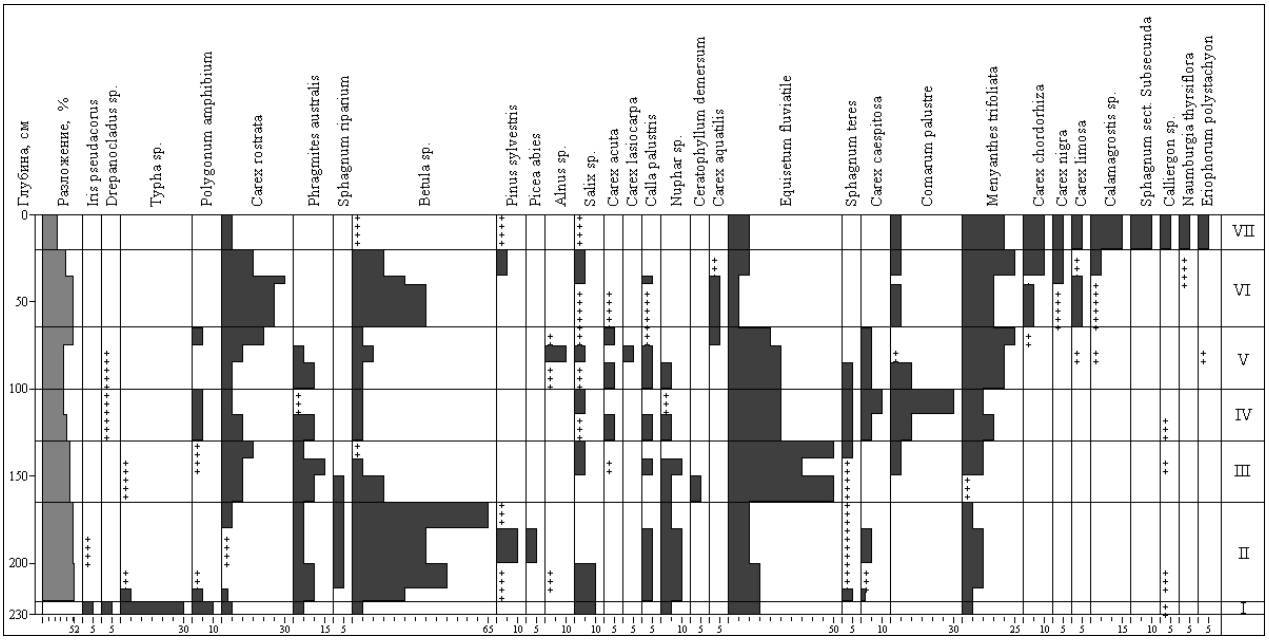


Рис. 3. Диаграмма ботанического состава органогенных отложений скважины на болоте у оз. Нижнее Падозеро

время как в составе подстилающего торфа он был выявлен. Это может быть связано с тремя обстоятельствами. Во-первых, из сказанного выше видно, что уровенный режим озера нестабилен и даже незначительные вариации его уровня могли сказаться на видовом составе сообщества. Во-вторых, вполне вероятно его исчезновение из-за периодического выкашивания травы жителями деревни. В-третьих, это может быть результатом эндогенной смены. Как бы там ни было, в ряде геоботанических описаний, выполненных на смежных участках, проективное покрытие *Calamagrostis phragmitoides* составляет 40–60 %%, что говорит о его доминирующей роли в сообществах.

Заключение

Исследование стратиграфии озерно-болотных отложений приозерных болот Верхнего и Нижнего Падозера показывает, что в обеих скважинах отмечены дискретные смены палеосообществ. Наиболее вероятно, что они явились результатом изменений уровенного режима

различной продолжительности. Присутствие примесей песка и глины, порой образующих самостоятельные прослойки, служит дополнительным доводом в пользу того, что имели место как трансгрессии, так и регрессии озера, носившие вполне устойчивый характер. Причиной устойчивой уровенной динамики озер могли стать изменения климата в голоцене и гляциоизостатические движения земной коры [см. напр.: Елина и др., 1984; Елина и др., 2000]. Нельзя исключать и человеческий фактор: лесосплавные работы в бассейне ведутся очень давно, и сток озер сознательно регулировался, на что указывают как существовавшая плотина в истоке Нижнего Падозера, так и фрагменты лесосплавных сооружений между двумя озерами.

Работа выполнена в рамках ФЦП (контракт № 02.740.11.0700)

Литература

Галкина Е. А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. Вып. XV. С. 3–48.

Елина Г. А., Антипин В. К. Эндо- и экзогенные сукцессии растительности болот бассейна Онежского озера в голоцене // Ботан. журн. 1992. Т. 77, № 3. С. 16–30.

Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 242 с.

Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова, А. В. Литвиненко. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. 286 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 395 с.

Короткина М. Я. Ботанический анализ торфа // Методы исследования торфяных болот. Часть 2. Лабораторные и камеральные работы / Под ред. М. И. Нейштадт. Сер. Труды Центральной торфяной опытной станции (ЦТОС). Т. VI. М., 1939. 319 с.

Кунскас Р. О гидрографических регрессиях озер среднего и позднего голоцена // История озер: труды Всесоюзного симпозиума по основным проблемам пресноводных озер. Т. 2. Вильнюс, 1970. С. 378–390.

Кутенков С. А. Болотные леса заповедника «Кивач» // Труды государственного природного заповедника «Кивач». Вып. 3. Петрозаводск, 2006. С. 107–120.

Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 151 с.

Лукашов А. Д. Геоморфологические условия // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / Ред. А. Н. Громцев, С. П. Китаев, В. И. Крутов и др. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 13–19.

Полевая геоботаника. Т. 3. М.; Л.: АН СССР, 1964. 530 с.

Субетто Д. А. Донные отложения озер: Палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 399 с.

Сукачев В. Н. Болота, их образование, развитие и свойства. Изд. 2-е, доп. Пгр., 1923. 127 с.

Филимонова Л. В., Шелехова Т. С. Динамика уровенного режима, зарастания и заторфовывания озера Руоколампи (Заповедник «Кивач») в голоцене // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Вып. 8. Труды Карельского НЦ РАН. Петрозаводск, 2005. С. 121–133.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: «Мир и семья», 1995. 990 с.

Шевелин П. Ф., Елина Г. А., Хомутова В. И., Арсланов Х. А. Отражение колебаний уровенного режима Онежского озера в растительности и стратиграфии болот Разломное // Болотные экосистемы Европейского Севера. Петрозаводск, 1988. С. 39–59.

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. 130 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Миронов Виктор Леонидович
ведущий биолог, аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: vict.mironoff@yandex.ru
тел.: (921)2229112

Mironov, Viktor
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vict.mironoff@yandex.ru
tel.: (921)2229112

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 138–140

УДК 582.29(470.12+470.22)

НОВЫЕ ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ ДЛЯ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

М. А. Фадеева, А. В. Кравченко

Институт леса Карельского научного центра РАН

Приводится информация о четырех видах лишайников, три из которых являются новыми для Вологодской области, один – для Республики Карелия.

Ключевые слова: лишайники, Вологодская область, Республика Карелия, *Collema curtisporum, Collema nigrescens, Lobaria scrobiculata, Ramalina sinensis*.

M. A. Fadeeva, A. V. Kravchenko. LICHEN SPECIES NEW FOR THE VOLOGDA REGION AND REPUBLIC OF KARELIA

Information is provided on four lichen species, of which three are new for the Vologda Region, and one – for Republic of Karelia.

Key words: lichens, Vologda Region, Republic of Karelia, *Collema curtisporum, Collema nigrescens, Lobaria scrobiculata, Ramalina sinensis*.

В 2008–2011 гг. в ходе лихенологического обследования территории Вологодской области (Вытегорский район) и Республики Карелия (Пряжинский район) выявлены 4 вида, новых для региональных биот лишайников. Номенклатура таксонов дана по списку лишайников и лихенофильных грибов Фенноскандии [Santesson et al., 2004] с учетом более поздних изменений. Распространение видов приводится по новейшим сводкам [Nordic..., 2007; Определитель..., 2008; The lichens..., 2009; Список..., 2010; Stenroos et al., 2011]. Все сборы сделаны авторами; образцы хранятся в гербарии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск (PTZ).

Новые виды для лихенобиоты Вологодской области

Collema nigrescens (Huds.) DC. (Collemataceae): 60°50'30'' с.ш., 36°35'05'' в.д., в 8 км к югу от д. Сперово, окрестности бывшей д. Карово, опушка старовозрастного елово-осинового травяного леса, на стволе осины диаметром (дм) 30 см, вместе с *Leptogium saturninum*, 15.07.2010, № 8353. Вид распространен в Северном полушарии: Европа, Северная Америка, Азия (Гималаи), Африка, Макаронезия, преимущественно в регионах с умеренным океаническим климатом. В Фенноскандии распространен широко, в ряде мест на западе является обычным, при движении в восточном направлении становится редким. Так, в Финляндии основные места находок сосредоточены на побережье Ботнического залива, на востоке страны обнаружен только в одной провинции – Kuusamo. В РФ достоверные указания имеются для Севера и Центра европейской части (региональное деление дается так, как оно принято в Списке..., 2010), Кавказа, Северного и Южного Урала и Восточной Сибири. Везде встречается редко, обычно в

составе малочисленных популяций. Внесен в Красные книги смежных регионов – Архангельской обл. [2008] и Республики Карелия [2007]. Охраняется также в Финляндии [Rassi et al., 2010] и Швеции [Gärdenfors, 2010], включен в Красную книгу Восточной Фенноскандии [Kotiranta et al., 1998].

Lobaria scrobiculata (Scop.) DC. (Lobariaceae): 61°22'48'' с.ш., 37°45'26'' в.д., в 20,5 км к северо-востоку от д. Янишево, в 5 км к югу от оз. Тихмангозеро, старовозрастный ельник травяно-болотный по краю мезоевтрофного болота, на сухостойной иве козьей дм 25 см, несколько талломов, вместе с *Lobaria pulmonaria*, 18.08.2011, № 24040. Почти космополитный вид, встречается в Европе, Африке, Азии, Северной и Южной Америке, Макаронезии, Австралии, Новой Зеландии. Ранее европейский сектор ареала был обширнее, сейчас вид исчез во многих известных местообитаниях Центральной и Южной Европы, сохранившись при этом в некоторых горных областях. В Фенноскандии распространен широко, почти везде редок, лишь в некоторых пунктах остается обычным. В последние десятилетия наблюдается тенденция к снижению встречаемости вида на юге региона, особенно заметная в Финляндии. В РФ распространен на Севере Европейской России (включая ее арктическую часть), Кавказе, в Западной и Южной Сибири, на Дальнем Востоке. Наша находка является первой для Центра Европейской России. Внесен в Красные книги Ленинградской обл. [2000] и Карелии. Охраняется также в Финляндии и Швеции, включен в Красную книгу Восточной Фенноскандии.

Ramalina sinensis Jatta (Ramalinaceae): 1) 60°56'05'' с.ш., 36°32'32'' в.д., ур. Сярьга, левый берег р. Сярьга, ивняк таволговый, на иве пятитычинковой, 19.07.2009, № 8342; 2) 61°00'13'' с.ш., 36°23'55'' в.д., западная окраина г. Вытегры, край мезотрофного болота, на усыхающих стволах и сухостое ивы пятитычинковой дм 15–20 см, вместе с *Physcia alnophila, Ramalina dilacerata*, 04.07.2008, № 8357; 3) 60°54'44'' с.ш., 36°46'25'' в.д., с. Девятины, аллея из тополя бальзамического вдоль дороги от водохранилища к шлюзу № 6, на стволах дм до 40 см, 15.07.2010, № 8364; 4) 60°57'13'' с.ш., 36°32'41'' в.д., п. Белоусово, рядовая посадка тополя бальзамического вдоль шоссейной дороги по берегу водохранилища, на стволе дм 20 см, 14.07.2010, № 8372. Известен в Европе, Азии, на северо-западе США. В Фенноскандии (Норвегии, Швеция и Финляндия) распространен на всей территории, везде редок, на самом севере отсутствует. В РФ вид встречается широко, но спорадически: европейская часть (республики Карелия, Коми и Марий Эл, Ленинградская, Новгородская и Нижегородская области), Северный Кавказ, Урал (Пермский край, Республика Башкортостан), Западная Сибирь (Тюменская обл.), Восточная Сибирь (Красноярский край), Дальний Восток (Хабаровский и Приморский края, Курильские о-ва); локально может быть нередким и обильным. Внесен в Красные книги Норвегии [Kålås et al., 2010], Финляндии и Швеции.

Новый вид для лихенобиоты Республики Карелия

Collema curtisporum Degel. (Collemataceae): 61°44'21'' с.ш., 33°27'55'' в.д., в 1 км к северу от д. Киндасово, производный хвойно-лиственный влажно-разнотравный лес возрастом около 90 лет, на осине дм 55 см, вместе с *Leptogium saturninum, Mycobilimbia carneoalbida, Ochrolechia pallescens*, 09.10.2010, № 8264. Этот редкий в мире, преимущественно фенноскандинавский вид, был найден еще на севере Италии и западе США; в странах Северной Европы является исчезающим. В РФ долгое время был известен лишь из двух пунктов на юго-западе Мурманской обл. (ландшафтный заказник «Кутса») [Halonen, 1994]; недавно обнаружен и на крайнем северо-западе области (заповедник «Пасвик») [Фадеева и др., 2011]. В ходе ревизии сборов начала XX в. выявлен на п-ове Камчатка [Макрый, 2010]. Внесен в Красную книгу Мурманской обл. [2003]. Охраняется в Норвегии, Финляндии и Швеции, включен в Красную книгу Восточной Фенноскандии.

Учитывая крайне ограниченное распространение в мире и угрожающее опасное современное состояние *Collema curtisporum*, вид должен быть включен в Красную книгу Республики Карелия, а его местообитание взято под охрану в ранге «памятник природы».

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие». Авторы искренне признательны Teuvo Ahti (Университет г. Хельсинки, Н) за подтверждение правильности определения образцов рода Collema.

Литература

Красная книга Архангельской области. Архангельск: Администрация Архангельской области, 2008. 351 с.

Красная книга Мурманской области. Мурманск: Мурманское книжное изд-во, 2003. 400 с.

Красная книга природы Ленинградской области. Т. 2. Растения и грибы. СПб.: «Мир и семья», 2000. 672 с.

Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 368 с.

Макрый Т. В. Collema curtisporum (Collemataceae) – новый для Азии вид лишайника с полуострова Камчатка // Новости систематики низших растений. СПб., 2010. Т. 44. С. 210–220.

Определитель лишайников России. Вып. 10. СПб.: Наука, 2008. 515 с.

Список лихенофлоры России / Сост. Г. П. Урбанавичюс. СПб.: Наука, 2010. 194 с.

Фадеева М. А., Дудорева Т. А., Урбанавичюс Г. П., Ахти Т. Лишайники заповедника «Пасвик» (Аннотированный список видов). Апатиты: изд-во Кольского научного центра РАН, 2011. 80 с.

Halonen P. Uhanalainen pohjanhyytelöjäkälä (*Collema curtisporum*) Suomessa // Aquilo. Ser. Bot. 1994. Vol. 33. P. 31–34.

Gärdenfors U. (ed.). Rödlistade arter i Sverige 2010. Uppsala: ArtDatabanken, SLU, 2010. 592 s.

Kålås J. A., Viken □., Henriksen S., Skjelseth S. (red.). Norsk rødliste for arter 2010. Trondheim: Artsdatabanken, 2010. 480 s.

Kotiranta, H., Uotila, P., Sulkava, S. & Peltonen, S.-L. (eds.). Red Data Book of East Fennoscandia. Helsinki: Ministry of the Environment, Finnish Environmental Institute & Botanical Museum, Finnish Museum of the Natural History, 1998. 351 p.

Nordic Lichen Flora. Vol. 3. Cyanolichens / Eds. P. M. Jørgensen, T. Tønsberg, O. Vitikainen. Uddevalla: The Nordic Lichen Society, Museum of Evolution, Uppsala University, 2007. 219 p.

Rassi P., Hyvärinen E., Juslén A., Mannerkoski I. (Toim.). Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, 2010. 685 s.

Santesson R., Moberg R., Nordin A. et al. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala, 2004. 359 p.

Stenroos S., Ahti T., Lohtander K., Myllys L. (toim.). Suomen jäkäläopas // Norrlinia. 2011. Vol. 21. S. 1–534.

The Lichens of Great Britain and Ireland / Eds. C. W. Smith, A. Aptroot, B. J. Coppins et al. London: The British Lichen Society, Department of Botany, The Natural History Museum, 2009. 1046 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Фадеева Маргарита Анатольевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: fadeeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Кравченко Алексей Васильевич
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: alex.kravchen@mail.ru
тел.: (8142) 768160

Fadeeva, Margarita
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: fadeeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Kravchenko, Alexey
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: alex.kravchen@mail.ru
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 141–145

УДК 591.9; 595.7

ДОПОЛНЕНИЯ К ЭНТОМОФАУНЕ ЗАКАЗНИКА «КИЖСКИЕ ШХЕРЫ»

А. Э. Хумала, А. В. Полевой

Институт леса Карельского научного центра РАН

Приводятся новые данные по фауне насекомых «Кижских шхер». Добавлено 322 вида из 9 отрядов.

Ключевые слова: насекомые, фауна, Карелия, список видов.

A. E. Humala, A. V. Polevoi. ADDITIONS TO THE INSECT FAUNA OF THE «KIZHI SKERRIES» RESERVE

New data on the insect fauna of Kizhi skerries area are presented. 322 species from 9 orders have been added to the list.

Key words: insects, fauna, Karelia, species list.

Район Кижского архипелага, находящегося в северной части Онежского озера (Южная Карелия), достаточно своеобразен и обладает уникальными природными особенностями, что и обусловливает интерес к проведению здесь исследований фауны насекомых. Планомерное изучение энтомофауны на территории музея-заповедника «Кижи» и заказника «Кижские шхеры» началось сравнительно недавно – с середины 90-х гг. XX в. [Яковлев и др., 1999]. После десяти лет исследований на территории «Кижских шхер» было отмечено 928 видов насекомых [Полевой и др., 2005]. В настоящей работе мы приводим новые данные в основном по материалам сборов, сделанных 18–22.08.2008 в р-не д. Воробьи (о. Большой Клименецкий) и 18–22.07.2011 на материковой части заказника. Таким образом, на сегодняшний день в фауне «Кижских шхер» отмечено 1 250 видов насекомых.

Список видов насекомых

Отряд EPHEMEROPTERA

Ephemera vulgata L. – Воробьи

Отряд ODONATA

Coenagrionidae
Erythromma najas Hans. – Подъельники
Enallagma cyathigerum Charp. – Воробьи
Lestidae
Lestes dryas Kirby– Подъельники
Libellulidae
Sympetrum danae Sulzer – Воробьи
Leucorrhinia albifrons Burm. – Подъельники
L. caudalis Charp. – Подъельники

Отряд ORTHOPTERA

Acrididae
Psophus stridulus L. – Воробьи
Tettigoniidae
Tettigonia cantans Fuessli – Подъельники

Отряд NEUROPTERA

Hemerobiidae
Drepanopteryx phalaenoides L. – Подъельники

Отряд COLEOPTERA

Dytiscidae
Colymbetes paykulli Er. – Подъельники
Acilius canaliculatus Nicolai – Подъельники

Silphidae
Nicrophorus littoralis L. – Подъельники
Buprestidae
Anthaxia quadripunctata L. – Оятевщина
Anobiidae
Anobium rufipes F. – Жарниково. Вид упомянут в работе [Полевой и др., 2008].
Coccinellidae
Coccinella hyeroglyphica L. – Подъельники
Hippodamia notata L. – Подъельники
Hippodamia septemmaculata De Geer – Воробьи
Calvia quatuordecimguttata L. – Подъельники
Anisosticta novemdecimpunctata *L.* – Воробьи
Propylea quatuordecimpunctata *L.* – Воробьи
Coccinula quatuordecimpustulata L. – Воробьи
Psyllobora vigintiduopunctata (L.) – Воробьи
Tenebrionidae
Lagria hirta L. – Воробьи, Подъельники
Cerambycidae
Anoplodera livida (F.) – Воробьи
A. maculicornis (L.) – Воробьи, Подъельники
A. reyi (Heyden) – Подъельники
A. sanguinolenta L. – Подъельники
Leptura nigripes De Geer – Подъельники
Chrysomelidae
Donacia clavipes F. – Подъельники
Galerucella nymphaeae L. – Воробьи
G. grisescens Joannis – Воробьи
Galeruca tanaceti L. – Подъельники
Phyllobrotica quadrimaculata L. – Подъельники
Hydrothassa marginella L. – Подъельники
Smaragdina flavicollis Charp. – Подъельники
Chrysolina varians (Schaller) – Подъельники
Bromius obscurus L. – Подъельники
Gonioctena quinquepunctata F. – Подъельники
Curculionidae
Polydrusus fulvicornis F. – Подъельники

Отряд HEMIPTERA

Cicadellidae
Cicadella viridis L. – Подъельники
Aphrophoridae
Aphrophora alni (Fall.) – Подъельники
Notonectidae
Notonecta lutea Mull. – о. Кижи
Miridae
Polymerus palustris Reut. – Подъельники
Capsus wagneri Rem. – Подъельники
Globiceps flavomaculatus Deg. – Подъельники
Stenotus binotatus F. – Подъельники
Adelphocoris cf. seticornis F. – Подъельники
Halticus apterus L. – Подъельники
Nabiidae
Dolichonabis limbatus Dhlb. – Подъельники
Nabis flavomarginatus Scholtz – Подъельники
Anthocoridae
Anthocoris nemorum (L.) – Подъельники
Coreidae
Coreus marginatus L. – Подъельники
Rhopalidae
Corizus hyoscyami L. – Подъельники
Stictopleurus punctatonervosus (Goeze) – Подъельники
Acanthosomatidae
Elasmucha betulae Deg. – Подъельники
Pentatomidae
Neottiglossa pusilla Gmel. – Подъельники
Carpocoris purpureipennis Deg. – Подъельники
Dolycoris baccarum L. – Подъельники
Aelia acuminata (L.) – Подъельники
Picromerus bidens L. – Подъельники

Отряд LEPIDOPTERA

Zygaenidae
Zygaena viciae Scheven – Подъельники
Lycaenidae
Vacciniina optilete Knoch – Подъельники
Geometridae
Abraxas sylvatus Scop. – Оятевщина
Plemyria rubiginata (Den. & Schiff.) – Воробьи
Sphingidae
Deilephila elpenor (L.) – Воробьи
Noctuidae
Autographa bractea (Den. & Schiff.) – Воробьи
Acronicta rumucis L. – Воробьи
A. auricoma (Den. & Schiff.) – Воробьи
Melanchra pisi (L.) – Воробьи

Отряд HYMENOPTERA

Siricidae
Urocerus gigas L. – Оятевщина
Xiphydriidae
Xiphydria picta Konow – о. Кижи
Chrysididae
Chrysis angustula Schenck – Жарниково, о. Кижи, Воробьи
Ch. ignita impressa Schenck – Воробьи
Ch. mediata solida Haupt. – Кургеницы
Chrysura hirsuta (Gerstaecker) – Воробьи
Eumenidae
Eumenes pedunculatus Pz. – Воробьи
Vespidae
Vespa crabro L. – Воробьи, Подъельники
Dolichovespula sylvestris Scop. – Подъельники
Sphecidae
Trypoxylon figulus (L.) – Подъельники
Pemphredon lugubris (F.) – Подъельники
P. morio v.d.Lind. – Подъельники
Ectemnius dives Lep. et Br. – Подъельники
Lestica clypeata (Schreber) – Подъельники
Mellinus arvensis (L.) – Воробьи
Nysson interruptus (F.) – Воробьи
Colettidae
Hylaeus nigritus (F.) – Воробьи
Proctotrupidae
Disogmus areolator Hal. – Подъельники
Ichneumonidae
Apechtis compunctor L. – Воробьи
A. quadridentata Thoms. – Воробьи
Polysphincta rufipes Grav. – Подъельники
Poemenia hectica Grav. – Подъельники
Diplazon deletus (Thoms.) – Подъельники
Orthocentrus spurius Grav. – Подъельники
Cylloceria caligata (Grav.) – Подъельники
Symplecis cf. clipeator Lundbeck – Воробьи
Megastylus cruentator Schiødte – Подъельники
Proclitus praetor Hal. – Воробьи
Cryptopimpla errabunda (Grav.) – Подъельники
Acroricnus stylator Thunb. – Воробьи
Polyblastus nanus Kasp. – Кургеницы

Tryphon bidentatus Stephens – Кургеницы, о. Малый Леликовский
Cosmoconus ceratophorus Thoms. – Подъельники
C. elongator F. – Зубово
C. nigriventris Kasp. – Воробьи
Exenterus amictorius Panz. – Воробьи
Ctenopelma tomentosum Desv. – Оятевщина
Xenoschesis resplendens (Holmgr.) – Подъельники
Rhaestus lativentris Holmgr. – Воробьи
Rh. ophthalmicus Holmgr. – Воробьи
Rh. rufipes Holmgr. – Воробьи
Sympherta jactator (Thunb.) – Подъельники
Cidaphus atricilla (Hal.) – Подъельники
Chorinaeus brevicalcar Thoms. – Подъельники
Heterischnus debilis Grav. – Подъельники
Protichneumon similatorius (F.) – о. Кижи, Воробьи
Aoplus castaneus (Grav.) – Воробьи
Cratichneumon sicarius (Grav.) – о. Кижи
C. viator (Scop.) – Жарниково, Воробьи
Homotherus varipes (Grav.) – Воробьи
Ichneumon balteatus Wesm. – Кургеницы
Limerodops elongatus (Brischke) – о. Кижи
Virgichneumon albosignatus (Grav.) – Воробьи

Отряд DIPTERA

Cylindrotomidae
Cylindrotoma distinctissima Meigen – Воробьи
Limoniidae
Euphylidorea phaeostigma Schumm. – Подъельники
Phylidorea glabricula Mg. – г. Медвежица, о. Шуневский
Molophilus bihamatus de Meijere – оз. Обозеро
Ormosia staegeriana Alexander – г. Медвежица
Dicranomyia modesta Meigen – Клименицы
Limonia macrostigma Schumm – о. Южный Олений
Metalimnobia bifasciata Schrank – о. Южный Олений, о. Большой Леликовский, Воробьи
Metalimnobia quadrimaculata Linnaeus – Воробьи
Tipulidae
Tipula autumnalis Loew – Воробьи
T. confusa Van der Wulp – Воробьи. Кижские находки приведены в работе [Пилипенко, 2011].
T. laetabilis Zetterstedt – Подъельники
Psychodidae
Clytocerus ocellaris Meigen – Воробьи
Ceratopogonidae
Clinohelea unimaculata Macquart – оз. Обозеро
Culicidae
Anopheles maculipennis Meigen – о. Кижи
Culiseta alaskaensis Ludlow – о. Шуневский
C. ochroptera Peus – Воробьи
Bolitophilidae
Bolitophila occlusa Edwards – Клименицы
Keroplatidae
Macrocera fasciata Meigen – Подъельники
M. lutea Meigen – о. Южный Олений
M. stigmoides Edwards – Подъельники
Rocetelion humerale Zetterstedt – Клименицы
Isoneuromyia semirufa Meigen – Подъельники
Mycetophilidae
Mycomya festivalis Väisänen – Клименицы
M. flavicollis Zetterstedt – Подъельники
M. nigricornis Zetterstedt – Воробьи
M. pseudoapicalis Landrock – Клименицы
Leptomorphus subforcipatus A.Zaitzev & Ševčík – Воробьи
Sciophila hirta Meigen – Подъельники
Boletina nigrofusca Dziedzicki – Клименицы
Mycetophila alea Laffoon – Воробьи
M. attonsa Laffoon – о. Южный Олений
M. blanda Winnertz – Воробьи
M. confluens Dziedzicki – Воробьи
M. gibbula Edwards – о. Южный Олений
M. ocellus Walker – Клименицы
M. strigata Staeger – Воробьи
M. sublunata A.Zaitzev – Клименицы
M. subsigillata A.Zaitzev – о. Большой Леликовский
M. triangulata Dziedzicki – Воробьи
Phronia forcipula Winnertz – Клименицы
Ph. tenuis Winnertz – о. Южный Олений
Sceptonia fumipes Edwards – Воробьи
S. hamata Ševčík – о. Большой Леликовский
S. longisetosa Ševčík – Жарниково
S. membranacea Edwards – Клименицы
Trichonta hamata Mik – о. Южный Олений
Allodia alternans Zetterstedt – Клименицы
Allodiopsis domestica Meigen – Клименицы
A. gracai Ševčík & Papp – Клименицы
Notolopha cristata Staeger – Клименицы
Brevicornu parafennicum A.Zaitzev – Воробьи
Cordyla brevicornis Staeger – Воробьи, Клименицы
C. fissa Edwards – Воробьи
C. flaviceps Staeger – Воробьи
C. insons Laštovka et Matile – Воробьи
Exechia confinis Winnertz – о. Южный Олений
E. contaminata Winnertz – Клименицы
E. nigroscutellata Landrock – Клименицы
E. pectinivalva Stackelberg – Воробьи
E. pseudocincta Strobl – Клименицы
E. seriata Meigen – Клименицы
E. spinuligera Lundström – Воробьи
Exechiopsis praedita Plassmann – Оятевщина
Tarnania fenestralis Meigen – Клименицы
T. tarnanii Dziedzicki – Клименицы
Tabanidae
Chrysops divaricatus Loew – Подъельники
Ch. viduatus Fabricius – Подъельники
Asilidae
Neoitamus socius Loew – Подъельники
Bombyliidae
Anthrax anthrax Schrank – о. Кижи, Оятевщина
Scenopinidae
Scenopinus vitripennis Meigen – о. Кижи
Dolichopodidae
Dolichopus wahlbergi Zetterstedt – Оятевщина
Hercostomus nigrilamellatus Macq. – о. Шуневский
Syntormon bicolorellum Zetterstedt – Воробьи
Chrysotus neglectus Wiedemann – Воробьи
Empididae
Rhamphomyia galacoptera Strobl – о. Кижи
Empis borealis Linnaeus – о. Кижи, Клименицы
Hybotidae
Trichinomyia flavipes Meigen – Воробьи
Ocydromia glabricula Fallén – Подъельники
Platypalpus exilis Meigen – г. Медвежица
P. longicornis Meigen – Воробьи
P. nonstriatus Strobl – г. Медвежица
P. stigmatellus Zetterstedt – г. Медвежица
Tachypeza fuscipennis Fallén – Воробьи
Pipunculidae
Chalarus holosericeus Meigen – Подъельники
Dorylomorpha maculata Walker – Подъельники

Syrphidae
Paragus finitimus Goeldlin – о. Ламбазник
Platycheirus peltatus Meigen – о. Кижи
Melangyna umbellatarum Fabricius – Воробьи
Meligramma guttata Fallén – Клименицы
Meliscaeva cinctella Zetterstedt – Воробьи
Didea intermedia Loew – Кургеницы
Eupeodes latifasciatus Macquart – Клименицы
E. lundbecki Soot Ryen – Воробьи
Syrphus ribesii Linnaeus – Воробьи
S. torvus Osten-Sacken – Воробьи, о. Кижи
Sphaerophoria batava Goeldlin – Подъельники
Sph. taeniata Mg. – Воробьи, о. Кижи, Подъельники
Hammerschmidtia ferruginea Fallén – Клименицы
Pipiza noctiluca Linnaeus – о. Южный Олений
Orthonevra stackelbergi Th. & Torp – Клименицы
Chrysogaster virescens Loew – о. Орож-Яма
Cheilosia gigantea Zetterstedt – оз. Обозеро
Ch. mutabilis Fallén – о. Волкостров, Кургеницы, Подъельники
Ch. vulpina Meigen – о. Кижи, Клименицы
Volucella pellucens Linnaeus – Подъельники
Eristalis arbustorum Linnaeus – Воробьи
E. pseudorupium Kanervo – Воробьи
Myathropa florea Linnaeus – Подъельники
Anasimyia interpuncta Harris – о. Малый Леликовский
A. lineata Fabricius – Подъельники
Xylota abiens Meigen – Подъельники
X. florum Fabricius – Подъельники
X. segnis Linnaeus – Подъельники
X. tarda Meigen – Подъельники
Chalcosyrphus nemorum Fabricius – Подъельники
Ch. valgus Gmelin – Клименицы
Temnostoma angustistriatum Kriv. – Клименицы. Указан для Кижских шхер в работе [Полевой, 2008]
T. sericomyiaeforme Port. – о. Кижи, Кургеницы. Указан для Кижских шхер в работе [Полевой, 2008]
Anthomyiidae
Zaphne ambigua Fallén – Подъельники
Z. caudata Zetterstedt – Подъельники
Pegomya fulgens Meigen – Подъельники
P. incisiva Stein – Подъельники
P. pulchripes Loew – Подъельники
Heterostylodes pilifera Zetterstedt – Подъельники
Calliphoridae
Calliphora vomitoria Linnaeus – Подъельники
Lucilia bufonivora Moniez – Подъельники
Fanniidae
Fannia parva Stein – Воробьи
F. posticata Meigen – Подъельники
F. sociella Zetterstedt – Подъельники
Hippoboscidae
Ornithomya chloropus Bergroth – оз. Обозеро
Muscidae
Helina evecta Harris – Подъельники
Coenosia intermedia Fallén – Подъельники
C. mollicula Fallén – Подъельники
Thricops genarum Zetterstedt – Подъельники
T. lividiventris Zetterstedt – Подъельники
Muscina levida Harris – Подъельники
Stomoxys calcitrans Linnaeus – Подъельники
Sarcophagidae
Amobia oculata Zetterstedt – Подъельники
Metopia grandii Venturi – Подъельники
Sarcophaga albiceps Meigen – Подъельники
S. aratrix Pandellé – Клименицы
S. similis Meade – о. Кижи, Подъельники
S. subulata Pandellé – Подъельники
Scathophagidae
Nanna inermis Becker – Клименицы
Conisternum obscurum Fallén – Воробьи
Microprosopa pallidicauda Zetterstedt – оз. Копанец
Hydromyza livens Fabricius – Подъельники
Tachinidae
Bactromyia aurulenta Meigen – Подъельники
Exorista larvarum Linnaeus – Подъельники
Medina collaris Fallén – Подъельники
M. multispina Herting – Подъельники
M. separata Meigen – Подъельники
Actia pilipennis Fallén – Воробьи, Подъельники
Ceromya silacea Meigen – Подъельники
Tachina fera Linnaeus – Оятевщина
Nowickia marklini Zetterstedt – Зубово
Eurithia connivens Zetterstedt – Подъельники
Halidaya aurea Egger – Подъельники
Eriothrix rufomaculatus De Geer – Воробьи
Thelaira nigries Fabricius – Подъельники
Phasia aurulans Meigen – Воробьи
Ph. hemiptera Fabricius – Клименицы
Cylindromyia brassicaria Fabricius – Воробьи
Psilidae
Loxocera nigrifrons Macq. – о. Мяль. Ранее был ошибочно указан как *L. ichneumonea* L. [Полевой и др., 2005]
Pallopteridae
Palloptera trimacula Meigen – Подъельники
Tephritidae
Myoleja lucida Fallén – оз. Обозеро
Ulidiidae
Homalocephala angustata Wahlb. – Подъельники
H. biumbrata Wahlberg – Подъельники
Chamaemyiidae
Chamaemyia aestiva Tanasijtshuk – о. Ерницкий, о. Малый Леликовский
Lauxaniidae
Minettia helvola Becker – Подъельники
Meiosimyza mihalyii Papp – Воробьи
Sapromyza sexpunctata Meigen – Воробьи, Подъельники
Dryomyzidae
Dryomyza decrepita Zetterstedt – Воробьи, о. Ерницкий, г. Медвежица. Ранее был ошибочно указан как *D. flaveola* F. [Полевой и др., 2005]
Sciomyzidae
Colobaea distincta Meigen – о. Шуневский
Anticheta atriseta Loew – о. Шуневский
Tetanocera amurensis Hendel – оз. Обозеро
Tetanura pallidiventris Fallén – Клименицы, г. Медвежица
Opomyzidae
Anomalochaeta guttipennis Zett. – о. Шуневский
Opomyza punctella Fallén – Подъельники
Chloropidae
Cetema myopinum Loew – Оятевщина
Chlorops hypostigma Meigen – Оятевщина
Ch. ringens Loew – Воробьи
Ch. speciosa Meigen – о. Большой Климецкий, оз. Обозеро, Подъельники
Ch. troglodytes Zetterstedt – Воробьи, Подъельники

Heleomyzidae
Morpholeria ruficornis Meigen – о. Большой Леликовский
Suillia flava Meigen – Воробьи, Оятевщина
S. flavifrons Zett. – о. Большой Леликовский, Клименицы
S. parva Loew – Подъельники
Drosophilidae
Drosophila eskoi Lak. & Lank. – о. Южный Олений
D. littoralis Meigen – о. Южный Олений
D. testacea von Roser – о. Южный Олений
Lordiphosa hexasticha Papp – Подъельники
Ephydridae
Dichaeta caudata Fallén – Оятевщина
Notiphila aquatica Becker – оз. Обозеро

Исследования частично выполнены при поддержке РФФИ, грант № 11-06-00165-а.

Литература

Пилипенко В. Э. Новые данные о распространении комара-долгоножки *Tipula* (Savtshenkia) *confusa* (Diptera, Tipulidae) на северо-западе Российской Федерации // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. Биогеография. 2011. № 2. С. 140–141.

Полевой А. В. К фауне мух-журчалок рода *Temnostoma* (Diptera, Syrphidae) Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. 2008. Вып. 14. С. 92–96.

Полевой А. В., Хумала А. Э., Яковлев Е. Б. Итоги изучения энтомофауны Кижских шхер за десятилетний период (1994–2003) // 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижи». Итоги, проблемы, перспективы (Материалы науч.-практ. семинара). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. С. 101–119.

Полевой А. В., Козлов В. А., Кистерная М. В. Насекомые, вредящие деревянным постройкам на территории музея-заповедника «Кижи» // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. Б. 2008. Вып. 12. С. 127–133.

Яковлев Е. Б., Полевой А. В., Хумала А. Э. Энтомофауна заказника «Кижские шхеры». Острова Кижского архипелага. Биогеографическая характеристика // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. Б. Петрозаводск, 1999. С. 87–90.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Хумала Андрей Эдуардович
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: humala@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Humala, Andrey
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: humala@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Полевой Алексей Владимирович
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: alexei.polevoi@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Polevoi, Alexey
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: alexei.polevoi@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 146–151

ХРОНИКА

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ В XXI ВЕКЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ», ПОСВЯЩЕННАЯ 20-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВОДЛОЗЕРСКИЙ»

THE ALL-RUSSIA SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE WITH THE INTERNATIONAL PARTICIPATION «PROTECTED AREAS IN XXI CENTURY: MODERN STATE AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT» DEDICATED TO THE 20TH ANNIVERSARY OF VODLOZERO NATIONAL PARK

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием **«Особо охраняемые природные территории в XXI веке: современное состояние и перспективы развития»**, посвященная 20-летнему юбилею национального парка (НП) «Водлозерский», проходила в г. Петрозаводске с 1 по 3 июня 2011 г. Инициаторами и организаторами ее были национальный парк «Водлозерский» и Карельский научный центр РАН. В работе конференции приняли участие ученые Архангельского, Карельского и Кольского научных центров РАН и Карельского отделения ГосНИОРХ; преподаватели и аспиранты МГУ, СПбГУ, Петрозаводского, Поморского, Мордовского, Костромского, Нижегородского, Новгородского, Санкт-Петербургского инженерно-экономического, Московского областного университетов и Карельской педагогической академии; сотрудники заповедников «Уссурийский», «Брянский лес», «Кивач», «Пасвик», «Пинежский», НП «Валдайский», «Мещера», «Угра», «Водлозерский», «Лосинный остров», а также специалисты-экологи из Финляндии (Finnish Forest Research Institute, Finish Environment Institute, Metsahalitus) и Франции (Страсбургский университет). На конференции присутствовали руководители Управления федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Республике Карелия и Министерства по природопользованию и экологии Республики Карелия. Общее число участников превысило 130 человек.

В кратком вступительном слове председатель оргкомитета член-корреспондент РАН А. Ф. Титов поздравил сотрудников Водлозерского НП с юбилейной датой. Он дал высокую оценку их природоохранной деятельности, подчеркнул важную роль парка в сохранении природного разнообразия и историко-культурного наследия на Северо-Западе России, а также призвал укреплять научные контакты Карельского научного центра и Водлозерского парка, расширять тематику и географию совместных исследований. С поздравлениями в адрес национального парка «Водлозерский» также выступили представители министерств и ведомств, Законодательного собрания Республики Карелия. Выступающие отмечали то, что за 20-летний период НП «Водлозерский» как федеральное природоохранное учреждение стал одним из ведущих среди особо охраняемых

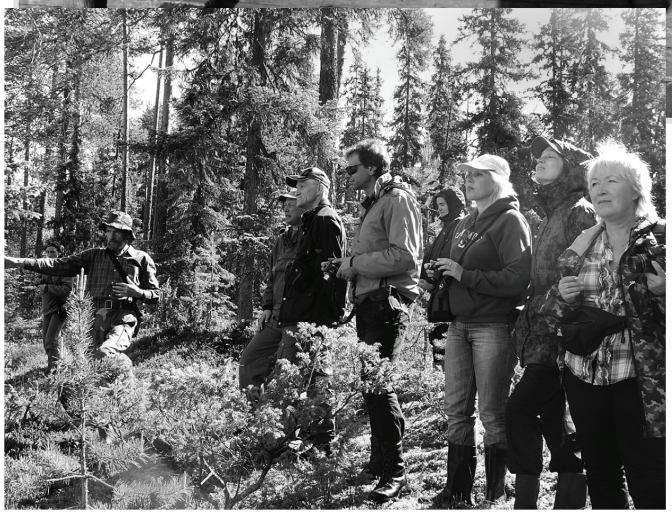



Гудым А.Ю., Антипин В.К.




2011 года.







природных территорий (ООПТ) на Северо-Западе РФ. Его разносторонняя деятельность хорошо известна не только в России, но и за рубежом.

В первый день работы конференции состоялись 5 пленарных докладов, посвященных достижениям и перспективам развития НП «Водлозерский» как биосферного резервата **(*А. Ю. Гудым*)**, его значению в сохранении биоразнообразия таежных экосистем Фенноскандии **(*А. Н. Громцев*)**, особенностям структуры и динамики коренных лесов парка **(*В. А. Ананьев*)**. Большой интерес у слушателей вызвали доклады по вопросам развития межрегиональной системы ООПТ на Европейском Севере Европы и важную значимость в этом процессе «зеленых поясов» **(*А. М. Крышень*)**. ***А. Н. Давыдов*** рассказал о значимости «Делосской инициативы» МСОП в международном сотрудничестве по охране природного и культурного наследия.

Выступавшие отметили существенные качественные изменения в ситуации с ООПТ в России в целом и на Европейском Севере в частности. Обострение экологических проблем, с одной стороны, и необходимость экономического развития регионов – с другой, делают проблему развития сети ООПТ чрезвычайно острой и актуальной. Неслучайно тема охраны природы неоднократно обсуждалась в последние годы на нескольких крупных научных конференциях в Петрозаводске, Архангельске, Сыктывкаре. Всестороннее рассмотрение учеными и специалистами современного состояния сети ООПТ в нашей стране, перспектив их дальнейшего развития и сотрудничества на международном и межрегиональном уровнях было одной из главных задач конференции.

Затем состоялись секционные заседания по проблемам региональных сетей ООПТ, изучения и сохранения абиотических природных объектов и проблемам сохранения редких видов на ООПТ. Всего было заслушано 19 докладов об итогах многолетних исследований ландшафтной структуры, геологического строения, климата, водных экосистем. Особое внимание уделялось вопросам охраны редких видов растений и животных на территориях ряда ООПТ России.

Второй день работы конференции был посвящен вопросам развития туристско-рекреационной деятельности ООПТ России, проблемам организации мониторинга динамики естественных и нарушенных экосистем. Было заслушано 9 пленарных докладов, в которых рассматривались вопросы развития экологического туризма в Карелии **(*В. В. Громов*)** и на ООПТ России **(*Г. Н. Харитонова*)**, эколого-просветительской деятельности российских заповедников и национальных парков **(*В. Н. Бисикалова*)**, организации экологического мониторинга на ООПТ **(*О. Я. Глибко*)**. Также на пленарном заседании были заслушаны и высоко оценены доклады о значимости заказников регионального значения в сохранении биоразнообразия **(*Н. В. Бурова*)**, роли Ассоциации заповедников и национальных парков Северо-Запада России и межрегиональном и международном сотрудничестве **(*О. А. Макарова*)**, об особенности создания и развития ООПТ в Норвегии **(*Л. В. Иванова*)**. Актуальными для участников конференции явились доклады о роли Беломорско-Онежского зеленого пояса в сохранении флоры региона **(*А. В. Кравченко*)** и значении ООПТ приграничной полосы Карелии в сохранении разнообразия лихенобиоты **(*М. А. Фадеева*)**.

На секционных заседаниях были заслушаны и обсуждены 22 доклада по проблемам развития туризма, методам исследования разнообразия и экологии видов, итогам изучения разнообразия и экологии наземных и водных сообществ, динамики растительного покрова естественных и нарушенных экосистем на ряде ООПТ России.

Третий, заключительный день работы конференции был посвящен главным образом проблемам изучения и сохранения историко-культурного наследия на ООПТ, формам и методам организации экологического просвещения в национальных парках, вопросам социального и экономического развития охраняемых территорий. В 5 пленарных докладах были изложены проблемы партнерства, власти, бизнеса и общества **(*А. И. Шишкин*)**, межтерриториального и межведомственного сотрудничества **(*Т. В. Сачук*)** в устойчивом развитии ООПТ, показана важная роль охраняемых территорий в сохранении культурно-исторических ландшафтов **(*Н. Г. Дмитрук*)** и памятников культурного наследия **(*О. О. Лихачева*)**. Большой интерес у слушателей также вызвал доклад о традиции формирования памяти семьи на примере водлозеров **(*Е. Ю. Дубровская*)**.

На секционных заседаниях были заслушаны 11 докладов по проблеме сохранения видового разнообразия на ООПТ, итогам инвентаризации флоры и фауны на территориях ООПТ Карелии, Вологодской и Архангельской области; 4 доклада, посвященные вопросам развития экологического образования в национальных парках. Большой интерес у слушателей вызвали 7 докладов сотрудников Водлозерского парка и Карельского научного центра, в которых рассмотрены уникальные особенности историко-культурного наследия Водлозерья.

В рамках культурной программы участники конференции познакомились с г. Петрозаводском, Карельским научным центром, визит-центром Водлозерского парка, Национальным музеем Республики Карелия. Они побывали на о. Кижи, водопаде «Кавач». Для иногородних участников конференции было организовано восьмидневное путешествие на территорию НП «Водлозерский».

Итогом конференции стала единогласно принятая резолюция.

РЕЗОЛЮЦИЯ
Всероссийской научно-практической конференции «Особо охраняемые природные территории в XXI веке: современное состояние и перспективы развития»

Петрозаводск, 1–3 июня 2011 г.

1–3 июня 2011 г. в Петрозаводске состоялась научно-практическая конференция «Особо охраняемые природные территории в XXI веке: современное состояние и перспективы развития», посвященная 20-летию национального парка «Водлозерский». Конференция была организована национальным парком «Водлозерский», Карельским научным центром РАН (КарНЦ РАН), Министерством по природопользованию и экологии Республики Карелия при участии Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Финляндско-российской рабочей группы по охране природы, а также ряда других организаций Республики Карелия (РК) и Архангельской области.

Конференция явилась продолжением ряда научных мероприятий, посвященных созданию системы ООПТ на Европейском Севере, среди которых Международный семинар «Зеленый пояс Фенноскандии» (Петрозаводск, июнь 2008 г.), Международный симпозиум «Экология арктических и приарктических территорий» (Архангельск, июнь 2010 г.), V Международный симпозиум «Динамика популяций охотничьих животных Северной Европы» (г. Кемь, сентябрь 2010 г.), 20 years anniversary symposium of the Finnish-Russian Friendship Nature Reserve and the 4th Pan European Green Belt Conference (Kuhmo, Finland, October, 2010 г.), научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых территорий Европейского Севера и Урала» (Сыктывкар, ноябрь 2010 г.).

В работе конференции приняли участие более 130 специалистов из 36 организаций, в том числе учреждений РАН – 52, вузов – 26, заповедников и национальных парков – 26, иностранных научных организаций – 5, а также представители общественных природоохранных организаций и работники министерств и ведомств Республики Карелия и соседних областей.

География представленных на конференцию материалов представляет всю территорию России: от национального парка «Куршская коса» (Калининградская обл.) на западе до Уссурийского природного заповедника (Приморский край) на востоке; от национального парка «Алания» (Республика Северная Осетия – Алания) на юге до заповедника «Пасвик» (Мурманская обл.) на севере.

На конференции было заслушано 18 пленарных докладов, посвященных различным проблемам развития системы и деятельности ООПТ. Основная работа конференции проходила в рамках 8 секций, на которых было заслушано и обсуждено 68 докладов:

- Проблемы региональных сетей ООПТ (6 докладов)
- Проблемы изучения и сохранения абиотических природных объектов (10 докладов)
- Проблемы сохранения видового разнообразия на ООПТ (12 докладов)
- Проблемы сохранения редких видов на ООПТ (4 доклада)
- Разнообразие и экология наземных и водных сообществ (11 докладов)
- Методы исследования разнообразия и экологии видов (5 докладов)
- Проблемы развития туризма (4 доклада)
- Проблемы изучения и сохранения историко-культурных объектов на ООПТ (13 докладов).

В рамках конференции состоялся круглый стол «Управление ООПТ регионального значения на Северо-Западе России», организованный Министерством по природопользованию и экологии РК.

По материалам конференции издан сборник, включающий более 100 научных статей, авторами

которых являются ученые и преподаватели из 18 академических институтов и более 20 вузов, 14 заповедников и 10 национальных парков России, а также вузов, институтов и ведомств Норвегии, Финляндии и Швеции. Исходя из тематики, все статьи сборника сгруппированы в четыре раздела: 1. Общие проблемы развития сети ООПТ; 2. Биоразнообразие: условия формирования, методы и результаты исследований; 3. Изучение и сохранение культурного наследия. Экологическое просвещение и развитие туризма на ООПТ; 4. История и культура Водлозерья.

Участники конференции, заслушав и обсудив доклады и выступления о состоянии и перспективах развития ООПТ в России, сохранении природного и культурного наследия, методах выявления ценных природных объектов и комплексов на ООПТ, о социально-экономических проблемах развития конкретных территорий, приняли РЕШЕНИЕ:

1. Отметить, что в течение 20 лет своего существования НП «Водлозерский» успешно осуществлял охрану природы, культурного наследия в сочетании с развитием туризма и эколого-просветительской деятельностью. НП «Водлозерский» занимает особое положение в системе ООПТ Европейского Севера, являясь опорной ООПТ в экологическом каркасе Северо-Запада РФ в целом, а также биогеографического русла – «северотаежного коридора», надежно обеспечивающего связь Фенноскандии с остальной частью Евразии.

2. Обратить особое внимание на необходимость преодоления современной разобщенности региональных сетей ООПТ и создание единых межрегиональных систем ООПТ, постепенно формирующих одну общенациональную. Особое внимание уделять сохранению и приданию определенного охранного статуса основным связующим элементам этих систем – «зеленым поясам», биогеографическим и экологическим коридорам.

3. Подчеркнуть, что создаваемые системы ООПТ являются единым эколого-экономическим пространством, где цель сохранения природы должна учитывать исторические и культурные особенности населяющих территорию народов и сочетаться с интересами экономического развития соответствующих районов и поселений.

4. Поддержать деятельность Карельского и Кольского научных центров РАН, Архангельского и Коми научных центров УрО РАН, а также Вологодского педагогического и Санкт-Петербургского государственного университетов, направленную на усиление координации деятельности научных и научно-образовательных учреждений в разработке научно-методической основы формирования единой межрегиональной системы ООПТ на Европейском Севере.

5. Отметить, что на современном этапе развития сетей ООПТ существенно возрастает роль нормативно-правовой базы, которая требует доработки, особенно в части управления региональными ООПТ. Указать на необходимость внесения изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях и Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях», направленных на ужесточение норм охраны природы на ООПТ и наделение работников учреждений, осуществляющих управление ООПТ регионального и местного значений, реальными полномочиями по охране территорий ООПТ.

6. Отметить необходимость усиления региональных дирекций по управлению ООПТ и активизации их работы. Подчеркнуть актуальность и целесообразность скорейшего создания дирекций по управлению ООПТ в Республике Карелия и других субъектах Российской Федерации, где они еще не созданы.

7. Отметить высокий уровень проводимых в заповедниках и национальных парках научных исследований, а также необходимость их проведения и на ООПТ регионального подчинения. Важным является развитие общедоступных WEB-ресурсов и баз данных о природном и культурном наследии ООПТ с возможностью удаленного доступа.

8. Считать, что выделение особо ценных природных объектов и разработка мероприятий по их охране должны опираться на экспертную оценку, указать на недопустимость ее подмены «универсальными» формализованными методами и процедурами, в том числе использования ГИС без соответствующих натурных наземных исследований.

9. Считать недопустимым организацию и развитие массового туризма на территориях государственных заповедников.

10. Отметить необходимость разработки единой концепции эколого-просветительской деятельности на ООПТ и включения ее в общеобразовательный стандарт.

11. Считать необходимым ускорение организации национальных парков «Ладожские шхеры» в Республике Карелия, «Онежское Поморье» в Архангельской области, «Хибины» в Мурманской области, так как уникальные природные комплексы этих северных территорий находятся под угрозой уничтожения и требуют

особого внимания со стороны Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

12. Выразить благодарность сотрудникам национального парка «Водлозерский», Карельского научного центра РАН и институтов КарНЦ РАН, Министерства по природопользованию и экологии РК и других организаций за подготовку и проведение конференции.

13. Обратиться к руководству Северного (Арктического) федерального университета с предложением о проведении следующей конференции, посвященной проблемам развития региональных ООПТ и формирования единой межрегиональной системы ООПТ, в 2013 г. в г. Архангельске.

В. К. Антипин, А. М. Крышень

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 152–157

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ВЛАДИМИР БОРИСОВИЧ ЗИМИН
(к 75-летию со дня рождения)



Владимир Борисович Зимин, ведущий орнитолог Карелии, профессор, доктор биологических наук, родился 16 марта 1937 г. в г. Ленинграде. Он был одним из немногих детей, уцелевших во время войны в блокадном городе. Интерес к птицам у него появился еще в школьные годы. Свои первые исследования начинал в кружке юных зоологов при Ленинградском зоопарке и некоторое время был председателем этого кружка. После была учеба на биолого-почвенном факультете Ленинградского государственного университета, первые студенческие экспедиции на Белое море и знакомство с Карелией. В школьные и студенческие годы В. Б. Зимин познакомился с будущими ведущими орнитологами страны В. В. Бианки, Г. А. Носковым, В. Р. Дольником, В. А. Паевским и другими, и до сих пор поддерживает с ними теплые дружеские отношения. Большое влияние на формирование его научного мировоззрения оказал талантливый орнитолог и замечательный педагог, профессор Алексей Сергеевич Мальчевский, ставший руководителем его кандидатской диссертации.

В Карелию Владимир Борисович приехал сразу после окончания университета: 31 августа 1959 г. поступил на работу в заповедник «Кивач», относившийся тогда к Карельскому филиалу АН СССР. В заповеднике проработал до 1967 г., затем перешел в Институт леса, а в 1970 г. – в лабораторию зоологии Института биологии КФ АН СССР, где и трудится до настоящего времени. Менялись должности, названия организации, но не менялась его верность орнитологии, и не угасал интерес к исследованиям птиц. По широте кругозора и области научных интересов он относится к редкой в наше время категории ученых-энциклопедистов, а по отношению к работе его можно назвать хроническим трудоголиком. Своей поразительной трудоспособностью он подавал и подает пример истинного и бескорыстного служения науке. У нас, его учеников и коллег, сложилось впечатление, что работает он почти круглые сутки. Во время экспедиционных работ от рассвета до заката был на ногах, а вечером, при свете ночника еще долгое время что-то записывал в свои тетради... Большой творческий потенциал, многосторонние интересы, любовь к науке, трудолюбие и творческий подход к делу принесли свои плоды, и теперь Владимир Борисович – высококвалифицированный специалист-орнитолог, пользующийся заслуженным уважением в широких кругах как отечественных, так и зарубежных ученых.

Круг его научных интересов широк и многообразен: он является известным специалистом в различных направлениях популяционной биологии и экологии: биоценологии, изучения

годовых циклов и миграций, управления численностью и размещением птиц, природопользования и охраны природы. В области орнитологии он разработал ряд научных гипотез, в том числе по вариабельности величины кладки и сроков размножения, возникновению полициклического размножения и полигинии, путям преодоления дефицита времени в годовом цикле птиц, обитающих на северном пределе распространения. Применение методов популяционной экологии при фаунистических исследованиях позволило ему создать оригинальную теорию формирования границ ареалов у птиц, разработать метод ранней диагностики неблагополучия вида на основе мониторинга периферийных популяций. Детальное изучение требований разных видов к среде обитания положено в основу его разработок по привлечению, управлению численностью и охране птиц.

По материалам исследований В. Б. Зиминым опубликовано более 250 научных работ в различных отечественных и международных изданиях, в том числе 12 монографий. Он является автором более 100 оригинальных методов привлечения, отлова, прижизненного изучения и мечения птиц. На 17 из них получены авторские свидетельства об изобретении.

В. Б. Зимин заложил основы развития популяционной экологии птиц в Карелии, собрал и возглавил группу орнитологов в лаборатории зоологии ИБ Карельского НЦ РАН. За долгие годы работы создал свою научную школу, воспитав целое поколение орнитологов и специалистов-биологов. Под его руководством защищено 7 кандидатских диссертаций, а при защите двух докторских он выступал научным консультантом. Он всегда щедро делился идеями и охотно приходил на помощь коллегам при решении трудных задач. Многие идеи и гипотезы В. Б. Зимина получили дальнейшее развитие в работах его учеников и соратников.

Научную деятельность В. Б. Зимин успешно сочетает с педагогической. Более 10 лет читал курс лекций «Орнитология» в Петрозаводском государственном университете. Он практически ежегодно руководит курсовыми и дипломными работами студентов местных и иногородних вузов. В 1991 г. под его руководством проходила практика студентов Высшей экологической школы Парижа.

В течение многих лет он руководит многочисленными научными проектами и грантами, регулярно выступает с докладами на различных российских и международных научных конференциях по проблемам экологии и орнитологии. В. Б. Зимин активно сотрудничает с иностранными специалистами, участвует в совместных проектах по изучению экологии и миграций многих видов птиц. Долгое время он был постоянным членом Прибалтийской орнитологической комиссии по изучению миграций птиц (1960–1990 гг.). Входит в состав международной Рабочей группы по гусям и лебедям, международных Рабочих групп по пискульке и изучению миграций арктических птиц, является ответственным редактором ряда монографий и сборников, членом редколлегии журнала «Avian Ecology and Behavior», часто рецензирует орнитологические статьи в «Зоологическом журнале».

В. Б. Зимин активно участвует в работе по охране птиц, в разработке сети охраняемых природных территорий на Северо-Западе России и теоретическом обосновании их организации. Он автор или соавтор многих очерков в Красных книгах Республики Карелия [2007] и Восточной Фенноскандии [Red Data Book of East Fennoskandia, 1998]. Большое внимание уделяет экологическому просвещению населения и является автором или соавтором ряда научно-популярных изданий: Птицы в нашей жизни [1990], Лесоведение и охрана природы [1983], Книга юного лесовода [2006], Энциклопедия Карелии [2007–2011] и др., активно пропагандирует идеи охраны природы в местных и российских СМИ.

Во время работы проявились и его незаурядные организаторские способности, чему в немалой степени способствовали умение легко находить контакты с людьми, природная скромность и простота в общении, инициатива и энтузиазм в новых начинаниях. В 1968 г. В. Б. Зимин вместе с коллегами из Ленинградского университета и Зоологического Института АН СССР Г. А. Носковым и Т. И. Блюменталь организовал Ладожский орнитологический стационар для изучения миграций птиц на основе массового отлова и мечения. Теперь это всемирно известная Ладожская орнитологическая станция Санкт-Петербургского госуниверситета, отметившая в 2008 г. свое 40-летие.

В 1968 г. в Прионежье совместно с сотрудником Института леса И. А. Кузьминым он основал Шокшинский стационар Карельского филиала АН СССР, где до 1978 г. велось комплексное изучение влияния гербицидов на природные экосистемы. Для проведения популяционно-экологических исследований в 1979 г. он вместе с коллегами основал на побережье Ладожского озера орнитологический стационар Института биологии Карельского НЦ РАН – Маячино. Мониторинговые исследования птиц на нем ведутся до настоящего времени.

За заслуги в области науки в разные годы ему были присвоены почетные звания: Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, Заслуженный деятель науки Карельской АССР. В настоящее время Владимир Борисович продолжает работу в ИБ Карельского НЦ РАН в должности главного научного сотрудника. Он полон творческих планов и продолжает активную научную деятельность. Недавно издал свою очередную монографию и заканчивает работу над новой рукописью. Поздравляя Владимира Борисовича с юбилеем, хочется пожелать ему здоровья, долголетия, дальнейших творческих успехов и воплощения всех намеченных планов!

А. В. Артемьев

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ В. Б. ЗИМИНА

1960. Материалы по биологии размножения щура и свиристеля // Труды Кандалакшского гос. заповедника. Мурманск. Вып. 3. С. 107–112.

1961. Осенний пролет птиц в средней Карелии // Экология и миграции птиц Прибалтики. Рига. С. 189–198. (Совместно с Э. В. Ивантером, В. И. Марковым.)

1965. Пролет птиц на восточном берегу Ладожского озера осенью 1962 г. // Сообщ. Прибалт. комис. по изуч. миграций птиц. Тарту. № 3. С. 28–50.

1966. О гнездовании лесной завирушки (*Prunella modularis* L.) в Карелии // Учен. зап. Карельского пед. ин-та. Петрозаводск. Т. 19. С. 96–100.

О возможностях привлечения открыто гнездящихся птиц // Материалы шестой Прибалт. орнитол. конф. Вильнюс. С. 72–74.

Опыт привлечения дуплогнездников в таежные леса Карелии // Там же. С. 69–71.

Попытка применения стационарной ловушки для отлова птиц во время миграций // Там же. С. 74–75.

Широтные географические различия в особенностях размножения и линьки у трех видов воробьиных птиц в Прибалтике // Там же. С. 15–17. (Совместно с Т. И. Блюменталь.)

1968. Особенности размещения гнезд дуплогнездников в лесах заповедника «Кивач» // Вопросы экологии животных. Петрозаводск. С. 104–109.

1969. Значение фаутности древостоя для гнездования птиц // Тр. заповедника «Кивач». Петрозаводск. Вып. 1. С. 103–114.

Фаунистический обзор наземных позвоночных заповедника «Кивач» // Там же. С. 22–64. (Совместно с Э. В. Ивантером.)

1971. К вопросу о влиянии гербицидов на полезную фауну // Удобрения и гербициды в лесном хозяйстве Европейского Севера. Л. С. 92–97.

1972. Экология размножения мухоловки-пеструшки в южной Карелии // Экология. № 5. С. 23–29.

Особенности гнездования обыкновенного крапивника (*Troglodytes troglodytes* L.) в Карелии // Зоол. журн. Т. 51. Вып. 5. С. 770–772.

1973. Итоги работ по привлечению птиц-дуплогнездников // Тр. Гос. заповедника «Кивач». Петрозаводск. Вып. 2. С. 40–63.

Осенние миграции птиц заповедника «Кивач» // Там же. С. 64–125.

1974. Особенности гнездостроения открыто гнездящихся дендрофильных птиц южной Карелии // Вопросы экологии животных. Петрозаводск. С. 7–32.

Значение способа создания культур сосны для гнездования птиц // Там же. С. 33–35. (Совместно с Н. П. Атрощенко.)

О влиянии способов рубки леса на охотничьих животных // Там же. С. 180–184. (Совместно с П. И. Даниловым, М. Д. Некрасовым.)

Привлечение птиц-дуплогнездников в молодняки с культурами сосны // Там же. С. 185–187. (Совместно с В. Г. Анненковым, Н. В. Лапшиным.)

Птицы. Петрозаводск. 256 с. (Совместно с Э. В. Ивантером).

1975. Общая характеристика миграций птиц в Карельской АССР // Материалы Всесоюзн. конф. по миграциям птиц. М. Т. 2. С. 21–23.

Носков Г. А., Зимин В. Б., Резвый С. П. Миграции птиц на Ладожском озере // Сообщ. Прибалт. орнитол. комис. по изучению миграций птиц. Таллинн. № 8. С. 3–50. (Совместно с Г. А. Носковым, С. П. Резвым.)

1976. Орнитофауна хвойно-лиственных молодняков южной Карелии // Экология птиц и млекопитающих Северо-Запада СССР. Петрозаводск. С. 7–15.

О привлечении открыто гнездящихся птиц // Там же. С. 15–28.

Влияние различных способов осветления лиственно-хвойных молодняков на орнитофауну // Воздействие 2,4-Д на биогеоценозы лиственно-сосновых молодняков. Петрозаводск. С. 138–147. (Совместно с Н. В. Лапшиным, В. Г. Анненковым.)

Влияние обработки лиственно-хвойных молодняков арборицидами на успешность гнез-

дования птиц // Там же. С. 148–159. (Совместно с Н. В. Лапшиным, В. Г. Анненковым.)

Результаты отлова и мечения птиц в гнездовой период // Материалы девятой Прибалт. орнитол. конф. Вильнюс. С. 96–102. (Совместно с Н. В. Лапшиным.)

1977. Фаунистический обзор наземных позвоночных // Биологические ресурсы района Костомукши, пути освоения и охраны. Петрозаводск. С. 109–127. (Совместно с П. И. Даниловым, Т. В. Ивантер и др.)

1978. Материалы по гнездованию большой синицы (*Parus major* L.) в Карелии // Фауна и экология млекопитающих и птиц таежного Северо-Запада СССР. Петрозаводск. С. 17–31.

Материалы по численности тетеревиных птиц Карелии // Там же. С. 54–67. (Совместно с П. И. Даниловым, Э. В. Ивантером и др.)

Биология размножения садовой славки в Карелии // Там же. С. 5–16. (Совместно с Н. В. Лапшиным, Т. Ю. Хохловой.)

1980. Экологические последствия применения гербицидов в лесном хозяйстве. Л.: Наука. 175 с. (Совместно с И. А. Кузьминым.)

1981. Возрастная и сезонная изменчивость размеров у некоторых воробьиных птиц // Экология птиц Приладожья. Л. (Тр. Биол. НИИ ЛГУ, № 32). С. 151–161.

Птицы Ладожского орнитологического стационара и его окрестностей // Там же. С. 3–86. (Совместно с Г. А. Носковым, С. П. Резвым и др.)

О методах отлова открыто гнездящихся дендрофильных птиц // Экология наземных позвоночных Северо-Запада СССР. Петрозаводск. С. 32–37. (Совместно с А. В. Артемьевым.)

К экологии обыкновенной чечевицы (*Carpodacus erythrinus Pall*) в Карелии // Там же. С. 13–31.

Pohjois-Euroopan merikotkat: Karjalan ASNT:n ja Muurmannin alueen merikotkatilanteen kehitys vuoteen 1980 // Ornis Karelica. 7 (2). P. 35–54. (Совместно с J. Koivusaari, I. Nuuja, R. Palokangas.)

1983. Некоторые приемы, облегчающие поиск гнезд лесных наземногнездящихся птиц // Фауна и экология птиц и млекопитающих Северо-Запада СССР. Петрозаводск. С. 5–11.

Сроки и динамика сезонных явлений годового цикла у дрозда-белобровика в Карелии // Там же. С.11–29. (Совместно с Т. Ю. Хохловой, Л. С. Захаровой.)

Формирование орнитофауны хвойно-лиственных молодняков при разных способах осветления культур // Состояние лесных биогеоценозов после обработки 2, 4-Д. Петрозаводск. С. 52–68.

1984. Расширение ареала обыкновенного скворца на севере европейской части СССР // Научные основы охраны и рационального использования птиц. Работы Центральной орнитологической станции. М. № 6. С. 158–169. (Совместно с А. Д. Поляковой, В. В. Бианки и др.)

1985. Птицы. Красная книга Карелии. Петрозаводск. 157 с.

1986. Территориальное поведение зарянок в послегнездовой период (по наблюдениям в юго-восточном Приладожье) // Экология позвоночных Северо-Запада СССР. Петрозаводск. С. 5–20. (Совместно с А. В. Артемьевым.)

1988. Экология воробьиных птиц Северо-Запада СССР. Л. 184 с.

Случаи полигинии у зарянки (*Erithacus rubecula* L.) в Карелии // Фауна и экология наземных позвоночных. Петрозаводск. С. 23–28.

О гнездовании зарянки (*Erithacus rubecula* L.) в искусственных укрытиях // Там же. С. 29–36.

Метод ранней диагностики неблагополучия вида в ареале. Петрозаводск. 3 с.

Адаптивные особенности годовых циклов птиц, обитающих у северных границ ареала // Изучение и охрана птиц в экосистемах Севера. Владивосток. С. 60–67. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным, Т. Ю. Хохловой.)

1990. Птицы в нашей жизни. Петрозаводск. 169 с.

1993. Орнитофауна Карелии. Петрозаводск. 219 с. (Совместно с С. В. Сазоновым, Н. В. Лапшиным и др.)

1994. Кольцевание птиц в Карелии // Территориальное поведение птиц. Петрозаводск. С. 6–37. (Совместно с Н. В. Лапшиным.)

Формирование местного населения зарянки *Erithacus rubecula* L. в Приладожье. Часть I. Связь с территорией у птенцов местных птиц // Территориальное поведение птиц. Петрозаводск. С. 37–91.

1997. Птицы, наблюдавшиеся весной 1996 г. на полях Олонецкой равнины Карелии // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 6 (8). С. 13–16. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым.)

Луговой лунь *Circus pygargus* – новый вид орнитофауны Республики Карелия // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 6 (18). С. 3–5. (Совместно с Э. Ламми, И. Хейсканен и др.)

Степной лунь *Circus macrourus* в Карелии // Русский орнитол. журнал. Экспресс- выпуск. 6 (19). С. 20–22. (Совместно с Э. Ламми, И. Хейсканен и др.)

History and results bird ringing in Republic Karelia (Russia) // Ring. 19. P. 193–196. (Совместно с N. V. Lapshin.)

Водно-болотные угодья Олонецких полей // Матер. первого семинара по программе «Изучение состояния популяций мигрирующих птиц и тенденции их изменений в России» (СПб., 25–29.01.1997). М.; СПб. С. 20–32. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным.)

Birds of Kostomuksha // Ecosystems, fauna and flora of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship. Helsinki. P. 157–186. (Совместно с S. V. Sazonov.)

1998. О гнездовании зеленой пеночки *Phylloscopus trochiloides* в искусственных укрытиях // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 7 (38). С. 3–9.

Орнитофауна охраняемых и перспективных для охраны приграничных территорий Республики Карелия // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия. Петрозаводск. С. 116–131. (Совместно с С. В. Сазоновым, А. В. Артемьевым и др.)

Изменчивость полноты постювенальной линьки и оценка возможностей ее использования в качестве популяционного маркера у зарянки (*Erithacus rubecula* L.) в Приладожье // Фауна и экология наземных позвоночных Республики Карелия. Петрозаводск. С. 5–31.

Арктические и субарктические птицы в Карелии // Там же. С. 58–74.

Большой пестрый дятел (*Dendrocopus major* L.) как разоритель гнезд птиц-дуплогнездников в таежных лесах Карелии // Там же. С. 74–86. (Совместно с А. В. Артемьевым.)

Орнитологические экскурсии по Белому морю // Там же. С. 171–179. (Совместно с Э. Ламми, И. Хейсканен.)

Надежный и простой способ устройства искусственного гнездового укрытия для лесной завирушки // Там же. С. 180–182.

Простейший способ маскировки искусственных укрытий на подросте ели // Там же. С. 183–184.

Отчет о весенних учетах на Олонецких полях в 1997 г. // Матер. второго семинара по программе «Изучение состояния популяций мигрирующих птиц и тенденции их изменений в России». М. С. 36–46. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым.)

1999. О необходимости организации охраны весенних скоплений водно-болотных птиц на Севере России, их международное значение и современное состояние // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 8 (63). С. 17–20.

2001. Особенности распространения птиц таежного Северо-Запада России, реальная и ложная экспансия (по данным кольцевания и контролем за составом меченого населения) // Труды Карельского НЦ РАН. Биогеография Карелии. Сер. Б. Вып. 2. Петрозаводск. С. 87–92.

Изменение фауны и динамика ареалов наземных позвоночных животных на Европейском Севере России // Там же. С. 82–86. (Совместно с П. И. Даниловым, Э. В. Ивантером.)

Новые и редкие виды птиц в составе орнитофауны Водлозерского национального парка // Водлозерский национального парк: Природное разнообразие и культурное наследие. Петрозаводск. С. 194–210. (Совместно с С. В. Сазоновым, Й. Хенгмандер и др.)

Однодневная экскурсия в птичье Эльдорадо Карелии. СПб. 16 с.

Результаты кольцевания птиц в Карелии // Кольцевание и мечение птиц в России и сопредельных государствах 1988–1999 гг. М. С. 73–116. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым, Т. Ю. Хохловой.)

The early diagnostics of bird species troubles // Proceedings of the XIII International symposium on bioindicators Syktyvkar, Komi Republic, Russia 17–21 September, 2001. Syktyvkar. P. 57–67.

Comparative characteristics of bird concentrations in the Olonets fields in the springs of 1997 and 1998 // Study of the Status and Trends of Migratory Bird populations in Russia (Third issue). St. Pb. P. 7–18. (Совместно с A. V. Artemjev, N. V. Lapshin.)

Zimin V. B., Artemjev A. V., Lapshin N. V. Study of geese aggregations and spring bird migration in the Olonets fields in 1999 // Ibid. P. 19–31.

2002. Distribution of birds in the taiga zone of north-western Russia: a review of current data // Avian Ecology and Behaviour. V. 8. P. 79–105.

Survey of spring bird migrations and stopovers in the Olonets fields in Karelia // Study of the Status and Trends of Migratory Bird populations in Russia (Fourth issue). St. Pb. P. 18–28. (Совместно с A. V. Artemjev, N. V. Lapshin.)

2003. Body mass variability in juvenile Robins Erithacus rubecula in the Ladoga area // Avian Ecology and Behaviour. V. 10. P. 1–31.

Обзор орнитологических исследований на территории Карелии // Наземные и водные экосистемы Северной Европы: управление и охрана: Материалы Междунар. конф., посвящ. 50-летию Института биологии Карельского НЦ РАН. Петрозаводск. С. 55–60. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным, Т. Ю. Хохловой.)

Некоторые новые и интересные данные по птицам НП «Паанаярви». Природа национального парка «Паанаярви» // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. «Биология». Вып. 3. С. 80–85.

Changes in the fauna and distribution dynamics of terrestrial vertebrates in the European North of Russia // Biodiversety and coservation of boreal Nature. Proc. of the X years anniversary symposium of Nature Reserve Friendship. Finland, Vantaa. P. 175–181. (Совместно с P. Danilov, E. Ivanter.)

2005. Материалы по совам (Strigiformes) Республики Карелия // Совы Северной Евразии. М. С. 46–57. (Совместно с Т. Ю. Хохловой, М. В. Яковлевой и др.)

2006. Управление численностью и размещением гусей и казарок на Олонецких стоянках (Республика Карелия, Россия) во время весенней миграции // Междунар. симпозиум «Динамика популяций охотничьих животных северной Европы». Петрозаводск. С. 134–136. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным.)

Spring migration of the *Falconiformes* fauna in the south of Russian Karelia // Status of raptor populations in eastern Fennoskandia. Procedings of the Workshop, Kostomuksha, Karelia, Russia November 8–10, 2005. Petrozavodsk. P. 91–96. (Совместно с N. V. Lapshin, A. V. Artemiev.)

A review of diurnal raptor spesies breeding in Karelia // Ibid. P.168–184. (Совместно с S. V. Sazonov, N. V. Lapshin et al.)

2007. Олонецкие весенние скопления птиц. Общая характеристика. Гуси. М.: Наука. 299 с. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным, А. Р. Тюлиным.)

Красная книга Республики Карелия / Ред. Э. В. Ивантер, О. Л. Кузнецов. Петрозаводск: Карелия. 368 с. (Совместно с А. В. Артемьевым, Л. В. Ветчинниковой и др.)

2008. Весенняя орнитофауна агроценозов Олонецкой равнины // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 14. Биогеография. С. 49–62. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым.)

2009. Зарянка на севере ареала. Том 1. Распространение. Численность. Размножение. Петрозаводск. 443 с.

Новый список птиц Красной книги Республики Карелия // Труды Карельского НЦ РАН. № 1. Сер. Б. Вып. 8. Петрозаводск. С. 75–80. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным и др.)

Особенности динамики весенних скоплений гусеобразных птиц *Anseriformes* на Олонецких полях Республики Карелия в 2009 г. // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 18 (522). С. 1891–1899. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным и др.)

2010. Весенняя орнитофауна агроценозов окрестностей пос. Шуя // Изучение динамики популяций мигрирующих птиц и тенденций их изменений на Северо-Западе России. СПб. Вып. 8. С. 10–17. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным и др.)

Особенности многолетней динамики численности гусей рода Anser на весенних стоянках в окрестностях г. Олонца (Республика Карелия, Россия) // Вестник охотоведения. Т. 7 (2). С. 234–237. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным.)

Водно-болотные птицы Олонецких весенних скоплений (Россия, Республика Карелия) // Вестник охотоведения. Т. 7 (2). С. 259–263. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым и др.)

Распределение и численность редких и охраняемых видов птиц // Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России. Петрозаводск. С. 139–156. (Совместно с А. В. Артемьевым, С. В. Сазоновым и др.)

Ресурсные виды птиц. Водоплавающие птицы // Там же. С. 105–125. (Совместно с Н. В. Лапшиным, А. В. Артемьевым и др.)

2011. Особенности динамики весенних скоплений гусеобразных птиц *Anseriformes* на Олонецких полях Республики Карелия в 2010 и 2011 гг. // Русский орнитол. журнал. Экспресс-выпуск. 20 (706). С. 2293–2300. (Совместно с А. В. Артемьевым, Н. В. Лапшиным и др.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 158–164

ОЛЕГ ЛЕОНИДОВИЧ КУЗНЕЦОВ
(к 60-летию со дня рождения)



Наступивший 2012 г. – юбилейный для Олега Леонидовича Кузнецова, доктора биологических наук, заведующего лабораторией болотных экосистем Института биологии Карельского научного центра РАН. Олег Леонидович является высококвалифицированным специалистом в ряде областей ботаники и экологии: болотоведения, геоботаники, флористики, охраны растительного мира, и научным лидером карельской школы болотоведения. Она зародилась в 50-е годы прошлого века благодаря работе в Институте биологии создателей лаборатории болотоведения лауреата Государственной премии СССР Е. А. Галкиной, автора аэроназемного метода исследования болот, и Л. Я. Лепина, позднее в лаборатории работали ведущие болотоведы и экологи чл.-корр. АН СССР Н. И. Пьявченко, д. б. н. В. Д. Лопатин. Их эстафета была продолжена д. б. н. Т. К. Юрковской, Г. А. Елиной.

О. Л. Кузнецов родился 18 февраля 1952 г. в Кировской обл., с 1967 г. живет в Карелии. Обучение на биологическом факультете Петрозаводского государственного университета (1970–1975) с первого курса сочетал с работой в лаборатории болотоведения Института биологии, где принимал участие в комплексных стационарных и маршрутных исследованиях болот республики под руководством чл.-корр. АН СССР Н. И. Пьявченко, д. б. н. Г. А. Елиной. За годы учебы в университете и работы в лаборатории проявил живой интерес к всестороннему изучению природы болот, флоры республики, освоил методы их исследований. Во время экспедиций активно занимался сбором гербария сосудистых растений, который послужил основой нынешнего гербария лаборатории. После окончания университета пришел на постоянную работу в Институт биологии, после обучения в аспирантуре в 1981 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Структура и динамика фаций аапа болот северной Карелии» (научный руководитель Н. И. Пьявченко). В своей диссертационной работе О. Л. Кузнецов на основе многопланового материала установил закономерности развития специфических для северных регионов болот аапа типа, определил возраст их грядово-мочажинных комплексов и сделал вывод об их нахождении в климаксовой стадии в современных климатических условиях северной тайги.

В течение четырех лет (1984–1988) был заместителем директора Института биологии по научной работе, а с 1988 г. по настоящее время возглавляет лабораторию болотных экосистем (до 1991 г. – лаборатория болотоведения), в 1988 г. ему присвоено звание «старший научный сотрудник».

Исследования О. Л. Кузнецова после защиты кандидатской диссертации включают ряд направлений как болотоведения (флора, растительность, генезис и динамика болотных экосистем в голоцене, торфяные ресурсы и их рациональное использование, проблемы охраны), так и сравнительной флористики, сохранения биоразнообразия растительного покрова Республики Карелия и прилегающих территорий Восточной Фенноскандии. Им выполнен анализ флоры болот, разработаны оригинальные классификации торфяных залежей, растительности, болотных биотопов (местообитаний), которые широко известны и признаны в научном мире России и в зарубежных странах и легко применимы для других регионов таежной зоны.

В течение многих лет О. Л. Кузнецов руководит проектами по Программам приоритетных исследований Президиума РАН и Отделения

биологических наук РАН. Постоянно участвует во многих комплексных исследованиях с сотрудниками ряда научных подразделений Карельского научного центра РАН, направленных в первую очередь на выявление ценных природных территорий и организацию их охраны, выполняемых, в том числе, по договорам с Министерствами и организациями республики, а также прилегающих регионов России. Многие из этих исследований проводились в рамках программ российско-финляндского научно-технического и приграничного сотрудничества. Так, он является научным редактором ботанических разделов двух изданий Красной книги Карелии (1995, 2007), соавтором ряда видовых очерков и списков сосудистых растений, как в Красных книгах Карелии, так и Красной книге восточной Фенноскандии (Red Data Book of Eastern Fennoscandia, 1998), научных обоснований по созданию ряда федеральных и региональных ООПТ. Был экспертом в проектах ТАСИС по использованию торфяных ресурсов Карелии в энергетике, обоснованию создания НП «Тулос». В настоящее время О. Л. Кузнецов – член редколлегии Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия, эксперт Государственных экологических экспертиз Управления Росприроднадзора по РК, Министерства природопользования и экологии РК, член Общественного экологического совета при главе Республики Карелия. За активную общественную работу он был удостоен почетного звания «Лауреат РК 2008 года».

С 1983 г. началась тесная научная кооперация О. Л. Кузнецова с болотоведами и ботаниками Финляндии из Института окружающей среды Финляндии, университетов Хельсинки, Оулу, Йоэнсуу, российско-финляндского Парка Дружбы, Геологической службы Финляндии. За это время были организованы многочисленные совместные экспедиции, как в Карелии, так и в Финляндии, опубликованы две совместных монографии и многочисленные статьи. Наряду с этим с середины 90-х годов О. Л. Кузнецовым проведено около десяти 3–5-дневных научных экскурсий, посвященных болотам, флоре и растительности Карелии, для членов Торфяного общества Финляндии, ботаников Финляндии, Швеции, Дании, Китая, студентов и аспирантов университетов Финляндии и Германии. В 1993 г. он избран Почетным чл.-корр. Торфяного общества Финляндии.

В 2006 г. Олег Леонидович защитил докторскую диссертацию «Структура и динамика растительного покрова болотных экосистем Карелии» по специальностям «ботаника» и «экология». В ней обобщены обширные результаты по современной флоре и растительности болот республики, а также их динамике в голоцене на основе данных по стратиграфии и химическому составу торфяных залежей, а также палеогеографических реконструкций природных условий региона.

О. Л. Кузнецов – автор и соавтор более 200 научных публикаций, в том числе 5 коллективных монографий. Результаты исследований постоянно докладывает на съездах, конференциях и симпозиумах, как в России, так и в зарубежных странах. Он уделяет большое внимание подготовке кадров: под его руководством защищены 4 кандидатских диссертации, еще две готовятся к защите, руководит дипломными и курсовыми работами студентов. В течение 10 лет читал лекции по биогеографии в Республиканской школьной академии, постоянно проводит полевые экскурсии для учителей и школьников г. Петрозаводска и научные экскурсии для студентов, в том числе из зарубежных стран.

Активную научную и педагогическую деятельность Олег Леонидович успешно сочетает с научно-организационной работой. Он является членом Совета по защите докторских диссертаций при ПетрГУ, Ученого совета ИБ КарНЦ РАН и Президиума КарНЦ РАН, членом межведомственной комиссии по торфу и сапропелю РАСХН, Совета Русского ботанического общества и председателем его Карельского отделения, членом редколлегий российских журналов «Труды Карельского научного центра РАН» (серия «Биогеография») и «Растительность России».

За активную научную, научно-организационную и педагогическую деятельность О. Л. Кузнецов неоднократно поощрялся различными наградами: Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Республики Карелия (1993), Почетной грамотой РАН (1999), Почетной грамотой Республики Карелия (2002), Почетной грамотой Минпромнауки России (2003), Почетной грамотой Управления Росприроднадзора по Республике Карелия (2006), Почетными грамотами Президиума КарНЦ РАН.

О. Н. Лебедева

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ О. Л. КУЗНЕЦОВА

1973. Лекарственные растения болот Карелии // Вопросы комплексного изучения болот. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 37–50. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1975. Распространение и продуктивность клюквы на болотах южной и средней Карелии // Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 42–53. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1977. Биологическая продуктивность болот южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 105–123. (Совместно с Г. А. Елиной.)

Типы болот, их использование и охрана // Биологические ресурсы района Костомукши, пути освоения и охраны. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 5–23. (Совместно с Г. А. Елиной.)

Торфяные залежи и их агрохимическая характеристика // Там же. С. 23–31. (Совместно с В. И. Волковой.)

1978. Особенности формирования болот в расчлененных формах рельефа северо-западной Карелии // Генезис и динамика болот. М.: МГУ. Вып. 1. С. 75–78. (Совместно с В. К. Антипиным, В. А. Коломыцевым.)

1979. Озерно-болотные отложения северной Карелии в свете данных палеофлористических исследований // Исследования торфяных месторождений. Калинин: КГПИ. С. 34–42. (Совместно с Г. Ц. Лаком, В. Н. Чачхиани.)

1980. О развитии аапа болот северной Карелии // Болота Европейского Севера СССР. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 92–113.

1981. Аапа болота северной Карелии, их структура, динамика и охрана // Антропогенные изменения, охрана растительности болот и прилегающих территорий. Минск: Наука и техника. С. 224–228.

Радиохронология основных биостратиграфических рубежей торфяных отложений голоцена Карелии // Изотопные и геохимические методы в биологии, геологии и археологии. Тарту: Институт геологии АН ЭССР. С. 33–36. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1982. Эколого-физиологические особенности болотных растений // Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 163–187. (Совместно с Е. В. Потаевич.)

Структура и динамика грядово-мочажинных комплексов аапа болот // Ботан. журн. 1982. Т. 67, № 10. С. 1394–1400.

Болота северо-западной Карелии и история их формирования // Комплексные исследования растительности болот. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 13–29. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1983. Содержание микроэлементов в торфяных залежах верховых болот южной Карелии // Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 160–171. (Совместно с М. А. Тойкка, А. И. Максимовым.)

Торфяно-болотный фонд Карелии // Биологические ресурсы Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 5–29. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1984. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука. 128 с. (Совместно с Г. А. Елиной, А. И. Максимовым.)

1985. Микроэлементы в торфяных залежах низинных и переходных болот Карелии // Вопросы экологии растений болот, болотных местообитаний и торфяных залежей. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 140–157. (Совместно с М. А. Тойкка.)

Стратиграфия и химические свойства торфяных залежей аапа болот Карелии // Геология и свойства торфяных месторождений. Калинин: КГПИ. С. 19–27.

1986. Использование метода крупномасштабного картирования при изучении структуры растительного покрова болот // Методы изучения болот и их охрана. Вильнюс. С. 29–33.

The structure and age of ridge-hollow aapa mires complexes // Publication of Karelian Institute Joensuu Univ. N 79. P. 73–79.

1988. Флора болот Карелии // Флористические исследования в Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 7–35.

Классификация торфяных залежей Карелии // Болотные экосистемы Европейского Севера. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 143–163.

1989. Анализ флоры болот Карелии // Ботан. журн. Т. 74, № 2. С. 153–167.

1991. Эколого-флористическая классификация сфагновых сообществ болот // Методы исследований болотных экосистем таежной зоны. Л.: Наука. С. 4–24.

Использование метода кластерного анализа при классификации сфагновых сообществ // Там же. С. 24–28. (Совместно с П. Ф. Шевелиным.)

Stratigraphy and properties of peat deposits in karelian aapa mires // Studies of mire ecosystems of Fennoscandia. Petrozavodsk: КарНЦ РАН. P. 35–51.

1993. Флора и растительность кижских шхер // Растительный мир Карелии и проблемы его охраны. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 107–141.

Редкие и нуждающиеся в охране высшие сосудистые растения Карелии // Там же. С. 92–107. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Классификация болотных сообществ из *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum* и *S. angustifolium* в Карелии // Вопросы классификации болотной растительности. СПб.: Наука. С. 54–67.

1994. Современная и голоценовая растительность национального парка «Паанаярви» (северо-западная Карелия) // Ботан. журн. Т. 79, № 4. С. 13–31. (Совместно с Г. А. Елиной, Э. И. Девятовой, А. И. Максимовым, Н. В. Стойкиной.)

Влияние палеогидрологических факторов на динамику растительности болот и аккумуляцию торфа // Ботан. журн. 1994. Т. 79, № 1. С. 53–69. (Совместно с Г. А. Елиной, Л. В. Филимоновой и др.)

1995. Rare and protected vascular plants of the flora of mires in eastern Fennoscandia // Vesija ymperistohallinnon julkaisuja – seria A. N 207. P. 52–56.

Mire ecosystems of the western part of the Suojarvi region // Karelian Biosphere Reserve Studies. Joensuu, 1995. P. 249–256. (Совместно с А. И. Максимовым.)

Красная книга Карелии. Петрозаводск: Карелия. 286 с. (Редактор совместно с Э. В. Ивантером.)

Сосудистые растения // Там же. С. 7–74. (Совместно с А. В. Кравченко, Е. П. Гнатюк, Т. Ю. Дьячковой, А. М. Крышенем.)

Состояние и распространение в Карелии видов высших сосудистых растений, включенных в Красную книгу России // Флористические исследования в Карелии. Вып. 2. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 85–111. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Хронология этапов развития растительности в голоцене на юго-востоке Фенноскандии (по стандартным спорово-пыльцевым диаграммам) // Палинология в России. Вып. 2. М.: Наука. С. 37–55. (Совместно с Г. А. Елиной, Х. А. Арслановым и др.)

Редкие и охраняемые растения болот Паанаярвского национального парка // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 34–39.

1996. Mires and Peat Resources in the Republic of Karelia, Russia // Global Peat Resources. Helsinki: International Peat Society. P. 133–136.

Mire ecosystems of western Karelia along the Russian-Finnish border // Oulanka Report, N 16. P. 139–143. (Совместно с П. Ф. Шевелиным, А. И. Максимовым.)

Palaeovegetation and Palaeogeography of Holocene of Pribelomorskaya lowland in Karelia; prognosis for 1000 years // Aquilo. Ser. Botanica. V. 36. P. 9–20. (Совместно с Г. А. Елиной.)

1997. Mires and paludified forests of the Kostomuksha Nature Reserve // Ecosystems, fauna and flora of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship// Finnish Environment. N 124. P. 53–62. (Совместно В. А. Коломыцевым.)

1998. Реконструкция растительности и природных условий голоцена Паанаярвского национального парка (Карелия) по данным палинологического и планктонного (Algae, Fungi, Phizopoda, Rotatoria) анализов // Ботан. журн. Т. 83, № 7. С. 23–35. (Совместно с Г. А. Елиной, В. Янковской.)

Vascular plants // Red Data Book of East Fennoscandia. Helsinki: Ministry of the Environment. P. 29–130. (Совместно с А. В. Кравченко, П. Уотила, Н. Н. Цвелевым, Т. Рюттари, А. А. Похилько.)

Охрана разнообразия болот Карелии // Биоразнообразие, динамика и охрана болотных экосистем восточной Фенноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 10–30. (Совместно с В. К. Антипиным.)

Растительность, генезис и динамика болот западного побережья озера Пяозеро (северо-западная Карелия) // Там же. С. 31–63. (Совместно с П. Ф. Шевелиным, А. И. Максимовым.)

1999. Holocene paleogeography of Paanajarvi National Park, Russia // Fennia. V. 177, N 1. P. 71–82. (Совместно с Г. А. Елиной, В. Янковской, Ю. Васари.)

Сукцессии палеорастительности позднеледниковья-голоцена на Заонежском полуострове в зависимости от уровней Онежского озера // Ботан. журн. Т. 84, № 6. С. 32–52. (Совместно с Г. А. Елиной, А. Д. Лукашовым, Л. В. Филимоновой, Н. В. Стойкиной.)

Флора, растительность и генезис болот в охранной зоне музея-заповедника «Кижи» // Труды КарНЦ РАН. Биогеография Карелии. Вып. 1. С. 48–54. (Совместно с Н. В. Стойкиной, Т. И. Бразовской.)

Биоразнообразие болотных экосистем Прибеломорья // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 46–54.

Юпяужсуо, Важинское болото // Водно-болотные угодья России. Т. 2. Ценные болота. М.: Wetlands International. С. 17–19, 31–33. (Совместно с М. С. Боч.)

2000. Болота (Заонежский полуостров) // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского п-ова и северного Приладожья. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 71–83. (Совместно с С. И. Грабовик, Т. Ю. Дьячковой.)

Распространение и встречаемость сосудистых растений по флористическим районам Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 75 с. (Совместно с А. В. Кравченко, Е. П. Гнатюк.)

Mire ecosystems and bryoflora of the proposed Kalevala National Park // Biodiversity of

old-growth forests and its conservation in northwestern Russia. Oulu: Regional Environmental Publication. N 158. P. 65–102. (Совместно с М. А. Бойчук, Т. Ю. Дьячковой.)

Топо-экологическая классификация растительности болот Карелии // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 28–34.

2001. Особенности биогеографических провинций Карелии на основе анализа флоры сосудистых растений // Труды КарНЦ РАН. Биогеография Карелии. Вып. 2. С. 59–64. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Предложения по созданию национального парка Тулос. Петрозаводск: European Commission. 63 с.

Complexes, vegetation, flora and dynamics of Kauhaneva mire system, western Finland // The Finnish Environment, 489. Helsinki. 97 p. (Совместно с Р. Хейккиля, Т. Линдхольмом, К. Аапала, В. Антипиным, Т. Дьячковой, П. Шевелиным.)

2002. Использование эколого-ценотических групп видов для классификации болотной растительности // Вестник Томского университета. Прил. 2. Сентябрь, 2002. С. 111–115.

2003. Растительный покров болотных экосистем Карелии, его разнообразие, использование и охрана // Наземные и водные экосистемы северной Европы: управление и охрана. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 77–81.

Development History of Patvinsuo Mire, Eastern Finland // Nature Protection Publications of Finnish Forest and Park Service. 2003. Series A. N 138. 72 p. (Совместно с Ю. Турунен, А. Ряти, А. Максимовым, П. Шевелиным, А. Питкянен, К. Толонен.)

Растительность болот // Разноообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 61–68.

Значение охраняемых природных территорий приграничной полосы в сохранении разнообразия флоры // Там же. С. 82–91. (Совместно с А. В. Кравченко.)

The role of protected areas in Karelia's border zone in the conservation of floristic biodiversity // Biotic diversity of Karelia: conditions of formation, communities and species Petrozavodsk, 2003. P. 69–76. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Mire vegetation // Там же. P. 57–63.

Topology-ecological classification of mire vegetation in Republic of Karelia (Russia) // Biodiversity and conservation of boreal nature. Kainuu: Finnish Environment, 485. P. 117–123.

Растительный покров Паанаярвского национального парка и его динамика в позднеледниковье-голоцене // Труды КарНЦ РАН. Серия Б. Вып. 3. С. 20–29. (Совместно с Г. А. Елиной.)

Охраняемые сосудистые растения национального парка «Паанаярви» // Там же. С. 38–46. (Совместно с А. В. Кравченко.)

2004. Распространение южных и северных видов сосудистых растений на побережье и островах Белого моря // Природное и историко-культурное наследие северной Фенноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 16–29. (Совместно с А. В. Кравченко.)

2005. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Труды КарНЦ РАН. Вып. 8. С. 15–46.

Редкие и охраняемые сосудистые растения болот Карелии // Там же. С. 133–137. (Совместно с Т. Ю. Дьячковой.)

Парциальные бриофлоры болот Карелии // Там же. С. 138–145. (Совместно с А. И. Максимовым.)

Растительные ресурсы болот Карелии // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 195–202. (Совместно с В. К Антипиным, С. И. Грабовик, Т. Ю. Дьячковой, П. Н. Токаревым.)

2006. Biodiversity and Holocene Development of Ypäyssuo Mire System (North of the Republic of Karelia) // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана: Материалы Междунар. симп. (Петрозаводск, 30.08 –2.09 2005 г.). С. 282–296. (Совместно с Р. Хейккиля, Т. Линдхольмом, М. Мякиля, А. Максимовым.)

Флора и растительность болот Карелии // Там же. С. 145–159.

История и современное состояние исследований болот Карелии // Там же. С. 11–34. (Совместно с Г. А. Елиной.)

Путеводитель экскурсии по болотам к западу от пос. Матросы // Там же. С. 378–395. (Совместно с М. Мякиля, А. В. Кравченко, М. А. Бойчук, А. И. Максимовым.)

Результаты комплексных стационарных исследований экосистем болот и заболоченных лесов южной Карелии // Труды КарНЦ РАН. Вып. 9. С. 119–129. (Совместно с В. И. Саковцом.)

Alinlampi, a Late-Glacial site in the northern Karelian Republic // Annales Botanici Fennici. V. 44. P. 42–55. (Совместно с Ю. Васари, Н. Лавровой, Т. Шелеховой, А. Васари.)

Флора и растительность болот Карелии и их охрана // Биоразнообразие, охрана и рацио-

нальное использование растительных ресурсов Севера. Материалы XI Перфильевских чтений, посвященных 125-летию со дня рождения А. И. Перфильева (1882–1942). Архангельск, 25–27 мая 2007 г. Архангельск: Архангельский ГТУ. С. 210–214.

Основные методы классификации растительности болот // Материалы III Всерос. школы-конф. «Актуальные проблемы геоботаники: Петрозаводск, 24–28 сентября 2007 г.». Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 241–269.

История геоботанических исследований в Карелии // Там же. С. 22–33. (Совместно с А. М. Крышенем, Е. Ф. Марковской.)

Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия. 368 с. (Редактор совместно с Э. В. Ивантером.)

Сосудистые растения // Там же. С. 9–77. (Совместно с А. В. Кравченко, Е. П. Гнатюк, Т. Ю. Дьячковой, А. М. Крышенем.)

Природа, ресурсы, охрана природы // Карелия. Энциклопедия. Т. 1. Петрозаводск: Издательский дом «Петропресс». С. 13–42. (Совместно с А. Д. Волковым, П. И. Даниловым и др.)

2008. Луга окрестностей озера Хиисъярви (Суоярвский район) как ценный объект биоразнообразия // Труды КарНЦ. Вып. 12. Серия Биогеография. С. 14–26. (Совместно с С. Р. Знаменским, Е. Л. Талбонен.)

Сосудистые растения национального парка «Паанаярви» // Там же. С. 45–63. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Редкие виды и растительные сообщества болот Карелии и их охрана // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Матер. Всерос. конф. (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Часть 5: Геоботаника. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 177–179.

Охрана разнообразия растительного покрова болотных экосистем Республики Карелия: состояние и задачи // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: Матер. Всерос. конференции с междунар. участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» Вологда, 24–28 ноября 2008 г. Вологда: Вологодский ГПУ. С. 290–293.

Водные и прибрежные виды растений в новом издании Красной книги Республики Карелия // Там же. С. 286–288. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Летопись потока тяжелых металлов и радионуклидов из атмосферы в болотных отложениях Карелии // Там же. С. 168–171. (Совместно с В. П. Шевченко, Р. А. Алиевым, А. И. Максимовым.)

2009. Флора г. Кемь и его окрестностей // Сохранение биологического разнообразия наземных и морских экосистем в условиях высоких широт: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Мурманск, 13–15 апреля 2009 г. Мурманск: Мурманский ГПУ. С. 185–188. (Совместно с В. Л. Мироновым.)

Перспективы развития сети ботанических заказников и памятников природы в Республике Карелия // Там же. С. 137–141. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Классификация местообитаний Карелии по признакам растительности // Растительность Восточной Европы: классификация, экология и охрана: Матер. Междунар. конф. (Брянск, 19–21 октября 2009 г.). Брянск: Брянский ГУ. С. 113–118. (Совместно с А. М. Крышенем.)

Основные методы классификации растительности болот // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: Матер. Междунар. науч.-практ. семинара (Минск, 30 сентября–1октября 2009 г.). Минск: Право и экономика. С. 24–33.

Изменения в списке сосудистых растений в новой редакции Красной книги Республики Карелия // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 1. Серия Биогеография. Вып. 8. С. 7–20. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Встречаемость охраняемых в Карелии видов сосудистых растений во флористических районах // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 1. Серия Биогеография. Вып. 8. С. 21–28. (Совместно с А. В. Кравченко.)

База данных местообитаний (биотопов) Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 4. Серия Биогеография. Вып. 9. С. 3–10. (Совместно с А. М. Крышенем, А. В. Полевым, Е. П. Гнатюк.)

Флора мхов планируемого национального парка «Тулос» (Республика Карелия) // Новости систематики низших растений. Т. 43. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 362–376. (Совместно с А. И. Максимовым, Т. А. Максимовой.)

Болотные экосистемы бассейна Белого моря // Геология морей и океанов. Т. III: Матер. XVIII Междунар. конф. (школы) по морской геологии (Москва, 16–20 ноября 2009 г.). М.: Геос. С. 190–194. (Совместно с Т. К. Юрковской.)

2010. Болотные экосистемы бассейна Белого моря // Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря. М.: Научный мир. С. 278–300. (Совместно с Т. К. Юрковской.)

Значение исследований природных архивов Севера для геохимии современного осадконакопления в Северном Ледовитом океане и его

морях // Там же. С. 119–124. (Совместно с В. П. Шевченко, А. П. Лисицыным и др.)

Особенности торфонакопления и динамики некоторых типов болотных массивов Карелии // Направления исследований в современном болотоведении России. СПб.; Тула: РБО. С. 96–112.

Состояние и задачи охраны разнообразия болотных экосистем Карелии // Там же. С. 253–261.

Классификация болотных биотопов Карелии // Экология арктических и приарктических территорий: Матер. Междунар. симпозиума 6–10 июня 2010 г. Архангельск: Институт экологических проблем СевераУрО РАН. С. 26–28. (Совместно с С. А. Кутенковым.)

Основные тенденции динамики флоры национального парка «Паанаярви» (Республика Карелия) // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Матер. III Всерос. научн. конф. с междунар. участием, Апатиты, 4–8 октября 2010 г. Апатиты: КолНЦ РАН. Ч. 1. С. 105–109. (Совместно с А. В. Кравченко.)

О малоизвестном водном виде пузырчатке стигийской (*Utricularia stygia*) // Гидроботаника 2010: Матер. I (VII) Междунар. конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 9–13 октября 2010 г.). Ярославль: Принт Хаус. С. 162–164. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Мониторинг флоры Карелии // Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 7–19. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Мониторинг флоры и растительности болотных экосистем // Там же. С. 19–31. (Совместно с С. И. Грабовик.)

2011. Травяные ассоциации приозерных болот южной Карелии // Учен. зап. Петрозаводского гос. ун-та. 2011. № 6 (119). Естественные и технические науки. С. 24–27. (Совместно с В. Л. Мироновым.)

Биогеографическая характеристика приграничной Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 2. Серия Биогеография. Вып. 12. С. 12–22. (Совместно с Е. П. Гнатюк, А. М. Крышенем.)

О единой межрегиональной системе особо охраняемых природных территорий на Европейском Севере // Там же. С. 4–11. (Совместно с К. Г. Боголицыным, Н. Л. Болотовой и др.)

Особенности и экологическая оценка природных комплексов центральной части Западно-Карельской возвышенности // Там же. С. 56–75. (Совместно с А. Н. Громцевым, В. В. Белкиным и др.)

Роль существующих и планируемых охраняемых природных территорий Зеленого пояса Фенноскандии в сохранении сосудистых растений из Красных книг России и Карелии // Там же. С. 76–84. (Совместно с А. В. Кравченко.)

Татьяна Корнельевна Юрковская (к 80-летию со дня рождения) // Там же. С. 153–160.

Прирост торфа в Карелии в голоцене // Западно-сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Матер. 3-го Междунар. полевого симпозиума, Ханты-Мансийск, 27.06–5.07.2011. Новосибирск: ЮГУ. С. 28–29.

Растения болот в региональных Красных книгах Европейского Севера России и состояние их охраны // Там же. С. 30–31.

Peat increment and carbon accumulation on karelian mires in Holocene time // Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны: Матер. Междунар. конф. Сыктывкар, 26–30 сентября 2011. Сыктывкар: КНЦ УрО РАН. С. 7–8. (Совместно с М. Мякиля.)

Стратиграфия и прирост торфяных залежей на Беломорском побережье в голоцене // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. VII Всерос. совещания по изучению четвертичного периода: Апатиты, 12–17 сентября 2011 г. Апатиты: КолНЦ РАН. С. 307–310. (Совместно с Л. В. Филимоновой, М. Мякиля.)

Эколого-ценотические группы видов как основа для классификации растительности болот // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Матер. Всерос. конф. с междунар. участием. С.-Петербург, 20–24 сентября 2011 г. Т. 1. СПб.: РБО. С. 123–127.

Стратиграфия и прирост торфяных залежей верховых болот побережья Белого моря в голоцене // Геология морей и океанов: Матер. XIX Междунар. школы по морской геологии. (Москва, 14–18 ноября 2011 г.). М.: Геос. С. 192–196. (Совместно с Л. В. Филимоновой.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 1. 2012. С. 165–169

АЛЕКСЕЙ ЕЛПИДИФОРОВИЧ ВЕСЕЛОВ
(к 50-летию со дня рождения)



Алексей Елпидифорович Веселов, доктор биологических наук, профессор. Родился 9 сентября 1961 г. в г. Москве в семье профессора Елпидифора Алексеевича Веселова.

Краткая биографическая справка:

- 1979–1982 гг. – учеба на биологическом факультете Петрозаводского государственного университета.
- 1983–1985 гг. – обучение на биолого-почвенном факультете Ленинградского государственного университета по специальности «биолог-зоолог».
- 1989–1993 гг. – обучение в аспирантуре при биолого-почвенном факультете МГУ им. М. В. Ломоносова и защита кандидатской диссертации (1993 г.) по теме «Распределение и поведение молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в потоке воды».
- В 2003 г. ВАКом РФ присвоено ученое звание «доцент» по специальности «ихтиология».
- В 2006 г. защитил докторскую диссертацию в Диссертационном совете при Институте проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН по теме: «Экологические и поведенческие основы воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реках Восточной Фенноскандии».
- В 2010 г. ВАКом РФ присвоено ученое звание «профессор» по специальности «ихтиология».
- С 1984 г. и по настоящее время работает в лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, пройдя путь от биолога-стажера до главного научного сотрудника.

Алексей Елпидифорович Веселов – высококвалифицированный специалист-ихтиолог, сформировавшийся среди замечательных педагогов и ученых биологического факультета ПетрГУ – Т. И. Подболотовой, А. Ф. Смирновой, М. Н. Русановой, В. П. Моисеевой, М. П. Лобковой, Л. Г. Курзыкиной, Л. П. Рыжкова и многих других. Учеба в ЛГУ дала ему возможность общаться со специалистами высочайшего уровня, авторами известных учебников – профессорами Б. Н. Казанским, Б. П. Токиным, А. А. Заварзиным, А. С. Мальчевским, С. Г. Инге-Вечтомовым и их учениками. Наиболее сильное влияние на формирование научных интересов А. Е. Веселова оказали руководитель кандидатской диссертации, ныне академик и директор ИПЭЭ РАН, зав. кафедрой ихтиологии МГУ Дмитрий Сергеевич Павлов, а также имеющий высокий авторитет среди отечественных и зарубежных ученых-лосовиков директор ГосНИОРХа проф. Ростислав Викторович Казаков.

Область научных интересов А. Е. Веселова связана с экологическими, этологическими и физиологическими механизмами поведения в онтогенезе у молоди лососевых и других реофильных видов рыб, филогеографией и путями формирования послеледникового расселения лососевых видов рыб, изучением экологических особенностей популяций в реках Европейского Севера России, гидрологией рек как подвижной среды обитания рыб. В качестве инструмента им широко используется экосистемный подход и моделирование, популяционно-генетический анализ, постановка оригинальных натурных и лабораторных экспериментов, а также подводные наблюдения.

За годы работы в ИБ Карельского НЦ РАН под руководством А. Е. Веселова на высоком научном уровне проведена инвентаризация и систематизация рек Карелии и Кольского п-ова как среды воспроизводства и обитания лососевых рыб. Выделены экологическая и гидрологическая составляющие, существенные для их воспроизводства, и дана ретроспективная оценка состояния запасов этих рыб в реках Восточной Фенноскандии.

К основным научным достижениям юбиляра относится установление связи реореакции со сложными формами территориального, кочевого и миграционного поведения, проявляющимися в онтогенезе реофильных видов рыб. Впервые для отдельных этапов развития молоди лососевых рыб им было выделено и количественно охарактеризовано территориальное и кочевое поведение. Выявлены причинно-следственные связи формирования мозаичного распределения и территориального поведения в изменяющихся по сезонам гидрологических условиях подвижной среды обитания. В деталях прослежена кардинальная смена поведения молоди рыб в переходные периоды развития. На основе проведенных исследований и теоретического осмысления материла совместно с учителями и коллегами академиком Д. С. Павловым, профессором М. И. Шатуновским и доктором В. Н. Михеевым разработана концепция микростаций и кочевого поведения молоди лососевых рыб. Установлены закономерности сезонной и суточной миграции смолтов в реках Восточной Фенноскандии и влияющие на нее физические факторы. Показано, что в северных широтах основным регулятором процесса является температура воды. Это отличает миграции на севере от миграций смолтов в более южных широтах, где действует целый комплекс факторов – уровень воды, освещенность, фазы луны и др. Были прослежены условия возникновения группового и стайного поведения смолтов, определены факторы, контролирующие продолжительность и скорость миграции.

А. Е. Веселовым в содружестве с академиком Д. С. Павловым, д. т. н., профессором М. А. Скоробогатовым и д. б. н. С. М. Калюжиным разработана полноцикловая и сокращенная технология воссоздания стад лосося с использованием искусственных гнезд-инкубаторов в реках с низкой численностью производителей или с утраченными естественными популяциями. На основе полученных данных и практического опыта сформулирован новый методологический подход к рекультивации нарушенных нерестово-выростных участков. Этот подход в тесном контакте с немецким коллегой доктором Й. Шнейдером был применен для восстановления речных биоценозов и моделирования рыбоходов естественного типа в зарегулированных притоках р. Рейн.

А. Е. Веселов в период с 2003 по 2007 гг. осуществлял научное руководство фундаментальными исследованиями по разделу госбюджетной темы «Теоретические основы воспроизводства, рационального использования и охраны биологических ресурсов водных экосистем Восточной Фенноскандии». С 2008 и 2011 гг. руководил совместно с д. б. н. О. П. Стерлиговой госбюджетными темами: «Мониторинг пресноводных экосистем Восточной Фенноскандии в природном состоянии и под влиянием антропогенных факторов» и «Функционирование водных экосистем Восточной Фенноскандии в природном состоянии и в условиях воздействия антропогенных факторов». Юбиляр участвует в разработке и реализации планов НИР ИБ Карельского НЦ РАН, формулируя цели, задачи, определяя подходы к их теоретическому и экспериментальному решению, координируя деятельность соисполнителей работ, им было организовано более пятидесяти экспедиций по Северо-Западу России.

А. Е. Веселов выступает в качестве руководителя и исполнителя грантов РФФИ, проектов по Программе фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологическое разнообразие» и «Биологические ресурсы». Был ответственным исполнителем в научных проектах ROLL Института устойчивых сообществ (2003–2004 гг.) и руководит совместным Российско-Финским проектом «Phylogeography and population genetics of North European Atlantic salmon» (университеты городов Турку и Оулу).

А. Е. Веселов является автором и соавтором более 170 научных работ. Им собраны, проанализированы и обобщены как собственные научные результаты, так и данные, представленные в ведущих изданиях мировой и отечественной науки в области ихтиологии, экологии и поведения речных рыб. Результаты научных исследований опубликованы в 9 монографиях и представлены в более чем 50 докладах на российских научных конференциях, заседаниях рабочих групп, а также за рубежом (Филяндия, Германия, Испания и др.). Он является соавтором 6 патентов на изобретения и полезные модели инкубаторов икры лососевых рыб, технология использования которых была оценена золотой медалью на конкурсе инноваций (г. С.-Петербург, 2008), и поощрительным дипломом на конкурсе русских инноваций (г. Москва, 2007).

А. Е. Веселов зарегистрирован в государственном реестре экспертов, им осуществлено более трех десятков экспертиз по воспроизводству лососевых рыб и незаконному вылову в водоемах Карелии и Мурманской области. Многократно привлекался в качестве рецензента статей в журнале «Вопросы ихтиологии» и «Трудах Карельского НЦ РАН», участвовал в организации и проведении научных семинаров и Международных конференций, является членом редакционной коллегии «Трудов Карельского НЦ РАН» (серия Биогеография).

А. Е. Веселов осуществляет подготовку кадров высшей квалификации. Под его руководством защищено 5 кандидатских диссертации, в настоящее время обучается три аспиранта. Он также выступал официальным оппонентом при защите 12 кандидатских и докторских диссертаций. Значительная часть времени им уделяется педагогической работе в форме научного руководства курсовыми и дипломными работами, а также полевыми экспедиционными практиками студентов эколого-биологического факультета ПетрГУ.

А. Е. Веселов с 2003 г. активно работает в должности заместителя директора некоммерческого партнерства «Варзугский научно-исследовательский центр полярных экосистем», одними из учредителей которого является ИБ Карельского НЦ РАН (г. Петрозаводск) и ИБР им. Н. К. Кольцова РАН (г. Москва). Под его руководством с коллегами центра разработана «Программа научных и практических действий по сохранению, восстановлению и рациональной эксплуатации запасов атлантического лосося в реках Кольского полуострова» (2007 г.). С 2006 г. А. Е. Веселов работает по совместительству в Институте проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (г. Москва) в лаборатории поведения низших позвоночных.

В настоящее время А. Е. Веселовым разработана концепция структурной организации ГИС и с использованием космических снимков составлена карта-схема «Лососевые популяции и нерестовые реки Восточной Фенноскандии». Это позволило объединить экологические и генетические базы данных, заложить теоретические основы сохранения и организации эффективного управления популяционно-генетическими ресурсами атлантического лосося в регионе, а также на новом уровне продолжить работу над национальной стратегией сохранения атлантического лосося России.

За активную научно-педагогическую деятельность А. Е. Веселов награжден Почетной грамотой РАН и профсоюзов работников РАН (2006); за большой вклад в развитие фундаментальных и прикладных исследований, реализацию инновационных проектов, патентно-лицензионную работу, подготовку кадров высшей квалификации и многолетний добросовестный труд награжден Почетными грамотами Президиума КарНЦ РАН (1999, 2011) и Благодарственным письмом Главы Республики Карелия (2008); решением оргкомитета Конгресса «Государство и бизнес: социально ответственное партнерство» награжден медалью «За благородный труд».

Поздравляем Алексея Елпидифоровича с юбилеем! Желаем крепкого здоровья, энергичного, творческого долголетия и достойных учеников.

М. А. Скоробогатов

СПИСОК ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ТРУДОВ А. Е. ВЕСЕЛОВА

МОНОГРАФИИ:

1998. Атлантический лосось / Коллективная монография под ред.: проф. Р. В. Казакова. Л.: Наука. 575 с. (Совместно с Р. Бартель, А. Т. Билак, Ю. Н. Городилов, Т. Гудъенссон, С. Р. Джефард и др.)

2001. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия. 160 с. (Совместно с С. М. Калюжиным.)

2002. Биологические основы управления запасами семги в реке Варзуге и варзугском рыбопромысловом районе. Мурманск; Петрозаводск. 77 с. (Совместно с А. В. Зубченко, С. М. Калюжиным.)

2004. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) проблемы акклиматизации на Европейском Севере России. Петрозаводск; Мурманск: изд-во «Фолиум». 82 с. (Совместно с А. В. Зубченко, С. М. Калюжиным.)

2005. Биология, воспроизводство и состояние запасов анадромных и пресноводных рыб Кольского полуострова. Мурманск: изд-во ПИНРО. 319 с.

2005. Лососевые реки бассейна Онежского озера. Серия: Каталоги лососевых рек России. Петрозаводск: изд-во «Folium». 135 с. (Совместно с С. М. Калюжиным.)

2007. Сохранение, восстановление и рациональная эксплуатация лосося в реках Кольского полуострова. Программа научных и практических действий. Москва; Мурманск; Петрозаводск: изд-во Карельского НЦ РАН. 81 с. (Совместно с Д. С. Павловым, С. М. Калюжиным, В. К. Зилановым, В. В. Зюгановым, Ю. А. Шустовым, В. В. Балашовым, Л. В. Аликовым.)

2007. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реке Умба (Кольский полуостров). Петрозаводск: изд-во «Скандинавия». 163 с. (Совместно с А. В. Зубченко, С. М. Калюжиным и др.)

2009. Лососевые реки полуострова Рыбачий. Петрозаводск: изд-во Карельского НЦ РАН. 180 с. (Совместно с С. М. Калюжиным, Я. И. Лумме.)

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

1998. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) catches in Russia // J. Appl. Ichthiol. Vol. 14. P. 65–68. (Совместно с R. V. Kazakov.)

1998. Ontogenesis of reotactic and optomotor responses of juvenile Atlantic salmon // Aquaculture. Vol. 168. P. 17–26. (Совместно с R. V. Kazakov, M. I. Sysoyeva, I. N. Bahmet.)

1998. The pattern of Atlantic salmon smolt migration in the Varzuga River (White Sea Basin) // Nordic J. Freshw. Res. Vol. 74. P. 65–78. (Совместно с M. I. Sysoyeva, A. G. Potutkin.)

2001. Matrilinear phylogeography of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Europe and postglacial colonization of the Baltic Sea area // Molecular Ecology. N 10. P. 89–102. (Совместно с J. Nilsson, R. Gross, O. Dove, H. Jansson, K. Kohlmann et al.)

2002. Microsatellite data resolve phylogeographic patterns in European grayling, *Thymallus thymallus*, Salmonidae // Heredity. N 88. P. 391–401. (Совместно с M. T. Koskinen, J. Nilsson, A. G. Potutkin, E. Ranta, C. R. Primmer.)

2004. Postglazial origin of maternal lineages of sea-migrating Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Barents Sea and the White Sea basins // Ann. Zool. Fennici. Vol. 41. P. 465–475. (Совместно с T. Asplund, C. R. Primmer, I. Bakhmet, A. Potutkin, S. Titov, A. Zubchenko, I. Studenov, S. Kaliuzin, J. Lumme.)

2005. Phylogeography of anadromous and non-anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*) from northem Europe // Ann. Zool. Fennici. Vol. 42. P. 1–22. (Совместно с A. Tonteri, S. Titov, A. Zubchenko, M. T. Koskinen, D. Lesbarrers, S. Kaluzhin, I. Bakhmet, J. Lumme, C. R. Primmer.)

2005. Искусственное воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar*) в естественных условиях // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: КМК. С. 434–445. (Совместно с А. И. Лупандиным, Д. С. Павловым, С. М. Калюжиным.)

2006. Isolation by distance within a river system: genetic population structuring of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in tributaries of the Varzuga River in northwest Russia // Journal of Molecular Ecology. Vol. 15. P. 653–666. (Совместно с C. R. Primmer, A. Zubchenko, A. Poututkin, I. Bakhmet, M. T. Koskinen.)

2006. Инвентаризация и систематизация рек Карелии и Кольского полуострова как среды воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* L. // ДАН. Т. 407, № 3. С. 1–5.

2007. The effect of migratory behaviour on genetic divergence: a comparison of anadromous and freshwater Atlantic salmon *Salmo salar* // Journal of Fish Biology. Vol. 70 (Supplement C). P. 381–398.

2007. Показатели энергетического обмена у молоди атлантического лосося *Salmo salar*, обитающей в главном русле и притоке реки Варзуги (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. Т. 47, № 6. С. 819–826. (Совместно с Д. С. Павловым, О. В. Мещеряковой, Н. Н. Немовой, А. И. Лупандиным.)

2007. Репродуктивный потенциал атлантического лосося, воспроизводящегося в реках Кольского полуострова // Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века (к 80-летию проф. Л. А. Кудерского). Сборник научных трудов. Вып. 337. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 375–385. (Совместно с А. В. Зубченко, С. М. Калюжиным, Ю. А. Шустовым, Л. В. Аликовым.)

2007. Естественное воспроизводство озерной кумжи *Salmo trutta* m. lacustris L. в бассейне Ладожского и Онежского озер // Там же. С. 397–404. (Совместно с Ю. А. Шустовым, С. М. Калюжиным, Л. В. Аликовым.)

2008. Липидный статус сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* L. из разных микробиотопов р. Варзуги // Вопросы ихтиологии. Т. 48, № 5. С. 679–685. (Совместно с Д. С. Павловым, З. А. Нефедовой, Н. Н. Немовой, О. Б. Васильевой, П. О. Рипатти.)

2008. Питание молоди озерной кумжи *Salmo trutta* L. в реках бассейна Онежского озера в осенний период // Экология. № 2. С. 130–133. (Совместно с Ю. А. Шустовым, И. А. Барышевым.)

2008. Molecular faunistics of accidental infection of Gyrodactylus Nordmann, 1832 (Monogenea) parasitic on salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. in NW Russia // Syst Parasitol. Vol. 69. P. 123–135. (Совместно с M. S. Zietara, J. Kuusela, J. Lumme.)

2009. Age Dynamics of Lipid Status of Juveniles of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) from the Varzuga River // Journal of Ichthyology. Vol. 49, N 11. P. 1073–1080. (Совместно с D. S. Pavlov, Z. A. Nefedova, N. N. Nemova, T. R. Ruokolainen, O. B. Vasil'eva, P. O. Ripatti.)

2009. Clonal structure of salmon parasite *Gyrodactylus salaries* on a coevolutionary gradient of Fennoscandian salmon (*Salmo salar* L.) // Ann. Zool. Fennici. Vol. 46. P. 21–33. (Совместно с J. Kuusela, R. Holopainen, J. Meinila, P. Anttila, P. Koski, M. Zietara, C. Primmer, J. Lumme.)

2009. Microsatellites reveal clear genetic boundaries among Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations from the Barents and White seas, northwest Russia // Canadian J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 66. P. 717–735. (Совместно с A. Tonteri, A. V. Zubchenko, J. Lumme, C. R. Primmer.)

2010. Genetic structure of freshwater Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations from the lakes Onega and Ladoga of northwest Russia and implications for conservation // Conserv. Genet. N 11. P. 1711–1724. (Совместно с M. Yu. Ozerov , J. Lumme, C. R. Primmer.)

2011. Реореакция и формирование фенотипических групп сеголеток атлантического лосося (*Salmo salar* L.) // Труды Карельского НЦ РАН. Сер. «Экспериментальная биология», № 3. С. 21–27. (Совместно с Д. С. Павловым, М. А. Скоробогатовым, Д. А. Ефремовым, К. Ю. Потаповым.)

2011. Опыт искусственной инкубации икры атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в р. Суне (бассейн Онежского озера) // Там же. С. 28–38. (Совместно с Д. С. Павловым, М. А. Скоробогатовым, Д. А. Ефремовым, Е. Н. Беляковой, К. Ю. Потаповым.)

ПРИЛОЖЕНИЕ
http://transactions.krc.karelia.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегии серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы «Анкеты» и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия «Анкеты» и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед сдачей в печать авторам высылается распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон (8142) 780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН и другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте http://transactions.krc.karelia.ru.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) для серии «Экспериментальная биология» не должен превышать: для обзорных статей – 25 страниц, для оригинальных – 15, для сообщений – 8, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи. Рукописи большего объема (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

Рукописи присылаются в электронном виде, а также в двух экземплярах, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку через 1,5 интервала (12 пунктов шрифта типа Times New Roman). Размер полей: сверху, снизу – 2,5 см, справа, слева – 2,5 см. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ. ЛИТЕРАТУРА); благодарности; литература (с новой страницы); таблицы (на отдельном листе); рисунки (на отдельном листе); подписи к рисункам (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилия, имя, отчество всех авторов полностью на русском и английском языках; полный почтовый адрес каждой организации

(страна, город) на русском и английском языках; должности авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи* и содержать не более 8–10 значащих слов.

АННОТАЦИЯ должна быть лишена вводных фраз, содержать только главную информацию статьи, не превышать объем – 15 строк.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой, в конце фразы ставится точка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ должны содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Для фаунистических и флористических работ следует указывать место хранения коллекционных образцов. Если в статье приводятся сведения о новых для исследованной территории таксонах, то желательно и процитировать этикетку. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во Введении. Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более), и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Рыбаков, 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIFF (*.TIF) или JPG (не встраивать в Word). Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указанием желательного размера рисунка в книге, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физикогеографических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и, желательно, с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicus* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis.*

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения — названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

---

* **Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ**, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

ЛИТЕРАТУРА. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.52008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32 : 635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило[1], М. И. Сысоева[1], Е. Ф. Марковская[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Петрозаводский государственный университет*

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., кратковременное снижение температуры, устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANTS

Аннотация на английском языке

Key words: *Cucumis sativus* L., temperature drop, resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Частота встречаемости видов нематод в исследованных биотопах

Биотоп (площадка)	Кол-во видов	Встречаемость видов нематод в 5 повторностях				
		100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
1Н	26	8	4	1	5	8
2Н	13	2	1	1	0	9
3Н	34	13	6	3	6	6
4Н	28	10	5	2	2	9
5Н	37	4	10	4	7	12

Примечание. Здесь и в табл. 3–4: биотоп 1Н – территория, заливаемая в сильные приливы; 2Н – постоянно заливаемый луг; 3Н – редко заливаемый луг; 4Н – незаливаемая территория; 5Н – периодически заливаемый луг.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.

Илиел Э. Стереохимия соединений углерода / Пер. с англ. М.: Мир, 1965. 210 с.

Несис К. Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 1985. 285 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.

Grove D. J., Loisides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, N 4. P. 507–516.

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.

Ссылки на авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: автореф. дис. ...канд. биол. наук. М., 1985. 23 с.

Ссылки на диссертации

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: дис. ...канд. биол. наук. М., 1985. С. 21–46.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии : материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

Ссылки на интернет-ресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайновых сервисов // Электрон. биб-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/ (дата обращения: 25.11.2006).

Ссылки на электронные ресурсы на CDROM

Государственная Дума, 1999-2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CDROM.

CONTENTS

Litinskiy P. Yu. GEOINFORMATION MODEL OF EASTERN FENNOSCANDIA NORTHERN TAIGA ECOSYSTEMS 3

Kucherov I. B., Kutenkov S. A. DWARF SHRUB SPHAGNUM-FEATHERMOSS AND SPHAGNUM PINE FORESTS OF NORTHERN AND MIDDLE TAIGA OF EUROPAEAN RUSSIA 16

Bobrov A. A., Chemeris E. V. PLANT COVER OF A SMALL SOUTH TAIGA RIVER AND ITS CHANGE AT FLOW REGULATION (EXAMPLE OF THE KUEKSHA RIVER, KOSTROMA REGION) 33

Kantserova L. V. THE DIVERSITY AND SUCCESSIONS OF PLANT COMMUNITIES IN TRANSFORMED ROADSIDE HABITATS IN KARELIA 48

Chekryzheva T. A. TAXONOMIC AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON IN LAKE ONEGA 56

Sazonov S. V. REVISED CLASSIFICATION OF THE TYPES OF BIRD FAUNA AND FAUNAL GROUPS IN THE WEST OF EURASIAN TAIGA 70

Shklyarevich G. A., Fomina O. V. FORMATION PATTERNS OF THE PARASITE FAUNA OF COMMON EIDER (*SOMATERIA MOLLISSIMA* L.) IN THE WHITE SEA AREA 86

Shustov Yu. A., Tyrkin I. A., Belyakova E. N. CHARACTERISTICS OF JUVENILE BROWN TROUT *SALMO TRUTTA* L. GROWTH IN THE NORTH OF EUROPEAN RUSSIA 94

Fionina E. A. SPATIAL AND TROPHIC RELATIONS OF TREE PIPIT *ANTHUS TRIVIALIS* L. INHABITING OPEN HABITATS IN THE OKA RIVER VALLEY 102

Ryabinkina M. G., Kulikova T. P., Ryzhkov L. P. ZOOPLANKTON IN THE NORTHERN LAKE LADOGA CATCHMENT 113

BRIEF COMMUNICATIONS

Raevskiy B. V. SPATIAL ALLOCATION OF SCOTS PINE PLUS TREES IN KARELIA 126

Karpin V. A. GRAY ALDER FORESTS OF THE ZAONEZHSKIY PENINSULA 130

Mironov V. L. PECULARITIES OF LIMNOGENOUS MIRES AT LAKES VERKHNEYE AND NIZHNEYE PADOZERO (MIDDLE TAIGA) 132

Fadeeva M. A., Kravchenko A. V. LICHEN SPECIES NEW FOR THE VOLOGDA REGION AND REPUBLIC OF KARELIA 138

Humala A. E., Polevoi A. V. ADDITIONS TO THE INSECT FAUNA OF THE «KIZHI SKERRIES» RESERVE 141

CHRONICLE

Antipin V. K., Kryshen' A. M. THE ALL-RUSSIA SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE WITH THE INTERNATIONAL PARTICIPATION «PROTECTED AREAS IN XXI CENTURY: MODERN STATE AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT» DEDICATED TO THE 20TH ANNIVERSARY OF VODLOZERO NATIONAL PARK 146

DATES AND ANNIVERSARIES

A. V. Artemiev. VLADIMIR ZIMIN (ON THE 75th ANNIVERSARY) 152

O. N. Lebedeva. OLEG KUZNETSOV (ON THE 60th ANNIVERSARY) 158

M. A. Skorobogatov. ALEXEY VESELOV (ON THE 50th ANNIVERSARY) 165

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 170

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук
№ 1, 2012

Серия БИОГЕОГРАФИЯ. Вып. 13

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Редактор М. А. Радостина
Оригинал-макет Т. Н. Люрина

Подписано в печать 12.03.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 17,6. Усл. печ. л. 19,9.
Тираж 500 экз. Изд. № 267. Заказ 35

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай. ОКОНЧАТЕЛЬНО ИЗБИРАЕМЫЕ И ВЕРХНИЕ ЛЕТАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МОЛОДИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ 70

А. В. Елифанов, С. Н. Гашев, Т. И. Моисеенко. ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА ОРГАНИЗМ ГРЫЗУНОВ В ПОДОСТРОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ 76

А. А. Еркоева, С. Н. Дроздов, Е. С. Холопцева. ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ 84

В. В. Лаврова, М. И. Сысоева, Е. М. Матвеева. ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ЛИСТЬЕВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И ДЛИТЕЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ 91

О. Н. Лебедева, А. Ф. Титов, Т. С. Николаевская. ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ РАСТЕНИЙ *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛ-ДЕФЕКТНОСТЬЮ И ДЕЙСТВИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ОТБОРА 97

В. Б. Придача, С. В. Позднякова, Т. А. Сазонова. ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ N : P : K В СРЕДЕ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ РОДА *BETULA* 104

Н. С. Репкина, В. В. Таланова, Л. В. Топчиева, Ю. В. Батова, А. Ф. Титов. ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ CBF1 И DREB1 В ЛИСТЬЯХ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ 113

К. А. Сазанова, Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. ГЕНЕРАЦИЯ СУПЕРОКСИДНОГО АНИОН-РАДИКАЛА В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ 119

А. И. Сидорова, Н. М. Калинкина, И. В. Дыдик. РЕАКЦИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING НА ДЕЙСТВИЕ ЛИВНЕВЫХ СТОКОВ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА 125

В. С. Скидченко, Р. У. Высоцкая, Н. Н. Немова. СПЕКТР ИЗОФОРМ КИСЛОЙ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕАЗЫ В ТКАНЯХ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ 131

О. М. Федоренко, М. В. Грицких, Т. С. Николаевская. ПОЛИМОРФИЗМ ПО ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЦВЕТЕНИЯ У *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH. НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ЕГО АРЕАЛА 139

Е. А. Хижкин, В. А. Илюха, В. Т. Комов, И. В. Паркалов, Т. Н. Ильина, И. В. Баишникова, С. Н. Сергина, В. А. Гремячих, Т. Б. Камшилова, Е. С. Степина. ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ОРГАНАХ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РАЗЛИЧНОГО ЭКОГЕНЕЗА 147

Краткие сообщения

А. С. Горюнов, А. Г. Борисова, В. А. Колодей, С. П. Рожков. СПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ БИОКОНЪЮГАТОВ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА И ШУНГИТОВОГО НАНОУГЛЕРОДА 154

М. И. Сысоева, Е. Н. Икконен. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ 159

Т. Г. Шибаева, Е. Ф. Марковская. ВЛИЯНИЕ КРУГЛОСУТОЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И РОСТ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА *CUCUMIS SATIVUS* L. НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА 162

Юбилеи и даты

М. И. Сысоева, Е. Н. Икконен. Владимир Константинович Курец (к 85-летию со дня рождения) 167

О. Н. Лебедева. Виктор Александрович Илюха (к 50-летию со дня рождения) 171

Рецензии и библиография 175

Правила для авторов 178

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. № 2, 2012. Серия ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 2, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные статьи

Г. А. Жулай, Е. К. Олейник. РЕГУЛЯТОРНЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ $CD4^+CD25^+FOXP3^+$. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ИММУНОТЕРАПИИ 3

С. А. Мурзина, З. А. Нефедова, Н. Н. Немова. ВЛИЯНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ (МАРКЕРОВ ПИЩЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ РЫБ) НА МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ШИРОТ (Обзор) 18

Экспериментальные статьи

Л. В. Аникиева, Н. Н. Тютюнник, В. С. Аниканова. ВЛИЯНИЕ ТОКСАСКАРИДОЗНОЙ ИНВАЗИИ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ ПЕСЦОВ (*ALOPEX LAGOPUS*) КЛЕТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ 26

Ю. В. Батова, А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен. НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ОРГАНАМ У РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ РАЗНОГО ВОЗРАСТА 32

И. Н. Бахмет, Н. Н. Фокина, З. А. Нефедова, Т. Р. Руоколайнен, Н. Н. Немова. МИДИЯ *MYTILUS EDULIS* L. БЕЛОГО МОРЯ КАК БИОИНДИКАТОР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ 38

Н. П. Будыкина, Т. Г. Шибаева, А. Ф. Титов. ВЛИЯНИЕ ЭПИНА ЭКСТРА – СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА НА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА (*CUCUMIS SATIVUS* L.) 47

Л. В. Ветчинникова, О. С. Серебрякова, М. К. Ильинова. ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПЫЛЬЦЫ ОСНОВНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BETULA* L. 56

И. Л. Голованова, А. А. Филиппов. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛИКОЗИДАЗ КИШЕЧНИКА ЛЕЩЕЙ *ABRAMIS BRAMA* (L.) ИЗ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ 63

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 2, 2012
Серия ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 2, 2012
EXPERIMENTAL BIOLOGY Series

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Shchiptsov

Редакционная коллегия серии «Экспериментальная биология»

А. С. Горюнов, В. А. Илюха (зам. отв. редактора), Н. М. Калинкина, О. Н. Лебедева, Е. М. Матвеева, Н. Н. Немова (отв. редактор), Л. Л. Новицкая, Е. К. Олейник, Л. П. Смирнов, М. И. Сысоева (отв. секретарь)

Editorial Board of the «Experimental Biology» Series

A. S. Goryunov, V. A. Ilyukha (Deputy Editor-in-Charge), N. M. Kalinkina, O. N. Lebedeva, E. M. Matveeva, N. N. Nemova (Editor-in-Charge), L. L. Novitskaya, E. K. Olejnik, L. P. Smirnov, M. I. Sysoeva (Executive Secretary)

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

© Карельский научный центр РАН, 2012

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 3–17

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК 612.112.94: 57.016.4: 621.017.1: 615.37

РЕГУЛЯТОРНЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ $CD4^+CD25^+FOXP3^+$. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ИММУНОТЕРАПИИ

Г. А. Жулай, Е. К. Олейник

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В обзоре рассматриваются основные вопросы биологии регуляторных Т-клеток $CD4^+CD25^+FOXP3^+$: их фенотипическое и функциональное разнообразие, а также молекулярные и клеточные механизмы иммунной супрессии. Представлены последние данные о содержании и распределении Treg клеток в организме в норме и при патологических состояниях (аутоиммунные и онкологические заболевания). Обсуждаются современные подходы в иммунотерапии, ориентированные на иммунную модуляцию с помощью регуляторных Т-клеток.

Ключевые слова: Treg клетки, фенотип, иммуносупрессия, опухоль, аутоиммунитет.

G. A. Zhulaj, E. K. Oleinik. $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ REGULATORY T-LYMPHOCYTE. PROSPECTIVE APPLICATIONS IN IMMUNOTHERAPY

The review considers basic issues of the biology of $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ regulatory T (Treg) cells, their phenotypic and functional diversity, as well as molecular and cellular mechanisms of Treg cell suppression. Also in the review, the recent data on the frequency and distribution of Treg cells we present in normal and pathology (autoimmunity disease and cancer) conditions. Modern approaches in immunotherapy of these diseases directed on Treg cells are discussed.

Key words: Treg cells, phenotype, immunosuppression, tumor, autoimmunity.

Введение

В последнее десятилетие особое место в иммунологических исследованиях занимает изучение регуляторных супрессорных Т-клеток (Treg). Впервые они были охарактеризованы S. Sakaguchi с соавт. [1995] как $CD4^+CD25^+$ Т-клетки при исследовании аутоиммунных заболеваний у мышей. Позднее, к 2001 г., супрессорные свойства $CD^{4+}CD25^{hi}$ Т-клеток были найдены и у человека. В 2003 г. описан ген, локализованный в хромосоме X, *FOXP3* (forkhead box P3), который контролирует развитие и функционирование Treg клеток у мышей, затем это было показано и для Treg клеток человека [Sakaguchi et al., 2010]. Предполагается, что

регуляторные Т-клетки играют существенную роль в поддержании иммунного гомеостаза. Они могут подавлять активацию, пролиферацию и эффекторные функции широкого круга иммунокомпетентных клеток, включая $CD4^+$ и $CD8^+$ Т-клетки, натуральные киллерные (NK)- и натуральные киллерные Т (NKT)-клетки, В-клетки и антиген-презентирующие клетки (APC) *in vitro* и *in vivo* [Shevach, 2009; Yang, Ansell, 2009; Sakaguchi et al., 2010].

Регуляторные Т-клетки играют ключевую роль в иммунной системе благодаря уникальной способности контролировать иммунный ответ, они предупреждают аутоиммунные заболевания, аллергию, реакцию отторжения трансплантата, поддерживают пищевую и трансплацентарную толерантность. Эта роль впервые была установлена у мышей, у которых недостаток или удаление Treg клеток приводили к развитию аутоиммунного гастрита, тиреоидита, диабета и воспалительной болезни кишечника (inflammatory bowel disease, IBD). Впоследствии во многих исследованиях было показано, что дефекты в $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Treg клетках могут способствовать развитию аутоиммунитета и что эти процессы отменяются адоптивным переносом Treg клеток. Важная роль $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Т-клеточной регуляции особенно ярко отмечается при болезнях человека, вызываемых мутациями в гене *FOXP3*, и проявляется в развитии тяжелого воспаления и аутоиммунитета у пациентов с синдромом Х-сцепленной иммунодисрегуляцией, полиэндокринопатией, энтеропатией (IPEX синдром). У таких пациентов вырабатывается широкий круг аутоантител, развивается инсулинозависимый диабет, тиреоидит, гемолитическая анемия и IBD [Buckner, 2010].

Однако регуляторные Т-клетки могут играть и негативную роль в организме. Например, $FOXP3^+$ Treg клетки подавляют противоопухолевый иммунитет, тем самым способствуя опухолевой прогрессии [Curiel et al., 2004; Sakaguchi et al., 2010]. Кроме того, эти клетки также участвуют в развитии хронических инфекционных заболеваний [Chen et al., 2007; Yang et al., 2007].

Фенотипические характеристики регуляторных Т-клеток

Более детальное изучение Treg клеток, их отделение от других Т-лимфоцитов и использование в клинической практике затруднено тем, что до настоящего времени не определен специфический поверхностный маркер этих клеток. Регуляторные Т-клетки экспрессируют целый спектр функциональных молекул (табл.). Среди них в качестве Treg клеточных маркеров используют CD25 (α-цепь рецептора IL-2, IL-2Rα), CTLA-4 (CD152, cytotoxic T lymphocyte antigen 4), GITR (glucocorticoid-induced TNF-receptor-related protein), CD95 (Fas), $CD127^{lo}$ (IL-7Rα) и другие, поскольку они конститутивно экспрессируются регуляторными Т-клетками. Однако следует иметь в виду, что эти молекулы, используемые как поверхностные маркеры Treg клеток, могут экспрессироваться и другими Т-клетками на определенных стадиях жизненного цикла. Например, молекулы CD25, CD69, CD127, CD45RO обнаруживаются и на Т-эффекторах. Также недавно было показано, что экспрессия таких маркеров, как CD39, CD73, CD101, GITR, CD134 (OX40), CD137 (4-1BB), CD278 (ICOS) и CD120b (TNF RII), не находится в постоянной корреляции с экспрессией ключевого транскрипционного фактора Treg клеток FOXP3 [Tran et al., 2009a].

На сегодня FOXP3 – это наиболее специфический внутриклеточный маркер для Treg клеток. Ген *FOXP3* отвечает за развитие Treg клеток и их супрессорную функцию. Его высокая экспрессия обнаружена и в периферических $CD4^+CD25^+$ Treg клетках, и в $CD4^+CD25^+CD8^-$ тимоцитах мышей [Sakaguchi et al., 2010]. Однако недавно стали появляться сообщения о том, что FOXP3 могут экспрессировать и эффекторные Т-клетки после активации [Miyara et al., 2009b; Buckner, 2010]. Кроме того, показано, что экспрессия FOXP3 $CD4^+CD25^-$ Т-хелперными клетками не всегда сопровождается приобретением супрессорной функции и стабильного регуляторного фенотипа [Sakaguchi et al., 2010]. Поэтому вопрос об уникальном маркере для Treg клеток остается актуальным и в связи с этим поиск маркерных молекул, характерных только для Treg, активно продолжается.

Одной из попыток выделения очищенной популяции регуляторных Т-клеток, без активированных эффекторных Т-клеток, было предложение M. Kleinewietfeld с соавт. [2009] использовать антитела против молекулы CD49d, которая является α цепью интегрина VLA-4 и экспрессируется на поверхности широкого спектра иммунокомпетентных клеток. Они показали, что CD49d отсутствует на иммуносупрессорных $FOXP3^+$ Treg клетках. Очищение по CD49d удаляло загрязняющие интерферон-γ (IFN-γ) и интерлейкин (IL)-17 секретирующие клетки от $CD4^+CD25^{hi}$ Treg клеток, и полученная популяция, $CD4^+CD25^{hi}CD49d^-$, проявляла супрессорные свойства *in vitro* и *in vivo*.

Функциональная характеристика основных молекул регуляторных Т-клеток

Группа	Молекула	Роль молекулы в функционировании Treg клеток	Определена у		Источник
			мыши	человека	
Транскрипционные факторы	**FOXP3**	Контроль развития и функционирования Treg клеток	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	Helios	Не определена; экспрессируется nTreg клетками	+	+	Thornton et al., 2010
	Hopx	Поддержание iTreg супрессии	+	н. о.	Hawiger et al., 2010
Молекулы миграции	**αEβ7 интегрин (CD103)**	Локализация Treg клеток в эпителиальных тканях	+	+	Campbell, Koch, 2011
	CCR2, CCR4, CCR6, **CD62L**	Миграция Treg клеток	+	+	Campbell, Koch, 2011
	LFA-1 (CD11a/CD18)	Привлечение Treg клеток в окружение незрелых DC	+	+	Onishi et al., 2008
	CD304 (Nrp-1)	Четко не определена; возможно, участие в супрессии	+	-	Shevach, 2009
Молекулы активации	**CD45RO**	Маркер активированных Treg клеток	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	CD45RA	Маркер покоящихся Treg клеток	-	+	Sakaguchi et al., 2010
	CD25	α-цепь рецептора IL-2, потребление IL-2	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	HLA-DR	Маркер конечной стадии дифференциации Treg клеток	-	+	Sakaguchi et al., 2010
	CD127	Недостаток экспрессии определяет Treg клетки	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	CD69	Возможно, супрессия	+	+	Tran et al., 2009a
Молекулы, участвующие в супрессии	**CTLA-4**	Воздействие на APC	+	+	Shevach, 2009
	ICOS	Участие в Tr1 супрессии	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	LAP	Экспрессия комплекса LAP-mTGF-β	+	+	Tran et al., 2009a
	IL-10, IL-35	Ингибиторные цитокины	+	+	Vignali et al., 2008
	гранзимы, перфорин	Лизис эффекторных Т-клеток	Gr. B	Gr. A	Sakaguchi et al., 2010
	CD39-CD73	Гидролиз воспалительного внеклеточного АТФ	+	+	Mandapathil et al., 2010
	галектины 1, 9, 10	Участие в супрессии	+	+	Shevach, 2009
	FGL2	Снижение функционирования Т-эффекторов, DC	+	+	Shevach, 2009
	LAG3(CD223)	Индукция ингибиторного сигнала	+	+	Shevach, 2009
Другие молекулы, характерные для Treg клеток	**GITR**	Участие в регуляции Treg супрессорной активности	+	+	Shevach, 2009
	OX40 (CD134)	Участие в развитии и поддержании Treg клеток	+	+	Tran et al., 2009a
	4-1BB (CD137)	Индуцирует пролиферацию Treg клеток	+	+	Tran et al., 2009a
	CD95	Повышенная экспрессия определяет Tregs	+	+	Sakaguchi et al., 2010
	FR4	Не определена	+	н. о.	Ohkura et al., 2011
	GARP	Четко не определена; рецептор mTGF-β у Treg клеток	н. о.	+	Stockis et al., 2009
	CD27	Повышенная экспрессия определяет Treg клетки	+	+	Sakaguchi et al., 2010

Примечание. Выделенные молекулы относятся к маркерам регуляторных Т-клеток. Tregs – регуляторные Т-клетки; н. о. – не определено; Gr. – гранзим, DC – дендритные клетки, Tr1 – регуляторные Т-клетки типа 1.

Однако D. Q. Tran с соавт. [2009a] обнаружили экспрессию CD49d и на Treg клетках, что делает использование этой молекулы для идентификации регуляторных Т-клеток спорным. Эта же группа ученых предложила свой вариант выделения чистой популяции Treg клеток. Они выяснили, что с помощью комбинации молекул LAP (латентно-ассоциированный пептид), CD121a, CD121b (рецепторы IL-1 типа I и II соответственно) можно отделить активированные $FOXP3^+$ регуляторные Т-клетки от $FOXP3^-$ и $FOXP3^+$ нерегуляторных Т-клеток из периферической крови человека.

Еще одной молекулой, предлагаемой в качестве специфического маркера активированных регуляторных Т-клеток у человека, является GARP (glycoprotein-A repetitions predominant, или LRRC32), которая впервые была идентифицирована с помощью ДНК-микрочипного анализа группой D. Unutmaz [Wang et al., 2008]. Было показано, что белок GARP конститутивно отсутствует в покоящихся Treg клетках, но быстро накапливается на поверхности Treg клеток через 12–24 ч после активации. Экспрессия GARP была в 100 раз больше у активированных Treg клеток по сравнению с нерегуляторными Т-клетками (как активированными, так и покоящимися). Эктопическая экспрессия GARP в $CD45RO^-CD25^-$ наивных Т-клетках человека приводила к приобретению характерных для Treg клеток свойств: снижение продукции цитокинов (IFN-γ и IL-2), ослабление пролиферативной способности, появление супрессорной активности, а также частичного Treg фенотипа, определенного по увеличению экспрессии FOXP3, CD25, CD62L [Wang et al., 2008; Probst-Kepper et al., 2009]. Есть данные о том, что экспрессия GARP зависит от FOXP3. Недавно было показано, что GARP является рецептором латентного TGF-β (трансформирующий

фактор роста β) на поверхности активированных Treg клеток человека [Stockis et al., 2009; Tran et al., 2009b]. Очевидно, что молекула GARP играет немаловажную роль в функционировании Treg клеток, и ее исследование даст новое понимание биологии этих клеток.

Используя комбинацию молекул CD25, CD45RA, FOXP3, группа Sakaguchi [Miyara et al., 2009b] попыталась выделить популяции $CD4^+FOXP3^+$ Treg клеток, находящихся на разных стадиях развития и дифференцировки. Они показали, что популяция $CD25^+CD4^+FOXP3^+$ Т-клеток у человека состоит из трех фенотипически и функционально отличающихся субпопуляций: покоящиеся $CD25^+CD45RA^+FOXP3^{lo}$ Treg клетки (resting, rTreg), активированные $CD25^{hi}CD45RA^-FOXP3^{hi}$ Treg клетки (activated, aTreg), и цитокин-секретирующие $CD25^+CD45RA^-FOXP3^{lo}$ несупрессорные Т-клетки. Клетки aTreg, находящиеся на терминальной стадии дифференцировки, быстро погибали после активации, в то время как rTreg клетки пролиферировали и переходили в aTreg клетки *in vitro* и *in vivo*. Показано, что rTreg и aTreg клетки имеют сходную функцию, но поскольку экспрессия генов у них отличается, то предполагается, что для них характерны разные супрессорные механизмы.

Помимо основной популяции $CD4^+CD25^{hi}FOXP3^+$ Treg клеток идентифицировано еще несколько субпопуляций Т-клеток с супрессорными свойствами, но различными фенотипами. Их характеризуют на основе происхождения, функционирования, экспрессии клеточно-поверхностных маркеров и FOXP3. Исходя из этого, можно выделить следующие субпопуляции регуляторных Т-клеток: регуляторные Т-клетки типа 1 (Tr1, type 1 regulatory T cells), Т-хелперные клетки типа 3 (Th3, type 3 helper T cells), $CD8^+$ iTreg клетки (induced regulatory T cells), $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Treg клетки.

Клетки Tr1 образуются на периферии вне тимуса и поэтому относятся к адаптивным или индуцибельным регуляторным Т-клеткам (iTreg). iTreg клетки индуцируются под влиянием стимуляции активирующими агентами (в частности антигеном) и образуются в ходе иммунного ответа. Дифференцировка iTreg является антигензависимой и осуществляется при определенных условиях: в присутствии цитокинов, обладающих иммуномодулирующими свойствами и чувствительных к этим цитокинам APC [Fehervari, Sakaguchi, 2005; Beissert et al., 2006]. Клетки Tr1 в основном секретируют IL-10, а также в небольших количествах TGF-β и IL-5 [Fehervari, Sakaguchi, 2005; Beissert et al., 2006]. Они способны подавлять функции Th1 и Th2 как *in vitro*, так и *in vivo*. Tr1-клетки контролируют развитие аутоиммунных процессов, регулируют активацию наивных клеток и Т-клеток памяти, функции дендритных клеток (DC) и развитие иммунного ответа на различные патогены, аллоантигены, а также принимают участие в процессе опухолевого роста [Fehervari, Sakaguchi, 2005; Beissert et al., 2006]. Супрессорные свойства Tr1-клеток связаны в основном со способностью к секреции IL-10, поскольку их функции могут быть нарушены использованием анти-IL-10 моноклональными антителами (мАТ) [Beissert et al., 2006].

Th3 также относятся к индуцибельным регуляторным Т-клеткам, но в отличие от Tr1-клеток, Th3-клетки в большом количестве секретируют TGF-β и немного IL-10. Они подавляют развитие аутоиммунных заболеваний как в экспериментальных условиях, так и *in vivo*. Th3-клетки ингибируют пролиферацию и секрецию цитокинов клетками Th1, а также активацию как Th1, так и Th2. Функции Th3-клеток связаны с секрецией TGF-β и могут быть нарушены анти-TGF-β мАТ [Beissert et al., 2006].

К группе iTreg клеток помимо Tr1-клеток и Th3-клеток, экспрессирующих корецептор CD4, относят еще и $CD8^+$ регуляторные Т-клетки, такие как $CD8^+CD28^-$ клетки, $CD8^+CD122^+$, $CD8^+CD25^+FOXP3^+$ [Wang, 2008; Zheng et al., 2009].

Основной субпопуляцией $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ регуляторных Т-клеток считаются естественные или натуральные регуляторные Т-клетки (nTreg). Эти клетки формируются в процессе нормальной дифференцировки в тимусе, а не под действием антигенной стимуляции. В результате дифференцировки образуется небольшое количество nTreg клеток, обладающих относительно высоким сродством к аутоантигенам по сравнению с обычными $CD4^+$ Т-клетками [Beissert et al., 2006; Sakaguchi et al., 2010]. Хотя незрелые $FOXP3^+$ тимоциты найдены у человека, пока немного известно об условиях развития регуляторных Т-клеток в тимусе. На мышиных моделях установлено, что тимические стромальные клетки, включая кортикальные и медуллярные тимические эпителиальные клетки и DC, способствуют дифференциации и селекции Treg клеток. Также в тимическом микроокружении необходимо присутствие IL-2 и IL-7 для развития Treg клеток у мышей [Sakaguchi et al., 2010].

Среди $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Treg клеток могут встречаться возникшие на периферии адаптивные Treg клетки. Показано, что $FOXP3^+$ Treg клетки могут индуцироваться *in vitro* из наивных $CD4^+$ Т-клеток стимуляцией TGF-β или ре-

тиноевой кислотой у мышей и стимуляцией Т-клеточного рецептора (T-cell receptor, TCR) в присутствии TGF-β у человека. Такие FOXP3$^+$ iTreg клетки экспрессируют маркеры, ассоциированные с регуляторным фенотипом (такие как CD25, CTLA4 и CD127^{lo}), имеют способность к супрессии, но не проявляют характерного для CD4$^+$CD25$^+$FOXP3$^+$ nTreg профиля генной транскрипции [Sakaguchi et al., 2010].

Таким образом, обе эти субпопуляции – и индуцированные на периферии iTreg, и тимус-производные nTreg – экспрессируют FOXP3 и подавляют иммунный ответ. Однако естественные CD4$^+$CD25$^+$FOXP3$^+$ Treg клетки отличаются устойчивостью в отношении поддержания регуляторной функции и экспрессии FOXP3 на периферии [Sakaguchi et al., 2010]. Недавно были установлены признаки, разграничивающие истинные FOXP3$^+$ nTreg клетки и FOXP3$^+$ iTreg клетки. Во-первых, было найдено, что промоторный регион *FOXP3* гена nTreg клеток полностью деметилирован, в отличие от iTreg клеток, для которых был характерен метилированный промоторный регион *FOXP3* гена, что, как предполагает P. C. Janson с соавт. [2008], является причиной нестабильной экспрессии FOXP3 в Т-клетках [Baron et al., 2007; Janson et al., 2008]. Во-вторых, группой E. M. Shevach [Thornton et al., 2010] описан транскрипционный фактор Helios, член семейства Ikaros, который четко разделяет популяцию FOXP3$^+$ Treg клеток на две группы: FOXP3$^+$Helios$^+$ nTreg и FOXP3$^+$Helios$^-$ iTreg клетки. Было показано, что абсолютно все CD4$^+$CD8$^-$Foxp3$^+$ тимоциты экспрессировали этот транскрипционный фактор. Ни мышиные, ни человеческие наивные Т-клетки, индуцированные к экспрессии Foxp3 *in vitro* TCR стимуляцией в присутствии TGF-β, не экспрессировали Helios. Поэтому транскрипционный фактор Helios был предложен в качестве маркера тимус-производных nTreg клеток. В-третьих, для CD25$^+$Foxp3$^+$ iTreg клеток, индуцированных DC *in vivo*, отмечается высокий уровень экспрессии транскрипционного кофактора Hopx (или Hop – homeodomain only protein) [Hawiger et al., 2010]. Было установлено, что Hopx экспрессируется в 3 раза меньше в nTreg клетках, чем в iTreg клетках, и что *Hopx*-дефицитные iTreg клетки, индуцированные DC, теряли способность к супрессии, в то время как для функционирования nTreg клеток Hopx не требовался.

Таким образом, пул регуляторных Т-клеток весьма гетерогенен, и определение специфического поверхностного маркера является одной из ключевых задач, решение которой позволит более детально изучать свойства Treg клеток, новые механизмы супрессии, а также возможности использования их в иммунотерапии.

Механизмы иммунной супрессии с участием регуляторных Т-клеток

Иммунная супрессия, опосредованная регуляторными Т-клетками, направлена на разные типы иммунокомпетентных клеток. Мишенями для Treg супрессии могут стать CD4$^+$ и CD8$^+$ Т-клетки, В-клетки, DC, макрофаги, тучные клетки, NK- и NKT-клетки [Gri et al., 2008]. Широкий спектр супрессорных механизмов, используемых Treg клетками, E. M. Shevach [2009] делит на две основные группы по действию на клеточные мишени: способы супрессии, направленные на Т-клетки (супрессорные цитокины, потребление IL-2, цитолиз), и способы супрессии, направленные на APC (понижение костимуляции или снижение антигенной презентации). Также существует другая классификация механизмов супрессии, когда они подразделяются по способу действия. Это клеточно-контактная супрессия (при участии в межклеточном взаимодействии CTLA-4/B7, LAG3, TGF-β, цАМФ или гранзимов), супрессия, опосредованная локальной секрецией ингибиторных цитокинов (TGF-β, IL-10, IL-35), и конкурентное связывание факторов роста [Sojka et al., 2008].

Одним из механизмов опосредованной Treg клетками иммунной супрессии является конкуренция за фактор роста – IL-2, который необходим для нормального функционирования Т-лимфоцитов. К тому же IL-2 требуется для поддержания субпопуляции nTreg клеток на периферии и индукции iTreg клеток [Long et al., 2010]. Поскольку Treg клетки конститутивно экспрессируют CD25, а также еще два высоко аффинных компонента IL-2R – CD122 и CD132, это позволяет им преобладать в потреблении цитокина над наивными Т-клетками, которые экспрессируют CD25 только после TCR стимуляции. Treg клетки, потребляя IL-2 и конкурируя с Foxp3$^-$ Т-клетками, ингибируют тем самым их пролиферацию, что приводит к апоптозу, индуцированному недостатком цитокина и *in vitro*, и *in vivo*. Показано, что апоптоз клеток-мишеней был Bcl-2-зависимым, но независим от перфорина [Sojka et al., 2008; Shevach, 2009]. Таким образом, IL-2 оказался необходим регуляторным Т-клеткам не только для поддержания их гомеостаза *in vivo*, но и для выполнения их супрессорной функции *in vitro*. Однако в исследованиях с добавлением антител CD25 в систему «Treg клетки человека – Т-эффекторы мыши» было показано, что бло-

кирование связывания IL-2 анти-CD25 не влияет на функционирование Treg клеток человека [Sojka et al., 2008; Shevach, 2009]. Соответственно, конкуренция за IL-2 не может быть основным механизмом Treg-опосредованной супрессии.

Важное место в Treg супрессии занимают ингибиторные цитокины TGF-β и IL-10. Разные исследования показывали TGF-β- и/или IL-10-зависимые пути Treg-опосредованной супрессии. Но использование *in vitro* нейтрализующих антител или Т-клеток, которые не способны секретировать или отвечать на IL-10 и TGF-β, позволяет предполагать, что эти цитокины могут быть не столь существенны для функционирования Treg клеток. В то же время исследования и *in vitro*, и *in vivo* указывают на ключевую роль для Treg мембраносвязанного TGF-β (mTGF-β). Показано, что mTGF-β, продуцируемый Treg клетками, напрямую подавляет эффекторный Т-клеточный иммунный ответ [Vignali et al., 2008]. Определена различная значимость IL-10, продуцируемого Treg клетками при разных патологиях. Удаление IL-10 не приводило к развитию спонтанного системного аутоиммунитета, но являлось причиной осложнения патологии в толстой кишке у старых мышей и в легких у мышей с индуцированной гиперчувствительностью дыхательных путей. Предполагается, что функция IL-10, секретируемого Treg клетками, может быть ограничена контролем воспалительных иммунных ответов, индуцируемых патогенами или повреждениями извне [Vignali et al., 2008].

L. W. Collison с соавт. [2007] показали, что недавно описанный ингибиторный цитокин IL-35 способствует Treg клеточной супрессии. Они установили, что мышиные $CD4^+CD25^+$ Treg клетки конститутивно экспрессируют *Ebi3* и *Il12a* гены, которые совместно кодируют цитокин IL-35. Отмечено, что *Ebi3*$^{-/-}$ и *Il12a*$^{-/-}$ Treg клетки значительно снижали регуляторную активность *in vitro* и не были способны контролировать пролиферацию эффекторных Т-клеток и терапию IBD *in vivo*. В 2008 г. E. Bardel с соавт. [2008], изучая экспрессию *Ebi3* в некоторых популяциях лимфоцитов человека, показали, что Treg клетки, как покоящиеся, так и активированные, не экспрессируют *Ebi3* и не продуцируют определяемое количество IL-35. Однако недавно V. Chaturvedi с соавт. [2011] установили, что Treg клетки человека экспрессируют IL-35 и нуждаются в нем для проявления максимальной супрессорной активности. Также эти авторы отмечают, что исследуемая ими Treg-опосредованная супрессия была контакт-независимой, обусловлена супрессорным цитокином IL-35 и не нуждалась в IL-10 или TGF-β. Более того, такая супрессия приводила к конверсии подавляемых Т-эффекторов в iTr35 клетки – IL-35 индуцированная популяция Treg клеток. Таким образом, вопрос об участии IL-35 в Treg-опосредованной супрессии у человека остается не совсем ясным и требует дальнейшего изучения.

Описано участие некоторых галектинов в Treg-опосредованной иммуносупрессии. Показано, что галектин-1 высоко экспрессируется в $CD4^+CD25^+$ Treg клетках, особенно после их активации. Блокада связывания галектина-1 значительно снижает ингибиторные эффекты Treg клеток и у мышей, и у человека. Галектин-1 – член семейства лектинов. Он широко распространен в лимфоидных и нелимфоидных тканях и выполняет разнообразные иммунорегуляторные функции. Последствия связывания галектина-1 с его лигандами на Т-клетках проявляются в остановке клеточного цикла и апоптозе, а также в ингибировании продукции провоспалительных цитокинов, таких как IL-2 и IFN-γ [Garin et al., 2007]. Сообщается, что в функционировании регуляторных Т-клеток принимает участие галектин-9, который, возможно, влияет на дифференцировку Treg клеток, усиливая ее [Seki et al., 2008], а также галектин-10, ингибирование которого восстанавливает пролиферативную способность Treg клеток и частично отменяет их супрессорную функцию [Shevach, 2009].

Еще одним механизмом супрессии, опосредованной Treg клетками, может быть цитолиз клеток-мишеней. Исследования *in vitro* показали, что $CD4^+CD25^+$ Т-клетки экспрессируют гранзим А (у человека) и В (у мышей) [Grossman et al., 2004; Sakaguchi et al., 2010]. Эти клетки проявляют перфорин-зависимую цитотоксичность против аутологичных клеток-мишеней, включая активированные $CD4^+$ и $CD8^+$ Т-клетки, $CD14^+$ моноциты, DC [Grossman et al., 2004], а также NK-клетки [Cao et al., 2007].

Известно несколько механизмов Treg супрессии, связанных с презентацией антигена. Наиболее важным из них является снижение костимуляции на DC посредством взаимодействия их с молекулой CTLA-4. Известно, что регуляторные Т-клетки конститутивно экспрессируют эту молекулу и что использование анти-CTLA-4 мАТ отменяет подавление пролиферации эффекторных Т-клеток *in vitro*. Однако исследования *in vivo* с CTLA-4-дефицитными Treg клетками показывают, что супрессия только немного снижается. Предполагают, что взаимодействие CTLA-4 на Treg клетках с его ли-

гандами CD80 и CD86 на DC блокирует последующее увеличение экспрессии CD80 и CD86 или даже снижает их экспрессию, индуцированную антиген-специфичными эффекторными клетками. Таким образом, ингибирование экспрессии CD80 и CD86 Treg клетками ограничивает способность DC стимулировать наивные Т-клетки через CD28. Также возможно, что CTLA-4 на Treg клетках может взаимодействовать с CD80 и CD86, которые экспрессируются на активированных $Foxp3^-$ Т-клетках и тем же способом снижать функции Т-эффекторов [Shevach, 2009].

При участии CTLA-4 возможен супрессорный эффект Treg клеток посредством усиления экспрессии DC индоламина 2, 3-диоксигеназы (IDO). Во время взаимодействия CTLA-4 с CD80 и CD86, DC могут экспрессировать фермент IDO, который индуцирует катаболизм триптофана в проапоптотические метаболиты (например, кинуреин), подавляющие активацию эффекторных Т-клеток [Shevach, 2009]. В последнее время к IDO проявляют особый интерес в связи с обнаружением новых аспектов его участия в биологии Treg клеток. Выявлена способность IDO-экспрессирующих DC управлять дифференциацией наивных $CD4^+$ Т-клеток в $Foxp3^+$ iTreg, а также способность IDO-экспрессирующих DC напрямую активировать созревание Treg клеток и предупреждать индуцированную воспалением конверсию Treg клеток в провоспалительные Т-хелпер-подобные клетки [Munn, 2011].

Супрессия DC может опосредоваться еще одной молекулой, экспрессируемой Treg клетками – LAG-3 (lymphocyte activation gene3, CD223). Эта молекула LAG-3 может связывать молекулы MHC класса II с очень высокой аффинностью. Связывание LAG-3 с молекулами MHC класса II, которые экспрессируются незрелыми DC, приводит к остановке созревания и снижению иммуностимулирующих свойств DC [Liang et al., 2008].

Описано вовлечение в Treg иммуносупрессию и ряда других молекул, которые экспрессируются Treg клетками. Например, нейропилин-1 (Nrp-1) содействует длительному взаимодействию Treg клеток с незрелыми DC [Sarris et al., 2008]. Функционально-ассоциированный лимфоцитарный антиген-1 (LFA-1) способствует накоплению Treg клеток вокруг незрелых DC, конкурируя с наивными Т-лимфоцитами, а также понижая экспрессию CD80/CD86 [Onishi et al., 2008]. Фибриноген-подобный белок 2 (FGL2) снижает активное функционирование DC [Shalev et al., 2008]. Участвует в Treg иммуносупрессии и гемоксигеназа 1 (HO-1), которая проявляет сильный противовоспалительный и иммунорегулирующий эффект [Choi et al., 2005].

Супрессорное действие Treg клеток связывают также с изменением уровня циклического АМФ (цАМФ), увеличение которого ассоциируется с ингибированием клеточной пролиферации и дифференцировки, а у лимфоцитов еще и селективным подавлением генной экспрессии цитокинов, таких как IL-2, IFN-γ. Последние исследования показали, что регуляторные Т-клетки повышают уровень цАМФ, по меньшей мере, двумя путями: прямо поставляя цАМФ в активированные клетки-мишени через щелевой контакт [Sojka et al., 2008] и косвенно, продуцируя местно аденозин, посредством поверхностной экспрессии эктонуклеотидаз CD73 и CD39 [Mandapathil et al., 2010].

Помимо регуляторных Т-клеток супрессорная функция определена для нескольких типов клеток, включая $\gamma\delta$ Т-клетки, $CD4^+CD8^+$-клетки, NKT-клетки [Wang, 2008], NK-клетки [Caumartin et al., 2007] и $CD1d^{hi}CD5^+CD19^{hi}$ B-клетки [Iwata et al., 2011].

Содержание и локализация регуляторных Т-клеток

Популяция $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Т-клеток считается минорной и содержание Treg в периферической крови составляет около 5–10 % от $CD4^+$ Т-клеток у мышей и человека [Yang, Ansell, 2009]. Регуляторные Т-лимфоциты конститутивно присутствуют в лимфоидных тканях, но они могут быть найдены и в большинстве нелимфоидных тканей, даже в отсутствие воспаления. К примеру, было показано, что $CD4^+CD25^+Foxp3^+$ Treg клетки содержатся не только во вторичных лимфатических тканях, включая селезенку, подкожные периферические лимфоузлы, мезентериальные лимфоузлы, пейеровы бляшки, но и во всех исследуемых нелимфоидных тканях, таких как кожа, легкие, печень, слизистая оболочка кишечника и брюшной полости [Sather et al., 2007].

Экспрессия довольно широкого ряда молекул адгезии и хемотаксических молекул позволяет Treg клеткам активно распределяться по тканям организма и выполнять свои функции. Например, экспрессия интегрина αE (CD103) и хемокинового рецептора CCR4, а также способность продуцировать углеводные лиганды для P- и E-селектинов является важным для миграции и удерживания Treg клеток внутри кожи. Помимо этого, регуляторные Т-клетки экспрессируют целый ряд хоминговых рецепторов, к которым относятся CCR1, CCR2,

CCR4, CCR5, CCR6, CCR8, CCR9, CXCR3, CXCR4, CXCR5, CXCR6, интегрины α4β1(VLA4), αEβ7 и α4β7, предположительно участвующие в привлечении Treg клеток в места воспаления. Комбинация тех или иных рецепторов миграции Treg клеток зависит от ткани, вовлеченной в воспаление, а также типа воспалительного ответа. Например, при Th1 воспалительном ответе IFN-γ индуцирует экспрессию хемокинового рецептора CXCR3 к хемокинам CXCL9, CXCL10, CXCL11, а, следовательно, и миграцию $CXCR3^+$ Treg клеток в печень в модели гепатита, индуцированного конканавалином А [Campbell, Koch, 2011].

Экспрессия регуляторными Т-клетками хемокиновых рецепторов имеет большое значение в привлечении и накоплении этих клеток в места локализации опухоли. Так, исследования T. J. Curiel с соавт. [2004] показали, что $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Treg клетки при опухоли яичника экспрессируют CCR4 и мигрируют в направлении CCL22 в опухолевое микроокружение. Авторы считают, что опухолевые клетки и опухоль-ассоциированные макрофаги являются источником CCL22. Эти Treg клетки проявляли супрессорные свойства и были способны блокировать опухоль-специфичный иммунитет, способствуя опухолевому росту и неблагоприятному прогнозу выживаемости пациентов. Миграция $CCR4^+$ Treg клеток к CCL22 в места локализации опухоли определена и при других видах рака, например, у пациентов с опухолями молочной железы [Ménétrier-Caux et al., 2009], мозга [Jacobs et al., 2010], желудка [Mizukami et al., 2008]. Также сообщается об участии других хемокинов в привлечении Treg клеток в места опухолевого роста [Yang, Ansell, 2009].

У онкологических больных отмечается увеличенное количество $CD4^+CD25^{hi}$ Treg клеток в периферической крови, опухолевом микроокружении, в регионарных лимфатических узлах, в опухолевой ткани, асцитной жидкости. Причем их наибольшее скопление наблюдается именно среди опухоль-инфильтрирующих лимфоцитов [Curiel et al., 2004; Mizukami et al., 2008]. Показано, что повышенное содержание Treg клеток коррелирует со стадией рака, гистологическим типом и выживаемостью пациентов [Yang, Ansell, 2009].

Что касается аутоиммунных заболеваний, то данные о количестве Treg клеток у пациентов с аутоиммунной патологией сильно варьируют. Ранние анализы содержания Treg клеток при аутоиммунитете с использованием только антител к CD25 показывали значительное сокращение количества $CD4^+CD25^+$ Treg клеток [Kukreja et al., 2002]. С введением в использование FOXP3 как более специфического маркера Treg клеток исследователи стали получать более противоречивые результаты. Например, у пациентов с диабетом I типа не было найдено значительных различий в количестве $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ Treg клеток по сравнению с контролем [Buckner, 2010]. Также не наблюдалось различий в содержании $CD4^+CD25^{hi}$ Treg клеток в крови здоровых доноров и пациентов с рассеянным склерозом [Feger et al., 2007; Michel et al., 2008]. Однако некоторые исследования аутоиммунных заболеваний все же выявили изменения в численности Treg клеток. Так, при системной красной волчанке было показано снижение числа Treg клеток [Suen et al., 2009], а у пациентов с ревматоидным артритом, наоборот, увеличение их количества [Han et al., 2008]. Интересно, что в местах воспаления, таких как цереброспинальная жидкость при рассеянном склерозе, синовиальная жидкость при ревматоидном артрите, в коже при псориазе, содержание Treg клеток увеличено по сравнению с контролем [Buckner, 2010]. Похоже, что Treg клетки мигрируют в места воспаления, но заметного подавления чрезмерной иммунной реакции при этом не наблюдается.

Регуляторные Т-клетки при развитии опухолей. Возможности контроля иммунной супрессии

Известно, что опухоль обладает различными механизмами преодоления иммунологического надзора. Одним из них является формирование иммунологической толерантности к опухолевым клеткам, участие в котором принимают Treg клетки.

Многие исследования связывают увеличенное количество Treg клеток у онкологических пациентов с неблагоприятным прогнозом [Curiel et al., 2004; Ménétrier-Caux et al., 2009; Yang, Ansell, 2009]. Однако не существует прямого доказательства того, что высокое число Treg клеток характерно для неблагоприятного исхода у всех пациентов с онкологией.

Известно, что Treg клетки ингибируют иммунологический ответ на опухолевые клетки, но важным моментом является то, что опухоль сама активно участвует в накоплении Treg в местах ее локализации. Это становится возможным благодаря определенным механизмам. Во-первых, привлечение Treg клеток вызывается продукцией опухолевыми клетками и опухоль-инфильтрующими макрофагами хемокинов, таких как CCL22 и CCL5 [Yang, Ansell, 2009; Nishikawa, Sakaguchi, 2010]. Во-вторых,

накопление опухоль-инфильтрующих Treg клеток возможно благодаря генерации *de novo* путем конверсии их из $CD4^+CD25^-$ эффекторных Т-клеток или из наивных Т-клеток [Jarnicki et al., 2006; Shafer-Weaver et al., 2009]. Так, например, опухолевые В-клетки (при фолликулярной лимфоме В-клеток) индуцировали Т-клетки к экспрессии FOXP3 и к приобретению регуляторной функции, тогда как нормальные В-клетки не проявляли таких свойств [Ai et al., 2009]. Для индукции Т-клеток в супрессорные опухоль может секретировать TGF-β [Liu et al., 2007; Moo-Young et al., 2009] или использовать DC [Ghiringhelli et al., 2005]. Однако следует учитывать, что конверсия Т-клеток в Treg показана *in vitro* в клеточных культурах или на мышиных моделях, а случается ли она в условиях *in vivo,* не ясно. В-третьих, опухолевые клетки могут способствовать экспансии nTreg клеток в опухолевое микроокружение [Yang, Ansell, 2009; Elkorda et al., 2011]. В экспериментах *in vitro* показано, что супернатант клеточной линии лимфомы Ходжкина значительно увеличивал количество Treg клеток, а при меланоме Ходжкина DC поддерживали и способствовали экспансии $CD4^+FOXP3^+$ Treg клеток [Yang, Ansell, 2009].

О том, как функционируют регуляторные Т-клетки в местах локализации опухоли, известно немного. Так как опухолевые клетки способны индуцировать развитие Treg клеток, можно предположить, что Treg клетки могут распознавать опухолевые антигены и поэтому могут быть опухоль-специфичными [Yang, Ansell, 2009; Nishikawa, Sakaguchi, 2010]. В литературе описываются некоторые механизмы супрессии, которые реализуются регуляторными Т-клетками в опухолевом микроокружении. Так, например, у пациентов с меланомой $CD4^+CD25^{hi}FOXP3^+$ Treg клетки ингибировали пролиферацию $CD4^+CD25^-$ и $CD8^+$ Т-клеток контакт-зависимым путем. С другой стороны, на экспериментальной модели карциномы толстого кишечника CT26 показано, что в местах опухолевого роста присутствуют $CD4^+$ и $CD8^+$ Treg клетки, секретирующие IL-10 и TGF-β [Jarnicki et al., 2006]. У пациентов с плоскоклеточной карциномой головы и шеи была описана уникальная субпопуляция Treg клеток, продуцирующая и IL-10, и TGF-β1, которая не нуждалась в межклеточном контакте для ингибирования иммунного ответа [Сорочан и др., 2009]. В исследовании X. Sun с соавт. [2010] на мышиной модели метастатического рака печени было показано, что $CD4^+FOXP3^+$ Treg клетки ингибируют действие NK-клеток и способствуют росту метастазов CD39-зависимым путем.

Одним из способов индукции противоопухолевого ответа является преодоление иммунологической толерантности, и в этом случае Treg клетки становятся главной мишенью. В иммунотерапии, направленной на регуляторные Т-клетки, можно выделить три основных подхода: удаление Treg клеток, ослабление их супрессорной способности и воздействие на миграцию Treg клеток в места локализации опухоли.

Многие исследования показали, что системное или локальное истощение популяции $CD4^+CD25^+$ Treg клеток у мышей с различными типами опухоли приводит к усилению противоопухолевого иммунного ответа, как естественного, так и индуцированного вакцинацией, и ингибирует опухолевый рост [Nishikawa, Sakaguchi, 2010]. В качестве агентов, истощающих популяцию регуляторных Т-клеток, используются анти-CD25 мАТ, а также Denileukin difitox (DAB389IL-2), или Онтак, иммунотоксин, конъюгированный с IL-2, который способен избирательно уничтожать клетки с гиперэкспрессией CD25. Еще одним способом снижения количества $CD4^+CD25^+$ Treg клеток является введение низких доз химиотерапевтического препарата циклофосфамида [Сорочан и др., 2009; Nishikawa, Sakaguchi, 2010].

Снижение супрессорного эффекта наблюдается при воздействии на функционально значимые молекулы Treg клеток. Так, ослабление Treg супрессии показано при связывании CTLA-4 с помощью анти-CTLA-4 мАТ как на мышиных моделях опухолей, так и при лечении больных раком разных типов с использованием моноклональных антител ipilimumab (MDX-010) и tremelimumab (CP-675,206). Также ингибирующий эффект супрессорной функции Treg клеток был продемонстрирован для агонистических анти-GITR мАТ (DTA-1) и агонистических анти-OX-40 мАТ (OX86). Подавление функциональной активности Treg клеток может быть вызвано и с помощью Toll-подобных рецепторов. Так, например, показано, что TLR2 сигнал стимулирует пролиферацию $CD25^+CD4^+$ Treg клеток и индуцирует временную потерю супрессорной активности, что приводит к усилению противоопухолевого иммунного ответа [Сорочан и др., 2009; Nishikawa, Sakaguchi, 2010].

Использование агентов, вызывающих истощение популяции Treg клеток или ослабляющих их супрессорный эффект, показывает положительные, но относительно малоэффективные результаты. Более результативным чаще бывает применение комбинированной терапии. Так, например, использование иммуно-

токсина Онтак совместно с вакциной на основе DC приводило к 1000-кратному усилению иммунного ответа, тогда как одна вакцинация усиливала иммунный ответ в 50 раз у пациентов с метастатической карциномой почек [Dannull et al., 2005]. В другом исследовании подавление роста клеток меланомы у всех мышей отмечали при применении анти-CD25 мАТ в сочетании с внутриопухолевой трансфекцией гена IL-12, а введение только анти-CD25 мАТ было неэффективным [Сорочан и др., 2009].

Следует иметь в виду, что такие подходы могут иметь и негативные эффекты: истощение популяции Treg клеток или ослабление их функциональной активности могут привести к появлению аутоиммунных реакций. Также использование неспецифических для Treg клеток молекул, которые характерны и для активированных Т-лимфоцитов, воздействует на эффекторные Т-клетки, снижая их количество и ослабляя иммунный ответ.

Еще одним направлением в иммунотерапии рака, направленной на Treg клетки, может стать воздействие на хоминг регуляторных Т-клеток. Так, недавнее исследование M. C. B. Tan с соавт. [2009] показало, что блокада миграции $CD4^{+}FOXP3^{+}$ Treg клеток в места локализации опухоли за счет нарушения связывания CCR5/CCL5 ингибирует рост аденокарциномы поджелудочной железы.

На содержание и функционирование Treg клеток оказывают действие некоторые противоопухолевые препараты. Так, например, флударабин (FLU) останавливает экспансию Tr1-клеток *in vitro*, леналидомид и помалидомид ингибируют пролиферацию и супрессорное действие Treg клеток, иматиниб мезилат (Гливек, STI571) подавляет экспансию и функциональную активность Treg клеток *in vitro* и *in vivo* [Сорочан и др., 2009].

Регуляторные Т-клетки при аутоиммунных процессах. Возможности индукции иммунной супрессии

Аутоиммунные реакции в организме предполагают нарушение иммунологической толерантности, сопровождающейся избыточным образованием аутоантител и аутореактивных Т-клеток. Поскольку регуляторные Т-клетки непосредственно участвуют в поддержании иммунологической толерантности к собственным антигенам, то развитие аутоиммунных процессов в той или иной степени связано с недостаточностью этих клеток.

Наиболее сильно аутоиммунные реакции проявляются при генетических дефектах, затрагивающих развитие Treg клеток. Это, прежде всего, наблюдается у больных с IPEX-синдромом и scurfy мышей, которые развиваются в результате мутации гена *FOXP3/Foxp3* и связаны с множественными аутоиммунными поражениями. При генетически обусловленном дефиците IL-2 наблюдаются сходные поражения [Ярилин, Донецкова, 2006; Wing, Sakaguchi, 2010]. Также во многих исследованиях показано, что удаление Treg клеток провоцирует аутоиммунные процессы у экспериментальных мышей [Wing, Sakaguchi, 2010].

Предполагается, что нарушение иммунной регуляции с участием Treg клеток при аутоиммунных болезнях может быть вызвано тремя способами: (1) снижением количества Treg клеток и/или ослаблением их функционирования вследствие врожденных дефектов у склонных к аутоиммунитету людей; (2) подавлением супрессорной функции Treg клеток из-за хронического воспаления, которое развивается при аутоиммунных расстройствах; (3) становятся невосприимчивыми к супрессии аутореактивные эффекторные Т-клетки в результате подавления функционирования Treg клеток или экспрессии молекул, которые обеспечивают их резистентность [Bettini, Vignali, 2009].

Некоторые авторы связывают нарушение супрессорной функции Treg клеток с IL-2, ключевым цитокином для развития и поддержания nTreg клеток. В исследованиях с NOD мышами (non-obese diabetic mice, экспериментальная модель диабета I типа) было продемонстрировано, что ослабление функционирования Treg клеток в местах воспаления связано с пониженным уровнем IL-2 [Bettini, Vignali, 2009]. Другое исследование обнаруживает дефект в сигнальном пути IL-2R у Treg клеток пациентов с диабетом I типа. Это нарушение приводило к уменьшению восприимчивости Treg клеток к IL-2, и вследствие этого снижало его доступность Treg клеткам. Предполагается, что устойчивость Treg клеток у пациентов с аутоиммунным диабетом может быть снижена в местах воспаления в результате уменьшения чувствительности к IL-2, который продуцируется в процессе воспаления, хотя содержание популяции Treg клеток на периферии остается нормальным [Long et al., 2010]. Также на NOD мышах наблюдали недостаток FOXP3 экспрессии у Treg клеток, инфильтрирующих островковые клетки, связанный с ограниченной доступностью IL-2 [Tang et al., 2008].

Описаны случаи, когда в составе популяции Treg клеток в условиях аутоиммунитета идентифицировались субпопуляции, наличие или недостаток которых приводил к отклонениям.

Так, B. Fritzsching с соавт. [2011] обнаружили в цереброспинальной жидкости больных рассеянным склерозом субпопуляцию $CD45RO^{hi}CD95^{hi}$ Treg клеток, которая была высокочувствительна к CD95-опосредованному апоптозу. В другом исследовании [Fletcher et al., 2009] у пациентов с той же патологией отмечено пониженное количество $CD4^{+}FOXP3^{+}CD39^{+}$ Treg клеток в периферической крови, но не $CD4^{+}FOXP3^{+}CD39^{-}$ Treg клеток. Показано, что субпопуляция, экспрессирующая CD39, была способна подавлять не только пролиферацию эффекторных Т-клеток и продукцию IFN-γ, но и продукцию провоспалительного цитокина IL-17, секретируемого Th17 клетками и играющего негативную роль при развитии аутоиммунных заболеваний. Однако $CD39^{+}$ Treg клетки, выделенные из крови аутоиммунных больных, проявляли ослабленную способность к супрессии Th17 иммунного ответа, что, как предполагают авторы, вызывает накопление IL-17 и способствует развитию болезни. Еще одна группа ученых [Swainson et al., 2010] обнаружила, что Treg клетки, но не эффекторные Т-клетки, экспрессируют FcRL3 (Fc receptor-like protein 3), который является продуктом гена *FcRL3,* восприимчивого к аутоиммунным заболеваниям. Мутации в этом гене связаны с такими аутоиммунными заболеваниями, как ревматоидный артрит, аутоиммунный тиреоидит, системная красная волчанка. Установлено, что $FcRL3^{+}$ Treg клетки в отличие от $FcRL3^{-}$ Treg клеток были менее чувствительны к антигенной стимуляции в присутствии IL-2 и имели сниженную способность к супрессии пролиферации эффекторных Т-клеток *in vitro*. Эти авторы предполагают, что FcRL3 экспрессия связана с дисфункцией Treg клеток, которая может способствовать потере аутотолерантности и развитию аутоиммунитета.

В ряде исследований сообщалось, что в течение аутоиммунного воспаления причиной ослабленной супрессии являлись не регуляторные Т-клетки, а эффекторные Т-клетки, которые были чрезмерно активны и не поддавались Treg-опосредованной супрессии [Schneider et al., 2008; Buckner, 2010]. Так, A. Schneider с соавт. показали, что эффекторные Т-клетки пациентов с диабетом I типа были устойчивы к супрессии, опосредованной Treg клетками, выделенными из крови здоровых доноров. Причем эта устойчивость не зависела от источника Treg клеток (nTreg или iTreg клетки). Феномен резистентности эффекторных Т-клеток описан для некоторых экспериментальных моделей аутоиммунных заболеваний мышей, таких как диабет I типа (DO11.10 RIP-mOVA и NOD), рассеянный склероз EAE (experimental autoimmune encephalomyelitis), модель волчаночного синдрома MRL-lpr. Такая же резистентность Т-эффекторов была обнаружена и при аутоиммунных заболеваниях человека, таких как диабет I типа, системная красная волчанка, болезнь Крона, псориаз, ювенильный идиопатический артрит [Schneider et al., 2008; Buckner, 2010; Wehrens et al., 2011]. Механизмы, с помощью которых эффекторные Т-клетки становятся резистентными к супрессии, не известны. В настоящее время исследуются факторы, посредством которых патогенные Т-клетки могут избегать Treg-опосредованной супрессии. Описано вовлечение ингибиторной молекулы Smad7 в формирование устойчивости колитогенных $CD4^{+}$ Т-клеток на модели аутоиммунного IBD и в восстановление пролиферации этих клеток [Fantini et al., 2009]. Недавно показано, что гиперактивация протеинкиназы-B в воспалительных эффекторных Т-клетках была причиной потери их восприимчивости к Treg-опосредованной супрессии у пациентов с ювенильным идиопатическим артритом [Wehrens et al., 2011]. У больных псориазом сообщалась IL-6-опосредованная устойчивость к Treg клеточной супрессии [Goodman et al., 2009]. Также описано вовлечение в индукцию резистентности недостатка ганглиозида GM1 у патогенных эффекторных Т-клеток NOD мышей [Wu et al., 2011].

Успешные эксперименты по предупреждению развития аутоиммунных заболеваний у трансгенных мышей посредством переноса Treg клеток [Wing, Sakaguchi, 2010] свидетельствуют о возможности использования этих клеток в терапии аутоиммунных заболеваний для индукции иммунной супрессии. Иммунотерапия аутоиммунных процессов направлена на восстановление аутотолерантности с помощью усиления иммуносупрессии и ослабления аутореактивного иммунного ответа. Для достижения этого могут быть использованы следующие направления: антиген-специфичная и/или поликлональная активация и экспансия Treg клеток *in vivo*, снижение числа эффекторных Т-клеток *in vivo*, экспансия антиген-специфичных Treg клеток *in vitro* и перенос их обратно пациенту, преодоление резистентности патогенных эффекторных Т-клеток к Treg-опосредованной супрессии.

Поскольку Treg клетки являются функционально отдельной и зрелой популяцией Т-лимфоцитов, с разнообразным репертуаром TCR, то их обычная клональная экспансия через антигенную стимуляцию приводит к индукции антиген-специфичной иммуносупрессии. Было

показано на примере NOD мышей, что Treg клетки, специфичные к островковым клеткам, проявляли более сильную супрессию, чем поликлонально активированные Treg клетки. Также было отмечено, что Treg клеткам для активации супрессии требуется более низкая концентрация антигена, чем для активации наивных Т-клеток. Предполагается, что использование низких доз антигена может активировать Treg клетки, но не наивные или покоящиеся эффекторные Т-клетки [Miyara et al., 2009a].

Недавно было обнаружено, что ретиноевая кислота, метаболит витамина А, способствует дифференцировке FOXP3$^+$ Treg клеток из наивных Т-клеток в присутствии TGF-β и отсутствии IL-6. Эти индуцированные ретиноевой кислотой Treg клетки локализуются в пищеварительном тракте, особенно в слизистой кишечника [Ohkura et al., 2011]. Использование ретиноевой кислоты может быть полезно в установлении пищевой толерантности при IBD. В литературе обсуждаются и другие способы увеличения содержания Treg клеток *in vivo*. Так, предполагается, что введение IL-2 может способствовать экспансии антиген-стимулированных Treg клеток. Однако IL-2 является многофункциональным цитокином и может иметь разные последствия. Поэтому рекомендуют его использование в комбинации с другими стратегиями лечения [Miyara et al., 2009a]. Показано, что рапамицин (Sirolimus), ингибитор Akt-mTOR пути, у человека стимулирует *in vitro* экспансию nTreg через ингибирование пролиферации Т-эффекторных клеток и не препятствует генерации Treg клеток *de novo* из наивных CD4$^+$ Т-клеток. К тому же обработка рапамицином предупреждала диабет I типа у NOD мышей [Ohkura et al., 2011]. В другом исследовании продемонстрировано, что трихостатин А, ингибитор гистонной деацетилазы, допускает ацетилирование FOXP3 и поэтому усиливает функционирование и экспансию FOXP3$^+$ Treg клеточной популяции [Wing, Sakaguchi, 2010]. Также было показано, что пролиферация антиген-стимулированных Treg клеток *in vivo* и *in vitro* более устойчива к блокаде костимуляторов анти-CD4, анти-CD40L (CD154) мАТ. Использование этих молекул в присутствии антигена может снижать количество антиген-специфических эффекторных Т-клеток более значительно, чем антиген-специфичных FOXP3$^+$ Treg клеток, приводя к доминированию Treg клеток над эффекторными Т-клетками [Miyara et al., 2009a]. Рапамицин, анти-CD4, анти-CD154 мАТ и другие молекулы, которые увеличивают количество антиген-специфичных Treg клеток, могут использоваться в качестве биологических агентов для создания новых препаратов в лечении аутоиммунных заболеваний.

В настоящее время исследователи также активно пытаются найти подходы к усилению экспансии Treg клеток в условиях *in vitro* с целью введения их обратно в организм на моделях аутоиммунных болезней. Но значительных результатов пока не получено, поскольку это связано с выделением чистой популяции аутологичных Treg клеток, что в настоящее время затруднено в связи с отсутствием специфического маркера.

Заключение

Регуляторные Т-клетки играют важную роль в поддержании гомеостаза. В настоящее время определено несколько субпопуляций Treg клеток, описаны молекулы, с помощью которых можно отличать активированные Treg клетки, отделять FOXP3$^+$ nTreg клетки от FOXP3$^+$ iTreg клеток. Установлено несколько возможных механизмов Treg клеточной супрессии. Treg клетки могут подавлять активность других типов клеток экспрессией негативных костимуляторных молекул, индукцией противовоспалительных реакций эффекторных Т-клеток и APC, их лизисом, потреблением факторов роста или продукцией иммунорегуляторных цитокинов. Все описанные механизмы исследованы в основном *in vitro*, и пока нет ясности, какие же из этих механизмов Treg клетки реализуют *in vivo*. Скорее всего, для эффективной иммунной супрессии требуется участие целого ряда сложных межклеточных взаимодействий.

Нарушение баланса между Treg клетками и эффекторными Т-клетками приводит к развитию патологий. Так, элиминация или инактивация CD4$^+$CD25$^+$FOXP3$^+$ Treg клеток вызывает аутоиммунные заболевания, а также усиливает иммунный ответ на аллоантигены и опухолевые клетки. С другой стороны, многие исследователи указывают на повышение содержания Treg клеток в опухолевом микроокружении. Эти Treg клетки участвуют в формировании иммуносупрессии, подавляя противоопухолевый иммунный ответ и тем самым поддерживая опухолевую прогрессию. В настоящее время ведется активный поиск способов воздействия на регуляторные Т-клетки с целью их использования в иммунотерапии. Изучение клеточных и молекулярных основ развития и функционирования Treg клеток поможет созданию принципиально новых подходов в практической иммунологии.

Литература

Сорочан П. П., Громакова И. А., Прохач Н. Э. Регуляторные Т-клетки и новые стратегии противоопухолевой иммунотерапии // Международный медицинский журнал. 2009. № 2. С. 85–90.

Ярилин А. А., Донецкова А. Д. Естественные регуляторные Т-клетки и фактор FOXP3 // Иммунология. 2006. № 3. С. 176–188.

Ai W. Z., Hou J.-Z., Zeiser R. et al. Follicular lymphoma B cells induce the conversion of conventional $CD4^+$ T cells to T-regulatory cells // Int. J. Cancer. 2009. Vol. 124. P. 239–244.

Bardel E., Larousserie F., Charlot-Rabiega P. et al. Human $CD4^+CD25^+Foxp3^+$ regulatory T cells do not constitutively express IL-35 // J. Immunol. 2008. Vol. 181. P. 6898–6905.

Baron U., Floess S., Wieczorek G. et al. DNA demethylation in the human *FOXP3* locus discriminates regulatory T cells from activated $FOXP3^+$ conventional T cells // Eur. J. Immunol. 2007. Vol. 37, N 9. P. 2378–2389.

Beissert S., Schwarz A., Schwarz T. Regulatory T cells // J. Invest. Dermatol. 2006. Vol. 126. P. 15–24.

Bettini M., Vignali D. A. A. Regulatory T cells and inhibitory cytokines in autoimmunity // Curr. Opin. Immunol. 2009.Vol. 21, N 6. P. 612–618.

Buckner J. H. Mechanisms of impaired regulation by $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ regulatory T cells in human autoimmune diseases // Nat. Rev. Immunol. 2010. Vol. 10. P. 849–859.

Campbell D. J., Koch M. A. Phenotypical and functional specialization of $FOXP3^+$ regulatory T cells // Nat. Rev. Immunol. 2011. Vol. 11. P. 119–130.

Cao X., Cai S. F., Fehniger T. A. et al. Granzyme B and perforin are important for regulatory T cell-mediated suppression of tumor clearance // Immunity. 2007. Vol. 27. P. 635–646.

Caumartin J., Favier B., Daouya M. et al. Trogocytosis-based generation of suppressive NK cells // The EMBO Journal. 2007. Vol. 26. P. 1423–1433.

Chaturvedi V., Collison L. W., Guy C. S. et al. Cutting Edge: Human regulatory T cells require IL-35 to mediate suppression and infectious tolerance // J. Immunol. 2011. Vol. 186, N 12. P. 6661–6666.

Chen X., Zhou B., Li M. et al. $CD4^+CD25^+Foxp3^+$ regulatory T cells suppress *Mycobacterium tuberculosis* immunity in patients with active disease // Clin. Immunol. 2007. Vol. 123, N 1. P. 50–59.

Choi B. M., Pae H. O., Jeong Y. R. et al. Critical role of heme oxygenase-1 in Foxp3-mediated immune suppression // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2005. Vol. 327. P. 1066–1071.

Collison L. W., Workman C. J., Kuo T. T. et al. The inhibitory cytokine IL-35 contributes to regulatory T-cell function // Nature. 2007. Vol. 450. P. 566–571.

Curiel T. J., Coukos G., Zou L. et al. Specific recruitment of regulatory T cells in ovarian carcinoma fosters immune privilege and predicts reduced survival // Nat. Med. 2004. Vol. 10. P. 942–949.

Dannull J., Su Z., Rizzieri D. et al. Enhancement of vaccine-mediated antitumor immunity in cancer patients after depletion of regulatory T cells // J. Clin. Invest. 2005. Vol. 115, N 12. P. 3623–3633.

Elkorda E., Sharma S., Burt D. J., Hawkins R. E. Expanded subpopulation of $FoxP3^+$ T regulatory cells in renal cell carcinoma co-express Helios, indicating they could be derived from natural but not induced Tregs // Clin. Immonol. 2011. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521661611001367.

Fantini M. C., Rizzo A., Fina D. et al. Smad7 controls resistance of colitogenic T cells to regulatory T cell-mediated suppression // Gastroenterology. 2009. Vol. 136. P. 1308–1316.e3

Feger U., Luther C., Poeschel S. et al. Increased frequency of $CD4^+CD25^+$ regulatory T cells in the cerebrospinal fluid but not in the blood of multiple sclerosis patients // Clin. Exp. Immunol. 2007. Vol. 147. P. 412–418.

Fehervari Z., Sakaguchi S. $CD4^+$ regulatory cells as a potential immunotherapy // Phil. Trans. R. Soc. B. 2005. Vol. 360. P. 1647–1661.

Filaci G., Fenoglio D., Fravega M. et al. $CD8^+CD28^-$ T regulatory lymphocytes inhibiting T cell proliferative and cytotoxic functions infiltrate human cancers // J. Immunol. 2007. Vol. 179. P. 4323–4334.

Fletcher J. M., Lonergan R., Costelloe L. et al. $CD39^+Foxp3^+$ regulatory T cells suppress pathogenic Th17 cells and are impaired in multiple sclerosis // J. Immunol. 2009. Vol. 183, N 11. P. 7602–7610.

Fritzsching B., Haas J., König F. et al. Intracerebral human regulatory T cells: analysis of $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ T cells in brain lesions and cerebrospinal fluid of multiple sclerosis patients // PLoS ONE. 2011. Vol. 6, N 3. e17988.

Garin M. I., Chu C.-C., Golshayan D. et al. Galectin-1: a key effector of regulation mediated by $CD4^+CD25^+$ T cells // Blood. 2007. Vol. 109, N 5. P. 2058–2065.

Ghiringhelli F., Puig P. E., Roux S. et al. Tumor cells convert immature myeloid dendritic cells into TGF- β–secreting cells inducing $CD4^+CD25^+$ regulatory T cell proliferation // JEM. 2005. Vol. 202, N 7. P. 919–929.

Goodman W. A., Levine A. D., Massari J. V. et al. IL-6 signaling in psoriasis prevents immune suppression by regulatory T cells // J. Immunol. 2009. Vol. 183, N 5. P. 3170–3176.

Gri G., Piconese S., Frossi B. et al. $CD4^+CD25^+$ regulatory T cells suppress mast cell degranulation and allergic responses through OX40-OX40L interaction // Immunity. 2008. Vol. 29, N 5. P. 771–781.

Grossman W. J., Verbsky J. W., Barchet W. et al. Human T regulatory cells can use the perforin pathway to cause autologous target cell death // Immunity. 2004. Vol. 21, N 4. P. 589–601.

Han G. M., O'Neil-Andersena N. J., Zurierb R. B., Lawrence D. A. $CD4^+CD25^{high}$ T cell numbers are enriched in the peripheral blood of patients with rheumatoid arthritis // Cell. Immunol. 2008. Vol. 253. P. 92–101.

Hawiger D., Wan Y. Y., Eynon E. E., Flavell R. A. Homeodomain only protein is required for the function of induced regulatory T cells in dendritic cell-mediated peripheral T cell unresponsiveness // Nat. Immunol. 2010. Vol. 11, N 10. P. 962–968.

Iwata Y., Matsushita T., Horikawa M. et al. Characterization of a rare IL-10–competent B-cell

subset in humans that parallels mouse regulatory B10 cells // Blood. 2011. Vol. 117, N 2. P. 530–541.

Jacobs J. F. M., Idema A. J., Bol K. F. et al. Prognostic significance and mechanism of Treg infiltration in human brain tumors // J. Neuroimmunol. 2010. Vol. 225. P. 195–199.

Janson P. C., Winerdal M. E., Marits P. et al. FOXP3 promoter demethylation reveals the committed Treg population in humans // PLoS ONE. 2008. Vol. 3. e1612.

Jarnicki A. G., Lysaght J, Todryk S., Mills K. H. G. Suppression of antitumor immunity by IL-10 and TGF-β-producing T cells infiltrating the growing tumor: influence of tumor environment on the induction of $CD4^+$ and $CD8^+$ regulatory T cells // J. Immunol. 2006. Vol. 177. P. 896–904.

Kiniwa Y., Miyahara Y., Wang H. Y. et al. $CD8^+FOXP3^+$ regulatory T cells mediate immunosuppression in prostate cancer // Clin. Cancer Res. 2007. Vol. 13. P. 6947–6958.

Kleinewietfeld M., Starke M., Mitri D. D. et al. CD49d provides access to «untouched» human $Foxp3^+$ Treg free of contaminating effector cells // Blood. 2009. Vol. 113, N 4. P. 827–836.

Kukreja A., Cost G., Marker J. et al. Multiple immuregulatory defects in type 1 diabetes // J. Clin. Invest. 2002. Vol. 109. P. 131–140.

Liang B. T., Workman C., Lee J. et al. Regulatory T cells inhibit dendritic cells by lymphocyte activation gene-3 engagement of MHC class II // J. Immunol. 2008. Vol. 180. P. 5916–5926.

Liu V. C., Wong L. Y., Jang T. et al. Tumor evasion of the immune system by converting $CD4^+CD25^-$ T cells into $CD4^+CD25^+$ T regulatory cells: role of tumor-derived TGF-β // J. Immunol. 2007. Vol. 178. P. 2883–2892.

Long S. A., Cerosaletti K., Bollyky P. L. et al. Defects in IL-2R signaling contribute to diminished maintenance of FOXP3 expression in $CD4^+CD25^+$ regulatory T-cells of type 1 diabetic subjects // Diabetes. 2010. Vol. 59, N 2. P. 407–415.

Mandapathil M., Hilldorfer B., Szczepanski M. J. et al. Generation and accumulation of immunosuppressive adenosine by human $CD4^+CD25^{high}FOXP3^+$ regulatory T cells // Journal of Biological Chemistry. 2010. Vol. 285. P. 7176–7186.

Ménétrier-Caux C., Gobert M., Caux C. Differences in tumor regulatory T-cell localization and activation status impact patient outcome // Cancer Res. 2009. Vol. 69. P. 7895–7898.

Michel L., Berthelot L., Pettré S. et al. Patients with relapsing-remitting multiple sclerosis have normal Treg function when cells expressing IL-7 receptor α-chain are excluded from the analysis // J. Clin. Invest. 2008. Vol. 118. P. 3411–3419.

Miyara M., Wing K., Sakaguchi S. Therapeutic approaches to allergy and autoimmunity based on $FoxP3^+$ regulatory T-cell activation and expansion // J. Allergy Clin. Immunol. 2009a. Vol. 123, N 4. P. 749–755.

Miyara M., Yoshioka Y., Kitoh A. et al. Functional delineation and differentiation dynamics of human $CD4^+$ T cells expressing the FoxP3 transcription factor // Immunity. 2009b. Vol. 30. P. 899–911.

Mizukami Y., Kono K., Kawaguchi Y. et al. CCL17 and CCL22 chemokines within tumor microenvironment are related to accumulation of $Foxp3^+$ regulatory T cells in gastric cancer // Int. J. Cancer. 2008. Vol. 122. P. 2286–2293.

Moo-Young T. A., Larson J. W., Belt B. A. et al. Tumor-derived TGF-beta mediates conversion of $CD4^+Foxp3^+$ regulatory T cells in a murine model of pancreas cancer // Journal of Immunotherapy. 2009. Vol. 32. P. 12–21.

Munn D. H. Indoleamine 2, 3-dioxygenase, Tregs and cancer // Curr. Med. Chem. 2011. Vol. 18, N 15. P. 2240–2246.

Nakamura K., Kitani A., Strober W. Cell contact-dependent immunosuppression by cell surface-bound transforming growth factor beta // J. Exp. Med. 2001. Vol. 194. P. 629–644.

Nishikawa N., Sakaguchi S. Regulatory T cells in tumor immunity // Int. J. Cancer. 2010. Vol. 127. P. 759–767.

Ohkura N., Hamaguchi M., Sakaguchi S. $FOXP3^+$ regulatory T cells: control of FOXP3 expression by pharmacological agents // Trends in Pharmacological Sciences. 2011. Vol. 32, N 3. P. 158–166.

Onishi Y., Fehervari Z., Yamaguchi T., Sakaguchi S. $Foxp3^+$ natural regulatory T cells preferentially form aggregates on dendritic cells in vitro and actively inhibit their maturation // PNAS. 2008. Vol. 105, N 29. P. 10113–10118.

Probst-Kepper M., Geffers R., Kröger A. et al. GARP: a key receptor controlling FOXP3 in human regulatory T cells // J. Cell. Mol. Med. 2009. Vol. 13, N 9b. P. 3343–3357.

Sakaguchi S., Sakaguchi N., Asano M. et al. Immunologic self-tolerance maintained by activated T cells expressing IL-2 receptor α-chains (CD25). Breakdown of a single mechanism of self-tolerance causes various autoimmune diseases // J. Immunol. 1995. Vol. 155. P. 1151–1164.

Sakaguchi S., Miyara M., Costantino C. M., Hafler D. A. $FOXP3^+$ regulatory T cells in the human immune system // Nat. Rev. Immunol. 2010. Vol. 10. P. 490–500.

Salama P., Phillips M., Grieu F. et al. Tumor-infiltrating $FOXP3^+$T regulatory cells show strong prognostic significance in colorectal cancer // J. Clin. Oncol. 2009. Vol. 27. P. 186–192.

Sarris M., Anderson K. G., Randow F. et al. Neuropilin-1 expression on regulatory T cells enhances their interactions with dendritic cells during antigen recognition // Immunity. 2008. Vol. 28. P. 402–413.

Sather B. D., Treuting P., Perdue N. et al. Altering the distribution of $Foxp3^+$ regulatory T cells results in tissue-specific inflammatory disease // JEM. 2007. Vol. 204, N 6. P. 1335–1347.

Schneider A., Rieck M., Sanda S. et al. The effector T cells of diabetic subjects are resistant to regulation via $CD4^+FOXP3^+$ regulatory T cells // J. Immunol. 2008. Vol. 181, N 10. P. 7350–7355.

Seki M., Oomizu S., Sakata K. et al. Galectin-9 suppresses the generation of Th17, promotes the induction of regulatory T cells, and regulates experimental autoimmune arthritis // Clin. Immunol. 2008. Vol. 127. P. 78–88.

Shafer-Weaver K. A., Anderson M. J., Stagliano K. et al. Cutting edge: Tumor-specific CD8$^+$T cells infiltrating prostatic tumors are induced to become suppressor cells // J. Immunol. 2009. Vol. 183. P. 4848–4852.

Shalev I., Liu H., Koscik C. et al. Targeted deletion of *fgl2* leads to impaired regulatory T cell activity and development of autoimmune glomerulonephritis // J. Immunol. 2008. Vol. 180, N 1. P. 249–260.

Shevach E. M. Mechanisms of Foxp3+ T regulatory cell-mediated suppression // Immunity. 2009. Vol. 30. P. 636–645.

Sojka D. K., Huang Y., Fowell D. J. Mechanisms of regulatory T-cell suppression – a diverse arsenal for a moving target // Immunology. 2008. Vol. 124. P. 13–22.

Stockis J., Colau D., Coilie P. G., Lucas S. Membrane protein GARP is a receptor for latent TGF-beta on surface of activated human Treg // Eur. J. Immunol. 2009. Vol. 39. P. 3315–3322.

Suen J., Li H., Jong Y. et al. Altered homeostasis of CD4$^+$Foxp3$^+$ regulatory T cell subpopulations in systemic lupus erythematosus // Immunology. 2009. Vol. 127. P. 196–205.

Sun X., Wu Y., Gao W. et al. CD39/ENTPD1 expression by CD4$^+$Foxp3$^+$ regulatory T cells promotes hepatic metastatic tumor growth in mice // Gastroenterology. 2010. Vol. 139, N 3. P. 1030–1040.

Swainson L. A., Mold J. E., Bajpai U. D., McCune J. M. Expression of the autoimmune susceptibility gene *FcRL3* on human regulatory T cells is associated with dysfunction and high levels of programmed cell death-1 // J. Immunol. 2010. Vol. 184, N 7. P. 3639–3647.

Tan M. C. B., Goedegebuure P. S., Belt B. A. et al. Disruption of CCR5-dependent tumor growth in a murin model of pancreatic cancer // J. Immunol. 2009. Vol. 182. P. 1746–1755.

Tang Q., Adams J. Y., Penaranda C. et al. Central role of defective interleukin-2 production in the triggering of islet autoimmune destruction // Immunity. 2008. Vol. 28, N 5. P. 687–697.

Thornton A. M., Korty P. E., Tran D. Q. et al. Expression of Helios, an Ikaros transcription factor family member, differentiates thymic-derived from peripherally induced Foxp3+ T regulatory cells // J. Immunol. 2010. Vol. 184, N 7. P. 3433–3441.

Tran D. Q., Andersson J., Hardwick D. et al. Selective expression of latency-associated peptide (LAP) and IL-1 receptor type I/II (CD121a/CD121b) on activated human FOXP3+ regulatory T cells allows for their purification from expansion cultures // Blood. 2009a. Vol. 113. P. 5125–5133.

Tran D. Q., Andersson J., Wang R. et al. GARP (LRRC32) is essential for the surface expression of latent TGF-beta on platelets and activated FOXP3+ regulatory T cells // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2009b. Vol. 106. P. 13445–13450.

Vignali D. A. A., Collison L. W., Workman C. J. How regulatory T cells work // Nat. Rev. Immunol. 2008. Vol. 8, N 7. P. 523–532.

Wang R. F. CD8$^+$ regulatory T cells, their suppressive mechanisms, and regulation in cancer // Hum. Immunol. 2008. Vol. 69, N 11. P. 811–814.

Wang R., Wan Q., Kozhaya L. et al. Identification of a regulatory T cell specific cell surface molecule that mediates suppressive signals and induces Foxp3 expression // PLoS ONE. 2008. Vol. 3, N 7. e2705

Wehrens E. J., Mijnheer G., Duurland C. L. et al. Functional human regulatory T cells fail to control autoimmune inflammation due to PKB/c-akt hyperactivation in effector cells // Blood. 2011. URL: http://bloodjournal.hematologylibrary.org/content/early/2011/08/08/blood-2010-12-328187.abstract.

Wing K., Sakaguchi S. Regulatory T cells exert checks and balances on self tolerance and autoimmunity // Nat. Immunol. 2010. Vol. 11, N 1. P. 7–13.

Wu G., Lu Z. H., Gabius H. J. et al. Ganglioside GM1 deficiency in effector T cells from NOD mice induces resistance to regulatory T-cell Suppression // Diabetes. 2011. URL: http://diabetes.diabetesjournals.org/content/early/2011/07/20/db10-1309.abstract.

Yang G., Liu A., Xie Q. et al. Association of CD4$^+$CD25$^+$Foxp3$^+$ regulatory T cells with chronic activity and viral clearance in patients with hepatitis B // Int. Immunol. 2007. Vol. 19, N 2. P. 133–140.

Yang Z. Z., Ansell S. M. The role of Treg cells in the cancer immunological response // Am. J. Immunol. 2009. Vol. 5, N 1. P. 17–28.

Zheng J., Liu Y., Qin G. et al. Efficient induction and expansion of human alloantigen-specific CD8 regulatory T cells from naïve precursors by CD40-activated B cells // J. Immunol. 2009. Vol. 183. P. 3742–3750.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Жулай Галина Анатольевна
аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: zhgali-111@rambler.ru
тел.: (8142) 769810

Олейник Евгения Константиновна
руководитель группы иммунологии, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ole@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Zhulaj, Galina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: zhgali-111@rambler.ru
tel.: (8142) 769810

Oleinik, Evgenia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ole@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 18–25

УДК 577.115.3: 591.524.1: 597.2/.5 (98)

ВЛИЯНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ (МАРКЕРОВ ПИЩЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ РЫБ) НА МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ШИРОТ (Обзор)

С. А. Мурзина, З. А. Нефедова, Н. Н. Немова

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В обзоре представлены собственные и литературные данные жирнокислотного состава липидов морских гидробионтов высоких широт, связанных пищевыми отношениями. Установлена отличительная особенность мальков от взрослых рыб люмпена (*Leptoclinus maculatus*) накапливать в течение короткого арктического лета в жировом мешке и мышцах специфические жирные кислоты в составе запасных липидов. Такое запасание энергетических липидов является отражением одного из физиолого-биохимических механизмов адаптации рыб, определяющих дальнейшую жизненную стратегию и оптимальное существование личинок люмпена в условиях Арктики.

Ключевые слова: жирные кислоты, липиды, биохимическая адаптация, морские гидробионты.

S. A. Murzina, Z. A. Nefyodova, N. N. Nemova. EFFECTS OF FATTY ACIDS (BIOMARKERS OF FOOD SOURCES) ON THE MECHANISMS OF FISH ADAPTATION IN HIGH LATITUDES

The review summarizes both the authors' own and published data on the fatty acid composition of lipids in high latitude marine aquatic organisms connected by food relations. Special attention was paid to the content of specific fatty acids in *Leptoclinus maculatus* larvae, distinguishing them from adults. Fry accumulated specific fatty acids, derived from food over the short Arctic summer, in the neutral lipids stored in the lipid sac and muscles. The storage of energy lipids by larvae represents a physiological and biochemical mechanism of fish adaptation, which predetermines the life strategy and guarantees the survival of the larvae in the Arctic.

Key words: fatty acids, lipids, biochemical adaptation, marine aquatic organisms.

Исследования липидного состава организмов, связанных пищевыми отношениями, позволяют проследить пути трансформации и передвижения липидов и их жирнокислотных компонентов по звеньям пищевой цепи, а также определить значение организмов начальных трофических уровней в накоплении липидов. Пищевые цепи в пелагических морских экосистемах берут начало от фитопланктона (первичных продуцентов), и далее передача и трансформация вещества и энергии осуществляется путем поглощения фитопланктона растительноядными организмами – зоопланктоном – рыбами – до млекопитающих более высоких трофических уровней [Falk-Petersen et al., 1990]. Основным источником, определяю-

щим спектр жирных кислот (ЖК) липидов рыб, является жирнокислотный состав организмов предыдущих трофических уровней [Graeve et al., 1997; Mayzaud et al., 2007]. Качественное и количественное содержание ЖК в тканевых липидах тех или иных видов рыб и их пищевых объектов зависит от ряда физиологических и трофо-экологических факторов среды.

Водные беспозвоночные составляют основную массу питания рыб и поставляют им незаменимые полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), такие как линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты, а также отдельные мононенасыщенные ЖК (МНЖК), которые не могут синтезироваться в организме рыб *de novo* [Falk-Petersen et al., 2001]. Основную часть ПНЖК беспозвоночные зоопланктона (в частности, *Calanus* spp.) получают с триацилглицеринами (ТАГ) фитопланктона и переводят их в насыщенные, моноеновые ЖК и жирные спирты, которые депонируются в составе ТАГ и восковых эфиров в их теле [Sargent, Henderson, 1986]. Известно, что после полного расходования ТАГ зоопланктоном (в период голодания) в их организме активируются восковые липазы, в результате чего становится возможным потребление эфиров восков [Sargent et al., 1977; Lee et al., 2006]. В организме рыб эфиры восков, поступающие с зоопланктоном, могут вновь трансформироваться в ТАГ.

Длинноцепочечные мононенасыщенные ЖК и спирты (20:1(n-9) и 22:1(n-11)) синтезируются *de novo* только растительноядными видами *Calanus* (*Calanus glacialis, Calanus finmarchicus* и др.), поэтому их можно считать биомаркерами этих организмов [Falk-Petersen et al., 1990; Lee et al., 2006; Graeve et al., 2008]. Для морского зоопланктона незаменимыми считаются 20:5(n-3), 22:6(n-3) кислоты, которые они получают при питании фитопланктоном, и поэтому повышение транспорта энергии (в форме ЖК) от первичных продуцентов к консументам (молодь рыбы) может быть связано с высоким содержанием этих ЖК в фитопланктоне [Muller-Navarra, 2000; Møller, 2006]. В арктических водах в составе фитопланктона доминируют диатомовые водоросли и динофлагелляты. В первой группе водорослей жирные кислоты представлены, в основном, 16:1(n-7) и 20:5(n-3), во второй – 18:4(n-3) и 22:6(n-3) ПНЖК, которые являются биомаркерами этих водорослей [Kattner et al., 1989; Scott et al., 2000, 2002; Lee et al., 2006; Wold et al., 2007; Graeve et al., 2008]. Значительное количество этих кислот обычно накапливается в теле копепод при весеннем цветении фитопланктона [Kattner et al., 1989; Graeve et al., 2008]. Жирные кислоты по пищевой цепи (фитопланктон – зоопланктон) поступают в организм рыб, где они депонируются до момента снижения биопродуктивности фитопланктона (осенью). Накопление специфических жирных кислот такой структуры является одной из главных особенностей рыб арктического региона.

У пелагических рыб синтез жирных кислот С20 и С22 не выявлен, поэтому считается, что в организм рыб они поступают только с пищей [Sargent et al., 1989; Falk-Petersen et al., 1990]. Показано, что рыбы и некоторые животные Арктики накапливают липиды в течение небольшого срока (несколько недель в году), чтобы поддерживать метаболические процессы на оптимальном уровне в течение продолжительного зимнего периода (Kosobokova, 1978; Mumm et al., 1998; Ashjian et al., 2003]. Особенно это относится к депонированию и использованию запасных липидов – ТАГ и эфиров восков. Установлено, что в летний сезон у мальков люмпена из нескольких биотопов северо-западного Шпицбергена в мышцах и липидном мешке преобладали моноеновые ЖК (до 58 и 69 % суммы ЖК, соответственно), среди которых доминировали 20:1(n-9) и 22:1(n-11), а также 16:1(n-7) ЖК, причем уровень первой превалировал в мышцах, а второй – в липидном мешке [Мурзина, 2010]. Основным объектом питания мальков люмпена пятнистого являются растительноядные виды *Calanus*, в которых ЖК синтезируются *de novo* [Falk-Petersen et al., 1986b; Graeve et al., 2008]. Отличительной особенностью пелагических мальков люмпена является эффективное накопление (в течение короткого арктического лета) в жировом мешке и мышцах специфических ЖК 20:1(n-9) и 22:1(n-11) в составе ТАГ и восковых эфиров, что свидетельствует о биохимической адаптации на уровне этих специфических кислот. Следует заметить, что жировой мешок мальков – уникальное адаптивное образование тела, в котором накапливаются высокоэнергетические липидные компоненты пищи для последующего использования в течение долгой и продолжительной арктической зимы.

Моноеновые 20:1(n-9), 22:1(n-11) ЖК у мальков крайне слабо используются как структурные компоненты по сравнению с их запасной функцией из-за их физико-химических свойств. Включение этих ЖК в образование липидной матрицы сильно понижает жидкостность мембраны вследствие более высокой температуры плавления кислот. В условиях Арктики при низкой температуре воды наличие данных ЖК в липидном бислое мембраны крайне невыгодно для организма малька [Koynova,

Caffrey, 1998]. Для тканей антарктических рыб показано, что моноеновые ЖК в составе ТАГ в первую очередь подвергаются окислению по сравнению с длинноцепочечными насыщенными ЖК, и их рассматривают как основной источник энергии в метаболических процессах [Sidell, 1991; Sidell et al., 1995; Sidell, Hazel, 2002]. Специфика окисления жирных кислот, которые входят в состав ТАГ жировой ткани рыб, сводится к их избирательному использованию в отдельные периоды жизни и при разных условиях среды. Как уже отмечалось, корреляция между температурой и жирнокислотным составом липидов проходит через всю пищевую цепь рыб и выражается в увеличении ненасыщенности липидов при более низких температурах [Cossins, Prosser, 1978; Falk-Petersen et al., 1990; Сущик, 2008; Velansky, Kostetsky, 2008]. Высокий уровень липидов у гидробионтов коррелирует с повышенным поступлением кислорода в клетку [Pörtner et al., 2005; Brodte et al., 2008]. Существенная доля пищевых ЖК поступает в запасные липиды – ТАГ или воска в неизменном виде, однако имеются некоторые характерные различия в составе ЖК у отдельных групп рыб, связанные в основном с разным спектром питания. Мальки люмпена из трех биотопов различались уровнем МНЖК в данных органах, что связано с разными биотическими и абиотическими условиями их поступления и расходования.

Пищевые объекты глубоководных гидробионтов по сравнению с пелагическими характеризуются неравномерным распределением. Иногда решающим может стать фактор их доступности. Донные виды рыб, в том числе люмпен пятнистый, отличаются особенностью максимально переваривать и усваивать компоненты, поступающие с пищей, для более полного получения энергии [Drazen et al., 2007] в связи с суровыми условиями среды – низкой температурой, пониженной освещенностью, коротким периодом пищевой обеспеченности. Ранее было показано, что основными объектами питания взрослых рыб семейства Стихеевые, к которому относится люмпен пятнистый, являются донные виды беспозвоночных (в основном, декаподы, полихеты *Phyllodoce groenlandica, P. citrine*) и донные литоральные водоросли [Markevich, 2004], а в питании молоди люмпена, в основном, присутствуют копеподы *Calanus* spp. [Falk-Petersen et al., 1986b; Meyer Ottesen, pers. comm.]. Установлено, что ЖК 18:1(n-9), 18:1(n-7) и 16:1(n-7) – это маркеры для некоторых видов донных организмов: бактерии как один из компонентов донных осадков являются главным источником разветвленных n-1 моноеновых 18:1(n-9), 18:1(n-7) кислот, образующихся за счет элонгации 16:1(n-7) кислоты [Латышев и др., 2001]. Эти моноены от бактерий и фитопланктона по пищевой цепи переходят к декаподам и полихетам, которые являются основным источником питания взрослого донного люмпена [Sargent, Falk-Petersen, 1981]. Установлено, что у полихет преобладают МНЖК 18:1(n-7), 16:1(n-7), 20:1(n-11). Некоторые виды полихет (*Alvinella pompejana, A. caudata*) могут десатурировать и удлинять полученные из бактериальной пищи жирные кислоты (например, 18:1(n-7)) для синтеза эссенциальных ЖК (арахидоновой и эйкозапентаеновой), необходимых для организма [Phleger et al., 2005]. Кормовые объекты мальков и взрослого люмпена являются источником специфичного состава ЖК. В жирнокислотном спектре мышц и липидном мешке пелагических мальков доминируют специфические ЖК 20:1(n-9), 20:1(n-7), 22:1(n-11), а в мышцах донных взрослых рыб – 18:1(n-9), 18:1(n-7) и 16:1(n-7) ЖК, что указывает на разные кормовые источники (в основном копеподы и полихеты, соответственно). Таким образом, у люмпена пятнистого сформировался ряд биохимических адаптаций, одной из которых является запасание специфических ЖК для поддержания оптимального уровня липидного метаболизма в условиях Арктики.

Несмотря на неспособность синтезировать *de novo* высоконенасыщенные ЖК, рыбы могут преобразовывать их путем элонгации и десатурации (при активации ферментов). У пресноводных рыб, включая *Salmonidae*, в большей степени пищевые 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислоты превращаются в более длинноцепочечные 20:4(n-6), 20:5(n-3), 22:6(n-3) кислоты по сравнению с морскими рыбами [Sargent et al., 1995; Peng et al., 2003]. При этом пресноводные рыбы отличаются от морских более низким соотношением (n-3)/(n-6) ПНЖК [Сущик, 2008]. В пресной воде молодой лосось использует в пищу большое число беспозвоночных, богатых 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислотами, но с низким содержанием 20:5(n-3) и 22:6(n-3). В наших исследованиях установлено повышение уровня 20:4(n-6), 20:5(n-3) и 22:6(n-3) кислот у молоди лосося (пестряток 2+ и смолтов) по сравнению с пестрятками 1+, что связано с модификацией жирнокислотного состава пресноводного типа на морской [Pavlov et al., 2009]. Обычно это происходит при подготовке к скату в море [Peng et al., 2003]. Известно, что смолты имеют повышенный уровень длинноцепочечных ПНЖК, что типично для морских рыб [Sheridan et al., 1985; Ogata, Murai, 1989]. Жирные

кислоты, несмотря на высокую вариабельность, находятся под контролем генетической программы [Крепс, 1981]. После миграции лосося в море рацион питания сменяется на другие виды беспозвоночных, которые богаты 20:5(n-3) и 22:6(n-3) кислотами [Bell et al., 2001]. Смена рациона питания лососевых рыб при миграции в море влияет на биохимические показатели, в том числе жирнокислотный состав, что можно рассматривать как мобилизацию адаптивных реакций организма для нормального существования рыбы в новых условиях среды.

Из литературы известно, что в условиях низких температур у холодноводных рыб в составе отдельных ФЛ повышается уровень моноеновых 18:1 ЖК, что указывает на их важную роль при температурных адаптациях [Забелинский и др., 1995]. Как показано в других исследованиях, низкая температура среды способствует увеличению степени ненасыщенности липидов, в частности – 22:6(n-3) ЖК в местах локализации мембраносвязанных ферментов. Включение этой кислоты в мембраны представляет один из основных способов быстрого реагирования на любое изменение окружающей температуры и стабилизации липид-белковых взаимодействий в биомембранах жизненно важных систем в течение непродолжительного периода [Рабинович, Рипатти, 1990; Рабинович, 2008].

Имеются сведения, что с увеличением глубины обитания рыб повышается относительное содержание 18:1 ЖК в составе липидов (главным образом ТАГ и ВЭф), а также показатель соотношения моноеновых и полиеновых ЖК [Лапин, Шатуновский, 1981; Petursdottir et al., 2008], что подтверждается и нашим исследованием [Мурзина, 2010]. В мышцах и печени люмпена пятнистого из биотопов, где были отмечены наибольшие глубины, уровень 18:1(n-9) ЖК был достоверно выше (в 1,5 раза), чем у таковых из биотопов с меньшими глубинами. Также установлены вариации в отношении и других моноеновых ЖК (16:1(n-7), 18:1(n-7)). Изменение спектров МНЖК в органах донного люмпена, возможно, связано с влиянием комплекса факторов: абиотических – повышенное давление, малая освещенность, особенности газового режима и солености; биотических – качественный и количественный состав пищевых объектов, их доступность. Однако ведущим из них, по нашему мнению, является пищевой фактор.

Рядом исследователей показано, что рыбы холодных вод содержат больше кислот семейства (n-3), которые удовлетворяют их потребность в незаменимых жирных кислотах в большей степени, чем (n-6) и (n-9) жирные кислоты, уровень которых больше у рыб из теплых вод [Cejas et al., 2004; Villalta et al., 2008]. В исследованных органах взрослого люмпена среди основных полиеновых ЖК семейства (n-3) превалировали две кислоты семейства (n-3) – 22:6(n-3) и 20:5(n-3) [Мурзина, 2010], которые являются для морских гидробионтов эссенциальными и поступают с пищей, обеспечивая адаптационные функции клеткам [Забелинский и др., 1995]. При этом установлено, что уровень 20:5(n-3) и 22:6(n-3) ЖК был выше в мышцах, печени и гонадах взрослого люмпена из биотопов с более низкой температурой, повышенной соленостью и давлением [Мурзина, 2010]. Согласно ряду работ [Рабинович, Рипатти, 1994; Рабинович, 2008], одна из основных функций 22:6(n-3) и других ПНЖК состоит в термостабилизации «липидной рубашки» встроенных в мембрану ферментов, способствующей поддержанию условий их оптимального функционирования. В некоторых исследованиях показано, что уровень 22:6(n-3) ЖК в гонадах рыб в меньшей степени зависит от ЖК состава пищи, а связан в основном с развитием ооцитов [Castell, Baghen, 1979; Castell et al., 1994]. В литературе имеются сведения о тесной корреляции между содержанием 22:6(n-3) в липидах половых продуктов производителей и выживаемостью развивающейся икры и личинок рыб [Kaitaranta, Linko, 1984; Tocher, 2003].

Другим фактором, влияющим на уровень ПНЖК в липидах рыб, является естественная подвижность рыб, причем воздействие его менее значительно, чем температурные вариации [Крепс, 1981; Шульман, Юнева, 1990; Kanazava, 1997]. По мнению этих авторов, самой метаболически активной из полиеновых кислот является докозагексаеновая 22:6(n-3) ЖК, ее называют «кислотой адаптации». Увеличение количества 22:6(n-3) ЖК в липидах мышц рыб некоторые ученые связывают с усилением двигательной активности [Крепс, 1981; Шульман, Яковлева, 1983; Забелинский и др., 1995]. Например, повышенное содержание 22:6(n-3) кислоты отмечено у тунцов и летучих рыб (до 20,8 % от суммы ЖК), а также в мышцах скумбриевых [Zaboukas et al., 2006], обладающих высокой двигательной активностью. У молоди люмпена *Leptoclinus maculatus* из разных фьордов в мышцах установлен относительно высокий уровень 22:6(n-3), а также 20:5(n-3), по сравнению с другими ПНЖК, что, возможно, связано с их повышенной двигательной активностью в условиях специфического гидрологического режима акваторий (течение, глубина)

[Мурзина, 2010]. У менее подвижных форм (морские угри, угольная рыба, скорпена, палтус) доля 22:6(n-3) кислоты не превышала 5,8–7,8 % суммы ЖК [Шульман, Юнева, 1990]. В литературе показано также влияние солености и давления на содержание 22:6(n-3) кислоты у рыб [Daikoku et al., 1982; Leray et al., 1984]. Воздействие второго фактора на спектр ЖК, в основном, испытывают глубоководные рыбы, совершающие вертикальные миграции в толще воды. Известно, что пелагические и глубоководные рыбы различаются качеством запасных липидов, которые накапливаются в теле этих рыб, так, пелагические рыбы аккумулируют ТАГ, а донные рыбы – преимущественно восковые эфиры [Falk-Petersen et al., 1986a]. В литературе имеются данные о накоплении значительного количества пищевых 22:6(n-3) ЖК (25–30 % суммы ЖК), а также 20:5(n-3) в мышцах окуня-клювача *Sebastes mentella*, одного из самых глубоководных видов рыб Северной Атлантики. Эти кислоты поступают в составе ТАГ фитопланктона и в организме окуня-клювача аккумулируются ТАГ мышц [Petursdottir et al., 2008]. Эти авторы также отмечают, что долгоживущие рыбы (*Sebastes mentella*) с возрастом накапливают 22:6(n-3) ЖК. В более ранних работах было показано, что с возрастом у рыб происходит накопление нейтральных липидов и повышается уровень длинноцепочечных ПНЖК [Пашкова, Попова, 1970]. В своих исследованиях мы установили повышение уровня 22:6(n-3) кислоты в ФЛ мышц взрослых люмпенов из биотопов с большими глубинами, соленостью и влиянием течений. Эти изменения могут быть направлены на регуляцию вязкости биомембраны и, соответственно, функциональную активность мембраносвязанных ферментов [Шульман, Юнева, 1990]. Также показано, что 22:6(n-3) и 20:4(n-6) кислоты играют существенную роль в регуляции активности нервных клеток, в формировании зрительной системы у рыб, при их дефиците наблюдаются аномалии в поведенческих реакциях [Bell et al., 1995; Hwang, 2000]. Например, малькам люмпена, обитающим в поверхностных слоях, очень важно быстро реагировать на вероятное приближения хищников, осуществлять поиск пищи, а также ориентировать свое тело в условиях течения и ледового покрова. При этом в условиях высокой солености повышается и уровень 20:4(n-6) ЖК, которая является предшественником биологически активных метаболитов – эйкозаноидов и простагландинов, влияющих на гормональный уровень организма [Гершанович и др., 1991; Сергеева, Варфоломеева, 2006]. Основным путем, обеспечивающим организм арахидоновой 20:4(n-6) кислотой, является ее биосинтез из алиментарного предшественника линолевой 18:2(n-6) кислоты в реакциях элонгации и десатурации. Эффективность этого биосинтеза зависит от количества 18:2(n-6) кислоты в пищевых объектах и от активности участвующих в десатурации и элонгации ферментов [Крутецкая, Лебедев, 1993; Tocher, 2003].

Таким образом, изменение спектров жирных кислот – их качественное и количественное содержание в липидах рыб и их пищевых объектах высоких широт – может быть вызвано рядом факторов: абиотических (температурой, фотопериодом, давлением, соленостью, течением, топографическими особенностями дна), биотических (видовым составом, количеством и доступностью пищи), физиологических (стадией развития, двигательной активностью и др.), степень воздействия которых может различаться в онтогенезе. Среди прочих экологических факторов качественный состав пищи является ведущим параметром, определяющим жирнокислотный состав липидов гидробионтов высших трофических уровней. Специфичность состава жирных кислот – пример компенсаторной адаптации в условиях изменяющихся факторов среды, обеспечивающей нормальную работу всех метаболических процессов. При этом действие факторов среды на организм ослабляется.

Изучение биохимии люмпена пятнистого *Leptoclinus maculatus* североатлантических и арктических вод проводилось в рамках программы «Ice Edge Programme», которая была поддержана компанией Statoil, the Statoil-ARCTOS Arctic Research Programme (SAARP), а также the University Centre in Svalbard, Norwegian Polar Institute и Scottish Association for Marine Science. Работа поддержана Программой Президента РФ «Ведущие научные школы» (проект НШ – 1642.2012.4), Программой Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК – 666.2011.4), РФФИ № 11-04-00167_а.

Литература

Гершанович А. Д., Лапин В. И., Шатуновский М. И. Особенности обмена липидов у рыб // Усп. соврем. биологии. 1991. Т. 3, № 2. С. 207–219.

Забелинский С. А., Чеботарева М. А., Бровцына Н. Б., Кривченко А. И. Об «адаптационной специализации» состава и конформационных состояний жирных кислот в мембранных липидах жабр рыб // Журн. эволюц. биохим. физиол. 1995. Т. 31, № 1. С. 28–37.

Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Эволюция липидов мозга. Адаптационная функция липидов / Ред. Е. М. Крепс. Л.: Наука, 1981. 339 с.

Крутецкая З. И., Лебедев О. Е. Арахидоновая кислота и ее продукты: пути образования и метаболизма в клетках // Цитология. 1993. Т. 35, № 11/12. С. 3–27.

Лапин В. И., Шатуновский М. И. Особенности состава, физиологическое и экологическое значение липидов рыб // Усп. соврем. биологии. 1981. Т. 92, № 6. С. 380–394.

Латышев Н. А., Хардин А. С., Кияшко С. И. Жирные кислоты как маркеры пищевых источников морских звезд // Докл. АН. 2001. Т. 380, № 5. С. 1–3.

Мурзина С. А. Роль липидов и их жирнокислотных компонентов в биохимических адаптациях люмпена пятнистого *Leptoclinus maculatus* северо-западного побережья о. Шпицберген: Дис. … канд. биол. наук. Петрозаводск, 2010. С. 184.

Пашкова А. А., Попова Л. Я. Липиды и липидный обмен в онтогенезе // Молекулярные и функциональные основы онтогенеза. М.: Наука, 1970. С. 16–21.

Рабинович А. Л. Температурная зависимость конформационных свойств олигомерных цепей природных липидов: компьютерное моделирование // Биофизика. 2008. Т. 53, вып. 3. С. 426–433.

Рабинович А. Л., Рипатти П. О. О конформационных свойствах и функциях докозагексаеновой кислоты // Докл. АНСССР. 1990. Т. 314, № 3. С. 752–756.

Рабинович А. Л., Рипатти П. О. Полиненасыщенные углеводородные цепи липидов: структура, свойства, функции // Усп. соврем. биологии. 1994. Т. 114, вып. 5. С. 581–594.

Сергеева М. Г., Варфоломеева А. Т. Каскад арахидоновой кислоты. М.: Народное образование, 2006. 256 с.

Сущик Н. Н. Роль незаменимых жирных кислот в трофометаболических взаимодействиях в пресноводных экосистемах (обзор) // Журн. общ. биол. 2008. Т. 69, № 4. С. 299–316.

Шульман Г. Е., Юнева Т. В. Роль докозагексаеновой кислоты в адаптациях рыб (обзор) // Экол. физиол. биохим. вод. жив. 1990. Т. 26, № 4. С. 43–51.

Шульман Г. Е., Яковлева К. К. Гексаеновая кислота и естественная подвижность рыб // Журн. общей биол. 1983. Т. 44, № 4. С. 529–540.

Ashjian C. J., Campbell R. G., Welch H. T. et al. Annual cycle in abundance, distribution, and size in relation to hydrography of important copepod species in the western Arctic Ocean // Deep-Sea Res. PT I. 2003. Vol. 50. P. 1235–1261.

Bell M. V., Batty R. S., Dick J. R. et al. Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.) // Lipids. 1995. Vol. 30, N 5. P. 443–449.

Bell M. V., Dick J. R., Porter A. E. A. Biosynthesis and tissue deposition of docosahexaenoic acid (22:6n-3) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Lipids. 2001. Vol. 36, N 10. P. 1153–1159.

Brodte E., Graeve M., Jacob U. et al. Temperature-dependent lipid levels and components in polar and temperate eelpout (Zoarcidae) fish // Physiol. Biochem. 2008. Vol. 34. P. 261–274.

Castell J. D., Bell J. G., Tocher D. R., Sargent J. R. Effects of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) // Aquaculture. 1994. Vol. 128. P. 315–333.

Castell J. D., Boghen A. Fatty acid metabolism in juvenile lobsters (*Homarus americanus*) fed a diet low in methionine and histidine // Proc. 10th Ann. Workshop. World Maricult. Soc. 1979. 10. P. 720–727.

Cejas J. R., Almansa E., Jerez S. et al. Changes in lipid class and fatty acid composition during development in white seabream (*Diplodus sargus*) eggs and larvae // Comp. Biochem. Physiol. Part B. 2004. Vol. 139. P. 209–216.

Cossins A. R., Prosser C. L. Evolutionary adaptation of membranes to temperature // Proc. Natl. Acad. of Sci. USA. 1978. Vol. 75, N 4. P. 2040–2043.

Daikoku T., Yano I., Masuf M. Lipid and fatty acid composition and their changes in the different organs and tissues of guppy *Poceilia reticulate* on sea water adaptation // Comp. Biochem. Physiol. 1982. Vol. 73A, N 2. P. 167–174.

Drazen J. C., Reisenbichler K. R., Robison B. H. A comparison of absorption and assimilation efficiencies between four species of shallow-and deep-living fishes // Mar. Biol. 2007. Vol. 151, N 4. P. 1551–1558.

Falk-Petersen I. B., Falk-Petersen S., Sargent J. R. Nature, Origin and Possible Roles of Lipid Deposits in *Maurolicus muelleri* (Gmelin) and *Benthosema glaciale* (Reinhart) from Ullsfjorden, Northern Norway // Polar Biol. 1986a. Vol. 5, N 4. P. 235–240.

Falk-Petersen S., Falk-Petersen I. B., Sargent J. R. Structure and function of an unusal lipid storage organ in the Arctic fish *Lumpenus maculatus* FRIES // Sarsia. 1986b. Vol. 71, N 1. P. 1–6.

Falk-Petersen S., Hopkins C. C. E., Sargent J. R. Trophic relationships in the pelagic, arctic food web // Proc. 24th Europ. Mar. Biol. Symp. 1990. P. 315–333.

Falk-Petersen S., Sargent J. R., Kwasniewski S. et al. Lipids and fatty acids in *Clione limacina* and *Limacina helicina* in Svalbard waters and the Arctic Ocean: Trophic implications // Polar Biol. 2001. Vol. 24, N 3. P. 163–170.

Graeve M., Kattner G., Piepenburg D. Lipids in Arctic benthos: does the fatty acid and alcohoi composition reflect feeding and trophic interactions? // Polar Biol. 1997. Vol. 18, N 1. P. 53–61.

Graeve M., Lundberg M., Boer M. et al. The fate of dietary lipids in the Arctic ctenophore *Mertensia ovum* (Fabricius 1780) // Mar. Biol. 2008. Vol. 153, N 4. P. 643–651.

Hwang D. Fatty acids and immune responses – a new perspective in searching for clues to mechanisms // Annu. Rev. Nutr. 2000. Vol. 20. P. 431–456.

Kaitaranta J. K., Linko R. R. Fatty acids in the roe lipids of common food fishes // Comp. Biochem. Physiol. 1984. Vol. 79B, N 3. P. 331–334.

Kanazawa A. Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish // Aquaculture. 1997. Vol. 155, N 1–4. P. 129–134.

Kattner G., Hirche H. J., Krause M. Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, the Arctic // Mar. Biol. 1989. Vol. 102, N 4. P. 473–480.

Kosobokova K. N. Diurnal vertical distribution of *Calanus hyperboreus* Kroyer and *Calanus glacialis* Jaschnov in the Central Polar basin // Oceanology. 1978. Vol. 18. P. 476–480.

Koynova R., Caffrey M. Phases and phase transitions of the phosphatidylcholines // Biochim. et Biophys. Acta. 1998. Vol. 1376. P. 91–145.

Lee R. F., Hagen W., Kattner G. Lipid storage in marine zooplankton // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2006. Vol. 307. P. 273–306.

Leray C., Chapelia S., Duportail G., Florentz A. Changes in fluidity and 22:6(n-3) content in phospholipids of trout in testinal brush-border membrane as related to environmental salinity // Biochim. et Biophys. Acta: Biomembranes. 1984. Vol. 778 (M124), N 2. P. 233–238.

Markevich A. I. Pattern of night activity in the Prickleback fish *Enrogrammus hexagrammus* // Russ. J. Mar. Biol. 2004. Vol. 30, N 3. P. 204–208.

Mayzaud P., Boutoute M., Perissinotto R., Nichols P. Polar and Neutral Lipid Composition in the Pelagic Tunicate *Pyrosoma atlanticum* // Lipids. 2007. Vol. 42, N 7. P. 647–657.

Møller P. Lipids and staible isotopes in marine food webs in West Greenland. Trophic relations and heath implications. PhD thesis. Tromso, 2006. 216 p.

Muller-Navarra D. C., Brett M. T., Liston A. M., Goldman C. R. A highly unsaturated fatty acid predicts carbon transfer between primary producers and consumers // Nature. 2000. Vol. 403. P. 74–77.

Mumm N., Auel H., Hanssen H. et al. Breaking the ice: large-scale distribution of mesozooplankton after a decade of arctic and transpolar cruises // Polar biol. 1998. Vol. 20. P. 189–197.

Ogata H., Murai T. Effects of dietary fatty acid composition on growth and smolting of underyearling Masu salmon, *Oncorhynchus masu* // Aquaculture. 1989. Vol. 82, N 1–4. P. 181–190.

Pavlov D. S., Nefedova Z. A., Veselov A. E. et al. Age dynamics of lipid status of juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from the Varzuga river // J. Ichthyol. 2009. Vol. 49, N 11. P. 1073–1080.

Peng J., Larondelle Y., Pham D. et al. Polyunsaturated fatty acid profiles of whole body phospholipids and triacylglycerols in anadromous and landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry // Comp. Biochem. Phys. B. 2003. Vol. 134. P. 335–348.

Petursdottir H., Gislason A., Falk-Petersen S. Lipid classes and fatty acid compositions of muscle, liver and skull oil in deep-sea redfish *Sebastes mentella* over the Reykjanes Ridge // J. Fish Biol. 2008. Vol. 73, N 10. P. 2485–2496.

Phleger C. F., Nelson M. M., Groce A. K. et al. Lipids, fatty acid and sterol composition of the deep sea hydrothermal vent polychaete annelids – *Alvinella pompejana*, *A. caudate*, *Paralvinella grasslei* and *Hesiolyra bergii* // Deep sea Res. PT I. 2005. Vol. 52. P. 2333–2352.

Pörtner H.-O., Lucassen M., Storch D. Methabolic biochemistry: Its role in thermal tolerance and in the capacities of physiological and ecological function / Eds. Steffensen J. F., Farrell A. P., Hoar W. S. et al. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2005. P. 79–154.

Sargent J. R., Falk-Petersen S. Ecological investigations on the zooplankton community in Balsfjorden, northen Norway: Lipids and fatty acids in *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschi* and *T. inermis* during mid-water // Mar. Biol. 1981. Vol. 62, N 2–3. P. 131–137.

Sargent J. R., Henderson R. J. Lipids // Eds. E. D. S. Corner, S. O'Hara. Biological chemistry of marine copepods. Oxford: University Press, 1986. P. 59–108.

Sargent J. R., Gatten R. R., Corner E. D. S., Kilvington C. C. On the nutrition and metabolism of zooplankton. XI. Lipids in *Calanus helgolandicus* grazing *Biddulphia sinensis* // J. Mar. Biol. Ass. 1977. Vol. UK 57. P. 525–533.

Sargent J. R., Henderson J. R., Tocher D. R. The Lipids // Ed. J. E. Halver. Fish Nutrition. N. Y.: Acad. Press, 1989. P. 154–218.

Sargent J. R., Bell J. G., Bell M. V. et al. Dietary origins and functions of long-chain (n-3) polyunsaturated fatty acids in marine fish // J. Mar. Biotechnol. 1995. Vol. 3. P. 26–28.

Scott C. L., Kwasniewski S., Falk-Petersen S. et al. Lipids and life strategies of *Calanus finmarchicus, Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* in late autumn, Kongsfjorden, Svalbard // Polar Biol. 2000. Vol. 23, N 7. P. 510–516.

Scott C. L., Kwasniewski S., Falk-Petersen S. et al. Species differences, origins and functions of fatty alcohols and fatty acids in the wax esters and phospholipids of *Calanus hyperboreus, C. glacialis* and *C. finmarchicus* from Arctic waters // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2002. Vol. 235. P. 127–134.

Sheridan M. A., Allen W. V., Kersteller T. H. Changes in the fatty acid composition of steelhead trout *Salmo gairdneri* Richardson associated with parr smolt transformation // Comp. Biochem. Physiol. 1985. N 80 B. P. P. 671–676.

Sidell B. D. Physiological roles of high lipid content in Tissues of Antarctic fish species // Eds. G. di Prisco, B. Maresca, B. Tota. Biology of Antarctic fish. N. Y.; Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1991. P. 220–231.

Sidell B. D., Hazel J. R. Triacylglycerol lipase actives in tissue of Antarctic fishes // Polar Biol. 2002. Vol. 25, N 7. P. 517–522.

Sidell B. D., Crockett E. L., Driedzic W. R. Antarctic fish preferentially catabolize monoenoic fatty acids // J. Expt. Zool. 1995. Vol. 271, N 2. P. 73–81.

Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in Teleost fish // Reviews in Fisheries Science. 2003. Vol. 12, N 2. P. 107–182.

Velansky P. V., Kostetsky E. Ya. Lipids of marine cold-water fishes // Russ. J. Mar. Biol. 2008. Vol. 34, N 1. P. 51–56.

Villalta M., Estevez A., Bransden M. P., Bell J. G. Effects of dietary eicosapentaenoic acid on growth, survival, pigmentation and fatty acid composition in

Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae during the *Artemia* feeding period // Aquacul. Nutr. 2008. Vol. 14, N 4. P. 232–241.

Wold A., Leu E., Walkusz W., Falk-Petersen S. Lipids in copepodite stages of *Calanus glacialis* // Polar Biol. 2007. Vol. 30, N 5. P. 655–658.

Zaboukas N., Miliou H., Megalofonou P., Moraitou-Apostolopoulou M. Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity // J. Fish Biol. 2006. Vol. 69. P. 347–362.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мурзина Светлана Александровна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: murzina.svetlana@gmail.com
тел.: (8142) 571879

Нефедова Зинаида Анатольевна
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: znefed@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 571879

Немова Нина Николаевна
директор ИБ КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nemova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 783615

Murzina, Svetlana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: murzina.svetlana@gmail.com
tel.: (8142) 571879

Nefyodova, Zinaida
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: znefed@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 571879

Nemova, Nina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nemova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 783615

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 26–31

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 581.9: 502.172: 502.11 (470.22)

ВЛИЯНИЕ ТОКСАСКАРИДОЗНОЙ ИНВАЗИИ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ ПЕСЦОВ (*ALOPEX LAGOPUS*) КЛЕТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Л. В. Аникиева, Н. Н. Тютюнник, В. С. Аниканова

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Изучено влияние нематоды *Toxascaris leonina* на массу тела и качество шкурок песцов. Показано, что при дозах заражения песцов 10 и 100 яйцами *T. leonina* средние значения массы подопытных и контрольных зверей достоверно не отличаются. Повышение дозы заражения до 1 тыс. яиц нарушает сложившиеся отношения и сдвигает равновесие паразито-хозяинной системы во вред хозяину. Уменьшение массы тела у зверей отрицательно сказывается на размерах шкурок, их качестве и реализационной цене. Сделан вывод о том, что система «паразит *T. leonina* – хозяин *Alopex lagopus*» в условиях клеточного содержания песцов обладает широкими адаптационными возможностями.

Ключевые слова: нематода *Toxascaris leonina*, доза заражения, песец, масса тела, качество шкурок.

L. V. Anikieva, N. N. Tyutyunnik, V. S. Anikanova. EFFECT OF THE TOXASCARIS INFECTION ON THE COMMERCIAL VALUES OF CAGED POLAR FOXES (*ALOPEX LAGOPUS*)

We investigated the effect of the nematode *Toxascaris leonina* on the body weight and pelt quality of Arctic foxes. When the infective dose was 10 and 100 *T. leonina* eggs the average weight of the animals in the treatments and the control did not differ significantly. Increase of the infective dose to 1 000 eggs upsets the existing relationships and shifts the balance in the host-parasite system to the detriment of the host. Loss in the body weight tells negatively on the skin dimensions, quality, and commercial value. Our conclusion is that the host-parasite system of *Alopex lagopus* – *T. leonina* in cage rearing of Arctic foxes has an extensive adaptation potential.

Key words: nematode *Toxascaris leonina*, infective dose, Artic fox, body weight, pelt quality.

Введение

Паразитарные инвазии плотоядных животных – одна из актуальных проблем современности. У плотоядных животных зарегистрировано более 80 видов гельминтов, из которых 32 патогенны для человека и 26 – для животных. Наиболее распространены нематоды *Toxocara canis, Toxascaris leonina, Uncinaria stenocephala*, цестоды *Dipylidium caninum, Echinococcus granulosus, Spirometra, Taenia milticeps*, трематоды *Fasciola hepatica* и *F. gigantica, Opisthorchis felineus* [Дубина, 2003]. В трансформированных биоценозах сохраняются источники инвазии, факторы передачи и восприимчивые к паразитарным инвазиям животные. Распространению паразитарных заболеваний, в том числе и передаваемых от животных к человеку, способствует наблюдающееся в последние десятилетия увеличение численности домашних животных (собак и кошек). По данным В. В. Горохова [1996], А. Н. Воличева и В. В. Горохова [1999], в Москве обитает свыше 250 тыс. собак, объем фекалий от них превышает более 54 т в день, в 1 г фекалий инвазированных животных может находиться до 40 тыс. яиц гельминтов. Детские песочницы в городе на 10–11 % заражены яйцами гельминтов. Заносом неспецифичных паразитов, которые могут явиться источником заражения ценных видов пушных зверей, сопровождается акклиматизация и интродукция животных. Вместе с акклиматизированной енотовидной собакой, естественный ареал которой ограничен Уссурийским краем, в европейскую часть России занесена нематода *Molineus patens* (Матевосян, 1964). Одомашнивание диких собачьих (лисицы, песца, енотовидной собаки) и разведение их на фермах приводит к появлению устойчивых ассоциаций паразитов, которые вызывают заболевания с атипичным течением, невыраженными клиническими признаками и даже гибель животных [Шустрова, 2003].

Токсаскаридоз является одним из важнейших гельминтозов плотоядных животных. В течение длительного времени его традиционно связывали с домашними собаками и кошками. Становление звероводства привело к распространению токсаскаридоза среди пушных зверей, содержащихся в неволе. В литературе накоплено большое количество данных, отражающих различные аспекты изучения этого заболевания. Возбудителем токсаскаридоза является нематода *Toxascaris leonina* Leiper 1907, которая паразитирует в тонком отделе кишечника животных. Нематода развивается по аскаридиоидному типу: яйца дозревают во внешней среде, из проглоченных яиц в двенадцатиперстной кишке выходят личинки, которые внедряются в слизистую оболочку кишечника, дважды линяют, а затем выходят в просвет кишечника и там достигают половой зрелости [Мозговой, 1953]. Заболевание распространено почти повсеместно. Кошки болеют в возрасте 3–6 месяцев и старше. Собаки подвержены инвазии в возрасте 6–12 месяцев. В зверохозяйствах нематода наиболее часто встречается у молодняка (до 95 %). Зараженность зверей основного стада значительно ниже и не превышает 30 %. Интенсивность инвазии у животных колеблется от 1 до 39 гельминтов, в среднем на 1 зверя составляет 7–9 экз. [Токсаскаридоз песцов, 1984]. Изучены патогенное влияние и клинические признаки заболевания [Берестов, Родюков, 1981; Токсаскаридоз песцов, 1984; Акимова, 2006; Дементьев, Казанина, 2009 и др.], неспецифические факторы иммунитета [Аникиева и др., 2009]. Выявлены экологические адаптации *Toxascaris leonina* к обитанию в искусственных условиях содержания хозяина [Аникиева, Аниканова, 2004]. Сведения о влиянии токсаскаридозной инвазии на хозяйственно-полезные признаки плотоядных животных немногочисленны. Они имеют в основном описательный характер и ограничиваются сообщениями о том, что «болезнь приводит к исхуданию, ослаблению организма и соответственно к понижению ценности мехового сырья» [Дементьев, Казанина, 2009]. Некоторые данные содержатся в книге «Токсаскаридоз песцов» [1984]. Специальные работы отсутствуют.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение влияния нематоды *T. leonina* на продуктивные качества песцов.

Материал и методы

Опыт поставлен на щенках голубых песцов в возрасте трех месяцев. Из 40 щенков, взятых из родственных пометов, были сформированы 4 группы. Первой группе щенков было задано по 10 инвазионных яиц нематоды, второй – по 100, третьей – по 1 тыс. яиц, четвертая группа служила контролем. Животные находились на общехозяйственном рационе и содержались индивидуально в условиях, исключающих возможность спонтанной инвазии. Щенков взвешивали перед заражением, затем через 1 и 2 месяца после заражения. Оценку качества опушения, окраски и размеров проводили в период полного созревания опушения – в октябре. В бонитировочном ключе учитывали требования по всем оцениваемым признакам.

Товароведческую оценку шкурок проводили после забоя зверей (ГОСТ 7907-69). Шкурки подразделяли по сортам, дефектности, цвету и размеру. По окраске волосяного покрова шкурки делили на 3 цвета: экстра, первый и второй. По размерам шкурки делили на 2 группы: отборный (длина шкурки 80 см и более, ширина не менее 12,5 см) и первый (длина от 79 см и менее, ширина не менее 12,5 см). По дефектам в пределах каждого сорта шкурки делили на три группы: «малый дефект», «средний дефект» и «большой дефект».

Определение степени влияния токсаскаридозной инвазии на аномальное протекание беременности (прерывание беременности, каннибализм) проводилось на взрослых самках, отобранных из общего стада. Прерывание беременности зарегистрировано у 150 зверей, из которых 23 % были заражены нематодами *T. leonina*. Связь проявления каннибализма песцов с зараженностью аскаридами рассмотрена на 100 зверях, 50 из которых воспитали потомство, а 50 съели помет полностью или частично. Экстенсивность заражения нематодой *T. leonina* составила 14 %. Материал обработан статистически методом качественного дисперсионного анализа [Плохинский, 1960]. Выбор данного метода обусловлен тем, что дисперсионный анализ позволяет устанавливать не только достоверность, но и силу влияния как гельминтозов, так и неучитываемых факторов.

Результаты

В начале эксперимента масса тела контрольных и подопытных самцов была сходной. Через месяц после заражения средние значения массы тела самцов были на 1–10 % ниже, чем в контроле. Минимальная масса обнаружена у самцов с дозой заражения 1 тыс. яиц. Через 2 месяца после заражения у подопытных самцов отклонения от контроля были менее выражены, а средние показатели массы тела щенков с дозой заражения 10 яиц были даже немного выше, чем у контрольных (рис. 1). Анализ значений прироста массы тела показал, что зараженные животные отличались от контрольных. В течение первого месяца наблюдений их привес был на 5–37 % ниже, чем у контрольных. В течение второго месяца привес у опытных щенков превышал привес у контрольных на 30–60 %. Наибольшие отклонения от контроля наблюдались у щенков с дозой заражения 100 и 1 тыс. яиц (рис. 2).

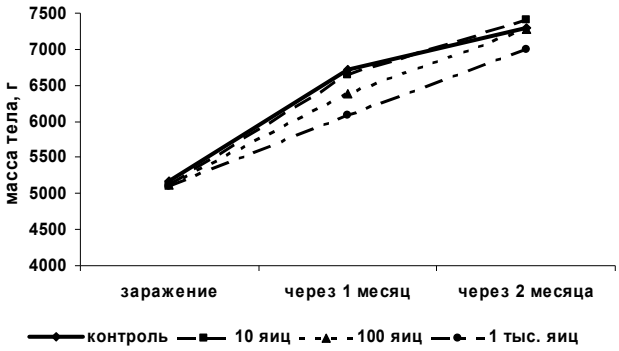


Рис. 1. Влияние токсаскаридозной инвазии на массу тела самцов песцов

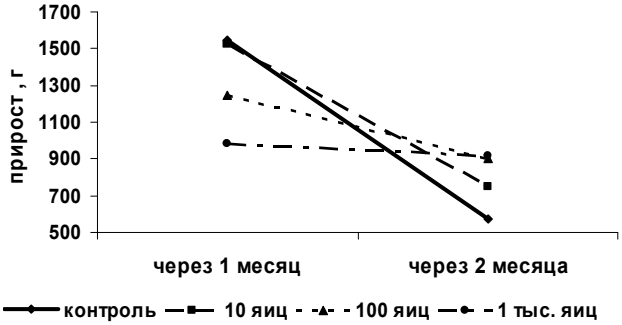


Рис. 2. Показатели прироста массы тела опытных и контрольных самцов, г

Средние значения массы тела контрольных и подопытных самок в начале эксперимента различались на 4 %. Через месяц после заражения различия составили от 1 до 9 %. Наиболее близкие показатели к контролю были у самок с дозой 100 яиц. Минимальная масса обнаружена у щенков с дозой 1 тыс. яиц. Отклонения от контроля у подопытных самок, так же как и у самцов, были менее выражены через 2 месяца после заражения. Средние показатели массы тела были выше у самок с дозой заражения в 100 яиц, чем у контрольных (рис. 3). Показатели прироста зараженных самок по сравнению с контролем за первый месяц наблюдений варьировали от +12 % (вторая группа щенков с дозой 100 яиц) до –29 % (третья группа щенков с дозой 1 тыс. яиц). В течение второго месяца привес у опытных щенков превышал привес у контрольных на 17–38 %. Наибольшие отклонения от контроля, так же как и у самцов, наблюдались у самок с дозой заражения 100 и 1 тыс. яиц (рис. 4).

Оценка товарного качества шкурок показала, что шкурки зверей с дозами 10 и 100 яиц имели высокие значения цвета (экстра) и крупные размеры. Звери с дозой заражения 1 тыс. яиц отличались от контроля самым низким процентом шкурок с цветом «экстра» и меньшими размерами шкурок (рис. 5, 6).

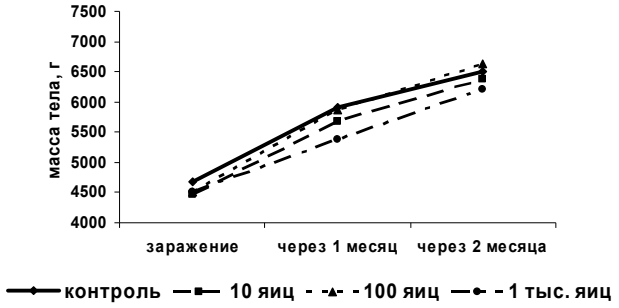


Рис. 3. Влияние токсаскаридозной инвазии на массу тела самок

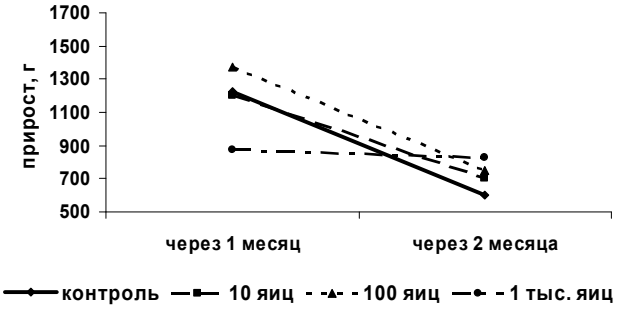


Рис. 4. Показатели прироста массы тела опытных и контрольных самок, г

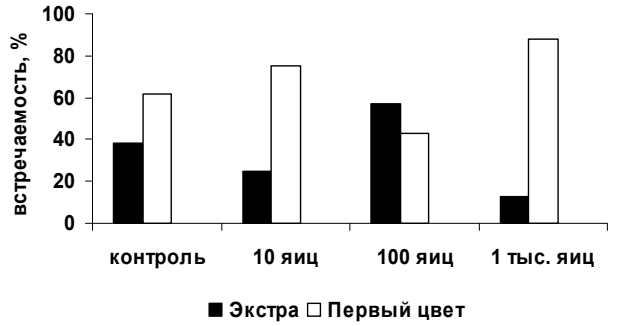


Рис. 5. Влияние токсаскаридозной инвазии на окраску волосяного покрова песцов

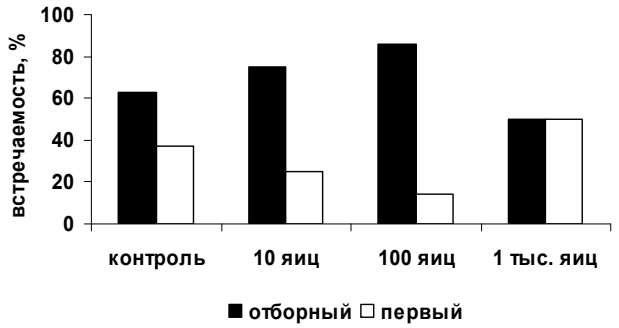


Рис. 6. Влияние токсаскаридозной инвазии на размер шкурок песцов

Дефекты опушения (потертость, неразвитость ости) обнаружены как в контрольной, так и в опытных группах песцов. Однако шкурки зараженных зверей имели большее число дефектов. Звери с дозой заражения 10 яиц имели малые и средние дефекты шкурок, с дозой 100 яиц – малые, средние и большие дефекты. Самую низкую качественную оценку получили шкурки зверей с дозой заражения 1 тыс. яиц, которые имели плохое опушение и отсутствие ости по хребту (рис. 7). Шкурки контрольных и подопытных зверей с дозами заражения 10 и 100 яиц имели высокую реализационную цену. Шкурки, полученные от зверей с дозой заражения 1 тыс. яиц, были оценены на 25 % ниже, чем контрольные.

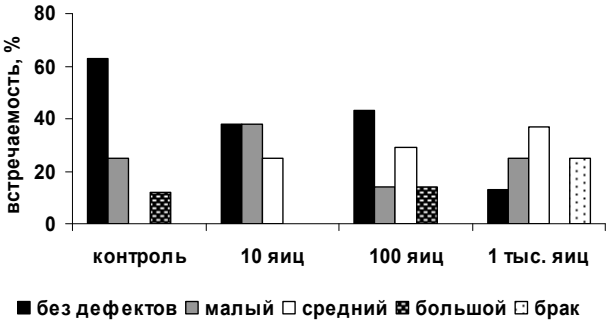


Рис. 7. Влияние токсаскаридозной инвазии на дефекты опушения песцов

На основании дисперсионного анализа степени влияния *T. leonina* на аномальное протекание беременности самок установлено, что из общей суммы факторов, прерывающих беременность, токсаскаридоз составляет 5 %, а вызывающих каннибализм – 9 % ($P > 0,99$).

Обсуждение

В течении токсаскаридоза выделяют два периода: острый и хронический. Острый период совпадает с тканевой фазой развития *T. leonina*. Его продолжительность составляет около одного месяца. Хронический период связан с паразитированием взрослых нематод в просвете кишечника животных. Клиническими признаками токсаскаридоза чаще всего являются изменения со стороны желудочно-кишечного тракта: рвота, поносы, сменяющиеся запорами. В крови больных животных уменьшается концентрация гемоглобина, эритроцитов, общего белка, альбуминов, в кишечнике падает активность ферментов энтерокиназы и щелочной фосфатазы [Токсаскаридоз песцов, 1984; Акимова, 2006]. Повреждение слизистой оболочки кишечника приводит к нарушению всасывания питательных веществ, нарушается минеральный обмен, снижается усваиваемость фосфора. Снижение поедаемости корма связано с общим понижением пищеварения, ослаблением секреторной деятельности ки-

шечника, а также моторно-эвакуаторной функции пищеварительного тракта [Дементьев, Казанина, 2009]. При интенсивной инвазии отмечают истощение, симптомы поражения нервной системы. Опасно протекает токсаскаридоз у беременных и лактирующих самок [Краткий справочник звероводства, 1974; Берестов, Родюков, 1981].

Проведенные нами исследования позволили получить новые данные, расширяющие существующие представления о токсаскаридозе как заболевании плотоядных животных. Нами установлено, что токсаскаридозная инвазия влияет на хозяйственно-полезные признаки песцов – массу тела, качество волосяного покрова и продуктивность. Показано, что наибольшие отклонения в приросте массы тела песцов соответствуют острому периоду заболевания. В хронический период темп прироста массы зараженных щенков выше, чем у свободных от токсаскаридоза животных, однако отставание в массе тела может сохраняться и в этот период. Наиболее остро реагируют на токсаскаридоз и более подвержены влиянию нематоды самцы. Реакция самок более разнообразна, но размах отклонений от нормы менее выражен, чем у самцов. Наличие токсаскаридозной инвазии в зверохозяйствах является одним из факторов, снижающих воспроизводство песцов.

Использование градуально повышающихся доз позволило выделить уровень заражения, при котором снижается масса тела и качество волосяного покрова песцов. Нами установлено, что при дозах заражения песцов 10 и 100 яйцами *T. leonina* средние значения массы тела подопытных и контрольных зверей близки. Шкурки контрольных и подопытных зверей с низкой и средней дозами заражения имеют высокую реализационную цену. Минимальный привес обнаружен у щенков с дозой 1 тыс. яиц. Шкурки этой группы отличаются более мелкими размерами, имеют плохое опушение и низкую реализационную цену.

Полученные нами данные показывают, что система «паразит *T. leonina* – хозяин *Alopex lagopus*» в условиях клеточного содержания песцов обладает широкими адаптационными возможностями. При низкой интенсивности заражения *T. leonina* не оказывает выраженного патологического действия на массу тела и качество пушнины песцов. Повышение дозы заражения до 1 тыс. яиц нарушает сложившиеся отношения и сдвигает равновесие паразито-хозяинной системы во вред хозяину. Уменьшение живой массы тела у зверей отрицательно сказывается на размерах шкурок и их качестве.

Известно, что воздействие паразита на хозяина зависит от вида гельминта, его морфофизиологических особенностей и вирулентности. Кроме того, оно определяется видовой спецификой хозяина и высотой его организации. Характер взаимоотношений устанавливается в пределах определенной исторически сложившейся системы «паразит – хозяин» [Догель, 1962; Шульц, Гвоздев, 1972]. Нематода *T. leonina* – паразит хищных млекопитающих семейств собачьих и кошачьих. Широкий набор адаптивных приспособлений к обитанию в разнообразных условиях определяет всесветное распространение нематоды. Среди важнейших из них – способность к длительному продуцированию яиц, их относительно быстрое развитие до инвазионного состояния по сравнению с другими видами аскарид и высокая устойчивость к действию неблагоприятных факторов. Эти особенности создают возможность постоянной циркуляции паразита как в природе, так и в условиях искусственного содержания хозяев [Аникиева, Аниканова, 2004]. В организме хозяина инвазия сохраняется как в пассивной форме (латентные личинки), так и в активной (взрослые гельминты, продуцирующие яйца). В регуляции паразито-хозяинных отношений при токсаскаридозе песцов ведущую роль играет хозяин, который ограничивает численность нематод, замедляет или прекращает развитие мигрирующих личинок. Напряженность ответных реакций хозяина определяется дозой заражения и стадией развития нематоды. При заражении песцов 10 яйцами система сохраняет относительную сбалансированность. У хозяина повышены показатели естественной защиты организма. При дозе заражения 100 яиц равновесие нарушается, за счет угнетения паразитов сохраняется гомеостаз хозяина. Доза 1000 яиц является пороговым значением, при котором обостряются как межвидовые отношения между паразитом и хозяином, так и внутривидовые отношения *T. leonina* [Аникиева и др., 1990, 2009].

В повышении эффективности производства важное место занимает разработка принципов, методов и механизмов реализации интегрированной системы ветеринарного контроля. Особенностью гельминтозов является чрезвычайное разнообразие клинических проявлений – от бессимптомного (субклинического) течения до тяжелых проявлений с летальным исходом. Изучение паразито-хозяинных отношений на примере системы «*T. leonina – Alopex lagopus*» показывает, что знание особенностей биологии паразита, уровня и интенсивности заражения хозяина занимает ключевые позиции в

оценке патогенеза паразитарных заболеваний, а также в разработке и применении мер профилактики и лечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Литература

Акимова С. А. Токсокароз и токаскаридоз плотоядных в Нижнем Поволжье. Эпизоотология, патогенез и лечение: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иваново, 2006. 25 с.

Аникиева Л. В., Аниканова В. С. Экологические адаптации паразитов к обитанию в условиях искусственного содержания хозяев // Проблемы экологической физиологии пушных зверей. Вып. 3. Петрозаводск, 2004. С. 161–170.

Аникиева Л. В., Аниканова В. С., Осташкова В. В. Паразито-хозяинные отношения при токсаскаридозе песцов // Паразитология. 1990. Т. 24, вып. 3. С. 225–231.

Аникиева Л. В., Тютюнник Н. Н., Аниканова В. С. Роль гуморальных факторов естественной защиты при токсаскаридозе песцов // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 3. С. 4–7.

Берестов А. А., Родюков А. П. Возрастная динамика и некоторые вопросы патогенеза токсаскаридоза песцов // Биология и патология пушных зверей: Тез. докл. к III Всесоюз. конф. (23–26 июня 1981 г.). Петрозаводск, 1981. С. 259.

Воличев А. Н., Горохов В. В. Гельминты и простейшие плотоядных в мегаполисе Москвы // Ветеринар. 1999. № 11. С. 7–9.

Горохов В. В. Проблемы паразитарных болезней в современных условиях // Ветеринар. 1996. № 7. С. 8–17.

Дементьев Е. П., Казанина М. А. Изменение обмена веществ у плотоядных при гельминтозах // Успехи современного естествознания. 2009. № 2. С. 80–81.

Догель В. А. Общая паразитология. Л.: ЛГУ, 1962. 463 с.

Дубина И. Н. Дифференциальная диагностика гельминтозов у собак // Ветеринар. 2003. № 5. С. 10–16.

Краткий справочник звероводa / Под ред. В. А. Берестова. Петрозаводск: Карелия, 1974. 459 с.

Матевосян Е. М. К познанию гельминтофауны енотовидной собаки Myctereutes procyonoides // Труды Мордовского заповедника. 1964. Вып. 2. С. 274–277.

Мозговой А. А. Аскаридаты животных и человека и вызываемые ими заболевания // Основы нематологии. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 351 с.

Плохинский Н. А. Дисперсионный анализ. Новосибирск: Сиб. отд. АН СССР, 1960. 124 с.

Токсаскаридоз песцов / Под ред. В. А. Берестова. Петрозаводск: Карелия, 1984. 109 с.

Шульц Р. С., Гвоздев Е. В. Основы общей гельминтологии. Т. II. М.: Наука, 1972. 512 с.

Шустрова М. В. Отношения в системе хозяин – паразит при некоторых микстинвазиях плотоядных животных // Материалы IX Московского ветеринарного конгресса. 2003. С. 42–43.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Аникиева Лариса Васильевна
ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: anikieva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Тютюнник Николай Николаевич
главный научный сотрудник, д. с.-х. н., профессор
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: tyutyunnik@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573107

Аниканова Валентина Семеновна
к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 762706

Anikieva, Larisa
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: anikieva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Tyutyunnik, Nikolai
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: tyutyunnik @krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573107

Anikanova, Valentina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 762706

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 32–37

УДК 581.1: 633.16: 546.48

НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ОРГАНАМ У РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Ю. В. Батова, А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В условиях лабораторного опыта изучено накопление кадмия и его распределение по органам у растений ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в зависимости от их возраста. Установлено, что содержание кадмия в органах 7-, 14- и 21-дневных растений после 4 суток воздействия металла в концентрации 100 мкМ заметно различается. С увеличением возраста растений возрастает содержание кадмия в корнях и стеблях, в то время как в листьях не изменяется или даже несколько снижается. Помимо этого, у более взрослых растений уменьшается доля кадмия, поступающего из корней в побеги, что свидетельствует об усилении их барьерной функции. Несмотря на значительное усиление поступления кадмия в растения ячменя с увеличением их возраста, существенных различий в ответной реакции на действие металла не обнаружено. Высказано предположение, что возрастные изменения в клетках и тканях корней, приводящие к усилению их поглотительной способности, сопровождаются увеличением эффективности работы механизмов, обеспечивающих иммобилизацию избыточного количества ионов кадмия в подземных органах растений, способствуя тем самым их адаптации к повышенным концентрациям этого металла в корнеобитаемой зоне.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., возраст, кадмий, накопление, распределение.

Yu. V. Batova, A. F. Titov, N. M. Kaznina, G. F. Laidinen. CADMIUM ACCUMULATION AND DISTRIBUTION IN BARLEY PLANTS DEPENDING ON THEIR AGE

Cadmium uptake and distribution in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) plants were studied in relation to their age. After 4 days of treatment with a solution with 100 μM cadmium the metal content in organs of 7-, 14- and 21- day-old plants was notably different. The concentration of cadmium in roots and stems increased with plant age, whereas in leaves it either did not change or even decreased somewhat. Furthermore, the proportion of cadmium transported from roots to shoots decreased in older plants, which testifies their barrier function strengthened. Although cadmium supply to barley plants increased considerably with age no significant distinctions were revealed in the response of the plants to the metal. It is supposed that age-related changes in plant cells and tissues, which accelerated cadmium uptake from the solution, go along with more effective operation of the mechanisms facilitating immobilization of excess quantities of cadmium ions in underground organs, thus promoting plant adaptation.

Key words: *Hordeum vulgare* L., age, cadmium, accumulation, distribution.

Введение

Кадмий является одним из наиболее токсичных металлов для всех живых организмов, включая растения [Wagner, 1993]. В отличие от ряда других тяжелых металлов он не относится к числу необходимых для жизнедеятельности растений элементов, но они достаточно активно поглощают и аккумулируют его в различных органах [Verkleij et al., 2009]. Накопление кадмия в клетках и тканях приводит к многочисленным структурно-функциональным нарушениям, оказывает отрицательное влияние на многие физиологические процессы, что ведет не только к снижению продуктивности растений, но в отдельных случаях даже к их гибели [Prasad, 1995; Sanità di Toppi, Gabbrielli, 1999; Серегин, Иванов, 2001; Clemens, 2006; Титов и др., 2007; Wahid et al., 2009].

К настоящему времени установлено, что поступление ионов кадмия в растения осуществляется с помощью ионтранспортных систем (транспортных белков, ионных каналов), обеспечивающих поглощение необходимых растению элементов, таких как железо, цинк, кальций и др. [Hall, Williams, 2003; Clemens, 2006; Krämer et al., 2007]. Показано также, что скорость накопления, а также характер распределения этого металла по органам растений зависят от условий выращивания и биологических особенностей вида (сорта) [Baker, Walker, 1990; Ильин, 1991; Wagner, 1993; Башмаков, Лукаткин, 2009; Hassan, Aarts, 2011 и др.]. Кроме того, некоторые авторы отмечают, что способность растений аккумулировать кадмий изменяется в ходе онтогенеза [Prasad, 1995; Sanità di Toppi, Gabbrielli, 1999; Regvar, Vogel-Mikuš, 2008]. Однако экспериментальных данных, однозначно подтверждающих это, в литературе пока недостаточно.

В связи с этим основная цель нашего исследования состояла в изучении накопления кадмия и его распределения по органам у растений ячменя в зависимости от их возраста.

Материал и методы

Для проведения эксперимента растения ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Зазерский 85 выращивали в течение 7 дней в вегетационных условиях в сосудах с песком до достижения ими фазы всходов, фазы 2-х листьев (14 дней) или фазы 3-х листьев (21 день). Затем растения переносили в лабораторные условия и выращивали в пластиковых контейнерах объемом 2 литра на половинном питательном растворе Кнопа при температуре воздуха 20–22 °С, освещенности 10 клк и фотопериоде 14 ч. В опытных вариантах к питательному раствору добавляли 100 мкМ кадмия в форме сульфата.

Анализ растений проводили на 4-е сутки от начала экспозиции. О влиянии кадмия на растения судили по изменению накопления сырой биомассы надземных и подземных органов. Содержание металла определяли в корнях, стеблях (укороченный стебель и влагалища листьев) и листовых пластинках. Разложение растительных образцов осуществляли в смеси HNO_3 и H_2O_2 в соотношении 4 : 1 с использованием микроволновой системы пробоподготовки МС-6 (Вольта, Россия). Определение содержания кадмия проводили методом инверсионной вольтамперометрии на полярографе АВС-1.1 (Вольта, Россия).

Биологическая повторность при анализе биомассы органов составляла 20 растений. Определение содержания кадмия проводили в 2-кратной биологической и 3–5-кратной аналитической повторностях.

Результаты и обсуждение

Проведенные опыты показали, что реакция растений разного возраста на воздействие кадмия оказалась однотипной. В присутствии металла у них снижалась (по отношению к контролю) сырая биомасса побега, причем примерно в равной степени у разновозрастных растений, тогда как биомасса корней оставалась на уровне контроля (табл. 1). Такую же ответную реакцию ячменя на кадмий наблюдали и другие авторы при использовании аналогичной [Puertas-Mejía et al., 2010] или более высокой концентрации (500 мкМ) этого металла [Demirevska-Kepova et al., 2006]. Отсутствие влияния кадмия на биомассу корней в нашем опыте, возможно, объясняется сравнительно короткой экспозицией, в течение которой у растений, уже имевших к началу эксперимента достаточно хорошо развитую корневую систему, существенного изменения биомассы корней не происходило.

Химический анализ растений контрольного варианта показал, что содержание кадмия в корнях составляет 0,23–0,29 мкг/г сырой массы, тогда как в надземных частях растений он обнаружен не был.

У опытных растений после экспозиции на растворе с кадмием содержание металла в корнях значительно превышало его уровень в стеблях и листовых пластинках (табл. 2), что является типичным для видов, относящихся к группе исключателей [Grant et al., 1998; Wójcik,

Таблица 1. Влияние 4-суточной экспозиции растений ячменя разного возраста на растворе с кадмием (100 мкМ) на накопление биомассы надземных и подземных органов

Возраст растений	Сырая биомасса побега, мг		Сырая биомасса корня, мг	
	контроль	опыт	контроль	опыт
7-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	167,8 ± 4,5	134,9 ± 4,8* (80)	154,7 ± 13,2	141,9 ± 7,5 (92)
14-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	254,9 ± 16,1	182,9 ± 4,0* (72)	268,9 ± 24,4	246,5 ± 16,7 (92)
21-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	393,5 ± 15,7	325,8 ± 12,8* (83)	273,0 ± 21,8	325,1 ± 24,6 (119)

Примечание. * – различия между контролем и опытом достоверны при $P < 0,05$; в скобках – % от контроля.

Таблица 2. Содержание кадмия в органах растений ячменя разного возраста после 4-суточной экспозиции на растворе с кадмием (100 мкМ)

Возраст растений	Содержание кадмия, мкг/г сырой массы				
	корни	стебли	1-й лист	2-й лист	3-й лист
7-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	16,19 ± 0,48	3,41 ± 0,09	3,02 ± 0,12	–	–
14-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	23,89 ± 0,46*	6,02 ± 0,10*	0,66 ± 0,01*	1,73 ± 0,08	–
21-дневные + 4 сут экспозиции с кадмием	42,80 ± 1,41*	7,59 ± 0,16*	1,22 ± 0,05*	0,70 ± 0,03*	1,45 ± 0,03

Примечание. * – различия между вариантами опыта достоверны при $P < 0,05$; прочерк – отсутствие данного листа.

Tukiendorf, 1999; Vassilev, 2002], и рассматривается как один из основных механизмов их металлоустойчивости [Baker, 1981; Серегин, Иванов, 2001; Wahid et al., 2009]. Обнаружено также, что содержание кадмия в корнях разновозрастных растений заметно различается. Так, у 21-дневных растений после 4-суточного воздействия металла оно было в 1,8 раза выше, чем у 14-дневных растений, и в 2,6 раза выше, чем у 7-дневных. Подобные различия отмечали ранее и другие исследователи, изучавшие накопление кадмия у ячменя [Smýkalová, Zámečníková, 2003] и поглощение цинка у кукурузы [Рудакова и др., 1987].

В результате анализа надземных органов растений было выявлено, что с увеличением возраста содержание кадмия в стебле, так же как и в корнях, возрастало, а в листовых пластинках не изменялось или даже несколько снижалось (табл. 2).

Оценка накопления кадмия в органах показала, что 21-дневные растения аккумулируют за время экспозиции в 2,4 раза больше кадмия, чем 14-дневные, и в 5,6 раза больше, чем 7-дневные. При этом с увеличением возраста растений количество металла в корнях и стеблях значительно возрастает, общее же количество кадмия, поступившего в листья, остается неизменным, несмотря на увеличение их числа (рис. 1).

Обнаруженные нами возрастные различия в накоплении металла растениями ячменя свидетельствуют об увеличении с возрастом поглотительной способности корневой системы. Действительно, известно, что скорость поглощения растениями элементов минерального питания может изменяться в зависимости от фазы их развития [Кларксон, 1978; Рудакова и др., 1987]. У однолетних злаков поступление в органы основных питательных элементов наиболее активно происходит в первые недели вегетации [Петербургский, 1971; Полевой, 1989]. Этому способствуют структурно-функциональные изменения, происходящие в корневой системе. В частности, в этот период наблюдается значительное увеличение поглощающей поверхности корней [Berkelaar, Hale, 2000; Chaney et al., 2007], возрастает катионообменная способность клеточных оболочек [Mane et al., 1970; Мейчик, 2007], усиливается гидравлическая проводимость [Кузнецов, Дмитриева, 2006], изменяется интенсивность работы ионтранспортных систем [Кларксон, 1978; Полевой, 1989; Marschner, 1995]. Поскольку поступление токсичных ионов в корни осуществляется с помощью тех же механизмов, что и ионов, необходимых для жизнедеятельности растений [Clemens, 2006], отмеченные выше возрастные изменения корневой системы могут способствовать и усилению поглощения кадмия более взрослыми растениями ячменя.

С увеличением возраста растений и усилением поглощения кадмия корнями возрастало и количество металла, поступившего в стебель, при этом в листьях оно оставалось низким (рис. 1), что, очевидно, связано со скоростью и особенностями передвижения ионов металла по органам. Например, в опытах с растениями риса было обнаружено, что ионы кадмия достаточно быстро (через 1 час от начала воздействия) проникают в основание стебля, в то время как их перемещение в листовые пластинки в значительной степени затруднено из-за наличия на поверхности клеточных стенок сосудов ксилемы большого количества отрицательно заряженных групп, способных связывать и задерживать катионы, находящиеся в ксилемном соке [Fujimaki et al., 2010].

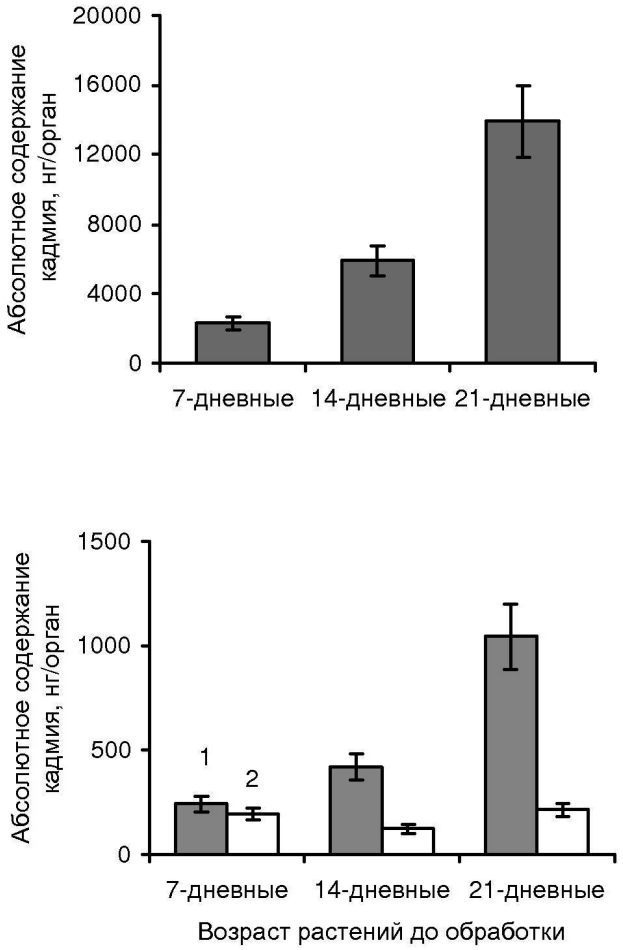


Рис. 1. Накопление кадмия в подземных (А) и надземных (Б) органах у растений ячменя разного возраста:

1– стебли, 2 – листья

Анализ распределения кадмия по органам растений ячменя показал, что несмотря на некоторое возрастание количества металла в побегах у 14- и 21-дневных растений по сравнению с 7-дневными, относительная доля металла, поступившего в надземные органы у более взрослых растений, заметно снижается (рис. 2), что свидетельствует об усилении барьерной функции корневой системы. Сходные изменения в распределении кадмия с увеличением возраста растений наблюдали у *Vigna radiata* [Šimonová et al., 2007]. Как известно, у растений, относящихся к группе исключателей, металлоустойчивость зависит от эффективности работы механизмов, обеспечивающих иммобилизацию ионов металлов в корнях, что позволяет защитить от их негативного действия надземные органы. К числу таких механизмов относят связывание ионов в апопласте клеток корня, хелатирование в цитоплазме и компартментацию в вакуоли [Clemens, 2001; Verbruggen et al., 2009; Verkleij et al., 2009; Lux et al., 2011]. Кроме того, поступление ионов металлов в надземные органы может регулироваться на этапе загрузки в ксилему путем изменения активности транспортных белков [Clemens, 2006; Van der Vliet et al., 2007; Verbruggen et al., 2009]. Высказано также предположение, что уменьшение содержания кадмия в надземных органах может достигаться путем их перемещения по флоэме из побегов обратно в корни [Van Belleghem et al., 2007]. Однако в литературе практически отсутствуют сведения, позволяющие сравнить эффективность работы этих механизмов у растений разного возраста. Можно лишь предположить, что увеличению иммобилизации ионов кадмия в корнях могут способствовать такие возрастные изменения, как усиление суберинизации клеточных стенок эндодермы и экзодермы [Schreiber et al., 1999; Hose et al., 2001], а также увеличение «емкости апопласта» клеток коры корня – основной ткани, накапливающей ионы кадмия, у растений группы исключателей [Серегин, 2009].

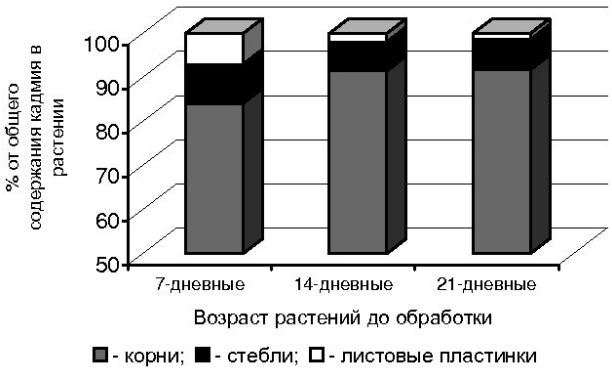


Рис. 2. Распределение кадмия по органам у растений ячменя разного возраста

Не исключено также, что существуют определенные возрастные различия и в эффективности работы механизмов, обеспечивающих связывание ионов металла внутри клеток корня. Например, недавно нами получены данные, показывающие, что у более взрослых растений ячменя содержание фитохелатинов (пептидов, участвующих в связывании ионов тяжелых металлов в цитоплазме) в клетках корня после экспозиции на растворе с кадмием увеличивается в большей степени, чем у более молодых [Казнина и др., в печати]. Последнее указывает на возможное участие данного механизма в усилении барьерной функции корней с увеличением возраста растений.

О более высокой эффективности функционирования механизмов детоксикации ионов металла в корнях у более взрослых растений

говорит и тот факт, что несмотря на значительное усиление поступления кадмия в растения ячменя с увеличением их возраста, существенных различий в ответной реакции на действие металла обнаружено не было. Однако для выявления конкретных причин возрастных различий в накоплении и иммобилизации кадмия в корнях у ячменя необходимы специальные исследования.

Заключение

В целом результаты нашего исследования показали, что реакция разновозрастных растений на действие кадмия была однотипной, хотя содержание металла в органах существенно различалось. В частности, с увеличением возраста растений содержание кадмия в корнях и стеблях у ячменя заметно возрастало, в то время как в листьях не изменялось или даже несколько снижалось. Кроме того, у более взрослых растений отмечено уменьшение доли кадмия, поступающего из корневой системы в побеги. Вероятно, возрастные изменения в клетках и тканях корней, приводящие к усилению их поглотительной способности, сопровождаются увеличением эффективности работы механизмов, обеспечивающих иммобилизацию избыточного количества ионов металла в подземных органах. Это позволяет защитить надземные органы и, прежде всего, листья от негативного воздействия кадмия, способствуя тем самым адаптации растений к повышенным концентрациям металла в корнеобитаемой среде.

Литература

Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 236 с.

Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 150 с.

Казнина Н. М., Титов А. Ф., Топчиева Л. В. и др. Влияние возрастных различий на реакцию растений ячменя на действие кадмия // в печати.

Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки. М.: Мир. 1978. 368 с.

Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. Изд. 2-е. М.: Высшая школа, 2006. 742 с.

Мейчик Н. Р. Ионный обмен и диффузия в клеточных стенках растений: Автореф. дис. … докт. биол. наук. М., 2007. 48 с.

Петербургский А. В. Агрохимия и физиология питания растений. М.: Россельхозиздат, 1971. 334 с.

Полевой В. В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989. 464 с.

Рудакова Э. В., Каракис К. Д., Сидоршина Т. Н. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях / Ред. Л. К. Островская. Киев: Наукова думка, 1987. 184 с.

Серегин И. В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: Автореф. дис. … докт. биол. наук. М., 2009. 53 с.

Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 4. С. 606–630.

Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 170 с.

Baker A. J. M. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant Nutrition. 1981. Vol. 3, N 1/4. P. 643–654.

Baker A. J. M., Walker P. M. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants // Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. Boca Raton: CRC Press, Fl. 1990. P. 155–177.

Berkelaar E., Hale B. The relationship between root morphology and cadmium accumulation in seedlings of two durum wheat cultivars // Canadian Journal of Botany. 2000. Vol. 78. P. 381–387.

Chaney R. L., Angle J. S., Broadhurst C. L. et al. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies // Journal of Environmental Quality. 2007. Vol. 36. P. 1429–1443.

Clemens S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis // Planta. 2001. Vol. 212. P. 475–486.

Clemens S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants // Biochimie. 2006. Vol. 88. P. 1707–1719.

Demirevska-Kepova K., Simova-Stoilova L., Petrova Stoyanova Z., Feller U. Cadmium stress in barley: growth, leaf pigment and protein composition and detoxification of reactive oxygen species // Journal of Plant Nutrition. 2006. Vol. 29. P. 451–468.

Fujimaki S., Suzui N., Ishioka N. S. et al. Traising cadmium from culture to spiklet: noninvasive and quantitative characterization of absorption, transport and accumulation of cadmium in an intact rice plant // Plant Physiology. 2010. Vol. 152. P. 1796–1806.

Grant C. A., Buckley W. T., Bailey L. D., Selles F. Cadmium accumulation in crops // Canadian Journal of Plant Science. 1998. Vol. 78. P. 1–17.

Hall J. L., Williams L. E. Transition metal transporters in plants // Journal of Experimental Botany. 2003. Vol. 54, N 393. P. 2601–2613.

Hassan Z., Aarts M. G. M. Opportunities and feasibilities for biotechnological improvement of Zn, Cd, or Ni tolerance and accumulation in plants // Environ. Exp. Bot. 2011. Vol. 72. P. 53–63.

Hose E., Clarkson D. T., Steudle L., Hartung W. The exodermis: a variable apoplastic barrier // Journal of Experimental Botany. 2001. Vol. 52. P. 2245–2264.

Krämer U., Talke I. N., Hanikene M. Transition metal transport // FEBS Letters. 2007. Vol. 581. P. 2263–2272.

Lux A., Martinka M., Vaculik M., White P. J. Root responses to cadmium in the rizosphere: a review // Journal of Experimental Botany. 2011. Vol. 62. P. 21–37.

Mane V. B., Savant N. K., Shingte A. K. Relationship between cation exchange capacity of roots and mineral composition of plants tops as influenced by age // Plant and Soil. 1970. Vol. 33. P. 113–119.

Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 674 p.

Prasad M. N. V. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants // Environ. Exp. Bot. 1995. Vol. 35. P. 525–545.

Puertas-Mejía M. A., Ruiz-Díez B., Fernández-Pascual M. Effect of cadmium ion excess over cell structure and functioning of *Zea mays* and *Hordeum vulgare* // Biochemical Systematics and Ecology. 2010. Vol. 38. P. 285–291.

Regvar M., Vogel-Mikuš K. Recent advances in understanding of plant responses to excess metals: exposure, accumulation and tolerance // Sulfur assimilation and abiotic stress in plants / Ed. N. A. Khan. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P. 227– 251.

Sanità di Toppi L., Gabbrielli R. Response to cadmium in higher plants // Environ. Exp. Bot. 1999. Vol. 41. P. 105–130.

Schreiber L., Hartmann K., Skrabs M., Zeier J. Apoplastic barriers in roots: chemical composition of endodermal and hypodermal cell walls // Journal of Experimental Botany. 1999. Vol. 50. P. 1267–1280.

Šimonová E., Henselová M., Masarovičová E., Kohanová J. Comparison of tolerance of *Brassica juncea* and *Vigna radiata* to cadmium // Biologia Plantarum. 2007. Vol. 51. P. 488–492.

Smýkalová I., Zámečniková B. The relationship between salinity and cadmium stress in barley // Biologia Plantarum. 2003. Vol. 46, N 2. P. 269–273.

Van Belleghem F., Cuypers A., Semane B. et al. Subcellular localization of cadmium in roots and leaves of *Arabidopsis thaliana* // New Phytologist. 2007. Vol. 173. P. 495–508.

Van der Vliet L., Peterson C., Hale B. Cd accumulation in roots and shoots of durum wheat: the roles of transpiration rate and apoplastic bypass // Journal of Experimental Botany. 2007. Vol. 58. P. 2939–2947.

Vassilev A. Phisiological and agroecological aspects of cadmium interactions with barley plants: an overview // Journal of Central European Agriculture. 2002. Vol. 4, N 1. P. 65–74.

Verbruggen N., Hermans C., Schat H. Mechanisms to cope with arsenic or cadmium excess in plants // Current Opinion in Plant Biology. 2009. Vol. 12. P. 364–372.

Verkleij J. A. C., Golan-Goldhirsh A., Antosiewisz D. M. et al. Dualities in plant tolerance to pollutants and their uptake and translocation to upper plant parts // Environ. Exp. Bot. 2009. Vol. 67. P. 10–22.

Wahid A., Arshad M., Farooq M. Cadmium phytotoxicity: responses, mechanisms and mitigation strategies // Organic farming, pest control and remediation of soil pollutants / Ed. E. Lichtfouse. Springer Science+Business Media B.V. 2009. P. 371–403.

Wagner G. J. Accumulation of cadmium in crop plants and consequences to human health // Advances in Agronomy. 1993. Vol. 51. P. 173–212.

Wyjcik M., Tukiendorf A. Cd-tolerance of maize, rye and wheat seedlings // Acta Physiologia Plantarum. 1999. Vol. 21, N 2. P. 99–107.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Батова Юлия Валерьевна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: batova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Титов Александр Федорович
председатель КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: krcras@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Казнина Наталья Мстиславовна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kaznina@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Лайдинен Галина Федоровна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: laidinen@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Batova, Yulia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: batova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Titov, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: krcras@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710

Kaznina, Natalia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kaznina@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Laidinen, Galina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: laidinen@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 38–46

УДК 591.1, 577.13, 504.5, 57.017.3

МИДИЯ *MYTILUS EDULIS* L. БЕЛОГО МОРЯ КАК БИОИНДИКАТОР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

И. Н. Бахмет, Н. Н. Фокина, З. А. Нефедова, Т. Р. Руоколайнен, Н. Н. Немова

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Исследовались особенности адаптации двустворчатого моллюска мидии съедобной *Mytilus edulis* L. Белого моря к присутствию растворенных нефтепродуктов. Оценивалось физиологическое состояние животных по сердечной активности и биохимический статус моллюсков по липидному составу. Сердечный ритм регистрировали при помощи неинвазивной методики. После добавления нефтепродуктов наблюдался резкий рост частоты сердечных сокращений при концентрациях 8,0 и 38,0 мг/л. В случае низких концентраций поллютанта (0,4 и 1,9 мг/л) достоверное понижение сердечной ритмики было отмечено только на 4 день экспозиции. Выраженные флуктуации сердечной активности были отмечены во всех экспериментальных группах. После 6-дневной экспозиции мягкие ткани мидий были взяты для оценки липидного состава. При повышенных концентрациях нефтепродуктов (38,0 мг/л) снижалось содержание холестерина и арахидоновой кислоты, что, по-видимому, является специфическим компенсаторным ответом моллюсков на действие высоких доз нефтепродуктов в морской воде.

К л ю ч е в ы е с л о в а : мидия съедобная, *Mytilus edulis* L., сердечный ритм, липиды, фосфолипиды, жирные кислоты, нефтепродукты.

I. N. Bakhmet, N. N. Fokina, Z. A. Nefyodova, T. R. Ruokolainen, N. N. Nemova. BLUE MUSSELS *MYTILUS EDULIS* L. IN THE WHITE SEA AS BIOINDICATORS UNDER DILUTED OIL IMPACT

The adaptation characteristics of the White Sea blue mussels *Mytilus edulis* L. were investigated under the effect of oil products. The physiological condition was estimated by the heart activity, and the biochemical status – by the lipid composition. The heart rate was registered by a non-invasive technique. An increase in HR was observed at oil concentrations of 8.0 and 38.0 mg/l. In treatments with low concentrations (0.4 & 1.9 mg/l) a reliable decrease in the mussel HR occurred on the 4th day of the experiment. Strong fluctuations of the cardiac activity were noted under all concentrations. After 6 days of oil treatment, organs of the mussels (distal and saggital parts of the mantle, foot) were sampled to determine total lipid composition. Low concentrations of oil products caused no significant changes in the lipid composition. Under high concentrations the content of cholesterol and arachidonic acid decreased. This was apparently a specific compensatory response of blue mussels to heavy oil contamination.

K e y w o r d s : blue mussel, *Mytilus edulis* L., heart rate, lipids, phospholipids, fatty acids, oil products.

Введение

Особенности воздействия нефтепродуктов на морские организмы в последнее время привлекают все больше внимания в связи с участившимися случаями техногенных катастроф и, соответственно, нефтяных разливов [AMAP, 2002; Albaigés et al., 2006; Loureiro et al., 2006]. В будущем эти проблемы могут только возрасти в связи с потеплением в северном полушарии и отступлением льдов в арктических морях. Данные климатические изменения приведут к разработке новых нефтяных месторождений и увеличению морских грузоперевозок по Северному морскому пути [ACIA, 2004]. Это вызывает интерес к изучению особенностей реакций морских животных высоких широт на нефтепродукты.

При исследовании результатов воздействия нефтепродуктов на экологию прибрежных вод наиболее интенсивно в последние десятилетия использовали двустворчатого моллюска мидию съедобную [Bayne, 1985; Choiseul et al., 1998; Dyrynda et al., 2000; El Nemr et al., 2004 и др.]. Это связано, прежде всего, с особенностями распределения мидии. Кроме того, являясь седентарным организмом и фильтратором, моллюск способен накапливать загрязняющие вещества и, таким образом, служить модельным объектом при оценке экологического статуса данной территории.

Следует учитывать, что определение накопленных поллютантов не позволяет своевременно реагировать на появление загрязняющих веществ в окружающей среде. Известно же, что при проведении биомониторинга наиболее эффективно использование долговременных наблюдений за какой-либо интегральной (дыхание, сердечная активность и т. д.) функцией организма-биоиндикатора [Handy et al., 2003]. Однако мидии не применялись в подобных мониторингах в связи с методическими трудностями [Depledge et al., 1992; Taylor et al., 2000]. К примеру, использование такого информативного показателя, как сердечная ритмика, было невозможно из-за артефактов, вызванных имплантацией электродов и, соответственно, повреждающим воздействием [Segal, 1961]. В 1990-х гг. этот недостаток был преодолен благодаря разработке новой методики дистантной регистрации частоты сердечных сокращений (ЧСС) [Depledge, Andersen, 1990]. Применение данного метода в различных экспериментах показало наличие достоверной корреляции между изменениями сердечной ритмики морских беспозвоночных и варьированием природных факторов [Marshall, McQuaid, 1993, 1994; Santini et al., 2000; Bakhmet et al., 2005]. В дальнейших работах была установлена высокая чувствительность сердечной активности моллюсков к тяжелым металлам [Marchan et al., 1999; Curtis et al., 2000] и аммиаку [Bloxham et al., 1999]. На этом фоне обращает на себя внимание отсутствие работ по изучению влияния на физиологию мидий таких токсичных веществ, как нефтепродукты.

Использование метода регистрации сердечной активности позволяет отслеживать реакцию морских беспозвоночных на поллютанты on-line. В то же время данные по реакции сердечной системы не позволяют оценить изменения в организме на клеточном уровне, поскольку это интегральный показатель. Для понимания тонких механизмов реакции организма животных необходимо применение биохимических методов. Изменения биохимических показателей отражают состояние обмена веществ и зачастую свидетельствуют о развитии компенсаторного ответа организма на воздействие загрязняющих веществ [Немова, Высоцкая, 2004]. Важную роль в адаптациях организма к изменяющимся факторам среды обитания играют липиды клеточных мембран [Крепс, 1981]. Стрессовые воздействия влияют на состав мембранных липидов, что вызывает изменения в физических свойствах мембран (главным образом микровязкости), направленные на поддержание их оптимальной структуры [Nechev et al., 2006]. У двустворчатых моллюсков показано изменение некоторых липидных показателей при влиянии загрязняющих веществ, однако такие работы выполнены на уровне целого организма [Capuzzo, Leavitt, 1988; Leavitt et al., 1990]. Ответ целого организма на различные виды загрязнений является интегральным и состоит из совокупного ответа различных органов. В то же время стратегии реакций на загрязнение клеток каждого отдельного органа могут отличаться между собой.

В связи с вышеизложенными фактами был проведен эксперимент по исследованию реакции мидий на водорастворенные нефтяные продукты. В работе оценивалось изменение сердечного ритма моллюсков и качественный и количественный липидный состав разных органов. Следует отдельно остановиться на объекте исследования – беломорской мидии. Нахождение в высоких широтах привело к развитию уникальных адаптивных возможностей моллюсков данной популяции. В частности, даже в зимних условиях при температуре воды –1,5 °С животные не впадают в анабиоз и продолжают активно питаться. Об этом свидетельствует

относительно высокий уровень сердечной активности – 6–8 сердечных сокращений в минуту (сс/мин) [Бахмет, Здоровенов, 2010]. Таким образом, мидии именно беломорской популяции могут являться организмом-биоиндикатором в условиях Крайнего Севера.

Материал и методы

Для проведения опытов была выбрана Беломорская биологическая станция «Картеш» ЗИН РАН, расположенная на Карельском берегу Белого моря. Размер мидий, выбранных для эксперимента, варьировал от 60 до 70 мм. Для акклимации к лабораторным условиям моллюски были помещены на 7 дней в аквариумы с морской водой с постоянной продувкой при температуре 10 °С. Ежедневно осуществлялась частичная смена воды. Кормление мидий не производилось, чтобы избежать специфического динамического действия пищи. За один день до эксперимента к раковинам моллюсков были приклеены оптические сенсоры CNY-70, после чего мидии были помещены в 5 аквариумов (по 20 экземпляров). Регистрация сердечной активности проводилась каждые 2 часа в течение первых суток перед добавлением нефтепродуктов и далее в течение 6 суток. Использовалась модифицированная методика, описанная в работе M. H. Depledge, B. B. Andersen [1990]. Обработка данных по сердечной активности производилась при помощи программы FlukeView 3.0 [Santini et al., 2000]. Рассчитывались количество сокращений сердца в одну минуту и средняя арифметическая ошибка. При сравнении использовали непараметрический метод Колмогорова-Смирнова, поскольку распределение значений ЧСС не подчинялось нормальному закону. Для построения графиков средние значения сердечной активности моллюсков, подвергшихся воздействию нефтепродуктов, были стандартизованы по отношению к ЧСС контрольных моллюсков. Сердечная ритмика контрольных индивидуумов была взята за 100 %.

В качестве нефтепродуктов использовалось тяжелое дизельное топливо. Для исключения гравитационного расслоения к 900 мл морской воды предварительно добавляли 100 мл дизельного топлива и затем энергично перемешивали в течение 10 мин, после чего в три аквариума добавляли по 15, 50 и 150 полученной смеси. Таким образом, получали три различных концентрации топлива (табл. 1). Концентрации нефтепродуктов были выбраны с учетом всего спектра – от минимальной до сублетальной. Добавление дизельного топлива производилось ежедневно сразу после смены воды. Использовали два контроля: четвертый аквариум – без добавления нефтепродуктов; пятый аквариум – также без добавления нефтепродуктов, но расположенный в отдельном помещении, с целью исключения возможной адсорбции нефтепродуктов из окружающего воздуха. Часть нефтепродуктов после добавления испарялась, часть – оседала на стенках аквариума и раковинах мидий и часть – поглощалась моллюсками. В связи с этим перед каждой сменой воды брались пробы для определения истинной концентрации дизельного топлива. Использовался эксирационно-фотометрический метод с колоночной хроматографией на Al_2O_3 с последующей спектрометрией (РД 52.24.476-95).

Концентрация нефтепродуктов в аквариумах

	1	2	3	4	Контроль
Рассчитанные, мл/л	1,0	0,3	0,1	0	0
Рассчитанные, мг/л	700	210	70	0	0
Действительные, мг/л	38,0	8,0	1,9	0,4	0,02

Для биохимического анализа после шестидневного постоянного воздействия нефтепродуктов на мидий отбирались следующие органы моллюсков: дистальная и сагиттальная части мантии, нога. Экстракцию липидов проводили в смеси хлороформ : метанол (соотношение по объему 2 : 1) по методу J. Folch et al. [1957]. Разделение общих липидов выполняли на пластинах «Silufol». Количественное содержание общих липидов, отдельных фракций фосфолипидов и жирнокислотный спектр определяли методами хроматографии (ТСХ, ВЭЖХ и ГЖХ) и спектрофотометрии [Сидоров и др., 1972; Endelbrecht, 1974; Arduini et al., 1996]. Изменения в липидном составе оценивались с помощью непараметрического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни [Гублер, Генкин, 1969].

Результаты и обсуждения

ЧСС моллюсков до воздействия составила в среднем 11,5 ± 0,4 сс/мин и достоверно не различалась между экспериментальными группами.

После добавления нефтепродуктов в высокой концентрации (38,0 мг/л) ЧСС мидий резко возрастала (рис. 1). На 2-й день эксперимента сердечная активность падала и снова возрастала на 4-е сутки. Далее до конца опыта ЧСС моллюсков оставалась достоверно выше контрольного уровня (рис. 1). Таким образом, наблюдались циклические изменения сердечной активности с периодом в 2 суток. При добавлении нефтепродуктов в концентрации 8,0 мг/л были получены сходные флуктуации ЧСС (рис. 1).

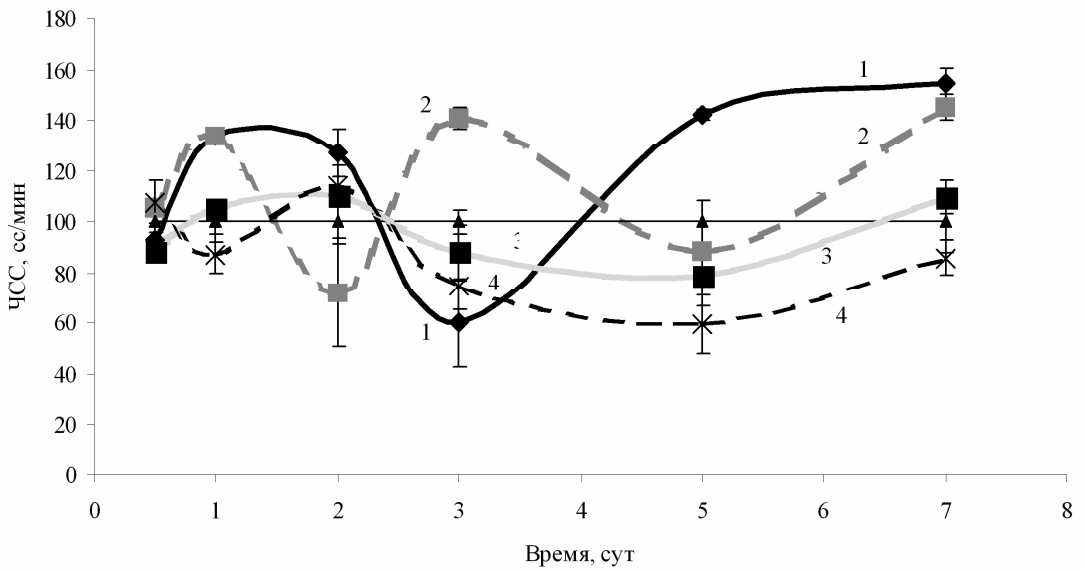


Рис. 1. Относительное изменение ЧСС мидий при воздействии растворенных нефтепродуктов (контроль принят за 100 %):

1 – концентрация 38,0 мг/л; 2 – концентрация 8,0 мг/л; 3 – концентрация 1,9 мг/л; 4 – концентрация 0,4 мг/л; тонкая прямая линия – контроль

При более низких концентрациях нефтепродуктов (0,4 и 1,9 мг/л) только на 4-е сутки опыта было обнаружено достоверное понижение ЧСС мидий. К концу эксперимента сердечная активность мидий в данных группах возвращалась к контрольным значениям (рис. 1). Флуктуации ЧСС, регистрируемые у мидий, находящихся в условиях влияния низкой концентрации нефтепродуктов, были сходны с изменениями сердечной активности у моллюсков из аквариумов с высокими концентрациями нефтепродуктов (8,0 и 38,0 мг/л).

Рост ЧСС при действии высоких концентраций нефтепродуктов (8,0 и 38,0 мг/л) позволяет сделать вывод о повышении потребления кислорода и, соответственно, уровня метаболизма. Эти данные согласуются с отмеченной тахикардией у мидий при кратковременном воздействии бензопирена (основной повреждающий элемент нефти) [Halldorsson et al., 2008].

Необходимо учитывать, что мидия является активным фильтратором, поэтому более высокий уровень потребления кислорода может быть связан с активным выведением нефтепродуктов из организма моллюсков. Кроме того, дополнительное количество кислорода необходимо для окисления загрязняющего агента. Ранее было показано окисление полиароматических углеводородов (ПАУ) в различных тканях мидии с последующим выведением [Dyrynda et al., 2000]. Следует отметить, что мидии и другие представители Bivalvia сравнительно устойчивы к действию нефтепродуктов и выживают в условиях, когда остальные виды погибают [Goldberg, 1986]. Высокая адаптивная способность мидий была показана при оценке реакции этих животных на тяжелые металлы [Nechev et al., 2006], липофильное загрязнение [McDowell et al., 1999] и на воздействие ПАУ.

Дополнительная интерпретация изменений ЧСС может быть обнаружена в связи с влиянием некоторых нейротрансмиттеров. Возможно, что в нашем случае может иметь место выброс таких нейротрансмиттеров, как 5-ГТ, ФМРФ-амидов и/или кардиоактивных пептидов [McMahon et al., 1997]. Особенно следует обратить внимание на такой нейромедиатор, как ФМРФ-амид, поскольку его концентрация растет под воздействием стрессовых факторов [Yamagishi et al., 2004]. Также нельзя исключить участие в регуляции сердечной активности ацетилхолина как одного из основных тормозных агентов [Deaton et al., 2001]. Было показано, что тяжелые металлы влияют на внешний холинэргический контроль сердечной активности, в результате чего понижается циркуляция гемолимфы [Bini et al., 2006].

Общепризнанно, что процесс адаптации имеет колебательный характер, что связано с определенной инерцией адаптационных механизмов [Бергер, 1986; Berger, Kharazova, 1997]. Возможно, колебательный характер сердечной ритмики, отмеченный в настоящей работе у сублиторальных мидий при влиянии различных концентраций нефтепродуктов, свидетельствует об акклимации моллюсков к данному воздействию.

В исследуемых органах беломорских мидий (край мантии, мантия и нога) при влиянии нефтепродуктов в высоких концентрациях (38,0 мг/л) наблюдалось значительное падение концентрации холестерина (ХС) – основного структурного компонента мембран (рис. 2). Наряду с этим происходило повышение содержания общих фосфолипидов (ФЛ) и их отдельных фракций (фосфатидилэтаноламина (ФЭА), фосфатидилхолина (ФХ), фосфатидилсерина (ФС) и фосфатидилинозитола (ФИ)), что, в свою очередь, отразилось на соотношении ХС/ФЛ. Этот показатель является одним из основных параметров, характеризующих физическое состояние биологических мембран, которое определяет проницаемость липидного бислоя для ионов, а также активность встроенных в него ферментов и рецепторов [Еляков, Стоник, 1988; Hall et al., 2002]. Кроме того, ХС является предшественником для синтеза гормонов [Кандюк, 2006; Lavado et al., 2006]. Значительное снижение концентрации данного стерина может быть вызвано ингибирующим действием высоких доз нефтепродуктов на активность ферментов, участвующих в его синтезе. Низкий уровень ХС, в свою очередь, может не только изменить вязкость и проницаемость клеточных мембрам, но и повлиять на гормональный статус мидий.

Обращает на себя внимание значительное повышение концентрации фосфатидилинозитола (ФИ) в краевой части мантии и ноге в результате воздействия высокой концентрации нефтепродуктов (38,0 мг/л) на беломорских мидий. Данный фосфолипид является минорным компонентом клеточных мембран, участвующим в таких важных физиологических процессах, как сигнальная трансдукция на поверхности клетки, регуляция мембранного транспорта, проницаемость мембран [Кучеренко, Блюм, 1986; Di Paolo, de Camilli, 2006]. Повышение его количества в краевой части мантии и ноге, вероятно, свидетельствует об участии данного фосфолипида в компенсаторной реакции мидий на действие высоких доз нефтепродуктов.

В жирнокислотном спектре беломорских мидий, подверженных влиянию нефтяного загрязнения, были отмечены модификации (рис. 3), свидетельствующие о развитии компенсаторных перестроек на уровне метаболизма жирных кислот в ответ на данное негативное влияние. Особенностью ответной реакции мантийной ткани (краевой части и собственно мантии) на действие высоких концентраций нефтепродуктов (38,0 мг/л) явилось повышение уровня n-3 полиеновых жирных кислот, главным образом, эйкозапентаеновой 20:5n-3 (ЭПК) и докозагексаеновой 22:6n-3 кислот (ДГК). Выявленный эффект возможен в результате либо активации ферментов синтеза данных жирных кислот (в частности, десатураз и элонгаз) у моллюсков при неблагоприятном воздействии нефтепродуктов, либо активного потребления фитопланктона, богатого данными кислотами. Отмеченный у моллюсков рост ЧСС при воздействии высоких концентраций нефтепродуктов (38,0 мг/л) свидетельствует

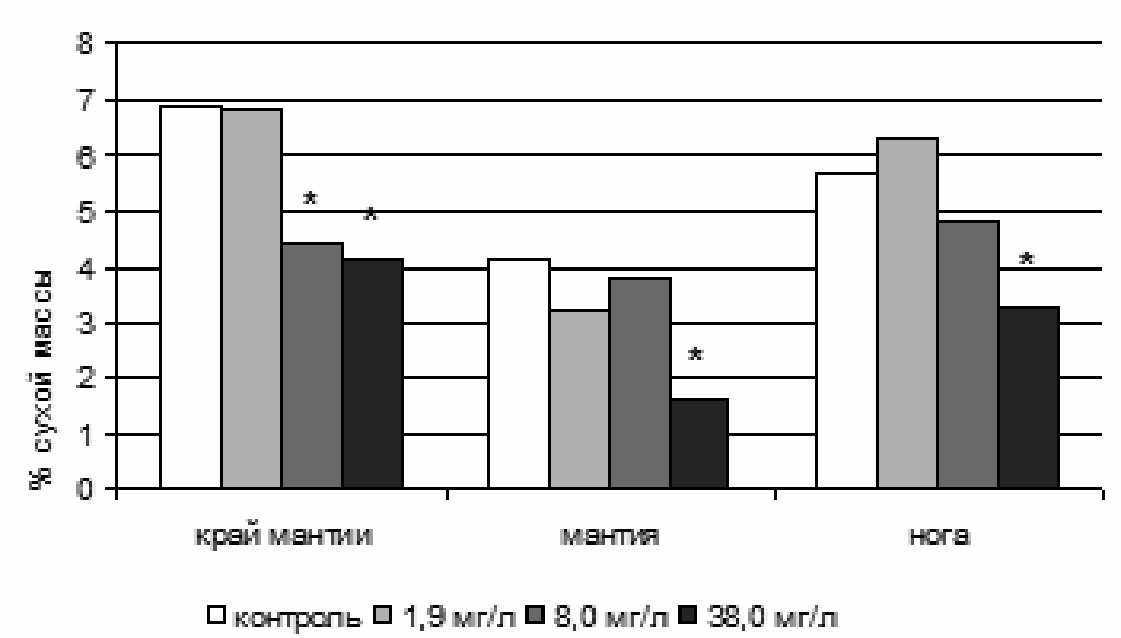


Рис. 2. Содержание холестерина (ХС, % сухой массы) в органах *Mytilus edulis*

* – различия достоверны при сравнении с контролем (0,4 мг/л), $p < 0,05$

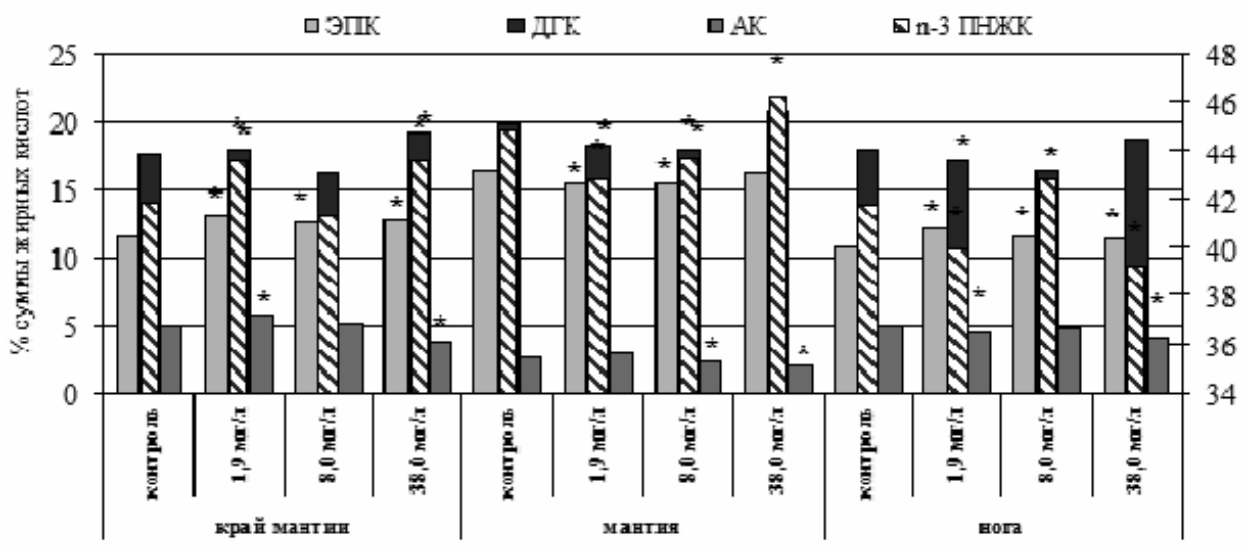


Рис. 3. Содержание некоторых полиеновых жирных кислот (% суммы жирных кислот) в исследуемых органах *Mytilus edulis* при влиянии различных концентраций нефтепродуктов:

ЭПК – эйкозапентаеновая 20:5n-3 кислота; ДГК – докозагексаеновая 22:6n-3 кислота; АК – арахидоновая 20:4n-6 кислота; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты. * – различия достоверны при сравнении с контролем (0,4 мг/л), $p < 0,05$

об активации процессов фильтрации. Повышенные концентрации данных полиеновых кислот обеспечивают защиту клеточных мембран мантийной ткани от окислительного разрушения, поскольку известно, что увеличение уровня ненасыщенности жирных кислот возникает в случае повышенного риска окислительного повреждения [Abele, Puntarulo, 2004]. Необходимо отметить, что при влиянии данной концентрации нефтепродуктов (38,0 мг/л) во всех исследуемых органах мидий наблюдалось снижение содержания арахидоновой 20:4n-6 кислоты (АК), при этом повышался уровень ее метаболического предшественника – линолевой 18:2n-6 кислоты. Это, вероятно, указывает на угнетение процессов синтеза АК в результате воздействия высоких концентраций нефтепродуктов на мидий. Однако при влиянии нефтепродуктов в низкой концентрации (1,9 мг/л) в краевой части мантии, наоборот, наблюдался рост уровня данной жирной кислоты. Вероятно, участие АК в процессах адаптации моллюска к нефтяному загрязнению зависит от концентрации нефтепродуктов в морской воде. Известно, что АК является предшественником для синтеза эйкозаноидов (простагландинов, лейкотриенов и др.) – биологически активных веществ, способствующих развитию приспособительных реакций организма с участием иммунной системы [Stanley-Samuelson, 1987].

В мантии и ноге при воздействии нефтепродуктов в концентрации 1,9 и 8,0 мг/л наблюдалось пониженное содержание n-3 полиеновых кислот (в основном, ЭПК и ДГК), что указывает на недостаточное поступление этих кислот извне или на угнетение процессов их синтеза. Отмеченные модификации в количестве данных жирных кислот возможны в результате снижения физиологических функций моллюска: ЧСС, потребления кислорода и фильтрации.

Таким образом, при влиянии различных концентраций нефтепродуктов (1,9, 8,0 и 38,0 мг/л) у беломорских мидий установлена ответная реакция на уровне структурных липидов (ФЭА, ФХ, ФИ и ХС) и полиеновых жирных кислот во всех исследуемых органах. Липидный состав *Mytilus edulis* характеризовался пониженными концентрациями холестерина и арахидоновой кислоты, что, по-видимому, является специфическим компенсаторным ответом моллюсков на действие высоких концентраций (38,0 мг/л) нефтепродуктов в морской воде. Кроме того, колебания в содержании n-3 ПНЖК у мидий, подвергнутых воздействию нефтяного загрязнения, свидетельствуют о перераспределении метаболизма данных жирных кислот между исследуемыми органами, а именно: краевой частью мантии, мантией и ногой. Изменения в количественном составе структурных липидов и жирных кислот у беломорских мидий могут оказывать влияние на активность мембранно-связанных ферментов, а также на метаболизм всего организма, что позволяет им адаптироваться к различным концентрациям нефтепродуктов в морской воде.

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть ряд выводов, которые следуют из результатов наших исследований:

1. Мидии Белого моря обладают высокой чувствительностью к присутствию нефтепродуктов, что доказывается изменением сердечной активности при концентрациях поллютанта ниже ПДК;

2. Моллюски способны адаптироваться к воздействию нефтепродуктов;

3. Липидный состав мидий менее чувствителен к данному воздействию, однако изменения соотношения структурных липидов и модификации жирнокислотного спектра беломорских моллюсков, подверженных влиянию нефтяного загрязнения, помогают понять механизм реагирования животных на клеточном уровне.

По-видимому, необходимы дальнейшие исследования для установления механизмов развития компенсаторных реакций у мидий в ответ на действие нефтепродуктов. На следующем этапе предполагается оценить не только изменения липидного состава, но и реакцию активности ферментов углеводного и белкового обмена. По изменению активности ферментов можно судить о возникающих перестройках в клеточном метаболизме, которые направлены на компенсацию неблагоприятного влияния окружающей среды, в том числе действия нефтепродуктов.

Авторы выражают признательность заведующему гидрохимической лабораторией Института водных проблем Севера д. х. н. П. А. Лозовику и сотруднику данной лаборатории С. В. Басовой. Авторы благодарны сотрудникам Беломорской биологической станции ЗИН РАН и особенно д. б. н. В. Я. Бергеру и д. б. н. В. В. Халаману за предоставленную возможность проводить исследования на станции.

Работа была выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы РФ» № 1642.2012.4 и программы Президиума РАН «Биоразнообразие».

Литература

Бахмет И. Н., Здоровенов Р. Э. Вариабельность сердечной активности у двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* и *Modiolus modiolus* // Биол. моря. 2010. Т. 36, № 3. С. 228–232.

Бергер В. Я. Адаптации морских моллюсков к изменению солености. Л.: Наука, 1986. 214 с.

Гублер Е. В., Генкин А. А. Применение непараметрического статистического критерия для определения разницы двух групп в медико-биологических исследованиях. М.: Медицина, 1969. 29 с.

Еляков Г. Б., Стоник В. А. Стеролы морских организмов. М.: Наука, 1988. 207 с.

Кандюк Р. П. Стерины моллюсков и их функциональная роль (Обзор) // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42, № 1. С. 62–74.

Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Эволюция липидов мозга. Адаптационные функции липидов. Л., 1981. 365 с.

Кучеренко Н. Е., Блюм Я. Б. Роль мембранных фосфоинозитидов в регуляции гормональных эффектов // Укр. биохим. 1986. Т. 58, № 1. С. 86–101.

Немова Н. Н., Высоцкая Р. У. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука, 2004. 215 с.

РД 52.24.476-95. Методическая инструкция. Метод выполнения измерений массы нефти ИК-фотометрическим методом / Гидрохимический институт. Ростов-на-Дону, 1995. 14 с.

Сидоров В. С., Лысенко Е. И., Болгова О. М., Нефедова П. Ф. Липиды рыб. I. Методы анализа. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1972. С. 150–162.

Abele D., Puntarulo S. Formation of reactive species and induction of antioxidant defence systems in polar and temperate marine invertebrates and fish // Comp. Biochem. Physiol. 2004. Vol. 138A. P. 405–415.

ACIA (Arctic Climate Impact Assessment). Impacts of a warming Arctic. Cambridge University Press, 2004. 1042 p.

Albaigés J., Morales-Nin B., Vilas F. The Prestige oil spill: a scientific response // Mar. Pollut. Bull. 2006. Vol. 53. P. 205–207.

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Arctic pollution 2002. Oslo: Norway, 2002. 112 p.

Arduini A., Peschechera A., Dottori S. et al. High performance liquid chromatography of long-chain acylcarnitine and phospholipids in fatty acid turnover studies // J. of Lipid Res. 1996. Vol. 37. P. 684–689.

Bakhmet I. N., Berger V. Ja., Khalaman V. V. The effect of salinity change on the heart rate of *Mytilus edulis* specimens from different ecological zones // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2005. Vol. 318, N 2. P. 121–126.

Bayne B. L. Responses to environmental stress: tolerance, resistance and adaptation // Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms. J. S. Gray, Christiansen, M. E. Wiley, Chichester, UK 1985. P. 331–349.

Berger V. J., Kharazova A. D. Mechanisms of salinity adaptations in marine mollusks // Hydrobiol. 1997. Vol. 355. P. 115–126.

Bini G., Williams G. A., Chelazzi G. Neuronal cholinergic control is involved in the modification of cardiac activity and circulation induced by waterborne copper in the chiton *Acanthopleura japonica* // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2006. Vol. 338, N 1. P. 43–49.

Bloxham M. J., Worsfold P. J., Depledge M. H. Integrated biological and chemical monitoring: in situ physiological responses of freshwater crayfish to fluctuations in environmental ammonia concentrations // Ecotoxicol. 1999. Vol. 8, N 3. P. 225–237.

Capuzzo J. M., Leavitt D. F. Lipid composition of the digestive glands of *Mytilus edulis* and *Carcinus maenas*

in response to pollutant gradients // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1988. Vol. 46. P. 139–145.

Choiseul V., Wilson J. G., Nixon E. The distribution of hydrocarbons on the east and south-west Irish costs and in the Liffe estuary // Biol. Env. Proc. RIA. 1998. Vol. 98B, N 2. P. 75–86.

Curtis T. M., Williamson R., Depledge M. H. Simultaneous, long-term monitoring of valve and cardiac activity in the blue mussel *Mytilus edulis* exposed to copper // Mar. Biol. 2000. Vol. 136, N 5. P. 0837–0846.

Deaton L. E., Felgenhauer B. E., Duhon D. W. Bulbus arteriosus of the bivalve mollusc *Mercenaria mercenaria*: Morphology and pharmacology // J. Morph. 2001. Vol. 250, N 2. P. 185–195.

Depledge M. H., Andersen B. B. A computer-aided physiological monitoring system for continuous, long-term recording of cardiac activity in selected invertebrates // Comp. Biochem. Physiol. 1990. Vol. 96. P. 474–477.

Depledge M. H., Amaral-Mendes J. J., Daniel B. et al. The conceptual basis of the biomarker approach // D. B. Peakall, L. R. Shugart (eds.). Biomarkers: Research and application in the assessment of the environmental health. NATO ASI Series H: Cell Biology. 1992. 86. P. 15–29.

Di Paolo G., de Camilli P. Phosphoinositides in cell regulation and membrane dynamics // Nature. 2006. Vol. 443, N 7112. P. 651–657.

Dyrynda E. A., Law R. J., Dyrynda P. E. J. et al. Changes in immune parameters of natural mussel *Mytilus edulis* populations following a major oil spill ('Sea Em-press', Wales, UK) // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2000. Vol. 206. P. 155–170.

El Nemr A., El-Sikaily A., Khaled A. et al. Determination of hydrocarbons in mussels from the Egyptian Red Sea coast // Env. Monit. Assess. 2004. Vol. 96. P. 251–261.

Endelbrecht F. M., Mari F., Anderson J. T. Cholesterol determination in serum. A rapid direction method // SA Med. J. 1974. Vol. 48, N 7. P. 250–256.

Folch J., Lees M., Sloan-Stanley G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids animal tissue (for brain, liver and muscle) // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226. P. 497–509.

Goldberg E. D. The mussel watch concept // Environ. Monitor. Assess. 1986. Vol. 7. P. 91–103.

Hall J. M., Parrish C. C., Thompson R. J. Eicosapentaenoic acid regulates scallop (*Placopecten magellanicus*) membrane fluidity in response to cold // Biol. Bull. 2002. Vol. 202. P. 201–203.

Halldorsson H. P., De Pirro M., Romano C. et al. Immediate biomarker responses to benzo[a]pyrene in polluted and unpolluted populations of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) at high-latitudes // Environ. Int. 2008. Vol. 34. P. 483–489.

Handy R. D., Galloway T. S., Depledge M. H. A proposal for the use of biomarkers for the as-sessment of chronic pollution and in regulatory toxicology // Ecotox. 2003. Vol. 12. P. 331–343.

Lavado R., Janer G., Porte C. Steroid levels and steroid metabolism in the mussel *Mytilus edulis*: the modulating effect of dispersed crude oil and alkylphenols // Aquatic Toxicology. 2006. Vol. 78S. P. S65–S72.

Leavitt D. F., Lancaster A. S., Capuzzo J. M. Changes in the biochemical composition of a sub-tropical bivalve, *Arca zebra*, in response to contaminant gradient in Bermuda // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1990. Vol. 138. P. 85–98.

Loureiro M. L., Ribas A., Lypez E., Elena O. Estimated costs and admissible claims linked to the Prestige oil spill // Ecol. Econ. 2006. Vol. 59. P. 48–63.

Marchan S., Davies M. S., Fleming S., Jones H. D. Effect of copper and zinc on the heart rate of the limpet *Patella vulgata* L. // J. Comp. Biochem. Physiol. 1999. A. 123, 89–93.

Marshall D. J., McQuaid C. D. Effects of hypoxia and hyposalinity on the heart beat of the in-tertidal limpets *Patella granularis* (Prosobranchia) and *Siphonaria capensis* (Pulmonata) // Comp. Biochem. Physiol. 1993. A. Vol. 106. P. 65–68.

Marshall D. J., McQuaid C. D. Seasonal and dial variations of in situ heart rate of the intertidal limpet *Siphonaria oculus* Kr. (Pulmonata) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1994. Vol. 179, N 1. P. 1–9.

McDowell J. E., Lancaster B. A., Leavitt D. F. et al. The effects of lipophilic organic contaminants on reproductive physiology and disease processes in marine bivalve mollusks // Limnol. Oceanogr. 1999. Vol. 44, N 3. P. 903–909.

McMahon B. R., Wilkens J. L., Smith P. J. S. Invertebrate circulatory systems. Section 13 // Handbook of Physiology, Comparative Physiology, 1997. Vol. II. NY, Oxford. P. 931–1008.

Nechev J., Stefanov K., Popov S. Effect of cobalt ions on lipid and sterol metabolism in the marine invertebrates *Mytilus galloprovincialis* and *Actinia equine* // Comp. Biochem. Physiol. A. 2006. Vol. 144, N 1. P. 112–118.

Santini G., Williams G. A., Chelazzi G. Assessment of factors affecting heart rate of the limpet *Patella vulgata* on the natural shore // Mar. Biol. 2000. Vol. 137, N 2. P. 291–296.

Segal E. Acclimation in mollusks // Amer. Zoologist. 1961. Vol. 1, N 2. P. 235–244.

Stanley-Samuelson D. W. Physiological roles of prostaglandins and other eicosanoids in invertebrates // Biol. Bull. 1987. Vol. 173. P. 92–109.

Taylor L. N., McGeer J. C., Wood C. M., McDonald D. G. Physiological effects of chronic cooper exposure to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in hard and soft water: evaluation of chronic indicators // Environ. Toxicol. Chem. 2000. Vol. 19. P. 2298–2308.

Yamagishi H., Takano S., Tanaka K. Dual effects of dopamine on the adult heart of the isopod crustacean *Ligia exotica* // Zool. Sci. 2004. Vol. 21. P. 15–21.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бахмет Игорь Николаевич
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: igor.bakhmet@gmail.com
тел.: (8142) 769810

Фокина Наталья Николаевна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: fokinann@gmail.com
тел.: (8142) 769810

Нефедова Зинаида Анатольевна
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 769810

Руоколайнен Татьяна Рудольфовна
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 769810

Немова Нина Николаевна
директор ИБ КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nemova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Bakhmet, Igor
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: igor.bakhmet@gmail.com
tel.: (8142) 769810

Fokina, Natalia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: fokinann@gmail.com
tel.: (8142) 769810

Nefyodova, Zinaida
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 769810

Ruolokainen, Tatiana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 769810

Nemova, Nina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nemova@krc.karelia.ru
tel. (8142) 769810

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 47–55

УДК 631.811.98: 635.63 (631.234)

ВЛИЯНИЕ ЭПИНА ЭКСТРА – СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА НА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА (*CUCUMIS SATIVUS* L.)

Н. П. Будыкина, Т. Г. Шибаева, А. Ф. Титов

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Показано, что эпин экстра – синтетический аналог стероидного фитогормона 24-эпибрассинолида – при предпосевной обработке семян или рассады растений огурца индуцирует повышение холодоустойчивости и позволяет осуществлять упреждающее антистрессовое воздействие на растения перед наступлением периода наибольшей опасности низких положительных температур и заморозков – после высадки рассады в пленочные теплицы. Кроме того, препарат оказывает защитное действие против возбудителей корневой гнили. Благодаря стимуляции роста и генеративного развития, а также повышению стрессоустойчивости растений эпин экстра значительно увеличивает ранний и общий урожай плодов. Показана также эффективность совместного применения эпина экстра с цитовитом.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., эпин экстра, эпибрассинолид, холодоустойчивость, корневая гниль, урожай.

N. P. Budykina, T. G. Shibaeva, A. F. Titov. EFFECTS OF EPIN EXTRA, A SYNTHETIC ANALOGUE OF 24-EPIBRASSINOLIDE, ON STRESS RESISTANCE AND PRODUCTIVITY OF CUCUMBER PLANTS

Treatments of cucumber seeds and plants with EPIN-extra (a synthetic analogue of a steroid phytohormone 24-epibrassinolide) induced an increase of cold resistance and enhanced plant resistance to fungal pathogens causing root rot. Early and total yield of the plants treated with EPIN-extra was significantly higher compared to non-treated plants. Efficiency of combined treatment of plants with EPIN-extra and citovit has been demonstrated. The results suggest that exogenous application of EPIN-extra stimulates internal potentials of cucumber plants promoting survival under stressful conditions, enhancing the quality, and diminish disease damage. This is applicable in non-heated greenhouse cucumber production under the conditions of cool spring and early summer in northwestern Russia.

Key words: *Cucumis sativus* L., EPIN-extra, 24-epibrassinolide, cold resistance, root rot, fruit yield.

Введение

Защита растений, как правило, строится на непосредственном воздействии или на патогенный (или другой неблагоприятный) фактор, или на сам растительный организм с целью активизации его защитных реакций. Во втором случае, как показывают литературные данные, ключевую роль в устойчивости растений к таким стрессам, как засуха, затопление,

засоление, экстремальные температуры, тяжелые металлы, фитопатогены и повреждения гербицидами, играют брассиностероиды [Ikekawa, Zhao, 1991; Sasse et al., 1995; Li, Van Staden, 1998; Dhaubhadel et al., 1999; Sasse, 1999; Bajguz, 2000; Khripach et al., 2000; Krishna, 2003; Janeczko et al., 2005; Bhardwaj et al., 2007; Kagale et al., 2007; Bajguz, Hayat, 2009].

Брассиностероиды (БС) – группа стероидных фитогормонов, которые в очень малых концентрациях (10^{-12}–10^{-7}М) регулируют деление и растяжение клеток, фотосинтез, прорастание семян, ризогенез, фотоморфогенез, старение, синтез этилена, активность ферментов, экспрессию генов, синтез белков и нуклеиновых кислот [Хрипач и др., 1993; Kauschmann et al., 1996; Прусакова и др., 1999; Clouse, 2002; Müssig et al., 2002; Castle et al., 2003; Leubner-Merzger, 2003; Pereira-Netto et al., 2003; Sasse, 2003]. Чрезвычайно высокая биологическая активность БС привлекла к ним внимание ученых, занимающихся синтезом и выделением природных соединений, изучением их биологических свойств и разработкой новых препаратов для сельского хозяйства. В настоящее время препараты на основе брассинолида (БЛ), 24-эпибрассинолида (ЭБЛ), 28-гомобрассинолида (ГБЛ), 28-норбрассинолида и других БС под разными торговыми названиями производятся в Китае, Японии, Индии, Беларуси и России [Ikekawa, Zhao, 1991; Nippon Kayaku Co., 1998; Kamuro, Takatsuto, 1999; Khripach et al., 1999; Hayat et al., 2003b; Zhao, Chen, 2003]. В России в 1995 г. был зарегистрирован препарат эпин, содержащий ЭБЛ, а в 2003 г. – препарат эпин экстра (ННПП «НЭСТ-М»), содержащий в качестве действующего вещества высокоочищенный ЭБЛ, синтезированный по оригинальной методике с использованием нанотехнологий [Чепраков и др., 2006]. Данный препарат является одним из немногих современных препаратов нового поколения, созданных с целью повышения урожайности и качества продукции, из числа зарегистрированных и доведенных до стадии практического применения.

Как известно, в пленочных теплицах в условиях северо-запада России стрессовая реакция у растений может быть вызвана низкими температурами весной и в начале лета. Например, на широте г. Петрозаводска понижения температуры воздуха до 7–10 °С, а нередко и заморозки до –2…–3 °С бывают почти до середины июня. Резкие перепады температуры воздуха, повторное использование и недостаточное обеззараживание почвогрунтов способствуют развитию корневой гнили у растений огурца. В результате заболевания урожай огурцов может снижаться на 23–38 % [Гринько, 2002].

Задачей данного исследования было изучение влияния препарата эпин экстра – синтетического аналога ЭБЛ на продуктивность и устойчивость растений огурца (в тепличной культуре) к действию низких температур и возбудителям корневой гнили.

Материал и методы

Семена огурца (*Cucumis sativus* L., гибрид Королек) замачивали в растворе эпина экстра ($2{,}5 \cdot 10^{-6}$ % (д. в. ЭБЛ 0,025 г/л) в течение 8 ч. Концентрации эпина экстра были выбраны на основе рекомендаций фирмы-разработчика препарата ННПП «НЭСТ М» (г. Москва) и более ранних собственных исследований. Контрольные семена замачивали в дистиллированной воде. Спустя 8 ч семена промывали водой и часть семян (эксперимент 1) проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в климатических камерах при температуре 15 и 25 °С. Другую часть контрольных и обработанных эпином экстра семян (эксперимент 2) проращивали методом почвенной культуры в контейнерах в контролируемых условиях при температуре 25/18 °С (день/ночь), относительной влажности воздуха 70–80 %, освещенности 10 клк и фотопериоде 14 ч. В возрасте 20 дней (2–3 настоящих листа) одну группу растений опрыскивали дистиллированной водой, другую – раствором эпина экстра ($5 \cdot 10^{-6}$ % д. в.). Далее часть растений разделили еще на две группы и в течение 10 сут выращивали при температуре 7 или 15 °С. Другую часть контрольных и обработанных эпином экстра растений (эксперимент 3) в возрасте 30 дней (4–5 настоящих листьев) высаживали в грунтовую пленочную теплицу (2,5 раст./м^2) на территории Агробиологической станции ИБ КарНЦ РАН (расположенной в пригороде г. Петрозаводска, Республика Карелия) и выращивали в весенне-летнем обороте с выполнением всех агротехнических мероприятий.

В фазе 25–28 листьев (в среднем на 55-й день) и повторно через 7 сут на части делянок в теплице в почву вносили раствор эпина экстра (0,001 %). Доза препарата при двухкратной обработке составила 0,208 мг д. в./м^2, или 0,083 мг д. в./раст. У части растений корневую обработку совмещали с внекорневой подкормкой растений цитовитом – хелатированным комплексом микроэлементов. Контрольные растения поливали водой.

Энергию прорастания семян учитывали на третьи сутки после замачивания, а всхожесть – на седьмые. На седьмые сутки определяли также длину корня и сырую массу проростков.

В возрасте 30 дней (через 10 дней после опрыскивания растений эпином экстра) растения извлекали из контейнеров, корни отмывали. Определяли сырую массу корней, стеблей и листьев. О холодоустойчивости растений судили по температуре гибели 50 % клеток палисадной паренхимы листьев ($ЛТ_{50}$ °С), высечки из которых промораживали в термоэлектрическом холодильнике в течение 40 мин с последующей оценкой жизнеспособности клеток под световым микроскопом. Оценку устойчивости растений к заморозкам проводили путем прямого воздействия искусственных заморозков интенсивностью –2,2 и –3 °С на испытуемые растения в установках искусственного климата [Дроздов и др., 1976]. Скорость снижения и повышения температуры составляла 1–2 °С в час. Минимальная температура выдерживалась в течение 0,5 ч. Описание повреждений надземных органов заморозком проводили через 2 дня после заморозка, используя 100%-ную шкалу. При этом за 100 % принимали полностью погибшие растения, 0 % – без видимых повреждений.

В эксперименте 3 через 30 дней после посадки (в возрасте 60 дней) определяли соотношение тычиночных и пестичных цветков. Ранний урожай учитывали в течение первых 20 дней плодоношения, а общий урожай – за весь период плодоношения. Ликвидировали растения в возрасте в среднем 105 сут.

Учеты поражения растений корневой гнилью (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp.) проводили дважды в период вегетации: через 7 сут после первой корневой обработки растений эпином экстра (в среднем через 37 дней от посадки) и через 14 сут после второй корневой обработки (в среднем через 58 дней от посадки). Определяли распространение корневой гнили (% заболевших растений) и интенсивность поражения (долю пораженных листьев нижнего яруса и прикорневой части стебля).

Эксперимент 1 проводили в 2-кратной биологической повторности, в каждой по 50 семян. Эксперименты 2 и 3 проводили в 4–6-кратной биологической и 10-кратной аналитической повторности. При учете урожая площадь каждой делянки составляла 5 $м^2$. На рисунках и в таблицах приведены средние арифметические величины типичных опытов (2007–2009 гг.) и их стандартные отклонения.

Результаты

Эксперимент 1

Эпин экстра увеличивал энергию прорастания семян и активизировал рост проростков как в условиях оптимальной температуры (25 °С), так и при 15 °С (табл. 1). Так, энергия прорастания семян, обработанных эпином экстра при температурах 15 и 25 °С, увеличилась на 35 и 18 %, соответственно. Длина корня и масса проростков возрастала соответственно в 12 и 3 раза при 15 °С и в 2 раза при 25 °С. При 15 °С в контроле наблюдался замедленный рост дефектного на вид корня и задержка в развитии гипокотиля, в то время как у семян, обработанных эпином экстра, проклевывание не задерживалось, а корень достигал размеров контрольного варианта при температуре 25 °С. Влияние эпина экстра на всхожесть семян проявилось только при 15 °С увеличением на 33 %, а при 25 °С всхожесть семян была одинаково высокая у обработанных эпином экстра и контрольных семян.

Таблица 1. Влияние эпина экстра на энергию прорастания и всхожесть семян, длину корня и биомассу проростков огурца при 15 и 25 °С

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корня, см	Биомасса проростков, г
Температура 15 °С				
Контроль	33	46	0,3 ± 0,1	3,1 ± 0,2
Эпин экстра	68*	79*	3,7 ± 0,2*	9,8 ± 0,6*
Температура 25 °С				
Контроль	71	95	3,5 ± 0,1	10,5 ± 0,7
Эпин экстра	89*	98	7,5 ± 0,3*	21,3 ± 1,5*

Примечание. Здесь и в табл. 2–3: * – статистически достоверные отличия ($P \leq 0,05$).

Эксперимент 2

Растения, дважды обработанные эпином экстра (в фазе семян и 2–3 листьев), перед высадкой в теплицу имели большую (на 22 %) биомассу по сравнению с контролем (табл. 2). Кроме того, они характеризовались несколько большей долей листьев и корней в структуре биомассы растения (табл. 2).

Таблица 2. Влияние эпина экстра на накопление и распределение биомассы по органам растений огурца в возрасте 30 дней (4–5 листьев, рассада перед посадкой в теплицу)

Вариант	Биомасса, г				Отношение корни/побеги
	Листья	Стебли	Корни	Целое растение	
Контроль	14,9 ± 1,1	18,3 ± 1,5	15,9 ± 0,8	49,1 ± 4,3	0,47
Эпин экстра	20,0 ± 0,8*	18,6 ± 0,9	21,8 ± 0,7*	60,4 ± 5,2	0,59

В условиях постоянного действия температуры 15 °С эпин экстра вызывал дополнительный прирост холодоустойчивости растений огурца (рис. 1). Так, дополнительный прирост устойчивости растений, двухкратно обработанных эпином экстра (в фазе семян и 2–3 листьев), по сравнению с контролем составил 0,3 °С на третьи и 0,6 °С на десятые сутки эксперимента. В условиях постоянного действия повреждающей температуры 7 °С в контрольном варианте (данные не приводятся) через сутки отмечались явные признаки повреждения, а через трое суток – гибель растений. Растения, обработанные эпином экстра, демонстрировали прирост холодоустойчивости с максимумом на пятые сутки (0,9 °С), затем устойчивость снижалась. В итоге растения без видимых повреждений перенесли охлаждение до 7 °С в течение 7 суток.

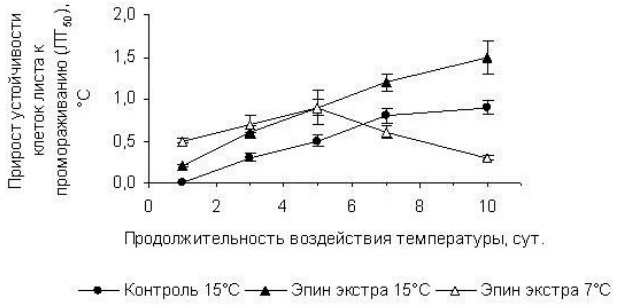


Рис. 1. Влияние эпина экстра на динамику холодоустойчивости клеток листьев 30-дневных растений огурца при различных температурах (15 и 7 °С). Контроль 7 °С – гибель растения на третьи сутки (данные не приводятся)

После действия на растения искусственных заморозков интенсивностью –2,2 и –3 °С со льдообразованием в тканях повреждение листьев в контроле составило 2 и 73 %, соответственно, в то время как у растений, обработанных эпином экстра, – 0 и 11 %, соответственно.

Эксперимент 3

Эпин экстра оказал стимулирующее действие на образование цветков, увеличив их общее количество более чем на 60 %, в том числе пестичных – почти в 2 раза по сравнению с контролем (табл. 3). При этом количество обработок эпином экстра (однократная в фазе семян или двухкратная в фазе семян и 2–3 листьев) не влияло достоверно на количество цветков и соотношение их половых форм (табл. 3).

Обработка семян, опрыскивание листьев рассады и корневая обработка растений эпином экстра существенно снизили развитие корневых гнилей у растений огурца по сравнению с контролем (без обработки) (табл. 4).

Таблица 3. Влияние эпина экстра на образование цветков и соотношение их половых форм у растений огурца (через 30 сут после посадки растений в теплицу)

Вариант	Число цветков, шт.		Соотношение пестичных и тычиночных цветков
	общее	пестичных	
Контроль	31 ± 2	21 ± 1	2,1
Эпин экстра (семена)	50 ± 5*	39 ± 2*	3,5*
Эпин экстра (семена и фаза 2–3 листьев)	54 ± 5*	42 ± 3*	4,0*

Таблица 4. Влияние эпина экстра на пораженность растений огурца корневой гнилью, %

Вариант	Первый учет		Второй учет	
	Интенсивность поражения	Распространение поражения	Интенсивность поражения	Распространение поражения
Контроль	17	12	35	37
Эпин экстра	7	9	15	20
Эпин экстра + цитовит	1	6	2	12

Примечание. Первый учет проведен через неделю после первой корневой обработки эпином экстра, второй – через две недели после второй корневой обработки.

Снижались и интенсивность, и распространение поражения растений в первом учете (через неделю после первой корневой обработки) и во втором учете (через 2 недели после второй корневой обработки). Причем защитное действие эпина экстра против корневой гнили оказалось более эффективным при совместном применении с микроэлементным комплексом цитовит (табл. 4).

Обработка эпином экстра семян и рассады ускорила начало плодоношения на 3–5 дней по сравнению с контролем. Ранний урожай (за первые 20 дней плодоношения) растений, обработанных эпином экстра в фазе семян и рассады, был на 35 % выше, чем у контрольных растений (рис. 2). Анализ общего урожая (за оборот) показал, что комплексная обработка семян, рассады и вегетирующих растений эпином экстра обеспечила наиболее высокий урожай (на 23 % выше, чем у контрольных растений). Рост урожайности обеспечивался увеличением числа плодов. Необходимо отметить, что эпин экстра способствовал повышению продуктивности огурца наиболее эффективно в вегетационный период, когда наблюдались понижения температуры после высадки рассады в грунт теплицы и перегревы воздуха в период массового плодоношения.

При совместном применении эпина экстра с цитовитом общий урожай плодов был на 41 % выше, чем в контроле, и на 11 % выше по сравнению с растениями, обработанными только эпином экстра (рис. 2). Прибавка в урожае обеспечивалась не только большим числом плодов, но и большей средней массой плодов.

Обсуждение

Совокупность данных, полученных нами в лабораторных, фитотронных и вегетационных (в весенних пленочных теплицах) экспериментах, свидетельствует о том, что эпин экстра оказывает многофункциональное действие на растения огурца. В частности, обработка им семян огурца повышает их энергию прорастания и всхожесть, стимулирует рост корней и приводит к увеличению биомассы проростка (табл. 1). Стимулирующее действие БС на всхожесть семян показано ранее для других сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений [Gregory, 1981; Yamaguchi et al., 1987; Chang, Cai, 1988; Dong et al., 1989; Sasse et al., 1995; Jones-Held et al., 1996; Sairam et al., 1996; Vardhini, Rao, 1997, 2000; Будай, 2000; Hayat et al., 2003a; Zhao, Chen, 2003]. Анализ механизмов стимуляции прорастания семян на арабидопсисе, табаке и ряде других растений позволил предположить, что БС непосредственно увеличивают ростовой потенциал зародыша [Takeuchi et al., 1991, 1995; Leubner-Metzger, 2001; Steber, McCourt, 2001]. Интересно, что в нашем случае наибольший стимулирующий эффект эпина экстра на всхожесть семян и рост проростков проявился в условиях действия субоптимальных температур (табл. 1). Это согласуется с наблюдениями других авторов, показавших, что условия среды существенно влияют на результат воздействия препаратов – синтетических аналогов БС на отклик растения, проявляясь сильнее в стрессовых условиях [Castle et al., 2003].

Изучение холодоустойчивости растений огурца после обработки эпином экстра показало, что в условиях низких положительных температур (типичная ситуация в весенних необогреваемых теплицах на северо-западе РФ) эпин экстра вызывал заметное повышение холодостойкости огурца. Важно, что эффективность препарата проявлялась не только при закаливающей, но и при повреждающей температуре (рис. 1). Подобное действие препарата в условиях низких температур было выявлено нами на томате (*Lycopersicon esculentum* Mill.), редисе (*Raphanus sativus* L.), салате листовом (*Lactuca sativa* L.), моркови (*Daucus carota* L.) и цветной капусте (*Brassica oleracea* L. var. botrytis L.) [Будыкина и др., 2006, 2009]. Интересно, что уровень БС положительно коррелирует с устойчивостью растений огурца к фотоокислительному и низкотемпературному стрессам [Xia et al., 2009]. Авторы предполагают, что обычный синтез БС в нормальных условиях обеспечивает определенный уровень устойчивости растений, но его усиление при неблагоприятных условиях приводит к соответствующему возрастанию их стрессоустойчивости. Повышение холодоустойчивости в ответ на применение БС было показано и на ряде других культур [He et al., 1991; Hirai et al., 1991; Wilen et al., 1995; Kamuro, Takatsuto, 1999; Rao et al., 2002; Zhao, Chen, 2003]. Добавим, что способность эпина экстра повышать адаптивные возможности растений огурца подтверждена в нашей работе также и при действии на растения искусственных заморозков.

Существенно, что эпин экстра в период подготовки рассады наряду с повышением холодоустойчивости оказывал положительное влияние как на качество самой рассады (табл. 2), так и на последующее развитие растений в ходе вегетации (табл. 3). В частности, отмечено его стимулирующее действие на длину корня, массу листьев, накопление подземной и надземной биомассы. При дальнейшем развитии растений и переходе в фазу цветения стимулирующее действие эпина экстра выразилось в ускорении сроков цветения и плодоношения, усиленном образовании генеративных органов и женской сексуализации растений (табл. 3). Относительно применения стероидов для регуляции цветения в литературе имеется немного данных. Известно лишь, что опрыскивание листьев БС увеличивало число цветков у земляники [Pipattanawong et al., 1996]. В случае же с грейпфрутом реакция на применение БС зависела от времени обработки: при обработке растений осенью число цветков увеличивалось, а поздно зимой – уменьшалось [Rao et al., 2002].

Исследование влияния эпина экстра на пораженность огурца корневой гнилью на естественном фоне развития фитопатогена в условиях весеннее-летнего культурооборота показало, что препарат оказывает четко фиксируемое защитное действие против возбудителей корневой гнили у растений (табл. 4). В грунтовых пленочных теплицах огурец часто поражается корневыми гнилями, вызванными видами грибов родов *Fusarium* и *Rhizoctonia*. Накопление грибных патогенов связано с повторным использованием почвенного субстрата, часто недостаточно обеззараженного. Резкие перепа-

ды температуры также способствуют распространению заболевания. Первые признаки поражения огурца корневой гнилью, как правило, наблюдаются в фазу массового плодоношения, затем, распространяясь, заболевание приводит к потере значительной части урожая. Способность БС увеличивать устойчивость растений к инфекциям патогенных грибков показана в ряде работ [Васюкова и др., 1994; Волынец и др., 1997; Pshenichnaya et al., 1997; Khripach et al., 2000, 2003; Вакуленко, Шаповал, 2001; Filipas, Ul'yanenko, 2001; Nakashita et al., 2003; Будыкина и др., 2007; Дубровин, Долженко, 2007; Нарежная, 2007]. Поскольку сами БС не обладают фунгицидной активностью, то, очевидно, их влияние связано со стимуляцией механизмов неспецифической (общей) устойчивости растений. Следовательно, можно считать, что эпин экстра является индуктором системной (общей) устойчивости растений.

Повышение устойчивости растений к низким температурам и возбудителям корневой гнили, а также стимуляция роста и генеративного развития под влиянием эпина экстра положительно отразились на продуктивности огурца (рис. 2). Препарат значительно увеличил ранний и общий урожай плодов, что согласуется с литературными данными об увеличении урожая огурца на 10–20 % в результате применения БС [Ikekawa, Zhao, 1991]. Повышение урожая у растений, обработанных ЭБЛ, по-видимому, объясняется увеличением интенсивности фотосинтеза, что было показано ранее для растений огурца [Ding et al., 1995; Yu et al., 2004]. Связано оно было главным образом с увеличением активности рибулозодифосфаткарбоксилазы, ключевого фермента ассимиляции CO_2.

Повышение продуктивности огурца было наибольшим в вегетационный период, когда наблюдались понижения температуры после высадки рассады в грунт теплицы и перегревы воздуха в период массового плодоношения. Из литературы [Ikekawa, Zhao, 1991; Khripach et al., 1999] следует, что результаты применения БС особенно ощутимы в местах с худшими условиями, например, в засушливых районах. Все это подтверждает наблюдения о более сильном отклике растений на БС в стрессовых условиях [Castle et al., 2003].

Нами также выявлен положительный эффект при применении эпина экстра совместно с хелатированным микроэлементным препаратом цитовит. Урожай плодов за оборот увеличился на 11 % в сравнении с вариантом, где использовали только эпин экстра (рис. 2), существенно снизилась пораженность растений корневой гнилью (табл. 4). Совместная обработка растений огурца эпином экстра и препаратом цитовит заслуживает рекомендации для ее широкой производственной проверки.

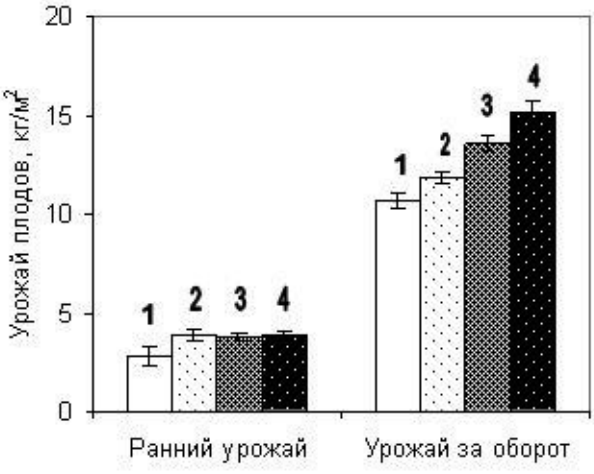


Рис. 2. Влияние эпина экстра (обработки семян, рассады и двухкратно вегетирующих растений) при раздельном и совместном с цитовитом применении на ранний и общий (за оборот) урожай огурца в весенне-летнем обороте (среднее за 2007–2009 гг.):

1 – контроль, 2 – эпин экстра (семена + рассада), 3 – эпин экстра (семена + рассада + вегетирующие растения), 4 – эпин экстра (семена + рассада + вегетирующие растения) + цитовит

Таким образом, полученные в наших исследованиях результаты позволяют сделать вывод о том, что эпин экстра обладает росторегулирующим, иммунокорректирующим и антистрессовым действием на растения огурца. При предпосевной обработке семян или рассады препарат индуцирует повышение холодоустойчивости и позволяет осуществлять упреждающее антистрессовое воздействие на растения низких положительных температур и заморозков в период их наибольшей опасности – после высадки рассады в конце мая – начале июня в пленочные теплицы. Кроме того, эпин экстра оказывает защитное действие против возбудителей корневой гнили у растений. Благодаря этому препарат значительно увеличивает ранний и общий урожай плодов. Совместное применение эпина экстра с хелатным микроудобрением цитовитом повышает его эффективность.

Литература

Будай С. И. Всхожесть и морфофизиологические особенности развивающихся растений моркови (*Daucus carota* L.) при обработке семян регуляторами роста // Весці Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. 2000. № 3. С. 38–41.

Будыкина Н. П., Тимейко Л. В., Алексеева Т. Ф., Гоголева Т. С. Оценка препарата эпин экстра на способность индуцировать повышение устойчивости растений к охлаждению // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере. Материалы Междунар. конф. (Кировск, 26–30 авг. 2006 г.). Т. II. Кировск, 2006. С. 218–221.

Будыкина Н. П., Алексеева Т. Ф., Хилков Н. И. Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений // Агрохимический вестник. 2007. № 6. С. 24–26.

Будыкина Н. П., Алексеева Т. Ф., Хилков Н. И. Использование препарата эпин экстра в агротехнологии выращивания томата в пленочных теплицах европейского Северо-Запада России // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Интенсификация и оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных растений». Орел, 2009. С. 48–52.

Вакуленко В. В., Шаповал О. А. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // Плодородие. 2001. № 2. С. 27–29.

Васюкова Н. И., Чаленко Г. И., Канева И. М. и др. Брассиностероиды и фитофтороз картофеля // Прикладная биохимия и микробиология. 1994. Т. 30, № 3. С. 464–469.

Волынец А. П., Пшеничная Л. А., Хрипач В. А. и др. Повышение фитозащитного действия брассиностероидов на минеральном фоне // IV междунар. конф. «Регуляторы роста и развития растений». М., 1997. С. 253–254.

Гринько Н. Н. Видовой состав возбудителей корневой гнили огурца в защищенном грунте // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 5. С. 55–57.

Дроздов С. Н., Курец В. К., Будыкина Н. П., Балагурова Н. И. Определение устойчивости растений к заморозкам // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Под ред. Г. В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 222–228.

Дубровин Н. К., Долженко О. А. Продуктивность картофеля при обработке эпином экстра в условиях дельты Волги // Полифункциональность действия брассиностероидов. М.: НЭСТ М, 2007. С. 87–100.

Нарежная Е. Д. Эффективность и экологически безопасные приемы возделывания сахарной свеклы при использовании эпина и эпина экстра // Полифункциональность действия брассиностероидов. М.: НЭСТ М, 2007. С. 182–187.

Прусакова Л. Д., Чижова С. И., Третьяков Н. Н. и др. Антистрессовые функции экоста и эпибрассинолида на яровой пшенице в условиях Центральной Нечерноземной зоны // Аграрная Россия. 1999. № 1. С. 39–41.

Хрипач В. А., Лахвич Ф. А., Жабинский В. Н. Брассиностероиды. Минск: Наука и тэхніка, 1993. 287 с.

Чепраков А. В., Филатов М. А., Лукашев Н. В., Малеванная Н. Н. Способ получения 24-эпибрассинолида. Патент на изобретение № 2272044. 2006. С. 1.

Bajguz A. Effect of brassinosteriods on nucleic acids and protein content in cultured cells of *Chlorella vulgaris* // Plant Physiol. Biochem. 2000. Vol. 38. P. 209–215.

Bajguz A., Hayat S. Effects of brassinosteriods on the plant responses to environmental stresses // Plant Physiol. Biochem. 2009. Vol. 47. P. 1–8.

Bhardwaj R., Arora N., Sharma P., Arora H. K. The effects of 28-homobrassinolide on seedling growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities under nickel stress in seedlings of *Zea mays* L. // Asian Journal of Plant Sciences. 2007. Vol. 6, N 5. P. 765–772.

Castle J., Montoya T., Bishop G. J. Selected physiological responses of brassinosteroids: A historic approach // Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity (Eds. S. Hayat, A. Ahmad). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. P. 45–68.

Chang J. Q., Cai D. T. The effects of brassinolide on seed germination and cotyledons tissue culture in *Brassica napus* L. // Oil Crops China. 1988. Vol. 4. P. 18–22.

Clouse S. D. Brassinosteriod signal transduction: clarifying the pathway from ligand perception to gene expression // Molecular Cell. 2002. Vol. 10, N 5. P. 973–982.

Dhaubhadel S., Chaudhary S., Dobinson K. F., Krishna P. Treatment with 24-epibrassinolide, a brassinosteriod, increases the basic thermotolerance of *Brassica napus* and tomato seedlings // Plant Mol. Biol. 1999. Vol. 40. P. 333–342.

Ding J. X., Ma G. R., Huang S. Q., Ye M. Z. Studies on physiological effects of epibrassinolide on cucumber (*Cucumis sativus* L.) // Journal of Zhojiang Agricultural University. 1995. Vol. 21. P. 615–621.

Dong J. W., Lou S. S., Han B. W. et al. Effects of brassinolide on rice seed germination and seedling growth // Acta Agriculturae University Pekinensis. 1989. Vol. 15. P. 153–156.

Filipas A. S., Ul'yanenko L. N. Influence of growth regulators of potato crop yield and quality // The 6th Conference on Regulators of Plant Growth and Development in Biotechnology. Moscow, 2001. P. 284.

Gregory L. E. Acceleration of plant growth through seed treatment with brassins // American Journal of Botany. 1981. Vol. 68. P. 586–588.

Hayat S., Fariduddin Q., Ahmad A. Homobrassinolide affect germination and α-amylase activity in wheat seeds // Seed Technology. 2003a. Vol. 25, N 1. P. 45–49.

Hayat S., Ahmad A., Fariduddin Q. Brassinosteroids: A regulator of 21st century // Brassinosteriods. Bioactivity and Crop Productivity. 2003b. P. 231–246.

He R., Wang G., Wang X. Effects of brassinolide on growth and chilling resistance of maize seedlings // Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Application (Eds. H. G. Cuttler, T. Yokota, G. Adam). American Chemical Society, Washington. 1991. P. 220–230.

Hirai K., Fujii S., Honjo K. Brassinolide action on regulation of plant growth // Jap. J. Crop Sci. 1991. Vol. 60, N 1. P. 29–36.

Ikekawa N., Zhao Y. J. Application of 24-epibrassinolide in agriculture // Brassinosteriods: Chemistry, Bioactivity and Applications. 1991. P. 280–291.

Janeczko A., Koscielniak J., Pilipowicz M. et al. Protection of winter rape photosystem II by 24-epibrassinolide under cadmium stress // Photosynthetica. 2005. Vol. 43. P. 293–298.

Jones-Held S., VanDoren M., Lockwood T. Brassinolide application to *Lepidium sativum* seeds and the effects on seedling growth // J. Plant Growth Regul. 1996. Vol. 15. P. 63–67.

Kagale S., Divi U. K., Krochko J. E. et al. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stresses // Planta. 2007. Vol. 225. P. 353–364.

Kamuro Y., Takatsuto S. Potential application of brassinosteroids in agricultural fields // Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones (Eds. A. Sakurai, T. Yokota, S. D. Clouse). Tokyo: Springer-Verlag, 1999. P. 223–241.

Kauschmann A., Adam G., Jessop A. et al. Genetic evidence for an essential role of brassinosteriods in plant development // Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am. 1996. Vol. 23. P. 13.

Khripach V., Zhabinskii V. N., DeGroot A. Brassinosteriods. A New Class of Plant Hormones. San Diego: Academic Press, 1999. 338 p.

Khripach V., Zhabinskii V. N., DeGroot A. Twenty years of brassinosteriods: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century // Ann. Bot. 2000. Vol. 86. P. 441–447.

Khripach V. A., Zhabinskii V. N., Khripach N. V. New practical aspects of brassinosteroids and results of their ten-year agricultural use in Russia and Belarus // Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity. 2003. P. 189–230.

Krishna P. Brassinosteroid-mediated stress responses // J. Plant Growth Regul. 2003. Vol. 22. P. 289–297.

Leubner-Metzger G. Brassinosteroids and gibberellins promote tobacco seed germination by distinct pathways // Planta. 2001. Vol. 213. P. 758–763.

Leubner-Metzger G. Brassinosteroids promote seed germination // Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity. 2003. P. 119–128.

Li L., Van Staden J. Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in callus of two maize cultivars subjected to water stress // Plant Growth Regul. 1998. Vol. 24. P. 55–66.

Müssig C., Fischer S., Altmann T. Brassinoteriod-regulated gene expression // Plant Physiol. 2002. Vol. 129. P. 1241–1251.

Nakashita H., Yasuda M., Nitta T. et al. Brassinosteroid functions in a broad range of disease resistance in tobacco and rice // Plant J. 2003. Vol. 33, N 5. P. 887–898.

Nippon Kayaku Co., Ltd. JRDC-694 (epi-brassinolide). Technical information, 1998.

Pereira-Netto A. B., Schaefer S., Galagovsky L. R., Ramirez J. A. Brassinosteroid-driven modulation of stem elongation and apical dominance: Application in micropropagation // Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity. 2003. P. 129–158.

Pipattanawong N., Fujishige N., Yamane K., Ogata R. Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries // J. Japan. Soc. Hort. Sci. 1996. Vol. 65, N 3. P. 651–654.

Pshenichnaya L. A., Khripach V. A., Volynets A. P. et al. Brassinosteriods ad resistance of barley plants to leaf diseases // Problems of Experimental Botany. Minsk: Belorussian Science, 1997. P. 210–217.

Rao S. S. R., Vardhini B. V., Sujatha E., Anuradha S. Brassinoseroids – A new class of phytohormones // Current Science. 2002. Vol. 82. P. 1239–1245.

Sairam R., Shukla D., Deshmukh P. Effect of homobrassinolide seed treatment on germination, alpha-amylase activity and yield of wjeat under moisture stress conditions // Indian J. Plant Physiology. 1996. Vol. 1. P. 141–144.

Sasse J. Physiological actions of brassinosteroids // Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones. 1999. P. 137–161.

Sasse J. M. Physiological Actions of Brassinosteriods: An Update // J. Plant Growth Regul. 2003. Vol. 22. P. 276–288.

Sasse J. M., Smith R., Hudson I. Effect of 24-epibrassinolide on germination of seeds of *Eucalyptus camaldulensis* in saline conditions // Proc. Plant Growth Regul. Soc. Amer. 1995. Vol. 22. P. 136–141.

Steber C. M., McCourt P. A role of Brassinosteroids in germination in *Arabidopsis* // Plant Physiology. 2001. Vol. 125. P. 763–769.

Takeuchi Y., Worsham A. D., Awad A. E. Effects of Brassinolide on conditioning and germination of witchweed (*Striga asiatica*) seeds // Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications. 1991. P. 298–305.

Takeuchi Y., Omigawa Y., Ogasawara M. et al. Effects of Brassinosteroids on conditioning and germination of clover broomrape (*Orobanche minor*) seeds // Plant Growth Regul. 1995. Vol. 16. P. 153–160.

Vardhini B. V., Rao S. S. R. Effect of brassinosteriods on salinity induced growth inhibition of groundnut seedlings // Indian J. Plant Physiol. 1997. Vol. 2. P. 156–157.

Vardhini B. V., Rao S. S. R. Effect of brassinosteriods on the activities of certain oxidizing and hydrolyzing enzymes of groundnut // Indian J. Plant Physiol. 2000. Vol. 5. P. 89–82.

Wilen R. W., Sacco M., Gusta L. V., Krishna P. Effects of 24-epibrassinolide on freezing and thermotolerance of brome grass (*Bromus intermis*) cell cultures // Physiol. Plantarum. 1995. Vol. 95. P. 195–202.

Xia X.-J., Wang Y.-J., Zhou Y.-H. et al. Reactive Oxygen Species Are Involved in Brassinosteroid-Induced Stress Tolerance in Cucumber // Plant Physiol. 2009. Vol. 150. P. 801–814.

Yamaguchi T., Wakizuka T., Hirari K. et al. Stimulation of germination in aged rice seeds by pretreatment with brassinolide // Proc. 14th Annual Meeting Plant Growth Regul. Soc. Am. (Ed. Cooke A. R.). Honolulu, Hawaii, 1987. P. 26–27.

Yu J. Q., Huang L. F., Hu W. H. et al. A Role of Brassinosteriods in the Regulation of Photosynthesis in Cucumis sativus // J. Exp. Bot. 2004. Vol. 55. P. 1135–1143.

Zhao Y. J., Chen J.-C. Studies on physiological action and application of 24-epibrassinolide in agriculture // Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity. 2003. P. 159–170.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Будыкина Нелли Петровна
ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kharkina@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762712

Шибаева Татьяна Геннадиевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kharkina@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Титов Александр Федорович
председатель КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: krcras@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Budykina, Nelli
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kharkina@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762712

Shibaeva, Tatiana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kharkina@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Titov, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: krcras@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 56–62

УДК 577.115.3: 581.331.2: 582.632.1

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПЫЛЬЦЫ ОСНОВНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BETULA* L.

Л. В. Ветчинникова, О. С. Серебрякова, М. К. Ильинова

Институт леса Карельского научного центра РАН

Впервые исследован жирнокислотный состав липидов зрелой пыльцы основных представителей рода *Betula* L., произрастающих в условиях Южной Карелии. Показано, что в весенний период клетки пыльцевых зерен характеризовались высоким содержанием липидов, представленных как запасными (нейтральными) (43 %), так и мембранными (фосфо- – 24 % и гликолипидами – 33 %) липидами. Основными жирными кислотами микрогаметофита являлись среди насыщенных – пальмитиновая; среди ненасыщенных – линолевая и линоленовая, однако их количество варьировало в зависимости от фракции липидов. В нейтральной фракции и фосфолипидах накапливались преимущественно ди- и триеновые жирные кислоты, а в гликолипидах их доля оказалась несколько ниже на фоне заметного присутствия моноеновых жирных кислот (преимущественно олеиновой). По всей вероятности, это связано с физиологическими особенностями зрелого микрогаметофита, которые реализуются на клеточном уровне.

К л ю ч е в ы е с л о в а : *Betula* L., пыльца, жирные кислоты, нейтральные липиды, гликолипиды, фосфолипиды.

L. V. Vetchinnikova, O. S. Serebryakova, M. K. Ilyinova. LIPID FATTY ACID COMPOSITION IN POLLEN OF MAIN REPRESENTATIVES OF *BETULA* L.

The fatty acid composition of lipids from mature pollen of the main representatives of genus *Betula* L. growing in southern Karelia was investigated for the first time. It is shown that in the spring season pollen cells contained high amounts of lipids, represented both by storage (neutral) lipids (43 %) and membrane (phospho- – 24 % and glyco- – 33 %) lipids. The main fatty acids of the microgametophyte were the palmitic among saturated acids, and the linoleic and linolenic among unsaturated acids, but their amount varied depending on the lipid fraction. In the neutral fraction and phospholipids there accumulated primarily di-and triene fatty acids, whereas in glycolipids their share was somewhat lower as significant amounts of monoene fatty acids (mainly oleic) were present. In all probability, this fact is connected with the physiological characteristics of a mature microgametophyte realized at the cellular level.

K e y w o r d s : *Betula* L., pollen, fatty acids, neutral lipids, glycolipids, phospholipids.

Введение

В условиях Севера одной из главных лесообразующих пород является береза, которая относится к анемофильным растениям и характеризуется высокой специализацией репродуктивных органов в связи с адаптацией к неблагоприятным условиям среды, ограничивающим возможность опыления и оплодотворения. Не вызывает сомнения, что результативность системы опыления анемофильных видов, в том числе и представителей рода *Betula* L., существенным образом определяется морфофизиологическими свойствами пыльцы [Николаевская и др., 2009]. В анатомо-морфологическом плане процессы развития микрогаметофита описаны довольно подробно, однако их физиолого-биохимическая основа до сих пор остается слабоизученной.

В последние десятилетия исследования пыльцы древесных растений ведутся в нескольких направлениях: преимущественно для предупреждения проявления поллинозов у населения [Laadi, 2001; Corden et al., 2002; Emberlin, 2003 и др.], для реконструкции развития лесной растительности прошлых геологических эпох (споро-пыльцевой анализ) [Сладков, 1967; Елина и др., 2000; Чернова, 2004; Филимонова, 2009 и др.], а также для экологической оценки состояния урбанизированных территорий (палиноиндикация) [Головко, 2001; Дзюба, 2006; Гайдыш, 2012 и др.].

Вместе с тем изучение физиолого-биохимических особенностей пыльцы, являющейся носителем генетической информации и выполняющей ведущую роль в процессе оплодотворения, имеет не только большой научный, но и практический интерес, который связан с вопросами семеноводства и лесовосстановления. Процессы прорастания пыльцы и роста пыльцевой трубки обеспечиваются активизацией многих биохимических процессов, в том числе и липидного обмена, поскольку липиды и составляющие их жирные кислоты служат важным источником энергии. Имеющиеся работы, посвященные изучению липидов пыльцы, выполнены преимущественно на хвойных породах [Ларионова и др., 1977; Кравченко и др., 1980; Рихтер, 1990; Andrikopoulos et al., 1985] и носят единичный характер.

Целью наших исследований явилось изучение жирнокислотного состава суммарных липидов и их фракций, содержащихся в зрелой пыльце основных древовидных представителей рода *Betula* L., произрастающих в условиях южной части Республики Карелия.

Материал и методы

Объектом исследования служила пыльца березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh., березы повислой *B. pendula* Roth и карельской березы *B. pendula* Roth *var. carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti. Ее сбор осуществляли в весенний период (с 10 по 15 мая 2010 г.) с 30–40-летних деревьев, произрастающих на экспериментальных участках, расположенных в зеленой зоне г. Петрозаводска (61°79′ с. ш., 34°35′ в. д.). Пыльцу заготовляли по общепринятой методике: ветки с мужскими сережками срезали накануне пыления, раздельно помещали в сухое помещение, пыльцу собирали после ее высыпания.

Экстракцию липидов из клеток пыльцы выполняли смесью хлороформа и метанола в соотношении 2 : 1 по объему [Folch et al., 1957]. Суммарное количество липидов определяли весовым методом, а разделение на фракции – методом колоночной хроматографии с использованием силикагеля (размер зерен – 75–150 μ, Sigma) [Simola, Koskimies-Soininen, 1984]. В качестве колонки служили пипетки Пастера длиной 145 мм. Фракции липидов извлекали последовательно следующими растворителями: нейтральные липиды – хлороформом, гликолипиды – ацетоном, фосфолипиды – метанолом. Полноту экстракции отдельных фракций контролировали путем их порционного сбора и индивидуального сжигания в концентрированной серной кислоте с последующим спектрофотометрированием растворов при длине волны 375 нм [Marsh, Weinstein, 1966]. Метиловые эфиры жирных кислот получали в результате переэтерификации липидов метанолом в присутствии ацетилхлорида и анализировали на газо-жидкостном хроматографе «Хроматэк – Кристалл 5000.1» (Йошкар-Ола, Россия) с использованием капиллярной колонки HP-INNOWAX (30 м × 0,32 мм) при температурах: термостата – 180 °С (изотерма), пламенно-ионизационного детектора – 240 °С, испарителя – 220 °С и скорости газа-носителя (азот) – 50 мл/мин. Идентификацию жирных кислот осуществляли с помощью стандартного набора метиловых эфиров жирных кислот (Supelko, 37 компонентов), а также сопоставлением эквивалентной длины цепи экспериментально полученных компонентов с известными данными [Сиймер и др., 1971] и логарифмических индексов [Jamieson, 1975]. Вычисляли содержание индивидуальных жирных кислот, а также их групп, объединенных по числу двойных связей в углеродной цепочке: моноеновые (М), диеновые (Д), триеновые (Тр) и насыщенные

(Н), у которых двойные связи отсутствуют. Индекс двойной связи (ИДС), характеризующий степень ненасыщенности липидов, рассчитывали по методу Лайонса и др. [Lyons et al., 1964]:

$$ИДС = \frac{М + 2Д + 3Тр}{100}$$

Коэффициент ненасыщенности (К) жирных кислот определяли по соотношению:

К = ∑ненасыщенных кислот/∑насыщенных кислот (где ∑ – сумма).

Количественное определение жирных кислот проводили методом внутреннего стандарта (маргариновая кислота). Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов статистики с использованием пакета программ Microsoft Excel [Зайцев, 1984; Ивантер, Коросов, 2003]. В таблицах и на графиках приведены средние арифметические значения трех и более независимых экспериментов и их стандартные ошибки. Разницу средних величин оценивали по t-критерию Стьюдента и вероятности, которую признавали статистически значимой при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Изучение репродуктивного цикла развития представителей рода *Betula* L. в условиях южной части Республики Карелия показало, что мужские генеративные органы после заложения визуально заметными становятся в июне, т. е. ранним летом (год заложения), формирование пыльцы завершается следующей весной, обычно в середине мая (год цветения). В сравнении с циклами физиолого-биохимического развития вегетативной и/или женской репродуктивной сферы процесс образования и существования пыльцы по длительности является наиболее коротким. Однако он продолжается почти полный календарный год, и многие факторы оказывают свое негативное воздействие на развитие микрогаметофита. Исследования, проведенные нами ранее [Николаевская и др., 2009], показали, что качество мужского гаметофита березы зависит не только от генотипических особенностей видов, но и от погодно-климатических характеристик (температура, влажность) отдельных лет. Нестабильность погодных условий, резкие перепады температур, засушливость или избыточная влажность могут оказать отрицательное воздействие и вызвать как структурные, так и функциональные изменения пыльцевых зерен в период их формирования. У березы процесс цветения опережает формирование вегетативной сферы, поэтому фертильность пыльцы и способность ее к прорастанию в значительной степени зависят от состояния мембран и их сохранности. Возврат низких температур в весенний период, часто наблюдаемый в условиях Карелии, может вызвать изменение жирнокислотного состава липидов, влекущее за собой физическое изменение состояния гидрофобного мембранного матрикса [Алаудинова и др., 2000].

Согласно полученным данным, в зрелой пыльце основных представителей рода *Betula* L. содержание суммарных липидов варьировало от 32 до 52 мг/г сухого в-ва (табл. 1). Более высокое их количество обнаружено у березы пушистой, оно превышало значения березы повислой и карельской березы в 1,2 и 1,6 раза соответственно. Анализ жирнокислотного состава показал, что в суммарных липидах пыльцы находилось не менее 25 компонентов с числом углеродных атомов от 14 до 24, представленных как насыщенными, так и ненасыщенными жирными кислотами (ЖК). Среди насыщенных преобладала пальмитиновая кислота, а среди ненасыщенных – линолевая.

Таблица 1. Содержание липидов в зрелой пыльце различных видов березы

Фракции липидов	Береза пушистая		Береза повислая		Карельская береза	
	мг/г сухого в-ва	%	мг/г сухого в-ва	%	мг/г сухого в-ва	%
Нейтральные липиды	19,2 ± 0,9	38	16,0 ± 1,4	37	16,7 ± 1,4	53
Фосфо-липиды	10,5 ± 0,6	20	12,2 ± 2,5	28	7,5 ± 1,1	24
Гликo-липиды	21,5 ± 2,0	42	15,2 ± 1,8	35	7,4 ± 0,2	23
Суммарные липиды	51,5 ± 1,4	100	43,4 ± 0,4	100	31,6 ± 1,2	100

По составу суммарные липиды пыльцы были представлены как нейтральными, или запасными, липидами (НЛ), так и полярными – фосфо- (ФЛ) и гликолипидами (ГЛ), являющимися структурной основой мембран. Сравнительный анализ изученных берез по концентрации отдельных групп выявил определенные различия между видами. Так, у березы пушистой и березы повислой концентрации нейтральных липидов и гликолипидов в клетках пыльцы преобладали над фосфолипидами в 2 и в 1,2 раза соответственно (табл. 1). В микрогаметофите карельской березы содержание запасных липидов превышало значения мембранных (как фосфо-, так и гликолипидов) более чем в 2 раза. Распределение липидов по фракциям, обнаруженное в зрелой пыльце различных

видов березы, вероятно, обусловлено их видовой специфичностью и/или экологическими особенностями мест их произрастания.

Анализ жирнокислотного состава отдельных фракций показал следующее. В нейтральных и фосфолипидах основной уровень насыщенных ЖК определяла пальмитиновая кислота (С16:0), которая составляла в среднем соответственно 19 % и 32 % от общей суммы (табл. 2). В гликолипидах состав насыщенных жирных кислот был более разнообразным: кроме пальмитиновой кислоты (около 23 % от суммы жирных кислот) здесь присутствовали стеариновая (С18:0) – более 4,5 %, арахиновая (С20:0) – около 2,5 % и бегеновая (С22:0) – около 6 % от суммы ЖК.

Таблица 2. Концентрация основных насыщенных жирных кислот по фракциям липидов в пыльце изученных видов березы, % от суммы жирных кислот

ЖК	Береза пушистая			Береза повислая			Карельская береза		
	НЛ	ФЛ	ГЛ	НЛ	ФЛ	ГЛ	НЛ	ФЛ	ГЛ
16:0	16,2	31,7	23,3	17,3	30,0	24,1	22,2	34,5	33,4
18:0	1,6	1,1	5,1	1,3	0,9	3,7	1,3	1,2	5,3
20:0	1,2	0,1	3,9	1,0	0,2	1,9	1,2	0,1	1,6
22:0	4,0	0,9	8,7	3,7	1,3	5,1	2,8	1,1	3,7

Примечание. ЖК – жирные кислоты, где 16:0 – пальмитиновая (гексадекановая), 18:0 – стеариновая (октадекановая), 20:0 – арахиновая (эйкозановая), 22:0 – бегеновая (докозановая). Здесь и в табл. 3, 4: НЛ – нейтральные липиды, ФЛ – фосфолипиды, ГЛ – гликолипиды.

Ненасыщенные ЖК в пыльце березы содержали преимущественно 18 углеродных атомов в цепи, различающихся по количеству и положению двойных связей (табл. 3). Во всех фракциях доминировали линолевая и линоленовая ЖК (рис. 1). Содержание линолевой кислоты было выше по сравнению с линоленовой, но их соотношение несколько различалось в пыльце отдельных видов. Так, у березы пушистой и карельской березы линолевая кислота преобладала над линоленовой в среднем в 1,8 раза, у березы повислой – в 1,4 раза, независимо от фракции липидов.

Таблица 3. Концентрация основных ненасыщенных жирных кислот по фракциям в пыльце изученных видов березы, % от суммы жирных кислот

ЖК	Береза пушистая			Береза повислая			Карельская береза		
	НЛ	ФЛ	ГЛ	НЛ	ФЛ	ГЛ	НЛ	ФЛ	ГЛ
16:1(n-7)	1,0	0,8	3,2	1,6	5,0	2,9	1,1	1,2	3,4
18:1(n-9)	6,3	2,2	6,9	4,4	1,3	6,2	4,6	2,2	12,4
18:2(n-6)	42,2	39,3	28,9	40,3	33,7	31,5	42,4	38,4	26,5
18:3(n-3)	25,9	23,5	17,0	29,7	27,7	22,6	24,3	21,1	13,2

Примечание. ЖК – жирные кислоты, где 16:1 – пальмитолеиновая (гексадеценовая), 18:1 – олеиновая (октадеценовая), 18:2 – линолевая (октадекадиеновая), 18:3 – линоленовая (октадекатриеновая).

Исследования отдельных фракций липидов изученных видов обнаружили различия в содержании олеиновой кислоты (С18:1), которая в дальнейшем может приводить к изменению функционального состояния мембран растения [Лось, 2005], поскольку является субстратом для синтеза ди- и триеновых (линолевой и линоленовой) ЖК. Наибольшие количества олеиновой кислоты наблюдали во фракции гликолипидов (рис. 1, Б), причем в пыльце карельской березы ее доля составила более 12 % от суммы жирных кислот, у других изученных видов – в два раза меньше. Минимальные ее значения (около 2 %), независимо от вида березы, обнаружены во фракции фосфолипидов (рис. 1, А).

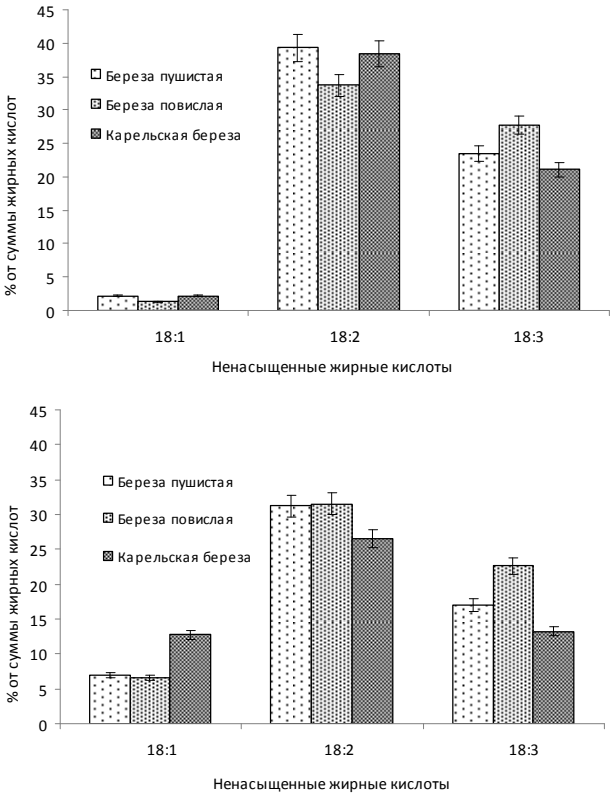


Рис. 1. Содержание ненасыщенных жирных кислот типа С18 в фосфо- (А) и гликолипидах (Б) пыльцы различных видов березы

Из полученных данных следует, что во всех фракциях липидов пыльцы изученных берез содержание ненасыщенных ЖК преобладало над насыщенными (табл. 4). Более того, в нейтральной фракции сумма ненасыщенных ЖК в 3 раза превысила сумму насыщенных. В мембранных липидах коэффициент ненасыщенности (К) оказался ниже по сравнению с нейтральными. По всей вероятности, это связано с тем, что зрелая пыльца до опыления имеет очень низкую физиологическую активность, и

на этом этапе ее развития мембраны находятся в фазе геля и практически не функционируют [Лось, 2005]. В дальнейшем, после попадания пыльцы на рыльце пестика, ЖК будут выполнять субстратную и/или энергетическую роль, а также участвовать в синтезе веществ, обеспечивающих рост пыльцевой трубки. Активизация метаболических процессов будет происходить также при взаимодействии пыльцы и рыльца в процессе адгезии, прорастания пыльцы, оплодотворения и дальнейшего формирования зиготы [Shivanna, 1979; Heslop-Harrison, 1982; Кузнецов, Дмитриева, 2006].

Таблица 4. Коэффициент ненасыщенности (К) и индекс двойной связи (ИДС) отдельных фракций липидов в пыльце различных видов березы

Фракции липидов	Береза пушистая		Береза повислая		Карельская береза	
	К	ИДС	К	ИДС	К	ИДС
НЛ	3,1	1,7	3,2	1,8	3,0	1,6
ФЛ	1,9	1,5	1,9	1,5	1,5	1,4
ГЛ	1,4	1,2	1,8	1,4	1,4	1,1

Наиболее полно степень ненасыщенности липидов характеризует индекс двойных связей (ИДС), поскольку он отражает не только сумму ненасыщенных ЖК, но и число двойных связей. Величина ИДС не всегда совпадает со значениями коэффициента ненасыщенности. В зрелой пыльце всех изученных видов березы, несмотря на более низкие значения ИДС по сравнению с уровнем К (в 1,8 раза), ненасыщенность ЖК сохранила доминирующие позиции во фракции нейтральных липидов (табл. 4). По всей вероятности, это связано с механизмами сохранения жизнеспособности пыльцы и возможностями ее адаптации к действию отрицательных температур, которые наблюдаются в Карелии в весенний период. Стрессовые условия окружающей среды оказывают сильное воздействие на развитие генеративных органов и определяются погодно-климатическими условиями в период формирования пыльцы [Третьякова, Носкова, 2004]. В многочисленных работах [Родионов, 1978, 1983; Крепс, 1981; Лось, 2005 и др.] показано, что ведущая роль в развитии неспецифических реакций в ответ на неблагоприятное действие низких температур связывается с преобладанием ненасыщенных жирных кислот.

Существенные различия между фракциями липидов пыльцы березы выявлены в соотношении мо-, ди- и триеновых жирных кислот (рис. 2). Преобладающими во всех фракциях были диеновые жирные кислоты, однако наибольшее их количество отмечено во фракциях нейтральных и фосфолипидов. В гликолипидах содержание как ди-, так и триеновых жирных кислот оказалось несколько ниже на фоне заметного присутствия моноеновых жирных кислот (преимущественно за счет олеиновой). Подобное соотношение ненасыщенных жирных кислот с различным числом двойных связей было обнаружено нами ранее в почках березы в фазу их распускания [Ветчинникова, 2005]. По всей вероятности, это обусловлено действием Δ9-ацил-липидной десатуразы, вызывающей образование двойной связи в Δ9-положении стеариновой кислоты (18:0) с образованием олеиновой кислоты (18:1), которая в дальнейшем будет служить субстратом для образования ди- и триеновых (линолевой и линоленовой) жирных кислот и в конечном итоге приведет к изменению структурного и функционального состояния мембран растения [Los, Murata, 1998; D'andrea et al., 2002; Лось, 2005, Кипайкина, 2006].

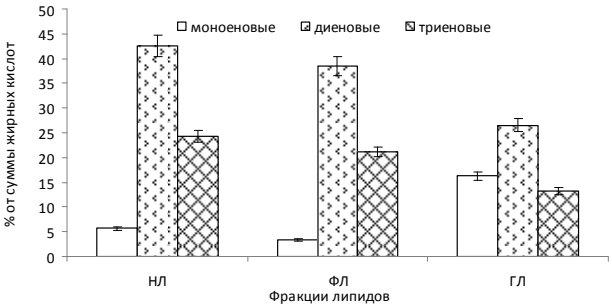


Рис. 2. Соотношение моно-, ди- и триеновых жирных кислот в отдельных фракциях липидов пыльцы карельской березы

Таким образом, зрелая пыльца основных представителей рода *Betula* L., произрастающих в условиях Южной Карелии, характеризуется довольно высоким содержанием липидов (от 32 до 52 мг/г сухого в-ва), представленных как запасными (нейтральными) липидами (43 %), так и мембранными (фосфо- – 24 % и гликолипидами – 33 %). До опыления микрогаметофит имеет очень низкую физиологическую активность. В дальнейшем после пыления и попадания пыльцы на рыльце пестика накопленные нейтральные липиды подвергаются расщеплению, а углерод используется в синтезе углеводов, за счет которых покрываются издержки ана- и катаболизма зиготы в период ее гетеротрофного развития [Тарчевский, 1996]. Основными жирными кислотами микрогаметофита среди насыщенных является пальмитиновая, а ненасыщенных – линолевая и линоленовая, однако их количество варьирует в зависимости от фракции липидов. В нейтральных и фосфолипидах накапливаются преимущественно ди- и

триеновые жирные кислоты, в гликолипидах их доля несколько ниже на фоне заметного присутствия моноеновых жирных кислот (преимущественно за счет олеиновой). Среди диеновых жирных кислот доля линолевой кислоты составила более 40 %, среди триеновых преобладала линоленовая кислота – около 25 %. По всей вероятности, это связано с физиологическими особенностями зрелого микрогаметофита, которые реализуются на клеточном уровне.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

Литература

Алаудинова Е. В., Миронов П. В., Репях С. М. Жирные кислоты мембранных липидов живых тканей почек лиственницы сибирской // Химия растительного сырья. 2000. № 2. С. 41–45.

Ветчинникова Л. В. Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. М.: Наука, 2005. 269 с.

Гайдыш И. С. Биоиндикация природной среды малого северо-таежного промышленного города: на примере г. Костомукша: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 22 с.

Головко В. В. Исследование пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля юга Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2001. 16 с.

Дзюба О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 198 с.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 242 с.

Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.

Кипайкина Н. В. Участие Δ9-ацил-липидной десатуразы в формировании устойчивости к гипотермии растений табака, трансформированных геном desC из *Synechococcus vulcanus*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2006. 16 с.

Кравченко Л. В., Частий В. П., Гербеда В. В. Содержание липидов в пыльце хвойных древесных интродуцентов // Физиолого-биохимические основы повышения продуктивности растений. Минск: Наука и техника, 1980. С. 168–171.

Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Л.: Наука, 1981. 339 с.

Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М.: Высш. шк., 2006. 742 с.

Ларионова Н. А., Минина Е. Г., Кирьянова И. А. и др. Ауксины, ингибиторы роста и липиды пыльцы кедра сибирского // Физиология растений. 1977. Т. 24, № 1. С. 175–179.

Лось Д. А. Молекулярные механизмы холодоустойчивости растений // Вестник РАН. Т. 75, № 4. 2005. С. 338–345.

Николаевская Т. С., Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Лебедева О. Н. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условия Карелии представителей рода *Betula* L. // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 4. С. 90–95.

Рихтер А. А. Вариабельность жирнокислотного состава липидов пыльников и пестиков у различных сортов миндаля // Бюл. Главного ботан. сада АН СССР. 1990. № 156. С. 43–47.

Родионов В. С. Влияние низких температур на липидный обмен в растениях и фазовые переходы в мембранах // Эколого-физиологические механизмы устойчивости растений к действию экстремальных температур. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1978. С. 37–57.

Родионов В. С. Изменения в мембранных липидах растений при пониженных температурах // Липидный обмен древесных растений в условиях Севера. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1983. С. 4–68.

Сиймер Э. Х., Таутс О. В., Мейстер К. Э. Рассчитанные значения ЭДЦ cis-полиеновых метилен-разделенных жирных кислот // Тр. Таллиннского политехн. ин-та. Сер. А. 1971. № 300. С. 73–78.

Сладков А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 270 с.

Тарчевский И. А. Процессы деградации у растений // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 6. С. 13–19.

Третьякова И. Н., Носкова Н. Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 26–33.

Филимонова Л. В. Динамика растительности восточного побережья Финского залива в голоцене // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 4. С. 11–29.

Чернова Г. М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена – голоцена. СПб.: СПбГУ, 2004. 128 с.

Andrikopoulos N. K., Siafaka-Kapadai A., Demopoulos C. A., Kapoulos V. M. Lipids of *Pinus halepensis* pollen // Phytochemistry. 1985. Vol. 24, N 12. P. 2953–2957.

Corden J. M., Stach F., Millington W. M. A. Comparison of *Betula* pollen seasons at two European sites; Derby, United Kingdom and Poznan, Poland (1995–1999) // Aerobiologia. 2002. Vol. 18, N 1. P. 45–53.

D'andrea S., Guillou H., Catheline D. et al. The same rat 6-desaturase not only acts on 18- but also on 24-carbon fatty acids in very-long-chain polyunsaturated fatty acid biosynthesis // Biochem. J. 2002. Vol. 364. P. 49–55.

Emberlin J., Detand M., Gehrig R. et al. Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe // Int. J. Biometeorol. 2003. Vol. 47. P. 113–115.

Folch J., Lees M., Stanley G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226, N 1. P. 497–509.

Heslop-Harrison J. Pollen-stigma interaction and cross-incompatibility in the grasses // Science. 1982. Vol. 215, N 4538. P. 1358–1364.

Jamieson G. R. GLC identification techniques for long-chain unsaturated fatty acids // J. Chromat. Sci. 1975. Vol. 13. P. 491–497.

Laadi M. Regional variations in the pollen seasons of *Betula* in Burgundy: two models for predicting the start of the pollination // Aerobiologia. 2001. Vol. 17. P. 247–254.

Los D. A., Murata N. Structure and expression of fatty acid desaturases // Biochim. Biophys Acta. 1998. Vol. 1394. P. 3–15.

Lyons J. M., Wheaton T. A., Pratt H. K. Relationship between the physical nature of mitochondrial membranes and chilling sensitivity in plants // Plant Physiol. 1964. Vol. 39, N 2. P. 262–268.

Marsh J. B., Weinstein D. B. Simple charring method for determination of lipids // J. Lipid Res. 1966. Vol. 7, N 4. P. 574–579.

Shivanna K. R. Recognition and rejection phenomena during pollen-pistil interaction // Proc. Indian Acad. Sci. B88, N 2. Part 2. 1979. P. 115–141.

Simola L. K., Koskimies-Soininen K. Comparison of Glycolipids and Plastids in Callus Cells and Leaves of *Alnus* and *Betula* // Plant and Cell Physiol. 1984. N 25 (8). P. 1329–1340.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ветчинникова Лидия Васильевна
рук. группы биотехнологии воспроизводства древесных растений, вед. науч. сотр., д. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: vetchin@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

Vetchinnikova, Lidia
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vetchin@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

Серебрякова Оксана Сергеевна
аспирант
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: 531521@mail.ru

Serebryakova, Oksana
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: 531521@mail.ru

Ильинова Мария Казимировна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: iljinova@krc.karelia.ru

Ilyinova, Maria
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: iljinova@krc.karelia.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 63–69

УДК 577.15: 597.554.3+574.47 (285)

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛИКОЗИДАЗ КИШЕЧНИКА ЛЕЩЕЙ *ABRAMIS BRAMA* (L.) ИЗ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

И. Л. Голованова, А. А. Филиппов

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН

В экспериментах *in vitro* исследована активность, а также температурные и кинетические характеристики гликозидаз слизистой оболочки и химуса кишечника лещей *Abramis brama* (L.) из участков Рыбинского водохранилища с различной антропогенной нагрузкой. Показано значительное сходство уровня активности и температурного оптимума гликозидаз у леща загрязненного Шекснинского и относительно чистого Моложского плесов. Более низкая активность мальтазы в зоне температуры 0–20 °С и более высокие значения $E_{акт}$ гликозидаз у леща Шекснинского плеса свидетельствуют о снижении эффективности гидролиза углеводных компонентов корма, а увеличение фермент-субстратного сродства – об адаптивных изменениях этого показателя с ростом уровня антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: гликозидазы, пищеварение, рыбы, антропогенное загрязнение.

I. L. Golovanova, A. A. Filippov. CHARACTERISTICS OF INTESTINAL GLYCOSIDASES IN BREAM FROM THE RYBINSKOYE RESERVOIR SITES DIFFERING IN ANTHROPOGENIC LOADING

The activity, temperature and kinetic characteristics of the intestinal mucosa and cheme glycosidases were investigated *in vitro* in bream *Abramis brama* (L.) from parts of the Rybinskoye storage reservoir differing in anthropogenic loading. Considerable similarity was found in the enzymatic activity level and the temperature optimum of glycosidases in bream from the polluted Sheksna and the relatively clean Mologa pools. The lower maltase activity at a temperature of 0–20 °C and the higher values of glycosidases E_{act} in bream from Sheksninsky pool testify to a decrease in the efficiency of food carbohydrate hydrolysis, but the increase in the enzyme-substratum affinity suggests this parameter changes as an adaptation to growing human pressure.

Key words: glycosidase, digestion, fish, anthropogenic pollution.

Введение

Рыбинское водохранилище (58 30' с. ш., 38 20' в. д.) – одно из крупнейших пресноводных искусственных водоемов России. Оно образовано в 1941–1947 гг. на месте слияния трех крупных рек: Волги, Мологи и Шексны. Соответственно руслам этих рек выделяют Волжский, Моложский, Шекснинский и Главный плесы. Наиболее загрязненным участком Рыбинского водохранилища считается Шекснинский плес, принимающий сточные воды

промышленного комплекса г. Череповца. В различных компонентах экосистемы Шекснинского плеса (вода, донные отложения, бентос, рыбы) обнаружены полициклические ароматические углеводороды – нафталин, флуорен, трифенилен и др., стойкие органические загрязнители – полихлорированные бифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды (ХОП), тяжелые металлы – Cd, Zn, Cu, Pb [Козловская, Герман, 1997; Флеров и др., 2000; Герман, Законнов, 2003; Чуйко и др., 2010]. При этом их содержание было на 1–2 порядка выше по сравнению с относительно чистым Моложским плесом. У лещей, отловленных в районе Шекснинского плеса, отмечены повышенные концентрации ПХБ и ХОП [Герман, Козловская, 1999; Чуйко и др., 2010], высокий уровень напряженности врожденного иммунитета [Лапирова, Заботкина, 2010], изменения активности кишечных протеиназ [Ушакова и др., 2009] и активности ацетилхолинэстеразы печени [Chuiko et al., 2007]. Несмотря на то что токсические вещества, находящиеся в воде, грунте и объектах питания, могут оказывать прямое и опосредованное действие на ферменты пищеварительного тракта, активность гликозидаз, расщепляющих углеводные компоненты корма, у лещей из участков Рыбинского водохранилища с различной антропогенной нагрузкой ранее не оценивалась. Известно лишь о большей активности α-амилазы, функционирующей в полости и слизистой оболочке кишечника леща Шекснинского плеса, по сравнению с более чистым Волжским плесом [Кузьмина, 1983].

В связи с этим цель работы состояла в сравнительном изучении *in vitro* уровня активности, а также температурных и кинетических характеристик гликозидаз слизистой оболочки и химуса кишечника лещей *Abramis brama* (L.), отловленных на участках Рыбинского водохранилища с различной антропогенной нагрузкой.

Материал и методы

В качестве объекта исследования выбран лещ – наиболее типичный представитель массовых промысловых видов рыб Рыбинского водохранилища. Половозрелые особи леща отловлены в Моложском (ст. Первомайка) и Шекснинском (ст. Любец) плесах Рыбинского водохранилища летом 2008 г. тралом с экспедиционного судна. Первый участок считается относительно чистой, второй – наиболее загрязненной частью акватории. Исследовали 10 и 7 экз. рыб из первой и второй группы соответственно. После отлова проводили полный биологический анализ. Линейно-массовые показатели и упитанность рыб из разных плесов достоверно не различались ($p > 0,05$). Длина и масса лещей из Моложского плеса составляли 31,1 ± 0,9 см и 665 ± 53 г, из Шекснинского плеса – 31,9 ± 2,2 см и 688 ± 113 г; упитанность рыб по Кларк – 1,90 ± 0,04 и 1,79 ± 0,06, по Фультону – 2,16 ± 0,05 и 2,07 ± 0,09, соответственно.

Кишечники рыб извлекали сразу после вылова и хранили при температуре 18 °С не более двух недель. Химус и слизистую оболочку (предварительно промытую охлажденным до 2–4 °С раствором Рингера для холоднокровных животных: 110 мМ NaCl, 1,9 мМ KCl, 13 мМ $CaCl_2$, pH 7,4) медиального отдела кишки использовали для приготовления индивидуальных гомогенатов. Растворы субстратов (растворимый крахмал 4,5–72 г/л, мальтоза и сахароза в концентрации 12,5–200 ммоль/л) готовили на таком же растворе Рингера. Гомогенаты и растворы субстратов инкубировали при постоянном перемешивании в течение 30 мин при температуре 20 °С или в диапазоне температуры 0–70 °С, pH 7,4.

Активность гликозидаз: амилолитическую активность (отражающую суммарную активность ферментов, гидролизующих крахмал – α-амилазы КФ 3.2.1.1, глюкоамилазы КФ 3.2.1.3 и мальтазы КФ 3.2.1.20) и активность сахаразы КФ 3.2.1.48 определяли модифицированным методом Нельсона, активность мальтазы – глюкозооксидазным методом, активность α-амилазы – модифицированным методом Смита и Роя [Уголев и др., 1969]. Ферментативную активность у каждой особи определяли в трех повторностях с учетом фона (изначального количества гексоз в гомогенате) и выражали в мкМ продуктов реакции, образующихся за 1 мин инкубации ферментативно-активного препарата и субстрата в расчете на 1 г влажной массы ткани (мкмоль/г·мин), активность α-амилазы – в мг крахмала, гидролизованого за 1 мин (мг/г·мин). Кинетические характеристики гидролиза углеводов – значения кажущейся константы Михаэлиса (K_m) и максимальной скорости реакции (V_{max}) – определяли графическим методом Лайнуивера-Берк, строя графики зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата в координатах двойных обратных величин. Энергию активации ($E_{акт}$) рассчитывали графическим методом Аррениуса.

Данные обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ Statgraphics Plus 5.1 и Excel 2003. Результаты представлены в виде средних и их ошибок (M ± m). Достоверность различий оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA, LSD-тест) при $p = 0,05$ [Sokal, Rolf, 1995].

Результаты и обсуждение

Активность гликозидаз химуса, отражающая активность ферментов, функционирующих в полости кишечника, у рыб из разных плесов оказалась близка (табл. 1). Уровень активности гликозидаз в слизистой оболочке кишечника леща в 1,2–6,4 раза ниже, чем в химусе, что хорошо согласуется с данными, полученными на других видах рыб бенто- и планктофагов [Уголев, Кузьмина, 1993]. У лещей двух популяций активность гликозидаз слизистой оболочки не различалась, исключая мальтазу, активность которой у рыб Шекснинского плеса на 25 % ниже по сравнению с Моложским. Однако активность протеиназ, гидролизующих белковые компоненты корма, в слизистой оболочке кишечника леща со ст. Любец Шекснинского плеса в 1,4 раза выше, чем у рыб со ст. Первомайка Моложского плеса [Ушакова и др., 2009]. Эти различия могут быть обусловлены как изменением состава кормовой базы, спектра питания и биохимического состава пищи у рыб, обитающих в загрязненном районе, так и разным влиянием токсических веществ на активность протеиназ и гликозидаз.

Таблица 1. Активность и кинетические характеристики гликозидаз химуса и слизистой оболочки кишечника лещей, отловленных в Моложском и Шекснинском плесах Рыбинского водохранилища

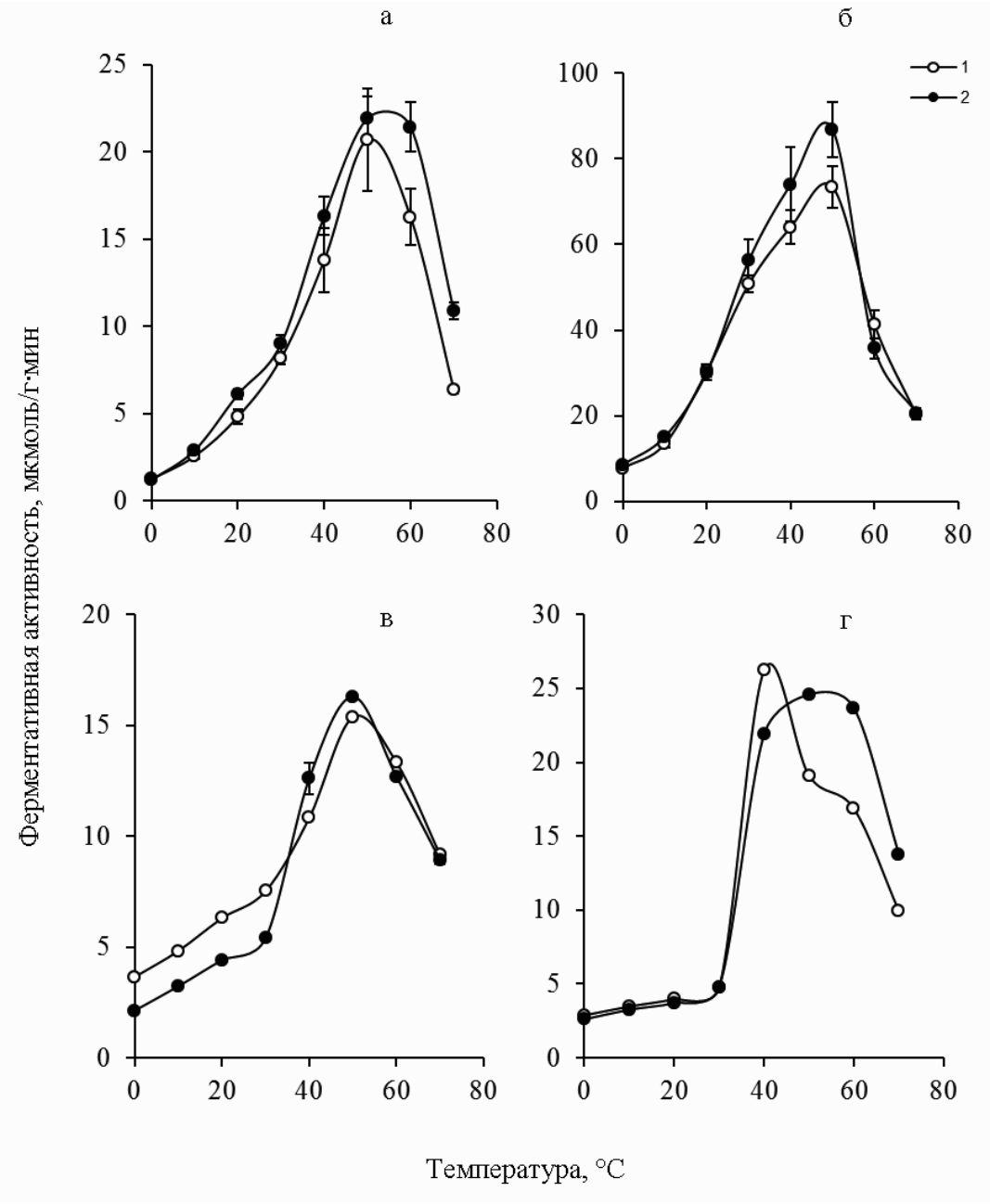
Показатель	Моложский	Шекснинский
Химус		
Активность α-амилазы, мг/г·мин	191,2 ± 3,69	173,9 ± 11,0
Активность мальтазы, мкмоль/г·мин	3,98 ± 0,08	3,72 ± 0,05
Активность сахаразы, мкмоль/г·мин	0,40 ± 0,07	0,37 ± 0,02
Амилолитическая активность, мкмоль/г·мин	29,2 ± 1,95	27,1 ± 0,90
Слизистая оболочка		
Активность α-амилазы, мг/г·мин	35,8 ± 2,76	27,4 ± 2,76
Активность мальтазы, мкмоль/г·мин	1,31 ± 0,01	0,98 ± 0,03*
Активность сахаразы, мкмоль/г·мин	0,31 ± 0,03	0,32 ± 0,04
Амилолитическая активность, мкмоль/г·мин	6,58 ± 0,56	7,64 ± 0,99
K_m гидролиза мальтозы, ммоль	3,30 ± 0,21	6,95 ± 0,86*
K_m гидролиза сахарозы, ммоль	19,9 ± 3,87	7,03 ± 1,37*
K_m гидролиза крахмала, г/л	3,61 ± 0,18	2,72 ± 0,19*
V_{max} гидролиза мальтозы, мкмоль/г·мин	1,49 ± 0,01	1,18 ± 0,06*
V_{max} гидролиза сахарозы, мкмоль/г·мин	0,57 ± 0,06	0,48 ± 0,11
V_{max} гидролиза крахмала, мкмоль/г·мин	12,6 ± 0,5	11,9 ± 1,2

Примечание. Приведены средние значения показателей и их ошибки (M ± m); * – достоверные различия показателей у рыб, отловленных в разных плесах ($p < 0,05$).

Сравнение значений K_m позволило выявить значительные различия между двумя популяциями рыб (табл. 1). Так, K_m гидролиза мальтозы у рыб загрязненного района в 2,1 раза выше, что свидетельствует о снижении сродства ферментов к субстрату. В то же время значения K_m гидролиза сахарозы у леща Шекснинского плеса были в 2,8 раза, а K_m гидролиза крахмала в 1,3 раза ниже по сравнению с Моложским плесом. Эти изменения отражают адаптивное повышение фермент-субстратного сродства с ростом уровня антропогенного загрязнения. Значения V_{max} у особей исследованных групп различались в меньшей степени: отмечено лишь достоверное снижение V_{max} гидролиза мальтозы у леща из загрязненного участка ($p < 0,05$).

Исследование амилолитической активности химуса у лещей указанных районов в широком диапазоне температуры инкубации выявило отсутствие различий как в уровне активности, так и в форме кривых температурной зависимости (рис., а). Температурный оптимум гидролиза крахмала отмечен при 50 °С (рис., б), относительная активность при 0 °С составляла 10,5 %, при 10 °С – 17,5 %, при 20 °С – 35–40 % от максимальной у рыб обеих исследованных групп. Характер кривой температурной зависимости гликозидаз слизистой оболочки кишечника незначительно отличался от вышеописанного. Однако у леща Шекснинского плеса зона температурного оптимума несколько шире (50–60 °С), а относительная активность гликозидаз в зоне постмаксимальных значений температуры выше, чем у рыб Моложского плеса. Так, относительная активность при 60 и 70 °С составляет 98 и 50 % у первых и лишь 79 и 31 % у вторых. Вполне вероятно, что под действием некоторых загрязнителей происходит стабилизация свойств ферментативного белка, позволяющая более эффективно функционировать в зоне постмаксимальных значений температуры. Однако, поскольку гидролиз крахмала в слизистой оболочке кишечника происходит с участием сорбированных из полости (α-амилаза) и собственно мембранных (глюкоамилаза и мальтаза) ферментов, соотношение которых у рыб из чистого и загрязненного районов может меняться, судить о механизме этого явления не представляется возможным.

Температурный оптимум мальтазы слизистой оболочки кишечника лещей из двух популяций равен 50 °С. Однако относительная активность фермента в зоне физиологических значений температуры (0–20 °С) у рыб Моложского плеса составляла 24–40 %, Шекснинского плеса – лишь 13–27 % от максимальной, что



Влияние температуры на амилолитическую активность (а, б) и активность мальтазы (в, г) в слизистой оболочке (а, в) и химусе (б, г) кишечника лещей, выловленных в относительно чистом Моложском (1) и загрязненном Шекснинском (2) плесах Рыбинского водохранилища

свидетельствует об ухудшении условий функционирования в зоне антропогенного загрязнения. Температурный оптимум мальтазы химуса составил 40 °С у лещей из более чистого и 50 °С из более грязного плесов (рис., в, г), при этом у рыб второй группы зона температурного оптимума шире и относительная активность мальтазы в зоне постмаксимальных значений температуры выше.

В зоне температуры жизнедеятельности (0–20 °С) амилолитическая активность химуса в 5–7 раз выше, чем таковая слизистой оболочки кишечника; в зоне постмаксимальных значений температуры – лишь в 2–3 раза. Активность мальтазы в слизистой оболочке выше, чем в химусе, лишь у рыб более чистого района. Эти различия могут быть обусловлены разными характеристиками ферментов, функционирующих в составе слизистой оболочки кишечника (преимущественно мембранные ферменты) и химуса (панкреатические ферменты рыб, а также ферменты жертвы и энтеральной микробиоты). Поскольку характеристики одноименных, но различающихся по происхождению

ферментов существенно различаются [Кузьмина и др., 2008], действие загрязняющих веществ на них также может быть различным.

Сопоставление величин $E_{акт}$ амилолитической активности слизистой оболочки кишечника лещей из разных участков Рыбинского водохранилища в диапазоне температур жизнедеятельности позволило выявить существенные различия (табл. 2). У леща из более чистого района излом на графике Аррениуса отсутствует, что соответствует полученным ранее данным [Уголев, Кузьмина, 1993], из загрязненного – отмечен при 20 °С. При исследовании гликозидаз химуса излом на графике отмечен при 30 °С у рыб обеих групп. В диапазоне температуры 0–20 °С величины $E_{акт}$ у леща более чистого плеса минимальны (эффективность процесса выше). Увеличение температуры приводит к снижению величины этого параметра, в большей мере в химусе, чем в слизистой оболочке. При этом значения $E_{акт}$ гликозидаз химуса значительно ниже таковых слизистой оболочки. Значения $E_{акт}$ мальтазы и слизистой оболочки, и химуса у лещей из Моложского плеса ниже, чем из Шекснинского (излом на графике отмечен при 30 °С во всех вариантах опыта). Эти данные свидетельствуют о том, что у рыб, обитающих в загрязненном плесе, эффективность гидролиза ди- и полисахаридов в зоне температуры жизнедеятельности ниже, чем у рыб более чистого участка. Полученные результаты хорошо согласуются с данными по $E_{акт}$ протеиназ слизистой оболочки кишечника леща указанных выборок [Ушакова и др., 2009].

Таблица 2. Значения $E_{акт}$ гликозидаз, функционирующих в слизистой оболочке и химусе кишечника лещей, выловленных из загрязненного Шекснинского и более чистого Моложского плесов Рыбинского водохранилища

Плес	Препарат	Энергия активации, ккал/моль		Точка перегиба, °С
		до перегиба	после перегиба	
Амилолитическая активность				
Моложский	Слизистая	9,3	9,3	Нет
	Химус	8,4	3,6	30
Шекснин-	Слизистая	14,5	6,8	20
ский	Химус	10,3	4,2	30
Мальтаза				
Моложский	Слизистая	4,3	6,9	30
	Химус	2,7	15,0	30
Шекснинский	Слизистая	5,0	15,7	30
	Химус	3,7	16,1	30

Поскольку в грунтах и тканях леща Шекснинского плеса установлено повышенное содержание ПХБ и тяжелых металлов [Флеров и др., 2000; Чуйко и др., 2010], можно предположить, что именно с их действием связаны изменения характеристик пищеварительных гликозидаз, выявленные в данной работе. Действительно, ранее в экспериментах *in vitro* показаны значительные изменения активности протеиназ и гликозидаз, а также кинетических характеристик гидролиза углеводов у ряда видов пресноводных рыб при действии тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Hg) и ПХБ [Кузьмина и др., 2005; Голованова, 2008; Филиппов, Голованова, 2010; Голованова и др., 2011]. Кроме того, были установлены различия в чувствительности пищеварительных гидролаз рыб, обитающих в различных участках Рыбинского водохранилища, к действию ионов биогенных металлов [Голованова и др., 2009; Кузьмина и др., 2010]. Однако активность пищеварительных гликозидаз и протеиназ рыб может значительно снижаться при хроническом действии сырой нефти [Кравецкий и др., 2010], оловоорганических соединений [Бузинова, 1975], хлорофоса [Голованова, Таликина, 2006]. Нафталин при хроническом действии повышает активность гликозидаз и протеиназ в химусе кишечника мозамбикской тилапии *Oreochromis mossambicus* Peters на 50–98 % от контроля [Golovanova et al., 1994; Kuz'mina et al., 1999], хотя в экспериментах *in vitro* не вызывает значительных изменений амилолитической активности слизистой оболочки кишечника у 12 видов рыб, обитающих в Рыбинском водохранилище [Golovanova et al., 1994]. Эти данные, наряду со сведениями об изменении чувствительности гликозидаз к действию тяжелых металлов под влиянием загрязнителей органической природы [Filippov, Golovanova, 2012], позволяют заключить, что выявленные изменения уровня активности, температурных и кинетических характеристик гидролиза углеводов в кишечнике леща, выловленного в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища, вызваны комплексным загрязнением этого района.

Механизм токсического действия загрязнителей органической и неорганической природы на пищеварительные ферменты рыб до сих пор не изучен и, по всей вероятности, неспецифичен. В условиях *in vivo* изменение активности пищеварительных гидролаз может свидетельствовать об изменении как интенсивности синтеза соответствующих ферментов, так и условий их функционирования. При этом возможно изменение физико-химических свойств самой молекулы фермента или ее мембранного окружения. Поскольку существует несколько изоформ α-амилазы, глюкоамилазы и мальтазы [Уголев, Кузьмина, 1993], нельзя исключить и молекулярную разнокачественность гликозидаз, функционирующих в кишечнике лещей из

относительно чистого и загрязненного районов. В то же время выявленный в ряде случаев четкий концентрационно-зависимый эффект при действии ионов меди и цинка на активность гликозидаз в экспериментах *in vitro* [Голованова, 2010] позволяет предположить прямое влияние этих металлов на активный центр фермента. Для выяснения механизмов действия отдельных веществ и их смесей в условиях антропогенного загрязнения необходимы дополнительные экспериментальные исследования.

Выводы

Сравнительный анализ активности гликозидаз слизистой оболочки и химуса кишечника лещей, отловленных в загрязненном Шекснинском и более чистом Моложском плесах Рыбинского водохранилища, показал отсутствие различий, лишь активность мальтазы у рыб загрязненного участка была ниже. В то же время у рыб Шекснинского плеса отмечено снижение значений K_m гидролиза углеводов, свидетельствующее об адаптивном увеличении фермент-субстратного сродства. Кривые температурной зависимости гликозидаз кишечника лещей из разных мест обитания достаточно близки (температурный оптимум ферментов слизистой равен 50 °С, химуса – 40 и 50 °С). Однако различия в зоне физиологических и постмаксимальных значений температуры, а также более высокие значения $E_{акт}$ гликозидаз в диапазоне температуры жизнедеятельности у леща Шекснинского плеса свидетельствуют о снижении эффективности гидролиза углеводных компонентов корма рыб, выловленных в загрязненном районе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 08-05-00805. Авторы выражают искреннюю благодарность Г. М. Чуйко и сотрудникам лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, а также коллективу экспедиционного судна «Академик Топчиев» за содействие при сборе материала.

Литература

Бузинова Н. С. Действие триэтилоловохлорида на пищеварительную систему карпов // Оловоорганические соединения и жизненные процессы гидробионтов / Ред. Н. С. Строганов. М.: МГУ, 1975. С. 209–215.

Герман А. В., Законнов В. В. Аккумуляция полихлорированных бифенилов в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. 2003. Т. 30, № 5. С. 571–575.

Герман А. В., Козловская В. И. Содержание полихлорированных бифенилов в леще *Abramis brama* Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиологии. 1999. Т. 39, № 1. С. 139–142.

Голованова И. Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных // Биология внутр. вод. 2008. № 1. С. 99–108.

Голованова И. Л. Влияние биогенных металлов (Cu, Zn) на активность карбогидраз молоди рыб // Биология внутр. вод. 2010. № 1. С. 98–103.

Голованова И. Л., Кузьмина В. В., Чуйко Г. М. и др. Влияние полихлорированных бифенилов на активность протеиназ и карбогидраз в кишечнике молоди плотвы *Rutilus rutilus* (L.) // Биология внутр. вод. 2011. № 2. С. 97–103.

Голованова И. Л., Таликина М. Г. Влияние низких концентраций хлорофоса в период раннего индивидуального развития на пищеварительные карбогидразы сеголетков плотвы *Rutilus rutilus* // Вопр. ихтиологии. 2006. Т. 46, № 3. С. 412–416.

Голованова И. Л., Филиппов А. А., Столбунов И. А. Чувствительность карбогидраз плотвы различных экологических групп к действию меди и цинка *in vitro* // Токсикол. вестник. 2009. № 6. С. 17–20.

Козловская В. И., Герман А. В. Полихлорированные бифенилы и полициклические ароматические углеводороды в экосистеме Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 5. С. 563–569.

Кравецкий П. А., Волкова И. В., Шипулин С. В. Влияние нефтяной интоксикации на гидролитическую функцию пищеварительного тракта карповых рыб // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы 3-й междунар. конф. с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов (Петрозаводск, 22–26 июня 2010 г.). Петрозаводск, 2010. С. 83–84.

Кузьмина В. В. Активность α-амилазы в пищеварительном тракте и крови леща // Биология внутренних вод. Информ. бюлл. № 59. Л.: Наука, 1983. С. 58–60.

Кузьмина В. В., Скворцова Е. Г., Шалыгин М. В. Влияние температуры на активность протеиназ химуса и слизистой оболочки кишечника рыб разных экологических групп // Журн. эвол. биохим. и физиол. 2008. Т. 44, № 5. С. 482–487.

Кузьмина В. В., Ушакова Н. В., Лупилов О. П., Шептицкий В. А. Влияние цинка и меди на активность протеиназ слизистой оболочки кишечника леща, подвергнутого разной антропогенной нагрузке // Токсикол. вестник. 2010. № 6. С.55–57.

Кузьмина В. В., Шишин М. М., Корюкаева Н. В. и др. Влияние меди и цинка на эффективность гидролиза белковых компонентов пищи у ряда видов пресноводных костистых рыб в условиях *in vitro* // Биология внутр. вод. 2005. № 4. С. 84–92.

Лапирова Т. Б., Заботкина Е. А. Сравнительный анализ показателей иммунофизиологического состояния леща *Abramis brama* (L.) из различных по степени загрязнения участков Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. 2010. № 2. С. 148–155.

Уголев А. М., Кузьмина В. В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 238 с.

Уголев А. М., Иезуитова Н. Н., Масевич Ц. Г. и др. Исследование пищеварительного аппарата у человека. Обзор современных методов. Л.: Наука, 1969. 216 с.

Уголев А. М., Кузьмина В. В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 238 с.

Ушакова Н. В., Кузьмина В. В., Лупилов О. П., Шептицкий В. А. Влияние антропогенной нагрузки на активность протеиназ слизистой оболочки кишечника леща (*Abramis brama*) Рыбинского водохранилища // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Материалы XXVIII Междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 окт. 2009 г.). Петрозаводск, 2009. С. 578–582.

Филиппов А. А., Голованова И. Л. Раздельное и совместное влияние меди и цинка *in vitro* на активность карбогидраз кишечника пресноводных костистых рыб // Биология внутр. вод. 2010. № 1. С. 104–109.

Флеров Б. А., Томилина И. И., Кливленд Л. и др. Комплексная оценка состояния донных отложений Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. 2000. № 2. С. 148–155.

Чуйко Г. М., Законнов В. В., Герман А. В. и др. Распределение полихлорированных бифенилов в экосистеме Рыбинского водохранилища при их локальном поступлении // Современное состояние водных биоресурсов: Материалы науч. конф. (Владивосток, 25–27 марта 2008 г.). Владивосток, 2008. С. 680–685.

Чуйко Г. М., Законнов В. В., Морозов А. А. и др. Пространственное распределение и качественный состав полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) в донных отложениях и леще (*Abramis brama* L.) из Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. 2010. № 2. С. 98–108.

Chuiko G. M., Tillitt D. E., Zajicek J. L. et al. Chemical contamination of the Rybinsk Reservoir, Northwest Russia: relationship between liver polychlorinated biphenyls (PCB) content and health indicators in bream (*Abramis brama*) // Chemosphere. 2007. Vol. 67, N 3. P. 527–536.

Filippov A. A., Golovanova I. L. The effects of organic toxicants on the intestinal glycosidase sensitivity of young roach to Cu и Zn // Inland Water Biology. 2012. Vol. 5, N 1. P. 140–146.

Golovanova I. L., Chuiko G. M., Pavlov D. F. Effects of cadmium, naphthalene and DDVP on gut carbohydrases activity in bream (*Abramis brama* L.) and mozambigue tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1994. Vol. 52, N 3. P. 338–345.

Kuz'mina V. V., Chuiko G. M., Pavlov D. F. Effects of DDVP, naphthalene and cadmium, on intestinal proteolytic activity in mozambigue tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) // Bull. Envir. Contam. Toxicol. 1999. Vol. 62, N 2. P. 193–198.

Sokal R. R., Rolf F. J. Biometry. The principals and practice of statistics in biological research. New York: W. H. Freeman and Co., 1995. 887 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Голованова Ирина Леонидовна
главный научный сотрудник, д. б. н.
ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН
Борок, Ярославская обл.,
Некоузский р-н, Россия, 152742
эл. почта: golovan@ibiw.yaroslavl.ru
тел.: (8485) 4724484

Филиппов Андрей Андреевич
младший научный сотрудник
ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН
Борок, Ярославская обл.,
Некоузский р-н, Россия, 152742
эл. почта: andron@ibiw.yaroslavl.ru
тел.: (8485) 4724526

Golovanova, Irina
Papanin Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Region, Russia
e-mail: golovan@ibiw.yaroslavl.ru
tel.: (8485) 4724484

Filippov, Andrey
Papanin Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Region, Russia
e-mail: andron@ibiw.yaroslavl.ru
tel.: (8485) 4724526

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 70–75

УДК 597: 574.2.04

ОКОНЧАТЕЛЬНО ИЗБИРАЕМЫЕ И ВЕРХНИЕ ЛЕТАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МОЛОДИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН

В экспериментальных условиях установлены значения окончательно избираемой и верхней летальной температуры у молоди карпа, плотвы, окуня и щуки в летний период. Показатели хронического летального максимума и летальной температуры выше показателей критического термического максимума у всех изученных видов. Наибольшая термоустойчивость и самые высокие значения окончательно избираемой температуры выявлены у теплолюбивого карпа, наименьшие – у плотвы и окуня. Полученные данные позволяют прогнозировать поведение и распределение рыб различных экологических групп в пресноводных водоемах.

Ключевые слова: рыбы, термоустойчивость, окончательно избираемая температура, критический термический максимум, летальная температура, хронический летальный максимум.

V. K. Golovanov, A. K. Smirnov, D. S. Kapshaj. FINAL THERMOPREFERENDUM AND UPPER LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILES OF SOME FRESHWATER FISH SPECIES

The values of final thermopreferendum and upper lethal temperature in juvenile carp, roach, perch and pike during the summer period were determined under experimental conditions. The values of chronic lethal maximum and lethal temperature are higher than the critical thermal maximum in all studied species. Maximal temperature resistance and the highest values of final thermopreferendum were found in the thermophilic carp, the lowest – in roach and perch. The results allow to predict the behaviour and distribution of fish of different ecological groups in freshwater bodies.

Key words: fish, temperature resistance, final thermopreferendum, critical thermal maximum, lethal temperature, chronic lethal maximum.

Введение

Температура окружающей среды – важный абиотический фактор, в наибольшей степени определяющий эффективность питания, роста и развития рыб, обитающих в пресных водах. Выступая в качестве лимитирующего фактора, она определяет географическое местоположение вида и его отдельных популяций [Одум, 1975]. Адаптации к температуре обеспечивают постоянное взаимодействие организма и среды. Как следствие, в процессе онтогенеза, а также при прохождении сезонных и жизненных циклов рыбы вынуждены приспосабливаться к колебаниям температуры и использовать различные формы темпе-

ратурных адаптаций: температурную акклимацию, терморегуляционное поведение, адаптацию к предельно высоким и низким температурам, а также «зимнюю спячку» [Голованов и др., 1997; Озернюк, 2000].

При оценке эффективности жизнедеятельности рыб наряду с физиологическими и биохимическими характеристиками применяют такие показатели, как температурная зона оптимального функционирования (оптимум) и предельная (верхняя и нижняя летальная) температура, ограничивающая диапазон термоустойчивости рыб. Температурный оптимум жизнедеятельности характеризуют, используя значения окончательно избираемой температуры (ОИТ), границы существования вида – значения летальной температуры (ЛТ) [Шмидт-Нильсен, 1982; Алабастер, Ллойд, 1984; Голованов и др., 1997; Озернюк, 2000]. Существуют разные методы для оценки данных показателей. Метод термопреферендума наиболее часто применяют для определения температурного оптимума. Методы критического термического максимума (КТМ) при средней и высокой скорости нагрева воды (от 4 до 60 °С/ч) и хронического летального максимума (ХЛМ) – при медленной скорости нагрева ≤ 1 °С/ч используют для выявления пессимума жизнедеятельности [Голованов, Смирнов, 2007]. Несмотря на большое количество работ по ОИТ, КТМ и ХЛМ [Hokanson, 1977; Cherry, Cairns, 1982; Beitinger et al., 2000; Golovanov, 2006], сравнительный анализ результатов затруднен, поскольку они получены в различных экспериментальных условиях. В то же время для корректного сравнения температурных реакций рыб разных экологических групп в гетеротермальных условиях необходимы данные, полученные в идентичных методических условиях с учетом возраста рыб и сезона года.

В связи с этим цель работы – сравнительный анализ и определение окончательно избираемой, а также верхней сублетальной и летальной температуры у молоди карпа *Cyprinus carpio* (L.), плотвы *Rutilus rutilus* (L.), речного окуня *Perca fluviatilis* L. и щуки *Esox lucius* L. в летний сезон при температуре акклимации 18 ± 2 °С.

Материал и методы

Работа выполнена в 2009–2010 гг. на молоди рыб разных экологических групп: карпе, плотве, окуне и щуке. Рыбы отловлены в прибрежье Рыбинского водохранилища, карп выращен в прудах стационара полевых и экспериментальных работ ИБВВ РАН. Длина и масса карпа составляла: 63–80 мм, 8–13 г, плотвы – 65–75 мм, 4–7,5 г, окуня – 46–49 мм, 1,1–1,6 г, щуки – 110–153 мм, 10–15 г. Всего исследовано 108 особей (из них 36, 48 и 24 экз. в опытах по определению ОИТ, КТМ и ХЛМ соответственно). Температура предварительной акклимации всех рыб составляла 18 ± 2 °С, время акклимации – 7 сут при естественном фотопериоде.

Определение окончательно избираемой температуры (метод термопреферендума) проводили в экспериментальных термоградиентных условиях, в которых группе особей был предоставлен свободный выбор температуры. Экспериментальная установка по изучению избираемых температур представляет собой лоток из прозрачного стекла размерами 320×23×17 см (рис. 1). Горизонтальный градиент температуры создавался посредством нагрева и охлаждения воды на противоположных концах установки. Лоток делили на 12 камер с помощью неполных перегородок, в каждой из которых устанавливалось по 2 распылителя с подачей воздуха от компрессора для предотвращения вертикального градиента температуры. Градиент температуры создавался в диапазоне от 14 до 32 °С. Посадка рыб производилась в отсек с температурой, равной температуре акклимации. Распределение рыб, а также избираемая ими температура на начальном этапе выбора фиксировались 8–10 раз в светлое время суток. В качестве зоны окончательно избираемой температуры выбирался временной интервал, в котором в течение не менее 3 суток не было существенных колебаний в значениях избираемой температуры (среднесуточные значения статистически недостоверны). Корм (живой зоопланктон и сухой корм) вносили 1 раз в сутки в отсеки, где находились рыбы, для щук использовали также рыбный фарш и сеголетков окуня.

При определении КТМ и ЛТ группу рыб (по 6 экз. в каждой, две повторности) помещали в экспериментальный аквариум объемом 60 л, оборудованный системой нагрева и аэрации (рис. 2, а). Температуру воды в опытном аквариуме повышали со скоростью 8–10 °С/ч до нарушения локомоторной функции рыб – переворота на бок или кверху брюшком, сублетальное значение температуры фиксировали как КТМ [Becker, Genoway, 1979]. В этом случае при прекращении нагрева и переносе рыб в воду с температурой на 3–4 °С ниже они сохраняли жизнеспособность. Продолжая нагрев до момента прекращения движения жаберных крышек, фиксировали значение ЛТ по этому показателю.

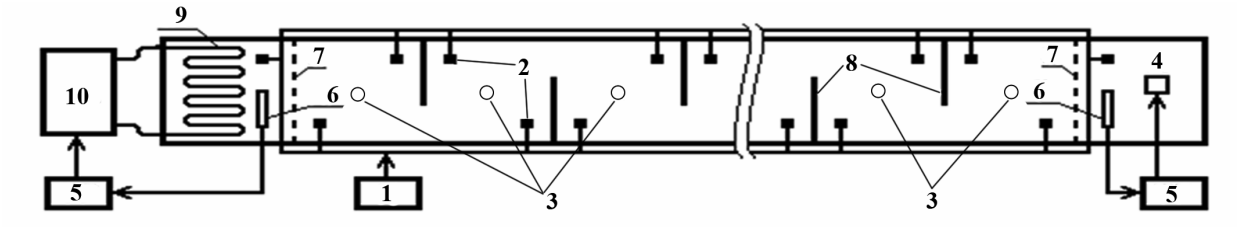


Рис. 1. Схема экспериментальной 12-камерной установки для определения избираемой и окончательно избираемой температуры у молоди рыб:

1 – воздушный компрессор, 2 – распылитель, 3 – датчик электронного термометра, 4 – нагреватель, 5 – терморегулятор, 6 – датчик электронного термометра нагрева/охлаждения, 7 – сетка-ограждение, 8 – неполные перегородки между отсеками, 9 – охлаждающий контур, 10 – компрессор холодильника

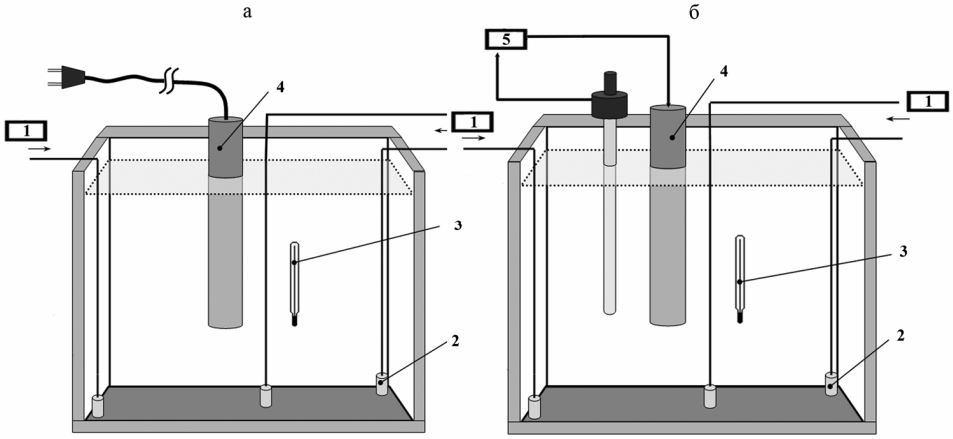


Рис. 2. Схема экспериментальных установок для определения критического термического максимума и летальной температуры (а) и хронического летального максимума (б) у молоди рыб:

1 – воздушный компрессор, 2 – распылитель, 3 – термометр, 4 – нагреватель, 5 – терморегулятор

Для определения ХЛМ группу рыб (по 6 экз. в каждой) помещали в экспериментальный аквариум объемом 60 л, оборудованный системой нагрева и аэрации (рис. 2, б). Температуру воды в опытном аквариуме повышали со скоростью 0,04 °С/ч (1 °С/сут) до момента гибели рыб, эту температуру фиксировали как ХЛМ. На каждые 4-е сутки меняли половину объема воды в аквариуме, сохраняя при этом в аквариуме то значение температуры, которое наблюдалось к моменту добавления воды. Продолжительность эксперимента при медленной скорости нагрева воды составляла 16–23 сут, при скорости нагрева 8–10 °С – 1,5–1,8 ч. Все опыты проводили в условиях естественного фотопериода. Рыб кормили 1 раз в сутки живым зоопланктоном, рыбным фаршем, сухим комбикормом (а щук – и сеголетками окуня) в объеме 5–10 % от общей массы тела.

Данные обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ Statgraphics Plus 5.1 и Excel 2003. Результаты представлены в виде средних и их ошибок (M ± m). Достоверность различий оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA, LSD-тест) при p = 0,05 [Sokal, Rolf, 1995].

Результаты и обсуждение

При посадке группы особей в термоградиентные условия рыбы, как правило, не остаются в зоне температуры предварительной акклимации, а начинают движение в сторону более высокой или низкой температуры до тех пор, пока не сосредоточиваются в отсеках с температурой, соответствующей оптимальным значениям (зона ОИТ). Характерным моментом является высокая двигательная и поисковая активность в первые часы опыта: у плотвы и щуки в диапазоне значений температуры, различающихся на 1–2 °С, у карпа – на 8–9 °С. Значения ОИТ выявлены у карпа на 3–6-е сутки опыта, у плотвы – на 3–7-е, у окуня – на 6–10-е, у щуки – на 4–10-е. Максимальный уровень ОИТ отмечен у карпа, несколько более низкий у окуня и щуки, минимальный – у плотвы (табл.). Ранее было установлено, что значения ОИТ у молоди серебряного карася *Carassius auratus* (L.) и синца *Abramis ballerus* (L.) в летний сезон составляли 27–29 °С, у молоди леща *Abramis brama* (L.) и радужной форели *Salmo (Oncorhynchus) mykiss* Walbaum – 27 и 13–17 °С соответственно [Лапкин и др., 1990; Голова-

нов, Валтонен, 2000; Смирнов, Голованов, 2004, 2005; Голованов, 2009]. Как и ожидалось, самый высокий уровень ОИТ характерен для сеголетков карпа, наиболее теплолюбивого и термоустойчивого из исследованных видов. Минимальный уровень отмечен для молоди радужной форели, представителя холодолюбивых видов рыб [Голованов, Валтонен, 2000]. В более ранних экспериментах уровень ОИТ у сеголетков плотвы был несколько выше 26 °С [Голованов и др., 1997; Лапкин и др., 1981], что может быть обусловлено возрастными различиями или разным физиологическим состоянием рыб.

Температурные характеристики молоди некоторых видов рыб

Вид	ОИТ, °С	ХЛМ, °С	КТМ, °С	ЛТ, °С
Карп	$30,9 \pm 0,5^{а}$	$41,3 \pm 0,1^{а}$	$35,6 \pm 0,1^{а}$	$36,5 \pm 0,2^{а}$
Плотва	$24,0 \pm 0,3^{б}$	$34,4 \pm 0,3^{б}$	$32,0 \pm 0,3^{б}$	$32,6 \pm 0,3^{б}$
Окунь	$26,4 \pm 0,3^{в}$	$33,5 \pm 0,5^{б}$	$32,0 \pm 0,1^{б}$	$33,2 \pm 0,2^{б}$
Щука	$24,3 \pm 0,3^{б}$	$34,0 \pm 0,4^{б}$	$33,6 \pm 0,1^{в}$	$35,2 \pm 0,2^{в}$

Примечание. Приведены средние значения показателей и их ошибки (M ± m); разные надстрочные индексы указывают на статистически достоверные различия между показателями в каждом столбце (ANOVA, LSD-test), $P < 0,05$.

Необходимо отметить высокую степень корреляции уровня ОИТ и значений температуры, оптимальных для роста рыб [Hokanson, 1977; Beitinger, Fitzpatrick, 1979; Jobling, 1981; Голованов, 2009]. Коэффициент корреляции между этими показателями, полученный на основании данных по 49 видам рыб, составил 0,937 [Jobling, 1981]. Существование такой зависимости позволяет использовать значение ОИТ для оценки температурного оптимума жизнедеятельности рыб. Следует отметить, что наиболее высокие значения оптимальной температуры роста и питания отмечены у молоди пресноводных видов рыб, у более взрослых неполовозрелых и половозрелых особей эти значения несколько ниже [Голованов и др., 1997].

Значения летальной температуры, как правило, на 6–10 °С выше значений ОИТ (табл.). Наиболее высокие значения летальной температуры получены при медленной (менее 1 °С/ч) скорости нагрева воды: значения ХЛМ у карпа составили 41,3 °С, у других исследованных видов – 33,5–34,4 °С. При скорости нагрева воды 8–10 °С/ч уровень КТМ у исследованных видов рыб варьирует от 32,0 до 35,6 °С: максимальные значения отмечены у карпа, минимальные – у плотвы и окуня. Полученные данные хорошо согласуются с результатами более ранней работы по определению уровня КТМ у тех же видов рыб [Смирнов, Голованов, 2005].

Значения ЛТ превышают КТМ на 0,6–1,6 °С, в большей мере у щуки, чем у плотвы. Более высокие значения ЛТ, определенные методом ХЛМ, связаны с процессом постепенной температурной акклимации рыб в течение эксперимента. Повышенная скорость нагрева в течение 1,5–1,8 ч не позволяет рыбам в достаточной мере адаптироваться к меняющимся условиям среды, поэтому значения КТМ и ЛТ у одного и того же вида рыб ниже, чем ХЛМ. У серебряного карася, который наряду с карпом является представителем наиболее теплолюбивых видов, при акклимации к температуре 21 °С и скорости нагрева 10 °С/ч значение КТМ равнялось 36 °С, а ЛТ – 37 °С [Смирнов, Голованов, 2004, 2005]. Данные по молоди леща для аналогичной скорости нагрева воды в летний сезон отсутствуют, однако показатели КТМ у сеголетков леща при акклимации к температуре воды 12 °С в осенний сезон и скорости нагрева 10 °С/ч составили 27,7 °С, а у леща при скорости нагрева 5 °С/ч в летний сезон – 34,3 °С [Лапкин и др., 1990; Смирнов, Голованов, 2005]. Минимальные показатели КТМ и ЛТ – 30,5 и 31,0 °С характерны для холодолюбивой радужной форели [Голованов, Валтонен, 2000].

Адаптационные возможности рыб, обитающих в водоемах умеренных широт России, ограничены диапазоном температуры от 0 до 43,5 °С. При этом границы верхней летальной температуры расположены, как правило, выше на 5–15 °С температурной зоны эколого-физиологического оптимума. У молоди рыб (сеголетки, годовики) значения оптимальной и летальной температуры выше, чем у половозрелых особей. Таким образом, возможный диапазон обитания у молоди рыб достигает максимальной ширины, сужаясь в последующие периоды развития [Голованов и др., 1997; Голованов, 2009].

Определение оптимальных и пессимальных значений температуры у разных видов позволяет прогнозировать поведение и распределение рыб в естественных водоемах как в норме, так и в случае аномально высоких значений температуры, особенно в зонах сброса подогретых вод ГРЭС, АЭС и крупных промышленных предприятий. Эти показатели могут применяться для разработки нормативов допустимого температурного воздействия на молодь рыб, при акклиматизации различных видов, а также при прогнозировании поведения и распределения молоди рыб в условиях аномально высокой температуры в летний период года.

Выводы

В экспериментальных условиях термоградиента показано, что уровень ОИТ у молоди рыб, акклимированных в летний период к температуре 20 °С, варьирует от 30,9 °С у карпа до 24 °С у плотвы и щуки, значения этого показателя у окуня составляют 26,4 °С. Наибольшие значения КТМ и ЛТ у исследованных видов при летней температуре акклимации показали особи карпа – 35,6 и 36,5 °С. Значения КТМ у плотвы и окуня оказались идентичными (32,0 °С), значения ЛТ (32,6 и 33,2 °С) также достоверно не различались. Наиболее высокие значения ЛТ у исследованных видов рыб отмечены при низкой (1 °С/ч) скорости нагрева: значения ХЛМ составили 41,3 °С у карпа и 33,5–34,4 °С у остальных видов. Выявленные видовые различия показателей ОИТ и ВЛТ обусловлены температурными предпочтениями изученных видов рыб и позволяют прогнозировать их распределение и поведение в естественных условиях и зонах термального загрязнения.

Исследование выполнено при поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» и Программы Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-719. 2012.4.

Литература

Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 384 с.

Голованов В. К. Температурные критерии для пресноводных рыб Северо-Запада России // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Материалы XXVIII Междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 окт. 2009 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. С. 148–153.

Голованов В. К., Валтонен Т. Изменчивость термоадаптационных свойств радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walbaum в онтогенезе // Биология внутр. вод. 2000. № 2. С. 106–115.

Голованов В. К., Смирнов В. К. Влияние скорости нагрева на термоустойчивость карпа *Cyprinus carpio* в различные сезоны года // Вопр. ихтиол. 2007. Т. 47, № 4. С. 555–561.

Голованов В. К., Свирский А. М., Извеков Е. И. Температурные требования рыб Рыбинского водохранилища и их реализация в естественных условиях // Современное состояние рыбных запасов Рыбинского водохранилища. Ярославль: ЯрГТУ, 1997. С. 92–123.

Лапкин В. В., Свирский А. М., Голованов В. К. Возрастная динамика избираемых и летальных температур рыб // Зоол. журн. 1981. Т. 40, № 12. С. 1792–1801.

Лапкин В. В., Голованов В. К., Свирский А. М., Соколов В. А. Термоадаптационные характеристики леща *Abramis brama* (L.) Рыбинского водохранилища // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск, 1990. С. 37–85.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.

Озернюк Н. Д. Температурные адаптации. М.: МГУ, 2000. 205 с.

Смирнов А. К., Голованов В. К. Влияние различных факторов на термоустойчивость серебряного карася *Carassius auratus* L. // Биология внутр. вод. 2004. № 3. С. 103–109.

Смирнов А. К., Голованов В. К. Сезонная динамика верхних летальных температур у молоди карповых и окуневых видов рыб // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Материалы IV (XXVII) Междунар. конф. Ч. 2. (Вологда, 5–10 дек. 2005 г.). Вологда, 2005. С. 145–148.

Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. Кн. 1. М.: Мир, 1982. 416 с.

Becker C. D., Genoway R. G. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish // Environ. Biol. Fish. 1979. Vol. 4, N 3. P. 245–256.

Beitinger T. L., Fitzpatrick L. C. Physiological and ecological correlates of preferred temperature in fish // Thermoregulation in ectotherms. Symp. Richmond. 1978. Amer. Zool. 1979. Vol. 19, N 1. P. 319–329.

Beitinger T. L., Bennet W. A., McCauley R. W. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature // Environ. Biol. Fish. 2000. Vol. 58, N 3. P. 237–275.

Cherry D. S., Cairns J. Jr. Biological monitoring. Part V. Preference and avoidance studies // Water Res. 1982. Vol. 16, N 3. P. 263–301.

Golovanov V. K. The ecological and evolutionary aspects of thermoregulation behavior of fish // J. Ichthyology. 2006. Vol. 46, Suppl. 2. P. S180–S187.

Hokanson K. E. F. Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle // J. Fish. Res. Bd. Can. 1977. Vol. 34, N 10. P. 1524–1550.

Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperature // J. Fish. Biol. 1981. Vol. 19, N 4. P. 439–455.

Sokal R. R., Rolf F. J. Biometry. The principals and practice of statistics in biological research. N. Y.: W. H. Freeman and Co., 1995. 887 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Голованов Владимир Константинович
ведущий научный сотрудник
ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН
Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, 152742
эл. почта: vkgolovan@mail.ru
тел.: (8485) 4724484

Смирнов Алексей Константинович
старший научный сотрудник
ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН
Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, 152742
эл. почта: smirnov_alkonst@mail.ru
тел.: (8485) 4724893

Капшай Дмитрий Сергеевич
аспирант
ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН
Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия, 152742
эл. почта: kapshay@ ibiw.yaroslavl.ru
тел.: (8485) 4724588

Golovanov, Vladimir
Papanin Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Region, Russia
e-mail: vkgolovan@mail.ru
tel.: (8485) 4724484

Smirnov, Aleksey
Papanin Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Region, Russia
e-mail: smirnov_alkonst@mail.ru
tel.: (8485) 4724893

Kapshaj, Dmitry
Papanin Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Region, Russia
e-mail: kapshay@ ibiw.yaroslavl.ru
tel.: (8485) 4724588

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 76–83

УДК 591.1: 574.2

ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА ОРГАНИЗМ ГРЫЗУНОВ В ПОДОСТРОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. В. Елифанов[1], С. Н. Гашев[1], Т. И. Моисеенко[2]

[1] *Тюменский государственный университет*
[2] *Институт геохимии и аналитической химии РАН им. В. И. Вернадского*

Показано, что сырая нефть вызывает неспецифическую реакцию организма мелких млекопитающих на загрязнение, являющееся стрессовым фактором для животных. Отмечается повышение интенсивности метаболизма, напряженности энергетического обмена, нарушения процессов кроветворения, усиление миграции лимфоцитов в кровоток, увеличение доли пикноморфных клеток в различных тканях, свидетельствующие о прямом токсическом действии нефти и общем нарастании стрессовой ситуации. Установлено, что адаптация развивается специфично у разных видов млекопитающих и у разных поло-возрастных групп одного вида, в ней активное участие принимает гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система.

Ключевые слова: загрязнение, сырая нефть, млекопитающие, грызуны, токсикология, патофизиология.

A. V. Elifanov, S. N. Gashev, T. I. Moiseenko. INFLUENCE OF CRUDE OIL ON THE ORGANISM OF RODENTS IN A SUBACUTE EXPERIMENT

It is shown that crude oil induces a nonspecific response of the organism of small mammals to the pollution, which is a stress-factor for the animals. Metabolism, including the energy metabolism, intensifies, hematopoiesis processes are affected, lymphocytes migration to the bloodstream increases, and the proportion of pycnomorphic cells in different tissues grows, indicating a direct toxic effect of oil, and overall escalation of the stressful situation. Adaptation was found to have specific features depending on the species, and on sex and age within a species. The hypothalamic-pituitary-adrenal system plays an important part in the process of adaptation.

Key words: pollution, crude oil, mammals, rodents, toxicology, pathophysiology.

Введение

Увеличивающаяся в мире потребность в углеводородном сырье приводит к экстенсивному увеличению нефтедобычи в регионах и странах. Западная Сибирь прочно удерживает первенство среди российских регионов по добыче нефти и газа. В этом регионе сосредоточено более 6 % мировой добычи нефти. Намечено резкое расширение работ по разведке нефти и газа на шельфе дальневосточной и Арктической части России. Места разведки, добычи и переработки, газопроводы и нефтепроводы часто являются источниками нефтяного загрязнения наземных и водных экосистем.

Достаточно много обзорных работ посвящено токсичному влиянию сырой нефти на водные организмы, особенно морские [Ottway, 1971; Черкашин, 2005 и др.]. Значительно меньше известно о влиянии разливов нефти на сухопутных млекопитающих, чем на птиц и водные организмы. О физиологическом действии различных компонентов нефти и нефтепродуктов в лабораторных условиях на организм мелких млекопитающих имеются сообщения уже с конца XIX в. [Кулябко, Овсянникова, 1899]. К настоящему времени известно, что парафиновые углеводороды вызывают наркоз и судороги; ароматические и нафтеновые – действуют на кровь и кроветворные органы. При хроническом действии летучих фракций бессернистой нефти отмечаются функциональные изменения центральной нервной системы, низкое кровяное давление, замедление пульса, а также признаки поражения печени, наличие холестерина в крови, повышенная склонность к заболеваниям. При действии многосернистой нефти отмечается некоторая заторможенность, ослабляется обоняние, нарушается функция печени, щитовидной железы, поражаются слизистые оболочки, появляется хронический конъюнктивит, нарушается нормальный ход эмбриогенеза [Панов и др., 1986; Черкашин, 2005; Draft Toxicological Intake Values..., 2010 и др.]. Достаточно хорошо изучены токсичные и канцерогенные свойства нефтяных углеводородов [Coomes, Hazer, 1984; Holland, Frome, 1984; Lewis et al., 1984; Rahimtula et al., 1984; Канцерогенные вещества, 1987; CCME, 2008 и др.]. Имеются также сведения о мутагенности некоторых из них [Conaway et al., 1984].

Отдельные исследования проведены по бензо(а)пирену [Rosmarie, 1994]. Известны работы о влиянии тяжелых фракций нефти на репродуктивную систему млекопитающих [Nishimoto et al., 2008, 2009]. Пристальному изучению ранее подвергались и нафтеновые кислоты, входящие в состав нефтей [Абдуллаев, Бейбутова, 1965; Караев, 1965; Сабирова, Маньковская, 1966]. В литературе можно найти и методические работы, посвященные интерпретации загрязнения нефтяными углеводородами тканей диких животных [Hall Russel, Coon Nancy, 1988]. Сводной публикацией о токсичности отдельных компонентов сырых нефтей на млекопитающих, а также руководством к подобным исследованиям является «Guidance on the application of Globally Harmonized System (GHS) criteria to petroleum substances» [2010]. Комплексные исследования токсического влияния сырых нефтей разного состава на кроликов и крыс проведены Американским нефтяным институтом [Test plan crude oil category, 2003]. Интересны и более ранние экспериментальные работы по изучению биохимических особенностей грызунов при воздействии сырой нефти [Ayalogu et al., 2001]. Несомненный интерес представляет одна из немногих в России работа В. М. Шапошникова и др. [1980], в которой приводятся результаты лабораторных экспериментов над мышами, подвергающимися действию сырой нефти.

Однако очень мало работ посвящено изучению вопроса комплексного действия сырой нефти в целом на организм животного, притом что в реальных условиях мы чаще всего имеем дело именно с таким интегрированным действием. В этой связи является важным понимание механизмов развития патофизиологических процессов у млекопитающих, развивающихся под влиянием сырой нефти.

Мелкие млекопитающие являются модельной группой организмов в экологических исследованиях как важные элементы водных и околоводных экосистем, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к видам-индикаторам (высокая численность, быстрая смена поколений и т. д.). В этом плане использование мелких млекопитающих имеет большое значение в биотестировании для экспериментального выявления ответных реакций организма на отдельные поллютанты (например, сырую нефть) при определении качества среды в экологическом мониторинге [Test plan crude oil category, 2010; Моисеенко и др., 2010 и др.].

Целью нашей работы являлось определение эффектов сырой нефти на морфофизиологические, гистологические и цитологические показатели грызунов, получавших ее с пищей и водой в условиях лабораторного эксперимента.

Материал и методы

Исследование сырой нефти на мелких млекопитающих в лабораторных условиях (подострый эксперимент) проведено в соответствии с «Международными рекомендациями...» [1993].

В качестве модельных животных использовались беспородные белые мыши (*Mus musculus* var alb.) в возрасте 2,5 мес. со средней массой тела 20 г и крысы (*Rattus norvegicus* var alb.) в возрасте 3 мес. со средней массой тела 200 г.

В диете белых мышей в течение двух месяцев использовали нефть Южно-Балыкского месторождения (среднелегкая, вязкая, сернистая, смоло-асфальтеновая). В диету опытных белых крыс входила сырая нефть Северо-Хохряковского месторождения (легкая, маловяз-

кая, малосернистая, парафиновая, с небольшим содержанием ароматических и наиболее токсичных моноциклических углеводородов). Оба месторождения нефти расположены в среднетаежной зоне Западной Сибири на территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

Контрольная группа животных (16 беспородных белых мышей и 10 беспородных белых крыс) получала те же корма, в тех же количествах и пропорциях, но без добавления нефти.

В ходе эксперимента в пищевой рацион подопытных групп животных (16 белых мышей и 18 белых крыс) систематически – через двое суток на третьи – добавлялась сырая нефть [Гашев и др., 1994]. Корм перемешивался нефтью в весовом соотношении 1 : 0,01 – концентрация нефти около 1 %, в питьевой воде создавалась концентрация нефти 0,001 %. Таким образом, с учетом суточного рациона мыши получали сырую нефть в дозировке 3,5 г/кг/день, крысы – 5,85 г/кг/день.

Животные содержались в терморегулируемых металлических шкафах (объемом по 1,5 $м^3$) с подсветкой и пассивной вентиляцией при нормальных условиях в количестве, указанном выше для контрольных и экспериментальных групп разных видов, при равном соотношении полов в каждой группе. Эксперимент продолжался 60 дней. В ходе эксперимента отмечались выживаемость животных (доля оставшихся в живых от исходного числа), размножение и особенности поведения в обеих группах, в том числе поедаемость корма. Размножающиеся самки с приплодом оставлялись в общем гнезде. По завершении опытов все выжившие животные были забиты и подвергнуты детальному морфофизиологическому, гистологическому и цитогенетическому обследованиям по принятым методикам [Шварц и др., 1968; Кононский, 1976; Дарлингтон, Ла Кур, 1980 и др.].

В соответствии с методом морфофизиологических индикаторов использованы как показатель относительной массы тела (отношение массы тела к кубу его длины), так и индексы основных органов грызунов (сердце, печень, почки, надпочечники, селезенка). Из гематологических показателей измерялось количество гемоглобина в крови грызунов. Гистологические исследования проведены согласно общепринятым методам [Bucke, 1994]. Изучение цитогенетических особенностей проводили с помощью пикнотического теста: учитывали все типы дегенерации ядра, связанные с отставанием хроматиновой сети или отдельных ее составляющих от ядерной оболочки и слипанием ее в гомогенную массу.

Результаты и обсуждение

В контрольной группе мышей, содержащихся смешанными группами, отмечены 3 приплода новорожденных (по 3, 4 и 7 зверьков в каждой). Среди забитых зверьков в конце эксперимента 50 % контрольных самок были беременны (общее количество эмбрионов 17). В группе мышей, получавшей в пищевом рационе нефть, репродуктивные процессы полностью отсутствовали. Гибель животных в контрольной группе (без учета родившихся в ходе эксперимента) составила всего 12,5, в подопытной – 37,5 %.

Среди белых крыс размножение не отмечалось ни в опытном, ни в контрольном варианте. Гибель животных к концу эксперимента у опытных белых крыс составила 22,2 %, а у контрольных отсутствовала.

Поведение и динамика смертности. Динамика смертности у обоих видов грызунов, получавших в рационе сырую нефть, свидетельствует о прямой зависимости смертности от экспозиции при нефтяной диете, при этом зависимость носит нелинейный характер: при данных концентрациях нефти гибель не отмечается в течение первого месяца, но к концу второго резко нарастает. После месячного введения сырой нефти белым мышам отмечаются и достоверные различия с контролем по ряду биохимических показателей [Ayalogu et al., 2001].

При этом нужно отметить, что мыши демонстрируют более высокую смертность, даже получая с пищей нефть с меньшим содержанием токсичных веществ, по сравнению с крысами.

Отмечены и существенные отличия в поведении животных, получающих нефть, по сравнению с контрольными (в условиях «открытого поля»): они характеризовались меньшей подвижностью, вялостью; как правило, слабее контактировали с другими особями, не делали попыток скрыться от наблюдателя. Если в контроле зверьки при воздействии низких температур собирались в одно гнездо, то экспериментальные животные такой реакции не проявляли – находились по одной, реже по две особи в гнезде.

При внешнем осмотре экспериментальных зверьков были отмечены существенные морфологические отличия их от зверьков контрольной группы. Шерстный покров стал более редким: сквозь него просматривается кожа, остевые волосы частично слипались, общий тон окраски стал более темным, несмотря на то что животные постоянно чистили шерсть. У половины зверьков по всему телу образова-

лись опухоли и язвы диаметром до 10 мм, у 30 % зверьков отмечен некроз тканей кончика хвоста.

Индексы внутренних органов и гистопатология. При сравнении морфофизиологических показателей белых мышей, получавших в пищевом рационе сырую нефть (время экспозиции 2 мес.), и контрольных отмечены достоверные различия по большинству рассматриваемых признаков как у самцов, так и у самок (табл. 1).

Имеет место увеличение индексов сердца, печени, почки, селезенки, тенденция к увеличению индекса надпочечника, достоверное снижение уровня гемоглобина в крови у экспериментальных животных по сравнению с контрольными. Отдельные животные страдали от изъязвления кишечного эпителия. Все это, учитывая различия в задаваемых уровнях загрязнения пищи нефтью и демографической характеристике экспериментальной группы животных, вполне согласуется с данными, полученными в ходе лабораторных экспериментов, других авторов [Шапошников и др., 1980]. Необходимо отметить, что самки продемонстрировали большую чувствительность к нефти, чем самцы.

Печень. Гистологическое исследование печени белых мышей показало, что у 20 % подопытных животных наблюдаются цирротические изменения в тканях печени, в некоторых случаях на печени отмечены язвы и участки с нетипичной окраской зеленого цвета.

При микроскопическом изучении были обнаружены изменения как в объеме ядер, так и в размерах гепатоцитов: средний объем ядер в опыте составил 139 915 ± 28 007,1 мкм^3, или 156 % от контроля (89 475 ± 26 053,7 мкм^3), среднее количество гепатоцитов на тестовую площадку – 56 % от контроля; все различия достоверны при $P < 0,01$. Сходные результаты были получены и для белых крыс после двухмесячной диеты с добавлением сырой нефти: средний объем ядер гепатоцитов – 107 479 ± 586,5 мкм^3, или 158 % от контроля (67 758,9 ± 514,8 мкм^3), а среднее количество клеток на тестовую площадку – 59 % от контрольного уровня. Наблюдаемое явление при действии различных ядов и компонентов нефти отмечается и другими авторами [Вермель, 1935; Хесин, 1967; Ayalogu et al., 2001 и др.] и свидетельствует об увеличении функциональной активности гепатоцитов. Об этом же может говорить и увеличение индекса печени в опыте, так как индукция микросомальных монооксидаз часто сопровождается образованием новых гладких мембран эндоплазматического ретикулума и увеличением массы печени [Meldolesi, 1967; Schulte-Hermann et al., 1968; Böhn, Moser, 1976].

Почки. Кормление белых крыс пищей, слабо загрязненной нефтью, вызывало увеличение массы почки в 1,8 раза, при этом увеличивались площади сечений проксимальных (в 1,67 раза) и дистальных (в 1,7 раза) канальцев нефрона. Просвет почечного тельца у опытных зверьков становился мало различимым из-за переполнения петель капилляров форменными элементами крови. В прямых отделах нефрона наблюдалось набухание клеток. Просвет канальцев был плохо виден из-за размытой щеточной каемки. Ядра клеток увеличивались: у контрольных животных их объем составлял 635 503 ± 1,2, у подопытных – 741 231 ± 2,1 мкм^3. Все это может свидетельствовать о неспецифической реакции органа на увеличение функциональной нагрузки на него при отсутствии признаков острого токсического воздействия.

Надпочечники. Отмечено достоверное увеличение массы надпочечников экспериментальных белых крыс по сравнению с контролем (16,7 ± 0,2 и 14,3 ± 0,3 мг соответственно). Об этой реакции животных при неблагоприятных воздействиях в условиях стресса сообщают многие исследователи (Коврижко, Олейник,

Таблица 1. Влияние сырой нефти на некоторые морфофизиологические показатели белых мышей после двухмесячной экспозиции в эксперименте (M ± m)

Показатель	Самцы		Самки	
	Опыт (5)	Контроль (4)	Опыт (5)	Контроль (6)
Относительная масса тела, г/см^3	0,34 ± 0,004	0,33 ± 0,005	0,34 ± 0,005	0,35 ± 0,011
Индекс сердца, ‰	7,5 ± 0,5	5,7 ± 0,4*	8,2 ± 0,5	5,9 ± 0,5**
Индекс печени, ‰	88,0 ± 6,4	76,0 ± 11,6	107,0 ± 13,8	65,0 ± 4,1*
Индекс почки, ‰	10,0 ± 0,7	8,9 ± 1,1	10,3 ± 0,8	6,7 ± 0,5**
Индекс надпочечника, ‰	0,46 ± 0,20	0,23 ± 0,02	0,58 ± 0,23	0,28 ± 0,04
Индекс селезенки, ‰	19,6 ± 5,2	13,9 ± 4,0	16,0 ± 3,4	7,6 ± 1,1*
Кол-во гемоглобина, г/л	92,7 ± 3,7	123,0 ± 9,7*	78,7 ± 7,0	100,7 ± 6,7*

Примечание. В скобках – n. Здесь и в табл. 2, 3: различия между опытом и контролем достоверны: * – при $P < 0,05$; ** – при $P < 0,01$; *** – при $P < 0,001$.

1984; Кириллов, 1994 и др.). Однако в наших экспериментах таких проявлений сильного стресса, как кровоизлияния, деструкция клеток, истончение стенок сосудов и др., замечено не было, но происходили изменения таких морфометрических показателей, как площадь сечения ядер, ширина зон надпочечника, доля расширенных капилляров, ядерно-плазматическое отношение и митотический индекс, косвенно свидетельствующих об активизации функций надпочечника и роли его гормонов в адаптации организма к условиям стресса.

Иммунная и кроветворная системы. Нефтяное загрязнение пищи даже в течение 60 дней вызывает у белых крыс существенные изменения морфологии лимфатических фолликулов селезенки: отмечено достоверное снижение содержания лимфоидных клеток на тестовую поверхность во всех исследуемых зонах белой пульпы. В периартериальной тимусзависимой зоне количество лимфоидных клеток на 21,3 % ниже, чем в контроле, в тимуснезависимой мантийной они составили 62,9 %, в маргинальной зоне опустошение достигло 18,2 % по сравнению с контролем. Опустошение лимфатических фолликулов происходит, по мнению Г. Н. Крыжановского [1985], за счет усиленной миграции Т- и В-лимфоцитов, осуществляющих роль «срочной помощи» в поддержании тканевого гомеостаза и в элиминации поврежденных или перерожденных клеток. Эти клетки играют существенную роль в регенерации тканей. Речь идет о трофической и пластической стимуляциях регенерирующих паренхиматозных клеток, о передаче им лимфоцитами дополнительного или необходимого пластического материала в виде нуклеиновых кислот и белков в условиях стресса.

В ходе эксперимента у животных наблюдали нарушения процессов кроветворения. У белых крыс, находившихся на нефтяной диете один месяц, снижалось количество эритроцитов в периферической крови до $5,98 \pm 0,30 \times 10^{12}$ клеток/л с $8,26 \pm 0,16 \times 10^{12}$ клеток/л у интактных животных, при этом концентрация гемоглобина в крови снижалась до $103,17 \pm 2,4$ с контрольного уровня $134,83 \pm 1,9$ г/л, что составило 76,5 %. Сходные результаты получены для белых мышей при двухмесячной экспозиции. К концу 60-дневной экспозиции у белых крыс имел место ретикулоцитоз ($100,59 \pm 1,04$ ‰ ретикулоцитов по отношению к количеству эритроцитов в периферической крови при $43,38 \pm 0,86$ ‰ в контроле), свидетельствующий о значительном повышении реактивности последних этапов кроветворного процесса. При оценке состояния костномозгового кроветворения были выявлены следующие особенности: количество проэритробластов составляло 77,3 % от контроля, базофильных и полихроматофильных эритробластов, полихроматофильных и оксифильных нормобластов соответственно 83,9, 89,1, 106,5 и 22,0 % от контроля (различия достоверны).

Полученные результаты демонстрируют наличие активной реакции системы эритрона костного мозга на нефтяное загрязнение, свидетельствуют об ингибирующем влиянии нефти на пролиферирующие кроветворные клетки, о повышении реактивности последних стадий кроветворения, о быстром переходе клеток последней генерации миелокариоцитов (оксифильных нормобластов) в ретикулоцитарный ряд.

Как у контрольных, так и у подопытных белых мышей отмечено неравномерное распределение Гомори-положительного нейросекреторного материала по заднему нейрогипофизу с концентрацией его вокруг капилляров. Однако у подобных животных эта концентрация выражена более отчетливо, и содержание нейросекреторного материала в заднем нейрогипофизе ниже (2 балла по 5-балльной шкале), чем в контроле (4 балла). Капилляры заднего нейрогипофиза у подопытных животных большей частью расширены и содержат форменные элементы крови [Елифанов и др., 1991]. Снижение содержания Гомори-положительного нейросекреторного материала в срединном возвышении и задней доле гипофиза отмечено, в частности, Е. Г. Берлингером с соавторами [1991] при свинцовой интоксикации. Все это позволяет предположить, что в процессе адаптации организма к условиям продолжительного нефтяного загрязнения слабой степени гипоталамические нонапептиды, выделяющиеся из заднего нейрогипофиза в общий кровоток, играют значительную роль.

Генотоксические эффекты. Особый интерес представляют данные о генотоксическом действии сырой нефти, оцененные пикнотическим тестом. О повышении доли пикнозов под действием некоторых неспецифических факторов сообщают Ж. Браше (1969), А. И. Атабекова и Е. И. Устинова [1987]. В настоящее время пикнотическим (микроядерным) тестом активно пользуются для выявления генотоксических агентов [Пшеничнов, 1991; Liu Yongchang et al., 1991 и др.]. В наших экспериментах использовался пикнотический индекс клеток кишечного эпителия и печени беспородных белых крыс. В обоих случаях отмечено достоверное увеличение количества пикноморфных клеток и их доли у животных, получавших в рационе сырую нефть на протяжении одного месяца (табл. 2 и 3).

Таблица 2. Пикнотические индексы клеток кишечного эпителия белых крыс, получавших с пищей сырую нефть, и в контроле

Показатель	Контроль	Опыт (самцы)	Опыт (самки)
Общее количество проб, шт.	23	40	41
Общее число тестированных клеток, шт.	7900	13500	10911
Пикнотический индекс, %	2,3 ± 0,17	3,5 ± 0,20***	5,6 ± 0,36***
Коэффициент вариации пикнотического индекса, %	34,7	35,4	41,5

Примечание. Здесь и в табл. 3: для пикнотического индекса приводится M ± m.

Таблица 3. Пикнотические индексы клеток печени белых крыс, получавших с пищей сырую нефть, и в контроле

Показатель	Контроль	Опыт (самцы)	Опыт (самки)
Общее количество проб, шт.	46	37	87
Общее число тестированных клеток, шт.	3832	3364	7202
Пикнотический индекс, %	9,0 ± 0,73	14,1 ± 0,86***	17,8 ± 0,60***
Коэффициент вариации пикнотического индекса, %	54,5	36,9*	31,4***

При этом самки демонстрируют большую чувствительность к нефтяному загрязнению, чем самцы, как и в случае с морфофизиологическими показателями беспородных белых мышей, получавших нефть в диете в течение двух месяцев.

Учитывая самостоятельное индикационное значение показателей варьирования отдельных параметров, показанное многими авторами, интересно отметить, что, анализируя величины индекса надпочечника у самок опытной и контрольной групп белых мышей, мы не обнаружили достоверных различий, однако по характеру варьирования этого признака самки из опытной серии существенно отличаются от контрольных: коэффициенты вариации соответственно равны 87,4 ± 27,6 и 33,9 ± 9,8 (различия по t-критерию Стьюдента и F-критерию Фишера достоверны соответственно при $P < 0,05$ и $P < 0,01$). Принимая во внимание тот факт, что в опытной серии не было беременных самок, для которых характерно естественное повышение индекса надпочечника в этот период (а в контроле они составляли 50 %), можно утверждать, что большая вариабельность этого показателя в опыте целиком связана именно со стрессом, вызванным нефтяным загрязнением.

Понятным является и снижение при нефтяной диете коэффициента вариации пикнотического индекса клеток печени белых мышей, наименьшего у самок, несущих наибольшую физиологическую и функциональную нагрузки, при тенденции к повышению его в клетках кишечного эпителия, играющего роль своеобразного «расходного материала».

Существенный момент при решении вопроса о разнородности отдельных групп животных – изучение корреляций разных частей организма в процессе увеличения размеров особей – так называемый аллометрический рост. В ходе наших исследований по зависимости веса надпочечников от веса тела для самок опытной и контрольной групп были построены аллометрические уравнения [Елифанов и др., 1996], которые позволили отметить разнонаправленный характер корреляций в том и другом случае: опыт: $Y = 506,6X^{-0,440}$, контроль: $Y = 0,003X^{0,737}$.

Показательным является и характер распределения величин того или иного признака, степень отклонения распределения от нормального закона. В качестве примера можно привести характер распределения относительного веса тела самок контрольной и опытной групп (практически не отличающихся по средним величинам): если в первом случае это распределение не отличается от нормального, то во втором имеет место отрицательный эксцесс ($Ex = -1,3 \pm 0,75$ при $t_{Ex} = -1,73$), характеризующий плосковершинное распределение. Биологический смысл этого феномена может быть связан с наличием возмущающего фактора, не являющегося по своей величине лимитирующим для данного показателя (когда преимущественного накопления вариант у модального значения не происходит).

Сравнивая эффект, вызванный экспериментальным воздействием сырой нефти на организм животных в лабораторных условиях, и данные исследований влияния нефтяного загрязнения на морфофизиологические особенности мелких млекопитающих в природных биогеоценозах Среднего Приобья, можно констатировать однотипность реакций, имеющих место в том и другом случае. В. М. Шапошников с соавторами [1980] считают, что однотипная реакция грызунов на нефтепромыслах и в лаборатории указывает на непосредственное влияние нефтяного загрязнения, а изменения, выявленные у животных только в районе нефтепромысла, вызваны сопутствующими нефтедобыче факторами (шум, химические реагенты, изменение уровня грунтовых вод, осветление в результате рубок леса и вываливания деревьев и др.).

Принимая это во внимание, можно предположить, что изменения в морфофизиологии мелких млекопитающих нефтезагрязненных территорий вызваны, в первую очередь, непо-

средственным действием сырой нефти и сопутствующих ей химических веществ.

Заключение

Сырая нефть вызывает неспецифическую реакцию организма мелких млекопитающих на загрязнение, являющееся стрессовым фактором для животных, что согласуется с результатами, полученными ранее в природе на нефтезагрязненных территориях [Гашев, 1992]. В эксперименте у грызунов, содержащихся на нефтяной диете, отмечается повышение интенсивности метаболизма, вызывающее увеличение индексов сердца и почек. Отмечена напряженность энергетического обмена, проявляющаяся в гипертрофии печени, возможно, за счет резервирования гликогена, что характерно для стрессовой ситуации, подтверждающейся увеличением у экспериментальных зверьков индекса надпочечников.

Токсические эффекты подтверждаются одновременным увеличением индекса селезенки и снижением гемоглобина в крови у животных, получающих с пищей и водой сырую нефть. Также отмечены нарушения процессов кроветворения, усиление миграции лимфоцитов в кровоток, увеличение доли пикноморфных клеток в различных тканях, свидетельствующие о прямом токсическом действии сырой нефти.

При употреблении с пищей сырой нефти можно говорить об общем нарастании стрессовости ситуации и об адаптации организма зверьков, специфично протекающих у разных видов грызунов и у разных поло-возрастных групп одного вида. В адаптации к стрессовым ситуациям, создаваемым нефтяным загрязнением, активное участие принимает гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система грызунов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта в рамках Постановления Правительства РФ № 220.

Литература

Абдуллаев М. Д., Бейбутова Т. С. Об антитоксическом действии нефтяного ростового вещества // Нефтяные удобрения и стимуляторы в сельском хозяйстве: Материалы совещания, 22–25 янв. 1963 г. Баку: АН АзССР, 1965. С. 547–549.

Атабекова А. И., Устинова Е. И. Цитология растений. М.: Агропромиздат, 1987. 244 с.

Берлингер Е. Г., Данилова О. А., Чекунова М. П. Влияние свинцовой интоксикации на гипоталамо-гипофизарный нейросекреторный комплекс крыс // Материалы IV Всесоюз. конф. «Эндокринная система организма и вредные факторы окружающей среды». Л., 1991.

Браше Ж. Биохимическая цитология. М., 1960. 516 с.

Вермель Е. М. Величина, размножение и рост клеток // Рост животных. М., 1935. С. 107–163.

Гашев С. Н. Влияние нефтяных разливов на фауну и экологию мелких млекопитающих Среднего Приобья // Экология. 1992. № 2. С. 40–48.

Гашев С. Н., Елифанов А. В., Соловьев В. С., Гашева Н. А. Влияние сырой нефти на морфофункциональное состояние организма беспородных белых мышей и крыс // Бюллетень МОИП. 1994. Т. 99, вып. 6. С. 23–29.

Дарлингтон С. Д., Ла Кур Л. Ф. Хромосомы. Методы работы. М., 1980. 183 с.

Елифанов А. В., Гашев С. Н., Ильюк Е. С. и др. О некоторых механизмах адаптации мелких млекопитающих к нефтяному загрязнению // Научный вестник ТГУ (биология). Тюмень: ТюмГУ, 1996. С. 76–79.

Елифанов А. В., Курочкина О. И., Гашев С. Н. Влияние нефтяного загрязнения на состояние заднего нейрогипофиза белых мышей // Материалы IV Всесоюз. конф. «Эндокринная система организма и вредные факторы окружающей среды». Л., 1991. С. 84.

Канцерогенные вещества: Справочник / Под ред. В. С. Турусова. М.: Медицина, 1987. 334 с.

Караев А. Н. Механизм действия нефтяного ростового вещества на животный организм // Нефтяные удобрения и стимуляторы в сельском хозяйстве: Материалы совещания, 22–25 янв. 1963 г. Баку: АН АзССР, 1965. С. 21–29.

Кириллов О. И. Стрессовая гипертрофия надпочечников. М.: Наука, 1994.

Коврижко Н. М., Олейник Н. К. Функциональная морфология надпочечников при стрессе на фоне введения транквилизаторов // Морфология. Вып. 9. Киев, 1984.

Кононский А. И. Гистохимия. Киев, 1976. 280 с.

Крыжановский Г. Н. Стресс и иммунитет // Вестн. АМН СССР. 1985. № 8. С. 3–12.

Кулябко А. А., Овсянникова Ф. В. О физиологическом действии нефти и ее продуктов // Записки Императорской Академии Наук. 1899. Т. VIII, № 9. С. 1–19.

Международные рекомендации по проведению медико-биологических исследований с использованием животных // Ланималогия. 1993. № 1. С. 29.

Моисеенко Т. И., Гашев С. Н., Петухова Г. А. и др. Биологические методы оценки качества вод. Ч. 2: Биотестирование // Вестник Тюменского гос. ун-та. 2010. № 7. С. 39–50.

Панов Г. Е., Петряшин Л. Ф., Лысяный Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1986. 244 с.

Пшеничнов Р. А. Современные тест-системы выявления мутагенов окружающей среды. Свердловск, 1991.

Сабирова Г. В., Маньковская Н. К. Производство нефтяного ростового вещества. Киев: Техника, 1966.

Хесин Е. Я. Функциональная морфология ядер. М., 1967.

Черкашин С. А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных // Вестник ДВО РАН. 2005. № 3. С. 83–91.

Шапошников В. М., Кирюшкина М. Н., Симонова Г. П., Блинов С. П. Грызуны как возможные индикаторы неф-

тяного загрязнения среды // Грызуны: Материалы 5-го Всесоюз. совещ. М.: Наука, 1980. С. 462–464.

Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск: УФАКН, 1968. 387 с.

Ayalogu O. E., Igboh N. M., Dede E. B. Biochemical Changes in the Serum and Liver of albino rats exposed to Petroleum Samples (gasoline, kerosene, and crude Petroleum) // J. Appl. Sci. Environ. 2001. Vol. 5 (1). P. 97–100.

Böhn N., Moser R. Reversible Hyperplasie und Hypertrophie der Mänseleber unter funktioneller Belastung mit Phenobarbital // Beitr. Pathol. 1976. Bd. 157, N 3.

Bucke D. Histology. Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish. Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1994. P. 69–97.

CCME (Canadian Council of Ministers for the Environment). Canada-wide Standard for Petroleum Hydrocarbons (PHC) in Soil: Scientific Rationale. Supporting Technical Document. Canadian Council of Ministers for the Environment. 2008. 383 p.

Conaway C. C., Schreiner C. A., Cragg S. T. Mutagenicity evaluation of petroleum hydrocarbons // Appl. Toxicol. Petrol. Hydrocarbons. Princeton, N. Y., 1984. P. 89–107.

Coomes R. M., Hazer K. A. Statistical analyses of crude oil and shale oil carcinogenic test data // Ibid. P. 167–186.

Draft Toxicological Intake Values for Priority Contaminants in Soil. Wellington: Ministry for the Environment, 2010. 168 p.

Guidance on the application of Globally Harmonized System (GHS) criteria to petroleum substances. Version 1, 17 June, 2010. 27 p.

Hall Russel J., Coon Nancy C. Interpreting residues of petroleum hydrocarbons in wildlife tissues // US Dep. Inter., Fish and Wildlife Serw. 1988. N 15. P. 1–7.

Holland J. M., Frome E. L. Statistical evaluations in the carcinogenesis bioassay of petroleum hydrocarbons // Appl. Toxicol. Petrol. Hydrocarbons. Princeton, N. Y., 1984. P. 151–166.

Lewis S. C., King R. W., Cragg S. T., Hillman D. W. Skin carcinogenic potential of petroleum hydrocarbons: crude oil, distillate fractions and chemical class subfractions // Ibid. P. 139–150.

Liu Guocheng. How can the complexity result in the stability in ecosystem // J. North-East Forest. Univ. 1991. 19, N 6. P. 9–14.

Meldolesi I. On the significance of the hypertrophy of the smooth endoplasmic reticulum in liver cells after administration of drugs // Biochem. Pharmacol. 1967. Vol. 16. P. 125–129.

Nishimoto S., Yamawaki M., Kitamura S.-I. et al. Risk Assessment of Heavy Oil on Terrestrial Mammals // Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry. Biological Responses to Chemical Pollutants. 2008. P. 269–274.

Nishimoto S., Yamawaki M., Akiyama K. et al. Severe abnormalities in the reproductive organs of mice caused by chemical substances contained in heavy oil // The Journal of Toxicological Sciences. 2009. Vol. 34, N 2. P. 239–244.

Ottway S. M. The comparative toxicity of crude oils // The ecological effects of oil pollution on littoral communities. London: Institute of Petroleum, 1971. P. 172–180.

Rahimtula A. D., O'Brien P. J., Payne J. F. Induction of xenobiotic metabolism in rats in exposure to hydrocarbon-based oils // Appl. Toxicol. Petrol. Hydrocarbons. Princeton, N. Y., 1984. P. 71–79.

Rosmarie A. F. Toxicity summary for benzo[a]pyrene // Oak ridge reservation environmental restoration program. 1994. 10 p.

Schulte-Hermann R., Thom R., Sohlisht I., Kozansky W. Zahl und Ploidiegrad der Zellkerne der Leber unter dem Einfluss körperfremder Stoffe // Naunyn-Schmiedebergs Arch. Pharmacol. Und Experimental. Pathol. 1968. Bd. 261, H. 1.

Test plan crude oil category / High production volume (HPV) chemical challenge program, November 21, 2003 Crude Oil Consortium Registration #1100997.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Елифанов Андрей Васильевич
проректор Тюменского государственного университета,
к. б. н., доцент
Тюменский государственный университет
ул. Семакова, 10, Тюмень, Россия, 625003
эл. почта: andel@newmail.ru

Гашев Сергей Николаевич
зав. каф. зоологии и ихтиологии, д. б. н., профессор
Тюменский государственный университет
ул. Пирогова, 3, Тюмень, Россия, 625043
эл. почта: gsn-61@mail.ru
тел.: (3452) 756249

Моисеенко Татьяна Ивановна
зав. Отделом биогеохимии и экологии, чл.-корр. РАН, д. б. н., профессор
Институт геохимии и аналитической химии РАН
им. В. И. Вернадского
ул. Косыгина, 19, Москва, ГСП-1, Россия,119991
эл. почта: moiseenko.ti@gmail.com

Elifanov, Andrey
Tyumen State University
10 Semakov St., 625003 Tyumen, Russia
e-mail: andel@newmail.ru

Gashev, Sergey
Tyumen State University
3 Pirogov St., 625043 Tyumen, Russia
e-mail: gsn-61@mail.ru
tel.: (3452) 756249

Moiseenko, Tatiana
Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
19 Kosygin St., 119991 Moscow, GSP-1, Russia
e-mail: moiseenko.ti@gmail.com

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 84–90

УДК 582.475: 57.042: 581.5

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. Еркоева, С. Н. Дроздов, Е. С. Холопцева

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Исследовали эколого-физиологические характеристики двухмесячных сеянцев сосны обыкновенной *(Pinus sylvestris* L.) разного географического происхождения на трех уровнях кислотности почвы по влиянию свето-температурных факторов среды на CO_2-обмен растений. Опыты проводили в регулируемых условиях среды, используя активный многофакторный планируемый эксперимент. Показано, что эколого-физиологическая характеристика сеянцев зависит как от их географического происхождения, так и от кислотности почвы. Оптимальные условия фотосинтеза исследуемых экотипов сосны по освещенности расположены в диапазоне 200–570 Вт/м^2, а температурные – от 4 до 30 °С. С продвижением на юг границы светового оптимума смещаются в сторону более низкой освещенности, а нижняя граница температурного – в сторону повышенных значений. При повышении кислотности до pH 4,5 границы свето-температурного оптимума сдвигаются в сторону увеличения интенсивности исследуемых факторов, а при дальнейшем уменьшении pH (до 3,5) – в сторону пониженных значений, независимо от географического происхождения.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, сеянцы, CO_2-обмен интактных растений, свето-температурные характеристики, оптимум и максимум нетто-фотосинтеза, кислотность почвы, географическое происхождение.

A. A. Erkoeva, S. N. Drozdov, E. S. Kholoptseva. EFFECTS OF SOIL ACIDITY ON ECO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SCOTS PINE SEEDLINGS OF DIFFERENT PROVENANCE

Ecological characteristics of whole two-months-old Scots pine seedlings of different provenance were investigated through the study of gaseous CO_2 exchange under different light-temperature conditions at three levels of soil acidity. Investigations were carried out in a pre-planned multi-factor experiment in a controlled environment. It has been established that eco-physiological characteristics depend on both the provenance and soil acidity. The 200–570 W m^{-2} light range and the temperature of 4–30 °C were optimal. As one moved southwards the light range optimal for the net photosynthesis rate shifted towards lower light intensity, whereas the lower limit of the optimal temperature range shifted towards higher values. As the soil acidity increased (pH 4.5) the light-temperature range optimal for net photosynthesis shifted upwards; decrease in pH to 3.5 caused the range to shift towards lower values, irrespective of the provenance.

Key words: *Pinus sylvestris* L., seedlings, gaseous CO_2 exchange in intact plants, light-temperature characteristics, optimum and maximum net photosynthesis, soil pH.

Введение

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) растет в основном на песчаных почвах и заболоченных территориях и обладает способностью успешно развиваться при небольших запасах питательных веществ и влаги. В то же время, наряду со слабой конкурентной способностью с другими древесными породами, она имеет широкий экологический диапазон и благодаря своим многочисленным разновидностям распространена в полосе, идущей от северной Шотландии и Норвегии через всю Евроазиатскую бореальную лесную зону до Тихого океана. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных биологии сосны [Куусела, 1991; Молчанов, 2007], сведения об экофизиологической характеристике ее получены в основном при работе с отдельными частями растений и носят в большинстве экспериментов качественный характер [Цельникер, 1983; Суворова, 2009]. По имеющимся литературным данным, ее всходы очень чувствительны к засухе, но заморозкоустойчивы и светолюбивы [Голомазова, 1981; Куусела, 1991, с. 50–58]. Семена начинают прорастать при температуре 5–6 °С, максимальный рост побегов наблюдается при температуре в зоне корней 12 °С и температуре воздуха не выше 30 °С, интенсивность фотосинтеза снижается при температуре 10 °С и ниже, а световое насыщение достигается при 300–400 Вт/м^2 и зависит от предшествующих условий внешней среды [Голомазова, 1981; Малкина, 1981]. Световой оптимум CO_2-обмена сосны в весенний период находится в пределах 180–760 Вт/м^2, а температурный – от 5,5 до 25,2 °С. В летний период световой оптимум имеет границы 280–640 Вт/м^2, температурный – от 8,2 до 24,0 °С [Болондинский, 2004]. Почвы сосновых лесов в основном характеризуются кислой реакцией, достигающей в нижних слоях лесной подстилки и подзолистом горизонте pH менее 3,5 солевой вытяжки [Морозова, Федорец, 1992]. Имеющиеся литературные данные о влиянии кислотности почвенной среды на хвойные породы немногочисленны и не отражают специфики экотипов [Левкина, 1964; Иванов и др., 1966; Van Dijk, Bienfait, 1993; Jentschke et al., 2001]. В то же время она имеет большое значение, особенно на ранних фазах развития древесных, в связи с расширением масштабов лесовозобновления и необходимостью ускоренного получения качественного посадочного материала. Последнее требует углубленного знания экофизиологической характеристики сеянцев, выращиваемых в защищенном грунте [Жигунов, 2000; Фрейберг и др., 2009]. Многочисленность внешних и внутренних факторов, определяющих рост, развитие и продуктивность растений, обусловливает необходимость системного подхода и выбора интегральных показателей, характеризующих состояние изучаемых систем [Урманцев, 1977; Курец, Попов, 1991, с. 62–75]. Одним из методов получения экофизиологической характеристики растений является определение интенсивности ведущих факторов внешней среды, обеспечивающих достижение оптимального уровня нетто-фотосинтеза [Тооминг, 1977; Суворова, 2009, с. 40–44], т. е. условий фоновой зоны [Дроздов, Курец, 2003, с. 42–52] – границ оптимума произрастания конкретного экотипа. Выбор видимого фотосинтеза как показателя реакции растения на условия внешней среды определяется тем, что он является основополагающим физиологическим процессом, чутко реагирующим на изменения условий среды и хорошо дистанционно контролируемым. Однако даже многократные определения любого физиологического показателя в природных условиях или в однофакторном эксперименте не позволяют прогнозировать динамику процесса из-за влияния на него различных сочетаний факторов среды и не менее сильного их последействия. Даже многолетний планируемый сбор экспериментального материала со строгой регистрацией динамики ведущих факторов внешней среды и их последующим регрессионным анализом не гарантирует количественного определения влияния конкретного фактора на исследуемый биологический процесс из-за возможного отсутствия нужного сочетания интенсивности факторов внешней среды, что в свою очередь сказывается на качестве собранного материала.

Задачей данной работы было изучение влияния кислотности почвы на экофизиологическую характеристику сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения путем определения параметров света и температуры, обеспечивающих достижение потенциального максимума и зоны оптимума их видимого фотосинтеза при естественном содержании в воздухе CO_2.

Материал и методы

Исследования проводили с сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разного географического происхождения (табл. 1). Перед посевом семена помещали на 3 ч в 0,05 %

раствор перманганата калия, затем просушивали до воздушно-сухого состояния в течение суток и высевали в пластиковые сосуды с песком объемом 0,5 л по 20–25 штук. Сеянцы выращивали в факторостатных условиях: фотопериод 14 ч, освещенность 100–120 Вт/м^2, температура окружающей среды 25/20 °С (день/ночь), при трех уровнях pH почвы – 3,5; 4,5 и 6,5. Полив осуществляли питательным раствором Кнопа, дополненным микроэлементами, с заданным pH. Кислотность раствора регулировали путем добавления 10%-й H_2SO_4 в необходимой пропорции.

Таблица 1. Региональное и географическое место сбора семян сосны обыкновенной

№	Регион/место сбора семян	Географические координаты		Природная зона
		с. ш.	в. д.	
1	Мурманская обл./Ковдозеро	66°45'40''	31°33'39''	Лесотундра
2	Карелия/ Юшкозеро	64°44'01''	32°05'53''	Северная тайга
3	Карелия/ Поросозеро	62°43'05''	32°45'37''	Средняя тайга

По достижению сеянцами двухмесячного возраста удаляли нетипичные всходы, оставляя по 10 растений на сосуд. Затем по три сосуда с растениями помещали в установку для исследования CO_2-обмена открытого типа [Курец, 1991, с. 50–55] с газоанализатором Infralyt-IV (Германия), пределы измерения 0–0,01 % объемных, и осветительной системой, со спектром излучения, близким к естественному свету. Далее по восьмиточечному плану второго порядка проводили многофакторный планируемый эксперимент в трехкратной повторности (табл. 2–3). Значения точек плана выбирали на основании литературных данных.

Таблица 2. План двухфакторного эксперимента по изучению влияния света и температуры на CO_2-газообмен сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения [Голикова и др., 1974]

Ступень плана	X_1	X_2
1	–1	–1
2	1	–1
3	–1	1
4	1	1
5	1	0
6	0	1
7	0	0
8	0	–1

Примечание. X_1 (кодированное значение) – освещенность (Вт/м^2), X_2 (кодированное значение) – температура (°С).

Таблица 3. Соотношение кодированных и действительных значений освещенности и температуры

Место сбора семян	Кислотность почвенной среды		I блок			II блок		
			Натуральные уровни кодированных единиц					
			–1	0	1	–1	0	1
Ковдозеро	pH 6,5	T	5	15	25	10	20	30
		E	100	200	300	100	250	500
	pH 4,5	T	5	15	25	10	20	35
		E	100	200	300	100	200	500
	pH 3,5	T	7	20	30	5	15	25
		E	100	250	400	100	250	400
Юшкозеро	pH 6,5	T	5	10	25	8	15	30
		E	100	200	300	100	200	500
	pH 4,5	T	5	15	25	7	15	35
		E	100	200	400	100	200	300
	pH 3,5	T	5	15	25	8	20	35
		E	100	250	450	100	250	450
Поросозеро	pH 6,5	T	5	15	30	9	20	35
		E	10	20	30	10	20	30
	pH 4,5	T	7	20	30	15	25	35
		E	100	200	300	100	250	500
	pH 3,5	T	7	20	30	15	25	35
		E	100	250	400	100	250	400

Примечание. Здесь и в табл. 4: T – температура воздуха (°С), E – освещенность (Вт/м^2).

Интенсивность газообмена определяли при уровне CO_2 в воздухе, близком к естественному, по разности концентраций углекислого газа на входе и выходе воздушного потока установки. Экспозиция ступени плана составляла 40–60 мин, время выполнения одной повторности – 8 ч. Интенсивность газообмена рассчитывали на единицу сухой массы растения.

Результаты и обсуждение

Обработка экспериментальных данных методом множественного регрессионного анализа позволила получить уравнения – модели взаимосвязи видимого фотосинтеза интактных растений сосны обыкновенной с температурой и освещенностью:

$$NP = a_0 + a_1T + a_2E + a_3T^2 + a_4E^2 + a_5TE,$$

где NP – интенсивность нетто-фотосинтеза (мг CO_2/г сухой массы в час); E – освещенность (Вт/м^2); T – температура (°С); a_0–a_5 – коэффициенты, определенные при математической обработке экспериментальных данных.

Статистическая оценка модели показала высокую степень ее адекватности: коэффициент множественной детерминации R^2 = 0,85, множественной корреляции R = 0,89, критерий Фишера F = 5,4, который значительно больше F табличного при уровне значимости a = 0,05.

Анализ модели численными методами показал (табл. 4), что сеянцы сосны по-разному реагировали на кислотность почвенной среды в зависимости от их географического происхождения. Наибольший максимум нетто-фотосинтеза при естественном содержании в воздухе CO_2 имели два более северных образца сосны при pH почвы 4,5, у более южного образца – при pH 6,5. Однако если в первом случае

разница в уровне потенциального максимума видимого фотосинтеза в зависимости от кислотности 4,5 и 6,5 была значительной, то в последнем – близкой к ошибке опыта.

Таблица 4. Потенциальный максимум (max) и оптимум (opt) нетто-фотосинтеза сеянцев сосны обыкновенной и свето-температурные условия внешней среды, обеспечивающие их достижение при естественном содержании в воздухе CO_2 и разных значениях кислотности почвы

Место сбора семян	Кислотность почвы pH	Нетто-фотосинтез (мг CO_2/г·ч)		Условия максимума нетто-фотосинтеза		Условия оптимума нетто-фотосинтеза	
		max	opt	E, Вт/м^2	T, °C	E, Вт/м^2	T, °C
Ковд-озеро	6,5	1,49	1,37	310	12	200–480	4–22
	4,5	3,86	3,48	430	14	290–570	6–24
	3,5	1,4	1,24	370	11	240–460	2,5–20
Юшк-озеро	6,5	2,1	1,89	340	15	240–420	6–24
	4,5	4,08	3,65	350	19	240–470	9–28
	3,5	1,22	1,1	390	13	260–540	5–25
По-рос-озеро	6,5	3,0	2,7	310	21	200–400	11–30
	4,5	2,3	2,1	330	16	220–410	10–25
	3,5	1,32	1,21	340	15	210–450	8–22

Кислотность песчаного субстрата для выращивания сеянцев сосны значительно влияла и на свето-температурные условия, обеспечивающие достижение потенциального максимума нетто-фотосинтеза. Менее требовательными к теплу были растения сосны наиболее северного происхождения при всех исследуемых уровнях кислотности, особенно при pH 3,5. Более теплолюбивыми были сеянцы южного происхождения при pH 6,5, в то время как при повышенной кислотности (pH 4,5) их требования к теплу оказались ниже, чем у растений более северного происхождения – из северотаежной зоны, при том же значении pH.

По отношению к уровню освещенности также наблюдали значительные различия, зависящие как от географического происхождения семян, так и от кислотности почвы. Несколько менее требовательны к интенсивности света, обеспечивающего достижение максимума нетто-фотосинтеза, сеянцы из семян более южного происхождения при всех значениях кислотности почвы, особенно при pH 6,5. У всходов семян наиболее северного происхождения при оптимальном уровне кислотности почвы значительно выше требования к освещенности с расширением ее зоны оптимума.

Графическое изображение видимого фотосинтеза сеянцев сосны при различных условиях среды наглядно демонстрирует, по углу наклона кривых [Малкина и др., 1970], особенности реакции растений на действие исследуемого фактора в зависимости от кислотности почвы и места происхождения семян. У всходов разного происхождения сила влияния температуры, судя по наклону кривых, возрастала при кислотности почвы, обеспечивающей максимум фотосинтеза (рис. 1). При этом растения более северного происхождения достигали максимума видимого фотосинтеза при pH 4,5, а повышение и понижение кислотности вело к значительному снижению уровня нетто-фотосинтеза и силы влияния температурного фактора. Всходы наиболее южного происхождения достигали максимума нетто-фотосинтеза при pH 6,5, а повышение кислотности почвы приводило к снижению их видимого фотосинтеза и смещению его максимума в сторону пониженных температур.

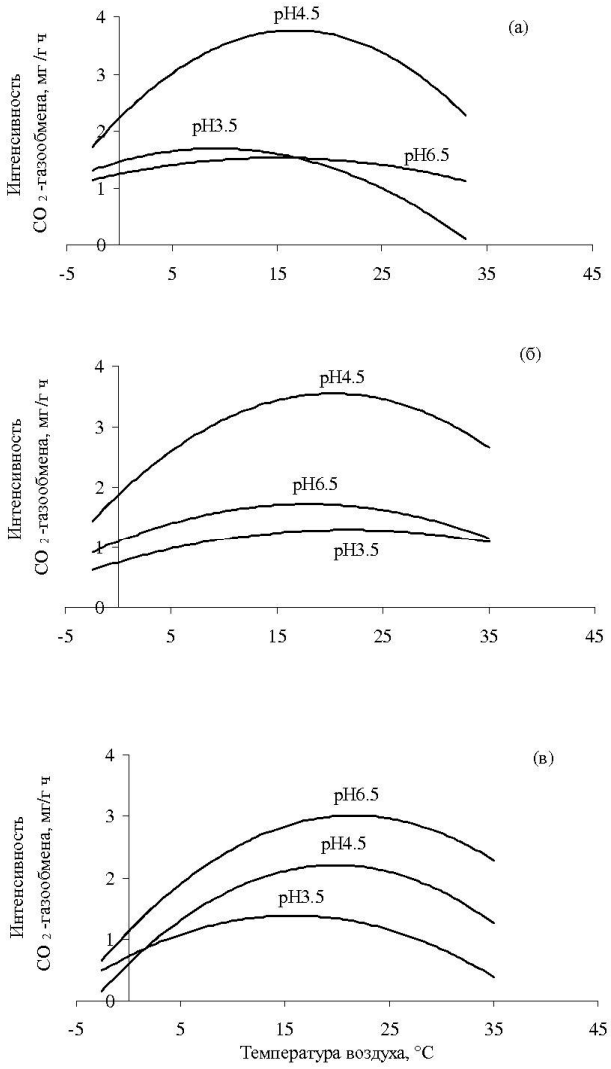


Рис. 1. Влияние температуры воздуха на интенсивность нетто-фотосинтеза сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения:

а – Ковдозеро, б – Юшкозеро, в – Поросозеро, при освещенности зоны оптимума 300 Вт/м^2, выращенных при разной кислотности почвенной среды

Световые кривые нетто-фотосинтеза сеянцев исследуемых образцов сосны под влиянием кислотности почвы, так же как и температурные, графически имели куполообразную форму (рис. 2), в отличие от приводимых в научной литературе и вошедших в учебники [Физиология растений, 2005, с. 202]. Указанные световые кривые, полученные в природных условиях или в однофакторных экспериментах, при достижении определенной интенсивности света выходят на плато, что, по мнению авторов, наблюдается в результате светового насыщения. Эти различия в ходе влияния интенсивности света на видимый фотосинтез, вероятно, связаны с использованием иного методического подхода. В нашей работе была попытка применения методики активного планируемого многофакторного эксперимента, в отличие от широко практикуемого однофакторного метода. Об отсутствии в естественных многофакторных условиях внешней среды выхода световой кривой нетто-фотосинтеза на плато свидетельствуют многочисленные исследования повреждающего влияния высокой интенсивности света на фотосистемы растений [Цельникер, 1978, с. 163; Frank Harry, Brudvig Gary, 2004; Wei Ai-li et al., 2004]. По нашему мнению, выход световых кривых нетто-фотосинтеза на плато является результатом не светового насыщения, а влияния лимитирующего фактора: в природе это, вероятнее всего, недостаток влаги, а в эксперименте – температуры. При работе в регулируемых условиях внешней среды при проведении планируемого многофакторного эксперимента эти лимитирующие условия снимаются, но, естественно, возникают другие трудности.

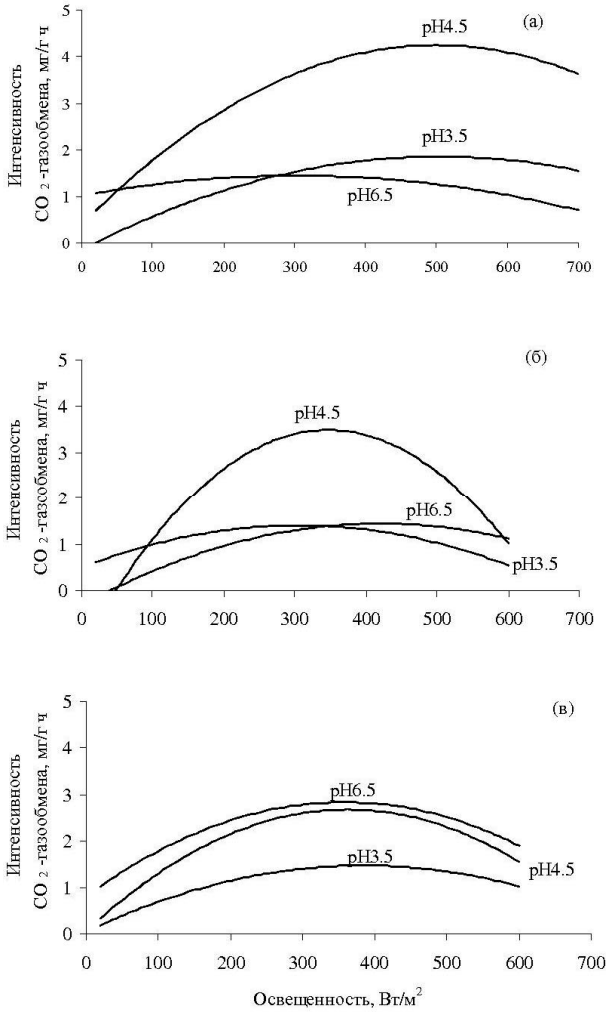


Рис. 2. Влияние света на интенсивность нетто-фотосинтеза сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения:

а – Ковдозеро, б – Юшкозеро, в – Поросозеро, при 15 °С – температуре воздуха зоны оптимума для всех исследуемых вариантов, выращенных при разной кислотности почвенной среды

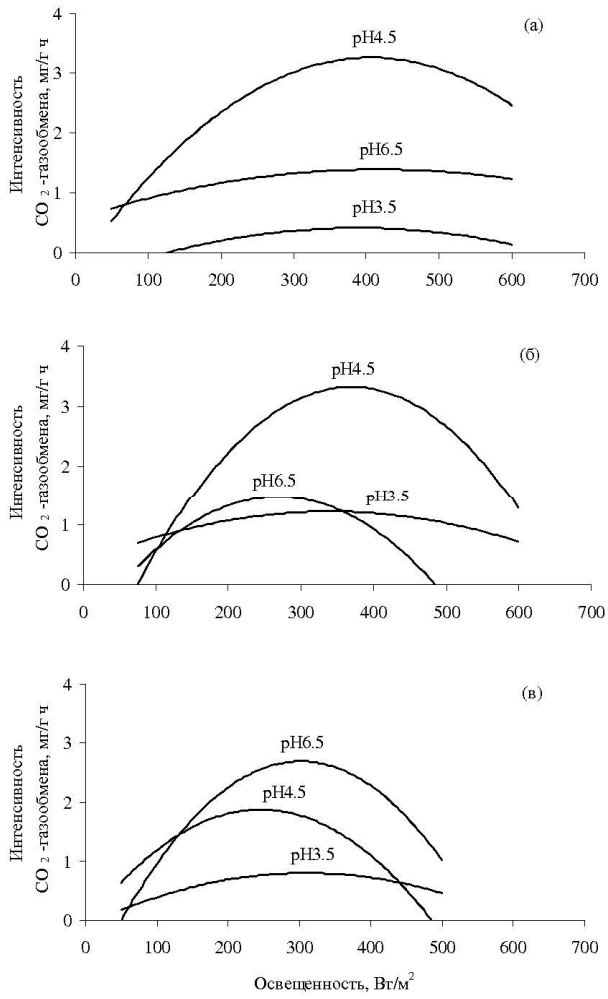


Рис. 3. Влияние света на интенсивность нетто-фотосинтеза сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения:

а – Ковдозеро, б – Юшкозеро, в – Поросозеро, при 25 °С – температуре воздуха зоны теплового закаливания для всех исследуемых вариантов, выращенных при разной кислотности почвенной среды

При этом световые кривые сеянцев сосны из семян различного географического происхождения, судя по их уровню и углу наклона, значительно различались между собой в зависимости от кислотности почвы, но имели общие тенденции с температурными кривыми: по интенсивности нетто-фотосинтеза и величине диапазона светового оптимума. При выходе температуры за пределы зоны оптимума [Дроздов и др., 1984] сила влияния светового фактора на газообмен резко возрастала, а зона оптимума по свету несколько сужалась (рис. 3).

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали, что экофизиологическая характеристика всходов сосны обыкновенной зависит как от их географического происхождения, так и от условий среды их произрастания, в том числе кислотности почвы. Потенциальный максимум нетто-фотосинтеза при естественном содержании в воздухе CO_2 у интактных растений сосны обыкновенной находился в диапазоне 2,1–6,5 мг CO_2/г·ч. Наибольший уровень видимого фотосинтеза имели всходы, выращенные при кислотности почвы pH 4,5 из семян сосны северотаежной зоны. Температурный оптимум сеянцев расположен в диапазоне 4–30 °С. Наименее теплолюбивы растения сосны, выращенные при pH почвы 6,5 из семян северного происхождения (4–22 °С). Наиболее теплолюбивы (11–30 °С) сеянцы, выращенные при pH почвы 6,5 из семян наиболее южного происхождения. Световой оптимум всходов располагался в диапазоне 200–570 Вт/м^2, при этом наиболее светолюбивы сеянцы северного происхождения, выращенные при pH почвы 4,5 (290–570 Вт/м^2).

Литература

Болондинский В. К. Динамика CO_2-газообмена побегов сосны обыкновенной в условиях среднетаежной зоны: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2004. 28 с.

Голикова Г. И., Панченко Л. А., Фридман М. З. Каталог планов второго порядка. М.: МГУ, 1974. Вып. 47. Ч. 1. 387 с.

Голомазова Г. М. Световые и температурные кривые фотосинтеза хвойных древесных пород // Физиология растений. 1981. Т. 28, № 2. С. 263–268.

Дроздов С. Н., Курец В. К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 172 с.

Дроздов С. Н., Курец В. К., Титов А. Ф. Терморезистентность активно вегетирующих растений. Л.: Наука, 1984. 167 с.

Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. 146 с.

Иванов А. Ф., Понамарева А. В., Дерюгина Т. Ф. Отношение древесных растений к влажности и кислотности почвы. Минск: Наука и техника, 1966. 231 с.

Курец В. К., Попов Э. Г. Статистическое моделирование связей растение – среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.

Куусела К. Динамика бореальных хвойных лесов. Хельсинки: Репола, 1991. 210 с.

Левкина Т. И. К вопросу об отношении сеянцев древесных пород к реакции среды и известкованию почв лесных питомников // Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках. Петрозаводск: Карельское книжное изд-во, 1964. С. 179–203.

Малкина И. С. Фотосинтез сосны обыкновенной // Лесоведение. 1981. № 4. С. 78–89.

Малкина И. С., Цельникер Ю. Л., Яшкина А. М. Фотосинтез и дыхание подроста. М.: Наука, 1970. 183 с.

Молчанов А. Г. Баланс CO_2 в экосистемах сосняков и дубрав в разных лесорастительных зонах. Тула: Гриф и К, 2007. 284 с.

Морозова Р. М., Федорец Н. Г. Современные процессы почвообразования в хвойных лесах Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1992. 282 с.

Суворова Г. Г. Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.

Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометиздат, 1977. 199 с.

Урманцев Ю. А. Системный подход к проблеме устойчивости растений (на примере исследования зависимости содержания пигментов в листьях фасоли от одновременного действия на нее засухи и засоления) // Физиология растений. 1977. Т. 26, вып. 4. С. 762–777.

Физиология растений / Ред. И. П. Ермакова. М.: Изд. центр Академия, 2005. 635 с.

Фрейберг И. А., Ермакова М. В., Стоценко С. К. Критерии оценки посадочного материала сосны обыкновенной // Лесное хозяйство. 2009. № 2. С. 33–35.

Цельникер Ю. Л. Физиологические основы теневыносливости древесных растений. М.: Наука, 1978. 211 с.

Цельникер Ю. Л. Функциональная и структурная организация фотосинтетического аппарата лесных древесных растений // Труды Всесоюз. совещ. «Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и водного режима растений в полевых условиях». Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 1983. С. 5–15.

Frank Harry A., Brudvig Gary W. Redox functions of carotinoids in photosynthesis // Biochemistry. 2004. Vol. 43, N 27. P. 8607–8615.

Jentschke G., Drexhage M., Fritz H.W. et al. Does soil acidity reduce subsoil rooting in Norway spruce (*Picea abies*)? // Plant and Soil. 2001.Vol. 237. P. 91–108.

Van Dijk H. F. G., Bienfait H. F. Iron-deficiency chlorosis in Scots pine growing on acid soils // Plant and Soil. 1993. Vol. 153. P. 255–263.

Wei Ai-li, Wang Zhi-min, Xibei Zhi-wuxuebao // Acta bot. Boreali-occident. Sin. 2004. Vol. 24, N 7. P. 1342–1397.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Еркоева Александра Андреевна
младший научный сотрудник
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 762712

Дроздов Станислав Николаевич
главный научный сотрудник, д. б. н., проф.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: drozdov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Холопцева Екатерина Станиславовна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: holop@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762712

Erkoeva, Alexandra
Institute of Biology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 762712

Drozdov, Stanislav
Institute of Biology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: drozdov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Kholopseva, Ekaterina
Institute of Biology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: holop@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762712

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 91–96

УДК 581.1

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ЛИСТЬЕВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И ДЛИТЕЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ

В. В. Лаврова, М. И. Сысоева, Е. М. Матвеева

Институт биологии Карельского НЦ РАН

Изучено влияние ежесуточных кратковременных и постоянных низкотемпературных воздействий на жирнокислотный состав общих липидов листьев растений картофеля (*Solanum tuberosum* L., с. Невский). Показано, что как длительные, так и кратковременные снижения температуры приводят к изменениям в жирнокислотном составе общих липидов листьев картофеля. Однако если условия длительной гипотермии вызывают увеличение ненасыщенности жирнокислотного состава липидов за счет диеновых и триеновых жирных кислот (ЖК), то при адаптации растений картофеля к кратковременным перепадам температур ключевая роль принадлежит триеновой кислоте и, соответственно, ω3 десатуразе.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L., низкая температура, устойчивость, жирные кислоты, ацил-липидные десатуразы.

V. V. Lavrova, M. I. Sysoeva, E. M. Matveeva. LIPID FATTY ACIDS IN POTATO LEAVES UNDER PERIODIC AND LONG-TERM HYPOTHERMIA

We investigated the effect of daily short-term and continuous exposure to low temperatures on the fatty acid composition of total lipids in potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Nevskiy) leaves. Both long- and short-term low temperature impacts induced changes in the fatty acid (FA) composition of total lipids in potato leaves. Where long-term hypothermia caused the unsaturatedness of the lipid FA composition to increase owing to diene and triene FA, the key part in the adaptation of potato plants to short-term temperature variations belonged to the triene acid and, hence, to ω3 desaturase.

Key words: *Solanum tuberosum* L., low temperature, resistance, fatty acids, acyl-lipid desaturases.

Введение

Липиды играют важную роль как в формировании устойчивости растений к низким температурам [Чиркова, 1997; Лось, 2005; Lyons, 1973], так и в ответных реакциях растений на биотический стресс [Shahetal, 2005; Wang et al., 2006]. Большинство исследований связано с изучением длительного действия низких закаливающих температур [Нюппиева, 1988; Новицкая и др., 1990; Upchurch, 2008; Zhang, Tian, 2009; Batista-Santos et al., 2011], в то время как данные об изменениях в содержании жирных кислот на широко распространенные в природе кратковременные падения температур в суточном цикле являются единичными [Марковская и др., 2009].

В связи с этим целью настоящей работы было провести сравнительный анализ изменений в содержании жирных кислот общих липидов листьев картофеля в условиях периодической и длительной гипотермии.

Материал и методы

Мини-клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L., с. Невский), полученные в ГНУ «Карельская ГСХОС Россельхозакадемии», проращивали стандартным способом на свету в течение 3 недель, высаживали в пластиковые сосуды с песком при поливе питательным раствором Кнопа с добавлением микроэлементов (pH 5,5-5,6) и выставляли в камеру искусственного климата при температуре 23 °С, фотопериоде (день/ночь) 16/8 ч и освещенности 10 клк. По достижении фазы трех листьев часть растений оставляли при 23 °С (вариант контроль), а остальные – подвергали в течение 6 суток либо ежесуточным снижениям температуры (с 23 до 5 °С) на 2 ч в конце ночного периода (вариант ДРОП, от англ. drop – падение), либо действию постоянной низкой температуры 5 °С (ПНТ). На следующий день после завершения температурных обработок проводили анализ жирнокислотного состава общих липидов листьев растений всех вариантов.

Для анализа жирнокислотного состава общих липидов использовали 3-й полностью развернувшийся лист наиболее развитого побега. Фиксацию растительного материала (1,5 г) осуществляли путем кипячения в изопропаноле в течение 5 мин с добавлением 0,001% антиоксиданта ионола [Fishwick, Wright, 1977]. После упаривания изопропанола липиды экстрагировали смесью хлороформа с метанолом (2 : 1 по объему) [Bligh, Dyer, 1959].

Определение содержания и состава жирных кислот (ЖК) осуществляли методом газожидкостной хроматографии [Цыдендамбаев, Верещагин, 1980; Пчелкин и др., 2001]. Для этого выделенные липиды подвергали прямому метанолизу в растворе метанола с хлористым ацетилом [Цыганов, 1971]. После охлаждения метиловые эфиры жирных кислот экстрагировали гексаном [Christie, 1993]. Полученные метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе «Кристалл 5000» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором в капиллярной колонке ZB-FFAP длиной 50 м, с внутренним диаметром 0,32 мм и толщиной слоя жидкой фазы 0,50 мкм при температуре 225 °С. Идентификацию ЖК осуществляли сравнением хроматографических подвижностей со стандартными ЖК [Jamieson, Reid, 1975]. Количественный анализ проводили при помощи компьютерной программы «Мультихром-Аналитик, v.1.5».

Относительное содержание ЖК определяли в процентах от общего их содержания в исследуемом образце. Для оценки ненасыщенности ЖК в тканях листьев использовали индекс двойных связей (ИДС) [Lyons et al., 1964]:

$ИДС = \Sigma P_j n_j/100,$

где P_j – содержание ЖК (%) и n_j – количество двойных связей в каждой кислоте. Также использовали коэффициент ненасыщенности (K) как отношение суммы ненасыщенных ЖК к сумме насыщенных.

Активность ацил-липидных ω9, ω6 и ω3 десатураз, катализирующих введение двойных связей в углеродные цепи олеиновой ($C_{18:1}$), линолевой ($C_{18:2}$) и линоленовой ($C_{18:3}$) кислот, определялась как стероил- (SDR), олеил- (ODR) и линолеил- (LDR) десатуразные отношения, рассчитанные на основании содержания (% от суммы ЖК) компонентов C_{18}, как описано в работах [Jaworski, Stumpf, 1974; Cartea et al., 1998; Алаудинова, Миронов, 2009]:

$SDR = (C_{18:1}) / (C_{18:0} + C_{18:1})$

$ODR = (C_{18:2} + C_{18:3}) / (C_{18:1} + C_{18:2} + C_{18:3})$

$LDR = (C_{18:3}) / (C_{18:3} + C_{18:2}),$

где $C_{18:0}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ и $C_{18:3}$ – процентное от суммы кислот содержание стеариновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислот, соответственно.

Результаты

Анализ жирнокислотного состава общих липидов показал отсутствие влияния как кратковременных, так и длительных низкотемпературных воздействий на суммарное содержание общих липидов, которое во всех исследованных вариантах составляло 27 ± 0,1 мг/г сырой массы. Реакция жирнокислотного состава на низкотемпературные воздействия разной продолжительности проявилась в количественных изменениях отдельных групп жирных кислот. Так, ДРОП-обработка вызвала увеличение доли ненасыщенных ЖК (рис. 1), о чем свидетельствуют повышение в 1,4 раза коэффициента ненасыщенности и на 10 % величины индекса двойных связей (ИДС) (рис. 2). Сумма насыщенных ЖК снизилась с 25 до 19 % (рис. 1) за счет миристиновой (14:0), пальмитиновой (16:0) и стеариновой (18:0) ЖК, причем пальмитиновая осталась преобладающей кислотой (15,2 % от суммы ЖК) (табл. 1). Одновременно с этим сумма ненасыщенных ЖК повысилась с 75 до 81 % (рис. 1). При этом в ненасыщенной фракции ЖК содержание моноеновых кислот снизилось практически в 3 раза, преимущественно за счет олеиновой кислоты (18:1(n-9)), свидетельствуя, тем самым, об активном их превращении в полиеновые, содержание которых возросло с 67,9 до 78,4 % (табл. 1). Следует отметить, что повышение содержания в листьях ЖК с высокой степенью ненасыщенности

у растений при действии кратковременных снижений температуры обусловлено как ЖК типа C_{18} (18:2(n-6) и 18:3(n-3)), так и C_{16} (16:2(n-6) и 16:3(n-3)). Особый интерес представляют данные, свидетельствующие о повышении гексадекатриеновой кислоты (16:3(n-3)). Известно, что эта кислота играет большую роль в холодоустойчивости 16:3-растений, к которым относится картофель [Нюппиева, 1988; Heinz, Roughanetal, 1983], способствуя процессам фотосинтеза при пониженных температурах [Демин, 2010]. При биосинтезе 16:3 ЖК субстратом служат липиды, содержащие 16:2 кислоту. Как следует из полученных результатов, ДРОП-обработка повысила содержание 16:1(n-9) и 16:2(n-6) кислот (табл. 1).

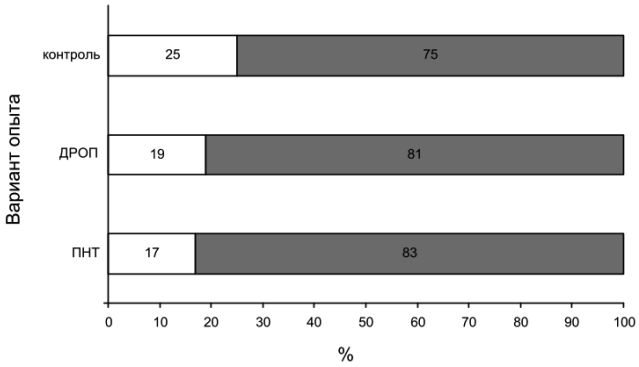


Рис. 1. Содержание (%) насыщенных (□) и ненасыщенных (■) ЖК липидов в листьях растений картофеля при кратковременном (ДРОП) и постоянном (ПНТ) действии низкой закаливающей температуры (5 °С)

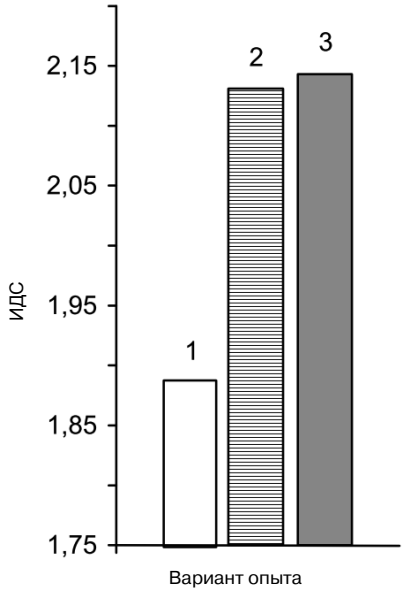


Рис. 2. Изменение показателя индекса двойных связей (ИДС) в листьях растений картофеля при кратковременном (ДРОП) и постоянном (ПНТ) действии низкой закаливающей температуры (5 °С):

1 – контроль, 2 – ДРОП, 3 – ПНТ

Таблица 1. Содержание некоторых жирных кислот (% от суммы ЖК) при кратковременном (ДРОП) и постоянном (ПНТ) действии низкой закаливающей температуры (5 °С)

Жирные кислоты	Вариант опыта		
	Контроль	ДРОП	ПНТ
14:00	1,7	1,1*	0,8*
16:00	19,7	15,2*	14,7*
18:00	3,5	1,6*	1,5*
20:00	0,4	0,3	0,4
Сумма насыщенных ЖК	25,2	19,1*	17,3*
16:1(n-9)	0,4	0,6*	0,3
16:1(n-7)	1,1	0,3*	0,1*
18:1(n-9)	4,5	2,2*	2,8*
18:1(n-7)	0,8	0,4*	0,3*
Сумма моноеновых ЖК	6,9	2,6*	3,5*
16:2(n-9)	1,6	1,6	1,6
16:2(n-6)	1,4	1,7*	0,7*
18:2(n-6)	18,7	21,3	24,5
Сумма диеновых ЖК	21,7	24,7*	26,8*
16:3(n-3)	7,6	9,4*	9,0*
18:3(n-3)	38,6	44,3*	43,4*
Сумма триеновых ЖК	46,2	53,7*	52,4*
Сумма ПНЖК	74,8	80,9*	82,7*

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – различия достоверны ($p \le 0,05$) при сравнении с контролем.

Действие постоянной низкой температуры (ПНТ) на соотношение ПНЖК/НЖК (рис. 1) и степень ненасыщенности ЖК (рис. 2) было аналогичным действию ДРОП. Однако ненасыщенность липидов возрастала в основном за счет ЖК типа C_{18} – 18:2(n-6), 18:3(n-3) и при участии 16:3(n-3) (табл. 1). Следует отметить, что содержание диеновых кислот, а именно линолевой (18:2(n-6)), было выше в данном варианте, чем при действии ДРОП, тогда как уровень триеновых кислот сопоставим для вариантов ПНТ и ДРОП (табл. 1). В отношении кислоты 16:2(n-6) для разных типов низкотемпературной обработки отмечено разнонаправленное изменение: ПНТ в отличие от ДРОП-обработки снижало долю данной ЖК (табл. 1).

Биосинтез кислот типа C_{18} осуществляется с участием ацил-липидных десатураз, а оценка их активности позволяет в определенной мере судить о механизмах синтеза и роли ненасыщенных ЖК в низкотемпературной устойчивости. Оба типа низкотемпературного воздействия повысили активность ω9 (индекс SDR) и ω6 (индекс ODR) десатураз, ответственных за введение в углеводородную цепь первой и второй двойной связи, соответственно (табл. 2). В то же время реакция ω3 десатуразы (индекс LDR), которая обусловливает введение третьей двойной связи, в ответ на действие ДРОП и ПНТ была разнонаправленной. Кратковременная низкотемпературная обработка вызвала небольшое, но достоверное повышение активности, тогда как постоянное воздействие низкой температуры, наоборот, способствовало ее снижению (табл. 2).

Таблица 2. Показатели индексов, отражающих активность ω9 (SDR), ω6 (ODR) и ω3 (LDR) десатураз, при кратковременном (ДРОП) и постоянном (ПНТ) действии низкой закаливающей температуры (5 °С)

Индексы	Вариант опыта		
	Контроль	ДРОП	ПНТ
SDR	0,56	0,58*	0,65*
ODR	0,93	0,97*	0,96*
LDR	0,67	0,68*	0,64*

Обсуждение

Результаты нашего исследования показали, что не только длительные, но и кратковременные периодические колебания температуры вызывают увеличение доли ненасыщенных ЖК, преимущественно за счет полиеновых. Однако при ДРОП-обработке, по сравнению с действием ПНТ, больший вклад в ненасыщенность липидов вносят триеновые кислоты – гексадекатриеновая и линоленовая, причем субстратом для ацил-липидных десатураз при их биосинтезе могут являться не только ЖК типа C_{18} (как в случае ПНТ), но и ЖК типа C_{16}. Установленные различия жирнокислотного состава при ДРОП и ПНТ, по-видимому, отражают существование в растениях картофеля разных регуляторных механизмов в ответ на часто встречающиеся в природе кратковременные перепады температур в суточном цикле и постоянное действие низкой температуры в течение длительного времени, что согласуется с недавно высказанным предположением о различном отклике растений на биохимическом уровне на эти два типа температурного воздействия [Zheng et al., 2011].

Ключевая роль в адаптации растений картофеля к кратковременным перепадам температур принадлежит линоленовой кислоте и, соответственно, ω3 десатуразе, поскольку повышение ее активности приводит к превращению линолевой кислоты в линоленовую. Это находит подтверждение в работе [Марковская и др., 2009], свидетельствующей о важной роли линоленовой кислоты в повышении уровня ненасыщенности липидов семядольных листьев растений огурца при ДРОП-обработке. Исходя из полученных результатов, адаптация к постоянной низкой закаливающей температуре достигается в основном за счет увеличения активности ω6 десатуразы, ответственной за биосинтез линолевой кислоты, и в меньшей степени – ω3 десатуразы.

Известно, что уровень диеновых и триеновых кислот во многом определяет устойчивость растений к длительному действию пониженных температур [Hugly, Somerville, 1992; Nishida, Murata, 1996; Liu et al., 2008]. Ранее нами было показано, что низкотемпературные обработки повышают холодоустойчивость растений, причем уровень устойчивости после кратковременных низкотемпературных воздействий в 5–6 раз выше, чем после постоянного действия низкой температуры [Сысоева и др., 2011], и более длительное время сохраняется на высоком уровне в последействии [Sysoeva et al., 2005]. Одной из причин такого высокого уровня холодоустойчивости является активация COR гена *ci7* в сочетании с повышенным функционально активным состоянием, характеризующимся стимуляцией метаболических процессов, увеличением продуктивности и ускорением развития [Лаврова и др., 2011]. Наряду с этим в повышение холодоустойчивости, по всей видимости, вносит вклад и обогащение ненасыщенными триеновыми кислотами липидного состава, поскольку данные кислоты обеспечивают поддержание процесса фотосинтеза за счет сохранения структурно-функциональной стабильности мембран хлоропластов и прохождение их нормального биогенеза [Hugly, Somerville, 1992; Kodama et al., 1994]. Кроме того, ненасыщенность ЖК защищает ФСII от низкотемпературного фотоингибирования [Nishida, Murata, 1996; Liu et al., 2008]. ДРОП-обработка не оказывает влияния на функциональное состояние ФСII, в том числе и электронный транспорт, сохраняя значения основных параметров флуоресценции на уровне контроля [Сысоева и др., 2010]. Вероятно, это может быть связано с повышением уровня триеновых кислот, поскольку известно, что они участвуют в поддержании электронного транспорта [Hugly, Somerville, 1992]. Сохранение высокого уровня ЖК также способствует поддержанию функциональной активности хлоропластов. Кроме того, наблюдаемые нами изменения в жирнокислотном составе общих липидов, вызванные низкотемпературными обработками, в частности низкое содержание 18:1(n-9) кислоты при высоком уровне 18:2(n-6) и 18:3(n-3) кислот, могут способствовать активации *R* генов (генов устойчивости) и развитию реакции сверхчувствительности [Chandra-Shekara et al., 2007; Upchurch, 2008], а также принимать участие в формировании системной приобретенной устойчивости за счет активации салицил-зависимых защитных PR генов [Upchurch, 2008]. Нами, действительно, было показано ранее [Сысоева и др., 2011], что кратковременные и длительные низкотемпературные воздействия вызывают экспрессию *R* гена в листьях растений картофеля, способствуя повышению устойчивости к заражению фитопаразитом.

Таким образом, как длительные, так и кратковременные снижения температуры приводят к изменениям в жирнокислотном составе общих липидов листьев картофеля. Однако если условия длительной гипотермии вызывают увеличение ненасыщенности жирнокислотного состава липидов за счет диеновых и триеновых ЖК, то при адаптации растений картофеля к кратковременным перепадам температур ключевая роль принадлежит триеновым кислотам и, соответственно, ω3 десатуразе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00097_а).

Литература

Алаудинова Е. В., Миронов П. В. Липиды меристем лесообразующих хвойных пород центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. 2. Особенности метаболизма жирных кислот фосфолипидов меристем *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L // Химия растительного сырья. 2009. № 2. С. 71–76.

Демин И. Н. Участие 12-ацил-липидной десатуразы в формировании устойчивости растений картофеля к гипотермии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 25 с.

Лаврова В. В., Сысоева М. И., Шерудило Е. Г. и др. Экспрессия гена *ci7* в листьях картофеля при действии кратковременных ежесуточных снижений температуры // Труды Карельского НЦ РАН. 2011. № 3. С. 73–77.

Лось Д. А. Молекулярные механизмы холодоустойчивости растений // Вестник РАН. 2005. Т. 75. С. 338–345.

Марковская Е. Ф., Шерудило Е. Г., Рипатти П. О., Сысоева М. И. Роль липидов в устойчивости семядольных листьев огурца к постоянному и кратковременному периодическому действию низкой закаливающей температуры // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 3. С. 67–74.

Новицкая Г. В., Сальникова Е. Б., Суворова Т. А. Изменение ненасыщенности жирных кислот липидов растений озимой и яровой пшеницы в процессе закаливания // Физиология и биохимия культ. растений. 1990. Т. 22. С. 257–264.

Нюппиева К. А. Состав и содержание липидов в различных органах картофеля при действии закаливающей и повреждающей температуры // Влияние факторов среды и физиологически активных веществ на продуктивность и устойчивость растений / Под ред. С. Н. Дроздова, А. Ф. Титова. Петрозаводск, 1988. С. 98–113.

Пчелкин В. П., Кузнецова Э. И., Цыдендамбаев В. Д., Верещагин А. Г. Определение позиционно-видового состава запасных триацилглицеринов растений медом неполного химического деацилирования // Физиология растений. 2001. № 48. С. 809–816.

Сысоева М. И., Лаврова В. В., Марковская Е. Ф. и др. Влияние ежесуточных кратковременных снижений температуры на состояние фотосинтетического аппарата растений картофеля в условиях заражения фитопаразитической нематодой // Труды Карельского НЦ РАН. 2010. № 2. С. 41–46.

Сысоева М. И., Лаврова В. В., Матвеева Е. М. и др. Кросс-адаптация растений картофеля к действию низких температур и заражению картофельной цистообразующей нематодой // Физиология растений. 2011. Т. 58, № 6. С. 1–6.

Чиркова Т. В. Клеточные мембраны и устойчивость растений к стрессовым воздействиям // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 9. С. 12–17.

Цыганов Э. П. Метод прямого метилирования липидов после ТСХ без элюирования с силикагеля // Лабораторное дело. 1971. № 8. С. 490–493.

Цыдендамбаев В. Д., Верещагин А. Г. Исследование липидов корня сахарной свеклы в связи с функцией сахаронакопления. 2. Экстрагируемое ацилсодержащих липидов паренхимы покоящегося корня // Физиология растений. 1980. № 27. С. 778–784.

Batista-Santos P., Lidon F. C., Fortunato A. et al. Cold impact on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp. – photosystems sensitivity, photoprotective mechanisms and gene protection // J. Plant Physiol. 2011. Vol. 168. P. 792–806.

Bligh E. G., Dyer W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Canad. J. Biochem. Physiol. 1959. Vol. 37. P. 911–919.

Cartea M. E., Migdal M., Galle A. M. et al. Comparison of sense and antisense methodologies for modifying the fatty acid composition of *Arabidopsis thaliana* oilseed // Plant Science. 1998. Vol. 136. P. 181–194.

Chandra-Shekara A. C., Venugopal S. C., Barman S. R. et al. Plastidial fatty acid levels regulate resistance gene-dependent defense signaling in *Arabidopsis* // PNAS. 2007. Vol. 104, N 17. P. 7277–7282.

Christie W. W. Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis // Advances in lipid methodology – Two / Ed. Christie W. W. Dundee, 1993. P. 69–111.

Fishwick M. J., Wright A. J. Comparison of methods for the extraction of plant lipids // Phytochemistry. 1977. Vol. 16. P. 1507–1510.

Heinz E., Roughan P. G. Siniilarities and differences in lipid Metabolism of chloroplastsisolated from 18:3 and 16:3 plants // Plant Physiol. 1983. Vol. 72. P. 273–279.

Hugly S., Somerville C. R. A role of membrane lipid polyunsaturation in chloroplast biogenesis at low temperature // Plant Physiol. 1992. Vol. 99. P. 197–202.

Jamieson G. R., Reid E. H. The fatty acid composition of fern lipids // Phytochemistry. 1975. Vol. 14. P. 2229–2232.

Jaworski J. G., Stumpf P. K. Fat metabolism in higher plants. Properties of a soluble stearyl-acyl carrier protein desaturase from maturing *Carthamus tinctorius* // Arch. Biochem. Biophys. 1974. Vol. 162. P. 158–165.

Kodama H., Hamada T., Horiguchi G. et al. Genetic enhancement of cold tolerance by expression of a gene for chloroplast ω-3 fatty acid desaturase in transgenic tobacco // Plant Physiol. 1994. Vol. 105. P. 601–605.

Liu X.-Y., Li B., Yang J.-H. et al. Overexpression of tomato chloroplast omega-3 fatty acid desaturase gene alleviates the photoinhibition of photosystems 2 and 1 under chilling stress // Photosynthetica. 2008. Vol. 46, N 2. P. 185–192.

Lyons J. M. Chilling injury in plants // Annu. Rev. Plant Physiol. 1973. Vol. 24. P. 445–466.

Lyons J. M., Wheaton T. A., Pratt H. K. Relationship between the physical nature of mitochondrial membranes and chilling sensitivity in plant // Plant Physiology. 1964. Vol. 39. P. 262–268.

Nishida I., Murata N. Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: The Crucial Contribution of Membrane Lipids // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1996. Vol. 47. P. 541–568.

Shah J. Lipids, Lipases, and Lipid-Modifying Enzymes in Plant Disease Resistance // Annual Review of Phytopathology. 2005. Vol. 43. P. 229–260.

Sysoeva M. I., Sherudilo E G., Markovskaya E. F. et al. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants // Plant Growth Regul. 2005. Vol. 46. P. 189–191.

Upchurch R. G. Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in the response of plants to stress // Biotechnol Lett. 2008. Vol. 30. P. 967–977.

Wang X., Li W., Li M., Welti R. Profiling lipid changes in plant response to low temperatures // Physiologia Plantarum. 2006. Vol. 126. P. 90–96.

Zhang C., Tian S. Crucial contribution of membrane lipids unsaturation to acquisition of chilling-tolerance in peach fruit stored at 0 °C // Food Chemistry. 2009. Vol. 115. P. 405–411.

Zheng G., Tian B., Zhang F. et al. Plant adaptation to frequent alternations between high and low temperatures remodeling of membrane lipids and maintenance of unsaturation levels // Plant, Cell Env. 2011. Vol. 34. P. 1431–1442.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лаврова Виктория Витальевна
аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: vicandra@mail.ru
тел.: (8142) 762706

Сысоева Марина Ивановна
главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: sysoeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Матвеева Елизавета Михайловна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: matveeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Lavrova, Victoria
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vicandra@mail.ru
tel.: (8142) 762706

Sysoeva, Marina
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sysoeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Matveeva, Elizaveta
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: matveeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 97–103

УДК 581.154+575.224.46: 582.542.1

ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ РАСТЕНИЙ *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛДЕФЕКТНОСТЬЮ И ДЕЙСТВИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ОТБОРА

О. Н. Лебедева, А. Ф. Титов, Т. С. Николаевская

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Выявлены закономерности формирования компонентов приспособленности (выживаемости и плодовитости) у растений овсяницы луговой с супрессированной хлорофиллдефектностью, которые связаны с механизмами фенотипических изменений окраски проростков в ювенильной стадии развития при ресупрессии (репопуляция, реверсия) и их скоростью (быстрая, медленная).

Ключевые слова: *Festuca pratensis* Huds., компоненты приспособленности, супрессированная хлорофиллдефектность, стабилизирующий отбор.

O. N. Lebedeva, A. F. Titov, T. S. Nikolaevskaya. ADAPTATION OF *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. PLANTS WITH SUPPRESSED CHLOROPHYLL DEFICIENCY, AND STABILIZING NATURAL SELECTION

We investigated the formation patterns of the components of fitness (survival and fecundity) in meadow fescue plants with suppressed chlorophyll deficiency, which are associated both with the mechanisms of phenotypic changes in the color of seedlings at the juvenile stage of their development under resuppression (repopulation, reversion) and with their rate (fast, slow).

Key words: *Festuca pratensis* Huds., components of fitness, suppressed chlorophyll deficiency, adaptation, stabilizing natural selection.

Введение

Эволюция стратегии выживаемости включает в себя множество генетических механизмов, благоприятствующих увеличению численности популяции и повышению ее приспособленности. В этом отношении хорошо известны эффекты доминантности, гетерозиготности, полиплоидии, компенсаторного комплекса генов [Алтухов, 2003; Хедрик, 2003]. В меньшей степени изучены генетическая супрессия отдельных генов и генных систем, а также регуляторных генов и псевдогенов, селективная роль которых в эволюционном процессе активно обсуждается [Суходолец, 1991, 1995, 2000; Инге-Вечтомов, 2004]. Однако, опираясь на общие генетические закономерности, иногда невозможно объяснить часто наблюдаемые случаи высокой устойчивости (или чувствительности) и приспособленности биологических систем, которые сравнительно легко переживают естественные и антропогенные нагрузки (световой, температурный, водный, солевой и другие стрессы), или, напротив, оставляют малочисленное и слабо жизнеспособное потомство в достаточно комфортных условиях. Основной экспериментальный подход в таких исследованиях базируется на анализе маркерных при-

знаков, связанных не только с нормальными, но также и с дефектными генетическими системами. Изучение последних вносит наибольший вклад в познание биологических механизмов выживаемости как в процессе онтогенетического развития, так и в сфере эволюционных изменений. У растений, важнейшим свойством которых является фотосинтез, наиболее информативным может быть изучение различного рода хлорофиллдефектности: от ядерных пигментных мутаций, консервативно блокирующих те или иные звенья биохимического синтеза пигментов, до лабильного изменения структуры хлоропласта в результате его повышенной термо- или светочувствительности.

Известно, что генетическая основа температурозависимой хлорофиллдефектности базируется на действии генов-супрессоров, которые способствуют сохранению первичных мутаций от действия отбора и расширению генетического разнообразия. Обладая широкой плейотропией, они могут повышать адаптивные свойства и выживаемость индивидуумов и популяций [Инге-Вечтомов и др., 1994; Инге-Вечтомов, 2004]. Учитывая, что роль супрессорных систем у высших растений изучена очень слабо, использование генетических особенностей объекта исследования *Festuca pratensis* Huds. позволит сформулировать стратегии выживаемости и экологической устойчивости высших растений с генетическим грузом. Такие знания расширяют теоретические представления о роли супрессорных мутаций в поддержании адаптивного потенциала популяций растений, сохраняющих высокий уровень естественного генетического груза, и показывают их селективную ценность.

Целью настоящей работы было изучение на примере растений овсяницы луговой с супрессированной хлорофиллдефектностью закономерностей формирования компонентов приспособленности (выживаемости и плодовитости), которые связаны как с механизмами фенотипических изменений окраски проростков в ювенильной стадии развития при ресупрессии (репопуляция, реверсия), так и с их скоростью (быстрая, медленная).

Материал и методы

Объектом исследования является представитель многолетних злаков – *Festuca pratensis* Huds. (Poaceae). Выбор объекта в качестве модельного при изучении механизмов выживаемости у многолетних перекрестноопыляющихся злаков с естественным и индуцированным генетическим грузом обусловлен целым рядом его особенностей и достоинств. Важная биологическая особенность ряда видов многолетних злаков (овсяница луговая, овсяница красная, ежа сборная, тимофеевка луговая) состоит в том, что у них обнаружена система температурозависимой депигментации проростков, окраска листа которых восстанавливается до зеленой (нормальный фенотип) после изменения экстремальных температурных условий культивирования на оптимальные [Land et al., 1971; Олимпиенко и др., 1976; Титов, Олимпиенко, 1976; Титов и др., 1978]. Генетическая основа температурозависимой хлорофиллдефектности базируется на действии генов-супрессоров и сопровождается комплексом компенсаторных эффектов, распространяющихся на широкий спектр анатомических, морфологических и физиологических признаков [Олимпиенко и др., 2005; Лебедева и др., 2007].

Для выявления мутантных, дефектных по хлорофиллу растений семена *Festuca pratensis* Huds. проращивали на фильтровальной бумаге в течение 10 дней в фитотроне при круглосуточном освещении (96–130 μmol m^{-2} s^{-1}) и температуре 35 °С. В массиве проростков регистрировали зеленые и депигментированные растения. При последующем проращивании в течение 4 суток и температуре 25 °С часть проростков восстанавливали полностью или частично зеленую окраску листа. Маркированные по хлорофиллдефектности и восстановлению пигментации растения-ревертанты культивировали на протяжении 6 лет в полевых условиях в виде клонов (8 растений в клоне). При описании хлорофиллдефектных фенотипов использовали общепринятые для хлорофилльных мутаций обозначения [Калам, Орав, 1974]: светло-зеленые (*viridsi,* V), желтые (*xantha,* X), белые (*albian*, A). Комбинированные фенотипы обозначались как зелено-светло-зеленые (NV), светло-зелено-зеленые (VN), светло-зелено-желтые (VX), светло-зелено-белые (VA), желто-зеленые (XN), желто-светло-зеленые (XV), желто-белые (XA), бело-зеленые (AN), бело-светло-зеленые (AV), причем первая буква соответствовала окраске верхней половины листа, а вторая – нижней. Обозначения фенотипов образовывались из начальных латинских букв соответствующего типа депигментации, знака > и начальных букв соответствующего типа восстановления, например, V>N, V>VX и т. п.

Оценку приспособленности проводили на основе анализа выживаемости и плодовитости растений [Тимофеев-Ресовский и др., 1977; Алтухов, 2003]. Выживаемость исследовали на разных этапах онтогенетического развития растений (фертильность пыльцы, фертиль-

ность соцветия, всхожесть семян, доля выживших проростков, доля растений, достигших репродуктивной фазы развития) и вычисляли общую выживаемость путем умножения долей каждого показателя. Плодовитость особей оценивали на основе показателей массы семян на растение и массы 1000 семян.

Приспособленность рассчитывали как произведение общей выживаемости и плодовитости по формуле:

$$W = \upsilon \cdot \kappa, \quad (1)$$

где υ – выживаемость, κ – плодовитость, W – приспособленность в долях относительно *w-type* или контрольной популяции.

Элиминирующее действие отбора рассчитывали по формуле:

$$S = 1 - W, \quad (2)$$

где S – показатель элиминирующего отбора.

Для оценки действия естественного отбора (стабилизирующей формы) вычисляли среднюю арифметическую, а также разность между средним и конкретным значением соответственно для каждого признака. Полученные ряды разностей ранжировали. По диаграммам рядов разностей от средней вычисляли тренды (линии рассеивания) и по углу их наклона (крутизны) устанавливали степень различий между группами индивидуумов (особей) в отношении действия стабилизирующего отбора. При этом использовали формулу:

$$y = a + bx, \quad (3)$$

где y – разность между средним и конкретным значением признака; a – значение пересечения линии тренда с осью Y; b – tg угла наклона линии тренда, x – номер ранга особи. Отклонения от средних в большинстве случаев значимо отличались друг от друга при $p < 0{,}05$, что вместе с высокими значениями коэффициента детерминации позволяет считать результаты статистически достоверными. Все результаты обработаны с помощью общепринятых методов вариационной статистики [Зайцев, 1984].

Результаты и обсуждение

Восстановление различных фенотипических изменений у растений происходит различными путями – через реверсию и репопуляцию. В общих чертах, реверсия – это восстановление изменений (в нашем случае окраски листа) у мутантного организма до дикого типа, которое осуществляется в результате перехода мутировавшего гена в ген исходного или дикого типа (обратная, или возвратная, мутация). Репопуляция выражается в замещении пула поврежденных клеток неповрежденными, деление которых происходит после прекращения действия повреждающего фактора [Гродзинский, 1989]. Полагают, что это процесс функционирования генетически детерминированной системы, возникшей в процессе эволюции и обеспечивающей приспособительную реакцию семени к изменению внешних условий [Kondo, 1988]. В отличие от ферментативной репарации ДНК, которая часто бывает неполной, репопуляция всегда приводит к полной элиминации повреждения. Важно, что ген-супрессор лишь частично подавляет действие мутантного гена, и это существенно отражается на уровне приспособленности и ее компонентов – выживаемости и репродуктивной способности растений с супрессированной хлорофиллдефектностью.

В ходе экспериментов было обнаружено, что у хлорофиллдефектных растений овсяницы луговой система супрессии хлорофиллдефектности оказалась мультивалентной. Ресупрессия в период температурной релаксации происходит множественными альтернативными путями: быстро – медленно; через репопуляцию клеток базальной части проростка или реверсию с использованием физиологических ресурсов для восстановления структуры хлоропластов и синтеза пигментов. Возможны различные сочетания скорости и механизмов восстановления (быстрая реверсия – медленная реверсия и быстрая репопуляция – медленная репопуляция). Еще одной феноменологической чертой температурозависимой депигментации является тот факт, что восстановление может протекать двумя путями: каноническое восстановление (от окраски проростка с более выраженной депигментацией к менее выраженной) в 1–2 этапа и неканоническое (часто с усилением хлорофиллдефектности или с фенотипическими повторениями на первых этапах восстановления, зеленая окраска проявляется у последующих листьев) и только медленное (табл. 1).

Таблица 1. Фенотипический спектр проростков *Festuca pratensis* в зависимости от скорости и механизма восстановления функции гена-супрессора (температура проращивания семян 25 °С)

Скорость и механизмы восстановления функции гена-супрессора	Фенотип проростка
Быстрая реверсия (каноническое)	V>N, X>N, X>V, A>N, A>V
Медленная реверсия (каноническое)	V>V>N, X>X>N, A>A>N
Медленная реверсия (неканоническое)	V>X>N, X>A>N
Быстрая репопуляция (каноническое)	VN>VN, XN>XN, XV>XV
Быстрая репопуляция + быстрая реверсия (каноническое)	VN>N, XN>N, XV>N, XV>XN
Медленная репопуляция (каноническое)	V>VN, X>XN, X>XV, A>AN, A>AV
Медленная репопуляция (неканоническое)	V>XN>N, X>AV>N, X>AN>N

Примечание. Здесь и в табл. 2–5: сокращенные названия хлорофиллдефектных фенотипов обозначены в разделе «Материал и методы».

Формирование компонентов приспособленности растения (выживаемость и плодовитость) оказалось закономерно связанным со скоростью и механизмами восстановления функции гена-супрессора.

Так, общая выживаемость растений с фенотипами *viridis* и *xantha* в 2–2,5 раза выше при репопуляции (медленной и быстрой соответственно) по сравнению с реверсией. Плодовитость растений с этими фенотипами, напротив, выше в 1,5–2,5 раза при реверсии (медленной и быстрой соответственно). У растений с фенотипом *albina* и выживаемость (в 7,5 раза), и плодовитость выше при медленной репопуляции по сравнению с быстрой и особенно медленной реверсией. При этом выживаемость растений с фенотипом *albina* при медленной репопуляции в 1,5–2 раза выше, чем у растений *w-type* и с фенотипами *viridis* и *xantha* (табл. 2–5). Различия в скорости восстановления хлорофиллльного дефекта выявлены только для растений с фенотипом *albina*: при медленной реверсии общая выживаемость снижена в 1,6 раза по сравнению с быстрой реверсией (табл. 2–5).

Таблица 2. Выживаемость, плодовитость и приспособленность растений *Festuca pratensis* с супрессированной хлорофиллдефектностью, различающихся скоростью и механизмом восстановления пигментации при ресупрессии (**быстрое** восстановление фенотипов проростков к *w-type* путем **репопуляции**)

Признак	*w-type*	VN>VN	XN>XN, XV>XV	AV>AV
Фертильность пыльцы	0,90 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,84 ± 0,02	–
Доля проросших семян	0,62 ± 0,05	0,91 ± 0,02	0,86 ± 0,07	–
Доля выживших проростков	0,91 ± 0,03	0,88 ± 0,04	0,99 ± 0,04	
Доля жизнеспособных проростков	0,49 ± 0,05	0,39 ± 0,08	0,35 ± 0,06	–
Доля растений, достигших репродуктивного развития	0,96	0,97	1,00	–
Общая выживаемость	0,370	0,208	0,247	–
Масса семян на растение	11,76 ± 1,56	6,82 ± 1,12	6,16 ± 1,28	–
Масса 1000 семян	1,94 ± 0,03	1,93 ± 0,07	2,07 ± 0,1	–
Плодовитость растения	6074	**3527**	**2967**	–
Относительная выживаемость	1	0,562	**0,669**	–
Относительная плодовитость	1	0,581	0,488	–
Относительная приспособленность	1	0,326	0,327	–
Интенсивность элиминирующего отбора		**0,674**	**0,673**	–

Примечание. Здесь и в табл. 3–5: стандартизованные величины общей выживаемости – υ, плодовитости – κ; приспособленности – W; интенсивности элиминирующего отбора – S.

Таблица 3. Выживаемость, плодовитость и приспособленность растений *Festuca pratensis* с супрессированной хлорофиллдефектностью, различающихся скоростью и механизмом восстановления пигментации при ресупрессии (**медленное** восстановление фенотипов проростков к *w-type* путем **репопуляции**)

Признак	*w-type*	V>VN	X>XN (XV)	A>AN (AV)
Фертильность пыльцы	0,90 ± 0,01	0,82 ± 0,02	0,86 ± 0,02	0,93 ± 0,01
Доля проросших семян	0,62 ± 0,05	0,92 ± 0,02	0,90 ± 0,07	0,88 ± 0,06
Доля выживших проростков	0,95 ± 0,02	0,92 ± 0,01	0,97 ± 0,02	0,87 ± 0,08
Доля жизнеспособных проростков	0,49 ± 0,10	0,49 ± 0,10	0,33 ± 0,10	0,65 ± 0,09
Доля растений, достигших репродуктивного развития	0,96	1,00	0,97	1,00
Общая выживаемость	0,370	**0,351**	**0,251**	**0,526**
Масса семян на растение	11,76 ± 1,56	8,40 ± 1,87	7,48 ± 1,45	7,21 ± 1,23
Масса 1000 семян	1,94 ± 0,03	2,0 ± 0,11	1,94 ± 0,08	2,15 ± 0,08
Плодовитость растения	6074	4191	3862	**3350**
Относительная выживаемость	1	**0,950**	**0,678**	**1,423**
Относительная плодовитость	1	0,690	0,636	**0,552**
Относительная приспособленность	1	0,656	**0,432**	**0,785**
Интенсивность элиминирующего отбора		**0,344**	0,568	0,215

Таблица 4. Выживаемость, плодовитость и приспособленность растений *Festuca pratensis* с супрессированной хлорофиллдефектностью, различающихся скоростью и механизмом восстановления пигментации при ресупрессии (**быстрое** восстановление фенотипов проростков к *w-type* путем **реверсии**)

Признак	*w-type*	V>N	X>N	A>N
Фертильность пыльцы	0,90 ± 0,01	0,92 ± 0,01	0,85 ± 0,01	0,91 ± 0,04
Доля проросших семян	0,62 ± 0,05	0,40 ± 0,01	0,45 ± 0,06	0,59 ± 0,07
Доля выживших проростков	0,91 ± 0,04	0,91 ± 0,02	0,71 ± 0,03	0,79 ± 0,02
Доля жизнеспособных проростков	0,49 ± 0,05	0,55 ± 0,10	0,40 ± 0,07	0,49 ± 0,02
Доля растений, достигших репродуктивного развития	0,96	0,94	0,97	1,00
Общая выживаемость	0,370	**0,173**	**0,106**	0,208
Масса семян на растение	11,76 ± 1,56	16,87 ± 0,00	13,25 ± 2,17	5,83 ± 0,76
Масса 1000 семян	1,94 ± 0,03	1,82 ± 0,03	2,20 ± 0,05	1,90 ± 0,03
Плодовитость растения	6074	**9293**	**6036**	**3066**
Относительная выживаемость	1	**0,469**	**0,286**	**0,562**
Относительная плодовитость	1	**1,530**	**0,994**	0,505
Относительная приспособленность	1	**0,717**	**0,284**	**0,284**
Интенсивность элиминирующего отбора		**0,283**	**0,716**	**0,716**

Таблица 5. Выживаемость, плодовитость и приспособленность растений *Festuca pratensis* с супрессированной хлорофиллдефектностью, различающихся скоростью и механизмом восстановления пигментации при ресупрессии (**медленное** восстановление фенотипов проростков к *w-type* путем **реверсии**)

Признак	*w-type*	V>V	X>X	A>A
Фертильность пыльцы	0,90 ± 0,01	0,94 ± 0,01	0,90 ± 0,01	0,54 ± 0,02
Доля проросших семян	0,62 ± 0,05	0,48 ± 0,01	0,53 ± 0,09	0,26 ± 0,05
Доля выживших проростков	0,91 ± 0,04	0,74 ± 0,05	0,67 ± 0,06	1,00 ± 0,02
Доля жизнеспособных проростков	0,49 ± 0,05	0,42 ± 0,15	0,45 ± 0,07	0,62 ± 0,03
Доля растений, достигших репродуктивного развития	0,96	0,84	0,92	0,82
Общая выживаемость	0,370	**0,118**	**0,133**	**0,071**
Масса семян на растение	11,76 ± 1,56	12,44 ± 3,21	8,81 ± 1,77	4,57 ± 0,81
Масса 1000 семян	1,94 ± 0,03	2,14 ± 0,02	2,06 ± 0,04	1,97 ± 0,09
Плодовитость растения	6074	**5813**	**4277**	**2320**
Относительная выживаемость	1	**0,319**	**0,359**	**0,193**
Относительная плодовитость	1	**0,957**	**0,704**	**0,382**
Относительная приспособленность	1	**0,305**	**0,253**	**0,074**
Интенсивность элиминирующего отбора		**0,695**	**0,747**	**0,926**

Показатели относительной выживаемости и плодовитости растений с супрессированной хлорофиллдефектностью проявили фенотипическую зависимость экспрессии признака. Максимальные значения относительной выживаемости для растений всех фенотипических групп выявлены при медленной репопуляции, а минимальные – при медленной реверсии. Относительная плодовитость растений с фенотипом *viridis* характеризуется максимальными значениями при быстрой и медленной реверсии, с фенотипом *xantha* – при быстрой реверсии и с фенотипом *albina* – при медленной репопуляции. Максимальные значения относительной приспособленности растений с фенотипом *viridis* установлены при быстрой реверсии, с фенотипами *xantha* и *albina* – при медленной репопуляции.

Различия между механизмами восстановления пигментации проростков при ресупрессии по приспособленности растений с фенотипом *xantha* выражены в меньшей степени (в 1,7 раза), чем с фенотипами *viridis* (в 2,4 раза) и *albina* (в 10,6 раза). Этот эффект связан, как будет показано ниже, прежде всего с жестким давлением стабилизирующего отбора в отношении признаков растений, формирующих их приспособленность. Выявлен компенсаторный эффект (повышение компонентов приспособленности по сравнению с *w-type*) по относительной выживаемости у растений с фенотипом *albina* (в 1,4 раза) при медленной репопуляции и по относительной плодовитости у растений с фенотипами *viridis* (в 1,5 раза) при быстрой реверсии.

Оценка действия естественного отбора (стабилизирующей его формы) была проведена в отношении признаков, формирующих выживаемость и плодовитость, на основе анализа ранжированных отклонений от средних арифметических их значений. Установлено, что интенсивность действия стабилизирующего

отбора определяется как исследуемым признаком (компонентом приспособленности), так и хлорофиллдефектным фенотипом растений и в меньшей степени механизмами фенотипических превращений окраски проростков при ресупрессии (табл. 6). Сильное давление стабилизирующего отбора выявлено для фертильности пыльцы, для выживших и жизнеспособных проростков и значительно более низкое – для массы семян на растение и массы 1000 семян.

Таблица 6. Интенсивность стабилизирующего отбора в отношении компонентов приспособленности растений *Festuca pratensis* с супрессированной хлорофиллдефектностью, различающихся скоростью и механизмом восстановления пигментации при ресупрессии

Признак	Интенсивность стабилизирующего отбора			
	1	2	3	4
Быстрая репопуляция				
Фертильность пыльцы		*viridis*	*w-type*	*xantha*
Всхожесть семян		*w-type*	*viridis*	*xantha*
Доля выживших проростков		*viridis*	*xantha*	*w-type*
Доля жизнеспособных проростков		*w-type*	*viridis*	*xantha*
Масса семян на растение		*viridis*	*xantha*	*w-type*
Масса 1000 семян		*w-type*	*xantha*	*viridis*
Медленная репопуляция				
Фертильность пыльцы	*viridis*	*w-type*	*albina*	*xantha*
Всхожесть семян	*albina*	*w-type*	*viridis*	*xantha*
Доля выживших проростков	*viridis*	*w-type*	*xantha*	*albina*
Доля жизнеспособных проростков	*viridis*	*w-type*	*albina*	*xantha*
Масса семян на растение	*viridis*	*albina*	*w-type*	*xantha*
Масса 1000 семян	*albina*	*viridis*	*w-type*	*xantha*
Быстрая реверсия				
Фертильность пыльцы	*xantha*	*w-type*	*albina*	*viridis*
Всхожесть семян	*albina*	*w-type*	*viridis*	*xantha*
Доля выживших проростков	*viridis*	*albina*	*w-type*	*xantha*
Доля жизнеспособных проростков	*albina*	*viridis*	*w-type*	*xantha*
Масса семян на растение	*viridis*	*albina*	*w-type*	*xantha*
Масса 1000 семян	*albina*	*w-type*	*xantha*	*viridis*
Медленная реверсия				
Фертильность пыльцы	*albina*	*w-type*	*xantha*	*viridis*
Всхожесть семян	*albina*	*w-type*	*viridis*	*xantha*
Доля выживших проростков	*viridis*	*albina*	*w-type*	*xantha*
Доля жизнеспособных проростков	*albina*	*viridis*	*w-type*	*xantha*
Масса семян на растение	*viridis*	*albina*	*w-type*	*xantha*
Масса 1000 семян	*albina*	*w-type*	*xantha*	*viridis*

Примечание. 1–4 – степени интенсивности стабилизирующего отбора от слабой к сильной.

Сравнительный анализ интенсивности стабилизирующего отбора у растений трех фенотипических по хлорофиллдефектности групп показал, что его давление, как правило, наиболее сильно выражено у растений с фенотипом *xantha* и не зависит ни от скорости, ни от механизма восстановления хлорофиллного дефекта, тогда как для растений с фенотипами *viridis* и *albina* механизм и скорость восстановления хлорофиллного дефекта имеет значение в проявлении действия стабилизирующего отбора (табл. 6). Так, например, действие стабилизирующего отбора в отношении фертильности пыльцы наименее выражено для растений с фенотипом *viridis* при быстрой репопуляции, а с фенотипом *albina* – при медленной реверсии. Как видно, различия в относительной приспособленности растений с супрессированной хлорофиллдефектностью зависят от действия стабилизирующего отбора в отношении формирующих ее компонентов (выживаемость и плодовитость).

Таким образом, как показывают наши многолетние исследования, генетическая супрессия, выполняющая охранную функцию, подавляет функциональную активность генетически дефектных и не отселектированных естественным отбором генных локусов и, следовательно, выполняет функцию системы, обеспечивающей эффективную защиту. Восстановление пигментации связано со скоростью этого процесса (быстрое – медленное) и со специфичностью путей фенотипических превращений (репопуляция – реверсия). Механизмы восстановления пигментации при ресупрессии являются главной составляющей в стратегии выживания растений с супрессированной хлорофиллдефектностью. Проведенное исследование позволило установить дифференциальную приспособленность растений с супрессированной хлорофиллдефектностью, что связано как со степенью хлорофиллного дефекта растений, так и с механизмами фенотипических

изменений окраски проростков при ресупрессии и их скорости; показать зависимость относительной приспособленности растений с супрессированной хлорофиллдефектностью от клеточных механизмов восстановления пигментации при ресупрессии; выявить приспособительный эпистаз в отношении относительной выживаемости и относительной плодовитости у растений отдельных фенотипических групп.

Литература

Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 2003. 431 с.

Гродзинский Д. М. Радиобиология растений. Киев, 1989. 380 с.

Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Инге-Вечтомов С. Г. Блочный принцип в теории эволюции. Перспективы и парадоксы // Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы. М.; СПб.: Т-во научных изданий. КМК. 2004. С. 74–87.

Инге-Вечтомов С. Г., Миронова Л. Н., Тер-Аванесян М. Д. Неоднозначность трансляции: версия эукариот // Генетика. 1994. Т. 30, № 8. С. 1022–1035.

Калам Ю., Орав Т. Хлорофильная мутация. Таллин, 1974. 60 с.

Лебедева О. Н., Титов А. Ф., Стафеева Е. Б., Николаевская Т. С. О стратегии фотозащиты у высших растений // Доклады РАСХН. 2007. № 4. С. 15–19.

Олимпиенко Г. С., Титов А. Ф., Митрофанов Ю. А. Депигментация проростков овсяницы луговой под влиянием температуры // Генетика. 1976. Т. 12, № 1. С. 153–155.

Олимпиенко Г. С., Лебедева О. Н., Николаевская Т. С. и др. Содержание пигментов и морфологический тип у овсяницы луговой // Доклады РАСХН. 2005. № 5. С. 15–17.

Суходолец В. В. Механизм вертикальной эволюции и теория нейтральности // Генетика. 1991. Т. 27, № 10. С. 1685–1696.

Суходолец В. В. Регуляторный отбор как альтернатива теории нейтральности // Генетика. 1995. Т. 31, № 12. С. 1589–1597.

Суходолец В. В. Приспособленность, экологическая устойчивость и эволюция диплоидных организмов // Генетика. 2000. Т. 36, № 1. С. 5–16.

Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. Краткий очерк теории эволюции. М., 1977. 297 с.

Титов А. Ф., Олимпиенко Г. С. Частота хлорофилл-дефектных проростков в селекционных потомствах овсяницы луговой *(Festuca pratensis* Huds.*)* // Генетика. 1976. Т. 12, № 2. С. 162–164.

Титов А. Ф., Олимпиенко Г. С., Павлова Н. А. О возможности селективной ценности температурочувствительных хлорофильных мутаций у овсяницы луговой // Журн. общей биологии. 1978. Т. 39, № 4. С. 628–632.

Хедрик Ф. Генетика популяций. М.: Техносфера, 2003. 588 с.

Kondo S. Altruistic cell suicide in relation to radiation hormesis // Int. J. Radiat. Biol. 1988. Vol. 53, N 1. P. 95–102.

Land J. B., Whittington W. J., Norton G. Environment dependent chlorosis in mutant plant of *Festuca pratensis* Huds. // Ann. Bot. 1971. Vol. 35, N 141. P. 605–613.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лебедева Ольга Николаевна
зам. директора по научной работе, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: lebedeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 774682

Титов Александр Федорович
председатель КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: krcras@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Николаевская Татьяна Сергеевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nicoltn@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Lebedeva, Olga
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: lebedeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 774682

Titov, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: krcras@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710

Nikolaevskaya, Tatiana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nicoltn@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 104–112

УДК 582.632.1: 581.1

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ N : P : K В СРЕДЕ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ РОДА *BETULA*

В. Б. Придача, С. В. Позднякова, Т. А. Сазонова

Институт леса Карельского научного центра РАН

Проведено исследование минерального состава сеянцев березы повислой (*Betula pendula* var. *pendula*) и карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica*) при разной обеспеченности питательной среды основными элементами минерального питания. Выявлены «биологический» и «хозяйственный» оптимумы *N : P : K* и их сходство у исследуемых форм берез. Показаны внутривидовые особенности распределения биомассы растения в условиях разной обеспеченности среды макроэлементами. Обсуждаются возможные причины этих различий.

Ключевые слова: *Betula pendula* var. *pendula*, *Betula pendula* var. *carelica*, морфометрические показатели, «биологический» и «хозяйственный» оптимумы *N : P : K*.

V. B. Pridacha, S. V. Pozdnyakova, T. A. Sazonova. EFFECT OF AMBIENT N : P : K RATIOS ON THE MINERAL NUTRIENT COMPOSITION IN *BETULA* PLANTS

Investigation of the elemental composition was carried out in common silver birch (*Betula pendula* var. *pendula*) and curly (Karelian) birch (*Betula pendula* var. *carelica*) seedlings at early stages in the ontogeny against the background of variation in the availability of major mineral nutrients in the substratum. The «biological» and «commercial» *N : P : K* optimums and their similarity in the birch forms in question were determined. Intraspecific variation of the structural organization of the plants under the conditions of different availability of macroelements is demonstrated. Probable causes of the distinctions are discussed.

Key words: *Betula pendula* var. *pendula*, *Betula pendula* var. *carelica*, morphometric parameters, «biological» and «commercial» *N : P : K* optimums.

Введение

Древесные виды рода *Betula* имеют широкий ареал и являются основными лесообразующими видами на Северо-Западе России, наряду с растениями родов *Pinus* и *Picea*. Особый интерес для исследователей представляет карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Merclin) Hämet Ahti) в связи с выявлением механизмов формирования структурных аномалий [Любавская, 1978; Барильская, 1979; Коровин и др., 2002; Новицкая, 2008 и др.]. Согласно концепции Л. Л. Новицкой [2008], карельская береза является экологической формой березы повислой (*Betula pendula* Roth), естественный ареал которой занимает очень небольшую часть ареала березы повислой.

Вопрос о роли воздействия факторов среды на формирование узорчатой древесины карельской березы широко обсуждается в литературе [Ермаков, 1986; Евдокимов, 1989; Ветчинникова, 2004; Новицкая, 2008 и др.].

Важную роль в комплексе внешних факторов, индуцирующих аномальный рост, отводят уровню почвенного плодородия, в частности, азотного питания [Новицкая, 2008]. В свою очередь, изменения структурной организации тканей ствола, вероятно, должны сказываться на процессах обмена, в частности, транспорте и метаболизме элементов минерального питания в растении. Анализ работ по изучению элементного состава древесных растений рода *Betula* в норме и при аномальном росте в зависимости от этапа онтогенеза в естественных условиях среды показал слабую изученность и фрагментарный характер имеющихся в настоящее время данных для разных форм и видов [Ремезов и др., 1959; Комшилов, Селиванова, 1962; Казимиров и др., 1978; Ingestad, 1979; Ferm, Markkola, 1985; Margolis, Vezina, 1988; Wendler, Millard, 1996; Oleksyn et al., 2000 и др.], что не позволяет провести их сравнительную оценку.

В этой связи представляет интерес изучение минерального состава растения обычной березы повислой (*Betula pendula* var. *pendula*) и карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica*) при разной обеспеченности питательной среды основными элементами минерального питания.

Материал и методы

Исследование проводили в камеральных условиях в лаборатории физиологии и цитологии древесных растений Института леса КарНЦ РАН (ИЛ КарНЦ РАН). Вегетационные опыты были проведены на сеянцах березы повислой (*Betula pendula* var. *pendula*) и карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica* (Merclin) Hämet Ahti), выращенных из сертифицированных семян от контролируемого опыления (Финляндия), в условиях песчаной культуры. Для этого семена березы повислой и карельской березы высевали в вегетационные сосуды с приготовленными на дистиллированной воде питательными средами согласно схеме опыта (табл. 1) и помещали в светоустановку. Питательную смесь вносили однократно перед посевом семян. В каждом сосуде, содержащем 4 кг кварцевого песка, выращивали по 100 растений при освещенности 15 клк, температуре воздуха +25 °С, относительной влажности воздуха 50 %, при поливе дистиллированной водой по массе до 60 % от полной влагоемкости. Плотность посадки 1 раст./см^2. Во всех вариантах питательной смеси за 100 % принимали суммарную концентрацию *N+P+K* в среде Ингестада для березы, равную 24,10 мг-атом/л [Гродзинский, Гродзинский, 1973]. Таким образом, растения разных вариантов выращивали при одинаковой суммарной концентрации *N+P+K*, но разном соотношении *N : P : K* в среде [Вахмистров, Воронцов, 1994, 1997].

Таблица 1. Содержание и соотношение *NPK* в питательной среде

Вариант	Концентрация, мг-ат./кг			Соотношение
	N	*P*	*K*	*N : P : K*, %
1	0,96	11,57	11,57	4 : 48 : 48
2	3,61	11,57	8,92	15 : 48 : 37
3	6,27	16,87	0,96	26 : 70 : 4
4	8,19	7,95	7,95	34 : 33 : 33
5	9,88	9,64	4,58	41 : 40 : 19
6	11,57	6,27	6,27	48 : 26 : 26
7	11,57	8,92	3,61	48 : 37 : 15
8	11,57	11,57	0,96	48 : 48 : 4
9	14,22	3,62	6,27	59 : 15 : 26
10	14,22	6,27	3,61	59 : 26 : 15

Содержание остальных макро- (г/л) и микроэлементов (мг/л) в питательных средах соответствовало среде Ингестада для березы: 0,30 – $CaCO_3$, 0,49 – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 13,50 – $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, 1,50 – $MnSO_4$, 0,15 – $CuSO_4$, 0,25 – $ZnSO_4$, 2,80 – H_3BO_3, 0,02 – $(NH_4)_2MoO_4$ [Гродзинский, Гродзинский, 1973]. По окончании опытов через 10 недель определяли сухую массу отдельных органов (корни, стебли, листья) и проводили их химический анализ. Сухой вес листьев, стеблей и корней определяли после высушивания до абсолютно сухого веса в термостате при температуре 105 °С. Систематизацию данных проводили для отдельного органа и целого растения. Биологическая повторность трехкратная.

Среднее содержание элемента в целом растении (С) рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{\sum (c_o m_o)}{m_\Sigma},$$

где c_o – концентрация элемента в отдельном органе (% на сухой вес), m_o и m_Σ – сухая масса этого органа и целого растения, соответственно (мг/растение).

Химический анализ растительных образцов проводили в аналитической лаборатории ИЛ КарНЦ РАН. Определение содержания азота (*N*) выполняли с помощью элементного анализатора PE-2410 (Perkin Elmer, США), калия (*K*) – методом атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрофотометрии на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-6800 (Shimadzu, Япония), фосфора (*P*) – спектрофотометрическим методом с молибденовой синью (Методическое руководство..., 1990). Ошибка определения 5–10 %. Аналитическая повторность трехкратная.

Оптимум *N : P : K* определяли методом корреляционного зондирования купола отклика «соотношение питательных элементов в среде – рост растений» [Вахмистров и др., 1986; Вахмистров, Воронцов, 1994]. Отклонения (разность между двумя соотношениями *N : P : K*) выражали как корень квадратный из суммы квадратов разностей долей отдельных элементов: $\Delta_y = \sqrt{\Delta^2_N + \Delta^2_P + \Delta^2_K}$ [Вахмистров, Воронцов, 1994].

Для обработки результатов использовали методы вариационной статистики [Ивантер, Коросов, 2003]. Результаты наблюдений представлены в таблицах в виде средней арифметической величины и ошибки средней. Проверку гипотез и оценку существенных различий между средними величинами осуществляли с помощью критерия Стьюдента при 5%-м уровне значимости.

Результаты и обсуждение

Структурные характеристики. Анализ распределения биомассы сеянцев по органам березы повислой и карельской березы (рис. 1) показал, что наибольшей ростовой активностью во всех вариантах обладают листья и корни исследуемых форм берез. Стебель по всем вариантам опыта уступает в скорости нарастания корням и листьям. Диапазон изменений относительной массы листьев, стеблей и корней для березы повислой составил 44–58, 11–20 и 24–42 % соответственно, для карельской березы – соответственно 43–69, 16–22 и 15–41 %.

Следует отметить, что при рассмотрении всех вариантов эксперимента достоверной зависимости распределения биомассы от условий обеспеченности субстрата макроэлементами обнаружено не было ни для березы повислой, ни для карельской березы. Однако в результате кластерного анализа распределения биомассы исследуемых форм берез были выявлены две группы (рис. 2), соответственно варианты 1–5 и 6–10, для которых была установлена зависимость накопления биомассы от доли *N* в соотношении *N : P : K* в среде. Так, при увеличении доли *N* в среде с 4 до 41 % (варианты 1–5) происходит снижение массы листа ($r = -0{,}96$, $R^2 = 0{,}93$, $p < 0{,}05$) и увеличение массы корня ($r = 0{,}96$, $R^2 = 0{,}92$, $p < 0{,}05$) как для березы повислой, так и для карельской, соответственно с 58 до 44, с 28 до 40 и с 69 до 43, с 15 до 41 %. Однако при дальнейшем увеличении доли *N* в среде с 48 до 59 % (варианты 6–10) ответные реакции исследуемых форм берез различаются. Если у березы повислой также происходит снижение массы листа с 58 до 51 % ($r = -0{,}89$, $R^2 = 0{,}79$, $p < 0{,}05$) и увеличение массы корня с 25 до 33 % ($r = 0{,}90$, $R^2 = 0{,}81$, $p < 0{,}05$) с ростом доли *N* в среде, то для карельской березы обнаружена некоторая стабилизация отношения надземной и подземной частей растения. Причиной большего накопления массы корней у березы повислой при увеличении *N* в питательной среде, вероятно, может быть усиленный отток питательных веществ в корни по сравнению с карельской березой, у которой, напротив, происходит более активное потребление ассимилятов в надземных органах.

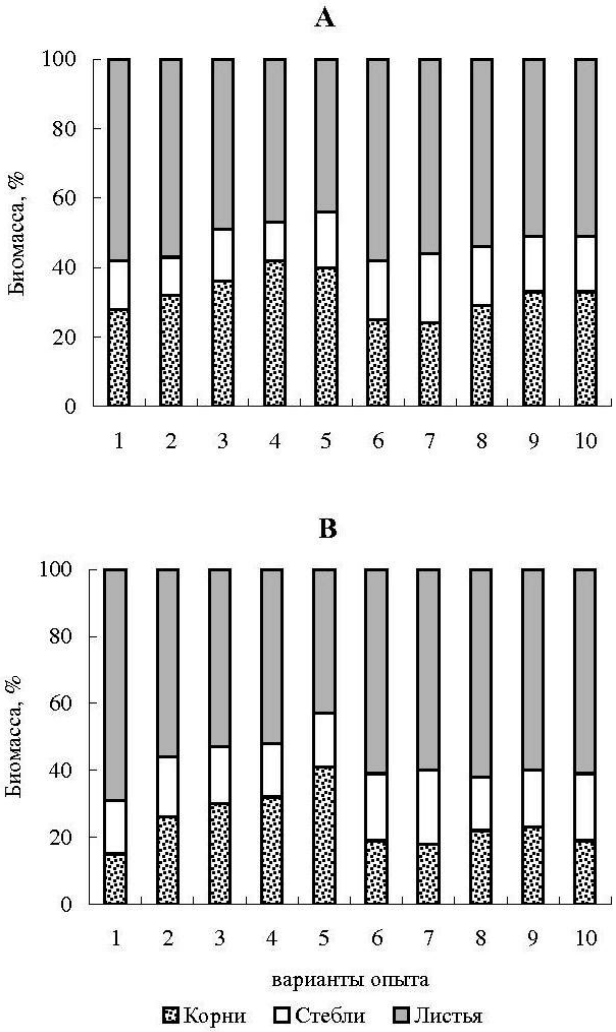


Рис. 1. Распределение биомассы по органам сеянцев березы повислой (A) и карельской березы (B) (абсолютно сухой вес выражен в относительных процентах; варианты опыта здесь и на рис. 2 и 3 смотри в табл. 1)

Сравнительный анализ соотношения подземной (корни) и надземной массы (листья и стебли) также выявил различия для исследуемых форм берез (рис. 3). Так, во всех вариантах опыта меньшие значения соотношения

подземной и надземной массы были у карельской березы. Диапазон изменения соотношения по всем вариантам опыта составил для березы повислой и карельской березы 0,36–0,76 и 0,15–0,61 соответственно, средние значения показателя в эксперименте – соответственно 0,49 и 0,32. Этот факт, вероятно, свидетельствует о более интенсивном развитии подземной части сеянцев березы повислой и, напротив, надземной части сеянцев карельской березы. Ранее мы также отмечали в период интенсивного роста более активное развитие ассимиляционной поверхности карельской березы по сравнению с березой повислой [Придача, Позднякова, 2010]. Исключение составил вариант 5, в котором при соотношении *N : P : K* в среде 41 : 40 : 19 соотношения подземной и надземной массы исследуемых форм берез были близки и составили 0,66 и 0,61 соответственно.

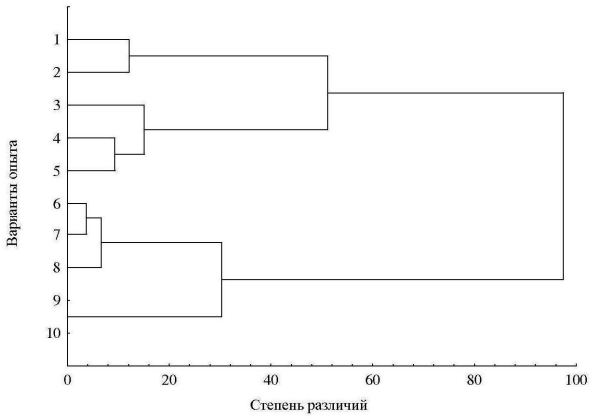


Рис. 2. Результаты кластерного анализа распределения биомассы исследуемых форм берез

Минеральный состав. Сопоставление данных по содержанию и соотношению основных элементов минерального питания в питательной среде и сеянцах исследуемых форм берез показало, что они существенно различаются (табл. 1 и 2). Максимальные и минимальные значения содержания *N*, *P*, *K* в питательной среде по вариантам опыта различались соответственно в 15, 4 и 12 раз, тогда как в целом растении березы повислой – в 1,5, 1,6 и 1,7 раза соответственно. Для карельской березы было отмечено двукратное изменение содержание макроэлементов по вариантам опыта. При этом диапазон варьирования доли *N*, *P*, *K* в тройном соотношении в среде составил (4–59) : (15–70) : (4–48), которому соответствовал более узкий диапазон варьирования долей элементов в растении березы повислой и карельской березы (47–64) : (13–21) : (20–32) и (50–68) : (12–28) : (14–28) соответственно.

Таким образом, за счет избирательности поглощения диапазон варьирования содержания и соотношения основных элементов минерального питания *NPK* в сеянцах как березы повислой, так и ее формы – карельской березы уменьшился в несколько раз. Аналогичные данные ранее нами были получены для саженцев сосны [Сазонова, Придача, 2002]. Такие результаты поддерживают гипотезу Д. Б. Вахмистрова [1966] о двух видах избирательной способности. Абсолютная избирательность обеспечивает различие между содержанием элементов в среде и растении и заключается в том, что при изменении концентрации элемента в среде в определенное число раз его поглощение изменяется в меньшее число раз. Относительная избирательность проявляется в способности растений поглощать и накапливать элементы минерального питания в соотношении, более близком к оптимальному для их жизнедеятельности и отличном от соотношения элементов в наружной среде, что и следует из полученных результатов.

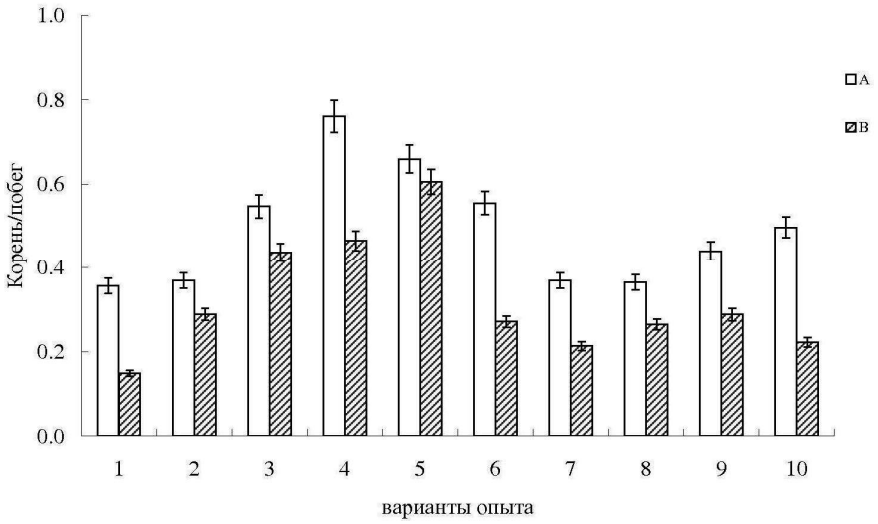


Рис. 3. Соотношение подземной и надземной массы березы повислой (А) и карельской березы (В) в условиях разной обеспеченности основными элементами минерального питания *N : P : K*

Таблица 2. Содержание и соотношение *NPK* в сеянцах березы повислой (над чертой) и карельской березы (под чертой)

Вариант	Содержание, мг-ат./г сухой массы			Соотношение *N : P : K*, %
	N	*P*	*K*	
1	31,6 24,3	14,1 11,9	22,0 12,0	47 : 21 : 32 50 : 25 : 25
2	29,1 34,4	10,5 13,5	16,5 18,9	52 : 19 : 29 52 : 20 : 28
3	– 31,4	– 16,4	– 11,8	– 52 : 28 : 20
4	40,6 40,5	9,6 13,6	23,3 16,7	55 : 13 : 32 57 : 19 : 24
5	41,8 45,2	15,4 13,1	16,2 10,7	57 : 21 : 22 65 : 19 : 16
6	– 41,1	– 9,4	– 9,4	– 68 : 16 : 16
7	42,8 46,2	13,5 12,6	14,4 9,6	61 : 19 : 20 68 : 18 : 14
8	– 41,4	– 12,4	– 12,6	– 62 : 19 : 19
9	– 44,5	– 8,2	– 14,0	– 67 : 12 : 21
10	44,2 46,2	10,9 10,0	13,6 11,6	64 : 16 : 20 68 : 15 : 17

Примечание. Прочерк – нет данных.

Далее для выявления оптимальных соотношений *N : P : K* березы повислой и карельской березы были использованы методические подходы [Вахмистров и др., 1986; Вахмистров, Воронцов, 1994, 1997], разработанные для расчета соотношений основных элементов минерального питания в среде, которые соответствуют биологическому и хозяйственному оптимумам растения.

Хозяйственный оптимум *N : P : K* определяли методом корреляционного зондирования купола отклика «соотношение питательных элементов в среде – рост растений» [Вахмистров и др., 1986; Вахмистров, Воронцов, 1994], выбрав в качестве параметра оптимизации сухую массу растения. Принцип метода основан на том, что чем ближе к оптимуму соотношение макроэлементов в среде, тем сильнее будет тормозиться рост растений при отклонении от него и, следовательно, тем выше будет коэффициент отрицательной корреляции между ростом и отклонениями от этого соотношения. Сухая масса сеянцев исследуемых форм берез, выращенных при разных соотношениях *N : P : K* в питательной среде, приведена в табл. 3. Найденное с помощью метода корреляционного зондирования оптимальное соотношение *N : P : K* оказалось одинаковым (рис. 4) как для березы повислой, так и для карельской березы и составило 59 : 26 : 15, r = –0,86 ($p < 0,05$). Для подтверждения оптимальности соотношения построили график зависимости (рис. 5) изменения биомассы сеянцев берез от отклонений долей *N*, *P* и *K* в среде от оптимального соотношения 59 : 26 : 15. Как и ожидали, по мере удаления соотношений *N : P : K* в опытных вариантах от оптимума общая биомасса растений снижается.

Таблица 3. Зависимость общего сухого веса растения березы повислой (над чертой) и карельской березы (под чертой) от соотношений *N : P : K* в питательной среде

Вариант	Доля в сумме *N+P+K*, ат. %			Сухой вес, мг/растение	t-Student ($t_{0,05} = 4,30$)
	N	*P*	*K*		
1	4	48	48	15,80 ± 0,60 18,05 ± 1,30	1,35
2	15	48	37	14,76 ± 0,90 17,70 ± 1,50	1,43
3	26	70	4	14,25 ± 0,25 16,95 ± 0,45	7,10*
4	34	33	33	17,60 ± 1,10 21,60 ± 0,90	2,81
5	41	40	19	28,20 ± 1,80 22,70 ± 1,60	1,65
6	48	26	26	26,35 ± 1,10 25,10 ± 1,70	0,86
7	48	37	15	24,35 ± 1,80 31,70 ± 2,10	1,52
8	48	48	4	33,05 ± 1,55 29,70 ± 0,90	2,06
9	59	15	26	33,40 ± 1,90 30,35 ± 2,10	0,68
10	59	26	15	38,20 ± 2,20 44,70 ± 2,30	2,10

Примечание. Сумма *N+P+K* во всех вариантах одинакова и равна 24,10 мг-ат./кг; * – различия достоверны.

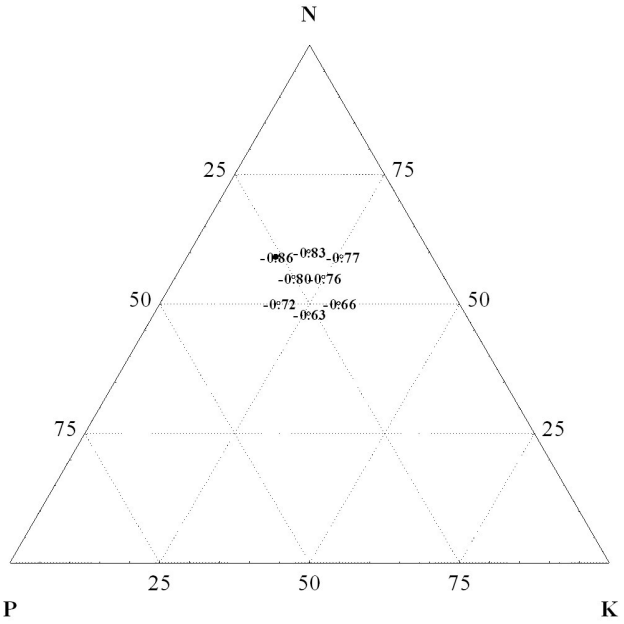


Рис. 4. Результаты корреляционного зондирования купола отклика «сухая масса растений – соотношение *N : P : K* в среде»; черная точка – оптимум *N : P : K* (59 : 26 : 15, r = –0,86, $p < 0,05$)

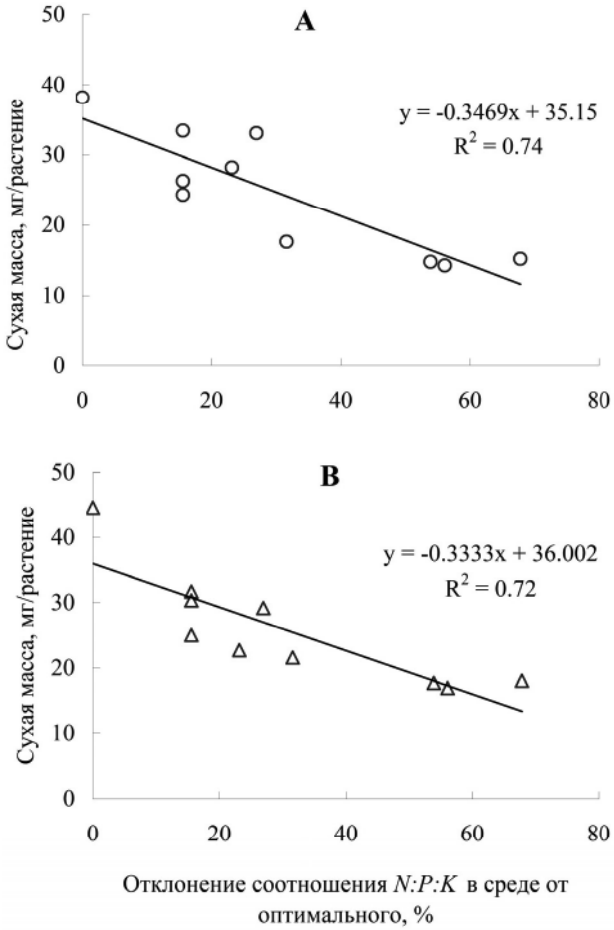


Рис. 5. Изменение сухой массы сеянцев березы повислой (А) и карельской березы (В) по мере отклонения соотношений *N : P : K* в среде от оптимального (59 : 26 : 15)

Внутренний (биологический) оптимум – такое соотношение *N : P : K* в среде, при котором основные элементы минерального питания будут поглощаться и накапливаться в растениях в том же самом соотношении [Вахмистров, Воронцов, 1997]. Для определения внутреннего (биологического) оптимума рассмотрели зависимость доли каждого элемента в соотношении *N : P : K* в сеянцах исследуемых форм берез от доли того же элемента в среде, независимо от вариации внешних долей двух других элементов.

Для доли азота (1), фосфора (2) и калия (3) в соотношении *N : P : K* в сеянцах березы повислой (а) и карельской березы (в) такая зависимость удовлетворительно аппроксимируется уравнением линейной регрессии ($p < 0,05$):

$N_y = 46,20 + 0,2926N_x$ $R^2 = 0,97$ (1a)
$N_y = 46,55 + 0,3756N_x$ $R^2 = 0,86$ (1b)
$P_y = 8,45 + 0,2513P_x$ $R^2 = 0,48$ (2a)
$P_y = 8,18 + 0,2793P_x$ $R^2 = 0,87$ (2b)
$K_y = 13,20 + 0,4260K_x$ $R^2 = 0,80$ (3a)
$K_y = 15,28 + 0,2079K_x$ $R^2 = 0,43$ (3b)

где N_y, P_y, K_y – расчетные доли в соотношении *N : P : K* в растениях, N_x, P_x, K_x – заданные в эксперименте доли в их тройном соотношении в среде (%), R^2 – коэффициент детерминации.

По данным этого опыта доли *N*, *P*, *K* в соотношении макроэлементов для березы повислой и карельской березы составили 65, 12, 23 и 68, 12, 20 %, соответственно. Сумма этих величин в обоих случаях равна 100 %. Адекватность моделей подтверждается данными рис. 6. Разность между соотношениями была незначительной и составила всего 4 %. Т. А. Шуляковская с соавторами [2010] также отмечает сходство физиолого-биохимических показателей, в частности липидного, жирнокислотного состава, и азотсодержащих соединений для растений березы повислой и карельской березы на ранних этапах онтогенеза.

Таким образом, в результате расчета оптимальных соотношений питательной среды мы установили, что для сеянцев березы повислой и ее формы – карельской березы соотношения макроэлементов во внешней среде, соответствующие внутреннему оптимуму, были близкими и составили 65 : 12 : 23 и 68 : 12 : 20 соответственно. Соотношение *N : P : K* во внешней среде, обеспечивающее максимальный рост растений, было одинаковым для исследуемых форм берез – 59 : 26 : 15. Сопоставление биологического и хозяйственного оптимумов березы повислой и карельской березы показало, что они значимо различаются. Различие между ними составило 17 % ($p < 0,05$). Для удовлетворения собственных биологических потребностей (внутренний оптимум) растений березы повислой и ее формы – карельской березы по сравнению с максимальным накоплением ими биомассы (хозяйственный оптимум) требуется несколько более высокая доля *N* в тройном соотношении в среде, соответственно, 65–68 и 59 %. Кроме того, равновесное соотношение *N : P : K* отличается также в 1,5 раза большей долей *K* в сумме трех основных элементов минерального питания. Однако доля *P* в «хозяйственном» оптимуме исследуемых форм берез была выше в 2 раза, чем в равновесном соотношении, отражающем биологический оптимум. Различие по продуктивности (сухой массе) между этими соотношениями различалось и составило 10 %.

Можно было бы предположить, что причиной более высокой доли P в «хозяйственном» оптимуме является ювенильный возраст опытных растений. Однако аналогичная тенденция ранее была обнаружена как для травянистых растений, выращенных в песчаной культуре до полного созревания [Вахмистров и др., 1986;

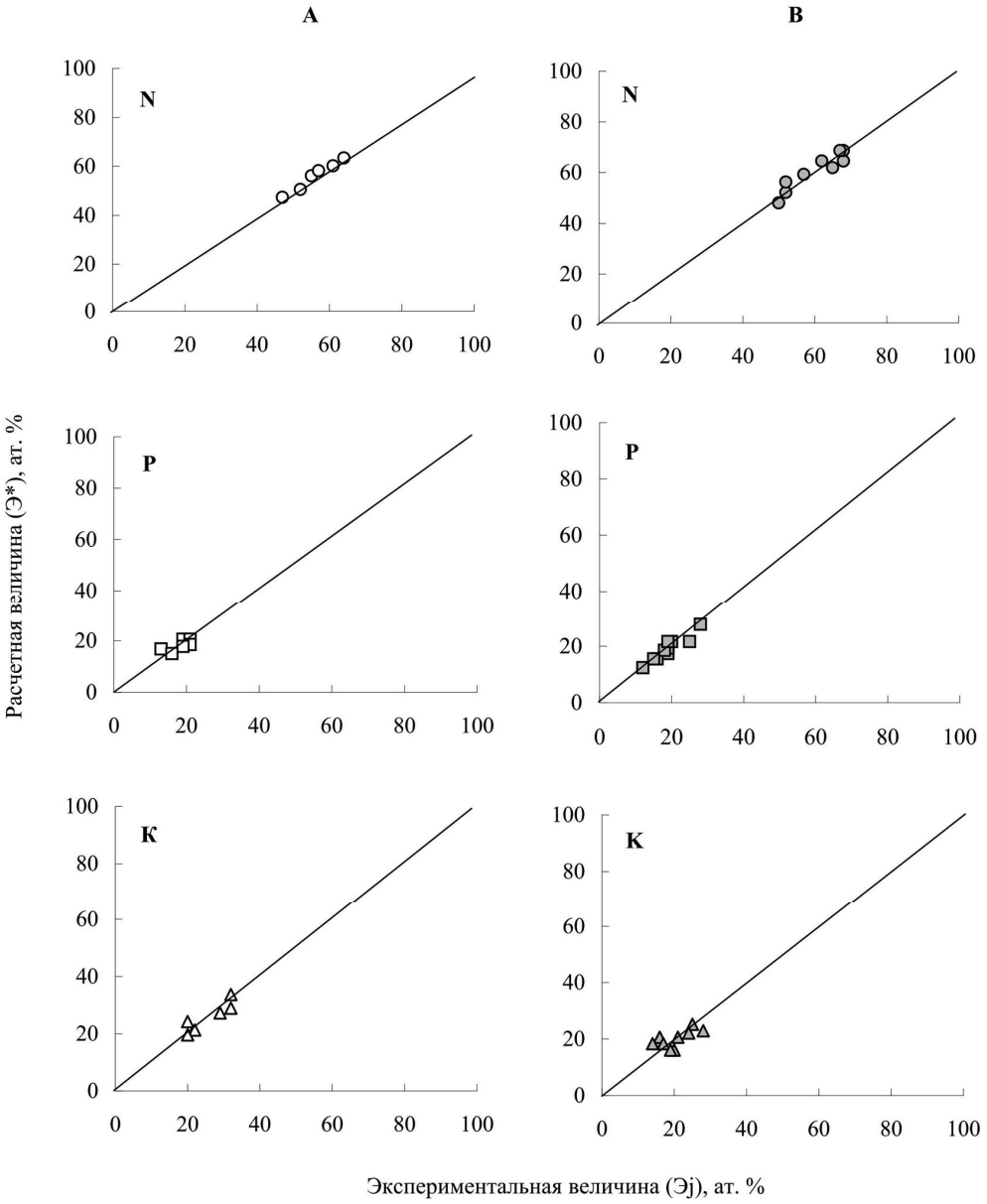


Рис. 6. Соответствие долей каждого из трех элементов в соотношении *N : P : K* в сеянцах березы повислой (А) и карельской березы (В), рассчитанных по уравнениям (1), (2) и (3) (Э*), их экспериментальным величинам (Эj) (прямые – биссектрисы прямого угла)

Вахмистров, Воронцов, 1997], так и для саженцев хвойных растений [Сазонова, Придача, 2002]. Такой результат может быть связан с рядом причин. Известно, что оптимальная обеспеченность растений *P* способствует высокой интенсивности физиологических процессов, в частности, возрастает сопряженность процессов окисления и фосфорилирования, происходит интенсификация процессов фотосинтеза, а также стимуляция оттока сахаров из мезофилла в проводящие пути и к корням и, как следствие, повышение продукционного процесса [Сабинин, 1971; Курсанов, 1976; Мокроносов, Гавриленко, 1992 и др.]. Кроме того, наиболее чувствительными к недостатку *P* оказываются рост и развитие растений – процессы, тесно связанные с обменом нуклеиновых кислот. Также отмечают, что недостаток в среде этого макроэлемента практически не компенсируется поглощением других анионов, в то время как уровень *P* во многом определяет устойчивость равновесия катионов в системе корень – питательный раствор [Барбер, 1988; Marschner, 1995; Schachtman et al., 1998]. При этом считают, что именно *P* следует вносить в 2–3 раза больших количествах по сравнению с его относительным содержанием в растениях [Вахмистров и др., 1986]. Объясняют это как свойствами питательной среды, где фосфат-ионы в нейтральной среде образуют трудно-растворимые соли с двухвалентными катионами, что уменьшает их доступность для расте-

ний, так и свойствами самого поглотительного аппарата корневых клеток, которые поглощают фосфат менее эффективно, чем другие элементы питания. В этом случае повышенный относительный уровень *P* в среде будет компенсировать дефицит его поглощения растениями. Таким образом, все вышеизложенное позволяет нам предположить, что именно высокая доля *P* в хозяйственном оптимуме обеспечивает наибольшее накопление биомассы и максимальный рост, поскольку ростовые процессы требуют высоких энергетических затрат.

Следует отметить, что эти закономерности были выявлены нами в модельной системе «среда – растение» в контролируемых условиях (освещенность, влажность, температура, доступность элементов минерального питания во внешней среде). Сравнение наших расчетных величин внутреннего оптимума (65 : 12 : 23 и 68 : 12 : 20) с полученным ранее соотношением *N : P : K* для березы (68 : 9 : 23) в результате листовой диагностики в естественных условиях произрастания [Морозова, 1991] показало их близость. Разность между расчетными и экспериментальными соотношениями макроэлементов составила 4 %. Этот факт свидетельствует о том, что оптимизация минерального питания в природе идет по пути стабилизации биологического оптимума, что согласуется с представлениями о стратегии развития растительного организма, которая ориентирована не на достижение максимальной продуктивности, а на поддержание некоторого устойчивого состояния, благоприятного для жизнедеятельности данного вида [Северцов, 1990; Яблоков, Юсуфов, 1998], в частности, максимальной надежности воспроизведения и сохранения вида [Вахмистров, Воронцов, 1997].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-00299-а).

Литература

Барбер С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. М.: Наука, 1988. 376 с.

Барильская Л. А. Сравнительный структурный анализ древесины березы повислой и карельской березы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1979. 24 с.

Вахмистров Д. Б. О двух механизмах избирательности при поглощении растениями элементов минерального питания // Физиология растений. 1966. Т. 13, № 5. С. 807–813.

Вахмистров Д. Б., Воронцов В. А. Соотношение элементов минерального питания в среде и рост растений. 2. Уточнение формы купола отклика // Физиология растений. 1994. Т. 41, № 1. С. 64–69.

Вахмистров Д. Б., Воронцов В. А. Избирательная способность растений не направлена на обеспечение их максимального роста // Физиология растений. 1997. Т. 44, № 3. С. 404–412.

Вахмистров Д. Б., Вильямс М. В., Шарма Г., Ягодин Б. А. Соотношение *N : P : K* в среде и избирательная способность растений (теоретический анализ) // Физиология и биохимия культ. растений. 1986. Т. 18, № 4. С. 326–333.

Ветчинникова Л. В. Береза: вопросы изменчивости (морфофизиологические и биохимические аспекты). М.: Наука, 2004. 183 с.

Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наук. думка, 1973. 591 с.

Евдокимов А. П. Биология и культура карельской березы. Л.: ЛГУ, 1989. 226 с.

Ермаков В. И. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л.: Наука, 1986. 144 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.

Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л.: Наука, 1978. 216 с.

Комшилов Н. Ф., Селиванова Т. А. Химический состав древесины карельской березы // Вопросы лесоведения и лесной энтомологии в Карелии. М., 1962. С. 47–52.

Коровин В. В., Новицкая Л. Л., Курносов Г. А. Структурные аномалии стебля древесных растений. М.: Наука, 2002. 258 с.

Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 646 с.

Любавская А. Я. Карельская береза. М.: Лесная промышленность, 1978. 158 с.

Методическое руководство по ускоренному анализу золы растений и определению азота. Петрозаводск, 1990. 45 с.

Мокроносов А. Т., Гавриленко В. Ф. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: МГУ, 1992. 320 с.

Морозова Р. М. Минеральный состав растений лесов Карелии. Петрозаводск, 1991. 99 с.

Новицкая Л. Л. Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. Петрозаводск: Verso, 2008. 144 с.

Придача В. Б., Позднякова С. В. Метрические параметры листьев и биохимические особенности *Betula pendula* var. *pendula* и *B. pendula* var. *carelica* // Ботан. журн. 2010. № 11. С. 1595–1605.

Ремезов Н. П., Быкова Л. Н., Смирнова К. М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах Европейской части СССР. М.: МГУ, 1959. 284 с.

Сабинин Д. А. Избранные труды по минеральному питанию растений. М.: Наука, 1971. 512 с.

Сазонова Т. А., Придача В. Б. Оптимизация минерального питания хвойных растений // Агрохимия. 2002. № 2. С. 23–30.

Северцов А. С. Направленность эволюции. М.: МГУ, 1990. 272 с.

Шуляковская Т. А., Ильинова М. К., Репин А. В. и др. Физиолого-биохимические особенности особей *Betula pubescens* и *B. pendula* (*Betulaceae*) на ранних

этапах онтогенеза // Растительные ресурсы. 2010. Т. 46, № 1. С. 57–66.

Яблоков А. Я., Юсуфов А. Г. Эволюционное учение. М.: Высшая школа, 1998. 336 с.

Ferm A., Markkola A. Nutritional variation of leaves, twigs and buds on *Betula pubescens* stands during the growing season // Folia For. 1985. Vol. 613. P. 1–28.

Ingestad T. Nitrogen stress in birch seedlings. II. N, P, K, Ca and Mg nutrition // Physiol. Plantarum. 1979. Vol. 45. P. 149–57.

Margolis H. A., Vezina L. P. Nitrate content, amino acid composition and growth of yellow birch seedlings in response to light and nitrogen source // Tree Physiol. 1988. Vol. 4. P. 245–253.

Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. London: Acad. Press, 1995. 363 p.

Oleksyn J., Zytkowiak R., Reich P. B. et al. Ontogenetic patterns of leaf CO_2 exchange, morphology and chemistry in *Betula pendula* trees // Trees. 2000. Vol. 14. P. 271–281.

Schachtman D. P., Reid R. J., Ayling S. M. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell // Plant Physiol. 1998. Vol. 116. P. 447–453.

Wendler R., Millard P. Impact of water and nitrogen supplies on the physiology, leaf demography and nitrogen dynamics of *Betula pendula* // Tree Physiol. 1996. Vol. 16. P. 153–159.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Придача Владислава Борисовна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: pridacha@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 578216

Позднякова Светлана Васильевна
старший инженер
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: pridacha@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 578216

Сазонова Татьяна Аркадьевна
ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: sazonova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 578216

Pridacha, Vladislava
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: pridacha@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 578216

Pozdnyakova, Svetlana
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: pridacha@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 578216

Sazonova, Tatiana
Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sazonova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 578216

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 113–118

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ CBF1 И DREB1 В ЛИСТЬЯХ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Н. С. Репкина, В. В. Таланова, Л. В. Топчиева, Ю. В. Батова, А. Ф. Титов

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В условиях контролируемой среды изучали влияние кадмия на экспрессию генов, кодирующих транскрипционные факторы CBF1 и DREB1, в листьях проростков озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с. Московская 39. Установлено, что в первые 5 ч воздействия кадмия (100 мкМ) на корни проростков его содержание в листьях практически не увеличивается, но через 1 сут резко возрастает, продолжая повышаться в течение всего опыта (7 сут). В отличие от этого, уровень экспрессии генов *CBF1* и *DREB1* существенно увеличивался уже через 15 мин воздействия кадмия на проростки и достигал максимума через 1 ч. В дальнейшем (через 5 ч) экспрессия гена *DREB1* несколько снижалась, но оставалась на повышенном уровне до конца эксперимента (7 сут). Содержание транскриптов гена *CBF1* снижалось через 5–48 ч воздействия кадмия, а затем вновь возрастало и сохранялось на достигнутом уровне (3–7 сут). Высказано предположение об участии генов транскрипционных факторов *CBF1* и *DREB1* в неспецифических защитно-приспособительных реакциях растений пшеницы на действие ионов кадмия.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., содержание кадмия, экспрессия генов, транскрипционный фактор.

N. S. Repkina, V. V. Talanova, L. V. Topchieva, Yu. V. Batova, A. F. Titov. EFFECT OF CADMIUM ON GENE EXPRESSION OF THE TRANSCRIPTION FACTORS CBF1 AND DREB1 IN WHEAT SEEDLING LEAVES

We studied the effect of cadmium on the expression of genes encoding the transcription factors CBF1 and DREB1 in leaves of cv. Moscovskaya 39 winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings in a controlled environment. In the first 5 h of cadmium impact (100 μM) on the roots of the seedlings its content in the leaves remained nearly unchanged, but after 1 day of the impact it rose sharply and continued to grow throughout the experiment (7 full days). Contrastingly, the level of *CBF1* and *DREB1* gene expression rose significantly after just 15 min of the cadmium impact on the seedlings, and peaked in an hour. Further on (in 5 h) *DREB1* gene expression decreased somewhat, but remained elevated until the end of the experiment (7 full days). The content of *CBF1* gene transcripts decreased in the 5^{th}–48^{th} h of the cadmium impact, and then rose again to remain at the level reached thereafter (3–7 full days). The assumption was made that CBF1/DREB1 transcription factor genes take part in nonspecific protective and adaptive responses of wheat plants to cadmium ion impact.

Key words: *Triticum aestivum* L., cadmium content, gene expression, transcription factor.

Введение

Исследования многих авторов показывают, что важную роль в процессах адаптации растений к неблагоприятным факторам внешней среды играют подавление экспрессии генов и соответственно торможение синтеза белков, характерных для жизнедеятельности клетки в обычных условиях, и активизация генов, кодирующих белки, которые принимают участие в адаптивных реакциях [Титов и др., 2006; Колупаев, Карпец, 2010]. В последние годы такие данные появились в литературе, посвященной воздействию на растения различных по своей природе стрессоров, включая тяжелые металлы. В них, в частности, рассматривается влияние тяжелых металлов на экспрессию генов, кодирующих транспортные белки [Morel et al., 2009], металлотионеины [Cobett, Goldsbrough, 2002], ферменты синтеза фитохелатинов [Wojas et al., 2008] и глутатиона [Bogs et al., 2003].

Как показывают подобные исследования, ключевую роль в активации генов и синтезе стрессовых белков под влиянием тех или иных стресс-факторов, в том числе тяжелых металлов, играют транскрипционные факторы. К ним, например, относятся и продукты генов *CBF1* и *DREB1* – CBFs (C-repeat-binding factors) и DREB1s (dehydration-responsive element-binding factors 1) [Purdy et al., 2011]. На модельном генетическом объекте *Arabidopsis thaliana* L. установлена роль этих генов в индукции транскрипции за счет связывания с регуляторным элементом CRT/DRE (C-repeat/dehydration responsive element), расположенным в промоторном участке многих регулируемых стресс-факторами генов [Medina et al., 2011]. В частности, появились данные об участии генов *CBF1* и *DREB1* в процессах адаптации растений к действию холода [Gilmour et al., 1998; Fowler, Thomashow, 2002; Van Buskirk, Thomashow, 2006] и засухи [Haake et al., 2002; De Leonardis et al., 2007]. Показано также, что транскрипция других генов этого семейства транскрипционных факторов (AP2/ERF), таких как *DREB2A* и *DREB2B*, регулируется засолением [Dubouzet et al., 2003; Matsui et al., 2008], высокими температурами [Kang et al., 2011] и обезвоживанием [Nakashima et al., 2000]. Однако сведения об экспрессии генов этого семейства, в том числе транскрипционных факторов *CBF1* и *DREB1* в условиях действия на растения тяжелых металлов, в известной нам литературе отсутствуют.

Исходя из этого целью нашей работы явилось исследование влияния кадмия на экспрессию генов транскрипционных факторов *CBF1* и *DREB1* у проростков пшеницы.

Материал и методы

Эксперименты проводили с проростками озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39, выращенными в рулонах фильтровальной бумаги на питательном растворе Кнопа (pH 6,2–6,4) в камере искусственного климата при температуре воздуха 25 °С, его относительной влажности 60–70 %, освещенности 10 клк и фотопериоде 14 ч. По достижении недельного возраста проростки подвергали действию сульфата кадмия (100 мкМ) в течение 7 сут при сохранении прочих условий неизменными.

Реакцию растений на действие кадмия оценивали по изменению ростовых параметров, таких как длина побега и длина 1-го листа.

Содержание кадмия в листьях растений определяли методом инверсионной вольтамперометрии с использованием полярографа АВС-1.1. («Вольт», Россия). Разложение растительных образцов проводили в смеси HNO_3 и H_2O_2 в соотношении 4 : 1 с использованием микроволновой системы пробоподготовки МС-6 («Вольта»).

Для выделения РНК навеску листьев пшеницы (50 мг) растирали в жидком азоте. Тотальную РНК выделяли с помощью набора Yellow Solve («Силекс», Россия). кДНК синтезировали, используя набор для обратной транскрипции с M-MLV обратной транскриптазой и случайными (random) гексапраймерами («Силекс»). Количество и качество кДНК проверяли спектрофотометрически на приборе SmartSpec Plus («Bio-Rad», США). Уровень экспрессии генов в листьях пшеницы анализировали методом ПЦР в режиме реального времени. Амплификацию проводили в приборе iCycler с оптической приставкой iQ5 («Bio-Rad», США), используя набор для амплификации с интеркалирующим красителем SYBR Green («Синтол», Россия). Смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 1 мкл кДНК (100 нг), 10 мкл реакционной смеси, по 1 мкл прямого и обратного праймера, 1 мкл $MgCl_2$ и 17 мкл деионизованной воды, свободной от нуклеаз. Для ПЦР в режиме реального времени использовали праймеры («Синтол», Россия), представленные в табл. 1. В качестве референсного гена использовали актин. Протокол ПЦР: 5 мин при 95 °С, 30 с при 56 °С, 30 с при 72 °С (40 циклов). Специфичность продуктов амплификации

проверяли плавлением ПЦР фрагментов: 1 мин при 95 °С, 1 мин при 56 °С, 10 с при 56 °С (80 циклов, повышая в каждом цикле температуру на 0,5 °С). Относительный уровень экспрессии генов растений, подвергнутых воздействию кадмия (100 мкМ), вычисляли по формуле:

$$\text{ОУЭ} = 2^{\text{Ст (контрольный)} - \text{Ст (тестовый образец)}},$$

где ОУЭ – относительный уровень экспрессии; Ст – значение пороговых циклов.

В качестве контрольных образцов были выбраны кДНК, выделенные из растений, не подвергнутых воздействию металла.

Таблица 1. Праймеры для проведения ПЦР в режиме реального времени

Ген	Нуклеотидная последовательность	
	прямого праймера 5' ...3'	обратного праймера 5' ...3'
DREB1	GTGGCTAATCTCAGGAA	GCCCGATAATAAGCACATA
CBF1	TCGCCATACTGCCGTTCC	CCTGAATCACTGCCCAC
Actin	GGACCCACGGATAATCTAATG	AACCTCCACTGAGAACAACATTAC

На рисунках приведены средние арифметические значения из двух независимых опытов и их стандартные отклонения. Повторность при анализе ростовых показателей 50-кратная, при химическом анализе – 3-кратная, а при проведении ПЦР-анализа – 2-кратная. В статье обсуждаются величины, достоверные при $P \leq 0{,}05$.

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что кадмий в концентрации 100 мкМ отрицательно влияет на рост проростков пшеницы. Так, за 7 сут эксперимента прирост побега у обработанных кадмием проростков составил всего 7 %, в то время как у проростков контрольного варианта – 26 % (табл. 2). Увеличение длины 1-го листа составило в опытном варианте 9 %, а в контрольном – 12 %. Таким образом, кадмий ингибировал рост проростков пшеницы, хотя их видимого повреждения при этом не происходило.

Таблица 2. Влияние кадмия на рост проростков пшеницы

Концентрация кадмия, мкМ	Прирост по отношению к исходному уровню, %					
	Экспозиция, сут					
	0	1	2	3	6	7
Длина побега						
0	100	100	101	101	125*	126*
100	100	100	101	101	106*	107*
Длина 1-го листа						
0	100	100	100	103*	111*	112*
100	100	100	100	101	109*	109*

Примечание. * – различия с исходным уровнем достоверны при $P \leq 0{,}05$.

Анализ содержания кадмия в листьях показал следующее. В первые 1–5 ч воздействия кадмия на корни проростков его концентрация в листьях практически не повышалась. Спустя 1 сут содержание кадмия в листьях возрастало с 0,03 до 0,2 мкг/г сырой массы (рис. 1) и в дальнейшем продолжало нарастать, достигая максимального значения (2,59 мкг/г сырой массы) на 7-е сутки эксперимента.

Крайне важно, что уже 15-минутное воздействие кадмия на проростки пшеницы приводило к существенному усилению (в 1,5–2 раза по сравнению с исходным уровнем) экспрессии как *CBF1*, так и *DREB1* генов в листьях (рис. 2). Через 1 ч уровень экспрессии гена *CBF1* возрастал в 4 раза, а гена *DREB1* – в 5,5 раза и достигал максимального уровня. В дальнейшем (через 5 ч) содержание транскриптов гена *DREB1* несколько снижалось, но даже через 6–7 сут от начала эксперимента оно примерно в 3 раза превышало исходные значения. Содержание транскриптов гена *CBF1* в последующие 5–48 ч действия кадмия снижалось, однако на третьи сутки вновь возрастало до максимального уровня и в дальнейшем оставалось неизменным до конца опыта.

Установленный нами при воздействии кадмия на проростки пшеницы сходный характер изменения экспрессии генов *CBF1* и *DREB1* может объясняться тем, что они относятся к одной подгруппе (*DREB1/CBF*) генов *AP2/ERF* семейства транскрипционных факторов. Как показывает геномный анализ *A. thaliana*, *CBF* гены организованы в тандемы (*DRB1A/CBF3*, *DREB1B/CBF1* и *DREB1C/CBF2*) на 4-й хромосоме [Medina et al., 2011]. Полученные нами результаты о повышении уровня экспрессии генов транскрипционных факторов *CBF1* и *DREB1* уже в самый начальный период действия кадмия (15–30 мин) и достижении его максимального значения через 1 ч согласуются с данными, полученными на растениях *A. thaliana*, подвергнутых охлаждению. В частности, у *A. thaliana* гены *CBF1* и *DREB1* также экспрессируются уже через 15 мин от начала действия температуры 4 °С, достигая максимального значения через 2 ч [Fowler, Thomashow, 2002]. Как известно, CBF транскрипционные факторы арабидопсиса играют ключевую роль в процессах адаптации к низким температурам, контролируя экспрессию более 100 генов, обеспечивающих повышение морозоустойчивости [Canella et al., 2010].

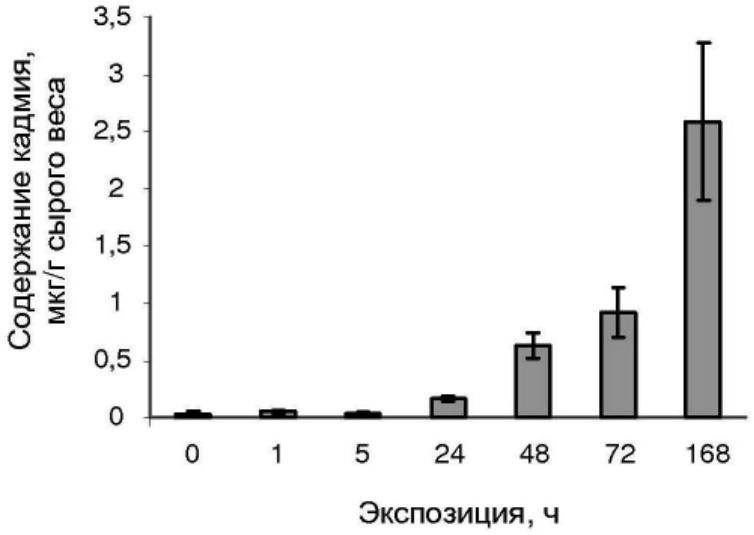


Рис. 1. Влияние продолжительности воздействия кадмия (100 мкМ) на его содержание в листьях проростков пшеницы

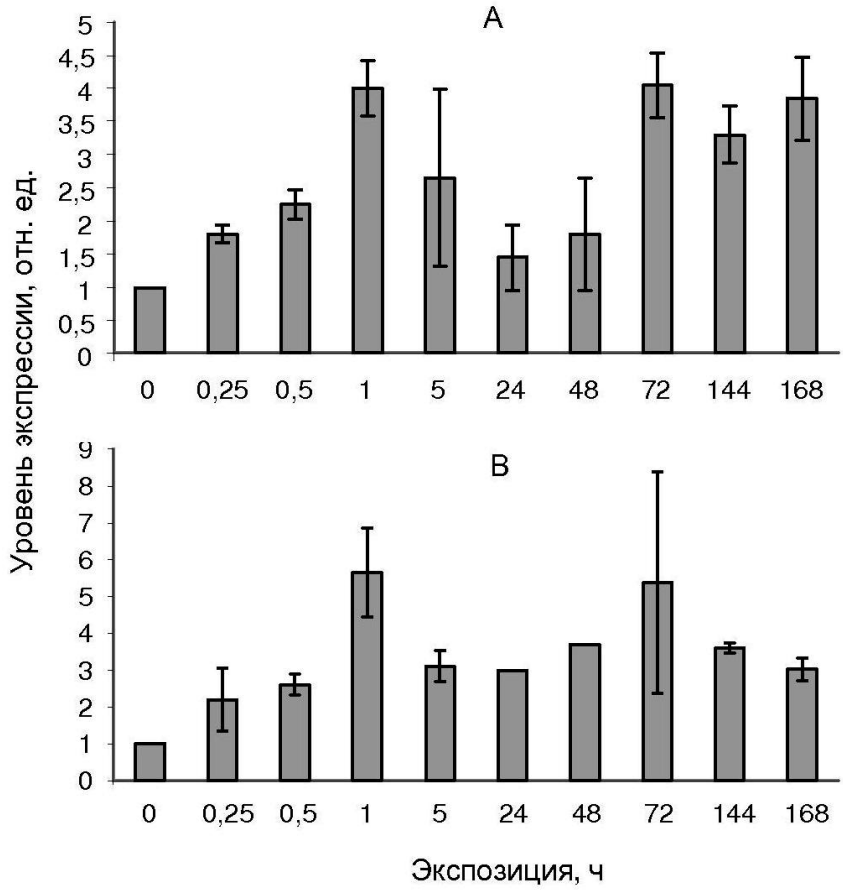


Рис. 2. Влияние продолжительности воздействия кадмия (100 мкМ) на экспрессию генов, кодирующих транскрипционные факторы *CBF1* (A) и *DREB1* (B) в листьях проростков пшеницы

Уровень экспрессии генов у растений контрольного варианта (без обработки кадмием) принят за единицу

Обнаружено, что транскрипционные факторы, кодируемые генами *CBF1* и *DREB1*, содержат AP2/ERF DNA-binding домены, которые распознаются CRT/DRE элементом, находящимся в промоторном участке *COR* генов (cold-regulated), продуктами которых являются COR белки, участвующие в процессе формирования высокой морозоустойчивости [Gilmour al., 1998; Purdy et al., 2011].

Следует отметить, что нами было выявлено повторное значительное повышение содержания транскриптов гена *CBF1* на третьи сутки воздействия кадмия. Учитывая это, можно предположить, что увеличение экспрессии гена *CBF1* в листьях проростков пшеницы связано с их реакцией не только на кратковременное (минуты, часы) воздействие кадмия, но и на более продолжительное (сутки), когда за ука-

занный период времени происходит значительное накопление металла в листьях. Не исключено, что в дальнейшем это может привести к усилению экспрессии генов COR белков. Подчеркнем, однако, что в известной нам литературе данные, касающиеся динамики экспрессии гена *CBF1* при длительных (суточных) воздействиях стресс-факторов, включая низкую температуру, отсутствуют.

Отметим также, что имеющиеся в литературе данные о роли генов *CBF1* и *DREB1* в адаптивных реакциях растений на действие низких температур [Gilmour et al., 1998; Van Buskirk et al., 2006] и засухи [Haake et al., 2002; Matsui et al., 2008] касаются в основном *A. thaliana*. Между тем гены *AP2/ERF* семейства и гомологи *CBF* генов обнаружены и у других видов растений, например *CBF1* – у картофеля [Pennycooke et al., 2008], *HvCBF2* – у ячменя [Xue, 2003], *DREB1/CBF* – у риса [Dubouzet et al., 2003], *DREB1A* – у пшеницы [De Leonardis et al., 2007], *CBF* – у огурца [Таланова и др., 2008].

Таким образом, анализ полученных нами результатов и данных других авторов позволяет заключить, что возрастание уровня экспрессии генов транскрипционных факторов *CBF1* и *DREB1* можно рассматривать как свидетельство их участия в неспецифических защитно-приспособительных реакциях растений пшеницы на действие ионов кадмия.

Литература

Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа, 2010. 352 с.

Таланова В. В., Титов А. Ф., Топчиева Л. В., Малышева И. Е. Влияние стресс-факторов на экспрессию гена транскрипционного фактора CBF у растений огурца // Докл. АН. 2008. Т. 423, № 2. С. 283–285.

Титов А. Ф., Акимова Т. В., Таланова В. В., Топчиева Л. В. Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур. М.: Наука, 2006. 143 с.

Bogs J., Bourbouloux A., Cagnac O. et al. Functional characterization and expression analysis of a glutathione transporter, BjGT1 from *Brassica jncea*: evidence for regulation by heavy metal exposure // Plant Cell Environ. 2003. Vol. 26. P. 1703–1711.

Canella D., Gilmour S. J., Kuhn L. A., Thomashow M. F. DNA binding by the Arabidopsis CBF1 transcription factor requires the KKP/RAGRxKFxTRHP signature sequence // Biochim. Biophys. Acta. 2010. Vol. 1799. P. 454–462.

Cobett C., Goldsbrough P. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis // Annu. Rev. Plant Biol. 2002. Vol. 53. P. 159–182.

De Leonardis A. M., Marone S., Mazzucotelli E. et al. Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner // Plant Scie. 2007. Vol. 172. P. 1005–1016.

Dubouzet J. G., Sakuma Y., Ito Y. et al. OsDREB genes in rice, *Oryza sativa* L., encode transcription activators that function in drought-, high-salt- and cold – responsive gene expression // Plant J. 2003. Vol. 33. P. 751–763.

Fowler S., Thomashow M. F. Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are activated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway // Plant Cell. 2002. Vol. 14. P. 1675–1690.

Gilmour S. J., Zarka D. G., Stockinger E. J., Salazar M. P., Houghton J. M., Thomashow M. F. Low temperature regulation of the Arabidopsis CBF family of AP2 transcriptional activators as an early step in cold-induced COR gene expression // Plant J. 1998. Vol. 16, N 6. P. 433–442.

Haake V., Cook D., Riechmann J. L. et al. Transcription factor CBF4 is regulator of drought adaptation in Arabidopsis // Plant Physiol. 2002. Vol. 130. P. 639–648.

Kang H.-G., Kim J., Kim B. et al. Overexpression of *FTL1/DDF1*, AN AP2 transcription factor, enhances tolerance to cold, drought, and heat stresses in *Arabidopsis thaliana* // Plant Scie. 2011. Vol. 180. P. 634–641.

Matsui A., Ishida J., Morosawa T. et al. Arabidopsis transcriptome analysis under drought, cold, high-salinity and ABA treatment conditions using a tiling array // Plant Cell Physiol. 2008. Vol. 49. P. 1135–1149.

Medina J., Catala R., Salinas J. The CBFs: Three Arabidopsis transcription factors to cold acclimate // Plant Sci. 2011. Vol. 180. P. 3–11.

Morel M., Crouzet., Gravot A. et al. AtHMA3, a P_{1B}-ATPase Allowing Cd/Zn/Co/Pb Vacuolar Storage in Arabidopsis[1[W]] // Plant Physiol. 2009. Vol. 149. P. 894–904.

Nakashima K., Shinwari., Sakuma Y. et al. Organization and expression of two *Arabidopsis DREB2* genes encoding DRE-binding proteins involved in dehydration- and high-salinity-responsive gene expression // Plant Mol. Biol. 2000. Vol. 42. P. 657–665.

Pennycooke J. C., Cheng H., Roberts S. M. et al. The low temperature-responsive, *Solanum CBF1* genes maintain high identity in their upstream regions in genomic environment undergoing gene duplications, deletions, and rearrangements // Plant. Mol. Biol. 2008. Vol. 67. P. 483–497.

Purdy S. J., John D. B., Nelson D. C. et al. A nuclear-localized protein, KOLD SENSITIV-1, affects the expression of cold-responsive genes during prolonged chilling in Arabidopsis // J. Plant Physiol. 2011. Vol. 168. P. 263–269.

Van Buskirk H. A., Thomashow M. F. Arabidopsis transcription factors regulating cold acclimation // Physiol. Planta. 2006. Vol. 126, N 1. P. 72–80.

Wojas S., Clemens S., Hennig J. et al. Overexpression of phytohelatatin synthase in tobacco: distinctive effects of AtPCS1 and CePCS genes on plant

response to cadmium // J. Exp. Bot. 2008. Vol. 59, N. 8. P. 2205–2219.

Xue G. P. The DNA-binding activity of an AP2 transcriptional activator HvCBF2 involved in regulation of low-temperature responsive genes in barley is modulated by temperature // Plant J. 2003. Vol. 33. P. 373–383.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Репкина Наталья Сергеевна
аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nrt9@ya.ru
тел.: (8142) 762712

Repkina, Natalia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nrt9@ya.ru
tel.: (8142) 762712

Таланова Вера Викторовна
ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: talanova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762712

Talanova, Vera
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: talanova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762712

Топчиева Людмила Владимировна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: topchieva@krc.karelia.ru
тел. (8142) 571879

Topchieva, Lyudmila
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: topchieva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 571879

Батова Юлия Валерьевна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: batova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Batova, Yulia
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: batova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Титов Александр Федорович
председатель КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: krcras@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Titov, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: krcras@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 119–124

УДК 581.1: 581.2.02

ГЕНЕРАЦИЯ СУПЕРОКСИДНОГО АНИОН-РАДИКАЛА В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

К. А. Сазанова, Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва

Спектрофотометрическим методом определяли генерацию супероксидного анион-радикала ($O_2^{\cdot-}$) в листьях молодых растений пшеницы, кукурузы и огурца при хроническом (7 суток) действии ионов Zn^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} (от 10 мкМ до 1 мМ). Скорость генерации $O_2^{\cdot-}$ повышалась с увеличением концентрации Pb^{2+} и Ni^{2+} в среде, тогда как в опыте с Zn^{2+} не возрастала. Среди исследованных видов растения пшеницы оказались более устойчивыми к хроническому действию ТМ по сравнению с растениями огурца и кукурузы.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., тяжелые металлы, супероксидный анион-радикал.

K. A. Sazanova, D. I. Bashmakov, A. S. Lukatkin. GENERATION OF SUPEROXIDE ANION IN LEAVES OF SEEDLINGS UNDER LONG-TERM EXPOSURE TO HEAVY METALS

The generation of the superoxide anion in leaves of young *Cucumis sativus* L., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. exposed to Zn^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} in different concentrations (from 10 μM to 1 mM) was investigated by spectrophotometry. The rate of $O_2^{\cdot-}$ generation increased with growing Pb^{2+} or Ni^{2+}, whereas in the Zn^{2+} treatment no increase was recorded. Wheat plants were more resistant to heavy metals than cucumber or maize.

Key words: *Cucumis sativus* L., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., heavy metals, superoxide anion.

Введение

Среди многочисленных загрязнителей окружающей среды наиболее токсичными для живых организмов, в том числе растений, являются тяжелые металлы (ТМ). Естественные концентрации ТМ в природе, как правило, невелики [Казнина и др., 2009]. Загрязнение биосферы ТМ резко увеличилось с 1900 г. и во всем мире представляет серьезную проблему для окружающей среды и здоровья человека [Ensley, Raskin, 2000]. В пределах наиболее густонаселенных территорий, где обитает более половины человечества, техногенное поступление многих химических элементов в среду превышает их природное содержание в гумусовой оболочке в сотни и тысячи раз [Бондарев, 1976; Башмаков, Лукаткин, 2009]. Значительное увеличение содержания ТМ в окружающей среде сопровождается их накоплением в растениях, что оказывает негативное влияние на рост, развитие и продуктивность. В связи с

этим изучение реакции растений на действие ТМ вызывает не только большой научный, но и практический интерес [Титов и др., 2007].

В последние годы развивается теория возникновения окислительного стресса при действии ТМ [Briat, Lebrun, 1999; Деви, Прасад, 2005; Полесская, 2007; Башмаков, Лукаткин, 2009; Прадедова и др., 2011]. Известно, что в растениях активированные формы кислорода (АФК) образуются главным образом в хлоропластах, митохондриях и плазмалемме как результат возбуждения атомов кислорода или окислительно-восстановительных реакций [Лукаткин, 2002а; Колупаев, Карпец, 2010]. Показано, что ТМ могут индуцировать образование отдельных АФК в клетках растений [Mittler, 2002; Lehotai et al., 2011]. Индуцированная ТМ продукция АФК может происходить вследствие непосредственного переноса электронов в реакциях, опосредованных ионами переходных металлов; нарушений метаболических процессов, приводящих к возрастанию генерации АФК; инактивации антиоксидантных ферментов; а также подавления неферментативных антиоксидантов [Dietz et al., 1999; Башмаков, Лукаткин, 2009]. В то же время не доказано, что все ТМ в различных концентрациях могут индуцировать усиление генерации АФК. Поскольку ведущую роль среди АФК играет супероксидный анион-радикал ($O_2^{\cdot-}$), реакция систем его образования на действие ТМ наиболее важна для адаптивных или повреждающих процессов в растениях. Однако в литературных данных показаны неоднозначные изменения генерации АФК (в первую очередь $O_2^{\cdot-}$) у разных видов растений при действии различных концентраций ТМ.

Целью данного исследования явилось сравнительное изучение генерации супероксидного анион-радикала при хроническом действии различных концентраций эссенциальных (цинк и никель) и неэссенциальных (свинец) ТМ на проростки различных видов – огурца, пшеницы и кукурузы.

Материал и методы

Объектами исследования служили 7-дневные проростки растений огурца (*Cucumis sativus* L.) сорта Изящный, пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Мироновская 808 и кукурузы (*Zea mays* L.) гибрида РОСС-299 МВ.

Семена растений, предварительно обработанные $KMnO_4$, проращивали в чашках Петри на растворах, содержащих 10 мкМ, 0,1 или 1 мМ ионов Pb^{2+}, Ni^{2+} или Zn^{2+} (для пшеницы использовали только 10 мкМ и 1 мМ). Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде. Эксперимент проводили в водной культуре в факторостатных условиях (освещенность около 80 мкМ фотонов/м^2·с, фотопериод 14 ч, температура 21 °С). На 7-е сутки определяли скорость генерации супероксидного анион-радикала по восстановлению адреналина в адренохром [Лукаткин, 2002б]. Высечки листьев (300 мг) гомогенизировали в 15 мл дистиллированной воды, затем гомогенат центрифугировали 15 мин при 4000 g. К 3 мл супернатанта добавляли 100 мкл 0,01 % раствора адреналина и инкубировали 45 мин при комнатной температуре и освещенности 80 мкМ фотонов/м^2·с. Сразу после инкубации измеряли оптическую плотность образовавшегося адренохрома против гомогената с водой на спектрофотометре UV-mini 1240 (Shimadzu, Япония) при длине волны 480 нм. Скорость генерации $O_2^{\cdot-}$ рассчитывали в мкМ/г·мин (ε = 4020 М$^{-1}$см$^{-1}$).

Повторности и статистическая обработка результатов. Все опыты проводили в 3 повторностях. Каждый опыт состоял из 2–3 биологических повторностей (высечек листьев с 10–15 проростков), каждый вариант включал 3 аналитические повторности. Результаты обрабатывали статистически по общепринятым биометрическим формулам с использованием пакетов прикладных программ «Microsoft Excel».

Результаты

Для оценки уровня генерации супероксида в листьях опытных растений, подвергнутых хроническому действию ТМ, использовали его реакцию с адреналином, приводящую к образованию адренохрома. Было обнаружено, что ионы ТМ индуцируют генерацию $O_2^{\cdot-}$ в листьях, но с разной интенсивностью. Так, в проростках огурца максимальный уровень генерации супероксидного анион-радикала зарегистрирован в присутствии 1 мМ ионов Pb^{2+} (700 % к контролю) (табл. 1), меньшее усиление генерации $O_2^{\cdot-}$ в листьях выявлено при длительном действии ионов Zn^{2+} и Ni^{2+}. При этом концентрационные зависимости действия ТМ также различались: минимальный уровень $O_2^{\cdot-}$ на фоне Ni^{2+} и Pb^{2+} был при дозе 0,1 мМ (153 и 223 % к контролю, соответственно), более высокий – при дозах 10 мкМ и 1 мМ. Уровень генерации супероксида увеличивался от дозы 10 мкМ к дозе 1 мМ на 62 и 185 % для Ni^{2+} и Pb^{2+}, соответственно (без учета концентрации ТМ 0,1 мМ, где он снижался на 254 и 292 % соответственно). На фоне ионов цинка картина была противоположной, т. е. при 1 мМ ионов Zn^{2+}

отмечали минимальную скорость генерации $O_2^{\cdot-}$ (161 % к контролю), а при 10 мкМ – максимальную (584 %).

Таблица 1. Скорость генерации супероксидного анион-радикала в листьях огурца при действии тяжелых металлов, мкМ/гр мин

Концентрация ТМ	Ni	Zn	Pb
0 (вода)		1,3 ± 0,16	
10 мкМ	5,29 ± 0,25	7,59 ± 0,12	6,70 ± 0,16
0,1 мМ	1,99 ± 0,21	4,99 ± 0,31	2,90 ± 0,22
1 мМ	6,1 ± 0,20	2,09 ± 0,14	9,10 ± 0,11

Выявлено, что в проростках пшеницы ионы ТМ в некоторых вариантах индуцировали повышенную генерацию супероксидного анион-радикала по отношению к контролю (табл. 2). Максимальный уровень супероксида зафиксирован при внесении в среду 1 мМ Ni^{2+} (157 % к контролю), тогда как при экспозиции растений на 10 мкМ Pb^{2+} отмечена минимальная скорость генерации $O_2^{\cdot-}$ (ниже контроля). В опыте с Pb^{2+} увеличение концентрации ТМ в среде приводило к повышению скорости генерации супероксида в листьях пшеницы, тогда как в остальных случаях увеличение концентрации ТМ (цинка и никеля) достоверно не изменяло стационарный уровень $O_2^{\cdot-}$.

Таблица 2. Скорость генерации супероксидного анион-радикала в листьях пшеницы при действии тяжелых металлов, мкМ/гр мин

Концентрация ТМ	Ni	Zn	Pb
0 (вода)		3,23 ± 0,45	
10 мкМ	4,56 ± 1,81	3,25 ± 0,13	2,26 ± 0,41
1 мМ	5,07 ± 0,82	2,79 ± 0,35	4,33 ± 0,36

У 7-дневных растений кукурузы скорость образования супероксидного анион-радикала в контроле была самой низкой среди трех изученных видов (табл. 3). Действие ТМ на генерацию $O_2^{\cdot-}$ было наиболее выражено в опыте с Pb^{2+}, который индуцировал максимальное возрастание уровня $O_2^{\cdot-}$ (327 и 320 % к контролю соответственно при концентрациях 1 мМ и 10 мкМ Pb^{2+}). Ионы Zn^{2+} также повышали скорости генерации $O_2^{\cdot-}$, в этом опыте заметна тенденция к почти линейному повышению генерации $O_2^{\cdot-}$ с возрастанием концентрации металла. Так, при 10 мкМ Zn^{2+} генерация супероксида в листьях кукурузы составляла 155 % к уровню контроля, при концентрации 0,1 мМ – 181 %, а при самой высокой концентрации (1 мМ) – 242 %. Ионы Ni^{2+} оказали неоднозначное влияние на скорость образования супероксида: если при 10 мкМ Ni^{2+} стационарный уровень $O_2^{\cdot-}$ был ниже контроля (59 %), при 0,1 мМ значение было на уровне контроля, то при 1 мМ генерация $O_2^{\cdot-}$ превышала контрольный уровень (160 %).

Таблица 3. Скорость генерации супероксидного анион-радикала в листьях кукурузы при действии тяжелых металлов, мкМ/гр мин

Концентрация ТМ	Ni	Zn	Pb
0 (вода)		0,83 ± 0,06	
10 мкМ	0,49 ± 0,05	1,29 ± 0,12	2,66 ± 0,08
0,1 мМ	0,88 ± 0,11	1,50 ± 0,10	2,13 ± 0,13
1 мМ	1,33 ± 0,12	2,01 ± 0,16	2,72 ± 0,07

Обсуждение

Многие ТМ принадлежат к числу эссенциальных элементов, т. е. необходимых для жизнедеятельности организмов микроэлементов, участвующих в широком круге ферментативных окислительно-восстановительных реакций. Среди исследованных нами ТМ к такому типу металлов принадлежат Zn и Ni, которые проявляют высокую степень как биологической активности, так и токсичности [Серегин, Кожевникова, 2006; Wang et al., 2009]. Они активно вовлечены в клеточный метаболизм благодаря присутствию в молекулах многих белков [Clemens, 2006; Wang et al., 2009]. Например, Ni оказывает неспецифическое действие на целый ряд металло-ферментных комплексов [Кузнецов, Дмитриева, 2006]; при его недостатке наблюдаются нарушения азотистого обмена, цикла трикарбоновых кислот и дыхания [Башмаков, Лукаткин, 2009]. Цинк как микроэлемент необходим для роста и нормального развития растений; при недостатке Zn в растениях накапливаются редуцирующие сахара, небелковые соединения азота, органические кислоты, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, ауксина, нарушается синтез белка, уменьшается митотическая активность клеток корневой меристемы, увеличивается число хромосомных аберраций [Obata et al., 2001; Серегин, Иванов, 2001; Башмаков, Лукаткин, 2009]. Однако в высоких концентрациях они токсичны для живых организмов [Иванова и др., 2010].

Свинец обнаружен в каждом растении, но не относится к эссенциальным элементам. В небольших количествах он повышает содержание крахмала, ускоряет прорастание растений; с другой стороны, Pb влияет на поглощение воды растением, ингибирует дыхание, биосинтез хлорофилла, минеральное питание, изменяет проницаемость клеточных мембран, гормональный баланс, а также нарушает транспорт кальция [Malcová, Gryndler, 2003; Atici et al., 2005; Rucinska, Gwozdz, 2005].

Токсическое действие ТМ проявляется угнетением роста, задержкой прорастания семян, торможением метаболизма [Серегин, Иванов, 2001]. Но очевидно, что первичные эффекты

ТМ связаны с генерацией АФК, происходящей на уровне клеток и их органелл. Например, 24-часовая обработка Cd растений риса приводила к повышенному образованию супероксидного радикала в развивающихся корнях [Choudhury, Panda, 2004]. Показано, что накопление супероксидного аниона и содержание H_2O_2 в обработанных 5 и 20 мкМ Cu^{2+} корнях *Panax ginseng* не возрастало, но увеличивалось при 50 мкМ Cu^{2+} [Babar et al., 2006].

Для сравнительной оценки степени токсичности ряда ТМ мы исследовали в листьях огурца, пшеницы и кукурузы уровень генерации одной из наиболее быстро образующихся в клетках растений АФК – супероксидного анион-радикала [Mittler, 2002; Stancheva et al., 2010]. При этом из данных литературы известно, что стресс-индуцированное усиление генерации $O_2^{\cdot-}$ имеет временный, преходящий характер; это показано при действии как пониженных температур на теплолюбивые растения [Лукаткин, 2002б], так и тяжелых металлов [Lukatkin et al., 2010; Lehotai et al., 2011]. В наших опытах с хроническим действием ТМ на растения разных видов выявлено, что ионы металлов в большинстве вариантов индуцируют повышенную генерацию $O_2^{\cdot-}$ в клетках растений, но с разной интенсивностью. Наибольшее возрастание генерации $O_2^{\cdot-}$ отмечено в листьях огурца, а наименьшее – в листьях пшеницы. Возможно, это связано с исходным содержанием данной АФК в растениях, которое было максимальным у пшеницы и значительно более низким – у огурца и особенно у кукурузы. В то же время необходимо учитывать и фактор времени, поскольку в течение 7 суток выращивания растений на растворах ТМ скорость генерации АФК как сигнальной молекулы могла существенно измениться. Так, после обработки растений пшеницы 10 мкМ Ni на 3-й день уровень супероксида и H_2O_2 составлял примерно 250 % по отношению к контролю, на 6-й и 9-й дни данные показатели несколько снижались, но превышали контроль [Gajewska, Sklodowska, 2007)]. В молодых растениях гороха обработка 100 мкМ $CdCl_2$ или $CuSO_4$ приводила к первоначальному (2 ч) возрастанию образования $O_2^{\cdot-}$, однако в последующем уровень супероксидного анион-радикала резко снижался [Lehotai et al., 2011].

Реакция растений была металлоспецифичной. Генерация супероксидного анион-радикала возрастала при действии на растения Ni^{2+} (кроме кукурузы в дозах 10 и 100 мкМ), Zn^{2+} (кроме пшеницы) и Pb^{2+} (кроме пшеницы в дозе 10 мкМ). При этом по степени увеличения токсичности для растений (при суммировании эффектов разных концентраций) тяжелые металлы распределились в ряду Ni < Zn < Pb для огурца и кукурузы и Zn ≤ Pb < Ni для пшеницы. При этом не выявлено каких-либо существенных различий в генерации супероксидного анион-радикала в листьях растений при воздействии эссенциальных (Zn и Ni) и неэссенциального (Pb) ТМ.

Отклик растений на присутствие тяжелых металлов видоспецифичен. Так, на растения огурца и кукурузы наиболее токсичное действие оказали ионы Pb^{2+}, на растения пшеницы – ионы Ni^{2+}. По степени ТМ-индуцированного возрастания $O_2^{\cdot-}$ изученные растения можно расположить в следующем ряду: пшеница < кукуруза < огурец. Разница в уровнях супероксидного анион-радикала при действии ионов ТМ на проростки растений, возможно, связана с различной способностью аккумулировать ТМ. Растения, относящиеся к разным семействам, заметно различаются по способности накапливать ТМ. В зависимости от вида растений содержание в них ТМ может изменяться во много раз (до 100 и более) [Титов и др., 2007].

Существует ряд метаболических путей, приводящих к генерации АФК при действии тяжелых металлов.

1) Повышенный уровень АФК в растениях в присутствии ТМ может быть результатом негативного влияния этих металлов на метаболические процессы, связанные с переносом электронов. Так, при избыточных концентрациях Ni^{2+} возникает дисбаланс между способностью утилизировать энергию в ходе ферментативных процессов фотосинтеза и количеством абсорбированного света [Серегин, Кожевникова, 2006]. Когда плотность потока фотонов велика, необходимо, чтобы происходила ассимиляция $O_2^{\cdot-}$, иначе нарушается электрон-транспортная цепь. В результате электроны переходят на альтернативные акцепторы, главным образом на молекулы кислорода, образуя $O_2^{\cdot-}$. Более уязвим к ингибированию ТМ транспорт электронов в фотосистеме II [Gajewska, 2009].

2) Индуцированное ТМ снижение антиоксидантной активности. Спад антиоксидантной способности клеток в результате действия металлов считают причиной увеличения различных АФК в растениях, обработанных ТМ. В частности, недостаток низкомолекулярных антиоксидантов при стрессе металлов может привести к накоплению АФК и последующим окислительным повреждениям. Считается, что высокие концентрации аскорбата и глутатиона являются решающими в защите растений от окислительного стресса [Mittler, 2002]. Показано,

что экспозиция растений с ТМ снижала уровни глутатиона [Kukkola et al., 2000; Madhava Rao, Sresty, 2000) и аскорбата [Mishra, Agrawal, 2006) в тканях. Кроме того, ТМ могут вызывать снижение активности антиоксидантных ферментов. Так, снижение активности супероксиддисмутазы в листьях пшеницы, подвергнутых воздействию Ni^{2+}, сопровождалось накоплением $O_2^{\cdot-}$ в этих органах [Gajewska, Sklodowska, 2007].

3) АФК могут появляться в реакциях, катализируемых НАДФ-оксидазами [Gajewska, 2009]. При использовании НАДФ антиоксидантными ферментами в качестве донора электронов необходимо соответствующее количество этого вещества для эффективного функционирования антиоксидантной системы. В растениях НАДФ генерируется главным образом в пентозофосфатном пути (в цитозоле) и во время транспорта электронов в процессе фотосинтеза (в хлоропластах). Экспозиция растений с ТМ может воздействовать на метаболизм НАДФ путем ингибирования ферментов, вовлеченных в ее синтез [Randhawa et al., 2001].

Заключение

Согласно результатам исследований, ионы ТМ вызывают повышенную генерацию супероксидного анион-радикала в листьях огурца, пшеницы и кукурузы. Наиболее токсичное действие на растения оказали 1 мМ растворы ТМ (за исключением ионов Zn^{2+}). Среди исследованных видов наиболее устойчивы к действию ТМ растения пшеницы. Выявленные различия в ответной реакции растений на действие ионов ТМ могут быть связаны с видовыми особенностями металлоустойчивости, а также неодинаковой эффективностью адаптационных механизмов, вовлеченных в защитно-приспособительные реакции растений.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

Литература

Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 236 с.

Бондарев Л. Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976. 72 с.

Деви С. Р., Прасад М. Н. В. Антиокислительная активность растений *Brassica juncea*, подвергнутых действию высоких концентраций меди // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 6. С. 233–237.

Иванова Е. М., Холодова В. П., Кузнецов Вл. В. Биологические эффекты высоких концентраций солей меди и цинка и характер их взаимодействия в растениях рапса // Физиология растений. 2010. Т. 57. С. 864–873.

Казнина Н. М., Титов А. Ф., Лайдинен Г. Ф., Батова Ю. В. Влияние промышленного загрязнения почвы тяжелыми металлами на морфологические признаки растений *Phleum pratense* L. // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 3. С. 50–55.

Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа, 2010. 352 с.

Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2006. 742 с.

Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002а. 208 с.

Лукаткин А. С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений. 1. Образование активированных форм кислорода при охлаждении растений // Физиология растений. 2002б. Т. 49, № 5. С. 697–702.

Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: КДУ, 2007. 140 с.

Прадедова В., Ишеева О. Д., Саляев Р. К. Ферменты антиоксидантной защиты вакуолей клеток корнеплодов столовой свеклы // Физиология растений. 2011. Т. 58, № 1. С. 40–48.

Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48. С. 606–630.

Серегин И. В., Кожевникова А. Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 2. С. 285–308.

Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 172 с.

Atici Ö., Ağar G., Battal P. Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zinc stress // Biologia Plantarum. 2005. Vol. 49, N 2. P. 215–222.

Babar A. M., Hahn Eun-Joo, Paek Kee-Yoeup. Copper-induced changes in the growth, oxidative metabolism, and saponin production in suspension culture roots of *Panax ginseng* in bioreactors // Plant Cell Repts. 2006. Vol. 25, N 10. P. 1122–1132.

Briat J. F., Lebrun M. Plant responses to metal toxity // Plant Biology and Pathology. 1999. Vol. 322, N 1. P. 43–54.

Choudhury S., Panda S. K. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots // Bulg. J. Plant Physiol. 2004. Vol. 30, N 3–4. P. 95–110.

Clemens S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants // Biochemistry. 2006. Vol. 88. P. 1707–1719.

Dietz K.-J., Baier M., Kramer U. Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants // Heavy metal stress in plants – From

biomolecules to ecosystems / Eds. M. N. V. Prasad, J. Hagemeyer. Berlin: Springer-Verlag, 1999. P. 73–97.

Doncheva S., Stoyanova Z., Velikova V. Influence of succinate on zinc toxicity of pea plants // J. Plant Nutrition. 2001. Vol. 24, N 6. P. 789–804.

Ensley B. D., Raskin Eds. I. Rational for use of phytoremediation // Phytoremediation of toxic metals – Using plants to clean up the enviroment. 2000. P. 3–12.

Gajewska E. Nickel toxicity in plants: oxidative stress // Nickel in relation to plants / Eds.: Barket Ali, S. Hayat, A. Ahmad. New Delhi; Chennai; Mumbai; Kolkata: Narosa Publishing House, 2009. Chapter 5. P. 89–116.

Gajewska E., Sklodowska M. Effect of nickel on ROS content and antioxidative enzyme activities in wheat leaves // BioMetals. 2007. Vol. 20. P. 27–36.

Kukkola E., Rautio P., Huttunen S. Stress indications in copper- and nickel-exposed Scots pine seedlings // Environ. Exp. Bot. 2000. Vol. 43. P. 197–210.

Lehotai N., Pető A., Bajkán S. et al. In vivo and *in situ* visualization of early physiological events induced by heavy metals in pea root meristem. Acta Physiologiae Plantarum (In Press). DOI: 10.1007/s11738-011-0759-z

Lukatkin A. S., Kistenjova T. E., Teixeira da Silva J. A. Oxidative stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaf cells. Short-term influence of heavy metals (lead and copper) // Plant Stress. 2010. Vol. 4. P. 44–49.

Madhava Rao K. V., Sresty T. V. S. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses // Plant Sci. 2000. Vol. 157. P. 113–128.

Malcová R., Gryndler M. Amelioration of Pb and Mn toxicity to arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* by maize root exudates // Biologia Plantarum. 2003. V. 47, N 2. P. 297 – 299.

Mishra S., Agrawal S. B. Interactive effects between supplemental ultraviolet-B radiation and heavy metals on the growth and biochemical characteristics of *Spinacia oleracea* L. Braz. // J. Plant Physiol. 2006. Vol. 18. P. 307–314.

Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // Trends in Plant Science. 2002. Vol. 7, Issue 9, N 1. P. 405–410.

Obata H., Kawamura S., Jshnnoyama A. et al. Free radical injury in rice leaf under Zn deficiency // Soil. Sci. Plant. Nutr. 2001. Vol. 47, N 1. P. 205–211.

Randhawa V. K., Zhou F., Jin X. et al. Role of oxidative stress and thiol antioxidant enzymes in nickel toxicity and resistance in strains of the green alga *Scenedesmus acutus* L. alternans // Can. J. Microbiol. 2001. N 7. P. 987–993.

Rucinska R., Gwozdz E. A. Influence of lead on membrane permeability and lipoxygenase activity in lupine roots // Biologia Plantarum. 2005. Vol. 49, N 4. P. 617–619.

Stancheva I., Geneva M., Hristozkova M. et al. Antioxidant capacity of sage grown on heavy metal-polluted soil // Физиология растений. 2010. Т. 57. С. 857–863.

Wang C., Zhang S. H., Wang P. F. et al. The effect of excess Zn on mineral nutrition and antioxidative response in rapeseed seedling // Chemosphere. 2009. Vol. 75. P. 1468–1476.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сазанова Кристина Александровна
аспирант кафедры ботаники и физиологии растений
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
ул. Большевистская, 68, Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005
эл. почта: krissaz@rambler.ru
тел.: (8342) 322507

Sazanova, Kristina
Mordovia State University
68 Bolshevistskay St., 430005 Saransk, Mordovia, Russia
e-mail: krissaz@rambler.ru
tel.: (8342) 322507

Башмаков Дмитрий Идрисович
старший научный сотрудник кафедры ботаники и физиологии растений, к. б. н., доцент
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
ул. Большевистская, 68, Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005
эл. почта: aslukatkin@yandex.ru
тел.: (8342) 322507

Bashmakov, Dmitry
Mordovia State University
68 Bolshevistskay St., 430005 Saransk, Mordovia, Russia
e-mail: aslukatkin@yandex.ru
tel.: (8342) 322507

Лукаткин Александр Степанович
заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений, д. б. н., профессор
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
ул. Большевистская, 68, Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005
эл. почта: dimabashmakov@yandex.ru
тел.: (8342) 322507

Lukatkin, Aleksandr
Mordovia State University
68 Bolshevistskay St., 430005 Saransk, Mordovia, Russia
e-mail: dimabashmakov@yandex.ru
tel.: (8342) 322507

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 125–130

УДК 574.24: 595.371: 556.166.2

РЕАКЦИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING НА ДЕЙСТВИЕ ЛИВНЕВЫХ СТОКОВ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

А. И. Сидорова[1], Н. М. Калинкина[1], И. В. Дыдик[2]

[1] *Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН*
[2] *Петрозаводский государственный университет*

За последнее десятилетие в Онежском озере по всей литоральной зоне распространилась амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebbing 1899 (Gammaridae). Рачок был интродуцирован в водоемы европейской части России из байкальского региона в 1970-х гг. В целом на литорали Онежского озера численность и биомасса *G. fasciatus* достигают высоких значений (численность – более 5000 экз./м^2 и биомасса – более 5,5 г/м^2). В то же время в Петрозаводской губе, в районе городского побережья, численность данного вида невысока – 132–462 экз./м^2. Поскольку в залив поступают ливневые стоки города Петрозаводска, возникла необходимость определения их токсичности для этого вида и эколого-токсикологической оценки состояния прибрежной части залива. В статье представлены результаты биотестирования ливневых стоков с использованием двух видов – *G. fasciatus* и стандартного тест-объекта *Ceriodaphnia affinis.*

Ключевые слова: ливневые стоки, биотестирование, региональный тест-объект, *Gmelinoides fasciatus, Ceriodaphnia affinis,* Петрозаводская губа Онежского озера.

A. I. Sidorova, N. M. Kalinkina, I. V. Dydik. REACTION OF THE BAIKALIAN AMPHIPOD *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING TO THE IMPACT OF STORMWATER FROM THE CITY OF PETROZAVODSK

The amphipod *Gmelinoides fasciatus* has spread throughout the littoral zone of Lake Onego over the past decade. The species was introduced into inland waterbodies of European Russia from the Baikal region in the 1970s. In Lake Onego the population indices of the species are relatively high (abundance – over 5000 ind./m^2, biomass – over 5.5 g/m^2). At the same time, in the Petrozavodsk Bay, near the city of Petrozavodsk, the species abundance is quite low – 132–462 ind./m^2. Great volumes of stormwater flow into the bay from the city of Petrozavodsk necessitating an assessment of the toxicity of the stormwater for *G. fasciatus* and of the environmental and toxicological status of the Petrozavodsk Bay littoral ecosystem. The results of stormwater bioassays using two species – *G. fasciatus* and the standard test organism *Ceriodaphnia affinis* are presented in this paper.

Key words: stormwater, bioassay, regional test organism, *Gmelinoides fasciatus, Ceriodaphnia affinis,* Petrozavodsk Bay of Lake Onego.

Введение

В 2001 г. в Онежском озере был обнаружен вид-вселенец *Gmelinoides fasciatus* Stebbing 1899, имеющий байкальское происхождение [Березина, Панов 2003; Матафонов и др., 2005]. Амфипода *G. fasciatus* широко использовалась в ряде работ по акклиматизации беспозвоночных животных в водоемы-реципиенты в целях увеличения их продуктивности. Рачок *G. fasciatus* был интродуцирован в 1960–1970-х гг. в ряд озер и водохранилищ европейской части России из Байкала. Впоследствии вид-вселенец успешно акклиматизировался и начал проникать в другие водоемы. К 1996 г. вид заселил всю литоральную зону Ладожского озера [Панов, 1994; Матафонов и др., 2005].

В последнее десятилетие вселенец *G. fasciatus* широко распространился в литоральной зоне Онежского озера [Кухарев и др., 2008]. Показатели его численности достигают более 5000 экз./м^2, биомассы – более 5,5 г/м^2. В то же время на литорали Петрозаводской губы, в районе водозабора питьевой воды для г. Петрозаводска, зарегистрированы низкие показатели численности *G. fasciatus* – 132–462 экз./м^2. [Калинкина и др., 2006].

Побережье Петрозаводской губы подвергается действию ливневых стоков, объемы которых достигают 10 млн м^3/год [Сабылина, 2007]. Загрязнение прибрежной зоны в районе водозабора приводит к заметному изменению химического состава воды и донных отложений Петрозаводской губы. Так, в мае 2003 г. в районе водозабора концентрация в донных отложениях нефтяных углеводородов была весьма высока (0,023 %) и значительно превышала содержание нефтепродуктов в районе пляжа «Пески» (0,006 %) [Белкина, 2007].

Уменьшение численности популяции *G. fasciatus* в районе водозабора могло быть связано с загрязнением прибрежной зоны Петрозаводской губы ливневыми стоками. Для проверки этого предположения, а также для оценки экологической ситуации в районе водозабора были запланированы эксперименты по оценке токсичности ливневых стоков для вида *G. fasciatus*. Одновременно в опытах использовали стандартный тест-объект – ветвистоусого рачка *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg 1900 [Чалова, Крылов, 2007].

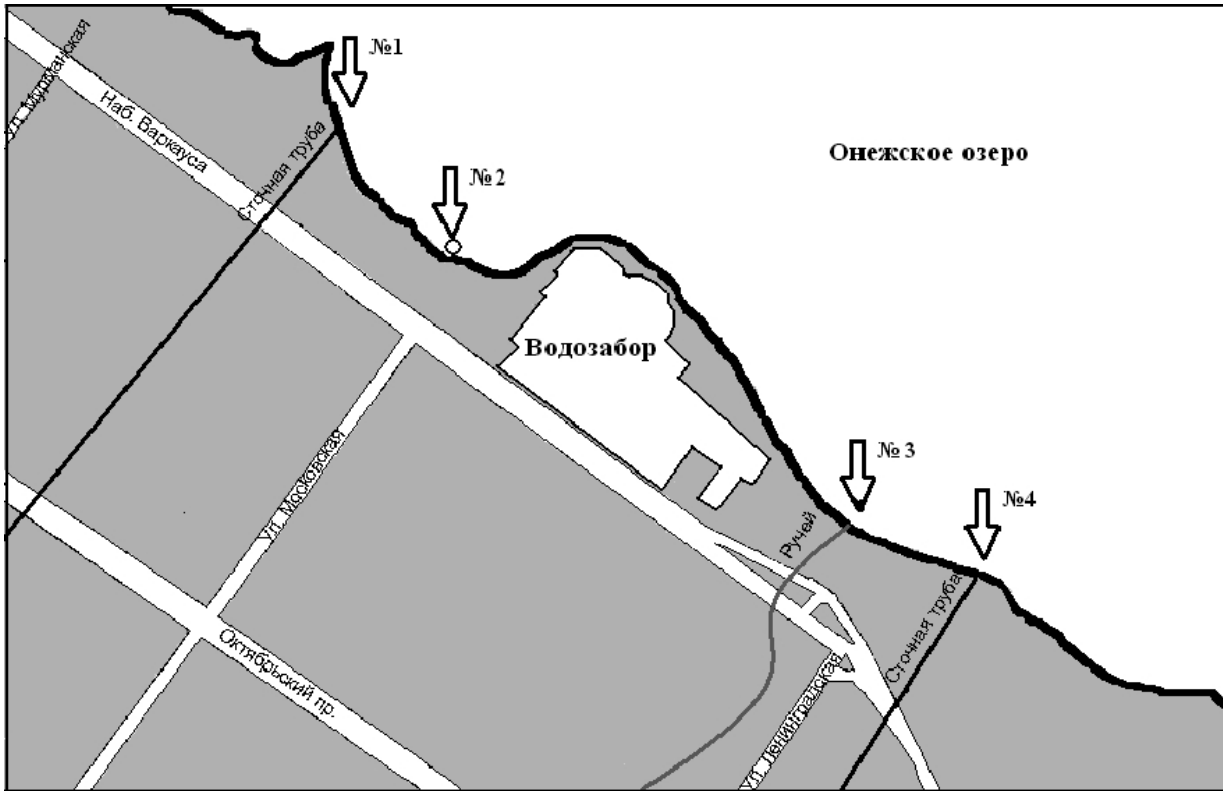
Цель настоящей работы – изучить реакцию видов *G. fasciatus* и *C. affinis* на действие ливневых вод, поступающих в Петрозаводскую губу в районе водозабора. Задачи, которые решались в ходе исследования: выполнить оценку токсичности ливневых стоков для двух видов ракообразных *G. fasciatus* и *C. affinis*; оценить возможность использования *G. fasciatus* как регионального тест-объекта при биотестировании сточных вод; оценить экологическую ситуацию в зоне водозабора на основе результатов биотестирования.

Материал и методы

Оценка экологической ситуации в районе водозабора и исследование токсичности ливневых стоков были выполнены методами биотестирования [Строганов, 1971], которые позволяют оценить совокупное влияние компонентов ливневых стоков, тогда как гидрохимические методы дают информацию о содержании отдельных токсикантов. Преимуществом методов биотестирования является способность живых организмов воспринимать более низкие концентрации веществ, чем любой аналитический датчик [Биологический контроль..., 2010; Штамм и др., 2011].

Исследования по биотестированию проводились в июле в 2010 г. и в мае – июле 2011 г. Пробы воды отбирали на 4 станциях (рис.): станции № 1, 4 – выходы труб, по которым ливневые стоки попадают в Петрозаводскую губу; № 2 – озерная станция, расположенная на расстоянии 1 м от берега и глубине 30 см; № 3 – это устье ручья, впадающего в Петрозаводскую губу в районе ул. Ленинградской. В 2010 г. пробы воды отбирались 3 раза с периодичностью один раз в неделю, в 2011 г. – также 3 раза с периодичностью один раз в 15–20 дней.

В опытах использовали индивидуальную посадку животных. Амфиподу *G. fasciatus* (молодь размером 1,5–3 мм) отлавливали на литорали Онежского озера в районе пригорода г. Петрозаводска, здесь же отбирали воду для контрольного варианта. В 2010 г. было поставлено 3 серии опытов в 7 повторностях, в 2011 г. – 2 серии опытов в 7 повторностях (всего использовано 700 экземпляров). Рачков кормили 1 раз в сутки нитчатыми водорослями. Биотестирование ливневых стоков с использованием вида *C. affinis* проводили согласно методическим рекомендациям [Жмур, 2001]. В качестве контроля применяли воду, взятую из родника на ул. Вольной (г. Петрозаводск). В 2010 и 2011 гг. было поставлено по 3 серии опытов в 7 повторностях (всего использовано 840 экземпляров). Рачков кормили один раз в сутки суспензией зеленых водорослей. Воду заменяли на свежую через сутки.



Карта-схема расположения станций отбора проб ливневых вод:

ст. 1 – сточная труба, из которой ливневые стоки поступают в озеро в районе ул. Мурманской; ст. 2 – литоральная часть озера с левой стороны от водозабора; ст. 3 – ручей, впадающий в озеро с правой стороны от водозабора; ст. 4 – сточная труба, из которой ливневые стоки поступают в озеро в районе ул. Ленинградской

Продолжительность опытов с каждым видом рачков в 2010 г. составила 7 суток, в 2011 г. – 14 суток. Исследовали действие неразбавленных образцов воды, а также их 2-кратного, 5-кратного и 10-кратного разведений. Во время опытов температура варьировала в пределах 19–23 °С. Достоверность различий между опытными и контрольными показателями выживаемости оценивали с использованием критерия Фишера (F) с φ-преобразованием [Ивантер, Коросов, 2003].

Результаты и обсуждение

Результаты исследований за 2010 г., когда продолжительность опытов составила 7 дней, показали, что наиболее токсичные неразбавленные пробы ливневых стоков были обнаружены на станции № 1 (табл. 1). Выживаемость *G. fasciatus* в этих пробах снижалась до 14 %. С увеличением разведения выживаемость возрастала до 100 %. В пробах воды из ручья (станция № 3) выживаемость вида-вселенца также оказалась весьма низкой – 29 %. Согласно классификации токсичности сточных вод [Строганов, 1971], пробы воды со станций № 1 и 3 можно охарактеризовать как сильно токсичные. Ливневая вода со стока № 4 имела наименьшую степень токсичности, так как выживаемость *G. fasciatus* в этих пробах варьировала в пределах 71–100 %.

Особо выделяется озерная станция № 2 (литоральная зона вблизи водозабора). В пробе, взятой 6 июля 2010 г., наблюдали полное вымирание вида *G. fasciatus*. Разбавление пробы контрольной водой в 2–10 раз не снижало ее токсического действия на рачков (см. табл. 1). Токсичность озерной воды со станции № 2 характеризуется как весьма сильная. Важно отметить, что сроки обнаружения токсичности озерной воды (6 июля) совпали со сроками высокой токсичности ливневых стоков (станции № 1 и 3). Следовательно, именно ливневые стоки обусловливают неблагоприятную ситуацию в литоральной зоне Петрозаводской губы.

В 2010 г. на протяжении всего периода исследования неразбавленная вода ливневых стоков, а также ее разведения не оказали существенного влияния на выживаемость рачков *C. affinis* (см. табл. 1). Исключение составила озерная станция № 2: в пробах воды с этой станции выживаемость ветвистоусых рачков снижалась до 29 %. Таким образом, по данным 2010 г. вид *G. fasciatus* оказался более чувствителен к воздействию ливневых стоков, чем ветвистоусый рачок *C. affinis*.

Таблица 1. Выживаемость (%) *Gmelinoides fasciatus* и *Ceriodaphnia affinis* в ливневых стоках в 2010 г., экспозиция 7 суток

№ станции	Разбавление	*Gmelinoides fasciatus*			*Ceriodaphnia affinis*		
		6 июля	13 июля	21 июля	6 июля	13 июля	21 июля
1	К	100	100	100	100	100	100
	н/р	14*	57*	71	100	86	71
	2х	71	86	86	100	100	71
	5х	86	86	86	86	86	86
	10х	100	100	100	100	100	86
2	К	100	100	100	100	100	100
	н/р	0*	86	100	29*	71	100
	2х	0*	100	86	43*	86	86
	5х	14*	100	100	86	100	100
	10х	29*	86	100	86	86	100
3	К	100	100	100	100	100	100
	н/р	29*	57*	86	86	86	100
	2х	71	71	86	71	100	100
	5х	43*	86	86	86	100	100
	10х	71	86	86	100	86	100
4	К	100	100	100	100	100	100
	н/р	86	71	100	86	100	100
	2х	71	71	86	100	100	100
	5х	100	86	100	100	100	100
	10х	86	100	86	100	86	100

Примечание. Здесь и в табл. 2–3: К – контроль; н/р – неразбавленный ливневый сток; 2х – двукратное разведение ливневых стоков; 5х – пятикратное разведение ливневых стоков; 10х – десятикратное разведение ливневых стоков. № 2 – озерная станция (объяснения см. в тексте). * – отличия от контроля достоверны ($p < 0,05$).

Данные опытов за 2011 г. при продолжительности 7 суток в целом совпадают с материалами, полученными в 2010 г. (табл. 2). Однако пробы воды со станции № 1 оказали менее негативное воздействие (средней степени токсичности) на *G. fasciatus* по сравнению с 2010 г. Вода из ручья (станция № 3) характеризовалась также сильной токсичностью: 20 июня 2011 г. была зафиксирована полная гибель тест-объектов. В течение двух лет исследований ливневый сток № 4 оказывал самое слабое токсическое действие на тест-объекты. Образцы воды со станции № 2, которая находится на литорали Петрозаводской губы, оказывали сильное токсическое влияние на байкальскую амфиподу, выживаемость организмов снижалась до 29 %.

При экспозиции 7 суток в 2010 г. для вида *G. fasciatus* (см. табл. 1) было отмечено 58 % случаев слабой токсичности стоков от числа всех опытов, проведенных в этом году, в то время как в 2011 г. число таких случаев составило 38 % (см. табл. 2). Число случаев средней токсичности стоков в 2010 г. составляло 17 %, в 2011 г. – 38 %. В первый год исследования было обнаружено 8 % случаев очень сильного токсического действия стоков и 17 % сильного воздействия на байкальскую амфиподу. В 2011 г. было установлено 25 % случаев сильной токсичности стоков *G. fasciatus* от общего количества опытов. Эти данные позволяют считать ситуацию в районе водозабора на литорали Петрозаводской губы крайне неблагополучной.

Таблица 2. Выживаемость (%) *Gmelinoides fasciatus* и *Ceriodaphnia affinis* в ливневых стоках в 2011 г., экспозиция 7 суток

№ станции	Разбавление	*Gmelinoides fasciatus*		*Ceriodaphnia affinis*		
		20 июня	4 июля	30 мая	20 июня	4 июля
1	К	100	100	100	100	100
	н/р	57*	86	86	71	86
	2х	86	100	100	100	100
	5х	86	100	86	86	100
	10х	100	100	100	100	100
2	К	100	100	100	100	100
	н/р	29*	57*	71	57*	86
	2х	100	71	100	100	100
	5х	86	86	86	86	100
	10х	100	100	100	100	100
3	К	100	100	100	100	100
	н/р	0	29*	43*	57*	86
	2х	71	71	86	100	100
	5х	71	71	86	86	100
	10х	100	100	100	100	100
4	К	100	100	100	100	100
	н/р	86	86	71	71	71
	2х	100	100	86	100	100
	5х	86	100	86	86	86
	10х	86	100	100	100	100

В период исследования 2011 г. при экспозиции 7 суток ветвистоусый рачок *C. affinis* вновь проявил большую устойчивость по сравнению с видом *G. fasciatus.* В целом выживаемость *C. affinis* в разных пробах варьировала в пределах 71–100 %, исключение составляли станции № 2 и 3, где в неразбавленных пробах выживаемость цериодафний снижалась до 57 и 43 %, соответственно.

В 2011 г. продолжительность опытов была увеличена до 14 суток (табл. 3). Это привело к существенному усилению токсического действия исследуемых образцов воды на тест-объекты. Выживаемость *G. fasciatus* в разных пробах снизилась на 14–57 % по сравнению с данными опытов, продолжительность которых составляла 7 суток (см. табл. 2).

Выживаемость *C. affinis* при экспозиции 7 суток варьировала в пределах 43–86 % (см. табл. 2), при увеличении продолжительности опытов до 14 суток выживаемость ветвистоусых рачков уменьшилась до 14–71 % (см. табл. 3). Согласно разработанной классификации [Строганов, 1971], показатели токсичности тестируемых образцов воды для *C. affinis* возросли от слабой степени до средней.

Таблица 3. Выживаемость (%) *Gmelinoides fasciatus* и *Ceriodaphnia affinis* в ливневых стоках в 2011 г., экспозиция 14 суток

№ станции	Разбавление	*Gmelinoides fasciatus*		*Ceriodaphnia affinis*		
		20 июня	4 июля	30 мая	20 июня	4 июля
1	К	100	86	100	100	100
	н/р	14*	43*	71	57*	29*
	2х	43*	71	86	86	71
	5х	71	86	100	86	86
	10х	86	86	100	100	86
2	К	86	100	100	100	100
	н/р	14*	14*	43*	43*	29*
	2х	43*	43*	71	71	57*
	5х	71	57*	86	86	86
	10х	86	86	100	100	86
3	К	86	100	100	100	100
	н/р	0	14*	14*	57*	43*
	2х	0	43*	71	86	71
	5х	29*	57*	86	100	86
	10х	43*	86	100	100	100
4	К	86	100	100	100	100
	н/р	43*	57*	57*	71	71
	2х	57*	86	71	86	86
	5х	71	100	71	86	100
	10х	71	100	100	100	100

Таким образом, результаты биотестирования ливневых стоков свидетельствуют о крайне неблагоприятной экологической ситуации на побережье Петрозаводской губы в районе водозабора. Ливневые стоки, поступающие с берега в этот район, характеризовались в основном высокой степенью токсичности, что, по-видимому, объясняет низкую численность *G. fasciatus* на этом участке Петрозаводской губы.

В литературе имеются сведения о применении вида-вселенца при изучении токсичности отдельных химических компонентов. Так, изучалась реакция *G. fasciatus* на действие калия, кальция, натрия и магния [Березина, 2003], хлорида кадмия [Тимофеев, 2010] и лигносульфоната натрия [Высоцкая и др., 2011]. В наших экспериментах установлена более высокая чувствительность *G. fasciatus* к ливневым стокам по сравнению со стандартным тест-объектом *C. affinis*. Эти данные хорошо согласуются с результатами биотестирования техногенных вод Костомукшского ГОКа, согласно которым вид *G. fasciatus* оказался значительно более чувствительным по сравнению с видом *C. affinis* [Калинкина и др., 2011]. Это позволяет рекомендовать *G. fasciatus* в качестве регионального тест-объекта для оценки токсичности не только ливневых стоков, но и сточных вод различных видов производств, поступающих в водные объекты Карелии.

Выводы

1. Биотестирование ливневых стоков, поступающих в Петрозаводскую губу Онежского озера в районе водозабора, с использованием двух видов тест-объектов – *Gmelinoides fasciatus* и *Ceriodapnia affinis* – позволило обнаружить их токсичность, которая варьировала от слабой до весьма высокой.

2. Эколого-токсикологическая ситуация на литорали Петрозаводской губы в районе водозабора питьевой воды для г. Петрозаводска характеризуется как крайне неблагоприятная.

3. В опытах по биотестированию ливневых и промышленных стоков вид *G. fasciatus* по сравнению со стандартным тест-объектом *C. affinis* проявил большую чувствительность, что позволяет рекомендовать его как региональный тест-объект для оценки токсичности сточных вод различных видов производств, поступающих в водные объекты Карелии.

Литература

Белкина Н. А. Химический состав донных отложений // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С 40–49.

Березина Н. А. Резистентность пресноводных беспозвоночных к изменению минерализации воды // Экология. 2003. № 4. С. 296–301.

Березина Н. А., Панов В. Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоологический журнал. 2003. Т. 82, № 6. С. 731–734.

Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева. 3-е изд., стереотип. М.: Академия, 2010. 288 с.

Высоцкая Р. У., Калинкина Н. М., Кононова (Ткач) Н. П. Изменение липидного состава амфипод *Gmelinoides fasciatus* под влиянием лигносульфаната натрия // Современные проблемы водной токсикологии: Материалы конф. (17–19 мая 2011 г., г. Петрозаводск). Петрозаводск: ПетрГУ, 2011. С. 29–32.

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию: Учеб. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.

Калинкина Н. М., Сярки М. Т., Федорова А. С. Динамика популяционных показателей инвазионного вида *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) в Петрозаводской губе Онежского озера // Северная Европа в 21 веке: Природа, культура, экономика. Материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию КарНЦ РАН (24–27 окт. 2006 г., г. Петрозаводск). Секция «Биологические науки». Секция «Науки о земле». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 269–271.

Калинкина Н. М., Чекрыжева Т. А., Куликова Т. П., Рябинкин А. В. Особенности реакции биоты водоемов Карелии на изменение ионного состава воды в

условиях воздействия отходов горнорудного производства // Тр. Карельского НЦ РАН. 2011. № 4. С. 29–34.

Кухарев В. И., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В. Распространение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежском озере // Зоологический журнал. 2008. Т. 87, № 10. С. 1270–1273.

Матафонов Д. В., Итигилова М. Ц., Камалтынов Р. М., Фалейчик Л. М. Байкальский эндемик *Gmelinoides fasciatus (*Micruropodidae, Gammaroidae, Amphipoda) в озере Арахлей // Зоологический журнал. 2005. Т. 84, № 3. С. 321–329.

Панов В. Е. Байкальская эндемичная амфипода *Gmelinoides fasciatus Steb.* в Ладожском озере // Доклады Академии Наук. 1994. Т. 336, № 2. С. 279–282.

Сабылина А. В., Рыжаков А. В. Химический состав воды озера // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 29–40.

Строганов Н. С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 14–60.

Тимофеев М. А. Экологические и физиологические аспекты адаптации к абиотическим факторам среды эндемичных байкальских и палеарктических амфипод: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2010. 44 с.

Чалова И. В., Крылов А. В. Оценка качества природных сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Crustacea). Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2007. 73 с.

Штамм Е. В., Скурлатов Ю. В., Козлова Н. Б. и др. Биотестирование в оценке эффективности технологий очистки сточных вод // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 2. С. 232–238.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сидорова Анастасия Ивановна
аспирант
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185003
эл. почта: bolt-nastya@yandex.ru

Sidorova, Anastasia
Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: bolt-nastya@yandex.ru

Калинкина Наталия Михайловна
зав. лаб. гидробиологии, д. б. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185003
эл. почта: Kalina@nwpi.krc.karelia.ru
тел.: (8921) 4555547

Kalinkina, Natalia
Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Kalina@nwpi.krc.karelia.ru
tel.: (8921) 4555547

Дыдик Ирина Владимировна
студентка 5 курса ЭБФ ПетрГУ
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: Kalina@nwpi.krc.karelia.ru

Dydik, Irina
Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Kalina@nwpi.krc.karelia.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 131–138

УДК 577.155: 594.124

СПЕКТР ИЗОФОРМ КИСЛОЙ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕАЗЫ В ТКАНЯХ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

В. С. Скидченко, Р. У. Высоцкая, Н. Н. Немова

Институт биологии Карельского научного центра РАН

В аквариальных экспериментах изучено влияние различных концентраций (1,9–38,8 мг/л) нефтепродуктов (дизельное топливо) на активность лизосомальной дезоксирибонуклеазы беломорских мидий *Mytilus edulis* L. Установлено, что наиболее значительные изменения в активности и наборе изоформ ДНКазы происходили в мягких тканях моллюсков под воздействием малых (1,9 мг/л) и умеренных (8,4 и 17,4 мг/л) доз дизельного топлива. При высоких концентрациях нефтяных углеводородов (38,8 мг/л) нуклеазная активность и фракционный состав фермента в опыте и контроле отличались незначительно. Обсуждаются возможные механизмы, обеспечивающие высокую устойчивость мидий к нефтяному загрязнению, и роль нуклеаз в выбираемых стратегиях биохимической адаптации, отличающихся степенью вовлечения генома в реализацию компенсаторных перестроек метаболизма, при воздействии на моллюсков разных доз поллютанта.

Ключевые слова: *Mytilus edulis* L., кислая ДНКаза, изоформы, влияние нефтепродуктов.

V. S. Skidchenko, R. U. Vysotskaya, N. N. Nemova. THE RANGE OF ACID DEOXYRIBONUCLEASE ISOFORMS IN THE TISSUES OF *MYTILUS EDULIS* MUSSELS IN MODEL EXPERIMENTS WITH PETROLEUM HYDROCARBON POISONING

The effect of various concentrations (1.9–38.8 mg/l) of oil products (diesel fuel) on the activity of lysosomal deoxyribonuclease in White Sea mussels *Mytilus edulis* L. were studied in aquarium experiments. The most significant changes in the activity and range of DNase isoforms occurred in soft tissues under the impact of low (1.9 mg/l) and medium (8.4 & 17.4 mg/l) doses of diesel fuel. When the concentrations of petroleum hydrocarbons were high (38.8 mg/l) differences in the nuclease activity and the fractional composition of the enzyme between the treatment and the control were minor. We discuss the potential mechanisms behind the high resistance of the mussels to oil pollution, and the role of nucleases in the selected biochemical adaptation strategies, which differ in the involvement of the genome in the compensatory adjustments of the metabolism in response to different doses of the pollutant.

Key words: *Mytilus edulis* L., acid DNase, isoforms, effect of oil products.

Введение

Изучению биологических эффектов нефти и нефтепродуктов (НП) уделяется большое внимание [Яблоков, Остроумов, 1985; Патин, 2001]. В последние десятилетия, однако, среди такого рода работ наблюдается некоторый дисбаланс. Подавляющее большинство исследований направлено на тестирование токсичности индивидуальных компонентов нефти, главным образом, ароматических и полициклических нефтеуглеводородов как наиболее опасных поллютантов нефтяного происхождения [Миронов и др., 1990; Головина, Бочко, 2005; Гайсина, 2007]. В реальности же организмы, как правило, подвергаются воздействию многокомпонентных смесей, каковыми являются сырая нефть, различные виды тяжелого и легкого топлива, попадающие в воды морей и океанов при аварийных сбросах нефтепродуктов. Токсичность смеси часто выше, чем отдельных ее составляющих. В связи с этим, на наш взгляд, особенно важно изучать биологические эффекты нефтепродуктов именно в этих формах, что позволит экстраполировать данные, полученные в модельных экспериментах, на реальные экологические ситуации.

Двустворчатые моллюски рода *Mytilus* традиционно используются в биотестировании состояния морских экосистем. Обоснование этого детально изложено в публикациях проекта «The Mussels Watch» [Farrington et al., 1983; Goldberg, 1986].

В клетках эукариот лизосомальный аппарат представляет собой «вторую линию защиты» [Moore et al., 2007] от различного рода токсикантов, вступающую в действие после ферментов биотрансформации и детоксификации. Протекторная функция лизосом заключается в удалении из клетки поврежденных макромолекул, белков, синтезированных с ошибочной первичной или пространственной структурой, поврежденных органелл и даже частей ядра с содержащейся в нем ДНК [Bergamini et al., 2003; Cuervo, 2004; Ji, Kaplowitz, 2006)]. В случае, когда аутофагической защиты оказывается недостаточно, лизосомы могут инициировать апоптоз необратимо поврежденных клеток [Lockshin, Zakeri, 2004; Kiffin et al., 2007]. Из сказанного понятно, что исследование состояния лизосомального аппарата клетки позволяет не только диагностировать наличие токсического эффекта поллютанта, но и составить прогноз о возможности восстановления организма после этого воздействия [Высоцкая, Немова, 2008; Köhler et al., 2002: Moore et al., 2006a, b].

В последние десятилетия опубликован ряд работ, рассматривающих возможность использования лизосомальных нуклеаз в биомониторинге состояния морских и пресноводных экосистем [Попов и др., 2003; Коничев и др., 2005; Амелина, 2006; Мензорова, Рассказов, 2007]. Активация лизосомальных нуклеаз направлена на реализацию компенсаторных перестроек нуклеинового и тесно связанного с ним белкового обмена. В качестве индикаторных показателей предлагается как общий уровень ферментативной активности нуклеаз в различных органах гидробионтов, так и состав изоформ ферментов.

В свете сказанного целью данной работы было исследование изменения активности и фракционного состава кислой ДНКазы в тканях двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758) под воздействием различных концентраций дизельного топлива.

Материал и методы

Схема эксперимента. Эксперимент был поставлен на базе Беломорской биологической станции Зоологического института РАН, расположенной в устье губы Чупа Кандалакшского залива [Bakhmet et al., 2009].

Объектом исследования служили двустворчатые моллюски вида мидия съедобная *Mytilus edulis* L., собранные с обрастаний искусственных субстратов в непосредственной близости от биостанции. Для работы отбирали одноразмерных мидий (средняя длина раковины 66,5 ± 3,9 мм), возраст – 7+. В период проведения эксперимента (октябрь) моллюски находились преимущественно в состоянии посленерестового покоя.

До начала эксперимента мидий акклимировали к лабораторным условиям в течение семи суток. Моллюсков содержали в аквариумах из оргстекла в аэрируемой морской воде с соленостью 25 ‰, при постоянной температуре 10 °С и круглосуточном освещении. Ежедневно проводили частичную смену воды. При акклимации и на протяжении всего эксперимента дополнительного кормления мидий не производилось.

За сутки до начала эксперимента мидий рассадили в пять аквариумов объемом 15 л по 15 особей в каждый. В качестве нефтепродуктов использовали дизельное топливо. Во избежание расслоения дизтопливо вносили в экспериментальные аквариумы в виде смеси, приготовленной следующим образом: 100 мл дизтоплива добавляли к 900 мл морской воды и энергично взбалтывали в течение 10 минут. В

каждый из четырех аквариумов добавляли 15, 50, 75 и 150 мл полученной смеси. Расчетные концентрации нефтепродуктов приведены в таблице. Концентрации выбирали с расчетом охвата от ПДК до сублетальных. Добавление эмульсии нефтепродуктов производили ежесуточно после частичной смены морской воды в аквариумах. В пятый аквариум нефтепродукты не добавляли. Моллюски из этого аквариума служили контролем. Экспозиция опыта составляла 6 суток. По окончании экспозиции из каждого варианта отбирали по три мидии, у которых извлекали мягкие ткани. Общую активность ДНКазы определяли в мантии и краевой части мантии. Пробы, предназначенные для изучения фракционного состава ферментов, готовили из мидий целиком, не разделяя на органы. Использование проб цельных моллюсков является общепризнанной техникой [Shepard et al., 2000; Fung et al., 2004]. Для нивелирования индивидуальных различий полученные три образца объединяли в одну сборную пробу. Число определений каждого биохимического показателя составляло не менее трех.

Концентрации нефтепродуктов в эксперименте

Номер аквариума	1	2	3	4	Контроль
Объем добавленной смеси, мл	150	75	50	15	0
Расчетные, мл/л	1,0	0,5	0,3	0,1	0
Расчетные, мг/л	700	350	210	70	0
Истинные, мг/л	38,80	17,40	8,41	1,88	0,35

Определение биохимических показателей. Из тканей моллюсков готовили 10%-е гомогенаты в 0,25 М растворе сахарозы (pH 7,4), содержащем 0,001 М ЭДТА и 0,1% неионного детергента тритона X-100, для учета мембранносвязанной ферментативной активности. Гомогенаты центрифугировали при 10 000 g в течение 30 минут при 4 °С. Полученный супернатант использовали для определения общей активности кислой ДНКазы (КФ 3.1.4.6) и разделения множественных молекулярных форм фермента.

Активность кислой ДНКазы определяли спектрофотометрически по методу А. А. Покровского с соавт. [1968]. Содержание общего белка в пробе определяли по методу Лоури [Lowry et al., 1951]. Активность фермента выражали в единицах прироста поглощения при λ 260 нм в минуту на мг белка (ΔE 260/мин/мг б).

Фракционирование изоформ кислой ДНКазы осуществляли с помощью энзим-электрофореза в ПААГ по методике J. B. Boyd [1970] в модификации, описанной А. П. Поповым с соавторами [2003].

Определение концентрации нефтепродуктов. Учитывая то, что отдельные фракции добавленных нефтеуглеводородов могли испаряться, а другие оседать на стенках аквариума и раковинах моллюсков, уменьшая, таким образом, действующую концентрацию дизтоплива в эксперименте, ежедневно перед каждой сменой воды из опытных аквариумов брали пробы для определения истинной концентрации нефтепродуктов (см. табл.). Количественное определение нефтеуглеводородов в воде проводили методом ИК-фотометрии после хроматографического отделения нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия [РД 52.24.476-95].

Результаты исследований обрабатывали общепринятыми статистическими методами, оценивая достоверность различий по непараметрическому критерию U Вилкоксона-Манна-Уитни [Гублер, Генкин, 1969].

Результаты

Активность кислой ДНКазы. Изменение активности кислой ДНКазы в опыте представлено на рис. 1. Выдерживание мидий в растворе дизельного топлива наименьшей концентрации 1,88 мг/л приводило к статистически значимому повышению активности фермента в обоих исследованных органах (край мантии U = 0, p = 0,049; мантия U = 0, p = 0,049). В краевой мантии активность ДНКазы также была выше контрольного уровня у мидий из аквариума с содержанием нефтепродуктов в воде 17,40 мг/л (U = 0, p = 0,049). При концентрации нефтепродуктов 8,41 мг/л у моллюсков наблюдалось резкое (порядка 170 %) повышение активности ДНКазы в мантии по сравнению с контролем (U = 0, p = 0,049). У моллюсков, выдержанных в среде с максимальной дозой нефтепродуктов 38,80 мг/л, отличий в активности кислой ДНКазы от показателя контрольной группы выявлено не было.

Изоформы фермента. Спектры изоформ кислой ДНКазы мидий в норме и при интоксикации нефтепродуктами представлены на схеме (рис. 2). Согласно полученным энзимограммам, у моллюсков контрольной группы было выявлено четыре белка, обладающих способностью гидролизовать ДНК в кислой среде, с относительной электрофоретической подвижностью (R_f) 0,08, 0,16, 0,24 и 0,47. Максимальную и приблизительно равную между собой гидролитическую активность демонстрировали изоформы с R_f 0,16 и 0,24.

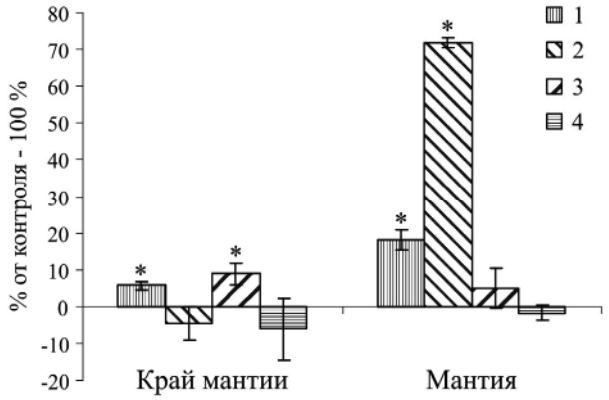


Рис. 1. Изменение активности кислой ДНКазы у мидий *M. edulis* L. под действием различных концентраций дизтоплива

Данные представлены в виде отклонений от контрольного значения. Содержание нефтепродуктов в мг/л: 1 – 1,88; 2 – 8,41; 3 – 17,4; 4 – 38,80. * – отличие от контроля достоверно при $p \leq 0,05$

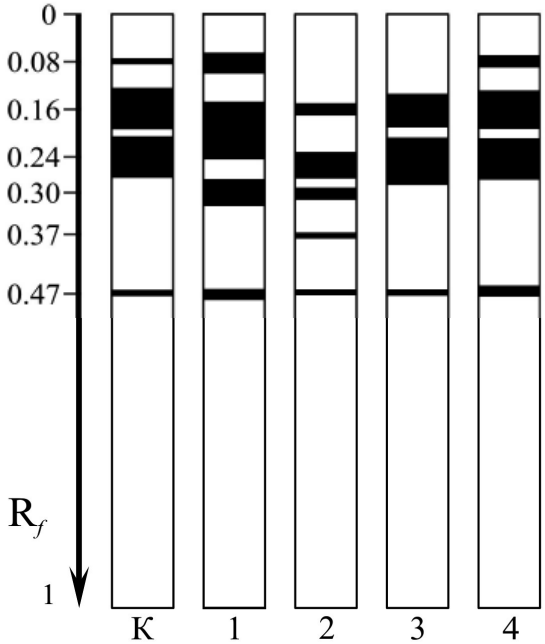


Рис. 2. Схема энзимограмм изоформ кислой ДНКазы в мягких тканях мидий *M. edulis* L. под действием различных концентраций дизтоплива

Содержание нефтепродуктов в мг/л: 1 – 1,88; 2 – 8,41; 3 – 17,4; 4 – 38,80; К – контроль

У мидий, выдержанных при концентрации нефтепродуктов 1,9 мг/л, проявлялась одна дополнительная полоса активности с R_f 0,30, сравнимая по интенсивности гидролиза с основными формами фермента (R_f 0,16 и 0,24) в контроле. В то же время у моллюсков этой экспериментальной группы две наиболее активные изоформы (R_f 0,16 и 0,24) не разделялись при элекрофорезе, обнаруживаясь на энзимограммах в виде одной широкой полосы активности с промежуточным значением R_f 0,2.

В тканях мидий, помещенных в среду с содержанием нефтепродуктов 8,4 мг/л, отмечено две дополнительные формы с R_f 0,30 и 0,37, не обнаруживавшиеся на энзимограмме контроля. Активность наиболее медленно мигрирующей формы фермента с R_f 0,08 не проявлялась.

При концентрации нефтепродуктов 17,4 мг/л на энзимограммах моллюсков наблюдалось лишь одно отличие от контрольной группы – отсутствие полосы активности в зоне R_f 0,08.

У подопытных мидий, содержавшихся в аквариуме с максимальным уровнем нагрузки 38,8 мг/л, качественных изменений в спектре множественных форм ДНКазы в сравнении с контролем не происходило.

Обсуждение

Биологические эффекты нефти и различных ее производных могут проявляться на организменном, клеточном и молекулярно-генетическом уровнях. В частности, у морских моллюсков под действием нефтепродуктов отмечено повышение содержания РНК [Дивавин, Ерохин, 1978], повреждение ДНК [Taban et al., 2004], подавление протеолиза в цитозоле [Канцерова, Лысенко, 2010], изменение иммунного статуса [Dyrynda et al., 2000; Ordas et al., 2007], структурные и функциональные изменения лизосом и эндоплазматического ретикулума [Nott, Moore, 1987; Axiak et al., 1988; Moore et al., 2007]. Согласно результатам нашей работы, эффект нефтепродуктов проявляется и на уровне лизосомальной ДНКазы. В экспериментальных условиях у моллюсков под влиянием эмульсии дизельного топлива наблюдались как количественные, так и качественные изменения лизосомальной ДНКазы.

Наибольшие изменения в активности и наборе изоформ тестируемого фермента происходили у моллюсков под действием наименьших в условиях данного эксперимента концентраций нефтепродуктов – 1,9 и 8,4 мг/л, которые, однако, превышают ПДК (ПДК нефти и НП для морских вод составляет 0,05 мг/л). У мидий из этих групп наблюдалась активация лизосомальной ДНКазы, выражавшаяся в резком повышении активности и появлении новых форм фермента на энзимограммах. Максимальная активация происходила в тканях мидий, выдержанных в среде, содержащей нефтепродукты в концентрации 8,41 мг/л.

Наблюдаемая у экспериментальных моллюсков активация лизосомальной дезоксирибонуклеазы, по всей видимости, имеет адаптивное значение. В ряде исследований показано, что мидии, будучи помещенными в среду с не-

большим содержанием нефтеуглеводородов, способны не только накапливать, но и до определенной степени метаболизировать некоторые компоненты нефти благодаря собственным детоксикационным системам или с участием микрофлоры [Проблемы химического загрязнения..., 1985]. Значение повышения нуклеазной активности при этом, вероятно, заключается в перераспределении ресурсов клетки для обеспечения новых синтезов в соответствии с изменившимися условиями среды. Подтверждением высказанного предположения может служить тот факт, что у мидий при экспонировании с сырой нефтью значительно увеличивается содержание нуклеиновых кислот в клетках [Дивавин, Ерохин, 1978; Pisoni et al., 2004]. Причем в большей степени стимулируется синтез РНК, нежели ДНК [Проблемы химического загрязнения..., 1985]. Однако следует заметить, что существуют данные, указывающие на пониженную способность мидий *Mytilus edulis* метаболизировать нефтяные углеводороды [Lee et al., 1972; Narbonne et al., 1991], что несколько противоречит высказанному выше предположению. Вполне вероятно, что большая часть поглощенных углеводородов выводится из организма мидий путем экзоцитоза.

Признаки становления у мидий неспецифического адаптационного синдрома под действием нефтепродуктов в концентрациях 1,9–17,4 мг/л отмечены также нашими коллегами по изменению показателей системы кальций-зависимого протеолиза [Канцерова, Лысенко, 2010].

В отличие от эффекта «умеренных доз» нефтепродуктов, в тканях моллюсков, содержавшихся при более высоких концентрациях дизтоплива в воде (17,4 и 38,8 мг/л), обнаруживают незначительные отличия от контроля как в активности, так и в спектрах изоформ кислой ДНКазы.

Как известно, основной адаптивной стратегией литоральных мидий является пережидание неблагоприятного воздействия с максимальной экономией энергетических и пластических ресурсов организма за счет снижения общего уровня метаболизма. Невыраженная биохимическая и физиологическая акклимация при обитании в изменчивой среде может компенсироваться адаптивным поведением, направленным на избегание или минимизацию воздействия фактора. У мидий такой поведенческой реакцией является изоляция от окружающей среды путем рефлекторного смыкания створок раковины [Хлебович, 1981]. Кроме того, при высокой концентрации нефтепродуктов у мидий развивается гипоксия и переход на анаэробные пути обеспечения энергией [Головина, Бочко, 2005]. Данное положение подтверждают и полученные нами ранее результаты, свидетельствующие о значительном повышении активности ферментов углеводного обмена, в частности лизосомальных гликозидаз, в органах мидий при интоксикации нефтепродуктами [Высоцкая и др., 2009].

Дозозависимый эффект действия нефтепродуктов на биохимические показатели мидий, помимо прочего, может быть обусловлен хорошо изученной неспецифической реакцией лизосомального аппарата на метаболический стресс. Она заключается в вариабельности активности лизосомальных гидролаз и дифференциальном изменении стабильности мембран лизосом в зависимости от химической структуры, дозы и продолжительности воздействия ксенобиотиков [Viarengo et al., 1981; Regoli, 1992; Marigómes, Baybay-Villacorta, 2003; Moore et al., 2007; Высоцкая, Немова, 2008]. Обсуждая причины высокой устойчивости мидий к воздействию нефтепродуктов в проведенных экспериментах, следует учитывать еще одно обстоятельство. Из-за «всепроникающей» способности нефтяных углеводородов очень трудно избавиться от их присутствия в воде. Как показал специально проведенный анализ, в контрольных аквариумах, куда дизельное топливо не вносили, всегда присутствует некоторый фоновый уровень нефтяных углеводородов. Моллюски, используемые в эксперименте, могут адаптироваться к данному виду воздействия. При повышении дозы действующего вещества (минимальные и средние концентрации) наблюдается адаптивный всплеск в активности ферментов, изменения их фракционного состава и другие преобразования метаболизма. При дозах поллютанта, достигающих некоего порога (высокие концентрации), мидии избирают другую стратегию биохимической адаптации: резкого снижения интенсивности метаболизма и поддержания жизнедеятельности за счет анаэробного обеспечения энергией. При этом геном активно не вовлекается в происходящие перестройки, о чем можно судить по незначительным отличиям от контроля как общей активности ДНКазы, так и ее изоформ при воздействии на мидий максимальной дозы дизельного топлива.

Заключение

Проведенные исследования показали, что под влиянием различных концентраций дизельного топлива в мягких тканях беломорских мидий происходили адаптивные перестройки

обмена веществ, которые проявлялись, в частности, на уровне лизосомальной ДНКазы. Выявленные изменения в активности и качественном составе молекулярных форм фермента свидетельствуют об участии лизосомальных нуклеаз в частичной биотрансформации поллютанта, поддержании гомеостаза и обеспечении процессов жизнедеятельности в токсичной среде.

Изменение активности фермента и спектра его изоформ зависело от дозы испытуемого вещества, а также от специфики выполняемых органом функций. Самое большое адаптивное повышение общей активности ДНКазы под влиянием малых и умеренных доз нефтяных углеводородов отмечено в мантии моллюсков. В краевой части мантии колебания уровня активности этой лизосомальной гидролазы были менее выраженными. При высоких концентрациях нефтепродуктов в среде обитания мидий нуклеазная активность и фракционный состав фермента в опыте и контроле отличались незначительно. Это позволяет сделать вывод о том, что при воздействии различных концентраций нефтепродуктов на мидий включаются разные стратегии биохимической адаптации, отличающиеся степенью вовлечения генома в реализацию компенсаторных перестроек метаболизма.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президента РФ для ведущих научных школ НШ-3731.2010.4 и НШ-1642.2012.4, программ ОБН РАН «Биологические ресурсы 2009–2011» и Президиума РАН «Биоразнообразие 2009–2011».

Литература

Амелина В. С. Кислые нуклеазы и их роль в приспособительных реакциях водных организмов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2006. 26 с.

Высоцкая Р. У., Немова Н. Н. Лизосомы и лизосомальные ферменты рыб. М.: Наука, 2008. 284 с.

Высоцкая Р. У., Амелина В. С., Бахмет И. Н. Влияние нефтепродуктов на активность лизосомальных ферментов мидий в аквариальных экспериментах // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера: Материалы XXVIII междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 окт. 2009 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. С. 123–126.

Гайсина А. А. Динамика активности серотонинергической системы в эмбриогенезе под влиянием нефтяного загрязнения // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы 2-й науч. конф. с участием стран СНГ (Петрозаводск, 11–14 сент. 2007 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 38–39.

Головина И. В., Бочко О. Ю. Влияние полихлорбифенилов на активность ферментов в тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. С. 45–48.

Гублер Е. В., Генкин А. А. Применение критериев непараметрической статистики для оценки различий двух групп наблюдений в медико-биологических исследованиях. М.: Медицина, 1969. 29 с.

Дивавин И. А., Ерохин В. Е. Изменение биохимических показателей некоторых прибрежных гидробионтов Баренцева моря при экспериментальной нефтяной интоксикации // Гидробиол. журн. 1978. Т. 14, № 5. С. 73–77.

Канцерова Н. П., Лысенко Л. А. Влияние нефтепродуктов на кальций-зависимую протеолитическую активность в тканях мидий *Mytilus edulis* L. // Молодежь в науке – 2009. Прил. к журн. «Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». Ч. 4. Минск: Беларуская навука, 2010. С. 132–135.

Коничев А. С., Попов А. П., Цветков И. Л., Филков П. В. Ферменты как биохимические маркеры загрязнения воды // Приложение к Вестнику МГОУ. Сер. «Естественные науки». География, экология, экономика: актуальные проблемы науки и образования. М.: МГОУ, 2005. С. 151–153.

Мензорова Н. И., Рассказов В. А. Использование различных тест-систем и биохимической индикации для мониторинга экологического состояния бухты Троицы (Японское море) // Биология моря. 2007. Т. 33, № 2. С. 144–149.

Миронов О. Г., Писарева Н. А., Щекатурина Т. Л., Лапин Б. П. Исследование состава аренов в черноморских мидиях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) // Гидробиол. журн. 1990. Т. 26, № 4. С. 59–62.

Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.

Покровский А. А., Арчаков А. И. Методы разделения и ферментной идентификации субклеточных фракций // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1968. С. 5–59.

Попов А. П., Коничев А. С., Цветков И. Л. Влияние токсичных соединений техногенного происхождения на активность и множественные формы кислой ДНКазы живородки речной (Viviparus viviparous L.) // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39, № 5. С. 518–523.

Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 4: Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / Ред. О. Г. Миронов. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 136 с.

РД 52.24.476-95 Методические указания. ИК-фотометрическое определение нефтепродуктов в водах. Утверждены Росгидрометом. Гидрохимический институт. Ростов-на-Дону, 1995. 14 с.

Хлебович В. В. Акклимация водных животных. Л.: Наука, 1981. 136 с.

Яблоков А. Я., Остроумов С. А. Уровни охраны живой природы. Л.: Наука, 1985. 176 с.

Axiak V., George J. J., Moore M. N. Petroleum hydrocarbons in the marine bivalve *Venus verrucosa*: accumulation and cellular responses // Mar. Biol. 1988. Vol. 97. P. 225–230.

Bakhmet I. N., Fokina N. N., Nefedova Z. A., Nemova N. N. Physiological-biochemical properties of blue mussel *Mytilus edulis* adaptation to oil contamination // Environ. Monit. Assess. 2009. Vol. 155. P. 581–591.

Bergamini E., Cavallini G., Donati A., Gori Z. The anti-ageing effects of caloric restriction may involve stimulation of macroautophagy and lysosomal degradation, and can be intensifield pharmacologically // Biomed. Pharmacother. 2003. Vol. 57. P. 203–208.

Boyd J B. Characterization of an acid active deoxyribonuclease from the larval salivary gland of *Drosophila hydei* // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Nucleic Acids and Protein Synthesis. 1970. Vol. 209, N 2. P. 349–356.

Cuervo A. Autophagy: in sickness and in health // Trends Cell. Biol. 2004. Vol. 14. P. 70–77.

Dyrynda E. A., Law R. J., Dyrynda P. E. J. et al. Changes in immune parameters of natural mussel *Mytilus edulis* populations following a major oil spill («Sea Empress», Wales, UK) // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2000. Vol. 206. P. 155–170.

Farrington J. W., Goldberg E. D., Risebrough R. W. et al. U.S. «Mussel Watch», 1976–1978: An overview of the trace metal. DDT, PCB, hydrocarbon and artificial radionuclide data // Environ. Sci. and Technol. 1983. Vol. 17. P. 490–496.

Fung C. N., Lam J. C. W., Zheng G. J. et al. Mussel-based monitoring of trace metal and organic contaminants along the east coast of China using *Perna viridis* and *Mytilus edulis* // Environ. Poll. 2004. Vol. 127. P. 203–216.

Goldberg E. D. The Mussel watch concept // Environ. Monit. Assess. 1986. Vol. 7. P. 101–125.

Ji C., Kaplowitz N. ER stress: can the liver cope? // J. Hepatol. 2006. Vol. 45. P. 321–333.

Kiffin R., Kaushik S., Zeng M. et al. Altered dynamics of the lysosomal receptor for chaperone-mediated autophagy with age // J. Cell. Biol. 2007. Vol. 120, N 5. P. 782–791.

Köhler A., Wahl E., Soffker K. Functional and morphological changes of lysosomes as prognostic biomarkers of toxic liver injury in a marine flatfish (*Platichthys flesus* (L.)) // Environ. Toxicol. Chem. 2002. Vol. 21, N 11. P. 434–444.

Lee R. F., Sauerheber R., Benson A. A. Petroleum hydrocarbons: uptake and discharge by the marine mussel Mytilus edulis // Science. 1972. Vol. 177. P. 344–346.

Lockshin R. A., Zakeri Z. Apoptosis, autophagy, and more // Int. J. Biochem. Cell. Biol. 2004. Vol. 36. P. 2405–2419.

Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. Protein measurement with the Folin reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. P. 265–275.

Marigómez I., Baybay-Villacorta L. Pollutant-specific and general lysosomal responses in digestive cells of mussels exposed to model organic chemicals // Aquat. Toxicol. 2003. Vol. 64. P. 235–257.

Moore M. N., Allen J. I., McVeigh A. Environmental prognostics: an integrated model supporting lysosomal stress responses as predictive biomarkers of animal health status // Mar Environ Res. 2006a. Vol. 61, N 3. P. 278–304.

Moore M. N., Allen J. I., Somerfield P. J. Autophagy: role in surviving environmental stress // Mar Environ Res. 2006b. Vol. 62. P. S420–S425.

Moore M. N., Viarengo A., Donkin P., Hawkins A. J. S. Autophagic and lysosomal reactions to stress in the hepatopancreas of blue mussels // Aquatic Toxicology. 2007. Vol. 84, Issue 1. P. 80–91.

Narbonne J. F., Aarab N., Clerandeau C. et al. Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in Mediterranean coastes and temporal trends // Biomarkers. 2005. Vol. 10. P. 58–71.

Nott J. A., Moore M. N. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on molluscan lysosomes and endoplasmic reticulum // Histochem. J. 1987. Vol. 19. P. 357–368.

Ordas M. C., Costa M. M., Roca F. J. et al. Turbot TNF-alpha gene: molecular characterization and biological activity of the recombinant protein // Mol. Immunol. 2007. Vol. 44. P. 389–400.

Pisoni M., Cogotzi L., Frigeri A. et al. DNA adducts, benzo(a)pirene monooxygenase activity, and lysosomal membrane stability in *Mytilis galloprovincialis* from different areas in Taranto coastal waters (Italy) // Environ. Res. 2004. Vol. 96. P. 163–175.

Regoli F. Lysosomal responses as a sensitive index in biomonitoring heavy metal pollution // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1992. Vol. 84. P. 63–69.

Shepard J. L., Olsson B., Tedengren M., Bradley B. Protein expression signatures identified in *Mytilus edulis* exposed to PCBs, copper and salinity stress // Mar. Environ. Res. 2000. Vol. 50, N 1–5. P. 337–340.

Taban I. C., Bechmann R. K., Torgrinsen S. et al. Detection of DNA damage in mussels and sea urchins exposed to crude oil using comet assay // Mar. Environ. Res. 2004. Vol. 58. P. 701–705.

Viarengo A., Zanicchi G., Moore M. N., Orumsu M. Accumulation and detoxication of cooper by the mussel *Mytilus galloprovincialis* // Aquat. Toxicol. 1981. Vol. 1. P. 147–157.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Скидченко Виолетта Сергеевна
научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: amelina_violetta@mail.ru
тел.: (8142) 571879

Skidchenko, Violetta
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: amelina_violetta@mail.ru
tel.: (8142) 571879

Высоцкая Римма Ульяновна
главный научный сотрудник, д. б. н., проф.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: rimma@bio.krc.karelia.ru
тел.: (8142) 571879

Немова Нина Николаевна
директор ИБ КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nemova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 783615

Vysotskaya, Rimma
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rimma@bio.krc.karelia.ru
tel.: (8142) 571879

Nemova, Nina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nemova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 783615

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 139–146

УДК 575.174: 581.145.1

ПОЛИМОРФИЗМ ПО ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЦВЕТЕНИЯ У *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH. НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ЕГО АРЕАЛА

О. М. Федоренко, М. В. Грицких, Т. С. Николаевская

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Изучены сроки зацветания растений шести природных популяций (двух островных и четырех континентальных) *Arabidopsis thaliana* (L.), расположенных на северной периферии ареала вида (Карелия), и дана сравнительная оценка приспособленности этих популяций. Установлено, что карельские популяции представлены в основном поздноцветущими формами растений. Тем не менее выявленное разнообразие по срокам зацветания и неодинаковая реакция на яровизацию *A. thaliana* свидетельствуют о полиморфизме генов, контролирующих проявление данного признака, что может быть своеобразной адаптивной стратегией вида в нестабильных условиях на северной периферии его ареала. Показано, что приспособленность карельских популяций *A. thaliana* к условиям окружающей среды обеспечивается высокой всхожестью семян и значительным уровнем варьирования их плодовитости, при этом островные популяции лучше адаптированы по сравнению с континентальными. По-видимому, для высокосамофертильного вида *A. thaliana* усиление инбридинга как следствие изоляции островных популяций не является существенным фактором снижения их приспособленности.

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., природные популяции, время начала цветения, яровизация, приспособленность.

O. M. Fedorenko, M. V. Gritskikh, T. S. Nikolaevskaya. POLYMORPHISM BASED ON THE ONSET OF FLOWERING IN *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH. AT THE NORTHERN LIMIT OF THE DISTRIBUTION RANGE

Timing of flowering in six natural populations (two insular and four continental) of *Arabidopsis thaliana* (L.), occupying northern limits of the species range (Karelia), was studied. Average fitness of these populations was estimate as well. It was revealed that Karelian populations are mainly represented by late-flowering forms. However, diversity in the timing of flowering and different reaction to vernalization indicates that there is polymorphism of genes which control this trait in Karelian populations. Perhaps it is the original adaptive strategy of *A. thaliana* in the unstable environment at the northern limits of the species range. It was demonstrated that adaptation of Karelian populations is facilitated by the high viability potential and high level of fertility variation. In addition to that, insular populations turned out to be better adapted than continental ones. Evidently, intensification of inbreeding, as a result of insular populations isolation, does not lead to any significant fitness decrease in the highly selfing species *A. thaliana.*

Key words: *Arabidopsis thaliana* (L.)., natural populations, flowering time, vernalization, fitness.

Введение

Проблема адаптации живых организмов к условиям окружающей среды является одной из актуальных в современной биологии. Эволюция идет путем отбора адаптивных фенотипов и основывается на генетических различиях в приспособленности между индивидуумами популяций. Для понимания эволюционного процесса важно знать, какова природа генетической изменчивости, контролирующей эти различия [Левонтин, 1978; Алтухов, 2003].

В пределах зоны распространения вида климатические условия варьируют. Многие абиотические факторы среды, такие как световые и температурные условия, изменяются постепенно вдоль географической широты и долготы. В связи с этим адаптивные признаки нередко проявляют клинальную изменчивость вдоль средовых градиентов, особенно у широко распространенных видов [Endler, 1977]. Так, высоко вариабельный признак «время начала цветения» является одной из важнейших физиологических характеристик растений и четко связан с приспособленностью. В популяциях *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – одного из наиболее изученных объектов генетики растений и молекулярной биологии – отмечена высокая вариабельность по времени зацветания [Pigliucci, 1998]. В последнее время среди исследователей сложилось представление, что этот признак является определяющим в адаптации арабидопсиса к условиям окружающей среды [Koornneef et al., 1991; Coupland, 1995; Kuittinen, 1997; Koornneef et al., 1998], к тому же он проявляет широтную клинальную изменчивость [Stinchcombe et al., 2004]. Вместе с прорастанием семян эта характеристика синхронизирует рост и репродукцию растений с наиболее благоприятным периодом вегетации [Symonides, 1987] и таким образом обеспечивает сохранение вида в череде поколений. Наличие клинальной изменчивости часто служит прямым доказательством действия естественного отбора [Левонтин, 1978] и участия в адаптации генов, контролирующих эту изменчивость.

Как показали генетические исследования, признак «время начала цветения» характеризуется полигенным наследованием [Cetl, 1990; Coupland, 1995], однако два гена являются определяющими в естественной изменчивости растений по темпам зацветания – *FRIGIDA* (*FRI*) и *FLOWERING LOCUS* C (*FLC*) [Napp-Zinn, 1987; Lee et al., 1993]. Причем примерно 70 % изменчивости по этому признаку является результатом аллельной изменчивости локуса *FRI*, а сам локус находится под жестким селективным давлением [Clarke, Dean, 1994; Simpson, Dean, 2002; Gazzani et al., 2003; Shindo et al., 2005]. В природе растения *A. thaliana* представлены озимыми и яровыми формами, различия между которыми определяются аллелями генов *FRI* и *FLC*. Для озимых растений характерны доминантные аллели *FRI* и *FLC*, в то время как у яровых форм присутствуют нефункциональный аллель *fri* или слабый *flc* аллель. Локус *FRI* предотвращает раннее цветение арабидопсиса без яровизации, поддерживая высокую экспрессию гена *FLC*, который, в свою очередь, кодирует белок MADS-домен, репрессирующий цветение [Sheldon et al., 1999]. Показано, что в природных образцах арабидопсиса, собранных со всего мира, распространены 20 различных нефункциональных *FRI*-гаплотипов [Shindo et al., 2005]. При этом предполагается, что мутации потери функции локуса *FRI*, приводящие к раннему цветению без яровизации, могут иметь значительное селективное преимущество.

Для *A. thaliana* территория Карелии является северной периферией ареала вида. Известно, что самые поздние по срокам зацветания экотипы арабидопсиса часто произрастают в северных широтах [Kranz, Kirchheim, 1987]. По-видимому, это связано с особенностями световых и температурных условий Севера. Гены, контролирующие время зацветания, находятся в общих путях с генами фитохромов, способными оценивать световую ситуацию в красной области света и детерминировать многие процессы фотоморфогенеза, в том числе и время начала цветения растений [Медведев, 2004]. Гены, отвечающие за функционирование фитохромов и темпы зацветания, оказывают влияние и на приспособленность растений к конкретным условиям окружающей среды. Жизнеспособность и плодовитость растений являются основными компонентами, из которых складывается общая приспособленность популяции [Алтухов, 2003; Хедрик, 2003].

Изолированные популяции арабидопсиса, произрастающего на островах Онежского озера, представляют собой удобную модель для изучения микроэволюционных процессов и возможных путей адаптивной эволюции. Особенности этих процессов в островных популяциях (уменьшение скорости миграции генов, усиление роли дрейфа генов и др.) способствуют снижению уровня панмиксии, что не всегда благоприятно сказывается на средней приспособленности этих популяций, которая основывается на плодовитости и жизнеспособности особей и представляет собой сумму отно-

сительных вкладов каждого из возможных генотипов популяции [Хедрик, 2003].

В настоящей работе мы сообщаем результаты изучения разнообразия карельских популяций арабидопсиса по срокам начала цветения (с яровизацией и без нее) и даем сравнительную оценку средней приспособленности этих популяций.

Материал и методы

A. thaliana – самоопыляющееся, диплоидное (2n = 10), однолетнее растение, имеющее небольшой размер генома (125 млн пар нуклеотидов) с низкой долей высокоповторяющейся ДНК [The Arabidopsis Genome Initiative, 2000].

Анализировали шесть природных популяций, находящихся на северной периферии ареала вида, в Карелии. Популяции расположены вдоль широтного градиента на протяжении примерно 200 км. Географическое положение их и характеристика мест произрастания арабидопсиса приведены в табл. 1. Две популяции расположены на островах Онежского озера Радколье и Большой Климецкий; остальные на континенте. Названия континентальных популяций даны в соответствии с близлежащими населенными пунктами, а островных – по географическим названиям островов.

Таблица 1. Характеристика мест произрастания карельских популяций *A. thaliana*

Популяции	Географическое положение	Место произрастания
Островные		
Радколье	62 05′ с. ш. 35 15′ в. д.	На скале, рядом с берегом озера
Б. Климецкий	61 49′ с. ш. 35 10′ в. д.	На скале, рядом с берегом озера
Континентальные		
Шуйская	62 00′ с. ш. 34 07′ в. д.	Вдоль автодороги, на скале
Царевичи	62 01′ с. ш. 34 07′ в. д.	Вдоль автодороги, на скале у озера
Косалма	62 01′ с. ш. 34 07′ в. д.	Вдоль автодороги, на скале
Кончезеро	62 08′ с. ш. 34 01′ в. д.	В деревне, вдоль тропы на скальное возвышение

Собранные во время экспедиции 2008 г. семена проращивали в чашках Петри на агаризованной питательной среде по Гихнеру-Велеминскому [Иванов и др., 1966] под люминесцентными лампами. Десятидневные проростки пересаживали в почву (смесь земли и песка, 2 : 1) и выращивали при температуре 22 С в люминостате при постоянном освещении. Условия лабораторного эксперимента представлены тремя вариантами: в одном из них время начала цветения растений определяли без холодовой обработки, во втором и третьем – семена после посева в чашки Петри выдерживали 24 часа при комнатной температуре и затем яровизировали в течение 14 и 30 дней при температуре 2–4 С, согласно данным литературы [Kuittinen et al., 1997; Michaels, Amasino, 1999; Lempe et al., 2005]. Во всех вариантах анализировали по 30 растений, случайно выбранных из каждой популяции. Количество дней от посева семян до появления первого распустившегося цветка составило срок зацветания растения.

Оценку приспособленности популяций производили по формуле: $W = \kappa \cdot \upsilon$, где κ и υ – стандартизованные величины плодовитости и жизнеспособности растений отдельной популяции, соответственно [Алтухов, 2003]. Количество стручков на одно растение составило плодовитость, которую определяли у 30 индивидумов популяции. Поскольку в одинаковых лабораторных условиях выживаемость растений была примерно одинаковой, в качестве жизнеспособности использовали показатель «всхожесть семян». Для оценки всхожести семена каждого из 30 материнских растений популяции проращивали в чашках Петри в четырех повторностях по 50 штук в каждой. Достоверность различий популяций по показателям плодовитости и всхожести семян определяли с помощью критерия Стьюдента [Зайцев, 1984].

Результаты и обсуждение

Изучение полиморфизма *A. thaliana* по времени начала цветения показало, что карельские популяции представлены в основном поздноцветущими формами. Это подтверждает вывод A. R. Kranz, B. Kirchheim [1987] о том, что самые поздние экотипы арабидопсиса часто произрастают в северных регионах. Вероятно, они имеют селективное преимущество в условиях короткого и холодного лета по сравнению с раннецветущими формами.

По литературным данным, самые раннецветущие линии арабидопсиса зацветают через 21 день [Coupland, 1995]. Однако для естественных популяций такими считаются растения, зацветающие в течение 28 дней от прорастания семян [Cetl, 1990]. По мнению других авторов, к раннецветущим растениям относятся те, которые зацветают через 30–60 дней [Jalas, Suominen, 1994] или не более чем через 75 дней от прорастания семян [Johanson et al., 2000].

По нашим данным, растения четырех популяций (Б. Климецкий, Кончезеро, Косалма, Шуйская) без предварительной холодовой обработки семян зацветали через 90–180 дней

(рис. 1). В популяции Радколье только 7 % растений зацветали через 76–90 дней, а остальные были поздноцветущими (зацветали через 90–180 дней). Популяция Царевичи оказалась полиморфной по времени начала цветения и представлена как поздноцветущими, так и относительно раннецветущими формами. Так, 16 % растений зацветали на 36–45-й день, 70,5 % (большая часть растений этой популяции) зацветали через 46–75 дней, на долю поздноцветущих (через 90 дней и более) приходилось 13,5 %.

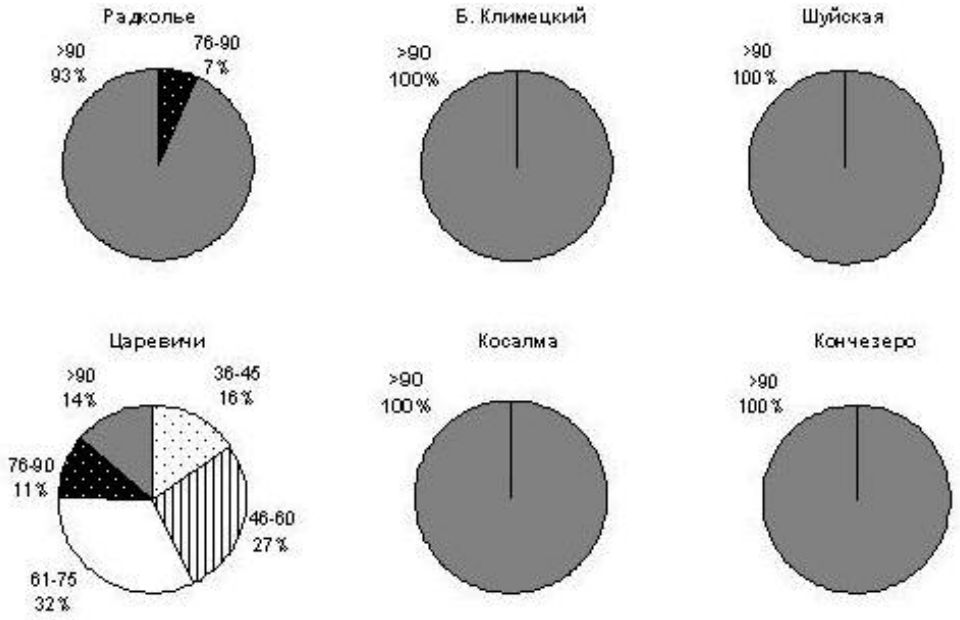


Рис. 1. Полиморфизм карельских популяций *A. thaliana* по времени начала цветения растений (без предварительной холодовой обработки). Напротив секторов указана доля растений (в %), имеющих определенную продолжительность периода (дни) до начала цветения

Успешное воспроизведение популяций *A. thaliana*, расположенных в северных широтах на северной границе его ареала, в значительной степени определяется генетически обусловленной способностью растений реагировать на низкие положительные температуры, поскольку естественная яровизация способствует ускорению развития и зацветания растений. Мы исследовали влияние яровизации на изменение сроков до начала цветения *A. thaliana*. Поскольку большая часть растений арабидопсиса северных широт являются озимыми, учет времени начала цветения растений был проведен после холодовой обработки семян. Известно, что продолжительность периода яровизации для *A. thaliana* обычно составляет 1–5 недель [Kuittinen et al., 1997; Michaels, Amasino, 1999; Lempe, 2005]. В наших экспериментах после 30-дневной яровизации выявилось значительное, но неодинаковое сокращение периода времени до начала цветения во всех исследованных популяциях (рис. 2). Так, в двух островных (Радколье и Б. Климецкий) и одной континентальной (Кончезеро) влияние яровизации можно считать значительным, так как существенно сократилось время до начала цветения у большинства растений. В популяции Кончезеро в группе поздноцветущих (более 90 дней) осталось менее 6 % растений. В островных популяциях доля позднецветущих снизилась до 21 % на о. Радколье и 34 % на о. Б. Климецком. Особым образом на яровизацию отозвались растения популяции Царевичи, где доля растений, зацветающих через 46–60 дней, увеличилась в 2 раза. В то же время растения популяций Шуйская и Косалма оказались нечувствительными к яровизации, и у 70–75 % растений не произошло сокращения периода до начала цветения. Таким образом, северные природные популяции арабидопсиса представлены, в основном, поздноцветущими формами растений. Однако неодинаковый ответ на яровизацию в отдельных популяциях свидетельствует о полиморфизме по генам, контролирующим темпы зацветания.

Анализ влияния длительности яровизации на время до начала цветения был выполнен на трех континентальных популяциях: Шуйская, Царевичи, Кончезеро (рис. 3). На диаграммах видно, что увеличение длительности яровизации приводит к сокращению доли поздноцветущих растений. Причем увеличение периода холодовой обработки в 2 раза, по сравнению с двухнедельной, вызвало неодинаковые изменения в отдельных популяциях. В популяциях

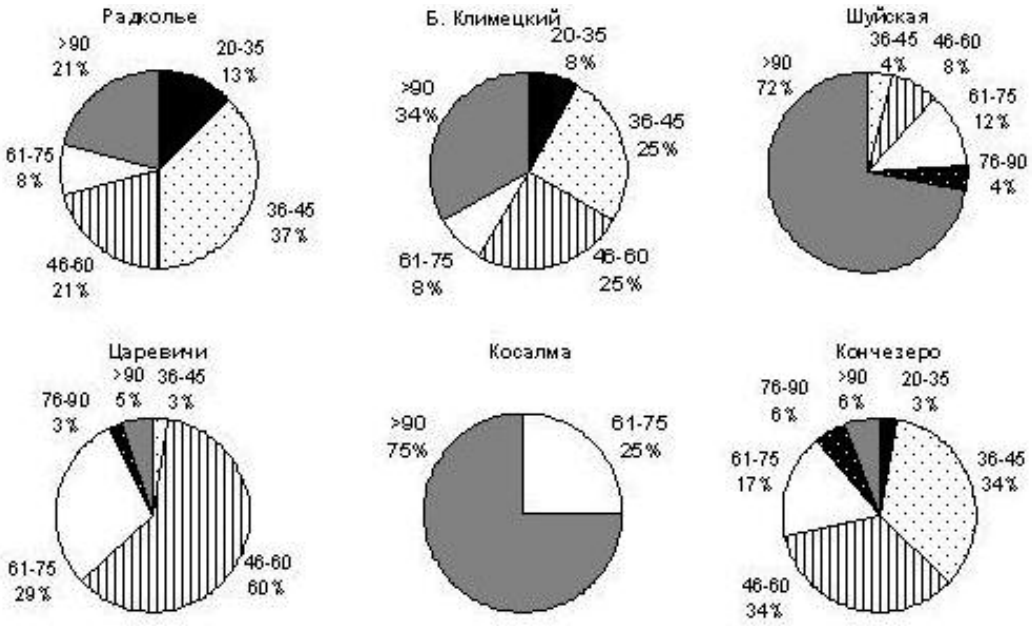


Рис. 2. Влияние яровизации (30 сут при 2–4 С) на продолжительность периода до начала цветения у растений *A. thaliana* в карельских популяциях. Напротив секторов указана доля растений (в %), имеющих определенную продолжительность периода (дни) до начала цветения

Кончезеро и Царевичи оно способствовало сокращению доли поздноцветущих растений соответственно в 3 и 7 раз. В отличие от них популяция Шуйская проявила намного более слабый ответ на увеличение сроков яровизации.

Известно, что различия между озимыми и яровыми формами *A. thaliana* контролируются всего лишь несколькими локусами, при этом наибольший эффект имеют 2 гена – *FRI* и *FLC* [Shindo et al., 2005]. Установлено, что локус *FRI* наиболее часто отвечает за потребность в яровизации среди поздних экотипов Центральной Европы и Скандинавии и является доминантным [Napp-Zinn, 1987; Clarke, Dean, 1994]. Поскольку в островных популяциях (Радколье и Климецкий) и в популяции Кончезеро наблюдается существенное увеличение доли раннецветущих растений после яровизации, то можно предположить, что в них высока частота доминантного *FRI*-аллеля. В популяциях Шуйская и Косалма, где эффект от яровизации ниже, вероятно, существенный вклад в контроль за временем цветения вносит ряд других генов (*LD, PHYs, CO, GI, GA, COP1* и др.). Высокая частота относительно ранних форм арабидопсиса в популяции Царевичи может быть следствием накопления мутантных аллелей по локусу *FRI* и, возможно, по *FLC*. Таким образом, разнообразие по срокам зацветания растений в карельских популяциях и неодинаковая реакция их на яровизацию, по-видимому, представляет собой адаптационный фонд вида в нестабильных условиях произрастания на северной периферии ареала вида.

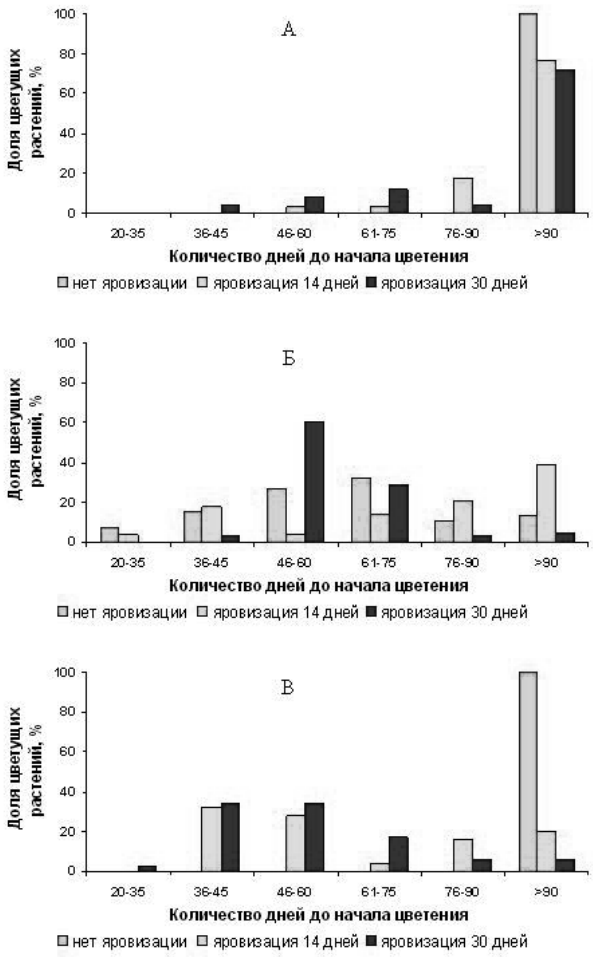


Рис. 3. Влияние длительности яровизации на время цветения растений *A. thaliana*:

А – популяция Шуйская, Б – популяция Царевичи, В – популяция Кончезеро

В целом исследованные популяции арабидопсиса характеризовались довольно высокой для природных популяций всхожестью семян – одного из компонентов общей жизнеспособности растений (табл. 2). Среди континентальных популяций обнаружились межпопуляционные различия: высокой жизнеспособностью семян отличалась популяция Кончезеро, а наиболее низкой – Царевичи. У островных популяций эти различия отсутствовали. Активное и одновременное прорастание семян островных популяций, по-видимому, связано с микроклиматическими особенностями – более поздний сход снежного покрова в результате влияния Онежского озера, в отличие от материка [Семенов, 1993]. Характеризуя плодовитость, необходимо отметить отсутствие различий между отдельными популяциями, за исключением популяции Шуйская, где количество стручков на растение было минимальным и более чем в 2 раза ниже по сравнению с другими популяциями (табл. 2).

Таблица 2. Компоненты приспособленности северных природных популяций *A. thaliana*

Популяции	Жизнеспособность	V	Плодовитость	V
Островные				
Радколье	96,1 ± 0,9	9,7	12,1 ± 0,9	50,9
Б. Климецкий	95,8 ± 0,6	6,8	11,7 ± 0,8	44,6
Среднее	96,0 ± 0,7***	8,3	11,9 ± 0,9	47,7
Континентальные				
Царевичи	74,6 ± 2,8	40,5	10,9 ± 0,7***	41,7
Шуйская	87,6 ± 1,3**	15,2	4,6 ± 0,8	74,1
Косалма	89,1 ± 1,3***	12,7	11,2 ± 1,2***	89,9
Кончезеро	92,2 ± 0,8***	8,0	10,5 ± 0,7***	42,8
Среднее	80,4 ± 1,8	19,4	9,8 ± 0,9	61,3

Примечание. Жизнеспособность – всхожесть семян в %; плодовитость – количество стручков на растение. *** – различия между средними значениями жизнеспособности островных и континентальных популяций достоверны при $p \le 0{,}001$; ** и *** – отличия континентальных популяций от популяции с наименьшим значением признака достоверны при $p \le 0{,}01$ и $p \le 0{,}001$, соответственно; V – коэффициент вариации.

Сравнение континентальных и островных популяций в целом показало, что последние отличаются более высокой жизнеспособностью (табл. 2). Плодовитость тех и других оказалась на одном уровне. Островные и континентальные популяции различались между собой по варьированию признаков: у островных популяций размах изменчивости показателей всхожести и плодовитости был более низким по сравнению с континентальными. Показатель плодовитости варьировал значительнее, чем жизнеспособность растений.

На основе стандартизованных величин плодовитости и жизнеспособности вычислены значения приспособленности популяций *A. thaliana,* представленные в табл. 3. Островные популяции, отличающиеся высокой плодовитостью и жизнеспособностью растений, проявили более высокую приспособленность по сравнению с континентальными популяциями. Возможно, это связано с особенностями микроэволюционных процессов в островных популяциях – со снижением уровня панмиксии и усилением инбридинга из-за ослабления миграционного потока генов, увеличением роли дрейфа генов при изоляции. Эти процессы должны оказывать влияние на среднюю приспособленность популяции, которая основывается на плодовитости и жизнеспособности особей и представляет собой сумму относительных вкладов каждого из возможных генотипов популяции [Алтухов, 2003; Хедрик, 2003]. По-видимому, для высокосамофертильного вида *A. thaliana* усиление инбридинга как следствие изоляции островных популяций не является существенным фактором снижения их приспособленности.

Таблица 3. Приспособленность популяций *A. thaliana* на северной периферии ареала вида

Популяции	υ	κ	W
Островные			
Радколье	1,000	1,000	1,000
Б. Климецкий	0,997	0,967	0,964
Континентальные			
Царевичи	0,777	0,901	0,700
Шуйская	0,912	0,380	0,347
Косалма	0,927	0,926	0,858
Кончезеро	0,960	0,868	0,831

Примечание. υ и κ – стандартизованные величины жизнеспособности и плодовитости растений; W – средняя приспособленность популяции.

Выявленные особенности жизнеспособности и плодовитости растений островных и континентальных популяций характеризуют, прежде всего, уровень их приспособленности к конкретным условиям произрастания. Так, низкий уровень плодовитости Шуйской популяции компенсируется довольно высокой выживаемостью. Невысокий показатель всхожести семян в популяции Царевичи, возможно, является следствием наличия у растений большой частоты мутаций по морфо-физиологическим признакам, таким как карликовость, многорозеточность, положительный геотропизм, этиолированность проростков, пигментные мутации. Однако уровень плодовитости достаточен для воспроизводства популяции, которая возобновляется, как показали наши наблюдения, в течение многих лет.

В целом приспособленность *A. thaliana* к условиям произрастания на северной периферии ареала вида осуществляется за счет адаптивной стратегии, которая заключается в поддержании полиморфизма по генам, контролирующим время начала цветения, и характеризуется сочетанием высокой жизнеспособности организмов со значительным внутрипопуляционным уровнем варьирования их плодовитости.

Выводы

1. Карельские природные популяции *A. thaliana* представлены в основном поздноцветущими формами растений. Однако гетерогенность по срокам начала цветения растений одной из изученных популяций (Царевичи) и различия в реакции на яровизацию отдельных популяций свидетельствуют о полиморфизме генов, контролирующих время зацветания и потребность в яровизации. Это может служить основой адаптивных изменений в генетической структуре популяций при тех или иных условиях вегетации растений за счет изменения приспособленности генотипов.

2. Приспособленность карельских популяций *A. thaliana* к условиям окружающей среды на северной периферии его ареала обеспечивается хорошей всхожестью семян – одного из компонентов общей жизнеспособности растений – и значительным уровнем варьирования их плодовитости, при этом островные популяции отличаются лучшей приспособленностью по сравнению с континентальными.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 11-04-01306-а).

Литература

Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 2003. 431 с.

Иванов В. И., Касьяненко А. Г., Санина А. В., Тимофеева-Ресовская Е. А. Опыты по радиационной генетике *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Сообщ. I // Генетика. 1966. № 8. С. 55–70.

Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Левонтин Р. С. Генетические основы эволюции. М.: Мир, 1978. 351 с.

Медведев С. С. Физиология растений. СПб.: СПбГУ, 2004. 334 с.

Семенов В. Н. Климат и гидрология поверхностных вод // Кижский вестник. № 2. Петрозаводск, 1993. С. 53–59.

Хедрик Ф. Генетика популяций. М.: Техносфера, 2003. 588 с.

Cetl I. Genetic polymorphism for allels of floweringtime in natural populations of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. // AIS. 1990. N 27. P. 27–42.

Clarke J. H., Dean C. Mapping *FRI*, a locus controlling flowering time and vernalization response in *Arabidopsis thaliana* // Molecular and General Genetics. 1994. Vol. 242. P. 81–89.

Coupland G. Genetic and environmental control of flowering time in *Arabidopsis* // Trends Genet. 1995. Vol. 11. P. 393–397.

Endler J. A. Geographic variation, speciation, and clines. Princeton University Press, Princeton, NJ. 1977.

Gazzani S., Gendall A. R., Lister C., Dean C. Analysis of the molecular basis of flowering time variation in arabidopsis accessions // Plant Physiology. 2003. Vol. 132. P. 1107–1114.

Jalas J., Suominen J. Atlas Florae Europaea. Distribution of vascular plants in Europe. Cruciferae (Sisymbrium to Aubrieta). Helsinki: Helsinki University Printing House, 1994. Vol. 10. 224 p.

Johanson U., West J., Lister C. et al. Molecular analysis of FRIGIDA, major determinant of natural variation in *Arabidopsis* flowering time // Science. 2000. Vol. 290. P. 344–347.

Koornneef M., Hanhart C. J., van der Veen J. H. A genetic and physiological analysis of late flowering mutants in *Arabidopsis thaliana* // Mol. Gen. Genet. 1991. N 229. P. 57–66.

Koornneef M., Alonso-Blanco C., Peeters A. J. M., Soppe W. Genetic control of flowering time in *Arabidopsis* // Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 1998. Vol. 49. P. 345–370.

Kranz A. R., Kirchheim B. Genetic resources in Arabidopsis // AIS. 1987. N 24.

Kuittinen H., Sillanpaa M. J., Savolainen O. Genetic basis of adaptation: flowering time in Arabidopsis thaliana // Theor. Appl. Genet. 1997. Vol. 95. P. 573–583.

Lee I., Bleecker A., Amasino R. Analysis of naturally occurring late flowering in *Arabidopsis thaliana* // Molecular and General Genetics. 1993. Vol. 237. P. 171–176.

Lempe J., Balasubramanian S., Sureshkumar S. et al. Diversity of flowering responses in wild *Arabidopsis thaliana* strains // PLoS Genetics. 2005. Vol. 1 (1). P. 109–118.

Michaels S. D., Amasino R. M. FLOWERING LOCUS C encodes a novel MADS domain protein that acts as a repressor of flowering // The Plant Cell. 1999. Vol. 11. P. 949–956.

Napp-Zinn K. Vernalization – environmental and genetic regulation // J. G. Atherton. Manipulation of flowering. Butterworths, 1987. P. 123–304.

Pigliucci M. Ecological and evolutionary genetics of *Arabidopsis* // TREE. 1998. N 3. P. 485–489.

Sheldon C. C., Burn J. E., Perez P. P. et al. The *FLC MADS* box gene. A repressor of flowering in *Arabidopsis* by vernalization and methylation // Plant Cel. 1999. Vol. 11. P. 445–458.

Shindo Ch., Aranzana M. J., Lister C. et al. Role of *FRIGIDA* and *FLOWERING LOCUS C* in determining variation in flowering time of Arabidopsis // Plant Physiology. 2005. Vol. 138. P. 1163–1173.

Simpson G. G., Dean C. Arabidopsis, the Rosetta stone of flowering time? // Science. 2002. Vol. 296. P. 285–289.

Stinchcombe J. R., Weinig C., Ungerer M. et al. A latitudinal cline in flowering time in *Arabidopsis thaliana* modulated by the flowering time gene *FRIGIDA* // PNAS. 2004. Vol. 101. N 13. P. 4712– 4717.

Symonides E. Population dynamics of annual plants // Davy A. J., Hutchings M. J., Watkinson A. R. (Eds.). 28th Symposium of the British Ecological Society, Sussex. Blackwell, 1987. P. 221–248.

The Arabidopsis Genome Initiative. Analysis of the genome sequence of the flowering plant Arabidopsis thaliana // Nature. 2000. Vol. 408. P. 796–815.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Федоренко Ольга Михайловна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: fedorenko_om@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Грицких Марина Витальевна
младший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: genmg@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Николаевская Татьяна Сергеевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nicoltn@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Fedorenko, Olga
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: fedorenko_om@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Gritskikh, Marina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: genmg@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Nikolaevskaya, Tatiana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nicoltn@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 147–153

УДК 591.145.2: 636.934

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ОРГАНАХ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РАЗЛИЧНОГО ЭКОГЕНЕЗА

Е. А. Хижкин[1], В. А. Илюха[1, 2], В. Т. Комов[3], И. В. Паркалов[4], Т. Н. Ильина[1], И. В. Баишникова[1], С. Н. Сергина[1], В. А. Гремячих[3], Т. Б. Камшилова[3], Е. С. Степина[3]

[1] Институт биологии Карельского научного центра РАН
[2] Петрозаводский государственный университет
[3] Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН
[4] ООО «Северная пушнина»

Накопление ртути у разводимых в неволе хищных млекопитающих зависело от экологических особенностей вида и могло определяться кормовой базой исследованных животных. Генотипические особенности животных также отражаются на способности накапливать соединения ртути. Изменения антиоксидантной системы связаны с участием ее отдельных компонентов в детоксикации.

Ключевые слова: ртуть, хищные млекопитающие, антиоксидантная система.

E. A. Khizhkin, V. A. Ilyukha, V. T. Komov, I. V. Parkalov, T. N. Ilyina, I. V. Baishnikova, S. N. Sergina, V. A. Gremyachikh, T. B. Kamshilova, E. S. Stepina. SPECIES-SPECIFIC FEATURES OF MERCURY CONTENT IN ORGANS OF CARNIVOROUS MAMMALS OF DIFFERENT ECOGENESIS

Accumulation of mercury in carnivorous mammals reared in captivity depends on the ecological characteristics of the species and could be related to the diet of the animals in question. The genotypic features of the animals also tell on the mercury storage capacity. Changes in the antioxidant system occur in correlation with the participation of its individual components in detoxication.

Key words: mercury, carnivorous mammals, antioxidant system.

Введение

Экологическая опасность ртути и последствия ее негативного влияния на организм представляют на сегодняшний день серьезную проблему. Ртуть занимает особое место среди поллютантов в связи с аномально высокой эффективностью ее усвоения, биодоступностью, чрезвычайно низкой скоростью выведения и высокой токсичностью для животных и человека. Отдельные соединения ртути различаются по своей токсичности и устойчивости, но наиболее опасным и стабильным является метилртуть [Немова, 2005; Медведев, Ивантер, 2007]. Аккумулируясь в тканях, ртуть и ее соединения блокируют белки-ферменты, контролирующие жизненно важные функции, нарушают структуру молекулы ДНК, а также обмен витаминов и микроэлементов.

В отличие от того внимания, которое уделяется исследованию аккумуляции ртути и метилртути водными экосистемами [Немова, 2005], подобные процессы в наземной фауне остаются малоизученными [Grigal, 2003]. Основная масса исследований по накоплению ртути млекопитающими проводится при нагрузке сублетальными или летальными дозами токсиканта с использованием в качестве объектов преимущественно лабораторных животных [Basu et al., 2007]. При этом взаимосвязь между физиолого-биохимическим статусом, систематической принадлежностью, экологическими особенностями млекопитающих и интенсивностью накопления поллютанта практически не изучена. Наряду с животными, обитающими в природе, введенные в зоокультуру хищные млекопитающие представляют уникальный объект для исследований такого рода, поскольку, несмотря на достаточно длительное время разведения в условиях неволи, у них сохранились характерные для диких предков особенности: моноэстричность, строгая сезонная цикличность многих процессов и др.

Цель настоящего исследования – сравнительно-видовое изучение накопления ртути и выявление взаимосвязи этого процесса с физиолого-биохимическими и экологическими особенностями норок, лисиц, песцов, енотовидных собак и лисо-песцовых гибридов, являющихся в связи с особенностями их питания потенциальными объектами интоксикации соединениями ртути.

Материал и методы

Исследовали 7-месячных животных (самцы и самки) клеточного содержания семейства *Canidae* – енотовидные собаки (*Nyctereutes procyonoides* Gray), вуалевые песцы (*Alopex lagopus* L.), серебристо-черные лисицы (*Vulpes vulpes* L.) и лисо-песцовые гибриды (*Alopex-Vulpes hybrids*) и семейства *Mustelidae* – серебристо-голубые и пастелевые норки (*Neovison vison* Shr.). Лисо-песцовые гибриды были получены при скрещивании самок песца шедоу с самцами серебристо-черных лисиц (светлый окрас) и при скрещивании самок вуалевого песца с самцами серебристо-черных лисиц (темный окрас). Песцы, лисицы и норки двух окрасов были выращены в зверохозяйстве ЗАО «Пряжинское» (Республика Карелия), енотовидные собаки и гибриды – на звероферме ООО «Северная пушнина» (филиал «Знаменка», Псковская область).

Образцы тканей печени, почек и скелетной мышцы отбирали в период планового забоя животных. Содержание ртути в образцах определяли на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс) атомно-абсорбционным методом холодного пара без предварительной пробоподготовки. Точность аналитических методов измерения контролировали с использованием сертифицированного биологического материала DORM-2 и DOLM-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада). Концентрации ретинола и α-токоферола определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [Скурихин, Двинская, 1989], стандартами служили ретинол и α-токоферол фирмы «Sigma» (США). Активность антиоксидантных ферментов (АОФ) измеряли спектрофотометрически: супероксиддисмутазы (СОД) – по модифицированной адренохромной методике [Misra, Fridovich, 1972] и каталазы – по количеству разложенной H_2O_2 [Bears, Sizer, 1952]. Уровень восстановленного глутатиона определяли по методу Эллмана [Sedlak, 1968].

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики, сравнение проводили с применением непараметрического критерия Вилкоксона – Манна – Уитни [Коросов, Горбач, 2007]. Работа выполнена с соблюдением правил проведения работ с использованием экспериментальных животных [Этическая экспертиза…, 2005].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований были выявлены различия в концентрациях ртути в органах и тканях: у всех исследованных представителей семейств *Canidae* и *Mustelidae* больше всего ртути содержалось в почках, меньше – в печени и мышцах. Отмечены значительные межвидовые и внутривидовые различия в уровне накопления ртути. Как и в природе, ее максимальное количество отмечено у енотовидной собаки (рис. 1). Если у отловленных в природе енотовидных собак содержание металла в печени было максимально (0,5–1,0 мг/кг) и кратно выше, чем в почках и мышцах [Комов, 2010], то у выращенных на ферме животных уровень поллютанта был ниже и одинаковым в печени и почках (0,13–0,25 мг/кг). В отличие от лисиц и песцов (рис. 1), у которых содержание ртути во всех исследованных органах было минимальным среди представителей семейства *Canidae*, у лисо-песцовых гибридов обоих окрасов уровень металла был значительно выше – 0,07–0,10 мг/кг в печени,

0,17–0,22 мг/кг в почках и 0,02–0,03 мг/кг в мышцах. Одной из причин довольно высокой степени аккумуляции поллютанта у енотовидных собак и гибридов и низкой у лисиц и песцов могут являться различия в кормовом рационе на звероферме ООО «Северная пушнина» и в зверохозяйстве ЗАО «Пряжинское». Помимо этого, высокое содержание ртути в органах енотовидной собаки может быть связано с особенностями ее экологии – в осенний период у нее происходит интенсификация анаболических процессов и накопление больших запасов жира, в котором способно откладываться значительное количество метилртути. Период биологического полураспада этого токсиканта, особенно в организмах с низким уровнем обмена веществ, необычайно длителен (у человека 70 дней), поэтому яд не выделяется, а, наоборот, задерживается в организме.

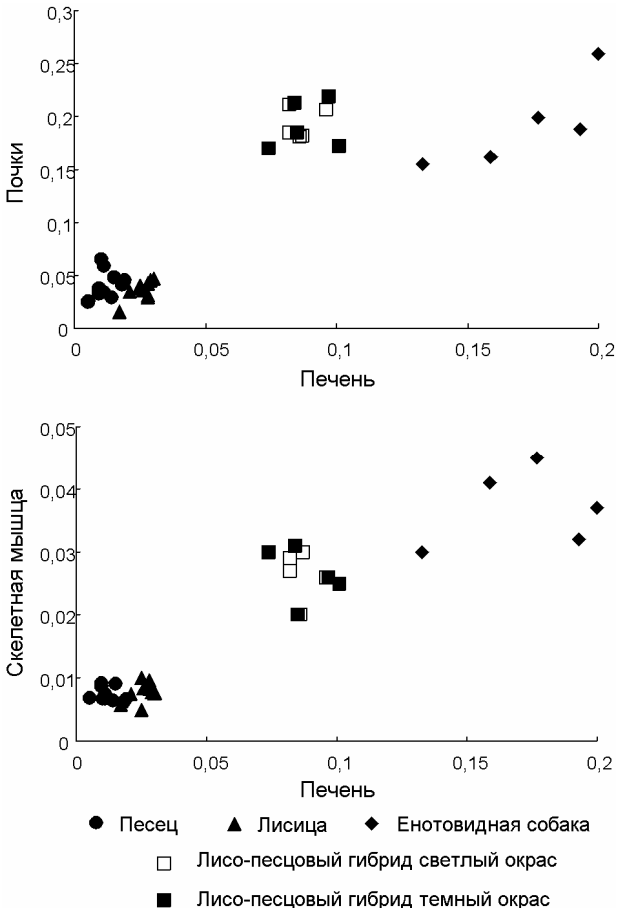


Рис. 1. Содержание ртути (мг/кг ткани) в органах млекопитающих семейства *Canidae*

Для природных популяций установлено [Комов, 2010], что представители мелких куньих (ласка, горностай) содержали ртуть в меньших количествах (до 0,3 мг/кг), чем крупные (норка, выдра, хорь). У последних среднее содержание металла в мышечной ткани составило 0,3–0,5, в печени и почках – 0,5–0,7 мг/кг сырой массы. В отличие от этого у разводимых в неволе норок двух окрасов (серебристо-голубых и пастелевых) во всех исследованных тканях отмечена более высокая (в 2–6 раз) концентрация ртути (рис. 2), по сравнению с лисами и песцами (рис. 1). Наблюдаемое явление, как и в случае с енотовидной собакой, могло быть обусловлено более высокой интенсивностью удельного метаболизма.

Известно, что активность антиоксидантных ферментов зависит в значительной степени от уровня метаболизма, присущего для каждого организма [Зенков и др., 2001]. Чем он выше, тем, как правило, больше активность АОФ. У норок ввиду их морфо-анатомических особенностей (вытянутая форма тела и др.) уровень основного обмена существенно больше, чем у песцов и лисиц [Casey et al., 1979]. По всей видимости, именно по этой причине в нашем исследовании установлена прямая корреляционная зависимость между уровнем ртути и активностью СОД и каталазы в печени (рис. 3). Активность АОФ и содержание поллютанта были выше у исследованных представителей семейства *Mustelidae*, по сравнению с песцами и лисицами.

То, что у норок содержание ртути в органах выше, чем у песцов и лисиц, также может быть связано с особенностями кормления этих животных – в период забоя норкам скармливают тушки лисиц и песцов. Такой зоотехнический прием не представляет для норок опасности, так как пороговая концентрация ртути в пище норки, вызывающая функциональные нарушения, равна 1,1 мг/кг сырой массы [Scheuhammer et al., 2007]. Имеется как минимум один документально зарегистрированный факт смерти наземного хищника от отравления ртутью – пантеры [Facemire et al., 1995]. Основным источником ртути для пантеры послужили еноты – рыбоядные наземные хищники.

Имеющиеся данные свидетельствуют о различной чувствительности представителей даже одного вида к воздействию токсиканта. Так, в исследованиях на человеке установлено [James et al., 2004], что аутисты и страдающие болезнью Альцгеймера более чувствительны к токсическим влияниям ртути и содержащим ее препаратам, поскольку их организм не способен эффективно выводить эти токсические вещества [Haley, 2005]. При этом мужские половые гормоны увеличивают восприимчивость к нейротоксичности ртути, а женские обеспечивают хорошую степень защиты. Для норок

отмечена высокая внутривидовая вариабельность накопления токсиканта – его уровень во всех органах был выше у пастелевых норок, чем у серебристо-голубых (рис. 2). Внутривидовые различия по способности накапливать даже эссенциальные микроэлементы отмечаются практически у всех пушных животных [Плотников и др., 2008]. По всей видимости, генотипические различия в концентрации ртути связаны и с неодинаковой интенсивностью метаболизма у норок разных генотипов [Ильина и др., 2007].

В органах всех видов, разводимых в неволе, отмечены концентрации ртути более низкие, чем в природных популяциях [Evans et al., 2000; Комов, 2010], и значительно ниже тех, которые вызывают токсические эффекты. Так, для норки и выдры содержание ртути в мозге, превышающее 10 мг/кг, и в печени в пределах 20–100 мг/кг несовместимо с жизнью [Dansereau et al., 1999]. У лисиц острый токсикоз с летальным исходом наблюдался при содержании ртути в печени и почках на уровне 30 мг/кг [Borg et al., 1969].

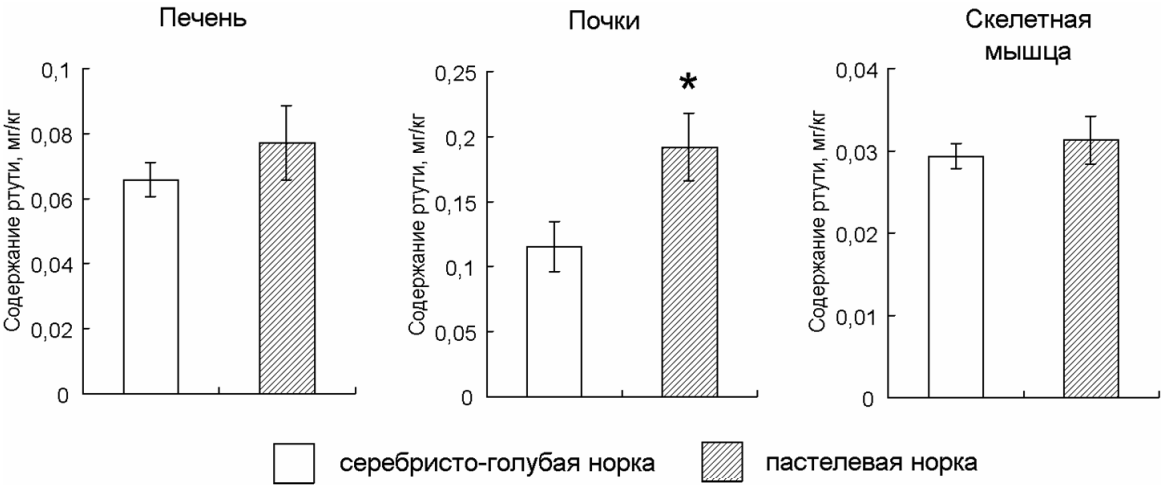


Рис. 2. Содержание ртути в органах норок разных окрасов (M ± m)

* – различия достоверны по сравнению с серебристо-голубой норкой ($p < 0,05$)

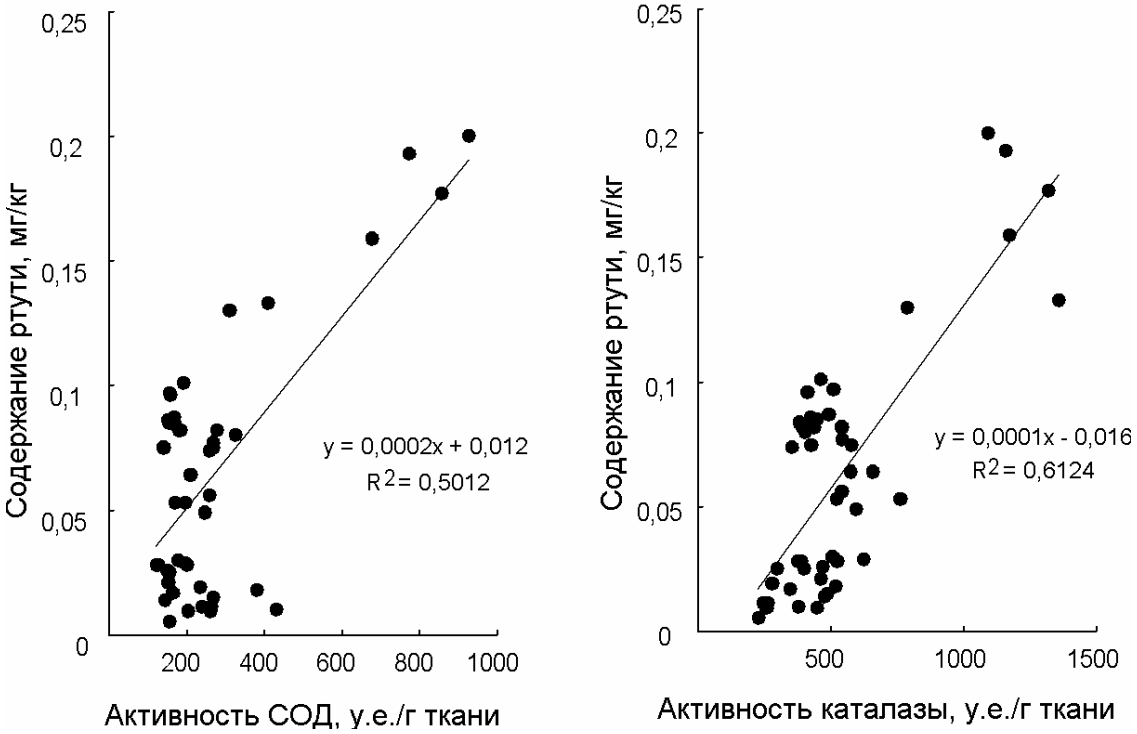


Рис. 3. Зависимость между активностью АОФ и содержанием ртути в печени у исследованных млекопитающих

Токсические эффекты ртути связаны со способностью метилртути связываться с сульфгидрильными группами ферментов, ионных каналов и рецепторов, что приводит к нарушению работы антиоксидантной системы и усиленной генерации свободных радикалов и активных форм кислорода [Lund, Miller, 1993; Mozaffarian, Rimm, 2006]. Исследование состояния систем генерации и тушения активных форм кислорода показало, что при наблюдаемых концентрациях поллютанта не происходит их существенного изменения. Не было обнаружено зависимости между содержанием ртути и количеством витаминов Е и А, что свидетельствует об отсутствии существенной нагрузки на антиоксидантную систему животных. Отмечена прямая корреляционная зависимость между уровнем ртути и содержанием небелковых SH-групп в почках (рис. 4). Это, очевидно, связано с тем, что для выведения из организма вначале должен образоваться комплекс ртути с глутатионом, который затем выделяется из клеток в кровь и в дальнейшем с участием печени выводится из организма. Установлено, что при низких концентрациях ртути в органе (до 0,15 мг/кг ткани) количество небелковых SH-групп, с которыми может связаться металл для последующего выведения, возрастает параллельно с увеличением концентрации поллютанта (рис. 4). При дальнейшем увеличении его концентрации организм не способен обеспечить достаточное количество соединений с сульфгидрильными группами, чтобы эффективно выводить ртуть из организма.

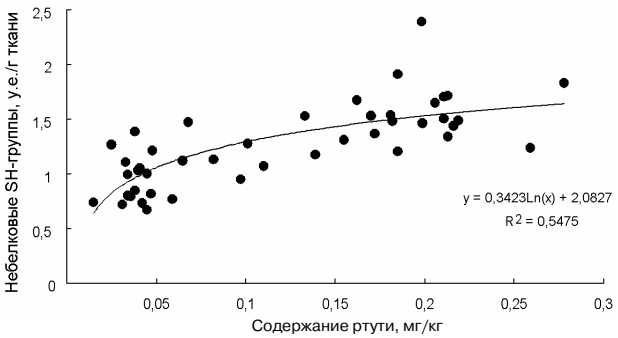


Рис. 4. Зависимость между уровнем небелковых SH-групп и содержанием ртути в почках у исследованных млекопитающих

Заключение

Таким образом, накопление ртути у разводимых в неволе хищных млекопитающих зависело от экологических особенностей вида (интенсивности клеточного и тканевого метаболизма) и могло определяться кормовой базой исследованных животных. Генотипические особенности животных также отражаются на способности накапливать соединения ртути. При достаточно низком содержании ртути в органах зверей, разводимых в неволе, по сравнению с дикими животными, существенных нарушений в работе антиоксидантной системы выявлено не было. Обнаруженные изменения уровня небелковых сульфгидрильных групп были направлены на детоксикацию ртути и ее соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ НШ-3731.2010.4, НШ-1642.2012.4 и ФЦП ГК № 02.740.11.0700.

Литература

Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньщикова Е. Б. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты. М.: МАИК Наука/Интерпериодика, 2001. 343 с.

Ильина Т. Н., Илюха В. А., Калинина С. Н. и др. Влияние генотипа на сезонные изменения антиоксидантной системы и изоферментного спектра лактатдегидрогеназы американских норок (*Mustela vision* Schreber 1777) // Вестник ВОГиС. 2007. Т. 11, № 1. С. 145–154.

Комов В. Т. Содержание ртути в органах и тканях рыб, птиц и млекопитающих европейской части России // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7–9 сент. 2010 г.). М., 2000. С. 14–19.

Коросов А. В., Горбач В. В. Компьютерная обработка биологических данных: Метод. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2007. 76 с.

Медведев Н. В., Ивантер Э. В. Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера. М.: Наука, 2007. 229 с.

Немова Н. Н. Биохимическая адаптация накопления ртути у рыб. М.: Наука, 2005. 164 с.

Плотников И. А., Орлов П. П., Федосеева Г. А. Микроэлементная обеспеченность клеточных степных сурков (Marmota bobak) в сравнении с дикими // Вопросы физиологии, содержания, кормопроизводства и кормления, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Киров, 2008. С. 281–286.

Скурихин В. Н., Двинская Л. М. Определение α-токоферола и ретинола в плазме крови сельскохозяйственных животных методом микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии // Сельскохозяйственная биология. 1989. № 4. С. 127–129.

Этическая экспертиза биомедицинских исследований. Практические рекомендации / Ред. Ю. Б. Белоусова. М., 2005. 156 с.

Basu N., Scheuhammer A. M., Bursian S. J. et al. Mink as a sentinel species in environmental health // Environ Res. 2007. Vol. 103, N 1. P. 130–144.

Bears R. F., Sizer I. N. A spectral method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide

by catalase // J. Biol. Chem. 1952. Vol. 195, N 1. P. 133–140.

Borg K., Wanntorp H., Erne K., Hanko E. Alkyl mercury poisoning in terrestrial Swedish wildlife // Viltrevy. 1969. Vol. 6. P. 301–379.

Casey T. M., Withers P. C., Casey K. K. Metabolic and respiratory responses of arctic mammals to ambient temperature during the summer // Comp. Biochem. Physiol. 1979. Vol. 64A, N 2. P. 331–341.

Dansereau M., Lariviere N., Tremblay D. D., Belanger D. Reproductive performance of two generations of female semidomesticated mink fed diets containing organic mercury contaminated freshwater fish // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1999. Vol. 36. P. 221–226.

Evans R. D., Addison E. M., Villeneuve J. Y. et al. Distribution of inorganic and methylmercury among tissues in mink (*Mustela vison*) and otter (*Lutra canadensis*) // Environ Res. 2000. Vol. 84, N 2. P. 133–139.

Facemire C., Augspurger T., Bateman D. et al. Impacts of mercury contamination in the southeastern United States // Water Air Soil Pollut. 1995. Vol. 80. P. 923–926.

Grigal D. F. Mercury Sequestration in Forests and Peatlands: A Review // J. Environ. Qual. 2003. Vol. 32. P. 393–405.

Haley B. E. Mercury toxicity: Genetic susceptibility and synergistic effects // Medical Veritas. 2005. Vol. 2. P. 535–542.

James S. J., Cutler P., Melnyk S. et al. Metabolic biomarkers of increased oxidative stress and impaired methylation capacity in children with autism // Am. J. Clin. Nutr. 2004. Vol. 80. P. 1611–1617.

Lund B. O., Miller D. M. Studies in Hg-induced H_2O_2 production and lipid peroxidation in vitro in rat kidney mitochondria // Biochem. Pharmacol. 1993. Vol. 45. P. 2017–2024.

Misra H. H., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase // J. Biol. Chem. 1972. Vol. 247. P. 3170–3175.

Mozaffarian D., Rimm E. B. Fish intake, contaminants, and human health evaluating the risks and the benefits // JAMA. 2006. Vol. 296, N 15. P. 1885–1899.

Scheuhammer A., Meyer M., Sandheinrich M., Murray M. Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish // Ambio. 2007. Vol. 36, N 1. P.12–18.

Sedlak J., Lindsay R.H. Estimation of total, protein-bound and non-protein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent // Anal. Biochem. 1968. Vol. 25. P. 192–205.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Хижкин Евгений Александрович
младший научный сотрудник
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: hizhkin84@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Илюха Виктор Александрович
зав. лаб. экологической физиологии животных, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ilyukha@bio.krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573107

Комов Виктор Трофимович
зам. директора, д. б. н.
ИБВВ им. И. Д. Папанина
Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок,
Россия, 152742
эл. почта: vkomov@ibiw.yaroslavl.ru

Паркалов Иван Владимирович
председатель совета директоров
ООО «Северная пушнина»
ул. Финляндская, 19, г. Санкт-Петербург, Колпино, Россия
эл. почта: parkalov@nordfurs.ru

Ильина Татьяна Николаевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ilyina@ bio.krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573107

Khizhkin, Evgeniy
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: hizhkin84@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Ilyukha, Viktor
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilyukha@bio.krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573107

Komov, Victor
Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Nekouzskiy District, Jaroslavl Region,
Russia
e-mail: vkomov@ibiw.yaroslavl.ru

Parkalov, Ivan
LLC «North furs»
19 Finlyandskaya St., Kolpino, St. Petersburg, Russia
e-mail: parkalov@nordfurs.ru

Ilyina, Tatyana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilyina@ bio.krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573107

Баишникова Ирина Валерьевна
ведущий биолог
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: iravbai@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Сергина Светлана Николаевна
научный сотрудник
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: cvetnick@yandex.ru
тел.: (8142) 573107

Гремячих Вера Алексеевна
старший научный сотрудник
ИБВВ им. И. Д. Папанина
Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, Россия, 152742
эл. почта: grva@ibiw.yaroslavl.ru

Камшилова Татьяна Борисовна
младший научный сотрудник
ИБВВ им. И. Д. Папанина
Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, Россия, 152742
эл. почта: ktb@ibiw.yaroslavl.ru

Степина Елена Сергеевна
аспирант
ИБВВ им. И. Д. Папанина
Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, Россия, 152742

Baishnikova, Irina
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: iravbai@mail.ru
tel.: (8142) 573107

Sergina Svetlana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: cvetnick@yandex.ru
tel.: (8142) 573107

Gremyachikh, Vera
Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Nekouzskiy District, Jaroslavl Region, Russia
e-mail: grva@ibiw.yaroslavl.ru

Kamshilova, Tatyana
Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Nekouzskiy District, Jaroslavl Region, Russia
e-mail: ktb@ibiw.yaroslavl.ru

Stepina, Elena
Institute of Inland Waters Biology,
Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Nekouzskiy District, Jaroslavl Region, Russia

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 154–158

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 577.322: [546.26: 553.9]: 543.424.2

СПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ БИОКОНЪЮГАТОВ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА И ШУНГИТОВОГО НАНОУГЛЕРОДА

А. С. Горюнов[1], А. Г. Борисова[1], В. А. Колодей[2], С. П. Рожков[1]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Институт геологии Карельского научного центра РАН*

Получен спектр комбинационного рассеяния биоконъюгата белка – сывороточного альбумина быка с шунгитовым наноуглеродом в водной нанодисперсии. Сравнение спектра со спектрами компонентов биоконъюгата свидетельствует об изменениях во вторичной структуре белка, связанных с ослаблением образуемых аминокислотными остатками тирозина водородных связей.

К л ю ч е в ы е с л о в а : бычий сывороточный альбумин, шунгитовый наноуглерод, спектроскопия комбинационного рассеяния, биоконъюгат, наночастица.

A. S. Goryunov, A. G. Borisova, V. A. Kolodey, S. P. Rozhkov. RAMAN SPECTROSCOPY OF BIOCONJUGATES OF BOVINE SERUM ALBUMIN AND SHUNGITE NANOCARBON

The Raman spectrum of the bioconjugate of protein – bovine serum albumin with shungite nanocarbon in aqueous nanodispersion has been obtained. Comparison of the spectrum with the spectra of the bioconjugate components indicates that the protein secondary structure is altered due to the weakening of hydrogen bonds formed by tyrosine amino acid residues.

K e y w o r d s : bovine serum albumin, shungite nanocarbon, Raman spectroscopy, bioconjugate, nanoparticle.

Введение

Формирование комплексов белковых молекул с наночастицами открывает возможности для создания гибридных систем, функции которых смогут иметь разнообразные биотехнологические, химикотехнологические и медицинские приложения. Получение комплексов такого рода сопряжено с необходимостью контролировать и поддерживать компоненты в функционально активном структурном состоянии. Поэтому изучение взаимодействий между

наночастицей и белковой молекулой при их контакте в составе комплекса (биоконъюгата) представляет собой весьма важную задачу. Такая конъюгация часто приводит к модификации как структуры, так и функции белка, а иногда и свойств наночастицы [Aubin-Tam, Hamad-Shifferli, 2008]. Цель настоящей работы – установить наличие и характер изменений структуры молекул белка – сывороточного альбумина при образовании конъюгата с шунгитовым наноуглеродом путем анализа спектров комбинационного рассеяния биоконъюгата и его компонентов. В качестве метода, способного обнаружить изменения в структуре комплекса, использована спектроскопия комбинационного рассеяния (рамановская спектроскопия), которая известна как эффективный неповреждающий подход, дающий детальную информацию на молекулярном уровне, в частности, на уровне вторичной структуры белка.

Материал и методы

Сывороточный альбумин – основной белок плазмы крови. Молекула сывороточного альбумина быка (САБ) представляет собой единую полипептидную цепь из 585 аминокислотных остатков, сложенную в виде ряда петель, организованных в три гибко связанных домена, каждый из которых состоит из трех субдоменов; молекулярный вес около 66,5 кДа. Размеры белковой глобулы 14×4×4 нм. В цепи много заряженных и ароматических остатков (30 фенилаланинов и 21 тирозин), 5 метионинов и 35 полуцистеинов, которые образуют 17 дисульфидных мостиков. Эти дисульфидные связи определяют вторичную структуру молекулы альбумина, которую на 50–68 % составляют α-спирали и на 16–18 % – β-складки [Petitpas et al., 2001].

Шунгитовый наноуглерод в водной дисперсии представлен наночастицами (90–100 нм), сформированными из многослойных наноглобул <10 нм, которые в свою очередь образованы базовыми структурными элементами – непланарными графеновыми фрагментами размером <1 нм. Фрагменты являются стабилизаторами наноглобул в водной среде [Рожкова, 2011]. Водные нанодисперсии шунгитового углерода были получены по методике, описанной ранее в работах [Рожков и др., 2007; Rozhkova et al., 2007; Рожкова, 2011].

Сывороточный альбумин быка (САБ, V фракция, ПанЭко), растворенный в воде, использовали в эксперименте без дальнейшей очистки. Для получения биоконъюгатов белка с наночастицами шунгитового углерода в нанодисперсию углерода вводили белковый раствор высокой начальной концентрации. В результате дисперсия содержала белок и наноуглерод в концентрациях 20 и 0,05 мг/мл, соответственно. Образование биоконъюгатов контролировалось с помощью спектроскопии динамического светорассеяния на анализаторе размеров наночастиц Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments). При указанном соотношении концентраций компонентов некоторая часть белка находилась в свободном состоянии в растворе. Полученное распределение биоконъюгатов по размерам имело максимум при 200 нм и ширину 300 нм.

Регистрация спектров комбинационного рассеяния света (КРС) производилась на рамановском дисперсионном спектрометре Nicolet Almega XR (Thermo Scientific). При этом использовался ИК-лазер с длиной волны излучения 785 нм; спектральное разрешение прибора 1 $см^{-1}$, мощность возбуждающего лазера 300 мВт. Спектры регистрировались с 15-минутным накоплением. Растворы помещались в кварцевую кювету, которую устанавливали в отделении для макрообразцов перпендикулярно оси лазерного пучка.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведен спектр КРС водной нанодисперсии шунгитового углерода в интервале волновых чисел 700–1800 $см^{-1}$. Известно, что в спектрах КР аморфного углерода наблюдаются, как правило, две полосы – G(graphite)-полоса с волновым числом (частотой) около 1560 $см^{-1}$ и D(diamond)-полоса с частотой около 1350 $см^{-1}$, обусловленные sp^2-связями [Ferrari, Robertson, 2000]. G-полоса обусловлена растяжением пар sp^2-связей в углеродных кольцах и цепях, а D-полоса – «дышащими» модами в углеродных цепях. Интенсивность полосы D является в известной степени мерой беспорядка структуры (вернее, структурной неупорядоченности углерода) [Сморгонская, Иванов-Омский, 2005; Ременюк и др., 2009]. Для порошка шунгита эти полосы наблюдаются на 1590 $см^{-1}$ и 1345 $см^{-1}$, соответственно, т. е. имеет место так называемый «синий сдвиг» для G-полосы и «красный» сдвиг для D-полосы. На спектре водной нанодисперсии шунгитового углерода наиболее интенсивными также являются G- и D-полосы, характерные для углеродных структур, но еще более сдвинутые друг от друга, 1605 $см^{-1}$ и 1318 $см^{-1}$, соответственно, причем как интенсивность, так и ширина полосы D несколько больше, чем G-полосы. Полу-

ширина ($\Delta\nu_{1/2}$) полосы D составляет 104 см$^{-1}$, а полосы G – 70 см$^{-1}$. Кроме того, наблюдается небольшой пик около 1460 см$^{-1}$, который проявляется в спектрах КР нанокристаллических алмазов; его принято соотносить с сильно разупорядоченными кластерами sp^3-связанного углерода [Ferrari, Robertson, 2001].

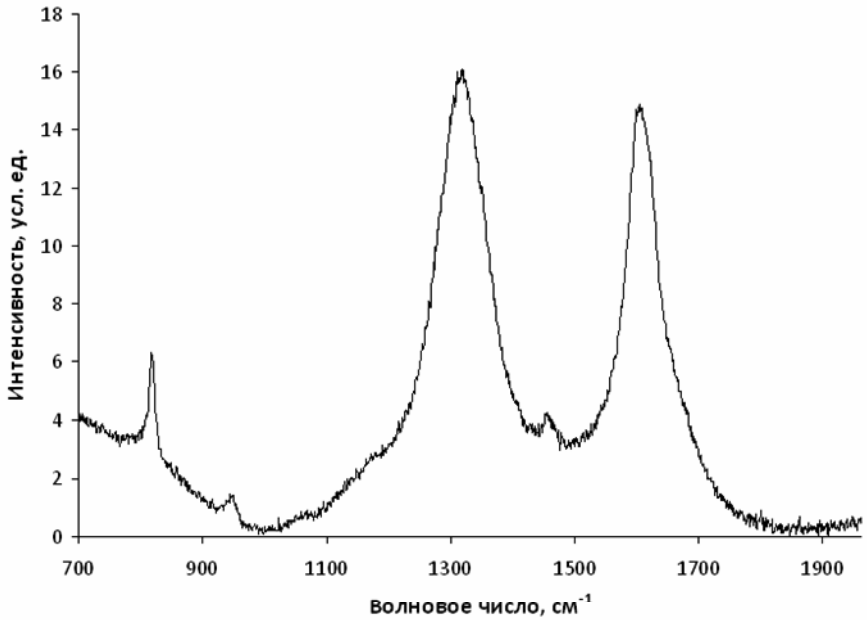


Рис. 1. Спектр комбинационного рассеяния нанодисперсии шунгитового углерода; концентрация углерода 0,1 мг/мл

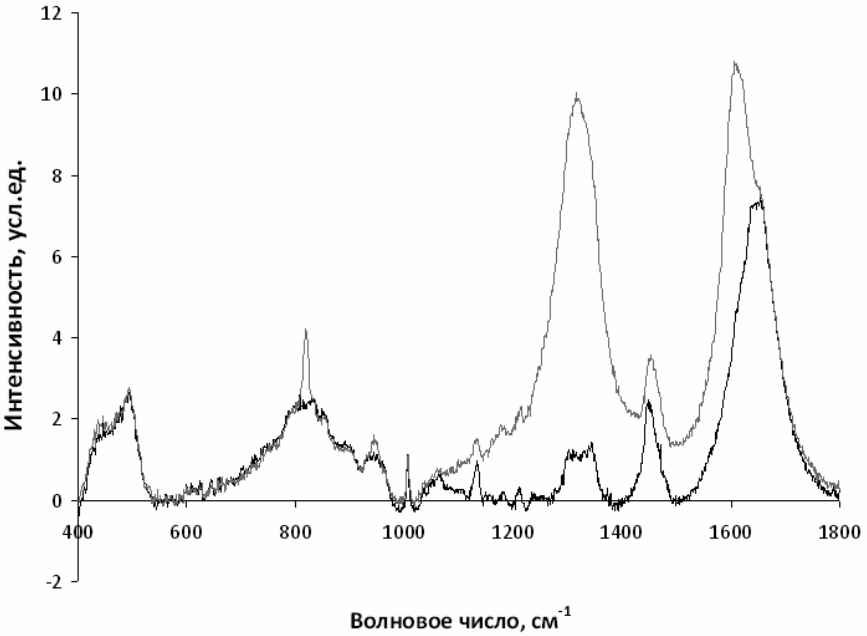


Рис. 2. Спектры комбинационного рассеяния водного раствора сывороточного альбумина быка, концентрация 20 мг/мл (черная линия); водной нанодисперсии биоконъюгата сывороточный альбумин быка – шунгитовый наноуглерод, концентрация по белку 20 мг/мл, по углероду – 0,05 мг/мл (серая линия)

Спектр нативного сывороточного альбумина быка в диапазоне 400–1800 см$^{-1}$ представлен на рис. 2. В спектре наблюдается ряд пиков различной ширины и интенсивности. Колебания в области 1400–1800 см$^{-1}$ обусловлены, в основном, двумя разновидностями связей: колебания пептидных связей -CO-NH-, формирующих белковую основу, и колебания, связан-

ные с боковыми цепочками аминокислот. В спектрах КР белковых молекул наблюдаются следующие полосы: амид I (1655–1675 $см^{-1}$), который представляет собой, главным образом, валентное колебание C=O; амид II (1560 $см^{-1}$, деформационное колебание N-H, валентное C-N); амид III (1240–1260 $см^{-1}$, валентное C-N, деформационное N-H) [Peticolas, 1995]. Пик 1450 $см^{-1}$ соответствует деформационному крутильному колебанию CH_2. В спектрах амида I и амида III, используемых для анализа вторичной структуры белка, проявляются колебания основной полипептидной цепи. При этом выделяются следующие характеристические частоты:

– амид I 1645–1655 $см^{-1}$ (α-спираль), 1670–1680 $см^{-1}$ (β-структура) и 1660–1670 $см^{-1}$ (хаотический клубок, валентные колебания C=O связи);

– амид III 1270–1280 $см^{-1}$ (α-спираль), 1230–1240 $см^{-1}$ (β-структура) и 1240–1260 $см^{-1}$ (хаотический клубок, C-N растяжение, NH поворот) [Peticolas, 1995].

Для раствора САБ в воде наблюдаются полосы амида I: 1638–1654 $см^{-1}$, 1450 $см^{-1}$, 1290–1350 $см^{-1}$ (широкая полоса), острый пик при 1006 $см^{-1}$ (дыхательная мода бензольного кольца фенилаланина) и ряд полос в области 700–900 $см^{-1}$.

При сравнении спектров (рис. 2) обнаруживается, что интенсивность рассеяния шунгитового наноуглерода в водной дисперсии гораздо выше, чем у белка в растворе при используемых в эксперименте концентрациях. Кроме того, в области 1100–1800 $см^{-1}$ рассеяние шунгитовой дисперсии полностью перекрывает рассеяние белка, что способно существенно усложнить анализ спектров.

На рис. 2 представлен также спектр биоконъюгата САБ с шунгитовым углеродом в водной нанодисперсии. Самыми интенсивными в этом спектре по-прежнему являются полосы шунгитового углерода – полосы G и D (1606 и 1318 $см^{-1}$, соответственно). Положение пиков при этом не изменилось, однако возросли их интенсивности за счет вклада белка, кроме того, пик G стал шире $\Delta\nu_{1/2}$ = 95 $см^{-1}$, а пик D, наоборот, сузился $\Delta\nu_{1/2}$ = 94 $см^{-1}$. Вклад белка особенно заметен в области полосы амид I, которая на спектре проявляется как плечо на частоте 1654 $см^{-1}$. Аналогичные спектры были сняты для конъюгатов с различной концентрацией шунгитового углерода (от 0,01 до 0,05 мг/мл).

Отсутствие зависимости положения максимумов полос D и G от содержания сывороточного альбумина в растворе свидетельствует о том, что белок в составе конъюгата не оказывает заметного воздействия на химические связи в углеродной матрице и структуру шунгитового углерода в нанодисперсии.

Для качественной оценки конформационных изменений молекулы белка, в частности, при его частичной или полной денатурации используется полоса амид I, которая, как известно, является индикатором воздействий на вторичную структуру молекул белков и полипептидов. В конъюгатах шунгитового углерода с САБ положение полосы амид I (плечо 1654 $см^{-1}$) остается неизменным, что отражает тот факт, что преобладающей вторичной структурой во всех образцах по-прежнему является α-спираль.

Для спектра биоконъюгата характерны белковые пики в области 500–1100 $см^{-1}$, а также малоинтенсивные пики шунгитового наноуглерода при 820 и 943 $см^{-1}$. Перекрывание этих пиков, хотя и частичное, вызывает определенные трудности при анализе спектров. Полосы при 1343 и 890 $см^{-1}$ соответствуют колебаниям ароматических аминокислот САБ, содержащего 3 остатка триптофана, а пики 830 и 850 $см^{-1}$ соотносят с остатками тирозина [Peticolas, 1995]. Этот тирозиновый дублет вызван резонансом между основными модами кольца и обертонами. Соотношение интенсивностей полос при 850 и 830 $см^{-1}$ является конформационно-чувствительным и отражает состояние триптофана. Колебание кольца фенилаланина (дыхательная мода) проявляется достаточно интенсивной полосой при 1006 $см^{-1}$, поскольку в молекуле белка 30 остатков этой аминокислоты.

При сравнении спектров нативного белка и биоконъюгата видно, что полоса 1343 $см^{-1}$ полностью перекрывается полосой D шунгитового наноуглерода. Изменение пика при 890 $см^{-1}$ состоит лишь в некотором снижении его интенсивности, а полоса 1006 $см^{-1}$ остается неизменной, из чего можно сделать вывод, что состояние остатков триптофана и фенилаланина в биоконъюгате сохраняется. Пик при 1315 $см^{-1}$, отражающий изменения в колебаниях C-H-связей боковых аминокислотных цепей и хорошо заметный в спектре нативного белка, также полностью перекрыт полосой D наноуглерода.

Характерный для шунгитового наноуглерода слабый пик при 950 $см^{-1}$ совпадает с широким пиком белка 920–960 $см^{-1}$, поэтому на спектре биоконъюгата наблюдается усиление интенсивности полосы в этой области спектра.

Изменения положения пиков тирозинового дублета в конъюгате также не обнаруживается; однако значения отношения интенсивностей линий тирозинового дублета при 850 и 830 $см^{-1}$ для нативного и конъюгированного белка различаются. Они составили 0,89 и 0,81 соответ-

ственно. Уменьшение этого соотношения может отражать ослабление водородных связей, образуемых остатками тирозина с окружающими атомными группами. Вероятно, это происходит за счет взаимодействия с наноуглеродом и, в частности, с его базовыми структурными элементами – непланарными графеновыми фрагментами, поскольку эти структуры имеют дипольный момент, который в разбавленных растворах составляет величину $\mu \cong 6{,}5$ Д.

Таким образом, сравнение спектра биоконъюгата шунгитового наноуглерода с сывороточным альбумином быка в водной нанодисперсии со спектрами компонентов биоконъюгата свидетельствует о том, что структура и свойства белка в присутствии шунгитового наноуглерода претерпевают лишь незначительные изменения. Они относятся ко вторичной структуре белка и связаны с ослаблением образуемых аминокислотными остатками тирозина водородных связей.

Выражаем признательность Н. Н. Рожковой за предоставленные нанодисперсии шунгитового углерода.

Литература

Ременюк А. Д., Звонарева Т. К., Захарова И. Б. и др. Исследование оптических свойств аморфного углерода, модифицированного платиной // Физика и техника полупроводников. 2009. Т. 43, № 7. С. 947–952.

Рожков С. П., Ковалевский В. В., Рожкова Н. Н. Фуллереносодержащие фазы, получаемые из водных дисперсий наночастиц углерода // Журн. физ. химии. 2007. Т. 81, № 6. С. 952–958.

Рожкова Н. Н. Наноуглерод шунгитов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 100 с.

Сморгонская Э. А., Иванов-Омский В. И. Исследование углеродной структуры композитных пленок α-C:H<Cu> и α-C:H<Co> методом рамановской спектроскопии // Физика и техника полупроводников. 2005. Т. 39, № 8. С. 970–975.

Aubin-Tam M. E., Hamad-Schifferli K. Structure and function of nanoparticle-protein conjugates // Biomed Mater. 2008. Vol. 3, N 3. P. 034001.

Ferrari A. C., Robertson J. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon // Physical Review. B. 2000.Vol. 61, N 20. P. 14095.

Ferrari A. C., Robertson J. Resonant Raman spectroscopy of disordered, amorphous and diamond like carbon // Physical Review. B. 2001. Vol. 64, N 7. P. 075414.

Peticolas W. L. Raman Spectroscopy of DNA and Proteins // Methods Enzymol. 1995. Vol. 246. P. 389–416.

Petitpas I., Grune T., Bhattacharya A. A., Curry S. J. Crystal structures of human serum albumin complexed with monounsaturated and polyunsaturated fatty acids // Mol. Biol. 2001. Vol. 314, N 5. P. 955–960.

Rozhkova N. N., Gribanov A. V., Khodorkovskii M. A. Water mediated modification of structure and physical chemical properties of nanocarbons // Diamond and Related Materials. 2007. Vol. 16. P. 2104–2108.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Горюнов Андрей Сергеевич
ведущий научный сотрудник, к. ф.-м. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: goryunov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Борисова Александра Григорьевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: borisova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Колодей Владимир Александрович
физик
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: geology@krc.karelia.ru

Рожков Сергей Павлович
ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: rozhkov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Goryunov, Andrey
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: goryunov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Borisova, Alexandra
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: borisova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Kolodey, Vladimir
Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: geology@krc.karelia.ru

Rozhkov, Sergey
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rozhkov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 159–161

УДК 581.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

М. И. Сысоева, Е. Н. Икконен

Институт биологии Карельского научного центра РАН

На основе анализа модельных данных выявлены существенные различия по интенсивности фотосинтеза и областям оптимума у растений огурца (*Cucumus sativus* L., гибрид Зозуля), подвергнутых на ранних этапах онтогенеза постоянному и кратковременному действию низких закаливающих температур. Постоянное действие низкой температуры значительно ингибировало фотосинтетические процессы и привело к сужению области оптимума и ее сдвигу в сторону низких значений температуры и освещенности, а нестабильность суточного температурного режима, напротив, способствовала усилению адаптационной способности растений огурца, значительно расширив область оптимума фотосинтеза.

Ключевые слова: *Cucumus sativus* L., температура, освещенность, фотосинтез, адаптационная способность.

M. I. Sysoeva, E. N. Ikkonen. OPTIMIZATION OF PHOTOSYNTHESIS PROCESSES IN CUCUMBER PLANTS IN SHORT-TERM AND LONG-TERM LOW TEMPERATURE TREATMENTS

We have analysed model data and revealed significant distinctions in the rate of photosynthesis and optimum condition ranges between cucumber (*Cucumus sativus* L., Zozulya ev.) plants exposed early in the ontogeny to long-term and to short-term low hardening temperatures. Continuous exposure to low temperature significantly inhibited photosynthesis, narrowed the optimum range and shifted it towards lower temperature and light values, whereas variations in daily temperature, on the contrary, enhanced the adaptation capacity of cucumber plants through notable expansion of the range optimal for photosynthesis.

Key words: *Cucumus sativus* L., temperature, light intensity, photosynthesis, adaptation capacity.

Введение

Влияние постоянных низких температур на фотосинтез растений достаточно хорошо изучено. В частности, показано, что фотосинтез огурца – типичного представителя теплолюбивых растений – существенно подавляется при выращивании в низкотемпературных условиях в течение нескольких дней [Zhou et al., 2006; Borowski, 2009]. Значительно меньше внимание уделено исследованию краткосрочных низкотемпературных воздействий

[Курец, Попов, 1991]. Однако с учетом широкой распространенности в природе флуктуирующих температур, особенно в утренние и ночные часы ранневесеннего и осеннего периодов, а также использования переменных суточных температурных режимов в современных технологиях растениеводства защищенного грунта [Moe, Heins, 2000], исследование адаптационной способности фотосинтетического аппарата растений к действию кратковременных снижений суточных температур представляет большую актуальность и является одной из целей настоящего исследования.

Материал и методы

Растения огурца (*Cucumus sativus* L., гибрид Зозуля) выращивали в течение двух недель в камере искусственного климата методом песчаной проливной культуры при поливе модифицированным раствором Кнопа (pH 6,2–6,4), температуре 23 °С, фотопериоде 12 ч, фотосинтетически активной радиации (ФАР) 120 мкмоль/м^2·с, влажности воздуха 60–70 %. По достижении растениями фазы развернутого первого настоящего листа часть из них оставляли в этих условиях (вариант контроль), а остальные в течение 6 сут либо экспонировали при постоянной низкой температуре 12 °С (вариант ПНТ), либо ежедневно на 2 ч помещали в условия низкой температуры в конце ночного периода (вариант ДРОП). Интенсивность нетто-фотосинтеза измеряли с помощью портативной системы для исследования CO_2-газообмена растений (Walz, Германия) с использованием листовой камеры с контролируемыми условиями освещенности, температуры и влажности воздуха. Измерения скорости фотосинтеза проводили на первом настоящем листе в вегетационных камерах при температуре воздуха от 8 до 33 °С и освещенности от 20 до 1800 мкмоль/м^2·с ФАР. Перед началом измерений растение адаптировали к температуре в течение 1 ч.

По экспериментальным данным методом множественного регрессионного анализа получены математические модели взаимосвязи нетто-фотосинтеза растений огурца с температурой и освещенностью:

$$Ф = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot E + a_3 \cdot E \cdot T + a_4 \cdot T^2 + a_5 \cdot E^2,$$

где Ф – интенсивность нетто-фотосинтеза (мкмоль/м^2·с); E – освещенность (мкмоль/м^2·с); T – температура (C); a_0–a_5 – коэффициенты модели. Коэффициенты модели представлены в таблице.

Коэффициенты модели взаимосвязи нетто-фотосинтеза растений огурца с температурой и освещенностью

Вариант опыта	Коэффициент						R^2
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
Контроль	–6,036	0,853	0,005	0,0006	–0,0205	–0,000009	0,73
ДРОП	–3,037	0,380	0,016	0,0001	–0,0069	–0,000008	0,74
ПНТ	–6,847	0,566	0,011	0,0005	–0,0154	–0,000019	0,85

Примечание. R^2 – коэффициент множественной детерминации.

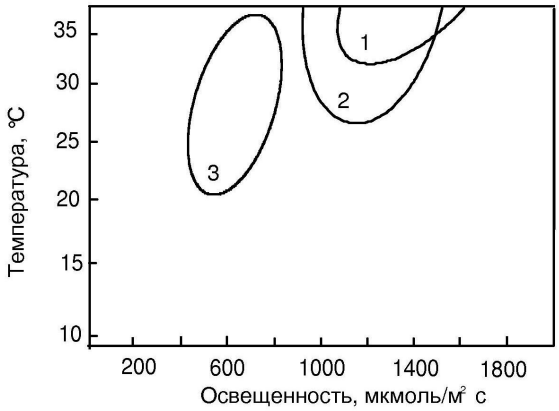
Результаты и обсуждение

Анализ моделей численными методами показал, что потенциальный максимум фотосинтеза растений огурца, подвергнутых постоянному действию низкой закаливающей температуры, значительно ниже (4,3 мкмоль/м^2·с), чем у контрольных растений (15,4 мкмоль/м^2·с). В то же время потенциальный максимум фотосинтеза растений, подвергнутых ДРОП-обработкам (13,9 мкмоль/м^2·с), достоверно не отличался от контроля.

Анализ расположения 90%-ных областей оптимума фотосинтеза растений огурца в плоскости светового и температурного факторов показал, что максимум фотосинтеза контрольных растений достигался при высокой освещенности (1100–1500 мкмоль/м^2·с) и температуре выше 31 °С (рис., область 1). Длительное низкотемпературное воздействие вызвало сдвиг области оптимума в сторону более низких температур (20–35 °С) и освещенности (400–800 мкмоль/м^2·с) (рис., область 3), в то время как при кратковременных снижениях температуры такого эффекта не наблюдалось. При этом ДРОП-обработки по сравнению с контролем привели к расширению области оптимума как по температуре (>26 °С), так и по освещенности (900–1400 мкмоль/м^2·с) (рис., область 2).

Несмотря на то что теплолюбивые растения, к которым относится огурец, обладают слабой способностью адаптации к низким температурам [Allen, Ort, 2001; Yamori et al., 2010], данное исследование показало, что растения огурца, подвергшиеся кратковременному периодическому воздействию низких температур, приобрели способность поддерживать высокий уровень фотосинтеза при более низких по сравнению с контролем температурах. Расширение зоны оптимума фотосинтеза как по температуре, так и по освещенности у растений, испытавших кратковременные воздействия низких температур, может быть рассмотрено как повышение адаптационной способности фотосинтеза, обеспечивающей высокую устойчивость и про-

дуктивность растений в условиях нестабильного климата. Результаты данной работы согласуются с предположением Е. Ф. Марковской с соавт. [2008] о том, что стратегия развития растения при периодических кратковременных снижениях температуры заключается в повышении устойчивости, стимуляции метаболических процессов и настройке на активный метаболизм. Также ранее нами было установлено, что ответной реакцией растений на ежесуточное кратковременное воздействие низкой температурой является увеличение устьичной проводимости при низких и высоких температурах [Икконен и др., 2012], что может обусловить выявленное в данной работе расширение температурной области оптимума фотосинтеза.



90%-е области оптимума нетто-фотосинтеза растений огурца в зависимости от освещенности и температуры при кратковременном (ДРОП) и длительном (ПНТ) низкотемпературных воздействиях:

1 – контроль; 2 – ДРОП; 3 – ПНТ

Таким образом, выявлены существенные различия как по интенсивности фотосинтеза растений огурца, так и по областям оптимума при постоянном и кратковременном низкотемпературном воздействиях. Если постоянное действие низкой температуры значительно ингибирует фотосинтетические процессы и приводит к сужению области оптимума и ее сдвигу в сторону низких значений температуры и освещенности, то нестабильность суточного температурного режима, напротив, значительно расширяет оптимальную область фотосинтеза, способствуя усилению адаптационной способности растений огурца.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 10-04-00097_а).

Литература

Икконен Е. Н., Шибаева Т. Г., Сысоева М. И., Шерудило Е. Г. Устьичная проводимость *Cucumis sativus* L. при длительном и кратковременном действии низких температур // Физиология растений. 2012. № 5 (в печати).

Курец В. К., Попов Э. Г. Статистическое моделирование системы связей растение – среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.

Марковская Е. Ф., Сысоева М. И., Шерудило Е. Г. Феномен ежесуточного кратковременного влияния низких закаливающих температур на жизнедеятельность растения // Онтогенез. 2008. Т. 39, № 5. С. 323–332.

Allen D. J., Ort D. R. Impact of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants // Trends in Plant Science. 2001. N 6. P. 36–42.

Borowski E. Response to chilling in cucumber (*Cucumus sativus* L.) plants treated with triancontanol and Asahi SL // Acta Agrobotanica. 2009. N 62 (2). P. 165–172.

Moe R., Heins R. D. Thermo- and photomorphogenesis in plants // Advances in Floriculture Research. Agric. Univ. of Norway. Report N 6. 2000. P. 52–64.

Yamori W., Noguchi K., Hikosaka K., Terashima I. Phenotypic plasticity in photosynthetic temperature acclimation among crop species with different cold tolerances // Plant Physiology. 2010. Vol. 152. P. 388–399.

Zhou Y. N., Mao W. H., Zhang Y. Y. et al. Role of thermal dissipation in the photoprotection in cucumber plants after exposure to a chill stress // Photosynthetica. 2006. N 44 (2). P. 262–267.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сысоева Марина Ивановна
главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: sysoeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Икконен Елена Николаевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ikkonen@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Sysoeva, Marina
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sysoeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Ikkonen, Elena
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ikkonen @krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 162–166

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ КРУГЛОСУТОЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И РОСТ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА *CUCUMIS SATIVUS* L. НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Т. Г. Шибаева[1], Е. Ф. Марковская[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Петрозаводский государственный университет*

В первые две недели выращивания у растений огурца в условиях фотопериода 24/0 ч относительная скорость роста, накопление биомассы, доля корней в общей биомассе растений были выше по сравнению с растениями в условиях других фотопериодов при разных уровнях освещенности. На третьей неделе выращивания в условиях круглосуточного освещения у растений развивались признаки обратимого фотоповреждения активно растущих листьев (хлороз) и фотоингибирование ФС II, а также происходило снижение относительной скорости роста и продуктивности. Выявлена возможность использования фотопериода 24/0 ч при относительно низкой освещенности для выращивания рассады огурца в условиях закрытых систем и защищенного грунта, что обеспечивает повышение продуктивности и снижение начальных и энергетических затрат.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., круглосуточное освещение, фотоингибирование, хлороз.

T. G. Shibaeva, E. F. Markovskaya. GROWTH AND THE STATE OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF YOUNG CUCUMBER PLANTS (*CUCUMIS SATIVUS* L.) UNDER CONTINUOUS LIGHT

Continuous light enhanced the growth rate and biomass accumulation and increased the root weight ratio compared to other photoperiods in the first two weeks of cucumber seedling growth irrespective of light intensity. Extension of day length to 24 h at later stages gave no further increases in growth rate or dry matter increment. Moreover, plants under continuous light developed the light injury symptoms (reversible chlorosis) and their photosystem II suffered from photoinhibition. It is suggested that a 24-h photoperiod with relatively low photosynthetic photon flow can be used for cucumber transplant production in closed systems and greenhouses in order to reduce initial and operational costs.

Key words: *Cucumis sativus* L., photoperiod, continuous light, photoinhibition, foliar chlorosis.

Введение

Свет функционально необходим для фотосинтезирующих организмов, трансформирующих и запасающих энергию солнечной радиации в химических связях органического вещества. Вместе с тем свет является агрессивным фактором, способным при определенном сочетании других факторов среды вызывать фотоингибирование, фотодинамическое разрушение фотосинтезирующего аппарата и даже гибель клеток [Demmig-Adams, Adams, 1992; Long et al., 1994; Рубин, 1995]. Эта проблема актуальна при выращивании растений в условиях закрытых систем и защищенного грунта, где круглосуточное освещение является одним из путей повышения продуктивности растений [Sysoeva et al., 2010; Velez-Ramirez et al., 2011], особенно в зимнее время, так как зимняя продукция тепличных культур полностью зависит от дополнительного освещения [Dorais, Gosselin, 2002]. Чтобы минимизировать затраты на обогрев в ночной период, а также потери энергии и CO_2, необходимый интеграл света от искусственных источников должен быть распределен в течение как можно более длительного времени в сутках. Выращивание растений огурца в условиях круглосуточного освещения приводит с развитию хлороза листьев и снижению урожая плодов [Wolff, Langerud, 2006], в связи с чем рекомендуемый фотопериод для коммерческого выращивания огурцов составляет 18–20 ч [Dorais, 2003]. Однако эти данные получены для растений, подвергшихся действию круглосуточного освещения в послерассадный период, после 4 недель выращивания в условиях фотопериода 18/6 ч. Влияние же круглосуточного освещения на рост и развитие растений огурца в период выращивания рассады изучено не было.

Целью настоящей работы было изучение влияния круглосуточного освещения на рост и состояние фотосинтетического аппарата растений огурца на ранних этапах онтогенеза в период выращивания коммерческой рассады огурца.

Материал и методы

Растения огурца (*Cucumis sativus* L.) гибрид Зозуля выращивали в камерах искусственного климата ВКШ-73 в сосудах с песком при температуре 23 ± 1 °С, относительной влажности воздуха 60–70 %. Растения поливали питательным раствором Кнопа с добавлением микроэлементов (pH 6,2–6,4). Растения выращивали при фотопериодах разной продолжительности (8/16, 12/12, 16/8, 20/4 и 24/0 ч) и разных уровнях плотности потока фотонов ФАР на уровне верхнего листа – 60, 120 и 160 мкмоль/м^2·с. Далее в тексте данные уровни освещения будем называть «низким», «средним» и «высоким». Источники света – лампы ДРЛ-400.

Анализ растений проводили через две и три недели от посадки. Растения, соответственно, были в фазе 2–3 и 6–8 настоящих листьев. Определяли площадь листьев, биомассу корней, стеблей и листьев растений. Относительную скорость роста растений (RGR) рассчитывали по формуле:

$$RGR = (ln W_2 - ln W_1)/(t_2 - t_1),$$

где W_1 и W_2 – сухая масса растения в периоды времени t_1 и t_2.

Для измерений флуоресценции хлорофилла использовали анализатор фотосинтеза с импульсно-модулированным освещением (MINI-PAM, Walz, Германия). Измерения проводили на активно растущих листьях (1–2-й лист и 3–5-й лист, соответственно, у двух- и трехнедельных растений). Определяли следующие параметры флуоресценции хлорофилла: потенциальный квантовый выход фотохимической активности ФС II (F_v/F_m), относительную скорость транспорта электронов (ETR), коэффициенты фотохимического (qP) и нефотохимического (NPQ) тушения.

Содержание хлорофиллов определяли с помощью спектрофотометра СФ-2000 (Спектр, Россия) в экстракте 96%-м этиловым спиртом и рассчитывали по известным формулам [Lichtenthaler, Wellburn, 1983]. Измерения проводили в 4 биологических и 3 аналитических повторностях.

На рисунке и в таблицах представлены средние значения и их стандартные отклонения из двух независимых экспериментов. Разницу между средними значениями считали значимой при $P \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

В первые две недели роста растений наблюдалась тенденция увеличения относительной скорости роста (RGR) (табл. 1) и накопления биомассы (рис., а) с увеличением продолжительности фотопериода до 24 ч. Анализ компонентов RGR показал, что увеличение произошло за счет более высоких значений скорости чистой ассимиляции (NAR), которые компенсировали снижение отношения листовой поверхности к общему весу растения (LAR) (табл. 1). Однако через три недели после посадки в наших экспериментах эффект стимуляции роста круглосуточным освещением

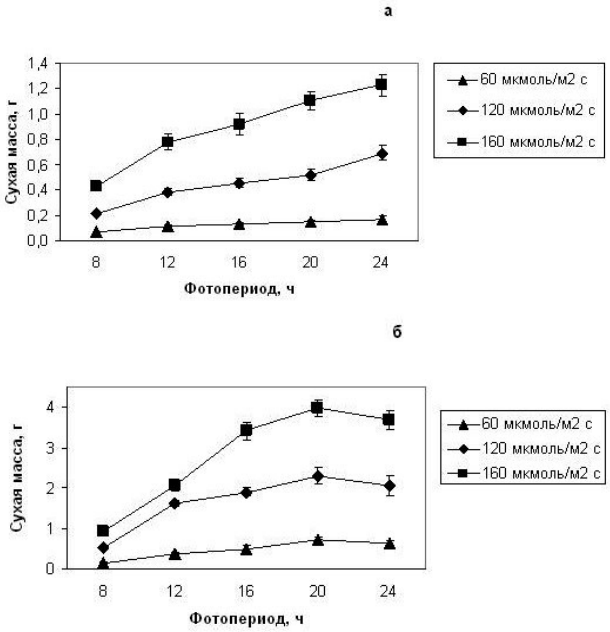
относительно других длинных фотопериодов не наблюдался. В условиях фотопериода 24/0 ч значения RGR (табл. 1) и накопления биомассы (рис., б) не отличались достоверно от таковых при фотопериоде 20/4 ч. Максимум накопления биомассы растений наблюдался при длине фотопериода 20 ч при всех уровнях освещенности (рис., б).

Таблица 1. Ростовые показатели растений *C. sativus*

Освещенность, мкмоль/м^2·с	Фотопериод, ч	RGR, г/г·сут	NAR, мг/дм^2·сут	LAR, см^2/г
2 недели после посадки				
60	16	0,20 ± 0,01	14 ± 1	475 ± 19
	20	0,21 ± 0,01	15 ± 1	436 ± 39
	24	0,22 ± 0,01	17 ± 1	402 ± 25
120	16	0,29 ± 0,01	16 ± 1	402 ± 21
	20	0,30 ± 0,01	17 ± 2	377 ± 46
	24	0,32 ± 0,01	23 ± 2	280 ± 22
160	16	0,35 ± 0,01	23 ± 2	301 ± 20
	20	0,36 ± 0,01	25 ± 2	289 ± 21
	24	0,37 ± 0,01	26 ± 4	278 ± 43
3 недели после посадки				
60	16	0,22 ± 0,02	30 ± 5	412 ± 53
	20	0,26 ± 0,02	35 ± 2	382 ± 17
	24	0,22 ± 0,02	36 ± 2	332 ± 14
120	16	0,24 ± 0,01	37 ± 3	295 ± 27
	20	0,25 ± 0,01	48 ± 11	234 ± 42
	24	0,18 ± 0,02	38 ± 5	252 ± 6
160	16	0,22 ± 0,02	37 ± 2	285 ± 15
	20	0,21 ± 0,01	50 ± 4	218 ± 10
	24	0,18 ± 0,01	49 ± 3	220 ± 11

Увеличение длины дня при разных уровнях освещенности стимулировало увеличение доли корней в общей биомассе растения от 10 % при фотопериоде 8/16 ч до 20–30 % при фотопериодах 20/4 и 24/0 ч, что согласуется с данными литературы [Kläring, Kyuchukova, 2007]. Этот эффект важен для культуры огурца как растения с индетерминантным типом роста побега, реализация органогенного потенциала которого ограничивается относительно слабым развитием корневой системы [Zijlstra et al., 1994; Харькина, 1995].

Результаты настоящей работы показали, что снижение продуктивности в условиях фотопериода 24/0 ч через три недели после посадки тесно связано с состоянием фотосинтетического аппарата (ФСА) растений, показатели которого демонстрировали признаки фотоингибирования. Оно проявлялось в снижении значений показателей F_v/F_m, ETR и qP у активно растущих листьев в условиях круглосуточного освещения относительно других длинных фотопериодов, наиболее ярко выраженное в условиях средней и высокой освещенности (табл. 2). Из литературы известно, что фотозащитная регуляция фотосинтеза по принципу обратной связи приводит к фотоингибированию, если ночное восстановление является неполным [Franklin, Whitelam, 2004], что может иметь место при круглосуточном освещении. Считается, что при длительных воздействиях света высокой интенсивности возрастает время жизни возбужденных состояний хлорофилла и увеличивается скорость генерации активных форм кислорода (АФК). Можно предположить, что действие света умеренной интенсивности, но в течение 24 ч в сутки также может стимулировать генерацию АФК и приводить, как и свет высокой интенсивности, к угнетению процессов фотосинтеза и деструкции ФСА.



Влияние фотопериода на накопление биомассы растений *C. sativus* при разных уровнях освещения (60, 120 и 160 мкмоль/м^2·с) через 2 (а) и 3 (б) недели после посадки

Полученные результаты свидетельствовали об увеличении NPQ у двухнедельных растений в условиях фотопериода 24/0 (табл. 2), что, вероятно, предотвращало фотоинактивацию и фотоповреждение ФС II, снижая генерацию АФК [Demmig-Adams, Adams, 2002]. У трехнедельных растений величина NPQ снижалась, особенно в условиях высокой освещенности (табл. 2), указывая на неспособность к тепловому рассеиванию избытка энергии.

Функциональная инактивация ФСА у трехнедельных растений при фотопериоде 24/0 ч сопровождалась уменьшением общего содержания хлорофиллов (с проявлением признаков мезжилкового хлороза), а также увеличением содержания каротиноидов при всех уровнях освещенности (табл. 2). Круглосуточное освещение

привело к появлению признаков фотоповреждения листьев при всех уровнях освещенности, хотя более раннее появление и более сильное проявление хлороза отмечалось при более высокой интенсивности света. Признаки хлороза проявлялись у трехнедельных растений на активно растущих листьях. Со временем у заканчивающих рост листьев наблюдалось частичное устранение хлороза и восстановление зеленой окраски листьев, свидетельствующее об адаптации, в то время как новые активно растущие листья приобретали более выраженные признаки хлороза. Также в условиях фотопериода 24/0 ч при всех уровнях освещенности у растений наблюдалась эпинастия активно растущих листьев, еще даже не имеющих признаков хлороза. Снижение содержания хлорофиллов является способом сохранения ФСА за счет снижения генерации количества АФК. Этот процесс адаптации к круглосуточному освещению может приводить к модификации распределения хлорофилла между фотосистемами и изменению размеров фотосистем [Demers, Gosselin, 2002]. Наблюдаемое увеличение фракции каротиноидов в листьях огурца при круглосуточном освещении свидетельствует о возможном их участии в защите ФСА от фотоингибирования [Demers, Gosselin, 2002].

Таблица 2. Параметры флуоресценции хлорофилла и содержание пигментов у растений *C. sativus*

Освещенность, мкмоль/м^2·с	Фотопериод, ч	F_v/F_m	ETR	qP	NPQ	Хлорофилл *a+b*, мг/г сухой массы	Каротиноиды, мг/г сухой массы
Две недели после посадки							
60	16	0,79a	89a	0,83a	0,44a	20a	3,7a
	20	0,81b	95a	0,82a	0,44a	20a	3,4a
	24	0,81b	79b	0,67b	0,72b	19a	2,7b
120	16	0,79a	76a	1,02a	0,38a	17a	3,3a
	20	0,79a	81a	0,96a	0,30a	18a	3,6a
	24	0,79a	65b	0,62b	0,51b	16a	3,1a
160	16	0,80a	75a	0,78a	0,40a	17a	2,0a
	20	0,80a	80a	0,68a	0,46a	19a	2,0a
	24	0,79a	70a	0,56b	0,60b	15a	2,0a
Три недели после посадки							
60	16	0,81a	47a	0,63a	0,86a	18a	2,7a
	20	0,79a	45a	0,62a	0,70b	18a	3,6b
	24	0,79a	41b	0,61a	0,58c	14b	4,1b
120	16	0,74a	54a	1,00a	0,59a	17a	1,9a
	20	0,71b	47b	1,14b	0,46b	16a	2,5b
	24	0,63c	35c	0,98a	0,35c	14b	2,8b
160	16	0,78a	68a	0,78a	0,82a	17a	2,3a
	20	0,71b	50b	0,60b	0,38b	17a	2,5a
	24	0,60c	29c	0,32c	0,27c	13b	3,0b

Примечание. Разные буквы указывают на достоверные различия ($P \le 0,05$).

Наши эксперименты показали, что в условиях круглосуточного освещения в первые две недели выращивания растений относительная скорость роста, накопление биомассы, доля корней в общей биомассе растений были выше по сравнению с другими фотопериодами при разных уровнях освещенности. При дальнейшем выращивании в условиях фотопериода 24/0 ч у растений развивались признаки обратимого фотоповреждения активно растущих листьев и фотоингибирования ФС II, а также происходило снижение относительной скорости роста и продуктивности до уровня других длинных фотопериодов. С учетом того, что рассаду огурца выращивают в течение двух недель и использование фотопериода 24/0 ч с относительно низким фотосинтетическим фотонным потоком снижает начальные и операционные затраты на продукцию рассады [Koontz, Prince, 1986; Ohyama, Kozai, 1998; Ohyama et al., 2005], представляется целесообразным выращивание рассады огурца в условиях круглосуточного освещения. Однако требуются исследования последействия применения круглосуточного освещения в рассадный период на рост и продуктивность растений в послерассадный период, когда растения выращивают в условиях рекомендуемого для коммерческого выращивания огурцов фотопериода длительностью 18–20 ч.

Авторы выражают благодарность И. И. Слободяник за помощь в проведении экспериментов.

Литература

Рубин А. Б. Принципы организации и регуляции первичных процессов фотосинтеза // Тимирязевские чтения LV. Пущино: ОНТИ ПНЦРАН, 1995. 38 с.

Харькина Т. Г. Соотношение между надземными и подземными органами в онтогенезе *Cucumis sativus* L. // Контроль состояния и регуляция функций биосистем. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. С. 30–35.

Demers D. A., Gosselin A. Growing greenhouse tomato and sweet pepper under supplemental lighting: optimal photoperiod, negative effects of long photoperiod and their causes // Acta Hort. 2002. Vol. 580. P. 83–88.

Demmig-Adams B., Adams W. W. III. Photoprotection and Other Responses of Plants to High Light Stress // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1992. Vol. 43. P. 599–626.

Demmig-Adams B., Adams W. W. III. Antioxidants in photosynthesis and human nutrition // Science. 2002. Vol. 298. P. 2149–2153.

Dorais M. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practises // Canadian Greenhouse Conference (October 9, 2003). Toronto, 2003. P. 1–8.

Dorais M., Gosselin A. Physiological response of greenhouse vegetable crops to supplemental lighting // Acta Hort. 2002. Vol. 580. P. 59–67.

Franklin K. A., Whitelam G. C. Light signals, phytochromes and cross-talk with other environmental cues // J. Exp. Bot. 2004. Vol. 55. P. 271–276.

Kläring H.-P., Kyuchukova M.A. Shoot/root ratio of cucumber is affected by environmental conditions // Acta Hort. 2007. Vol. 731. P. 143–149.

Koontz H. V., Prince R. P. Effect of 16 and 24 hours daily radiation (light) on lettuce growth // Hort. Sci. 1986. Vol. 21. P. 123–124.

Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes // Methods Enzymol. 1987. Vol. 148. P. 350–382.

Lichtenthaler H. K., Wellburn A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // Biochem Soc. Trans. 1983. Vol. 603. P. 591–592.

Long S. P., Humphries S., Falkowski P. G. Photoinhibition of Photosynthesis in Nature // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1994. Vol. 45. P. 633–662.

Muraoka H., Takenaka A., Tang Y. et al. Flexible Leaf Orientations of *Arisema heterophyllum* Maximize Light Capture in a Forest Understory and Exess Irradiance at Defrosted Site // Ann. Bot. 1998. Vol. 82. P. 297–307.

Ohyama K., Kozai T. Estimating electric energy consumption and its cost in a transplant production factory with artificial lighting: a case study // J. Soc. High Technol. Agr. 1998. Vol. 10. P. 96–107.

Ohyama K., Omura Y., Kozai T. Effects of air temperature regimes on physiological disorders and floral development of tomato seedlings grown under continuous light // Hort. Sci. 2005. Vol. 40. P. 1304–1306.

Velez-Ramirez A. I., van Ieperen W., Vreugdenhil D., Millenaar F. F. Plants under Continuous Light // Trends in Plant Science. 2011. Vol. 16, N 6. P. 310–318.

Sysoeva M. I., Markovskaya E. F., Shibaeva T. G. Plants under continuous light: a review // Plant Stress. 2010. Vol. 4, N 1. P. 5–17.

Wolff S. A., Langerud A. Fruit yield, starch content and leaf chlorosis in cucumber exposed to continuous lighting // Europ. J. Hortic. Sci. 2006. Vol. 71. P. 259–261.

Zijlstra S., Groot S. P. C., Jansen J. Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding // Sci. Hort. 1994. Vol. 56. P. 185–196.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шибаева Татьяна Геннадиевна
старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kharkina@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Марковская Евгения Федоровна
зав. кафедрой ботаники и физиологии растений, д. б. н., профессор
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: volev@sampo.ru
тел.: (8142) 711019

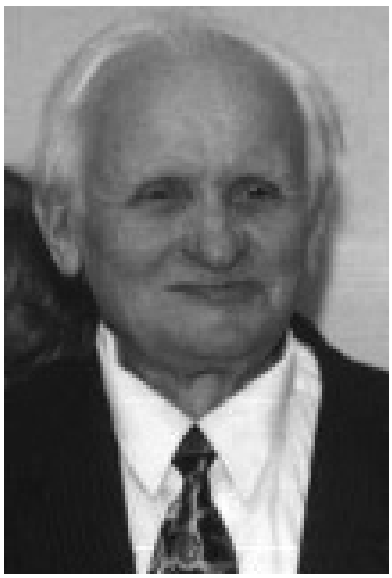
Shibaeva, Tatyana
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kharkina@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Markovskaya, Evgenia
Petrozavodsk State University
33 Lenin St, 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: volev@sampo.ru
tel.: (8142) 711019

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 167–170

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ КУРЕЦ
(к 85-летию со дня рождения)



2012 год – юбилейный для доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ и Республики Карелия Владимира Константиновича Курца. Он родился 19 декабря 1927 г. в селе Мартышкино Ленинградской области. В 1948 г. окончил Псковский сельскохозяйственный техникум, а в 1953 г. – Ленинградский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. С 1957 г. В. К. Курец – инженер по оборудованию Карельского филиала АН СССР, где начинаются его тесные контакты с биологами, совместно с которыми он разрабатывает термовегетационные домики и установки для исследования влияния низких температур почвы на минеральное питание растений и летних заморозков – на продуктивность и устойчивость растений. Это привело к оснащению научного стационара ИБ КФ АН СССР (Агробиологической станции) современными на тот период авторскими установками искусственного климата. Многоплановые технические решения биологических проблем позволили В. К. Курцу в соавторстве с А. И. Коровиным и С. Н. Дроздовым сформулировать принципы организации исследований по влиянию экстремальных факторов среды в искусственных условиях. Научный доклад с изложением основных положений этой разработки был представлен в Сибирском отделении (СО) АН СССР. В 1963 г. руководство СИФИБР СО АН СССР (г. Иркутск) пригласило Владимира Константиновича для проектирования и постройки первого в России фитотрона. В итоге – иркутский фитотрон был построен с применением только серийного отечественного оборудования. В 1971 г. В. К. Курец успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Факторы внешней среды, определяющие заморозкоустойчивость растений и их экспериментальное моделирование», а в 1972 г. уже как биолог-исследователь вернулся в ИБ КФ АН СССР.

В Институте биологии КФ АН СССР под руководством В. К. Курца сформировалась новая исследовательская группа, включающая физиков, математиков и биологов, которая с 1977 г. получила статус лаборатории моделирования биологических процессов. Основными задачами вновь созданной лаборатории являлись конструирование и модернизация современного научного оборудования и разработка методологической и методической основы системного подхода для эколого-физиологических исследований.

В 1990 г. В. К. Курец успешно защитил в ТСХА (г. Москва) докторскую диссертацию на тему «Системный подход к исследованию CO_2-газообмена и терморезистентности растений», а в 1995 г. Обществом физиологов растений России за «Цикл работ по оценке экологиче-

ской характеристики и биологического разнообразия на основе параметров CO_2-газообмена интактных растений» в области прикладной физиологии растений В. К. Курцу с соавторами была присуждена премия И. И. Гунара.

В. К. Курец активно участвовал в формировании нового для ИБ КарНЦ РАН направления, связанного с изучением вклада болотных экосистем в глобальный баланс углерода. В ходе полевых исследований, проводившихся под руководством Владимира Константиновича, было определено влияние лесохозяйственного осушения на потери углерода болотными биогеоценозами и их трансформацию из накопителей в источники атмосферного углерода, выполнена оценка вклада напочвенного покрова, в первую очередь сфагновых мхов, в потоки углерода в экосистемах. Совместно с финскими коллегами из Университета Йоенсуу были созданы математические модели, позволяющие рассчитать годовой и суточный баланс углерода различных по микрорельефу участков болота в зависимости от климатических условий. Разноплановость научных интересов В. К. Курца была предопределена его широкой эрудицией, любознательностью и активностью целеустремленного исследователя.

В. К. Курец является автором более 230 научных работ, 5 монографий и нескольких десятков авторских свидетельств на изобретения. За более чем полувековое служение науке Владимиру Константиновичу удалось не только создать новое научное направление, связанное с использованием методов системного подхода для изучения реакций растений на факторы внешней среды, но и воспитать целую плеяду учеников, достойно продолжающих его дело.

В настоящее время Владимир Константинович находится на заслуженном отдыхе. Он попрежнему имеет четкую жизненную позицию, активно трудится на дачном участке и продолжает оставаться яркой личностью.

Мы желаем юбиляру доброго здоровья, бодрости и счастья.

М. И. Сысоева, Е. Н. Икконен

СПИСОК ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ТРУДОВ В. К. КУРЦА

1959. Усовершенствование метода получения различных температур почвы для опытов с растениями // Изв. Карельского и Кольского филиалов АН СССР. № 4. (Совместно с А. И. Коровиным.)

1960. Влияние заморозков на урожай и некоторые физиологические процессы у яровой пшеницы // Докл. АН СССР. Т. 136, № 4. (Совместно с А. И. Коровиным, С. Н. Дроздовым, Ю. Е. Новицкой, А. А. Комулайнен.)

1966. Переоборудование торговой холодильной камеры НКР-1 в камеру искусственных заморозков // Агрохимия. № 5. (Совместно с А. И. Коровиным, А. Т. Петровым, Г. А. Зельбергом, И. А. Буренковым, А. Г. Немировским.)

1967. Термоплощадка для опытов с растениями // Агрохимия. № 3. (Совместно с А. И. Коровиным.)

1968. О последствии заморозков на конечную продуктивность сельскохозяйственных растений // Метеорология и гидрология. № 9. (Совместно с А. И. Коровиным, С. Р. Поповым, А. К. Винтер.)

1969. Установки искусственного климата для опытов с растениями. М.: Наука. 104 с.

1971. В Иркутске пущен фитотрон // Природа. № 1. (Совместно с Ф. Э. Реймерс.)

1974. Иркутский фитотрон. Опыт проектирования и наладки. Новосибирск: Наука. 96 с.

1977. Эколого-физиологические аспекты устойчивости растений к заморозкам. Л.: Наука. 228 с. (Совместно с С. Н. Дроздовым, З. Ф. Сычевой, Н. П. Будыкиной.)

1979. Моделирование продуктивности и холодоустойчивости растений. Л.: Наука. 160 с. (Совместно с Э. Г. Поповым.)

Многофакторный метод моделирования продуктивности растений // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 2, № 2. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

1981. Способ выращивания овощных культур / Авторское свидетельство № 865211. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Р. И. Волковой, Н. П. Будыкиной, И. И. Барановой, Э. Г. Поповым.)

1982. Влияние суточного термопериода на CO_2-газообмен растений огурца // Докл. ВАСХНИЛ. № 6. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, Е. Ф. Марковской.)

Способ определения низких и высоких температурных границ зон закаливания растений / Авторское свидетельство № 934999. (Совместно с Э. Г. Поповым.)

1984. Определение условий среды, обеспечивающих оптимум видимого фотосинтеза растений // Докл. ВАСХНИЛ. № 3. (Совместно с Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым.)

Определение оптимального температурного режима CO_2-газообмена растений огурца с использованием многофакторного метода // С.-х. биология. № 7. С. 47–51. (Совместно с Е. Ф. Марковской, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым.)

Терморезистентность активно вегетирующих растений. Л.: Наука. 168 с. (Совместно с С. Н. Дроздовым, А. Ф. Титовым.)

1985. Определение условий среды, обеспечивающих оптимум суточного баланса CO_2-газообмена у хлопчатника // Узбек. биол. журнал. № 5. С. 18–20. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Т. В. Акимовой, Х. У. Умаровым, Э. Г. Поповым.)

Исследование гетерогенности растительного материала при помощи метода главных компонентов // С.-х. биология. № 7. (Совместно с Е. Ф. Марковской, В. Н. Хариным, М. И. Сысоевой.)

1986. Зависимость CO_2-газообмена огурца от факторов среды на ранних этапах онтогенеза // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 18, № 2. С. 186–192. (Совместно с Е. Ф. Марковской.)

Температурные и световые условия среды, обеспечивающие оптимум видимого фотосинтеза растений томата // Докл. ВАСХНИЛ. № 3. С. 26–27. (Совместно с Т. В. Акимовой, С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

1987. Состав для регулирования роста растений томата в закрытом грунте. Авторское свидетельство № 1332575. (Совместно с Р. И. Волковой, С. Н. Дроздовым, Т. С. Николаевской, Н. П. Будыкиной, Н. М. Дятловой.)

Применение комплексонатов в тепличном овощеводстве Севера // Химия в сельском хозяйстве. № 1. (Совместно с Р. И. Волковой, Н. П. Будыкиной, Н. А. Селиверстовой, Г. Я. Рудаковой.)

1988. Температурные характеристики экстенсивного и интенсивного сортов пшеницы // Докл. ВАСХНИЛ. № 6. С. 2–3. (Совместно с Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, Т. В. Акимовой, С. Н. Дроздовым.)

Использование многофакторного моделирования для оценки экологической характеристики сорта // Селекция и семеноводство. № 3. (Совместно с Е. Ф. Марковской, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, В. А. Безденежных.)

1989. Влияние температуры и фотопериода на составляющие CO_2-газообмена и накопление биомассы растением огурца // Физиология растений. Т. 36, № 1. С. 49–56. (Совместно с А. В. Талановым, Э. Г. Поповым.)

Соотношения составляющих CO_2-газообмена и прироста биомассы растения огурца в зависимости от термо- и фотопериода // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 21. С. 366–372. (Совместно с А. В. Талановым, Э. Г. Поповым.)

1991. Статистическое моделирование системы связей растение – среда. Л.: Наука. 152 с. (Совместно с Э. Г. Поповым.)

1993. Светотемпературные зависимости видимого фотосинтеза и темновое дыхание некоторых видов сфагновых мхов // Физиология растений. Т. 40, № 5. С. 704–708. (Совместно с А. В. Талановым, Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым.)

1994. Светотемпературные характеристики CO_2-газообмена сеянцев сосны и ели // Физиология растений. Т. 41, № 4. С. 533–538. (Совместно с Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, С. Н. Дроздовым.)

Последействие закаливающих температур на нетто-фотосинтез интактных растений // Физиология растений. Т. 41, № 4. С. 504–508. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

1995. Влияние света и температуры на нетто-фотосинтез и дыхание *Betula pendula* var. pendula и *B. pendula* var. carelica (Betulaceae) // Ботан. журн. Т. 80, № 3. С. 60–64. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, Л. А. Обшатко, Л. В. Ветчинниковой.)

Эффективность обработки томатов хлорхолинхлоридом в зависимости от условий внешней среды // Агрохимия. № 10. С. 97–104. (Совместно с Н. П. Будыкиной, С. Н. Дроздовым.)

Требования к теплу и свету рассады капусты белокочанной // Докл. РАСХН. № 1. (Совместно с Л. А. Обшатко, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, С. Н. Дроздовым.)

1997. Действие циклического изменения температуры воздуха на CO_2-газообмен рассады капусты белокочанной // Докл. РАСХН. № 6. С. 6–8. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Л. А. Обшатко, А. В. Талановым.)

Светотемпературные характеристики галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 29, № 2. С. 115–120. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, Л. А. Обшатко, Е. С. Холопцевой.)

Комплексное использование фиторегуляторов на томате в весенне-летнем обороте // Агрохимия. № 8. С. 52–55. (Совместно с Н. П. Будыкиной, С. Н. Дроздовым, Л. Д. Прусаковой.)

1998. Влияние светотемпературного режима и уровня грунтовых вод на CO_2-газообмен открытого участка олиготрофного болота // Экология. № 1. С. 14–18. (Совместно с Е. Н. Икконен, Ю. Алм, А. В. Талановым, С. Н. Дроздовым, Е. Силвола, Э. Г. Поповым.)

Особенности реакции растений огурца на действие хлорхолинхлорида при разных световых и температурных условиях среды // Агрохимия. № 8. С. 44–48. (Совместно с Н. П. Будыкиной, С. Н. Дроздовым, Л. Д. Прусаковой, Л. В. Тимейко.)

Effect of Light and Temperature on Net Primary Productivity of Fodder Galega (*Galega orientalis* Lam.). // Acta Agric Scand. B. Soil and Plant. Sci. Vol. 48. P. 34–40. (Совместно с T. Aniszewski,

S. Drozdov, E. Kholoptseva, L. Obshatko, E. Popov, A. Talanov.)

Оптимизация температурного режима выращивания томата на основе модели взаимосвязи нетто-фотосинтеза с условиями среды // Докл. РАСХН. № 3. С. 5–6. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым.)

1999. Взаимосвязь нетто-фотосинтеза и ночного дыхания интактных растений огурца с условиями термопериода // Физиология растений. Т. 48, № 2. С. 198–202. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

Последействие ночных температур на нетто-фотосинтез интактных растений огурца // Докл. РАН. Т. 368, № 3. С. 423–425. (Совместно с С. Н. Дроздовым.)

Изменение нетто-фотосинтеза интактных растений огурца под влиянием температуры почвы // Докл. РАСХН. № 5. С. 9–10. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

Внутривидовое разнообразие реакции нетто-фотосинтеза растений огурца на повышенное содержание углекислоты в воздухе // Физиология растений. Т. 48, № 2. С. 194–197. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым.)

2000. Светотемпературные характеристики CO_2-газообмена некоторых видов рода Sphagnum (Sphagnaceae, Musci) // Ботан. журн. Т. 85, № 5. С. 113–118. (Совместно с С. Н. Дроздовым, А. В. Талановым, Э. Г. Поповым.)

Сравнение реакций древесного и травянистого растений на действие суб- и супероптимальных температур // Физиология растений. Т. 47, № 4. С. 507–510. (Совместно с Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым.)

2001. Интенсивность углекислотного потока в атмосферу из мезоолиготрофного болота южной Карелии // Экология. № 6. С. 416–419. (Совместно с Е. Н. Икконен, С. И. Грабовик, С. Н. Дроздовым.)

Светотемпературные характеристики CO_2-газообмена сортов клевера красного // Докл. РАСХН. № 3. С. 14–16. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, Е. С. Холопцевой.)

Effects of Light and Temperature Parameters on Net Photosynthetic Carbon Dioxide Fixation by Whole Plants of Five Lupin Species // Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 51. P. 17–27. (Совместно с T. Aniszewski, S. N. Drozdov, E. S. Kholoptseva, L. A. Obshatko, E. G. Popov, A. V. Talanov.)

Светотемпературные характеристики CO_2-газообмена сортов клевера красного // Докл. РАСХН. № 3. С. 14–16. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, Е. С. Холопцевой.)

2002. Температурные характеристики нетто-фотосинтеза *Oxyria digyna* (Polygonaceae) // Ботан. журн. Т. 87, № 5. С. 110–114. (Совместно с Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым, М. И. Сысоевой.)

Свето-температурная характеристика астрагала нутового // Докл. РАСХН. № 4. С. 20–22. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Е. С. Холопцевой, Э. Г. Поповым.)

2003. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск: ПетрГУ. 170 с. (Совместно с С. Н. Дроздовым.)

Влияние температуры на суточную динамику CO_2-газообмена интактного растения огурца // Физиология растений. Т. 50, № 6. С. 200–204. (Совместно с Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, С. Н. Дроздовым.)

Действие и последействие температуры на дыхание интактных растений // Физиология растений. Т. 50, № 3. С. 349–353. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, Е. Д. Дембо, Н. И. Хилковым, С. А. Трофимовой.)

Взаимосвязь между светотемпературным оптимумом нетто-фотосинтеза, темнового дыхания интактного растения-эдификатора и условиями среды на примере овсяницы луговой // Докл. РАСХН. № 4. С. 9–11. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Э. Г. Поповым, А. В. Талановым, Л. А. Обшатко.)

2004. Перспективы применения системного подхода в экологических исследованиях // Физиология растений. Т. 51, № 4. С. 617–620. (Совместно с С. Н. Дроздовым.)

2005. Влияние температуры и фотопериода на эффективность преобразования ассимилированного CO_2 в биомассу *Cucumis sativus* // Физиология растений. Т. 52, № 2. С. 203–208. (Совместно с А. В. Талановым, Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым.)

О зональном влиянии температуры на нетто-фотосинтез растений // Докл. АН. Т. 405, № 6. С. 847–849. (Совместно с Э. Г. Поповым, С. Н. Дроздовым.)

2006. Межсортовые различия экофизиологической характеристики гороха посевного // Докл. РАСХН. № 1. С. 9–11. (Совместно с С. Н. Дроздовым, Е. С. Холопцевой, А. В. Талановым, Э. Г. Поповым, А. В. Амелиным.)

Светотемпературная характеристика нетто-фотосинтеза ряда сортов картофеля // С.-х. биология. № 5. С. 17–21. (Совместно с С. Н. Дроздовым, З. П. Котовой, А. В. Талановым, Э. Г. Поповым.)

2007. О влиянии лесохозяйственного осушения на выделение CO_2 торфом и сфагново-травянистым покровом мезоолиготрофного болота // Лесное хозяйство. № 4. С. 27. (Совместно с Е. Н. Икконен, А. В. Талановым.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 171–174

ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ ИЛЮХА
(к 50-летию со дня рождения)



Илюха Виктор Александрович – заведующий лабораторией экологической физиологии животных, доктор биологических наук, доцент по 03.00.13 – физиология, родился 2 января 1962 г. в с. Дмитровка Золотоношского района Черкасской области Республики Украина. В 1979 г. там же окончил с отличием среднюю школу и поступил на биологический факультет Черкасского государственного педагогического института им. 300-летия воссоединения Украины с Россией. Со второго курса Виктор Александрович начал заниматься научно-исследовательской работой – изучением влияния мамиллярных тел на условнорефлекторную деятельность и функциональное состояние слуховой и моторной области коры больших полушарий у собак. На формирование будущего ученого в студенческие годы оказал влияние руководитель дипломной работы А. С. Погребной, прививший особый интерес к статистическим методам исследований. В этот период были подготовлены и первые научные публикации. В течение 4 лет обучения в институте Виктор Александрович был Ленинским стипендиатом. После окончания института с отличием в 1984 г. работал в средней школе учителем химии.

С 1985 по 1989 г. В. А. Илюха обучался в очной аспирантуре Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР. На формирование взглядов и научного стиля Виктора Александровича оказало влияние общение с учеником академика Л. А. Орбели чл.-корр. АН А. И. Карамяном. Перерыв в обучении в аспирантуре был связан со службой в рядах Советской Армии. В 1990 г. Виктор Александрович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Особенности физиологии и патологии условнорефлекторной деятельности обезьян и роль β-эндорфина в ее регуляции» по специальности «физиология человека и животных».

Дальнейшая творческая жизнь Виктора Александровича связана с Институтом биологии Карельского научного центра РАН. С июня 1989 г. – младший научный, научный, старший научный и ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии животных, а с ноября 2008 г. – заведующий лабораторией экологической физиологии животных ИБ КарНЦ РАН. Научные интересы охватывают широкий круг проблем: изучение физиологии высшей нервной деятельности (поведения), физиологии и патологии стресса и стресслимитирующих систем, исследование физиологических и биохимических механизмов адаптаций млекопитающих, выявление роли и механизмов участия антиоксидантных ферментов в адаптивных реакциях. В 2004 г. им защищена диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук «Антиоксидантные ферменты в физиологических адаптациях млекопитающих (сравнительно-видовой, онтогенетический и прикладной аспекты)» по специальности «физиология». В. А. Илюха является соавтором 3 учебных пособий и более 200 научных работ. Он активно сотрудничает с российскими (Новосибирск, Киров, Москва) и зарубежными (Польша, Финляндия, Дания, Китай) коллегами.

Уже 10 лет Виктор Александрович, и с 2005 г. в должности профессора кафедры молекулярной биологии, биологической и органической химии ФГБОУ ВПО Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ), активно занимается педагогической работой – руководит подготовкой курсовых и дипломных работ студентов, привлекая их к научной работе

с использованием современных методов исследования и приборной базы. В. А. Илюха осуществляет подготовку кадров высшей квалификации. Под его руководством подготовлены и защищены две кандидатские диссертации по специальности «физиология». Он член специализированного диссертационного совета ДМ 212.087.02 при Карельской государственной педагогической академии, член Ученого совета ИБ КарНЦ РАН и Совета эколого-биологического факультета ПетрГУ, член редколлегии научного журнала «Труды КарНЦ РАН» (серия «Экспериментальная биология»).

Искренне поздравляем Виктора Александровича с юбилеем и желаем здоровья, творческих достижений и удач, талантливых учеников и последователей!

О. Н. Лебедева

СПИСОК ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ТРУДОВ В. А. ИЛЮХИ

1987. Особенности формирования условных оборонительных рефлексов у обезьян в приматологическом кресле // Журн. высш. нервн. деят. Т. 37, № 4. С. 681–687. (Совместно с А. И. Карамяном, Т. Н. Соллертинской.)

Невротические реакции и процессы внутреннего торможения у обезьян в условиях введения коньюгата β-эндорфина с бычьим сывороточным альбумином // Докл. АН СССР. Т. 295, № 6. С. 1505–1509. (Совместно с А. И. Карамяном, Т. Н. Соллертинской, К. В. Судаковым, И. П. Ашмариным, А. В. Котовым, Е. И. Ивановым, Ю. А. Панковым, И. Л. Кофман, М. Е. Вартаняном, Г. Ш. Бурбаевой.)

1988. Сравнительная патология высшей нервной деятельности // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. Т. 24, № 3. С. 284–293. (Совместно с А. И. Карамяном, Т. Н. Соллертинской, М. К. Рыжаковым, В. А. Сикетином.)

1993. The connection between biochemical and cytochemical mink blood indices with litter size // Scientifur. Vol. 17, N 1. P. 13–16. (Совместно с L. B. Uzenbaeva, H. I. Meldo.)

Influence of papermill line activated sludge onthe activity of blood enzymes and quality of skins of farm mink // Scientifur. Vol. 17, N 4. P. 307–311. (Совместно с L. K. Kozhevnikova, N. N. Tyutyunnik, H. I. Meldo.)

1995. Ферменты антиоксидантной системы в раннем онтогенезе у норок // Онтогенез. Т. 26, № 2. С. 115–118.

1996. The changes of some blood indices of fur animals in lactation period // Scientifur. Vol. 20, N 3. P. 48–53. (Совместно с L. K. Kozhevnikova, N. N. Tyutyunnik, A. R. Unzhakov, L. B. Uzenbaeva.)

Устойчивость норок к алеуской болезни в зависимости от величины помета при клеточном разведении // С.-х. биология. № 4. С. 110–113. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, Х. И. Мелдо.)

Aleutian disease of mink the population analysis of problem // Animal Prod. Review, Applied Science Reports. Vol. 28. P. 193–197. (Совместно с L. B. Uzenbaeva.)

1997. Биохимический мониторинг состояния норок в период лактации // Ветеринария. № 2. С. 48–51. (Совместно с Н. Н. Тютюнником, Л. Б. Узенбаевой, Л. К. Кожевниковой, Х. И. Мелдо.)

Specificity of metabolic characteristics of farmbred white mink // Scientifur. Vol. 21, N 4. P. 265–269. (Совместно с L. K. Kozhevnikova, N. N. Tyutyunnik, A. R. Unzhakov, H. I. Meldo.)

Reproductive success of farmed blue foxes // J. Anim. Breed. Genet. Vol. 114, N 1. P. 465–474. (Совместно с M. Harri, T. Rekila.)

1998. Activity of antioxidant enzyme and the LDH isoenzyme spectrum in organs of mink with Aleutian disease // Scientifur. Vol. 22, N 4. P. 309–314. (Совместно с L. K. Kozhevnikova, N. N. Tyutyunnik, A. R. Unzhakov, H. I. Meldo.)

Мидийный гидролизат при алеутской болезни норок // Ветеринария. № 12. С. 21–23. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, Н. Н. Тютюнником, Х. И. Мелдо, Ю. А. Бойковым.)

1999. Эффект гидролизата из мидий при алеутской болезни норок // Вопросы вирусологии. № 1. С. 32–35. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, Н. Н. Тютюнником, Х. И. Мелдо, А. Р. Унжаковым.)

Morphobiochemical blood indices in mink with chewed fur // Scientifur. Vol. 23, N 4. P. 261–265. (Совместно с L. B. Uzenbayeva.)

2001. Морфобиохимические показатели и метаболизм лейкоцитов крови у норок-стригунов // С.-х. биология. № 4. С. 78–82. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой.)

Супероксиддисмутаза и каталаза в органах млекопитающих различного экогенеза // Журн. эволюционной биохимии и физиологии. Т. 37, № 3. С. 183–186.

2002. Changes in the leucocyte alkaline phosphatase during the breeding period in mink // Scientifur. Vol. 25, N 3. P. 79–82. (Совместно с L. B. Uzenbayeva.)

Янтарная кислота как стимулятор // Кролиководство и звероводство. № 4. С. 7–8. (Совместно с Н. Н. Тютюнником, Л. К. Кожевниковой, М. Н. Кондрашовой, Л. А. Бадовской,

Х. И. Мелдо, Л. Б. Узенбаевой, А. Р. Унжаковым.)

2003. Superoxide dismutase and catalase in organs of three Canidae species // Scientifur. Vol. 26, N 4. P. 101–105.

2004. Влияние голодания на активность антиоксидантных ферментов у песцов // С.-х. биология. № 4. С. 47–51. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, Б. М. Дамгаард.)

2005. Влияние световых режимов, гормонов эпифиза и возраста на антиоксидантную систему крыс // Медицинский академический журнал. Т. 5, № 3, прил. 7. С. 29–31. (Совместно с И. А. Виноградовой, А. С. Федоровой, А. Н. Вельб.)

Возрастные особенности лейкоцитарной формулы и морфометрических параметров лимфоцитов крови крыс при различных световых режимах // Медицинский академический журнал. Т. 5, № 3, прил. 7. С. 36–38. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, И. А. Виноградовой, А. Г. Голубевой, С. А. Коросовым, А. В. Чуровым.)

Влияние световых режимов и гормонов эпифиза на изоферментные спектры лактатдегидрогеназы гомогенатов органов 18-месячных крыс // Медицинский академический журнал. Т. 5, № 3, прил. 7. С. 38–40. (Совместно с А. Р. Унжаковым, Е. А. Хижкиным, И. А. Виноградовой.)

2006. Биомембранология: Учебное пособие. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 226 с. (Совместно с А. А. Болдыревым, Е. И. Кяйвяряйнен.)

Влияние мелатонина и эпиталона на антиоксидантную систему крыс зависит от светового режима // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. № 2. С. 22–26. (Совместно с Т. Н. Ильиной, Л. Б. Узенбаевой, И. А. Виноградовой, А. С. Федоровой.)

Возрастные изменения лейкоцитарной формулы и морфометрических параметров больших гранулярных лимфоцитов крови крыс при различных режимах освещения // Успехи геронтологии. Вып. 19. С. 79–84. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, И. А. Виноградовой, А. Г. Голубевой, А. В. Чуровым.)

2007. Возрастные изменения физической работоспособности и некоторых биохимических показателей мышц крыс под влиянием световых режимов и гормонов эпифиза // Успехи геронтологии. Т. 20, № 1. С. 66–73. (Совместно с И. А. Виноградовой, В. Д. Юнаш, А. С. Федоровой, Е. А. Хижкиным, А. Р. Унжаковым.)

Специфичность изоферментных спектров ЛДГ у норок белая-хедлюнд // Информационный вестник ВОГиС. Т. 11, № 1. С. 139–144. (Совместно с А. Р. Унжаковым, Л. К. Кожевниковой, Х. И. Мелдо, Н. Н. Тютюнником.)

Влияние генотипа на сезонные изменения антиоксидантной системы и изоферментного спектра лактатдегидрогеназы американских норок (*Mustela vison* Schreber 1977) // Информационный вестник ВОГиС. Т. 11, № 1. С. 145–154. (Совместно с Т. Н. Ильиной, С. Н. Калининой, Н. А. Горляковой, Л. А. Беличевой.)

Особенности структуры лейкоцитов крови норок (*Mustela vison* Schreber 1977) различных генотипов // Информационный вестник ВОГиС. Т. 11, № 1. С. 155–161. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, А. Г. Голубевой, Н. Н. Тютюнником.)

Morphometric and cytochemical investigation of subcellular structure on sapphire mink leucocytes // Scientifur. Vol. 31, N 2. P. 49–54. (Совместно с L. B. Uzenbaeva, A. G. Golubeva, N. N. Tyutyunnik, M. G. Nyuppiyeva.)

Морфо-функциональные особенности лейкоцитов млекопитающих, разводимых в неволе в условиях Европейского Севера // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 11: Экология. Экспериментальная генетика и физиология. С. 109–117. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, А. Г. Голубевой, Н. Н. Тютюнником, С. А. Коросовым.)

Роль изоферментов лактатдегидрогеназы в адаптациях млекопитающих Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 11: Экология. Экспериментальная генетика и физиология. С. 118–125. (Совместно с А. Р. Унжаковым, Н. В. Мацук, В. В. Белкиным.)

2008. Влияние мелатонина и эпиталона на состав лейкоцитарной формулы и активность щелочной фосфатазы лейкоцитов крови крыс при различных режимах освещения в онтогенезе // Успехи геронтол. Т. 21, № 3. С. 394–401. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, И. А. Виноградовой, А. Г. Голубевой, М. Г. Нюппиевой.)

Влияние геропротекторов на возрастные изменения антиоксидантной системы печени крыс при различных световых режимах // Успехи геронтологии. Т. 21, № 3. С. 386–393. (Совместно с Т. Н. Ильиной, И. А. Виноградовой, Е. А. Хижкиным, В. Н. Анисимовым, В. Х. Хавинсоном.)

Особенности влияния мелакрила на антиоксидантную систему норок трех окрасов // Кролиководство и звероводство. № 6. С. 11–13. (Совместно с С. Н. Калининой, М. В. Фартышевой, Л. Г. Подлепиной.)

Биомембранология: Учебное пособие. Красноярск: Изд-во СФУ. 187 с. (Совместно с А. А. Болдыревым, Е. И. Кяйвяряйнен.)

2009. Влияние мутаций генов окраски меха на цитохимические особенности лейкоцитов

крови у американской норки (*Mustela vison* Schreber 1777) // Информационный вестник ВОГиС. Т. 13, № 3. С. 571–577. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, А. Г. Голубевой, Н. Н. Тютюнником.)

Некоторые физиологические, биохимические и этологические особенности американской норки (*Mustela vison* Schreber 1977), сформировавшиеся в процессе ее естественной ферализации в биоценозе Карелии // Информационный вестник ВОГиС. Т. 13, № 3. С. 588–597. (Совместно с Т. Н. Ильиной, П. И. Даниловым.)

Особенности влияния селенита натрия на антиоксидантную систему хищных млекопитающих // С.-х. биология. № 6. С. 66–72. (Совместно с С. Н. Калининой, Т. Н. Ильиной, М. В. Фартышевой, Л. Г. Подлепиной.)

Effect of dietary sodium selenite on the antioxidant system in silver (*Vulpes vulpes* L.) and blue foxes (*Alopex lagopus* L.) // Scientifur. Vol. 33, N 2. P. 35–38. (Совместно с S. N. Kalinina.)

2010. Circadian disruption induced by light-at-night accelerates aging and promotes tumorogenesis in young but not in old rats // Aging. Vol. 2, N 2. P. 82–92. (Совместно с I. A. Vinogradova, V. N. Anisimov, A. V. Bukalev, E. A. Khizhkin, T. A. Lotosh, A. V. Semenchenko, M. A. Zabezhinski.)

Нейрохимия. М.: Дрофа. 398, [2] с. (Совместно с А. А. Болдыревым, Н. Д. Ещенко, Е. И. Кяйвяряйнен.)

Особенности реагирования антиоксидантных ферментов в органах крыс на нарушение циркадианных ритмов на разных этапах онтогенеза // Учен. зап. Петрозаводского гос. ун-та. № 4. С. 22–26. (Совместно с Е. А. Хижкиным, Т. А. Лотош, И. А. Виноградовой, В. Н. Анисимовым.)

Влияние постоянного освещения на антиоксидантную систему крыс зависит от возраста // Труды Карельского НЦ РАН. № 2. С. 62–67. (Совместно с Е. А. Хижкиным, Т. А. Лотош, И. А. Виноградовой, В. Н. Анисимовым.)

Мутантные норки как модель в биомедицинских исследованиях // Труды Карельского научного центра РАН. № 2. С. 52–61. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, А. Г. Кижиной, Н. Н. Тютюнником.)

Effect of dietary ascorbic acid supplementation on tissue vitamin A and vitamin E levels and antioxidant enzyme activity in standard and sapphire mink (*Neovison vison*) // Scientifur. Vol. 34, N 2. P. 19–23. (Совместно с T. N. Ilyina, I. V. Baishnikova, S. N. Sergina.)

Дефект лейкоцитов у разводимых в неволе пушных зверей // Кролиководство и звероводство. № 4. С. 25–27. (Совместно с А. Г. Кижиной, Л. Б. Узенбаевой, Н. Н. Тютюнником.)

Оценка физиологического статуса млекопитающих как составляющая экологического мониторинга на Европейском Севере России // Вестник охотоведения. Т. 7, № 2. С. 354–357. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, Т. Н. Ильиной, С. А. Коросовым, А. Р. Унжаковым, П. И. Даниловым, В. В. Белкиным, А. Е. Якимовой.)

Изоферменты лактатдегидрогеназы в адаптациях охотничьих животных Карелии // Вестник охотоведения. Т. 7, № 2. С. 358–360. (Совместно с А. Р. Унжаковым, В. В. Белкиным, Н. В. Никитиной.)

Адаптационные изменения метаболизма у животных различного экогенеза // Проблемы биологии продуктивных животных. № 4. С. 5–22. (Совместно с Н. Н. Тютюнником, Т. Н. Ильиной, Л. Б. Узенбаевой, А. Р. Унжаковым, Н. Л. Рендаковым, И. В. Баишниковой, А. Г. Кижиной, Е. Б. Свечкиной, С. Н. Сергиной.)

2011. Влияние мутаций, затрагивающих окраску меха на структуру лейкоцитов крови у американской норки (*Mustela vison* Schreber 1777) // Генетика. Т. 47, № 1. С. 87–94. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, О. В. Трапезовым, А. Г. Кижиной, Л. И. Трапезовой, Н. Н. Тютюнником.)

Влияние высокой дозы аскорбиновой кислоты на антиоксидантную систему и лейкоциты крови при врожденной патологии у норок // Ветеринария. № 8. С. 53–57. (Совместно с Т. Н. Ильиной, Л. Б. Узенбаевой, И. В. Баишниковой, С. Н. Сергиной, А. Г. Кижиной.)

Влияние витамина Е на антиоксидантную систему песцов и лисиц // Труды Карельского НЦ РАН. № 3. С. 3–11. (Совместно с И. В. Баишниковой, С. Н. Сергиной, Т. Н. Ильиной, Н. Н. Тютюнником.)

Морфологические, цитохимические и генотипические аспекты дефекта лейкоцитов в доместицируемых популяциях пушных зверей // Труды Карельского НЦ РАН. № 3. С. 49–56. (Совместно с А. Г. Кижиной, Л. Б. Узенбаевой, Н. Н. Тютюнником, О. В. Трапезовым, Н. Н. Шумилиной, Е. Е. Лариной.)

Аномальные цитоплазматические гранулы в лейкоцитах крови у норок сапфирового окраса (цитологическое и цитохимическое исследование) // Морфология. 2011. Т. 140, № 6. С. 60–64. (Совместно с Л. Б. Узенбаевой, А. Г. Кижиной, Н. Н. Тютюнником.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 2. 2012. С. 175–15

РЕЦЕНЗИИ И БИБЛИОГРАФИЯ

Рецензия на книгу Э. А. Гончаровой «Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: Научное наследие профессора Г. В. Удовенко» (СПб.: ГНУ ВИР, 2011. 336 с.)

Книга доктора биологических наук, профессора Э. А. Гончаровой (под редакцией академика А. А. Жученко) посвящена вопросам адаптации и устойчивости растений к абиотическим стрессам, отраженным в многочисленных трудах выдающегося отечественного физиолога растений доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации Г. В. Удовенко, его коллег и учеников.

Исследования, возглавляемые Г. В. Удовенко и проводимые на протяжении многих лет на базе коллекции Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР), развивались последовательно от решения чисто прикладной задачи поиска путей повышения продуктивности сельскохозяйственных растений в оптимизируемых и экстремальных условиях окружающей среды к формированию наиболее важных теоретических положений адаптивного растениеводства, а затем и к разработке общих принципов устойчивости и ее диагностики, а также приемам повышения устойчивости растений. Эти многоплановые исследования и их результаты внесли весомый вклад, с одной стороны, в формирование теории устойчивости культурных растений, с другой – в решение многих ресурсоведческих, селекционных и интродукционных задач, послуживших развитию отечественного растениеводства.

Необходимо отметить, что работы профессора Г. В. Удовенко по изучению генетики адаптивных возможностей растений в разных средах, по сути, стали основой создания в ВИРе нового научного направления – экологической генетики, которое развивалось (совместно с акад. В. А. Драгавцевым и проф. Э. А. Гончаровой в одноименно созданной в 1991 г. лаборатории) в рамках решения проблемы разработки и осуществления современных стратегий поиска, создания и использования ценных генотипов растений.

Автором книги проф. Э. А. Гончаровой в историческом аспекте представлены публикации Г. В. Удовенко разных лет, отражающие разработку методологии и различные подходы к диагностике и оценке устойчивости различных сельскохозяйственных культур к абиотическим стрессам, на основе которых издано около 40 «Методических указаний ВИР». Лабораторно-полевые методы диагностики базируются на основательном теоретическом фундаменте и разработаны с учетом целого комплекса параметров растений и условий (генотип – среда) проведения их оценки.

Книга состоит из пяти глав и приложения с многочисленными ценными фотографиями. В главе, посвященной роли Н. И. Вавилова в развитии теории устойчивости, автор показывает, какую важную роль сыграли идеи Н. И. Вавилова в определении общей направленности и конкретных задач, которые в разные годы решали физиологи растений ВИРа. Разработки академика Н. А. Максимова и его коллег в период с 1920-х по 1940-е гг., выполненные в развитие идей Н. И. Вавилова, создали отделу физиологии ВИРа авторитет одного из ведущих центров физиологической науки в стране и мире. В послевоенные годы, при возобновлении в ВИРе работ по физиологии устойчивости растений, в основу их опять же легли многие идеи Н. И. Вавилова и Н. А. Максимова. С 1967 по 1999 г. под руководством Г. В. Удовенко в ВИРе был получен ряд результатов как теоретической, так и практической направленности, крайне важных для селекции, интродукции и растениеводства. Полученный в ВИРе при изучении физиологии устойчивости растений к различным экстремальным факторам обширный экспериментальный материал, его обобщение и сопоставление с данными других авторов позволили Г. В. Удовенко выдвинуть общетеоретическую концепцию о сущности

устойчивости и адаптации растений. Эта концепция послужила научной базой для разработки принципов и способов диагностики устойчивости растений, для построения моделей сортов, оптимальных для разных регионов страны, для разработки различных агротехнических приемов в неблагоприятных условиях и для планирования подходов в селекции устойчивых сортов. Под руководством Г. В. Удовенко значительные результаты получены физиологами ВИРа также в области методических разработок и при оценке растительных ресурсов по признакам устойчивости к стрессам, что также стало прямым следствием идей и рекомендаций Н. И. Вавилова о связи задач физиологии растений с задачами изучения растительных ресурсов и вовлечения их в селекцию и интродукцию. К настоящему времени в ВИРе лабораторными методами оценено несколько десятков тысяч сортов разных культур. Подобных работ по выявлению источников устойчивости для селекции в таких масштабах в нашей стране нигде не проводилось.

Во второй главе, посвященной теоретическим аспектам изучения устойчивости, рассмотрены закономерности изменения разных элементов структуры урожая растений под влиянием экстремальных условий среды и физиологические механизмы адаптации растений к различным экстремальным условиям. Обобщение результатов многочисленных исследований приводит Г. В. Удовенко и его коллег к заключению о том, что адаптация растений к экстремальным условиям среды – это сложный комплекс процессов, координируемых системой саморегуляции организма. Причем чем выше уровень биологической организации, тем большее число механизмов одновременно участвует в адаптации растений к стрессам. Общий же характер процесса этой адаптации неспецифичен при различных неблагоприятных воздействиях.

Отдельный раздел во второй главе посвящен наиболее важным публикациям Г. В. Удовенко с коллегами по физиологическим аспектам солеустойчивости культурных растений. В них обсуждаются причины различий в солеустойчивости разных сортов и видов культурных растений. Изучая влияние обеспеченности растений влагой на их солеустойчивость, Г. В. Удовенко делает вывод о существенном влиянии обеспеченности растений влагой на степень их солеустойчивости. В серии работ по изучению воздействия солевого стресса на фотосинтетическую деятельность и перераспределение ассимилятов при формировании зерна показано, что урожай зерна при засолении снижается значительнее, чем продуктивность общей биомассы надземных органов растений.

В разделе главы, касающемся минерального питания, представлены работы Г. В. Удовенко с сотрудниками о влиянии температурного и водного режимов на реакцию растений на изменение уровня минерального питания. Выявленные зависимости, по мнению Г. В. Удовенко, представляют большое теоретическое и прикладное значение для повышения эффективности использования удобрений, для дальнейшего раскрытия механизмов минерального питания растений, а также для связанных с ними областей агрохимии, генетики, селекции и ресурсоведения.

В разделе «О генетике устойчивости» автор кратко обобщает вопросы, касающиеся связи селекции с физиологическими и генетическими исследованиями устойчивости растений к экстремальным условиям. В нем изложены предпосылки создания нового подхода, условно названного «селекционно-генетический анализ исходного материала». При рассмотрении некоторых генетико-физиологических аспектов селекции сортов, устойчивых к экстремальным условиям среды, подчеркивается полигенный характер генетической детерминации этих признаков и сложность диагностики признака «устойчивость». Г. В. Удовенко с соавторами описали разработанный ими принцип изучения наследуемости реакции растений на условия среды, что необходимо для успешного ведения селекционной работы.

В главе «Научно-практические аспекты изучения» приводятся работы, в которых автор излагает сущность основных принципов и приемов диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды. Основанием этому послужил большой личный опыт Г. В. Удовенко и Э. А. Гончаровой в разработке способов диагностики устойчивости для различных сельскохозяйственных культур к основным типам стрессовых факторов и многолетнем использовании их при массовой оценке устойчивости сортов разных видов растений из обширного генофонда растительных ресурсов (как в лабораторных экспериментах, так и в полевых на опытных станциях ВИРа).

В главе «К портрету ученого» раскрыты основные этапы биографии Г. В. Удовенко (1929–1999), представлен перечень учеников, защитивших под его руководством в разные годы кандидатские и докторские диссертации, и обширная библиография его научных трудов.

Завершает книгу глава «Воспоминания современников о Г. В. Удовенко», в которой дру-

зья, коллеги и ученики делятся воспоминаниями о Г. В. Удовенко, обсуждают научную значимость результатов его деятельности, заслуги созданной им научной школы. Эти воспоминания не только удачно дополняют книгу, но и позволяют читателю полнее оценить вклад профессора Геннадия Васильевича Удовенко в отечественную и мировую физиологию растений, а также раскрыть многие черты характера этого талантливого, многогранного человека и выдающегося ученого.

А. Ф. Титов, Т. Г. Шибаева
Институт биологии Карельского научного центра РАН

Титов А. Ф., Таланова В. В. Локальное действие высоких и низких температур на растения / Отв. редактор Н. Н. Немова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 166 с. Ил. 49. Библиогр. 444 назв.

В монографии обобщены результаты многолетних исследований феноменологии и механизмов устойчивости растений к локальному действию высоких и низких температур. Представлены данные о закономерностях изменения холодо- и теплоустойчивости листьев и корней под влиянием продолжительного и краткосрочного действия низких и высоких температур на все растение, только на его надземную часть или только на корневую систему. Обсуждаются возможные механизмы повышения устойчивости органов (частей) растений, непосредственно подвергавшихся температурному воздействию, а также пространственно удаленных от места действия стрессора.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегии серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы «Анкеты» и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия «Анкеты» и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед сдачей в печать авторам высылается распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон (8142) 780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН и другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте http://transactions.krc.karelia.ru.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) для серии «Экспериментальная биология» не должен превышать: для обзорных статей – 25 страниц, для оригинальных – 15, для сообщений – 8, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи. Рукописи большего объема (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

Рукописи присылаются в электронном виде, а также в двух экземплярах, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку через 1,5 интервала (12 пунктов шрифта типа Times New Roman). Размер полей: сверху, снизу – 2,5 см, справа, слева – 2,5 см. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ. ЛИТЕРАТУРА); благодарности; литература (с новой страницы); таблицы (на отдельном листе); рисунки (на отдельном листе); подписи к рисункам (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилия, имя, отчество всех авторов полностью на русском и английском языках; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и английском языках; должности авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи* и содержать не более 8–10 значащих слов.

АННОТАЦИЯ должна быть лишена вводных фраз, содержать только главную информацию статьи, не превышать объем – 15 строк.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой, в конце фразы ставится точка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ должны содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Для фаунистических и флористических работ следует указывать место хранения коллекционных образцов. Если в статье приводятся сведения о новых для исследованной территории таксонах, то желательно и процитировать этикетку. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во Введении. Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более), и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Рыбаков, 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIFF (*.TIF) или JPG (не встраивать в Word). Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указанием желательного размера рисунка в книге, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физико-географических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и, желательно, с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicus* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis.*

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения – названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

---

* **Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ**, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

ЛИТЕРАТУРА. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.52008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32: 635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило[1], М. И. Сысоева[1], Е. Ф. Марковская[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Петрозаводский государственный университет*

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., кратковременное снижение температуры, устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANT

Аннотация на английском языке

Key words: *Cucumis sativus* L., temperature drop, resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Частота встречаемости видов нематод в исследованных биотопах

Биотоп (площадка)	Кол-во видов	Встречаемость видов нематод в 5 повторностях				
		100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
1Н	26	8	4	1	5	8
2Н	13	2	1	1	0	9
3Н	34	13	6	3	6	6
4Н	28	10	5	2	2	9
5Н	37	4	10	4	7	12

Примечание. Здесь и в табл. 3–4: биотоп 1Н – территория, заливаемая в сильные приливы; 2Н – постоянно заливаемый луг; 3Н – редко заливаемый луг; 4Н – незаливаемая территория; 5Н – периодически заливаемый луг.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.

Илиел Э. Стереохимия соединений углерода / Пер. с англ. М.: Мир, 1965. 210 с.

Несис К. Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 1985. 285 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.
Grove D. J., Loisides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, N 4. P. 507–516.

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тез. докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.

Ссылки на авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. 23 с.

Ссылки на диссертации

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. С. 21–46.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.
Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии : материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

Ссылки на интернет-ресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайновых сервисов // Электрон. биб-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/ (дата обращения: 25.11.2006).

Ссылки на электронные ресурсы на CDROM

Государственная Дума, 1999–2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CDROM.

TABLE OF CONTENTS

REVIEWS 3

G. A. Zhulaj, E. K. Oleinik. $CD4^+CD25^+FOXP3^+$ REGULATORY T-LYMPHOCYTE. PROSPECTIVE APPLICATIONS IN IMMUNOTHERAPY 3

S. A. Murzina, Z. A. Nefyodova, N. N. Nemova. EFFECTS OF FATTY ACIDS (BIOMARKERS OF FOOD SOURCES) ON THE MECHANISMS OF FISH ADAPTATION IN HIGH LATITUDES 18

ORIGINAL PAPERS

L. V. Anikieva, N. N. Tyutyunnik, V. S. Anikanova. EFFECT OF THE TOXASCARIS INFECTION ON THE COMMERCIAL VALUES OF CAGED POLAR FOXES (*ALOPEX LAGOPUS*) 26

Yu. V. Batova, A. F. Titov, N. M. Kaznina, G. F. Laidinen. CADMIUM ACCUMULATION AND DISTRIBUTION IN BARLEY PLANTS DEPENDING ON THEIR AGE 32

I. N. Bakhmet, N. N. Fokina, Z. A. Nefyodova, T. R. Ruokolainen, N. N. Nemova. BLUE MUSSELS *MYTILUS EDULIS* L. IN THE WHITE SEA AS BIOINDICATORS UNDER DILUTED OIL IMPACT 38

N. P. Budykina, T. G. Shibaeva, A. F. Titov. EFFECTS OF EPIN EXTRA, A SYNTHETIC ANALOGUE OF 24-EPIBRASSINOLIDE, ON STRESS RESISTANCE AND PRODUCTIVITY OF CUCUMBER PLANTS 47

L. V. Vetchinnikova, O. S. Serebryakova, M. K. Ilyinova. LIPID FATTY ACID COMPOSITION IN POLLEN OF MAIN REPRESENTATIVES OF *BETULA* L. 56

I. L. Golovanova, A. F. Filippov. CHARACTERISTICS OF INTESTINAL GLYCOSIDASES IN BREAM FROM THE RYBINSKOYE RESERVOIR SITES DIFFERING IN ANTHROPOGENIC LOADING 63

V. K. Golovanov, A. K. Smirnov, D. S. Kapshaj. FINAL THERMOPREFERENDUM AND UPPER LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILES OF SOME FRESHWATER FISH SPECIES 70

A. V. Elifanov, S. N. Gashev, T. I. Moiseenko. INFLUENCE OF CRUDE OIL ON THE ORGANISM OF RODENTS IN A SUBACUTE EXPERIMENT 76

A. A. Erkoeva, S. N. Drozdov, E. S. Kholoptseva. EFFECTS OF SOIL ACIDITY ON ECO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SCOTS PINE SEEDLINGS OF DIFFERENT PROVENANCE 84

V. V. Lavrova, M. I. Sysoeva, E. M. Matveeva. LIPID FATTY ACIDS IN POTATO LEAVES UNDER PERIODIC AND LONG-TERM HYPOTHERMIA 91

O. N. Lebedeva, A. F. Titov, T. S. Nikolaevskaya. ADAPTATION OF *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. PLANTS WITH SUPPRESSED CHLOROPHYLL DEFICIENCY, AND STABILIZING NATURAL SELECTION 97

V. B. Pridacha, S. V. Pozdnyakova, T. A. Sazonova. EFFECT OF AMBIENT N : P : K RATIOS ON THE MINERAL NUTRIENT COMPOSITION IN *BETULA* PLANTS 104

N. S. Repkina, V. V. Talanova, L. V. Topchieva, Yu. V. Batova, A. F. Titov. EFFECT OF CADMIUM ON GENE EXPRESSION OF THE TRANSCRIPTION FACTORS CBF1 AND DREB1 IN WHEAT SEEDLING LEAVES 113

K. A. Sazanova, D. I. Bashmakov, A. S. Lukatkin. GENERATION OF SUPEROXIDE ANION IN LEAVES OF SEEDLINGS UNDER LONG-TERM EXPOSURE TO HEAVY METALS 119

A. I. Sidorova, N. M. Kalinkina, I. V. Dydik. REACTION OF THE BAIKALIAN AMPHIPOD *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING TO THE IMPACT OF STORMWATER FROM THE CITY OF PETROZAVODSK 125

V. S. Skidchenko, R. U. Vysotskaya, N. N. Nemova. THE RANGE OF ACID DEOXYRIBONUCLEASE ISOFORMS IN THE TISSUES OF *MYTILUS EDULIS* MUSSELS IN MODEL EXPERIMENTS WITH PETROLEUM HYDROCARBON POISONING 131

O. M. Fedorenko, M. V. Gritskikh, T. S. Nikolaevskaya. POLYMORPHISM BASED ON THE ONSET OF FLOWERING IN *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH. AT THE NORTHERN LIMIT OF THE DISTRIBUTION RANGE 139

E. A. Khizhkin, V. A. Ilyukha, V. T. Komov, I. V. Parkalov, T. N. Ilyina, I. V. Baishnikova, S. N. Sergina, V. A. Gremyachikh, T. B. Kamshilova, E. S. Stepina. SPECIES-SPECIFIC FEATURES OF MERCURY CONTENT IN ORGANS OF CARNIVOROUS MAMMALS OF DIFFERENT ECOGENESIS 147

SHORT COMMUNICATIONS

A. S. Goryunov, A. G. Borisova, V. A. Kolodey, S. P. Rozhkov. RAMAN SPECTROSCOPY OF BIOCONJUGATES OF BOVINE SERUM ALBUMIN AND SHUNGITE NANOCARBON 154

M. I. Sysoeva, E. N. Ikkonen. OPTIMIZATION OF PHOTOSYNTHESIS PROCESSES IN CUCUMBER PLANTS IN SHORT-TERM AND LONG-TERM LOW TEMPERATURE TREATMENTS 159

T. G. Shibaeva, E. F. Markovskaya. GROWTH AND THE STATE OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF YOUNG CUCUMBER PLANTS (*CUCUMIS SATIVUS* L.) UNDER CONTINUOUS LIGHT 162

DATES AND ANNIVERSARIES

M. I. Sysoeva, E. N. Ikkonen. Vladimir Konstantinovich Kurets (on the 85th anniversary) 167

O. N. Lebedeva. Victor Aleksandrovich Ilyukha (on the 50th anniversary). 171

REVIEWS AND BIBLIOGRAPHY 175

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 178

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук
№ 2, 2012

Серия ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор Л. В. Кабанова
Оригинал-макет Т. Н. Люрина

Подписано в печать 29.04.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 17,6. Усл. печ. л. 21,4.
Тираж 500 экз. Изд. № 278. Заказ 51

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

Е. Е. Климовская, А. В. Климовский. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛЬКОВОГО КАМНЯ ОЗЕРКИ (КОСТОМУКШСКАЯ ЗЕЛЕНОКАМЕННАЯ СТРУКТУРА) **78**

О. Б. Лавров, Л. В. Кулешевич. ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КОЙКАРСКОЙ СТРУКТУРЫ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ **87**

V. A. Melezhik, A. R. Prave. AN IMPORTANT LANDMARK IN THE STUDY OF THE PALAEOPROTEROZOIC WORLD **100**

Ю. Н. Нерадовский, Ю. Л. Войтеховский. ЗОНАЛЬНОСТЬ СТАВРОЛИТА ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦЕВ БОЛЬШИХ КЕЙВ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ **110**

С. А. Светов, М. А. Гоголев, А. И. Светова, Т. Н. Назарова. КСЕНОЛИТЫ И АВТОЛИТЫ В ДРЕВНЕЙШЕЙ АДАКИТОВОЙ СЕРИИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА **122**

Е. Н. Светова, С. А. Светов, Л. А. Данилевская. РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КВАРЦЕ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ **137**

М. М. Филиппов. БИОГЕННАЯ ГИПОТЕЗА ГЕНЕЗИСА ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ МЕТАСАПРОПЕЛИТОВ **145**

А. В. Чернявский, А. В. Волошин, Ю. Л. Войтеховский. БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ И СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МАЛОСУЛЬФИДНЫХ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯХ ПАНА-КУОЛАЯРВИНСКОЙ СТРУКТУРЫ **157**

Краткие сообщения

П. А. Рязанцев. КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ЧЕРЕЗ РОПРУЧЕЙСКИЙ СИЛЛ ГАББРОДОЛЕРИТОВ НА УЧАСТКЕ РЖАНОЕ – АНАШКИНО **165**

Хроника

А. И. Слабунов. Международное сотрудничество в 2011 г. **172**

Юбилеи и даты

В. В. Макарихин, В. В. Щипцов. Людмила Павловна Галдобина (к 85-летию со дня рождения) **177**

Н. В. Шаров. Валентин Яковлевич Горьковец (к 75-летию со дня рождения) **180**

Рецензии и библиография **187**

Правила для авторов **189**

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. № 3, 2012. Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 3, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора **3**

Ш. К. Балтыбаев. МИГМАТИТООБРАЗОВАНИЕ В КАЛИЕВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, ГЕОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ СУБСТРАТ – РАСПЛАВ **4**

А. И. Голубев, В. И. Иващенко. ПЛАТИНОНОСНОСТЬ КАРЕЛИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ РЕГИОНАМИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА, ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА, ПЕРСПЕКТИВЫ **17**

Л. А. Данилевская. КАРЕЛО-КОЛЬСКАЯ КВАРЦЕНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ **37**

С. В. Егорова, А. В. Степанова. ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ГАББРОНОРИТЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БЕЛОМОРСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА – НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ И ХИМИЗМЕ **56**

В. И. Иващенко, А. Е. Ромашкин. МИНЕРАЛОГИЯ И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА КЛИМОВСКОГО КОМПЛЕКСНОГО БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС) **65**

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 3, 2012
Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 3, 2012
PRECAMBRIAN GEOLOGY Series

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Shchiptsov

Редакционная коллегия серии «Геология докембрия»

А. Б. Вревский, Ю. Л. Войтеховский, О. И. Володичев, А. И. Голубев, В. Н. Кожевников, В. С. Куликов, А. В. Первунина (отв. секретарь), А. М. Пыстин, С. А. Светов (зам. отв. редактора), А. И. Слабунов, Н. Н. Филатов, М. М. Филиппов, Н. В. Шаров, Е. Ф. Шека, А. А. Щипанский, В. В. Щипцов (отв. редактор)

Editorial Board of the Precambrian Geology Series

A. B. Vrevskiy, Yu. L. Voytekhovskiy, O. I. Volodichev, A. I. Golubev, V. N. Kozhevnikov, V. S. Kulikov, A. V. Pervunina (Executive Secretary), A. M. Pystin, S. A. Svetov (Deputy Editor-in-Charge), A. I. Slabunov, N. N. Filatov, M. M. Filippov, N. V. Sharov, E. F. Sheka, A. A. Shchipanskiy, V. V. Shchiptsov (Editor-in-Charge)

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

---

© Карельский научный центр РАН, 2012

От редактора

Настоящий выпуск «Геология докембрия» открывает одну из ежегодных серий научного издания «Труды Карельского научного центра РАН». В этот выпуск вошли статьи сотрудников в основном Института геологии КарНЦ РАН, а также других организаций. Редколлегия выпуска сочла возможным и необходимым опубликовать статьи аспирантов и молодых ученых, соответствующие требованиям журнала к рукописям. Здесь же, как планируется и в последующих выпусках, помещены сообщения в рубриках «Хроника», «Юбилеи и даты», «Рецензии и библиография».

В серии планируется публикация оригинальных научных и обзорных статей, в которых представлены результаты исследований строения, состава, сейсмичности и условий формирования литосферы в пределах древнейших щитов планеты. Тематика серии также включает статьи, отражающие исследования в области минерагении докембрия и комплексных технологий освоения месторождений минерального сырья Северо-Запада России. В редколлегию серии «Геология докембрия» вошли ведущие ученые Института геологии КарНЦ РАН и представители научных организаций Апатит, Москвы, Санкт-Петербурга и Сыктывкара.

В 2011 г. Институт геологии отметил пятидесятилетний юбилей. За пятидесятилетний период был сделан большой вклад в изучение геологического строения и выяснение фундаментальных закономерностей эволюции геологических процессов и закономерностей размещения и условий образования полезных ископаемых литосферы Фенноскандинавского щита и прилегающих районов.

По праву Институт геологии занимает центральное место в исследованиях геологии, стратиграфии, магматизма, метаморфизма, тектоники и минерагении докембрия юго-восточной части Фенноскандинавского щита. Главными направлениями современных научных исследований института являются (Постановление Президиума Российской академии наук № 185 от 25.03.2008 г.):

1. Строение, состав, условия формирования, эволюция литосферы Фенноскандинавского щита и глобальные корреляции докембрия;
2. Минерагения Карелии. Комплексные технологии: шунгиты, промышленные минералы;
3. Неотектоника, сейсмичность и геоэкология Северо-Запада России.

Институт отличает многопрофильность проводимых исследований в области наук о Земле. Успех развития геологии докембрия во многом связан с комплексностью исследований. Получили развитие комплексные междисциплинарные и межрегиональные исследования. Нами поддерживаются тесные контакты с многочисленными российскими и зарубежными научно-исследовательскими коллективами.

Породы докембрия выходят на земную поверхность на кристаллических щитах и слагают фундамент платформ. Очень часто они претерпевали несколько этапов сильных деформаций, метаморфизма, внедрения расплавов и частичного плавления. Расшифровка таких событий представляет собой весьма сложную задачу, и геология докембрия считается специалистами одной из сложнейших областей геологии. Представляется, что в данной серии появятся статьи в развитие современных методов исследований докембрийских щитов, в первую очередь, Фенноскандинавского щита, и эти издания привлекут внимание отечественных и зарубежных специалистов. Редколлегия серии «Геология докембрия» приглашает специалистов к участию в столь важной и ответственной работе.

Статьи для публикации в серии «Геология докембрия» Трудов Карельского НЦ РАН принимаются по адресу: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская 11, редакция Трудов КарНЦ РАН, серия «Геология докембрия».

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон: (8142) 780109, e-mail: aelita@krc.karelia.ru, geolog@krc.karelia.ru.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН, аннотации и полнотекстовые электронные варианты статей, а также другая полезная информация, включая Правила для авторов, доступны на сайте: http://transactions.krc.karelia.ru.

Ответственный редактор серии «Геология докембрия»
В. В. Щипцов

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 4–16

УДК 552.1 (470.22)

МИГМАТИТООБРАЗОВАНИЕ В КАЛИЕВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, ГЕОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ СУБСТРАТ– РАСПЛАВ

Ш. К. Балтыбаев

Институт геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН), Санкт-Петербург

В мигматитах калиевой Приозерской зоны Северного Приладожья изучены лейкосомы двух видов: анатектического происхождения и сформировавшиеся под воздействием богатого калием флюида. При частичном плавлении глиноземистых гнейсов при температурах до 800–850 °С образуется расплав гранитного состава, близкий к составу ранних генераций лейкосом. Для предполагаемых PT-параметров метаморфизма пород T = 750–800 °С, P = 4,5–5,5 кбар, минимальная доля расплава составляет не менее 10–15 вес. % от массы исходного протолита. Увеличение содержания воды от 0,5 до 2,5 вес. % приводит примерно к четырехкратному увеличению объема расплава при одних и тех же PT-параметрах ультраметаморфизма. Вещественный состав и особенности строения лейкосом поздней генерации указывают на полигенное (анатектическо-метасоматическое) происхождение, в котором значительную роль при эволюции вещества играет обогащенный калием флюид. Источником флюида могут быть широко развитые в регионе плутоны калиевых порфировидных гранитов.

К л ю ч е в ы е с л о в а : калиевая зона мигматитов, Приладожье, плавление, модельный расплав, флюид.

Sh. K. Baltybaev. FORMATION OF MIGMATITES IN THE K-RICH ZONE OF THE NORTHERN LADOGA REGION: THERMODYNAMIC REGIMES OF MELTING AND CRYSTALLIZATION, GEOCHEMICAL MODELING OF THE ELEMENTS DISTRIBUTION IN THE PROTOLITH/MELT SYSTEM

Leucosomes of two types: anatectic ones and those formed under the effect of K-rich fluid, were studied in migmatites of the K-rich Priozersksaya zone of the Northern Ladoga region. When aluminiferous gneisses are partially melted at temperatures up to 800–850 °C melt of granitic composition, similar to that of early generations of leucosomes, is formed. For the presumed PT parameters of rock metamorphism: T = 750–800 °C, P = 4.5–5.5 kbar, the proportion of melt would be at least 10–15 w/w % of the initial protolith mass. A rise in water content from 0.5 w/w % to 2.5 w/w % results in a nearly 4-fold increase in the melt volume under the same PT parameters of ultrametamorphism. The composition and structural characteristics of later generation leucosomes suggest there was a multiple genesis (anatexis-metasomatosis), where K-rich fluid played a significant role in the evolution of the matter. The fluid could originate from potassic porphyraceous granite plutons, which are widespread in the region.

K e y w o r d s : K-rich zone of migmatites, Ladoga region, melting, model melt, fluid.

Введение

Лишь сравнительно недавно в высокотемпературной области свекофеннид Северного Приладожья стали выделять две геохимические зоны или провинции [Шульдинер и др., 1997; Балтыбаев и др., 2000; Балтыбаев, Левченков, 2005], которые характеризуются разными по составу продуктами ультраметаморфизма. Эти зоны расположены в пределах Южного домена Приладожья [Балтыбаев и др., 2000], где распространены породы преимущественно гранулитовой фации метаморфизма, и получили название Лахденпохской и Приозерской. В Лахденпохской зоне распространены полимигматиты, содержащие до 7–8 генераций жильного материала, главной особенностью которых является смена состава от существенно натриевых (тоналитовых) у первых генераций ($\gamma1-\gamma3$) лейкосом до существенно калиевых (гранитных) у относительно более поздних генераций ($\gamma4-\gamma8$) лейкосом и жил. Для мигматитов Приозерской зоны не характерны лейкосомы тоналитового состава, на обнажениях с мигматитами фиксируется сравнительно мало генераций лейкосом и жил – не более 3–4, лейкократовый материал мигматитов всегда обогащен калием и имеет высокое K/Na отношение.

По вещественным особенностям слагающих пород Лахденпохская и Приозерская зоны могут быть сопоставлены с K и Na геохимическими провинциями сопредельной Финляндии [Korsman et al., 1988; Ehlers et al., 1993]. Многочисленные работы по приладожским мигматитам [Мигматизация и гранитообразование…, 1985; Балтыбаев, 2002; Седова, Глебовицкий, 2002; Седова и др., 2009; и ссылки в ней], включая ставшие классическими, положившие основу для их морфологической классификации [Судовиков, 1955], были посвящены мигматитам натриевой (Лахденпохской) зоны, наиболее широко представленным в хорошо обнаженной прибрежной части Ладожского озера (рис. 1). Мигматитам калиевой геохимической провинции Приладожья, известной как Приозерская зона, специального исследования не посвящалось. Вместе с тем мигматиты Приозерской зоны заслуживают внимания, особенно потому, что для упомянутых двух геохимических провинций в свекофеннидах Финляндии приводятся различные сценарии эндогенного развития, разное время пиковых плутоно-метаморфических событий и специфичность интрузивной активности в пределах каждой из зон. В области ультраметаморфизма Северного Приладожья пики эндогенной активности в пределах Лахденпохской и Приозерской зон совпадают по времени, близки и PT-параметры метаморфизма пород, хотя существует специфика проявления интрузивной активности. Последнее особенно подчеркивается наличием тесной пространственной ассоциации многочисленных плутонов калиевых порфировидных гранитов, не характерных для Лахденпохской зоны, с зоной широкого развития калиевых мигматитов.

С учетом сказанного, цель данного исследования заключается в характеристике и выявлении механизмов формирования последовательных генераций лейкосом в мигматитах калиевой зоны, определении термодинамических параметров плавления гнейсов и оценке генетической связи мигматитообразования с формированием коровых гранитных интрузий в рассматриваемом регионе.

Материалы и методы изучения

В работе используются химические анализы петрогенных (количественный рентгеноспектральный силикатный анализ), малых и редкоземельных (ICP-MS) элементов пород, выполненные в лаборатории ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) в период 2000–2010 гг. Некоторая часть анализов на содержание малых и редкоземельных элементов была выполнена в ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург). Редкоземельный состав гранатов определялся на ионном микроанализаторе (г. Ярославль).

Определение термодинамической устойчивости метаморфических парагенезисов в глиноземистых гнейсах и построение петрогенетической сетки выполнялось на основе компьютерной программы THERIAK-DOMINO [de Capitani, Brown, 1987] с использованием модифицированной К. де Капитани (обновление 2012 г. из Интернет-ресурса: ttp://titan.minpet.unibas.ch/) термодинамической базы данных минералов [Berman, 1988, 1991] и твердых растворов*.

Расчет температуры плавления гнейсов и оценка эволюции состава расплава и твердой остаточной фазы выполнялись на основе компьютерной программы MELTS [Ghiorso, Sack, 1995; Asimow, Ghiorso, 1998] (обновление 2012 г. из Интернет-ресурса: http://melts.ofm-research.org/).

---

* В расчетах использовались модели смешения растворов: модифицированная двухкомпонентная (шпинель-герцинит) идеальная для шпинели на основе базы данных JUN92 [Berman, 1988, 1991]; четырехкомпонентная (пироп-гроссуляр-альмандин-спессартин) для граната (JUN92), трехкомпонентная (альбит-анортит-калишпат) для полевого шпата [Fuhrman, Lindsley, 1988]; трехкомпонентная (флогопит-аннит-Mn-биотит) для биотита (JUN92) на основе [McMullin, 1991]; четырехкомпонентная (мусковит-парагонит-Fe-селадонит-Mg-селадонит) для белой слюды на основе JUN92; двухкомпонентная (Fe-Mg) идеальная для ставролита [Nagel et al., 2002]; двухкомпонентная (Fe-Mg) идеальная для кордиерита и четырехкомпонентная (амезит-пеннин-Fe-амезит-Fe-пеннин) для хлорита (JUN92), шестикомпонентная для ортопироксена на основе JUN92, трехкомпонентная (диопсид-геденбергит-жадеит) для клинопироксена на основе JUN92 [Meyre et al., 1997].

В работе используются результаты обработки составов мигматитов и других супракрустальных пород из калиевой и натриевой зон (93 пробы), также использованы для сравнения химические и редкоземельные составы гранитоидов Карельского перешейка (20 проб), химический и редкоземельный состав 4 проб из тестового ключевого обнажения мигматитов и 4 анализа состава РЗЭ гранатов из пород разного генезиса.

Характеристика породных комплексов (петроформаций) Приозерской и Лахденпохской зон мигматитов

В Приозерской зоне (рис. 1) преобладают первично стратифицированные образования. Высокий уровень метаморфизма и мигматизации толщ не позволяет однозначно идентифицировать их стратиграфическую последовательность, но по составу и внутреннему строению уверенно выделяются три петроформации.

Глиноземистая. Распространена к югу и юго-западу от пос. Куркиеки, где совмещается с толщей ортопироксенсодержащих пород Лахденпохской зоны. Основу описываемой петроформации составляют высокоглиноземистые плагиоклазовые и двуполевошпатовые гнейсы и сланцы с разным количеством кордиерита, граната, силлиманита и биотита, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, кварца. Подчиненную роль играют гранат-биотитовые, биотитовые и другие гнейсы. Интенсивно проявлена мигматизация с образованием лейкосом послойного или линзовидно-полосчатого типа, иногда мигматиты имеют рассеянную лейкосому, т. е. без четкого разделения на мелано- и лейкократовые части.

Ортопироксеновая. Главные составляющие: гиперстен-гранат-биотитовые плагиогнейсы, гранат-биотитовые плагиогнейсы и мигматиты. Характерно переслаивание гранат-биотитовых, гиперстен-биотитовых и гиперстен-гранат-биотитовых плагиогнейсов. Иногда встречаются диопсидовые сланцы и гнейсы, частью кальцит- и скаполитсодержащие, амфиболовые сланцы. Гнейсы повышенной известковистости образуют в биотитовых и гранатовых гнейсах маломощные прослои или округлые зональные включения. Мигматизация выражена в разных формах: есть послойные, сетчатые, теневые и другие разновидности мигматитов.

Известково-силикатная. Породы формации в составе толщи (0,8 км × 0,3–0,5 км) найдены во внутренней части крупного массива двуполевошпатовых гранитов Лазурный к юго-востоку от г. Выборга. Контакты этой толщи не обнажаются, поэтому трудно сопоставить ее с другими частями свекофеннских разрезов. Для известково-силикатной формации характерно переслаивание мелко-, среднезернистых карбонатных пород, гнейсов и амфиболитов. Есть также волластонитовые породы, незначительно распространены мраморы. Известковистая порода состоит из карбоната, основного плагиоклаза, моноклинного пироксена, амфибола, волластонита, скаполита, биотита, эпидота. Присутствуют примеси граната, апатита, сфена, турмалина, калиевого полевого шпата, кварца. Гнейсы состоят из кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата, биотита, граната, силлиманита. Мигматизация не характерна для пород данной петроформации.

В Лахденпохской зоне (рис. 1) также преобладают первично стратифицированные образования. Они сильно метаморфизованы и мигматизированы. По составу и внутреннему строению выделяются следующие петроформации.

Биотитгнейсовая. Характеризуется существенным преобладанием биотитовых плагиогнейсов и плагиосланцев, большей частью относительно слабо мигматизированных. В качестве дополнительных компонентов участвуют гранат-биотитовые плагиогнейсы и другие разновидности пород (силлиманит-, кордиеритсодержащие гнейсы, двуслюдяные гнейсы и сланцы), минеральный состав которых зависит от уровня метаморфизма.

Амфибол-гранатгнейсовая. Представлена чередованием роговообманковых гнейсов и амфиболитов с гранат-биотитовыми плагиогнейсами.

Гранатгнейсовая. Наиболее распространенная формация. Главным компонентом являются гранат-биотитовые плагиогнейсы и мигматиты, которым резко подчинены другие разновидности пород. Монотонна по составу, но структурно довольно неоднородна, за счет неравномерной мигматизации, проявленной в разных формах (послойные, сетчатые, порфиробластические и иные разновидности мигматитов).

Диопсид-биотитгнейсовая и диопсид-гранатгнейсовая. Отличаются от биотит- и гранатгнейсовой формаций присутствием известковистых пород – диопсидовых сланцев и гнейсов, частью кальцит- и скаполитсодержащих, амфиболовых сланцев, очень редко мраморов. Известковистые сланцы и гнейсы образуют в биотитовых и гранатовых гнейсах маломощные прослои мелко- и тонкозернистых немигматизированных относительно высоковязких пород.

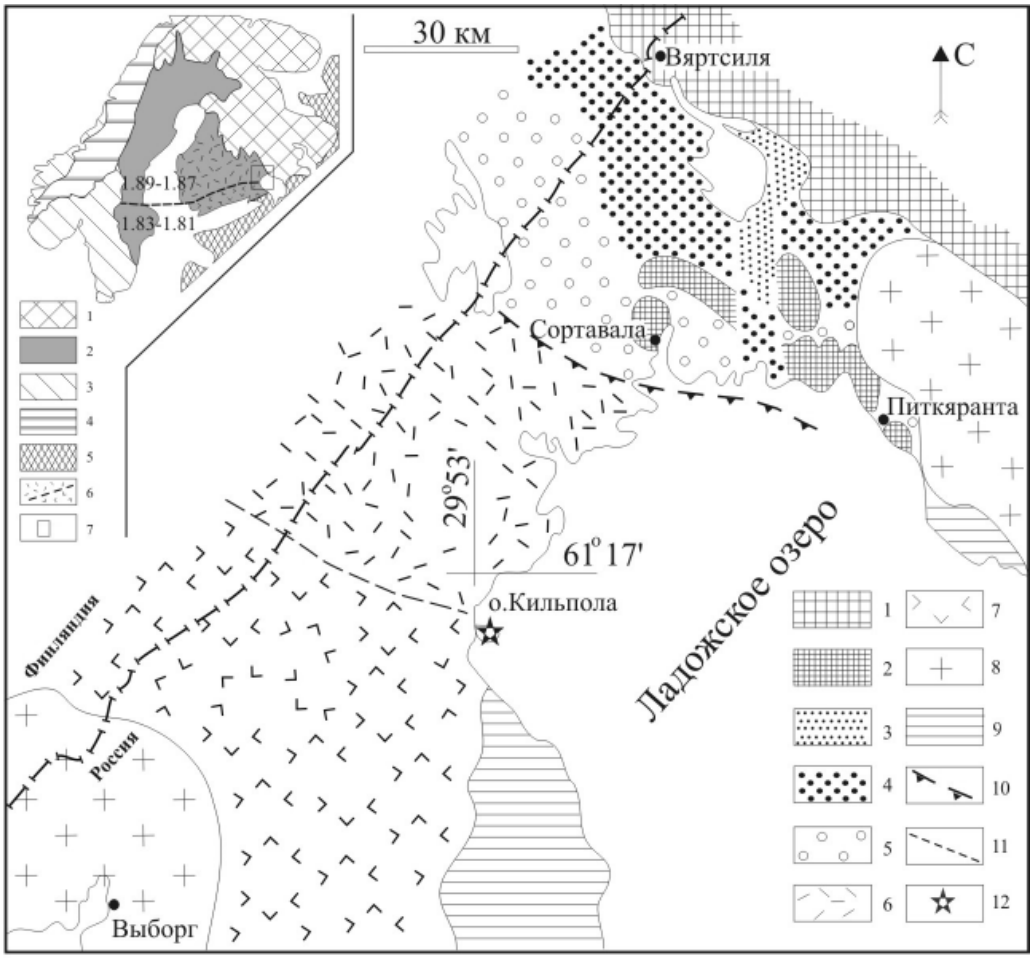


Рис. 1. Схематическая карта строения метаморфического комплекса Приладожья с выделением двух геохимических зон в области ультраметаморфизма:

1 – выступ архейского фундамента; 2 – архейский фундамент в ядрах окаймленных гнейсовых куполов; 3–5 – нижнепротерозойский вулканогенно-осадочный покров, метаморфизованный в фациях биотит-хлоритовых сланцев (3); ставролитовых и андалузитовых сланцев (4); силлиманит-мусковитовых и силлиманит-ортоклазовых гнейсов (5); 6–7 – раннепротерозойские породы гранулито-гнейсовой области: плагиогнейсы и плагиомигматиты Лахденпохской *Na*-зоны (6), преимущественно гранат-кордиеритовые гнейсы и мигматиты Приозерской *K*-зоны (7); 8 – массивы рапакиви-гранитов; 9 – рифейский платформенный чехол; 10 – надвиг, разделяющий породы гранулито-гнейсовой области Южного домена и более низкотемпературные породы Северного домена; 11 – граница *Na и K* зон; 12 – место отбора проб.

На врезке. Положение изученного участка в структурах региона: 1 – архейские породы Фенноскандинавского щита, 2 – свекофенниды, 3 – дальсланиды, 4 – каледониды, 5 – рифейский чехол, 6 – сутурная зона сочленения *Na и K* провинций (см. текст), по [Ehlers et al., 1993], 7 – участок исследования

Гиперстен-гранатгнейсовая. Характерной особенностью формации является переслаивание гранат-биотитовых, гиперстен-биотитовых и гиперстен-гранат-биотитовых плагиогнейсов. Породы умеренно мигматизированы.

Кордиеритгнейсовая. Сложена высокоглиноземистыми плагиоклазовыми и двуполевошпатовыми гнейсами и сланцами, содержащими в разных соотношениях кордиерит, гранат, силлиманит и биотит. Подчиненную роль играют гранат-биотитовые и другие гнейсы. Интенсивно проявлена мигматизация.

Больший диапазон изменения состава метаморфических пород в Лахденпохской зоне по сравнению с Приозерской убедительно подтверждается при сравнении двух выборок химических составов пород на диаграмме $MnO - TiO_2$, статистически примерно одинаково представляющих две зоны (рис. 2). Заметим, что на данной диаграмме отмечается определенное сходство химизма супракрустальных пород и гранитоидов Приозерской зоны.

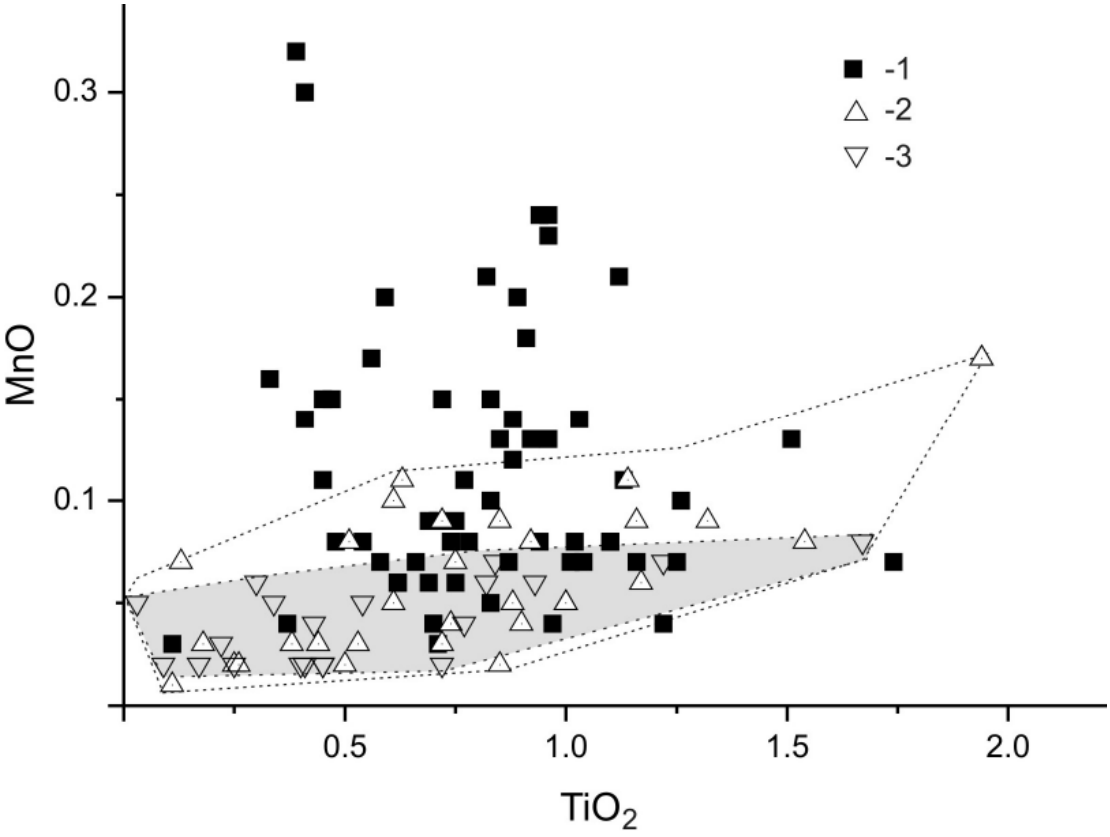


Рис. 2. Диаграмма MnO – TiO_2 для гнейсов и мигматитов Лахденпохской и Приозерской зон

Гнейсы и мигматиты: 1 – Лахденпохской зоны, 2 – Приозерской зоны, 3 – поздне- и посторогенные гранитоиды Приозерской зоны (Карельского перешейка). Область состава пород Приозерской зоны на диаграмме выделена пунктирной линией, а подобласть гранитоидов выделена также серым цветом

Возраст субстрата определен по циркону из кислого метавулканита в толще мигматизированных гиперстеновых гнейсов Лахденпохской зоны. Согласно U-Pb дискордии, построенной по фигуративным точкам цирконов с признаками расплавного происхождения, возраст вулканических пород составляет 1884 ± 5 млн лет [Балтыбаев, Левченков, 2005]. Верхний возрастной рубеж осадконакопления для разрезов Приозерской и Лахденпохской зон определяют наиболее древние интрузии района – массивы: Куркиекский (1881+9, –5 млн лет, U-Pb по циркону [Балтыбаев и др., 2004а]), Приозерский (1876 ± 6 млн лет, U-Pb по циркону [Балтыбаев, Левченков, 2005]), Кузнеченский (1874 ± 4 млн лет, U-Pb по циркону [Балтыбаев и др., 2004б]).

Вещественный состав, морфология мигматитов

Несмотря на разнообразные внешние формы проявления мигматитов в калиевой Приозерской зоне, по структурному положению и соотношению их лейкократовой и меланократовой частей отчетливо можно выделить две разновидности мигматитов, основываясь, главным образом, на характере развития лейкосом. Первая разновидность (обычно на обнажении распознаются 1–2 генерации лейкосом) – с рассеянной или послойной («lit-par-lit»), маломощной (1–8 см) лейкосомой, со средне- и крупнозернистыми минералами, в целом согласно ориентированной и повторяющей структурные элементы во вмещающих гнейсах. Вторая разновидность (также чаще всего на обнажении распознаются 1–2 генерации) – с относительно мощными лейкосомами (до 20–30 см), часто имеющими раздувы и пережимы, субсогласными по отношению к текстурно-структурным элементам во вмещающих гнейсах. Главной особенностью мигматитов второй разновидности является крупно- и гигантозернистость минералов лейкосомы, в частности, разрастание калиевых полевых шпатов до 5–12 см.

При мигматизации гнейсов Приозерской зоны образуются лейкосомы с кислым плагиоклазом и калиевым полевым шпатом; в части обнажений можно наблюдать разрастание граната в лейкосоме, тогда как в мезосомах происходит, наоборот, его замещение кордиеритом. Тенденции изменения составов Fe-Mg минералов достаточно типичны для процесса образования расплава путем частичного плавления: в гранатах увеличивается железистость (от центра к краю зерен), одновременно снижается железистость кордиерита и биотита на контактах с гранатом. В лейкосомах полевые шпаты разрастаются за счет привноса щелочей из мезосомы, а также за счет биотита, распадающегося из-за поглощения воды расплавом. Этот процесс сопровождается ростом железистого граната: Bt* = Grt + Kfs + H_2O.

Детально изученное для целей статьи обнажение (№ Б-04-133, координаты WGS 84, 61.210160, 30.003380, о. Сикасари к северу от о. Кильпола) представляет породы в составе гранат-кордиеритовой толщи (глиноземистой петроформации), широко развитой в окрестностях пос. Кузнечное-Хийтола к западу от о. Кильпола (рис. 1). Эта толща сложена мигматизированными монотонными и грубополосчатыми чередующимися пачками Grt-Bt и Grt-Bt-Crd-Sil, Bt-Sil, Bt-Sil-Crd гнейсов с рассеянной, жильной или жильно-пятнистой лейкосомой. Изученный гнейс (проба № 133) представляет розовато-темно-серую породу с неравномерным в масштабах обнажения распределением деформированных лейкосом трех генераций, далее обозначаемых как γ1, γ2, γ3. Гнейс сложен главной ассоциацией минералов: Bt + Grt + Kfs + Pl + Qtz (табл.). На обнажении встречаются фрагменты – будинообразные тела длиной до 1 м при мощности 20–30 см, состоящие из плотного, мелко-среднезернистого гнейса (проба № 133-1), который практически не затронут мигматизацией и, несмотря на схожесть минерального состава с вышеописанным гнейсом, имеет относительно высокое содержание CaO и низкое содержание K_2O (табл.). Самая ранняя генерация (γ1) лейкосом на обнажении 133 представляет собой структурно сильно преобразованные фрагменты лейкократового материала, мощностью в несколько миллиметров, которые сложно отделить от вмещающего ротолита. Поэтому выделение этой генерации

Вещественный состав гнейсов и лейкосом обнажения 133

№ пробы	Порода	Grt	Bt	Pl	Kfs	Qtz	R	Chl	Ser	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3 общ	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	ппп	Сумма
133	Гнейс глиноземистый	15	15	27	20	20	2	Ед. з.	1	68,0	14	0,85	6,73	0,088	3,24	2,08	2,49	1,86	0,051	0,52	99,9
133-1	Гнейс повышенной известковистости	8	12	35	15	20	5	5	1–3	66,3	16	0,61	4,63	0,051	1,96	5,3	2,53	0,73	0,12	1,72	99,9
133-2	Лейкосома γ2	Ед. з.	17	30	20	30	3		Сл.	70,8	15,2	0,44	2,56	0,025	1,46	2	3,16	3,5	0,075	0,63	99,8
133-3	Лейкосома γ3	Ед. з.	5	20	60	12	Ед. з.		1–3	64,5	18,5	0,18	2,17	0,032	0,76	0,55	1,73	10,1	0,12	0,98	99,6

Окончание табл.

№ пробы	Rb	Sr	V	Cr	Ba	Y	Zr	Nb	Mo	Cs	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U
133	93,7	174	0,011	0,015	0,027	32,6	413	21,4	<1	1,44	50,5	104	11,8	43,7	8,08	1,08	6,19	0,87	5,23	1,19	3,82	0,54	3,95	0,57	7,81	1,07	15,1	1,6
133-1	18,9	125	0,0073	0,0064	0,017	23,8	184	12,4	<1	0,33	42,3	83,3	9,42	34,8	6,1	1,0	5,16	0,78	4,13	0,89	2,53	0,36	2,52	0,36	5,22	0,92	8,95	3,2
133-2	90,3	281	0,0051	0,0021	0,091	8,28	63,9	7,73	<1	0,94	68,8	147	17,5	63,2	11,8	1,64	6,66	0,64	2,11	0,31	0,89	0,12	0,81	0,12	1,85	0,3	24,6	1,54
133-3	282	274	<.005	<.002	0,22	11,4	34	4,38	<1	2,26	18,3	35,4	4,08	14,6	2,77	1,86	2,37	0,35	1,83	0,42	1,34	0,2	1,42	0,22	1,04	0,43	5,32	1,85

Примечание. Содержание окислов даны в вес. %, других элементов – в ppm. Содержание минералов даны в об. %. Ед. з. – единичные зерна, сл. – следовые количества, ппп – потери при прокаливании.

* Принятые сокращения названий минералов: Bt – биотит, Chl – хлорит, Crd – кордиерит, Grt – гранат, Fsp – полевой шпат, Kfs – калиевый полевой шпат, Ms – мусковит, Opx – ортопироксен (гиперстен), Pl – плагиоклаз, Qtz – кварц, R – рудный, Ser – серицит, Sil – силлиманит, Spl – шпинель, Sta – ставролит.

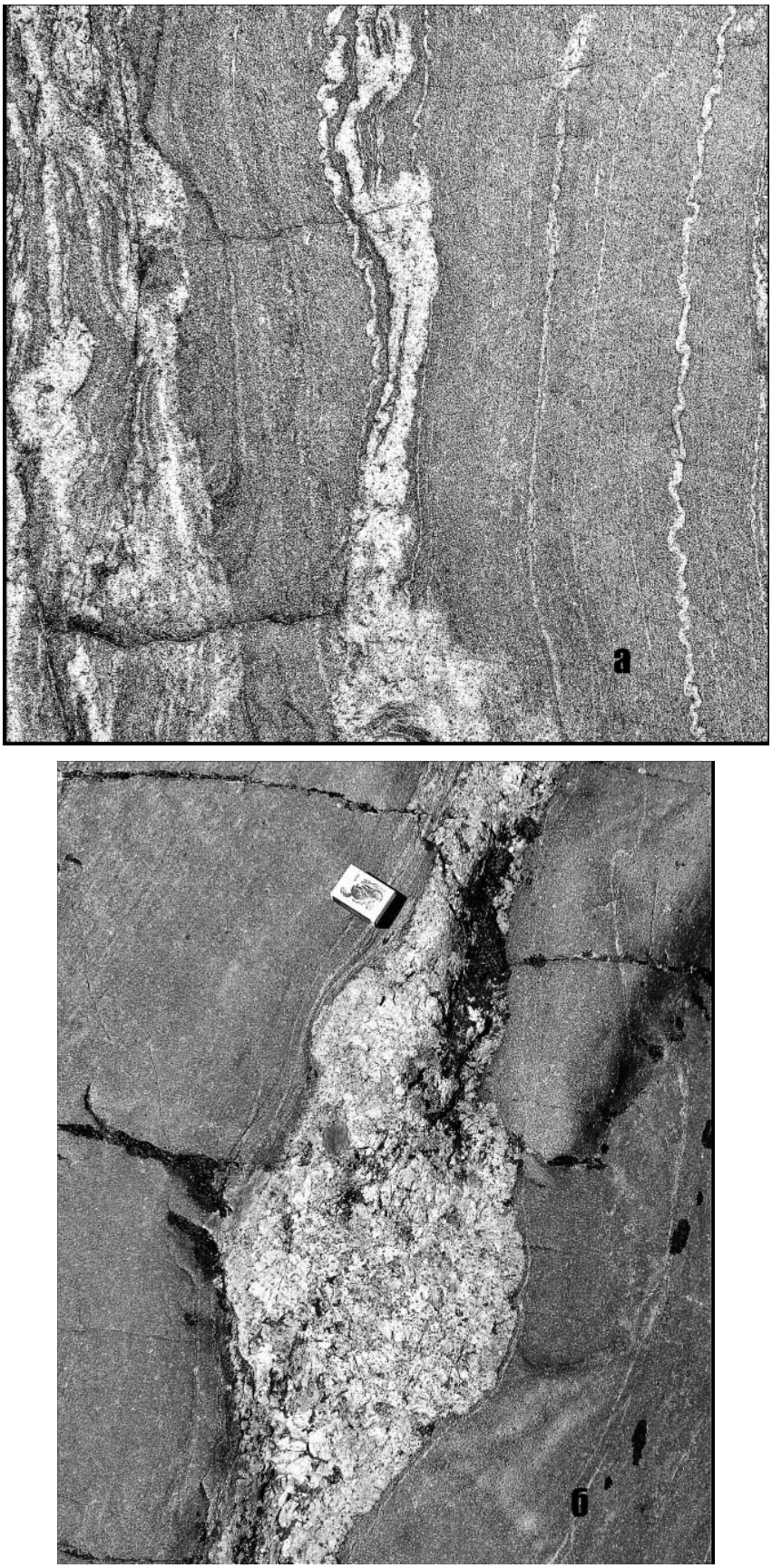


Рис. 3. Фотографии лейкосомы γ2 (а) и γ3 (б) в гранатовых гнейсах обнажения № 133 (о. Сикасари). Фотографии имеют одинаковый масштаб

носит в некотором смысле условный характер, так как трудно судить об истинной морфологии этой лейкосомы и ее соотношении с другими лейкосомами и гранитными жилами рассматриваемого обнажения. Значительно лучше обособлены в гнейсах послойные лейкосомы γ2 (проба № 133-2, рис. 3, а) мощностью 0,2–5 см, нередко имеющие меланократовую 1–3 мм оторочку, сложенную преимущественно биотитом. Минеральный состав γ2 отличается от состава гнейсов преобладанием лейкократовых минералов, а темноцветную часть γ2 составляют биотит и единичные зерна граната. Лейкосомы γ3 (проба № 133-3) легко распознаются и отличаются от γ1, γ2 тем, что имеют мощность до 20–30 см, преимущественно полевошпатовый состав с крупными и гигантозернистыми калиевыми полевыми шпатами таблитчатой формы (рис. 3, б). Минеральные, химические и редкоземельные составы названных проб приведены в табл.

Модельные расчеты и обсуждение результатов

Расчет полей устойчивости минеральных метаморфических парагенезисов для двух составов гнейсов (№ 133, 133-1) показал хорошую сходимость расчетных и наблюдаемых минеральных составов и позволяет определить PT-параметры метаморфизма гнейсов как T = 750–800 °C при P = 4,5–5,5 кбар (рис. 4). Образующийся при этих параметрах минеральный парагенезис (Bt + Grt + Fsp + Qtz ± Sil, Crd) как в отношении мольных долей минералов, так и состава минералов – твердых растворов соответствует наблюдаемым для пород данной зоны [Балтыбаев и др., 2010а]. Отметим, что ранее указывалось [Балтыбаев и др., 2000], что появление гиперстена в глиноземистых породах определяется не только температурой, но и валовым составом породы, в частности соотношением Fe/Mg-Al_2O_3. Присутствие, например, в породе силлиманита при давлении ниже 6–7 кбар делает неустойчивым парагенезис Sil + Opx. В то же время если состав породы близок к базитовому, то в метаморфическом парагенезисе реально встречается Opx, в том числе и в породах в непосредственной близости к изученному обнажению 133.

Расчетное количество расплава, образующегося при частичном плавлении глиноземистого гнейса (проба № 133), хорошо воспроизводит наблюдаемое на изученном обнажении (и в других обнажениях с аналогичным составом гнейсов) соотношение гнейс/лейкократовый материал. Также из расчетов следует эмпирически вполне ожидаемое меньшее количество модельного расплава из протолита с повышенным содержанием Ca и низким – K (в качестве которого принят состав пробы № 133-1). Особенно это заметно при сравнении двух проб при количестве расплава 15–20 вес. % и выше (рис. 4). Вероятно, это связано с относительно быстрым расходом на образование расплава имеющегося калия и, соответственно, повышением тугоплавкости остаточной твердой фазы в гнейсе повышенной известковистости. Справедливость сказанного подчеркивают примерно одинаковые температурные интервалы и количество возникающего расплава в двух гнейсах, если порции расплава не превышают 10–15 вес. % (рис. 4).

Одним из ключевых факторов, определяющим количество образующегося расплава, является количество H_2O в системе. Как следует из расчетов, при содержании воды 2,5 вес. % из протолита, за состав которого взят состав глиноземистого гнейса (проба № 133), образуется не менее 50–55 вес. % гранитного расплава. Это количество расплава на 15–20 % выше наблюдаемого на обнажении количества лейкократового материала, из чего можно сделать два предположения: 1) в системе воды было меньше, чем 2,5 вес. % (но больше, чем 0,5 вес. %), или 2) вполне вероятно, что наблюдаемое соотношение порода/расплав не отвечает этому соотношению в момент генерации расплава в силу перемещения какой-то доли его при дальнейшей эволюции этой системы.

Возможность расплава накапливаться и мигрировать изучалась как по эмпирическим наблюдениям (например, сводка есть в работе [Brawn, 2001]), так и экспериментальным путем [Lupulescu, Watson, 1999 и др.]. В последней работе указывается, что расплав может накапливаться по системе трещин уже при 5%-м объеме плавления пород. Причем это характерно для расплава как гранитного состава, так и тоналитового. В работе [Castro et al., 1999] показаны результаты эксперимента по плавлению при 800–900 °C и давлении 3, 6, 10, 15 кбар. Авторы выявили, что двуслюдяные гнейсы и метаграувакки вне зависимости от давления продуцируют расплав лейкогранитного состава. Давление сильно влияет на количество образующегося расплава при одной и той же температуре: при 3 кбар образуется его до 20 об. % и всего лишь 5 об. % расплава при 10, 15 кбар.

Согласно модельным расчетам, в эволюционирующем составе расплава с повышением температуры соотношения главных компонентов и их содержания могут значительно меняться, и к тому же характер этих изменений сильно

зависит от состава исходной породы (рис. 5). На рис. 5, а хорошо видно, что калиевость гранитного расплава растет с ростом температуры и максимально насыщенные калием расплавы (и с высоким K/Na отношением) образуются, если температура плавления протолита не превышает 850 °С. Если в качестве протолита рассматривать гнейс повышенной известковистости (проба № 133-1), то богатый калием расплав будет только в первой порции образующегося расплава, затем, начиная приблизительно с 750 °С, состав его эволюционирует в сторону резкого снижения K_2O и K/Na отношения (рис. 5, б). Такое изменение K и K/Na отношения в расплаве с ростом температуры объясняется, вероятно, «запасами» калийсодержащих минералов – биотита и калиевого полевого шпата – в исходной породе и скоростью их «расходования» с ростом степени плавления.

Модель дегидратации биотита при анатексисе достаточно часто привлекается для объяснения механизма формирования мигматитов. Так, например, изучая реакцию разложения биотита в Grt-Bt-Sil гнейсах юго-востока Испании [Cesare, 2000], автор приходит к выводу, что именно разложение этой слюды приводит к появлению расплава. Этот вывод подтверждается масс-балансом вещества и структурно-текстурными наблюдениями в мигматизированной породе.

Кремнекислотность образующихся расплавов увеличивается с ростом температуры, по крайней мере, до образования 75–80 вес. % расплава. Максимальное расчетное содержание SiO_2 в расплаве из протолита, в качестве которого выступают рассматриваемые гнейсы, не превышает 75 %. В диапазоне предполагаемых температур плавления глиноземистого гнейса – 700–850 °С содержание SiO_2 в образующемся модельном расплаве варьирует в пределах 69–73 %.

Тенденции изменения химизма минералов в остаточной твердой фазе протолита согласно расчетам соответствуют эмпирически выявленным: по мере увеличения объема выплавок растет и магнезиальность фемических минералов.

Спектр нормированного к составу хондрита распределения редкоземельных элементов в изученных породах весьма характерен для мигматизированных гнейсов и расплавов (рис. 6, а–б). Обращает на себя внимание близость распределения РЗЭ в обоих изученных гнейсах (пробы № 133, 133-1) и при этом значительно дифференцированный по величине Σ (легких)/ γ (тяжелых) РЗЭ спектр для лейкосомы γ2 пробы № 133-2. И явно иначе выглядит спектр распределения РЗЭ для лейкосомы γ3 пробы № 133-3, который характеризуется наличием положительной европиевой аномалии и более низким содержанием редкоземельных элементов, особенно заметным при сравнении пород по сумме легких РЗЭ (табл.; рис. 6, а).

Спектры распределения редких земель лейкосом γ2 и γ3, нормированные к глиноземистому гнейсу (проба № 133), показаны на рис. 6, б и также отчетливо выявляют различие двух лейкосом по этому показателю. Для лейкосомы γ2 получено распределение РЗЭ, весьма характерное для анатектических выплавок, которые по сравнению с протолитом обогащаются легкими землями и имеют резко пониженное содержание тяжелых РЗЭ. Такое распределение редких земель условно можно назвать «гадолиниевым коромыслом», так как при частичном плавлении обычно именно на Gd происходит пересечение нормированной кривой горизонтальной оси, отвечающей равным концентрациям РЗЭ в системе протолит/расплав (=1). Обеднение лейкосомы γ2 тяжелыми РЗЭ легко объяснимо, если принять во внимание, что эти элементы остаются в остаточной твердой фазе, концентрируясь в гранате. В качестве примера на рис. 6, в показаны спектры распределения РЗЭ для некоторых гранатов из пород Приозерской зоны, которые все без исключения имеют высокое содержание тяжелых РЗЭ.

Особое внимание заслуживает спектр РЗЭ для лейкосомы γ3 (рис. 6, б). Низкие концентрации РЗЭ, положительный пик Eu присущи полевым шпатам, преобладающим в этой лейкосоме. Такая ситуация была описана В. А. Глебовицким с соавторами [2011] при изучении мигматитов Нимнырского блока на Алданском щите. Авторы выявили, что положительная Eu аномалия появляется, если общее содержание РЗЭ в породе ниже 240 ppm, и пришли к выводу, что при невысоком содержании в породе циркона, монацита, биотита состав и характер распределения РЗЭ определяются полевыми шпатами. Аналогичные данные выявлены для некоторых полевых шпатов из пегматитов в Южной Норвегии [Larsen, 2002].

Учитывая, что содержание макро-, малых, редкоземельных элементов в лейкосоме γ3 не характерно для продуктов частичного плавления гнейсов, а также наличие в лейкосоме крупных таблитчатых кристаллов калиевого полевого шпата, как правило не затронутых деформациями, следует, вероятно, считать, что лейкосома сформировалась в таком виде на поздних или даже завершающих стадиях плутоно-метаморфической и тектонической активности в регионе. Скорее всего, даже если инициальные порции лейкократового вещества лейкосомы γ3 имели анатектическую природу, то последующая эволюция их вещества происходила под воздействием флюида, обогащенного, по крайней мере, калием.

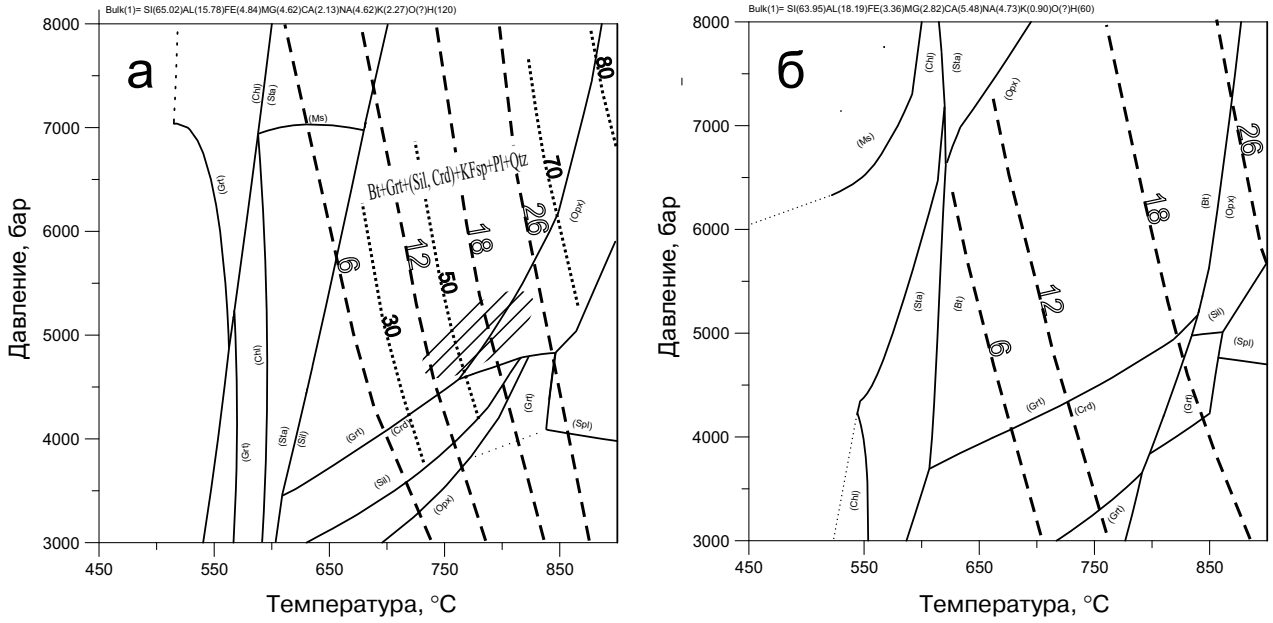


Рис. 4. Оценка термодинамической устойчивости метаморфических парагенезисов в изученных гнейсах методом минимизации свободной энергии Гиббса на основе программы THERIAK-DOMINO [de Capitani, Brown, 1987] и расчет степени парциального плавления гнейсов на основе программы MELTS [Ghiorso, Sack, 1995; Asimow, Ghiorso, 1998]

Диаграммы *а, б* рассчитаны для гнейсов 133 и 133-1, соответственно, состав которых (табл. 1) пересчитан с нормированием на 100 % катионов в системе NCKFMASH (Na-Ca-K-Fe-Mg-Al-Si-H). Наклонной штриховкой показана область изменения давления и температуры, которая соответствует режиму формирования наблюдаемых и расчетных минеральных парагенезисов в изученных гнейсах. Линии метаморфических реакций приведены только для наиболее важных из них, а появляющаяся новая минеральная фаза показана в скобках. Пунктирные линии и цифры при них на диаграммах *а, б* демонстрируют возможные вариации образующегося расплава (в вес. %) при частичном плавлении гнейсов с изменением P и T и содержании воды в системе, равном 0,5 вес. %. На диаграмме *а* точечными линиями с цифрами при них также показаны доли образующегося расплава, рассчитанные при содержании воды в системе 2,5 вес. %

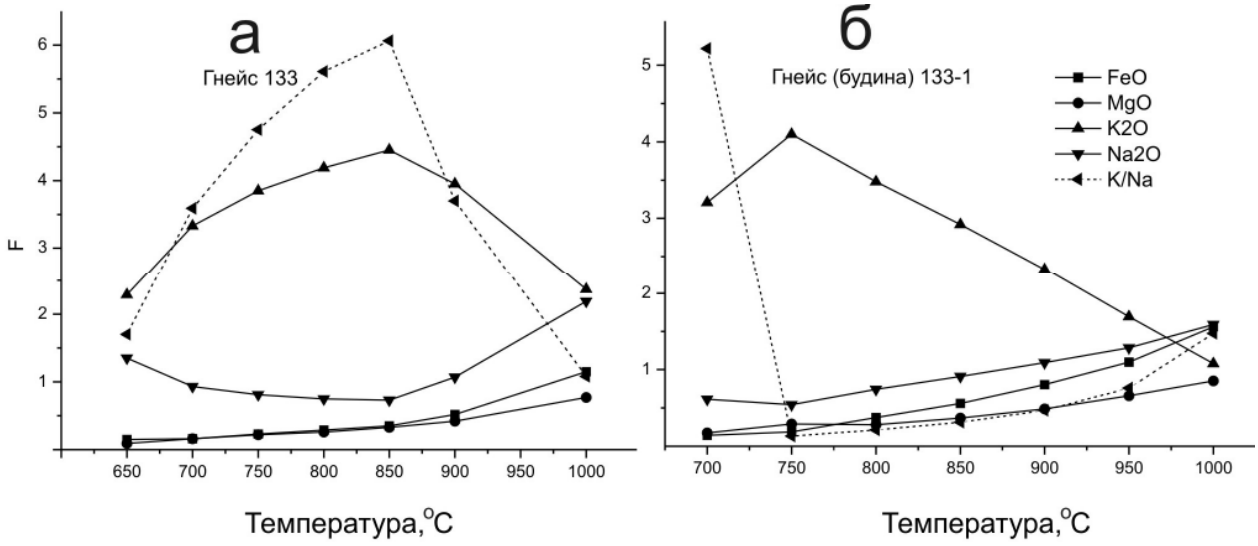


Рис. 5. Расчетная диаграмма изменения состава образующегося расплава при частичном плавлении изученных гнейсов обнажения 133

Изменение содержания компонентов модельного состава расплава, получаемого: а – из глиноземистого гнейса, проба № 133; б – из гнейса с повышенной известковистостью, проба № 133-1

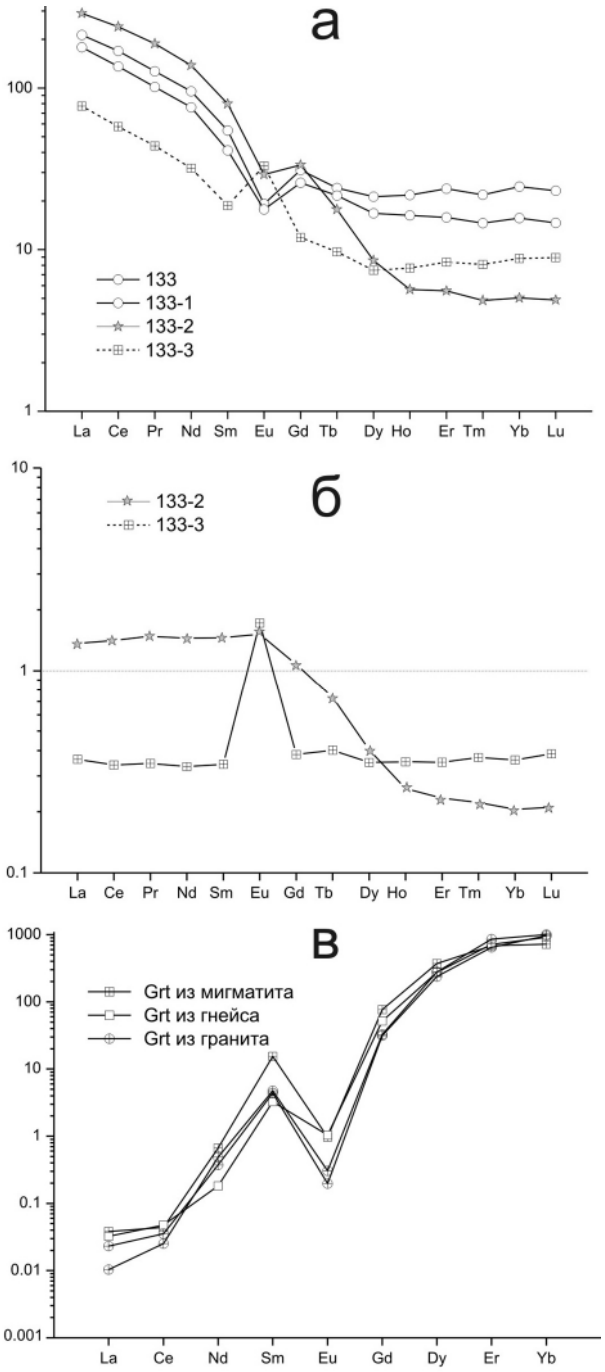


Рис. 6. Нормированные спектры распределения редких земель для изученных пород *(а, б)* обнажения 133 и для гранатов *(в)* разного генезиса из магматических и метаморфических пород Приозерской зоны. Спектры *а, в* нормированы к хондриту [McDonough, Sun, 1995], а спектр для лейкосом *(б)* – к глиноземистому гнейсу (проба № 133)

Связь высокотемпературного метаморфизма, парциального плавления с интрузивной активностью всегда привлекала интерес исследователей [например, Solar, Brown, 2001 и ссылки в ней]. В одной из таких работ по полиметаморфическому комплексу орогена Дамара в Намибии [Jung, Mezger, 2003] показано, что изотопная система в гранатах и монацитах хорошо сохраняется, и существует принципиальная возможность выделить по возрастным данным мигматиты, связанные с определенными гранитами, мигматиты времени пика метаморфизма и анатексиса, а также некоторые разновозрастные граниты, не связанные с мигматизацией.

Ранее нами предпринималась попытка определить время калишпатового порфиробластеза в лейкосомах [Балтыбаев и др., 2010б]: согласно U-Pb данным по монациту в Kfs оторочках жил этот процесс происходил ~1860 млн лет назад, что примерно на 15–20 млн лет отстает от стадии частичного плавления гнейсов [Балтыбаев и др., 2009]. В связи с этим стоит отметить особенности развития в Приозерской зоне значительных по объему и площади выходов на современную поверхность плутонов калиевых порфировидных гранитов, отнесенных в свое время Г. М. Саранчиной к II формационному типу гранитоидов [Саранчина, 1972]. Позднее было показано, что эти гранитоиды II формационного типа состоят из массивов двух возрастных групп: 1,870 и 1,800 млрд лет [Балтыбаев и др., 2004б]. Примечательно, что граниты, развитые недалеко от изученного в настоящей работе обнажения мигматитов, в частности граниты Кузнеченского массива, определяют время кристаллизации по U-Pb возрасту циркона как 1874 ± 4 млн лет, в то время как монацит в гранитах образовался значительно позднее – 1851 ± 5 млн лет назад. Вероятно, не случайно с этим интервалом времени (1870–1850 млн лет) совпадает калишпатовый порфиробластез в мигматитах Приозерской зоны: можно предположить источником флюида указанные массивы калиевых гранитов. Однако более достоверные данные для таких выводов следует ожидать при сравнительном анализе, например, изотопного состава свинцов полевых шпатов из разных генераций лейкосом и гранитоидов региона.

Выводы

1. При частичном плавлении глиноземистого гнейса при температурах до 800–850 °С возникает расплав гранитного состава, близкий к составу первых генераций лейкосом. Только первые и небольшие по объему порции расплава, образующегося из протолита – гнейса с повышенной известковистостью, имеют состав, близкий к составу ранних лейкосом.

2. Для предполагаемых PT-параметров метаморфизма пород T = 750–800 °C, P = 4,5–5,5 кбар, минимальная доля расплава составляет не менее 10–15 вес. % от массы исходного протолита.

3. Количество воды в метаморфической системе является главным фактором, контролирующим объем образующегося расплава: увеличение содержания воды при одних и тех же PT-параметрах от 0,5 до 2,5 вес. % приводит примерно к четырехкратному увеличению объема расплава.

4. K/Na отношение (и содержание K) в расплаве, образующемся при частичном плавлении, повышается с возрастанием температуры до 800–850 °C, что указывает на верхнюю температурную границу прогрева глиноземистых гнейсов с существенно калиевой лейкосомой.

5. Вещественный состав, включая содержание малых элементов и РЗЭ лейкосомы поздней генерации, указывает на полигенную природу, в которой значительную роль при эволюции вещества играет обогащенный калием флюид.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-01036).

Литература

Балтыбаев Ш. К. Флюидные включения и PT-режим формирования лейкосом мигматитов натрового ряда в гранулитовой части Приладожья (Ю. Карелия) // Записки РМО. 2002. № 5. С. 22–39.

Балтыбаев Ш. К., Глебовицкий В. А., Козырева И. В. и др. Геология и петрология свекофеннид Приладожья. СПб.: СПбГУ, 2000. 199 с.

Балтыбаев Ш. К., Левченков О. А., Бережная Н. Г. и др. Время и длительность свекофеннской плутонометаморфической активности на юго-востоке Балтийского щита, Приладожье // Петрология. 2004а. Т. 12, № 4. С. 374–393.

Балтыбаев Ш. К., Сальникова Е. Б., Глебовицкий В. А. и др. Кузнеченский массив калиевых порфировидных гранитов: результаты U-Pb датирования и обоснование тектонической позиции // Доклады АН. 2004б. Т. 398, № 4. С. 519–523.

Балтыбаев Ш. К., Левченков О. А., Левский Л. К. Свекофеннский пояс Фенноскандии: пространственно-временная корреляция раннепротерозойских эндогенных процессов. СПб.: Наука, 2009. 328 с.

Балтыбаев Ш. К., Левченков О. А., Саватенков В. М. Скважина глубокого бурения на окраине Восточно-Европейской платформы: данные петрологического и изотопно-геохронологического изучения керна // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010а. Т. 18, № 3. С. 1–18.

Балтыбаев Ш. К., Левченков О. А., Глебовицкий В. А. и др. Оценка времени региональной постмигматитовой калишпатизации по данным U-Pb датирования монацита (метаморфический комплекс Северного Приладожья, Россия) // Доклады АН. 2010б. Т. 430, № 4. С. 529–532.

Глебовицкий В. А., Седова И. С., Петров Т. Г., Саморукова Л. М. Геохимия ультраметаморфогенных гранитоидов амфиболитовой фации (Нимнырский блок, Алданский щит) // Записки РМО. 2011. № 1. С. 12–35.

Мигматизация и гранитообразование в различных термодинамических режимах / Ред. Ф. П. Митрофанов. Л.: Наука, 1985. 310 с.

Саранчина Г. М. Гранитоидный магматизм, метаморфизм и метасоматоз докембрия (на примере Приладожья и других областей). Л.: Наука, 1972. 128 с.

Седова И. С., Глебовицкий В. А. Геохимия ранних мигматитов С. Приладожья // Записки РМО. 2002. № 2. С. 1–16.

Седова И. С., Саморукова Л. М., Глебовицкий В. А., Скублов С. Г. Циркон в полимигматитах С.-З. Приладожья: морфология и геохимия // Геохимия. 2009. № 10. С. 1050–1066.

Судовиков Н. Г. Мигматиты, их генезис и методика изучения // Материалы исследований в Карелии. Тр. ЛАГЕД АН СССР. 1955. Вып. 5. С. 97–174.

Шульдинер В. И., Балтыбаев Ш. К., Козырева И. В. Эволюция условий метаморфизма гранатсодержащих гранулитов Западного Приладожья // Петрология. 1997. Т. 5, № 3. С. 253–277.

Asimow P. D., Ghiorso M. S. Algorithmic modifications extending MELTS to calculate subsolidus phase relations // Am. Mineral. 1998. Vol. 83 (9–10). P. 1127–1132.

Berman R. G. Internally consistent thermodynamic data for minerals in the system Na_2O-K_2O-CaO-MgO-FeO-Fe_2O_3-$Al_2O_3SiO_2$-TiO_2-H_2O-CO_2 // J. Petrol. 1988. Vol. 29. P. 455–522.

Berman R. G. Thermobarometry using multiequilibrium calculations: a new technique with petrologic applications // Can. Mineral. 1991. Vol. 32. P. 833–855.

Brawn M. Orogeny, migmatites and leucogranites: A review // J. Earth System Science. 2001. Vol. 110, N 4. P. 313–336.

Castro A., Patino Douce A. E., Corretge L. G. et al. Origin of peraluminous granites and granodiorites, Iberian massif, Spain: an experimental test of granite petrogenesis // Contrib. Mineral. Petrol. 1999. Vol. 135. P. 255–276.

Cesare B. Incongruent melting of biotite to spinel in a quartz-free restite at El Joyazo (SE Spain): Textures and reaction characterization // Contrib. Mineral. Petrol. 2000. Vol. 139. P. 273–284.

Fuhrman M. L., Lindsley D. H. Ternary-feldspar modeling and thermometry // Am. Mineral. 1988. Vol. 73. P. 201–216.

Ehlers C., Lindroos A., Selonen O. The late Svecofennian granite-migmatite zone of southern Finland – a belt oftranspressive deformation and granite emplacement // Precambrian Research. 1993. Vol. 64. P. 295–309.

Ghiorso M. S., Sack O. Chemical mass transfer in magmatic processes. 4. A revised and internally consistent thermodynamic model for the interpolation and

extrapolation of liquid-solid equilibria in magmatic systems at elevated temperatures and pressures // Contrib. Mineral. Petrol. 1995. Vol. 119 (2–3). P. 197–212.

Jung S., Mezger K. Petrology of basement-dominated terranes: I. Regional metamorphic T–t path from U–Pb monazite and Sm–Nd garnet geochronology (Central Damara orogen, Namibia) // Chem. Geol. 2003. Vol. 198. P. 223–247.

Korsman K., Niemela R., Wasenius P. Multistage evolution of the Proterozoic crust in the Savo schist belt, eastern Finland // Geol. Surv. Finland Bull. 1988. N 343. P. 89–96.

Larsen R. B. The distribution of rare-earth elements in K-feldspar as an indicator of petrogenetic processes in granitic pegmatites: examples from two pegmatite fields in Southern Norway // Can. Mineral. 2002. Vol. 40. P. 137–151.

Lupulescu A., Watson E.B. Low melt fraction connectivity of granitic an in a mafic crustal rock at 800 °C and 1 GPa // Contrib. Mineral. Petrol. 1999. Vol. 134. P. 202–216.

McDonough W. F., Sun S.-s. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. Vol. 120. P. 223–253.

McMullin D. W., Berman R. A., Greenwood H. J. Calibration of the SGAM thermometer for pelitic rocks using data from phase-equilibrium experiments and natural assemblages // Can. Mineral. 1991. Vol. 29. P. 889–908.

Meyre C., de Capitani C., Partzsch J. A ternary solid solution model for omphacite and its application to geothermobarometry of eclogites from Middle Adula nappe (Central Alps, Switzerland) // J. Metamorph. Geol. 1997. Vol. 15. P. 687–700.

Nagel T., de Capitani C., Frey M. Isograds and P-T evolution in the eastern Lepontine Alps (Graubünden, Switzerland) // J. Metamorph. Geol. 2002. Vol. 20. P. 309–324.

Solar G. S., Brown M. Petrogenesis of Migmatites in Maine, USA: Possible Source of Peraluminous Leucogranite in Plutons? // J. Petrol. 2001. Vol. 42, N 4. P. 789–823.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Балтыбаев Шаукет Каимович
зам. директора, рук. лаборатории, докт. геол.-минер. наук
Институт геологии и геохронологии докембрия РАН
наб. Макарова, 2, Санкт-Петербург, Россия, 190034
эл. почта: sb@ipgg.ru
тел.: (812) 3284701

Baltybaev, Shauket
Institute of Precambrian Geology and Geochronology,
Russian Academy of Sciences
2 Makarov Nab., 190034 St. Petersburg, Russia
e-mail: sb@ipgg.ru
tel.: (812) 3284701

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 17–36

УДК 551.72: [553.491+553.491.8+553.078+553.04]

ПЛАТИНОНОСНОСТЬ КАРЕЛИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ РЕГИОНАМИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА, ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА, ПЕРСПЕКТИВЫ

А. И. Голубев, В. И. Иващенко

Институт геологии Карельского научного центра РАН

В статье систематизированы и проанализированы оригинальные, литературные и фондовые материалы по металлогении платиноидов территории Карелии в сопоставлении с другими регионами Фенноскандинавского щита. Осуществлен сравнительный анализ их платиноносности для архея и протерозоя. Дана прогнозная оценка ресурсов благороднометалльного оруденения Карелии и обоснованы промышленные перспективы платиноносности ее территории.

Ключевые слова: Карелия, Фенноскандинавский щит, докембрий, архей, протерозой, металлогения платиноидов, типы благороднометалльного оруденения, сравнительный анализ, прогнозная оценка, перспективы.

A. I. Golubev, V. I. Ivashchenko. PLATINUM POTENTIAL OF THE KARELIAN REGION: COMPARATIVE ANALYSIS WITH ADJACENT REGIONS IN THE FENNOSCANDIAN SHIELD, PREDICTIVE ESTIMATION AND PROSPECTS

Original data on the metallogeny of Karelian platinoids, as well as data from the relevant literature and archives, are classified and compared with evidence from other regions of the Fennoscandian Shield. Comparative analysis of their platinum potential for both the Archaean and the Proterozoic was carried out. A predictive estimate of Karelia's noble-metal mineralization resources was made, and the economic prospects of the platinum resources were substantiated.

Key words: Karelia, Fennoscandian Shield, Precambrian, Archaean, Proterozoic, platinoid metallogeny, types of noble-metal mineralization, comparative analysis, predictive estimate, prospects.

Месторождения и крупные перспективные проявления металлов платиновой группы (МПГ) в пределах Карелии и Фенноскандинавского щита в целом известны только в связи с магматическими и метасоматическими комплексами протерозойских эпох рудообразования (рис. 1). Для более ранних периодов геологического развития данного региона они малохарактерны.

Архей

К настоящему времени в архейских комплексах щита выявлено, и то преимущественно лишь в Карелии, незначительное число мелких МПГ-содержащих сульфидных Cu-Ni месторождений – Восточно-Вожминское, Лебяжинское, Светлозерское [Федюк и др., 1979 и др.; Тытык и др., 1997; Трофимов и др., 2002]

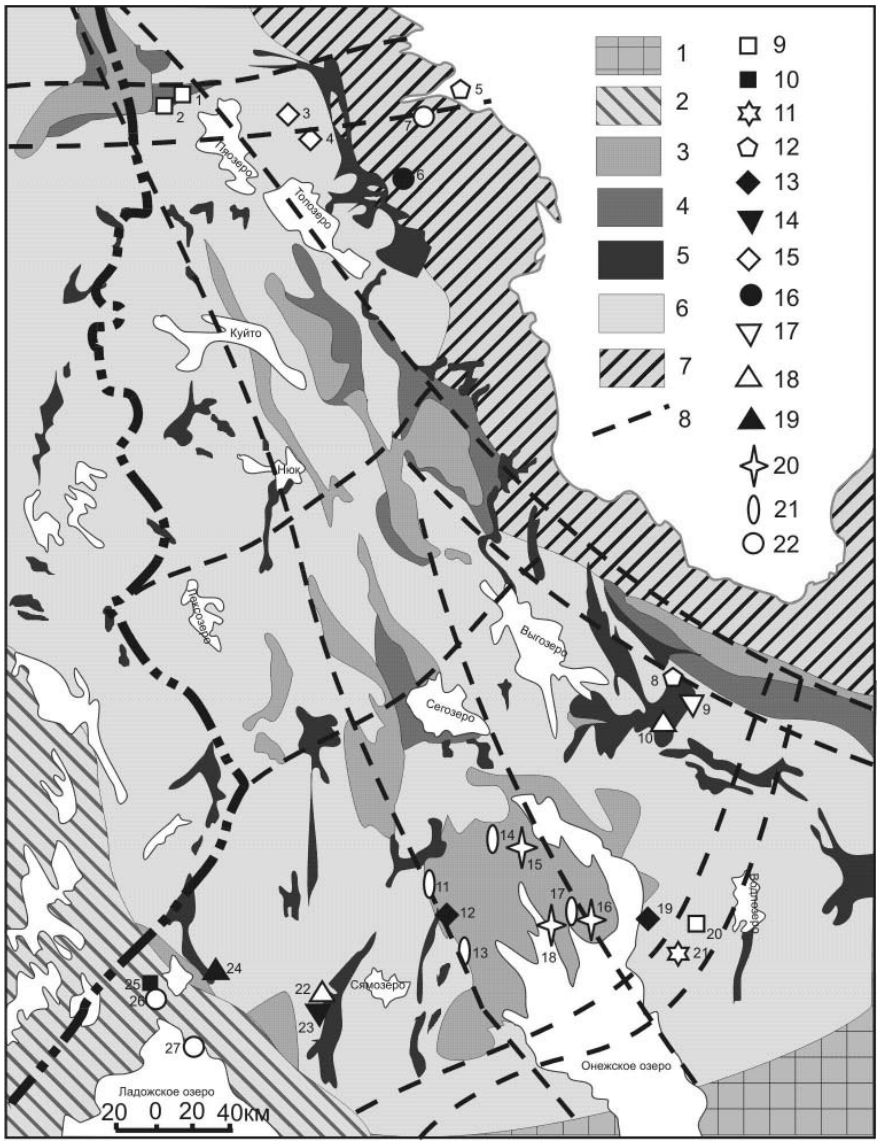


Рис. 1. Схема размещения платинометалльных рудных объектов на территории Карелии; с использованием данных: [Савицкий и др., 1990; Ганин и др., 1995; Трофимов и др., 2002]:

1 – платформенный чехол; 2 – Свекофеннский складчатый пояс; 3–6 – Карельская гранит-зеленокаменная область: 3 – ятулий, людиковий, калевий, вепсий нерасчлененные, 4 – сумий и сариолий нерасчлененные, 5 – лопий, 6 – комплекс основания; 7 – Беломорский мобильный пояс; 8 – тектонические контуры и главные разломы Онежско-Лапландской палеопротерозойской рифтогенной системы; 9–22 – рудно-формационные типы платинометалльных месторождений и проявлений (9–16 – собственно-магматическая группа; 17–19 – постмагматическая группа; 20–22 – полигенная группа): 9, 10 – платино-палладиевый (9 – мафит-ультрамафитовый в расслоенных комплексах, 10 – диорит-габбровый); 11 – платино-палладиевый с Ru-Os мафит-ультрамафитовый в расслоенных комплексах; 12–14 – платино-палладиевый с Au: 12 – ультрамафитовый, 13 – трапповый толеит-базальтовый, 14 – габбро-пироксенитовый; 15, 16 – палладиево-платиновый с Au: 15 – щелочно-ультраосновной, 16 – мафит-ультрамафитовый; 17 – платино-палладиевый с Ir, Ru мафит-ультрамафитовый; 18 – платино-палладиевый с Au коматиит-базальтовый; 19 – полисульфидный с Au, Pt и Pd диорит-гранодиорит-гранитовый; 20 – Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au альбит-карбонатных метасоматитов зон СРД в углеродистых сланцах; 21 – платино-палладиевый с Ir, Au сульфидно-углеродистых сланцев; 22 – Cu-Ni-Au-палладиевый в апомафитовых метасоматитах; 1–27 – платинометалльные рудопроявления: 1 – Луккулайсваара, 2 – Киваккa, 3 – Тикшозеро, 4 – Елетьозеро, 5 – о-ва Илейка, 6 – Травяная Губа, 7 – Климовское, 8 – Вожминское, 9 – Лебяжинское, Светлоозерское, 10 – Золотопорожское, 11 – Черное, 12 – Койкарско-Святнаволокское, 13 – Красный ручей, 14 – В. Пигмозеро, 15 – В. Космозеро, 16 – Падма, 17 – Пургинское, 18 – Космозеро, 19 – Пудожгорское, 20, 21 – Бураковский массив, 22 – Хаутаваарское пироксенитовое, 23 – Хаутаваарское коматиитовое, 24 – Хатунойское, 25 – Кааламское, 26 – Сури-суо, 27 – Велимякское

и проявлений, а также крайне слабо изученных рудопроявлений и пунктов благороднометалльной минерализации, большинство из которых являются, по-видимому, полигенно-полихронными. Их первичное происхождение, так же как и прогнозно-металлогеническая оценка, вследствие проявления ремобилизующих, реювенирующих и других процессов (часто многократных) трудно поддаются реконструкции и определению. Условно они подразделяются на три группы рудопроявлений с преимущественно комплексной рудной нагрузкой (МПГ, Au, Ag ± U), отличия которых, вероятно, обусловлены разной изначальной формационно-генетической принадлежностью. Одна группа пространственно ассоциируется с колчеданным оруденением и черными сланцами, являясь, вероятно, первично вулканогенно-осадочной (вулканогенно-гидротермальной?) по генезису, но впоследствии испытавшей метаморфо-метасоматические и гидротермально-метасоматические преобразования различной природы и возраста (региональный метаморфизм и воздействие гранитоидов в архее, тектоно-метасоматическая проработка в протерозое и др.). Другая (климовский тип) – представляется как сильно переработанные (метаморфизм, метасоматоз, тектоническая дезинтеграция и др.) офиолитовые магматические комплексы и рудоносные мафит-ультрамафитовые интрузивы, включая и расслоенные (?), единичные находки которых выявлены и продатированы в последние годы [Пожиленко, 2009]. Третья – относится к хорошо известному на других докембрийских щитах (Камбалда, Унгава), но слабо проявленному на Фенноскандинавском МПГ-содержащему медно-никелевому типу оруденения в коматиитах.

Полигенные платинометалльные концентрации, пространственно ассоциирующиеся с колчеданным оруденением и черными сланцами, по уровню содержаний (ΣМПГ < 1 г/т) в большинстве своем относятся к пунктам минерализации или геохимическим аномалиям [Леонтьев и др., 2003]. Они известны практически во всех архейских зеленокаменных поясах Фенноскандии [Гавриленко, 2003] и систематизированы для Карельского региона в соответствующем кадастре [Трофимов и др., 2002].

Рудопроявление Черное [Поликарпов, 1991] расположено в Ведлозерско-Сегозерском зеленокаменном поясе (рис. 1) в графитсодержащих биотитовых, биотит-амфиболовых и кварц-серицитовых сланцах. Оно приурочено к субмеридиональной зоне рассланцевания и милонитизации мощностью 5–10 м, разделяющей лопийские и ятулийские отложения. Максимальные содержания благородных металлов на рудопроявлении составляют (г/т): Pt – 1,34, Pd – 1,23, Au – 2,45, Ag – 20. В рудах также установлены высокие концентрации U (до 2,5 %) и повышенные – Pb (0,04 %).

В сходной обстановке в этом же зеленокаменном поясе находится *пункт минерализации «скв. 61»*, приуроченный к северо-западной зоне рассланцевания и брекчирования мощностью до 3 м и протяженностью 1,1 км, контролируемой серией взбросов и взбросо-надвигов аналогичного простирания. Сульфидное оруденение с содержаниями, г/т: Pt – до 0,58, Pd – 0,005, Au – 0,008 отмечается в локальных зонках березитизации, окварцевания и карбонатизации [Афанасьева и др., 1997].

Рудопроявление Вичка расположено в западном обрамлении Онежской впадины в углеродистых кварц-биотитовых и амфиболовых сланцах семчереченской свиты верхнего лопия в субмеридиональной тектонической зоне их контакта с ятулийскими метатерригенными образованиями. Кварц-сульфидные жилы и прожилки согласного с зонами рассланцевания линейного штокверка содержат (г/т), по данным А. М. Ахмедова, – Au – до 17,3, Pt – до 0,3, Pd – до 0,7.

Рудопроявление Кивач приурочено к крутопадающим швам катаклазитов мощностью 0,5–6,0 м в верхней части разреза лопийских углеродсодержащих толщ пестрого состава Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Благороднометалльная минерализация тяготеет к участкам развития жильных метасоматитов березит-лиственитового ряда. Максимальные содержания полезных компонентов на рудопроявлении достигают, г/т: Au – 3,5–5,4 на мощность 0,3–1,5 м, 11,2 – в штуфной пробе, Pt – 1,8, Pd – 2,6, Ag – 70 [Савицкий и др., 1990].

Рудопроявления золота и МПГ в Беломорском подвижном поясе, относящиеся, вероятно, также к рассматриваемому типу благороднометалльного оруденения, но испытавшие интенсивные преобразования свекофеннского времени, известны на побережье Белого моря с начала XX в. [Гинсбург, 1921], а позднее были выявлены и в других его частях [Ахмедов и др., 2001а; Ручьев, 2002 и др.].

На Кольском полуострове незначительные и малоисследованные платинометалльные концентрации, пространственно ассоциирующиеся с колчеданным оруденением и черносланцевыми толщами архейского возраста, известны в Южно-Варзугской, Вешьяурской и Нотозерской зонах – рудопроявления Ворговый, Фомкин ручей, Горелый бор и др. [Гавриленко, 2003].

Полигенно-полихронное оруденение в сильно переработанных (метаморфизм, метасоматоз, тектоническая дезинтеграция и

др.) офиолитовых комплексах или мафит-ультрамафитовых интрузивах, включая и расслоенные (климовский тип), к настоящему времени установлено только в пределах Беломорского мобильного пояса (рис. 1).

Наиболее известные и крупные рудопроявления данного типа рассматриваются в составе Климовского рудного узла [Петров и др., 2007; Шевченко и др., 2009], характеризующегося широким распространением горизонтов апоультрамафитовых метасоматитов с комплексным золото- и МПГ-содержащим оруденением с суммарными прогнозными ресурсами категории P1 + P2: Au – 36,4 т, Pt – 19,5 т, Pd – 27,9 т, Cu – 316 тыс. т, Ni – 340 тыс. т.

МПГ- и золотосодержащий сульфидный медно-никелевый коматиитовый тип оруденения по состоянию изученности известен в зеленокаменных поясах Финляндии и Карелии. Представлен он мелкими, не имеющими промышленного значения рудопроявлениями. В Карелии это Золотопорожское, Лещевское, Западно-Рыбозерское и самое крупное из них Хаутаваарское (P2 – 1 т, Pt – 0,21–2,0, Pd – 1,65–6,0 г/т, Cu и Ni < 0,5 %) [Трофимов и др., 2002; Минерально-сырьевая..., 2005].

В Финляндии мелкие МПГ-Ni рудопроявления в коматиитах и коматиит-базальтах выявлены в архейских зеленокаменных поясах ее восточной части (Ваара, Хиетахарью, Пеура-Ахо и Кауниинлампи). Наиболее крупным из них является Пеура-Ахо в архейском зеленокаменном поясе Суомуссалми. МПГ-содержащее сульфидное Cu-Ni оруденение приурочено к линзе (100×300 м) массивных коматиитовых метабазальтов серпентин-хлорит-тремолитового состава. В наилучших пересечениях по результатам бурения содержания ΣМПГ + Au составляют 3,5 г/т на мощность 5 м и Ni – 0,95–2,22 % на мощность 5–12,7 м, Pd/Pt = 2,5 [Iljina, 2009].

Протерозой

Работами многих исследователей [Митрофанов и др., 1994; Трофимов и др., 2002; Минерально-сырьевая..., 2005; Турченко и др., 2007; Alapieti, 2008 и др.] показано, что наиболее экономически значимые платинометалльные месторождения на Фенноскандинавском щите, так же как и в других докембрийских регионах, тяготеют к проторифтогенным структурам раннепротерозойского возраста. Согласно С. И. Турченко [2007], Ф. П. Митрофанову с соавторами [Митрофанов и др., 1994; Митрофанов, 2009], для платиноносных расслоенных интрузий Карело-Кольского региона и Финляндии возможен единый мантийный источник (субконтинентальная мантия, обогащенная LREE, с εNd от –2,4 до –1,1), связанный с длительно эволюционировавшим мантийным суперплюмом, рассматриваемым Д. А. Додиным и др. [2000] как гипотетический Балтийский плутон, сравнимый по масштабам с Бушвельдским в Южной Африке.

В расслоенных комплексах Фенноскандинавского щита (рис. 2) выделяются шесть типов платинометалльного оруденения [Alapieti, 2008]: 1) массивных и вкрапленных сульфидных руд (Cu, Ni) краевых серий плутонов (Penikat, Koillismaa Complex, Konttijrvi, Мончеплутон); 2) наложенный МПГ и Au-содержащий (Portimo Complex, Вуручуайвенч в Мончеплутоне); 3) платиноносный сульфидсодержащих рифов расслоенных серий – тип рифа Меренского (Penikat, Kemi, Федорово-Панский, Бураковка); 4) платиноносный малосульфидных рифов расслоенных серий (Penikat, Portimo Complex, Мончеплутон, Бураковка); 5) платиноносный сульфидно-вкрапленный в микрогаббронoритах расслоенных серий (Porttivaara, Lukkulaisvaara); 6) обогащенный МПГ и Au верхних хромититовых горизонтов (Koitelainen, Akanvaara). Вероятно, целесообразно выделение еще одного типа платинометалльного оруденения – в пегматоидных фациях расслоенной серии плутонов, отмечающегося в Олангской группе в Карелии и в некоторых расслоенных массивах Финляндии [Alapieti, 2008].

Карельский регион

На территории Карелии за последние годы выявлен ряд месторождений и проявлений МПГ, что позволило обосновать ее в качестве нового перспективного платиноносного региона Карело-Кольской благороднометалльной металлогенической провинции России [Металлогения Карелии, 1999; Голубев и др., 2004; Голубев, Иващенко, 2011], характеризующегося значительным типовым разнообразием платинометалльного оруденения. В кадастре месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации элементов платиновой группы Республики Карелия зарегистрировано около 160 соответствующих рудных объектов, из которых 5 соответствуют рангу комплексных месторождений [Трофимов и др., 2002].

Наиболее перспективными типами МПГ оруденения Карельского региона являются: магматические – малосульфидный Pt-Pd в расслоенных плутонах (Бураковский, Олангская группа) и Pt-Pd с золотом в габбродолеритах (Пудожгорская и Койкарско-Святнаволокская интрузии) и полигенный Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au и ^{187}Os (падминский подтип) в альбит-карбонатных метасоматитах углеродисто-сланцевых толщ зон складчато-разрывных

дислокаций (СРД) и смятия (Падма, Весеннее, Царевское, Космозеро и др.) (рис. 1).

В *Бураковском плутоне* оруденение малосульфидного платинометалльного типа связано с сульфидсодержащими (1–3 %) горизонтами верхней части клинопироксенитовой зоны и полосчатым уровнем габброноритовой зоны [Ганин и др., 1995; Трофимов и др., 2004]. Минералы МПГ представлены теллуридами и висмутидами платины и палладия, а также Pd-Pt-мелонитом, туламинитом, куперитом, сперрилитом, Pd-кобальтином, сульфидами Os, Ir, Rh, изоферроплатиной и аваруитом. Содержание МПГ в микрорасслоенных горизонтах достигает 3 г/т в клинопироксенитовой зоне и до 6 г/т в полосчатой подзоне при постоянном преобладании Pd над Pt. Среднее содержание МПГ – 0,42 г/т, Au – 0,49. Между содержаниями платиноидов и сульфидов отмечается прямая корреляционная зависимость. Повышенные содержания благородных металлов отмечаются и в хромовых рудах, слагающих главный хромитовый горизонт, протягивающийся более чем на 25 км [Крупнейшее..., 2009]. Прогнозные ресурсы благородных металлов в Бураковском плутоне, по данным ОАО «Норит», составляют ~600 т, по другим оценкам [Логинов и др., 2007] – ~2000 т.

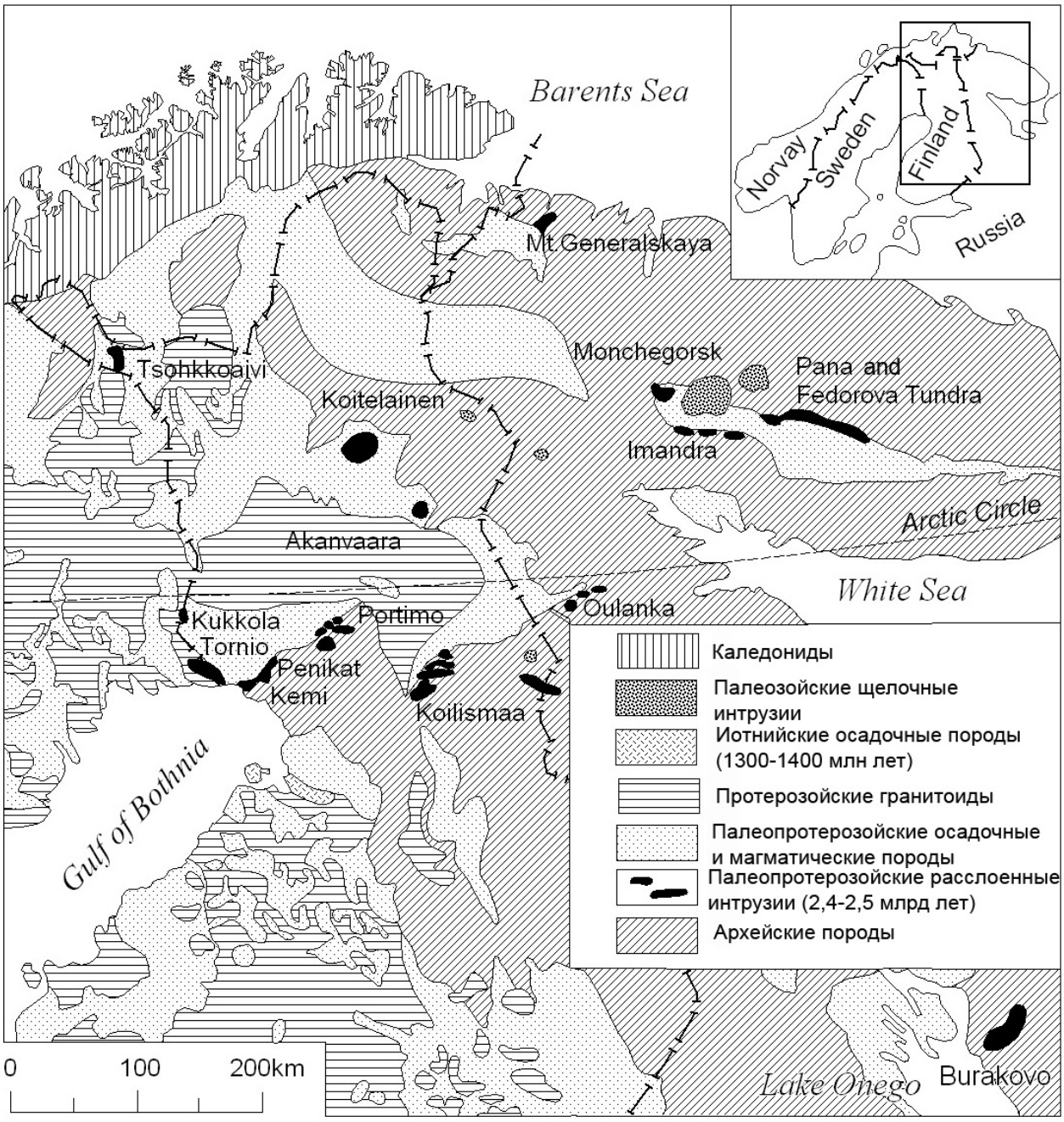


Рис. 2. Схема расположения протерозойских расслоенных интрузивных комплексов на территории Финляндии и России (Карело-Кольский регион) (по GSF Финляндии)

В *расслоенных интрузивах Олангской группы* (рис. 2) платинометалльное оруденение приурочено к норитовой серии дифференциатов.

В массиве Луккулайсваара выявлено семь рудных зон мощностью 12–150 м и протяженностью до 5 км, содержащих бедную сульфидную вкрапленность (1–2 %) с МПГ [Клюнин и др., 1994 и др.]. Платиноидное оруденение ассоциируется с медно-никелевой минерализацией (пентландит-пирротин-халькопирит) в средней и нижней частях норитовой серии и в микрогабброноритах верхней части. Содержание МПГ достигает 1,5–2 и 20 г/т соответственно. Наиболее широкий спектр сульфидов и минералов МПГ отмечается в пегматоидных разновидностях микрогаббронноритов.

В массиве Киваккa продуктивна на МПГ зона ритмично расслоенных норитов с вкрапленностью (до 1%) сульфидов (халькопирит, пентландит, пирротин, виоларит, пирит, сфалерит, борнит, халькозин, галенит). Аномальное содержание МПГ приурочено к трем уровням. Первый связан с оливинсодержащими пироксенитами нижней части разреза зоны, второй – с горизонтом пироксенитов в ее средней части; третий – с прослоем меланократовых норитов в ассоциации с лейкократовыми норитами ее верхней части. Мощность этих горизонтов – 1–30 м. Наиболее перспективен из них первый, представленный пачкой переслаивания оливиновых норитов и пироксенитов и анортозитов. Содержание ΣМПГ не превышает 4,6 г/т (Pt/Pd – от 0 : 3 до 2 : 1). Минералы МПГ и золота (меренскит, мончеит, котульскит, сперрилит, сам. золото, серебро) образуют микровключения в сульфидах.

Общие прогнозные ресурсы благородных металлов по Олангской группе проявлений составляют ($P_1 + P_2$) – ~200 т, в том числе золота – ~20 т [Голубев и др., 2010].

Платино-палладиевый титаномагнетитовый с золотом и ванадием тип оруденения связан с Fe-Ti-V месторождениями Пудожгорской и Койкарско-Святнаволокской пластовых интрузий габбродолеритов (1983,4 ± 6,5 млн лет), расположенных в краевых частях Онежской структуры [Трофимов, Голубев, 2008] (рис. 1). Благороднометалльное оруденение представлено теллуридами Pt и Pd – котульскитом, меренскитом, сопчеитом, кейконнитом, сперрилитом, золотом самородным и электрумом, ассоциирующимися с сульфидами (халькопирит + борнит) в титаномагнетитовых рудах, слагающих псевдостратифицированный горизонт мощностью ~20 м между габбровой (нижней) и диоритовой (верхней) зонами интрузий. Содержания ΣAu, МПГ достигают 1,0–2,0 г/т при среднем ~928 мг/т для Пудожгорского и ~1,0 г/т для Койкарско-Святнаволокского месторождений. В титаномагнетитовом горизонте имеются слои мощностью 5–7 м, обогащенные МПГ со средним содержанием 1,5–2 г/т. В Пудожгорском месторождении это нижняя часть рудного горизонта, а в Койкарско-Святнаволокском – верхняя. Суммарные ресурсы (т) и средние содержания (г/т) БЭ для Пудожгорского интрузива соответственно составляют: Пудожгорское месторождение (P_1 = 293,9, Pt – 17, Pd – 0,43, Au – 0,32, ΣБЭ – 0,93); Тубозерское проявление (P_1 = 264,4, Pt – 0,09, Pd – 0,22, Au – 0,09, ΣБЭ – 0,40); для Койкарско-Святнаволокского (P_1 = 343,6, Pt – 0,31, Pd – 0,41, Au – 0,37, ΣБЭ – 1,09) и в целом для Пудожгорского комплекса – P_1 – 901,1 [Голубев и др., 2010].

Полигенный Cu-U-Mo-V-платино-палладиевый с золотом тип в альбит-карбонатных метасоматитах зон СРД в черносланцевых толщах развит в Онежской структуре [Савицкий и др., 1990, 1999 и др.; Билибина и др., 1991 и др.] (рис. 1). Зоны СРД представляют собой серию узких (2–5 км) антиклинальных структур протяженностью в десятки км, ориентированных параллельно главной оси рифта. Установлено шесть зон СРД в восточной части Онежского прогиба и предположительно, по геолого-геофизическим данным, еще пять – в западной. Комплексное МПГ-содержащее оруденение локализовано в шунгитсодержащих сланцах и алевролитах нижней подсвиты заонежской свиты, на крутопадающих и опрокинутых крыльях и в сводовых частях осевых (падминская, царевская) и фланговых (саврозерская) антиклиналей. Продуктивные зоны месторождений представлены околорудно измененными породами, развитыми вдоль продольных субгоризонтальных участков объемного дробления (катаклаз, брекчирование, трещиноватость) алевролитов и сланцев заонежской свиты. В среднем содержания МПГ составляют не более 0,2–0,3 г/т (Pt/Pd – 10/1), но на отдельных участках мощностью до 1,5–2,5 м выявлены ураганные концентрации (в г/т): Pt – 56, Pd – 140, Rh – 1, Au – 126 [Савицкий и др., 1990, 1999]. Минеральные формы платиноидов представлены висмутидами, селенидами, селеносульфидами Pd и Pt, среди которых выявлены новые минералы: падмаит – PdBiSe и судовикит –

PtSe [Гурская, 2000]. Прогнозные ресурсы МПГ и золота в черносланцевых толщах Онежской структуры по разным оценкам [Савицкий и др., 1999; Трофимов и др., 2002 и др.] ввиду недостаточной изученности сильно варьируют – 100–1100 т.

Кольский полуостров

На Кольском полуострове известно около 10 экономически значимых платинометалльных рудных объектов в расслоенных магматических комплексах (Федорово-Панском, Мончегорском, г. Генеральской, Имандровском и др.), несколько МПГ-содержащих сульфидных медно-никелевых – в толеитовых интрузиях Печенги, единичные проявления в дифференциатах перидотит-габброноритовой формации (Ковдозерское) и обширное число пунктов благороднометалльной минерализации в метакоматиитах и углеродсодержащих сланцах [Митрофанов и др., 1994; Гавриленко, 2003 и др.] (рис. 2). Наиболее крупными из них с утвержденными запасами ΣМПГ n100 т являются месторождения Федорово-Панского и Мончегорского расслоенных массивов (~2,5 млрд лет) [Корчагин и др., 2009; Митрофанов, 2009].

В *Федорово-Панском массиве* малосульфидное платинометалльное оруденение представлено двумя типами [Корчагин и др., 2009; Митрофанов, 2009]. Мощные рудные залежи (в среднем 40 м) в приподошвенной части массива со средними содержаниями Σ Pt, Pd, Rh, Au 2–3 г/т и Pd/Pt ~ 4,5 сопоставимы с Платрифом (Южная Африка), месторождениями Лак-дез-Иль (Канада) и Контиярви и Ахмаваара (Финляндия). Другой тип в маломощных (до 3 м) пологопадающих (L30–35°) рифах со средним содержанием ΣPt, Pd, Rh, Au > 3–4 г/т и Pd/Pt > 8 сходен с рифом Меренского, J-M рифом Стиллуотера, SK рифом месторождения Наркус в Финляндии. Балансовые запасы платиноидов на месторождении Федорова Тундра составляют 348 т с содержанием МПГ 1,37 г/т [О состоянии..., 2010].

Благороднометалльное оруденение в *Мончегорском плутоне* известно с прошлого века и совместно с Te и Se извлекалось попутно при добыче Cu-Ni-Co руд [Медно-никелевые..., 1985]. В настоящее время перспективное платинометалльное оруденение в плутоне известно в бедных Cu-Ni рудах месторождений Вуручуайвенч и Пласт-330 и в хромитовых рудах Сопчезерского месторождения [Гавриленко, 2003], подготовленного к комплексной разработке.

В сульфидных рудах с содержаниями Ni и Cu, не превышающими долей процента, концентрация МПГ составляет 0,1–0,6 г/т, повышаясь до 1 г/т и более при увеличении содержаний цветных металлов свыше 1 % (месторождение Пласт-330). Исключением является краевая зона плутона, где происходит гидротермально-метасоматическое концентрирование МПГ с образованием рифов малосульфидных платинометалльных руд (месторождение Вуручуайвенч) с содержаниями Ni и Cu 0,1–0,3 % и МПГ до 2–20 г/т [Иванченко, Давыдов, 2009].

Среднее содержание ΣМПГ в хромовых рудах Сопчезерского месторождения составляет, г/т: 0,7–0,8, Au – 0,03–0,05, Ag – до 4,8 [Гавриленко, 2003] с высокой долевой компонентой (~40 %) Rh и Ru в балансе МПГ [Чащин и др., 1999], характерной для всех хромитовых рудных объектов Кольского региона [Гавриленко, 2003]. Запасы МПГ на Сопче оцениваются в количестве 3–5 т [Гавриленко и др., 1999], а в целом для Мончегорского плутона – 93,4 т с прогнозными ресурсами категорий P1 + P2 472 т [О состоянии..., 2010].

МПГ-содержащие сульфидные медно-никелевые месторождения Печенгского рудного поля представлены преимущественно вкрапленными и прожилково-вкрапленными рудами в плагиолерцолитах нижних частей массива. МПГ, золото и серебро попутно извлекались из руд с момента открытия месторождений финскими геологами в 40-е годы прошлого столетия [Медно-никелевые..., 1999 и др.]. Содержание ΣМПГ в сульфидной фазе печенгских руд обычно составляет 1–3 г/т (Pd>>Pt), достигая 7,5 г/т в карбонатно-сульфидных шлирах и «медистых» разновидностях руд Аллареченского месторождения [Гавриленко, 2003].

Территория Финляндии

В настоящее время на территории Финляндии известно 34 платинометалльных рудных объекта (рис. 3) преимущественно протерозойского возраста, по 24 из которых подсчитаны запасы и в ряде случаев заложены тестовые рудники [Iljina, 2009]. Платинометалльное оруденение в них относится к следующим рудно-формационным типам: в расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивах (возраст 2,4–2,45 млрд лет); МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в ультрамафитовых интрузиях типа Кейвитса (возраст 1,90–2,05 млрд лет); МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в офиолитовых комплексах (Оутокумпу).

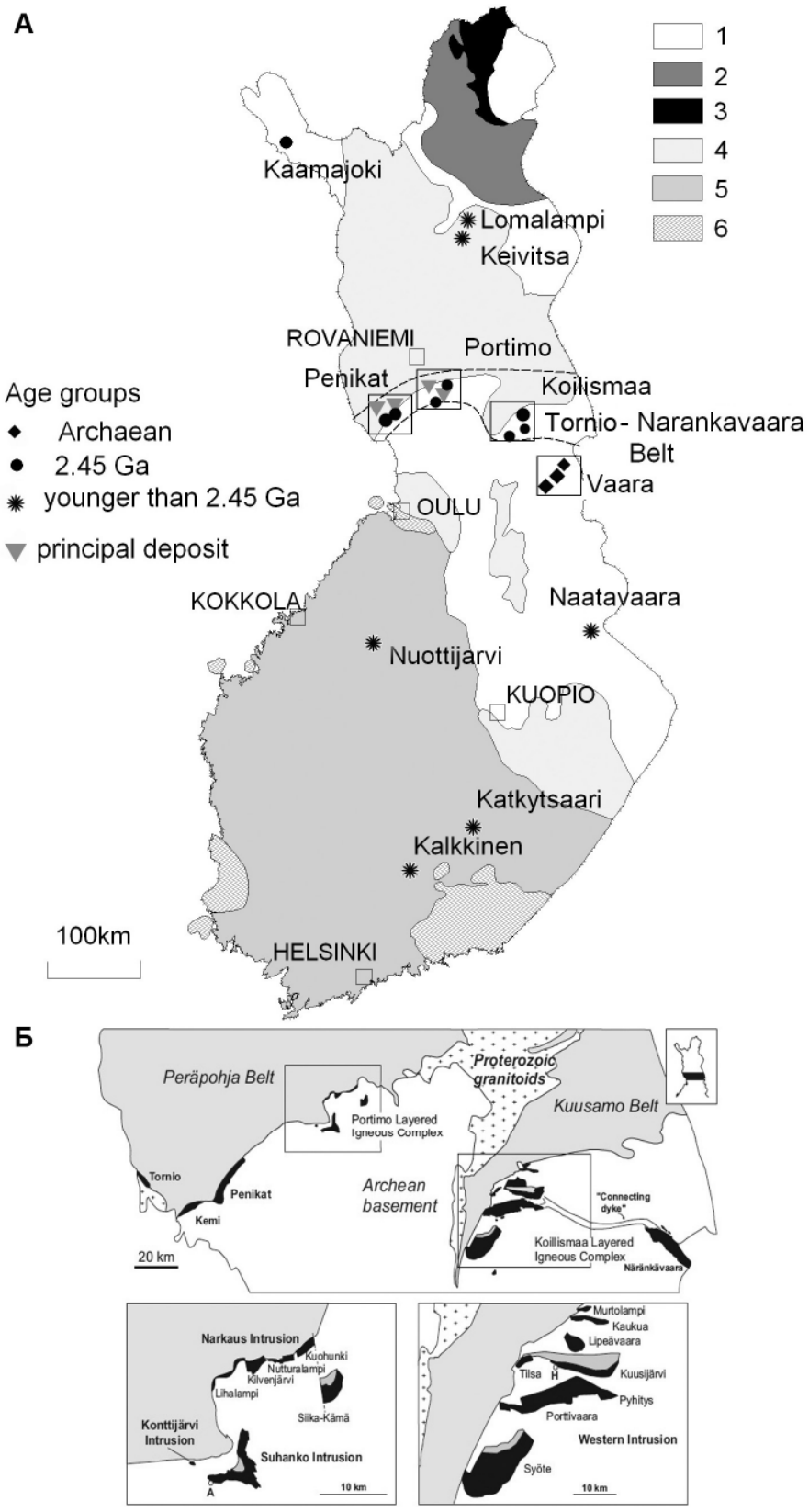


Рис. 3. (А) Схема размещения платинометалльных месторождений Финляндии [Iljina, 2009]

1 – архейский домен; 2 – Лапландский гранулитовый пояс; 3 – Инари комплекс; 4 – Карельский домен; 5 – Свекофеннский домен; 6 – граниты рапакиви;

(Б) Геологическое положение и морфология расслоенных интрузивов пояса Торнио-Нярянкяваара

Платинометалльное оруденение в расслоенных интрузивах Финляндии представлено характерными для классических расслоенных комплексов типами: платиноносными малосульфидными рифами расслоенных серий, обогащенными МПГ сульфидными скоплениями в нижних частях интрузий и в краевых сериях (контактовый тип), «оффсетные» (наложенные) МПГ-содержащие сульфидные концентрации.

Наиболее крупные и перспективные платинометалльные месторождения находятся на севере страны в расслоенных интрузиях субширотного палеорифтового пояса Торнио-Нярянкяваара длиной 300 км (рис. 3), прослеживающегося на территорию Карелии (Олангская группа расслоенных интрузий) (рис. 2).

В интрузиях Наркаус и Пеникат установлены три потенциально крупных платинометалльных месторождения рифового типа со средним содержанием ΣМПГ и Au до 4–9 г/т (табл. 1). Рифы Паасиваара, Компуярви и Сиика-Кямя были первыми МПГ-содержащими рифами из обнаруженных в начале 1980-х гг. за пределами Южной Африки и шт. Монтана (США). Позднее были открыты рифы Ала-Пеникка в интрузии Пеникат и Рютикангас в интрузии Суханко [Iljina, 2009]. По соотношению средних содержаний МПГ в рудах и их запасами в этих интрузивах (рис. 4) наиболее экономически перспективными представляются большеобъемные месторождения с невысокими (<2 г/т) содержаниями суммы платиноидов и золота.

Таблица 1. Запасы и содержания рудных элементов в крупнейших благороднометалльных месторождениях Финляндии [Iljina, 2009]

Месторождение	Содержание рудных элементов в руде/запасы, т						Запасы руды в млн т
	Pt, г/т	Pd, г/т	Rh, г/т	Au, г/т	Cu, мас. %	Ni, мас. %	
Рифовый тип							
Siika-Kama	0,72/31	2,70/116	–	0,11/5	0,21/90	0,08/34	43,1
Sompujarvi	3,08/21	5,36/36	0,38/3	0,10/1	–	–	6,7
Paasivaara	4,04/20	2,58/13	0,08/0,4	0,61/3	0,28/14		5,0
Контактовый тип							
Ahmavaara	0,17/32	0,82/154	–	0,10/19	0,17/319	0,07/131	187,8
Konttijarvi	0,27/20	0,95/71	–	0,07/5	0,10/75	0,05/38	75,2
Keivitsa	0,28/40	0,18/25	–	0,12/17	0,42/592	0,30/423	141,0
Всего запасов	164 т	415 т	3,4 т	50 т	1090 тыс. т	626 тыс. т	458,8

Примечание. Keivitsa – неклассифицированный тип. Запасы для Ni и Cu – в тыс. т.

В *интрузии Пеникат*, находящейся северо-восточнее хромитового месторождения Кеми [Halkoaho, 1991], установлено два маломощных (~1 м), но достаточно протяженных (15–23 км) и обогащенных ЭПГ (5–10 г/т) рифа – Компуярви и Паасиваара, разрабатывающихся тестовыми рудниками.

Благороднометалльное оруденение комплекса Портимо представлено двумя типами – контактовым массивных и вкрапленных сульфидных руд (Cu, Ni) краевой серии и малосульфидным рифовым расслоенных серий [Alapieti, 2008]. Наиболее значительные платинометалльные концентрации связаны с неравномерной сульфидной вкрапленностью (пирротин, халькопирит, пентландит) в перидотитовом горизонте мощностью 10–30 м краевой серии интрузий Ахмаваара, Суханко, Вааралампи и др. Средние содержания МПГ в рудном горизонте составляют ~2 г/т, максимальные – 50 г/т (Контиярви, Ахмаваара). Проведенными с 2000 г. компаниями «Gold Filds Limited» и «Outokumpu Oy» геологоразведочными работами, сопровождавшимися тестовой добычей руды, подсчитаны запасы для бортового содержания 0,5 г/т (ΣМПГ, Au) на месторождениях Конттиярви и Ахмаваара, равные 175,05 т (табл. 1), и ресурсы МПГ и Au в количестве 119,2 т на уч. Нуттуралампи, Куохунки и Сиика-Каме. Позднее [Iljina, 2009] запасы МПГ и Au в расслоенном комплексе Портимо были наращены до 447,8 т.

Расслоенные интрузии комплекса Койллисмаа во многом, включая и платинометалльное оруденение, сходны с таковыми комплексов Пеникат и Портимо. Наиболее минерализована краевая зона Западной интрузии комплекса Койллисмаа, прослеживающаяся по всему ее простиранию (~100 км). Содержания ЭПГ и цветных металлов в ней сильно варьируют. Вследствие этого одни рудные объекты более обогащены цветными металлами (Лавотта, Куусиярви, Русамо), другие же представляются исключительно благороднометалльными (Каукуа, Муртолампи) [Iljina, 2009].

Типичными представителями «оффсетного» (наложенного) типа благороднометалльного оруденения, пространственно ассоциирующегося с расслоенными магматическими комплексами, являются Cu-Pd рудопроявления

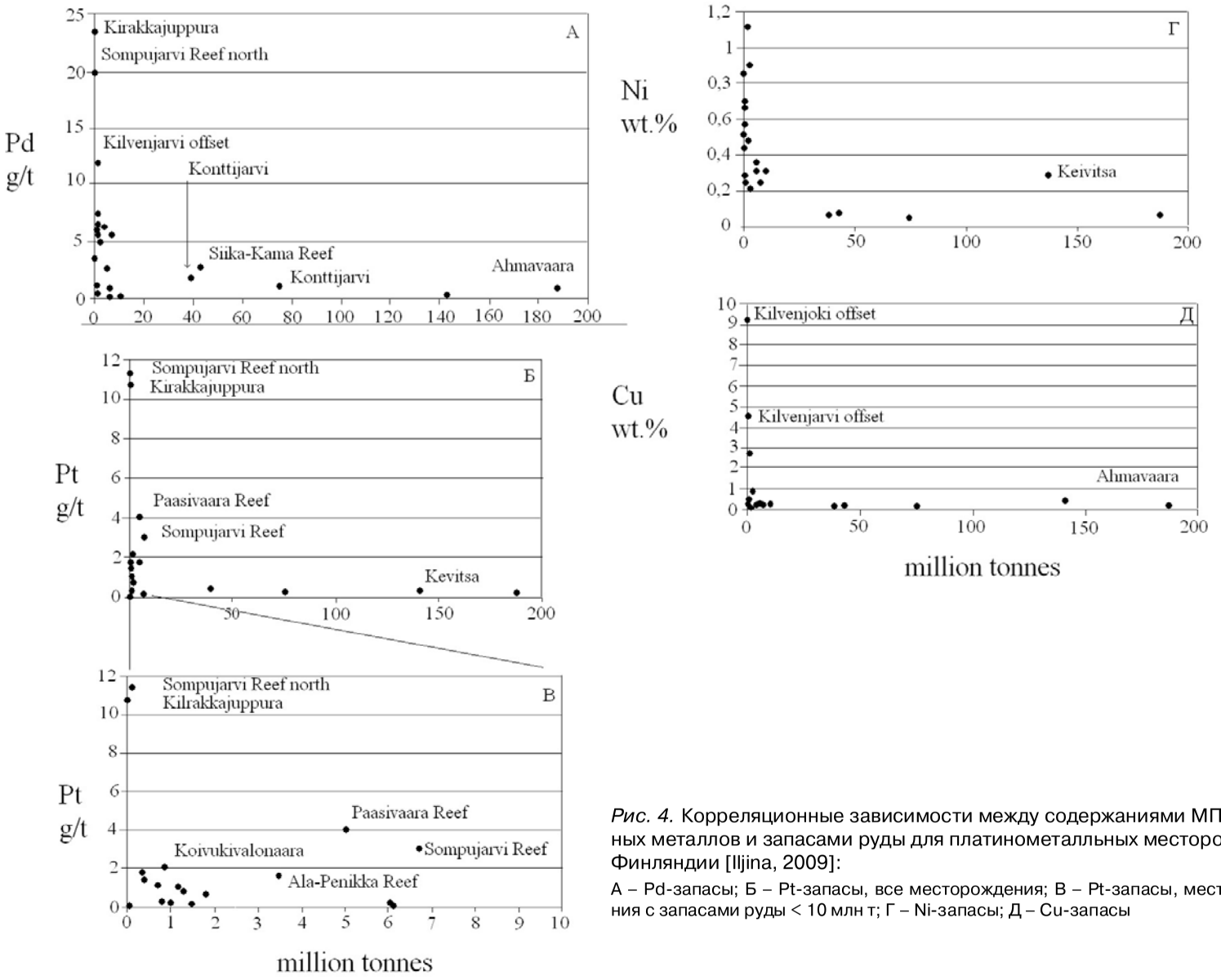


Рис. 4. Корреляционные зависимости между содержаниями МПГ, цветных металлов и запасами руды для платинометалльных месторождений Финляндии [Iljina, 2009]:

А – Pd-запасы; Б – Pt-запасы, все месторождения; В – Pt-запасы, месторождения с запасами руды < 10 млн т; Г – Ni-запасы; Д – Cu-запасы

(Кильвенярви и Кильвенйоки), установленные ниже подошвы интрузии Наркаус комплекса Портимо. Они представлены халькопиритовыми жилами с содержаниями ΣМПГ + Au до 100 г/т и бедными сульфидными вкрапленными рудами [Iljina, 2009].

МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в ультрамафитовых интрузиях (возраст 1,90–2,05 млрд лет) тип платинометаллльного оруденения представлен месторождениями в интрузиях Кейвитса и Нуоттиярви (рис. 3), открытых в середине 1980-х гг. Это типичные большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, повышающимися в отдельных рудных столбах (Ni – 1,01%, Cu – 0,21%, ЭПГ – 2,4 г/т). Ресурсы месторождения Кейвитса до глубины 300 м оценены канадской компанией Scandinavian Minerals Ltd на начало 2006 г. в размере (при бортовом содержании никеля 0,2 %) 86 млн т руды, содержащей в среднем 0,31 % Ni, 0,44 % Cu, 0,01 % Co, 0,15 г/т Au, 0,21 г/т Pd и 0,32 г/т Pt (или 266,6 тыс. т Ni, 378,4 тыс. т Cu, 8,6 тыс. т Co, 12,9 т Au, 18,1 т Pd и 27,5 т Pt). До глубины 1000 м ресурсы подсчитаны для бортового содержания никеля – 0,1 % и 0,2 %. По первому варианту ресурсы составили 831 млн т руды с 0,22 % Ni (1828,2 тыс. т Ni), 0,31 % Cu (2576,1 тыс. т Cu), 0,01 % Co, 0,15 г/т Pd (83,1 т Pd) и 0,13 г/т Pt (108 т Pt); по второму – 432 млн т руды с 0,29 % Ni (1252,8 тыс. т Ni), 0,45 % Cu (1944 тыс. т Cu), 0,01 % Co (43,2 тыс. т Co), 0,1 г/т Au (43,2 т Au), 0,12 г/т Pd (51,8 т Pd) и 0,16 г/т Pt (69,1 т Pt). Ежегодно на месторождении планируется добывать открытым способом ~3,5 млн т руды с максимальной глубиной карьера 300 м.

Благороднометалльная минерализация, ассоциирующаяся с сульфидной медно-никелевой, отмечается также в некоторых свекофеннских (~1,90 млрд лет) ультрамафитовых интрузиях Южной Финляндии (Ваммала, Кюльмякоски, Калккинен, Кяткитсаари), но ее масштабы по состоянию изученности представляются крайне незначительными.

МПГ и Au-содержащее оруденение в VMS-месторождениях (Cu, Co, Ni, Zn, Ag, Au) офиолитового комплекса Оутокумпу (~1,96 млрд лет). За все время эксплуатации этих месторождений (1910–1989 гг.) было добыто 28 т золота, присутствовавшего преимущественно в самородном виде. Содержание золота в рудах составляло 0,8 г/т, серебра – 8,9 г/т. Кроме этого, в рудах, по данным В. Кнауфа, установлен целый ряд минералов МПГ (эрликманит, лаурит, ирарсит, осарсит, сперрилит, андуоит и др.), а также содержащие Os, Ir, Ru и Rh в сумме до 15 мас. % (Ru – до 1,7, Os – до 9,3, Ir – до 3,2, Rh – до 0,5) герсдорфит и Co-герсдорфит.

Территория Швеции

В Швеции собственно платинометалльных месторождений нет, но в последние десятилетия открыто большое число (~80) расслоенных интрузивов протерозойского возраста (2,44 и ~1,9 млрд лет), с которыми связаны благороднометалльные рудопроявления [Filen, 2001]. Среди них наиболее крупными (до 50–60 км^2) являются массивы Kukkola, Nottrask, Nasberg, Noting, Kljpsio, Bottenbasken и Flinten (рис. 5).

В интрузиве Kukkola (2,44 млрд лет, S – ~60 км^2), характеризующемся четким расслоенным строением, установлены 4 хромитовых горизонта мощностью 0,10–2,7 м с содержаниями (г/т) Pt – 0,6, Pd – 1,1, Au – 0,08, Cr_2O_3 – 7,0–22,8 %. В сульфидсодержащих метапироксенитах и метаперидотитах отмечаются более высокие содержания Au – 0,84 и 3,6 г/т, соответственно.

В массиве Nottrask (6×4 км), имеющем концентрически зональное центробежное строение от оливиновых габбро с ультрамафитовыми слоями к магнетитовым габбро, норитам и диоритам, содержания Pt достигают 2,74, Pd – 1,33, Au – 0,68 и Ag – 20 г/т.

В интрузиве Nasberg (9×4,5 км) – в сульфидсодержащих габбропироксенитах с кумулятивной структурой, перемежающихся с горнблендитами, содержания Pt (г/т) – до 1,2–1,3, Pd – 3,9–4,5, Au – 0,2–0,3.

Для массива Kljpsio наиболее высокие концентрации рудных компонентов (Pt – до 21 г/т, Ni – 0,63–0,85%, Cu – 0,37–1,03%) отмечаются в контактовой зоне гарцбургитов и пироксенитов расслоенной серии.

Сравнительный анализ платиноносности Карельского региона и сопредельных территорий

Рудно-формационная систематизация платинометалльного оруденения территории Карелии и сопредельных ей регионов [Иващенко, Голубев, 2011] свидетельствует о следующих главных металлогенических закономерностях размещения и формирования месторождений МПГ на Фенноскандинавском щите и соответствующих перспективах Карельского региона.

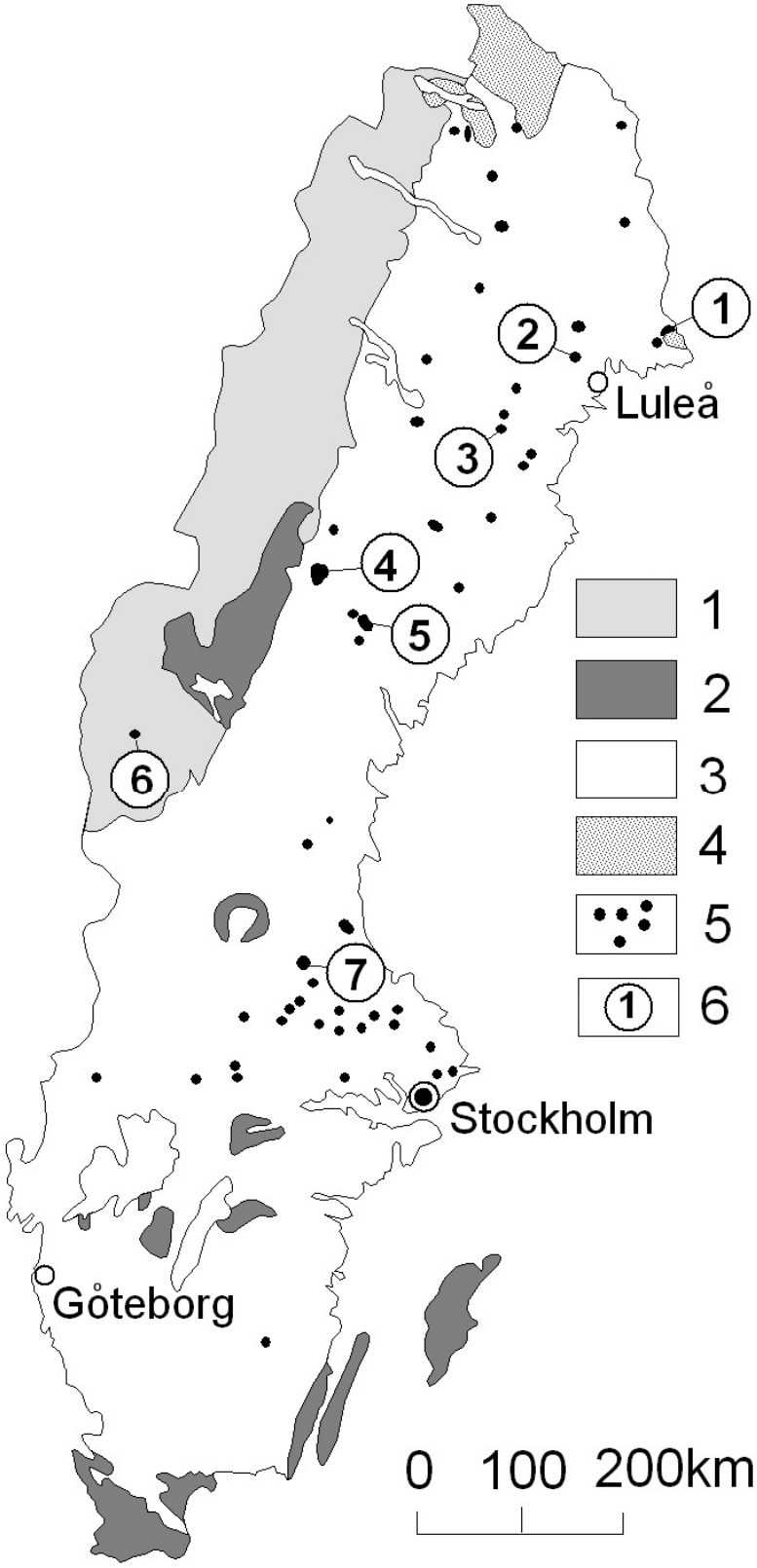


Рис. 5. Схема расположения расслоенных мафических интрузий на территории Швеции [Filen, 2001]:

1 – каледониды; 2 – фанерозойские осадочные породы; 3 – протерозойские породы; 4 – архейские породы; 5 – свекофеннские расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии; 6 – наименование интрузий: 1 – Куккола, 2 – Ноттраск, 3 – Насберг, 4 – Нотинг, 5 – Клаппсйо, 6 – Боттенбаккен, 7 – Флинтен

Архей

Из четырех генетических групп платинометаллального оруденения в архее Фенноскандинавского щита по состоянию изученности наиболее перспективным представляется климовский тип (полигенно-полихронный в метасоматитах по офиолитам и изначально рудоносным мафит-ультрамафитовым интрузиям). Другие типы МПГ-содержащего архейского оруденения крайне незначительны по масштабам и бедны по содержаниям благородных металлов. Кроме того, согласно данным геохимических, петрологических и геохронологических исследований в совокупности с результатами геодинамических реконструкций обстановок проявления коматиитового магматизма в Карело-Кольском регионе [Кожевников, Светов, 2001; Кожевников, 2007; Сорохтин и др., 2009], на Фенноскандинавском щите в целом не стоит ожидать открытий экономически значимых Cu-Ni месторождений коматиитового типа, а следовательно, и платинометалльных промышленных объектов, ассоциирующихся с ними. Для архея щита промышленно перспективным типом МПГ-оруденения остается только один – полигенно-полихронный климовский, область распространения которого связывается с субширотной зоной (Киирунаваара – Чупа) свекофеннской активизации архейских доменов, идентифицируемой проявлением галоидного метасоматоза, минералами-индикаторами которого служат турмалин и скаполит [Frietsch, 1997; Петров и др., 2007; Шевченко и др., 2009].

Благороднометалльное оруденение в архейских углеродсодержащих сланцах представлено несколькими мелкими проявлениями и пунктами минерализации, являющимися преимущественно золоторудными с попутными платиноидами. Все они по состоянию изученности не имеют промышленных перспектив. Вследствие этого лопийский уровень углеродонакопления в осадочно-вулканогенных толщах в пределах Карельского региона представляется в настоящее время малоперспективным на стратиформное платинометалльное оруденение.

Протерозой

Детальная типизация платинометалльного оруденения в расслоенных магматических комплексах щита, выполненная преимущественно на базе хорошо исследованных расслоенных интрузий Финляндии [Alapieti, 2008; Iljina, 2009], в приложении к аналогичному или родственному магматизму Карело-Кольского региона приведет, по всей вероятности, к открытию здесь новых месторождений. Приоритетным в этом аспекте является МПГ-оруденение двух типов – малосульфидного и наложенного. При прогнозе малосульфидного платинометалльного оруденения надо учитывать его избирательную приуроченность, согласно мировой практике, к двум формационным типам расслоенных плутонов. Благороднометалльный потенциал первого – норит-ортопироксенит-гарцбургитового мезоабиссальной и абиссальной фаций глубинности определяется протяженными малосульфидными платинометалльными горизонтами – «Риф Меренского» в Бушвельде, «J-M Риф» в интрузиве Стиллуотер, в Мончегорском плутоне. Богатое сульфидное Cu-Ni оруденение в связи с ним распространено мало. Со вторым типом, представленным гипабиссальными дифференцированными массивами габбро-пироксенит-верлитовой формации и маломасштабными расслоенными габброноритовыми интрузиями внутриконтинентальных рифтогенных обстановок, связаны крупные месторождения пояса Томпсон в Канаде, приуроченные к лейконорит-анортозитовым горизонтам расслоенных серий. Подобные интрузивы с соответствующим типом платинометалльного оруденения прогнозируются на севере Карелии в связи с субширотными трансформными разломами в пределах Лапландско-Онежской проторифтогенной системы.

Кроме платиноносных расслоенных интрузивов возраста 2,45–2,50 млрд лет, на территории Финляндии в конце прошлого века выявлены рудоносные интрузии (Кейвитса, Нуоттиярви) с возрастом 1,90–2,05 млрд лет [Iljina, 2009 и др.]. С ними связаны одноименные комплексные (Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au) большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, пригодные для открытой разработки. В Карело-Кольском регионе рудоносные расслоенные комплексы такого возраста неизвестны, но перспективы их выявления, учитывая пространственную приуроченность интрузий Кейвитса и Нуоттиярви к проторифтогенным структурам раннепротерозойского возраста, прослеживающимся на российскую территорию, представляются достаточно высокими.

Положительные перспективы Карельского региона на ***МПГ-содержащее сульфидное медно-никелевое оруденение Печенгского типа*** основываются на результатах разработки новой модели глубинного строения Онежской впадины и сравнительного ее сопоставления с Печенгской структурой и Норильским рудным районом [Трофимов, Голубев, 2010]. Наиболее перспективной площадью в этом аспекте является восточный борт Онежской структуры, где по геофизическим данным мощность протерозоя 0,5–1,0 км, что позволяет прогнозировать наличие здесь флексурного перегиба – предполагаемого места локализации рудоносных

МПГ-содержащих Cu-Ni интрузий в эвапоритовой формации (туломозерская свита).

Сравнительный анализ платиноносности **черных сланцев** Карельского региона в сопоставлении с сопредельными территориями Фенноскандинавского щита показал, что относительно наиболее значимые проявления МПГ этого типа выявлены преимущественно только в Карелии.

Платиноносные углеродсодержащие сланцы людиковийского возрастного уровня распространены в пределах трех депрессионных структур – Онежского прогиба (заонежская свита), Куолаярвинского прогиба (куолаярвинская свита), Саволадожской зоны (соанлахтинская свита), характеризующихся наиболее полным нижнепротерозойским вулканогенно-осадочным разрезом. К настоящему времени наиболее изучены в аспекте их платиноносности черные сланцы Онежского прогиба, где сконцентрирована подавляющая часть МПГ-рудных объектов от их общего числа в нижнепротерозойских углеродистых сланцах Карельского региона. Пространственно ассоциирующееся с ними платинометалльное оруденение Онежской структуры по комплексу признаков подразделяется на 4 типа [Савицкий и др., 1999], из которых только (Падминский) уран-благороднометалльно-ванадиевый в метасоматитах зон СРД представлен реальными рудными объектами с достоверными запасами V и попутных компонентов (U, МПГ, Au, Mo, Re). Промышленная оценка этого типа благороднометалльного оруденения может существенно возрасти в связи с выявлением комплекса признаков, свидетельствующего об участии в его образовании процессов глубинного гипергенеза [Черников, 2001 и др.] и вследствие этого возможного масштабного концентрирования МПГ и Au вне уран-ванадиевых рудных тел. Подтверждением этого является установление максимальных концентраций благородных металлов на месторождении Падма (по единичным анализам) за пределами уран-ванадиевых руд в нижних частях приповерхностной зоны окисления (Au – n10 г/т, Pd > 100 г/т, Ag >1000 г/т) и в глубинной (гематитизированной) зоне окисления (Pd – 22 г/т, Au – 2,5 г/т, Pt – 1,1 г/т, Ag – 330 г/т) [Черников, 2001]. Представляется также, что большое влияние на рудоотложение и локализацию платинометалльной минерализации мог оказывать в силу своих восстановительных свойств метан, экстрагируемый растворами из богатых углеродистым веществом пород. При этом место локализации рудных концентраций будет зависеть не от мест залегания богатых углеродистым веществом пород, а от структурных условий.

С платиноидным оруденением остальных трех типов в черных сланцах Онежского прогиба остается много неясностей и нерешенных вопросов, несмотря на то что ряд их особенностей и характеристических признаков, как полагается [Савицкий и др., 1999], достаточно точно определены и систематизированы, а прогнозные ресурсы подсчитаны. Вместе с тем очевидно, что Онежский рудный район специализирован на стратиформное платинометалльное оруденение в черносланцевых комплексах (Толвуйский тип) и отвечает общим закономерностям размещения и особенностям формирования такого типа оруденения [Яцкевич и др., 1994]. Этот тип оруденения в Онежской структуре является одним из необходимых условий для формирования платиносодержащих комплексных месторождений в метасоматитах зон СРД и пространственно ассоциирующихся с ними. В совокупности по закономерностям проявления платинометалльное оруденение Онежского рудного района сопоставимо с известными в мире (Южный Китай, США, Канада, Австралия) промышленными месторождениями полиметалльно-платиновых руд в черных сланцах [Coveney, Chen, 1991 и др.].

Углеродсодержащие сланцы людиковия *Куолаярвинской* (куолаярвинская свита) и *Саволадожской* (питкярантская и соанлахтинская свиты) структур изучены на предмет их платиноносности, по сравнению с Онежской впадиной, крайне недостаточно. Однако даже результаты небольшого числа аналитических определений МПГ и золота в черных сланцах этих структур однозначно демонстрируют их вероятную перспективность на благороднометалльное оруденение, аналогичное установленному в Онежской структуре.

В *Куолаярвинской* структуре выявлено значительное число проявлений (Алакуртти, Алим-Курсунъярви) и пунктов минерализации МПГ, ассоциирующихся с углеродсодержащими сланцами [Афанасьева и др., 2004]. Аналитические данные по черным сланцам этой структуры [Ахмедов и др., 2001б] показали их отчетливую платинометалльную специализацию и, судя по отдельным ураганным концентрациям платиноидов (Pt – 5,91 г/т, Pd – 80,69 г/т), высокую вероятность открытия в них промышленного стратиформного МПГ-оруденения.

В *Саволадожской* структуре для черных сланцев соанлахтинской свиты (М. Янисъярви, Леппясюрья, Райконкоски, Ковадъярви) отмечаются высокие содержания, г/т, Au (до 1,3) и МПГ (до 1), сопровождающиеся повышенными концентрациями V, Mo, Zn, Ag, Se [Иващенко, Лавров, 1997; Попов и др., 1997]. В углеродсо-

держащих сланцах питкярантской свиты также отмечаются повышенные содержания (г/т) ΣМПГ (до 1), Au (до 2 г/т) и Ag (до 32 г/т) – проявления Поткулампи и Нутъярви [Попов, Торицын, 1995]. В целом же черные сланцы сортавальской серии более отчетливо геохимически специализированы на золото, чем на МПГ [Иващенко, Лавров, 1997].

В последние годы в Восточной Карелии (структура Ветреный Пояс) и на примыкающей к ней территории Архангельской области выявлено благороднометалльное оруденение палеороссыпного типа в вендских конгломератах – проявления Нименьга [Медведев, 2003] и Шапочка [Шевченко и др., 2007], а также в четвертичных отложениях. Содержание ΣМПГ + Au составляет 2–4 г/м^3. Из них на долю МПГ, среди которых резко преобладает платина (Pt – 85,5, Ir – 2,7 %, Os – 1,4 %, Rh – 1,0 %, Pd, Ru – <1), приходится 15–20 %. Коренным источником благородных металлов в вендских конгломератах могли быть только неизвестные рудные объекты в пределах проторифтогенной структуры Ветреный Пояс. Судя по размерности платиновых зерен в конгломератах (до 2 мм) и очень высокому Pt/Pd отношению (>100), их коренной источник характеризовался богатым платинометалльным оруденением уральского типа и представлял собой, по-видимому, крупный дифференцированный дунит-клинопироксенитовый массив (или несколько массивов), удаленность которого от палеороссыпи не превышала нескольких десятков километров. С меньшей вероятностью источником благороднометалльного оруденения в конгломератах могли быть рудоносные черносланцевые горизонты, геохимически сходные с нежданинским типом оруденения.

Прогнозная оценка платиноносности и перспективы территории Карелии на крупные месторождения МПГ

Основу мировой базы металлов платиновой группы составляют месторождения малосульфидной рудной формации в расслоенных раннепротерозойских ультрабазит-базитовых интрузивах (90 % мировых запасов) и сульфидной медно-никелевой [Додин и др., 2000]. Для Карелии характерны те же закономерности, но с существенно возрастающей ролью платиносодержащих рудных формаций – хромитовой и титаномагнетитовой с сопутствующими ЭПГ при крайне незначительном проявлении сульфидной медно-никелевой. В связи с этим большое прогнозное значение в металлогеническом аспекте МПГ региона приобретает формационный и геодинамический анализ соответствующего интрузивного магматизма.

Раннепротерозойский магматизм и связанное с ним платинометалльное оруденение контролируются в Карельском регионе Онежско-Беломорско-Лапландской рифтогенной системой и процессами, связанными с ее неоднократной активизацией. Главная осевая зона рифта приурочена к Беломорскому подвижному и Лапландскому гранулитовому поясам (рис. 6), в пределах которых закартировано большое число мелких массивов, принадлежащих в основном к габбро-лерцолит-пироксенитовой и вебстерит-габброноритовой формациям. U-Pb возраст наиболее крупного из них – Ковдозерского массива – равен 2436 ± 9 млн лет [Баянова, 2002]. Известны также габбро-анортозитовые массивы с возрастом 2450 ± 10 млн лет (Колвицкий) [Магматизм..., 1995]. С отдельными интрузивами этих формационных типов связано син- и эпигенетическое сульфидное Cu-Ni оруденение [Медно-никелевые..., 1985]. Главная зона рифтогенной системы, вероятно, соответствует отдельной благороднометалльной субпровинции – Беломорской, перспективы и масштабы которой пока не ясны. По аналогии с классическими рифтогенными обстановками, наиболее важными в металлогеническом аспекте представляются плечи рифта. Им соответствуют платинометалльные субпровинции – Кольская (северо-восточное плечо) и Карельская (юго-западное плечо).

На северо-восточном плече рифта развита система нижнепротерозойских палеорифтовых прогибов, образующая протяженный пояс Полмак-Пасвик-Печенга-Имандра-Варзуга (рис. 6). Приуроченные к ним расслоенные массивы Кольской металлогенической субпровинции (Мончегорский, г. Генеральской, Федорово-Панский) являются наиболее ранними – ~2500 млн лет [Баянова, 2002]. На юго-западном плече, представляющемся менее эродированным, система палеорифтовых прогибов имеет большую площадь и протяженность. С юго-востока вдоль оси рифта она представлена структурами – Онежской, Ветреный Пояс, Лехтинско-Шомбозерской, Пана-Куолаярвинской (Россия), Сала-Соданкюля (Финляндия) и Карасйок (Норвегия). Возраст расслоенных массивов Карельской и Беломорской металлогенических субпровинций, а также Имандровского лополита на 50–60 млн лет моложе вышеназванных в Кольской субпровинции (рис. 6).

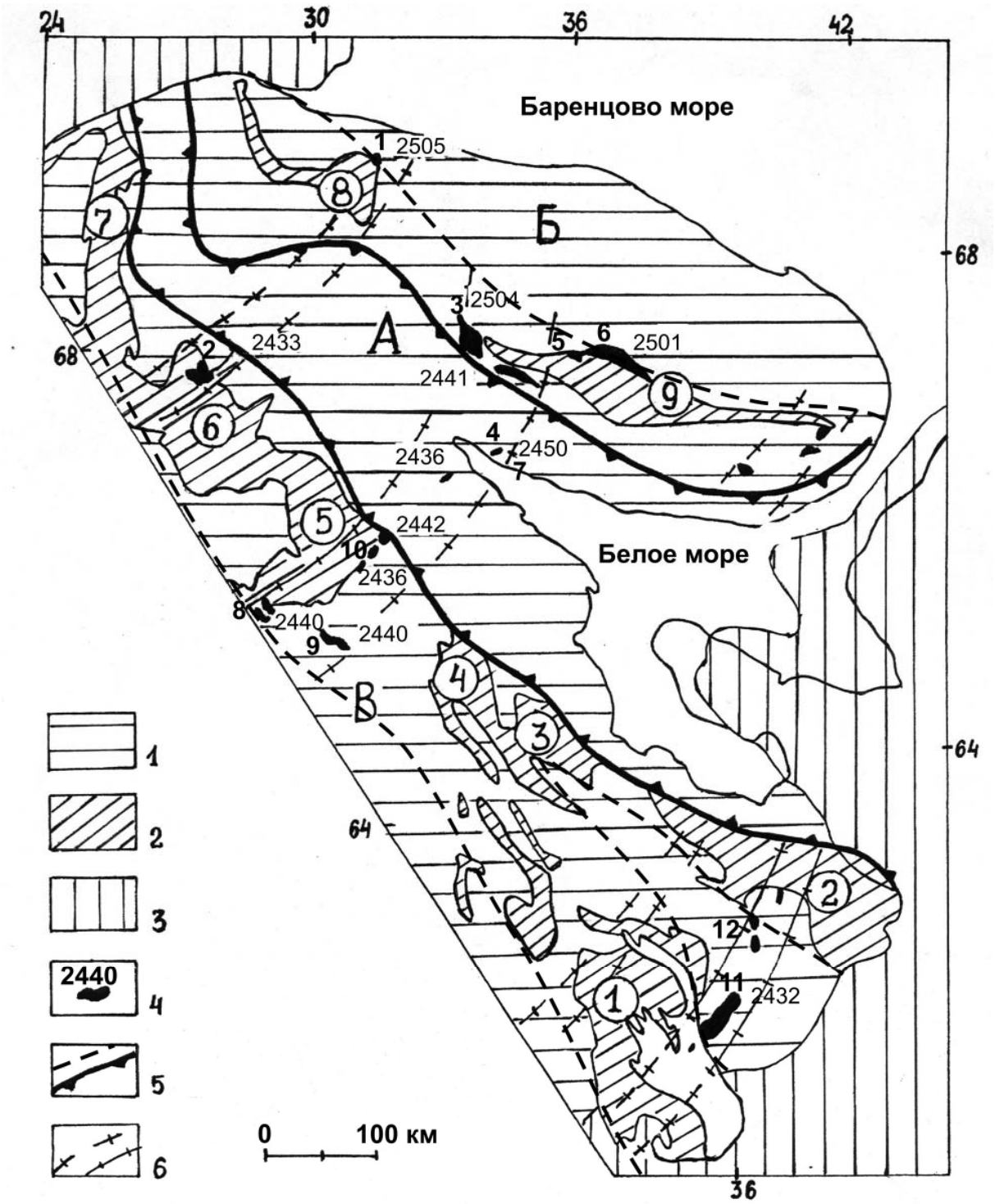


Рис. 6. Раннепротерозойская Онежско-Лапландская внутриконтинентальная рифтогенная структура, по: [Трофимов и др., 2002] с использованием данных: [Щеглов и др., 1993; Баянова, 2002; Турченко, 2007]:

1 – архейские нерасчлененные образования; 2 – нижнепротерозойские вулканогенно-осадочные комплексы; 3 – фанерозойские отложения; 4 – расслоенные интрузии и их изотопный возраст в млн лет (цифры на схеме: 1 – г. Генеральская, 2 – Койтилайнен, 3 – Мончегорская, 4 – Имандровская, 5, 6 – Федорово-Панский, 7 – Колвицкая, 8 – Койлисмаа, 9 – Нярянкяваара, 10 – Олангская группа, 11 – Бураковский, 12 – Монастырская группа); 5 – границы осевой зоны рифта и главные разломы; 6 – поперечные зоны растяжения, контролирующие внедрение расслоенных интрузий: А – главная осевая зона рифта (Беломорская платиноносная субпровинция – потенциальная), Б – северо-восточное плечо рифта (Кольская платиноносная субпровинция), В – юго-западное плечо рифта (Карельская платиноносная субпровинция); 1–9 (О): 1 – раннепротерозойские компенсационные структуры прогибания: 1 – Онежская, 2 – Ветреный Пояс, 3 – Лехтинская, 4 – Шомбозерская, 5 – Пана-Куолаярвинская, 6 – Сала-Соданкюла, 7 – Карасйок, 8 – Печенгская, 9 – Имандра-Варзугская

Анализ пространственной ориентировки расслоенных интрузивов Карело-Кольского региона показывает [Трофимов и др., 2002], что имеются разновозрастные группы, ориентированные вдоль главной оси рифта – Койлисмаа (Нярянкяваара – Портиваара) (2436–2446 млн лет), Имандра, Федорово-Панский, Мончегорский (~2500 млн лет), и ряд практически одновозрастных массивов, группирующихся в поперечные пояса: 1 – Бураковско-Монастырско-Шидмозерский; 2 – Кеми-Контиярви-Олангский и, возможно, другие. И если первый трассируется в пределах Карельского плеча, то во второй достаточно хорошо вписываются и массивы главной оси рифта – Ковдозерский перидотит-габброноритовый и Колвицкий габбро-анортозитовый, а также ориентированные вкрест пояса Имандровский (Кольская субпровинция) и Койлисмаа (Карельская субпровинция), имеющие очень узкий временной интервал формирования – 2436–2450 млн лет.

Закономерности размещения расслоенных интрузий, их возрасты и ряд других особенностей свидетельствуют о том, что мы, вероятно, имеем дело лишь с фрагментом крупной, видимо, трехлучевой рифтовой системы – Лапландско-Беломорско-Онежской, развивающейся по границе с Русской платформой и перекрытой ее отложениями. Поперечные пояса (раздвиговые зоны) – Бураковско-Монастырско-Шидмозерский и Кеми-Контиярви-Олангский – развиваются параллельно предполагаемому Онежскому лучу рифта север-северо-восточного простирания. Такая схема развития рифтогенеза из всех нижнепротерозойских прогибов выводит по перспективности на первый план две структуры – Ветреный Пояс и Онежскую. Последнюю в этом случае следует относить к перикратонной, а не к интракратонной, как это считалось ранее [Трофимов и др., 1999].

Наличие расслоенных массивов, параллельных главной оси Онежско-Беломорско-Лапландского рифта в Имандра-Варзугской и Пана-Куолаярвинской структурах, предопределяет возможность нахождения таковых в структурах Ветреный Пояс и Лехтинско-Шомбозерской. Кроме того, по северному обрамлению Онежской впадины предполагается наличие еще одной поперечной раздвиговой зоны трансформного характера (направление Суоярви – Медвежьегорск – Вирандозеро), в юго-западной части которой имеется мощная, протяженностью около 30 км, дайка Кивач-Сямозеро, относимая к формации расслоенных интрузий, и предполагается наличие ее аналогов на участках Виетукка-лампи и Святнаволок. Возможно, к формации раннепротерозойских расслоенных интрузий относится и Хюрсюльский дифференцированный гипербазитовый массив. Таким образом, для территории Карелии не исключается вероятность нахождения новых расслоенных интрузивов, что существенно расширяет перспективы МПГ-оруденения малосульфидного типа.

Металлогеническая специализация раннепротерозойского этапа рифтогенной активизации Кольской субпровинции определяется Ni, Cu, Cr, ЭПГ с платинометалльным оруденением двух формаций – сульфидной и малосульфидной. Для Карельской субпровинции к этому набору элементов с подчиненным значением Ni и Cu добавляются Ti, V (Муставаара, Пудожгора и др.). Основные рудно-формационные типы ЭПГ – малосульфидный, титаномагнетитовый, хромитовый (табл. 2).

Выводы

1. Территория Карелии является перспективным платиноносным регионом северо-запада России с прогнозными ресурсами ЭПГ ~2000 т и преобладанием в них ресурсов сопутствующих платинометалльных типов оруденения (>60%) – титаномагнетитового с ванадием и хромитового.

Таблица 2. Сводная таблица прогнозных ресурсов МПГ и сопутствующего золота для Карельского региона

Рудно-формационные типы	Прогнозные ресурсы БЭ, т				
	ЭПГ по категориям				Au
	P_1	P_2	P_3	Всего	
Собственно платинометалльный тип					
Малосульфидный платинометалльный	258,0	420,0	402,0	1080,0	3,0
Сопутствующие платинометалльные типы					
Платиносодержащий хромитовый	–	10,0	110,0	120,0	*
Платиноидносодержащий титаномагнетитовый	191,9	429,0	50,0	670,9	295,0
Сульфидный платиноидно-медно-никелевый	1,6	11,0	3,0	15,6	*
Платино-полиметалльный онежского типа	5,0	1,0	95,0	101,0	70,0
Итого ресурсов сопутствующих ЭПГ	198,5	451,0	258,0	907,5	365,0
Всего ресурсов ЭПГ по Республике Карелия	456,5	871,0	660,0	1987,5	368,0

Примечание. * – ресурсы не оценивались; с использованием данных [Савицкий и др., 1990, 1999; Клюнин, 1994; Ганин и др., 1995; Тытык и др., 1997; Трофимов и др., 2002; Крупнейшее месторождение..., 2009 и др.].

2. Наиболее экономически значимым и перспективным рудно-формационным типом собственно платинометалльного оруденения является малосульфидный, связанный с расслоенными интрузивами перидотит-габброноритовой формации.

3. Имеются реальные предпосылки для выявления расслоенных перидотит-габброноритовых массивов, ориентированных вдоль Лапландской ветви Онежско-Лапландского рифта и в поперечных раздвиговых зонах, субпараллельных предполагаемой Онежской ветви.

4. Кроме платиноносных расслоенных интрузивов возраста 2,45–2,50 млрд лет, в пределах Карелии прогнозируются подобные же интрузии, но с возрастом 1,90–2,05 млрд лет, с которыми по аналогии с территорией Финляндии (Кейвитса и Нуоттиярви) могут быть связаны комплексные (Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au) большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, пригодные для открытой добычи.

5. Огромные ресурсы БЭ – ~1000 т (Pt, Pd, Au), сконцентрированные в дифференцированных интрузивах габбродолеритов пудожгорского комплекса в пределах контуров подсчета запасов двух ванадий-титаномагнетитовых месторождений – Пудожгорском и Койкарско-Святнаволокском, предопределяют вероятность выявления более глубинных магнезиальных фаций (гипабиссальных), не уступающих им по запасам БЭ, но с более богатым платиновым оруденением.

6. Согласно новой модели глубинного строения Онежской структуры прогнозируется открытие в ее пределах сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений печенгского типа в связи с гипербазитами траппповой формации.

Литература

Афанасьева Е. Н. и др. Проведение поисков месторождений золота в пределах Лежевской площади Республики Карелия. Отчет // Фонды ВСЕГЕИ. СПб., 1997.

Афанасьева Е. Н. и др. Составление прогнозно-металлогенической карты на благороднометалльное оруденение Пана-Куолаярвинского прогиба м-ба 1 : 200 000. Отчет // Фонды ВСЕГЕИ. СПб., 2004.

Ахмедов А. М., Воинова О. А., Калабашкин С. П. и др. Компьютерная карта золотоносности докембрия Карельского региона масштаба 1 : 1 000 000: Анализ перспектив // Регион. геол. и метал. 2001а. № 13–14. С. 84–104.

Ахмедов А. М., Голубев А. И., Шурыгин В. Н. Геохимические аномалии благородных металлов в черных сланцах Салла-Куолоярвинского прогиба (Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001б. С. 26–32.

Баянова Т. Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма: Автореф. дис. … докт. геол.-минер. наук. М., 2002. 46 с.

Билибина Т. В., Мельников Е. К., Савицкий А. В. О новом типе месторождений комплексных руд в Южной Карелии // Геол. рудн. месторожд. 1991. № 6. С. 3–14.

Гавриленко Б. В. Минерагения благородных металлов и алмазов северо-восточной части Балтийского щита: Дис. … докт. геол.-минер. наук. Апатиты, 2003. 399 с.

Ганин В. А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления. Отчет // ФГУ «ТФИ по Республике Карелия». Петрозаводск, 1995.

Гинсбург И. И. Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива Белого моря // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. Петроград, 1921. В. 7. 64 с.

Голубев А. И., Иващенко В. И. Карельская благороднометалльная провинция – минерально-сырьевой потенциал XXI века северо-запада России // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. С. 135–148.

Голубев А. И., Иващенко В. И., Трофимов Н. Н. Рудноформационные типы и перспективы золотосодержащего оруденения Карельского региона // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов: Тр. Всерос. конф. Апатиты: КНЦ РАН, 2010. С. 19–30.

Голубев А. И., Трофимов Н. Н., Лавров М. М., Филиппов Н. Б. Рудно-формационные типы платиноносных объектов Карелии // Платина России. Т. V. М., 2004. С. 335–344.

Гурская Л. И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: Наука, 2000. 208 с.

Додин Д. А., Чернышов Н. М., Яцкевич Б. А. Платинометальные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.

Иванченко В. И., Давыдов П. С. Основные черты геологического строения месторождений и проявлений МПГ южной части Мончегорского рудного района // Сб. материалов проекта Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. В. II. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 70–78.

Иващенко В. И., Голубев А. И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 368 с.

Иващенко В. И., Лавров О. Б. Благороднометалльное оруденение Юго-Западной Карелии // Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера европейской части России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1997. С. 44–51.

Клюнин С. Ф. Отчет о результатах поисковых работ на благородные металлы с попутными поисками алмазов и других полезных ископаемых в пределах Олангской группы массивов, проведенных в 1987–1993 гг. // ТГФ. Мончегорск, 1994.

Кожевников В. Н. Термальные условия в архейской мантии и алмазоносность кратонов // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. (Петрозаводск, 12–15 ноября 2007 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 168–170.

Кожевников В. Н., Светов С. А. Мантийные и коровые термальные аномалии в архее и раннем протерозое: региональный анализ, глобальные корреляции, металлогенические следствия // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 4. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 3–17.

Корчагин А. У., Субботин В. В., Митрофанов Ф. П., Минеев С. Д. Платинометалльное месторождение Киевей в Западно-Панском расслоенном массиве: геологическое строение и состав оруденения // Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 12–33.

Крупнейшее месторождение хрома в России. Инвестиционная возможность. ЗАО «Норит». 2009. 17 с.

Леонтьев А. Г., Голованов Ю. Б., Дегтярева Т. А. Составление карты полезных ископаемых Республики Карелия масштаба 1 : 500 000. Отчет // ТГФ РК. Петрозаводск, 2003.

Логинов В. Н., Гриневич Н. Г., Дегтярев Н. К. и др. Оценка рудного потенциала Бураковской расслоенной интрузии и ее обрамления: Тез. симпоз. «Minex». Петрозаводск, 2007.

Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Апатиты: КНЦ РАН, 1995. 254 с.

Медведев Л. В. Разведка и добыча золота и металлов платиновой группы на Нименьгской площади: Инвест. проект. Архангельск, 2003.

Медно-никелевые месторождения Балтийского щита / Отв. ред. Г. И. Горбунов, Х. Папунен. Л.: Наука, 1985. 330 с.

Медно-никелевые месторожения Печенги / Отв. ред. Н. П. Лаверов. М.: ГЕОС, 1999. 236 с.

Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. 340 с.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1 / Под. ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. Петрозаводск: Карелия, 2005. 278 с.

Митрофанов Ф. П. Раннедокембрийская геодинамика, магматизм и металлогения Кольской провинции // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 4. С. 567–570.

Митрофанов Ф. П., Яковлев Ю. Н., Балабонин Н. Л. и др. Кольский регион – новая платинометалльная провинция // Геология и генезис платиновых металлов. М.: Наука, 1994. С. 65–79.

О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2009 г. // Гос. докл. Министерства природных ресурсов РФ / Гл. ред. С. Е. Донской. ИАЦ «Минерал», ФГУНПП «Аэрогеология». М., 2010.

Петров О. В., Шевченко С. С., Ахмедов А. М. Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной части Балтийского щита // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 292–296.

Пожиленко В. И. Позднеархейский расслоенный диорит-базит-гипербазитовый массив Оспе-Лувтуайвенч (Кольский Полуостров) // Сборник материалов проекта Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. В. II. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 89–96.

Поликарпов В. И. Отчет Центральной экспедиции № 2 о результатах специализированного геологического картирования м-ба 1 : 50 000, проведенного по геологическому заданию 2-44 на Гирвасской площади в 1988–1991 гг. // Фонды ГП «Невскгеология». Л., 1991.

Попов В. Е., Торицын А. Н. Благородные металлы (Au, Ag, МПГ) в стратиформных редкометалльно-полиметаллических рудах Северного Приладожья // Благородные металлы и алмазы севера Европейской части России: Тез. докл. регион. симпоз. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. С. 135–137.

Попов В. Е., Робонен В. И., Стромов В. А., Торицын А. Н. Золотоносность южной части зеленокаменного пояса Иломантси // Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера европейской части России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1997. С. 41–44.

Ручьев А. М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс, Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2002. С. 47–58.

Савицкий А. В., Петров Ю. В., Зайцев В. С. и др. Оценка перспектив северо-западной части Онежского прогиба и его обрамления на выявление крупных месторождений комплексных руд. Отчет по геолзаданию 311 // Фонды ВСЕГЕИ, ГП «Невскгеология». Л., 1990.

Савицкий А. В., Былинская Л. В., Зайцев В. С. и др. Стратиформное комплексное оруденение в черных сланцах Онежского рудного района – новый перспективный нетрадиционный источник благородных металлов // Платина России. Т. III. М., 1999. С. 241–259.

Сорохтин Н. О., Козлов Н. Е., Козлова Н. Е., Мартынов Е. В. Позднеархейские коматииты и глобальные особенности их рудоносности // Докл. РАН. 2009. Т. 425, № 2. С. 237–239.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Пудожгорское благороднометалльное титаномагнетитовое месторождение. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 120 с.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Филиппов Н. Б. Платиноидно- и золотосодержащие ванадий-титаномагнетитовые месторождения в дифференцированных габбро-долеритовых интрузиях Карелии // Платина России. Т. III. М., 1999. С. 200–211.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Путинцева Е. В. и др. Оценка перспектив новых источников элементов платиновой группы в Республике Карелия. Отчет // ТГФ РК. Петрозаводск, 2002.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Лавров М. М., Ганин В. А. Перспективные типы платинометального оруденения в расслоенных интрузиях Карелии // Платина России. Т. V. М., 2004. С. 205–225.

Турченко С. И. Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. СПб.: Наука, 2007. 175 с.

Тытык В. М. и др. Отчет о результатах геологоразведочных работ первого этапа (предварительная разведка), проведенных на Лебяжинском, Светлозерском, Восточно-Вожминском Cu-Ni и Северо-Вожминском Cu-Zn месторождениях в Сегежском и Медвежьегорском районах РК в 1990–1994 гг. по договору с Текобанком (объект Кивиярви) // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1997.

Федюк А. В., Морозов С. А., Фурман В. И. Отчет о результатах поисковых работ на никель в пределах центральной части Вожминского массива ультрамафитов и прилегающих площадей за 1978–1979 гг. // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1979.

Чащин В. В., Галкин А. С., Озерянский В. В., Дедюхин А. Н. Сопчеозерское месторождение хромитов и его платиноносность, Мончегорский плутон (Кольский п-ов) // Геол. рудн. месторожд. 1999. Т. 41, № 6. С. 507–515.

Черников А. А. Глубинный гипергенез, минерало- и рудообразование. М.: Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, 2001. 99 с.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А., Свешникова К. Ю. Благороднометалльные метасоматиты позднего архея Чупино-Лоухского фрагмента Беломорской подвижной зоны // Регион. геол. и метал. 2009. № 37. С. 106–120.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А. и др. Золотоносность вендских отложений и подстилающих их метасоматитов структурной зоны Ветреный пояс // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 439–443.

Яцкевич Б.А., Глухоедов Н.В., Филько А.С. и др. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов России // Платина России. Т. 2. М., 1994. С. 227–248.

Alapieti T. T. Classification of the Fennoscandian early Palaeoproterozoic (2,5–2,4 Ga) layered intrusion and related PGE deposits / Kola-Karelia GIS. Mineral Deposits of the Eastern Part of the Fennoscandian Shield. NavigaSIG CD-ROM v. 1.0. Moscow: Russian-French Metallogenic Laboratory, 2008.

Coveney R. M., Chen N. Ni-Mo-PGM-Au rich ores in Chines black shales and speculation on possible analogues on the United States // Mineral Deposita. 1991. Vol. 26, N 2. P. 83–88.

Filen B. Swedish layered intrusions anomalous in PGE-Au // Weihed P. (ed.). Economic geology research. Vol. 1. 1999–2000. Uppsala: Sveriges geologiska undersokning, 2001. C 833. P. 33–45.

Frietch R., Tuisku P., Martinson O. et al. Early proterozoic Cu-Au and Na-Cl metasomatism in Northern Fennoscandia // Ore geology reviews. 1997. Vol. 12, N 1. P. 1–34.

Halkoaho T. A. A. Platinum-group minerals in the lower part of megacyclic unit IV of the Penikat layered intrusion, northern Finland // GFF. 1991. Vol. 113. P. 49–51.

Iljina M. Platinum-group element database of Finland // Project publication An Interreg-Tacis Project: Strategic Mineral Resources of Lapland – Base for the Sustainable Development of the North. Vol. II. Apatity: KSC RAS, 2009. P. 6–11.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Голубев Анатолий Иванович
зав. лаб. магматизма, палеовулканологии и металлогении, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: golubev@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769824

Golubev, Anatoly
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: golubev@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769824

Иващенко Василий Иванович
ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ivashche@krc.karelia.ru

Ivashchenko, Vasily
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ivashche@krc.karelia.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 37–55

УДК 549.514 51+553,623.7 (470.22)

КАРЕЛО-КОЛЬСКАЯ КВАРЦЕНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ

Л. А. Данилевская

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Приведены результаты изучения кварцевого сырья Карело-Кольского региона за последние 15 лет. Представлена систематизация генетических типов кварцевых образований региона. На основе детальных минералого-технологических исследований основных перспективных объектов кварцевого сырья сделаны выводы о качестве сырья и возможных областях применения. Определены наиболее важные задачи по дальнейшему изучению кварцевого сырья региона. Сделан вывод о перспективности освоения Карело-Кольского региона как кварценосной провинции.

К л ю ч е в ы е с л о в а : кварцевое сырье, Карело-Кольская кварценосная провинция, генетический тип, минералого-технологические исследования, высокочистые концентраты.

L. A. Danilevskaya. KARELIAN-KOLA QUARTZIFEROUS PROVINCE

The results of studies of quartz raw material in the Karelian-Kola region over the past 15 years are reported. The genetic types of quartz formations in the region have been systematized. Having carried out detailed mineralogical and handling studies of the most promising sources of quartz raw material we drew conclusions about the quality of the raw materials, and their potential applications. The priority tasks for further investigation of quartz raw materials in the region are defined. It is argued that the Karelian-Kola region is a promising quartziferous province for the mining industry.

K e y w o r d s : quartz raw material, Karelian-Kola quartziferous province, genetic type, mineralogical and handling studies, high purity concentrates.

Введение

Кварцевое сырье является одним из важнейших видов минерального сырья с широким диапазоном использования более чем в 20 отраслях промышленности. Кроме того, оно входит в четвертую группу перечня стратегических видов сырья, наряду с U, Mn, Cr. В целом под «кварцевым сырьем» следует подразумевать кварцсодержащие породы, которые могут рассматриваться как потенциальные источники получения кварцевых концентратов средней и повышенной чистоты: мономинеральные (жильный кварц, ядра и блоки пегматитового кварца – традиционные типы сырья); полиминеральные (кварциты, кварцсодержащие сланцы и т. п. – нетрадиционные типы сырья).

В настоящее время отечественная промышленность обеспечена на длительную перспективу рядовым кварцевым сырьем (для варки различных стекол, синтеза искусственных кристаллов) [Ярмак, Турашева, 1998; Борисов и др., 2004]. Наиболее дефицитным (с постоянным ростом потребления в среднем

5–8 % в год) является кварцевое сырье, пригодное для получения кварцевых концентратов высокой и ультравысокой чистоты (с суммарным содержанием элементов-примесей <100 ppm и <30 ppm), которые используются для производства плавленого кремнезема, поли- и монокристаллического кремния [Шатнов, Тигетова, 2004; Белоусова, Петров, 2010 и др.]. Дефицит данных видов кварцевого сырья, наблюдающийся как в России, так и во всем мире, обусловлен возросшими требованиями к качеству кварцевых продуктов и существующей монополией в этой отрасли американской компании Unimin (90 % рынка) [Белоусова, Петров, 2010], запасы сырья у которой ограничены.

Россия по числу разведанных запасов кварцевого сырья является одной из лидирующих стран в мире – запасы гранулированного и прозрачного кварца составляют 4,6 млн т, однако отсутствие подготовленного фонда сырья для производства высокочистых концентратов (ВЧК) значительно снижает интенсивность их освоения [Турашева, 2004; Шатнов, Тигетова, 2004]. В связи с этим первоочередными задачами являются: переоценка существующей минерально-сырьевой базы кварца с учетом современных требований промышленности к ВЧК; поиск новых, в том числе нетрадиционных, типов кварцевого сырья; совершенствование технологий переработки кварцевого сырья; разработка методик прогнозирования качества кварцевых продуктов на стадии проведения поисково-разведочных работ [Борисов и др., 2004; Серых и др., 2004 и др.]. На территории России выделяют четыре кварценосные провинции: 1 – Уральскую (с Приполярно-Уральской и Южно-Уральской субпровинциями), 2 – Карело-Кольскую, 3 – Прибайкальскую, 4 – Южно-Якутскую. Наибольшее количество разведанных запасов и ресурсов кварцевого сырья находится в пределах Уральской провинции. На долю Карело-Кольской провинции приходится около 6 % учтенных запасов и ресурсов кварцевого сырья для плавки прозрачного кварцевого стекла [Борисов и др., 2011].

Проводившиеся в последние 15 лет в Институте геологии работы по изучению кварцевого сырья на территории Карело-Кольской кварценосной провинции показали, что помимо традиционно известных месторождений пегматитов Беломорско-Лапландской пегматитовой провинции, жильного гранулированного кварца месторождения Перчатка и Кейвского кварцевожильного района, можно выделить целый ряд объектов кварцсодержащих пород, перспективных для получения ВЧК и других востребованных кварцевых продуктов [Данилевская и др., 2004; Данилевская, Щипцов, 2007 и др.]. Ресурсный потенциал Карело-Кольской кварценосной провинции может быть значительно расширен за счет вовлечения в процесс освоения новых перспективных объектов, за счет комплексной оценки многокомпонентных руд, а также с использованием новых подходов в обогащении кварцевого сырья, в том числе нетрадиционных типов.

Генетические типы кварцевого сырья

Исследование генетической принадлежности проявлений кварцевого сырья является важным моментом в их изучении. Содержание этих исследований позволяет раскрыть понятие о природе кварцеобразующих растворов, их геохимической специфике, процессах вторичных изменений, что является важным фактором при разработке критериев прогноза и поисков месторождений кварцевого сырья, а также при оценке его минералого-технологических особенностей и обогатимости.

Классификации месторождений кварцевого сырья по генетическим признакам разрабатывались различными исследователями [Ермаков, 1958; Лазько, 1958; Гудков, 1967; Карякин, Смирнова, 1967; Минерагения..., 1977; Емлин и др., 1988]. Общая систематика кварцевых образований по формационному принципу была представлена Е. П. Мельниковым [Геология..., 1988]. Онтогенический подход в классификации жильного кварца Урала предложен Ю. А. Поленовым [2008]. Детальная классификация природных типов жильного кварца, основанная на степени перекристаллизованности первичного кварца, была представлена Г. И. Крыловой [2001].

На основе исследованных геологических условий формирования кварцевых образований, их минералого-петрографических и геохимических особенностей впервые проведена систематизация всех изученных в разной степени кварцсодержащих пород Карело-Кольского региона, в основу которой были положены формационные принципы классификации эндогенных и экзогенных серий Е. П. Мельникова, а также онтогенические принципы, учитывающие полигенность развития кварцсодержащих пород и позволяющие проследить историю формирования кварца с учетом его генезиса и последующих преобразований в результате рекристаллизации и перекристаллизации, заложенные в классификации жильного кварца Ю. А. Поленова (табл. 1). Выделены разновидности кварца на основе особенностей его мик-

роструктуры, которые отражают степень деформации и перекристаллизации кварца, что в свою очередь определяет качественные характеристики сырья. На данный момент нет однозначных датировок возраста ряда кварцевых образований, об их приуроченности к определенным геологическим процессам можно судить только по косвенным признакам, в связи с этим в систематизации кварцевых образований временной фактор не учитывается.

Таблица 1. Генетические типы кварцевого сырья Карело-Кольской кварценосной провинции

Генетический тип	Подтип	Степень деформации и перекристаллизации (разновидность)	Месторождение, проявление
Эндогенная серия			
Пегматитовый	Керамические пегматиты (первично-зернистый)	Деформированный	Кюрьяла Яккима
	Мусковит-керамические пегматиты (первично- и вторично-зернистые, частично перекристаллизованные)	Деформированный, слабо рекристаллизованный	Хетоламбино Левин Наволок Риколатва Слюда
Метаморфогенно-пегматитовый	Мусковитовые пегматиты (вторично-зернистый перекристаллизованный)	Слабо деформированный, слабо рекристаллизованный	Малиновая Варакка
		Интенсивно деформированный	Тэдино
	Мусковит-редкометалльные пегматиты (вторично-зернистый, перекристаллизованный)	Интенсивно деформированный, слабо рекристаллизованный в условиях ЭАмФ	Пиртима
Магматогенно-гидротермальный (с наложенными метасоматическими изменениями)	Жильный золоторудный (первично-зернистый, частично перекристаллизованный)	Слабо деформированный, рекристаллизованный в условиях ЗФ	Майское
Метаморфогенно-гидротермальный	Жильный первично-зернистый (молочно-белый)	Слабо деформированный в условиях ЗФ	Койкары
		Интенсивно деформированный и рекристаллизованный в условиях нижних ступеней ЭАмФ	Корпиярви Ихоярви Семиостровский, Червуртский (Б. Кейвы)
		Интенсивно деформированный и рекристаллизованный с наложенной кристаллизацией в условиях ЗФ	Фенькина Лампи
		Интенсивно деформированный, рекристаллизованный в условиях нижних ступеней ЭАмФ, минерализованный	Меломайс
	Жильный частично перекристаллизованный (переходный)	Интенсивно рекристаллизованный	Б. Кейвы Маягино (М. Кейвы)
	Жильный первично-зернистый динамометаморфизованный (стекловидный)	Слабо деформированный	Б. Кейвы
	Жильный вторично-зернистый рекристаллизованный, в том числе гранулированный	Гранулированный в условиях АмФ	Перчатка
		Гранулированный в условиях ЭАмФ	Рухнаволок Хизоваара Кукасозеро Шуерецкое Б. Кейвы Маягино (М. Кейвы)
Метаморфогенно-метасоматический	Кварц-кианитовые метасоматиты	Рекристаллизованный в условиях ЭАмФ	Хизоваара Семиостровский (Б. Кейвы)
	Кварц-мусковитовые метасоматиты	Рекристаллизованный в условиях ЭАмФ	Восточная Хизоваара
Метаморфогенно-осадочный	Кварцитовый	Слабо перекристализованный	Метчангъярви
	Перекристаллизованные кварциты	Перекристаллизованный в условиях ЗФ	Семиостровский (Б.Кейвы)
		Интенсивно перекристаллизованный в условиях ЭАмФ и АмФ	Кукасозеро
		Интенсивно перекристаллизованный с наложенной вторичной рекристаллизацией в условиях ЭАмФ	Степаново озеро
Экзогенная серия			
Эрозионно-осадочный	Прибрежно-морские россыпи		Одинчижный и др.

Примечание. Фации метаморфизма: ЗФ – зеленосланцевая, ЭАмФ – эпидот-амфиболитовая, АФ – амфиболитовая.

Характерной особенностью является преобладание кварцевых образований метаморфогенной группы, что обусловлено спецификой Карело-Кольского региона как территории с длительной геологической историей развития и неоднократным проявлением процессов тектономагматической активизации и метаморфизма, в результате которых часто сформировавшиеся кварцсодержащие породы вовлекались в последующие геологические события и неоднократно испытывали процессы деформации и перекристаллизации. Разнообразие генетических типов кварцевых образований обусловлено развитием на данной территории различных геолого-фациальных комплексов пород, отличающихся по составу, геохимической специфике рудоконтролирующих растворов, PT-условиям формирования. Все эти факторы определяют специфику типоморфных свойств кварца, которые уникальны не только для определенных типов кварцевого сырья, но и для конкретных месторождений и проявлений.

Изученность кварцевого сырья и перспективы использования

На данном этапе изучения кварцевого сырья Карело-Кольской кварценосной провинции в Институте геологии КарНЦ РАН проведен комплекс исследований: обобщены данные изученности кварцевого сырья по фондовым материалам (отчеты поисково-оценочных и разведочных работ); в наиболее перспективных районах проведены поисково-оценочные работы с предварительной оценкой качества кварцевого сырья (Костомукшский р-н, Хизоваара, Половина, Кукасозеро, Корпиярви, Койкары, Янисярви и др.); на отдельных объектах выполнены минералого-технологическое картирование и исследования по обогатимости кварцевого сырья (Фенькина Лампи, Меломайс, Степаново озеро, Восточная Хизоваара, Питкяниеми и др.); по наиболее перспективным объектам разработаны технологические схемы с получением кварцевых продуктов различного качества и назначения (Меломайс, Восточная Хизоваара, Степаново озеро, Перчатка). Результаты исследований кварцевого сырья Карело-Кольского региона, позволяющие говорить о необходимости проведения дальнейших исследований как в целом по региону, так и на отдельных месторождениях и проявлениях, обобщены в различных публикациях [Щипцов и др., 2001; Данилевская и др., 2004, 2011; Данилевская, Щипцов, 2007а, б; Данилевская, Скамницкая, 2009, 2011].

Исследования кварцевого сырья Карело-Кольского региона основывались на принципах технологической минералогии, которая получила широкое развитие благодаря трудам В. И. Ревнивцева, В. М. Изоитко, Б. И. Пирогова, О. Б. Дудкина и других [Подготовка..., 1987; Пирогов, 1988, 2006; Дудкин, 1996; Изоитко, 1997 и др.]. Одним из главных подходов технологической минералогии является объединение минералогических и технологических исследований минерального сырья, основанное на двойственной природе технологических свойств минералов [Пирогов, 2006]: с одной стороны, они связаны напрямую с генезисом минералов, а с другой – определяют изменчивость свойств минералов в процессах рудоподготовки и обогащения. Поэтому комплексный подход в изучении типоморфных свойств минералов и одновременном проведении технологических исследований является определяющим моментом в понимании особенностей поведения минералов и возможности управления их свойствами в технологических процессах с целью разработки оптимальных схем обогащения. Данный подход в полной мере может быть применим и к кварцевому сырью, учитывая его специфические свойства [Данилевская, 2009].

В статье приведены последние данные, полученные по результатам исследований различных типов кварцевого сырья региона. Рассмотрены не все генетические типы кварца, приведенные в таблице, а наиболее перспективные на примере исследованных месторождений и проявлений. Схема размещения изученных объектов приведена на рис. 1.

Пегматитовый кварц

Долгое время (до конца 1990-х гг.) месторождения мусковитовых пегматитов Беломорско-Лапландской пегматитовой провинции считались основными объектами, пригодными для плавки прозрачного кварцевого стекла, синтеза искусственного кварца и варки многокомпонентного стекла. До начала 1990-х гг. ГОКом «Карелслюда» производилась добыча кварцевого сырья с рудника Малиновая Варакка, которая прекратилась в связи с ухудшением общей экономической обстановки и состоянием кварцевой отрасли промышленности в стране, а также ужесточением требований к кварцевым продуктам повышенной чистоты [Данилевская, Щипцов, 2007б]. Ревизионно-оценочные работы по отвалам месторождения мусковитовых пегматитов Риколатва, проводившиеся в конце 1995–1997 гг., и технологическое опробование в 2001 г. показали, что кварц из отвалов месторождения соответствует сортам плавочного кварца по ТУ-97, однако дополнительных технологических исследований не проводилось, и кварц не добывается [Данилевская, 2008].

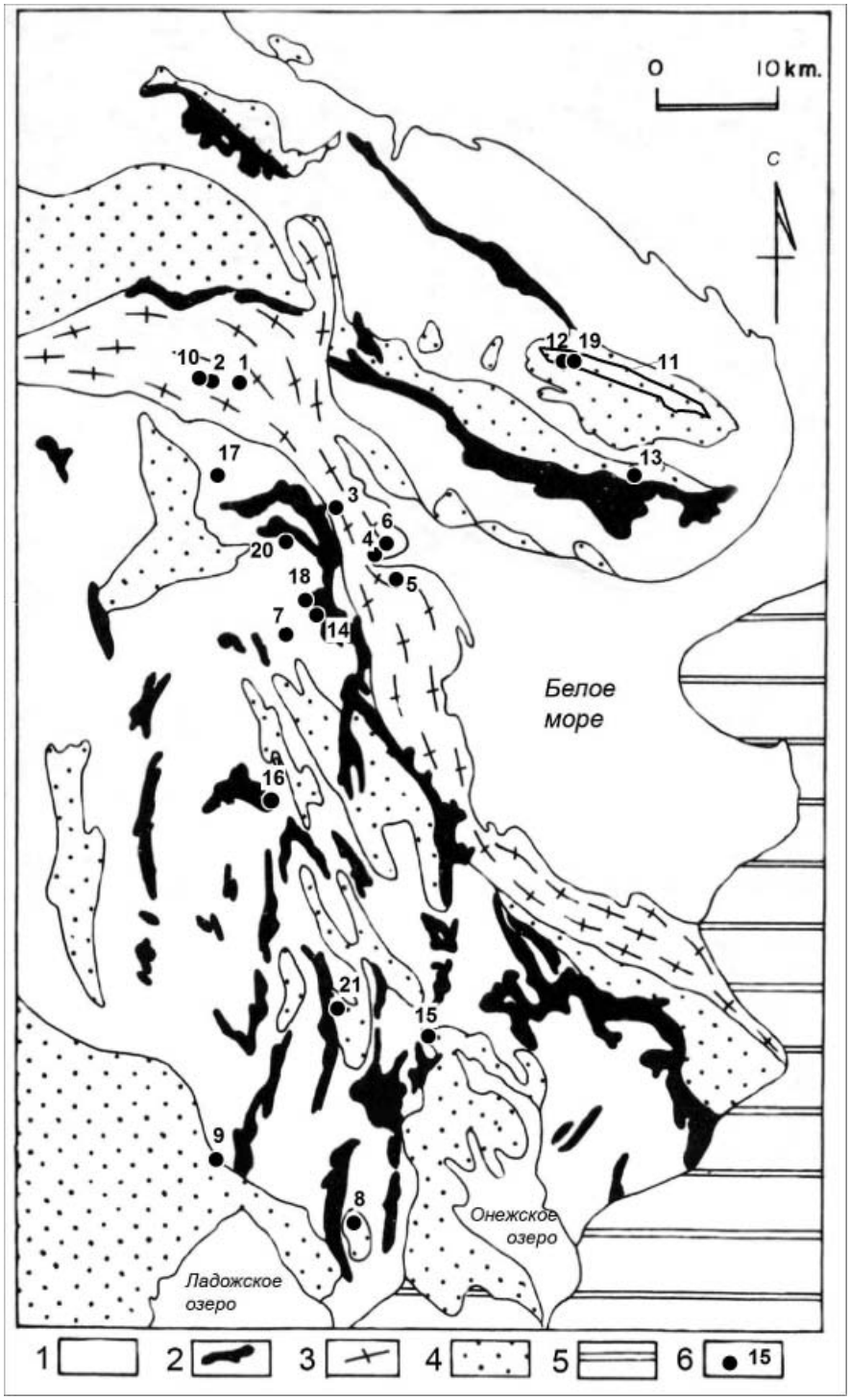


Рис. 1. Схема размещения изученных перспективных объектов кварцевого сырья Карело-Кольского региона на геологической основе (по: [Srinivasan et al., 1993]):

1 – инфракомплекс, включая саамские образования; 2 – лопийские зеленокаменные пояса; 3 – Беломорский подвижный пояс; 4 – протерозойские образования; 5 – платформенный чехол; 6 – месторождения и проявления кварцевого сырья. *Изученные объекты кварцевого сырья*: 1 – Риколатва, 2 – Слюда, 3 – Тэдино, 4 – Малиновая Варакка, 5 – Левин Наволок, 6 – Хетоламбино, 7 – Пиртима, 8 – Кюрьяла, 9 – Яккима, 10 – Перчатка, 11 – Большие Кейвы (Семиостровское, Выхчуртское, Червуртское и Боллоуртинское кварцевожильные поля), 12 – г. Песцовая Кейва, 13 – Маягино (Малые Кейвы), 14 – Рухнаволок, 15 – Фенькина Лампи, 16 – Меломайс, 17 – Майское, 18 – Восточная Хизоваара, 19 – Хребет Серповидный (Большие Кейвы), 20 – Степаново озеро, 21 – Метчангъярви

На данном этапе проведенной предварительной минералого-технологической оценки пегматитового кварца различных типов Карело-Кольского региона в качестве перспективных можно выделить мусковит-керамические пегматиты месторождений Слюда, Риколатва, Левин Наволок, Хетоламбино. По данным содержаний элементов-примесей в кварцевых концентратах после предварительного обогащения кварц характеризуется наименьшими суммарными концентрациями примесей (табл. 2). Основные минеральные примеси в кварце данных месторождений находятся в межзерновом пространстве (мусковит, кальцит, полевой шпат) и по микротрещинкам, т. е. могут быть удалены в процессе обогащения (рис. 2, А). Минеральные примеси, усложняющие технологическую обработку, – микровключения плагиоклаза и К-полевого шпата (20–30 мкм), находящиеся внутри зерен кварца (рис. 2, Б). Для очищения от таких включений необходим подбор технологий дробления-измельчения и обогащения.

Таблица 2. Содержания элементов-примесей в кварцевых концентратах из пегматитового кварца после предварительного обогащения, ppm

Месторождение	Fe	Ti	Zr	Al	Mn	Sr	Zn	B	Mg	Ca	Ba	Ni	K	Na	Li	Ge	P	Сумма
Керамические пегматиты недифференцированные																		
Кюрьяла	8	5,5	0,08	370	1,1	0,45	0,32	2,6	0,67	31	0,4	0,03	70	200	18,7	2,8	0,1	711,75
Яккима	11	7,7	0,6	1800	0,64	1,1	0,16	2	0,28	500	0,8	0,05	780	2940	9,5	3,2	72	6129,03
Мусковит-керамические пегматиты дифференцированные																		
Хетоламбино	5,6	3,8	0,021	40	0,1	0,22	0,075	0,4	1,1	16	0,16	0,011	8,2	1,3	0,79	1	0,1	78,877
Левин Наволок	1,3	3,6	0,01	60	0,047	0,12	0,058	0,87	0,2	9	0,038	0,011	5,5	27	7,3	2,2	0,1	117,354
Слюда	0,9	2,1	0,07	52	0,2	0,4	0,08	1,6	0,33	16	0,2	0,018	8,5	24	3,8	3,5	0,01	113,708
Риколатва	0,5	9,1	0,012	90	0,05	0,14	0,036	0,79	0,16	8,3	0,07	0,022	8,3	2,5	5,5	0,99	0,01	126,48
Мусковитовые пегматиты																		
Малиновая Варакка	3,8	8,4	0,021	120	0,13	0,12	0,1	1,7	0,55	11	0,055	0,013	18,5	85	3,3	3,3	0,1	256,089
Тэдино	3,2	6,7	0,3	100	0,1	0,3	0,067	0,44	2,8	21	1,3	0,06	47	34	0,77	1,3	0,3	219,637
Мусковит-редкометалльные пегматиты																		
Пиртима	1,9	6	0,13	220	0,11	0,23	0,07	0,68	0,65	7,9	0,46	0,013	125	148	1,7	1,5	0,2	514,543

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

В кварце месторождений мусковитовых пегматитов наблюдается большое количество микровключений (мусковит, плагиоклаз, К-полевой шпат) внутри зерен кварца, что значительно затрудняет получение чистых кварцевых концентратов из данного типа кварца. Характерной особенностью кварца из мусковитовых и мусковит-керамических пегматитов являются повышенные концентрации Ti, а также Li в концентратах предварительной очистки. Коэффициент титанистости ($K_т$ = Ti/$\sum$ общ. эл.·100 %) довольно высокий – от 2 (Слюда) до 7 (Риколатва), что в целом согласуется с общим повышенным содержанием Ti в пегматитах Беломорско-Лапландского пояса [Слюдоносные пегматиты..., 1976]. По всей видимости, Ti присутствует в кварце в качестве структурной примеси, что связано с повышенными температурами образования и перекристаллизации кварца. Это подтверждает наличие большого количества газово-жидких включений (ГЖВ) с высоким содержанием газовой фазы, как в виде единичных включений, так и в виде скоплений по трещинкам залечивания (рис. 2, А). Кроме того, Ti образует и самостоятельные твердые фазы в виде игловидных включений рутила. Влияние углекисловодных растворов при формировании кварца наблюдается практически во всех месторождениях – характерны цепочки ГЖВ с углекислотой по различным трещинам залечивания (рис. 2, Б).

Вариации концентраций Li в кварце пегматитов связаны с диференцированностью расплава и степенью перекристаллизации кварца в ходе метасоматоза (в мусковитовых пегматитах) [Слюдоносные пегматиты..., 1976]. В результате наибольшие содержания Li наблюдаются в недифференцированных керамических пегматитах Южной Карелии (Яккима и Кюрьяла Улялегского пегматитового поля), а в мусковитовых, мусковит-керамических и мусковит-редкометалльных пегматитах они значительно варьируют (табл. 2). При этом наблюдается корреляция содержаний Li с летучими, в частности с B (коэффициент корреляции 0,8).

Для керамических пегматитов в целом характерны высокие концентрации элементов-примесей в концентратах после предварительного обогащения, что связано с присутствием

большого количества минеральных примесей, особенно полевого шпата. Формирование кварца пегматитов проходило при высоких температурах, о чем говорит присутствие ГЖВ с высоким процентным содержанием газовой фазы, и при участии водно-солевых растворов.

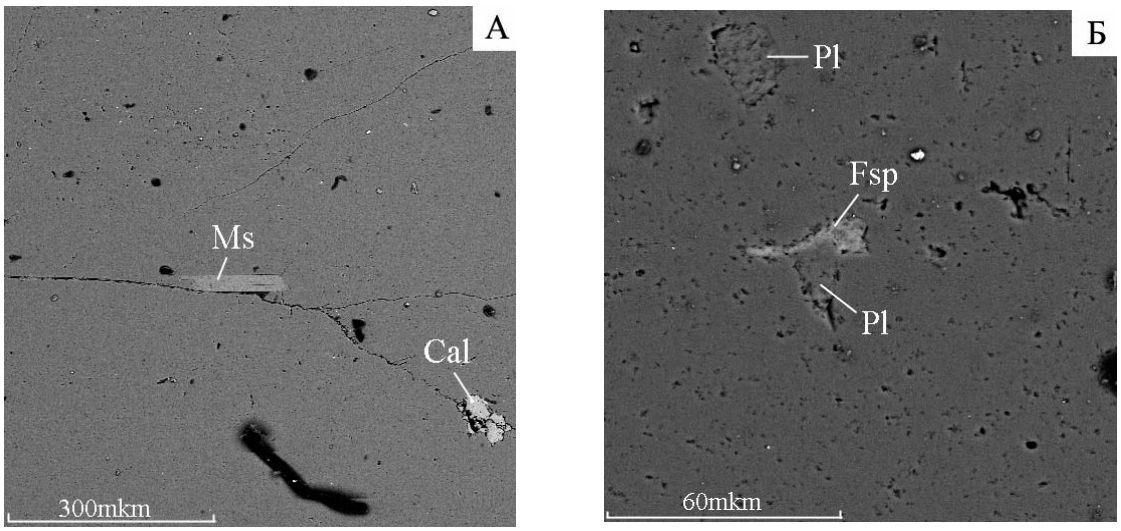


Рис. 2. Минеральные включения в кварце месторождения Риколатва (фото с микроскопа):
А – мусковит (MS), кальцит (Cal) по трещинкам; Б – плагиоклаз (Pl), К-полевой шпат (Fls) внутри зерен кварца

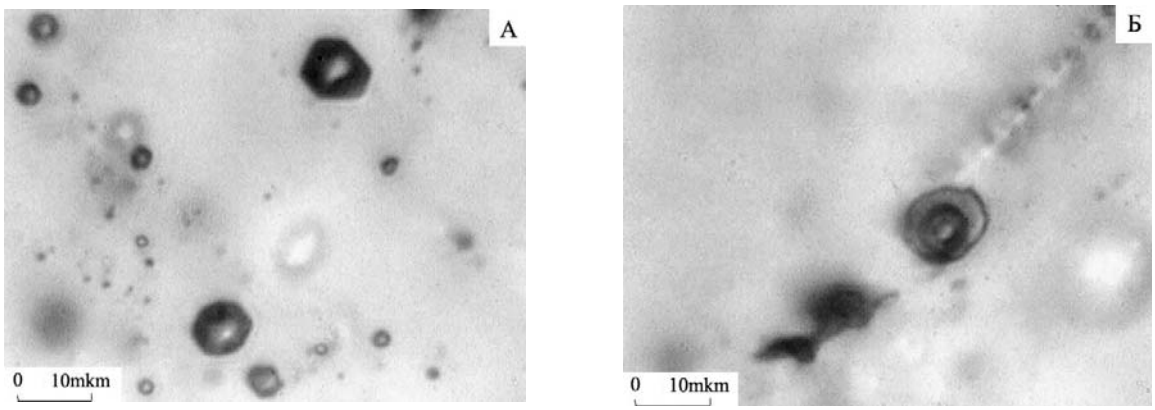


Рис. 3. ГЖВ в кварце (фото шлифов, николи ||):
А – существенно газовые включения в кварце Левин Наволок; Б – углекисловодные включения в кварце Малиновая Варакка

В целом на данном этапе исследований можно сказать, что получение ВЧК из пегматитового кварца затруднительно. Это связано как с присутствием трудноудалимых минеральных включений, так и с высокими концентрациями в некоторых типах пегматитов таких элементов-примесей, как Li и Ti. Проводившиеся в 2001 г. в Кыштыме технологические испытания по глубокому обогащению кварца из отвалов месторождения Риколатва показали, что, несмотря на суммарные низкие концентрации элементов-примесей в концентратах (32–47 ppm), остаются высокие концентрации Ti (2–5 ppm) (по данным Отчета, Кыштым 2002).

Жильный кварц

Наиболее перспективными кварцевожильными площадями на территории Карело-Кольской кварценосной провинции традиционно считались Кейвский (Семиостровское, Выхчуртское, Червуртское и Боллоуртинское кварцевожильные поля) и Енский (месторождение Перчатка, Енское кварцевожильное поле) районы [Данилевская, 2008], где распространены кварцевые жилы с гранулированным и стекловидным кварцем, которые долгое время считались практически единственными источниками кварцевого сырья для плавки прозрачного кварцевого стекла. Однако удаленность и труднодоступность Кейв не давала

возможности проведения детальных разведочных и добычных работ. А неоднородность кварцевого сырья месторождения Перчатка, несмотря на проводившуюся там добычу кварца с 1988 по 1992 г., а также несоответствие сырья возросшим требованиям потребителей стали одними из основных причин прекращения разработок месторождения.

Минералого-технологические исследования кварца месторождения Перчатка основаны на комплексной оценке месторождения, включая и минерализованные разности кварца, минуя стадию ручной рудоразборки, которая дает значительные потери (до 70 %) уже на начальном этапе добычи кварца [Данилевская, Скамницкая, 2010]. Кроме того, помимо указанных площадей на территории Кольского полуострова, жилы с гранулированным кварцем выявлены и на других территориях Карело-Кольского региона – участки Рухнаволок, Половина, Шуерецкое (Северная Карелия). Проведена предварительная оценка кварца данных участков [Данилевская и др., 2004], а также детальные минералого-технологические исследования кварца участка Рухнаволок, как наиболее перспективного.

Особенностью жильного гранулированного кварца является повышенная химическая чистота и прозрачность исходного кварца, что обусловливает постоянный интерес к данному типу сырья как источнику получения концентратов для производства прозрачного кварцевого стекла. Жильный гранулированный кварц является вторично-зернистым агрегатом, образованным в результате метаморфизма или диафтореза первично-зернистого, как правило, стекловидного кварца. В зависимости от термодинамических условий метаморфизма первично-зернистых кварцевых жил формирование гранулированного кварца может происходить либо за счет α-β перехода с последующей рекристаллизацией и регенерацией (гранулитовая и амфиболитовая фации метаморфизма), либо за счет катаклаза и рекристаллизации (амфиболитовая, эпидот-амфиболитовая фация) [Геология..., 1988].

В пределах Карело-Кольского региона жильный гранулированный кварц образовывался в различных геолого-фациальных и термодинамических условиях и, соответственно, имеет свои типоморфные особенности [Данилевская, Шпаченко, 2010].

Для кварца месторождения Перчатка, сформированного в результате грануляции при α-β инверсии и последующей рекристаллизации, происходивших в неспокойной тектонической обстановке в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций дистен-силлиманитовой серии при высоком давлении (240–620 МПа) и температуре (630–720 °С), характерно проявление пластической деформации: единичные деформационные изгибы, пластинки деформации, линейно- и неравномерно-блоковая микроструктура, местами переходящая в неясноблоковую. Присутствие ксенолитов амфиболитов в пределах жильной зоны, интенсивное развитие трещиноватости и минерализации по трещинам внутри кварцевых жил обусловило присутствие большого количества разнообразных минеральных примесей в кварцевых жилах, основными являются: мусковит, плагиоклаз, К-полевой шпат, эпидот, амфибол (роговая обманка), кальцит (рис. 4). В подчиненном количестве присутствуют биотит, апатит, хлорит, кианит, сульфиды, рутил. Установлено, что основными минеральными примесями, затрудняющими процессы обогащения, могут быть мелкие включения внутри зерен кварца: плагиоклаза (20–50 мкм, по составу близкого к олигоклазу № 30), эпидота-клиноцоизита (разм. 10–50 мкм), реже амфибола (роговой обманки, разм. 20–30 мкм) и флогопита (50–100 мкм), а также иногда К-полевого шпата, пироксена (авгита) и мусковита (рис. 5).

В пределах Кейвской площади, по данным фондовых материалов, встречаются кварцевые жилы линзовидной и пластообразной формы с гранулированным кварцем различной зернистости, рекристаллизованным крупнозернистым и крупно-грубозернистым и рекристаллизованным кварцем с признаками грануляции, а также жилы, сложенные молочно-белым кварцем. Формирование жил с гранулированным кварцем в пределах Больших Кейв, локализованных в кварц-мусковитовых сланцах песцовотундровской свиты, и Малых Кейв (уч. Маягино), локализованных в зоне контакта кианит-мусковитовых сланцев червуртской свиты с метабазитами и породами Имандра-Варзугской зоны, связано с образованием зон сдвиговых деформаций на фоне регионального метаморфизма амфиболитовой фации ставролит-биотит-кианит-мусковитовой субфации (повышенных давлений) [Бельков, 1963]. Интенсивное проявление стресс-метаморфизма обусловило образование катаклаз-гранулированного кварца, представленного крупнозернистым агрегатом зерен с гранобластовой неравновесной структурой.

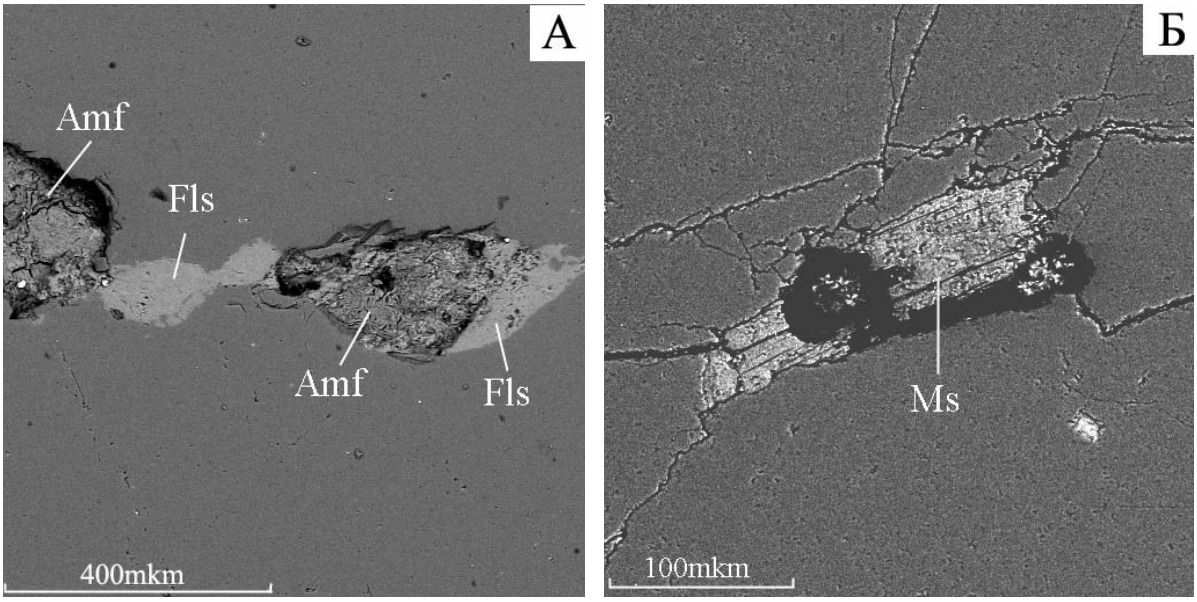


Рис. 4. Основные минеральные примеси в кварце месторождения Перчатка (фото с микроскопа Tescan):
А – K-полевой шпат (Fls), амфибол (Amf); Б – мусковит (Ms)

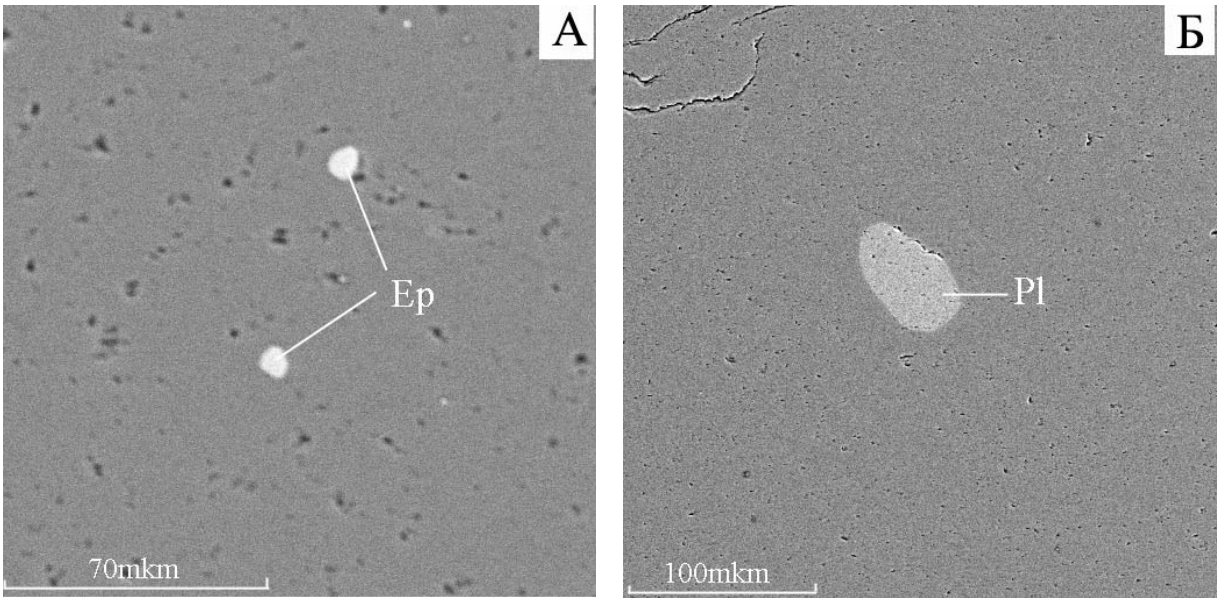


Рис. 5. Микроминеральные включения в кварце месторождения Перчатка (фото с микроскопа Tescan):
А – эпидот (Ep); Б – плагиоклаз (Pl)

В качестве минералов-примесей присутствуют полевой шпат, мусковит, биотит, ильменит, хлорит, рутил, кианит, силлиманит, амфибол, ставролит, пирит, халькопирит, графит, карбонаты, циркон. Наиболее распространенными являются полевой шпат (для гнейсовых толщ) и мусковит (для сланцевых толщ), ильменит, биотит, рутил, кианит и силлиманит имеют второстепенное значение. Проводившиеся в 1993–1997 гг. исследования кварца различных типов в пределах кварцевожильных полей Кейв показали, что вариации химического состава исходного кварца значительные, даже в пределах типов. Среднее суммарное содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах после обогащения варьирует незначительно, наблюдаются вариации содержания отдельных элементов (табл. 3). Характерно высокое содержание Ti (кроме молочно-белого кварца), что обусловлено присутствием рутиловых иголок в кварце данных типов Кейв.

Таблица 3. Средние содержания элементов-примесей в кварцевых концентратах после полной схемы обогащения, ppm

Тип кварца	Cu	Ti	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Ni	Cr	Na	K	Li	Сумма
Рекристаллизованный с грануляцией	0,08	4,24	2,47	0,24	0,71	31,7	0,07	0,1	0	3,46	7,41	1,04	51,45
Рекристаллизованный	0,05	5,8	5,6	0,45	0,63	23,9	0,06	0	0	3,23	2,78	1,01	43,60
Рекристаллизованный полупрозрачный	0,07	4,44	2,44	0,43	0,79	24,4	0,07	0	0,03	4,05	3,41	0,6	40,76
Стекловидный	0,05	6,61	1,22	0,49	1,01	36,4	0,03	0	0	4,2	4,07	1,59	55,71
Молочно-белый	0,03	2,6	0,8	0,25	0,54	18	0,03	0	0	24,2	3,8	1,6	51,85

Примечание. По данным Отчета о результатах геологоразведочных работ на прозрачный и гранулированный жильный кварц на Кейвской площади (Мурманская область) 1993–1996 гг. (Н. П. Костелов, Ю. А. Шатнов, Н. В. Казаков).

По предварительным данным минералого-технологических исследований кварца некоторых жил Больших Кейв (уч. Семиостровский) и Малых Кейв (уч. Маягино) выявлено, что пластические деформации в кварце проявлены довольно интенсивно: полосы деформации, блокование. Основные минеральные примеси в кварце жилы г. Песцовой – мусковит, биотит, хлорит, сульфиды. Характерной особенностью является наличие рутиловых иголок внутри зерен кварца, которые значительно ухудшают качество сырья (рис. 6, А). Для гранулированного кварца участка Маягино основной минеральной примесью является мусковит, который развит по трещинкам и на границах зерен (рис. 6, Б).

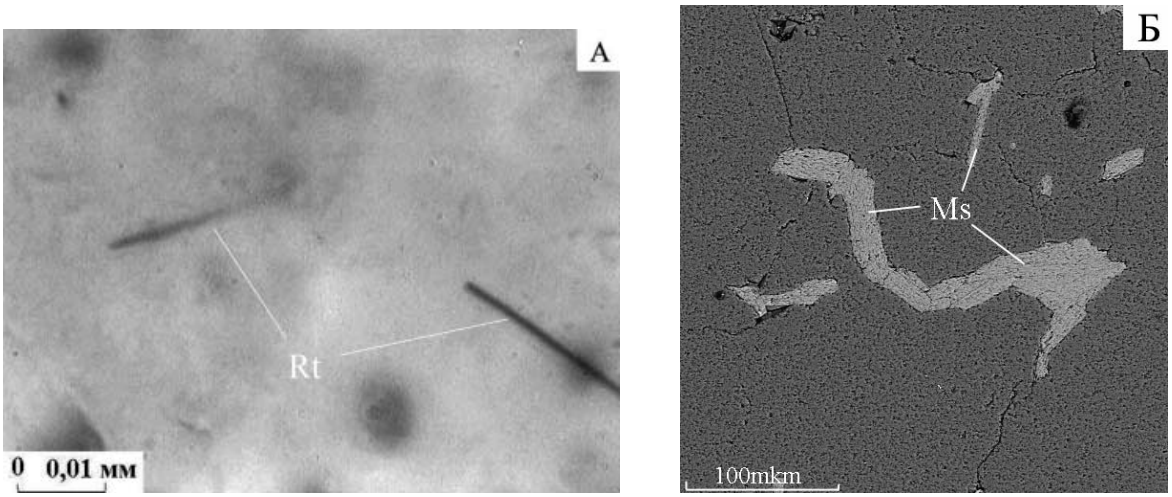


Рис. 6. Минеральные примеси в кварце:

А – рутиловые иглы (Rt) в кварце из жил г. Песцовой (фото шлифа, николи ||); Б – включения мусковита (Ms) в кварце из жил уч. Маягино (фото с микроскопа Tescan)

На участке Рухнаволок, расположенном в центральной части Северо-Карельского зеленокаменного пояса, жилы с гранулированным кварцем образовались в зоне интенсивного рассланцевания амфиболитов [Данилевская и др., 2004]. Формирование их происходило в условиях эпидот-амфиболитовой фации повышенных давлений с проявлениями перекристаллизации и грануляции кварца в процессе диафтореза. В результате сформировался среднезернистый гранулированный кварц с гранобластовой равновесной структурой. Характерно незначительное развитие пластических деформаций: факела и пластинки деформаций, блокование. Основные минеральные примеси – слюды, полевой шпат, амфибол. Характерной особенностью является наличие единичных включений волосовидного рутила в зернах кварца.

Газонасыщенность жильного гранулированного кварца всех рассмотренных участков низкая. Коэффициент светопропускания в среднем составляет около 70 %. Газово-жидкие включения представлены несколькими генерациями – первично-вторичные существенно-газовые, вторичные жидко-газовые с разным процентным содержанием газовой фазы. Для кварца участка Рухнаволок характерно присутствие углекисловодных включений.

Предварительные минералого-технологические исследования показали, что содержание элементов-примесей в кварце после операций предварительной очистки (магнитная сепарация и кислотообработка) варьирует в зависи-

мости от наличия в кварце трудноудалимых минеральных включений, их количества и видов (табл. 4). Повышенный коэффициент титанистости наблюдается в кварце участка г. Песцовой и Рухнаволок, что обусловлено наличием рутиловых игл. Повышенное содержание Li в кварце участка Рухнаволок связано с присутствием данного элемента в решетке. Наиболее чистый по содержанию элементов-примесей кварц участка Маягино.

Таблица 4. Среднее содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах после предварительного обогащения, ppm

Участок	Fe	Ti	Zr	Al	Mn	Sr	Zn	B	Mg	Ca	Ba	Ni	Cr	Cu	K	Na	Li	Ge	P	Сумма
Перчатка *	4,46	2,44	0,02	102,8	0,1	0,8	0,04	0,37	1,66	29,2	0,74	0,04	0,01	0,02	14,60	42,2	3,86	0,54	0,01	203,91
Песцовая К.*	1,4	10	0,016	54	0,03	0,084	0,038	0,11	0,48	1,9	0,12	0,016	0,016	0,019	4,7	4,5	0,48	0,82	0,1	78,829
Маягино*	0,68	1	0,02	18	0,02	0,12	0,023	0,15	0,44	4,6	0,08	0,017	0,074	0,023	2,9	8,3	0,28	0,43	0,01	37,167
Рухнаволок**	0,94	3,04	–	33,8	0,43	–	–	–	0,25	3,5		0,61	0,61	0,43	3,68	18,27	3,16	–	–	68,74

Примечание. Анализы выполнены * в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS, ** – в лаборатории Tatsumori Corp. (Япония).

Технологические исследования по глубокому обогащению были проведены на кварце месторождения Перчатка и участка Рухнаволок.

Для отработки технологии по глубокому обогащению кварца месторождения Перчатка были отобраны 2 штуфные пробы: ПРЧ-7 – стекловидный кварц из зоны трещиноватости, ПРЧ-15 – гранулированный кварц. Обогащение проводилось на исходном сырье без операций предварительной рудоразборки и отделения загрязненных минеральными примесями кусков, на фракции 0,315–0,1 мм, с использованием как стандартных методов (магнитной сепарации, флотации и кислотного выщелачивания в HCl и HF), так и методов направленного энергетического воздействия. В результате удалось значительно снизить содержание элементов-примесей, полученные концентраты близки по содержанию основных элементов-примесей независимо от типа кварца (табл. 5). Это позволяет говорить о возможности отработки единой комплексной технологии обогащения для кварца данного месторождения и, соответственно, значительно снизить потери кварца при технологической обработке.

Таблица 5. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах после операций предварительного и глубокого обогащения (Перчатка), ppm

Обогащение	Ti	Fe	Al	Zr	Mn	Cu	Zn	B	Ni	Cr	Ca	Ba	Mg	Na	K	Li	P	Сумма
Стекловидный кварц																		
Предварит.	2,4	2,2	17	0,012	0,19	0,016	0,02	0,31	0,029	0,01	36	0,18	1,2	7,8	5,5	1,7	0,01	74,577
Глубокое	2,2	0,74	14	0,04	0,04	0,01	0,01	0,32	0,02	0,02	9	0,02	0,2	1,1	1,3	2,2	0,1	31,32
Гранулированный кварц																		
Предварит.	2,7	0,75	54	0,015	0,02	0,01	0,051	0,31	0,053	0,012	19	1,2	0,46	16	23	4,5	0,01	122,091
Глубокое	2,6	0,04	24	0,044	0,01	0,01	0,019	0,29	0,01	0,01	0,7	0,017	0,18	1,9	1,5	3,5	0,1	34,93

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

Испытания по глубокому обогащению жильного гранулированного кварца участка Рухнаволок (жила 3) проводились в лаборатории ОАО «Полярный кварц» (г. Москва) по схеме обогащения, принятой для стекловидного жильного кварца месторождения Додо (Полярный Урал), а также в лаборатории Института геологии КарНЦ РАН.

В результате опытов по глубокому обогащению по схеме обогащения кварца месторождения Додо (Полярный Урал) установлено, что при существенном снижении общего числа примесей содержание таких примесей, как Al и Li, в кварце остается высоким. На долю Al и Li в составе примесей приходится 71,92 %, в том числе Al – 59 %, Li – 12,92 %. Остаются также повышенные концентрации Ti, обусловленные присутствием неудалимых включений рутила (табл. 6).

Таблица 6. Содержание элементов-примесей в кварцевом концентрате (Рухнаволок) после глубокого обогащения в лаборатории ОАО «Полярный кварц», ppm

Al	B	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ti	Zr	Сумма
20,00	0,11	0,07	0	0	1,71	0,11	4,34	0,03	0	4,33	3,2	0	33,9

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории ОАО «Полярный кварц» (г. Москва) методом ICP MS.

Проведенные технологические испытания кварца показали, что в целом по содержанию элементов-примесей полученный концентрат незначительно отличается от концентрата лаборатории ОАО «Полярный кварц» (табл. 7). Также повышенными остаются содержания Al, Ti и Li.

Таблица 7. Содержания элементов-примесей в кварцевом концентрате (Рухнаволок) после глубокого обогащения в Институте геологии КарНЦ РАН, ppm

Fe	Ti	Al	Mn	Mg	Ca	K	Na	Zr	Zn	B	Ba	Ni	Cr	Cu	Li	Ge	P	Сумма
1,1	2,9	22	0,02	0,16	0,54	0,8	3,6	0,12	0,027	0,04	0,012	0,023	0,024	0,01	4,1	0,23	0,1	35,806

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

На данном этапе исследований можно сказать, что получение ВЧК из традиционных типов кварцевого сырья (гранулированного и стекловидного) в ряде случаев может быть проблематично, что обусловлено минералогическими особенностями кварца, образованного в условиях повышенных температур и давлений. Из-за трудноудалимых минеральных включений и в ряде случаев структурных примесей в кварцевых концентратах после глубокого обогащения остаются высокие концентрации таких элементов, как Al, Ti, Li.

В последнее время возрос интерес к нетрадиционным источникам кварцевого сырья – жильному кварцу с исходно низким качеством (молочно-белый, минерализованный), кварцитам и кварцсодержащим породам. Это обусловлено дефицитом сырья традиционных типов, существующим положительным опытом зарубежных стран (США, Норвегия) по получению высокочистых концентратов из подобных пород, возможностью комплексного использования сырья.

Оценка возможностей использования нетрадиционных типов пород как сырья для получения высоколиквидных кварцевых продуктов заключается, главным образом, в подборе эффективных технологий их обогащения с учетом геолого-минералогических факторов, определяющих технологическое значение особенностей данных комплексов. Исследования проводились по некоторым типам кварцевого сырья Карело-Кольского региона [Данилевская и др., 2006, 2011; Данилевская, Скамницкая, 2009, 2011].

В результате комплексного изучения минералогических особенностей молочно-белого кварца месторождения Фенькина Лампи (Центральная Карелия) и проведения технологических испытаний по улучшению качества кварцевых концентратов с применением методов направленного воздействия удалось значительно снизить концентрации элементов-примесей в кварцевых концентратах из данного кварца в среднем с 215–273 ppm (в предварительно обогащенном кварце) до 95–106 ppm [Данилевская, Скамницкая, 2009].

Наиболее перспективным объектом нетрадиционного кварцевого сырья на территории Карелии является участок Меломайс в Западной Карелии, где наблюдается мощная (при длине до 1,5 км, мощности – 70–170 м) кварцевожильная зона субмеридионального простирания с огромными ресурсами [Данилевская, Щипцов, 2007а]. Жильная зона представлена интенсивно рассланцованным и минерализованным кварцем. Среднее содержание SiO_2 в исходном сырье – 96,84 %. Проведенные детальные минералого-технологические исследования показали, что основная масса минеральных включений удаляется на стадии предварительного обогащения, но наиболее трудноудаляемыми при глубоком обогащении примесями являются микроминеральные включения K-полевого шпата, плагиоклаза, мусковита, эпидота, расположенные внутри зерен кварца, а также мелкие газово-жидкие включения [Данилевская и др., 2006; Данилевская, Щипцов, 2007а].

На основе разработанной технологической схемы получены кварцевые концентраты по двум классам крупности (табл. 8). Кварцевый концентрат крупности 0,315–0,1 мм соответствует требованиям сорта КГО-1 (глубокого обогащения) ТУ 5726-002-11496665-97 для плавки прозрачного кварцевого стекла. Кварцевые концентраты крупности 1–0,315 мм характеризуются более высокими суммарными содержаниями элементов-примесей, но низкими концентрациями B и P и могут рассматриваться как сырье для получения кристаллического кремния. Материал крупностью –0,1 мм (шламы) может идти на керамику. Таким образом, кварцевое сырье участка Меломайс может рассматриваться как комплексное с получением трех кварцевых продуктов различного качества и назначения.

Таблица 8. Вариации содержаний элементов-примесей (минимум – максимум) в кварцевых продуктах разной крупности участка Меломайс, ppm

Крупн. мм	Fe	Ti	Zr	Al	Mn	Zn	B	Mg	Ca	Cu	K	Na	Li	Ge	P	Сумма
–0,315 – +0,1	0,5–3,4	1,1–4,9	0,36–0,69	13–23	0,014–0,059	0,01–0,09	0,05–0,12	0,24–1,9	1,5–2,9	0,03–0,05	3–9	2,6–4,1	0,22–0,71	0,1–0,14	0,1–0,25	28,366–44,78
–1 – +0,315	6,4–17	1,8–2	0,55–0,74	32–36	0,085–0,53	0,078–0,25	0,11–0,16	2,7–4	3,8–5,5	0,06–0,11	10–12	6–7,3	0,33–0,4	0,06–0,1	0,26–0,42	69,008–76,16

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

В качестве перспективного нетрадиционного источника кварцевого сырья на территории Карело-Кольского региона рассматривается также жильный золоторудный кварц месторождения Майское. По данным концерна «Техстекло» (1991 г.) хвосты обогащенной технологической пробы рудопроявления «Майское» не могут использоваться в промышленности оптического стекловарения и производстве кварцевого стекла, а концентраты, полученные в результате переработки кускового кварца, соответствуют II сорту кварца по ТУ-41-07-008-82 «Кварц жильный прозрачный для производства кварцевого стекла» [Данилевская и др., 2004]. Однако интерес к кварцу этого месторождения возник в результате анализа полученных данных по содержанию структурных примесей в кварце, которые характеризуются низкими концентрациями Al (3,5–6 ppm), Ge (0,05–0,15 ppm), Ti (0,1–0,3 ppm) [Войтеховский и др., 2010].

Образование химически чистого кварца данного месторождения, по всей видимости, связано с многоэтапностью его формирования в условиях невысоких температур (350–300 °С) и влиянием метасоматической переработки на более поздних стадиях при общем снижении температур (до 220 °С), которая привела к перекристаллизации кварца [Вольфсон, 2004].

Проведенные предварительные минералого-технологические исследования кварца месторождения Майское показали, что кварц варьирует от молочно-белого сливного до всех оттенков серого зернистого кварца. Из минеральных примесей, кроме сульфидов и золота, присутствуют альбит, биотит, мусковит, актинолит, кальцит, анкерит, хлорит, олигоклаз, К-полевой шпат, рутил. В качестве трудноудалимых могут быть микровключения зерен кальцита (10–50 мкм), К-полевого шпата (10–50 мкм), мусковита (10–60 мкм), хлорита (10–60 мкм) (рис. 7).

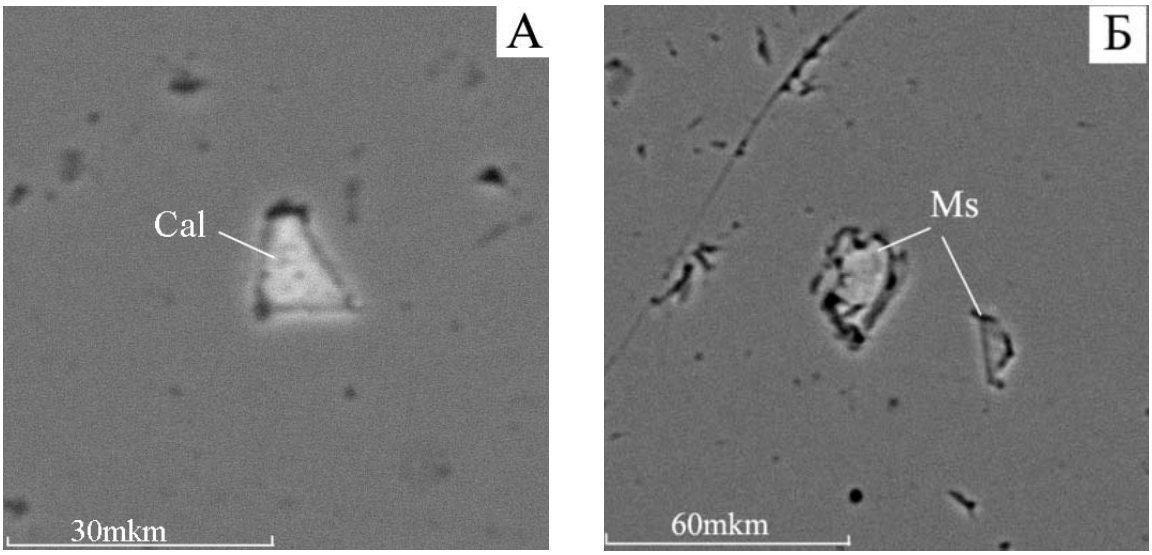


Рис. 7. Микровключения в кварце месторождения Майское (фото с микроскопа Tescan):
А – кальцит (Cal), Б – мусковит (Ms)

Технологические испытания по очистке исходного кварца месторождения Майское показали, что в результате глубокого обогащения с применением методов направленного воздействия удается значительно снизить концентрации элементов-примесей в кварце (табл. 9).

Таблица 9. Содержание элементов-примесей в кварце месторождения Майское на различных стадиях обогащения, ppm

Ti	Fe	Al	Zr	Mn	Cu	Zn	B	Ni	Cr	Co	Ca	Ba	Mg	Na	K	Li	P	Сумма
Исходный кварц																		
85	800	2600	2,3	4,4	590	3,4	0	5,5	3,1	4,1	200	17	18	770	1000	1,5	14	6118,3
Концентрат после магнитной сепарации																		
1,5	135	260	0,06	1,1	85	2,2	0,5	1,2	0,3	1,2	40	1,1	13	300	40	0,13	0,8	883,09
Концентрат после магнитной сепарации и обработки в HF																		
0,4	35	16	0,018	0,055	40	0,12	0,4	0,07	0,012	0,16	5,5	0,34	1,1	11	7,5	0,05	0,11	117,84
Концентрат после глубокого обогащения																		
0,32	2,3	10	0,01	0,026	0,9	0,04	0,19	0,14	0,01	0,16	2,9	0,26	0,65	7,6	5	0,04	0,1	30,646

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

Полученные данные позволяют говорить о перспективности кварца данного месторождения в качестве сырья для производства ВЧК и необходимости проведения дальнейших исследований.

Кварц-мусковитовые метасоматит и перекристаллизованные кварциты

Изучение кварцсодержащих пород как потенциальных источников кварцевого сырья прежде всего связано с возможностью их комплексного использования, а также с большими площадями их распространения и, соответственно, запасами кварца. Широко известна во всем мире компания Unimin (США), которая поставляет на мировой рынок Iota-кварц (мировой стандарт ВЧК), производимый из плагиопегматитов и аляскитовых гранитов, получая также мусковитовый и полевошпатовый продукты. Норвежская фирма Elkem успешно перерабатывает кварциты месторождения Тана с получением кварцевых продуктов высокого качества для микроэлектроники. Кроме того, в качестве перспективных объектов кварцевого сырья для ВЧК в Норвегии рассматриваются месторождения кианитовых кварцитов [Müller et al., 2007].

На территории Карело-Кольской кварценосной провинции кварцсодержащие породы имеют довольно широкое распространение, включая толщи кварцитов ятулийского возраста, различные кварцсодержащие сланцы, гнейсы, кварцевые конгломераты и т. д. Из изученных к настоящему времени пород перспективными объектами на территории Северной Карелии в границах Хизоваарской структуры являются месторождения кианитовых руд Южная линза и маложелезистого мелкочешуйчатого мусковита Восточная Хизоваара, образованные в процессе кислотного выщелачивания различных фаций метасоматоза. Здесь кварц рассматривается как попутно извлекаемый компонент [Данилевская и др., 2004].

Наиболее перспективными являются кварц-мусковитовые метасоматиты крупного месторождения Восточная Хизоваара, которое было выявлено и оценено на мелкочешуйчатый маложелезистый мусковит, пригодный для различных областей использования, в том числе и для высокотехнологичных перламутровых пигментов [Щипцов и др., 2003]. Помимо мусковита в качестве полезных компонентов могут быть рассмотрены кварц и кианит. Комплексная отработка месторождения позволит значительно повысить его рентабельность. Содержание кварца в породе составляет 10–71 %, мусковита – 8–42 %. Присутствуют также плагиоклаз – 1,5–28 %; кианит – 2–13,5 %; биотит – 0,1–8 %; рудные минералы – пирит, пирротин, сфалерит (1,5–11 %). В качестве акцессорных минералов встречаются турмалин, рутил, титанит, апатит, кальцит, циркон, монацит. Характерной особенностью является практически полное отсутствие газово-жидких включений в кварце.

Технологические исследования по выделению кварцевых концентратов из хвостов мусковитового цикла [Данилевская, Скамницкая, 2011], проводившиеся на усредненных пробах, отобранных из керна скважин, позволили значительно снизить содержание примесей в кварце по сравнению с исходным (табл. 10, 11), остаются повышенными концентрации Al, Ti, Na, Ca и Fe.

Таблица 10. Средний химический состав хвостов обогащения мусковитовых кварцитов месторождения Восточная Хизоваара

№ пр./фракция, мм	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	ппп	P_2O_5
1/0,315–0,1	86,23	0,11	8,36	0,03	0,03	0,005	0,19	1,21	1,87	0,72	0,49	0,71	0,08
2/0,2–0,1	89,99	0,16	6,73	0,08	0,02	0,002	0,06	0,31	0,97	0,71	0,07	0,58	0,12

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Института геологии КарНЦ РАН.

Таблица 11. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах (Восточная Хизоваара), ppm

№ пр. /фракция, мм	Fe	Ti	Zr	Al	Mn	Sr	Zn	B	Mg	Ca	Ba	Ni	Cr	Cu	K	Na	Li	Ge	P	Co	Сумма
1/0,315–0,1	5,6	60	6,8	66	0,25	0,38	0,15	0,22	8	17	0,92	0,035	0,06	0,22	16	51	0,17	0,8	2,8	0,13	236,485
2/0,2–0,1	29	430	9,5	820	0,08	2,5	0,25	0,33	1	51	0,19	0,4	0,28	0,32	7,8	99	0,12	1,5	1	0,92	1455,19

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

Кварцевые продукты соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для производства карбида кремния, динасовых изделий, стекла (по ГОСТ 22551-77) и керамики. После помола пылевидный кварц пригоден для литья по выплавляемым моделям. Кроме того, кварцевый концентрат, полученный в результате глубокого обогащения по

пробе ПР-1 (крупность 0,315–0,1 мм), соответствует требованиям компании Элкем для производства технического (металлического) кремния специальных марок (Special grade Silicon metal), а концентрат, полученный по пробе ПР-2 (крупность 0,25–0,1 мм), соответствует требованиям компании Элкем для производства ферросилиция высоких марок (HP FeSi-low P and B).

В пределах Кольского региона известны кианитовые сланцы Кейв, образованные в результате полиметаморфизма осадочных толщ и прослеживающиеся в виде узкой (от нескольких сотен метров до первых километров) полосы более чем на сто километров [Бельков, 1963]. Разведано несколько месторождений на кианит, как перспективный вид сырья для производства силумина, огнеупоров и глинозема, однако перспективы использования кварцевого сырья как попутного компонента при комплексной разработке не рассматривались. Вместе с тем кварц, как правило, составляет от 50–60 об. % породы. Наряду с кианитовыми сланцами, составляющими в стратиграфическом разрезе, по данным И. В. Белькова, пачку Б, интерес могут представлять мусковитовые кварциты (пачка В), распространенные в пределах центральных и западных Кейв, содержание кварца в которых составляет 85–90 об. %, а также метасоматические кианитовые сланцы с голубым кианитом, которые образуют вытянутые линзы на контактах кварцитов и гранат-ставролитовых сланцев, содержание кварца достигает 70 об. % [Бельков, 1963].

Мусковитовые кварциты песцовотундровской свиты Хребет Серповидный (Большие Кейвы) по минеральному составу довольно однородны и значительно отличаются от мусковитовых кварцитов Восточной Хизоваары. В качестве второстепенных минералов, кроме мусковита, данные породы содержат К-полевой шпат, плагиоклаз, иногда хлорит, которые развиты в основном по границам зерен кварца вместе с мусковитом и по микротрещинкам внутри зерен (рис. 8, А). В качестве акцессорных наблюдаются рутил, эпидот, циркон, титанит и апатит (рис. 8, Б).

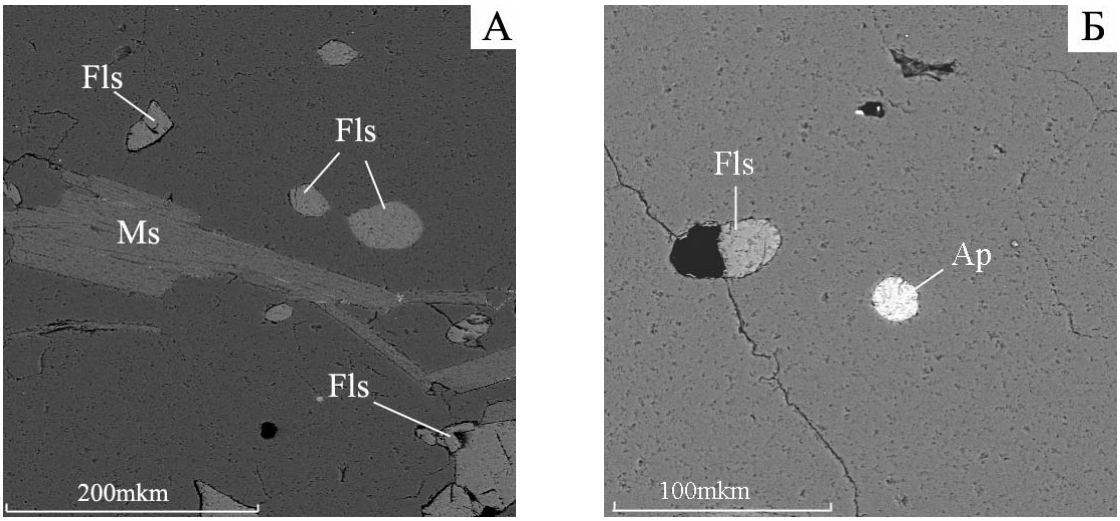


Рис. 8. Минеральные примеси в мусковитовых кварцитах Хребта Серповидного (фото с микроскопа Tescan):
А – мусковит (Ms), К-полевой шпат (Fls); Б – акцессорный апатит (Ap) и микровключение К-полевого шпата (Fls)

Проведенные исследования по предварительному обогащению этих пород с использованием стандартных операций обогащения показали, что уже на данной стадии возможно значительное очищение кварца от примесей (табл. 12).

Таблица 12. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах, полученных из мусковитовых кварцитов после операций предварительного обогащения

Фракция, мм	Fe	Ti	Al	Mn	B	Mg	Ca	Cu	K	Na	Li	Ge	P	Сумма
0,2–0,05	33	70	1400	3,9	5,4	8	22	1	1100	310	1,2	0,6	9,3	2964,4
0,315–0,1	41	30	2700	1,2	0,52	8,6	9,5	0,13	1300	150	0,93	0,9	3,5	4246,28

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

Кварцевые концентраты после предварительного обогащения удовлетворяют требованиям компании Элкем для производства ферросилиция (марки Std FerroSilicon и HP FeSi-low P and B).

На границе Северной Карелии и Мурманской области в пределах северной части Северо-Карельского зеленокаменного пояса имеют распространение кварциты ятулийского возраста (Кукасозерский сегмент, участок Степаново озеро), которые претерпели переработку, вплоть до образования сливных кварцитов, в результате интенсивной тектонической активизации свекофеннского возраста и связанного с ней метаморфизма эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций [Данилевская и др., 2004].

В результате проведенных минералого-петрографических исследований и минералого-технологического картирования на участке Степаново озеро установлено, что кварциты данного участка характеризуются присутствием зональности, образованной в результате вторичных изменений в процессе метаморфизма и метасоматоза. Среднее содержание SiO_2 в пробах сливных кварцитов из центральной части тела – 98,86 %. В приконтактовых частях кварцит более мелкозернистый и значительно минерализованный. Основные минеральные примеси – серицит, плагиоклаз, иногда кальцит (редко присутствует пироксен) – распределены вдоль границ зерен. Акцессорные минералы наблюдаются часто в виде мелкодисперсных включений внутри зерен кварца и представлены пиритом, апатитом, эпидотом, реже монацитом, ортитом, цирконом.

По результатам предварительного обогащения кварца данного проявления по различным типам установлены различия в качестве кварцевых продуктов из разных типов кварца на стандартной крупке размерами 0,1–0,5 мм (табл. 13) [Данилевская и др., 2004]. Наиболее обогатимыми являются центральные части кварцевого тела с интенсивной переработкой.

Таблица 13. Качественные характеристики концентратов предварительного обогащения по нескольким пробам (Степаново озеро), ppm

Тип кварца	Al	Fe	K	Na	Ti	Li	Ca	Mg	Cu	Cr	Mn	Ni	Co	Сумма
М/з кварцит (1 проба)	200	18	30,5	374	29,1	0,15	10	16,1	0,2	1	0,2	1	1	681,3
Сливной кварцит (сред. по 2 пробам)	72	3,75	11,9	39,5	7,65	0,23	6	4,7	0,2	1	0,2	1	1	149,1

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории ВНИИСИМС (г. Александров).

Проведенные эксперименты по дообогащению данного кварца, с включением методов направленного воздействия и использованием более мелкого материала двух фракций – 0,313–0,1 мм и 0,2–0,02 мм, позволили значительно улучшить качество кварцевого концентрата, особенно по более мелкой фракции (табл. 14).

Таблица 14. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах двух фракций после глубокого обогащения (Степаново озеро), ppm

Фракция, мм	Fe	Ti	Al	Mn	Mg	Ca	K	Na	Zr	Sr	Zn	B	Ba	Ni	Cr	Cu	Li	Ge	P	Co	Сумма
0,313–0,1	16	5	31	0,05	0,9	2,6	10	5	2,1	0,035	0,052	0,11	0,22	2,2	0,1	0,048	0,07	0,6	1,2	0,08	77,667
0,2–0,02	0,5	3,9	35	0,04	0,23	0,6	2,8	1,0	0,05	0,1	0,037	0,21	0,017	0,01	0,025	0,06	4,1	0,7	0,2	0,01	49,496

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

После проведенных технологических исследований наблюдается значительное снижение содержания Fe, Mg, Zr, Ba, P в кварцевом концентрате, вместе с тем содержание Al, Ti практически не изменяется. Существенные отличия по содержанию Li могут быть связаны с неоднородностью состава кварца по фракциям.

Кварцевые концентраты после проведенных операций обогащения на разной крупности и по различным схемам, в том числе и с применением направленных воздействий, в целом не соответствуют высокочистому кварцу (сортам КГО), в основном из-за высокого содержания Al. По-видимому, с проведением дополнительных исследований по отработке режимов очистки можно повысить качество кварцевых концентратов с учетом исходно низкого содержания в кварце структурных примесей [Данилевская, Раков, 2006].

Определенный интерес вызывают кварциты палеопротерозойского возраста нижнего ятулия, имеющие широкое распространение в центральной части Карелии. Интерес, прежде всего, вызывают исходно чистые разновидности кварцитов, которые могут рассматриваться как сырье для производства «металлургического кремния» (MG-Si), который является востребованным продуктом на рынке и исходным сырьем для производства поликремния для солнечных батарей и электроники (solar & electronic grade). В частности, кварциты месторождения Метчангъярви характеризуются многоцелевым комплексным использованием (исходное сырье – огнеупорный порошок, декора-

тивный щебень, наполнители в бетон, стекольная промышленность, некоторые разновидности – металлургический кремний; кварцевая крупка после процессов обогащения – стекольная промышленность, кристаллический кремний) [Данилевская и др., 2007].

Заключение

Карело-Кольский регион является одной из четырех кварценосных провинций на территории России, имеет выгодное территориальное расположение. Проводившиеся в Институте геологии КарНЦ РАН в последние 15 лет исследования кварцевого сырья в пределах данной территории позволили значительно расширить перечень перспективных типов кварцевого сырья, включая нетрадиционные разновидности (кварциты, кварцевые метасоматиты, жильный кварц с исходно низким качеством и др.). Кроме того, была произведена переоценка уже известных объектов с учетом современных требований, расширением спектра исследованных элементов-примесей и с применением новых подходов к обогащению, что позволило улучшить качество кварцевых концентратов, расширяя тем самым спектр их возможного применения.

На данном этапе исследований можно сказать, что среди изученных разновидностей кварцевого сырья наиболее перспективными типами являются кварцевые образования, сформированные в результате метаморфизма и перекристаллизации, протекавших при невысоких температурах и стрессовой нагрузке.

Минералого-технологические исследования кварца показали, что наиболее перспективными объектами кварцевого сырья на данный момент на территории Карело-Кольской кварценосной провинции для производства ВЧК, требующими дальнейших детальных исследований, можно считать: жильный кварц месторождения Майское, участка Маягино (Малые Кейвы), участка Меломайс.

Важными задачами дальнейших исследований кварцевого сырья данного региона являются: подбор технологий обогащения кварцевого сырья месторождения Перчатка с целью улучшения качества кварцевых концентратов; проведение детальных минералого-технологических исследований жильного кварца Больших Кейв и поиск наиболее обогатимых разновидностей кварца; разработка новых подходов к очистке кварца от трудноудалимых микровключений и ГЖВ и отработка технологий обогащения нетрадиционных типов кварцевого сырья (молочно-белого жильного кварца, сливных кварцитов, кварцевых метасоматитов и т. д.); проведение поисково-оценочных работ по кварцитам с целью поиска наиболее чистых разновидностей для производства металлургического кремния; выявление новых нетрадиционных типов кварцевого сырья, пригодных для производства востребованных кварцевых продуктов.

Карело-Кольский регион является перспективной для освоения кварценосной провинцией. Расширение и углубление исследований в области изучения геологических условий формирования кварцевого сырья, его минералого-технологических свойств и обогатимости позволят в дальнейшем значительно повысить интерес к региону со стороны кварцпотребляющей промышленности, что в целом улучшит его инвестиционную привлекательность.

Автор выражает искреннюю признательность проф., д. г.-м. н. В. В. Щипцову и Л. С. Скамницкой за помощь и поддержку в проведении исследований, а также автор благодарен проф., д. г.-м. н. Ю. Л. Войтеховскому и к. г.-м. н. А. К. Шпаченко за помощь в предоставлении фактического материала и фондовой литературы по кварцевому сырью Кольского п-ова.

Литература

Белоусова Е. Б., Петров И. М. Мировой рынок высокочистого природного кварца // Рынок минерального сырья. 2010. № 1. С. 62–65.

Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М., 1963. 320 с.

Борисов Л. А., Серых Н. М., Федотов В. К. и др. Минерально-сырьевая база кварцевого сырья России – состояние и основные направления ее развития // Неметаллические полезные ископаемые России: современное состояние сырьевой базы и актуальные проблемы научных исследований: Материалы конф. М.: ИГЕМ РАН, 2004. С. 41–44.

Борисов Л. А., Серых Н. М., Федотов В. К. Ресурсный потенциал кварцевого сырья для плавки // Современные проблемы изучения и использования минерально-сырьевой базы кварцевого сырья: Сб. ст. по материалам Всерос. совещ. Миасс, 24–27 мая 2011 г. С. 18–20.

Войтеховский Ю. Л., Лютоев В. П., Чернявский А. В. Золоторудный кварц из проявлений Пана-Куолаярвинской структуры // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов: Тр. Всерос. (с междунар. участием) науч. конф., посвящ. 80-летию Кольского НЦ РАН. Апатиты, 26–29 сент. 2010 г. Апатиты: ООО К & М, 2010. С. 4–7.

Вольфсон А. А. Геолого-генетические особенности золото-кварцевого месторождения «Майское» (Северная Карелия): Дис. … канд. геол.-минер. наук. М., 2004. 165 с.

Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца / Сост. Е. П. Мельников. М.: Недра, 1988. 216 с.

Гудков А. С. Пьезооптический кварц – условия кристаллизации и промышленно-генетическая классификация месторождений // Геология рудных месторождений. 1967. № 5. С. 90–97.

Данилевская Л. А. Кварцевое сырье Кольского полуострова (обзор фондовых материалов и перспективы) // Проблемы рудогенеза докембрийских щитов: Тр. всерос. науч. конф. Апатиты, 2008. С. 29–33.

Данилевская Л. А. Основные принципы технологической минералогии в применении к кварцевому сырью // Тр. VI Всерос. (с междунар. участием) Ферсмановской науч. сессии. Апатиты: ООО K & M, 2009. С. 252–256.

Данилевская Л. А., Раков Л. Т. Структурные примеси в кварце как важный критерий оценки качества кварцевого сырья и прогноза его технологических свойств // Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ: Сб. науч. ст. по материалам I Рос. семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2006. С. 119–124.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С. Повышение качества концентратов из молочно-белого жильного кварца // Обогащение руд. 2009. № 5. С. 21–25.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С. Месторождение жильного кварца Перчатка: история освоения, геолого-минералогические особенности, новые подходы к оценке сырья // Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова: Тр. VII Всерос. Ферсмановской науч. сессии, посвящ. 80-летию Кольского НЦ РАН (Апатиты, 2–5 мая 2010 г.). Апатиты: ООО K & M, 2010. С. 39–44.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С. Перспективы получения кварцевых продуктов из нетрадиционных источников кварцевого сырья // Обогащение руд. 2011. № 6. С. 29–34.

Данилевская Л. А., Шпаченко А. К. Особенности жильного гранулированного кварца Карело-Кольского региона // Современная минералогия: от теории к практике: Материалы XI Съезда РМО. СПб., 2010. С. 332–334.

Данилевская Л. А., Щипцов В. В. Прогноз перспективности нового кварценосного объекта Меломайс в Карелии // Разведка и охрана недр. 2007а. № 10. С. 33–36.

Данилевская Л. А., Щипцов В. В. Состояние и ресурсы минерально-сырьевой базы кварца Республики Карелия // Разведка и охрана недр. 2007б. № 10. С. 29–33.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С., Щипцов В. В. Кварцевое сырье Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2004. 226 с.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С., Щипцов В. В. Минералого-технологическая оценка и перспективы использования сырья кварцевой жилы Меломайс (Карелия) // Обогащение руд. 2006. № 3. С. 11–15.

Данилевская Л. А., Гаранжа А. В., Щипцов В. В. Возможности комплексной переработки и использования кварцитов месторождения Метчангъярви (Карелия) // Материалы Междунар. совещ. Современные методы комплексной переработки руд и нетрадиционного минерального сырья. Апатиты, 2007. С. 85–89.

Данилевская Л. А., Скамницкая Л. С., Щипцов В. В. Нетрадиционные типы кварцевого сырья Карело-Кольского региона: новые подходы и перспективы использования // Современные проблемы изучения и использования минерально-сырьевой базы кварцевого сырья: Сб. ст. по материалам Всерос. совещ. Миасс, 24–27 мая 2011 г. С. 54–61.

Дудкин О. Б. Технологическая минералогия комплексного сырья на примере месторождений щелочных плутонов. Апатиты: КНЦ РАН, 1996. 133 с.

Емлин Э. Ф., Синкевич Г. А., Якшин В. И. Жильный кварц Урала в науке и технике. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. 272 с.

Ермаков Н. П. Генетические обоснования классификации месторождений пьезооптического кристаллосырья // Тр. ВНИИП. 1958. Т. 11, вып. 1. С. 5–12.

Изоитко В. М. Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 582 с.

Карякин А. Е., Смирнова В. А. Структуры хрусталеносных полей. М.: Недра, 1967. 240 с.

Крылова Г. И. Изучение физико-химических свойств основных типов кварцев Приполярного Урала с целью разработки рекомендаций по их рациональному обогащению: Отчет ВНИИСИМС. Александров, 2001. 175 с.

Лазько Е. М. О генезисе хрусталеносных образований и промышленных типах месторождений пьезокварца // Тр. ВННИП. 1958. Т. 2, вып. 1. С. 13–24.

Минерагения метаморфогенных месторождений горного хрусталя и гранулированного кварца / Соколов Ю. М., Мельников Е. П., Маханек Е. К., Мельникова Н. И. Л.: Наука, 1977. 113 с.

Пирогов Б. И. Теоретические основы технологической минералогии // Теория минералогии. Л.: Наука, 1988. С. 127–134.

Пирогов Б. И. Методология технологической минералогии и природа технологических свойств минералов // Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. С. 6–19.

Подготовка минерального сырья к обогащению и переработке / Ревнивцев В. И., Азбель Е. И., Баранов Е. Г. и др. М.: Недра, 1987. 307 с.

Поленов Ю. А. Эндогенные кварцево-жильные образования Урала. Екатеринбург: УГГУ, 2008. 269 с.

Серых Н. М., Борисов Л. А., Гулин Е. Н., Федотов В. К. Проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы особо чистого кварца на современном этапе // Руды и металлы. 2004. № 1. С. 51–52.

Слюдоносные пегматиты Северной Карелии / Гордиенко В. В., Богданов Ю. Б., Бойцова Ю. Н. и др. Л.: Недра, 1976. 366 с.

Турашева А. В. Состояние и проблемы минерально-сырьевой базы кварцевого плавочного сырья Российской Федерации // Кварц. Кремнезем:

Материалы Междунар. семинара. Сыктывкар, 2004. С. 178–181.

Шатнов Ю. А., Тигетова И. С. Особенности состояния и перспективы развития ресурсной базы кварцевого сырья // Там же. С. 177–178.

Щипцов В. В., Данилевская Л. А., Гаранжа А. В., Родионов В. С. Прогнозно-минерагеническая оценка кварценосности Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 71–78.

Щипцов В. В., Скамницкая Л. С., Бубнова Т. П. и др. Мусковитовые кварциты Карелии – новый промышленный тип слюдяного сырья // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 67–77.

Ярмак М. Ф., Турашева А. В. К вопросу переоценки запасов месторождений кварцевого сырья для плавки // Синтез минералов и методы их исследования: геология месторождений пьезооптического и камнесамоцветного сырья. Труды ВНИИСИМС. Т. XV. Александров, 1998. С. 269–272.

Müller A., Ihlen P. M., Wanvik G. I., Flem B. High-purity quartz mineralisation in kyanite quartzites, Norway // Miner Deposita. 2007. Vol. 42. P. 523–535.

Srinivasan R., Naha K., Bhaskar Rao Y. J. et al. Middle to late Archean geology of the eastern Baltic shield, with a note on its similary and contrast with the Archean of southern India // Earth and Planetary Sciences. 1993. Vol. 102, N 4. P. 567–585.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Данилевская Людмила Александровна
старший научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: danilevs@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768092

Danilevskaya, Lyudmila
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: danilevs@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768092

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 56–64

УДК 552.3: 552.113 (470.21)

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ГАББРОНОРИТЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БЕЛОМОРСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА – НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ И ХИМИЗМЕ

С. В. Егорова, А. В. Степанова

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Впервые приводятся результаты детального минералого-петрографического исследования палеопротерозойских габброноритов северного Беломорья. Установлены их близкие петрохимические и минералого-петрографические характеристики с изученными ранее палеопротерозойскими габброноритами в центральной и южной частях БПП.

Ключевые слова: габбронорит, палеопротерозой, Беломорский подвижный пояс.

S. V. Yegorova, A. V. Stepanova. PALAEOPROTEROZOIC GABBRONORITES IN THE NORTH OF THE BELOMORIAN MOBILE BELT – NEW DATA ON THE MINERAL COMPOSITION AND CHEMISM

Results of a detailed mineralogical-petrographical study of Palaeoproterozoic gabbronorites in the northern White Sea region are reported for the first time. Their petrochemical, mineralogical and petrographical characteristics were found to be similar to those of previously studied Palaeoproterozoic gabbronorites in the central and southern parts of the Belomorian mobile belt.

Key words: gabbronorite, Palaeoproterozoic, Belomorian mobile belt.

Введение

Комплекс лерцолитов-габброноритов (КЛГН) [Степанов, 1981] объединяет в своем составе раннепалеопротерозойские (~2,4 млрд лет) интрузивные породы, широко распространенные в Беломорском подвижном поясе и являющиеся типичными представителями друзитов Беломорья [Степанов, 1981; Степанов, Слабунов, 1989]. На протяжении многих лет этот комплекс является предметом исследований и дискуссий, в которых обсуждаются состав объединенных в этом комплексе пород, время их формирования, условия и время метаморфических преобразований [Балаганский и др., 1997; Шарков и др., 1997, 2004; Lobach-Zhuchenko et al., 1998; Криволуцкая и др., 2010а, б; Stepanova, Stepanov, 2010]. Изменения минерального состава палеопротерозойских интрузивных пород (вплоть до полной перекристаллизации), обусловленные дискретно проявленным в БПП палеопротерозойским высокобарным метаморфизмом, существенно осложняют проведение региональных корреляций и определение условий формирования внутриплитных мафических комплексов в пределах этой структуры.

Породы КЛГН характеризуются весьма специфичными особенностями минерального состава. С одной стороны, они во многих случаях

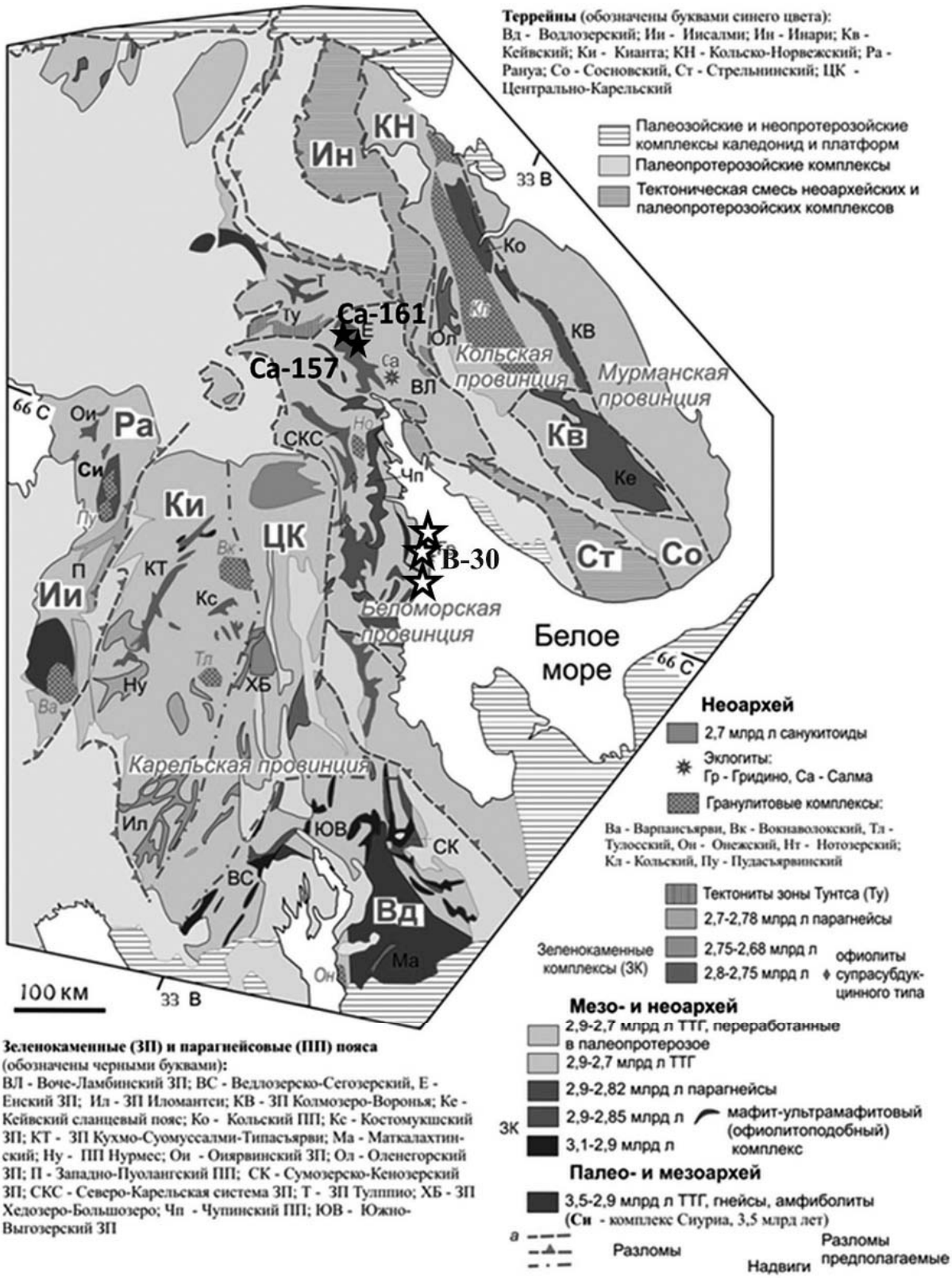


Рис. 1. Главные структуры архея восточной части Фенноскандинавского щита с дополнениями [Слабунов, 2008]. Положение изученных объектов показано черными звездочками. Белыми звездочками указаны местоположения габброноритов в районе с. Гридино

сохраняют первичные магматические минеральные ассоциации, а с другой – имеют широкий спектр вторичных изменений, вплоть до эклогитизации (в районе с. Гридино) [Володичев и др., 2004]. Оценка условий формирования и последовательности кристаллизации магматических минералов в габброноритах является важным моментом как в оценке состава и условий кристаллизации первичных магматических ассоциаций, так и в корреляции метаморфических процессов в разных сегментах БПП. До недавнего времени раннепалеопротерозойские габброиды в северной части БПП рассматривались в составе единого комплекса друзитов [Пожиленко и др., 2002], и северная граница распространения габброидов КЛГН оставалась неопределенной. В работах последних лет ряд массивов охарактеризован геохимически, проведена Nd систематика слагающих их пород, определен возраст высокомагнезиальных габброноритов (2410 млн лет) [Криволуцкая и др., 2010а, б]. В данной работе приведена минералого-петрографическая характеристика палеопротерозойских габброноритов северной части БПП, прежде всего их первично-магматических минеральных ассоциаций, которая до недавнего времени оставалась слабой.

Геологическое положение

В северной части БПП в Енском районе Мурманской области (в СЗ и ЮВ частях оз. Каложного) были изучены оливиновые габбронориты (рис. 1), сохраняющие первичные минералы и структуры. В карьере на блочный камень в 3,5 км к СВ от п. Ена (ЮВ берег оз. Каложного, обн. Са-157) вскрыты оливиновые габбронориты. Породы представлены преимущественно средне-, мелкозернистыми разновидностями, сохраняющими реликты магматических структур и минералов. В краевой части тела обнажаются мелкозернистые массивные оливиновые габбронориты, контакт с вмещающими амфиболитами тектонизирован.

Более интенсивно метаморфизованное дайкообразное тело метагаббронноритов (обн. Са-161) протяженностью около 70 м установлено на западном берегу в северной части оз. Каложного. В центральной части тела сохраняются среднезернистые массивные габбронориты, а краевые части тела сложены среднезернистыми слабо огнейсованными биотитсодержащими амфиболитами. Контакт с вмещающими биотитовыми гнейсами тектонизирован, габбронориты в зоне контакта преобразованы в биотит-амфиболовые сланцы.

Минералого-петрографическая характеристика пород

Габбронориты ЮВ части оз. Каложного сложены ортопироксеном (до 40 %), авгитом (до 25 %), основным плагиоклазом (15–20 %), оливином (менее 5 %) и единичными зернами магнетита и имеют габбровые с элементами кумулятивных структуры (рис. 2). Детальное петрографическое изучение рассматриваемых пород позволило установить включения раннего оливина (Ol_1), хромшпинели (Crt) и мелких лейст плагиоклаза (Pl_1) в крупных идиоморфных зернах ортопироксена, краевые части которых иногда имеют буровато-коричневую окраску. Одновременно с ортопироксеном или чуть позже кристаллизовались призматической формы зерна авгита ($Wo_{30}En_{50}Fs_9$) с Jd до 7 %. В них также установлены включения зерен раннего оливина и хромшпинели (Cr#55). Одновременно с лейстовидными бесцветными и буроватыми зернами основного плагиоклаза и ксеноморфным оливином (Ol_2) кристаллизовался высоко-Ca пироксен ($Wo_{40}En_{42}Fs_5$) с содержанием Jd до 8 %. Эти клинопироксены характеризуются наличием многочисленных мелких включений титаномагнетита, что, вероятно, обусловливает их темно-коричневую в проходящем свете окраску. На завершающих стадиях кристаллизовался интеркумулусный плагиоклаз, характеризующийся интенсивной бурой окраской.

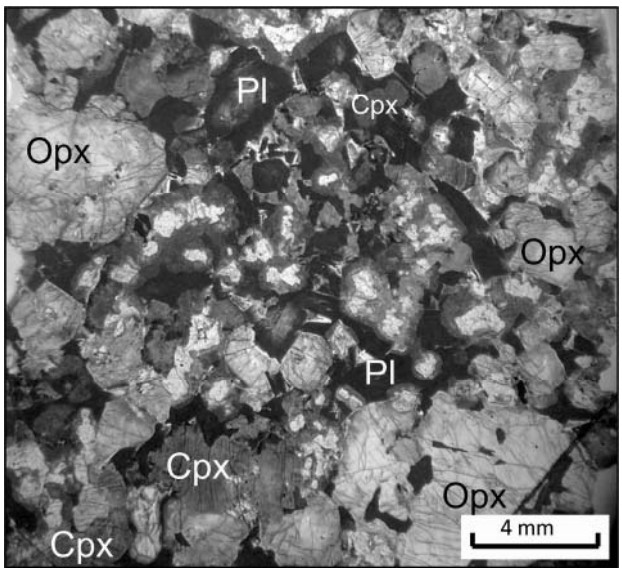


Рис. 2. Среднезернистый оливиновый габбронорит в проходящем свете, обр. Са-157-1

Исходя из результатов минералого-петрографического изучения габброноритов восточной части оз. Каложного можно заключить, что последовательность ликвидусных ассоциаций в них была следующей: $(Ol_1+Crt) \rightarrow (Pl_1+Opx_1+Cpx_1) \rightarrow (Cpx_2+Ol_2+Pl_2)$.

Аналогичная последовательность смены ликвидусных ассоциаций была установлена и для оливиновых габброноритов КЛГН в центральном и южном Беломорье [Егорова, Степанова, 2011].

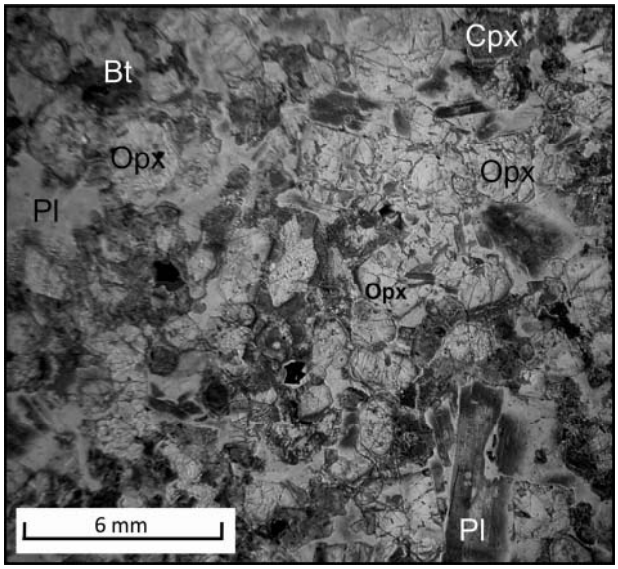


Рис. 3. Среднезернистый оливиновый габбронорит, обр. Са-161-2

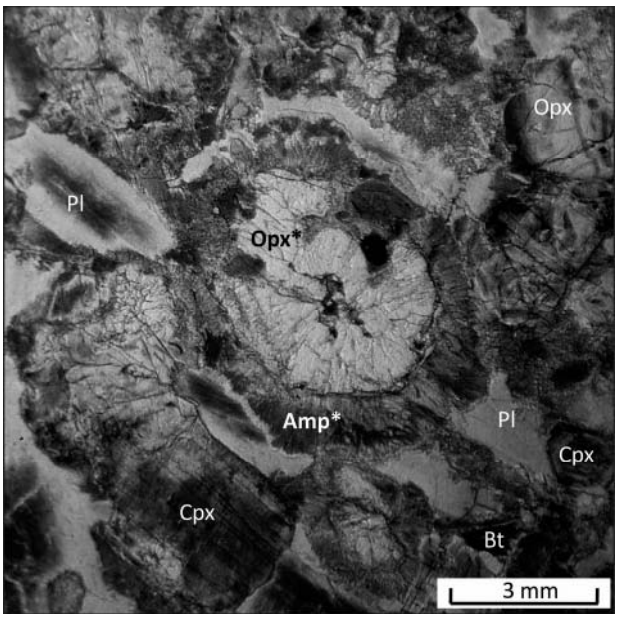


Рис. 4. Формирование ортопироксен-амфиболовой каймы на границе оливин-плагиоклаз, обр. Са-161-2

Примечание. Здесь и далее минерал со звездочкой (Opx*) – минерал, образовавшийся на постмагматическом этапе формирования пород

Габбронориты СЗ части оз. Каложного (рис. 3) сложены ортопироксеном (до 40 %), основным плагиоклазом (около 30 %) и оливином. Содержание оливина в породах не превышает первых процентов, и он представлен мелкими реликтовыми ксеноморфными зернами. Ортопироксен образует крупные идиоморфные зерна, довольно часто содержащие мелкие лейсты плагиоклаза. Для габброноритов этого тела характерно довольно высокое содержание биотита, который формирует не только широкие каймы вокруг ильменита, но и мелкие зерна в интерстициях лейст плагиоклаза. В целом породы этого тела имеют типичные для габброноритов КЛГН петрографические характеристики.

Одна из типоморфных характеристик комплекса лерцолитов-габброноритов – широкие многослойные каймы на границе оливин-плагиоклаз – прекрасно проявлена в этих породах (рис. 4). Пироксен-амфиболовые каймы образуют концентрически-зональные постройки и иногда практически полностью замещают первичные минералы.

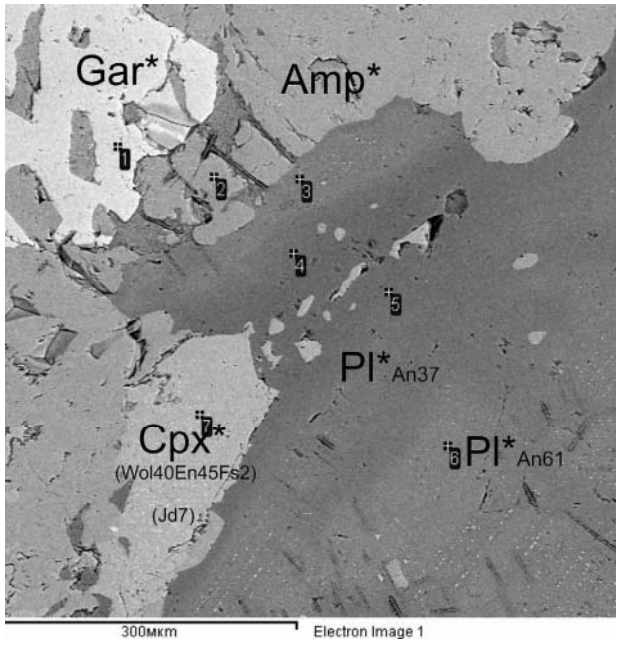


Рис. 5. Деталь строения друзитовой каймы на границе плагиоклаза и ортопироксена в отраженных электронах, обр. Са-157-2

Вторичные преобразования в изученных габброноритах проявлены в формировании орто- и клинопироксеновых, гранатовых и амфиболовых кайм (рис. 5), которые формируются на границах оливина и плагиоклаза, иногда практически полностью замещая первичные минералы. Ранние друзитовые каймы, сложенные ортопироксеном и амфиболом, формируются вокруг зерен оливина (рис. 6, А). Гранат-амфибол-клинопироксеновые каймы образованы в результате поздних метаморфических преобразований. Гранаты в каймах имеют следующий состав:

($Alm_{17-30}Prp_{44-55}Grs_{14-15}$). В габброноритах района п. Енский установлено замещение плагиоклаза глиноземистой шпинелью (рис. 6, Б), что отличает их от габброноритов района с. Гридино и о. Супротивные, где подобные явления не известны. Вероятно, именно присутствие мелких зерен шпинели обусловливает коричневую окраску плагиоклаза. Кроме того, в изученных габброноритах северной части БПП не установлены кислые плагиоклазы, которые в районе с. Гридино парагенетичны гранату и метаморфическому клинопироксену с высоким содержанием жадеитовой компоненты. Еще одно важное отличие габброноритов Енского района – отсутствие высокожадеитовых клинопироксенов среди метаморфических минералов (табл. 1).

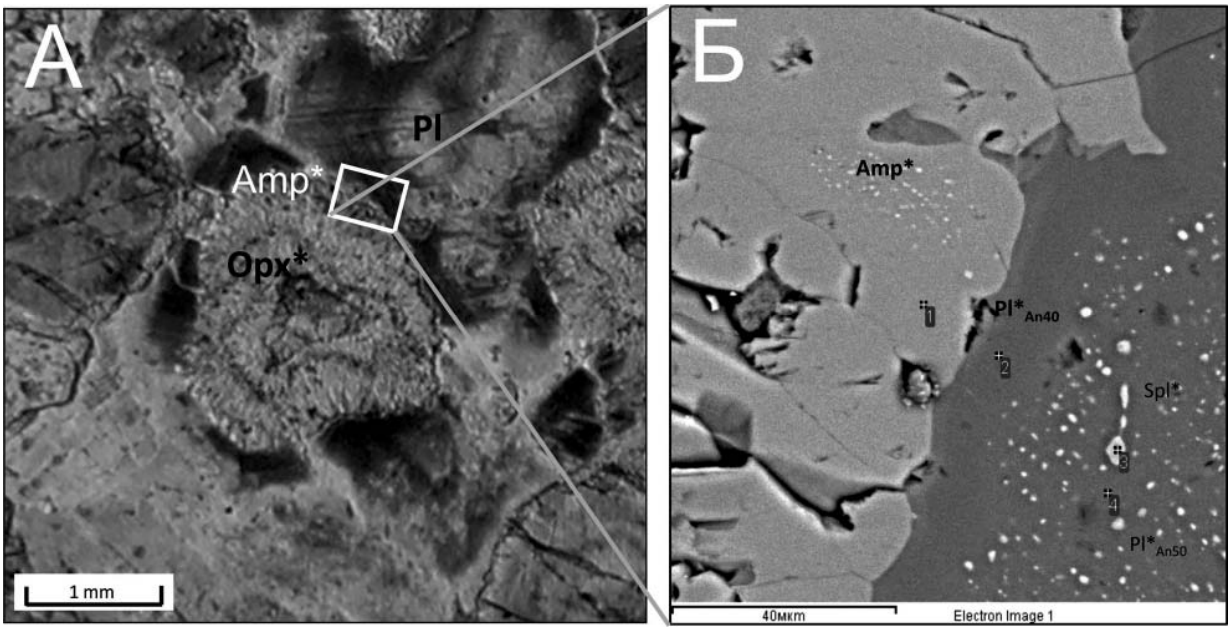


Рис. 6. А. Псевдоморфное замещение оливина ортопироксеном, обр. Са-157-2. Б. Граница амфиболовой каймы и плагиоклаза в отраженных электронах, замещение плагиоклаза глиноземистой шпинелью

Таблица 1. Химические составы минералов габброноритов район п. Ена, обр. Са-157-2

	Ортопироксен					Плагиоклаз			Клинопироксен		
	Крупные бесцветные идиоморфные зерна		Бурые зерна		Кайма	Центр зерна	Центр зерна	Край зерна	Идиоморфное бесцветное зерно	Бурое ксено-морфное зерно	Гранат
№ точки	3-1	33-1	5-1	16-1	27-2	17-1	24-3	24-5	36-1	12-1	9-1
SiO_2	55,07	55,2	54,02	54,31	54,84	50,35	52,18	59,08	53,45	53,81	40,59
TiO_2											
Al_2O_3	1,25	1,44	1,75	2,37	3,06	30,52	31,37	25,88	2,46	2,99	22,87
Cr_2O_3	0,55								0,75	0,77	
FeO	9,33	10,36	12,24	13,17	13,82				6,62	4,49	17,67
MnO											0,61
MgO	30,89	30,41	28,46	28,73	28,17				18,46	15,78	12,18
CaO	1,83	1,8	2			12,61	12,73	7,56	16,29	21,73	7
Na_2O			54,02	54,31		4,56	4,68	7,4	0,9	1,13	
K_2O											
∑	98,92	99,21	98,47	98,58		98,04	100,96	99,92	98,93	100,7	100,92
An						39,62	40,02	63,98			
Ab						60,38	59,98	36,02			
Ort						0	0	0			
Wo	1,17	1,31	1,34	0	0				29,9	39,32	
En	81,63	80,34	76,50	75,63	73,48				50,4	42,48	
Fs	12,59	14,14	17,11	19,43	20,20				9,2	4,80	
Jd									6,4	7,25	
Ac									0	0,67	
Aug									93,6	92,09	
Grs											18,25
Alm											26,91
Prp											44,70

Таблица 2. Химический состав габброноритов БПП

Компонент	1	2	3	4	5
	Са-157-1, п. Ёна	Са-157-2, п. Ёна	Са-161-1, оз. Каложное	Са-161-2, оз. Каложное	В-30, с. Гридино
SiO_2	49,90	49,40	51,90	52,20	48,10
TiO_2	0,40	0,40	0,61	0,65	0,57
Al_2O_3	8,91	8,91	10,32	9,80	8,82
Fe_2O_3	0,87	1,19	0,70	0,91	1,10
FeO	9,48	9,19	8,90	8,90	9,40
MnO	0,28	0,19	0,17	0,17	0,188
MgO	20,51	20,80	16,03	15,90	20,90
CaO	6,90	6,89	6,70	7,04	8,22
Na_2O	1,28	0,92	2,14	1,98	1,20
K_2O	0,33	0,31	0,94	0,92	0,32
P_2O_5	0,10	0,10	0,14	0,15	0,07
H_2O	0,02	0,03	0,08	0,05	0,07
ппп	0,70	1,15	1,10	0,99	0,00
Cr	1861	1778	1451	1423	
Ni	711	743	632	640	
Co	87	95	79	79	
V	235	196	246	230	

Примечание. 1–4 – палеопротерозойские габбронориты северной части БПП (р-н п. Енский); 5 – эклогитизированные габбронориты КЛГН центральной части БПП (восточная окраина с. Гридино) [Володичев и др., 2008].

Петрохимия

Изученные габбронориты в северной части БПП характеризуются типичными для комплекса лерцолитов-габброноритов высокими содержаниями MgO (до 20,5 %), Cr (до 1860 ppm) и Ni (до 740 ppm) на фоне повышенных концентраций SiO_2 (49,9 %), низких TiO_2 (0,40 %), FeO* (10,2%) и CaO (6,9%). Габбронориты западного берега оз. Каложного характеризуются несколько более низкими содержаниями MgO (до 16%), Cr и Ni, несколько более высокими концентрациями Ca, Al, K и Ti (табл. 2). Оба массива по петрохимическим характеристикам являются типичными для комплекса лерцолитов-габброноритов.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали, что палеопротерозойские габбронориты северной части БПП (район п. Енский Мурманской области) по петрографическим характеристикам и особенностям химизма пород являются аналогами пород КЛГН возраста ~2,4 млрд лет, образования которого широко распространены в центральной и южной частях БПП. Это вместе с полученными в последние годы определениями возраста высокомагнезиальных габброноритов в северной части БПП [Криволуцкая и др., 2010а, б] позволяет расширить ареал КЛГН на всю площадь Беломорского подвижного пояса. Аналогии в последовательности кристаллизации магматических минералов и их составах свидетельствуют о близких условиях становления интрузивов в пределах БПП в раннем палеопротерозое, а различия в составе и условиях формирования метаморфических парагенезисов в породах единого магматического комплекса предполагают дискретность проявления палеопротерозойских высокобарных метаморфических процессов в Беломорье.

В настоящее время мафические образования возраста ~2,5–2,4 млрд лет, близкие по своим геохимическим характеристикам к высокомагнезиальным габброноритам БПП, установлены во всех архейских провинциях восточной части Фенноскандинавского щита – в Карельской, Кольской и Мурманской [Puhtel et al., 1997; Vuollo, Huhma, 2005; Арзамасцев и др., 2009; Kulikov et al., 2010). Они являются компонентами Балтийской [Шарков и др., 1997], или сумийской [Kulikov et al., 2010], крупной магматической провинции, возраст которой оценивается в 2,5–2,4 млрд лет, а формирование связано с подъемом мантийного плюма (Виндибелт) [Куликов и др., 2006]. Плюмовая модель формирования этой крупной магматической провинции согласуется и с составом входящих в нее пород. Мафические магматические комплексы самого раннего палеопротерозойского этапа проявлений внутриплитного магматизма в восточной части Фенноскандинавского щита характеризуются высокими содержаниями MgO (12–18 вес. %), при повышенных SiO_2 (до 53 вес. %). Кроме того, для них типично обогащение крупноионными литофильными и редкоземельными элементами и деплетированность высокозарядными элементами. Такие геохимические характеристики пород, вероятно, являются следствием высоких степеней плавления мантийного субстрата и последующей контаминации исходных расплавов коровым материалом.

Существующие различия минерального состава пород, относимых к этой крупной магматической провинции на Фенноскандинавском щите (в БПП и на кратонах), вероятно, являются отражением различных условий кристаллизации расплавов и последующих постмагматических и метаморфических преобразований [Stepanova, Stepanov, 2010]. Это предположение, однако, в настоящее время недостаточно обосновано данными по PT-параметрам кристаллизации расплавов в разных провинциях Фенноскандинавского щита, а сам вопрос требует дальнейшего изучения.

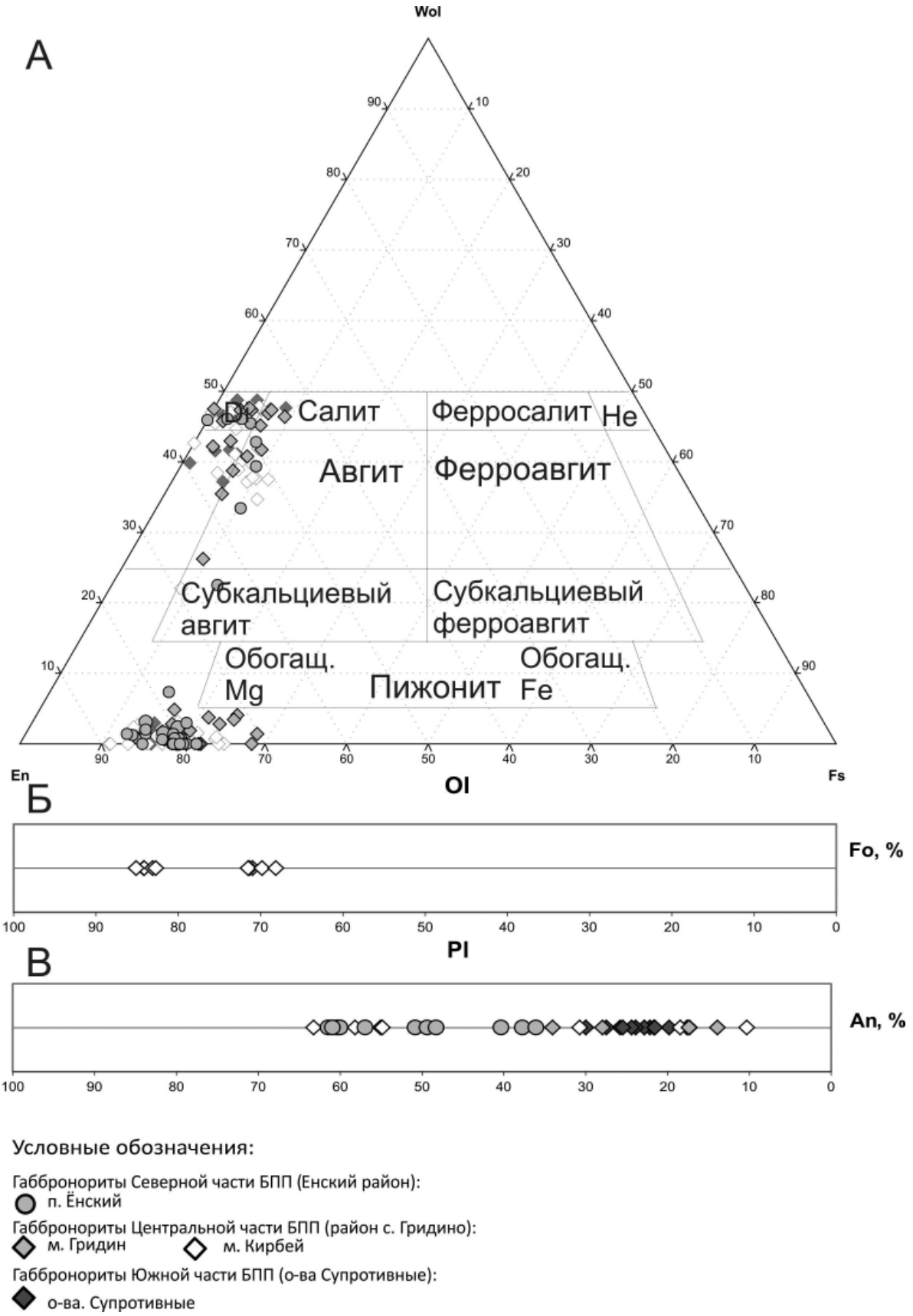


Рис. 7. Вариации составов породообразующих минералов габброноритов северной, центральной и южной частей Беломорского подвижного пояса:

А – пироксенов (классификация дана по: [Rock, 1990]), Б – оливинов, В – плагиоклазов

Заключение

Таким образом, сопоставление палеопротерозойских габброноритов северной части БПП (северная часть БПП, оз. Каложное, Енский район Мурманской области) с изученными ранее палеопротерозойскими габброноритами в центральной и южной частях БПП показало существенное сходство их минералого-петрографических и петрохимических характеристик. Габбронориты центральной и южной частей БПП и северной части БПП аналогичны по составу первично-магматических минералов (рис. 7) и характеризуются близкой последовательностью и составом ликвидусных ассоциаций, что наряду с близким химическим составом и возрастом пород позволяет предполагать сходство условий магмогенерации и принадлежность их к единому раннепалеопротерозойскому (~2,4 млрд лет) магматическому комплексу лерцолитов-габброноритов.

Литература

Арзамасцев А. А., Федотов Ж. В., Арзамасцева Л. В. Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита. СПб.: Наука, 2009. 383 с.

Балаганский В. В., Кудряшов Н. М., Балашов Ю. А. и др. О возрасте друзитового массива Жемчужный, северо-западное Беломорье: U-Pb изотопные данные и геологические следствия // Геохимия. 1997. № 2. С. 158–168.

Володичев О. И., Слабунов А. И., Бибикова Е. Б. и др. Архейские эклогиты Беломорского подвижного пояса (Балтийский щит) // Петрология. 2004. Т. 12, № 6. С. 609–631.

Володичев О. И., Парфенова О. В., Кузенко Т. И. Палеопротерозойские эклогиты Беломорского подвижного пояса (об эклогитизации габбро в дайке комплекса лерцолитов – габбро-норитов) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 11. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. С. 37–61.

Егорова С. В., Степанова А. В. Магматические минеральные ассоциации габброноритов Беломорского подвижного пояса как индикаторы PT-параметров кристаллизации // Проблемы плейт- и плюмтектоники в докембрии. Материалы III Рос. конф. по проблемам геологии и геодинамики докембрия. СПб., 2011. С. 54–57.

Криволуцкая Н. А., Смолькин В. Ф., Свирская Н. М. и др. Геохимические особенности массивов друзитового комплекса центральной части Беломорского подвижного пояса: I. Распределение главных и редких элементов в породах // Геохимия. 2010а. № 3. С. 16–44.

Криволуцкая Н. А., Беляцкий Б. В., Смолькин В. Ф. и др. Геохимические особенности массивов друзитового комплекса центральной части Беломорского подвижного пояса: II. Исследование самарий-неодимовой изотопной системы в породах и уран-свинцовой системы в цирконах // Геохимия. 2010б. № 11. С. 1132–1153.

Куликов В. С., Куликова В. В., Бычкова Я. В. Палеопротерозойский мантийный плюм «Виндибелт» (ЮВ Фенноскандия) // Материалы III Всерос. симпоз. по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика» (5–8 сент. 2006 г., Россия, Республика Бурятия). Улан-Удэ, 2006. С. 645–649.

Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 359 с.

Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 296 с.

Степанов В. С. Основной магматизм докембрия западного Беломорья. Л.: Наука, 1981. 216 с.

Степанов В. С., Слабунов А. И. Амфиболиты и ранние базит-ультрабазиты докембрия Северной Карелии. Л.: Наука, 1989. 175 с.

Степанов В. С., Степанова А. В. Раннепротерозойский магматизм Северной Карелии: ассоциации магматических комплексов и главные черты эволюции // Материалы междунар. конф. «Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии». Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. С. 155–156.

Шарков Е. В., Красивская И. С., Чистяков А. В. Диспергированный мафит-ультрамафитовый магматизм подвижных зон раннего палеопротерозоя Балтийского щита на примере друзитового (коронитового) комплекса Беломорья // Петрология. 2004. Т. 12, № 10. С. 632–655.

Шарков Е. В., Смолькин В. Ф., Красивская И. С. Раннепротерозойская магматическая провинция высокомагнезиальных бонинитоподобных пород в восточной части Балтийского щита // Петрология. 1997. Т. 5, № 5. С. 503–522.

Kulikov V. S., Bychkova Ya. V., Kulikova V. V., Ernst R. The Vetreny Poyas (Windy Belt) subprovince of southeastern Fennoscandia: An essential component of the ca. 2.5–2.4 Ga Sumian large igneous province // Precambrian Research. 2010. Vol. 183, N 3. P. 589–601.

Lobach-Zhuchenko S. B., Arestova N. A., Chekulaev V. P. et al. Geochemistry and petrology of 2.40–2.45 Ga magmatic rocks in the north-western Belomorian Belt, Fennoscandian Shield, Russia // Precambrian Research. 1998. Vol. 92. P. 223–250.

Puchtel I. S., Haase K. M., Hofmann A. W. et al. Petrology and geochemistry of crustally contaminateded komatiitic basalts from the Vetreny belt, southeastern Baltic Shield: evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere // Geochim. Cosmochim. Acta. 1997. Vol. 63. P. 3579–3595.

Rock N. M. S. The International Mineralogical Association (IMA/CNMMN) pyroxene nomenclature scheme: computerization and its consequences // Mineral. Petrol. 1990. Vol. 43. P. 99–119.

Stepanova A., Stepanov V. Paleoproterozoic mafic dyke swarms of the Belomorian Province, eastern

Fennoscandian Shield // Precambrian Research. 2010. Vol. 183. P. 602–616. doi:10.1016/j.precamres.2010.08.016.

Vuollo J., Huhma H. Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland // M. Lehtinen, P. A. Nurmi, O. T. Ramo (Eds.). Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Amsterdam: Elsevier B. V., 2005. P. 195–236.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Егорова Светлана Валерьевна
аспирант
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910

Степанова Александра Владимировна
старший научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: stepanov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Yegorova, Svetlana
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

Stepanova, Alexandra
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: stepanov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 65–77

УДК 551.72: [553.491+553.491.8+553.078+553.04]

МИНЕРАЛОГИЯ И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА КЛИМОВСКОГО КОМПЛЕКСНОГО БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС)

В. И. Иващенко, А. Е. Ромашкин

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Приведены оригинальные результаты прецизионных минералого-геохимических исследований рудоносных метасоматитов Климовского комплексного благороднометалльного проявления в Беломорском подвижном поясе. Охарактеризованы метасоматические колонки, продуктивные минеральные ассоциации и состав главных рудных минералов. Сделаны выводы о вероятном генезисе рудопроявления и перспективах этого типа оруденения в Карельском регионе.

Ключевые слова: Климовское благороднометалльное проявление, Беломорский подвижный пояс, офиолиты, лиственитты, пропилиты, золото, платина, палладий, хромиты.

V. I. Ivashchenko, A. E. Romashkin. MINERALOGY AND GENESIS OF THE KLIMOVSKOYE COMPLEX NOBLE-METAL OCCURRENCE, BELOMORIAN MOBILE BELT

The original results of the high-precision mineralogical and geochemical study of ore-bearing metasomatic rocks from the Klimovskoye complex noble-metal occurrence, located in the Belomorian mobile belt, are reported. Metasomatic columns, productive mineral assemblages and ore mineral compositions are described. Conclusions about the presumed genesis of the occurrence and the prospects of this type of mineralization for the Karelian region are drawn.

Key words: Klimovskoye noble-metal occurrence, Belomorian mobile belt, ophiolites, listwanites, propylites, gold, platinum, palladium, chromites.

Введение

В Беломорском мобильном поясе (БМП) проявления благороднометалльной рудной минерализации свекофеннского возраста, относящиеся, вероятно, к мезотермальному орогеническому типу, контролируются разномасштабными (мощность – до n100 м, протяженность – до nкм) зонами сдвиговых дислокаций и сингенетичных им диафторитов фации биотит-мусковитовых гнейсов (рис. 1). Эти рудные объекты по некоторым своим параметрам предположительно соответствуют промышленному типу комплексных (с Au и МПГ) большеобъемных месторождений с невысокими содержаниями рудных элементов, но значительными запасами. Они известны в беломорском комплексе Северной Карелии и охарактеризованы на Лоушском, Плотинском, Малиноваракском участках [Ручьев, 2002], а в последние годы выявлены в пределах Климовского рудного узла [Петров и др., 2007], который в этом аспекте является наиболее перспективным.

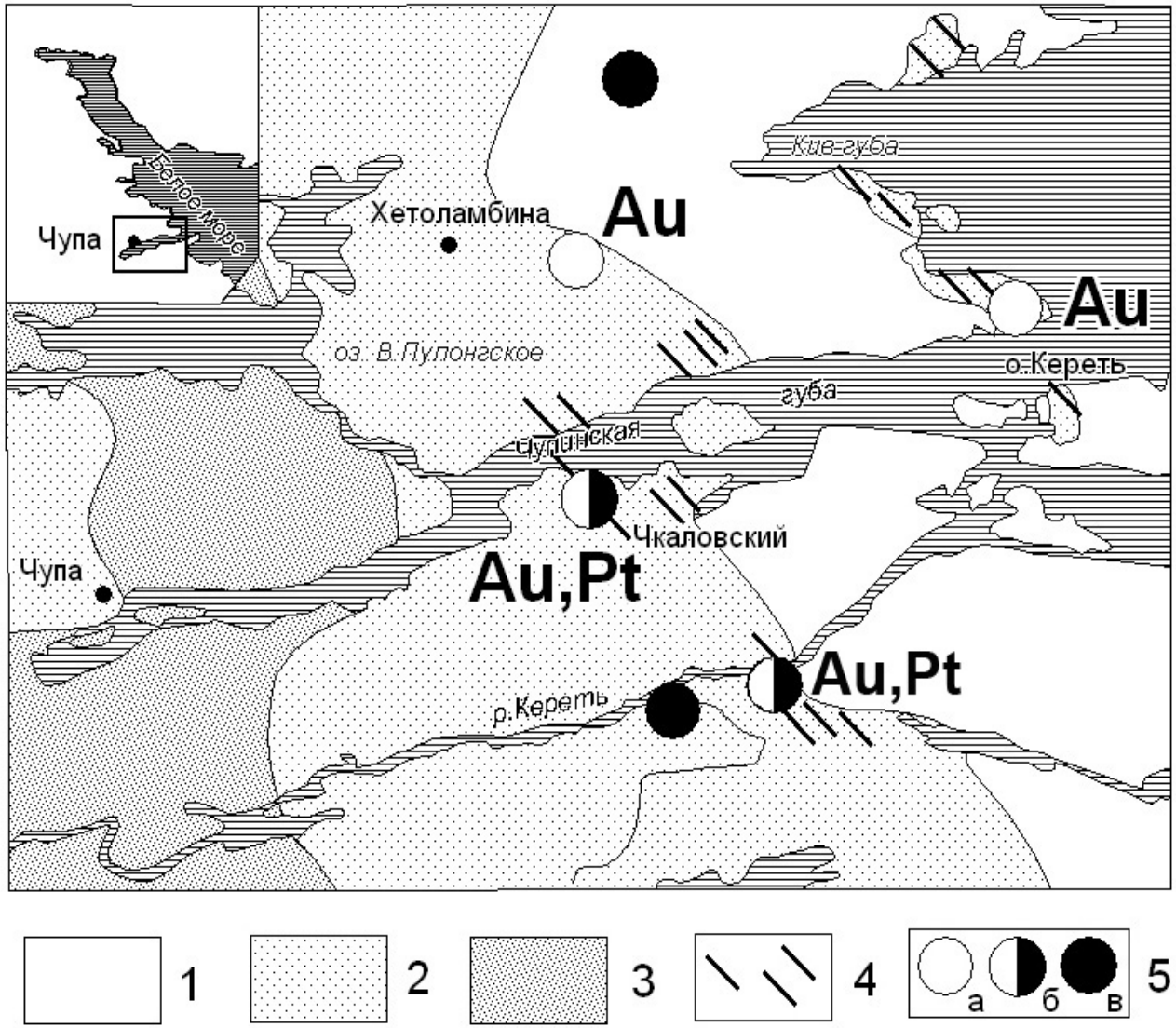


Рис. 1. Схема размещения рудопроявлений золота и платины в Чупино-Лоухском районе (по: [Ахмедов и др., 2001] с дополнениями):

1 – керетьская свита (биотитовые гнейсы, гранитогнейсы); 2 – хетоламбинская свита (амфиболовые гнейсы, амфиболиты); 3 – лоухская свита (кианит-гранат-биотитовые гнейсы); 4 – зоны сульфидизации; 5 – колчеданные рудопроявления: а – золоторудные, б – комплексные благороднометалльные (Au, Pt, Pd, Ag), в – неустановленной специализации

В составе беломорского комплекса Северной Карелии выделяется совокупность геологических образований, отвечающая области распространения пород чупинской и хетоламбинской толщ (тектонических покровов) Чупино-Беломорского зеленокаменного пояса – ЧБЗП [Ахмедов и др., 2005], подвергшегося, вероятно, впоследствии раннепротерозойскому рифтингу. Обстановка неоднократно активизированного ЧБЗП оценивается как потенциально-продуктивная в отношении формирования благороднометалльного оруденения, что подтверждается выявлением прямых признаков комплексной благороднометалльной минерализации в породах чупинской и хетоламбинской [Ручьев, 2001, 2005; Ахмедов и др., 2005] толщ, содержащих в качестве акцессорных минеральных фаз теллуриды и висмутиды палладия, платины и золото самородное [Ахмедов и др., 2005], а также впервые установленные в них муассонит, когенит, халипит и другие карбиды, самородные – серебро, железо, никель, медь, цинкистая медь, свинец, олово и др. [Ручьев, 2001, 2002, 2005].

Наиболее перспективными на золото в региональном металлогеническом аспекте, вероятно, являются гнейсы чупинской толщи, сопоставляемой с верхней терригенной частью обобщенного разреза зеленокаменных поясов. Гнейсам всех минеральных фаций свойственно повышенное фоновое содержание благородных металлов, которое определяется особенностями протолита и характером процессов его переработки в архее и протерозое (2,9–1,75 млрд лет назад) [Ручьев, 2001, 2005 и др.].

В качестве наиболее золотоносного выделен свекофеннский (1,96–1,75 млрд лет) структурно-метаморфический комплекс, представленный разномасштабными, в том числе очень крупными (мощность – до нескольких сотен метров, прослеженная длина по простиранию – до нескольких километров), зонами сдвиговых дислокаций и сингенетичных им диафторитов фации биотит-мусковитовых гнейсов (гнейсов-4) [Голубев и др., 2007]. Сдвиговые дислокации характеризуются полифазной историей формирования, обусловившей их сложную внутреннюю структуру и взаимоотношения.

Элементный спектр платиноидов в минеральных фациях чупинских гнейсов аналогичен таковому полиморфных хромититов офиолитовых комплексов, что свидетельствует о мантийном первоисточнике благородных металлов и усиливает аргументацию в подтверждение рифтогенной природы ЧБЗП [Ручьев, 2006].

Региональные зоны метасоматических преобразований в хетоламбинской толще представляются перспективными на комплексное благороднометалльное оруденение [Шевченко, 2011]. Самые известные и, вероятно, наиболее перспективные рудопроявления данного типа объединяются в составе Климовского рудного узла [Петров и др., 2007; Шевченко и др., 2009], характеризующегося широким распространением горизонтов золото- и МПГ-содержащих метасоматитов (красно-коричневый высокотитанистый и железистый биотит + хлорит + актинолит + средне-кислый хлор-скаполит), развитых по ортоамфиболитам и амфиболовым сланцам. Формирование метасоматитов связывается со свекофеннской эпохой тектоно-термальной активизации (1,85–1,7 млрд лет) и контролируется протяженными зонами сдвиговых дислокаций. Метасоматиты содержат рассеянную сульфидную вкрапленность (пирит, пирротин, халькопирит, пентландит, виоларит), иногда линзовидные обособления массивных колчеданных руд. Отмечаются также минералы благородных металлов – теллуриды и висмутотеллуриды палладия (меренскит, майченерит, мончеит, котульскит), изредка арсениды. В пределах рудного узла выделено шесть согласно залегающих протяженных (свыше 9 км) горизонтов рудоносных метасоматитов со средней мощностью 30 м, имеющих комплексную медно-никелевую (Ni – 0,28–0,5 %, Cu – 0,26–1,0 %) и золото-платино-палладиевую (Pd – 0,23–1,4 г/т, Pt – 0,16–0,3 г/т), Au (0,3–0,6 г/т) специализацию. Здесь же отмечаются субвертикальные секущие зоны кварц-серицитовых изменений с высокими содержаниями золота: в штуфных пробах – до 48,6 г/т, в бороздовых – на инт. 1 м до 7,72 г/т. По результатам технологических испытаний, выполненных в ОАО Институт «Гипроникель», рудоносные метасоматиты Климовского рудного узла являются бедными, но хорошо обогатимыми благороднометалльными рудами с палладиевой специализацией [Петров и др., 2007].

Суммарные прогнозные ресурсы категории P1 + P2 по Климовскому рудному узлу составляют: Au – 36,4 т, Pt – 19,5 т, Pd – 27,9 т, Cu – 316 тыс. т, Ni – 340 тыс. т [Петров и др., 2007], что соответствует масштабам среднего комплексного большеобъемного месторождения. При проведении дальнейших геологоразведочных работ последующих стадий имеются высокие перспективы на перевод Климовского рудного узла в класс крупных большеобъемных комплексных (Cu, Ni, Au, МПГ) месторождений.

Несмотря на то что для данного рудного узла уже подсчитаны ресурсы благородных металлов и проведены технологические испытания руд, многие вопросы, касающиеся минерального состава рудоносных метасоматитов,

их зональности, времени образования и генезиса, остаются по настоящее время слабо изученными и дискуссионными.

Проведенные нами на современном научном оборудовании (SEM VEGA II LSN с микроанализатором INCA Energy 350, ИГ КарНЦ РАН; ICP-MS, ИГЕМ РАН) минералого-геохимические исследования рудоносных метасоматитов Климовского рудного узла позволили установить наличие ряда новых для них редких минералов и охарактеризовать состав типоморфных рудных (хромшпинелиды, ильменит) и породообразущих (слюды, хлориты, пренит, цеолиты и др.) минералов, что в совокупности уточняет и дополняет данные по минералогии метасоматитов и раскрывает некоторые генетические вопросы.

Минералогия рудоносных (Pd, Pt, Au, Ag, Ni, Cu, Co, Cr) метасоматитов

В пределах Климовского рудного узла наиболее доступным для изучения и перспективным благороднометалльным объектом является одноименное проявление, частично вскрываемое пегматитовым карьером. Рудопроявление характеризуется широким распространением Cu, Ni, Cr, Au, Ag, Pd, Pt-содержащих метасоматитов, развитых преимущественно по амфиболитам, являющихся, вероятно, измененными основными породами комплекса лерцолитов-габброноритов [Степанов, 1981; Корпечков, 2009] или расслоенными мафит-ультрамафитами архейского возраста, единичные массивы которых выявлены на Фенноскандинавском щите и продатированы в последние годы [Пожиленко, 2009]. Наиболее продуктивны среди этих метасоматитов разнообразные пропилиты с доминированием хлоритовых ассоциаций, листвениты и кварц-карбонат-гидрослюдистые образования с рассеянной рудной вкрапленностью, в том числе и благороднометалльной. Они ассоциируются с более ранними пирротиновыми рудами (AR?), а также с высокохромистыми алюмосиликатными минералами более поздних лиственитов и пропилитов.

Непосредственно в Климовском пегматитовом карьере рудоносные метасоматиты вскрываются в северной и восточной стенках. Условно, по пространственной ассоциированности с различными породами, они подразделяются на два типа: в обрамлении пологих линзовидных тел сплошных пирротиновых руд и в хлоритизированных меланократовых амфиболитах по субширотным вертикальным сдвиговым дислокациям небольшой мощности (до 1–2 м).

Метасоматиты, ассоциирующиеся с колчеданами, вскрыты в верхней и нижней частях восточной стенки карьера, соответственно, Верхняя и Нижняя рудные зоны.

Верхняя рудная зона (мощность 3–5 м) сложена кианит-амфибол-слюдистыми, слюдисто-амфибол-эпидот-хлоритовыми и амфибол-эпидот-хлоритовыми метасоматитами.

Кианит-амфибол-слюдистые метасоматиты – амфибол (Cr – 1,3–1,6 %), кианит (Cr – 0,5–1,5 %), хлорит (Cr – 1,5–1,8 %), пренит, флогопит (Cr – 2,2 %, f – 28 %), гидробиотит (Cr – 3 %), фуксит (Cr – 2,3 %), маргарит (парагонит – 21–32 %), маргарит-парагонит-фенгит, а также ставролит, плагиоклаз (№ 44–62), замещаемый маргарит-парагонитовой слюдой и анальцимом, и рудные – хромит (Cr_2O_3, 25–43 %), титаномагнетит (Ti – 8,5 %), пирротин, халькопирит, пирит, пентландит и котульскит) (рис. 2) (табл. 1, 2).

Слюдисто-амфибол-эпидот-хлоритовые метасоматиты – амфибол (Cr – 0,72–1,22 %), мусковит (парагонит 23 %), Mg-Fe хлорит, Fe-хлорит, цоизит (Cr – 1,6 %), эпидот (Cr – 1,2 %), альбит, пренит (Cl – 0,3–1 %), реликты плагиоклаза (№ 90–93) и рудные (Ni-пирит, пентландит, меренскит) (рис. 2).

Амфибол-эпидот-хлоритовые метасоматиты – амфибол (Cr – 1,6 %), цоизит (Cr – 1,4–2 %), Mg-хлорит, Fe-Mg хлорит, мусковит (Mn – 1 %), кальцит, альбит, томсонит, реликты плагиоклаза (№ 65–91), Cl-апатит. Рудные минералы – хромит (32–44 % Cr_2O_3, Zn – 1,2–1,4 %), халькопирит, пирит, пирротин, пентландит, галенит, кобальтин, самородное золото, меренскит, котульскит. Золото – в виде микровключений в хромите и пирротине (рис. 3) (табл. 3), а висмутотеллуриды палладия – в срастании с халькопиритом в цоизите.

Нижняя рудная зона (5–8 м) – линзовидное тело массивных пирротиновых руд, окруженное полосчатыми амфибол-биотит-плагиоклаз (№ 42)-хлоритовыми метасоматитами с небольшим количеством кварца, альбита, мусковита, эпидота, граната, F-апатита, рутила, циркона и вкрапленностью ильменита (Mn – 1,8 %) (табл. 4), пирротина, пентландита, халькопирита. Сама рудная линза сложена преимущественно пирротином, в подчиненном количестве пиритом, халькопиритом, пентландитом, сфалеритом, ильменитом. В местах замещения сульфидов Fe- и Fe-Mg-хлоритами, развития кварца, эпидота, цоизита и пренита отмечаются микровыделения меренскита, котульскита, майченерита, самородных свинца и никеля, мелонита, висмутотеллуридов, электрума, барита, гессита (рис. 4).

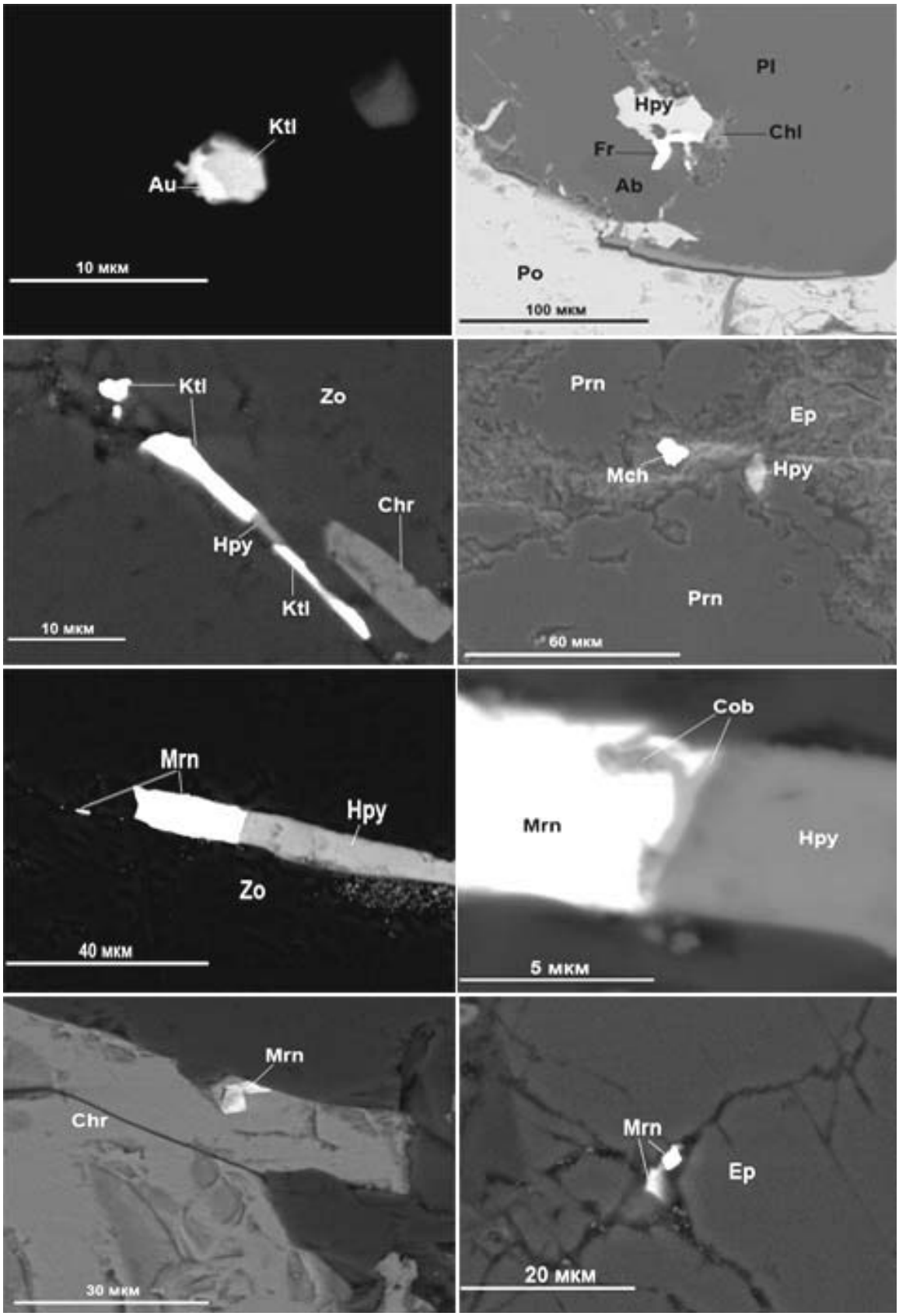


Рис. 2. Золото-платинометалльная минерализация Климовского рудопроявления:

Au – золото самородное; Ktl – котульскит, Pd(Te, Bi); Fr – фрудит, $PdBi_2$; Mch – майченерит, PdBiTe; Mrn – меренскит, $Pd(Te, Bi)_2$; Hpy – халькопирит; Po – пирротин; Chr – хромит; Cob – кобальтин, CoAsS; Ab – альбит; Chl – хлорит; Ep – эпидот; Pl – плагиоклаз; Prn – пренит; Zo – цоизит

Таблица 1. Химический состав хромшпинелидов Климовского рудопроявления

	Kl/5-16-1	Kl/5-16-2	Kl/5-4-6	Kl/5-1-1	Kl/10-5-5	Kl/5-10-8	Kl/12-7-3	Kl/5-5-1	Kl/12-2-5	Kl/12-3-7	Kl/12-8-1	Kl/12-1-6	Kl/12-9-1	Kl/10-6-4
FeO	35,42	35,72	38,72	36,68	37,28	39,75	38,82	38,46	38,82	38,45	36,00	40,27	36,85	34,55
MgO	2,17	1,30	1,58	1,98				2,05			1,60		1,31	
MnO											1,05		1,04	
ZnO											1,04		1,56	
CaO							0,78							
Cr_2O_3	54,86	53,12	50,76	50,74	49,40	48,53	46,29	46,04	44,87	44,52	43,36	43,09	41,97	41,44
Al_2O_3	7,55	8,95	8,93	10,60	13,32	11,72	14,10	13,44	16,31	17,03	16,95	16,64	17,27	24,01
V_2O_5		0,90												
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Формульные коэффициенты														
Fe^{2+}	0,94	0,96	0,95	0,94	1,00	1,00	0,97	0,94	1,00	1,00	0,86	1,00	0,86	0,96
Mg^{2+}	0,06	0,04	0,05	0,06				0,06			0,08		0,07	
Mn^{2+}											0,03		0,03	
Zn^{2+}											0,03		0,04	
Ca^{2+}							0,03							
Cr^{3+}	1,58	1,51	1,44	1,44	1,38	1,38	1,30	1,30	1,24	1,23	1,19	1,20	1,16	1,09
Al^{3+}	0,32	0,38	0,45	0,45	0,55	0,50	0,59	0,45	0,67	0,70	0,69	0,68	0,71	0,94
Fe^{3+}	0,14	0,12	0,23	0,21	0,10	0,20	0,18	0,21	0,14	0,12	0,18	0,18	0,21	
V^{3+}		0,02												
#Cr	0,83	0,80	0,76	0,76	0,72	0,73	0,69	0,74	0,65	0,64	0,63	0,64	0,62	0,54
Cr*	0,77	0,75	0,68	0,69	0,68	0,66	0,63	0,66	0,60	0,60	0,58	0,58	0,56	0,54
#Mg	0,06	0,04	0,05	0,06	–			0,06			0,08		0,07	

Окончание табл. 1

	Kl/12-11-1	Kl/10-5-4	Kl/20-1-7	Kl/12-11-2	Kl/10-5-3	Kl/10-1-12	Kl/10-1-10	Kl/10-2-11
FeO	38,10	38,84	36,89	35,36	37,17	37,42	34,55	34,78
MgO	1,29		1,46	2,33	1,96		2,90	3,55
MnO			1,35					
ZnO	1,55			1,72				
CaO								
Cr_2O_3	40,65	35,76	33,41	33,00	32,90	32,61	24,50	23,33
Al_2O_3	18,42	25,40	26,88	27,59	27,97	29,97	38,04	38,55
V_2O_5								
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Формульные коэффициенты								
Fe^{2+}	0,89	1,00	0,89	0,84	0,90	1,00	0,87	0,84
Mg^{2+}	0,07		0,07	0,12	0,10		0,13	0,16
Mn^{2+}			0,04					
Zn^{2+}	0,04			0,04				
Ca^{2+}								
Cr^{3+}	1,11	0,95	0,87	0,86	0,85	0,84	0,60	0,57
Al^{3+}	0,75	1,00	1,05	1,06	1,06	1,15	1,38	1,39
Fe^{3+}	0,21	0,09	0,12	0,13	0,11	0,02	0,02	0,06
V^{5+}								
#Cr	0,60	0,49	0,45	0,45	0,45	0,42	0,30	0,29
Cr*	0,54	0,47	0,43	0,42	0,42	0,42	0,30	0,28
#Mg	0,07		0,07	0,12	0,10			

Примечание. #Cr = Cr/(Cr + Al); Cr* = Cr/(Cr + Al + Fe^{3+}); #Mg = Mg/(Mg + Fe^{2+}).

Таблица 2. Состав минералов элементов платиновой группы Климовского рудопроявления

	KL/12-4-1	KL/12-6-1	KL/11-13-1	KL/20-12-1	KL/12-7-1	KL/10-8-1	KL/13-13-1	KL-2-2	KL/21a-4-1	KL-K1	KL-K2
Pd	25,74	25,78	27,28	27,39	38,22	37,81	41,20	21,94	24,30	23,70	23,51
Bi	22,95	21,91	22,05	11,91	28,63	33,38	17,47	78,06	45,87	46,98	46,62
Te	51,30	52,31	50,68	60,71	33,15	28,82	41,34		29,83	29,32	29,87
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Формульные коэффициенты											
Pd	0,99	0,96	1,00	0,98	0,95	0,96	0,97	1,07	1,00	0,99	0,98
Bi	0,42	0,42	0,43	0,22	0,36	0,43	0,21	1,93	0,97	0,99	0,98
Te	1,59	1,62	1,57	1,81	0,69	0,61	0,82		1,03	1,02	1,04

Примечание. KL/12-4-1, KL/12-6-1, KL/11-13-1, KL/20-12-1 – меренскит; KL/12-7-1, KL/10-8-1, KL/13-13-1 – котульскит; KL-2-2 – фрудит; KL/21a-4-1, KL-K1, KL-K2 – майченерит.

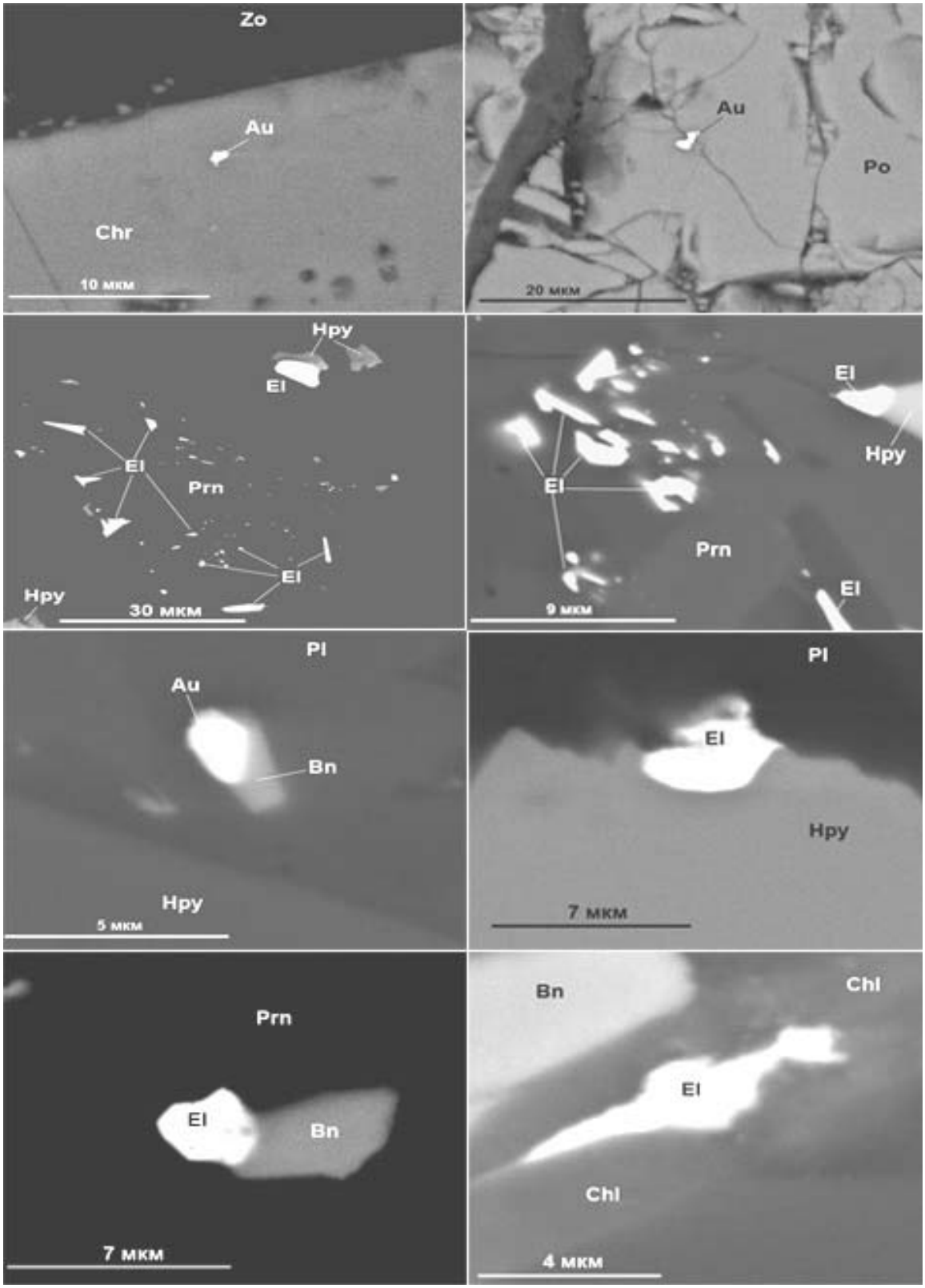


Рис. 3. Характерные морфотипы золота самородного и электрума в рудах Климовского проявления:

Au – золото самородное; El – электрум; Bn – борнит; Chl – хлорит; Chr – хромит; Hpy – халькопирит; Po – пирротин; Prn – пренит

Таблица 3. Состав золота самородного и электрума Климовского рудопроявления

	KL/13-13-2	KL/8-29-1	KL/8-27-1	KL/8-27-2	KL/8-27-3	KL/8-29-2	KL/8-9-1	KL/8-11-1	KL/8-18-1	KL/8-12-1	KL/8-17-1	KL/8-16-1
Au	83,18	71,66	69,63	67,76	67,29	66,30	67,87	62,95	49,96	49,14	48,04	46,48
Ag	16,82	28,34	30,37	32,24	32,71	33,70	36,13	37,05	50,04	50,86	51,96	53,52
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Формульные коэффициенты												
Au	0,73	0,58	0,56	0,54	0,53	0,52	0,49	0,48	0,35	0,35	0,34	0,32
Ag	0,27	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,51	0,52	0,65	0,65	0,66	0,68

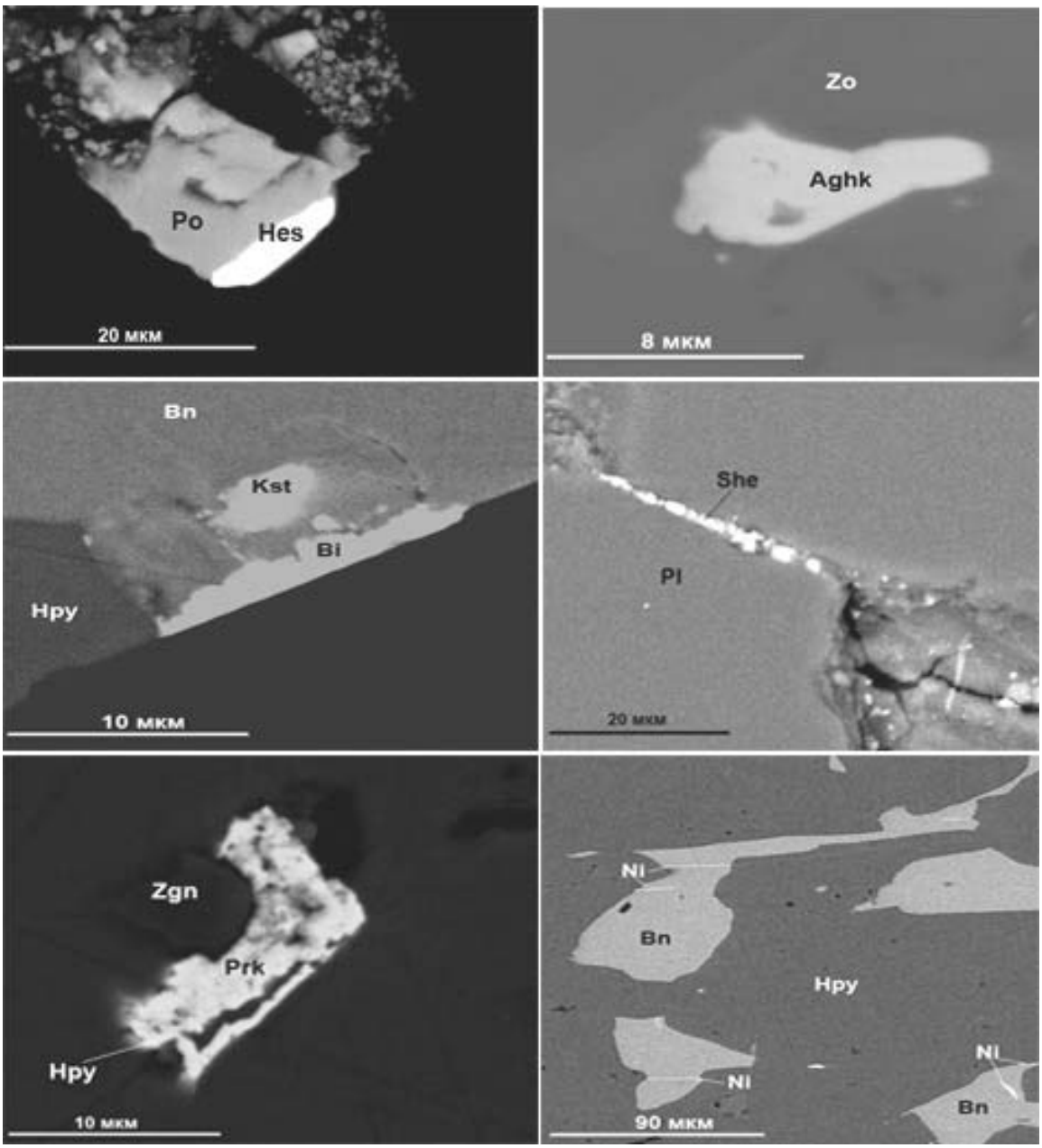


Рис. 4. Редкие минералы серебра, висмута, никеля и др. в рудах Климовского проявления:

Agnk – арсеногаухекорнит, $Ni_9(Bi,Sb,As)_2S_8$; Bi – висмут самородный; Bn – борнит; Hpy – халькопирит; Hes – гессит, Ag_2Te; Kst – кусатиит, $CuBi_2O_4$; Po – пирротин; Ni – никель самородный; She – шеелит; Zgn – зигенит, $(Co,Ni)_3S_4$; Prk – паркерит, $Ni_3Bi_2S_2$; Zo – цоизит

Таблица 4. Состав ильменитов Климовского рудопроявления

	Kl/13-4-1	Kl/3-9-2	Kl/13-2-1	Kl/6-6-2	Kl/18-2-1	Kl/21a-2-1	Kl/4-3-1	Kl/3-8-3	Kl/13-7-1	Kl/13-1-5	Kl/4-1-9	Kl-1-3	Kl/13-6-4	Kl/3-1-5
FeO	41,87	42,94	44,94	42,95	45,08	45,90	45,30	45,09	45,70	45,76	46,51	45,40	45,76	45,41
MnO	5,70	4,90	3,49	3,00	2,40	2,03	1,94	1,79	1,71	1,61	1,51	1,39	1,30	1,26
TiO_2	52,43	52,16	51,57	54,05	52,52	52,07	52,75	53,12	52,58	52,63	51,97	53,21	52,94	53,33
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Формульные коэффициенты														
Fe^{2+}	0,89	0,91	0,95	0,90	0,96	0,98	0,97	0,95	0,96	0,96	0,99	0,96	0,97	0,96
Mn^{2+}	0,12	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Ti^{4+}	0,99	0,99	0,98	1,04	0,99	0,98	0,99	1,01	1,00	1,00	0,98	1,01	1,00	1,01

Метасоматиты в субширотных вертикальных сдвиговых дислокациях вскрыты в северной части карьера. Они развиваются по хлоритизированным (Mg-хлорит) меланократовым амфиболитам (пл. № 60–80) с повышенными содержаниями MgO (12,69 %), Cr_2O_3 (0,96 %), Li_2O (0,03 %) и слабо измененным (Mg-хлорит) амфиболитам (MgO – 6,13 %, Cr_2O_3 – 0,02 %; пл. № 50–60) с акцессорными сфеном, рутилом (до 1 % V), ильменитом (Mn – 1–4 %) и пирротином. В обобщенном виде в их строении выделяются 4 метасоматические зоны.

1. Осевые части метасоматитов выполнены высокохромистыми карбонат-хлорит-слюдистыми ассоциациями состава – хромит (Cr_2O_3 46–54 %), амфибол (Cr – 1,2 %), биотит (f = 33–41 %, Cr – 1–2,4 %), фуксит (Cr – 1,6–2–3,2 %), цоизит (Cr – 1,7–2,4 %), Mg-хлорит (Cr, 0–4 %; V, 0–0,3 %), мусковит, плагиоклаз (№ 30–50), анортоклаз, кальцит, гидробиотит (Cr – 1,3–1,4 %), альбит, пренит, кварц, рутил, сфен (Cr – 0–0,8 %) и рудные – пирротин, пирит (Ni – 1 %), пентландит, галенит (Se – 1,3 %), самородные висмут и золото, шеелит (рис. 4).

2. В сторону амфиболитов они сменяются кальцит-альбит-мусковит-парагонит-хлоритовыми (Fe-Mg-хлорит) метасоматитами с развивающимися по плагиоклазу высококремниевыми слюдами сложного состава (от мусковита до парагонита с маргаритовым – до 10 % и роскоэлитовым – до 8 % компонентами и повышенными содержаниями марганца – 0,2–1,0 %), альбитом, пренитом, натролитом и анальцимом. Метасоматиты содержат никельсодержащий (Ni – 2,4 %) пирит, халькопирит, селенистый (Se – 15 %) галенит и клаусталит в срастании со спионкопитом и долерофанитом. Принимавшиеся здесь ранее за скаполит сиреневатые минеральные обособления в действительности оказались агрегатами пренита, сложных Mn-содержащих высокремниевых слюд и реликтов основного плагиоклаза.

3. Хлорит-амфибол-слюдистые метасоматиты с коричневым биотитом (f – 38, 37; маргарит – до 20 %), замещаемым пренитом, FeMg-хлоритом и подвергающимся гидратации. Здесь же отмечаются мусковит (серицит) совместно с пренитом, мусковит-фенгит (фенгит – 40–50 %, маргарит – 30%), альбит, K-Na-полевой шпат, цоизит (Ce – 1,6 %), фтор- и оксиапатит, циркон (50–100 мкм), в реликтах – плагиоклаз (№ 50), амфибол, гранат (Алм-51, Грс-23, Спс-15, Пир-11). Рудные представлены ильменитом (Mn – 2,4 %), сфалеритом, галенитом, пиритом, кобальтином, халькопиритом, самородным свинцом.

4. Амфибол-альбит-цоизит-пренит-тюрингитовые метасоматиты (CuO – 0,33 %) содержат тонкую вкрапленность халькопирита, борнита и ассоциирующихся с ними микровыделений паркерита, зигенита, арсеногаухекорнита, виттихенита, гессита, штютцита, никеля сам. и неидентифицированной фазы – Ag_5Te_3BiS (рис. 4). Местами в них отмечаются кварцевые прожилки, содержащие в зальбандах кобальтин, самородный висмут, бисмит, кусатиит, сфалерит, электрум ($Au_{35-61}Ag_{39-65}$). Электрум встречается в сростках с борнитом в плагиоклазе № 60 и пренте, а также в халькопирите и тюрингите.

Обсуждение результатов

Полученные результаты, свидетельствующие о широком распространении в рудоносных метасоматитах Климовского проявления как высокотемпературных (кианит, гранат), так и низкотемпературных (до цеолитов) минеральных ассоциаций, наряду с их «пестрым» строением, осложненным наличием большого числа преимущественно линзовидных и пластовых тел слабо измененных амфиболитов, крайне осложняют реконструкцию протолита, служившего субстратом для их формирования. В этом аспекте важное генетическое значение имеют минералы, относительно устойчивые в метаморфо-метасоматических процессах. Одним из таких минералов-индикаторов при типизации магматических пород является хромшпинелид [Плаксенко, 1989; Griffin et al., 1993; Степанов и др., 2003; Перевозчиков и др., 2004; Рыкус и др., 2007 и др.].

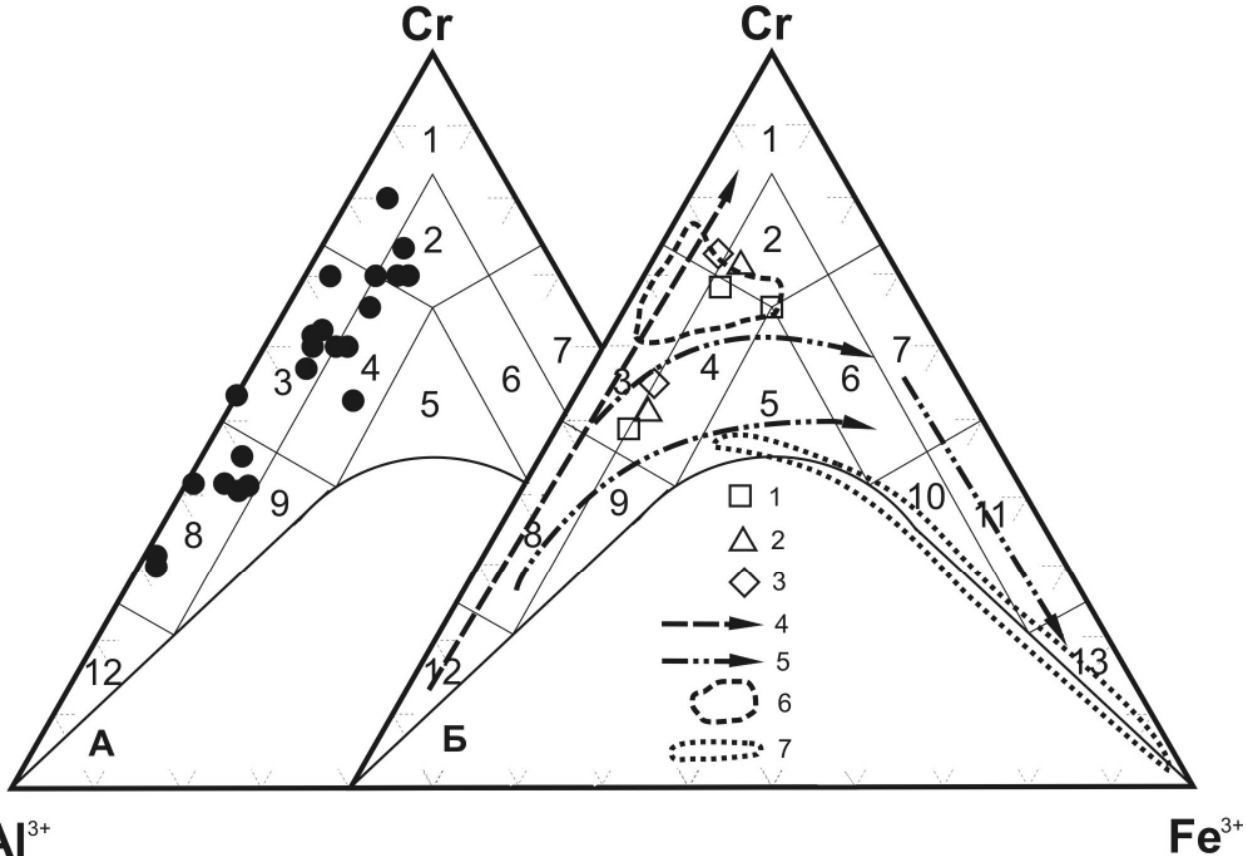


Рис. 5. Состав хромшпинелидов Климовского рудопроявления (А) и средние составы хромшпинелидов из различных типов руд офиолитовых массивов Полярного Урала и метаультрамафитов Беломорского мобильного пояса (Б):

1–3 – массивы: 1 – Рай-Из, 2 – Войкаро-Сыньинский, 3 – Кимперсайский; 4, 5 – тренды эволюции состава хромшпинели из ультрабазитов [Перевозчиков и др., 2004]: 4 – первичный тренд дифференциации в верхней мантии, 5 – вторичные тренды метаморфических преобразований в коровых условиях; 6 – поле составов хромшпинелидов Бураковского плутона в Карелии [Николаев, 2009)]; 7 – поле составов хромшпинелидов из метаультрабазитов оз. Серяк Беломорского мобильного пояса [Степанов и др., 2003]; 1–13 – подсемейства хромшпинелидов: 1 – хромит, 2 – субферрихромит, 3 – алюмохромит, 4 – субферрихромит, 5 – ферриалюмохромит, 6 – субалюмоферрихромит, 7 – феррихромит, 8 – хромпикотит, 9 – субферрихромпикотит, 10 – суалюмохроммагнетит, 11 – хроммагнетит, 12 – пикотит, 13 – магнетит

Состав хромшпинелидов на Климовском проявлении варьирует от хромпикотита до хромита и субферрихромита (рис. 5). Содержание MgO в хромшпинелидах достигает 3,6 %, MnO – 1,35 %, ZnO – 1,72 % (табл. 1). В единичных анализах отмечается присутствие CaO – 0,78 % и V_2O_5 – 0,90 %. Соответственно их хромистость (#Cr = Cr/(Cr+Al)) изменяется от 0,29 до 0,83, а максимальная магнезиальность (#Mg = Mg/(Mg+Fe^{2+})) составляет 0,12. Такие особенности состава хромшпинелидов свидетельствуют о доминирующем типе изоморфизма в них по «*P тренду*» (Cr^{3+} – Al^{3+}) при практически непроявленном изоморфизме по «*fO_2 тренду*» (Fe^{2+}+Ti^{4+} – 2Cr^{3+}), обычно характерном для метаморфических преобразований хромшпинелидов в коровых условиях [Горбачев и др., 2006] и отчетливо проявленном в хромшпинелидах ультрабазитов района оз. Серяк в Беломорском мобильном поясе [Степанов и др., 2003]. При метаморфизме из хромшпинелидов происходит практически полный вынос Al, Mg и значительная часть Cr, сопровождаемый привносом Fe и переходом его из двухвалентного в трехвалентное состояние [Рыкус и др., 2007]. Исходя из этого, установленные вариации составов хромшпинелидов Климовского проявления определялись, вероятно, не метаморфизмом, а метасоматическими преобразованиями, в конечном итоге приведшими к формированию лиственитов, пропилитов и березитоидов. В таком случае предполагается, что наиболее хромистые хромшпинелиды (хромиты и субферрихромиты) являются производными алюмохромитов исходных магматических пород, которыми, наиболее вероятно, могли быть офиолиты, и образованы в процессе их лиственитизации. Это не противоречит типохимическим особенностям хромшпинелидов офиолитовых комплексов (обычно

алюмохромиты) и формации лиственитов, характеризующихся сравнительно высокой хромистостью [Спиридонов и др., 1998 и др.]. Присутствие в исследуемых хромшпинелидах процентных содержаний марганца и цинка (табл. 1) также является показательным для их сопоставления со шпинелидами докембрийских офиолитов. Примерно такой же уровень содержаний этих элементов зафиксирован в хромшпинелидах офиолитов Оутокумпу и Йормуа в Финляндии [Vuollo, Piiranen, 1989]. Не противоречат такому сопоставлению и особенности состава ильменита Климовского проявления (табл. 4), местами ассоциирующегося с хромшпинелидами, хотя высокие содержания в нем марганца (до 6 %), возможно, обусловлены уже процессами, ответственными за формирование пегматитов, ильмениты которых в целом отличаются повышенной марганцовистостью [Багдасаров, 2010].

На данной стадии исследований Климовского проявления оценить PT параметры гидротермально-метасоматических преобразований офиолитов представляется возможным только в первом приближении. Согласно шпинелевому геотермометру [Griffin et al., 1993], температура образования хромитов Климовского проявления по количественному содержанию в них цинка оценивается в 400–460°. Примерно такой же температурный интервал получается и по ильменит-железооксидному геотермометру [Spencer, Lindsley, 1981]. Однако широкое распространение в рудоносных метасоматитах висмута самородного, гессита, штютцита, пренита, гидрослюд сложного состава и цеолитов (натролит, анальцим, томсонит и др.) является индикатором гораздо более низкотемпературных условий (<<200°), возможно связанных уже с пегматитовым процессом.

Таким образом, основываясь на приведенных данных по составу хромшпинелидов из различных магматических комплексов и трендах эволюции их составов при метасоматозе и метаморфизме, представляется, что в метасоматитах Климовского проявления присутствуют хромшпинелиды офиолитового парагенезиса и разных стадий их метасоматических преобразований, специфика которых заключалась в проявлении изоморфизма преимущественно по «*P тренду*». То есть гидротермально-метасоматическая переработка офиолитов происходила при достаточно значительном падении давления во флюидной системе, что, несомненно, способствовало распаду переносимых растворами комплексных соединений и рудоотложению. В составе рудных ассоциаций выделяются как унаследованные рудные минералы (хромшпинелиды, ильменит, пирротин, пентландит и др.), так и новообразованные – преимущественно благороднометалльные, а также висмутиды, висмутотеллуриды, селениды и др. Минералы платиновой группы представлены преимущественно системой Pd-Bi-Te (табл. 2) и более редкими – сперрилитом и родий- и палладийсодержащим кобальтин-герсдорфитом. Минералами-носителями золота являются золото самородное и электрум (табл. 3). По данным микрозондового анализа, в золоте на пороге чувствительности (0,1 %) отмечается присутствие ртути, что, вероятно, является признаком глубинного происхождения рудопродуцирующих растворов [Patter, Barnes, 1978]. По совокупности данных Климовское рудопроявление классифицируется нами как орогенное мезотермальное.

Выводы

Рудоносные метасоматиты Климовского рудного узла формировались по офиолитовому комплексу с доминированием метаморфо-метасоматических преобразований по «*P тренду*» при редуцированном проявлении изменений по «*fO_2 тренду*». Наиболее продуктивными на благороднометалльную минерализацию метасоматитами на Климовском проявлении являются пропилиты железисто-хлоритовых ассоциаций, лиственитs и кварц-карбонат-гидрослюдистые образования с хромсодержащими минералами, пренитом и цеолитами (натролит, томсонит, анальцим). Структурный контроль и возраст [Шевченко и др., 2009; Астафьев и др., 2010] благороднометалльной минерализации Климовского проявления дискуссионны. Наиболее вероятным представляется его полигенно-полихронное происхождение (AR-PR) в региональных сдвиговых зонах свекофеннского возраста с участием архейских офиолитовых комплексов и золотосодержащих колчеданных руд (фальбандов), известных в Чупинской губе Беломорья еще с начала прошлого века [Гинсбург, 1921] и выявленных позднее [Ахмедов и др., 2001] на полуострове Картеш, в районе рудников Хетоламбино, Чкаловский, Булка и др.

Литература

Астафьев Б. Ю., Воинова О. А., Воинов А. С., Проскурин Г. Ю. Прогнозная оценка золотоносности зон сочления архейских гранит-зеленокаменных об-

ластей и подвижных поясов Карело-Кольского региона // Материалы Всерос. конф. Самородное золото. Т. 1. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 47–49.

Ахмедов А. М., Воинова О. А., Калабашкин С. П. и др. Компьютерная карта золотоносности докембрия Карельского региона масштаба 1 : 1 000 000: Анализ перспектив // Региональная геология и металлогения. 2001. № 13–14. С. 84–104.

Ахмедов А. М., Шевченко С. С., Симонов О. Н. и др. Новые типы проявлений благороднометалльной минерализации в зеленокаменных поясах позднего архея Карело-Кольского региона // Геология и геодинамика архея. СПб.: Центр информационной культуры, 2005. С. 34–38.

Багдасаров Э. А. Типохимические особенности кристаллохимических параметров ильменитов и их прикладное значение // Региональная геология и металлогения. 2010. № 44. С. 34–41.

Гинсбург И. И. Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива Белого моря // Петроград. Труды Северной научно-промысловой экспедиции. 1921. Вып. 7. 64 с.

Голубев А. И., Иващенко В. И., Трофимов Н. Н., Ручьев А. М. Металлогения и оценка перспектив Карелии на крупные комплексные благороднометалльные месторождений // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 10. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 91–116.

Горбачев Н. С., Костюк А. В., Некрасов А. Н., Сулганов Д. М. Минералы – как индикаторы породо- и рудообразования // Теория, история, философия и практика минералогии: Материалы IV Междунар. минер. семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 109–111.

Корпечков Д. И. Климовское корундовое проявление, Северная Карелия: некоторые петрографические особенности // Материалы XX Рос. конф. молодых ученых, посвящ. памяти чл.-кор. АН СССР К. О. Кратца. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. С. 94–97.

Николаев Г. С. Условия кристаллизации первично-магматического хромита при формировании Бураковско-Аганозерского расслоенного массива Заонежья // Материалы 3-й Междунар. конф. «Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения». Качканар, 2009. С. 75–79.

Перевозчиков Б. В., Плотников А. В., Макиев Т. Т. Природа вариаций состава рудной и акцессорной хромшпинели ультрабазитового массива Сыум-Кеу (Полярный Урал) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 6. Пермь: Перм. ун-т, 2004. С. 170–180.

Петров О. В., Шевченко С. С., Ахмедов А. М. Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной части Балтийского щита // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. (Петрозаводск, 12–15 ноября 2007 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 292–296.

Плаксенко А. Н. Типоморфизм акцессорных хромшпинелидов ультрамафит-мафитовых магматических формаций. Воронеж, 1989. 224 с.

Пожиленко В. И. Позднеархейский расслоенный диорит-базит-гипербазитовый массив Оспе-Лувтуайвенч (Кольский полуостров) // Сборник материалов проекта Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Вып. II. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 89–96.

Ручьев А. М. Геологические предпосылки развития рудной сырьевой базы горнодобывающей промышленности в Лоухском районе Республики Карелия // Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 70–78.

Ручьев А. М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс, Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2002. С. 47–58.

Ручьев А. М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс) // Геология и геодинамика архея: Материалы I Рос. конф. по пробл. геол. и геодин. докембрия. СПб.: Центр информационной культуры, 2005. С. 324–329.

Ручьев А. М. Платиноиды парагнейсов чупинской свиты и проблема архейских офиолитов беломорского комплекса Балтийского щита // Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика. Материалы Междунар. науч. конф. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 305–308.

Рыкус М. В., Бажин Е. А., Савельев Д. Е., Сначев В. И. Геология и геохимические особенности ультрабазитов и габброидов зоны сочленения Южного и Среднего Урала (Кыштымская площадь) // Геология и геофизика. 2007. Т. 7, № 1. С. 72–80.

Спиридонов Э. М., Назьмова Г. Н., Соколова Н. Ф. и др. Состав и эволюция магматитов и метасоматитов инверсионных гранодиоритовых и раннеорогенных монцонитовых комплексов Казахстана и Урала и сопряженного Fe-Co (Cu, W) скарнового, Mo-Cu-порфирового, кварц-шеелитового и золото-кварцевого оруденения // Проблемы геологии Урало-Монгольского пояса (Тр. лаборатории складчатых поясов) / Под ред. Е. Е. Милановского и А. Б. Веймарна. М.: МГУ, 1998. С. 66–73.

Степанов В. С. Основной магматизм докембрия западного Беломорья. Л.: Наука, 1981. 216 с.

Степанов В. С., Слабунов А. И., Степанова А. В. Породообразующие и акцессорные минералы позднеархейских перидотитов района озера Серяк (Беломорский подвижный пояс Фенноскандинавского щита) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003.С. 17–25.

Шевченко С. С. Минералого-геохимические особенности рудоносных метасоматитов и перспективы выявления комплексного благороднометалльно-медно-никелевого оруденения в Беломорском подвижном поясе: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. СПб., 2011. 20 с.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А., Свешникова К. Ю. Благороднометалльные метасо-

матиты позднего архея Чупино-Лоухского фрагмента Беломорской подвижной зоны // Регион. геол. и металлогения. 2009. № 37. С. 106–120.

Barton P. B., Noulmin J. B. The elektrum-tarnisch metnod for the determination of the fugasity sulfur in laboratory sulfide systems // Geochim. Cosmochim. Acta. 1964. Vol. 28. P. 619–640.

Griffin W. L., Sobolev N. V., Ryan C. G. et al. Trace elements in garnet and chromites: diamond formation in the Siberian litosphere // Lithos. 1993. Vol. 29. P. 235–256.

Spencer K. J., Lindsley D. H. A solution model for coexisting iron-titanium oxides // American Mineralogist. 1981. Vol. 66. P. 1189–1201.

Patter R. W., Barnes H. L. Phase relation in the Binary Hg-S // Amer. Mineralagist. 1978. Vol. 63, N 11–12. P. 1143–1153.

Vuollio J., Piiranen T. Mineralogical evidence for an ophiolite from the Outokumpu serpentinites in North Karelia, Finland // Bul. Geol. Soc. Finland. 1989. 61, part. 1. P. 95–112.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Иващенко Василий Иванович
ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ivashche@krc.karelia.ru

Ivashchenko, Vasily
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ivashche@krc.karelia.ru

Ромашкин Александр Евгеньевич
научный сотрудник
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел. (8142) 769824

Romashkin, Alexandr
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 769824

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 78–86

УДК 550.382.3: 553.541

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛЬКОВОГО КАМНЯ ОЗЕРКИ (КОСТОМУКШСКАЯ ЗЕЛЕНОКАМЕННАЯ СТРУКТУРА)

Е. Е. Климовская, А. В. Климовский

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Работа посвящена исследованиям месторождения талькового камня Озерки (южная часть Костомукшской зеленокаменной структуры). По результатам петрофизических и минералого-геохимических исследований пород месторождения выявлены закономерности изменения магнитных свойств ультрамафитов в зависимости от интенсивности гидротермальных и метасоматических процессов. Результаты представляют практический интерес и применимы при поисково-разведочных работах, а также при эксплуатационной разведке с целью повышения эффективности комплекса горно-геологических работ.

Ключевые слова: тальковый камень, Костомукшская зеленокаменная структура, коматиит, магнитная восприимчивость, магнитометрия, метаморфизм, метасоматоз, петрофизика.

E. E. Klimovskaya, A. V. Klimovskiy. GEOLOGICAL NATURE OF THE OZERKY SOAPSTONE DEPOSIT MAGNETIC ANOMALIES (KOSTOMUKSHA GREENSTONE BELT)

The paper deals with studies of the Ozerky soapstone deposit in the southern part of the Kostomuksha greenstone structure. A correlation between the alteration of magnetic properties of the ultrabasic rocks and the rates of hydrothermal and metasomatic processes was revealed through petrophysical, mineralogical and geochemical investigations. The results are of practical interest and can be used in prospecting and exploration, as well as operational exploration to improve the efficiency of the set of geological and mining activities.

Key words: soapstone, Kostomuksha greenstone structure, komatiite, magnetic susceptibility, magnetometry, metamorphism, metasomatism, petrophysics.

Введение

Добыча и использование талькового камня обусловлены физическими и декоративными свойствами данного сырья, обеспечивающими его применимость в энергоэффективных обогревательных установках как промышленного, так и бытового назначения (теплоаккумулирующая роль). Мелкофракционный природный и термообработанный материал может использоваться для футеровок тепловых агрегатов, в качестве наполнителя для композиционных материалов, для производства керамических изделий с улучшенными свойствами и др. [Соколов, 1995]. Из тальковых руд Карелии, являющихся в общем случае тальковым камнем, воз-

можно получение тальковых концентратов, пригодных для применения в целлюлозно-бумажной, лакокрасочной, керамической промышленности, для производства резинотехнических изделий и пластмасс [Фурман, 1995].

Метаультрамафиты, к которым приурочены залежи талькового камня, обычно создают сильные магнитные аномалии, что позволяет эффективно использовать в поисковых работах магниторазведку. Однако не все типы измененных ультрамафитов представляют практический интерес, и вариации минерального состава могут отражаться в изменении петрофизических параметров (в частности, магнитной восприимчивости). Интерпретация магнитного поля с учетом данных о магнитной восприимчивости исследуемых пород позволяет сфокусироваться на более перспективных площадях и точнее оконтурить продуктивные тела, приводя к уменьшению затрат на разведочные и оценочные работы.

В данной работе представлены результаты геолого-петрофизических исследований пород месторождения талькового камня Озерки с целью установления связи между магнитными свойствами (магнитной восприимчивостью и, как следствие, с аномальным магнитным полем) измененных ультрамафитов и особенностями проявления процессов метаморфизма и метасоматоза. Месторождение талькового камня Озерки было открыто в результате поисково-оценочных работ сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН (В. А. Шеков, А. А. Иванов, А. В. Гаранжа, С. Я. Соколов) совместно со специалистами из Геологической службы Финляндии в рамках приграничного сотрудничества по проекту КОССТОУН (KOSSTONE PROJECT – Model of stone industry co-operation in the region of Euregio Karelia) в 2004–2005 гг.

Методы исследования

Фактический материал получен при проведении поисково-оценочных работ по договору с фирмой-лицензиатом ООО «Инкод» в 2005–2009 гг. Полевые геофизические работы на месторождении проводились сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН с 2004 г., начиная с масштаба 1 : 10 000, эта сеть была взята за основу для дальнейших детализационных работ масштаба 1 : 2000 на участке Озерки-1 и 1 : 5000 на участке Зеленая горка. Магнитометрия выполнена по сети 5×50 метров протонными магнитометрами. Измерения магнитной восприимчивости (æ) пород проводились по керну 21 скважины каппаметром КТ-5 с точностью измерения 10^{-5} ед. СИ. Замерам подвергались все фрагменты керна длиной от 8 см, т. е. более диаметра датчика прибора. Каждый последующий замер брался после поворота керна по оси на 120°, глубинной отметке присваивалось осредненное по трем замерам значение. Если длина образца позволяла, производились измерения с шагом 3 см. Всего по данной схеме измерений получено 7662 осредненных значения.

Для интерпретации геолого-геофизических данных основные разновидности тальксодержащих и вмещающих пород месторождения, выделенные при документации керна скважин, а также по результатам каппаметрии, исследованы методами оптической микроскопии, химического и микрозондового анализа. При определении количественного минерального состава исследованных пород традиционными методами подсчета под микроскопом возникают трудности, связанные с неоднородным распределением минералов в породах, а также тонкочешуйчатой структурой и сростками минералов. Поэтому результаты определения количества минералов корректировались с помощью пересчета химических анализов проб на минеральный состав. Химические составы минералов, использованные при расчетах, определены по данным микрозондового анализа. Определение химического состава породообразующих и акцессорных минералов проводилось в Институте геологии КарНЦ РАН на микроанализаторе INCA Energy 350 на базе сканирующего микроскопа VEGA II LSH (аналитики А. Н. Терновой, А. Н. Сафронов).

Геологическое строение месторождения (участок Зеленая горка)

Месторождение талькового камня Озерки расположено в южной части Костомукшской зеленокаменной структуры и приурочено к коматиитам рувинваарской свиты контокской серии неоархея. Особенности геологического строения структуры детально рассмотрены в многочисленных работах [Чернов, 1964; Лазарев, 1971; Горьковец и др., 1981, 1991; Кожевников, 1982, 2000].

Месторождение Озерки включает в себя два участка Озерки-1 и Зеленая горка, расположенных в пределах единой аномальной зоны, выделяемой по магнитному полю, а также кажущемуся удельному сопротивлению. По горно-геологическим условиям участок Зеленая горка является более благоприятным для добычи и выбран для дальнейших детальных геолого-петрофизических исследований.

Месторождение расположено на периферии реликтовой вулканической постройки, выделяемой В. Я. Горьковцом [Горьковец и др., 1991]. По результатам исследования керна скважин толща измененных ультрамафитов сложена переслаивающимися маломощными дифференцированными лавовыми потоками коматиитов. По наличию зон спинифекс на участке Зеленая горка установлено не менее 5 потоков коматиитов.

В пределах участка исследования (450×300 м) толща тальксодержащих пород представляет собой дифференцированное крутопадающее пластообразное тело северо-восточного простирания, согласно залегающее среди метабазальтов (рис. 1, Б).

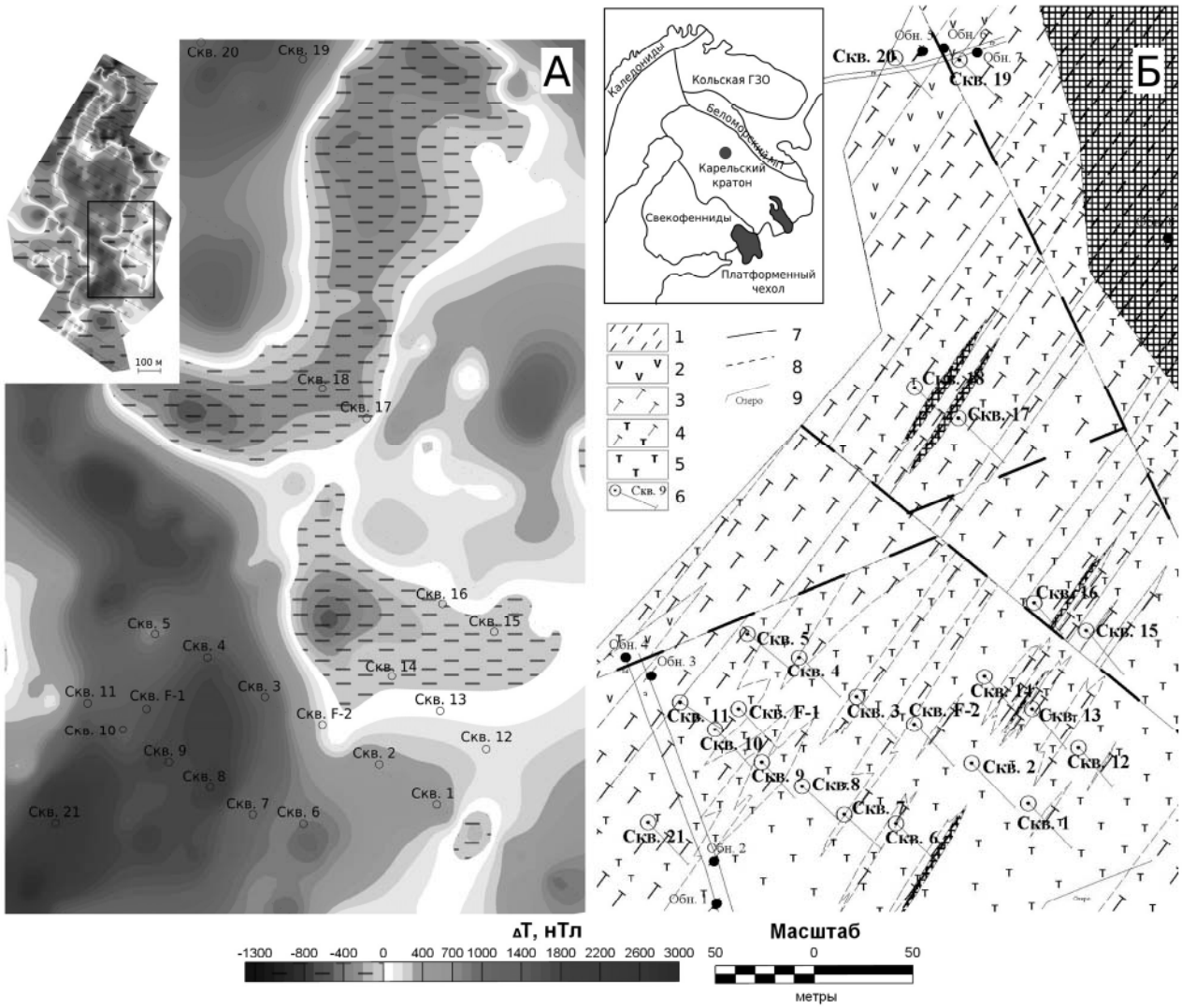


Рис. 1. А – План аномального магнитного поля на участке Зеленая горка (во врезке план аномального магнитного поля на месторождении Озерки с местоположением участка Зеленая горка). Б – Схема геологического строения участка Зеленая горка (составили А. В. Гаранжа, А. А. Иванов, Е. Е. Климовская):

1 – метагаббро; 2 – метабазальты; 3 – амфибол-хлоритовые породы; 4 – (карбонат)-тремолит-тальк-хлоритовые породы; 5 – карбонат-хлорит-тальковые породы; 6 – скважины и их номера; 7, 8 – геологические границы: установленные и предполагаемые; 9 – береговая линия (во врезке Фенноскандинавский щит с местоположением месторождения Озерки)

Метабазальты представлены мелкозернистыми рассланцованными темно-серыми породами полевошпат-роговообманкового состава, коренные выходы которых имеют грядообразные формы, обрамляющие западную и восточную часть участка.

Толща талькового камня сложена породами карбонат-хлорит-талькового состава с подчиненным развитием тремолит-тальк-хлоритовых и амфибол-хлоритовых разностей.

Амфибол-хлоритовые породы образуют небольшие по мощности (от 2 до 20 м) линзообразные и пластовые тела в толще тальксодержащих пород и, вероятно, являются останцами, не затронутыми тальк-карбонатными изменениями. Представлены тонкозернистыми

массивными разностями серого и темно-серого цвета, местами с зеленоватым оттенком. Секутся тальковыми, хлоритовыми, карбонатными и тальк-карбонатными прожилками. Структура пород фибробластовая, нематолепидобластовая, порфиробластовая. Содержание породообразующих минералов: амфибол 20–60 %, хлорит 25–60 %, рудные 4–10 %, тальк 0–10 %, карбонат 0–5 %. Химические составы породообразующих минералов приведены в таблицах (табл. 1–4).

Амфибол представлен тремолитом, образующим волокнистые агрегаты, призматические кристаллы, развит не только в основной массе, но и в виде маломощных прожилков. Наблюдается замещение тремолита тальком и карбонатом. Хлорит образует чешуйчатые агрегаты, как и в остальных разновидностях тальксодержащих пород, представлен бледно-зеленым пеннином (по классификации Hey [Hey, 1954]). Карбонат образует изометричные зерна, зернистые массы и порфиробласты, представлен доломитом.

(Карбонат)-тремолит-тальк-хлоритовые породы (переходные разности) представляют собой тонкозернистые разновидности от светло-серого до темно-серого цвета, в зависимости от содержания хлорита, с тальковыми, карбонатными, хлоритовыми и тальк-карбонатными прожилками размером от 1–3 мм до первых сантиметров. Структура пород порфиробластовая (зерна карбоната), структура основной ткани – лепидобластовая, нематолепидобластовая. Текстура массивная, сланцеватая. Содержание породообразующих минералов: тремолит 25–30 %, хлорит 20–40 %, тальк 20–40 %, карбонат 1–16 %, рудные 0–10 %.

Таблица 1. Химический состав и формульные коэффициенты амфиболов

Образец	Скв. 1-32,7	Скв. 10-7,65	Скв. F1-5,5	Скв. F1-32,87
SiO_2	53,6	55,9	57,85	57,36
Al_2O_3		0,24		
FeO*	12,64	4,41	3,42	3,75
MnO	0,79			
MgO	22,35	21,71	23,96	23,02
CaO	0,32	12,5	12,13	12,21
Na_2O				
Сумма	89,7	94,76	97,36	96,34
Si	8,1	7,95	7,95	7,98
Al^{IV}		0,04		
Sum T	8,1	7,99	7,95	7,98
Al^{VI}				
Mg	5	4,6	4,91	4,78
Fe^{2+}		0,4	0,09	0,22
Mn				
Sum C	5	5	5	5
Mg	0,4			
Fe^{2+}	1,6	0,13	0,3	0,22
Mn	0,1			
Na				
Ca	0,05	1,91	1,79	1,82
Sum B	2,15	2,03	2,09	2,04
Na				
K				
Sum A				
$Mg/(Mg+Fe^{2+})$	0,76	0,9	0,93	0,92
Название амфибола	Куммингтонит	Тремолит	Тремолит	Тремолит
Примечание		Спинифекс		
f	24,1	10,2	7,4	8,4

Примечание. Здесь и в табл. 2–4: название образца содержит номер скважины и глубину отбора в м; FeO* – суммарное железо в форме FeO; $f = Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)\times100\%$ – коэффициент железистости. Скв. 1-32,7 – карбонат-хлорит-тальковая порода; скв. 10-7,65, скв. F1-5,5 – тремолит-тальк-хлоритовая порода; скв. F1-32,87 – хлорит-амфиболовая порода. Расчет кристаллохимических формул и номенклатура по: [Leak, 1997].

Таблица 2. Химический состав и формульные коэффициенты карбонатов

Образец	Скв. 1-32,7	Скв. 1-32,7	Скв. 4-11,38	Скв. 10-7,65	Скв. 12-10,54	Скв. F1-5,5	Скв. F2-13,05	Скв. F2-13,05	Скв. F2-13,05	Скв. F2-13,05
FeO*	5,18		3,05	3,25	4,45	3,16	12,2	2,37	2,84	53,57
MnO	0,65		0,26	0,76	0,46	0,82	0,65	1,17		2,18
MgO	17,48		19,63	18,69	18,33	18,59	40,91	0,76	21,24	9,75
CaO	27,42	51,37	28,63	27,57	27,91	27,16		52,39	30,69	1,79
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CO_2	49,28	48,63	48,42	49,75	48,85	50,28	46,24	43,3	45,23	32,7
Fe^{2+}	0,136		0,079	0,084	0,116	0,082	0,151	0,033	0,074	0,832
Mn	0,017		0,007	0,02	0,012	0,022	0,008	0,017		0,034
Mg	0,817		0,909	0,866	0,853	0,861	0,904	0,019	0,984	0,27
Ca	0,921	0,906	0,952	0,918	0,934	0,904		0,941	1,022	0,036
C	2,109	1,094	2,053	2,111	2,084	2,132	0,936	0,991	1,92	0,829
Название карбоната	Доломит	Кальцит	Доломит	Доломит	Доломит	Доломит	Брейнерит	Кальцит	Доломит	Сидерит
Содержание $FeCO_3$, %	7	0	4	4	6	4	15	3	4	83

Примечание. CO_2 определено по разности. Здесь и в табл. 3–4: скв. 12-10,54, скв. F2-13,05 – карбонат-хлорит-тальковая порода; скв. 4-11,38 – тремолит-тальк-хлоритовая порода.

Таблица 3. Химический состав и формульные коэффициенты хлорита

Образец	Скв. 1-32,7	Скв. 4-11,38	Скв. 10-7,65	Скв. 12-10,54	Скв. F1-5,5	Скв. F1-32,87	Скв. F2-13,05
SiO_2	31,46	32,56	32,6	30,52	33,53	32,61	32,83
Al_2O_3	14,93	14,61	14,31	15,51	14,79	14,68	14,61
FeO*	11,65	8,47	8,45	11,51	8,44	7,89	6,62
MgO	26,87	30,69	29,28	27,34	30,47	29,64	31,12
Cr_2O_3	0,75	0,71	0,36	0,82	0,51	0,32	0,2
Сумма	85,65	87,05	85	85,7	87,73	85,14	85,38
Mg	4,03	4,43	4,34	4,08	4,37	4,38	4,54
Fe^{2+}	0,98	0,69	0,7	0,96	0,68	0,65	0,54
Cr	0,06	0,05	0,03	0,01	0,04	0,03	0,02
Al^{VI}	0,94	0,83	0,93	0,89	0,91	0,95	0,9
Al^{IV}	0,83	0,84	0,75	0,94	0,77	0,77	0,78
Si	3,17	3,16	3,25	3,06	3,23	3,23	3,22
f	20	13	14	19	13	13	11

Таблица 4. Химический состав и кристаллохимические формулы талька

Образец	Скв. 1-32,7	Скв. 4-11,38	Скв. 10-7,65	Скв. 12-10,54	Скв. F1-5,5	Скв. F2-13,05
SiO_2	59,98	62,7	63,31	60,8	63,80	65,11
MgO	28,05	29,44	30,11	28,29	30,50	31,81
FeO*	4,02	2,89	3,08	4,76	3,37	2,73
Сумма	92,04	95,03	96,5	92,7	97,67	99,65
Mg	2,78	2,82	2,83	2,76	2,84	2,89
Fe^{2+}	0,22	0,15	0,16	0,26	0,18	0,14
Si	3,99	4,03	4	3,98	3,99	3,97
f	7	4	5	9	6	5

Основная ткань породы состоит из тонкозернистого агрегата чешуек талька, хлорита, удлиненных призм и волокон тремолита, на фоне которой развиваются ксенобласты и зернистые массы доломита. Характерно наличие тонкой рудной сыпи между волокнами тремолита, в линзовидных скоплениях хлорита, а также в зернах доломита. Фиксируется замещение тремолит-хлоритовых агрегатов тальком и карбонатом.

Карбонат-хлорит-тальковые породы (тальковый камень) представляют собой мелко- и тонкозернистые разновидности от светло- до темно-серого цвета (в зависимости от преобладания карбоната либо хлорита) с тальковыми, карбонатными и тальк-карбонатными прожилками мощностью от 1–3 мм до первых сантиметров. По сравнению с (карбонат)-тремолит-тальк-хлоритовыми породами в целом содержат большее количество карбоната и талька, а также являются менее твердыми, что позволяет уверенно выделять их при документации керна. Содержание породообразующих минералов: тальк 30–55 %, хлорит 20–40 %, карбонат 10–30 %, рудные до 5 %.

Породы данной группы имеют порфиробластовые структуры, где порфиробласты представлены зернами карбоната и иногда куммингтонита, основная ткань сложена тонкочешуйчатым агрегатом талька, хлорита и зернами карбоната. Текстура массивная, сланцеватая.

Карбонат, образующий ксенобласты, зернистые массы и в некоторых образцах ромбоэдрические метакристаллы, представлен доломитом. В нижних кумулятивных частях потоков наблюдаются зерна брейнерита, замещающиеся кальцитом, доломитом и сидеритом (табл. 2).

Куммингтонит образует бесцветные расщепленные длиннопризматические кристаллы и лучистые агрегаты с полисинтетическими двойниками, замещается преимущественно тальком, в меньшей степени карбонатом.

Для всех разновидностей пород характерно наличие магнетита, ильменита (содержание которых до 10 %), акцессорных хромшпинелидов и бедной вкрапленности сульфидов, представленных пирротином, пентландитом, пиритом, халькопиритом, миллеритом, сфалеритом и галенитом. Отмечается наличие апатита и единичные находки циркона.

Для пород участка характерно наличие реликтовых ортокумулятивных и спинифекс структур. Зоны спинифекс преимущественно сложены тальк-хлоритовыми (±тремолит), а в амфибол-хлоритовых разностях тремолит-хлоритовыми, минеральными разновидностями и диагностируются по наличию разноориентированных пучков из темных и светлых полос, микроскопически определяется, что светлые полосы сложены чешуйками талька (и/или тремолита), темные – хлоритом. В породах участка выделяются зоны различных спинифекс структур: мелкого, различноориентированного и параллельного пакетного спинифекса. Ортокумулятивные структуры обнаруживаются микроскопически, псевдоморфозы по оливину подчеркиваются цепочками тонкораспыленных магнетита и ильменита.

Наилучшая сохранность реликтовых структур отмечается в юго-западной и центральной части участка (скв. 4-11, 17, F-1, F-2). В восточной части участка (скв. 1, 12) породы имеют брекчиевидную, полосчатую текстуру с большим количеством карбонатных жил и прожилков, характеризуются отсутствием первичных структур коматиитов.

В толще талькового камня отмечаются мелкие вытянутые дайковые тела основного состава мощностью 1,2–5 м. Дайки сложены темными зеленовато-серыми мелкозернистыми плагиоклаз-амфиболовыми породами массивной, реже сланцеватой текстуры.

На контактах дайковых тел, а также на контактах тальксодержащих пород с вмещающими метабазальтами возникает биметасоматическая реакционная зональность, включающая следующие зоны: (карбонат)-тремолит-хлорит-тальковая с порфиробластами амфибола, хлорит-амфиболовая, амфиболовая, (хлорит)-тальковая, биотитит, измененная основная порода.

Анализируя геологические данные, можно заключить, что исследуемый объект отличается от разрабатываемых финских месторождений. Отличия отмечаются главным образом по минеральному составу талькового камня, что является следствием различного состава исходных пород. На территории Финляндии залежи талькового камня, имеющие практический интерес, приурочены к мощным кумулятивным комплексам коматиитов (представленных серпентинитами) и имеют карбонат-тальковый минеральный состав. Тальковый камень месторождения Озерки вследствие образования по переслаивающимся маломощным дифференцированным потокам коматиитов характеризуется повышенным количеством глинозема, что отражается в образовании значительного количества хлорита. Неоднородность строения лавовых потоков, сопровождаемая изменением химического состава пород от кровли к подошве (увеличением по мере роста доли кумулятивного оливина содержания MgO, снижения CaO, Al_2O_3, $FeO_{общ}$), приводит к неоднородному по составу строению залежи талькового камня и сложному распределению аномального магнитного поля над ультрамафитами.

Геофизические данные и обсуждение результатов

В общем плане аномального магнитного поля единого участка (рис. 1, А) четко выделяется сложная по форме меридионально ориентированная положительная аномалия ΔТ интенсивностью до 3490 нТл. Минимальное значение на участке составляет –1450 нТл, среднее – 240 нТл. Условно единую аномалию можно разделить на три части: северную, вытянутую на север-северо-восток (в пределах участка Озерки-1); центральную, изометричную и наиболее обширную; а также южную аномалию в форме полукольца, обращенного на запад. Участок Зеленая горка пространственно содержит большую часть южной и затрагивает фрагмент центральной аномальной области. Поперечный размер южной аномалии от 100 до 150 м. Значения ΔТ в пределах аномалии более 1000 нТл и достигают на юге 3000 нТл.

По данным петрографических исследований высокие значения магнитного поля над ультрамафитами обусловлены присутствием в них значительного количества магнетита (пирротин отмечается в качестве акцессорного), который встречается в двух формах:

– в виде тонкой вкрапленности размером до 0,05–0,1 мм, неравномерно распределенной по породе, а при наличии реликтовых спинифекс структур образующей цепочки по граням первичных минералов, а также в виде отдельных кристаллов кубического габитуса размером до 0,3 мм, вероятно представляющих собой полностью замещенные зерна хромшпинелидов (в первом случае магнетит представлен хроммагнетитом с Cr_2O_3 до 2 %, во втором случае Cr_2O_3 до 6,6 %);

– магнетитовые каймы в зональных зернах хромшпинелидов. Реликтовые ядра хромитов содержат Cr_2O_3 в количестве 50–52,8 %, FeO 32,2–35 %, Al_2O_3 12–13,9 %, MgO 1,4–2,2 %, ZnO 0,9–2,1 %. Для магнетитовой каймы характерны содержания $FeO_{общ}$ 70–97,5 %, Cr_2O_3 2,5–30 %. Отмечается рост содержания Cr_2O_3 от внешнего края магнетитовой каймы к краевой части ядра зерна хромшпинелида.

Количество магнетита в измененных коматиитах определяется первичным распределением $FeO_{общ}$, интенсивностью метаморфических, гидротермальных и метасоматических процессов. Гидротермальные и метасоматические воздействия приводят к частичному или полному уничтожению магнетита или к кристаллизации минералов с низкими магнитными свойствами.

Содержание магнетита в исследованных породах и значения магнитной восприимчивости приведены в табл. 5. В целом отмечается снижение количества магнетита от амфибол-хлоритовых к карбонат-тальк-хлоритовым разностям при увеличении количества талька и карбоната, что обусловлено увеличением интенсивности тальк-карбонатных изменений (ростом химического потенциала углекислоты). Магнитная восприимчивость коррелирует с содержанием магнетита с коэффициентом корреляции Пирсона 0,90.

Таблица 5. Содержание магнетита в породах участка и значения магнитной восприимчивости

Тип породы	Образец	Количество магнетита, %	æ, $\times10^{-3}$ ед. СИ	Тип породы	Образец	Количество магнетита, %	æ, $\times10^{-3}$ ед. СИ
Карбонат-хлорит-тальковая	Скв. 1-32,7	1	23	(Карбонат)-тремолит-тальк-хлоритовая	Скв. 3-24,95	2	17
	Скв. 2-17,08	4	46		Скв. 4-35,42	4	50
	Скв. 5-27,14	5	63		Скв. 7-34,06	6	78
	Скв-6-32,21	3	24		Скв. 8-16,7	5	51
	Скв. 7-18,21	4	47		Скв. 9-4,25	4	57
	Скв. 10-37,45	3	73		Скв. 9-20,15	5	60
	Скв. 11-26,77	5	65		Скв. 10-7,95*	8	120
	Скв. 12-10,54	3	34		Скв. 11-42,7	3	46
	Скв. 12-33,21	4	35		Скв. 12-23,33	2	0,4
	Скв. 14-14,08	2	11		Скв. 13–22,53	1	0,5
	Скв. F1-13,1	3	–		Скв. 14-29,58	<1	3
	Скв. F2-7	3	–		Скв. F1-8,16	4	–
	Скв. F2-17,25	3	–		Скв. F2-31,66	2	–
	Скв. F2-20,6	2	–	Амфибол-хлоритовая	Скв. 3 -29,56	6	62
	Скв. F2-29,06	4	–		Скв. 8-32,5*	4	37
	Скв. F2-37,52	3	–		Скв. 10-23,13	3	75
Дайка основных пород	Скв. 14-40.04	<1	0,6		Скв. F1-32,87	5	–

Примечание. Образцы, отмеченные звездочкой, отобраны из зон со структурой спинифекс.

По результатам каппаметрии керна, отражающим характер и интенсивность вторичных процессов, выделяются три группы измененных ультрамафитов.

В первую группу объединены разности с относительно высокими значениями магнитной восприимчивости æ около (40–60)$\times10^{-3}$ ед. СИ с большим количеством высокоамплитудных отклонений как в область высоких, так и в область низких значений æ (рис. 2, скв. 4, 10). Это большая часть пород участка, включающая породы, недостаточно проработанные углекислыми растворами амфибол-хлоритового, (карбонат)-тремолит-тальк-хлоритового состава, а также карбонат-хлорит-тальковые породы (тальковый камень) с неравномерным распределением магнетита, но с большим его содержанием относительно пород второй группы. Максимальные значения магнитной восприимчивости, превышающие 80$\times10^{-3}$ ед. СИ (до 150$\times10^{-3}$ ед. СИ), обусловленные значительным количеством магнетита (до 10 %), соответствуют разностям с зонами спинифекс. Вероятно, это связано с относительно повышенным содержанием $FeO_{общ}$ в верхних частях потоков коматиитов.

Ко второй группе относятся карбонат-тальк-хлоритовые породы (тальковый камень) (в скв. 1, 12, 14) с относительно спокойным распределением магнитной восприимчивости с фоновыми значениями (20–40)$\times10^{-3}$ ед. СИ (рис. 2, скв. 1, 12). Данные породы имеют брекчиевидную, полосчатую текстуру с большим количеством карбонатных жил и прожилков, низкие содержания магнетита (до 3 %). Понижение содержания магнетита сопряжено с ростом железистости породообразующих силикатов и карбонатов (табл. 1–4).

Наибольшие колебания железистости отмечаются для хлорита, так как он оказывается наиболее чувствительным к изменению внешних условий [Коренбаум, 1967]. Увеличение железистости доломита обусловлено повышением химического потенциала углекислоты в растворе, следовательно, породы данной группы были наиболее проработаны. Снижение количества магнетита при увеличении железистости минералов свидетельствует о низком химическом потенциале кислорода [Коренбаум, 1967].

Третья группа включает породы в составе метасоматической зональности, образующейся на контакте ультрамафитов с дайками и вмещающими основными породами. Для данных пород характерны стабильно низкие (без резких отклонений) значения магнитной восприимчивости менее 10$\times10^{-3}$ ед. СИ (рис. 2, скв. 12). Метасоматические процессы приводят к полной потере магнетита, и магнитная восприимчивость пород обусловлена наличием только парамагнитных минералов.

Анализ геолого-петрофизических данных показал, что наибольшие значения магнитного поля на поверхности создают недостаточно проработанные углекислыми растворами ультрамафиты. Аномалии обусловлены наличием относительно повышенного количества магнетита, образующегося при метаморфизме исходных коматиитов. При увеличении интенсивности гидротермально-метасоматической проработки пород происходит разложение магнетита и переход железа в состав породообразующих силикатов и карбонатов, что отражается в снижении величины полного вектора магнитной индукции ΔT. Локальные понижения аномального магнитного поля сви-

детельствуют о наличии даек основного состава и метасоматически измененных ультрамафитов в экзоконтактах. При малой мощности даек 1,2–5 м зона их влияния (формирование биметасоматической реакционной зональности) достигает 4 м, что сказывается на качестве талькового камня (изменяя его свойства).

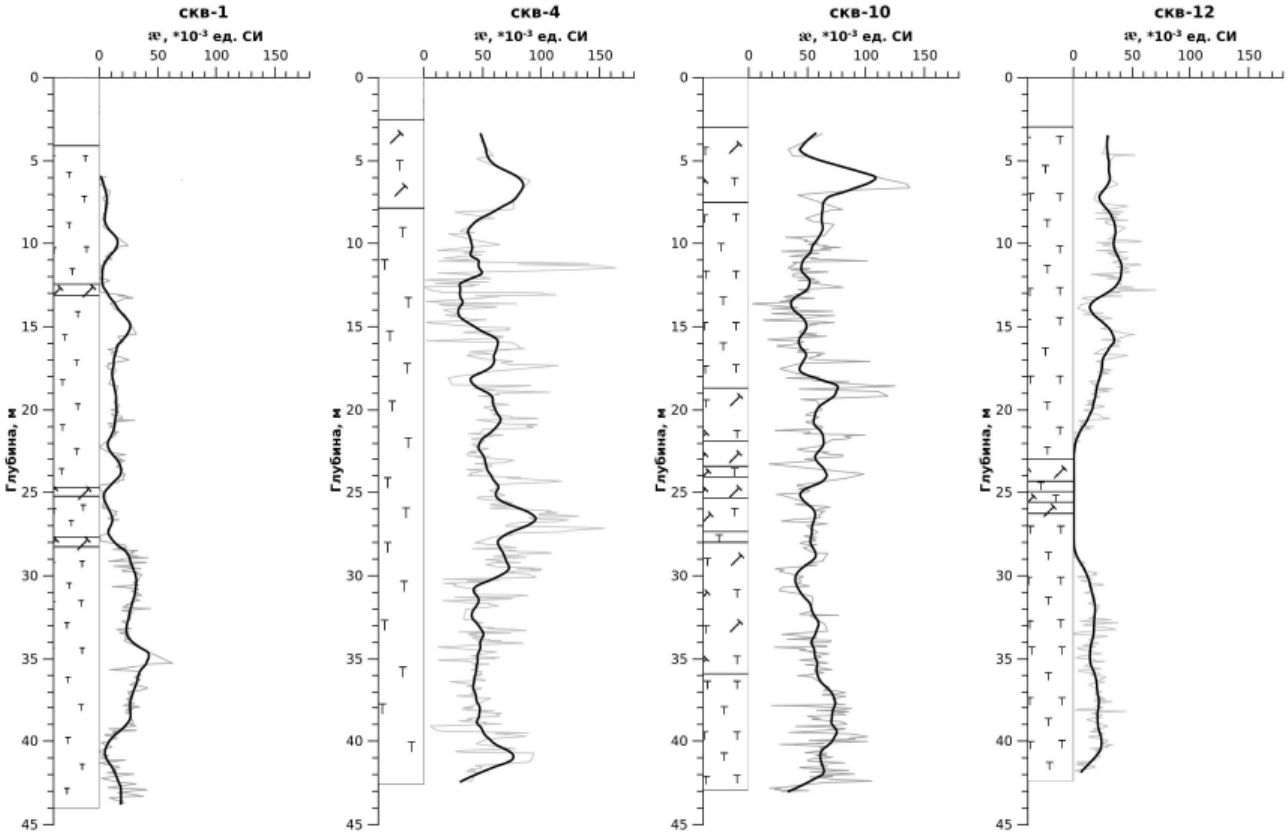


Рис. 2. Геологические колонки и графики магнитной восприимчивости выборочных скважин участка Зеленая горка:

серый график – осредненные значения по трем замерам на каждой глубинной отметке, черный график – сглаженное значение магнитной восприимчивости. Усл. обозн. см. на рис. 1

Выводы

Основным назначением магниторазведки при поисках залежей талькового камня является прослеживание областей развития ультрамафитов среди вмещающих пород. Вследствие понижения значений аномального магнитного поля вблизи контакта измененных ультрамафитов и вмещающих метабазальтов точное определение местоположения контакта может быть получено при использовании электроразведки, так как метабазальты выделяются резким повышением значений кажущегося удельного сопротивления. Сложное поведение магнитного поля в пределах аномалии обусловлено неоднородностью строения потоков коматиитов, степенью метаморфизма, интенсивностью гидротермально-метасоматических изменений.

По результатам каппаметрии тальковому камню соответствует широкий диапазон значений магнитной восприимчивости. Наблюдается уменьшение æ от зоны, примыкающей к недостаточно проработанным коматиитам, к области интенсивно проработанных пород. Поэтому для точного определения пространственного положения области развития талькового камня среди ультрамафитов необходимо использование в комплексе других геофизических методов.

Литература

Опубликованная

Горьковец В. Я., Раевская М. Б., Белоусов Е. Ф., Инина К. А. Геология и металлогения района Костомукшского железорудного месторождения. Петрозаводск: Карелия, 1981. 143 с.

Горьковец В. Я., Раевская М. Б., Володичев О. И., Голованова Л. С. Геология и метаморфизм железисто-кремнистых формаций Карелии. Л.: Наука, 1991. 176 с.

Кожевников В. Н. Условия формирования структурно-метаморфических парагенезисов в докембрийских комплексах. Л.: Наука, 1982. 184 с.

Кожевников В. Н. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 223 с.

Коренбаум С. А. Минеральные парагенезисы тальковых месторождений. М.: Наука, 1967. 455 с.

Лазарев Ю. И. Структурная и метаморфическая петрология железистых кварцитов Костомукшского месторождения. Л., 1971. 192 с.

Соколов В. И. Талько-хлоритовые сланцы и пути их комплексного использования. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. 128 с.

Чернов В. М. Стратиграфия и условия осадконакопления вулканогенных (лептитовых) железисто-кремнистых формаций Карелии. Л., 1964. 187 с.

Hey M. H. A new review of the chlorites // Mineral. Mag. 1954. 30. P. 277–292.

Leak B. E. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names // The Canadian Mineralogist. 1997. Vol. 35. P. 219–246.

Фондовая

Фурман В. Н. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на карбонат-тальковые руды в пределах Светлоозерского массива ультрамафитов в 1990–1994 гг. // Фонды КГЭ. Петрозаводск. 1995.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Климовская Екатерина Евгеньевна
младший научный сотрудник
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 766173

Климовский Александр Валерьевич
младший научный сотрудник
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 783471

Klimovskaya, Ekaterina
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 766173

Klimovskiy, Alexandr
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 783471

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 87–99

УДК 553.411 (470.22)

ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КОЙКАРСКОЙ СТРУКТУРЫ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ

О. Б. Лавров, Л. В. Кулешевич

Институт геологии Карельского научного центра РАН

В Койкарской структуре Центральной Карелии известны архейские колчеданные руды и протерозойские золотосодержащие кварцевые конгломераты. В архейской части структуры был выявлен новый тип Au-Sb-As-S-минерализации в кварцевых жилах, приуроченный к субмеридиональной сдвиговой зоне (проявление Северо-Гирвасское). Оруденение представлено пиритом, арсенопиритом, Fe-Ni-Co-стибио-сульфоарсенидами, галенитом, Ag-Bi-галенитом, халькопиритом, сфалеритом, пентландитом, висмутом, электрумом, кюстелитом, гаухекорнитом, матильдитом, образовавшимися в мезотермальных условиях (T = 350–200 °C), источник вещества которых был комплексный. Некоторые минералы установлены в Карелии впервые. Металлогенические перспективы структуры на золото могут быть связаны со сдвиговыми зонами, насыщенными сульфидно-кварцевыми жилами.

К л ю ч е в ы е с л о в а : стибио-сульфоарсенидно-кварцевые карбонатные жилы, ширзона, мезотермальные условия, архейские и протерозойские комплексы, Карелия.

O. B. Lavrov, L. V. Kuleshevich. GOLD MINERALIZATION OF THE KOIKARY STRUCTURE, CENTRAL KARELIA

Archaean pyrite ores and Proterozoic auriferous quartz conglomerates are known to occur in the Koikary structure, Central Karelia. A new type of Au-Sb-As-S mineralization in quartz veins, confined to a near-N-S-trending shear zone, was revealed in the Archaean part of the structure. The mineralization is represented by pyrite, arsenopyrite, Fe-Ni-Co-stibio-sulphoarsenides, galena, Ag-Bi-galena, chalcopyrite, sphalerite, pentlandite, bismuth, electrum, küstelite, hauchecornite and matildite which formed under mesothermal conditions (T = 350–200 °C). The source of their matter was complex. Some of the minerals were found in Karelia for the first time. The metallogenic (gold) potential of the structure could be associated with shear zones saturated with sulphide-quartz veins.

K e y w o r d s : stibio-sulphoarsenide-quartz carbonate veins, shear zone, mesothermal conditions, Archaean and Proterozoic complexes, Karelia.

Геологическое строение Койкарской структуры

Койкарская структура представляет собой небольшую сжатую антиклинальную складку архейских зеленокаменных пород, имеющих крутое падение. Она перекрыта палеопротерозойскими отложениями, обрамляющими ее со всех сторон (рис. 1). Структура хорошо изучена [Светова, Мельянцев, 1985; Опорные разрезы..., 1992; Светов и др., 2003, 2005]. Отложения архейского возраста представлены породами питкилампинской (коматииты и толеитовые базальты) и кивилампинской свит (кислыми и средни-

ми вулканитами, слоистыми и агломератовыми туфами, хемогенными осадками). Кислая пачка тяготеет к северной части структуры, где в туфах наиболее широко распространен кислый обломочный материал. В восточной части структуры больше развиты серицитовые сланцы по туфам. Обе свиты перекрыты терригенными осадками (граувакками, песчаниками, полимиктовыми конгломератами), в которых устанавливается и гранитный материал. Цемент этих пород, по мнению А. И. и С. А. Световых, зависит от состава подстилающих толщ. В восточной и северо-восточной части зеленокаменной структуры кислая пачка перекрывается терригенными осадками, включающими конгломераты (с обломками разного состава), граувакками, аркозовыми песчаниками. В восточной части структуры наиболее распространены хлорит-серицитовые и углеродсодержащие тонкослоистые сланцы, силициты, маломощный горизонт карбонатных пород.

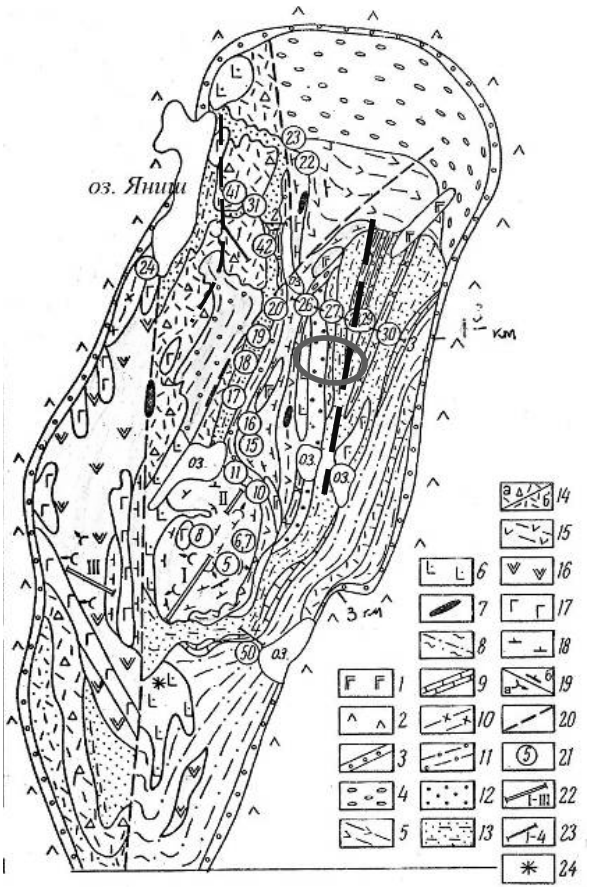


Рис. 1. Схема геологического строения Койкарской структуры [по: Опорные разрезы..., 1992]

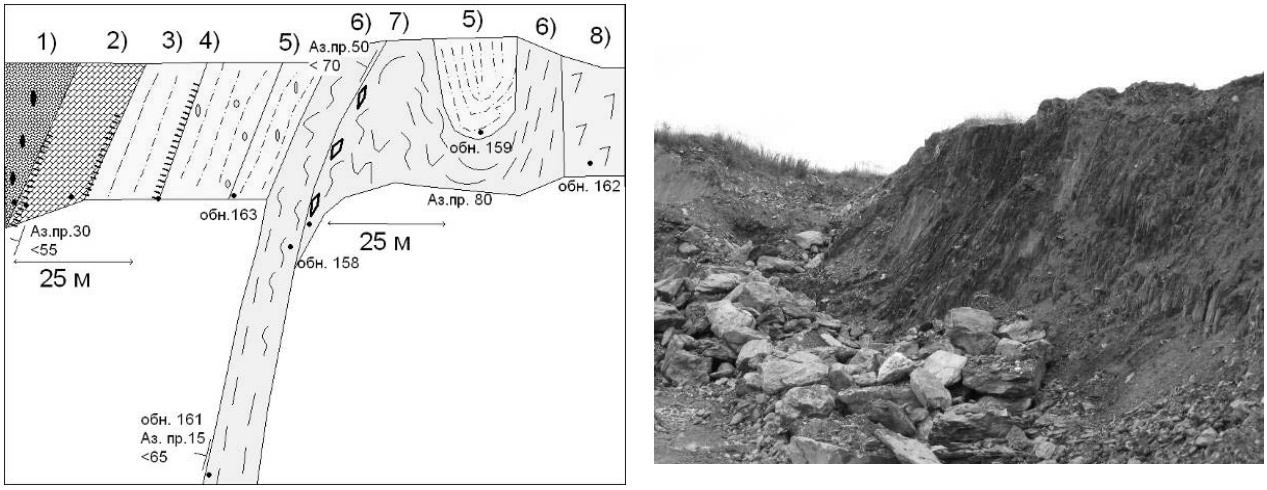
Условные обозначения см. по ссылке: 1–4 – протерозойские отложения; 5–18 – лопийские толщи; 19 – элементы залегания; 20 – предполагаемые разломы, более жирным выделена Северо-Гирвасская шир-зона. Обведенная область – площадь расположения карьеров

Архейские толщи прорываются дайками габбро-диабазов, дацитов-риодацитов (AR возраста), силлом габбро-долеритов (PR возраста). В северной части они перекрываются сариолийскими и сумийскими отложениями (полимиктовыми конгломератами и андезибазальтами), а в обрамлении – ятулийскими кварцевыми конгломератами, кварцито-песчаниками, базальтами и карбонатными породами, входящими в разрез нижнего и верхнего ятулия западного борта Онежской структуры.

Лопийские толщи изучались в обнажениях и на карьере ООО «Карелминера» вблизи поворота грунтовой дороги от пос. Гирвас к д. Койкары. Здесь карьером были вскрыты силициты и разнообразные сланцы (рис. 2). Добываемые на карьере «кровельные» хлорит-серицитовые сланцы относятся к малоуглеродистым, они содержат С ~ 1,4–2,5 %, по данным С. И. Рыбакова [Опорные разрезы..., 1992]. В западной стенке карьера вскрыты силициты, затем залегают карбанатсодержащие ржаво-бурые породы и желтоватые серицитовые сланцы. Кварц-серицитовые сланцы содержат мелкие обломки-включения (лапилли) размером от нескольких мм до 10 см и имеют риодацитовый состав. Восточнее за ними в разрезе следуют хлорит-серицитовые углеродсодержащие сланцы серого цвета, которые в зоне деформации смяты в небольшие складки и содержат рассеянную вкрапленность и линзовидно-гнездовые обособления пирита (колчеданная минерализация), карбонат и кварц.

Верхнеятулийские базальты, вскрытые в расположенных восточнее карьерах этого же предприятия, представляют собой миндалекаменные красновато-серые гематит-эпидотсодержащие базальты. Они и нижележащие толщи прорываются Койкарским силлом габбро-долеритов. Верхнеятулийские базальты отличаются высоким содержанием железа и высокой степенью его окисления. Залегание протерозойских пород пологое.

С лопийским вулканогенно-осадочным комплексом связаны серно-колчеданные руды Койкарского проявления [Робонен, Рыбаков, 1978; Рыбаков, 1987]. Оно приурочено к горизонту туфов восточного борта структуры северо-восточнее д. Койкары. Содержание серы в рудах достигает 46 % S. Для колчеданов оценивались ресурсы серы категорий ($P_1 + P_2$) – 2,75 млн т, при ср. S 31,05 % (Минерально-сырьевая база..., 2005). В верхнеятулийских базальтах встречаются кварц-гематитовые жилы. К силлам габбро-долеритов, прорывающих все толщи, приурочено титаномагнетитовое оруденение.



а б

Рис. 2. Схематический разрез западного карьера ООО «Карелминера», севернее пос. Гирвас (а) и выход серицит-хлоритовых сланцев в деформационной зоне (б):

1 – силициты с конкрециями; 2 – ожелезненные карбонатсодержащие сланцы; 3 – полевошпат-серицитовые сланцы по туфам дацитов-риодацитов, в том числе 5 – лапиллиевые; 4 – кварцевые жилы с сульфидами; 6 – малоуглеродистые серицит-хлоритовые («кровельные») сланцы и 7 – эти же сланцы с линзовидными обособлениями сульфидов; 8 – карбонат-слюдисто-хлоритовые сланцы

Деформации пород. Обследование западного карьера, проведенное летом 2010 г., позволило выявить субмеридиональную зону деформаций, рассланцевания, линзовидного и жильного окварцевания с сульфидами (пиритом), названную Северо-Гирвасской шир-зоной (shear zone*), а участок – Северо-Гирвасским. Изучение рудной минерализации и околорудных изменений, проведенное впоследствии, показало, что эту сдвиговую зону с линейным жильным штокверком можно рассматривать как перспективную на золото.

В южной части карьера (рис. 2, а) наименее деформированные тонкоплитчатые сланцы имеют субмеридиональное простирание (аз. пр. 10°, угол пад. 65–70° СЗ), в северной части простирание меняется на СВ 50–55°. В западной стенке карьера в силицитах и ожелезненных карбонатсодержащих породах – аз. пр. 30° (угол пад. 55–60° СЗ). В них встречаются кварцевые жилы мощностью от 5 до 50 см. К востоку от них залегают серицитовые сланцы, в том числе содержащие небольшие лапилли кислого материала. Вблизи пачки серых хлорит-серицитовых низкоуглеродистых сланцев они пронизаны крупными кварцевыми жилами, мощностью до 0,2–1 м, содержащими видимые сульфиды и сульфоарсениды (пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит).

При общем крутом залегании и ССВ простирании рассланцованных пород в северном борту карьера наблюдаются складчато-разрывные деформации. В серых хлорит-серицитовых «кровельных» сланцах они проявлены наиболее отчетливо (рис. 2, б). В синклинальной складке наблюдается смена доминирующего ССВ простирания на широтное (в замке) и формирование узких более мелких изоклинальных складок. Складка (с размахом крыльев около 40 м) имеет простирание пород в крыльях: СВ 10–15°, 30–50°, 330–350°, угол падения меняется от 40 до 70° (рис. 2, а). В малоуглеродистых серицит-хлоритовых сланцах фиксируется максимальное количество линз с пиритом мощностью от 0,5 до 10 см и зон послойной пиритизации. Восточнее они вновь сменяются серицитовыми сланцами по туфам, в которых встречаются редкие сульфиды и затем залегают зеленовато-серые серицит-хлорит-карбонатсодержащие породы по коматиитам.

Таким образом, очевидно, что жильная штокверковая зона больше тяготеет к кислой части разреза, а послойная и линзовидно-прожилковая с пиритом – к пачке серых кровельных сланцев. Форма линз напоминает вытянутые и слегка изогнутые «ромбы» (аз. сторон 10 и 50°).

* Shear zones (сдвиговые или сколовые зоны, зоны среза) – узкие, обычно круто падающие, сильно деформированные зоны, по которым смещены блоки относительно слабо деформированных пород в нижней части земной коры и мантии, это зоны смятия, характеризующиеся интенсивными деформациями без видимого нарушения сплошности пород и при отсутствии единой плоскости разлома. Точный эквивалент термину shear zone в российской тектонической терминологии отсутствует. Shear zones являются примерами неоднородной природы тектонических деформаций и состава пород (разломы, складки, дробление, метаморфогенно-метасоматические преобразования, насыщенность дайками и гидротермальными жилами). Они могут рассматриваться как потенциальные проводники для перемещения минерализованных флюидов, магм, теплопереноса в литосфере.

Оба типа минерализации приурочены к наиболее деформированной части разреза, ширина около 100 м, которая и выделена как шир-зона.

Севернее карьера в обнажениях можно наблюдать рассланцованные туфы дацитов-риодацитов с двумя доминирующими системами жил, формирующих штокверк. Аз. пр. сланцев по туфам 50°. Они пронизаны субсогласными кварцевыми жилами 1-й генерации. По направлению, близкому к субмеридиональному, наблюдается наложенное рассланцевание пород и микродеформации (аз. пр. 330–350°). К этому направлению тяготеют кварцевые жилы 2-й генерации, которые смещают более ранние жилы.

Рудопроявления и минерализация в зонах сдвиговых деформаций в архейских толщах

Золоторудное проявление Северо-Гирвасское приурочено к субмеридиональной (ССВ) шир-зоне в СВ части структуры. В перекрывающих их сумийско-сариолийских толщах подобных деформаций, изменений пород и минерализации установлено не было. В зоне рассланцевания развиты низкотемпературные ассоциации зеленых сланцев (хлорит, серицит, маложелезистый доломит, кварц, альбит, рутил). Нерудные минералы жил и гнезд представлены кварцем и кальцитом (в количестве до 5–10 %). Околорудные и околожильные метасоматические изменения проявлены на расстоянии в несколько сантиметров от жил – это преимущественно хлорит, серицит и кальцит. Хлорит в зеленых сланцах, в зальбандах пирит-кварц-карбонатных гнезд и отчасти более крупных жил имеет Mg-Fe-состав и железистость 51–60 %. В сланцах с вкрапленной и гнездово-вкрапленной пиритовой минерализацией его средняя $T_{обр.}$ = 280–290 °С (табл. 1/9–10). Температура образования жильной ассоциации попадает в интервал 300–360 °С ($T_{ср.}$ = 340 °С; для карбонат-кварцевых прожилков – 335 °С; для крупных кварцевых жил – 350 °С). В срастании с сульфидами в кварцевых жилах хлорит бывает более железистый (табл. 1/7–9). То есть образование жил с сульфоарсенидами (наиболее ранними рудными минералами) шло с повышением температуры, относительно метаморфического парагенезиса сланцев. Серицит содержит Na до 1,56 % (т. е. имеет большой процент парагонитовой составляющей), K 7,05 %, Si 22,87 %, Al 18,57 %, примеси Mg, Fe.

Таблица 1. Состав хлорита из сланцев и зальбандов кварцевых жил

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mg	12,13	12,69	11,49	11,79	11,02	5,36	7,55	9,19	13,47	12,62	12,98	12,53
Al	15,10	13,96	14,2	15,64	14,41	12,75	13,62	13,47	14,59	13,78	13,22	13,26
Si	14,51	14,36	14,97	14,16	14,47	14,99	13,67	14,04	14,97	15,40	15,99	14,84
Fe	15,79	17,00	17,18	16,03	18,31	27,17	25,26	22,75	14,05	15,60	15,0	17,42
O	42,47	41,99	42,17	42,39	41,79	39,73	39,89	40,55	42,92	42,59	42,81	41,94
Сумма	100	100	100,01	100,01	100	100	100	100	100	100	100	100
f (%)	57	57	60	58	62	84	77	71	51	55	54	58
Al^{IV}	1,22	1,25	1,13	1.29	1,23	1,13	1,38	1,31	1,13	1,05	0,94	1,16
Al^{VI}	1,79	1,54	1,70	1,83	1,65	1,42	1,34	1,38	1,78	1,70	1,70	1,49
$T_{обр.}$	330	340	300	350	330	300	380	360	300	276	240	310
Образец	Кой	Кой	Кой1а	Кой1а	Кoi12	Кoi13	Кой8а	Кой8в	Кой8-4	Кой8-4	Кой8-3а	Кой8-5
Уч.	26-1	27-3	20-3	20-4	2-2	1-4	4-1	13-1	4-2	23-5	8-1	18-1

Примечание. 1–5, 9–12 – Fe-Mg-прохлорит (f = 57–62 %) и 6–8 – железистый хлорит (f = 71–84 %) в зальбандах жил. 9–11 – серицит-хлоритовые сланцы с пиритовой вкрапленно-гнездовой минерализацией; 12 – хлорит-карбонатные сланцы с сульфидами. Состав приведен к 100 % (без учета воды). Температура образования хлорита рассчитана по геотермометру Катхелинио ($T_{ср.}$ = 325 °С), f – железистость хлорита. Здесь и в табл. 2–11: в последней строке таблицы дается сокращенное обозначение участка спектра.

Рудная минерализация Северо-Гирвасского проявления представлена: 1) вкрапленной пиритовой минерализаций в тонкоплитчатых сланцах и обособленных карбонат-кварцевых гнездах и линзах (1-я генерация сульфидов, сопряженная с ранними складчатыми пластическими деформациями); 2) золото-стибио-арсенидно-сульфидной вкрапленной минерализацией (2-я генерация минералов в кальцит-кварцевых и кварцевых жилах и прожилках, сопряженных с более поздними жесткими деформациями). Гнездовая и жильная минерализация характеризуется следующим набором элементов: S, As, Fe, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Sb, Bi, Ag, которые связаны с разными ассоциациями рудных минералов, зависящими от состава пород. Например, к карбонат-хлоритовым сланцам, вероятно образовавшимся по коматиитам, тяготеют Fe-Co-Ni-Sb-S-As-фазы и необычный парагенезис – кюстелит с пентландитом. В непосредственном срастании с сульфидами в жильной ассоциации и гнездах отмечаются повышенные концентрации акцессорных минералов – монацита, ксенотима, встречаются апатит, циркон, реже торит.

Вкрапленный, гнездово-вкрапленный линзовидный или послойный 1-й тип рудной минерализации в хлорит-серицитовых сланцах представлен преимущественно пиритом, в небольшом количестве с ним встречаются халькопирит, иногда герсдорфит. В пирите установлены удлиненно-призматические и игольчатые кристаллы сульфосолей Pb и Cu размером 1–2 × 4–10 мкм: фалькманит $Pb_3Sb_2S_6$, фаматинит Cu_3SbS_4, менегинит $Pb_{13}(Fe,Cu)Sb_7S_{24}$, $T_{обр.}$ < 300 °C. С ними установлены единичные мельчайшие зерна гессита, (Pb,Bi)Te (1–3 мкм), золота (Au 100 %, 3 мкм) и молибденит (табл. 2).

Таблица 2. Сульфиды и сульфосоли вкрапленной пиритовой минерализации 1-го типа

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S	55,17	37,17	27,33	27,69	30,04	22,16	21,87	23,14	22,42	25,72	17,51	37,19
Fe	44,83	28,33	2,28	2,16	1,94	5,26	4,89				2,76	
Cu		34,51	38,45	39,01	36,67		1,60					
Sb			31,94	31,13	31,35	20,52	20,77	21,56	20,93	21,78	18,96	
Pb						52,06	50,88	55,30	56,65	52,50	60,76	
Mo												62,81
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Образец	кКой-8/4	кКой-8/3а				кКой-8/4						кКой-8/3а
Уч.	21-1	21-1	21-2	21-3	21-4	30-1	31-1	36-1	34-2	29-1	34-1	18-1

Примечание. 1 – пирит; 2 – халькопирит; 3–5 – фаматинит $(Cu,Fe)_3SbS_4$; 6–10 – фалькманит $Pb_3Sb_4S_{11}$ – буланжерит (?); 11 – менегинит $Pb_{13}(Fe,Cu)Sb_7S_{24}$ (примесь Fe в сульфосолях, по-видимому, может появляться за счет захвата матрицы); 12 – молибденит. Здесь и в табл. 4–11: пустые ячейки – элемент не обнаружен.

Второй кварцево-жильный тип руд содержит пирит, сульфоарсениды ряда глаукодот-аллоклазит-кобальтин (Co,Fe,Ni)AsS, герсдорфит (Fe,Ni)AsS, ульманнит NiSbS, пирротин, пентландит, халькопирит, сфалерит, галенит, Ag-Pb-Bi-S-фазы (Ag-Bi-галенит – (Pb,Bi,Ag)S, кобеллит $Pb_6(Fe,Cu)Bi_4Sb_2S_{16}$), висмут, матильдит $AgBiS_2$, Ag-тетраэдрит, реже единичные зерна акантита, серебра, гессита и очень редко киновари (табл. 3–8). С сульфидами встречаются тонкодисперсные электрум и кюстелит (табл. 9).

Таблица 3. Арсенопирит рудопроявления Северо-Гирвасского

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
S, %	24,4	24,02	23,71	23,30	23,63	23,29	22,58	22,98
Fe	32,72	32,56	33,27	32,77	32,49	34	33,64	32,69
As	42,88	43,42	43,02	43,94	43,88	42,71	43,78	44,32
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	99,99
As ат., %	29,82	30,32	30,07	30,87	30,75	29,92	30,90	31,24
$T_{обр.}$, °C	300	315	305	355	350	300	355	355
Образец	лКой13	лКой13	лКой13	лКой13	лКой13	кКой8в	кКой8в	кКой8а
Уч.	1-2	1-5	20-3	24-1	25-1	2-4	15-1	5-4

Примечание. $T_{ср.}$ = 330 °C.

Таблица 4. Co-Ni-сульфоарсениды (ряд аллоклазит-глаукодот-кобальтин-герсдорфит)

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S	23,34	22,50	21,13	26,11	22,41	22,75	23,58	23,49	24,56	22,98	22,98
Fe	3,87	5,13	3,86	5,33	3,44	2,08	5,68	3,05			
Co	27,80	28,96	31,50	26,08	28,68	31,70	24,41	27,25	31,85	31,23	31,23
Ni								1,76			
As	45,19	43,41	43,49	42,49	45,47	43,46	46,33	44,46	43,59	45,79	45,79
Сумма	100	100	100	100,01	100	99,99	100	100	100	99,99	100
Образец	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Койк	ЛКойк	ЛКойк	Койк	Койк	Койк
Уч.	9-1	11-4	11-9	19-1	35-4	4-1	31-4	31-3	14-1	27-1	5-1

Окончание табл. 4

Элемент	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	21,94	23,21	22,50	23,21	21,85	21,26	21,47	20,48	21,81	49,62	48,62	56,76
Fe	1,76		0,79	4,08	4,14	3,86	1,67	9,40	7,30	37,21	34,01	42,05
Co	25,50	25,11	25,55	27,66	26,38	27,87	8,12	7,20	6,16		3,93	1,19
Ni	6,48	8,38	7,29	4,39	4,08	2,78	17,06	19,86	19,19	3,76	3,08	
As	42,87	43,40	40,62	40,65	43,54	43,87	45,68	43,06	45,54	9,40	10,35	
Sb	1,46		3,24									
Сумма	100	100,1	99,99	100	100	100	100	100	100	100	99,99	100
Образец	Койк	Койк	Койк	Койк	ЛКойк	лКойк4	ЛКойк	кКой-1	лКойк14	кКой-1	лКойк	лКойк
Уч.	15-2	5-1	20-2	15-1	31-2	6-1	31-5	16-1		16-4	31-3	31-4

Примечание. 1–8 – глаукодот (Co,Fe)AsS; 9–11 – аллоклазит CoAsS; 12–17 – кобальтин (Co,Ni, Fe)AsS; 18–20 – герсдорфит (Ni,Co,Fe)AsS. Зональные кристаллы пирита в срастании с герсдорфитом: 21–23 – Ni, Co, As-пирит.

Таблица 5. Co-Ni-сульфоантимониды

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S	16,90	16,0	14,93	16,31	15,03	16,06	16,54	16,26	17,90	25,93	27,14	28,14	24,91
Fe	1,74	2,38	–							2,70	2,10	2,72	2,30
Ni	24,30	25,80	27,06	25,22	25,25	25,56	26,11	25,56	24,41	47,91	47,81	41,39	43,79
As	4,05	5,82											
Sb	53,01	50,19	58,01	58,48	59,72	58,39	57,35	58,18	57,68	23,47	22,95	8,64	11,36
Bi												19,12	17,44
Сумма	100	100	100	100	100	100,01	100	100	99,99	100,01	100	100,01	99,80
Образец	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	кКой-8/5	кКой-8/5	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк
Уч.	16-2	16-3	17-1	18-1	18-2	20-1	22-1	38-1	29-1	24-1	25-1	25-2	25-3

Примечание. 1–9 – ульманнит NiSbS; 10–11 – тучекит; 12–13 – гаухекорнит.

Таблица 6. Сульфиды никеля, кобальта, меди

Элемент	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10	11	12	13	14	15
S	36,95	45,29	36,69	37,25	40,78	36,07	30,98	43,77	36,92	36,81	43,84	45,46	54,22	38,68	28,71
Fe	25,75	30,10	30,63	29,28	27,91	28,67	29,77	24,26	26,63	30,81	25,04	13,51	38,63	30,33	1,83
Ni	37,3	24,61	32,68	33,47	31,30	35,26	40,26	27,10	31,89	32,39	31,11	31,03			
Co								4,87	2,02			10,0	7,16		
Cu									2,54					30,99	69,46
Сумма	100	99,99	100	100	99,99	100	100,01	100	100	100	100	99,99	100,01	100	100
Образец	Кой-1	Кой-1	Койк	кКойк	кКойк	Кой-8/5	Кой-8/5	Lkoik	кКойк	Лав Койк	Лав Койк2	кКой к	кКойк	кКой 1а	кКой 1а
Уч.	16-6	16-7	14-3	15-3	12-3	20-4	20-6	3-1	15-8	6-1	2-3	12-5	19-1	13-1	18-2

Примечание. 1–9 – пентландит; 10–11 – виоларит; 12 – Co-пентландит; 13 – Co-пирит; 14 – халькопирит; 15 – ярровит (ковеллин).

Таблица 7. Сульфиды железа и полиметаллов

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S	42,97	59,53	35,90	34,54	36,05	16,60	16,03	34,96	37,02	57,99	58,77	30,05	28,30	31,13
Fe	57,03	40,47	2,80	2,22	1,13			8,02	4,67	38,52	41,23	16,22	17,43	16,67
Zn			61,30	61,54	62,82			57,02	58,31					
Pb						83,40	83,97							
Cu												27,80	23,13	30,24
Ag												25,93	31,14	21,96
As										3,49				
Сумма	100	100	100,1	98,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Образец	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-а	Кой-1	Koik 12	Koik 12	Koik 13	кКой 1	кКой 1	Lkoik	Lkoik	Lkoik
Уч.	11-1	19-2	11-6	8-1	32-1	10-1	2-1	1-2	9-1	19-2	19-3	12-1	12-3	12-5

Примечание. 1 – пирротин; 2 – пирит; 3–5, 8–9 – сфалерит (4 анализ – 1,70 % Cd); 6–7 – галенит; 10–11 – зональный кристалл пирита; 12–14 – (Ag,Fe,Cu)S-фаза (подобна ковеллину).

Таблица 8. Состав Ag-Bi-Pb-Sb-S-соединений и Ag-Cu-сульфосолей

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S	14,93	15,17	14,75	13,94	17,23	17,49	20,76	19,06	21,91	27,96	22,62	19,27	17,54	16,54
Fe									5,99	6,70	6,12			
Cu									13,56	12,05	13,60			
Ag	5,28	2,41		4,31	2,83	2,08	1,88	1,80	32,51	29,14	31,38	80,73	28,12	26,74
Pb	73,01	77,44	76,8	75,95	42,71	42,74	74,49	76,57						8,07
Bi	6,78	4,98	8,47	5,80	26,98	27,97							54,35	48,65
Sb					9,10	8,84			26,02	23,62	26,29			
Se							2,87	2,57						
Сумма	100	100	100	100	98,85	99,12	100	100	100	100	100	100		100
Образец	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	кКой	кКой	кКой 8a	кКой 8a	кКой 8a	кКой	Koik 12a	Koik 12
Уч.	1-1	1-2	13-1	2-1	2-2	1-3	15-5	15-6	17-1	17-4	17-7	15-9	2-1	3-1

Примечание. 1–4 – Bi-Ag-содержащий галенит (Pb,Bi,Ag)S; 5–6 – кобеллит $Pb_6(Fe,Cu)Bi_4Sb_2S_{16}$ (в ан. 6 – Cu 1,15 %); 7–8 – Ag-Se-содержащий галенит (в ассоциации с кюстелитом); 9–11 – аргентотетраэдрит; 12 – акантит Ag_2S; 13–14 – матильдит $AgBiS_2$.

Таблица 9. Состав самородных элементов (электрум, кюстелит)

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ag	37,63	39,86	43,51	36,45	37,34	37	38,94	30,97	22,23	26,49	17,93	69,53	84,92
Au	62,37	60,14	56,49	63,55	62,66	63,0	60,13	69,03	77,77	73,51	82,07	30,47	15,08
Te							0,93						
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Образец	кКой-1	кКой-1	кКой-1	кКой-1	лКойк	лКойк	лКойк	LKoik	LKoik	лКойк-2	лКойк-2	кКой	кКой
Уч.	24-3	24-2	23	24	13	14-1	14-2	14-1	30-1	31-1	3-1	15-4	14-2

Примечание. 1–11 – электрум; 12–13 – кюстелит.

Первыми среди рудных минералов выделяются пирит, арсенопирит и другие сульфоарсениды (табл. 3–6, рис. 3), в зависимости от их соотношения можно выделять минеральные подтипы. При содержании в арсенопирите As = 29,8–30,85 ат. % (ассоциация арсенопирит + пирит ± пирротин) его средняя температура образования была около 330 °С (табл. 3), что близко к температуре образования хлорита из зальбандов жил. Пирит образует хорошо ограненные кристаллы, имеет некоторый дефицит железа, иногда содержит примеси Co, Ni, As (табл. 4, 6, 7). Встречаются зональные зерна с аномальным содержанием As 9,4–10,3 %, Ni 3,08–3,76 %, часто с включениями других Ni-арсенидов (рис. 3/5, табл. 4/19–23).

Сульфоарсениды выделяются в форме мелких хорошо ограненных ромбических и призматических, иногда зональных зерен (рис. 3). Они образуют изоморфный ряд аллоклазит-глаукодот-кобальтин с замещением Co Fe, Ni; из анионов содержат As, S, редко примесь Sb (рис. 4). Герсдорфит, как показывают результаты микрозондового исследования, выделяется самостоятельно. Появление Ni-Co-сульфоарсенидов и сульфоантимонидов в архейских зеленокаменных поясах, в разрезах которых развиты коматииты, происходит на стадии метаморфогенно-метасоматических преобразований этих пород и привносе As и Sb. Подобные ассоциации известны на участках Золотые Пороги, Рыбозеро в Восточной Карелии, месторождении Монарх на севере ЮАР, на рудном поле Калгурли в Австралии.

В срастании с зональными сульфоарсенидами, сульфидами полиметаллов, пиритом, пирротином, пентландитом образуются сульфоантимониды (ульманнит) и более редкие Ni-Bi-Sb-Bi-фазы (тучекит $Ni_9Sb_2S_8$ и гаухекорнит Ni_9BiSbS_8) (табл. 5, рис. 3–4). Тучекит (размер зерен 13×22 мкм) был обнаружен в срастании с гаухекорнитом и галенитом (рис. 3/6). Эти Ni-Bi-Sb-S-минералы и подобный парагенезис с галенитом и висмутом были впервые установлены для Карелии. Пирротин в жилах распространен в небольшом количестве, он выделяется после арсенидов и пирита и в срастании с ними в мелких порах и трещинках. Пентландит – широко распространенный минерал в этих рудах, встречается в ассоциации с глаукодотом, халькопиритом, герсдорфитом, галенитом, кюстелитом (рис. 3, табл. 6). По нему при окислении иногда развивается виоларит.

Сульфиды полиметаллов выделяются после пирротина. Халькопирит и сфалерит – достаточно широко распространенные минералы жил. Сфалерит в ассоциации с арсенидами содержит Fe до 1,2–2,8 %, в срастании с пиритом – до 4,67–8,3 % (табл. 7), чем и отличается от темных Fe-сфалеритов колчеданных руд в архейских зеленокаменных поясах [Робонен и др., 1978]. В отдельных зернах сфалерита установлено до ~1,7 % Cd. Галенит выделяется в дефектах и трещинках крупных кристаллов пирита, арсенопирита и самостоятельно в породе, иногда в срастании с монацитом (рис. 3/7). Он встречается в двух генерациях. Галенит-1 образует зерна разного размера, выделяется после сфалерита, сечет сульфоарсениды, содержит многочисленные вростки самородного висмута (рис. 3/4). Галенит-2 образует более мелкие зерна (размером 1–6 мкм) в срастании с Pb-Bi-Sb-S-фазой (кобеллит) и Sb-содержащим висмутом. Галенит-2 содержит примеси Ag (до 2,4–5,3 %) и Bi (до 8,5 %). Иногда в крупных зернах галенита в центральной части бывают включены ветвистые срастания, представляющие распад твердого раствора на несколько минеральных фаз – Ag-тетраэдрит, Ag-Cu-Bi-Pb-Sb-S-фазу и Ag-Sb-висмут (рис. 3/10, табл. 8/9–11). Более высокой смесимости с Bi и появления самостоятельной фазы (хейровскиит с Bi до 21–23 %, устойчивой выше 200°) установлено не было. Реже встречается Se-содержащий галенит (табл. 8/7–8).

В срастании с Pb-Bi-Sb-S-фазами выделяется более редкий матильдит $AgBiS_2$, он устойчив ниже T = 195 °С. С матильдитом галенит может образовывать твердые растворы при T > 210 °С, но ниже этой температуры оба минерала существуют самостоятельно. То есть можно считать, что Ag-Bi-галенит и матильдит $AgBiS_2$ в данном парагенезисе образовались при T около 200–195 °С. Акантит Ag_2S, более редкий и низкотемпературный мине-

рал (T < 145–105 °C), был обнаружен в срастании с кюстелитом (рис. 3/3). В краевых частях зерен халькопирита, при обогащении его Ag, образуются пламеневидные вростки фазы (Ag,Fe,Cu)S (рис. 3/11, табл. 7/12–14). По составу минерал подобен штромейериту, но по соотношению катионов и анионов 1 : 1 соответствует Ag-ярровиту (ковеллину, T < 157 °C).

Au и Ag образуют самостоятельные соединения – преимущественно электрум (Ag ~ 20–43,5 %) и кюстелит (Ag 69,53 % и более) (рис. 3/1–3, табл. 9). Электрум выделяется в микротрещинках в пирите, кюстелит – в срастании с пентландитом, халькопиритом, галенитом, акантитом. Форма зерен золота неправильная, пленочная, размер от 1×3 до 3×40 мкм. В образце с пленочным золотом обнаружено единичное зерно киновари (размером 3 мкм, рис. 3/1).

Необычная ассоциация рудных минералов установлена в жилах, содержащих повышенную концентрацию висмута. Привнос Bi, Ag и Sb на заключительной стадии рудообразования сопровождался образованием Bi-содержащего галенита, кобеллита, матильдита (табл. 8/13–14), самородного висмута ($T_{пл.}$ < 271 °C), висмута с примесью Sb (2,86–10 %) и содержанием Sb до 20 % (табл. 10/12–13, обр. Койк12а). Этот редкий антимонид висмута Bi_7Sb_3 образует игольчатые кристаллы (рис. 3/15).

В срастании с кальцитом и хлоритом в обр. Койк14 было встречено округлое зерно самородного кадмия размером 180×300 мкм ($T_{пл.}$ < 300 °C). Столь редкие находки кадмия известны и были сделаны в 70–80-х гг. прошлого века в полиметаллических рудах Верхоянья (Восточная Сибирь). Новый минерал был изучен и утвержден М. И. Новгородовой [Новгородова и др., 1982]. На поверхности зерна кадмия в отдельных участках фиксируется окисная пленка монтепонита (CdO).

В поверхностной зоне окисления с первичными рудными минералами появляются ковеллин, куприт, гематит, гидроокислы железа, единичные зерна церрусита.

Последовательность минералообразования. Первым в жилах выделялся пирит, ему близок по времени формирования арсенопирит и арсениды Co-Ni (аллоклазит-глаукодот-кобальтин, герсдорфит), затем идут пирротин, пентландит, ульманнит, халькопирит, сфалерит, галенит. Начало рудообразования оценивается по средней температуре образования арсенопирита и хлорита в околожильном парагенезисе: она была около 325–330 °C. Присутствие Ag-золота, висмута (~270 °C), а также более редких срастаний Ag-Pb-Bi-S-фаз, матильдита с Ag-Bi-галенитом, иногда серебра позволяют предполагать, что температура снижалась до ~200 °C. Таким образом, Au-Sb-As-S-кварцевые жилы можно рассматривать как среднетемпературные, а рудопроявление относить к мезотермальному типу (T = 330–200 °C), образовавшемуся в сдвиговой зоне в условиях зеленосланцевой фации на небольших глубинах в условиях снижения температуры в приоткрывающихся трещинах (т. е. в шир-зонах, формировавшихся при растяжении). Судя по высокому содержанию Ag, золото образовалось при наиболее низких температурах указанного интервала. Последние более редкие Ag-содержащие минералы (серебро, акантит, Ag-ярровит) кристаллизовались при снижении температуры (до 157–105 °C).

Источник вещества был комплексный: он включает элементы, высвобождаемые при метаморфизме колчеданных руд (S, Fe), кислых туфов и измененных коматиитов (Ni, Co). Дополнительный привнос вещества (Pb, Zn, Bi, Ag, Au, As, Sb), как предполагается, происходил за счет корового источника (под влиянием гранитов). Как выше было показано, жилы и оруденение не выходят в протерозойские толщи. Однако некоторое поступление вещества, вероятно, было возможно и за счет более поздних процессов, о чем свидетельствует появление в колчеданных рудах незначительного количества барита и примеси селена.

Таблица 10. Состав самородного висмута и Sb-Bi фаз

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bi	100	100	100	91,82	96,09	93,79	87,49	97,14	79,58	80,62
Ag				2,83			3,04			
Sb				5,35	3,91	6,21	9,46	2,86	20,42	19,38
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Образец	кКой8в	кКой8а	LKoik12a	кКой8а	лКойк13	лКойк12а	лКойк12а	лКойк12а	лКойк12а	лКойк12а
Уч.	5-2	14-1	13-3	17-6	27-1	11	9-1	3-1	7-1	7-2

Примечание. 1–3 – самородный висмут; 4–8 – Sb-Ag-содержащий висмут; 9–10 – Bi_7Sb_3.

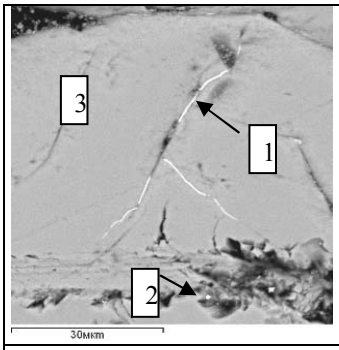
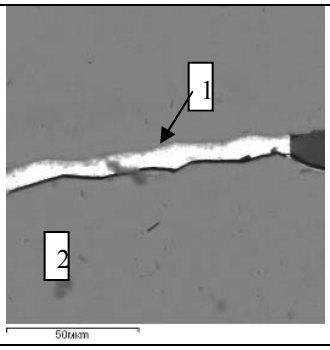
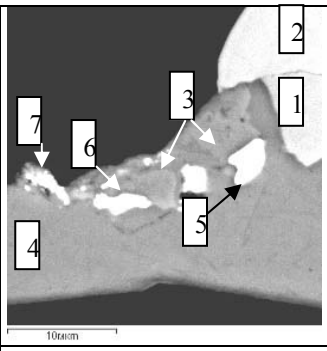
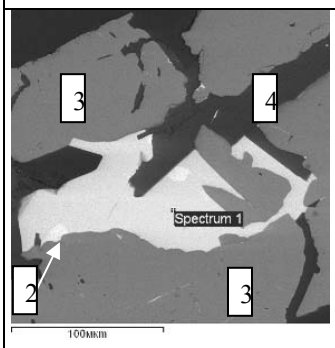
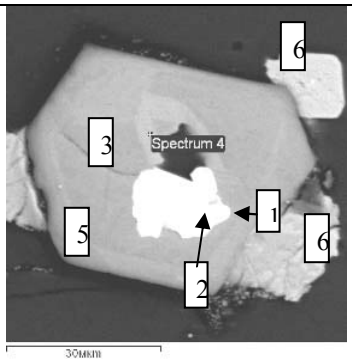
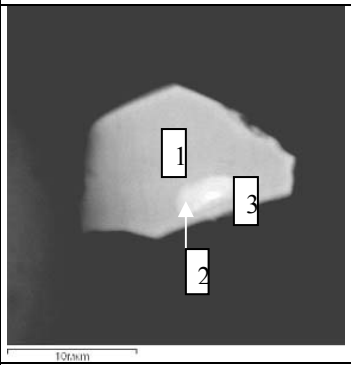
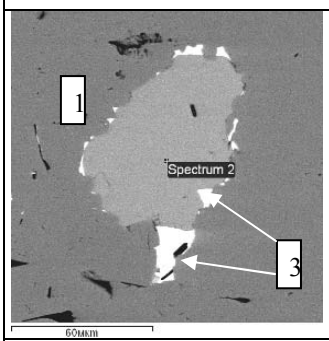
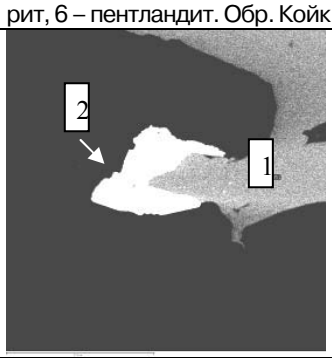
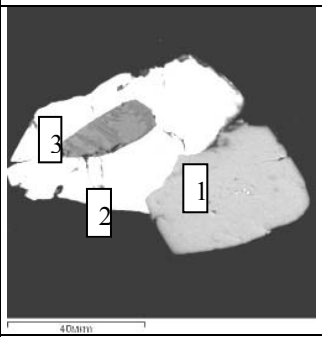
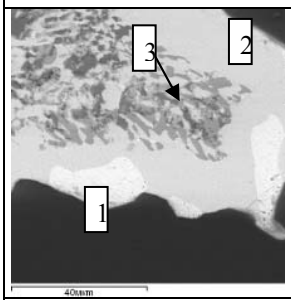
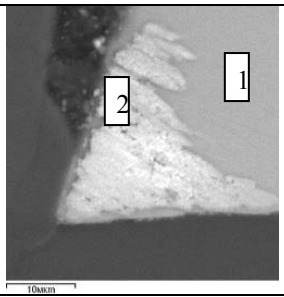
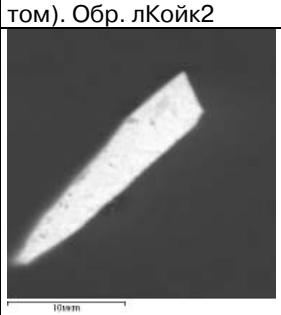
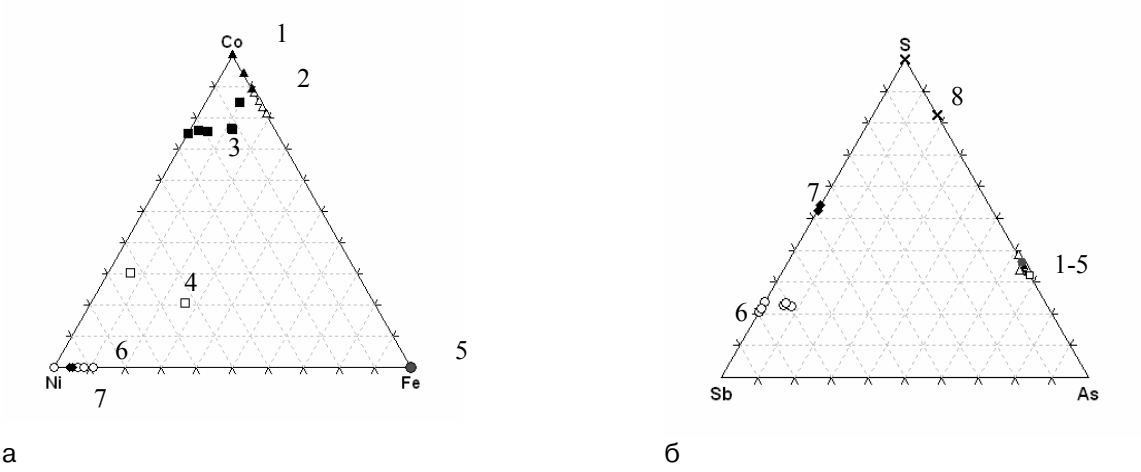
		
1. Пленочное золото (1) в пирите (3), киноварь (2, белая точка). Обр. LKoik	2. Золото (1) в пирите (2). Обр. кКой-1, уч. 24	3. 1 – глаукодот, 2 – аллоклазит, 3 – пентландит, 4 – халькопирит, 5 – кюстелит, 6 – галенит, 7 – акантит. Обр. кКой-1, уч. 14
		
4. Галенит (сп. 1) в срастании с висмутом (2), 3 – арсенопирит, 4 – хлорит. Обр. Койк, уч. 13	5. Срастание ульманнита (1) и 2 – герсдорфита (2). Зональный пирит (3): сп. 4 – Ni As-пирит, 5 – Ni-пирит, 6 – пентландит. Обр. Койк, уч. 16	6. 1 – тучекит, 2 – гаухекорнит, 3 – галенит. Обр. лКойк, уч. 25
		
7. 1 – арсенопирит, сп. 2 – монацит, 3 – галенит. Обр. лКойк, уч. 13_24	8. 1 – халькопирит, 2 – ульманнит. Обр. лКойк, уч. 38	9. Кобальтин (1) с тонкодисперсным золотом, 2 – ульманнит, 3 – пентландит (частично с виоларитом). Обр. лКойк2
		
10. Висмут (1), галенит (2), «ветвистый» аргентотетраэдрит (3). Обр. кКой8а, уч. 5	11. Халькопирит (1) и 2 – Ag-халькозин. Обр. лКойк4	12. Фаза Bi_2Sb_3. Обр. Койк12а, уч. 7

Рис. 3. Минеральные ассоциации рудопроявления Северо-Гирвасского



а б

Рис. 4. Диаграммы сульфо-стибиоарсенидов Co-Ni-Fe (а) и S-Sb-As (б):

изоморфные фазы: 1 – аллоклазит, 2 – глаукодот, 3 – кобальтин; 4 – герсдорфит; 5 – арсенопирит; 6 – ульманнит; 7 – тучекит; 8 – пирит, As-пирит

Оруденение Северо-Гирвасского проявления представлено Au-Sb-As-S-типом. Первые определения Au показали пока низкие значения. Прогнозные ресурсы не оценивались. Золото встречается с гнездово-вкрапленной глаукодот-кобальтин-арсенопирит-пиритовой минерализацией самостоятельно и в ассоциации с более низкотемпературными минералами в карбонат-кварцевых жилах, приуроченных к зоне сдвиговой деформации ССВ простирания, которая прослеживается по простиранию на расстояние около 200 м.

Колчеданные рудопроявления. Колчеданные руды в лопийских толщах Койкарской структуры приурочены к переслаиванию сланцев по туфам кислого состава и низкоуглеродистых сланцев [Робонен и др., 1978; Рыбаков, 1987]. Они представлены несколькими субсогласными пластообразными телами. Протяженность залежи около 60–130 м, мощность около 6 м, зоны с минерализацией до 15 м. Падение крутое субсогласное с вмещающими зелеными сланцами по туффитам или кремнистыми осадками, простирание субмеридиональное. Руды мелкозернистые, послойно-вкрапленные, сложены пиритом. Реже вблизи вмещающих толщ в них незначительно увеличивается содержание пирротина (2–5 %), встречаются единичные зерна халькопирита. Приконтактовых околорудных изменений во вмещающих породах не наблюдается. Руды, как и вмещающие толщи, слабо метаморфизованы в зеленосланцевой фации. Для Койкарского месторождения С. И. Рыбаковым среди силицитов и колчеданных руд отмечались конкреционные формы кварц-халцедоновые и пирита [Рыбаков, 1967].

Микрозондовое минералогическое изучение колчеданных руд месторождения Койкарского показало присутствие в них кроме пирита мелких редких включений пирротина (<1 %), незначительного количества магнетита, единичных зерен галенита, Mn-Fe-сфалерита, монацита, реже ксенотима, а также более редких поздних наложенных минералов, таких как единичные зерна клаусталита и барита (табл. 11).

Таблица 11. Минералы колчеданных руд Койкарского месторождения

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8
S	55,65	56,33	40,4	36,33	15,88	13,35	15,89	26,87
Fe	44,35	43,67	59,56	9,97				
Zn				49,89				
Mn				3,81				
Pb					84,12	86,65	84,11	
Se								73,12
Образец	Koi2	Koi3	Koi2	Koi3	Koi2	Koi2	Koi2	Koi2
Уч.	4-4	1-2	4-3	`1-1	4-1	6-1	2-1	3-1

Примечание. 1–2 – пирит; 3 – пирротин; 4 – сфалерит; 5–7 – галенит; 8 – клаусталит.

Обследование и переопробование этих вкрапленных колчеданных существенно пиритовых руд на золото проводилось по залежам, выходящим на поверхность в районе небольшого озера в восточной части структуры. Руды содержат низкие концентрации

полиметаллов и их редкие минералы. Золото во вкрапленных и более богатых рудах обнаружено не было. Тем не менее данный тип рассматривается нами как возможный источник концентрирования рудогенных элементов, учитывая и то, что толща с сульфидной вкрапленной минерализацией прослеживается к северу до Северо-Гирвасского участка. Колчеданные руды могли «поставлять» серу при метаморфогенно-метасоматических преобразованиях. Однако невысокое содержание пирротина в колчеданах, что характерно для зеленосланцевой фации, свидетельствует о незначительном обогащении растворов метаморфогенной серой и, соответственно, малосульфидном типе поздних карбонат-кварцевых жил.

Закономерности локализации Au-U-Th рудопроявлений в протерозойских кварцевых конгломератах

Наиболее благоприятными для накопления золота совместно с ураном в осадочном процессе являются нижние горизонты ятулийских разрезов, представленные кварцевыми конгломератами, гравелитами и кварцито-песчаниками. Кварцевые конгломераты ятулийского надгоризонта в нижней части пластов («струи, линзы») бывают обогащены Au, Th, U и некоторыми другими элементами. Они опробовались геологами КГЭ при проведении здесь поисковых работ в 60–70-х гг. прошлого столетия, и по результатам этих работ в Койкарской структуре были выделены несколько Au-U-Th-рудопроявлений [Леонтьев, 1997].

Кварцевые конгломераты (или сцементированные галечники) – это высокозрелые терригенные существенно кварцевые породы, образованные в результате разрушения, перемыва и переотложения выветрелых пород доятулийского фундамента. По мнению А. П. Светова, область накопления ятулийских осадков имела площадное распространение и охватывала большую часть Карельского кратона и часть Мурманского блока. В. З. Негруца считал, что денудации подвергался неглубокий слой суши центральной части Карельского кратона [Негруца, 1990]. В условиях гумидного и семиаридного климата происходило разрушение и химическое выветривание выведенных на поверхность более древних пород, в частности гранитов и вулканогенно-садочных толщ архейского возраста, содержащих кварцевые жилы. Легкие компоненты выносились, кварцевожильный материал водными потоками перемещался плохо и накапливался. При этом отложение галечников (кварцевых конгломератов) происходило в условиях сильно расчлененного рельефа во внутриконтинентальных депрессиях – в межгорных впадинах, руслах рек, дельтах, эстуариях. Относительно генезиса кварцевых конгломератов существуют две доминирующие точки зрения о том, что это: 1 – элювиально-пролювиальные отложения рек, озер, потоковые или приустьевые образования или 2 – дельтовые и прибрежно-шельфовые отложения. Отложения кварцевых конгломератов чередуются со зрелыми кварцевыми либо аркозовыми песчаниками (если ближе к поверхности находится гранитное основание). В зависимости от обстановки накопления и удаленности от источника сноса формировались фации с разной крупностью и окатанностью обломков. Онежская депрессия в протерозое представляла собой водоем, окруженный расчлененным горным рельефом, куда с Карельского кратона осуществлялся снос.

В западном обрамлении Онежской структуры к базальным кварцевым конгломератам ятулийского надгоризонта приурочен ряд Au-U-Th-проявлений в кварцевых конгломератах (Черный Наволок, Койкары, Гирвас, Пальеозеро-1, 2, Святнаволок и некоторые другие). Все эти объекты были выявлены в ходе поисковых работ на золото и уран вблизи зон структурно-стратиграфических несогласий (КГЭ, ВСЕГЕИ и «Невскгеология»). Рудная минерализация этих проявлений (рассеянная вкрапленная) представлена гематитом, уранинитом, настураном, торитом, пиритом, пирротином, халькопиритом, золотом, встречаются единичные выделения арсенопирита, галенита, сфалерита, молибденита. Форма зерен золота неправильная, комковатая, дендритовидная, размер составляет 0,01–0,4 мм (по материалам КГЭ). Среднее содержание Au невысокое, но максимальные значения иногда достигают значительных концентраций, например, на проявлении Пальеозеро-1 – 4,6 г/т, на Черном Наволоке – от 0,1–1 г/т до 26–111 г/т (С-7), Койкары и Кедрилампи (вблизи оз. Тедрлампи) – от 0,1 до 8–13 г/т, в районе пос. Гирвас – 0,2–1,23 г/т [Леонтьев и др., 1997].

По данным Ю. К. Гуменного (производственные геологические работы 1971–1975 гг.), на наиболее значительном из перечисленных рудопроявлений Черный Наволок, расположен-

ном между озерами Викшозеро и Куоккилампи, в кварцевых конгломератах установлена бедная минерализация, представленная торитом, гематитом, пиритом, пирротином, золотом (размер золотин около 0,05 мм). При изучении конгломератов (проявления Койкары, Кедрилампи) авторами были обнаружены лишь акцессорные минералы – разбитый аутигенный циркон, новообразованный торит $Th(SiO_4)$ в срастании с брабантитом $CaTh(PO_4)_3$ (требует доизучения). Для золотосодержащего оруденения в кварцевых конгломератах Койкарской структуры следует также отметить повышенное содержание Ag, установленное при их литохимическом опробовании (10–123 г/т Ag [Леонтьев и др., 1997]).

Металлогеническая специализация Койкарской структуры. Как вытекает из изложенного материала, основные перспективы Койкарской структуры на обнаружение золота связаны со сдвиговыми зонами в архейских толщах и кварцевыми конгломератами ятулийского обрамления. Кроме изученной Северо-Гирвасской шир-зоны, ранее выделялись меридиональные разломы в СЗ части Койкарской структуры – Янишский и Каллиеволампинский (см. рис. 1), которые, как представляется авторам, также могут быть перспективными на обнаружение жильных или штокверковых типов оруденения.

Рудная минерализация Северо-Гирвасского проявления после детального изучения была отнесена к мезотермальной с необычной ассоциацией минералов, содержащих Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, As, Sb, Ni, Co, Cd. Эти элементы указывают на то, что источники вещества были разные: привнос из глубинных источников и переотложение за счет метаморфогенно-метасоматического преобразования разных типов, в том числе ультраосновных. На этом рудопроявлении, отнесенном к Au-Sb-As-S-кварцевому типу, кроме пирита, установлены около 38 минералов, из них несколько новых для Карелии (тучекит, гаухекорнит, Ag-Bi-галенит, кобеллит). Очень необычна ассоциация золота, галенита, сфалерита, пентландита, Fe-Co-Ni-Sb-S-As-фаз (стибиосульфо-арсенидов), подобная встречается на месторождении Рыбозеро в Восточной Карелии, описывается для некоторых месторождений рудного поля Калгурли (Австралия), Монарх в ЮАР. Температура образования руд снижалась от 350–300 до ~200–105 °С.

Золото, образующееся в этой ассоциации, отличается повышенным содержанием серебра (электрум), вплоть до образования кюстелита. В рудной минерализации распространен висмут, Sb-Bi, реже присутствуют акантит и серебро. Более продуктивными являются жильные ассоциации с полиметаллами. Жильная система на Койкарской площади, по-видимому, была развита достаточно широко. Колчеданные руды не золотоносны, они содержат очень низкие концентрации полиметаллов.

Ятулийские крупногалечниковые кварцевые конгломераты, перекрывающие лопийские толщи и распространенные практически на всей этой площади, как установлено предшествующими работами КГЭ, обогащены золотом. Это косвенно свидетельствует о перспективности подстилающих архейских толщ на жильный тип оруденения. Для рудной минерализации конгломератов отмечаются повышенные содержания Ag и разнообразные минералы-спутники, подобные ассоциациям коренных архейских пород.

Таким образом, завершая металлогенический анализ Койкарской структуры, следует отметить, что, несмотря на относительно невысокие концентрации золота, установленные пока для архейского проявления Северо-Гирвасского, перспективы обнаружения золота в ССВ сдвиговых зонах, сопровождающихся низкотемпературными преобразованиями и окварцеванием, достаточно высокие. В конце позднего архея, по мнению С. А. Светова, структура развивалась как пулл-апарт бассейн (структура растяжения), с накоплением фаций позднеархейских конгломератов [Светов и др., 2005]. Положителен и тот момент, что как региональный, так и дислокационный метаморфизм в Койкарской структуре не превышал зеленосланцевой фации [Володичев и др., 2002], а зоны субмеридионального рассланцевания с системой ССВ жил (шир-зоны) формировались как зоны транстенции, что является благоприятным фактором при металлогенической оценке структуры.

Литература

Володичев О. И., Кулешевич Л. В., Кузенко Т. И. Эндогенные режимы метаморфизма в различных геодинамических обстановках докембрия Карелии. Рук. научный отчет // Фонды ИГ КарНЦ РАН. 2002. 187 с.

Леонтьев А. Г. и др. Составление регистрационной карты золотоносности масштаба 1 : 500 000 с кадастрами месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации и площадей геохимических аномалий (участков), перспективных на золото // Фонды ТФГИ. Инв. № 469. Петрозаводск, 1997.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2005. 280 с.

Опорные разрезы верхнеархейских отложений // Стратиграфия докембрия Карелии. Петрозаводск, 1992. 190 с.

Негруца В. З. Докембрийская формация кварцевых конгломератов Балтийского щита. Апатиты, 1990. 255 с.

Новгородова М. И., Живцов Д. А., Горшков А. И. и др. Самородный кадмий из Южного Верхоянья // Записки ВМО. 1982. Ч. 111, вып. 3. С. 304–315.

Робонен В. И., Рыбаков С. И. и др. Серноколчеданные месторождения Карелии. Л.: Наука, 1978. 192 с.

Рыбаков С. И. Об оолитовых пиритовых рудах некоторых серно-колчеданных месторождений Южной Карелии и их метаморфизма // Геология рудных месторождений. 1967. № 4. С. 87–92.

Рыбаков С. И. Колчеданное рудообразование в раннем докембрии Балтийского щита. Л.: Наука, 1987. 272 с.

Светов С. А., Светова А. И., Назарова Т. Н. Корреляционные реперные уровни в верхнеархейском Хаутавааро-Койкарском стратотипе // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 3–12.

Светов С. А., Светова А. И., Назарова Т. Н., Антропова Е. А. Неоархейские пулл-апарт бассейны Центрально-Карельского террейна: породные последовательности и литогеохимическая характеристика // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. С. 5–17.

Светова А. И., Мельянцев Н. В. Строение сумийского комплекса и его соотношение с лопийскими и сариолийскими образованиями в Койкарской структуре // Операт.-информ. материалы. Петрозаводск, 1985. С. 36–41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лавров Олег Борисович
научный сотрудник
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 783471

Кулешевич Людмила Владимировна
ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kuleshev@krc.karelia.ru

Lavrov, Oleg
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 783471

Kuleshevich, Lyudmila
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kuleshev@krc.karelia.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 100–109

УДК 551.72

AN IMPORTANT LANDMARK IN THE STUDY OF THE PALAEOPROTEROZOIC WORLD

V. A. Melezhik[1, 2], A. R. Prave[3]

[1] *Geological Survey of Norway, N-4791, Trondheim, Norway*
[2] *Centre for Geobiology, University of Bergen, N-5020, Bergen, Norway*
[3] *Department of Earth Science, University of St. Andrews, St Andrews, KY16 9AL, Scotland, UK*

The International Continental Scientific Drilling Program's (ICDP) Expedition (FAR-DEEP) successfully completed drilling operations on the Fennoscandian Shield resulting in recovery of 3650 m of core from 15 holes drilled through sedimentary and volcanic formations recording several global environmental changes spanning the time interval 2500–2000 Ma, including the Great Oxidation Event (GOE). The core has been archived, and sampled by an international team of scientists, and the project has moved to the advanced research phase. The first significant outcome of the FAR-DEEP is a three-volume treatise (ca. 1500 pages) entitled «Reading the Archive of Earth's Oxygenation» scheduled by Springer for printing in August 2012.

K e y w o r d s: International Drilling Program, Fennoscandian Shield, global environmental changes, Lomagundi-Jatuli, Great Oxidation, Shunga events, glacial episodes.

В. А. Мележик, А. Р. Прэйв. ВАЖНАЯ ВЕХА В ИССЛЕДОВАНИИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ ЗЕМЛИ

В статье изложены основные результаты завершившегося в 2012 г. международного бурового проекта, нацеленного на исследование ранней истории Земли на территории российской части Фенноскандинавского щита (FAR-DEEP). Основное внимание участников проекта было сфокусировано на проблеме становления аэробной системы Земли и развития серии взаимосвязанных глобальных событий в переходный период от позднего архея к раннему протерозою (2500–2000 млн лет). Бурение скважин выполнено в 2007 г. финской компанией SMOY, материально-техническое обеспечение осуществляла фирма «Минерал» (С.-Петербург). Проект финансировался фондом ICDP и частично Исследовательскими Советами Норвегии и Германии, институтом Астробиологии NASA, Геологической службой Норвегии, Центром Геобиологии Бергенского университета, Институтом геологии КарНЦ РАН. Получены образцы керна геологических формаций по двум регионам России (по Онежской структуре в Карелии, Печенгскому, Имандра-Варзугскому зеленокаменным поясам Кольского п-ова), общая длина 15 пробуренных скважин – 3650 м. К изучению керна были привлечены научные коллективы из 14 стран. Основные изучавшиеся вопросы истории развития Земли: первое глобальное оледенение, самое раннее и наиболее значимое положительное изменение изотопного состава углерода (Ломагунди-Ятулийское событие), доказательство существования наиболее древнего массового накопления органического вещества и генерации углеводородов (феномен «Шуньга»). Получены новые данные по геохронологии основных событий в ранней истории Земли.
Керн скважин находится в г. Трондхейме, Геологическая служба Норвегии, он доступен для будущих исследований и образования. С обширной коллекцией фото-

графий керна и геохимическими данными можно познакомиться на сайте (http://www.icdp-online.org). Первым значительным результатом проекта являются три тома материалов общим объемом около 1500 страниц (издательство Спрингер). Книги иллюстрированы фотографиями керна и естественных обнажений, геологическими картами, схемами реконструкций условий осадконакопления, в них содержится богатый материал по литологии и геохимии осадочных пород. Описанию общей геологии российской части Фенноскандинавского щита посвящен первый том, глобальных событий переходного периода – второй и третий том издания. В конце статьи авторы приводят список журнальных статей, опубликованных и подготовленных к изданию, в которых приведены основные результаты исследований по темам международного проекта.

Ключевые слова: Международная программа бурения, Фенноскандинавский щит, глобальные изменения окружающей среды, Ломагунди-ятулийское изотопное событие, кислородная катастрофа, феномен «Шуньга», эпизоды оледенения.

Introduction

The International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) supports projects aimed at studying fundamental geological problems of global significance. It helps assemble the best available international scientific teams to examine the best rock formations available in the world. The Fennoscandian Arctic Russia–Drilling Early Earth Project (FAR-DEEP) was one such project, focusing on the emergence of an aerobic Earth System and a series of interrelated global events during the Late Archaean and Early Palaeoproterozoic transition (APT; 2500–2000 Ma). Within the ICDP, the FAR-DEEP with its Deep Time perspective has opened a new window for multidisciplinary research that aims at obtaining fundamental knowledge of the processes that operated on Earth's surface and interior at the dawn of the establishment of an aerobic world. Details of the project idea were presented in Melezhik et al. [2005].

The aim of the FAR-DEEP was to obtain uncontaminated, non-weathered, pristine core material from key geological formations recording a series of hallmark Palaeoproterozoic global events in three separate areas of Russian Fennoscandia (Figs. 1 and 2). The drilling operations were carried out through May–October 2007 by the Finnish operator SMOY, and State Company «Mineral», based in St. Petersburg, provided logistical support. The drilling operations were largely supported by the ICDP and by additional funding from the Norwegian Research Council, the German Research Council, the National Science Foundation, the NASA Astrobiology Institutes, the Geological Survey of Norway (NGU) and the Centre of Excellence in Geobiology, the University of Bergen, Norway. NGU and the Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences supported onsite geological work.

The major outcome of the drilling project was the successful recovery of a total of 3650 m of pristine cores from 15 drillholes (Fig. 1). This provided a representative geological record of the most important global events occurring through the APT (Fig. 2). Hence, the chosen approach was a success, and resulted in collection of a rich archive of geological material. Core documentation and associated analytical work were supported by NGU, the Scottish Universities Environmental Research Centre and Penn State University. Facilities and logistical support for international sampling campaigns were provided by NGU. In 2010, the first goal of the project was successfully achieved: a well-characterised, -archived and -illustrated succession of rocks for the 2500–2000 Ma time slice.

The second goal of the FAR-DEEP is to document the changes in the biosphere and the geosphere associated with the emergence of an aerobic Earth System and interrelated global events during the APT, which led to irreversible alteration of Earth's surface environments and rise in atmospheric oxygen. The core archive contains a record of many of the hallmark events of that time and provides the international Earth science community with an exceptional opportunity to study iconic aspects of Palaeoproterozoic Earth history including the first worldwide glaciation, the earliest and one of the largest positive isotopic excursions of the global C cycle, and arguably the world's oldest supergiant oilfield (Fig. 2), and offers the chance for undertaking a wide variety of exciting research and educational activities.

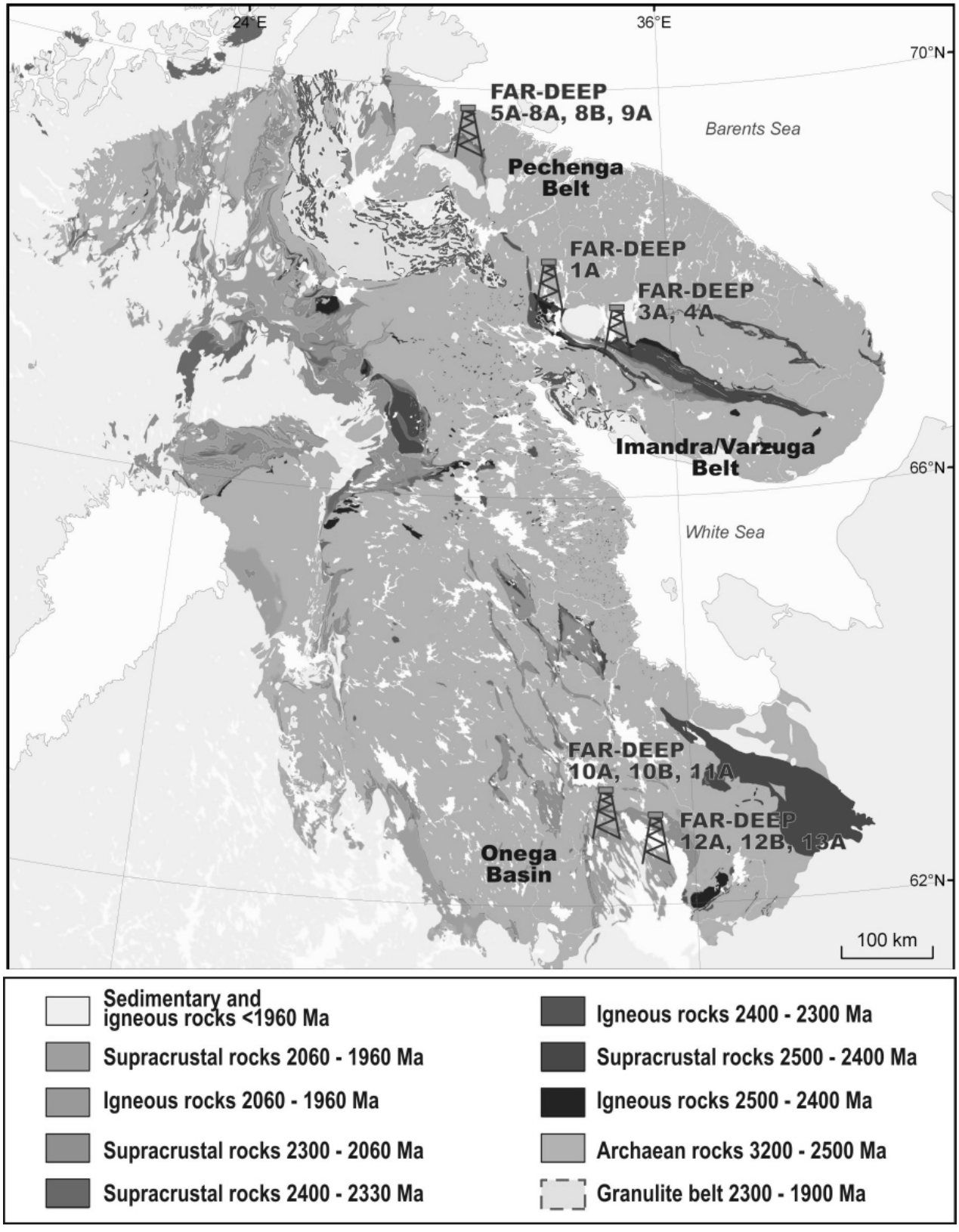


Fig. 1. Geological map of the eastern Fennoscandian Shield showing FAR-DEEP drilling sites and drillhole numbers. Geological map is modified by Aivo Lepland from Koistinen et al. [2001]

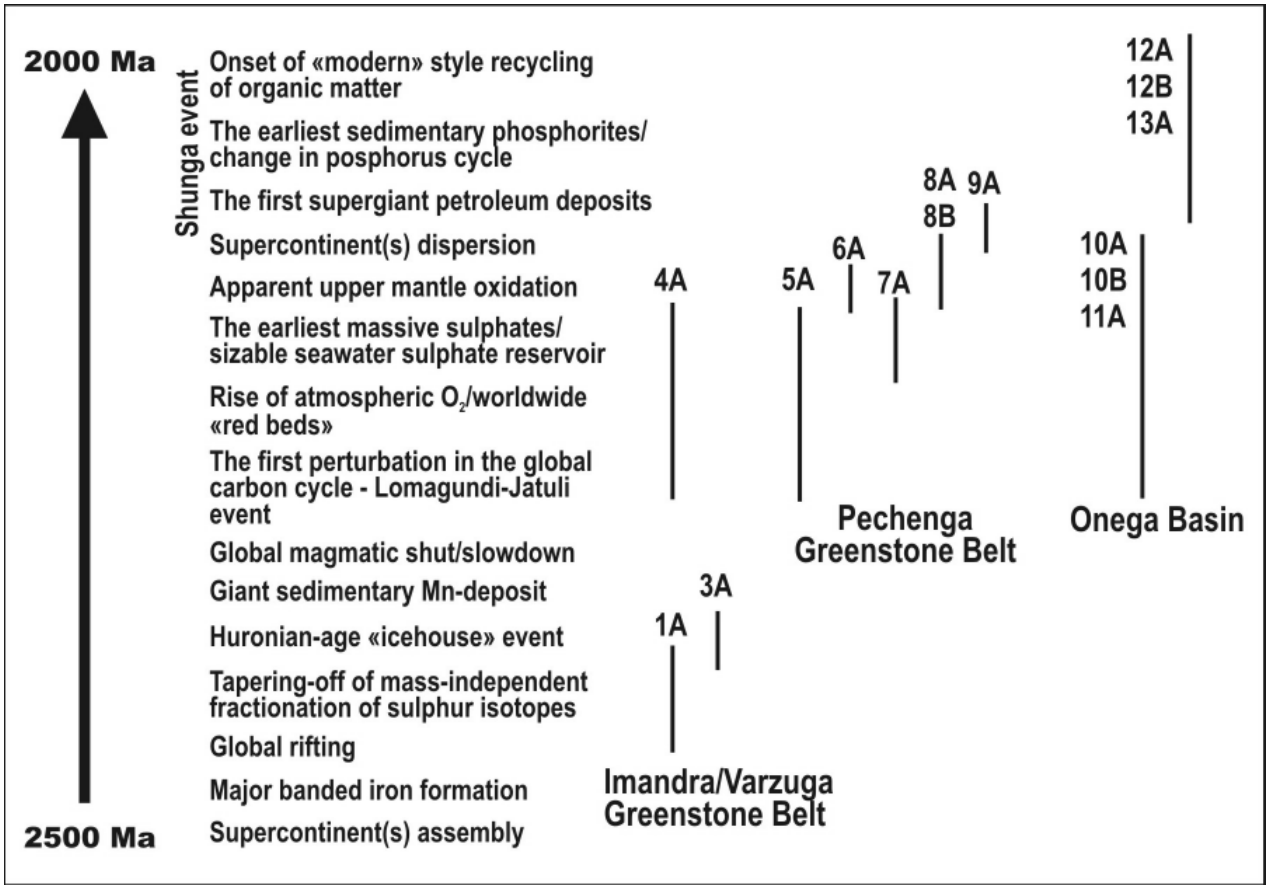


Fig. 2. FAR-DEEP drillholes projected against major global events through the Archaean-Palaeoproterozoic transition. Note that precise position of events relative each other on the chronological scale remains to be constrained

Currently, an international team of scientists from 14 countries is undertaking an ambitious and successful FAR-DEEP research program. Several research grants, eight PhD and four postdoctoral projects supported by various funding agencies in Austria, Finland, Germany, Great Britain, Norway and USA are involved in the FAR-DEEP research program. A large group of scientists from the USA has received support from the National Science Foundation and NASA. Several research groups from Belgium, Czech Republic, Estonia and Russia have been also successful in obtaining research grants.

FAR-DEEP – current research

Selected research areas and directions, which are being actively developed by various research groups are briefly highlighted below. This section does not aim to review the abundant published material on the APT, instead it focuses on on-going FAR-DEEP core-based work, and articles recently published by the FAR-DEEP international community.

Geochronology

The construction of stratigraphic frameworks, inter-regional correlations, the assessment of geochemical, geobiological and development of basin evolution models demand geochronological control. Furthermore, no definition of the timing, rates and durations of geological processes and events could be made without precise and accurate radiometric ages. Currently, only a few robust ages exist to bracket the events of the Palaeoproterozoic time slice. FAR-DEEP cores and associated material offer new opportunities. One new, robust age-constraint is on the termination of the Lomagundi-Jatuli isotopic excursion in Imandra/Varzuga and Pechenga belts [Martin et al., 2012a]. Another example is tightening the age of glacial deposits documented in Core 3A in the Imandra/Varzuga Belt. Ash beds associated with diamictites are yielding a precise date linking them to the Huronian-age glaciations [Brasier et al., 2012c]. Trial projects on dating of organic matter from Palaeoproterozoic C_{org}- and S-bearing rocks by the Re-Os technique have also proven to be successful [e.g., Hannah et al., 2006, 2008].

Future projects could explore U-Pb dating techniques on igneous baddelyite and diagenetic phosphate and xenotime, and may offer geochronological constraints on regional and global correlations, assess the synchronicity or diachronicity of isotopic excursions, the timing and duration of climatic events and volcanism, and the temporal (in)completeness of the sedimentary record. Oxidising processes could be dated by a (U-Th)/He series programme on haematite-bearing rocks [e.g., Lippolt et al., 1995, 1998; Shuster et al., 2005]. FAR-DEEP Core 6A, 8A, 8B offer a varied suite of igneous and volcaniclastic «red beds» and haematite-rich lithofacies such as haematite-cemented sandstones and jaspers to undertake such work.

Advanced work on provenance analysis of Paleoproterozoic siliciclastic sediments based on age and geochemistry of detrital zircons is in progress [Gärtner et al., 2012a–c].

Change in sulphur cycle and the advent of the progressive oxidation of the atmosphere

In the Imandra/Varzuga Belt, the FAR-DEEP Hole 1A (Figs. 1 and 2) intersected c. 120-m of tidal sandstone-siltstone-shale, quartzite and marine dolostones. These rocks accumulated at c. 2442 Ma during a transitional period in atmosphere evolution, from largely anoxic to a state of incipient oxidation. The continuous core allows obtaining high-resolution carbon and multiple sulphur isotope measurements and is a great opportunity to resolve the internal structure of the termination of mass-independent fractionation of sulphur isotope [Reuschel et al., 2012c] and ultimately a quantitative understanding of the related environmental changes. The study of the core will also contribute to better understanding of the global carbon cycle and seawater chemistry [Melezhik et al., 2012a] at the dawn of progressive atmospheric oxidation and prior to the global Huronian glaciations.

Palaeoclimate

The FAR-DEEP Core 3A obtained from the Imandra/Varzuga Belt (Figs. 1 and 2) contains a record of one of the Palaeoproterozoic glacial episodes but unlike anywhere else in the world, the diamictic units are interbedded with high-Sr, marine limestones and varves. The C isotopic composition of marine carbonates may record seawater chemistry and can be used as proxies for atmospheric composition informing on driving forces that caused the first global icehouse [Brasier et al., 2012]. Ash beds associated with the glacial deposits have shown a great potential for precise radiometric dating [Brasier et al., 2012c] and will provide a robust time constraint on the Palaeoproterozoic glaciations in the Fennoscandian Shield.

Palaeoproterozoic perturbation of the global carbon cycle, the Lomagundi-Jatuli event

The earliest, and one of the largest in Earth history, positive excursion of $\delta^{13}C$ in sedimentary carbonates, the Lomagundi-Jatuli Event, lasted more than 160 myr. This is one of several other prominent Palaeoproterozoic environmental events whose causative mechanism(s) remain intriguing and unresolved. The possible role of local factors in amplification of a global signal remains unconstrained. Cause-and-effect relationships of the Lomagundi-Jatuli Event with other global palaeoenvironmental changes in the APT remain only partially understood.

FAR-DEEP cores 5A, 10A, 10B and 11A (Figs. 1 and 2), together with previously published data, offer an opportunity to construct two- and three-dimensional isotopic models in the Pechenga [Salminen et al., 2012a] and Onega basins; these may inform on basinal $\delta^{13}C$ variations associated with local amplifying factors [e.g., Brasier et al., 2011]. Providing that high-precision age constraints are obtainable [e.g., Martin et al., 2012a], the FAR-DEEP holes 4A, 5A, 10A, 10B and 11A (Fig. 2) have a potential for comparison of time-equivalent successions accumulated in lacustrine (Core 5A), open marine (Core 4A) and restricted evaporitic (Cores 10A, 10B and 11A) environments. More $\delta^{13}C_{org}$ data covering the Lomagundi-Jatuli-age interval will help shed light on the merits of competing hypotheses and on inherent assumptions, and this will be addressed in future studies [e.g., Illing et al., 2012]. A detailed geochemical investigation of carbonate formations transitional from the Lomagundi-Jatuli to Shunga events is also in progress [Salminen et al., 2012b].

Oxidised ocean, abundant Ca-sulphates and Palaeoproterozoic seawater sulphate reservoir

Progressive oxygenation of Earth's surface environments resulted in increased sulphide oxidation during continental weathering and concomitant increase in the concentration of marine sulphate. To date, the database on $\delta^{34}S$ of Palaeoproterozoic sulphate remains limited and shows a large range from +5.1 ‰ to +42.3 ‰ (VCTD) [Schröder et al., 2008 and references therein; Guo et al., 2009; Крупеник и др., 2011]. In the Onega Basin, several FAR-DEEP drillholes

(10A, 10B and 11A; Figs. 1 and 2) specifically and successfully targeted sedimentary formations that contain abundant seawater sulphates in the form of pseudomorphs after gypsum and anhydrite. Reuschel et al. [2012a] generated data on the sulphur isotopic composition based on analyses of carbonate-associated and breccia-hosted sulphate, and *in situ* analyses of anhydrite and barite relicts in quartz-pseudomorphed Ca-sulphate nodules. All range in $\delta^{34}S$ between +7.8 and +11.3 ‰ (one outlier is at +15.8 ‰) over c. 500 m of stratigraphy and suggest seawater sulphate concentration >2.5 mM. Abundant relicts of sulphates preserved in dolomite- and quartz-pseudomorphed chicken-wire and enterolithic structures, concretions, crystals and rosettes in FAR-DEEP cores are rich material for further detailed mineralogical, petrographic, sedimentological and isotopic studies.

Enhanced accumulation of organic carbon, petrified supergiant oil field and the Shunga event

FAR-DEEP cores 12A, 12B and 13A obtained from the Onega Basin (Figs. 1 and 2) hold information on the enhanced accumulation of organic matter (the Shunga event) and an associated petrified supergiant oil field. Despite many years of research, numerous geological, geochemical and petrological features of this unique rock formation remain understudied. The cause(s) of such unprecedented global accumulation of organic matter and pervasive oil generation remains unknown.

FAR-DEEP core-based results show a stratigraphic trend in $\delta^{13}C_{org}$ from –22 ‰ to –40 ‰ in a c. 600-m-thick succession, and a two-step, stratigraphic shift by 15 ‰ within the upper 200 m of the succession. Kump et al. [2011] interpreted this negative excursion as a temporary but massive reversal of the long-term global carbon cycle. This reversal event is known as the 2.0 Ga Shunga Event [e.g., Melezhik et al., 2005], and it was the time when oxidation of organic carbon from the crust dominated the global carbon cycle [Kump et al., 2011].

Coupling carbon and sulphur isotopic systems [Meister et al., 2012; Illing et al., 2012], involving paired organic carbon [Qu et al., 2012a] and carbonate carbon isotopic studies on primary and diagenetic carbonate phases [Črne et al., 2012a, b], may reveal additional and crucial information on evolution of primary producers of organic matter and its recyclers. Other ongoing research includes structural organisation of organic material [van Zuilen et al., 2012; Qu et al., 2012b] and possible link of the Shunga event with an extraterrestrial impact [Hubert et al., 2011, 2012a–c]. A sulphur isotope study combined with iron speciation has been performed to elucidate redox-state conditions of the Shunga-event depositional system [Reuschel et al., 2012b]. Brasier et al. [2011b] have addressed a silica source in organosiliceous rocks. The FAR-DEEP cores warrant a series of other fascinating research projects on C_{org}-rich rocks.

Ferric iron rich volcanic rocks: upper mantle oxidising event versus regional surface oxidation

Why, how and when did atmospheric oxygen levels rise remains a fundamental problem: was it related to increased dioxygen due to evolution of oxygen-producing organisms or was it controlled by a decrease in oxygen sinks. A hypothesis has been proposed that the predominant sink for oxygen in the Archaean by chemically reduced gasses emitted in connection with submarine volcanism era was abruptly and permanently diminished during the APT [Kump, Barley, 2007]. FAR-DEEP cores 6A and 8 obtained in the Pechenga Belt (Figs. 1 and 2) contain information, which may test such ideas.

The drillholes 4A and 6A recovered more than 300 m of oxidised lavas that represent an unusual phenomenon and require explanation. Such rocks may either be evidence for relatively oxidised mantle material (e.g., recycled banded iron formations) or a large-scale alteration of Earth's surface by oxidised meteoric and/or groundwaters [Kyle et al., 2012]. Either outcome will represent a significant contribution to our knowledge on the oxidation of terrestrial environments.

Subaerial and subaqueous hydrothermal systems

Two types of compositionally different hydrothermal products have been documented in the FAR-DEEP drillcores. The first is represented by jasper, which appears in a large variety of occurrences in the cores, these include: numerous amygdales, veinlets and veins in volcanic rocks; layers, beds and feeder-veinlets in dolostones and siliciclastic sediments; and redeposited clasts in fluvial, deltaic and marine sediments. The jasper occurrences thus represent a complex history of fluid migration and redox alteration in magmatic processes, ground-, surface-, and hydrothermal waters, weathering crusts, and diagenetic processes. FAR-DEEP Cores 6A, 7A, 8A and 8B (Figs. 1 and 2) provide researchers with excellent material for studying the complex «iron story» which is tightly linked to the progressive oxidation of terrestrial

environments. Ongoing research on amygdales aims to constrain the origin of silica-precipitated fluids [Martin et al., 2012b].

The second type of hydrothermal products is travertine, which occurs in great abundances as thin crusts and feeder-veinlets in ^{13}C-rich lacustrine dolostones intersected by Hole 5A in the Pechenga Belt. These are the earliest documented travertines and may signify a radical change in Earth surface environments to ones allowing the precipitation of hydrothermal carbonates in subaerial conditions. Detailed petrographic and geochemical work on the earliest known travertine-precipitating hydrothermal systems by Salminen [2012c] is in progress.

Revolution in biological cycling of phosphorous and organic matter

At around 2000 Ma, sedimentary formations record the first known appearance (if siderite in banded iron formations is excluded), and then worldwide development, of diagenetic carbonate concretions significantly depleted in ^{13}C. These are varied in size and composition, and abundant in sedimentary successions <2000 Ma where they are associated with other diagenetic products, such as phosphorites, all of which are seemingly absent in older rocks. This could be attributed to the shift of recycling of organic matter by obligate anaerobes from the water column into the sediment column due to progressive oxidation of the terrestrial hydrosphere [e.g., Fallick et al., 2008].

In the Onega Basin, FAR-DEEP Holes 12A, 12B and 13A (Figs. 1 and 2) recovered hundreds of meters of cores containing abundant carbonate nodules and diagenetic phosphates. These c. 2000 Ma old sediments have geochemical signatures that indicate intensive diagenetic mineralisation of organic matter within the sedimentary column, perhaps reflecting increased rates in dissimilatory sulphate reduction and associated increased concentration of interstitial phosphate. Detailed petrographic and geochemical work on diagenetic carbonates [Črne et al., 2012a, b] and diagenetic phosphates is in the progress.

FAR-DEEP core archive – a unique basis for the education of Earth-science researchers

FAR-DEEP core is readily accessible in its current stored location with NGU, Trondheim. The cores will be transferred in the future to the ICDP storage in Berlin, Germany. The FAR-DEEP core and database offer an unprecedented opportunity for future research, geological training and education. The 3650 m of cores represent palaeoenvironmental settings ranging from lacustrine to deep marine, and from rifted-margins to continental slopes. The cores contain exceptionally well-preserved spinifex-textured komatiitic lavas, pillowed basalts, alkaline amygdaloidal lavas, felsic lava breccias, Earth's first red beds, stromatolitic dolostones, lacustrine travertines, jaspers, abundant sulphates, tidalites, glacigenic rocks, organic-rich oil shales and pyrobitumens of ancient oil seeps, abundant diagenetic concretions and Earth's earliest phosphorites. All of these rocks can be cross-referenced to detailed geochemical data. The FAR-DEEP website (http://www.icdp-online.org) is the gateway to a vast collection of core photos and geochemical data, organised by hole, core box and easy-to-follow spreadsheet arrays.

The educational aspects associated with FAR-DEEP cores could accompany research activities involving educators, students and researchers. The well-preserved core material can be successfully employed for targeting several unresolved sedimentological, petrological and geochemical problems associated with the emergence of the aerobic Earth system. The core material enables defining and undertaking research activities ranging from focused master programmes and doctoral studies to large-scale multidisciplinary projects.

Springer-published FAR-DEEP three-volume treatise on Earth's Oxygenation

The first significant outcome of the FAR-DEEP is a three-volume treatise (ca. 1500 pages) entitled «Reading the Archive of Earth's Oxygenation». This, scheduled by Springer for publication in July 2012, will: (*i*) provide a comprehensive review of the Palaeoproterozoic Eon with an emphasis on the Fennoscandian Shield geology; (*ii*) serve as an initial report of the preliminary analysis of one of the finest lithological and geochemical archives of early Palaeoproterozoic Earth history, created under the auspices of the International Continental Scientific Drilling Program (ICDP); and (*iii*) synthesise the current state of our understanding of aspects of early Palaeoproterozoic events coincident with and likely related to Earth's progressive oxygenation, with an emphasis on still-unresolved problems ready to be addressed by future research. Combining this information in three coherent volumes offers an unprecedented cohesive and comprehensive study of the progressive oxidation of the terrestrial environments and related global upheavals that eventually led to the emergence of the modern aerobic Earth System.

The format of these books centres on high-quality photo-documentation of FAR-DEEP cores and natural exposures of the Palaeoproterozoic rocks of the Fennoscandian Shield. The photos are linked to geochemical data sets, summary figures and maps, and time-slice reconstructions of basinal and palaeoenvironmental settings that document the response of the Earth system to the Great Oxidation Event. The emphasis on a thorough, well-illustrated characterisation of rocks reflects the importance of sedimentary and volcanic structures that form a basis for interpreting ancient depositional environments, and chemical, physical and biological processes operating on Earth's surface. Most of the structural features are sufficiently complex as to challenge the description by other than a visual representation and high-quality photographs are themselves a primary resource for presenting essential information. Although nothing can replace the wealth of information that a geologist can obtain from examining an outcrop first-hand, the utility of photographs offers the next best source of data for assessing and evaluating palaeoenvironmental reconstructions. This three-volume treatise will, thus, act as an information source and guide to other researchers, help them to identify and interpret such features elsewhere, and will serve as an illustrated guidebook to the Precambrian for geology students.

Finally, the three-volume treatise provides a link to the FAR-DEEP core collection archived at the Geological Survey of Norway. These drillcores are a unique resource that can be used to solve the outstanding problems in understanding the causes and consequences of the multiple processes associated with the progressive oxygenation of terrestrial environments. It is anticipated that the well-archived core will provide the geological foundation for future research aimed at testing and generating new ideas about the Palaeoproterozoic Earth. The three-volume treatise will be of interest to researchers involved directly in studying this hallmark period in Earth history, as well as professionals and students interested in Earth System evolution in general.

Volume 1, «The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Earth Project» [Melezhik et al., 2012b], describes the implementation of the FAR-DEEP drilling project in Arctic Russia. It summarises the knowledge of more than 50 years of largely Russian-led fieldwork, information hitherto virtually unavailable in the West, and provides geological description of drilling areas with an overwhelming illustration of rocks by high-quality, representative photographs. The volume offers a comprehensive review and photo-illustration of palaeotectonic, palaeogeographic and magmatic evolution of the Fennoscandian Shield in the early Palaeoproterozoic, and links the evolution of the Shield to the emergence of an aerobic Earth system. The volume unfolds the event-based Fennoscandian chronostratigraphy and discusses the chronology of the Palaeoproterozoic global events as the base for a new subdivision of Palaeoproterozoic time.

Volume 2, «The Core Archive of the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project» [Melezhik et al., 2012c], provides a description of the newly generated archive hosting ICDP's FAR-DEEP drill cores through key geological formations in Russian Fennoscandia. The book contains several hundred high-quality, representative photographs illustrating 3650 m of fresh, uncontaminated core documenting the series of global palaeoenvironmental upheavals linked to the Great Oxidation Event. The core exhibits sedimentary and volcanic formations that record a transition from anoxic to oxic Earth surface environments, the first global glaciation (the Huronian glaciation), an unprecedented perturbation of the global carbon cycle (the Lomagundi-Jatulian Event), a radical increase in the size of the seawater sulphate reservoir, an apparent upper mantle oxidising event, the Earth's earliest documented sedimentary phosphates, one of the greatest accumulations of organic matter (the Shunga Event) and generation of the Earth's earliest supergiant petroleum deposit. The volume highlights the potential of the FAR-DEEP core archive for future research of the Great Oxidation Event and the biogeochemical cycles operating during that time.

Volume 3, «Global Events and the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Earth Project» [Melezhik et al., 2012d], represents another kind of illustrated journey through the early Palaeoproterozoic, provided by syntheses, reviews and summaries of the current state of our understanding of a series of global events that resulted in a fundamental change of the Earth System from an anoxic to an oxic state. The book discusses traces of life, possible causes for the Huronian-age glaciations, addresses radical changes in carbon, sulphur and phosphorus cycles during the Palaeoproterozoic, and provides a comprehensive description and a rich photo-documentation of an early Palaeoproterozoic supergiant, petrified oil-field. Terrestrial environments are characterised through a critical review of available data on weathered and calichified surfaces and travertine deposits. Potential implementation of Ca, Mg, Sr, Fe, Mo, U and Re-Os isotope systems for deciphering Palaeoproterozoic seawater chemistry and a

change in the redox-state of water and sedimentary columns are discussed. The volume considers in detail the definition of the oxic atmosphere, possible causes for the oxygen rise, and the oxidation of terrestrial environment not as a single event, but a more stately process lasting over hundreds of millions of years. Finally, the book provides a roadmap as to how the FAR-DEEP cores may facilitate further interesting science and a new foundation for education in the Earth-science community.

References

Крупеник В. А., Ахмедов А. М., Свешникова К. Ю. Изотопный состав углерода, кислорода и серы в породах людиковийского и ятулийского надгоризонтов // Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. Л. В. Глушанин, Н. В. Шаров, В. В. Щипцов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. С. 250–255.

Brasier A. T., Fallick A. E., Prave A. R., Melezhik V. A., Lepland A. and FAR-DEEP Scientists. Coastal sabkha dolomites and calcitised sulphates preserving the Lomagundi-Jatuli carbon isotope signal // Precambrian Research. 2011a. 189. P. 193–211.

Brasier A. T., Lepland A., Melezhik V. A. et al. Oil in sediments and sediments in oil: the origin of silica in the enigmatic 2.0 Ga Palaeoproterozoic petrified oilfield of Karelia, Russia // 7th international Cambridge diagenesis conference, 15th–16th September 2011. 2011b.

Brasier A. T., Martin A. P., Fallick A. E. et al. Earth's earliest global glaciation: geochronology and geochemistry of the Polisarka Sedimentary Formation, Kola Peninsula, Russia // Precambrian Research. 2012 (in preparation).

Črne A. E., Melezhik V. A., Lepland A. et al. Negative C-isotope excursion in carbonates during 2.0 Ga Shunga Event // Goldschmidt Conference, Montréal, Canada, June 24–29, 2012. 2012a.

Črne A. E., Melezhik V. A., Lepland A. et al. Organic diagenesis recorded in geochemistry of carbonates associated with the Shunga Event // Chemical Geology. 2012b (in preparation).

Fallick A. E., Melezhik V. A., Simonson B. The ancient anoxic biosphere was not as we know it // N. Dobretsov, N. Kolchanov, A. Rozanov, G. Zavarzin (Eds.). Biosphere origin and Evolution. Springer Science+Business Media, 2008. P. 169–188.

Gärtner C., Bahlburg H., Martin A. et al. Time constraints for Archean-Paleoproterozoic events of the Fennoscandian Shield from detrital zircon geochronology // Precambrian Research. 2012a (in preparation).

Gärtner C., Bahlburg H., Berndt J., Gerdes A. Provenance analysis of Paleoproterozoic siliciclastic sediments from Fennoscandia – Indications for source regions and crustal evolution // Sedimentary Geology. 2012b (in preparation).

Gärtner C., Bahlburg H., Martin A. et al. Investigating Fennoscandian Paleoproterozoic stratigraphy – New insights from detrital zircon geochronology and provenance of the Kolosjoki Sedimentary Formation, the Pechenga Greenstone Belt, Russia // Precambrian Research. 2012c (in preparation).

Guo Q., Strauss H., Kaufman A. J. et al. Reconstructing Earth's surface oxidation across the Archean-Proterozoic transition // Geology. 2009. 37. P. 399–402.

Hannah J. L., Stein H. J., Zimmerman A. et al. Precise 2004 ± 9 Ma Re-Os age for Pechenga black shale: Comparison of sulfides and organic material // Geochim. Cosmochim. Acta. 2006. 70. Supplement, A-228.

Hannah J. L., Stein H. J., Zimmerman A. et al. Re-Os geochronology of a 2.05 Ga fossil oil field near Shunga, Karelia, NW Russia // Abstract, the 33rd International Geological Congress, Oslo, 2008, 6–14 August. 2008.

Huber M. S., Crne A. E., Lepland A., Melezhik V. A., Koeberl C., FAR DEEP Science Team. Possible Occurrence of Distal Impact Ejecta from the Vredefort Impact Event in Drill Cores from the Onega Basin, Russia // Lunar and Planetary Science Conference XLII, The Woodlands, Texas, USA, March 7–11. Abstract #1487. 2011.

Huber M. S., Crne A. E., Lepland A., McDonald I., Melezhik V. A., Koeberl C., FAR DEEP Science Team. Chemical analysis of impact spherules from the Zaonega Formation, Karelia, Russia, and implications for Vredefort origin // Lunar and Planetary Science Conference XLIII, The Woodlands, Texas, USA, March 19–23, 2012. Abstract #1970. 2012a.

Huber M. S., Crne A. E., Lepland A. et al. Probable Vredefort ejecta from Karelia, Russia: A key to understanding Precambrian impact spherules // Nature Geoscience. 2012b (in preparation).

Huber M. S., Crne A. E., Lepland A. et al. Petrography and geochemistry of Vredefort-age impact spherules from Karelia, Russia // Precambrian Research. 2012c (in preparation).

Illing C. J., Strauss H., Summons R. E. et al. Insights into the carbon cycle at the Archean Proterozoic Transition from Fennoscandia // Precambrian Research. 2012 (in preparation).

Koistinen T., Stephens M. B., Bogatchev V. et al. (comps.). Geological Map of the Fennoscandian Shield, Scale 1 : 2 000 000. Espoo, Trondheim, Uppsala, Moscow, 2001.

Kump L. R., Barley M. E. Increased subaerial volcanism and the rise of atmospheric oxygen 2.5 billion years ago // Nature. 2007. 448. P. 1033–1036.

Kump L. R., Junium Ch., Arthur M. A. et al. Isotopic evidence for massive oxidation of organic matter following the Great Oxidation Event // Science. 334. P. 1694–1696.

Lippolt H. J., Wernicke R. S., Bähr R. Paragenetic specularite and adularia (Elba, Italy): Concordant (U+Th)-He and K-Ar ages // Earth and Planet. Sci. Letters. 1995. 132. P. 43–51.

Lippolt H. J., Brander T., Mankopf N. R. An attempt to determine formation ages of goethites and limonites by (U+Th)-^{4}He dating // Neues Jahrb Mineral Monatsh. 1998. 11. P. 505–528.

Martin A. P., Condon D. J., Prave A. R. et al. Dating the termination of the Palaeoproterozoic Lomagundi-Jatuli carbon isotopic Event in the North

Transfennoscandian Greenstone Belt // Precambrian Research. 2012a (submitted).

Martin A. P., Brasier A. T., Fallick A. E. et al. Oxygen isotope ratios in amygdaloidal silica from the 2058 Ma Kuetsjärvi Volcanic Formation, Russia // Chemical Geology. 2012b (submitted).

Meister D., Strauss H., Melezhik V. A. A record of sedimentary sulfur and carbon cycling during the Shunga Event – implications from sulfur isotopes of the 2.0 Ga Zaonega Formation, NW Russia // Precambrian Research. 2012 (in preparation).

Melezhik V. A., Fallick A. E., Hanski E. J. et al. Emergence of the aerobic biosphere during the Archean-Proterozoic transition: Challenges of future research // GSA Today. 2005. 15. P. 4–11.

Melezhik V. A., Prave A. R., Lepland A. Depositional framework and C-isotopic composition of the Palaeoproterozoic (pre-Huronian-age) Seidorechka Sedimentary Formation in the Imandra-Varzuga Greenstone Belt, NE Fennoscandia, Russia // Precambrian Research. 2012a (in preparation).

Melezhik V., Prave A., Hanski E. et al. (eds.). Reading the Archive of Earth's Oxygenation. Vol. 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Earth Project. Springer, Heidelberg, 2012b (accepted).

Melezhik V., Prave A., Fallick A. et al. (eds.). Reading the Archive of Earth's Oxygenation. Vol. 2: The Core Archive of the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Springer, Heidelberg, 2012c (accepted).

Melezhik V., Kump L., Fallick A. et al. (eds.). Reading the Archive of Earth's Oxygenation. Vol. 3: Global Events and the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Earth Project. Springer, Heidelberg, 2012d (accepted).

Qu Yu., Črne A. E., Lepland A., van Zuilen M. Methanotrophy in a Paleoproterozoic oil field ecosystem, Zaonega Formation, Karelia, Russia // Geobiology. 2012a (submitted).

Qu Yu., van Zuilen M., Lepland A. et al. Structural variation of metamorphosed carbonaceous matter in the 2.0 Ga Zaonega Formation, Karelia, Russia // Earth and Planet. Sci. Letters. 2012b (in preparation).

Reuschel M., Melezhik V. A., Lepland A. et al. Isotopic evidence for a sizeable seawater sulfate reservoir at 2.1 Ga // Precambrian Research. 2012a. 192. P. 78–88.

Reuschel M., Melezhik V. A., Strauss H. Sulfur isotopic trends and iron speciation from the c. 2.0 Ga Pilgujärvi Sedimentary Formation, NW Russia // Precambrian Research. 2012b. P. 196–197, 193–203.

Reuschel M., Martin A. P., Lepland A. et al. The decline of mass-independent sulfur isotopic fractionation recorded on the Fennoscandian Shield // Nature. 2012c (in preparation).

Rybacki K., Hanski E. J., Melezhik V. A., Kump L. R. Evidence for extensive oxidation weathering of subaerial lava flows following the «Great Oxidation Event» // Earth and Planet. Sci. Letters. 2012 (in preparation).

Salminen P. E., Karhu J. A., Melezhik V. A. Tracking lateral $\delta^{13}C_{carb}$ variation in the Paleoproterozoic Kuetsjärvi basin, the Pechenga Greenstone Belt, the north-eastern Fennoscandian Shield // Precambrian Research. 2012a (submitted).

Salminen P. E., Karhu J. A., Melezhik V. A. Kolosjoki Sedimentary Formation: a record of the aftermath of the Paleoproterozoic global positive $\delta^{13}C$ excursion of sedimentary carbonates // Precambrian Research. 2012b (in preparation).

Salminen P. E., Brasier A. T., Karhu J. A., Melezhik V. A. Various carbonate precipitates in the Paleoproterozoic Kuetsjärvi Sedimentary Formation // Chemical Geology. 2012c (in preparation).

Schröder S., Bekker A., Beukes N. J. et al. Rise in seawater sulphate concentration associated with the Paleoproterozoic positive carbon isotope excursion: evidence from sulphate evaporites in the ~2.2–2.1 Gyr shallow-marine Lucknow Formation, South Africa // Terra Nova. 2008. 20. P. 108–117.

Shuster D. L., Vasconcelos P. M., Heim J. A., Farley K. A. Weathering geochronology by (U-Th)/He dating of goethite // Geochim. Cosmochim. Acta. 2005. 69. P. 659–673.

van Zuilen M., Fliegel D., Wirth R. et al. Mineral-templated growth of natural graphite films // Geochim. Cosmochim. Acta. 2012. 83. P. 252–262.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мележик Виктор
Геологическая служба Норвегии
п./я. 6315, Слуппен, Тронхейм, Норвегия, N-7491
эл. почта: victor.melezhik@ngu.no
http://www.ngu.no
http://far-deep.icdp-online.org
тел.: +47 – 73 90 40 00 (прямой 241)
факс: +47 – 73 92 16 20

Melezhik, Victor A.
Geological Survey of Norway, Postboks 6315 Sluppen,
N-7491 Trondheim, Norway
e-mail: victor.melezhik@ngu.no
http://www.ngu.no
http://far-deep.icdp-online.org
tel.: +47– 73 90 40 00 (direct 241)
fax: +47 – 73 92 16 20

Прэйв Энтони
Факультет науки о Земле, Университет Сент-Эндрюс,
С. Эндрюс, KY16, 9AL, Шотландия, Великобритания
эл. почта: ap13@st-andrews.ac.uk
тел.: +44 133 4462481

Prave, Anthony R.
Reader in Earth Sciences
Department of Earth Science, University of St. Andrews, St
Andrews, KY16, 9AL, Scotland, UK
e-mail: ap13@st-andrews.ac.uk
office telephone: +44 133 4462481

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 110–121

УДК 549.613.3+553.615 (470.21)

ЗОНАЛЬНОСТЬ СТАВРОЛИТА ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦЕВ БОЛЬШИХ КЕЙВ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

Ю. Н. Нерадовский, Ю. Л. Войтеховский

Геологический институт Кольского научного центра РАН

В статье приводятся результаты микроскопического изучения морфологии и зональности ставролита из кристаллических сланцев Больших Кейв, Кольский полуостров. Выделены три стадии роста кристаллов, сопоставленные с главными метаморфическими событиями.

Ключевые слова: ставролит, зональность, стадии роста, метаморфические события.

Yu. N. Neradovskiy, Yu. L. Voytekhovskiy. ZONALITY OF STAUROLITES FROM THE CRYSTALLINE SCHISTS OF THE BIG KEIVY, KOLA PENINSULA

The results of microscopic investigations of the morphology and zonality of staurolites from the crystalline schists of the Big Keivy region, Kola Peninsula are presented. Three stages of crystal growth have been distinguished, and referenced to major metamorphic events.

Key words: staurolite, zonality, growth stages, metamorphic events.

Введение

Ставролит – распространенный породообразующий минерал [Juurinen, 1956; Минералы, 1972; Федькин, 1975; Gibson, 1978; Wenk, 1980]. Обладая высокой кристаллизационной силой, он часто образует идеальные кристаллы, позволяющие решать генетические вопросы [Свяжин, 1956; Соколов, 1956]. В то же время как высокоглиноземистый минерал он представляет собой перспективное сырье для металлургической промышленности [Кривонос и др., 1987; Попова и др., 1992; Панов, Панов, 2007; Валиев и др., 2008].

Кейвские кристаллические сланцы – метаморфические породы, возникшие в результате преобразования осадочного материала пелитового состава [Белолипецкий и др., 1979] в условиях кианитовой субфации амфиболитовой фации регионального метаморфизма. Ставролит – один из главных минералов в них, особенно в пачке Г кейвской серии, сложенной порфиробластическими плагиоклаз-ставролитовыми сланцами с прослоями кианит-ставролитовых сланцев и амфиболитов [Бельков, 1963]. Ставролитовые сланцы имеют светлую окраску, основную ткань мусковито-кварцевого состава (далее субстрат) с порфиробластами ставролита и плагиоклаза (рис. 1).

Минеральный состав плагиоклаз-ставролитового сланца (средний, %): кварц 41, мусковит 9, плагиоклаз 28, ставролит 18, кианит 3, рутил 2, ильменит 2. Примеси: биотит, хлорит, пирротин, пирит, халькопирит, пентландит, молибденит, графит, ортит, циркон, апатит, эпидот.

Химический состав плагиоклаз-ставролитового сланца (мас. %): SiO_2 62,92; TiO_2 1,94; Al_2O_3 23,36; Fe_2O_3 1,84; FeO 1,84; MgO 0,56; CaO 0,78; Na_2O 2,13; K_2O 1,8; H_2O^+ 2,21; (MnO, S, CO_2, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, P_2O_5) < 0.n.

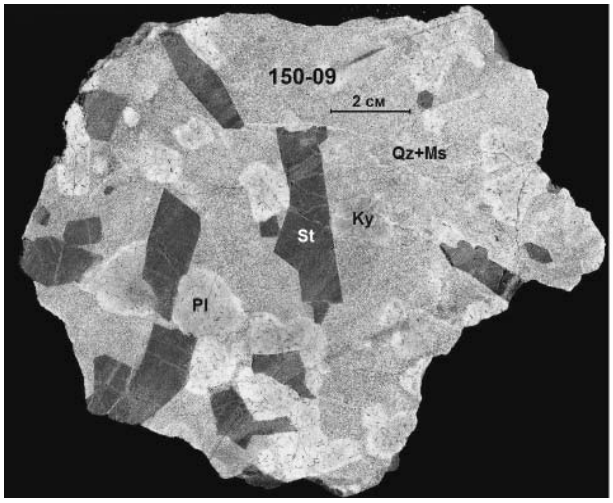


Рис. 1. Порфировидная текстура плагиоклаз-ставролитового сланца: ставролит (St) и плагиоклаз (Pl) в мусковит-кварцевом субстрате (Qz+Ms). Штуф

Химический состав ставролита из плагиоклаз-ставролитового сланца (РСМА, мас. %): SiO_2 27,69–28,71; Al_2O_3 52,73–53,65; FeO* 12,76–13,31; MgO 2,04–2,26; ZnO 0,07–0,13; MnO 0,09–0,13; сумма 96,58–97,25.

Морфология и внутреннее строение ставролита

Ставролит присутствует в сланцах исключительно в виде кристаллов. На них развиты следующие простые формы: призмы m {110} и r {201}, пинакоиды с {001} и b {010}. Встречаются двойники по $\{\bar{2}\,31\}$ и {031} и тройники по $\{\bar{2}\,31\}$. Развитие простых форм на разных кристаллах различное (рис. 2). Ставролит в основном хаотически рассеян в сланце, кристаллы «плавают» в мусковит-кварцевом субстрате (рис. 1). Вместе с тем часть кристаллов связана с трещинами (рис. 3). Эти кристаллы растут в виде друз и по внутреннему строению отличаются от первых.

Особенность ставролита – зональность, проявленная исключительно четко в большинстве кристаллов. Главные элементы зональности – ядро и две зоны 1-го рода. В них развита тонкая зональность 2-го рода.

Ядро состоит из криптокристаллической смеси ставролита и кварца с примесью рутила, ильменита и графита, в которой равномерно рассеяны микрокристаллы ставролита (рис. 4). Микрокристаллы представляют собой двойные пакеты ромбических или псевдогексагональных пластинок ставролита, иногда с прослойками кварца (рис. 5). Размеры пластинок постоянны во всех ядрах и составляют в среднем 0,25 мм. По присутствию микрокристаллов в криптокристаллической массе определяются границы ядер. Их размеры в изученных нами кристаллах варьировали от 4 до 40 мм.

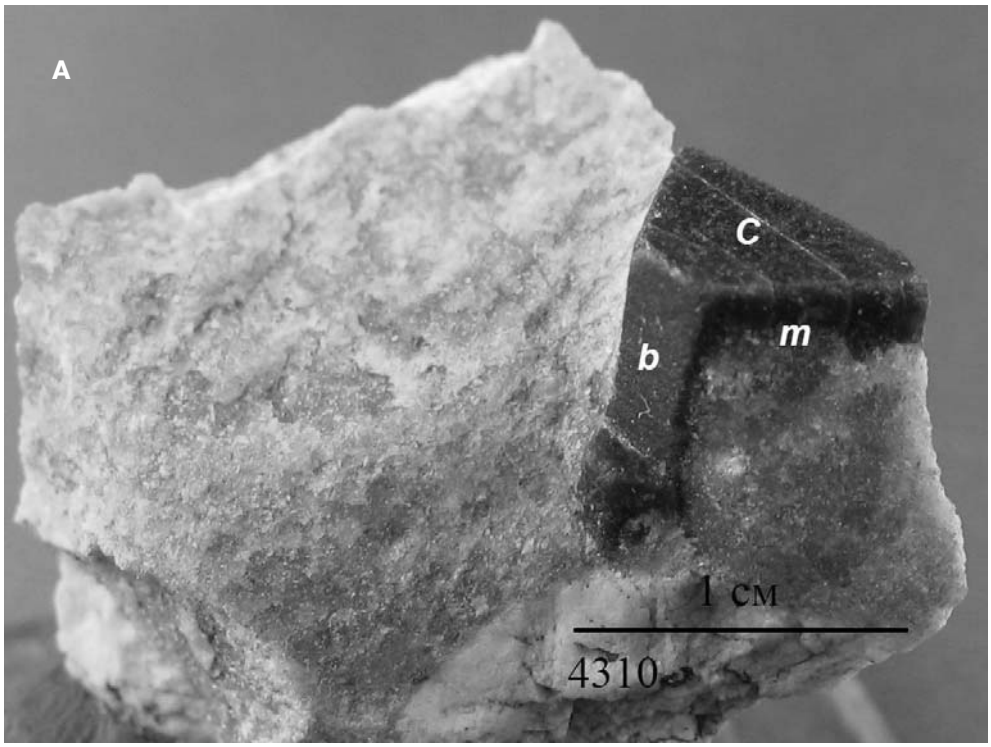
Обычно ядро занимает центральную часть кристалла. В продольном срезе коротко-призматических кристаллов оно чаще всего подобно катушке, с утоньшением в средней части (рис. 6). В поперечном сечении ядро имеет форму гексагона (рис. 7). В длинно-призматических кристаллах ядра вытянуты вдоль них (рис. 8) или разделены на две части в виде песочных часов в разных головках кристаллов (рис. 9, 10). В наиболее удлиненных кристаллах ядро всегда разделено на две части, находящиеся в разных головках (рис. 11).

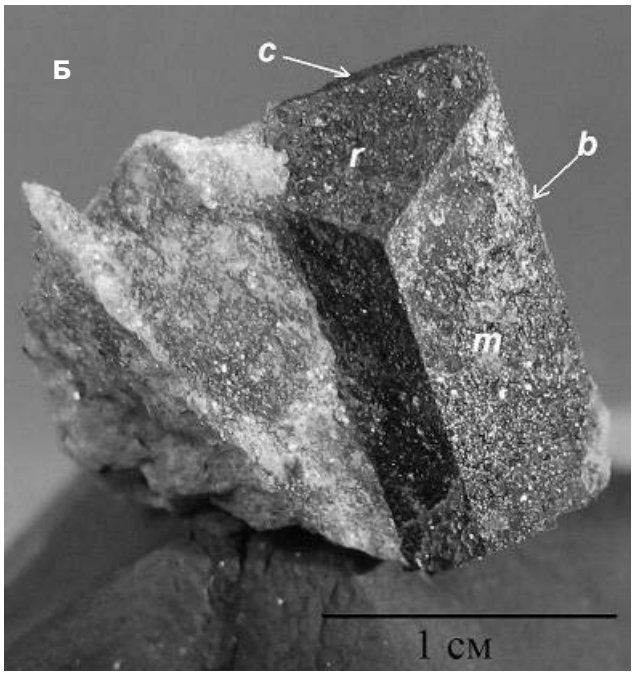
Вторая зона развита лишь на некоторых участках ядра, не полностью окружает его и в поперечных сечениях кристалла может отсутствовать. Наиболее характерно развитие второй зоны на «талии» ядра в средней части кристалла. Это наблюдается у многих коротко-столбчатых кристаллов (рис. 8). Здесь вторая зона симметрично обрастает ядро (рис. 12). В кристаллах с разделенным ядром вторая зона заполняет пространство между его фрагментами. Ее мощность в местах максимального развития в изученных кристаллах варьировала от 0,5 до 7 мм.

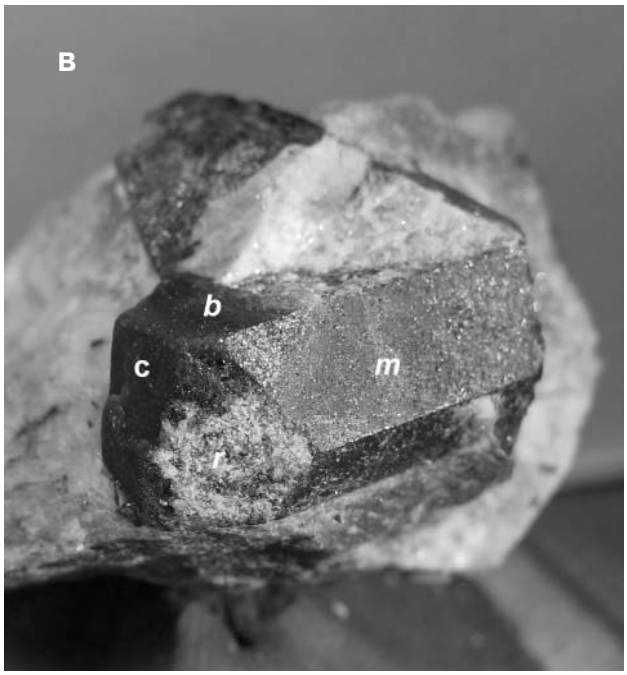
В некоторых длиннопризматических кристаллах наблюдается размытость границы ядра и второй зоны и увеличение расстояния между микрокристаллами вдоль удлинения кристалла (рис. 13). Вероятно, это говорит о растяжении ядра без нарушения сплошности кристалла. В ходе деформации растяжению должны были подвергаться и ранние зоны второго порядка. Исследования многих кристаллов показали, что удлинение ядра всегда происходило по оси *c*, залечивание деформаций – гранями призмы *m* и пинакоида *b*.

Третья зона нарастает на ядро и вторую зону по всему периметру кристалла. Ее рост начинался с образования зоны второго порядка без включений кварца. Она хорошо видна во всех кристаллах, независимо от их сложности (рис. 14).

На некоторых кристаллах третья зона также и заканчивается зоной второго порядка, не содержащей включений кварца (рис. 15). Обе светлые зоны – реперные для определения границы ядра, второй зоны и границ кристалла. Общая мощность третьей зоны варьировала в изученных кристаллах от 0,36 до 7,0 мм.


А
c
m
b
1 см
4310


Б
c
r
b
m
1 см


В
b
c
m
r

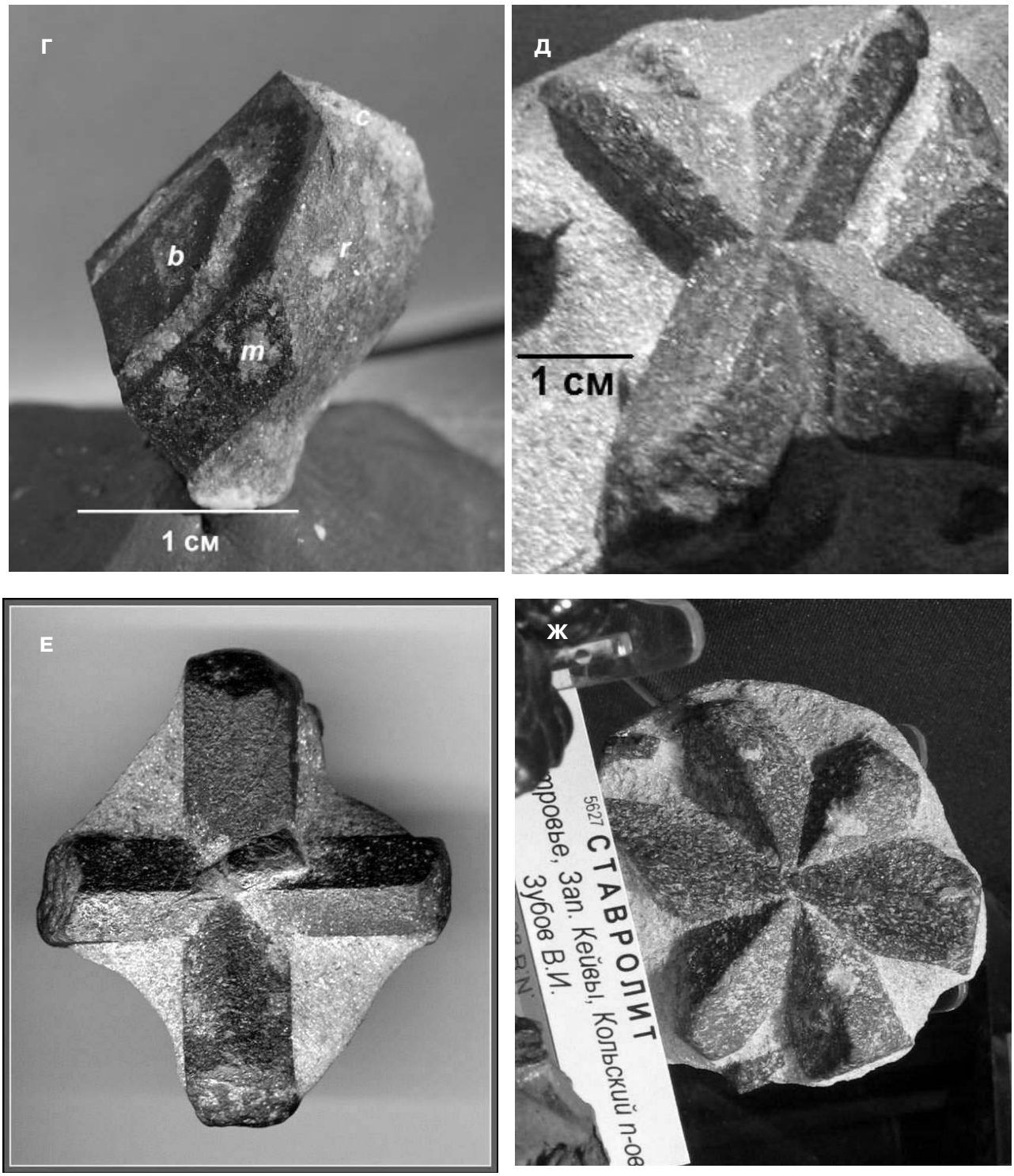


Рис. 2. Формы кристаллов ставролита из ставролитовых сланцев:

А – простые формы (*c, m, b*) – призматическая с активным развитием грани *c* {001}; Б – (*m, b, r, c*) – призматическая с активным развитием грани *m* {110}; В – (*b, m, c*) – пинакоидальная с активным развитием грани *b* {010}; Г – (*b, r, m, c*) – пинакоидальная с активным развитием граней *b* {010}, *r* {201} и спиральным выступом на грани *b*; Д – косой двойник по $\{\bar{2}31\}$; Е – крестообразный двойник по {031}; Ж – тройник по $\{\bar{2}31\}$. Фото: 1–4 – авторские, 5–7 – http://geo.web.ru/druza/l-Keivy.htm

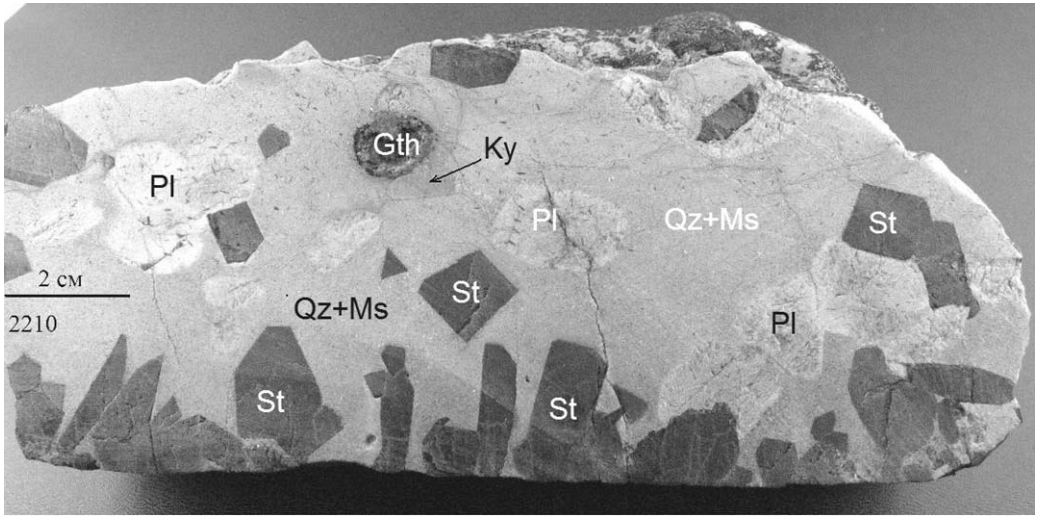


Рис. 3. Кристаллы ставролита (St) в субстрате и нарастающие на плоскость трещины:
Qz+Ms – субстрат, Pl – плагиоклаз, Ky – кианит, Gth – гётит. Штуф

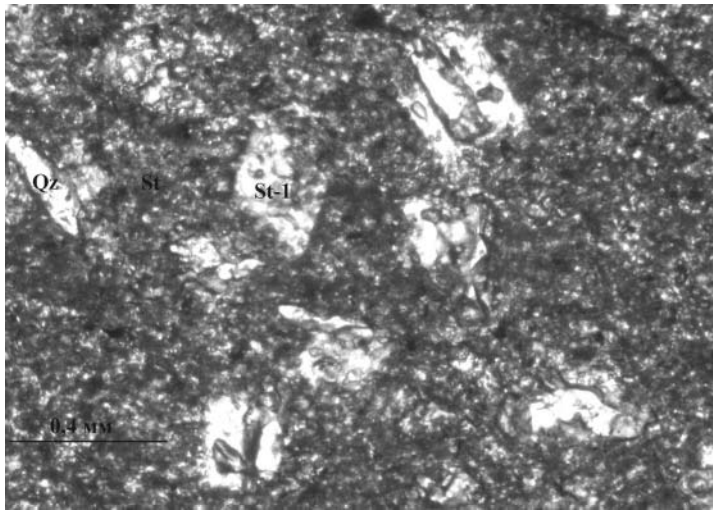
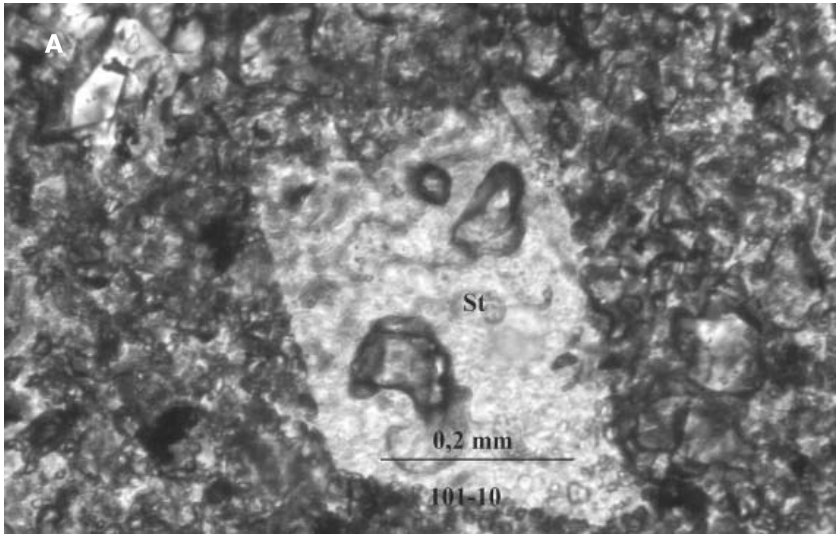


Рис. 4. Микрокристаллы ставролита (St-1) в криптокристаллической массе ядра, Qz – кварц, St – ставролит, слагающий криптокристаллическую массу. Шлиф



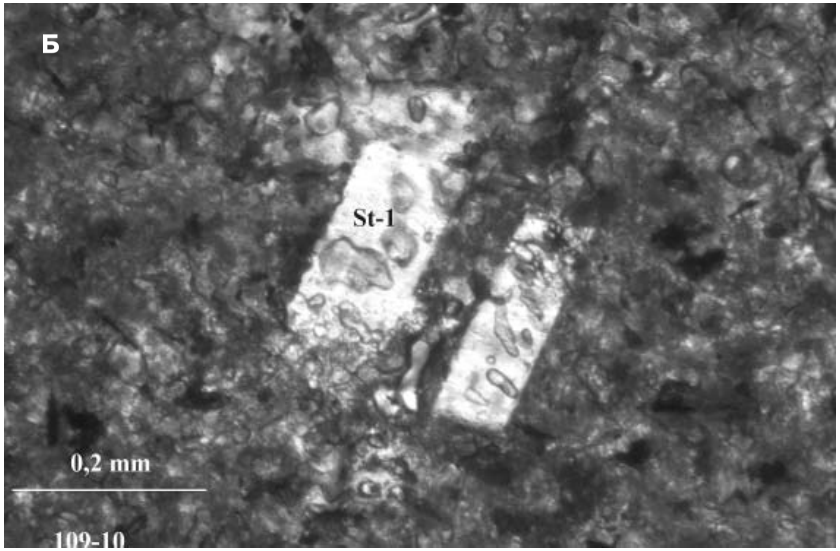
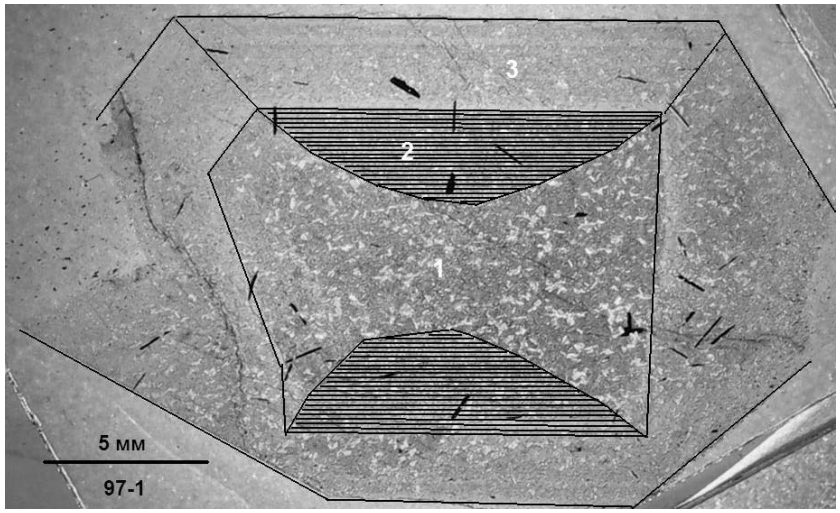


Рис. 5. Микрокристалл ставролита (St-1):
А – параллельно плоскости пакета; Б – поперек пакета. Шлифы



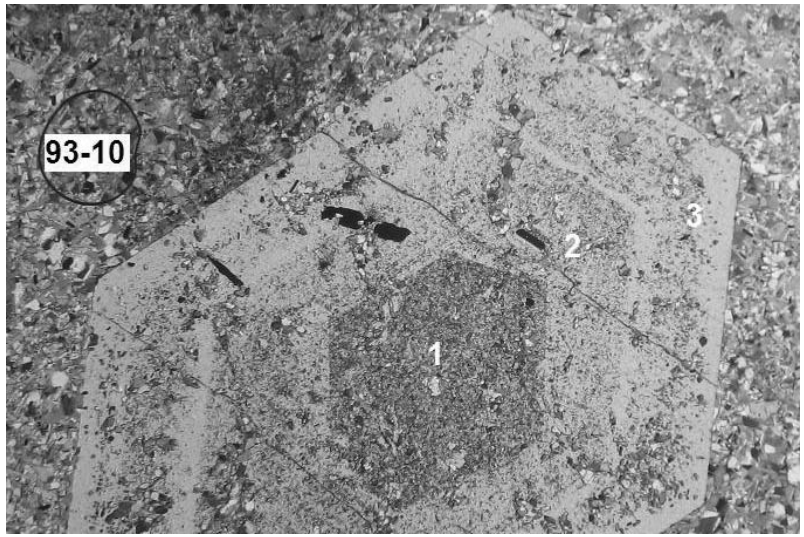
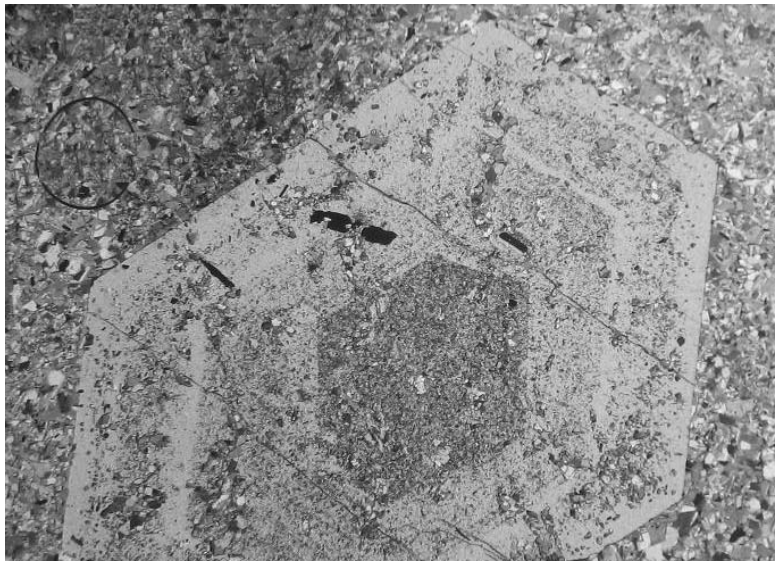


Рис. 6. Продольное сечение короткопризматического кристалла:

1 – ядро с утоньшением в средней части, 2 – вторая зона (здесь и далее ретуширована), 3 – третья зона. Шлиф



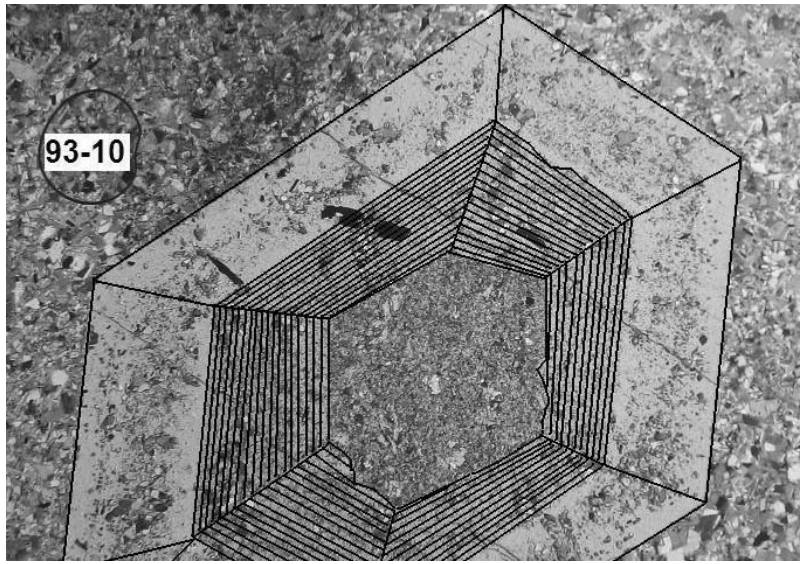


Рис. 7. Поперечное сечение кристалла: 1 – ядро окружено зонами 2 и 3. Шлиф

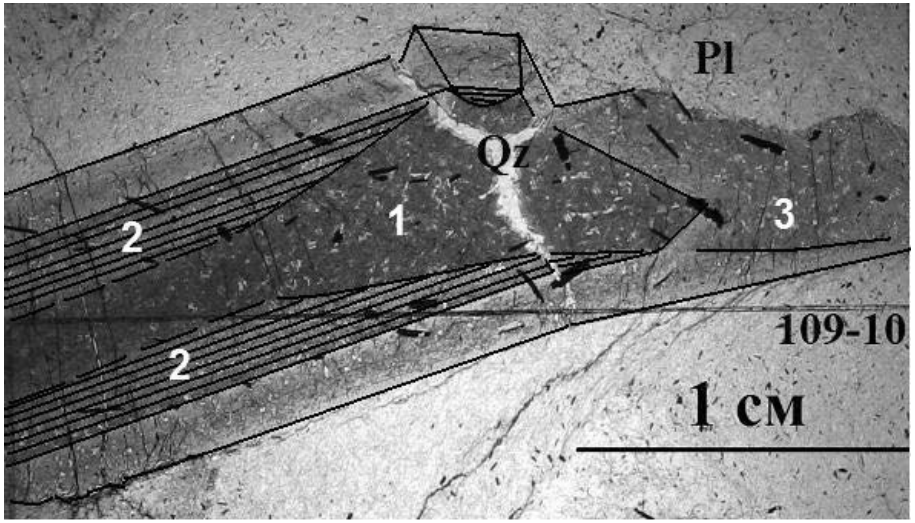


Рис. 8. Кристалл с удлиненным ядром (1) в средней части; 2, 3 – вторая и третья зоны. Шлиф

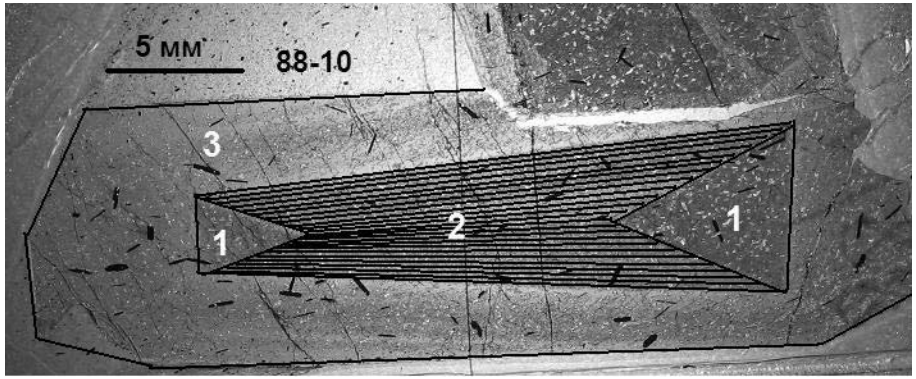


Рис. 10. Кристалл с ядром, разделенным на две части (1), значительно удаленные друг от друга; 2 – вторая зона; 3 – третья зона. Шлиф

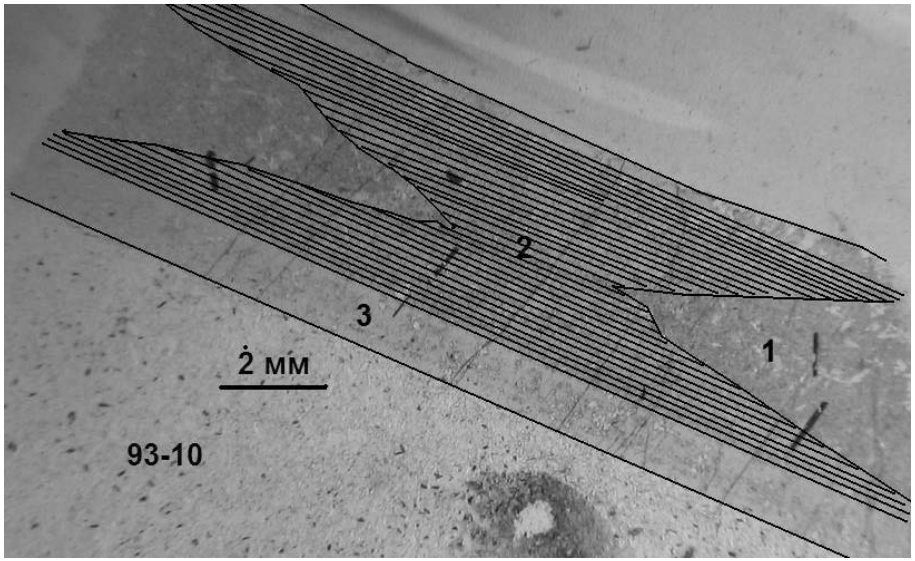


Рис. 9. Кристалл с ядром (1), разделенным на две части в виде песочных часов. Шлиф

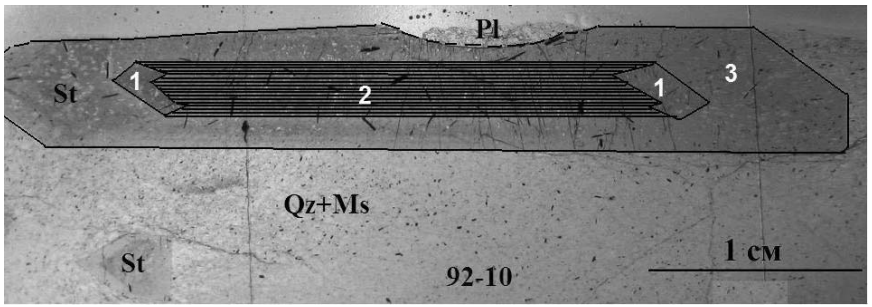


Рис. 11. Фрагменты ядра в разных головках длиннопризматического кристалла. Продольное сечение. Черные включения – ильменит. Шлиф

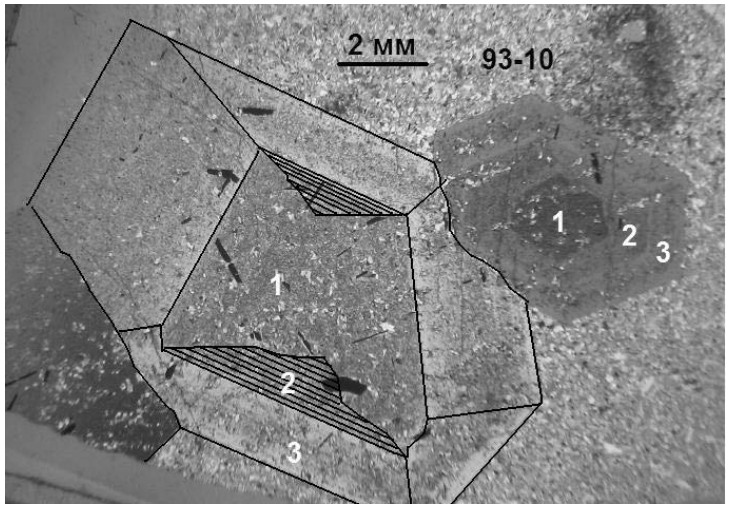


Рис. 12. Сросток кристаллов ставролита: зональность в продольном и поперечном сечении. Черные включения – ильменит; 1 – ядро; 2 – вторая зона; 3 – третья зона. Шлиф

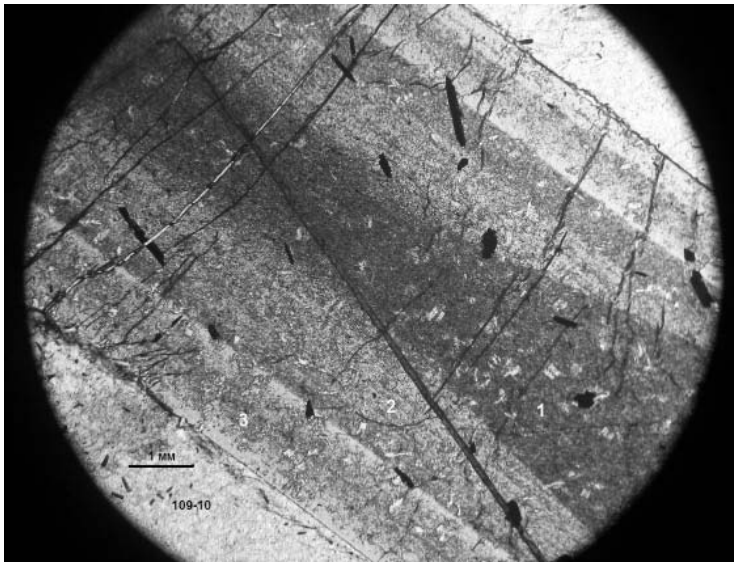


Рис. 13. «Размытая» граница ядра и рассеивание микрокристаллов на участке интенсивной деформации. Шлиф

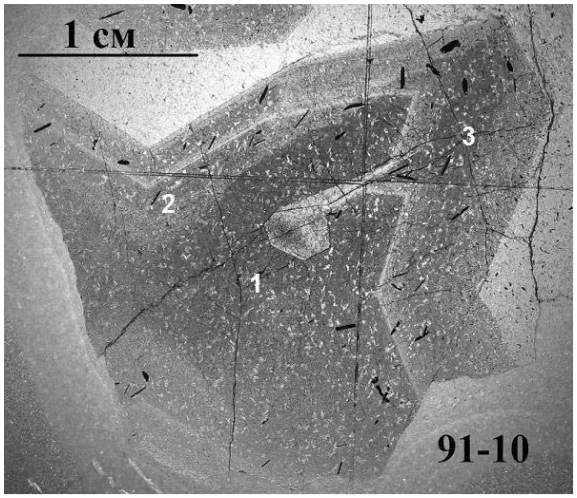


Рис. 14. Граница третьей зоны, хорошо различимая по светлой окраске, по периметру двойника ставролита. Шлиф

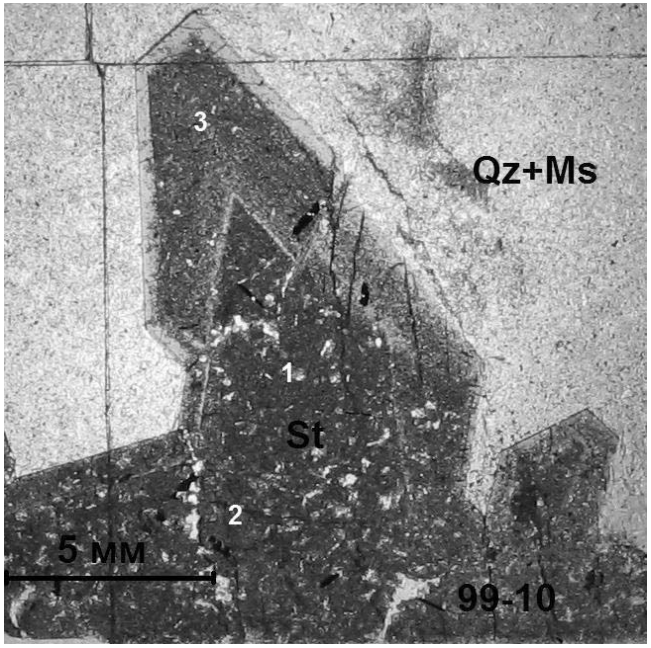


Рис. 15. Структура третьей зоны на кристалле ставролита (St) в друзовом агрегате. Хорошо выражена чистая зона второго порядка в конце кристаллизации третьей зоны. Шлиф

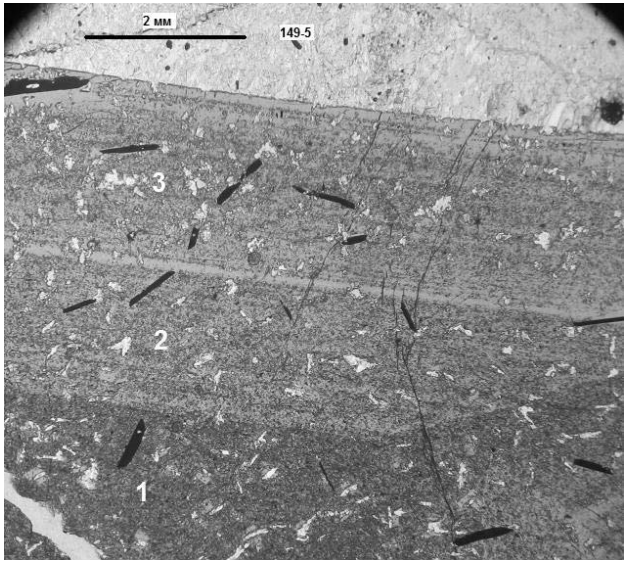


Рис. 16. Зональность второго порядка во 2-й и 3-й зонах кристалла. Шлиф

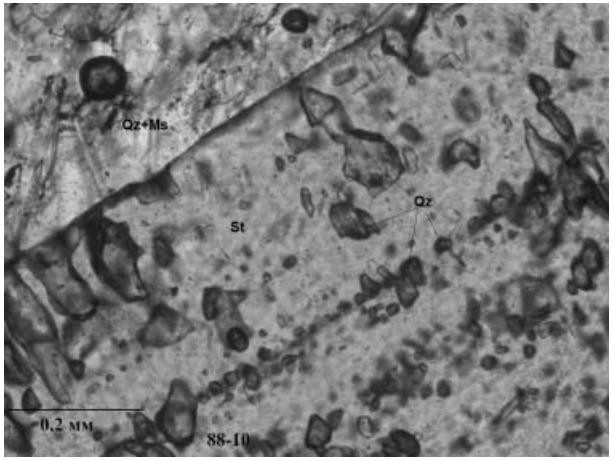
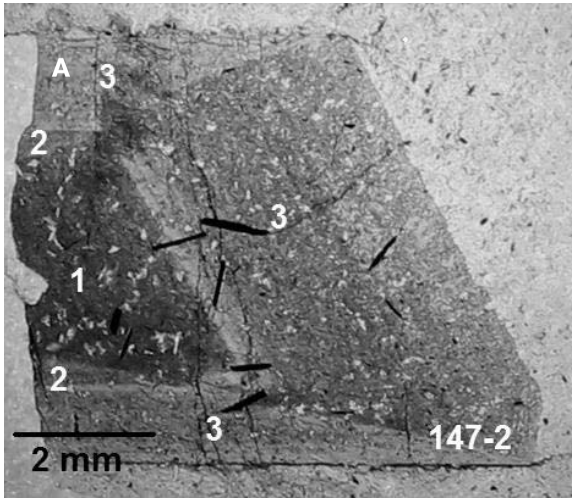


Рис. 17. Зональности второго порядка: цепочки включений кварца чередуются с чистыми участками ставролита. Шлиф. Николи +



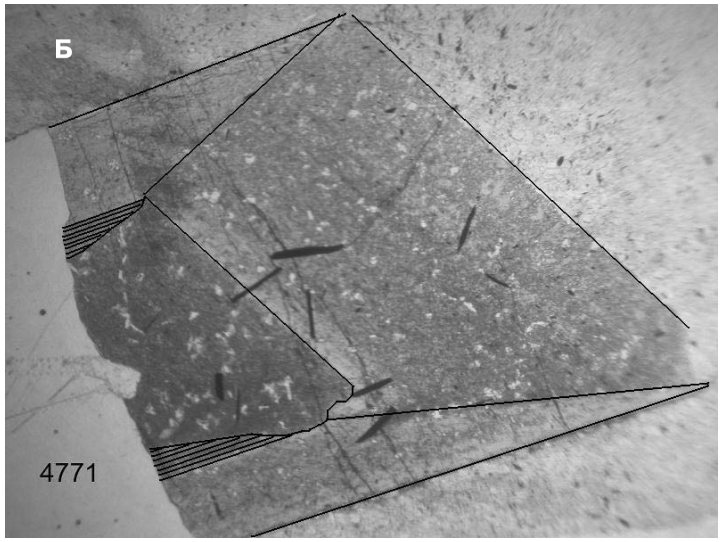


Рис. 18. Секториальность в кристалле ставролита: наиболее широкая зона характеризуется наибольшим количеством включений. Черное – ильменит. Шлиф:

А – исходное изображение, Б – интерпретация

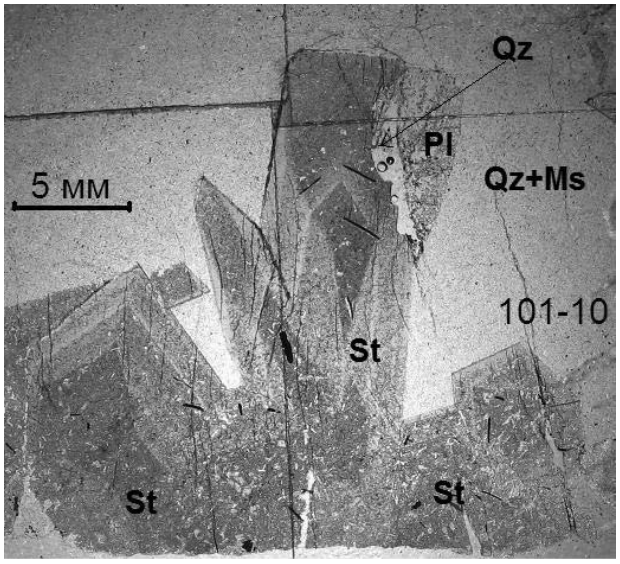


Рис. 19. Друза кристаллов ставролита (St), наросших на трещину. Четкая зональность во всех кристаллах указывает на их рост от трещины в субстрат (Qz+Ms). Pl – плагиоклаз, контакт со ставролитом реакционный, по контакту развит кварц (Qz). Шлиф. Черные включения – ильменит, полосы – трещины в шлифе

Внутреннее строение второй и третьей зон характеризуется тонкой зональностью второго порядка (рис. 16). Исследования показали, что она обусловлена включениями кварца (рис. 17), чередующимися с чистыми участками ставролита. Химический состав ставролита при этом постоянен. Расстояние между ритмами в обеих зонах первого порядка одинаково и составляет около 0,028–0,030 мм. Максимальное число ритмов также близко и составляет в обеих зонах около 300. Тонкая зональность во второй зоне всегда параллельна какой-либо грани призматического пояса кристалла *m* или *b* и никогда не параллельна граням *c* и *r*. Тонкая зональность в третьей зоне параллельна всем внешним граням кристалла. Особенность третьей зоны – секториальность. Она проявлена в увеличенной мощности пирамиды нарастания той или иной грани кристалла (рис. 18).

Чаще всего увеличенную мощность имеют пирамиды нарастания пинакоида *c* и призмы *r*, но также пинакоида *b* и призмы *m.* Мощность зоны связана с условиями питания граней гидротермальными растворами. Увеличенная мощность указывает на более благоприятные условия роста в этом направлении. Для кристаллов, «плавающих» в субстрате, таковым является направление, совпадающее с деформацией растяжения ядра и осью *c*. Рост этих кристаллов происходил с равной скоростью в обе стороны кристалла, что установлено по мощностям зон двухголовых кристаллов. Секторы кристаллов с мощной зоной обычно содержат большее количество включений кварца (рис. 18), и можно полагать, что большая скорость роста граней приводила к увеличению числа включений.

В отличие от «плавающих» кристаллов, нарастающие на стенки трещин кристаллы росли в одну сторону, поэтому большие мощности зон наблюдаются с одной стороны (рис. 19). В друзовых агрегатах таких кристаллов наблюдаются типичные признаки геометрического отбора. Преимущественное развитие получили кристаллы с осью *c*, перпендикулярной плоскости трещины.

Обсуждение результатов

Внутреннее строение кристаллов ставролита позволяет выделить три стадии его образования. Первая характеризуется появлением ядер – зародышей будущих кристаллов в виде гомогенной криптокристаллической смеси ставролита и кварца с примесью рутила и графита, вероятно, в результате метаморфической реакции [Раст, 1977]. Ее кристаллизацию можно рассматривать как «последовательную неполную координацию частиц (кластеров)» [Строителев, 1980]. Форма ядер предположительно была пластинчатой и пирамидальной. В основании пирамиды находилась грань пинакоида *c*, среди граней пирамиды, безусловно, была грань *r*. Именно они часто реализованы на короткостолбчатых кристаллах при росте третьей зоны непосредственно на ядре. Затем произошла перекристаллизация ядер с образованием микрокристаллов чистого ставролита. Так как все микрокристаллы во всех ядрах имеют одинаковую структуру и размеры – вероятно, перекристаллизация была одноактной и завершила первый этап формирования ядер. Первая стадия кристаллизации ставролита в целом включает диагенез и катагенез осадочных пород [Белолипецкий и др., 1979] и соответствует «синтектоническому метаморфизму ставролит-дистен-двуслюдяной субфации» с параметрами T = 450–560 °C, P = 4,0–5,5 кбар [Петров, Глазунков, 1986].

Вторая стадия включает деформацию растяжения ядра и образование второй зоны. Характер роста кристалла в этот период зависел от ориентировки ядра в пространстве. Наибольшее удлинение имеют кристаллы, лежащие в плоскости сланцеватости. По оси *c* максимальное удлинение кристаллов наблюдается вдоль призмы *m* {110} и пинакоида *b* {010}. Движущими силами роста кристаллов на этой стадии были де-

формации вмещающей породы, подверженной «течению» [Флинн, 1977], и деформации минерала как «участника, воспринимающего внешние напряжения» [Юшкин, 1971]. «Течение» кианитовых сланцев на этапе регионального метаморфизма признается многими исследователями [Бельков, 1963; Петров, Глазунков, 1987]. Вероятно, в ходе пластичного течения сланцев произошло и растяжение ставролитовых ядер. При этом ядро удлинялось без разрыва сплошности или делилось на две части, удаленные по длинной оси кристалла. Вначале в средней части ядра образовывалась «талия». Впадина зарастала второй зоной ставролита, а именно гранями *m* и *b*. Растяжение ядра без разрыва сплошности возможно по принципу миграции дислокаций решетки и трансляционного скольжения [Флинн, 1977]. Механизмы «залечивания» деформированных кристаллов обсуждались в ряде работ [Григорьев, 1961; Юшкин, 1971]. Возможно, вторая стадия кристаллизации ставролита соответствует «биметасоматозу и тектоно-метаморфической дифференциации» с параметрами T = 500–600 °C, P = 4–5 кбар, приведшим к «ставролитовому порфиробластезу» [Петров, Глазунков, 1986].

Третья стадия характеризуется спокойными условиями и ростом кристаллов ставролита во всех направлениях. Кристаллы обрастали гранями третьей зоны, приобретая современную форму. Рост происходил, вероятно, из питающих пленочных растворов [Жабин, 1966]. Это представление удовлетворительно объясняет наблюдающиеся особенности онтогении кристаллов ставролита. Тонкая ритмичность в зонах первого порядка представляет, по сути, чередование чистых и загрязненных зон. Экспериментальные исследования объясняют это образованием «примесного барьера, определяющего пульсирующий характер роста и чередование чистых и загрязненных зон» [Воробьев, 1992]. Рост кристаллов, «плавающих» в субстрате, происходил подобно свободной кристаллизации в растворе. Но поступление растворов к кристаллам было неравномерным, преимущественное направление совпадало с удлинением. В этом направлении кристаллы росли с повышенной скоростью в обе стороны. Рост кристаллов от стенок трещин происходил только в сторону субстрата. В этом направлении кристаллы росли с наибольшей скоростью. Можно предполагать, что поступление растворов происходило не из трещины, а из субстрата.

Выводы

Кристаллы ставролита в плагиоклаз-ставролитовых сланцах пачки Г являются сложными метаморфогенно-метасоматическими образованиями, отражающими три стадии развития кристаллических сланцев.

Первая стадия кристаллизации ставролита – зарождение ядер и образование в них микрокристаллов ставролита – вероятно, включает диагенез и катагенез осадочных пород [Белолипецкий и др., 1979] и соответствует «синтектоническому метаморфизму» при T = 450–560 °C и P = 4,0–5,5 кбар [Петров, Глазунков, 1986]. Механизмы и условия образования ядер отвечали метаморфической реакции в условиях ставролит-дистен-двуслюдяной субфации.

Вторая стадия кристаллизации ставролита – растяжения ядер и кристаллизация на них второй зоны – произошла на фоне пластичного течения сланцев в условиях «биметасоматоза и тектоно-метаморфической дифференциации» при T = 500–600 °C и P = 4–5 кбар, обусловивших ставролитовый порфиробластез [Петров, Глазунков, 1986]. Механизмы роста кристаллов ставролита сочетали деформации и незначительный рост, что говорит о слабом переносе вещества.

Третья стадия кристаллизации ставролита – рост третьей зоны – происходила в условиях интенсивного гидротермального метасоматоза. В это время резко вырос объем ставролита в сланцах. Кристаллизация протекала в спокойных тектонических условиях, без деформаций кристаллов, с пульсационным поступлением растворов.

Исследования выполнены в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 23 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов».

Литература

Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. Геологическое строение, кристаллические сланцы и кианитовые руды. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 321 с.

Белолипецкий А. П., Ильин Ю. И., Предовский А. А. Первичная природа и эволюция состава метапелитов кейвского сланцевого комплекса // Первичная природа и геохимия пород докембрия Кольского полуострова. Апатиты: КФ АН СССР, 1979. С. 3–16.

Валиев Ю. Я., Иброхим А., Мирзоев Б. М. Минералы Западного Памира – новый вид сырья для про-

изводства алюминия // Горный журнал. 2008. № 11. С. 28–31.

Воробьев Ю. К. Процесс роста кристаллов минералов // Современные проблемы минералогии и сопредельных наук. СПб.: СПГГИ, 1992. С. 8–10.

Григорьев Д. П. Онтогения минералов. Львов: Львовский гос. ун-т, 1961. 284 с.

Жабин А. Г. Метакристаллы и критерий относительного идиоморфизма минералов // Генезис минеральных индивидов и агрегатов. М.: Наука, 1966.

Кривонос В. П., Панов Б. С., Полуновский Р. М. и др. Новая сырьевая база ставролита на Украине // Разведка и охрана недр. 1987. № 12. С. 28–32.

Минералы. Справочник. М.: Наука, 1972. Т. III, вып. I. 882 с.

Панов Б. С., Панов Ю. Б. Современное состояние и некоторые перспективы развития минерально-сырьевого комплекса Донецкой области на период до 2020 г. // http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/ggeo/fenyushina/ind/panov2.htm.

Петров В. П., Глазунков А. Н. Этапность и термодинамический режим метаморфизма Кейвского блока // Строение и метаморфическая эволюция главных структурных зон Балтийского щита. Апатиты: КФ АН СССР, 1986. С. 50–59.

Попова Б. С., Полуновский Р. М., Кривонос В. П. Ставролит – новый прогрессивный вид горно-металлургического сырья // Современные проблемы минералогии и сопредельных наук. СПб.: СПГГИ, 1992. С. 36–38.

Раст Н. Образование центров кристаллизации и рост метаморфических минералов // Природа метаморфизма. Т. 2. М.: Мир, 1977. С. 77–108.

Свяжин Н. В. Ставролит из россыпей прииска Светлого на Ю. Урале // Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 26. М.: Госгеолтехиздат, 1956. С. 115–119.

Соколов Ю. А. Ставролит с юго-восточного берега оз. Увильды // Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 26. М.: Госгеолтехиздат, 1956. С. 122–124.

Строителев С. А. Зарождение и выстраивание кристаллических структур при росте кристаллов минералов // Неоднородность минералов и рост кристаллов. М.: Наука, 1980. С. 180–185.

Федькин В. В. Ставролит. М.: Наука, 1975. 272 с.

Флинн Д. Деформации при метаморфизме // Природа метаморфизма. Т. 2. М.: Мир, 1977. С. 49–77.

Чесноков Б. В. Морфологический метод определения относительного возраста минералов // Генезис минеральных индивидов и агрегатов. М.: Наука, 1966. С. 9–24.

Юшкин Н. П. Механические свойства минералов. Л.: Наука, 1971. 283 с.

Gibson G. M. Staurolite in amphibolite and hornblendite sheets from the Upper Seaforth River, central Fiorland, New Zealand // Miner. Mag. 1978. Vol. 42, N 321. P. 25–36.

Juurinen A. Composition and properties of staurolite // Ann. Acad. Sci. Fennicae. Ser. A, geol.-geogr. 1956. N 47. P. 50.

Wenk H. R. Defects along kyanite-staurolite interfaces // Amer. Miner. 1980. Vol. 65, N 7–8. P. 125–136.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Нерадовский Юрий Николаевич
ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209
эл. почта: nerad@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79362

Войтеховский Юрий Леонидович
директор института, докт. геол.-минер. наук
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209
эл. почта: woyt@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79656

Neradovskiy, Yury
Geological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Russia
e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79362

Voytekhovskiy, Yury
Geological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Russia
e-mail: woyt@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79656

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 122–136

УДК 551.71

КСЕНОЛИТЫ И АВТОЛИТЫ В ДРЕВНЕЙШЕЙ АДАКИТОВОЙ СЕРИИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

С. А. Светов, М. А. Гоголев, А. И. Светова, Т. Н. Назарова

Институт геологии Карельского научного центра РАН

В статье приводятся результаты минералого-геохимического изучения включений (ксенолитов и автолитов) в древнейшем островодужном андезитовом комплексе Карельского кратона. Установлено, что ксенолиты представлены различными по основности породами от пироксенитов до дацитов и могут представлять собой фрагменты пород, формирующихся на границе кора – мантия.

Ключевые слова: Фенноскандинавский щит, мезоархей, островодужные андезиты, включения, ксенолиты, автолиты.

S. A. Svetov, M. A. Gogolev, A. I. Svetova, T. N. Nazarova. XENOLITHS AND AUTOLITHS IN THE ANCIENT ADAKITE SERIES OF THE FENNOSCANDIAN SHIELD

The results of mineralogical and geochemical studies of autolith and xenolith inclusions from the ancient island-arc andesite complex of the Karelian craton are reported. The xenoliths range from pyroxenites to granite, and may represent fragments of rocks that were formed at the mantle-core interface.

Key words: Fennoscandian shield, Mesoarchean, island-arc andesites, inclusions, xenoliths, autoliths.

Введение

Проблема реконструкции вещественного состава глубинных зон Земли и протекающих в них процессов является одной из самых дискуссионных в геологии и петрологии. Основной материал для проведения подобных исследований поставляется различными косвенными методами: геофизическими, космохимическими, экспериментальными петрологическими. Вместе с тем уникальную возможность для непосредственного изучения корово-мантийных систем дают данные по включениям, вынесенным на поверхность магматическими расплавами. Как показали исследования фанерозойских островодужных комплексов, вулканиты андезитового ряда содержат большое количество различных включений, в том числе и мафических ксенолитов, доставленных на дневную поверхность с глубин от 5 до 100 км [Федорченко, Родионова, 1975; Pearson et al., 2003], что позволяет получить важнейшую информацию как о вещественном составе мантийных пород, так и об эволюции всей корово-мантийной системы.

В качестве объекта исследования были выбраны древнейшие (3,0–2,9 млрд лет) на Карельском кратоне андезитовые ассоциации адакитового ряда, выявленные в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, приуроченного к западному обрамлению палеоархейского Водлозерского блока [Светова, 1988; Стратиграфия до-

кембрия..., 1992; Светов, 2003, 2005]. Новый этап работ проводился в Хаутаваарской структуре, являющейся ключевым геологическим полигоном для изучения мезо-неоархейских геологических событий в пределах Карельского кратона [Светов, 2005, 2009]. Основной акцент в работе сделан на изучение включений (ксенолитов и автолитов), выявленных в субвулканических комплексах андезитов и дацитов адакитового ряда, формирующих крупные некки и многочисленные дайковые системы.

Важно подчеркнуть, что к адакитовой серии относятся породы андезидацит-риолитового состава, имеющие трондьемитовые геохимические черты: повышенные концентрации Na_2O, Al_2O_3, Ba, Sr и высокие Sr/Y и $(La/Yb)_n$ отношения [Martin, 1987, 1999]. Формирование серии происходит в случае плавления субдуцируемой океанической коры в конвергентных системах, что делает данный тип пород уникальным маркером существования субдукционных режимов [Martin et al., 2005]. В связи с этим изучение пород адакитового ряда и ассоциирующих с ними серий является важным источником информации о геологических механизмах инициализации древнейших субдукционных систем и условий становления архейской континентальной коры.

Методы исследования

В основе работы лежит детальное минералого-геохимическое исследование проб ксенолитов и автолитов центрального некка Игнойльской структуры. Изучение состава минеральных фаз вмещающих пород и включений проводилось на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH (Tescan) с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy 350 (Oxford instruments). Химический состав включений определялся методом площадного микрозондового сканирования и силикатным анализом. Прецизионный анализ содержания редких и редкоземельных элементов проводился на квадрупольном масс-спектрометре X-SERIES 2 фирмы Terhmo scientific (метод ICP-MS). Данные исследования выполнялись в аналитической лаборатории Института геологии КарНЦ РАН. Локальное датирование зерен циркона из монофракций проводилось на прецизионном вторично-ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург. Измерения изотопного состава и концентраций Sm и Nd в ксенолитах и автолитах осуществлялось на семиканальном масс-спектрометре Finnigan MAT-262 (Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты). Измеренные изотопные отношения Nd были нормализованы по $^{148}Nd/^{144}Nd$ = 0,241570, а затем пересчитаны на отношение $^{143}Nd/^{144}Nd$ в стандарте LaJolla = 0,511862.

Объект исследования: субвулканический комплекс Игнойльской палеовулканической постройки (Хаутаваарская структура)

Древний (3,05–2,95 млрд лет) островодужный комплекс Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса представлен реликтами палеовулканических построек (Игнойльская, Хаутаваарская, Чалкинская и др.), сформирован мультисериальной ассоциацией, в которой доминируют дифференцированная базальт-андезит-дацит-риолитовая (БАДР) серия известково-щелочного ряда и адакитовая серия, при подчиненном развитии толеитовой и высоко-Mg андезитовой серий [Светов, 2009].

Морфологически парагенез сформирован глыбовыми, агломератовыми, тонкими туфами в переслаивании с крупноподушечными, массивными, миндалекаменными лавами, лавобрекчиями и кластолавами общей мощностью до 2,5 км. Субвулканический комплекс представлен некками и несколькими генерациями даек. Максимальная сохранность разрезов островодужного комплекса отмечается в юго-западной части зеленокаменного пояса в пределах Хаутаваарской структуры.

Для ассоциации ключевым объектом является палеовулканическая постройка Игнойльской структуры [Светов, 2009], для которой установлены U-Pb возрасты некка – 2995 ± 20 млн лет [Сергеев, 1989], лав постройки – 2945 ± 19 млн лет [Овчинникова и др., 1994] и детритовых цирконов из терригенных граувакк, перекрывающих постройку, – 2947 ± 13 млн лет [Светов и др., 2010].

В пределах Игнойльской палеовулканической постройки [Светова, 1988] (рис. 1, а) выделены: зональное поле распределения прижерловых фаций и эруптивный центр. В строении палеопостройки преобладают пирокластические фации, лавовая и субвулканическая представлены в меньшем объеме. Важной особенностью постройки является отсутствие подушечных лав среди породных литотипов. Массивные лавы и кластолавы (соответствуют породам андезибазальтового, андезитового и дацитового состава) образуют короткие непротяженные лавовые потоки мощностью от 25 до 80 м, часто перекрываемые агломератовыми туфами, доминирующими в строении палеопостройки.

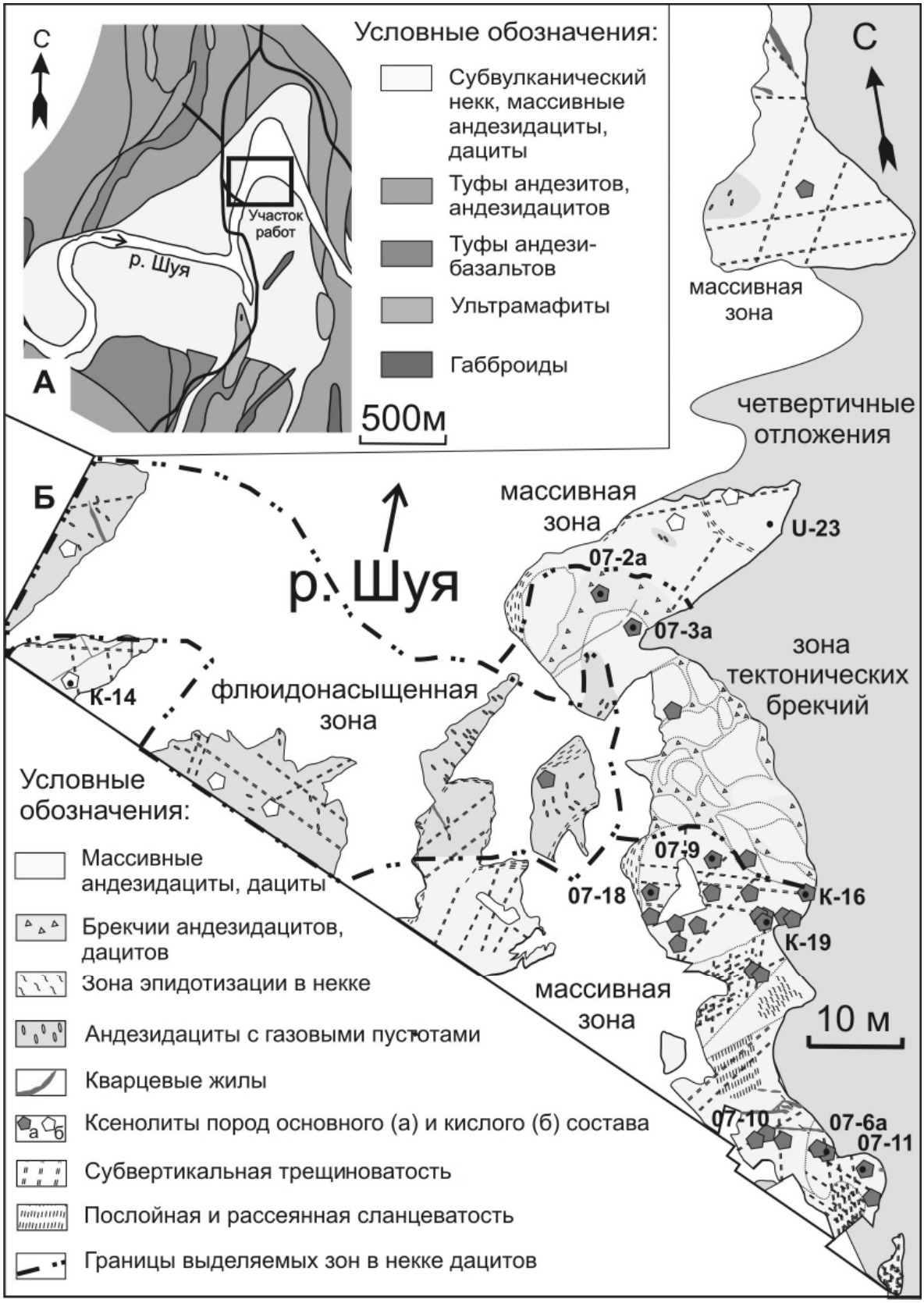


Рис. 1. Геологическая схема мезоархейского субвулканического некка Игнойльской структуры:

А – схема строения центральной части Игнойльской структуры Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса (упрощено по: [Светов, 2009]); Б – детальная схема участка работ в центральной части субвулканического некка с положением отобранных проб

В районе плотины Игнойльской ГЭС в русле р. Шуи на левом и правом берегах реки в скальных выходах обнажены породы центрального некка (рис. 1, а). Некк имеет овальную форму (его размер 2,1×1,5 км) с многочисленными апофизами, он прорывает вулканический комплекс, выполненный туфами различной размерности от мелкообломочных до глыбовых, агломератовых, лапиллиевых и кристаллокластических, лавами и лавобрекчиями андезитов, андезибазальтов.

В краевых частях некка породы имеют крупнопорфировую, гломеропорфировую структуру, в центральной части – андезитовую, гиалопилитовую. Детальное картирование некка (рис. 1, б) позволило выделить в его пределах несколько зон: зону высокой флюидонасыщенности (отмечается высокой концентрацией газовых пустот и газовых каналов, в минералогическом плане породы данного участка имеют повышенные содержания флюидсодержащих минеральных фаз: амфибола, биотита, карбоната, а также значительное количество газово-жидких включений в цирконах); зону тектонических брекчий и пластического течения (выделяется брекчированным строением и следами течения расплава); массивную зону однородного строения.

Следует отметить, что для пород некка также характерна геохимическая неоднородность, по составу они отвечают андезитам, андезидацитам, дацитам адакитовой серии, при этом наибольшее распространение имеют дацитовые разности.

Макроскопически дациты представляют собой серые, темно-серые, массивные, среднезернистые породы, с выступающими на поверхности обнажения крупными вкрапленниками плагиоклаза, при этом фиксируются порфировые выделения плагиоклаза в виде гнезд или скоплений размером до 2–3 см. Структура породы сериально-порфировая с андезитовой структурой основной массы. Плагиоклаз встречается в виде двух генераций: ранней магматической – крупные идиоморфные кристаллы таблитчатой формы (An_{30-35}) с полисинтетическими и простыми двойниками, с узкими и широкими двойниковыми полосками, не зональные, размером 1,5–10 мм, иногда в гломеропорфировых сростках, и второй поздней генерации в виде лейстовидных микролитов состава альбит-олигоклаз. В шлифах наблюдаются сильно корродированные, переполненные серицитом или соссюритом в центральной части кристаллы плагиоклаза. По границам зерен, окаймляя их, развиваются агрегаты эпидота и карбоната. Встречаются резорбированные зерна кварца и редкие реликты порфировых вкрапленников амфибола (тремолит-актинолитового ряда). В основной массе присутствуют микролиты плагиоклаза, биотит от светло-коричневого до бурого цвета, хлорит, эпидот, карбонат, магнетит. В породе отмечается два типа эпидота – более ранняя генерация в виде мелких кристаллов в плагиоклазе и более поздняя, развивающаяся по сланцеватости.

Мелкозернистые дациты южной части некка имеют микропорфировую структуру с гиалопилитовой, андезитовой основной массой. Размер вкрапленников плагиоклаза от 0,2–0,3 мм до 1 мм, округлых вкрапленников кварца, с заливами, – от 0,2 до 0,5 мм. Плагиоклаз представлен альбитизированным андезином. Биотит иногда присутствует в виде таблитчатых зерен, чаще в виде удлиненных чешуек, собранных в виде полосок. По биотиту развивается бледно-зеленый со слабым плеохроизмом хлорит. Зерна магнетита имеют неправильную форму, встречаются единичные зерна апатита.

Несмотря на различия во внешнем облике, породы сходны между собой по минеральному составу. В зоне брекчированных пород текстура и структура дацитов литокластическая. Литокласты значительно варьируют по размеру, от 2–5 мм (диагностируются в шлифах) до 10–15 см, имеют размытые, нечеткие границы, при этом от основной массы выделяются более светлой окраской, содержат вкрапленники плагиоклаза, размером 2–4 мм, заключены в цемент зеленовато-серого цвета, представленный хлоритизированным дацитом. Участками в брекчированных породах литокласты имеют более темный цвет, по ним развивается амфибол, хлорит, а цемент, в виде жилообразного заполнения, отличается более светлой окраской.

Деформации в породах некка проявлены в виде сланцеватости без образования складчатых структур, существуют разновозрастные дизъюнктивные нарушения – субширотные, северо-западные и северо-восточные.

Оценка времени формирования центрального некка Игнойльской структуры проведена на основе прецизионного изучения цирконов из массивной зоны некка (рис. 1, участок рядом с точкой U-23). Из обнажения была отобрана проба весом 12 кг, из которой удалось выделить около 50 зерен циркона, имеющих торпедовидный, копьевидный, гиацинтовый и изометричный облик. Цвет зерен варьирует от розоватого, желтоватого, сероватого до бурого. Размер зерен колеблется от 20×40 до 60×150 мкм. Для большинства зерен характерна магматическая зональность и хорошая

сохранность ядерных частей кристаллов. Именно такие кристаллы были выбраны для датирования на вторично-ионном микрозонде SHRIMP-II. В результате микрозондового изучения десяти зерен цирконов установлено, что Th/U-отношение для данных зерен варьирует в пределах 0,29–1,14 (среднее значение по пробам – 0,72), что является аргументом в пользу их магматического происхождения. Изохронный возраст цирконов составляет 2958,7 ± 6,0 млн лет (рис. 2, табл. 1), что может рассматриваться как время формирования некка Игнойльской структуры (возможно, одной из фаз внедрения) и хорошо согласуется с полученными ранее геохронологическими данными [Сергеев, 1989; Овчинникова и др., 1994; Светов и др., 2010]. Временной интервал формирования магматического комплекса Игнойльской палеопостройки составляет 2995 (± 20) – 2945 (± 19) млн лет.

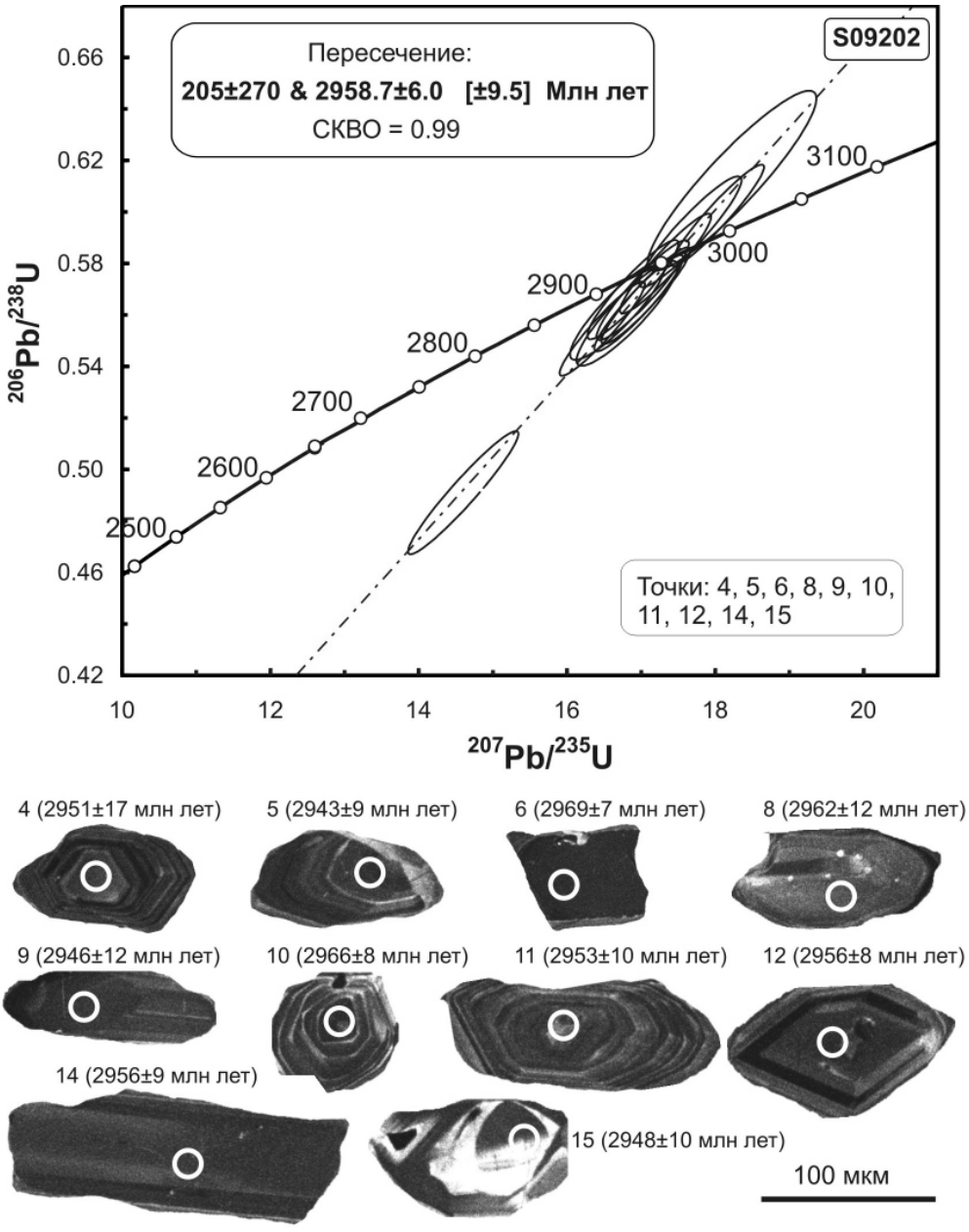


Рис. 2. Диаграмма с конкордией для цирконов из центральной части некка Игнойльской субвулканической постройки. Морфология зерен цирконов и положение точек датирования на вторично-ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II. В скобках, рядом с номером точек, приведены значения $^{207}Pb/^{206}Pb$ возраста цирконов

Таблица 1. U-Th-Pb изотопные данные для цирконов Центрального некка Игнойльской палеовулканической постройки (Хаутаваарская структура, Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс Центральной Карелии)

Точка	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	$^{232}Th/^{238}U$	ppm $^{206}Pb^*$	(1) $^{206}Pb/^{238}U$ возраст		(1) $^{207}Pb/^{206}Pb$ возраст		% Dis-cor-dant	(1) $^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±%	(1) $^{207}Pb^*/^{235}U$	±%	(1) $^{206}Pb^*/^{238}U$	±%	err corr
4	0,06	202	88	0,45	106	3078	±57	2951	±17	–4	0,216	1	18,22	2,6	0,612	2,3	.914
5	0,07	199	115	0,60	97,4	2907	±32	2943,3	±8,9	1	0,215	0,55	16,89	1,5	0,5698	1,4	.929
6	0,00	305	87	0,29	157	3025	±32	2969,1	±7,2	–2	0,21843	0,44	18,03	1,4	0,5987	1,3	.949
8	0,06	109	93	0,88	52,4	2869	±34	2962	±12	3	0,2175	0,74	16,81	1,7	0,5606	1,5	.896
9	0,10	204	123	0,62	98,6	2873	±32	2946	±12	3	0,2154	0,71	16,68	1,6	0,5616	1,4	.889
10	0,12	277	267	1,00	135	2898	±32	2966,5	±7,9	2	0,2181	0,49	17,06	1,4	0,5675	1,4	.940
11	0,00	173	76	0,46	87,9	2999	±36	2953	±9,6	–2	0,2163	0,59	17,66	1,6	0,5923	1,5	.928
12	0,02	269	225	0,86	134	2949	±32	2956,4	±7,9	0	0,2167	0,49	17,33	1,4	0,5799	1,4	.941
14	0,03	213	192	0,93	104	2906	±33	2956,4	±8,8	2	0,2167	0,55	17,02	1,5	0,5696	1,4	.931
15	0,04	201	221	1,14	85	2575	±42	2948,6	±9,9	15	0,2157	0,61	14,6	2,1	0,491	2	.956

Примечание. Ошибка составляет 1σ; $^{206}Pb_c$ и $^{206}Pb^*$ показывает общую и радиогенную часть Pb соответственно. Ошибка стандартной калибровки – 0,49 %. (1) – общий Pb скорректирован по ^{204}Pb.

Ксенолиты и автолиты Центрального некка

В ходе детального изучения наиболее обнаженных частей субвулканического некка установлено присутствие нескольких типов включений как микротинитового типа (автолиты), так и включения контрастных по составу пород (ксенолитов) (рис. 3). В общей сложности удалось выявить и опробовать 35 включений. Размеры изученных ксенолитов варьируют от 3 до 40 см в диаметре, автолитов от 5 см до крупных фрагментов размером 7×2 м. Важно подчеркнуть, что для ксенолитов характерны резкие, без следов плавления, контакты с вмещающими породами, округлые и изометричные формы, присутствие в отдельных ксенолитах реакционных кайм во внутренней части и контрастный вмещающим их андезидацитам минеральный и геохимический состав. Автолиты имеют диагностируемые границы с вмещающими породами (маркируются сменой структуры породы), идентичный состав, как минералогический, так и геохимический. Рассмотрим характеристику основных типов включений.

Автолиты. Данный тип включений по своему химическому и минералогическому составу близок вмещающим породам некка и является продуктом фракционирования первичного андезидацитового магматического расплава. Внешне автолиты (рис. 3, проба 07-2а) представляют собой пятнообразные включения более темной окраски и более раскристаллизованные, чем основная масса породы, чаще всего четко выделяющиеся на ее фоне (образец автолита 7-2а в табл. 1). Микроскопически от пород некка автолиты отличаются крупнопорфировой структурой, гломеропорфировыми сростками, большим количеством кристаллов плагиоклаза, представленных крупными, короткопризматическими, с простыми и полисинтетическими, редко бавенскими двойниками, по составу отвечающими андезину (An_{30-35}). Они отличаются более свежим обликом, но есть и соссюритизированные зерна. В породе присутствуют тремолит – актинолит, хлорит, биотит, кварц, магнетит и лейкоксен.

Ксенолиты пироксенитов* (рис. 3, пробы 07-3а, 07-3б) сложены крупно-мелкозернистой породой темно-зеленого цвета, в виде относительно изометричных фрагментов, размером от 5×7 см^2 до 15×20 см^2, с резкими границами. Ксенолиты данного типа имеют панидиоморфнозернистую структуру (проба 07-3б на рис. 3). В минеральном составе доминируют реликты пироксена в виде несколько вытянутых овальных зерен размером от 1–2 до 4–6 мм, на 90 % замещенных бледно-зеленой магнезиальной роговой обманкой, по которой, в свою очередь, развивается амфибол тремолит-актинолитового ряда и хлорит. В некоторых кристаллах отмечаются двойники. Рудные минералы (магнетит, ильменит) ксеноморфны и выполняют промежутки между замещенными амфиболом зернами пироксена. В шлифах, где не наблюдается реликтового пироксена, основная масса породы состоит из магнезиальной роговой обманки (размер кристаллов составляет около 2–3 мм), которая замещена хлоритом и биотитом, также в породе присутствует соссюритизированный плагиоклаз, карбонат, цоизит, магнетит, титаномагнетит, ильменит и борнит. Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом и паризитом. Химический состав пироксенитовых ксенолитов характеризуется низким содержанием SiO_2 (40–42 мас. %), щелочей (Na_2O+K_2O 0,4–0,5 мас. %) и высокими концентрациями MgO (8,0–13,6 мас. %).

Ксенолиты габброидов (рис. 3, пробы 07-9, К-16) имеют размеры до 12×5 см, выделяются своим темно-серым до черного цветом и

* Название дано на основе интерпретации петрохимического состава включений.

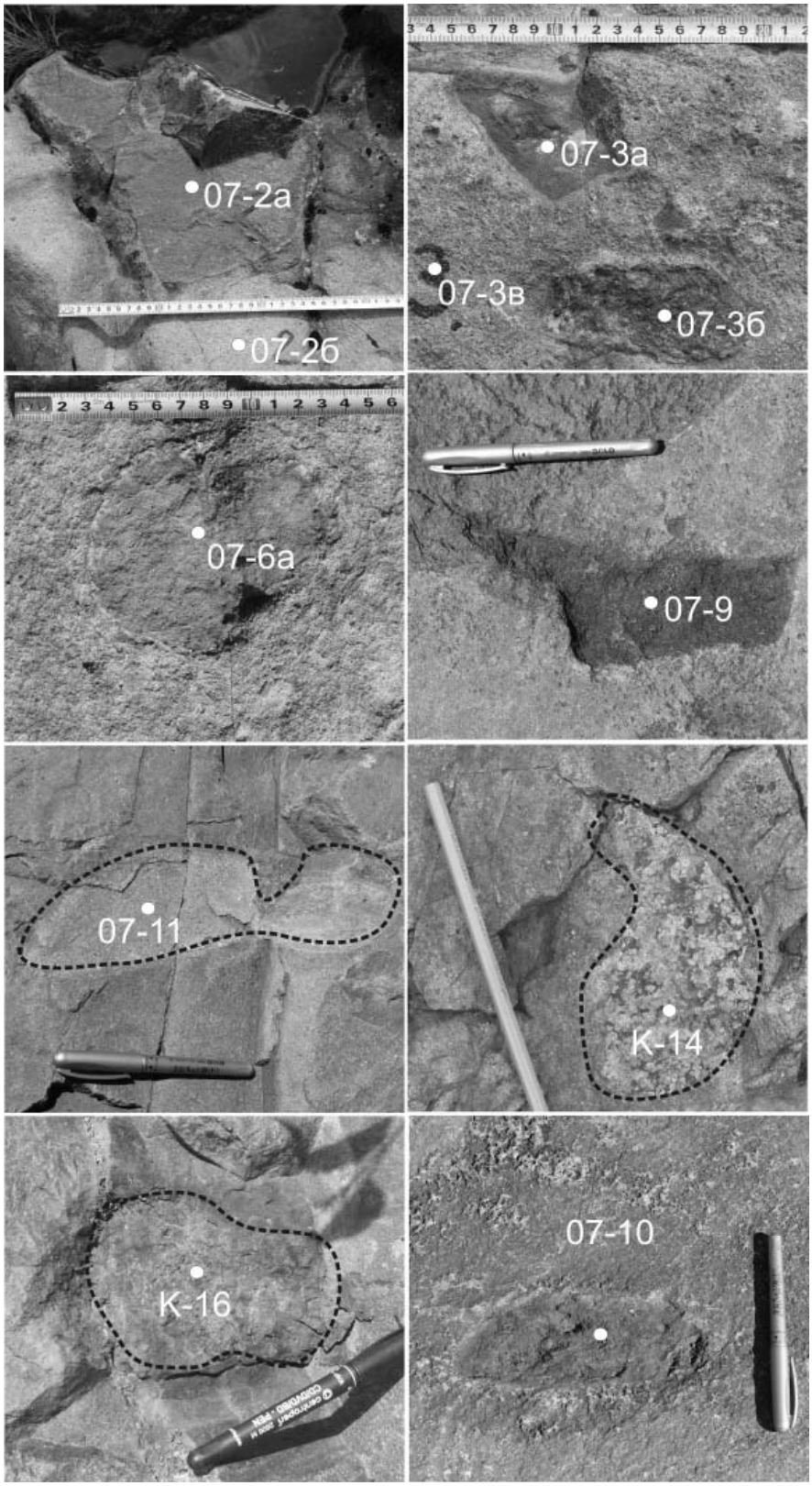


Рис. 3. Фотографии включений в Центральном субвулканическом некке Игнойльской палеопостройки Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса:

пробы: 07-2а – автолит андезидацитового состава; 07-2б – матрикс, андезидацит центрального некка; 07-3а, 07-3б – ксенолиты пироксенитов; 07-3в – матрикс, андезидацит центрального некка; 07-6а – ксенолит эпидозита; 07-9 – ксенолит габбро; 07-11 – ксенолит метасоматизированного андезибазальта; K-14 – ксенолит андезибазальта; K-16 – ксенолит рудного габбро; 07-10 – ксенолит амфиболита

четкими границами, окружены светло-зеленой каймой и содержат черные гнезда титаномагнетита. Структура ксенолитов бластоофитовая, гипидиоморфнозернистая, лепидогранобластовая, в рудном габбро – сидеронитовая. В минеральном составе доминируют амфибол (магнезиальная роговая обманка, актинолит, тремолит), плагиоклаз, биотит, хлорит, эпидот, кварц и рудные минеральные фазы. Актинолит – тремолит представлен удлиненно-призматическими кристаллами, длиной до 2 мм, замещается хлоритом и эпидотом. Плагиоклаз присутствует в виде мелких лейст, размером до 0,5 мм, иногда с простыми двойниками и в виде зерен без четкой огранки. Эпидот представлен как в виде отдельных зерен до 0,2–0,3 мм, редко зональных, так и в виде сплошных скоплений. Также наблюдается обрастание эпидотом магнетитовых выделений. Биотит формирует агрегаты в виде чешуек до 0,5–0,8 мм, хлорит – светло-зеленые, почти бесцветные выделения, со слабым плеохроизмом. Акцессорные минералы представлены апатитом и сфеном, а рудные минеральные фазы – борнитом, магнетитом, пиритом и халькопиритом.

В аншлифах рудного габбро присутствуют две ассоциации рудных минералов: 1) сульфидная – пирит, халькопирит, халькозин; 2) титаномагнетитовая – магнетит, ильменит с элементами распада, титаномагнетит, рутил, титанит.

Ксенолиты амфиболитов (рис. 3, пробы 07-10). Ксенолиты амфиболитов четко выделяются на общем фоне вмещающей породы, представлены округлыми, изометричными формами, размером от 3×5 см до 15×8 см. Они иногда окружены светлой каймой кварц-альбит-эпидотового состава. В ксенолитах отмечена бластоофитовая, реже гипидиоморфнозернистая структура. Минеральный состав: роговая обманка, плагиоклаз, биотит, хлорит, эпидот, кварц, лейкоксен, сфен, апатит, эпидот, рудный минерал. Магнезиальная роговая обманка присутствует как в виде крупных кристаллов, размером до 2 мм, так и в виде вытянутых лейст, размером до 3 мм, окрашена в бледно-зеленые цвета, плеохроизм от грязно-желтого до зеленоватого цвета, местами замещается хлоритом. Плагиоклаз образует лейсты и кристаллы неправильной формы, располагающиеся между кристаллами роговой обманки, размер кристаллов плагиоклаза 0,5–1 мм, реже до 1,5 мм. Биотит образует отдельные чешуйки и скопления чешуек, часто формирует пойкилитовые вростки в крупных кристаллах амфибола. Хлорит замещает амфибол и биотит, образуя крупные чешуи до 2 мм. Эпидот образует мелкие отдельные зерна или их скопления. Наблюдается характерное обрастание эпидотом лейкоксеновых выделений. Рудные минеральные фазы представлены титаномагнетитом (заполняет пространство между породообразующими минералами), магнетитом (встречается в кубических кристаллах) и ильменитом (образует неправильные скелетные формы и часто замещается лейкоксеном).

Ксенолиты рудных амфиболитов. Ксенолит размером 15×10 см прямоугольной формы, окружен каймой из темноцветных минералов (роговая обманка, хлорит). Структура породы аллотриоморфнозернистая. Основная масса кварц-плагиоклазового состава содержит роговую обманку, реликтовый плагиоклаз, хлорит, эпидот, кварц, кальцит. В амфиболе отмечается ситовидная структура с включениями мелких зерен плагиоклаза. Кристаллы реликтового плагиоклаза не сохраняют четких контуров, не видно двойников, по ним развивается микрозернистый агрегат альбита, кварца, эпидота и хлорита. В шлифе в виде пятен, гнезд собраны мелкие зерна кальцита, окруженные каймой рудных минеральных агрегатов, представленных магнетитом (в виде кубических мелких кристаллов), титаномагнетитом (в виде землистых масс) и ильменитом (в виде скелетных форм, окруженных и замещенных лейкоксеном).

Ксенолиты эпидозитов* (рис. 3, проба 07-6а) характеризуются среднезернистым сложением и серовато-зеленым цветом, на поверхности обнажения выделяются более светлой окраской. Ксенолиты имеют изометричные формы диаметром 9–10 см, часто окружены светлой каймой кварц-альбит-цоизитового состава. В минеральном составе ксенолитов доминируют эпидот (50 %), альбит, кварц, хлорит, редкие крупные вкрапленники плагиоклаза, почти нацело замещенные соссюритом и серицитом (не сохраняются первичные контуры зерен плагиоклаза). Структура породы серийно-порфировая, основная масса имеет аллотриоморфнозернистую структуру.

Ксенолиты андезибазальтов (рис. 3, проба К-14) представляют, по-видимому, более ранние порции лавы, для них характерна крупнопорфировая структура с элементами гломеропорфировой, плагиоклаз замещен соссюритом, во вкрапленниках отмечаются амфибол, единичные зерна оплавленного кварца, основная масса сложена плагиоклазом, хлоритом, биотитом, эпидотом. Плагиоклаз выполняет порфировые вкрапленники,

* Название дано по минералогическому составу, по химическому составу относятся к габброидам.

которые частично деформированы. В данной группе выделяются ксенолиты андезибазальтов с повышенной щелочностью (рис. 3, проба 07-11). Выявлено включение, размером 25×10 см, удлиненной линзовидной формы, светло-серой окраски, со светлой каймой мощностью до 1 см кварц-альбит-цоизитового состава. Для него характерно высокое содержание Al_2O_3 до 28,1 мас. % и K_2O до 7,3 мас. % (при сумме щелочей 9,8 мас. %). Структура включения порфировая. По вкрапленникам плагиоклаза развивается соссюрит и серицит, редкие зерна актинолита замещены хлоритом и биотитом, основная масса сложена эпидотом, альбитом, кварцем.

Ксенолиты андезибазальтов (возможно, метасоматизированные плагиограниты?) (рис. 3, проба К-14) выявлены во флюидонасыщенной зоне некка, имеют округлые, деформированные формы при размере 5–14×10–12 см, четкие границы с матриксом и не имеют реакционных кайм. По внешнему облику соответствуют плагиогранитам, имеют светло-розовый цвет, крупнозернистую структуру. Минеральный парагенез представлен: плагиоклазом, полевыми шпатами, кварцем, биотитом, серицитом, мусковитом, порода имеет низкое содержание SiO_2 (до 50–52 мас. % – ксенолиты принадлежат группе андезибазальтов), что, возможно, связано с выносом кремнезема при инфильтрационной метасоматической проработке включений.

Обсуждение результатов

В ходе детальных работ в центральной части субвулканического некка Игнойльской палеопостройки нами выявлены две группы включений – автолиты (плагиоклазовые кумулаты адакитового состава, сформировавшиеся при кристаллизации отдельных порций магмы, или законсервированные порции идентичного матриксу состава) и ксенолиты метаморфизованных глубинных и коровых пород – амфиболитов, габброидов, пироксенитов со значительным содержанием рудной фазы, андезибазальтов, дацитов, эпидозитов и гранитов.

Среди включений широким распространением пользуются ксенолиты, автолиты составляют менее 10 % всех включений. Для ксенолитов характерны четкие границы, доминируют угловатые, неправильные формы (свидетельство того, что они были захвачены в твердом виде); незначительная часть автолитов и ксенолитов имеет пластичные формы (следствие захвата материала в полурасплавленном состоянии). Большинство ксенолитов имеет реакционные каймы на границе с вмещающими породами или области периферийной перекристаллизации (возможно, из-за мультифазного формирования субвулканических тел и влияния поздних метаморфических процессов на систему), в отличие от большинства фанерозойских ксенолитов, для которых подобные явления редки (для них характерны закаленные стекловатые краевые зоны). Доминирующим распространением пользуются включения небольшого размера – от 5 до 20 см в диаметре.

Расчет (в программе TPF и Geopath [Gerya, Perchuk, 1990]) по роговообманковому термобарометру [Hollister et al., 1987; Blundy, Holland, 1990] для реликтовых зерен роговой обманки позволил получить следующие PT параметры кристаллизации: T = 550 ± 50 °C и P = 2,5 ± 0,5 кБар, что может отвечать условиям кристаллизации поздних минеральных фаз субвулканического некка.

Значения температур и давлений, рассчитанные по вторичным амфиболам, составили: T = 450 ± 20 °C и P = 1 ± 0,5 кБар. Близкие температуры (430–450 °C) получены по биотитовому термометру [Астафьев, 1996], эти значения могут соответствовать PT-параметрам метаморфических преобразований в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Для Игнойльской палеовулканической структуры ранее проводилась оценка степени химического изменения пород, а также сохранности в породах флюид-мобильной системы (FME-системы), которая показала, что породы палеопостройки метаморфизованы в изохимических условиях [Светов, 2010]. Максимальная сохранность пород отмечается для субвулканической фазы (некк и дайки), что позволяет проводить детальные геохимические исследования.

До того как перейти к геохимическому описанию и типизации включений, приведем краткую характеристику химизма пород, слагающих субвулканический некк.

Породы некка Игнойльской палеовулканической постройки по содержанию кремнезема и щелочей относятся к андезитам, дацитам и риодацитам нормального (реже умеренно щелочного) ряда (рис. 4). От типичных фанерозойских известково-щелочных островодужных комплексов отличаются повышенными концентрациями Na_2O (4,70 ± 1,16 мас. %), Al_2O_3 (15,48 ± 1,23 мас. %) и пониженными содержаниями MgO (2,76 ± 1,68 мас. %). Характеризуются повышенными концентрациями Sr (468 ± 156 ppm), Ba (496 ± 219 ppm), Zr (145 ± 19 ppm)

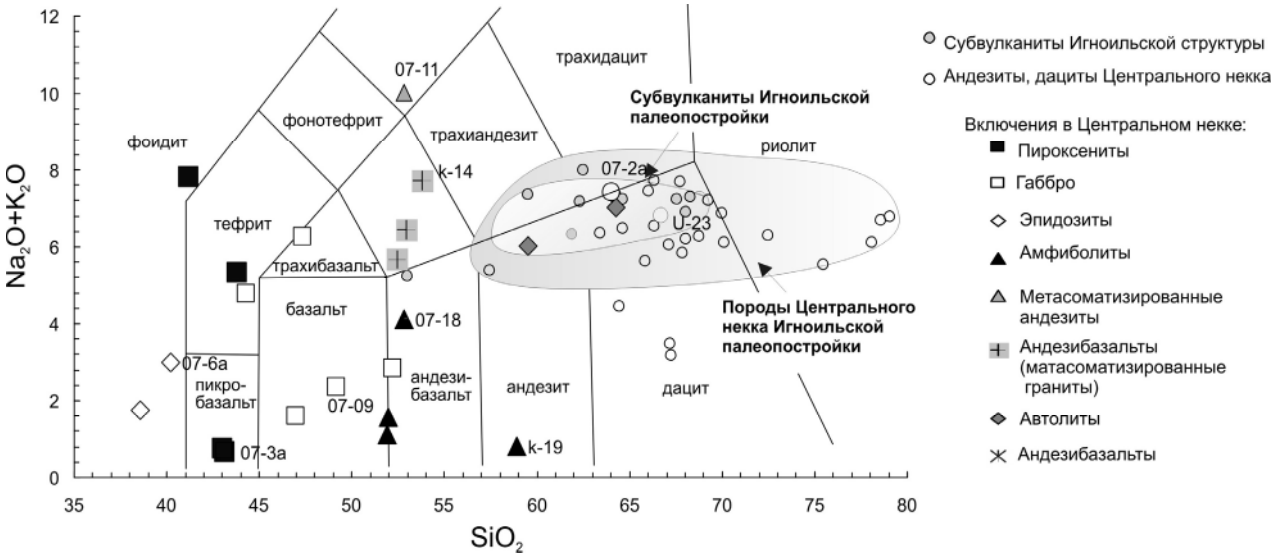


Рис. 4. Диаграмма TAS (в координатах SiO_2 – Na_2O+K_2O) для субвулканитов и включений (ксенолитов, автолитов) Игнойльской палеовулканической постройки Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса

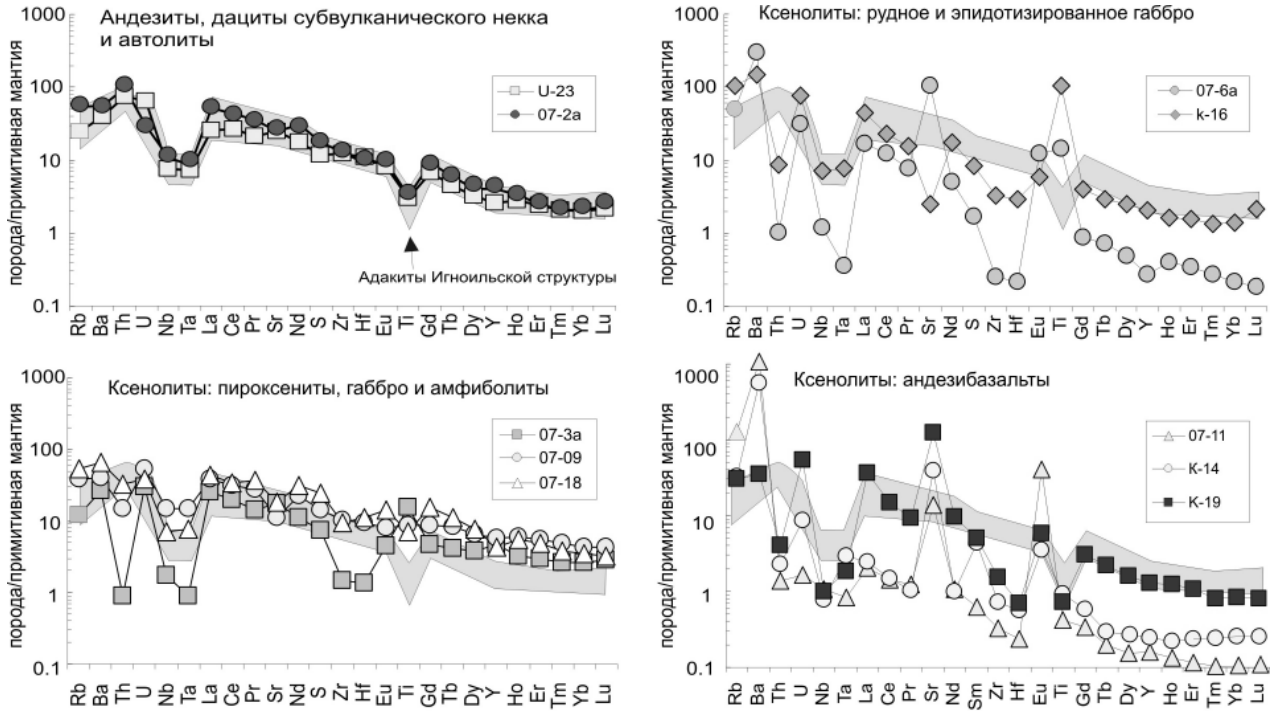


Рис. 5. Распределение редких и редкоземельных элементов во включениях из центрального некка Игнойльской палеовулканической постройки. Нормировано по примитивной мантии [Sun, McDonough, 1989]. Для сравнения приводятся поля типовых составов адакитов Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса (область серого цвета)

и U (1,70 ± 0,62 ppm). Отношение Sr/Y варьирует от 27 до 57, при Y < 18 ppm. Субвулканиты имеют фракционированное распределение РЗЭ ($(La/Yb)_n$ > 8, может достигать величин 20–32), уровень содержания ТРЗЭ аномально низкий: Ho < 0,5, Er < 1,3, Tm < 0,2, Yb < 1,2, Lu < 0,16 ppm. На спайдерграммах породы характеризуются ярко выраженными отрицательными аномалиями Nb и Ti (рис. 5).

Основываясь на результатах геохимического исследования, породы палеовулканической постройки (вулканиты-субвулканиты) могут быть отнесены к адакитовой серии, точнее, к высококремнистому (HSA) типу адакитов [Светов, 2009]. Генерация высококремнистых адакитов связана с прямым плавлением субдуцируемой океанической коры, преобразованной в ходе погружения в

амфиболиты или эклогиты [Kay, 1978; Defant, Drummond, 1990; Martin, 1999; Martin et al., 2005]. Данный процесс свойствен инициальной стадии заложения конвергентных систем при погружении и последующем плавлении молодой «горячей» океанической коры (возрастом <25 млн лет на момент формирования субдукционной системы) [Defant, Drummond, 1990; Sajona et al., 1993]. Изучение поведения флюид-мобильных элементов на примере адакитов и островодужных андезитов Игнойльской структуры [Светов, 2010] показало низкие B/Be отношения в породах (0,8–4,7 для адакитов; 2,4–7,8 для андезитов), сопоставимые с B/Be значениями, полученными для архейских гранито-гнейсов Гренландии (3,67 и 3,82 млрд лет) и гранодиоритов Вайоминга (2,8 млрд лет) [Mohan et al., 2008]. Важно подчеркнуть, что значение B/Be отношения в архейских вулканитах значительно ниже, чем в фанерозойских комплексах известково-щелочного ряда Алеутской и Курило-Камчатской островодужных систем, где B/Be варьирует от 30 до 70. Подобное поведение флюид-мобильной системы в архейских средне-кислых расплавах может объясняться генерацией магм в режиме пологой субдукции. Прогрессивный метаморфизм, происходящий по мере погружения океанического слэба, приводит к выносу большей части бора из субдуцируемых пород на начальной стадии метаморфических преобразований, постепенно обедняя им флюидную фазу (при стабильной концентрации Be), что отражается в низких B/Be значениях пород, генерируемых из области мантийного клина [Mohan et al., 2008]. Таким образом, островодужная породная ассоциация, формирующаяся при пологой субдукции, будет характеризоваться низкими концентрациями флюид-мобильных элементов, что мы и наблюдаем в андезитовых ассоциациях Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса.

Рассмотрим геохимическую характеристику включений, выявленных в субвулканическом некке Игнойльской структуры (рис. 4, 5; табл. 2).

По данным изучения распределения редких и редкоземельных элементов в ксенолитах установлено существование не менее шести групп пород, представленных во включениях (рис. 5).

Отдельными топологическими группами выделяются:

1. Андезидациты. В некке широко представлены ксенолиты и автолиты, имеющие адакитовые составы (полное подобие РЗЭ спектров адакитовым породам центрального некка) и представляющие дифференциаты первичных выплавок (ксенолиты андезидацитов, трахидацитов) или продукты фракционирования.

2. Пироксениты, имеющие близкие спектры распределения (слабофракционированный спектр распределения РЗЭ ($(La/Yb)_n$ ~ 11), но более низкий уровень положительных аномалий по Ti и Eu. Данные ксенолиты имеют островодужные характеристики (что подчеркивается положительными аномалиями U, отрицательными Nb, Hf, Zr, Ta) и, возможно, характеризуют реститы плавления или кумулятивные фазы глубинного фракционирования.

3. Эпидозиты, безрудные габброиды (их спектры характеризуются низким уровнем содержания ТРЗЭ (слабофракционированным распределением РЗЭ ($(La/Yb)_n$~9)), отрицательными аномалиями по Sr, Th, Nb, Hf и Zr и положительными по Eu, Ti).

4. Рудное габбро. Ксенолиты рудных габброидов имеют деплетированный спектр ТРЗЭ относительно легких ($(La/Yb)_n$~25). Для включений характерны Zr и Hf отрицательные аномалии и положительные аномалии по Ti, Sr, U, Rb и Ba.

5. Метасоматиты. Метасоматизированные габброиды и андезибазальты имеют подобные фракционированные спектры в области распределения ТРЗЭ. Характеризуются положительными аномалиями по Rb, Ba, Sr, Eu и отрицательными по Hf и Zr. Спектр метасоматизированных габброидов отличается положительными аномалиями по Ti и U, а также сильной деплетацией тяжелых редкоземельных элементов относительно легких. Для габброидов $(La/Yb)_n$ отношение варьирует от 70 до 77, для андезибазальтов от 20 до 24.

6. Ксенолиты андезибазальтов (возможно, метасоматизированных плагиогранитов) характеризуются слабофракционированным спектром распределения РЗЭ ($(La/Yb)_n$ ~ 9), положительными аномалиями по Eu, Sr и Ba (содержание Ba ~ 3800 ppm) и отрицательной аномалией по Nb.

Изучение Sm-Nd системы в породах показало, что первичные отношения ε_{Nd} для адакитовой серии Игнойльской палеовулканической постройки варьируют от +0,7 до +2,3, модельный возраст источников расплавов (по модели [DePaolo et al., 1991]) изменяется от 2956 до 3092 млн лет (табл. 3, рис. 6), что совпадает со временем формирования субвулканического комплекса.

Таблица 2. Содержание петрогенных, редких и редкоземельных элементов в породах Центрального некка Игнойльской палеовулканической постройки (петрогенные элементы – в вес. %, редкие и редкоземельные – в ppm)

Проба	U-23	07-2а	07-3а	07-9	K-16	07-6а	07-18	K-19	07-11	K-14
Порода	Д	АД	П	Г	РГ	Э	Ам	Аб	МАб	Аб
SiO_2	64,40	61,76	40,84	46,86	24,12	37,90	50,50	56,60	50,52	51,50
TiO_2	0,56	0,67	2,85	1,62	16,80	2,73	1,38	0,20	0,08	0,24
Al_2O_3	16,06	15,54	5,00	8,66	7,35	20,01	13,05	10,62	28,55	20,80
Fe_2O_3	1,80	2,88	18,15	6,83	18,25	11,37	3,02	10,25	1,97	2,88
FeO	2,58	2,59	5,31	7,54	6,19	4,02	7,04	2,08	1,00	3,52
MnO	0,055	0,090	0,383	0,252	0,329	0,201	0,173	0,357	0,023	0,102
MgO	2,75	3,38	9,71	13,62	5,44	2,54	9,58	2,41	2,08	5,46
CaO	3,39	3,54	11,28	7,66	9,71	15,11	7,02	11,60	1,73	2,99
Na_2O	5,70	6,20	0,22	1,05	0,05	0,85	2,20	0,03	2,53	5,86
K_2O	0,90	1,01	0,23	1,09	2,56	1,94	1,70	0,59	7,30	1,67
P_2O_5	0,20	–	–	0,19	0,24	0,08	0,72	0,06	0,07	0,06
H_2O	0,05	0,22	0,90	0,14	1,30	0,48	0,26	0,26	0,26	0,31
ппп	1,46	1,66	5,04	4,36	7,33	2,39	3,10	4,50	3,45	4,16
Сумма	99,90	99,54	99,91	99,87	99,67	99,63	99,74	99,56	99,56	99,55
Cr	106	179	220	486	1073	190	584	4675	7,5	688
Ni	79	53	103	229	254	76	181	395	16	144
Co	15,7	15,5	38,6	99,8	431	21,2	38,1	377	5,5	29,7
V	88,0	92,7	246,5	231,1	4402	942	242,4	8,06	37,3	139,8
Pb	4,3	4,8	5,5	6,8	14,3	25,4	3,1	11,6	2,1	7,0
Rb	15,8	36,1	7,7	24,2	65,7	31,8	34,3	19,7	82,0	20,5
Ba	275	397	187	276	1058	2115	450	244	7536	3868
Sr	518	576	376	235	53	2197	381	2624	291	828
Nb	5,3	8,5	1,2	10,4	5,2	0,9	5,0	0,7	0,8	0,6
Zr	135,6	154,3	16,6	116,5	37,5	2,8	103,9	17,3	3,6	8,1
Y	11,8	20,8	21,0	25,8	9,3	1,2	19,1	5,9	0,7	1,1
Th	6,3	9,2	0,1	1,3	0,7	0,1	2,8	0,3	0,1	0,2
Cu	9,7	29,4	89	146	2221	60	32	548	3,2	3,4
Zn	35,5	43,8	103,8	105,4	279,3	69,8	119,3	136,5	16,1	74,6
La	17,36	36,80	17,06	26,76	30,12	11,75	29,79	25,24	1,41	1,69
Ce	47,60	77,32	34,49	55,10	41,14	22,10	59,95	26,20	2,57	2,64
Pr	5,79	10,01	3,89	7,49	4,31	2,18	10,16	2,56	0,34	0,28
Nd	23,72	39,83	14,74	30,19	24,21	6,77	42,48	13,21	1,44	1,38
Sm	5,15	8,20	3,22	6,22	3,69	0,75	10,70	2,22	0,27	1,97
Eu	1,39	1,72	0,77	1,32	1,00	2,08	2,42	0,98	6,78	0,60
Gd	3,97	5,49	2,82	5,23	2,37	0,53	9,28	1,81	0,20	0,35
Tb	0,48	0,68	0,45	0,88	0,31	0,08	1,19	0,24	0,02	0,03
Dy	2,43	3,41	2,80	4,85	1,89	0,36	5,55	1,18	0,11	0,46
Ho	0,46	0,57	0,53	0,99	0,27	0,07	0,91	0,20	0,02	0,04
Er	1,16	1,28	1,41	2,59	0,75	0,17	2,30	0,52	0,06	0,11
Tm	0,15	0,17	0,20	0,36	0,10	0,02	0,28	0,06	0,01	0,02
Yb	0,99	1,14	1,28	2,16	0,70	0,11	1,70	0,41	0,04	0,12
Lu	0,16	0,20	0,21	0,32	0,16	0,01	0,24	0,06	0,01	0,04
U	1,38	–	–	1,11	1,61	0,66	0,79	1,12	0,03	0,18
Sc	10,51	13,76	152,40	55,97	28,28	6,24	25,93	16,19	5,36	22,67
Hf	3,38	3,28	0,42	2,87	0,93	0,07	3,46	0,21	0,07	0,17
Ta	0,30	0,42	0,04	0,60	0,32	0,01	0,32	0,08	0,03	0,12

Примечание. Д – дациты центрального субвулканического некка, АД – автолит андезидацитового состава; ксенолиты: П – пироксенитов, Г – габбро, РГ – рудного габбро, Э – эпидозитов, Ам – амфиболитов, Аб – андезибазальтов, МАб – метасоматизированных андезибазальтов.

Автолиты, на основе изучения Sm-Nd данных, контрастны субвулканическим породам некка, величина ε_{Nd} изменяется от –3,2 до –0,8 (что может маркировать коровую компоненту в составе автолитов, отражающую процесс контаминации расплавом древних пород континентальной коры, возможно, древнего комплекса ТТГ Водлозерского блока), при T_{DM} = 3365–3559 млн лет.

Ксенолиты мафитов (габбро и пироксениты) характеризуются величинами ε_{Nd} на уровне 0,2–3,3, при T_{DM} = 3016–3353 млн лет, их магматическими источниками могла служить метасоматизированная деплетированная мантия (область мантийного клина).

Ксенолиты рудных амфиболитов и метасоматизированных андезибазальтов характеризуются аномальными значениями ε_{Nd} от 11,3 до 12,5, при T_{DM} = 2489–2532 млн лет, которые не могут коррелировать с первичными величинами и, скорее всего, отражают нарушение Sm-Nd системы в данных включениях.

Таблица 3. Sm-Nd данные (по породе в целом) для субвулканитов и ксенолитов Игнойльской структуры Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса

Проба	Порода	Sm [ppm]	Nd [ppm]	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$\varepsilon_{Nd}(T)$	T_{DM}
U-20	Дациты, некк	6,36	35,70	0,1077	0,510919	0,8	3065
U-21	Дациты, некк	3,36	18,72	0,1083	0,511004	2,3	2956
U-3	Андезиты, лава	8,93	49,04	0,1101	0,511021	1,9	2984
U-2	Андезит, туф	3,46	16,81	0,1244	0,511241	0,7	3092
СВ-07-2Б	Дацит, автолит	9,90	48,63	0,1230	0,511018	–3,2	3559
СВ-07-2А	Дацит, автолит	10,15	49,30	0,1244	0,511166	–0,8	3365
S-07-11	Метасоматизированный андезибазальт	0,18	1,36	0,0776	0,510919	12,5	2489
S-07-10	Рудный амфиболит	0,68	4,81	0,0848	0,511001	11,3	2532
S-07-9	Пироксенит	70,56	354,36	0,1204	0,511294	3,3	3016
S-07-18	Габбро	12,86	54,57	0,1424	0,511573	0,2	3353

Примечание. Величина $\varepsilon_{Nd}(T)$ рассчитана на 2995 млрд лет, T_{DM} – рассчитано по модели [De Paolo et al., 1991].

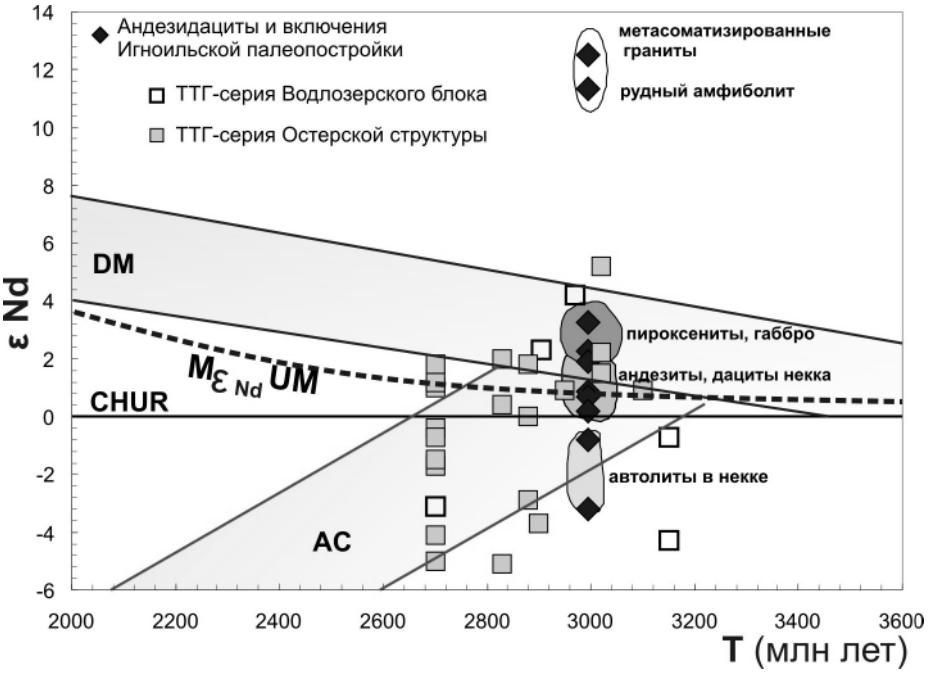


Рис. 6. Диаграмма ε_{Nd} – T для включений (ксенолитов, автолитов) Игнойльской палеовулканической постройки Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса:

$M\varepsilon_{Nd}$ UM – модель эволюции ε_{Nd} во времени для верхней мантии по: [Nagler, Kramers, 1998]. На диаграмме для сравнения приведены составы разновозрастных архейских ТТГ-серий Водлозерского блока и Остерской структуры (Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс) [Лобач-Жученко и др., 2000]. АС – архейская континентальная кора, DM – деплетированная мантия, CHUR – однородный хондритовый резервуар

Выводы

Древнейшая (2995–2945 млн лет) в пределах Карельского кратона мезоархейская островодужная система представлена реликтами вулканических ассоциаций андезитового ряда. Наибольшей сохранностью в островодужном комплексе обладает субвулканическая фаза, сформированная некками (Центральный некк в Игнойльской структуре и ряд других) и многочисленными дайковыми телами, принадлежащими к адакитовой (высококремнистой) серии. Субвулканиты характеризуются следующими составами: SiO_2 53–76 мас. %, Na_2O 2,5–5,6 мас. %, MgO 2,4–5,3 мас. %, высокими концентрациями Sr 260–800 ppm, Ba 350–710 ppm, Zr 115–140 ppm и U 1,1–1,7 ppm и аномально низкими содержаниями ТРЗЭ.

В субвулканических породах среди включений доминируют ксенолиты, автолиты составляют менее 10 % от общего объема включений. По минеральному и геохимическому составу ксенолиты контрастны вмещающим субвулканическим породам, их «основность» не контролируется составом вмещающих пород (в некке андезидацитов присутствуют как более основные, так и более кислые разновидности включений).

Среди выявленных включений выделяются изверженные (габбро, пироксениты, диориты) и метаморфические породы (эпидозиты, амфиболиты).

Минералогическая, геохимическая и изотопная классификация включений позволяет предполагать разноглубинный характер их формирования. Так, пироксениты-габброиды были приурочены к области верхней части мантийного клина, андезибазальты – к флюидонасыщенной области мантийного клина или к коровой части разреза.

Формирование древних островодужных систем (фрагментов мезоархейской континентальной коры) связано с адакитовым магматизмом, отражающим инициальную стадию заложения субдукционных обстановок в регионе. Развитие конвергентной системы проходило в мезоархее в режиме пологой субдукции океанического слэба. В процессы магмогенерации было вовлечено как вещество океанической плиты, так и метасоматизированной мантии (о чем свидетельствуют ксенолиты в адакитах). Пологое погружение именно горячей плиты приводило к ранней дегидратации, что уменьшало степень насыщенности флюидом области мантийного клина. Геохимическое разнообразие генерируемых магматических серий, выраженное сменой пород от адакитов до известково-щелочных и щелочных серий, наблюдаемых в эволюционном развитии вулканических систем Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, возможно, связано с латеральной зональностью субдукционной системы и сменой очагов магмообразования по мере погружения слэба.

Литература

Астафьев Б. Ю. Метасоматиты метаморфических комплексов Карельского кратона: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. СПб., 1996. 25 с.

Лобач-Жученко С. Б., Чекулаев В. П., Арестова Н. А. и др. Архейские террейны Карелии: геологическое и изотопно-геохимическое обоснование // Геотектоника. 2000. № 6. С. 26–42.

Овчинникова Г. В., Матреничев В. А., Левченков О. А., Сергеев С. А. U-Pb и Pb-Pb изотопные исследования кислых вулканитов Хаутаваарской зеленокаменной структуры, Центральная Карелия // Петрология. 1994. Т. 2, № 3. С. 266–281.

Светов С. А. Новые данные по геохимии древнейших (3,05–2,95 млрд лет) андезитовых ассоциаций Восточной Фенноскандии // ДАН. 2003. Т. 388, № 5. С. 664–668.

Светов С. А. Магматические системы зоны перехода океан – континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. 230 с.

Светов С. А. Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. 115 с.

Светов С. А. Архитектура архейских конвергентных систем в сравнении с фанерозойскими аналогами (по данным FME-систематики вулканитов) // Литосфера. 2010. № 3. С. 12–20.

Светов С. А., Светова А. И., Назарова Т. Н. Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс Центральной Карелии – новые геохронологические данные и интерпретация результатов // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 13. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. С. 5–12.

Светова А. И. Архейский вулканизм Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1988. 148 с.

Сергеев С. А. Геология и изотопная геохронология гранит-зеленокаменных комплексов архея Центральной и Юго-Восточной Карелии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. 1989. 24 с.

Стратиграфия докембрия Карелии. Опорные разрезы верхнеархейских отложений. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1992. 190 с.

Федорченко В. И., Родионова Р. И. Ксенолиты в лавах Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1975. 140 с.

Blundy J. O., Holland T. J. B. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer // Contrib. Mineral. Petrol. 1990. Vol. 104, N 2. P. 208–224.

Defant M. J., Drummond M. S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere // Nature. 1990. N 347. P. 662–665.

De Paolo D. J., Linn A. M., Schubert G. The continental crustal age distribution: methods of determining mantle separation ages from Sm-Nd isotopic data and application to the cordilleran Southwestern United States // J. Geophys. 1991. Res. 96. P. 2071–2088.

Gerya T. V., Perchuk L. L. Geopath: a new computer program for geotermobarometry and related calculations with IBM PC // The 15th General meeting, Beijing. Abstracts. 1990. Vol. 2. P.1010.

Hollister L. S., Grissm G. C., Peters E. K. et al. Confirmation of the empirical correlation of the Al in hornblende with pressure of soeiofication of calcalcaline plutons // American Mineralogist. 1987. Vol. 72. P. 231–239.

Kay R. W. Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific Ocean crust // J. Volcanol. Geotherm. Res. 1978. Vol. 4. P. 117–132.

Martin H. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids // Lithos. 1999. Vol. 46. P. 411–429.

Martin H. Archaean and modern granitoids as indicators of changes in geodynamic processes // Rev. Bras. Geoc. 1987. Vol. 17. P. 360–365.

Martin H., Smithies R.H., Rapp R. et al. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 1–24.

McDonough W. F., Sun S. S., Ringwood A. E. et al. Potassium, rubidium, and cesium in the Earth and Moon

and the evolution of the mantle of the Earth // Geochim. Cosmochim. Acta. 1992. Vol. 56 (3). P. 1001– 1012.

Mohan M., Kamber B. S., Piercey S. J. Boron and arsenic in highly evolved Archean felsic rocks: Implications for Archean subduction processes // Earth and Planet. Sci. Letters. 2008. Vol. 274. P. 479–488.

Nagler T. F., Kramers J. D. Nd isotopic evolution of the upper mantle during the Precambrian: models, data and the uncertainty of both // Precambrian Research. 1998. Vol. 91. P. 233–252.

Pearson D. G., Canil D., Shirey S. B. Mantle Samples Included in Volcanic Rocks: Xenoliths and Diamonds // Treatise on geochemistry. Vol. 2. The Mantle and core. Elsevier, 2003. P. 172–260.

Sajona F. G., Maury R. C., Bellon H. et al. Initiation of subduction and the generation of slab melts in western and eastern Mindanao, Philippines // Geology. 1993. Vol. 21. P. 1007–1010.

Sun S. S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // A. D. Saunders, M. J. Norry (eds.). Magmatism in the ocean basins / Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. N 42. P. 313–345.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Светов Сергей Анатольевич
зам. директора, рук. лаборатории, докт. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ssvetov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Svetov, Sergey
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Гоголев Максим Александрович
аспирант
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: mag-333@mail.ru
тел.: (8142) 782753

Gogolev, Maxim
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: mag-333@mail.ru
tel.: (8142) 782753

Светова Алла Ивановна
старший научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ssvetov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Svetova, Alla
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Назарова Татьяна Николаевна
научный сотрудник
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nazarova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Nazarova, Tatyana
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nazarova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 137–144

УДК 549.514.51 (470.22)

РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КВАРЦЕ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Е. Н. Светова, С. А. Светов, Л. А. Данилевская

Институт геологии Карельского научного центра РАН

В статье приводятся результаты прецизионного изучения распределения редких и редкоземельных элементов в кварце различного генезиса: магматическом, постмагматическом, гидротермальном, хемогенном, терригенно-метаморфогенном, пегматитовом. Выявлены существенные различия в геохимической характеристике кварца, установлены основные его геохимические (РЭ и РЗЭ) классификационные типы, коррелирующие с условиями минералообразования.

К л ю ч е в ы е с л о в а : кварц, редкие и редкоземельные элементы, LA-ICP-MS.

E. N. Svetova, S. A. Svetov, L. A. Danilevskaya. RARE AND RARE EARTH ELEMENTS IN QUARTZ AS INDICATORS OF MINEROGENESIS

The article presents the results of precision study of the distribution of rare and rare earth elements in various quartz types: magmatic, post-magmatic, hydrothermal, chemogenic, terrigenic-metamorphogenic, pegmatitic. Significant differences in quartz geochemical characteristics were detected, and the main geochemical types of quartz, which correlate with the minerogenesis conditions, were classified (by RE and REE).

K e y w o r d s : quartz, rare and rare earth elements, LA-ICP-MS.

Введение

Кварц, являясь сквозным минералом земной коры, входит в состав большинства магматических, осадочных и метаморфических пород и гидротермальных ассоциаций. Широкая распространенность кварца, его уникальная полигенность и полихронность, чувствительность к изменению условий кристаллизации обусловили возможность использования данного минерала в качестве модельного объекта для решения большого круга минералогических и геологических проблем, таких как типоморфизм и генетическая информативность минералов, геохимическая характеристика процессов гидротермального рудообразования, магмообразования и многих других [Павлишин, 1983; Юргенсон, 1984; Раков, 2007; Лютоев, 2008 и др.]. Важное значение в таких исследованиях имеют сведения о составе и содержании всегда присутствующих в кварце элементов-примесей, как изоморфно входящих в кристаллическую решетку кварца, так и рассеянных, связанных с наличием субмикроскопических минеральных и флюидных включений. Материалами геохимических исследований кварца различных геологических образований показана правомерность использования геохимии рассеянных примесей в кварце в практике поисков золотого оруденения [Новгородова и др., 1984; Томиленко и др., 2008; Cao et al., 2010 и др.], при изучении вопросов, связанных с происхождением гранитоидов [Ляхович, 1991], установлена инди-

каторная роль элементов-примесей в кварце при реконструкции условий формирования разновозрастных магматических формаций и их эволюции в результате наложенных процессов [Гурбанов и др., 1999].

В настоящей работе приводятся новые данные о содержании редких и редкоземельных элементов-примесей в жильном и породообразующем кварце, позволившие выявить его геохимическую спецификацию на примере мезоархейских и палеопротерозойских породных комплексов Карело-Кольского региона.

Материал и методы

Основу исследования составили известные и геолого-петрологически изученные объекты, отражающие различные условия формирования породных парагенезов и, в частности, кварца, присутствующего в этих породных литотипах. Изучалась авторская коллекция, включающая генетически контрастные разновидности кварца: магматический и постмагматический, осадочно-хемогенный, гидротермальный, пегматитовый и терригенно-метаморфический.

Для характеристики *магматического* (первично магматического) кварца использованы пробы массивных андезитовых лав («кварцевых порфиров») сумийского возраста (Лехтинская структура, обр. Qp-26) и порфировых субвулканических дацитов лопия (адакитовый некк Игнойльской структуры, обр. Qp-25) [Светов, 2009]. В данных вулканических породах кварц формирует порфировые вкрапленники размером до 4–5 мм и является равновесной первично магматической фазой. Петрографическое изучение кварца показало отсутствие в нем минеральных включений и однородную внутреннюю структуру.

Постмагматический кварц изучен на примере кварцевых миндалин из массивных лавовых потоков андезибазальтов сумийского возраста Эльмусской, Кумсинской и Семченской структур (обр. Qp-1, Qp-2, Qp-3). Миндалины представляют собой округлые образования (от 1–2 до 50 см в диаметре) в кровельных частях потока, имеют «слоистую» структуру. Сложены миндалины преимущественно кварцем (90 %), в незначительном количестве присутствуют серицит, хлорит.

Изучение *осадочно-хемогенного* кварца реализовано на примере мезоархейских силицитов – кремнистых образований, широко развитых среди вулканогенно-осадочных фаций древнейшей островодужной и океанической ассоциации Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса в пределах Койкарской (обр. Qp-23) и Эльмусской структур (обр. Qp-19, Qp-24). Формирование силицитов связано с поступлением кремнезема из вулканических очагов или высвобождением его из вулканических пород при поствулканических процессах. Характерным диагностическим признаком силицитов является их афанитовый облик, выделяются слоистые, однородные массивные, сливные и конкреционные разности, между которыми существуют взаимопереходы [Рыбаков, Светова, 1975; Светова, 1988]. Породы имеют светло-серую, зеленовато-серую, реже красноватую окраску, обусловленную примесью тонкорассеянного органического вещества, соединений железа. В минеральном составе силицитов преобладает тонкозернистый халцедон (частично перекристаллизованный в ходе регионального метаморфизма в кварц, слагает породу на 75–80 %), в виде примесей и отдельных метаморфических включений присутствуют серицит, альбит, калиевый полевой шпат, биотит, мусковит. В качестве акцессорных минералов выявлено небольшое количество зерен терригенного циркона (чаще всего осколков зерен, имеющих деформированные, окатанные, корродированные формы), а также редкие минеральные индивиды группы фергюсонита-самарскита (ниобаты).

Гидротермальный кварц в коллекции представлен пробами различных типов кварца кварцево-жильных проявлений и месторождений Карело-Кольской кварценосной провинции. Изучен молочно-белый катаклазированный кварц месторождения Фенькина-Лампи, образованный в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма и претерпевший кристаллизационные изменения с понижением температур. Проанализированный первичный кварц (обр. Ф-32) характеризуется повышенной газонасыщенностью, фрагментарной, мозаичной микроструктурой и наличием сети мелких прожилков с вторичным мелкозернистым, грануломорфным прозрачным кварцем и кристаллами в полостях. Частично гранулированный полупрозрачный кварц (обр. 636) из линзовидной жилы, локализованной в кварц-мусковитовых сланцах пачки *В* [Бельков, 1963] Хребта Серповидного (Большие Кейвы), сформирован в условиях эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма и характеризуется гетеробластовой структурой с проявлением собирательной рекристаллизации, низкой газонасыщенностью. Изучен также жильный серовато-белый полупрозрачный кварц с гранобластовой равновесной структурой (близкий к гранулированному) из небольшой субсогласной кварцевой жилы в слюди-

стых сланцах района Юханкоски (обр. Ю-2, Приладожье). Кроме того, исследован молочно-белый кварц из поздних гидротермальных жил Эльмусской (Qp-20) и Койкарской структур (Qp-22), имеющих золоторудную специализацию [Иващенко, Голубев, 2011].

Характеристика *пегматитового* кварца основана на изучении молочно-белого кварца месторождения мусковитовых пегматитов Риколатва, отобранного из отвалов шахт (обр. РКЛ-1). Это типичный кварц для данного типа месторождений Беломорской пегматитовой провинции, слагающий блоковые участки ядерных частей жил. Для кварца характерны молочно-белая окраска, обусловленная повышенной газонасыщенностью, и проявление перекристаллизации с укрупнением зерен. Пластические деформации наблюдаются в виде факелов и пластинок деформации, облачного, прерывистого погасания одновременно с блокованием.

В качестве дополнительных объектов для сопоставления нами были изучены пробы кварца *терригенно-метаморфического* происхождения из: суперзрелых палеопротерозойских кварцитов Шокшинской структуры (обр. Q-18); серых плотных кварцитов месторождения Рижгубское (Кольский п-ов), входящих в состав туфогенно-осадочной толщи имандра-варзугской серии мезопротерозоя, образованных в условиях неглубокого бассейна и метаморфизованных в условиях низкотемпературной хлорит-актинолитовой фации метаморфизма (обр. РЖ-3); темно-серых плотных ятулийских кварцитов п-ова Питкяниеми (Малое Янисъярви, Северное Приладожье, обр. ПТ-15), сформированных в условиях начальных стадий метаморфизма зеленосланцевой фации.

Исследования включали несколько этапов. На предварительной стадии использовался комплекс методов минералого-литологического и петрографического исследования, позволивший уточнить и дополнить геологическую и генетическую характеристику исходных объектов. Для контроля фазовой чистоты некоторые образцы кварца проанализированы рентгенофазовым методом. Далее выполнялись аналитические работы, основанные на прецизионном изучении содержания редких и редкоземельных элементов в кварце методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в сочетании с лазерной абляцией проб (LA-ICP-MS). Микроэлементный состав кварца изучен на квадрупольном масс-спектрометре X-SERIES-2 фирмы Terhmo scientific с приставкой лазерной абляции UP-266 Macro фирмы New Wave research (лазер Nd:YAG, длина волны излучения 266 нм, энергия импульса – 0,133 мДж, скорость сканирования – 70 мкм/с, частота повторения импульса 10 Гц, диаметр пятна абляции – 515 мкм). Расчет концентрации элементов производился методом внешней калибровки с использованием стандартного образца NIST 612. В ходе анализа выполнялось определение 42 рассеянных элементов: Li, Be, Sc, Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. Погрешность определения концентраций большинства элементов не превышала 15 %.

Пробоподготовка включала изготовление пластинок из образцов кварца размером до 1×1 см, для эксперимента выбирались участки кварца, имеющие максимально гомогенное строение с минимальным количеством минеральных включений. Для очистки возможного лабораторного загрязнения поверхности исследуемого образца в ходе предварительных исследований верхняя часть пробы испарялась холостым проходом лазера без проведения измерений (с идентичными параметрами его работы).

Для получения статистически достоверных результатов измерение концентраций элементов проводилось по профилю в пяти точках каждой пробы. По результатам исследования была сформирована база данных, включающая более 100 прецизионных определений.

Обсуждение результатов

По данным прецизионного LA-ICP-MS анализа кварц всех изучаемых генетических групп содержит широкий набор элементов-примесей (табл.). Отмечаются существенные вариации концентрации отдельных элементов в разных генетических типах кварца. Наиболее значимые отличия в концентрациях выявлены для флюид-мобильных элементов (Be, Li, As), транзитных (Cu), высокозарядных (Sc, Y, Zr, Nb, Ti) и крупноионных литофильных элементов (Rb, Ba, Sr), что, несомненно, связано с условиями кристаллизации кварцевой фазы.

На спайдерграммах содержаний элементов-примесей в исследуемых пробах кварца, нормированных к составу верхней континентальной коры [McLennan, 2001], видны значительные отличия как в топологии трендов (уровне концентрации редких, редкоземельных элементов), так и характере наблюдаемых аномалий (рис. 1).

Содержание редких и редкоземельных элементов в породообразующем и жильном кварце по данным LA-ICP-MS анализа, ppm

Элемент	Магматический		Постмагматический			Осадочно-хемоген-ный			Терригенно-метамор-фогенный			Гидротермальный					Пегмати-товый
	Qp-26	Qp-25	Qp-3	Qp-1	Qp-2	Qp-24	Qp-23	Qp-19	Qp-18	ПТ-15	РЖ-3	636	Ю-2	Ф-32	Qp-22	Qp-20	РКЛ-1
Li	12,3	5,75	3,78	5,54	6,32	5,59	5,95	4,35	6,43	6,03	5,12	46,5	31,9	10,4	0,89	1,06	64,9
Be	3,54	1,73	0,10	0,10	0,17	1,86	1,56	1,21	0,32	0,67	0,23	0,03	0,06	0,02	0,02	0,00	0,20
Sc	23,4	17,1	31,3	32,7	30,3	17,9	18,6	12,3	23,8	23,3	18,6	20,8	23,2	81,1	22,8	14,2	52,8
Ti	524	51,7	45,0	66,2	73,6	20,6	410,1	18,6	37,1	230	100	6,1	9,9	9,1	1,5	1,9	6,9
V	9,6	3,3	0,1	0,6	3,9	0,5	0,6	0,4	3,7	74,7	18,8	1,9	2,2	3,6	1,1	0,2	2,4
Co	1,27	1,38	0,22	0,26	0,39	0,07	0,44	0,05	0,89	1,84	3,33	0,15	0,30	0,27	0,08	0,15	0,16
Ni	9,54	7,62	7,98	9,18	9,42	3,86	5,34	3,40	14,0	14,9	13,1	10,9	20,1	30,0	12,4	8,18	22,0
Cu	1,50	1,13	12,7	13,8	13,66	0,31	1,19	0,75	3,23	28,4	5,00	3,20	11,9	17,5	1,58	0,43	7,69
Zn	15,2	5,47	2,00	3,63	3,42	10,7	5,29	7,98	7,32	75,7	18,6	4,04	18,6	15,8	1,14	0,76	13,0
Ga	13,5	15,4	0,22	3,07	0,92	16,6	12,1	13,2	2,69	5,39	3,06	0,33	0,27	0,68	0,04	0,04	0,27
Ge	1,08	1,18	0,57	4,98	3,71	1,12	1,49	0,92	0,80	1,24	1,09	0,63	1,21	0,89	0,28	0,17	2,01
As	0,18	1,25	2,90	3,29	4,07	1,36	1,30	0,62	0,54	1,66	1,22	0,36	0,44	8,66	0,94	0,24	3,63
Rb	162	19,4	0,92	1,00	13,2	71,1	91,2	84,9	18,5	12,5	15,9	0,89	1,00	1,63	0,33	0,14	1,10
Sr	39,3	200	0,88	0,95	0,50	35,7	16,7	20,5	5,59	24,9	33,8	1,51	1,83	11,7	3,63	3,91	1,92
Y	12,8	7,96	0,04	0,12	0,19	28,5	80,5	20,2	1,97	32,8	6,22	0,19	0,16	0,25	0,08	0,04	0,09
Zr	108	60,8	0,13	0,27	0,58	99	340	100	54,4	288	26,7	0,60	1,35	1,45	0,11	0,07	0,67
Nb	10,9	8,26	0,05	0,08	0,52	19,7	34,2	7,59	0,47	5,09	1,57	0,20	0,20	0,32	0,01	0,02	0,16
Ag	0,04	0,04	0,52	0,58	0,72	0,04	0,07	0,03	0,04	0,15	0,23	0,03	0,06	0,17	0,03	0,03	0,10
In	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00
Sn	2,89	1,04	1,22	1,45	1,15	1,60	1,15	0,80	0,24	1,78	1,17	0,63	2,25	2,21	0,08	0,07	0,91
Sb	0,03	0,10	0,03	0,21	0,06	0,77	1,19	0,48	0,10	0,29	0,31	0,15	0,21	0,37	0,03	0,11	0,11
Ba	580	340	1,99	0,39	21,4	217	729	260	201	294	61,9	2,36	3,14	21,0	7,19	0,56	1,95
La	10,6	4,06	0,06	0,22	0,12	0,94	38,3	0,43	1,47	2,62	9,01	0,73	0,68	1,06	0,04	0,01	0,67
Ce	14,7	7,40	0,03	0,22	0,15	3,45	85,1	1,71	4,41	6,38	18,4	0,62	0,66	0,96	0,12	0,02	0,32
Pr	1,50	1,07	0,02	0,03	0,02	0,47	11,1	0,21	0,40	1,19	2,33	0,14	0,07	0,12	0,01	0,01	0,06
Nd	5,63	3,92	0,03	1,14	0,09	2,01	44,9	0,92	1,34	6,14	8,91	0,28	0,26	0,34	0,03	0,01	0,22
Sm	1,12	0,75	0,002	0,05	0,01	1,41	10,3	0,60	0,22	2,34	1,73	0,10	0,03	0,05	0,01	0,003	0,02
Eu	0,95	0,64	0,01	0,01	0,01	0,45	1,40	0,36	0,18	0,66	0,43	0,04	0,02	0,05	0,02	0,004	0,01
Gd	1,44	0,75	0,01	0,02	0,04	2,92	12,5	1,24	0,25	4,11	1,65	0,05	0,04	0,09	0,02	0,01	0,02
Tb	0,25	0,13	0,002	0,003	0,003	0,74	1,71	0,37	0,04	0,71	0,23	0,013	0,005	0,006	0,001	0,001	0,006
Dy	1,64	0,96	0,004	0,026	0,038	5,13	11,6	2,79	0,33	5,01	1,16	0,052	0,023	0,035	0,005	0,002	0,019
Ho	0,44	0,25	0,004	0,003	0,009	1,10	2,61	0,0	0,07	1,02	0,22	0,005	0,004	0,010	0,001	0,001	0,002
Er	1,40	0,85	0,004	0,004	0,022	3,04	8,71	2,29	0,23	2,54	0,63	0,016	0,007	0,018	0,006	0,001	0,009
Tm	0,25	0,16	0,001	0,004	0,006	0,44	1,44	0,41	0,04	0,35	0,11	0,004	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001
Yb	1,80	1,10	0,002	0,006	0,016	2,88	10,5	2,89	0,34	2,18	1,09	0,020	0,008	0,017	0,006	0,001	0,006
Lu	0,29	0,13	0,000	0,002	0,003	0,40	1,61	0,45	0,05	0,31	0,11	0,004	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001
Hf	4,37	2,77	0,003	0,011	0,020	5,56	13,5	5,19	1,57	8,73	0,73	0,02	0,04	0,05	0,001	0,002	0,01
Ta	2,86	1,43	0,007	0,004	0,21	2,85	5,47	2,26	0,61	0,95	0,22	0,02	0,02	0,03	0,002	0,001	0,01
Th	6,09	11,6	0,02	0,15	0,12	13,6	24,1	4,19	1,44	18,7	2,61	0,14	0,09	0,26	0,008	0,005	0,13
U	0,76	3,28	0,01	0,07	0,21	1,30	3,00	1,09	0,36	3,15	1,07	0,06	0,04	0,21	0,003	0,022	0,06
Ce/Ce*	0,79	0,85	0,23	0,57	0,72	1,26	1,00	1,38	1,38	0,88	0,96	0,44	0,59	0,54	1,3	0,77	0,30

Примечание. Анализы выполнены методом LA-ICP-MS в Институте геологии КарНЦ РАН (аналитик А. С. Парамонов). Значения концентраций элементов усреднены по данным пяти измерений для каждой пробы.

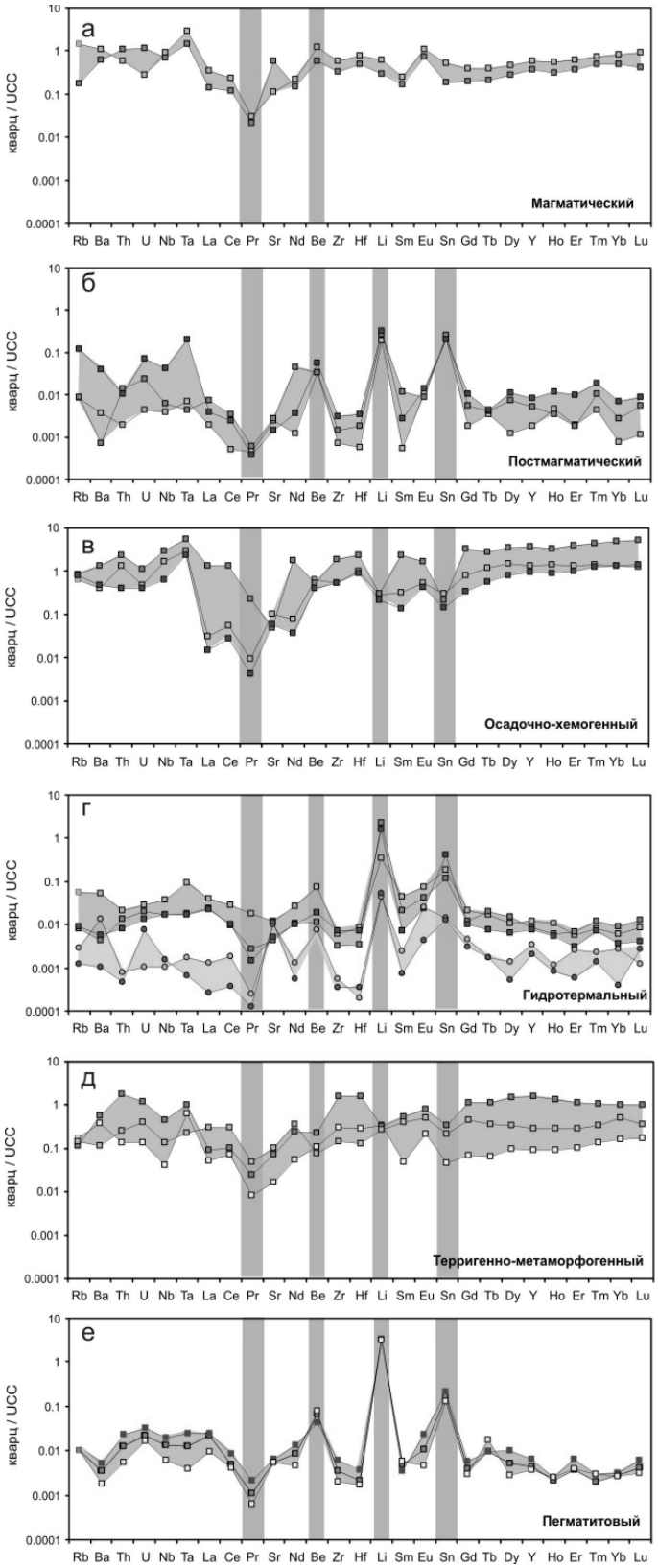


Рис. 1. Нормированные к верхней континентальной коре [McLennan, 2001] концентрации элементов примесей в генетически различных типах кварца

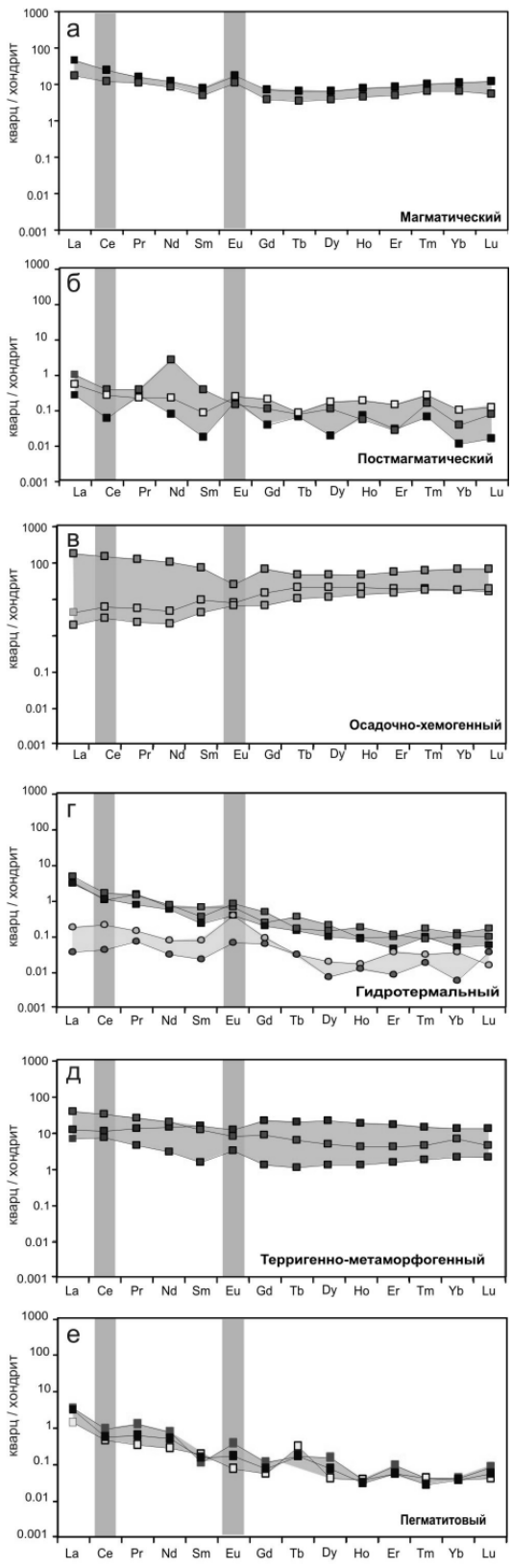


Рис. 2. Нормированные на хондрит [Sun, McDonough 1989] спектры распределения РЗЭ в генетически различных типах кварца

Рассмотрим особенности основных типов кварца с учетом характеристических элементных концентраций и величины цериевой аномалии Ce/Ce*, где Ce – нормированное на хондрит содержание Ce, Ce* – среднее значение между нормированными на хондрит концентрациями La и Pr.

Магматический кварц. Содержит минимальное количество примесных минеральных включений (<1 %). Для кварца характерны высокие концентрации Ba (340–580 ppm), Zr (60–108 ppm), Sr, Th, Ta, Hf. На спайдерграммах проявлены отчетливый минимум по Pr и максимумы по Ta, Be и Eu (рис. 1, а). Содержание РЭ и РЗЭ в магматическом кварце находится на уровне состава верхней континентальной коры. Нормированное на хондрит распределение РЗЭ в магматическом кварце является слабофракционированным, отмечается обогащенность легкими РЗЭ и выраженная европиевая аномалия, уровень содержания РЗЭ превышает хондритовый на порядок (рис. 2, а). Величина цериевой аномалии Ce/Ce* для проб магматического кварца составляет 0,79–0,85, что сопоставимо с характеристикой вмещающих пород, испытавших незначительные метаморфические преобразования.

Постмагматический кварц. Содержит незначительную примесь серицита, хлорита (до 10 %). Для данного типа кварца характерны низкие концентрации Ba (0,4–21 ppm), Nb (<1 ppm) и всех РЗЭ. Содержание РЭ и РЗЭ значительно ниже их концентраций в верхней континентальной коре. Спектры имеют отчетливые минимумы по Ba, Th, Pr, Sm, Yb и максимумы по Be, Li, Sn (рис. 1, б). Нормированное к хондриту распределение РЗЭ в постмагматическом кварце является фракционированным, отмечается незначительная обогащенность легкими РЗЭ, присутствует слабопроявленная положительная европиевая аномалия (рис. 2, б). Уровень содержания РЗЭ в постмагматическом кварце на один-два порядка ниже уровня хондрита. Величина цериевой аномалии Ce/Ce* составляет 0,23–0,72, что свидетельствует об обедненности постмагматической системы примесными элементами.

Осадочно-хемогенный кварц. Содержит такие примесные минеральные фазы, как серицит, альбит, калиевый полевой шпат, биотит, мусковит (около 20 %). На спайдерграммах силицитов отчетливо фиксируются минимумы по Pr, Li, Sn (рис. 1, в). Содержание РЭ и РЗЭ в хемогенном кварце соответствует или несколько ниже состава верхней континентальной коры. Отдельные пробы отличаются аномально высокими концентрациями Zr (до 340 ppm), что связано с присутствием терригенного циркона в акцессорной фазе силицитов. Нормированное на хондрит распределение РЗЭ в силицитах является слабофракционированным, отмечается как слабая обогащенность (обр. Qp-23), так и обедненность легкими РЗЭ (обр. Qp-19, Q-24), общий уровень содержания РЗЭ выше хондритового на один-два порядка (рис. 2, в). Величина цериевой аномалии Ce/Ce* варьирует от 1 до 1,38, что согласуется с данными по силицитам в целом.

Гидротермальный кварц. По распределению элементов-примесей близок характеристике постмагматического кварца. Отличается низкими концентрациями примесных минеральных фаз. На спайдерграммах отчетливо выделяются 2 группы кварца, отличающиеся уровнем содержания рассеянных элементов, но имеющие близкую топологию спектра (рис. 1, г). В группу кварца с более высоким содержанием рассеянных элементов объединены кварцевые пробы безрудных жил (обр. Ф-32, 636, Ю-2). В кварце гидротермальных жил, связанных с золоторудной минерализацией (обр. Qp-20, Qp-22), содержание рассеянных элементов-примесей на порядок меньше. Подобная закономерность отмечалась и другими авторами, в частности, при изучении РЗЭ в кварце золоторудного месторождения Shihu (Северный Китай) [Cao et al., 2010]. Для спектров распределения рассеянных элементов в рудном и безрудном кварце характерны общие положительные аномалии по Be, Li, Sn и отчетливые минимумы по Pr, Zr, Hf, Sm, что является типичным для жильного кварца некоторых других объектов, например, позднедевонских гидротермальных жил провинции Twin Hills (Северо-Восточная Австралия) [Uysal et al., 2011]. Уровень содержания РЭ и РЗЭ в гидротермальном кварце на один – три порядка ниже, чем в верхней континентальной коре. Распределение РЗЭ, нормированных к хондриту в гидротермальном кварце, является слабофракционированным, отмечаются обогащенность легкими РЗЭ и слабо выраженная положительная европиевая аномалия, общий уровень содержания РЗЭ близок к хондритовому или несколько ниже (рис. 2, г). Значение цериевой аномалии Ce/Ce*в изученных пробах гидротермального кварца максимально варьирует от 0,4 до 1,3.

Терригенно-метаморфогенный кварц. На спайдерграммах терригенно-метаморфогенного кварца проявлены отчетливые минимумы по Pr, Be, Sn и максимумы по Ba, Ta, Zr, Hf (рис. 1, д). Содержание РЭ и РЗЭ находится чуть ниже уровня состава верхней континентальной коры.

Распределение РЗЭ, нормированных к хондриту в терригенно-метаморфогенном кварце, не фракционировано (рис. 2, д), общий уровень содержания РЗЭ превышает хондритовый на порядок. Значение Ce/Ce* для кварца и кварцитов идентично и составляет 0,88–1,38.

Пегматитовый кварц. На спайдерграммах отчетливо проявлены положительные аномалии Be, Li, Sn и отрицательные Ba, Pr, Ze, Hf, Sm, что подобно спектрам, описывающим распределение элементов-примесей в гидротермальном и постмагматическом кварце (рис. 1, е). По уровню содержания РЭ и РЗЭ пегматитовый кварц также близок к гидротермальному и постмагматическому. Нормированное на хондрит распределение РЗЭ в пегматитовом кварце является слабофракционированным, отмечается обогащенность легкими РЗЭ (рис. 2, е). Общий уровень содержания РЗЭ несколько ниже хондритового. Величина цериевой аномалии составляет 0,3, что свидетельствует о значительном обеднении системы и возможном выносе рассеянных элементов.

Приведенные данные свидетельствуют о существовании вполне определенных отличий в геохимических особенностях кварца, что непосредственно коррелирует с составом и количеством ультрамелких примесных минеральных фаз в кварце и отражает специфические условия кристаллизации.

Выводы

Таким образом, по результатам LA-ICP-MS анализа породообразующего и жильного кварца выявлены основные закономерности в распределении редких и редкоземельных элементов в генетически контрастных кварцевых разновидностях. На примере исследуемой коллекции можно выделить три характеристические геохимические группы кварца, отличающиеся как по степени обогащенности редкими и редкоземельными элементами, так и по характеру соотношений их концентраций. Первая группа представлена магматическим кварцем, вторая объединяет гидротермальный, постмагматический и пегматитовый кварц, третью группу образует кварц хемогенного и терригенно-метаморфогенного происхождения. Выявленная геохимическая спецификация кварца связана с наличием в нем ультрамелких минеральных твердых и флюидных включений, отражающих «геохимический фон» определенной минералообразующей среды. Показано, что наиболее чистым (по содержанию минеральных включений) и геохимически более «стерильным» является кварц гидротермальных жил, пегматитов и кварц, сформированный на постмагматической стадии вулканической деятельности, что обусловлено обедненностью гидротермальных и постмагматических систем высокозарядными и редкоземельными элементами.

Установлены различия в геохимическом характере кварца гидротермальных жил, имеющих золоторудную специализацию, и кварца безрудных объектов, которые проявляются в контрастных уровнях концентрации редких и редкоземельных элементов, что может стать важным маркером золоторудной минерализации при гидротермальных процессах. Однако для более убедительных и корректных выводов об индикаторной роли рассеянных элементов необходимо проведение детальных исследований.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что данные о содержании и распределении рассеянных элементов в кварце могут быть использованы в качестве геохимического маркера при реконструкции условий минералообразования в магматических, метаморфических и гидротермальных системах, а также использоваться в ходе литологического изучения терригенно-осадочных породных комплексов при анализе источников поступления обломочного материала.

Литература

Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 320 с.

Гурбанов А. Г., Чернуха Ф. П., Кощуг Д. Г. и др. ЭПР спектроскопия и геохимия породообразующего кварца из пород разновозрастных магматических формаций Большого Кавказа как индикатор наложенных процессов // Геохимия. 1999. № 6. С. 589–604.

Иващенко В. И., Голубев А. И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 369 с.

Лютоев В. П. Генетическое и материаловедческое значение структурных дефектов в кристаллозернистом кварце // Минералы и минералообразование, структура, разнообразие и эволюция минерального мира, роль минералов в происхождении и развитии жизни, биоминеральные взаимодействия. Сыктывкар: Геопринт, 2008. С. 124–189.

Ляхович Т. Т. Геохимические особенности кварца гранитоидов корового и мантийного происхождения // Геохимия. 1991. № 2. С. 288–291.

Новгородова М. И., Веретенников В. М., Боярская Р. В., Дрынкин В. И. Геохимия элементов-примесей в золотоносном кварце // Геохимия. 1984. № 3. С. 370–383.

Павлишин В. И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. Киев: Наукова Думка, 1983. 233 с.

Раков Л. Т. Научные основы применения структурных дефектов в кварце в качестве индикатора минералообразования: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. М., 2007. 46 с.

Рыбаков С. И., Светова А. И. Конкреции в вулканогенно-осадочных отложениях раннего протерозоя Карелии // Литология и полезные ископаемые. 1975. № 1. С. 161–166.

Светов С. А. Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. 115 с.

Светова А. И. Архейский вулканизм Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1988. 148 с.

Томиленко А. А., Гибшер Н. А., Козьменко О. А. и др. Лантаноиды во флюидных включениях, кварце и зеленых сланцах из золотоносных и безрудных кварцево-жильных зон Советского кварц-золоторудного месторождения, Енисейский Кряж, Россия // Геохимия. 2008. № 4. С. 438–444.

Юргенсон Г. А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. М.: Недра, 1984. 149 с.

Cao Y., Li Sh., Yao M., Zhang H. Significance of quartz REE geochemistry, Shihu gold deposit, western Hebei Province, North China, using LA-ICP-MS // Frontiers of earth science in China. 2010. Vol. 4, N 3. P. 337–344.

McLennan S. M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust // Geochemistry, Geophysics, Geosystems 2, 2001. Art. No. 2000GC000109.

Sun S. S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // A. D. Saunders, M. J. Norry (eds.). Magmatism in the ocean basins / Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. N 42. P. 313–345.

Uysal T., Gasparon M., Bolhar R. et al. Trace element composition of near-surface silica deposits – A powerful tool for detecting hydrothermal mineral and energy resources // Chemical Geology. 2011. N 280. P. 154–169.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Светова Евгения Николаевна
старший научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ensvetova@igkrc.ru

Svetova, Evgeniya
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ensvetova@igkrc.ru

Светов Сергей Анатольевич
зам. директора, рук. лаборатории, докт. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ssvetov@krc.karelia.ru
тел. (8142) 782753

Svetov, Sergey
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Данилевская Людмила Александровна
старший научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: danilevs@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768092

Danilevskaya, Lyudmila
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: danilevs@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768092

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 145–156

УДК 553.9+001.8

БИОГЕННАЯ ГИПОТЕЗА ГЕНЕЗИСА ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ МЕТАСАПРОПЕЛИТОВ

М. М. Филиппов

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Изложены методологические принципы научной дискуссии по проблемам генезиса высокоуглеродистых пород (метасапропелитов) нижнего протерозоя Онежской структуры. Проанализированы доводы сторонников биогенной гипотезы с включением диапировой модели формирования залежей максовитов и шунгитов. Породы представлены как следствие многоэтапного процесса – от накопления сапропелевых осадков до дифференциации органоминерального вещества по плотности при развитии складок нагнетания. Рассмотрена возможность открытия крупных залежей максовитов на территории Толвуйской синклинали. Представлен краткий анализ доводов сторонников абиогенной гипотезы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: метасапропелиты, шунгит, максовит, шунгитоносные породы, нижний протерозой, генезис, методология исследования, биогенная гипотеза, диапировая модель.

M. M. Filippov. THE BIOGENIC HYPOTHESIS OF THE GENESIS OF PALEOPROTEROZOIC METASAPROPELITE

The author discusses the methodology of the diapir model – a new hypothesis of the genesis of maxovites and shungites. The rocks appear as the result of a complex multistage process: from accumulation of sapropel matter to its differentiation by density as diapirs developed. Comprehensive consideration of all arguments in support of application of the diapir model to the geochemical, lithological, and geological (structural localization) aspects of shungite matter, shungite bearing rocks, and their deposits leads to the conclusion that the biogenic hypothesis is more relevant than the non-biogenic one.

K e y w o r d s: metasapropelite, shungite, maxovite, shungite bearing rocks, the Paleoproterozoic, genesis, research methodology, biogenic hypothesis, diapir model.

Введение

Научный и практический интерес к шунгитоносным породам и твердым битумам протерозоя Карелии выражается в многочисленных публикациях как в отечественных, так и в зарубежных изданиях. Это не случайно, поскольку до настоящего времени в полной мере не исследован генезис органического вещества (ОВ), которое из-за высокой степени углефикации утратило многие генетические признаки. Породы, содержащие шунгитовое вещество*, востребованы практикой, поэтому важно понять закономерности формирования и локализации залежей, факторы метаморфизма, определяющего направления их использования. За длительную

* Шунгитовое вещество – ОВ, находящееся на апоантрацитовой стадии углефикации.

историю изучения шунгитоносных пород сформулировано несколько гипотез их генезиса, однако полноценная и развернутая дискуссия по этой проблеме до сих пор не состоялась. Приходится сталкиваться с тем, что в ряде публикаций дается взаимоисключающая интерпретация одних и тех же фактов, приводятся расплывчатые доводы в пользу высказываемых мнений, нередко точка зрения абсолютно не подкреплена объективной информацией. Авторы допускают вольное обращение с терминами и базовыми понятиями, выводы в некоторых публикациях носят налет наивного мифотворчества. Широкое обсуждение нерешенных вопросов, к сожалению, до настоящего времени не проведено даже на специальных конференциях [Углеродсодержащие формации..., 1998; Органическая минералогия, 2005], поскольку их программы были перегружены, тематика очень разнообразная, для работы «круглых столов» отводилось ограниченное время. Все это не способствовало выработке общепринятых терминов, отбору достоверных фактов и, в конечном счете, развитию базовых гипотез. В статье с позиций биогенной гипотезы изложены основные методологические принципы и способы организации экспериментальных и теоретических исследований метасапропелитов Онежской структуры, что, по мнению автора, позволит начать профессиональное, непредвзятое обсуждение, продвинуться в решении проблемы генезиса шунгитового вещества, шунгитоносных пород и их месторождений.

Система доказательств в биогенной гипотезе генезиса шунгитов и максовитов*

Основная масса шунгитового вещества заключена в верхней подсвите заонежской свиты людиковийского надгоризонта Онежской синклинорной структуры, расположенной на юго-востоке Карельского кратона. На архейском основании залегают осадочно-вулканогенные образования карельского комплекса: морские ятулийские и заонежские, субаэральные суйсарские и калевийские, общей мощностью до 3,0 км. По мнению ряда исследователей [Геология..., 1982; Билибина и др., 1991; Ахмедов, 1997], структура является наложенной протоплатформенной впадиной, контролируемой системой глубинных разломов; другие исследователи рассматривают ее как часть долгоживущей рифтовой системы [Суйсарский..., 1999], либо как не получивший развития авлакоген, геодинамически связанный с людиковийскими структурами растяжения коры [Хейсканен, 1990]. Осадконакопление сопровождалось базальтовым платформенным вулканизмом и разнообразным вулканизмом рифтогенного типа. Возраст людиковийского надгоризонта определен (РМСК 1992 г.) интервалом 2080 ± 20 млн лет – нижний и 1950 ± 10 млн лет – верхний. Накопление ОВ приурочено к формированию глинисто-карбонатных осадков и происходило в условиях мелководного бассейна. На территории Толвуйской синклинали в подсвите выделено три пачки углеродсодержащих пород и девять горизонтов с содержанием $C_{орг}$ более 20 % [Михайлов, Купряков, 1985]. Первая пачка – туфогенно-осадочные породы с карбонатными прослоями и сульфидной вкрапленностью, покровы и отдельные потоки базальтов и андезитобазальтов, базальтовые туфы и туффиты [Геология..., 1982]. В пачке выделено три горизонта углеродсодержащих пород мощностью от 12 до 35 м, среди которых известны локальные залежи метасапропелитов с содержанием углерода до 45 %. Вторая пачка – углеродсодержащие алевролиты, кварц-серицит-биотитовые породы, доломиты, лидиты, силлы габбродолеритов. В ней шесть горизонтов метасапропелитов мощностью от 5 до 20 м, среди которых также известны локальные залежи метасапропелитов с содержанием $C_{орг}$ 15–80 %. Третья пачка сложена туфоконгломератами, углеродсодержащими алевролитами, кварц-биотит-серицитовыми, биотит-альбит-кварцевыми породами с прослоями доломитов. Горизонты высокоуглеродистых пород не обнаружены. Мощность верхней подсвиты 600–650 м. Все породы дислоцированы и испытали метаморфизм фации зеленых сланцев.

Месторождения максовитов представлены купольными телами и детально изучены на примере Максовского месторождения. В структурном отношении это близкая к изометричной антиклинальная складка четвертого порядка, которая в центральной части имеет амплитуду до 120 м. Складка приурочена к антиклинальной структуре третьего порядка (к Максовскому валу Толвуйской синклинали), имеет зональность в распределении углерода и минерального вещества. Особенности строения тел шунгитов достаточно полно исследованы на примере месторождения Шуньга. Это субпластовые тела небольшой мощности (до 4,5 м), субсогласные с вмещающими породами, слагающими северо-восточное крыло антиклинальной складки третьего порядка Хмельозерской синклинали.

* Максовиты и шунгиты – шунгитоносные породы (метасапропелиты), содержат соответственно 10–45 и 45–80 % углерода (шунгитового вещества), плотные, пелитоморфные. Максовиты – массивные и брекчированные, шунгиты имеют параллелепипедальную отдельность, напоминают антрацит.

За длительную историю изучения шунгитоносных пород получен обширный материал, подтверждающий биогенную природу ОВ метасапропелитов. Н. И. Рябов [1933] рассматривал шунгиты как древнейшие органогенные образования – сапропелиты. Н. А. Орлов и др. [1934] высказали предположение о прижизненном накоплении V и Ni «морскими растениями и животными». Я. Э. Юдович и М. П. Кетрис [1988] на основе геохимических признаков (содержание биофильных элементов) обосновали аналогию между шунгитоносными породами протерозоя Карелии и сапропелитами разного возраста. К. Ранкама [Rankama, 1948], опираясь на методологически выдержанный анализ изотопного состава широкого круга природных ОВ, сделал вывод о биогенном происхождении шунгитов Шуньгского месторождения. П. А. Борисов [1956] считал, что шунгитоносные породы – это метаморфизованные сапропелиты; их накопление проходило «в обстановке стоячих мелководных водоемов», где интенсивно развивалась примитивная жизнь, преимущественно водоросли. Осадки «постоянно обогащались растительными остатками богатой флоры»; в дальнейшем превращались в «сапропели» и «битуминозные» породы. А. В. Сидоренко и С. А. Сидоренко [1971] обосновали аналогию накопления ОВ в докембрии и в фанерозое. Шунгитоносные породы отнесены к биолитогенным образованиям; среди аналогов шунгитоносных пород названы сапропелевые осадки Черного моря, горючие сланцы формации Грин-Ривер, сланцы Волжско-Печерского региона, кукерситы Эстонии, протерозойские сланцы Оутокумпу, т. е. доманикоидные формации разного возраста. Для доказательства биогенного происхождения шунгитового вещества использован состав остаточных битумоидов. Микрофоссилии в шунгитоносных породах впервые обнаружены В. И. Горловым в 1965 г. [1984]. Среди факторов, способствовавших накоплению ОВ, указываются: вулканизм и активные поствулканические процессы, благоприятный температурный режим и фациальные условия осадконакопления, сорбция ОВ глинистыми частицами. А. Г. Вологдин [1970] в шунгитоносных породах заонежской свиты идентифицировал два семейства сине-зеленых водорослей. Г. С. Калмыков [1974] подтвердил присутствие фоссилий в максовитах и указал, что породы прошли путь «от рыхлого сапропелевого осадка... через песчано-глинисто-карбонатные горючие сланцы до современного шунгита – метаморфического сланца». С. И. Жмур и др. [1993] главным источником ОВ морских сланцев, начиная с раннего протерозоя до неогена, считают цианобактериальные маты, которые развивались в прибрежно-морских условиях (сублитораль, литораль, супралитораль) с глубинами, где возможен фотосинтез. В диагенезе преобразование первичной биомассы, осуществляемое сульфатредукторами и метаногенами, проходило в анаэробных условиях, в основном, по пути липидизации, гумификации и полимеризации, ведущему к образованию керогена с высоким нефтяным потенциалом. В хлороформенном экстракте из максовитов Зажогинского месторождения выявлено [Бондарь и др., 1987] унимодальное распределение *н*-алканов с максимумом на C_{15}, отношение низших изопреноидов к сумме содержания пристана и фитана >1, отношение суммы пристан+фитан к сумме нормальных алканов C_{17} и C_{18} составляет 1,46, что типично для катагенетически зрелого биогенного ОВ. В максовитах обнаружены жирные кислоты, главным образом C_9–C_{18}, характерные для липидов низших водных организмов. По И. Р. Клесменту, Е. Б. Бондарю [1988], «высокая биопродуктивность фитоплактона 1,9–2,3 млрд лет тому назад была обусловлена переходом от атмосферы бескислородной к атмосфере окислительной». Предполагается, что часть ОВ имеет бактериальное происхождение. Б. Миком и др. [Mycke et al., 1987] зафиксированы стераны (C_{29}), чье происхождение обычно связывают с цианобактериями или примитивными водорослями. Аналогичные данные получены в исследовании разреза Онежской параметрической скважины [Тарханов, Фрик, 2011].

Важным генетическим признаком древнего ОВ является изотопный состав углерода. Метасапропелиты Максовского месторождения имеют среднее значение $\delta^{13}C$ –26,61 ‰, шунгиты Шуньгского месторождения –37,37 ‰, шунгитовое вещество природного кокса участка Декнаволок –43,3 ‰ [Melezhik et al., 1999)]. Основной причиной фракционирования изотопов углерода сапропелитов является жизнедеятельность продуцентов (водорослей и бактерий). Морские карбонаты, которые образуются из растворенной в морской воде HCO_3, имеют $\delta^{13}C$, близкое к нулю. Организмы, использующие для фотосинтеза растворенный CO_2, предпочтительнее, чем HCO_3, сдвигают изотопное отношение в пользу ^{12}C [Mossman et al., 2001]. По этой причине весьма маловероятен какой-либо неорганический процесс, который бы дал очень низкие значения $\delta^{13}C$ максовитов и шунгитов.

Известно, что с увеличением возраста керогенов и нефтей наблюдается общая тенденция понижения их $\delta^{13}C$, что обычно объясняется изменением интенсивности фотосинтеза, за счет чего в составе атмосферного CO_2 повышается содержание изотопа ^{12}C. Так, у керогенов с возрастом 2,5–2,0 млрд лет $\delta^{13}C$ находится в интервале от –20 до –46 ‰ [Strauss et al., 1992]. Например, протерозойские черные сланцы серии Франсевиль Габона [Weber et al., 1983; Mossman et al., 2001] в основании формации имеют $\delta^{13}C$ около –21 ‰, в верхних горизонтах –37 ‰ и даже –46 ‰. Предполагается, что накопление ОВ шло в замкнутом бассейне с прогрессирующим режимом стагнации и возрастающим использованием фитопланктоном биогенного метана. В раннем и среднем протерозое в течение временного интервала до 200 млн лет изменения $\delta^{13}C$ редко превышают 5 ‰, любые большие вариации обусловлены термальными эффектами [Strauss et al., 1992]. Обычные значения $\delta^{13}C$ ОВ осадочного происхождения находятся в интервале –28 ± 2‰, а остаточный кероген в регионах с высоким уровнем метаморфизма может иметь значения от –25 до –10 ‰, что связано прежде всего с выходом метана. Если принять для максовитов Максовского месторождения значение $\delta^{13}C$, равное –27 ‰, H/C = 0,05, то исходное для них ОВ должно было иметь $\delta^{13}C$ = –46 ‰, а для шунгитов –50 ‰. Разница в возрасте шуньгского и максовского керогенов не превышает 50 млн лет, а степень углефикации вещества примерно одинаковая. Следовательно, наблюдаемое различие их изотопного состава невозможно объяснить относительным возрастом керогенов или термальными эффектами.

Изотопный состав углерода керогена зависит от солености бассейна осадконакопления. Например, различия в $\delta^{13}C$ эоценовых горючих сланцев формации Грин Ривер, отложенных в условиях соленого и пресноводного этапа развития озера, составляет около 5 ‰ [Ruble et al., 1994]. Однако при различной солености Онежского бассейна минеральный состав максовитов и шунгитов должен был бы также заметно отличаться, чего в реальности не наблюдается, т. е. контраст в $\delta^{13}C$ не является следствием стратификации водного бассейна. Разницу лишь частично можно объяснить тем, что шунгиты в отличие от максовитов преимущественно состоят из полимеризованных продуктов катагенеза керогена. На это указывают величины $\Delta\delta^{13}C$ между природными битумами (антраксолитами) и породами Максовского и Шуньгского месторождений. Для первого Δ = 1,2 ‰, а для второго – 0,14 ‰. Таким образом, наиболее вероятной причиной наблюдаемых отличий в $\delta^{13}C$ может быть смена видового состава биоты с автотрофной на метанотрофную, которая осуществлялась на временном отрезке, когда формировались седьмой и восьмой шунгитоносные горизонты. Действительно, из продуктов преобразования керогенов наиболее легкий изотопный состав имеет метан: в неизмененных осадках – менее –60 ‰, на стадии генерации нефти – около –45 ‰, в заключительную стадию преобразования керогена – около –30 ‰ [Strauss et al., 1992]. По-видимому, не случайно $\delta^{13}C$ шунгитоносных пород заонежской свиты проходит свой минимум на стратиграфическом интервале, соответствующем Шуньгскому месторождению. Биогенное происхождение шунгитового вещества подтверждается также данными, полученными при реализации международного бурового проекта FAR-DEEP*.

Ряд сторонников биогенной гипотезы придерживались мнения о гумусовой природе исходного ОВ метасапропелитов. Известна полемика по этому вопросу между А. А. Иностранцевым, К. И. Лисенко и В. Н. Алексеевым [Иностранцев, 1886]. Б. Ф. Мефферт [1919, с. 282] отмечал: «…Спорадические тонкие прослойки… блестящего антрацита, названного проф. Иностранцевым „шунгитом“… не представляют какого-либо особого… минерала, а тем более похожей на смолу особой разновидности углистого вещества». И. Б. Волкова, М. В. Богданова [1985, с. 100], на основании изучения поверхностей травления, считают, что «не только полуматовая, но и блестящая разность шунгитов Шуньгского месторождения образовались in situ… за счет гелификации древних растений». В действительности это надмолекулярные (мезофазные) структуры керогена [Khavari-Khorosani, Murchison, 1979]. Некоторые сторонники биогенной гипотезы иногда принимают за онколиты частично сохранившиеся в метасапропелитах коллоидные структуры, а глобулы кремнисто-углеродистого вещества, встречаемые в жеодах и прожилках в составе максовитов и шунгитов, – за микрофоссилии.

В целом биогенная гипотеза достаточно обоснована: ОВ имеет в основном первично-осадочную природу, а исходный углерод прошел биогенный цикл (циклы) ассимиляции. Не только в Онежской структуре, но и в одновозрастных, близких по характеру заложения и развития структурах в период 2,1–2,0 млрд лет шло активное накопление ОВ. На Канадском щите – в бассейне Айрон Ривер-Кристл Фоллс, в западной Африке – в уже упоминавшемся бассейне Франсвиль, на территории

* Эти данные включены в коллективную монографию, выход которой из печати предполагается в конце 2012 г.

Воронежского массива – в Тим-Ястребовской структуре. В бассейнах-аналогах фиксируются однотипные формы проявления ОВ, палеонтологические остатки, хемофоссилии, геохимические аномалии биофильных элементов, легкий изотопный состав углерода, следы генерации углеводородов (УВ), локальные проявления пород, аналогичных максовитам и шунгитам.

Правда, в научной литературе отсутствуют единые научные представления о генезисе пород с аномально высоким содержанием углерода. По Н. И. Рябову [1933], Шуньгское месторождение – это результат воздействия давления вышележащих пород на горизонты с ОВ, когда наиболее подвижное вещество выдавливалось в верхние горизонты и осуществлялась дифференциация исходного вещества по составу в пределах слоя. В. И. Горлов [1984] образование месторождений связывает с неравномерными вспышками биопродуктивности в мелководных участках бассейна с относительно спокойным гидродинамическим режимом (заливы, лиманы, лагуны), достаточным поступлением CO, CO_2 и минимальным – кремнезема, терригенного и пирокластического материала. А. М. Ахмедов [1997] объясняет образование локальных тел максовитов за счет накопления сапропелевых осадков в локальных депрессиях стагнационных стратифицированных бассейнов в супервосстановительной зоне с пассивной сульфатредукцией и за счет бактериального восстановления углерода. Т. е., по А. М. Ахмедову, высокие концентрации ОВ присутствовали в первичном осадочном материале, а развитие депрессий было связано с блоковым строением дна бассейна. В диапировой модели формирования месторождений максовитов и шунгитов [Филиппов, 2000] купольные структуры максовитов представлены как промежуточные, а субпластовые тела шунгитов – завершающие (экструзивные) стадии развития складок нагнетания по горизонтам сапропелитов. Предположение о генетической родственности месторождений, контрастно отличающихся формой, размерами, литологическими особенностями и содержанием шунгитового вещества, базируется на том, что в пределах Максовской залежи фиксируются локальные области, сложенные шунгитами, появляющимися, вероятно, при дифференциации вещества по плотности, которая сопровождает процесс развития основного купола, а в перекрывающих шунгитоносных горизонтах, сохранившихся на периферии, есть признаки экструзии из купола материала, близкого по составу к шунгитам.

Методологические принципы доказательства диапировой модели базируются на том, что подобные структуры должны иметь ряд характерных признаков: обязательную приуроченность структур четвертого порядка (куполов) к антиклиналям третьего порядка; наличие краевых синклиналей; литологические особенности пород, фиксирующие перемещение и дифференциацию органоминерального вещества в пределах купола (непостоянство состава, флюидальные текстуры, следы интрузий вещества); в случае вероятной деформации покрышки – локальные разломы. Интерпретация фактического материала проводилась с учетом современных достижений в исследовании закономерностей образования, катагенеза и метаморфизма природных коллоидов (сапропелевых осадков), изменения их реологических свойств во времени, данных нефтяной геологии в изучении керогенов, генерации и миграции углеводородов, роли магматизма в накоплении осадочных пород, явлений контактового метаморфизма сапропелитов, закономерностей фракционирования изотопного состава углерода.

Основные положения диапировой модели подробно отражены в публикациях. Первичный состав минерального вещества исследован в работе [Филиппов и др., 1995], признаки первичного коллоидного состояния минерального и шунгитового вещества максовитов и шунгитов, особенностей катагенеза органоминеральных комплексов рассмотрены в [Филиппов и др., 1998; Атлас текстур..., 2007], теоретическое обоснование возможности развития купольных структур по горизонтам сапропелитов, а также текстурные, структурные, литохимические, геохимические и геофизические признаки, интерпретируемые как следствие формирования складок нагнетания и полидиапировых внутренних структур, – в работе [Филиппов, 2000]. Экспериментально подтверждено существование системы купольных структур в Толвуйской синклинали [Филиппов и др., 2004]. Для субпластовых проявлений шунгитов, рассматриваемых в модели в качестве элементов диапировых шляп, выявлены структурные признаки (мелкая гофрированность пластов, флюидальные текстуры), свидетельства движения вещества под давлением (будинирование слоя доломитов, следы течения), литологические (состав, текстура, структура шунгитов) и геохимические признаки (повышенное содержание биофильных элементов). В таблице приведены факты, привлекаемые для доказательства диапировой модели. Видно, что далеко не все они могут быть объяснены в границах традиционной логики сторонников биогенной гипотезы.

Трактовка геологических фактов, свидетельствующих о генезисе шунгитов и максовитов

	Факты	Трактовка в диапировой модели	Традиционная трактовка
		А. **Литологические**	
1	Экстремально высокое содержание углерода в породах, слагающих купольные (до 50 %) и локальные субпластовые (до 80 %) тела	Разная степень дифференциации органокремнистого вещества по плотности в процессе развития складок нагнетания	Исключительно высокая биопродуктивность бассейна, исключительно благоприятные условия захоронения и сохранности ОВ
2	Присутствие микро- и хемофоссилий (биомаркеров). Фрамбоиды пирита с шунгитовым веществом	Биогенная природа ОВ. Признаки жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий	Характерные признаки горючих сла предст венно к
3	Метаколлоидные структуры, характерные для сапропелитов	Коллоидно-дисперсные системы, способные течь под нагрузкой с пластической вязкостью не выше 200 Па·с	Типичн рючих сланцев разного возраста
4	Преимущественно кремнистый состав минерального вещества. Признаки дегидратации гелей водного кремнезема	Вероятные источники кремнезема: гальмиролиз вулканического пепла, поствулканическая деятельность гидротерм	Для горючих сланцев редкое явление. Пример: менелитовые сланцы Карпат, в которых преобладает кремнезем с примесью гидрослюд и карбонатов; ОВ гумусовое, признаки органокремнистых соединений отсутствуют
5	Дефицит калия в сериците, избыток кислорода в кремнеземе	Признак, указывающий на то, что между минеральным и ОВ существовала химическая связь (органоглинистые и органокремнистые соединения)	Известное для сапропелитов явление
6	Слоистая текстура максовитов на участках выклинивания купольных тел и массивная, без признаков макро- и микрослоистости – в центральных частях куполов	Постепенное обособление органоминерального вещества от осадочного материала с низким содержанием ОВ	Труднообъяснимый факт
7	Наличие на периферии купола примеров нарушения первичной слоистости и обособления вещества с большим и меньшим содержанием углерода	Зарождение процесса дифференциации органокремнистого вещества	Труднообъяснимый факт
8	Большая мощность пород с высоким содержанием углерода: в центре Максовского купола – до 120 м, при этом купол частично срезан эрозией	Типичное явление для складок нагнетания	Мощность слоев горючих сланцев редко превышает 5–8 м
9	Зональность распределения углерода в купольных структурах: на периферии – меньшие концентрации, в центре – существенно большие	Дифференциация вещества по плотности в процессе формирования складки нагнетания, подтверждаемая при физическом моделировании	Труднообъяснимый факт
10	Зональность распределения параметра кварц/мусковит в купольных структурах: на периферии – меньшие значения, в центре – существенно большие	То же	Труднообъяснимый факт
11	Контрастное распределение углерода в шунгитоносных породах, перекрывающих купол, и близкое к среднему – на удалении от центра купола	Выжимание органокремнистого вещества из купола под влиянием аномально высокого давления	Труднообъяснимый факт
12	Флюидальные текстуры шунгитов Шуньгского месторождения; очевидные признаки выжимания органокремнистого вещества	Формирование диапировой «шляпы»	Труднообъяснимый факт
13	Будинированный слой шунгитоносных пород в составе субпластового тела шунгита Шуньгского месторождения	Экструзия органокремнистого вещества под давлением в слой с невысокой вязкостью и плотностью	Труднообъяснимый факт
14	Неравномерное распределение углерода в мелких складках Шуньгского месторождения	Известное явление для пликативной складчатости. Подтверждение низкой вязкости выдавливаемого материала	Не требуется альтернативного объяснения
		Б. **Геохимические**	
1	Повышенное содержание биофильных элементов: V, Ni, U, Se, As, Mo	Типичный признак для сапропелитов	Не требуется альтернативного объяснения
2	Снижение $\delta^{13}C$ от периферии купола к центру	Повышение доли подвижных УВ; возможное преобладание в составе дифференцированного по плотности вещества соединений кремнезема с полярными группами жирных кислот	Нет альтернативного объяснения
3	Резкое снижение $\delta^{13}C$ при движении по стратиграфической колонке от шестого к более высоким горизонтам	То же; вероятное присутствие полимеризованных газообразных УВ	Смена видового состава биоты и др.

Окончание табл.

	Факты	Трактовка в диапировой модели	Традиционная трактовка
		В. **Структурные**	
1	Большая первичная мощность слоев с ОВ (по расчетам – до 80 м)	Реальная возможность развития складок нагнетания	Редкое явление для осадочных бассейнов
2	Максовский купол – складка бескорневая	Слишком большая разница в мощности слоя в центре и на периферии купольных тел	Локальные депрессии дна бассейна
3	Очевидные признаки краевой синклинали	Обязательный элемент диапировых тел	Труднообъяснимый факт
4	Приуроченность купольных структур к анти-	Антиклинали в диапировой тектонике рас-	Труднообъяснимый факт
		тве первичных валов	
		а объясняется как	Труднообъяснимый факт
		мейств) генетически	
6	Очевидные признаки аномально высокого давления в купольных телах: массовое развитие автокластических брекчий, миндалин. Вероятная плотность пород с ОВ в начале катагенеза не превышала 1,8 г/см^3	Следствие катагенеза органического и минерального веществ. Появление вторичной пористости приводило к снижению плотности вещества, что должно было ускорять процесс развития диапиров	Не требуется альтернативных объяснений
7	Общий повышенный региональный и локальный тепловой фон, способствующий снижению вязкости осадочных пород с ОВ	Благоприятные условия для развития складок нагнетания	Не требуется альтернативных объяснений
8	На участке Тетюгино выявлены прямые и косвенные признаки локальной тектоники. Разломы сложены брекчиями, в которых цементом является максовит, в центральных частях он преобладает	Достаточно известное явление для соляной тектоники; характер заполнения трещин свидетельствует о выжимании органокремнистого вещества под давлением	Труднообъяснимый факт
9	Краевые брекчии на границе купол – вмещающая среда	Известное явление в диапировой тектонике	Труднообъяснимый факт

Диапировая модель не требует жесткой пространственной связи тел с тектоническими разломами, особых локальных активных источников ОВ, высокой биопродуктивности в докембрии на ограниченном временном отрезке и в локальных участках бассейнов, специфичных условий его стратификации, как это наблюдается, например, для эоценовой формации Грин Ривер*. Породы с большим содержанием ОВ, согласно модели, формируются в процессе длительной дифференциации органоминеральных комплексов и частично за счет обогащения пород УВ на стадии мезокатагенеза исходного керогена. Появляется возможность объяснить наблюдаемые закономерности пространственного положения купольных структур максовитов и субпластовых тел шунгитов.

Эвристический потенциал диапировой модели

Любая гипотеза должна обладать возможностью получения новых фактов, о существовании которых трудно было или невозможно предполагать до ее выдвижения. В качестве примера, нацеленного на апробацию и развитие положений диапировой модели, разрабатывается вспомогательное гипотетическое положение о существовании в синклинальных структурах куполов, аналогичных Максовскому месторождению. Детальные исследования проведены [Филиппов, Дейнес, 2012] на участке Тетюгино, расположенном на расстоянии около 2 км к северо-западу от Максовского месторождения. Здесь в период с 1967 по 2011 г. проведены картировочные работы, разведочное бурение, пройдены шурфы и канавы, выполнен большой объем геофизических наблюдений. Приповерхностный разрез участка представлен массивными среднезернистыми доломитами, лидитами с редкими будинами доломитов, массивными доломитами, слабобрекчированными максовитами восьмого горизонта. По данным бурения, в шестом-восьмом шунгитоносных горизонтах вскрыты максовиты и шунгиты [Михайлов, Купряков, 1985], а в шестом горизонте – локальное тело с максимальной мощностью в центре около 42 м (Мельничная залежь), приуроченное, как и Максовский купол, к одной и той же антиклинальной складке третьего порядка. На участке выявлены структурные, литологические и литохимические признаки складки нагнетания: краевая синклиналь, флюидальные текстуры максовитов и шунгитов, краевые брекчии, быстрое увеличение мощности высокоуглеродистых пород шестого горизонта по направлению

* В бассейне Уинта (США) пласт Мехогени эоценовых горючих сланцев формации Грин Ривер имеет местами мощность до 43 м и содержание ОВ до 50 % [Verbeek, Grout, 1993]. Это биогенные озерные отложения, сформированные в условиях повышенной солености и экстремальной щелочности вод (содовые рассолы в наддонной части). Пласт является маркирующим, имеет признаки сезонной слоистости, распределение ОВ в нем неравномерное по горизонтали и вертикали, обусловленное меняющимся режимом трансгрессии и регрессии озера; сланцы мергелистые, в них также присутствует пирокластика.

к предполагаемому центру складки (в скв. 12 – около 14 м, а в скв. 19 – уже 42 м, при расстоянии между скважинами около 180 м), существенное превышение кларков концентрации углерода в породах шестого горизонта (55 %).

На участке встречаются уступы рельефа высотой до 2,5 м, имеющие разную длину и направление и расположенные на разных гипсометрических отметках. Они отождествляются со стенками блоков, смещенных по вертикали относительно друг друга. Между блоками выявлены зоны мощностью до 4 м, края которых сложены интенсивно брекчированными лидитами и доломитами, сцементированными шунгитом и антраксолитом, а центральная часть – породой, по составу близкой к шунгитам. Предполагается, что процесс брекчирования развивался при механическом воздействии купола на перекрывающие горизонты. Не случайно интенсивность брекчирования затухает при удалении от предполагаемого центра структуры. Края обломков брекчированных доломитов пропитаны битумом, что свидетельствует о высоком давлении флюидов. Шунгит брекчий рассматривается как следствие дифференциации первичного органоглинистого и органокремнистого вещества в куполе и последующей экструзии за его пределы. Уступы рельефа отмечаются высокими градиентами потенциалов естественной поляризации; о наличии разломов свидетельствует также контрастное распределение скорости прохождения преломленных волн. По данным электропрофилирования, на участке выделена достаточно симметричная область с пониженным сопротивлением, сохраняющая в основном свою форму при пересчете данных на глубину, которая интерпретируется как проекция центра купольной структуры. Относительное смещение по вертикали блоков-грабенов фиксируется на участке с помощью регионального геофизического репера (интервал с повышенной радиоактивностью). Сложная система деформации надкупольной толщи пород по своему характеру аналогична известным примерам из соляно-купольной тектоники [Brinkman, Lücters, 1968]. При физическом моделировании процесса [Davison et al., 1993] в покрышке формируется центральный горст, обрамленный симметрично расположенными грабенами, причем периферийные грабены могут быть развернуты вплоть до обратного залегания слоев; в сводовом горсте горизонтальное залегание пород сохраняется; в грабенах – залегание слоев всегда нарушено, слои сильно деформированы.

Из теории диапиризма следует, что зарождение купола и краевой синклинали сопровождается распространением по питающему слою гравитационной неустойчивости, тем самым создается возможность формирования соседних куполов и появления системы таких структур. Для расчета доминирующей длины волны использовано аналитическое решение уравнения Навье-Стокса [Selig, 1965]. Были приняты следующие начальные условия: вероятное время – поздняя стадия диагенеза, питающий слой – сапропелевый ил с алюмосиликатной, кремнистой и частично карбонатной минеральной основой; расчетная мощность питающего слоя от 40 до 60 м; общая мощность покрышки, начиная от кровли шестого горизонта, 500 м; средневзвешенная плотность питающего слоя 1,79 г/см^3. Сапропелиты в раннем диагенезе являются коллоидно-дисперсными системами, их вязкость могла быть равной 10^7–10^8 Па·с, предел текучести $6{,}2 \cdot 10^3 \div 1{,}1 \cdot 10^4$ Па, при котором они могли течь с невысокой и постоянной пластической вязкостью [Горькова, 1975; Осипов, 1979]. Породы покрышки на заключительной стадии диагенеза могли иметь вязкость соответственно 10^{11}–10^{13} Па·с и плотность не выше 2,6 г/см^3 [Горькова, 1975]. Расчетная длина волны для системы купольных структур, развивавшихся по питающему горизонту, составляет от 1600 до 2400 м. Экспериментально измеренное расстояние между Максовским и Мельничным куполами [Филиппов и др., 2004] в среднем равно 1750 ± 50 м, т. е. находится в интервале теоретической оценки.

Итак, методологические основания дополнительной гипотезы, призванной подтвердить эвристический потенциал диапировой модели, сводятся к следующему: 1) гипотеза сформулирована в результате изучения предшествующих работ и анализа новых фактов; 2) выбор методов исследования сделан с учетом изучаемого явления (диапиризма) для реологических сред, представленных органокремнистым и органоглинистым веществом; 3) теоретические суждения и выводы в гипотезе образуют относительно непротиворечивую систему доказательств; 4) проверка гипотезы осуществлена в ранее не встречавшихся условиях. В результате удалось выявить прямые и косвенные признаки нового диапирового тела, получить доказательство существования шунгитов и максовитов экструзивного (инъекционного) типа, высказать обоснованное предположение о многоуровневых диапировых шляпах, оценить ведущую длину волны для соседних купольных структур. Дальнейшую апробацию диапировой модели планируется провести путем детального изучения синклинальных структур, аналогичных Толвуйской синклинали, в которых также предполагается существование систем генетически связанных купольных и субпластовых залежей метасапропелитов.

Абиогенная гипотеза образования максовитов и шунгитов

Методологически было бы неверно обойти вниманием абиогенную гипотезу образования высокоуглеродистых пород и их месторождений. Ю. К. Калинин и др. [Шунгиты Карелии..., 1975] предполагали, что механизм накопления шунгитового вещества в основном связан с сорбцией УВ глинистым веществом. Позже Ю. К. Калинин [1984] уточняет, что накопление протошунгитового вещества в осадках заонежской свиты шло в форме «силикатно-органического комплекса, образование которого происходило в результате химического взаимодействия в растворе сложносиликатного вещества и шунгитоматеринских УВ». Концентрированные формы ОВ (максовиты и шунгиты) возникали при минимальном поступлении в осадок кремнезема, терригенного и пирокластического материала. В публикации [Калинин, 1990] уже утверждается, что формирование высокоуглеродистых пород шло в «эндогенном очаге в результате ликвационного процесса». В монографии [Калинин и др., 2008] выдвигается еще одна гипотеза: «У нас... имеются факты*, указывающие на то, что... шунгитовые залежи – это следы очень древнего грязевого вулканизма».

Ссылки на грязевые вулканы трудно признать основательными. Известно, что в породах максовского типа отсутствуют признаки слоистости. Грязевые же вулканы, связанные либо с нефтяными залежами, либо с глиняными диапирами, развиваются циклично, и потому в их разрезе есть ясные признаки слоистости. В сопочной брекчии очень мало ОВ. В купольных структурах максовского типа зафиксированы признаки развития аномально высокого пластового давления, обусловленного процессами катагенеза керогена и глинистых минералов. В качестве одного из них можно указать многочисленные зоны разгрузки УВ, хорошо видимые на естественных обнажениях (Максово, Подсосонье и др.). Под влиянием повышенного давления образуются автокластические брекчии, а также инъекции органокремнистого вещества в породах, перекрывающих диапировые структуры. Не исключено, что следы грязевого вулканизма со временем будут обнаружены, но в отложениях, перекрывающих залежи максовитов [Филиппов, Бискэ, 2010].

Л. П. Галдобина [1987, 1991] утверждает, что образование «караваеобразных тел высокоуглеродистых пород» связано с «газово-флюидными» процессами, завершающими две фазы заонежского вулканизма. Поступление эндогенных углеводородов шло «на пересечении разломов нескольких направлений», «обнаружен объект, отвечающий по всем параметрам каналу поступления флюидов» [1991, с. 19]. Здесь следствие принимается за причину: контактовые изменения максовитов интерпретируются как следы первичной миграции УВ из эндогенных источников. В действительности внедрение силлов габбродолеритов было более поздним по отношению к завершению формирования купольных структур [Филиппов и др., 2009]. До их внедрения породы были слабо литифицированы, а ОВ еще не прошло стадию главной фазы образования нефти. Под влиянием тепла интрузий сапропелиты приобретали способность к течению за счет уменьшения вязкости, появления УВ и повышения пористости. Внедрение интрузий во влагонасыщенные, слабо литифицированные, обогащенные ОВ породы сопровождалось разнообразными экзо- и эндоконтактовыми явлениями, признаки которых хорошо сохранились, несмотря на развитие регионального метаморфизма. Шунгитовое вещество в габбродолеритах ассимилировано из вмещающих максовитов.

Механизм образования шунгитоносных пород в работе П. Ф. Иванкина и др. [1987] представлен как процесс замещения (шунгитизации) осадочных пород УВ, поступающими в бассейн осадконакопления в результате активной мантийной дегазации. Скопления максовитов, по мнению авторов, локализуются в «бортах коробчатых синклиналей, ограничиваясь по восстанию разломами и ядрами узких приразломных антиклиналей» в «дислоцированных и рассланцованных складчатых породах близкоодновременно с внедрением силлов габбродиабазов» (с. 42). Авторы признают, что «остается неясным процесс эндогенного концентрирования углерода в форме компактных тел с содержанием на массу более 20–40 %» (с. 46). Заметим, что крупные залежи максовитов (Максовская, Калейская, Мельничная) локализуются не в бортах Толвуйской структуры, а в ее центре; по геолого-геофизическим данным, они приурочены к антиклиналям третьего порядка [Филиппов, 2000].

По гипотезе С. В. Купрякова и В. П. Михайлова [1988, с. 55], «УВ типа асфальта», скапливающиеся в кровле очагов базальтовой магмы, по глубинным разломам поступали на дно морского бассейна, где накапливались совместно с осадочным материалом. Локальные тела формировались вблизи источников

* Правда, факты ни в цитируемой книге, ни в других публикациях до настоящего времени не опубликованы.

вещества «из пересыщенных кремнеземом асфальтовых терм». Гипотеза не обоснована, поскольку при известных температурах базальтового расплава асфальтены, в лучшем случае, были бы преобразованы в антраксолит либо в кокс, т. е. потеряли бы способность к миграции. В. И. Березкин [2001] высказал идею о вероятном происхождении месторождений максовитов за счет горения метана. При этом не были приняты во внимание геологические условия осадкообразования, температурные границы существования подвижных УВ, неверно истолкованы имеющиеся фактические материалы. Полемическая статья В. В. Ковалевского [2009] содержит общие рассуждения об импактном событии и мантийной дегазации.

Заключение

Сторонники биогенной гипотезы для ее доказательства привлекают характерные признаки метасапропелитов: микрофоссилии, хемофоссилии (биомаркеры), метаколлоидные структуры в максовитах и шунгитах, изотопный состав углерода, серы, кислорода. В диапировой модели решается проблема необычно высокого содержания шунгитового вещества в локальных залежах максовитов и шунгитов; для доказательства привлекаются структурные, литологические признаки развития складок нагнетания, дифференциации органоминерального вещества по плотности; используются основные положения теории диапиризма для объяснения закономерностей пространственного расположения купольных структур; сведения из нефтяной геологии о катагенезе органического и минерального вещества для объяснения наблюдаемых текстурных и структурных особенностей высокоуглеродистых пород. В результате появляется возможность использования принципов биогенной гипотезы на практике, что повышает достоверность прогноза, поисков и разведки новых месторождений максовитов и шунгитов*.

У сторонников эндогенной гипотезы отсутствует развернутое обсуждение ключевых проблем генезиса максовитов и шунгитов (первичный состав ОВ, его источники, процессы формирования залежей максовитов и шунгитов), нет подробного анализа фактических материалов (изотопных, биогеохимических, текстурных) с последовательным выстраиванием взвешенных контраргументов биогенной гипотезе. Между отдельными высказываниями трудно уловить взаимосвязь, взаимодополнение, логичное поступательное развитие идей.

Учитывая все сказанное, автор приглашает к полемике по затронутым вопросам, которая должна базироваться на *общепринятых* в науке методологических принципах. В частности, любая гипотеза (вероятностное предположение о причинах изучаемого явления, открывающее возможное направление исследования) должна обладать принципиальной проверяемостью, вводиться не только для объяснения конкретного факта, но и более широкого спектра наблюдаемых явлений; логически вытекать из полученных знаний, служить организации фактического материала, выявлению противоречий, быть полезной науке и практике. Доказательство гипотезы проводится обоснованными фактами, в совокупности представляющими аргументы истинности или ложности выводов. Гипотеза должна обладать эвристическим потенциалом [Кондаков, 1971]. В исследовании вырабатывается трактовка наблюдаемых явлений, определяется система методов исследования, адекватных особенностям изучаемого явления, складывается категориально-терминологический аппарат, в котором каждый новый термин должен естественно входить в практику научного общения. Работа над гипотезой формирует глубокое понимание объекта, процессов его развития.

Литература

Атлас текстур и микроструктур шунгитоносных пород Онежского синклинория / Ред. М. М. Филиппов, В. А. Мележик. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 80 с.

Ахмедов А. М. Бассейны черносланцевой седиментации раннего протерозоя Балтийского щита (этапы развития, режимы седиментации, металлоносность): Дис. ... докт. геол.-минер. наук. СПб., 1997. 353 с.

Билибина Т. В., *Мельников Е. К., Савицкий А. В.* О новом типе месторождений комплексных руд в южной Карелии // Геология рудных месторождений. 1991. № 6. С. 3–14.

Березкин В. И. К вопросу о генезисе карельских шунгитов в связи с особенностями их структуры // Геохимия. 2001. Т. 39, № 3. С. 253–260.

Бондарь Е. Б., Клесмент И. Р., Куузик М. Г. Исследование структуры и генезиса шунгита // Горючие сланцы. 1987. 4/4. С. 377–393.

Борисов П. А. Карельские шунгиты. Петрозаводск: КФАН СССР, 1956. 92 с.

Волкова И. Б., *Богданова М. В.* Шунгиты Карелии // Сов. геология. 1985. № 10. С. 93–100.

Вологдин А. Г. Остатки организмов из шунгитов докембрия Карелии // ДАН СССР. 1970. Т. 193, № 5. С. 1163–1166.

* Представление о системе генетически связанных залежей максовитов было успешно реализовано на практике при поисках и разведке месторождения «Мироновская-1».

Галдобина Л. П. Металлогения шунгитсодержащих и шунгитовых пород Онежской мульды // Материалы по металлогении Карелии. Петрозаводск: КФАН СССР, 1987. С. 100–113.

Галдобина Л. П. Предполагаемый канал поступления углеводородных флюидов в нижнем протерозое Онежской структуры // Геология и рудогенез докембрия Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1991. С. 18–23.

Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии / Ред. В. А. Соколов. Петрозаводск: КФАН СССР, 1982. 208 с.

Горлов В. И. Онежские шунгиты: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Петрозаводск, 1984. 226 с.

Горькова И. М. Физико-химические исследования дисперсных осадочных пород в строительных целях. М.: Стройиздат, 1975. 151 с.

Жмур С. И., Горленко В. М., Розанов А. Ю. и др. Цианобактериальная система – продуцент углеродистого вещества шунгитов нижнего протерозоя Карелии // Литология и полезные ископаемые. 1993. № 6. С. 122–127.

Иванкин П. Ф., Галдобина Л. П., Калинин Ю. К. Шунгиты: проблемы генезиса и классификации нового вида углеродистого сырья // Сов. геология. 1987. № 12. С. 40–47.

Иностранцев А. А. О шунгите // Горн. журн. 1886. № 2. С. 35–45.

Калинин Ю. К. Классификация шунгитовых пород // Шунгиты – новое углеродистое сырье / Ред. В. А. Соколов. Петрозаводск: КФАН СССР, 1984. С. 4–16.

Калинин Ю. К. Шунгитовые породы: структура, свойства и области практического использования // Записки ВМО. 1990. Ч. 119, вып. 5. С. 1–8.

Калинин Ю. К., Калинин А. И., Скоробогатов Г. А. Шунгиты Карелии – для новых стройматериалов, в химическом синтезе, газоочистке, водоподготовке и медицине. СПб.: СПбГУ, 2008. 218 с.

Калмыков Г. С. Свойства метаморфизованного сапропелита (на примере Карельского шунгита) // Проблемы геологии нефти. Вып. 4. М., 1974. С. 264–274.

Клесмент И. Р., Бондарь Е. Б. Биогеохимические аспекты эволюции сапропелитов по данным молекулярной палеонтологии // Горючие сланцы. 1988. 5/2. С. 129–146.

Ковалевский В. В. Шунгит или высший антраксолит? // ЗРМО. 2009. № 5. С. 97–105.

Кондаков Н. И. Гипотеза. Законы. Истина. Термин: Логический словарь. М.: Наука, 1971. 649 с.

Купряков С. В., Михайлов В. П. Зажогинское месторождение шунгитовых пород // Новое в геологии Северо-Запада РСФСР. М., 1988. С. 9–86.

Мефферт Б. Ф. Шунгинское месторождение антрацита в Повенецком уезде Олонецкой губернии // Естественные производительные силы России. 1919. Т. 4, вып. 20. С. 275–288.

Михайлов В. П., Купряков С. В. Отчет о результатах детальной разведки юго-восточной (Максовской) залежи Зажогинского месторождения шунгитовых пород за 1982–1985 гг. // Фонды ККГРЭ (Петрозаводск). 1985. 138 с.

Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Черносланцевые реперы в докембрийской предистории материков // Углеродсодержащие формации в геологической истории. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1998. С. 9–10.

Органическая минералогия: Сб. материалов совещ. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. 271 с.

Орлов Н. А., Успенский В.А., Шаховцев И.Н. Опыт химического исследования шунгита // ХТТ. 1934. Т. 5, вып. 7. С. 601–619.

Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М.: МГУ, 1979. 232 с.

Рябов Н. И. Отчет о геолого-разведочных работах на Шуньгском месторождении шунгита за 1932–1933 гг. // Фонды КарНЦ РАН (Петрозаводск). 1933. С. 22–25.

Сидоренко А. В., Сидоренко Св. А. Органическое вещество в докембрийских осадочно-метаморфических породах и некоторые геологические проблемы // Сов. геология. 1971. № 5.

Суйсарский пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии / Ред. В. С. Куликов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. 96 с.

Тарханов Г. В., Фрик М. Г. Остаточные битумоиды в породах протерозоя Онежской структуры // Онежская структура / Ред. Л. В. Глушанин и др. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. С. 266.

Углеродсодержащие формации в геологической истории: Тез. докл. междунар. симпоз. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1998. 145 с.

Филиппов М. М. Модели формирования месторождений шунгитоносных пород Онежского синклинория: Дис. ... докт. геол.-минер. наук. СПб., 2000. 310 с.

Филиппов М. М., Бискэ Н. С. Признаки АВПД в метасапропелитах заонежской свиты палеопротерозоя Карелии // Материалы конф. М.: ИПНГ РАН, 2010. С. 599–603.

Филиппов М. М., Дейнес Ю. Е. Традиционные и эвристические подходы к интерпретации геолого-геофизических материалов на перспективном для открытия месторождений максовитов участке Толвуйской синклинали // Уч. зап. ПетрГУ. 2012. № 2. С. 49–56.

Филиппов М. М., Голубев А. И., Ромашкин А. Е., Рычанчик Д. В. Минеральная составляющая шунгитовых пород Карелии: первичный состав, источники вещества и связь с шунгитовым углеродом // Литология и полезные ископаемые. 1995. № 5. С. 513–524.

Филиппов М. М., Медведев П. В., Ромашкин А. Е. О природе шунгитов Южной Карелии // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 3. С. 323–332.

Филиппов М. М., Клабуков Б. Н., Суханов А. В. Экспериментальное определение основных параметров системы купольных шунгитоносных структур Толвуйской синклинали // Российский геофизический журнал. 2004. № 3. С. 25–30.

Филиппов М. М., Бискэ Н. С., Первунина А. В., Дейнес Ю. Е. Сопоставление известных и новых данных о геологическом строении Максовского месторождения шунгитоносных пород // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 12. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. С. 130–142.

Хейсканен К. И. Палеогеография Балтийского щита в карельское время. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1990. 128 с.

Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования / Ред. В. А. Соколов, Ю. К. Калинин. Петрозаводск: КФАН СССР, 1975. 240 с.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия черных сланцев. Л.: Наука, 1988. 271 с.

Brinkman R., Löcters H. Diapirs in western Pyrenees and Foreland, Spain // Eds. J. Braunstein, G. O'Brien. Diapirism and diapirs. Tulsa, 1968. P. 275–292.

Davison I., Insley M., Harper M. et al. Physical modeling of overburden deformation around salt diapers // Tectonophysics. 1993. Vol. 228. P. 255–274.

Khavari-Khorosani G., Murchison D. G. The nature of Karelian shungite // Chem. Geology. 1979. Vol. 26, N 1/2. P. 165–182.

Melezhik V. A., Fallick A. E., Filippov M. M., Larsen O. Karelian shungite – an indication of 2.0-Ga-old metamorphosed oil-shale and generation of petroleum: geology, lithology and geochemistry // Earth Science Reviews. 1999. Vol. 47. P. 1–40.

Mossman D. J., Gauthier-Lafaye F., Jackson S. E. Carbonaceous substances associated with the paleoproterozoic natural nuclear fission reactors of Oklo, Gabon: paragenesis, thermal maturation and carbon isotopic and trace element composition // Precambrian Research. 2001. Vol. 106. P. 135–148.

Mycke B., Michaelis W., Degens E. T. Biomarkers in sedimentary sulfides of Precambrian age // Adv. Org. Geochem. 1987. Vol. 13, N 4. P. 619–625.

Rankama K. New evidence of the origin of Precambrian carbon // Bull. Geol. Soc. Amer. 1948. Vol. 59, N 5. P. 389–416.

Ruble T. E., Bakel A. J., Philp R. P. Compound specific isotopic variability in Uinta Basin native bitumens: paleoenvironmental implications // Org. Geochem. 1994. Vol. 21. P. 661–671.

Selig F. A theoretical prediction of salt dome patterns // Geophysics. 1965. Vol. 30. P. 633–643.

Strauss H., Des Marais D. J., Hayes J. M. et al. Proterozoic organic carbon – its preservation and isotopic record // Early organic evolution: implications for mineral and energy resources / Eds. M. Schidlowski et al. Berlin, 1992. P. 176–210.

Verbeek E. R., Grout M. A. Geometry and structural evolution of gilsonite dikes in the eastern Uinta basin, Utah // U. S. Geological survey bull. 1993. N 1787. P. 1–42.

Weber F., Schidlowski M., Arnes J. D. et al. Carbon isotope geochemistry of the lower Proterozoic Francevillian series of Gabon (Africa) // Terra Cognita. 1983. Vol. 3. P. 22.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Филиппов Михаил Михайлович
зав. лаб. генезиса шунгитовых месторождений,
докт. геол.-минер. наук
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: filipov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 570080

Filippov, Mikhail
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: filipov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 570080

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 157–164

УДК 549.3 (470.22)

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ И СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МАЛОСУЛЬФИДНЫХ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯХ ПАНА-КУОЛАЯРВИНСКОЙ СТРУКТУРЫ

А. В. Чернявский, А. В. Волошин, Ю. Л. Войтеховский

Геологический институт Кольского научного центра РАН

В статье рассматриваются рудопроявления и месторождения Au Северной Карелии (Кайралы, Майское) и Финляндии (группа Юомасуо). Отмечены отличия и сходства по геологической позиции, проявлению рудных минеральных фаз и возрасту вмещающих вулканогенно-осадочных комплексов. Установлены минералы-концентраторы Au поля Кайралы, которые представлены золотом и теллуридами – калаверит и монтбрейит в отдельных зернах или сростках с мелонитом. Показана различная специализация рудных минералов: поле Кайралы – золото-теллуридная с присутствием теллуридов Ni; Майское – золото-теллуридно-селенидная с наличием сульфидов меди и минералов урана; группа Юомасуо – золото-теллуридно-селенидная с присутствием теллуридов Ni и минералов урана. ЭПР-спектроскопия кварца из поля Кайралы предполагает его перспективность на золоторудность.

К л ю ч е в ы е с л о в а : минералогия, золото, серебро, теллуриды, Северная Карелия (Россия).

A. V. Chernyavskiy, A. V. Voloshin, Yu. L. Voytekhovskiy. NOBLE METAL AND SULPHIDE MINERALIZATION IN LOW SULPHIDATION EPITHERMAL ORE OCCURRENCES OF THE PANA-KUOLAJÄRVI STRUCTURE

We consider Au ore occurrences and deposits in northern Karelia (Kajraly, Mayskoye) and Finland (Yomasuo group). Similarities and distinctions as regards the geological position, manifestation of the ore mineral phases and the age of the host igneous/sedimentary associations were identified. We identified the concentrated Au ore minerals of the Kajraly field, represented by gold and tellurides – calaverite and montbrayite, which occur as isolated grains or intergrowths with melonite. The different specializations of ore minerals are demonstrated: Kajraly field – gold-telluride with Ni tellurides; Mayskoye – gold-telluride-selenide with copper sulphides and uranium minerals; Yomasuo group – gold-telluride-selenide with Ni tellurides and uranium minerals. Judging by the EPR spectroscopy of quartz from the Kajraly field, it is potentially gold bearing.

K e y w o r d s : mineralogy, gold, silver, tellurides, northern Karelia (Russia).

Пана-Куолаярвинская структура расположена на сопредельных территориях Мурманской области, Карелии и Финляндии и в географическом делении относится к Северной Карелии. Эта структура характеризуется особой геотектонической позицией и составом

слагающих пород [Безруков, 1989; Сафонов и др., 2003; Вольфсон и др., 2005 и др.] и представляет перспективный регион на обнаружение золоторудных объектов. Большую роль в этом сыграло открытие месторождения Майского, которое впоследствии изучалось геологами Кольской геологоразведочной экспедиции (А. Д. Дайн, В. И. Безруков и др.), специалистами ИГЕМ РАН и ЦНИГРИ, Геологического института Кольского НЦ РАН и других организаций.

За последние четверть века на сопредельных территориях Финляндии и России (Карелия) выявлен ряд рудопроявлений и месторождений золота в метасоматитах и кварцевых жилах нижне- и верхнепротеройского возраста. В Пана-Куолаярвинской структуре на территории Мурманской области выявлены малосульфидные кварцевожильные проявления золота. Как показано ниже, по геологической позиции и проявлению рудных минеральных фаз они отличаются от таковых на сопредельной территории Финляндии и Майского месторождения в Северной Карелии. Объектами наших минералогических исследований были кварцевые жильные проявления с сульфидной минерализацией в поле Кайралы в направлении к району Майского месторождения (рис. 1).

Рудное поле Кайралы расположено в 70 км к ССЗ от месторождения Майского в сходной геотектонической позиции [Пожиленко и др., 2002]. Рудопроявление представлено сетью кулисообразных жил, простирающихся в северном и северо-западном направлениях. Их мощность колеблется от первых десятков сантиметров до 5 м. Вмещающие породы представлены метабазальтами и туфогенно-осадочными породами, интрудированными дайками ультраосновных пород. Нередко в них отмечается бедная сульфидная минерализация, представленная пиритом и пирротином. Кварцевые жилы имеют брекчированные контакты с вмещающими породами. Гнездовая и прожилковая минерализация в зальбандах жил приурочена к зонам брекчирования вмещающих пород и кварца. Жилы имеют сложную морфологию, повышенную трещиноватость, насыщены ксенолитами вмещающих пород. Направление рассланцевания в целом совпадает с простиранием и падением кварцевых жил. Показателями их сложной тектонической истории являются два типа ксенолитов вмещающих пород – массивные глыбовые и измененные рассланцованные. Брекчированная текстура характерна для зальбандов жил, где также отмечается крупная гнездовая и прожилково-вкрапленная минерализация.

Главный минерал в рудопроявлении Кайралы – кварц, сквозной для всех проявлений региона. Для более обоснованного суждения о сходстве объектов методом ЭПР изучен жильный кварц [Войтеховский и др., 2010]. Пробы взяты на проявлении Кайралы, месторождении Майском и участке Курсуярви к ЮЮВ от Кайралы. Спектры ЭПР регистрировались на радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) от порошковых препаратов при температуре 290 °K при определении Ge- и E-центров (мощность СВЧ 35 и 0,2 мВт, Bm = 0,1 мТ, масса образца 200 мг) и температуре 77 °K при определении Al- и Ti-центров (мощность СВЧ 7 мВт, Bm = 0,1 мТ, масса образца 100 мг). Для нормирования интенсивности спектров использована линия ЭПР Mn^{2+} от референтного образца MgO на стенке резонатора. В качестве мер концентрации взят набор отраслевых эталонов (ВИМС) и стандартный образец ДФПГ. Погрешности оценки абсолютной и относительной концентраций центров 25–30 и 10–15 %.

Изученные золоторудные кварцы близки по составу и низким концентрациям парамагнитных центров, но отличимы по структурному состоянию Al-центров:

- концентрации Al-центров в кварце Кайралы несколько выше, чем в кварце Майского;
- кварц Кайралы характеризуется пониженным вкладом щелочных разновидностей Al-дефектов. Этот типизирующий признак более значим, чем концентрация Al-центров;
- подтверждена «золоторудность» кварца Кайралы – обогащенность такого кварца аналогичными примесными дефектами ранее отмечалась многими авторами;
- по результатам ЭПР-спектроскопии изученный кварц, особенно Майского, относится к особо чистым; он является ценным сырьем для производства оптического стекла и солнечного кремния.

В табл. 1 дан список рудных минералов проявления Кайралы [Войтеховский и др., 2009, 2010; Нерадовский, 2010; Чернявский и др., 2010], Майского месторождения [Гавриленко, 1987; Гавриленко, Реженова, 1987; Gavrilenko et al., 1999; Сафонов и др., 2003] и Юомасуо [Fennoscandian Ore Deposit Database (FODD), 2011].

В проявлении Кайралы рудные минералы представлены пиритом, пирротином, халькопиритом, сфалеритом – в сростках и изолированно. Обычно их вкрапления располагаются в межзерновых пространствах кварцевых агрегатов или в виде тонких прерывистых прожилков пересекают агрегаты кварца.

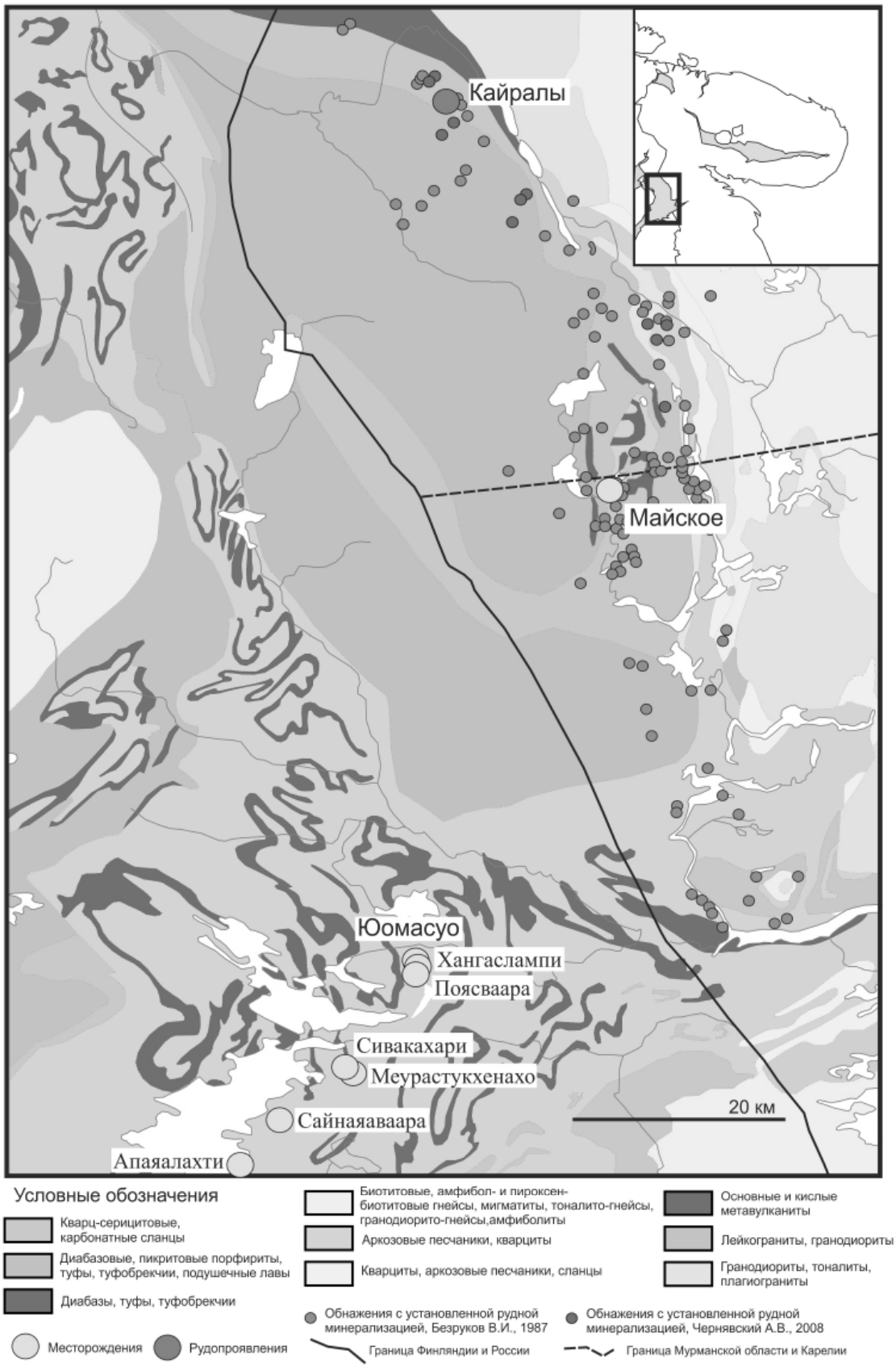


Рис. 1. Карта золоторудных проявлений Пана-Куолаярвинской структуры. Построена на основе карты металлических минеральных месторождений Фенноскандинавского щита [Fennoscandian Ore Deposit Database (FODD), 2011] с дополнениями по: [Безруков, 1989] и А. В. Чернявского

Таблица 1. Рудные минералы в Au-Ag-проявлениях Северной Карелии (Кайралы и Майское) и Финляндии (Юомасуо)

Минерал	Формула	Кайралы	Майское	Юомасуо
Элементы				
Золото	Au	•	•	•
Серебро	Ag	•		
Медь	Cu		•	
Сульфиды и их аналоги				
Сульфиды сидерофильных элементов				
Пирротин	$Fe_{1-x}S$	•	•	•
Пентландит	$(Fe,Ni)_9S_8$	•	•	•
Миллерит	NiS	•		
Группа галенита				
Алтаит	PbTe		•	•
Галенит	PbS	•	•	•
Клаусталит	PbSe		•	
Группа пирита				
Пирит	FeS_2	•	·	•
Кобальтин	CoAsS	•		•
Группа марказита				
Марказит	FeS_2	•		
Арсенопирит	FeAsS	•		
Фробергит	$FeTe_2$			•
Группа сфалерита-халькопирита				
Сфалерит	ZnS		•	
Халькопирит	$CuFeS_2$	•	•	•
Сульфиды меди				
Халькозин	Cu_2S		•	
Ковеллин	CuS		•	
Борнит	Cu_5FeS_4		•	
Кубанит	$CuFe_2S_3$		•	
Клокманит	CuSe		•	
Прочие сульфиды				
Молибденит	MoS_2	•		•
Линнеит	$CoCo_2S_4$			•
Теллуриды				
Калаверит	$AuTe_2$	•		•
Монтбрейит	Au_2Te_3	•		
Мелонит	$NiTe_2$	•		•
Группа тетрадимита-алексита				
Теллуровисмутит	Bi_2Te_3		•	•
Раклиджит	$PbBi_2Te_4$			•

Минералогические исследования рудных ассоциаций проводились в полированных препаратах (аншлифах) на микроскопе Axioplan (Carl Zeiss) с фотодокументацией. Диагностика минералов в связи с малым размером выделений и однородных участков индивидов основывалась на оценочных анализах при помощи энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1450. Он также использован для получения изображений участков полированных шлифов в обратно-рассеянных электронах. Аналитические работы выполнены в лаборатории физметодов ГИ КНЦ, аналитик Е. Э. Савченко. Результаты анализов рудных минералов даны в табл. 2.

Пирротин встречается не только в зернах, но и мелких кристаллах, часто замещается агрегатами пирита и марказита. Иногда в пирротине присутствуют пламеневидные образования пентландита. В некоторых обнаруженных нами точках (особенно на контакте кварцевой жилы и кварц-карбонатных пород) пирит является основным минералом с размерами до 1 см. В нем наблюдаются включения кварца, он замещается гематитом. Нередко такой пирит встречается в ассоциации с халькопиритом. Пирит по периферии выделений и трещинам замещается гематитом, редкими зернами кобальтина в кварце, а также миллеритом, мелонитом, калаверитом, монтбрейитом, серебром и золотом в краевых зонах пирита.

Минералы-концентраторы золота установлены в виде мелких зерен в краевых зонах пирита. Это золото и (реже) теллуриды – калаверит и монтбрейит в отдельных зернах и сростках с мелонитом.

В табл. 1 даны рудные минералы в проявлениях Северной Карелии и Финляндии (группа Юомасуо). Видно, что поле Кайралы имеет схожую минеральную ассоциацию с месторождениями Юомасуо, где золото представлено не только в элементном виде, но и в виде теллуридов. Отличие состоит в том, что на месторождениях Юомасуо развита селенидная минерализация, которая отмечается и на месторождении Майском. Помимо этого, на Майском широко развиты сульфиды меди, что отличает его от поля Кайралы и Юомасуо.

Золото в поле Кайралы характеризуется широким диапазоном состава, как высокопробным (100 мас. %), так и низкопробным (65,8 мас. % Au) с высоким содержанием Ag (33,6 мас. %) (рис. 2). В золоте и серебре поля Кайралы в качестве примеси отмечаются Cu (до 1,3 мас. %) и Fe (до 2,5 мас. %).

На рис. 3, a–d, f приведены формы выделений золота – сростки с мелонитом и калаверитом в пирите и гематите. Размер зерен до 4 мкм.

Калаверит ($AuTe_2$) отмечен в месторождении Кайралы. Представлен метасомой с золотом и мелонитом в пирите (рис. 3, d). В срезе размер зерна 2–4 мкм. Содержание Au в минерале составляет 47,15 мас. %.

Монтбрейит (Au_2Te_3) отмечен в единичных зернах на проявлении Кайралы. Встречены небольшие сростки (2–3 мкм) с мелонитом в пирите (рис. 3, e). Содержание Au в минерале составляет 52,52 мас. %.

Рудная минерализация поля Кайралы отлична от таковой месторождения Майского в нескольких аспектах. Принципиальное отличие состоит в том, что на месторождении Майском золото-сульфидная минерализация явно наложена на кварц, тогда как на участке Кайралы

они сингенетичны [Сафонов и др., 2003]. Главные рудные минералы на месторождении Майском представлены халькопиритом, пирротином, Со пентландитом, магнетитом, галенитом и сфалеритом, в срастании с которыми находятся золото и редкие алтаит, цумоит, костибит и клаусталит. Пирротин замещается агрегатом марказита и пирита. По составу золото месторождения Майского высокопробное (90,6–99,8 мас. % Au). На участке Кайралы главным рудным минералом является пирит, сингенетичный вмещающему кварцу и сопутствующей ассоциации золота, калаверита, мелонита, миллерита и кобальтина. К сходным чертам обоих объектов следует отнести то, что составы рудных минеральных ассоциаций в большей (месторождение Кайралы) или меньшей (поле Майское) степени специализированы на Ni, Co и Te. По-видимому, в этом проявляется их положение в Пана-Куолаярвинской структуре, насыщенной вулканическими и интрузивными породами основного и ультраосновного состава. Реконструкция условий и механизмов формирования золоторудных кварцевых жил участка Кайралы требует их более детального изучения.

Таблица 2. Химический состав рудных минералов проявления Кайралы, мас. %

Элемент	Золото		Серебро		Klv	Mnt	Мелонит		Cob	Pnt	Mil
	Диапазон (N = 18)	Средн.	Диапазон (N = 6)	Средн.			Диапазон (N = 10)	Средн.			
Au	65,83–100,00	85,35	37,58–62,27	50,23	47,15	52,52					
Ag	0,00–33,61	14,00	36,76–62,00	49,11							
Cu	0,00–1,31	0,18	0,13–0,56	0,38							
Fe	0,00–2,51	0,47	0,00–0,41	0,29			0,00–4,51	1,46	5,80	31,91	4,57
Ni							17,39–18,60	17,99	0,84	33,48	61,34
Co							0,00–1,35	0,58	29,34	1,75	
S									24,48	32,87	34,10
As									39,55		
Te					52,85	47,47	77,54–81,57	80,09			
Сумма	98,54–100,00	99,37	99,36–100,20	99,51	100,00	100,00	100,00–100,80	100,20	100,00	100,00	100,00

Примечание. Klv – калаверит ($Au_{1,1}Te_{1,9}$), Mnt – монтбрейит ($Au_{2,1}Te_{2,9}$), Cob – кобальтин ($(Co_{0,78}Fe_{0,16}Ni_{0,02})As_{0,83}S_{1,20}$), Pnt – пентландит ($(Fe_{4,42}Ni_{4,41}Co_{0,23})_{9,07}S_{7,93}$), Mil – миллерит ($(Ni_{0,95}Fe_{0,07})S_{0,97}$), N – число анализов.

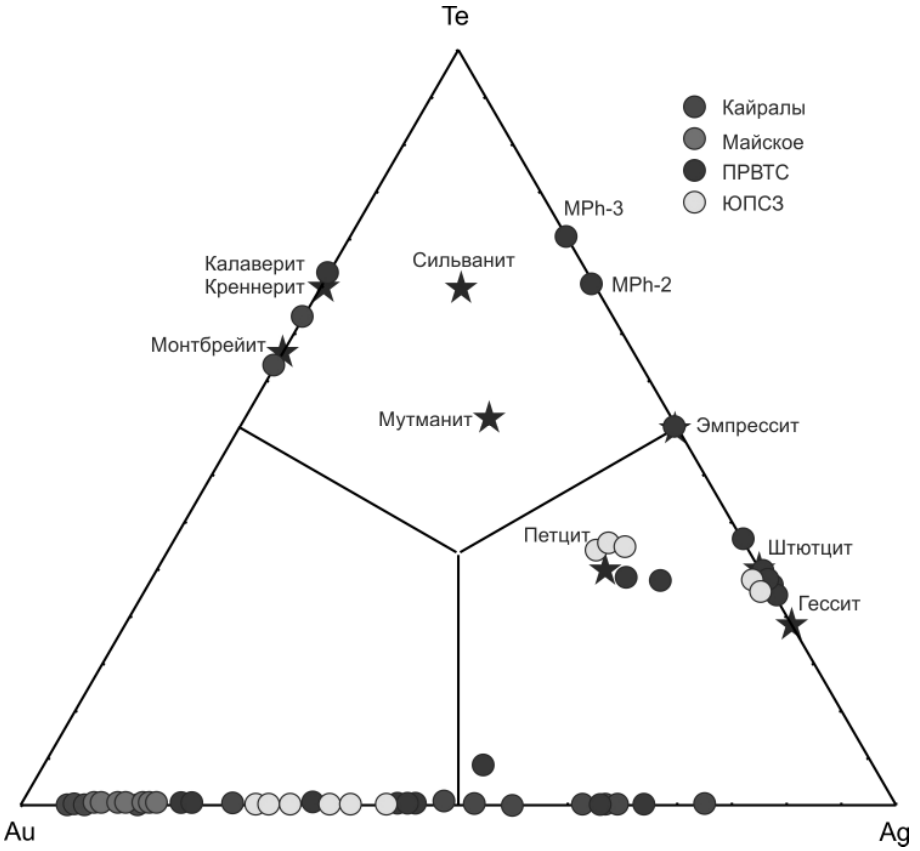


Рис. 2. Минералы системы Au-Ag-Te. Черными звездами обозначены идеальные составы известных минеральных форм в этой системе. Цветные значки – минералы, установленные в месторождениях Кольского полуострова (ПРВТС – Панареченская вулкано-тектоническая структура, ЮПСЗ – Южно-Печенгская структурная зона) [Чернявский и др., 2010] и Северной Карелии

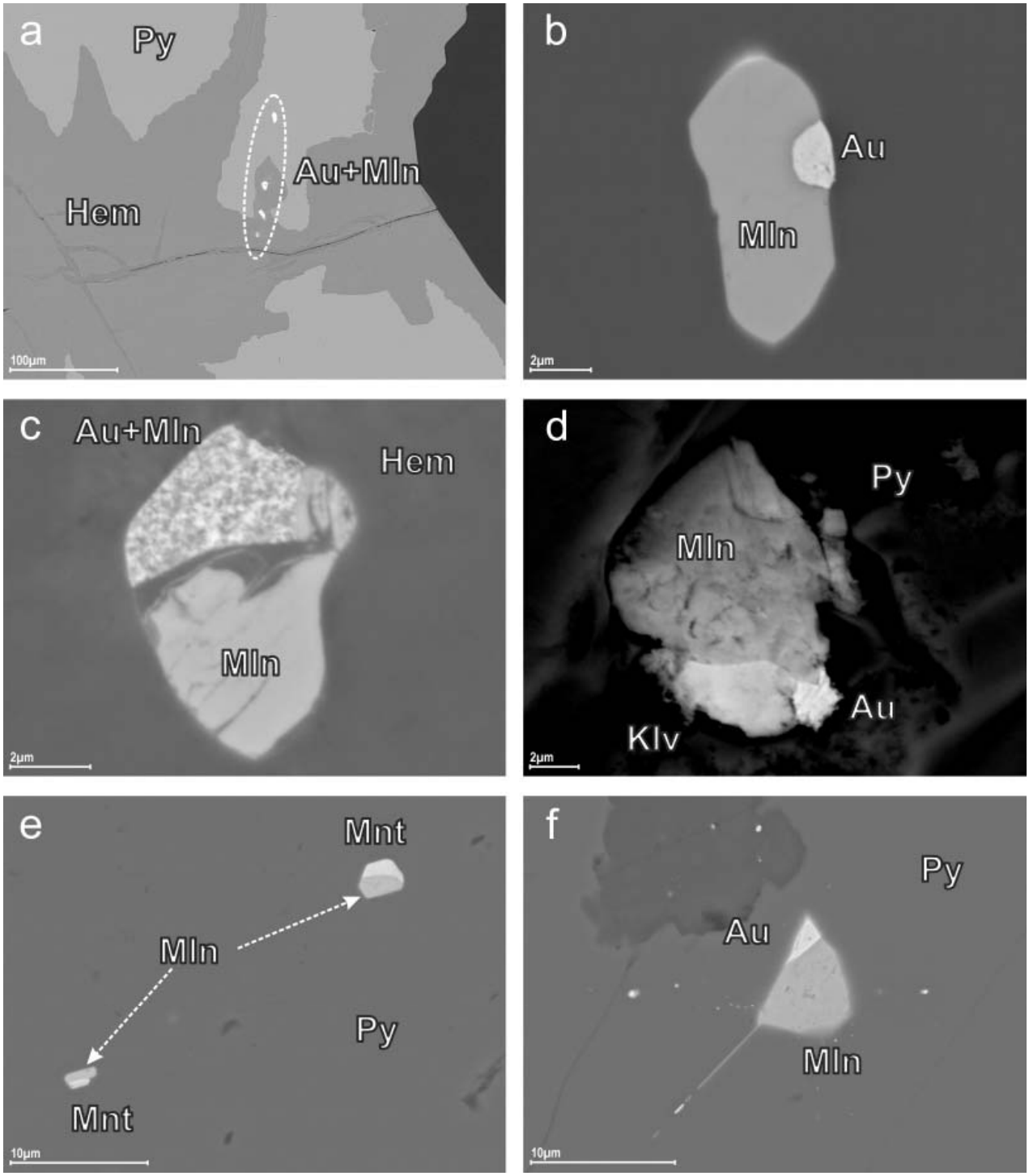


Рис. 3. Характер выделений минералов в рудопроявлениях поля Кайралы (изображения в обратно-рассеянных электронах):

a – сростки золота (Au) и мелонита (Mln) в пирите (Py) и гематите (Hem); b – сросток золота (Au) и мелонита (Mln) в пирите (Py); c – тонкая смесь золота (Au) и мелонита (Mln) и мелонит (Mln) в гематите (Hem); d – метасома золота (Au), калаверита (Klv) и мелонита (Mln) в пирите (Py); e – сростки монтбрейита (Mnt) и мелонита (Mln) в пирите (Py); f – сросток золота (Au) с мелонитом (Mln) в пирите (Py) и тонкие включения золота (белые точки)

В заключение следует отметить, что по минералогическим критериям в проявлениях Северной Карелии и Финляндии (Юомасуо) отмечается схожесть минеральных ассоциаций поля Кайралы и месторождений Юомасуо, где золото представлено не только в элементном виде, но и в виде теллуридов. Но в месторождениях Майском и Юомасуо проявлена селенидная минерализация и существенную роль играют минералы урана. На месторождении Майском развиты сульфиды меди.

Золото группы Юомасуо высокопробное (95–97 мас. % Au) с небольшими примесями Se (1,6–1,8 мас. %) и Te (<0,14%). Золото месторождения Майского тоже высокопробное (90,0–99,7 мас. % Au), но с рядом других примесей Cu (0,0–0,23 мас. %), Fe (0,0–0,1 мас. %), Bi (0,0–0,3 мас. %) и Te (0,0–0,02 мас. %). Золото в поле Кайралы характеризуется более широким диапазоном состава с примесями Ag, Cu и Fe.

Вмещающими породами для этих месторождений и проявлений являются разновозрастные вулканогенно-осадочные комплексы нижнего (Юомасуо) и верхнего (Майское, Кайралы) протерозоя [Пожиленко и др., 2002; Иващенко, Голубев, 2011], а рудовмещающими – метасоматиты и серицитовые кварциты (Юомасуо) [Fennoscandian Ore Deposit Database (FODD), 2011] и кварцево-жильные поля (Майское, Кайралы).

Для Северной Карелии указанные сходства геологических условий, специализация минеральных парагенезисов на Au, Ni, Co и Te, единый тренд и компактное поле составов структурных примесей в жильном кварце позволяют ожидать здесь обширные золотоносные кварцевожильные поля. Это согласуется с рекомендациями, высказанными В. И. Иващенко и А. И. Голубевым [2011]. Обнаружение месторождений типа Юомасуо возможно южнее месторождения Майского, на сопредельной территории Северной Карелии, в одновозрастных вулканогенно-осадочных комплексах, представленных метасоматитами и серицитовыми кварцитами.

Литература

Безруков В. И. Отчет о результатах общих поисковых работ на золото в центральной и восточной частях Куолаярвинского синклинория в 1984–1989 гг. // Фонды ЦКЭ. Апатиты, 1989.

Войтеховский Ю. Л., Лютоев В. П., Чернявский А. В. Кварц золоторудных проявлений Пана-Куолаярвинской структуры // Петрология и минерагения Кольского региона: Тр. VII Всерос. Ферсмановской науч. сессии (Апатиты, 2–5 мая 2010 г.). Апатиты, 2010. С. 22–25.

Войтеховский Ю. Л., Чернявский А. В., Басалаев А. А., Савченко Е. Э. Золото участка Кайлары // Петрология и минерагения Кольского региона: Тр. VI Всерос. Ферсмановской науч. сессии (Апатиты, 18–19 апр. 2009 г.). Апатиты, 2009. С. 105–108.

Войтеховский Ю. Л., Чернявский А. В., Басалаев А. А., Савченко Е. Э. Золото рудопроявления Кайралы // Зап. РМО. 2010. Ч. 139, вып. 4. С. 75–79.

Вольфсон А. А., Русинов В. Л., Крылова Т. Л., Чугаев А. В. Метасоматические преобразования докембрийских метабазитов Салла-Куолаярвинского грабена в районе золоторудного поля Майское, Северная Карелия // Петрология. 2005. Т. 13, № 2. С. 179–206.

Гавриленко Б. В. Первая находка селенидов на Кольском полуострове // ДАН СССР. 1987. Т. 296, № 5. С. 1213–1215.

Гавриленко Б. В., Реженова С. А. Рудные минералы золотосодержащих кварцево-жильных зон // Минеральные парагенезисы метаморфических и метасоматических пород. Апатиты, 1987. С. 58–67.

Иващенко В. И., Голубев А. И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 369 с.

Нерадовский Ю. Н. Морфология и состав золота в кварце из месторождения Майское (Карелия) // Материалы Всерос. конф. Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований (Москва, 29–31 марта 2010 г.). Т. 2. М., 2010. С. 88–90.

Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 359 с.

Сафонов Ю. Г., Волков А. В., Вольфсон А. А. и др. Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералого-геохимические особенности, вопросы генезиса // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45, № 5. С. 429–451.

Чернявский А. В., Войтеховский Ю. Л., Волошин А. В., Савченко Е. Э. Au-Ag-Te минералы в малосульфидных эпитермальных месторождениях Кольского п-ва и С. Карелии // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов: Тр. Всерос. науч. конф. (Апатиты, 26–29 сент. 2010 г.). Апатиты, 2010. С. 203–209.

Fennoscandian Ore Deposit Database (FODD) http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/ Commodities/Gold/ gtk_gold_map.html http://geomaps2.gtk.fi/website/fodd/viewer.htm. 2011

Gavrilenko B. V., Petrashova L. S., Dain A. D. Proterozoic quartz-vein gold deposit Mayskoye in North Karelia (Russia) // Proc. Nordic Min. Res. Symp. Precambrian gold in the Fennoscandian and Ukrainian Shields and related areas. Trondheim, 1999. P. 81–82.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чернявский Алексей Викторович
старший инженер
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209
эл. почта: chernyavsky@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79547

Chernyavskiy, Alexey
Geological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Russia
e-mail: chernyavsky@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79547

Волошин Анатолий Васильевич
главный научный сотрудник, докт. геол.-минер. наук
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209
эл. почта: vol@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79656

Войтеховский Юрий Леонидович
директор института, докт. геол.-минер. наук
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209
эл. почта: woyt@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79656

Voloshin, Anatoly
Geological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Russia
e-mail: vol@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79656

Voytekhovskiy, Yury
Geological Institute, Kola Research Centre, Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Russia
e-mail: woyt@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79656

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 165–171

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.837: 550.379: 551.71/.72

КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ЧЕРЕЗ РОПРУЧЕЙСКИЙ СИЛЛ ГАББРОДОЛЕРИТОВ НА УЧАСТКЕ РЖАНОЕ – АНАШКИНО

П. А. Рязанцев

Институт геологии Карельского научного центра РАН

В статье рассматривается комплексный геофизический профиль через Ропручейский силл габбродолеритов на участке Ржаное – Анашкино, при помощи которого получены новые данные об особенностях строения изучаемого объекта. Это позволило уточнить его геологическое строение, охарактеризовать с высокой степенью достоверности, а также определить положение границ залегания во вмещающих породах и внутренние неоднородности. Выделены некоторые особенности применения и сопоставления методов геофизики.

Ключевые слова: электроразведочные методы, магниторазведка, ВЭЗ, моделирование, структурный профиль, Ропручейский силл.

P. A. Ryazantsev. THE COMPLEX GEOPHYSICAL CROSS SECTION OF THE ROPRUCHEYSKY GABBRO-DOLERITE SILL AT THE RZHANOE – ANASHKINO SITE

We consider the complex geophysical cross section of the Roprucheysky gabbro-dolerite sill at the Rzhanoe-Anashkino site, where new data were obtained on the structure of the study object. As the result, its geological structure was clarified and characterized with a high degree of confidence, and the boundaries of its bedding in the host rocks and internal heterogeneity were determined. Some features of the application and comparison of geophysical methods are highlighted.

Key words: geoelectrical prospecting, magnetic reconnaissance, VES, modeling, structural profile, Roprucheysky sill.

Введение

Ропручейский силл интересен в первую очередь как геологический объект, перспективный для разведки и разработки месторождений облицовочного камня. Предшествующие исследования Карельской геологической экспедиции (КГЭ) создали базу для выделения наибо-

лее продуктивных площадей [Кевель, 1988], однако для повышения эффективности разведки природного камня требуются новые подходы, в том числе и комплексное использование геолого-геофизических данных [Копылов, Пустовойтова, 2006; Magnusson et al., 2010; Соколов и др., 2011; Шеков, Иванов, 2011]. Результаты таких работ должны выступать первым этапом при разведке месторождений облицовочного камня.

Примером использования комплексного подхода служат работы, выполненные в северной части Ропручейского силла на участке Ржаное – Анашкино. Главная цель заключалась в изучении строения и оценке параметров силла при помощи геофизических методов. Для этого вкрест его простирания на уровне эрозионного среза выполнен экспериментальный геофизический профиль с выходами во вмещающие породы. Профиль находится в интервале, наиболее пригодном для получения корректных результатов с наименьшими затратами. Геологической основой для проведения работ служат карты и разрезы, построенные специалистами КГЭ [Кевель, 1988]. Исходя из имеющихся данных Ропручейский силл имеет согласное, но сложное по форме залегание, с мощностью в пределах 60–80 м. В нем предполагается нали-

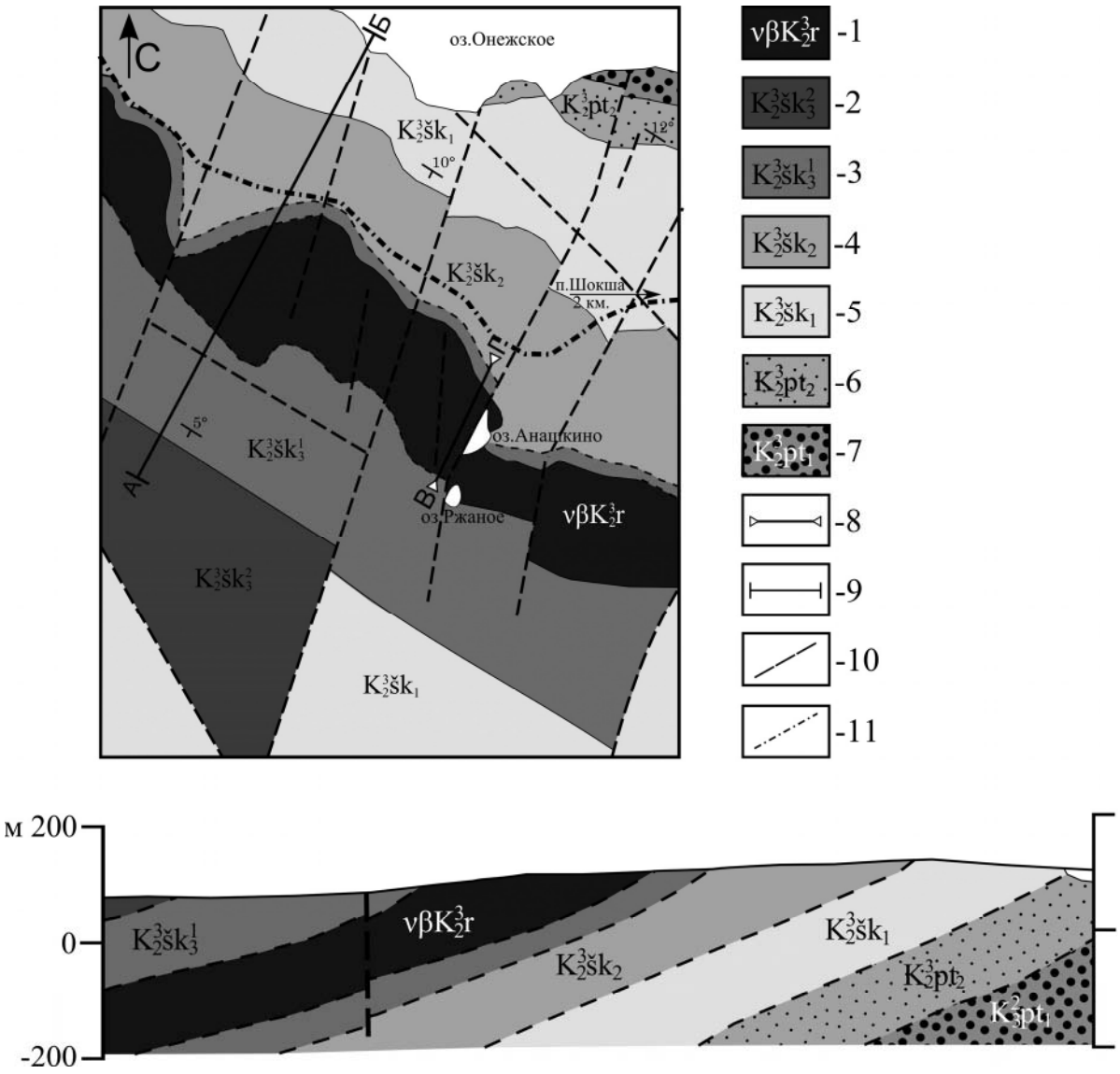


Рис. 1. Схема геологического строения участка работ с разрезом (по: [Кевель, 1988]):

1 – ропручейский габбродолеритовый комплекс – габбро, долериты; 2 – шокшинская свита, верхняя подсвита, верхняя пачка – песчаники, алевролиты; 3 – нижняя пачка верхней подсвиты – кварциты, конгломераты; 4 – шокшинская свита, средняя подсвита – сланцы, кварциты, алевролиты; 5 – шокшинская свита, нижняя подсвита – кварциты, сланцы, алевролиты; 6, 7 – петрозаводская свита, верхняя и нижняя подсвиты – песчаники, конгломераты; 8 – геофизический профиль В–Г; 9 – геологический профиль А–Б; 10 – крупные тектонические нарушения; 11 – автомобильная дорога

чие включений вмещающих пород и множество ослабленных тектонических зон. Однако в связи с распространением четвертичных отложений, отсутствием бурения и детальной геологической съемки в районе работ схема и разрез А–Б (рис. 1) отражают его геологию в упрощенном виде. Поэтому в задачи входило: исследование залегания силла на участке Ржаное – Анашкино и выделение его внутренних неоднородностей, а также определение особенностей обработки и интерпретации результатов геофизических исследований.

Для решения поставленных задач применялись следующие методы: профильные вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), магнитометрия и электропрофилирование (ЭП) методикой срединного градиента (СГ). Предпосылки выбора такого комплекса методов – контрастность габбродолеритов, слагающих Ропручейский силл, по сопротивлению и значениям аномалий магнитного поля на фоне вмещающих пород, представленных кварцитами и кремнистыми сланцами. По петрофизическим данным в изучаемом разрезе присутствуют три различных типа пород: это габбродолериты ропручейского интрузивного комплекса с сопротивлением до 10 кОм·м во влажном состоянии, кварциты верхней подсвиты и сланцы средней подсвиты шокшинской свиты с сопротивлением более 100 кОм·м и более 10 кОм·м соответственно. Содержащийся в габбродолерите титаномагнетит (среднее содержание 6 %) делает его контрастным на фоне немагнитных кварцитов [Петрофизика, 1992]. Методика ВЭЗ позволяет оценить распределение неоднородностей как по вертикали, так и по горизонтали (при использовании 2-D подхода к обработке), тогда как ЭП и магнитометрия применялись, прежде всего, для оценки изменений по латерали.

Методика проведения работ

Для решения поставленных задач на участке Ржаное – Анашкино выполнен экспериментальный геофизический профиль В–Г общей длиной более 4 км (рис. 1). Наиболее информативные результаты по профилю были получены методикой ВЭЗ, которая является стандартной в геофизической практике. Однако ее использование при изучении геологических структур кристаллического Фенноскандинавского щита связано с рядом сложностей. Это отсутствие равномерной горизонтально-слоистой среды, для которой такая методика является оптимальной, а также множественные тектонические нарушения. Поэтому представленный объект можно отнести к условно пригодным для ВЭЗ. Хотя силл и залегает во вмещающих породах под углом 0–10°, что является приемлемым с точки зрения методологии геофизической съемки, следует ожидать целый ряд ошибок и шумов при измерениях.

Работы проводились многоцелевым электроразведочным аппаратурным комплексом «СКАЛА-48» с использованием питающей линии АВ/2 до 500 м с тремя размерами MN = 10, 40, 80 м, по десять замеров на каждый разнос и рабочей частотой 2,44 Гц. Геометрия установки была выбрана исходя из мощности силла, с учетом влияния вмещающих высокоомных пород, для обеспечения необходимых чувствительности и глубины исследования. Для повышения плотности данных использовался линейный шаг, равный 10 м, при изучении приповерхностной части разреза, 20 м – на второй декаде и 40 м – на третьей. Всего было выполнено 21 зондирование с интервалами в 200 м. Для каждого измерения выполнялось пять накоплений, и за конечный результат принималось среднее значение, что позволяло отсечь случайные помехи [Балков и др., 2010].

В связи с тем что ЭП и магнитометрия имеют ограниченную информативность при изучении субгоризонтальных тел, основная их функция заключалась в выявлении вертикальных тектонических нарушений и границ между габбродолеритами и кварцитами на уровне эрозионного среза. Съемка методикой СГ проводилась с питающей линией АВ = 5 км, приемной линией MN = 20 м и шагом 10 м. В результате построен график, характеризующий распределение кажущегося удельного сопротивления ($\rho_к$) вдоль профиля. Пешеходные магнитометрические работы проводились с шагом съемки, равным 10 м, и их результат представлен также в виде графика.

Результаты исследований

По результатам геофизических исследований строились геоэлектрические модели, отображающие геологическую обстановку исследуемого района [Griffiths, Barker, 1993; Бобачев и др., 1995]. При обработке полученных ВЭЗ возникли три основные проблемы, ухудшающие результат. Во-первых, это возможность подбора эквивалентных моделей, существенно различающихся по своим характеристикам. Во-вторых, наличие Р-эффектов, вызывающих смещение кривой ВЭЗ по шкале сопротивлений, что является следствием влияния контрастных приповерхностных неоднородностей. А также влияние длины питающей линии, выражающееся в появлении индукции, что занижало уровень $\rho_к$ конечных замеров. Для преодоления этих помех использовались: инверсия данных по профилю с опорой на имеющуюся геологическую информацию, ме-

ханизмы нормализации сегментированной кривой ρ_k (по глубинным уровням), присутствующие в программном обеспечении, используемом при обработке («ВЭЗ-Мастер» [Шакуро, 2010]), и выборочная фильтрация данных (удалялись единичные замеры, резко выбивающиеся из ряда кривой) [Электроразведка..., 1994; Колесников, 2007]. Обработка данных и последующая интерпретация выполнялась в 1-D (одномерной) и 2-D (двумерной) формах. Использование разных подходов к решению обратной геофизической задачи позволяет вводить регуляризационную модель на основе одного типа обработки и использовать ее для увеличения корректности другой [Шевнин, Бобачев, 2009].

Сначала рассмотрим 1-D модель удельных сопротивлений. На полученном геоэлектрическом разрезе силл уверенно выделяется во вмещающих породах, представленные типы пород контрастно разделяются по сопротивлениям, а положение контактов пород в приповерхностной части согласуется с геологической информацией. Анализ модели позволяет выделить пространственные неоднородности, представленные резким изменением мощности тела силла с 100 пикета (ПК), а также наличием высокоомного включения между ПК –1500 и –500, которое, вероятно, является включением вмещающих пород. Следует отметить разницу сопротивлений в области отрицательных и положительных пикетов, это объясняется влиянием крупного тектонического нарушения, пересекающего профиль исследования под острым углом (рис. 2). Однако неоднородности внутри интрузии выделяются нечетко, что не позволяет проводить корректную интерпретацию, поэтому была проведена 2-D обработка.

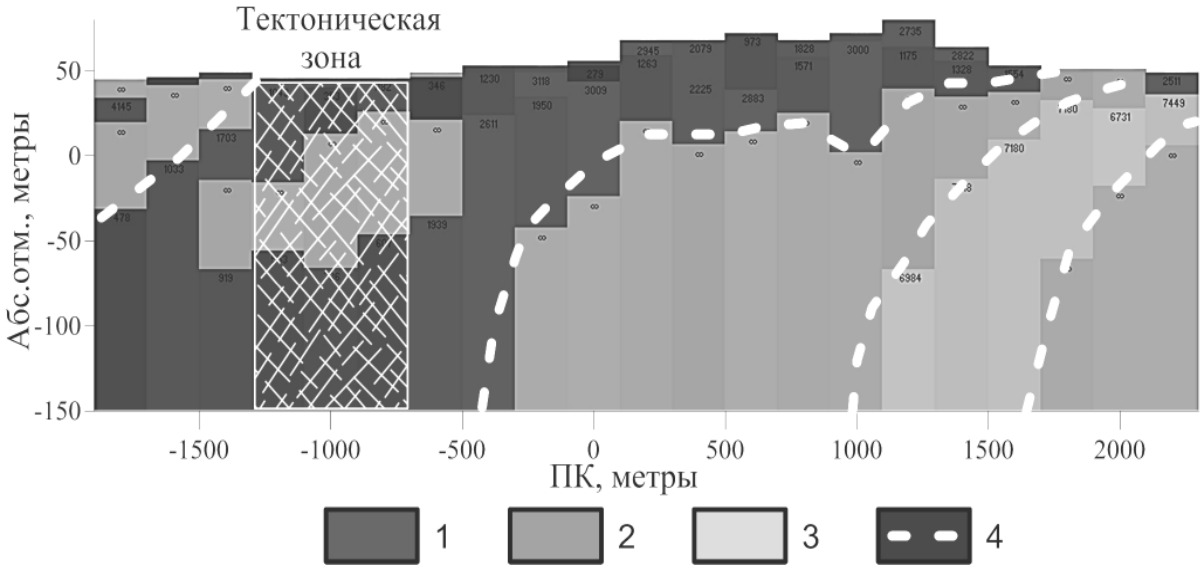


Рис. 2. 1-D модель сопротивлений по профилю В–Г:

1 – удельное сопротивление не более 4000 Ом·м; 2 – удельное сопротивление более 10 тыс. Ом·м; 3 – удельное сопротивление от 4 тыс. до 10 тыс. Ом·м; 4 – предполагаемые границы пород

При 2-D обработке используется моделирование при помощи двумерных ячеек с координатами x, y и учетом взаимодействия между ними, вследствие чего оценка распределения геоэлектрических параметров в горизонтальном направлении достовернее, чем при 1-D. Как видно, полученная модель удельных сопротивлений (рис. 3) более гладкая, благодаря чему основные границы геологических образований прослеживаются увереннее, а также отдельные контрастные малоразмерные тела лучше локализуются [Loke, 2010]. Это наблюдается на ПК –1400 и 1600, где четко выделяется граница вмещающих пород шокшинской свиты и габбродолеритов Ропручейского силла; на ПК –800...–600 и 800–1200 фиксируются локальные включения в силле вмещающих пород; между ПК –1400 и –1000 отчетливо прослеживается крупное тектоническое нарушение. При построении 2-D модели присутствовал высокий процент невязки между измеренными и рассчитываемыми данными (до 40 %), что связано с недостаточным количеством зондирований. Однако использование механизмов регуляризации позволило уменьшить погрешность до приемлемого уровня (погрешность невязки 8,7 %) и получить более корректный результат.

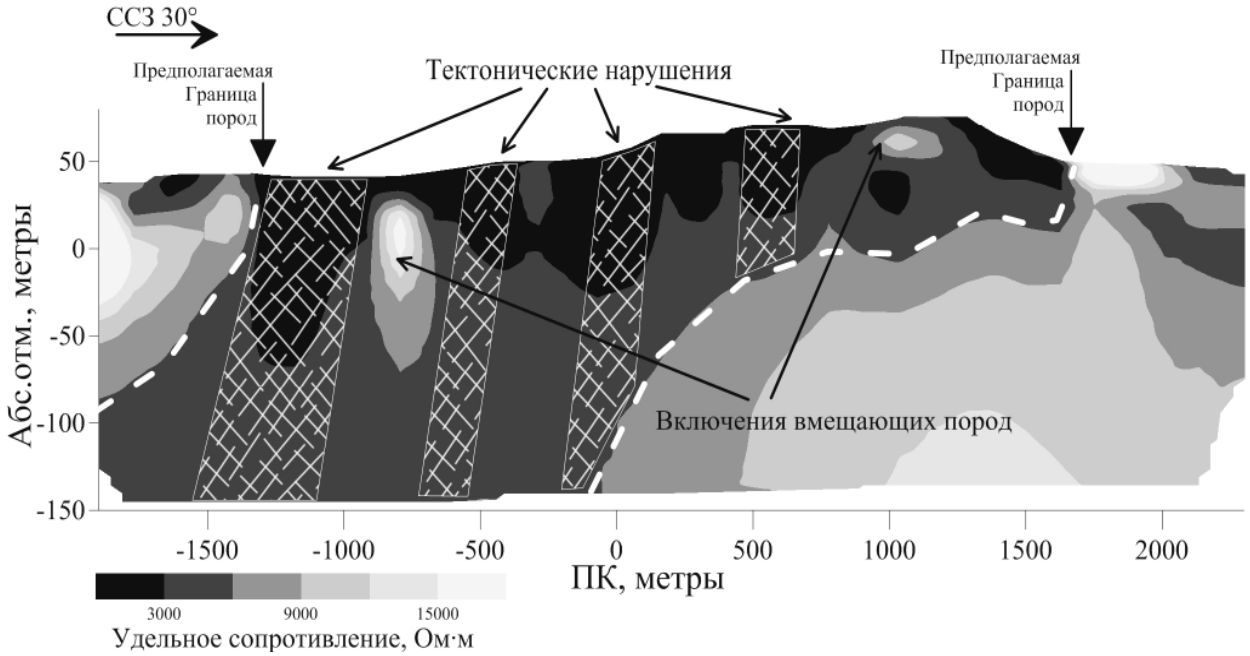


Рис. 3. 2-D модель сопротивлений по профилю В–Г

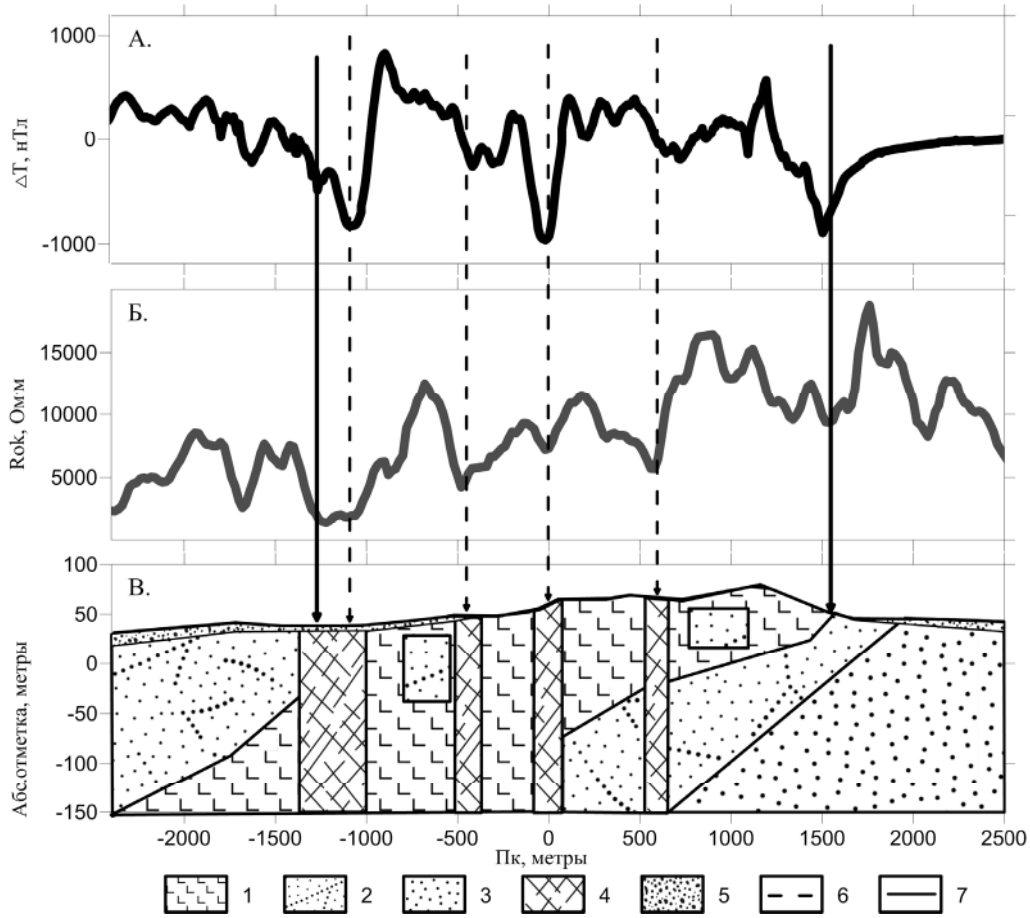


Рис. 4. Графики приращения модуля вектора индукции магнитного поля (А), кажущегося сопротивления (Б) и схематичный геологический разрез (В) для геофизического профиля В–Г:

1 – габбродолериты; 2 – кварциты; 3 – кремнистые сланцы; 4 – зоны тектоники; 5 – четвертичные отложения; 6 – корреляционные линии для тектоники; 7 – корреляционные линии для границ пород

Анализ данных, полученных магнитометрией и ЭП, выполнялся в комплексе. Эта информация дополняет и заверяет результаты ВЭЗ. Для лучшего восприятия графиков и их сопоставления построен схематический геологический разрез на основе геолого-геофизических данных. На графике аномальных значений магнитного поля хорошо прослеживаются границы пород на ПК 1500 и –1400, это отражается в более спокойном поведении поля и отсутствии относительно длиннопериодных аномалий (рис. 4, А). В свою очередь, на графике кажущегося сопротивления такие области фиксируются понижением значений (рис. 4, Б). Также для него характерно понижение уровня тренда в сторону отрицательных пикетов, что является следствием негоризонтального залегания силла (в левой части преобладают габбродолериты, а в правой – кварциты и кремнистые сланцы) и влияния тектоники. В результате анализа графиков на схематическом разрезе выделяются отдельные блоки, ограниченные малыми тектоническими нарушениями ПК –1000... –500; –300–0; 0–500 (рис. 4, В), а после сопоставления с 2-D моделью включения вмещающих пород – на ПК –750...–550 и 700–1000. Еще одна особенность, выявленная в ходе исследований, – лучшая корреляция результатов ЭП и магнитометрии с 2-D обработкой ВЭЗ по сравнению с 1-D обработкой.

Согласно результатам комплексных исследований, силл имеет сложную структуру, которая дает неоднородное отображение в геофизических полях. Анализируя полученную картину, можно предположить, что моноклинальное залегание пород, по геологическим наблюдениям, осложнено флексурой на интервале 0–1600 ПК (рис. 3; 4, В). На разрезе выделяются ранее не картированные крупные тектонические нарушения одной генетической природы, параллельные главному тектоническому нарушению ПК –1400...–1000, а также два крупных включения, относящиеся, вероятно, к материалу вмещающих пород.

Выводы

Исследования, выполненные на участке Ржаное – Анашкино при помощи комплекса геофизических методов, позволили определить изменение мощности, наличие внутренних включений и зон тектоники, а также флексурное нарушение Ропручейского силла в этом районе. Полученные результаты согласуются с геологией района работ и дополняют имеющуюся информацию новыми данными. Наблюдается высокая корреляция результатов всех геофизических методов, что позволяет наиболее полно охарактеризовать выбранный объект. Это свидетельствует о высокой эффективности геофизических методов для изучения Ропручейского силла. Дальнейшие исследования подобного рода позволят сделать новые выводы о его строении, тектонических особенностях и генезисе.

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории геофизики м. н. с. А. В. Климовскому, м. н. с. М. Ю. Нилову, с. н. с. С. Я. Соколову и заведующему лабораторией геофизики д. г.-м. н. Н. В. Шарову за помощь в проведении полевых работ и написании статьи.

Литература

Балков Е. В., Панин Г. Л., Манштейн Ю. А. и др. Электротомография: аппаратура, методика и опыт применения // База знаний. 2010. 21 с. URL: www.nemfis.ru.

Бобачев А. А., Марченко М. Н., Модин И. Н. и др. Новые подходы к электрическим зондированиям горизонтально-неоднородных сред // Физика Земли. 1995. № 12. С. 79–90.

Кевель С. А. Отчет о поисковых и поисково-оценочных работах на блочный камень для целей прецизионного машиностроения в Прионежском районе Карельской АССР в 1987–1988 гг. // ТГФ (Петрозаводск). 1988.

Колесников В. П. Основы интерпретации электрических зондирований. М.: Научный мир, 2007. 248 с.

Копылов М. И., Пустовойтова И. В. Опережающие геофизические и петрофизические исследования при поисках и разведке строительных материалов на Дальнем Востоке // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 4. С. 69–78.

Петрофизика: Справочник / Н. Б. Дортман (ред.). М.: Недра, 1992. 391 с.

Соколов С. Я., Рязанцев П. А., Климовский А. В., Нилов М. Ю. Геофизические методы изучения породной толщи на объектах облицовочного камня // Горный журнал. 2011. № 5. С. 15–19.

Шевнин В. А., Бобачев А. А. 2D инверсия данных, полученных по обычной 1D технологии ВЭЗ // Георазрез. 2009. № 3. URL: http://georazrez.uni-dubna.ru.

Шеков В. А., Иванов А. А. Методологические основы классификации месторождений блочного камня // Горный журнал. 2011. № 5. С. 5–8.

Шакуро С. В. Электротомография с использованием установок точечного зондирования // Тез. докл. на Петербургском геофизическом науч.-практ. семинаре им. В. А. Комарова «Электроразведка в комплексе методов для поисковой и инженерной геологии». СПб.: СПбГУ, 2010. С. 56.

Электроразведка методом сопротивлений / В. К. Хмелевской, В. А. Шевнин (ред.). М.: МГУ, 1994. 160 с.

Griffiths D. H., Barker R. D. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology // J. Appl. Geophysics. 1993. N 29. P. 211–226.

Loke M. H. Tutorial – 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Malaysia: Geotomo Software, 2010. 124 p.

Magnusson M., Fernlund J., Dahlin T. Geoelectrical imaging in the interpretation of geological conditions affecting quarry operations // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2010. N 3. P. 465–486

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Рязанцев Павел Александрович
аспирант
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
тел.: (8142) 783471
эл. почта: chthonian@yandex.ru

Ryazantsev, Pavel
Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: chthonian@yandex.ru
tel.: (8142) 783471

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С.172–176

ХРОНИКА

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В 2011 г.

Предметом исследования геологов Института геологии Карельского научного центра РАН является земная кора нашей планеты, и для достижения хороших результатов необходимо изучение ее строения в различных точках Земли. Благодаря международному сотрудничеству это становится возможным. В 2011 г. совместные экспедиционные работы, направленные на познание древнейшей (архейской) истории Земли, проводились в Индии и Южноафриканской Республике (ЮАР).

Бандельхандский кратон в центральной Индии может быть отличным полигоном для совместных работ с индийскими коллегами.

Индийские геологи проявляют огромный интерес к работам российских ученых, крайне заинтересованы в совместных работах. Встреча с вице-президентом Бандельхандского университета профессором Рана показала, что такой интерес проявляют не только геологи и широкомасштабное сотрудничество возможно на уровне, например, Бандельхандского и Петрозаводского государственных университетов.

В сентябре 2011 г. были проведены полевые экспедиционные работы в центральной Индии. В их ходе были исследованы слабоизученные Бабинский и Гирарский зеленокаменные пояса Бандельхандского кратона.

Настоящие исследования проводятся в рамках совместного научного проекта «Эволюция земной коры Фенноскандинавского и Индостанского щитов: главные события, темпы роста и геодинамика», который был подготовлен д. г.-м. н. А. И. Слабуновым (Россия) и доктором В. Сингом (Индия) (рис. 1). Этот проект стал возможным благодаря обсуждению проблем докембрийской геологии во время 2-й Международной конференции и полевой экскурсии «Условия становления докембрийской континентальной коры», Джанси, Индия (PCGT-2009) в 2009 г. Проект реализуется в рамках совместной долгосрочной программы индийско-российского сотрудничества (ILTP). Данная программа находится под контролем Министерства науки и технологий Индии и Российской академии наук. Участником экспедиционных работ также был ведущий переводчик Г. Н. Соколов (рис. 2).

Сотрудничество с геологами из ЮАР крайне важно, так как ЮАР – богатейшая природными ресурсами (особенно золото, алмазы, платина, хром и др.) страна мира, при этом основа богатств – архейские комплексы, а Геологическая служба ЮАР – одна из старейших и эффективных в мире.

Осенью (с 5 по 29 ноября) 2011 г. была организована первая экспедиция в Южную Африку в рамках совместного российско-южноафриканского научного проекта «История формирования земной коры Карельского (СЗ России) и Каапвальского (ЮАР) кратонов в мезо- и неоархее: сравнительный анализ геологической эволюции, палеомагнитные данные, реконструкция архейского суперконтинента», который финансируется Российским фондом фундаментальных исследований и Национальным научным фондом ЮАР. Идея создания проекта принадлежит д. г.-м. н. А. И. Слабунову (Россия) и проф. А. Хофманну (ЮАР) (рис. 3), а его реализация стала возможна благодаря поддержке д. г.-м. н. Н. В. Лубниной (МГУ, Москва) (рис. 4), д. г.-м. н. С. А. Светова (ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск) (рис. 5), к. г.-м. н. А. В. Степановой (ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск) (рис. 6) и М. Клаусена (Стилленбошский университет, ЮАР).



Рис. 1. Руководители индийско-российского проекта доктор В. Синг и д. г-м. н. А. И. Слабунов в маршруте

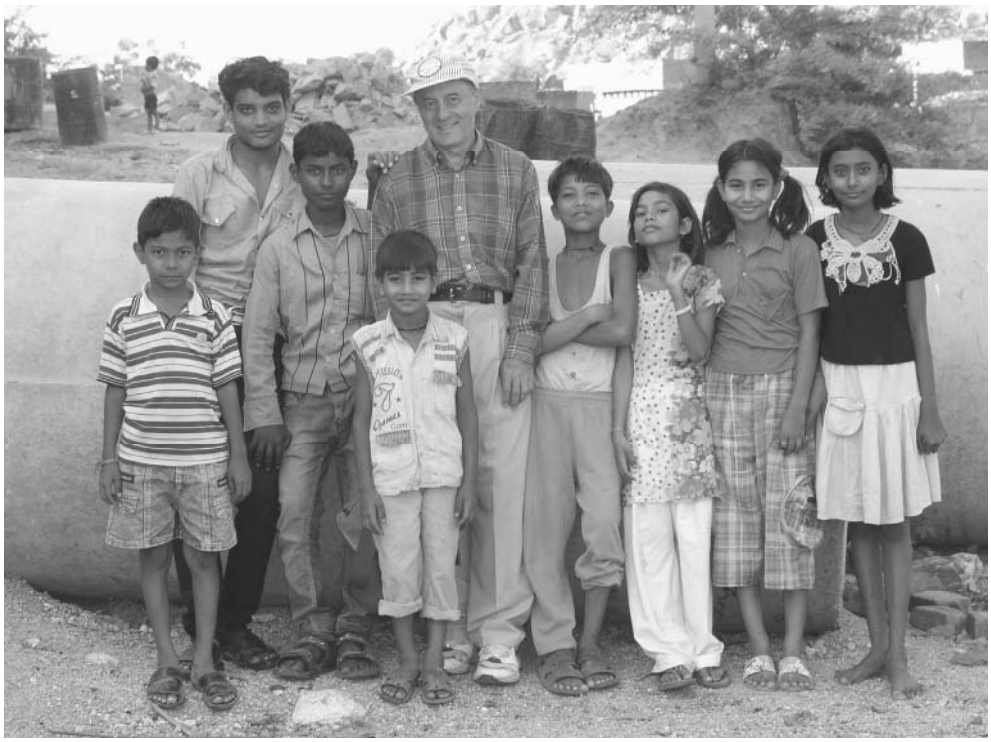


Рис. 2. Г. Н. Соколов во время маршрута попал в окружение индийских детей

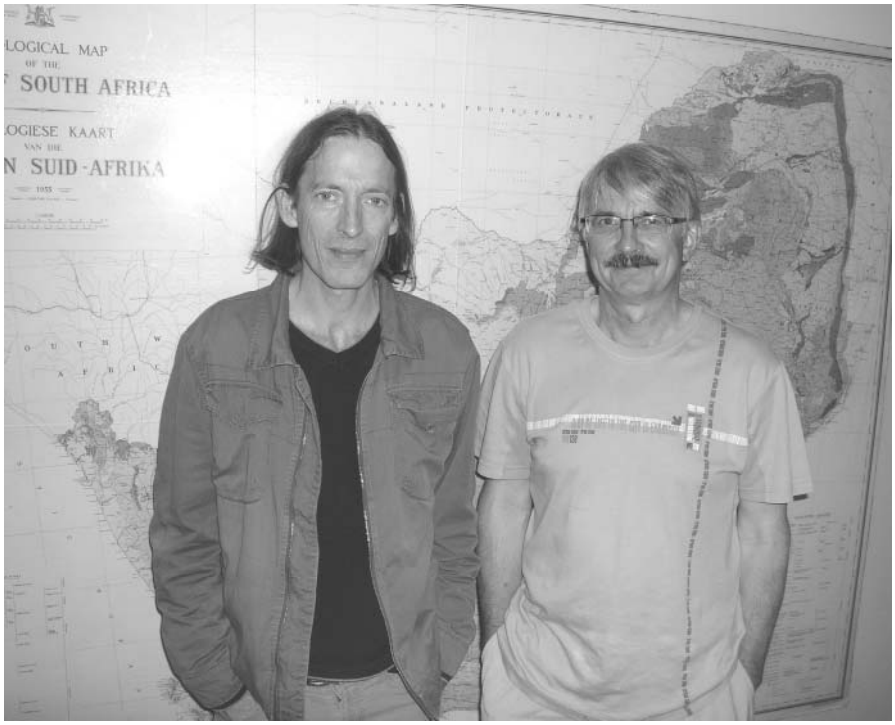


Рис. 3. Руководители российско-южноафриканского проекта проф. А. Хофманн и д. г.-м. н. А. И. Слабунов на геологическом факультете Йоханнесбургского университета



Рис. 4. Проф. Н. В. Лубнина пытается найти аленький цветок алое



Рис. 5. Д. г.-м. н. С. А. Светов на берегу широко известной в среде геологов р. Комати

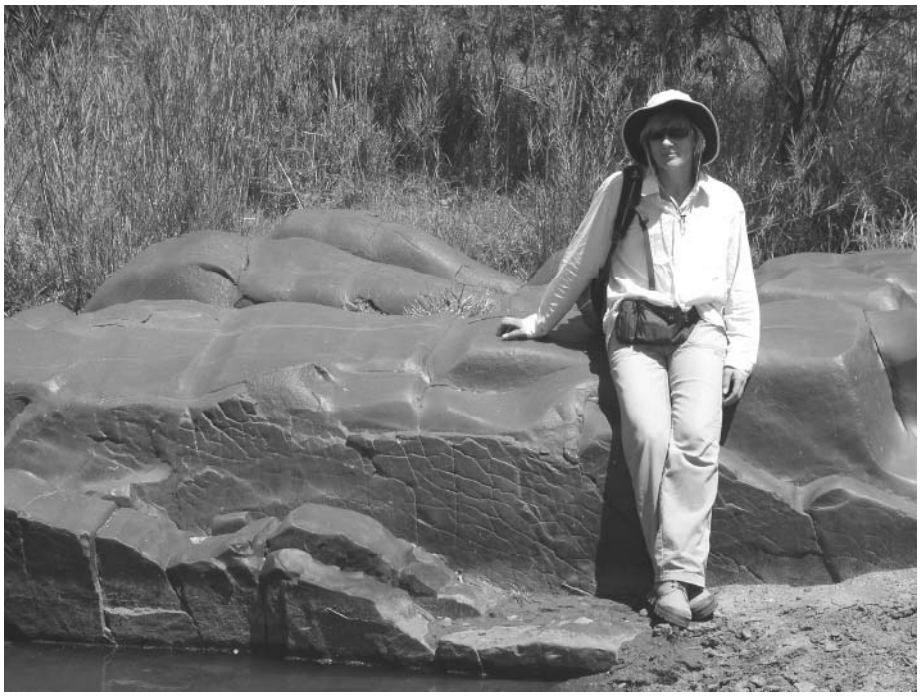


Рис. 6. К. г.-м. н. А. В. Степанова нашла дайки основных пород и в Африке



Рис. 7. Участники российско-южноафриканской экспедиции в Йоханнесбурге перед отправкой в первый маршрут (слева направо): А. Хофманн (ЮАР), М. Клаусен (ЮАР), Н. В. Лубнина (Россия), А. В. Степанова (Россия), С. А. Светов (Россия), А. И. Слабунов (Россия)

В ходе двухнедельных работ группой из четырех российских и двух южноафриканских геологов (рис. 7) были отобраны пробы из габброидов в северной части Каапвальского кратона (провинции Лимпопо и Мпумаланга) для палеомагнитных, геохронологических и геохимических исследований. Позднее А. И. Слабунов и М. Клаусен провели отбор проб для геохронологических, петрологических и геохимических исследований на территории провинции Квазу́лу-Ната́л (ЮАР) и Свазиленда.

Кроме проведения полевых работ, группа познакомилась с геологическим факультетом Йоханнесбургского университета, участвовала в научном семинаре.

А. И. Слабунов

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 177–179

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ЛЮДМИЛА ПАВЛОВНА ГАЛДОБИНА
(к 85-летию со дня рождения)

Л. П. Галдобина родилась 1 июня 1927 г. в Петрозаводске. Геолог, литолог, стратиграф, кандидат геолого-минералогических наук. В 1951 г. окончила геологический факультет Карело-Финского госуниверситета. После окончания университета несколько лет работала в Карельской комплексной геологической экспедиции СЗГУ. В экспедиции занималась геолого-съемочными и петрографическими исследованиями. Это был первый важный этап (1951–1954) в ее геологической деятельности. Затем она работала в Петрозаводском университете в должности ассистента и преподавателя геолого-разведочного факультета: вела практические занятия по общей геологии, палеонтологии, осадочной петрографии, читала лекции по отдельным разделам этих курсов. Последние выпускники факультета КФГУ (ныне ПетрГУ) помнят, как с самых первых лекций профессора В. С. Слодкевича в уголке аудитории обязательно сидела скромная девушка. Удивительно, что Всеволод Сергеевич время от времени говорил: «А вот с таким вопросом лучше обратиться к Людмиле Павловне, она больше меня разбирается в этом». Речь шла либо о так называвшихся в то время «йотнийских» кварцитопесчаниках, либо о шунгите. Людмила Павловна готовила диссертацию, которая посвящалась литологии иотнийских осадочных толщ Прионежья КАССР. Работа была блестяще защищена в 1959 г. Это был второй этап (1954–1959) в профессиональной работе, итогом которого стала защита кандидатской диссертации в возрасте 32 лет после окончания заочной аспирантуры.



1959–1961 – это годы возвращения на работу в Карельскую комплексную геологическую экспедицию. Имея основательную научную базу, она активно включилась в программу по составлению крупномасштабных геологических карт, что, безусловно, предполагало и поиски новых месторождений полезных ископаемых. В отчетах по этим работам ей доверяли наиболее сложные разделы, касающиеся стратиграфии и литологии древнейших (палеопротерозойских) толщ. Собранный в многочисленных геологических экспедициях материал позволял Л. П. Галдобиной детально анализировать условия формирования первичноосадочных и вулканогенных пород, проводить более точные палеогеографические построения (реконструкции).

В 1961 г. она становится младшим научным сотрудником созданного Института геологии. В это время в институте было 8 кандидатов наук, среди которых – молодой геолог Людмила Павловна. Имеющийся опыт пригодился, когда в Карельском филиале АН СССР была создана группа под руководством в то время канд. геол.-минер. наук В. А. Соколова. Одной из важных задач считался углубленный фациальный анализ нижнепротерозойских образований. Людмила Павловна была одним из лучших специалистов в данной области. В этот период основывается тесное творческое сотрудничество двух ученых – В. А. Соколова и Л. П. Галдобиной, которое продолжалось в течение многих лет. Создаются и выходят в свет важнейшие монографические издания: Геология, литология и палеогеография ятулия Центральной Карелии. Петрозаводск, 1970; Проблемы геологии среднего протерозоя Карелии. Петрозаводск, 1972; Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск, 1978; Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии. Петрозаводск, 1982; Стратиграфия докембрия Карельской АССР. Петрозаводск, 1984; Геология Карелии. Л., 1987, а количество различных публикаций, подготовленных Л. П. Галдобиной (в том числе в соавторстве), приближается к 120.

За короткий срок она становится крупным специалистом по литологии и фациальному анализу докембрия. Л. П. Галдобина увлеченно работает в области палеогеографии ятулия и условий образования полезных ископаемых.

С 1970 г. Л. П. Галдобина изучает шунгитовые породы, их литологию и генезис. Она побывала на всех известных шунгитовых месторождениях и проявлениях, собрав уникальную коллекцию каменного материала, просмотрела сотни шлифов, обработала результаты спектрального и химического анализа как своих проб, так и предшественников. Совместно с В. В. Ковалевским, ныне докт. геол.-минер. наук, заведующим лабораторией шунгитов, был освоен новый метод изучения шунгитов с применением электронной микроскопии. Обобщая весь материал, Людмила Павловна пришла к выводу о необходимости создания новой классификации шунгитов, которая вскоре была ею разработана и предложена.

В 1989 г. она выходит на заслуженную пенсию, но только формальную, продиктованную требованиями того времени. Вполне естественно она остается востребованной, а поэтому практически до сегодняшнего дня связана с институтом, продолжая определенное время работать по контрактам. Еще недавно мы слышали ее доклады на совещаниях в Петрозаводске. Она обсуждает с нами проблемы современной геологии. Людмила Павловна – щедрый и добрый человек. Проходят годы, и сотрудники всегда рады видеть ветерана труда в стенах института.

В 1953 и 1954 гг. избиралась депутатом четвертого и пятого созывов Петрозаводского городского совета депутатов трудящихся. Награждена Почетной грамотой Президиума АН СССР (1974), грамотами КарНЦ АН СССР, заносилась на «Доску почета» КФ АН СССР, награждена медалью «Ветеран труда» (1985).

Редколлегия данного выпуска журнала, коллектив Института геологии КарНЦ РАН поздравляют Людмилу Павловну с 85-летием. Мы рады, что Вы с нами. Желаем хорошего настроения, бодрости и быть на достойном уровне!

В. В. Макарихин, В. В. Щипцов

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ Л. П. ГАЛДОБИНОЙ

1958. Кварцито-песчаники и песчаники Прионежья. Технико-экономический бюллетень. № 4. С. 12–14.

Иотнийские образования района Прионежья КАССР // Изв. КФ АН СССР. № 1.

1960. Верхний протерозой // Геология СССР. Т. XXXVII, ч. 1, КАССР, 19. С. 255–260.

1966. К методике замеров косой слоистости дислоцированных толщ при полевых наблюдениях // Проблемы осадочной геологии. Вып. 1. М.: Недра. С. 248–249. (Совместно с Ю. И. Сацуком, А. В. Рылеевым, К. И. Хейскаленом.)

Некоторые формы предъятулийского погребенного рельефа // ДАН СССР. Т. 168, № 2. С. 432–434. (Совместно с В. А. Соколовым, Ю. И. Сацуком, А. П. Световым, К. И. Хейскаленом.)

1970. Геология, литология и палеогеография ятулия Центральной Карелии. Петрозаводск. С. 359–364. (Совместно с В. А. Соколовым, А. В. Рылеевым, Ю. И. Сацуком и др.)

Вулканогенно-осадочные породы среднего протерозоя (ятулий) Карелии // Классификация и номенклатура вулканогенно-осадочных пород. Тбилиси. С. 224–226. (Совместно с А. П. Световым.)

1971. К стратиграфии и корреляции ятулийских отложений (на примере Центральной Карелии) // Стратиграфия и изотопная геохронология докембрия восточной части Балтийского щита. Л.: Наука. С. 65–71. (Совместно с В. А. Соколовым, А. В. Рылеевым, Ю. И. Сацуком и др.)

Об угловом несогласии между ятулийскими и сариолийскими отложениями центральной Карелии // ДАН СССР. Т. 199, № 2. С. 411–413. (Совместно с В. А. Соколовым, К. И. Хейскаеном.)

Литология и палеогеография осадочных образований среднего протерозоя Южной Карелии // Проблемы литологии докембрия. Л.: Наука. С. 21–31. (Совместно с Е. М. Михайлюк.)

1972. Строение разрезов сумийско-сарилийского вулканогенно-осадочного комплекса районов д. Святнаволок – п. Гирвас. Конгломератовая толща // Проблемы геологии среднего протерозоя. Петрозаводск: Карелия. С. 40–44. (Совместно с К. И. Хейскаеном.)

1974. Литогенез среднепротерозойских вулканогенно-осадочных тощ Карелии // Проблемы вулканогенно-осадочного литогенеза. М.: Наука. (Совместно с В. И. Горловым.)

Агломераты сумийско-сариолийского вулканогенно-осадочного комплекса Карелии // Изв. АН СССР. Сер. геол. № 7. С. 70–77. (Совместно с К. И. Хейскаеном, А. И. Голубевым.)

1975. Прогнозная геологическая оценка ресурсов шунгитовых пород // Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск: Карелия. С. 218–219. (Совместно с В. И. Горловым, В. И. Соколовым.)

1980. Experience in lithological-facial studies of Jatulian formations in Karelia, their palaeogeography // Jatulian Geology in the Eastern Part of the Baltic Shield. Rovaniemi. P. 21–37. (Совместно с V. Sokolov.)

1982. Людиковий – новое стратиграфическое подразделение нижнего протерозоя Карелии // ДАН СССР. Т. 267, № 4. С. 187–190. (Совместно с В. А. Соколовым.)

Черносланцевые формации юго-восточной части Балтийского щита // Осадочная геология докембрия. М.: Наука. С. 131–143. (Совместно с В. А. Соколовым, В. Я. Горьковцом, С. И. Рыбаковым.)

1984. Геохимия черносланцевых образований протерозоя Карело-Кольского региона. Л.: Наука. С. 182–191. (Совместно с А. И. Голубевым, А. М. Ахмедовым.)

1987. Шунгиты: проблемы генезиса и классификации нового углеродистого сырья // Советская геология. № 12. С. 40–47. (Совместно с П. Ф. Иванкиным, Ю. К. Калининым.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С.180–186

ВАЛЕНТИН ЯКОВЛЕВИЧ ГОРЬКОВЕЦ
(к 75-летию со дня рождения)



1 июня 2012 г. исполнилось 75 лет со дня рождения Валентина Яковлевича Горьковца, доктора геолого-минералогических наук, профессора Петрозаводского государственного университета, заслуженного деятеля науки Республики Карелия, ведущего научного сотрудника Института геологии Карельского научного центра РАН (ИГ КарНЦ РАН).

Валентин Яковлевич Горьковец – видный специалист в области металлогении рудных месторождений, включающих докембрийские железисто-кремнистые формации, формирования золоторудных месторождений, алмазоносных кимберлитов и лампроитов, геодинамики земной коры на ранних этапах докембрия, а также решения геоэкологических вопросов.

В 1960 г. Валентин Яковлевич окончил геолого-разведочный факультет Петрозаводского государственного университета и был распределен в отдел региональной геологии Карельского филиала АН СССР. Молодой специалист уже на следующий день отправился в долгосрочную командировку под руководством Владимира Михайловича Чернова, вылетев на гидросамолете в район Костомукшского железорудного месторождения. Это месторождение, выявленное геофизиками с борта самолета в 1946 г. аэромагнитной съемкой, было разведано и подготовлено к промышленному освоению в течение 36 лет.

Приводнившись на озеро Костомукшское (сейчас на его месте хвостохранилище «Карельского окатыша»), Валентин и его товарищи, половину которых составляли студенты, еще девять километров шли до заброшенного поселка геологической партии, стоявшего здесь в пятидесятых годах. Им предстояло заново осваивать таежный край, обживать домики, изучать и детально документировать керн разведочных скважин, оконтуривать месторождение, изогнувшееся, как было установлено, 20-километровой дугой.

Тогда, признается Валентин Яковлевич, он и думать не думал, что эта экспедиция определит его дальнейшую жизнь. Свою первую командировку он воспринимал, скорее, как некий промежуточный этап, как неизбежную дань, которую требовалось отдать выбранной профессии. Но есть, видимо, в наших местах какое-то особое притяжение, которое не позволяет так просто откреститься от них. Это влияние Горьковец в полной мере испытал на себе, потому что чем еще можно объяснить тот факт, что, приехав в Костомукшу на один полевой сезон, он в итоге посвятил изучению этого района 52 года, практически всю геологическую жизнь, заслужив право называться первооткрывателем.

Поначалу Костомукшское месторождение считалось не очень крупным, а потому не особо перспективным. К нему был скорее научный, чем практический интерес. Если бы не руководитель экспедиции В. М. Чернов, неизвестно, как бы еще сложилась судьба месторождения, да и всей Костомукши в целом. Он сыграл большую роль не только в судьбе города, но и в жизни В. Я. Горьковца, вместе они проработали почти 30 лет. Под его руководством Валентин Яковлевич в 1965–1968 гг. учился в аспирантуре КарФАН СССР, защитил кандидатскую диссертацию в 1969 г., а в 1993 – докторскую диссертацию.

В. М. Чернов с учениками доказали, что запасы железной руды, которые сначала оценивались в 650 млн т высококлассной руды, на самом деле составляют порядка 10 млрд т и залегают до глубины 4,5 км. Первопроходцы, в числе которых был, естественно, и В. Я. Горьковец, сделали многое, чтобы приоткрыть завесу тайны, окутывавшую регион. Геологи составили карту Костомукшского района, определили места залегания руд, описали породы, характерные для этой территории.

Но удивительна не только история края. Его настоящее не менее интересно. Помимо сырья для металлургии, геологи во главе с В. Я. Горьковцом обнаружили здесь весьма перспективные с точки зрения промышленной добычи месторождения золота и алмазов.

На сегодня в Костомукше выбрано 600 млн т руды. Основной карьер уже приличных размеров, он хорошо просматривается из космоса. Длина карьеров (Северного, Центрального, Южного) – 10 км, глубина – более 300 м, ширина – 3 км.

Если говорить о перспективах костомукшских горняков, то они связаны, в частности, с разрабатываемым Корпангским месторождением, вплотную прилегающим к Костомукшскому. Его запасы – 410 млн т руды. Есть прогнозные ресурсы золота, оцениваемые несколькими десятками тонн. Обнаружены зерна алмазов в кимберлитах и лампроитах, определенных компанией «Де-Бирс».

Корпангское месторождение особо привлекательно тем, что здесь залегает руда, из которой получается концентрат для суперсталей. На мировых рынках он стоит в десять раз дороже, чем обычные окатыши.

В. Я. Горьковец ежегодно организует полевые геологические исследования на железорудных месторождениях и окрестностях города Костомукши, а также в приграничном районе на территории Республики Карелия и Финляндии. Он является одним из организаторов кафедры «геология и геофизика» Петрозаводского госуниверситета, член Ученого совета горно-геологического факультета ПетрГУ. С 1998 г. профессор кафедры геологии и геофизики, читает лекции по дисциплинам «Литология» и «Геология месторождений полезных ископаемых», руководит аспирантами, производственными практиками студентов-геологов, курсовыми и дипломными работами.

С 1993 по 2000 г. В. Я. Горьковец исполнял обязанности заместителя директора по научной работе Института геологии КарНЦ РАН и являлся членом Президиума КарНЦ РАН. С 2003 по 2008 г. возглавлял лабораторию «Комплексное изучение Костомукшского рудного района». В настоящее время руководит группой комплексного изучения Костомукшского рудного района в лаборатории геофизики и является исполнителем темы «Глубинное строение, сейсмичность, тектоно-магматическая активизация, неотектоника и геоэкология северо-запада России».

Валентин Яковлевич обладает спокойным, выдержанным характером. В отношении с коллегами по работе доброжелателен и пользуется заслуженным авторитетом в коллективе. У него большая и дружная семья: жена, дочь, сын, внук, внучка и четверо правнуков.

Коллектив Института геологии КарНЦ РАН, редакционная коллегия журнала «Труды Карельского научного центра Российской академии наук» и ОАО «Карельский окатыш» сердечно поздравляют Валентина Яковлевича с 75-летним юбилеем и искренне желают ему долгих лет радостной, благополучной, творческой жизни.

Н. В. Шаров

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ В. Я. ГОРЬКОВЦА

1966. К вопросу о стратиграфическом положении конгломератов гимольского района Западной Карелии // Вопросы геологии и закономерности размещения полезных ископаемых Карелии. Петрозаводск. С. 187–201. (Совместно с В. М. Черновым, К. А. Ининой, М. Б. Раевской.)

1969. Некоторые особенности распределения элементов докембрийских вулканогенных железисто-кремнистых формаций Карелии // Литология и полезные ископаемые. № 1. С. 65–77.

Особенности распределения германия в рудах и вмещающих породах Костомукшского месторождения железистых кварцитов: Автореф. дис. … канд. геол.-минер. наук. (ВГУ). 31 с.

1970. Вулканогенные железисто-кремнистые формации Карелии. Петрозаводск. 284 с. (Совместно с В. М. Черновым, К. А. Ининой, М. Б. Раевской.)

Литологические и геохимические особенности железисто-кремнистых формаций докембрия Карелии // Вулканогенные железисто-кремнистые формации: литология, геохимия, корреляция, палеотектоника. Труды Ин-та геологии Карельского филиала АН СССР (т. 5). Петрозаводск: Карелия. 286 с. (Совместно с В. М. Черновым, А. И. Богачевым, К. А. Ининой, М. Б. Раевской.)

1971. Первая находка железистых кварцитов в докембрии Приладожья Карелии // ДАН СССР. № 2. С. 427–430. (Совместно с В. М. Черновым, К. А. Ининой, М. Б. Раевской).

Главные закономерности распределения химических элементов в вулканогенных железисто-кремнистых формациях Карелии // Пробпемы осадочной геологии докембрия. Вып. 3. М. С. 230–297. (Совместно с В. М. Черновым.)

К геохимии железистых кварцитов (на примере Костомукшского месторождения Карелии) // Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Л.: Наука. С. 118–125.

1973. Селецкие структуры в ребольском фундаменте р-на Кимасозеро – Лувозеро. Этапы тектонического развития докембрия Карелии // Труды Карельского филиала АН СССР. Вып. 16. Л.: Наука. С. 113–116. (Совместно с К. А. Ининой, М. Б. Раевской.)

1976. К вопросу о формационном делении вулканитов раннего протерозоя Балтийского щита // Геология, петрология, металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. Т. 1. М.: Недра. С. 151–152. (Совместно с В. М. Черновым.)

Особенности раннепротерозойского вулканизма Балтийского щита // Вулканизм докембрия. Петрозаводск. С. 10–18. (Совместно с В. И. Робоненом, В. М. Черновым, С. И. Рыбаковым, В. И. Коросовым.)

Особенности раннепротерозойского вулканизма Балтийского щита // Вулканизм докембрия. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 10–18. (Совместно с В. И. Робоненом, С. И. Рыбаковым, В. М. Черновым, В. И. Коросовым.)

1977. Терригенные осадки в формационных рядах раннего докембрия (на примере Карелии) // Терригенные породы раннего докембрия. Апатиты. С. 64–75. (Совместно с В. А. Соколовым, Л. П. Галдобиной, К. И. Хейскаценом.)

О флишевой природе сланцевых толщ железисто-кремнистых формаций Западной Карелии // Литология и геохимия раннего докембрия. Апатиты. С. 5–13. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Типы железисто-кремнистых формаций Балтийского щита и условия их формирования // Состав и генезис железистых кварцитов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск. С. 85–91. (Совместно с В. М. Черновым.)

Кислый вулканизм ранних этапов развития Балтийского щита // Палеовулканизм и его продукты. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 32–39. (Совместно с В. М. Черновым, К. А. Ининой, М. Б. Раевской.)

Поздненижнепротерозойский ультраосновной магматизм района Костомукшского железорудного месторождения // Магматические комплексы (Вопросы геологии и петрографии): Опер.-информ. материалы за 1976 г. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 24–28.

1978. Геохимическая карта юго-восточной части Балтийского щита, масштаб 1 : 1 500 000 / Ред. А. А. Смыслов. [Соавтор карты.]

Металлогеническая специфика раннепротерозойских подвижных поясов Балтийского щита // Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Наука. (Совместно с В. И. Робоненом, С. И. Рыбаковым, В. М. Черновым, В. И. Коросовым.)

1980. Комплект карт «Металлогения Восточной части Балтийского щита» масштаба 1 : 1 500 000 / Гл. ред. А. В. Сидоренко. Л.: Недра. Лист 5: Геохимическая карта Восточной части Балтийского щита / Отв. ред. А. А. Смыслов; авторы от ИГ А. И. Богачев, Л. П. Галдобина, В. Я. Горьковец, А. И. Голубев, В. С. Куликов, В. В. Куликова, С. И. Рыбаков, А. П. Светов, Л. П. Свириденко, М. М. Стенарь, В. Д. Слюсарев.)

Геохимическая карта Карело-Кольского региона. М-б 1 : 1 000 000 / Стенарь М. М., Свириденко Л. П., Светов А. П., Рыбаков С. И., Горьковец В. Я. Петрозаводск.

1981. Геология и металлогения р-на Костомукшского железорудного м-ния. Петрозаводск. 143 с. (Совместно с М. Б. Раевской, Е. Ф. Белоусовым, К. А. Ининой.)

Вулканизм архейских зеленокаменных поясов Карелии. Л.: Наука. 154 с. (Совместно с С. И. Рыбаковым, А. И. Световой, В. С. Куликовым, В. И. Робоненом, М. Б. Раевской.)

Углеродсодержащие породы раннего докембрия Карелии и условия их образования // Проблемы осадочной геологии докембрия. Углеродистые отложения и их рудоносность. Вып. 7, кн. 1. М.: Наука. С. 158–165. (Совместно с С. И. Рыбаковым, М. Б. Раевской, А. И. Световой.)

1982. Рудоносность зеленокаменных поясов Западной Карелии // Зеленокаменные пояса древних щитов. М.: Наука. С. 148–157. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Гимольская серия; межозерская свита; суккозерская свита // Стратиграфический словарь по докембрию КАССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 17.

Черносланцевые формации юго-восточной части Балтийского щита // Осадочная геология глубокометаморфизованных комплексов докембрия. М.: Наука. С. 28–41. (Совместно с В. А. Соколовым, Л. П. Галдобиной, С. И. Рыбаковым.)

1983. Первая находка архейской коры химического выветривания в Карелии // ДАН СССР. Т. 272, № 6. С. 1425–1428. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Условия формирования железорудных толщ Костомукшского месторождения (Западная Карелия) по изотопным исследованиям // Геол. журн. Т. 43, № 3. С. 26–33. (Совместно с Ф. И. Жуковым, Л. Т. Савченко, Ф. И. Березовым, М. Б. Раевской, Н. П. Усик.)

1984. Костомукшский тип разреза // Стратиграфия докембрия Карельской АССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 12–13. (Совместно с М. Б. Раевской.)

1985. Эволюция докембрийского магматизма (на примере Карелии) / Отв. ред. Л. П. Свириденко; ред. А. П. Светов, С. И. Рыбаков, В. Я. Горьковец и др. Л.: Наука. 253 с.

1986. Архейская кора выветривания в районах железорудных месторождений Западной Карелии // Геология рудных месторождений. Т. 28, № 2. С. 101–109. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Архейский ультраосновной вулканизм Западной Карелии // Геология и разведка: Изв. высш. учебн. завед. № 5. С. 20–28. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Схема корреляции стратиграфических подразделений железисто-кремнистых формаций докембрия Европейской части СССР // Геол. журн. Т. 46, № 2. С. 5–17. (Совместно с Н. П. Щербаком, А. Д. Додатко, Е. М. Крестиным, А. М. Пап, Т. Скоржинской, А. М. Снежко, О. М. Струевой, В. Ю. Фоменко, И. Н. Щеголевым.)

Железные руды Карелии (железисто-кремнистые формации) / Препринт доклада на заседании Президиума Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 55 с. (Совместно с М. Б. Раевской.)

1987. Железорудные формации. Лопийская металлогеническая эпоха // Геология Карелии. Л.: Наука. С. 177–179.

1988. Реконструкция центров ультраосновного вулканизма (район Костомукшского железорудного месторождения) // Геология и метаморфизм архейских зеленокаменных поясов. Петрозаводск. С. 57–66. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Коматииты и высокомагнезиальные вулканиты раннего докембрия Балтийского щита. Л.: Наука. 192 с. (Совместно с В. С. Куликовым, В. В. Куликовой, М. Б. Раевской и др.)

Опорные разрезы серий и свит, вмещающих железисто-кремнистые образования. Контокская серия. Гимольская серия // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Стратиграфия. Киев: Наукова думка. С. 31–43.

Геологическая позиция стратиграфических подразделений отдельных регионов. Карело-Кольский регион // Там же. С. 141–151.

Корреляционная стратиграфическая схема железисто-кремнистых формаций докембрия Европейской части СССР // Там же. С. 172–180. (Совместно с Н. П. Щербаком, М. Н. Коржневым, Е. М. Крестиным.)

Характеристики тектонической позиции железисто-кремнистых формаций. Карельский регион // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Тектоника. Киев: Наукова думка. С. 128–148.

Железисто-кремнистые формации восточной части Балтийского щита. Железисто-кремнистые формации Карельского региона // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Типы формаций. Киев: Наукова думка. С. 146–164. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Металлогения и перспективы рудоносности зеленокаменных поясов // Зеленокаменные пояса фундамента Восточно-Европейской платформы. Л.: Наука. С. 74–81. (Совместно с Е. М. Крестиным, С. И. Рыбаковым, А. А. Сивороновым.)

Новые данные по геологии железисто-кремнистых формаций Карелии и условиям их формирования // Геология и генезис железорудных месторождений раннего докембрия. Апатиты: Кольский филиал АН СССР. С. 30–38. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Реконструкция центров ультраосновного вулканизма (район Костомукшского железорудного месторождения) // Геология и метаморфизм архейских зеленокаменных поясов. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 57–67. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Высокомагнезиальные вулканиты лопийских зеленокаменных поясов и карельских рифтогенных структур (сравнительный анализ) // Там же. С. 29–40. (Совместно с В. С. Куликовым, В. В. Куликовой, М. Б. Раевской, А. И. Световой, В. Н. Хариным.)

1989. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Структуры месторождений и рудных районов / Я. Н. Белевцев [и др.]; отв. ред.: Н. П. Гречишников, М. И. Черновский. Киев: АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов, Отделение металлогении. 1989. 156 с.

Хромшпинелид-клинопироксеновый парагенезис в коматиитах Костомукшского района (Западная Карелия) // Докл. АН СССР. Т. 305, № 5. С. 1193–1198. (Совместно с А. Н. Плаксенко, А. В. Гирнис, В. Ф. Смолькиным, Л. И. Полежаевой.)

Карело-Кольская металлогеническая провинция // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Структура месторождений и рудных узлов. Киев: Наукова думка. С. 81–87.

Гимольская серия // Стратиграфия СССР. Нижний докембрий. Европейская часть СССР. Кн. 1. М. С. 65–70. (Совместно с В. М. Черновым.)

Костомукшский тип разреза. Гимольская серия // Стратиграфия СССР. Нижний докембрий. Европейская часть СССР. Кн. I / Ред. К. А. Шуркин. СПб.; М. С. 65–70. (Совместно с В. М. Черновым.)

Костомукшский тип разреза. Контокская серия // Там же. С. 71.

1990. Условия образования позднеархейских железистых кварцитов (Карельский регион) // Геол. журн. № 6. С. 67–73.

1991. Геология и метаморфизм железисто-кремнистых формаций Карелии / В. Я. Горьковец, М. Б. Раевская, О. И. Володичев и др.; отв. ред. М. М. Стенарь. Л.: Наука. 176 с.

Вклад сотрудников Института геологии КФ АН СССР в изучение Костомукшского железорудного месторождения // История геологических исследований на Европейском Северо-Западе СССР. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 56–61.

Correlation criteria for Lopian supracrustal strata in the Fenno-Karelian Blok // A preprint «Correlation of lower Precambrian formations of the Karelian-Kola region, USSP, and Finland». Soviet-Finnish symposium. Apatity: Kola Science Centre of RAS. P. 20–21. (Совместно с S. I. Rybakov.)

1992. Стратиграфия докембрия Карелии. Опорные разрезы верхнеархейских отложений. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 192 с. (Совместно с М. Б. Раевской, А. И. Световой, О. И. Володичевым.)

Стратиграфическая последовательность пород // Стратиграфия докембрия Карелии. Опорные разрезы верхнеархейских отложений. Ч. 1: Опорный разрез верхнеархейских отложений Западной Карелии (Костомукшский полигон). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 11–72. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Геология железисто-кремнистых формаций и эволюция железонакопления в раннем докембрии Балтийского щита: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. Воронеж: ВГУ. 38 с.

Геодинамика и металлогеническая эволюция архейских зеленокаменных поясов Карелии // Геодинамика и глубинное строение советской части Балтийского щита: Сб. науч. тр. Апатиты. С. 64–68. (Совместно с С. И. Рыбаковым, А. С. Гришиным.)

1993. Модель железонакопления в раннем докембрии восточной части Балтийского щита // Проблемы геологии докембрия Карелии. Петрозаводск. С. 11–28.

Месторождения железистых кварцитов // Металлогеническая эволюция архейских зеленокаменных поясов Карелии. Ч. 1. СПб. С. 117–120. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Литолого-фациальный анализ вулканогенно-осадочных и терригенных образований // Там же. С. 70–89. (Совместно с С. И. Рыбаковым и др.)

Формационный состав осадочно-вулканогенных комплексов и основные черты петрологической эволюции вулканизма // Там же. С. 53–70. (Совместно с С. И. Рыбаковым и др.)

Стратиграфия и строение разрезов зеленокаменных поясов // Там же. С. 31–46. (Совместно с С. И. Рыбаковым и др.)

1995. Специфика седиментационных бассейнов позднего архея (лопия) Карелии // Очерки геологии докембрия Карелии. Петрозаводск. С. 21–33. (Совместно с М. Б. Раевской, А. И. Световой.)

1996. Geological natural monuments in the border zone between Finland and the Republic of Karelia // Oulanka Reports. N 16. P. 121–124. (Совместно с M. B. Rayevskaya, V. A. Ilyin.)

Early Precambrian cherty-iron formations: deposital environment and metamorphism // Metamorphism of the volcanic-sedimentary ore deposits. Abstract of the international conference. Petrozavodsk. P. 104–105.

1997. Геоэкологические исследования на территории заповедника «Костомукшский» // Проблемы геоэкологии Карелии / Науч. ред. И. Н. Демидов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 93 с. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Geology of the Kostomuksha Nature Reserve // Ecosystems, fauna and flora of the Finnich-Russian Nature Reserve Friendship. Helsinki. Finnish Environment. N 124. P. 11–18. (Совместно с M. B. Rayevskaya.)

1998. Геологические особенности территории (приграничной с Финляндией полосы) // Инвентаризация биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия (Опер.-информ. материалы) / Ред. В. И. Крутов, А. Н. Громцев. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 12–17. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Гидрографическая, метеорологическая, гидрохимическая и гидробиологическая характеристика и оценка территории // Материалы инвентаризации природных комплексов и экологическое обоснование национального парка «Калевальский» / Ред. А. Н. Громцев. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 8–12. (Совмест-

но с Л. И. Власовой, С. Ф. Комулайненом, В. И. Кухаревым, А. В. Литвиненко, П. А. Лозовиком, А. В. Рябинкиным, Ю. А. Сало, А. В. Фрейндлингом, Т. А. Чекрыжевой.)

1999. Осадочные и вулканогенно-осадочные железорудные формации // Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 136–141. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Формация осадочных гематитовых сланцев и кварцитов // Там же. С. 213–215. (Совместно с М. Б. Раевской, А. И. Голубевым.)

Geodinamics of late Archean complexes in the Fennoscandian shield // Abstract of International conference «Early Precambrian: Genesis and Evolution of the continental crust (geodinamics, petrology, geochronology, regional geology)». Moscow: GEOS. P. 57–58.

2000. Assessment of the territory to be attached to the Kostamus Nature Reserve and its protection zone // Biodiversity of old-growth forests and its conservation in the northwestern Russia. Regional Environmental Publications. Vol. 58. Oulu, 2000. P. 173–203. (Совместно с S. V. Tarhov, O. V. Smirnova, A. N. Gromtsev, O. L. Kuznetsov.)

The geology of the proposed Kalevala, Tuulijarvi, Koitajoki and Tolvajarvi national parks // Ibid. P. 159–172. (Совместно с M. B. Rayevskaya, A. D. Lukashov.)

Железистые кварциты Карелии – этапы изучения и перспективы использования руд // История геологических исследований и горного дела в Карелии. Перспективы на будущее. Карело-финляндские связи: Материалы междунар. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 66–70. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Туломозерское железорудное месторождение – исторический горнозаводской памятник // Там же. С. 4–31. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Костомукшский стратиграфический разрез верхнего архея Карелии в свете современных данных // Общие вопросы расчленения докембрия: Материалы III Всерос. совещ. Апатиты. С. 75–77. (Совместно с М. Б. Раевской.)

2001. Палеовулканизм в позднем архее Восточной части Балтийского щита // Палеовулканология, вулканогенно-осадочный литогенез, гидротермальный метаморфизм и рудообразование докембрия: Материалы 1-го Всерос. палеовулканолог. симпоз. Петрозаводск. С. 26–27.

2002. Геодинамический режим и металлогения в позднем архее Балтийского щита // Мантийные плюмы и металлогения: Материалы междунар. симпоз. Петрозаводск. С. 68–69.

Техногенное изменение состава природных вод севера Карелии // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 4. С. 225–231. (Совместно с Н. М. Калинкиной, В. И. Кухаревым, М. Б. Раевской, А. К. Морозовым.)

2004. Геология и рудоносность геологических формаций Костомукшского рудного района // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования / Отв. ред. Д. В. Рундквист. М.: ИГЕМ РАН. С. 95–109. (Совместно с М. Б. Раевской.)

2006. Золоторудный потенциал территории России и перспектива поисков крупных золоторудных месторождений // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 2. Стратегические виды рудного сырья. М.: ИГЕМ РАН. С. 241–270. (Совместно с Ю. Г. Сафоновым, А. В. Волковым, Г. А. Митрофановым, И. Б. Серавкиным.)

2007. Постлопийские дайки субщелочных пород Костомукшского рудного района // Минералогия, петрология и минерагения докембрийских комплексов Карелии: Материалы юбилейной науч. сессии, посвященной 45-летию Ин-та геологии КарНЦ РАН и 35-летию Карельского отделения РМО. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 82–85. (Совместно с М. Г. Поповым, М. Б. Раевской.)

Study of native gold from Luupeansuo deposit (Kostomuksha area, Karelia, Russia) usiry the combination of Electric Pulse Disaggregation (EPD and Hydroseparation (HS) // G. Mineral Consulting. Ottava. Canada. P. 1–16. (Совместно с L. Cabti, N. Rudashevsky, V. Rudashevsky.)

2008. Mineralogy of the Precambrian Southern Kostomuksha Gold Prospect in Karelia // Geology of Ore Deposits. Vol. 50, N 7. P. 599–608. (Совместно с L. V. Kuleshevich.)

Первая находка щелочных лампроитов камптонит-мончекитового ряда в Костомукшском железорудном районе // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: Материалы XIV междунар. конф. 2 часть. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 119–121. (Совместно с М. Г. Поповым, М. Б. Раевской.)

2009. Геологические особенности кристаллического фундамента в приграничной полосе Финляндии и Республики Карелия // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. № 2. С. 24–38. (Совместно с М. Б. Раевской.)

Интрузивные позднепротерозойские калиевые щелочные, субщелочные породы Костомукшского рудного района // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 12. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 94–99. (Совместно с М. Г. Поповым, М. Б. Раевской.)

Рудопроявление золота Луупеансуо (Костомукшский рудный район) // Там же. С. 48–59. (Совместно с М. Б. Раевской.)

2010. Видовое разнообразие мхов на горных породах восточной части Центральной Финляндии [Электронный ресурс] // Труды Карельского НЦ РАН. № 1. Серия: Биогеография. Вып. 10. С. 70–77. (Совместно с М. А. Бойчук, М. Б. Раевской.)

Эпилитные мхи особо охраняемых природных территорий карельской части Зеленого пояса Фенноскандии // Сб. ст. по материалам междунар. конф. СПб. С. 32–35. (Совместно с М. А. Бойчук, М. Б. Раевской.)

2011. Костомукша – крупнейший комплексный рудный объект Республики Карелия // Геология Карелии от архея до наших дней: Материалы докл. Всерос. конф., посвящ. 50-летию Ин-та геологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 24–26 мая 2011 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 188–196. (Совместно с Л. А. Максимович, М. Б. Раевской.)

Современная 3D технология изучения пород и руд (на примере лампроитов Костомукшского рудного района // Минералого-технологическая оценка месторождений полезных ископаемых и проблемы раскрытия минералов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 188–190. (Совместно с Н. С. Рудашевским, В. Н. Рудашевским.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 3. 2012. С. 187–188

РЕЦЕНЗИИ И БИБЛИОГРАФИЯ



Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. Л. В. Глушанин, Н. В. Шаров, В. В. Щипцов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 431 с.

Авторы: З. Л. Афанасьева, А. М. Ахмедов, Е. С. Богомолов, И. В. Викентьев, А. Б. Вревский, А. И. Голубев, Н. А. Гольцин, В. И. Горбачев, Л. В. Глушанин, А. Я. Докучаев, Н. Г. Заможняя, Д. С. Зыков, О. А. Есипко, А. Ф. Еськов, К. М. Ермохин, Л. А. Жданова, Э. В. Исанина, И. Н. Капитонов, А. В. Киселев, А. И. Киященко, Б. Н. Клабуков, С. Ю. Колодяжный, В. И. Коросов, В. А. Крупеник, Н. А. Крупнова, В. Б. Крюков, В. С. Куликов, В. В. Куликова, В. К. Кушнеренко, М. М. Лавров, М. Г. Леонов, Е. Н. Лепехина, Н. В. Лещенко, К. И. Лохов, В. В. Макарихин, А. А. Макарьев, Е. М. Макарьева, П. В. Медведев, Т. Н. Назарова, В. В. Наркисова, И. В. Неронова, Ю. С. Полеховский, А. В. Полещук, А. К. Полин, Э. М. Прасолов, С. Л. Пресняков, В. И. Робонен, А. Е. Ромашкин, Д. В. Рычанчик, А. А. Сахаров, А. И. Светова, С. А. Светов, К. Ю. Свешникова, С. А. Сергеев, С. Я. Соколов, В. М. Ступак, А. К. Сулейманов, Г. В. Тарханов, Н. Н. Трофимов, М. М. Филиппов, М. Г. Фрик, Н. В. Шаров, В. А. Швецкий, В. А. Шеков, В. В. Щипцов, Ю. К. Щукин, С. И. Южанинова.

На основе анализа и обобщения всей совокупности имеющейся геолого-геофизической информации, накопленной за прошедшие пятьдесят лет, и данных бурения Онежской параметрической скважины даются современные представления о глубинном строении земной коры Онежской структуры и ее обрамления. Обобщение и комплексная интерпретация накопленных данных по геологии, тектонике, геофизике и минерагении позволили выявить новые детали глубинного строения земной коры, уточнить ее состав, возможную геологическую природу и геодинамические условия ее формирования.

The modern concept of the deep crustal structure of the Onega structure, based on analysis of available geological and geophysical data and the drilling record for the Onega parametric borehole obtained in the past fifty years. The deep structure of the Earth's crust was studied in more detail and its composition, possible geological nature and geodynamic setting were assessed more accurately by summing up and interpreting geological, tectonic, geophysical and mineralogenic data.

Онежская палеопротерозойская структура (ОС) является уникальной, сравнительно хорошо обнаженной и изученной на территории Восточно-Европейской платформы. Она активно развивалась в интервале 2,5–1,7 млрд лет геологической истории. Ее территория площа-

дью 40 тыс. км^2, расположенная на ЮВ Карелии и в прилегающих районах Ленинградской и Вологодской областей, рассматривается в качестве одного из важных мировых эталонов палеопротерозойского этапа истории Земли.

Интерес к ОС возник в XVII в. в связи с развитием в России металлургии. Другим мощным толчком к ее освоению и изучению явилось начало строительства Санкт-Петербурга. Требовался гранит, мрамор, шунгит и другие строительные материалы. Известные архитектурные сооружения (Казанский, Исаакиевский соборы, Эрмитаж и др.) облицованы тивдийским и рускеальским мрамором, шокшинским кварцитом, нигозерским сланцем. В послевоенный период на территории ОС успешно проводились геолого-съемочные работы и поиски урановых и других рудных месторождений. Открыты новые месторождения хромитов, шунгитов, ванадия и других полезных ископаемых.

Издание монографии «Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения)» было приурочено к 50-летию Института геологии КарНЦ РАН. Впервые предпринята попытка систематизации результатов многолетних исследований ОС, дополненных новейшими данными, в том числе полученными при бурении глубокой скважины (параметрической), и исследований кернового материала несколькими научными и производственными организациями (ИГ КарНЦ РАН, ГИН РАН, ВСЕГЕИ, НПЦ «Недра», ПМГРЭ, Невскгеология).

Создан новый вариант геологической карты ОС со снятым осадочным чехлом м-ба 1 : 750 000, включая и акваторию Онежского озера, которая занимает четверть рассматриваемой территории. Были учтены современные геологические, геофизические и геохронологичекие данные. Карта ОС может быть использована для различных геологических и геодинамических построений развития Земли в палеопротерозое, а также для оценки минерагенического потенциала Онежского рудного района.

ФГУ НПЦ «Недра» в 2007–2009 гг. провело бурение в Кондопожском районе РК Онежской параметрической скважины (ОПС) до глубины 3537 м. Она вскрыла разрез нижнего докембрия, включающий граниты архейского фундамента и главные стратоны палеопротерозоя, представленные ятулийским, людиковийским и калевийским надгоризонтами. В процессе бурения также выполнена комплексная интерпретация материалов ГИС и ВСП. В интервале 2751–2944 м была вскрыта 193-метровая толща каменной соли палеопротерозойского возраста, что является уникальным событием для мировой геологической науки, требующим дальнейшего изучения и осмысления с позиций как ее генезиса, так и площадного распространения. Международная программа ЕС (ICDP) рассмотрела проект бурения скважины, параллельной ОПС, с полным отбором керна для характеристики двух глобальных событий, зафиксированных в палеопротерозойских породах ОС: ломагунди-ятулийской изотопной аномалии карбонатного углерода и феномена «Шуньга» с уникальными запасами аморфного углерода.

Выполненные комплексные геолого-геофизические исследования позволили построить схему глубинного строения, которая дает представление о разломно-блоковой тектонике региона на разных уровнях литосферы и может служить структурной основой при прогнозировании месторождений полезных ископаемых и планировании поисковых работ на V, U, Au, Ti, Cr, Pt.

На заседании президиума Карельского научного центра РАН 29 ноября 2011 г. заслушан по материалам монографии научный доклад Н. В. Шарова, В. С. Куликова, А. И. Голубева, П. В. Медведева и М. М. Филиппова «Геолого-геофизические модели строения и развития земной коры Онежской палеопротерозойской структуры». В результате обсуждения доклада решено приступить к обоснованию создания в Заонежье особо охраняемой природной территории. Одним из шагов в этом направлении должна стать подготовка институтами Карельского научного центра РАН издания, в котором бы максимально полно фиксировалось состояние научных знаний об Онежском озере и окружающих его районах, которых, к слову, накоплено уже немало.

Таким образом, впервые на основе бурения Онежской параметрической скважины, материалов геофизических исследований акватории Онежского озера, современных геологических и геофизических данных предложена интегральная геолого-геофизическая модель строения и эволюции литосферы этой территории. Вскрытие скважиной соленосной толщи палеопротерозойского возраста на глубине 2751–2944 м является уникальным событием мирового масштаба.

В. С. Куликов, Н. В. Шаров

ПРИЛОЖЕНИЕ
http://transactions.krc.karelia.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегии серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы «Анкеты» и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия «Анкеты» и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед сдачей в печать авторам высылается распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон (8142) 780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН и другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте http://transactions.krc.karelia.ru.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) не должен превышать: для обзорных статей – 30 страниц, для оригинальных – 25, для сообщений – 15, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи. Рукописи большего объема (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

Рукописи присылаются в электронном виде, а также в двух экземплярах, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку через 1,5 интервала (12 пунктов шрифта типа Times New Roman). Размер полей: сверху, снизу – 2,5 см, справа, слева – 2,5 см. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ. ЛИТЕРАТУРА); благодарности; литература (с новой страницы); таблицы (на отдельном листе); рисунки (на отдельном листе); подписи к рисункам (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилия, имя, отчество всех авторов полностью на русском и английском языках; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и английском языках; должности авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи* и содержать не более 8–10 значащих слов.

АННОТАЦИЯ должна быть лишена вводных фраз, содержать только главную информацию статьи, не превышать объем – 15 строк.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой, в конце фразы ставится точка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ должны содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Для фаунистических и флористических работ следует указывать место хранения коллекционных образцов. Если в статье приводятся сведения о новых для исследованной территории таксонах, то желательно и процитировать этикетку. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во Введении. Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более), и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Рыбаков, 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIFF (*.TIF) или JPG (не встраивать в Word). Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указанием желательного размера рисунка в книге, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физико-географических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и, желательно, с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicus* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis.*

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения – названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

---

* **Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ**, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

ЛИТЕРАТУРА. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.52008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32: 635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило[1], М. И. Сысоева[1], Е. Ф. Марковская[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Петрозаводский государственный университет*

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., кратковременное снижение температуры, устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANT

Аннотация на английском языке

Key words: *Cucumis sativus* L., temperature drop, resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Частота встречаемости видов нематод в исследованных биотопах

Биотоп (площадка)	Кол-во видов	Встречаемость видов нематод в 5 повторностях				
		100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
1Н	26	8	4	1	5	8
2Н	13	2	1	1	0	9
3Н	34	13	6	3	6	6
4Н	28	10	5	2	2	9
5Н	37	4	10	4	7	12

Примечание. Здесь и в табл. 3–4: биотоп 1Н – территория, заливаемая в сильные приливы; 2Н – постоянно заливаемый луг; 3Н – редко заливаемый луг; 4Н – незаливаемая территория; 5Н – периодически заливаемый луг.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.
Илиел Э. Стереохимия соединений углерода / Пер. с англ. М.: Мир, 1965. 210 с.
Несис К. Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 1985. 285 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.
Grove D. J., Loisides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, N 4. P. 507–516.

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тез. докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.

Ссылки на авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. 23 с.

Ссылки на диссертации

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. С. 21–46.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.
Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии : материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

Ссылки на интернет-ресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайновых сервисов // Электрон. биб-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/ (дата обращения: 25.11.2006).

Ссылки на электронные ресурсы на CDROM

Государственная Дума, 1999–2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CDROM.

TABLE OF CONTENTS

From editor 3

Sh. K. Baltybaev. FORMATION OF MIGMATITES IN THE K-RICH ZONE OF THE NORTHERN LADOGA REGION: THERMODYNAMIC REGIMES OF MELTING AND CRYSTALLIZATION, GEOCHEMICAL MODELING OF THE ELEMENTS DISTRIBUTION IN THE PROTOLITH/MELT SYSTEM 4

A. I. Golubev, V. I. Ivashchenko. PLATINUM POTENTIAL OF THE KARELIAN REGION: COMPARATIVE ANALYSIS WITH ADJACENT REGIONS IN THE FENNOSCANDIAN SHIELD, PREDICTIVE ESTIMATION AND PROSPECTS 17

L. A. Danilevskaya. KARELIAN-KOLA QUARTZIFEROUS PROVINCE 37

S. V. Yegorova, A. V. Stepanova. PALAEOPROTEROZOIC GABBRONORITES IN THE NORTH OF THE BELOMORIAN MOBILE BELT – NEW DATA ON THE MINERAL COMPOSITION AND CHEMISM 56

V. I. Ivashchenko, A. E. Romashkin. MINERALOGY AND GENESIS OF THE KLIMOVSKOYE COMPLEX NOBLE-METAL OCCURRENCE, BELOMORIAN MOBILE BELT 65

E. E. Klimovskaya, A. V. Klimovskiy. GEOLOGICAL NATURE OF THE OZERKY SOAPSTONE DEPOSIT MAGNETIC ANOMALIES (KOSTOMUKSHA GREENSTONE BELT) 78

O. B. Lavrov, L. V. Kuleshevich. GOLD MINERALIZATION OF THE KOIKARY STRUCTURE, CENTRAL KARELIA 87

V. A. Melezhik, A. R. Prave. AN IMPORTANT LANDMARK IN THE STUDY OF THE PALAEOPROTEROZOIC WORLD 100

Yu. N. Neradovskiy, Yu. L. Voytekhovskiy. ZONALITY OF STAUROLITES FROM THE CRYSTALLINE SCHISTS OF THE BIG KEIVY, KOLA PENINSULA 110

S. A. Svetov, M. A. Gogolev, A. I. Svetova, T. N. Nazarova. XENOLITHS AND AUTOLITHS IN THE ANCIENT ADAKITE SERIES OF THE FENNOSCANDIAN SHIELD 122

E. N. Svetova, S. A. Svetov, L. A. Danilevskaya. RARE AND RARE EARTH ELEMENTS IN QUARTZ AS INDICATORS OF MINEROGENESIS 137

M. M. Filippov. THE BIOGENIC HYPOTHESIS OF THE GENESIS OF PALEOPROTEROZOIC METASAPROPELITE. 145

A. V. Chernyavskiy, A. V. Voloshin, Yu. L. Voytekhovskiy. NOBLE METAL AND SULPHIDE MINERALIZATION IN LOW SULPHIDATION EPITHERMAL ORE OCCURRENCES OF THE PANA-KUOLAJÄRVI STRUCTURE . . . 157

SHORT COMMUNICATIONS

P. A. Ryazantsev. THE COMPLEX GEOPHYSICAL CROSS SECTION OF THE ROPRUCHEYSKY GABBRO-DOLERITE SILL AT THE RZHANOE – ANASHKINO SITE 165

CHRONICLE

International cooperation in year 2011. 172

DATES AND ANNIVERSARIES

V. V. Makarikhin, V. V. Shchiptsov. Lyudmila Pavlovna Galdobina (on the 85th anniversary) 177

N. V. Sharov. Valentin Yakovlevich Gorkovets (on the 75th anniversary) 180

REVIEWS AND BIBLIOGRAPHY 187

INSTRUCTION FOR AUTHORS 189

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук
№ 3, 2012

Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор Л. В. Кабанова
Оригинал-макет Е. Е. Насонкова

Подписано в печать 05.09.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 17,5. Усл. печ. л. 22,0.
Тираж 500 экз. Изд. № 311. Заказ 70

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

Ю. А. Кривощапова. ПИТЕР В РУССКОЙ НАРОДНОЙ ЯЗЫКОВОЙ ТРАДИЦИИ . . 104

Е. Ю. Дубровская. ИМПЕРСКАЯ СИМВОЛИКА ГЕЛЬСИНГФОРСА ГЛАЗАМИ РОССИЙСКИХ ВОЕННЫХ: РУБЕЖ XIX – XX вв. И ГОДЫ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ 114

О. П. Илюха. ПОВСЕДНЕВНОСТЬ СОВЕТСКО-ФИНЛЯНДСКОГО ПОГРАНИЧЬЯ 1930-х ГОДОВ В ВОСПОМИНАНИЯХ О ДЕТСТВЕ 124

Пекка Суутари. ФОЛЬКЛОРНЫЕ ТРАДИЦИИ И МОЛОДОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРИГРАНИЧЬЯ: НАЧАЛО ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ АНСАМБЛЯ «ТОЙВЕ» (1982–1992) 134

Е. И. Клементьев. ФАКТОРЫ ЭТНИЧЕСКОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ НА ПРИМЕРЕ КАРЕЛОВ КАРЕЛИИ 144

Г. В. Костина. ЭТНОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СААМСКОГО ЯЗЫКА НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ 153

И. Ф. Витенкова. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЛЫХ ПОСТРОЕК В ФИНАЛЕ НЕОЛИТА И ЭНЕОЛИТЕ КАРЕЛИИ 158

Аспирантские тетради

И. М. Поташева. ГОНЧАРНАЯ ПОСУДА НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ В КОНЦЕ XI – НАЧАЛЕ XV в. 170

М. В. Кундозерова. МИРОВОЕ ДРЕВО И ЛАНДШАФТНЫЕ ЗНАКИ-СИМВОЛЫ ЕГО ЛОКАЛИЗАЦИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ КАРЕЛЬСКИХ ЭПИЧЕСКИХ ПЕСЕН И ЗАКЛИНАНИЙ) 178

Е. В. Захарова. СУБСТРАТНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ В ТОПОНИМИИ ВОСТОЧНОГО ОБОНЕЖЬЯ 185

А. И. Соболев. НАЗВАНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ОБОНЕЖЬЯ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА 191

Е. В. Логинова. ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВОГО ОБРАЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО НЕПОЛНОЦЕННОГО ЧЕЛОВЕКА В ФИНСКИХ НАРОДНЫХ ГОВОРАХ 197

Хроника

В. П. Кузнецова. Семинар по методике полевых работ в Институте ЯЛИ 202

Юбилеи и даты

Е. Г. Сойни. Исследование литературы Русского Севера (к 75-летию со дня рождения Ю. И. Дюжева) 206

Л. И. Иванова. Нина Александровна Лавонен (к 75-летию со дня рождения) 209

В. Г. Макуров. Виктор Иванович Машезерский (к 100-летию со дня рождения) 211

Константин Кузьмич Логинов (к 60-летию со дня рождения) 214

Рецензии и библиография

Е. Ю. Дубровская, Н. А. Кораблев. Голубев А. А. Мурманская железная дорога: история строительства (1894–1917 гг.). СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. 250 с. 221

О. В. Змеева. Разумова И. А. Культурные ландшафты Кольского Севера: города у «Большой воды» и Хибин. Социально-антропологические очерки. СПб.: «ГАМАС», 2009. 160 с. 224

В. П. Миронова. Новое исследование в области прибалтийско-финских причитаний: Рахимова Э. Г. «Туонельские свечушки»: словесная изобразительность карело-финских причитаний по покойным. М.: ИМЛИ РАН, 2010. 237 с. 227

Издания Института языка, литературы и истории КарНЦ РАН 2011 года 230

Правила для авторов 231

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. № 4, 2012. Серия ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 4, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Выпуск 3

СОДЕРЖАНИЕ

С. И. Кочкуркина. ЭТНИЧЕСКАЯ КАРТА И ТЕРРИТОРИАЛЬНО-АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ГРАНИЦЫ КАРЕЛИИ НА РУБЕЖЕ I–II ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ н. э. (НОВГОРОДСКОЕ ВРЕМЯ) 3

И. И. Муллонен. ПРИРОДНЫЕ И КУЛЬТУРНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕПССКОЙ ЭТНИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ 13

М. Н. Мелютина, Н. М. Теребихин. СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ СЕВЕРНОГО МІРА 25

К. К. Логинов. ЛАНДШАФТ И ЛЕГЕНДЫ О НАЗНАЧЕНИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПРИРОДНЫХ И РУКОТВОРНЫХ КАМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ОБОНЕЖЬЕ 38

Н. А. Криничная. СОПЕРНИЧЕСТВО РЕК КАК ИМПУЛЬС К ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ЛАНДШАФТА И СОЦИУМА (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭТИОЛОГИЧЕСКИХ МИФОВ) 50

И. Ю. Винокурова. БАННЫЕ ОБРЯДЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЧЕЛОВЕКА В ВЕПССКОМ КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ 57

Л. И. Иванова. ЛЕСНОЙ НОС: АРХАИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРЕЛОВ О БОЛЕЗНИ И МАГИЧЕСКИЕ ЛОКУСЫ РИТУАЛА ИСЦЕЛЕНИЯ 68

А. Ю. Жуков, Е. В. Ляпля. ВОЛОСТНАЯ И ЦЕРКОВНО-ПРИХОДСКАЯ СТРУКТУРА КАРЕЛЬСКОГО ПОМОРЬЯ, КОНЕЦ XV – СЕРЕДИНА XVIII вв. 74

П. В. Седов. КОНТРАБАНДНАЯ ТОРГОВЛЯ ТАБАКОМ В ПОРУБЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НОВГОРОДСКОЙ ЗЕМЛИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVII в. 85

Н. А. Кораблев. ПРОВЕДЕНИЕ СТОЛЫПИНСКОЙ АГРАРНОЙ РЕФОРМЫ В КАРЕЛИИ: ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА 93

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выпуск 3

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 4, 2012
Серия ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Выпуск 3

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 4, 2012
RESEARCH IN THE HUMANITIES Series
Vol. 3

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Shchiptsov

Редакционная коллегия серии «Гуманитарные исследования»

А. В. Антощенко, И. Ю. Винокурова, А. С. Герд, Н. Г. Зайцева, О. П. Илюха (зам. отв. редактора), Н. А. Кораблев, С. И. Кочкуркина, Н. А. Криничная, Е. И. Маркова, И. И. Муллонен (отв. редактор), А. В. Пигин, Т. Хямюнен, Н. В. Чикина (отв. секретарь)

Editorial Board of the «Research in the Humanities» Series

A. V. Antoshchenko, I. Yu. Vinokurova, A. S. Gerd, N. G. Zaitseva, O. P. Ilyukha (Deputy EditorinCharge), N. A. Korablyov, S. I. Kochkurkina, N. A. Krinichnaya, E. I. Markova, I. I. Mullonen (EditorinCharge), A. V. Pigin, T. Hämynen, N. V. Chikina (Executive Secretary)

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

© Карельский научный центр РАН, 2012

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 3–12

УДК 39 (470.22)

ЭТНИЧЕСКАЯ КАРТА И ТЕРРИТОРИАЛЬНО-АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ГРАНИЦЫ КАРЕЛИИ НА РУБЕЖЕ I–II ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ Н. Э. (НОВГОРОДСКОЕ ВРЕМЯ)*

С. И. Кочкуркина

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Процессы образования этнической карты и территориально-административных границ Карелии на рубеже I–II тысячелетий (новгородское время) рассматриваются в системе социокультурных ландшафтов Северо-Запада России. Пограничное положение между западным и восточным миром, природные, политические и экономические факторы сформировали особенности культуры и ментальности традиционного населения Карелии. Этнокультурные ареалы эпохи Средневековья, как показали междисциплинарные исследования, сложились задолго до существования официальных административных и государственных границ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: междисциплинарное исследование, этнокультурные ландшафты Северо-Запада России, народы Карелии, границы этнические и административные.

S. I. Kochkurkina. THE ETHNIC MAP AND SPATIAL-ADMINISTRATIVE BORDERS OF KARELIA AT THE TURN OF 2nd MILLENNIUM A. D. (NOVGORODIAN PERIOD)

Formation of the ethnic map and spatial-administrative borders of Karelia at the turn of the 2nd millennium (Novgorod times) is considered through the prism of socio-cultural landscapes of Northwest Russia. Location on the border between the Western and the Eastern worlds, the natural, political and economic factors have shaped the peculiar culture and mentality of the traditional population of Karelia. As the interdisciplinary study has demonstrated, Medieval ethno-cultural boundaries had established long before there appeared official administrative and national borders.

K e y w o r d s: interdisciplinary study, ethno-cultural landscapes of Northwest Russia, peoples of Karelia, ethnic and administrative boundaries.

На рубеже I–II тысячелетий н. э. происходило формирование народов, в том числе на территории Приладожья. Именно в этот период древнерусские письменные источники называют их по именам: корела, весь, ижора, водь и др. Становление народов происходило в период формирования, укрепления и расцвета Древнерусского государства, в нашем случае – Новгородской феодальной республики. Процесс был длительным и не прямолинейным.

* Статья выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований секции истории Отделения историко-филологических наук РАН «Нации и государство в мировой истории».

Карелия – уникальный регион, важную роль в развитии которого сыграло пограничное положение между западным и восточным миром. В силу нестабильности жизни в приграничье менялись очертания историко-культурного ареала. Природные и экономические факторы сформировали особенности культуры и ментальности традиционного населения Карелии. Представления о том, когда и каким образом происходило формирование Карелии как этнокультурного ареала, можно создать только на комплексной базе данных гуманитарных наук. Комплексный подход к использованию археологических, лингвистических, топонимических, этнографических и исторических источников, а также данных естественных наук, базирующихся на результатах многолетних полевых исследований, позволяет реконструировать, хотя бы в общих чертах, сложный и длительный процесс миграции и адаптации народов, процесс созидания их культур на различных временных отрезках, выявить зависимость от многих, благоприятных и неблагоприятных, факторов, реконструировать процесс образования внешних и внутренних границ и влияние этого процесса, что очень важно, на «самочувствие» народов. Более того, междисциплинарное исследование способствует решению проблемы становления Карелии как территориального, этноисторического и административного феномена на Северо-Западе России.

Формирование народов и расселение их на обширных пространствах земли на длительном историческом пути развития прямо или опосредованно приводили к образованию границ: этнических, социальных, религиозных, административных, государственных и т. д. Эти вопросы относятся к числу слабо разработанных, но в настоящее время весьма актуальных. Действительно, существует ли жесткая связь между природно-ландшафтными и административными границами, в какой степени границы государственные совпадают с границами этносов и их культур, материальных и духовных? Какую роль играли социально-экономические процессы при формировании локальных границ? И так далее. Русский философ И. Ильин писал: «Никогда и нигде племенное деление народов не совпадало с государственным. Всегда были малые народы и племена, не способные к государственному самостоянию… Многие малые племена только тем и спасались в истории, что примыкали к крупно-сильным народам, государственным и толерантным: отделить их, эти малые племена, значило бы – или передать их новым завоевателям и тем окончательно повредить их самобытную культурную жизнь, или погубить их совсем…

Ни история, ни современное правосознание не знает такого правила: “Сколько племен, столько и государств”» [Ильин, 1993. С. 172–173].

Существенный вклад в разработку проблемы внесли Ф. Барт и представители его «бергенской школы» скандинавской социальной антропологии [Barth, 1969]. В 2006 г. работа этого ученого издана на русском языке [Барт, 2006], и хотя прошло немало времени после ее издания на английском, она не потеряла своей актуальности, поскольку изложенные в ней теоретические рассуждения построены на плодотворных полевых исследованиях.

В парадигме Барта этничность – это средство достижения экономических и политических результатов, инструмент в конкуренции между группами над ограниченными ресурсами. Им рассмотрены четыре вида ситуаций эколого-экономического характера, в зависимости от которых вырабатывается та или иная стратегия поведения этнических групп:

1. Ситуации, когда этнические группы оккупируют отдельные ниши в естественной окружающей среде при минимальной конкуренции над ресурсами. В этом случае их взаимосвязь могла быть ограниченной, несмотря на совместное проживание в ареале, и взаимоотношения могли осуществляться главным образом через торговлю.

2. Ситуации, при которых этнические группы монополизировали отдельные территории. И по этой причине группы конкурируют за ресурсы, их взаимоотношения приобретают политическую направленность, связанную с приграничными конфликтами.

3. Группы занимают различные ниши (или создают различные виды продукции), но в итоге обслуживают друг друга и взаимозависимы. Это влечет за собой классический симбиоз и множество возможных путей для этнокультурных контактов (это проявилось, например, в проникновении древних карелов на приграничные западные территории. – *С. К.*).

4. Ситуация, при которой две или более групп конкурируют в одной и той же нише. При таком раскладе либо одна группа может заменить другую, либо они совместно развиваются, взаимно дополняя друг друга.

Ф. Барт активно возражал, и вполне справедливо, против предрассудка об «объективности» и неизменяемости набора культурных черт, существующего независимо от социокультурного контекста.

Такой подход к этническим группам как к организациям, призванным защищать интересы своих членов, в определенной степени научно аргументирован и подтверждается полевыми наблюдениями и материалами, но несколько ограничен и не раскрывает сути этнических проблем в полном объеме.

Другая точка зрения изложена в работе Б. В. Дроздова [2011]. По его мнению, границы, которые исторически выстраивались на земле людьми, являлись, прежде всего, границами государства, т. е. границами административными, правовыми и экономическими. Границы создавали препятствия для свободы передвижений, свободы товарного обмена, устанавливали территориальные ограничения распространению властных полномочий и действия правовых и административных норм. Автор подчеркивает, что значение границ во времени менялось: в средние века – это борьба за власть над данниками, в феодальную и капиталистическую эпохи границы устанавливались для решения экономических и правовых отношений государственных элит.

Заметим, кстати, в настоящее время в мире в связи с политическими событиями процесс изменения границ и появления новых далек от своего завершения. Однако по нашим наблюдениям, основанным на археологических материалах, о чем будет сказано ниже, этнокультурные границы складывались задолго до существования официальных государственных границ.

Население Карелии и его соседи в эпоху Средневековья

В эпоху железа финно-угорские племена занимали огромные пространства лесной зоны Восточной Европы. Во второй половине I – начале II тысячелетия эти территории начали активно осваиваться славянами, что привело к существенному изменению этнической карты. Судьбы финно-угорских народов оказались тесно связанными с Древнерусским государством, которое с самого начала своего существования было неоднородным и включало разноязычные народы. В процессе расселения славян устанавливались границы земельных владений. Так возникли особые административно-политические образования средневековой Руси: Водская, Корельская, Ижорская земли. Древнерусским политико-экономическим феодальным центром на Северо-Западе Руси стала Новгородская земля. Подчиненность нерусского населения, например карельского, Новгороду носила символический характер и выражалась в сборе дани, в совместных военных операциях по защите государственных рубежей, социально-экономических и торговых мероприятиях. Корельская земля вошла в состав Новгородского государства на правах равноправного или почти равноправного члена. Племена, подвергшиеся массовой славянской колонизации, – водь, ижора, весь – быстро исчезли со страниц русских летописей. Однако при всем влиянии пришлого славяно-русского населения прибалтийско-финские народы сохранили специфические черты материальной и духовной культуры. Границы земель, которые освоило древнее население Карелии, выходили далеко за пределы современных границ Республики Карелия (рис. 1).

На рубеже I–II тысячелетий юго-восточное Приладожье (Ленинградская область) и южная часть Карелии были заселены прибалтийско-финским народом, названным в письменных источниках весью, северо-западное Приладожье – древнекарельскими племенами, для которых в русских летописях употреблен этноним «корела». Саамы сформировались на территории Финляндии и Карелии. Освоенный ими ареал был значительно меньше, чем предполагалось ранее [Муллонен, 2010]. Саамы, естественно, не представляли собой единого этнического массива. В зависимости от степени и скорости адаптации к конкретным природным условиям, наследия предшествующей субкультуры, изменчивости этногеографической ситуации в целом формировались многочисленные мозаичные древнесаамские группировки.

Стало быть, границы расселения народов на рубеже I–II тысячелетий не совпадают с современными административными границами. Большей частью этнические ареалы формировались в соответствии с особенностями ландшафта, которые определили топографические особенности поселений и род занятий, а также в зависимости от интенсивности этнокультурных контактов с ближними и дальними народами.

Этническая карта и территориальные границы Карелии в конце I – первой половине II тысячелетия н. э. (новгородское время)

О территории летописной корелы, включающей Карельский перешеек и северо-западное Приладожье, исследователи говорят как о давно доказанном факте. Действительно, усилиями отечественных историков, археологов, лингвистов, топонимистов доказано, что в XII–XV вв. Карельский перешеек с северо-западными бере-

гами Ладожского озера до северо-восточных берегов Финского залива с городом Корела являлся древнекарельским племенным центром. Не противоречат этому и древнерусские летописи, берестяные грамоты. Но при целенаправленном рассмотрении оказывается, что ареалы, составленные по различным источникам, не всегда совпадают.

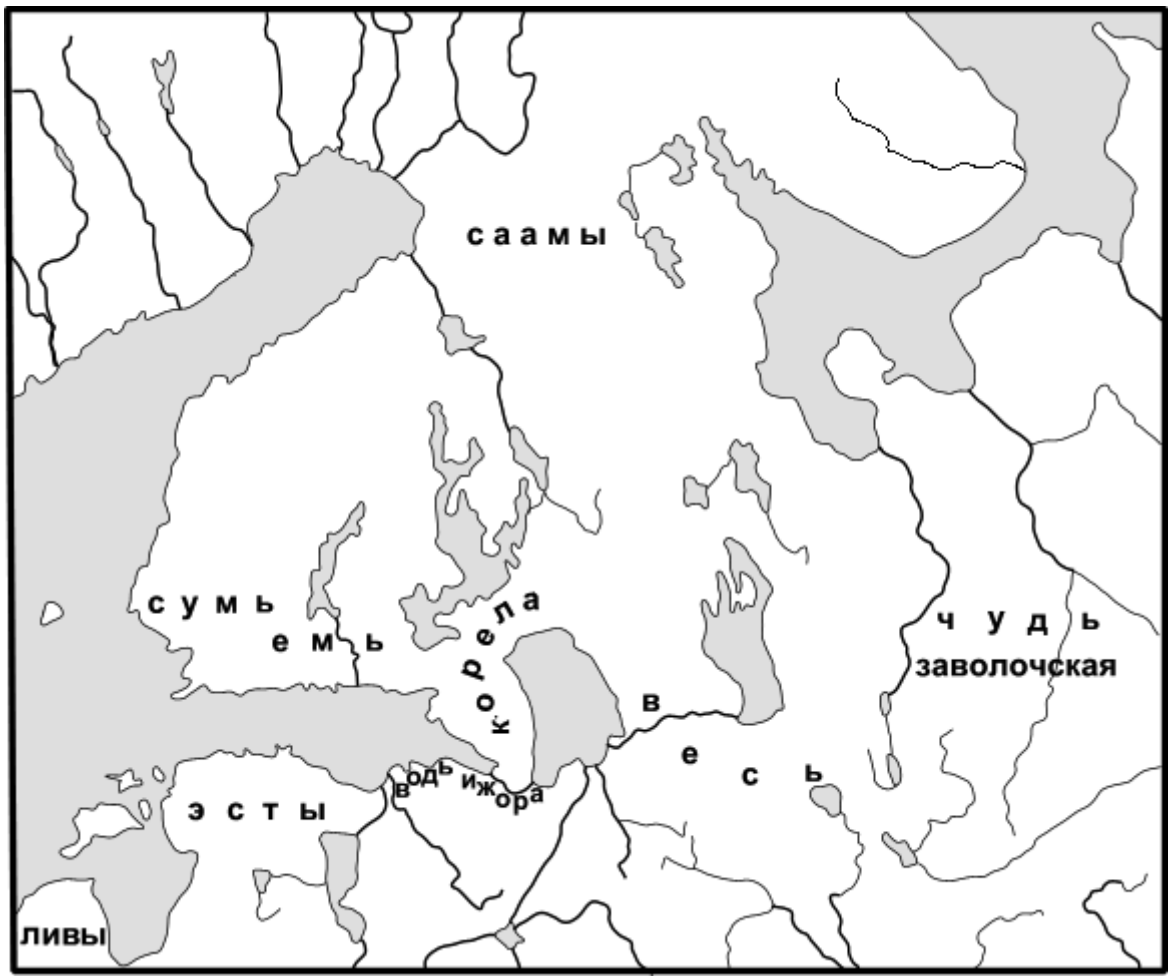


Рис. 1. Ареал народов Северо-Запада России эпохи Средневековья

Письменные источники

В «Слове о погибели Русской земли» – это произведение создавалось в период между 1238 и 1246 гг. – после описания красот земли Русской указываются ее границы: «Отсюда до угров и до ляхов, до чехов, от чехов до ятвягов, от ятвягов до литовцев, до немцев, от немцев до карелов, от карелов до Устюга…». Из этой фразы складывается общее представление о территории карелов и о том, что она в это время не входила в границы Русской земли [Памятники..., 1981. С. 130–131; Кочкуркина, Спиридонов, Джаксон, 1990].

Упомянуты «карилы», проживающие по соседству «с королевством нортманнов», и в средневековом латинском анонимном географическом трактате второй половины XIII в., видимо, ирландского происхождения, введенном в научный оборот под названием «Описание земель». Он был открыт и опубликован в 1979 г. американским исследователем Марвином Л. Колкером. В России переведен на русский язык и опубликован в 1993 г. [Чекин, 1993. С. 206–225].

Топонимика

Важная роль в изучении истории карелов принадлежит топонимике. Топонимические названия помогают выяснить территорию расселения народа, пути его передвижения, особенности хозяйственной деятельности в течение нескольких тысячелетий. Карельская топонимия давно стала объектом исследования финляндских специалистов. Плодотворную работу по сбору названий в северо-западном Приладожье осуществил В. Ниссиля. На основе огромной коллекции карельских топонимов

(325000 единиц), хранящихся в Топонимическом архиве Финляндии, им создан обобщающий труд «Suomen Karjalan nimistö».

Названия рек, озер, возвышенностей, урочищ, болот и т. д. в северо-западном Приладожье – финско-карельские. Они составляют фундамент, главный топонимический пласт. Наиболее древние – саамские топонимы. Именно саамы дали названия многим важным природным объектам. По отношению к ним топонимы славянского происхождения более поздние, но довольно часты в ландшафте Карельского перешейка, поскольку славянское влияние проникло во все сферы хозяйственной и культурной деятельности древних карелов, особенно тех, которые жили в центральной части Карельского перешейка, т. е. в местах, близких к культурным центрам того времени. К древнейшим славянским заимствованиям, по мнению В. Ниссиля [Nissilä, 1975; Мамонтова, Кочкуркина, 1982], относятся ***lotja*** (лодья), ***majakka*** (маяк), ***raja*** (край), ***risti*** (крест), ***sirppi*** (серп), ***veräjä*** (дверь). Встречаются названия, отражающие природные особенности местности, растительный и животный мир. В топонимии представлены названия, обозначающие места поселений: ***pogosta*** (погост), ***lopotti*** (слобода), ***korotiisa*** (городище), ***possada*** (посад), ***rintka*** (рынок).

Встречаются немногочисленные римско-католические, нижненемецкие и скандинавские наименования природных объектов, говорящие о сложных и разнообразных взаимоотношениях народов.

В. Ниссиля полагает, что шведскими мореходами и рыбаками даны названия островкам, скальным выступам, отмелям, мысам, заливам в акватории Финского залива от Сяккиярви (район Выборга) до Терийоки. После сооружения Выборга шведское влияние отразилось по многим направлениям. В целом же скандинавские наименования, за редким исключением, представлены в названиях отдельных домов, поселений, небольших объектов, а также фамилий и поэтому не могут считаться первичными. Скандинавы появились в северо-западном Приладожье тогда, когда оно уже было заселено прибалтийско-финским населением. Увеличение шведских наименований и их территориальное расширение связано с известными историческими событиями XIII–XVII вв.

В результате ономастических (касающихся имен собственных) исследований удалось выявить на территории Финляндии устойчивый пласт карельских топонимов, свидетельствующих о пребывании здесь древних карелов. Названия мест, образованных от этнонимов, чаще всего возникают в пограничной полосе, где проживают совместно представители различных племен и народностей. Так, в северо-западном Приладожье выделяются топонимы, в основе которых лежат этнические названия: *vepsä* (вепсы); *karjala* (корела). (Кстати, наличие этнонима *karjala* на древнекарельской этнической территории – явление удивительное. Он мог возникнуть в том случае, если карелы проживали среди иноэтничного окружения, которое и назвало их соответствующим именем. Так, например, в районе Куолемаярви карелы оказались в соседстве с *лаппи* и *виру*, в Вуоксенранта – с *лаппи, вепся, хяме* и т. д.). Помимо *vepsä* и *karjala* встречаются этнонимы *lappi* (лопь, саамы); *tsuud, tsuhna* (чудь, чухна); *häme* (емь, хяме); *savo* (саво); *inkeri* (ижора); *viro*, *eesti* (эстонцы). Наиболее древние из них возникли в те далекие времена, когда добыча пушнины влекла людей различной этнической принадлежности в отдаленные лесные районы. Топонимы с *суомен* и *виро* встречаются в основном в южной части северо-западного Приладожья, а топонимы с *лапин* редки на Карельском перешейке, но севернее они попадаются часто [Мамонтова, Кочкуркина, 1982]. Концентрация топонимов с основой *вепс*- обнаружена в северной части Карельского перешейка в приграничье с Финляндией [Муллонен, 1994. С. 134].

О пестроте этнического состава населения на Карельском перешейке (этот факт в свое время способствовал формированию различных точек зрения на этническую принадлежность археологических памятников Карельского перешейка и на происхождение древнекарельской общности) можно судить по сведениям из земельной книги Яаски (1543 г.), в которой упоминаются фамилии, связанные с именем племени, народа и местности: *Яаскеляйнен, Хямеляйнен, Карьялайнен, Кюмяляйнен, Лапветеляйнен, Лаппалайнен, Саволайнен, Суомалайнен, Вепсяляйнен, Виронен, Виролайнен* [Мамонтова, Кочкуркина, 1982].

Лингвистика

В предвоенные и послевоенные годы крупнейшим финноугроведом Д. В. Бубрихом разработана концепция происхождения и этнического развития народа в XII–XVII вв., базирующаяся на огромном лингвистическом материале, собранном на территории расселения карелов. По мнению исследователя, до возникновения Древнерусского государства Карельский перешеек был слабо заселен, здесь кочевали редкие саамские родоплеменные группы.

Но с образованием Древнерусского государства на этой территории в тесном взаимодействии с Русью начала формироваться корела. Откуда она пришла, Д. В. Бубрих не смог дать убедительного ответа. Он считал, что частично население пришло из земель еми, часть из мест, близких к Чудскому озеру и Новгороду. Допускается участие и древней веси [Бубрих, 1947, 1971].

Итак, по мнению Д. В. Бубриха, корела сформировалась на Карельском перешейке, но различные пришедшие извне компоненты изменили ее – в IX в. она называлась «кирьяла», и, видимо, ее первоначальный состав был иным. Замечу, однако, ссылка Бубриха на сагу IX в. спорна. В саге рассказывается, что во время поездки в 874 г. в Лапландию норвежец Торольф оказал помощь королю народа кайнула, воевавшему с разбойничьими племенами кирйала. На этом основании делается вывод, что уже в начале периода викингов карелы жили в приладожских районах и совершали походы в земли Похья, где конфликтовали с местным населением и норвежцами. Но теперь можно считать доказанным, что сага датируется XIII в., а события, изложенные в ней, – XI–XII вв.

Ареал летописной корелы, выделенный по характерным особенностям материальной культуры, выглядит иначе. Спорным остается вопрос о включении Миккельских озер в древнекарельский ареал. Взгляды исследователей варьировали от признания культуры Миккельских озер карельской до полного отрицания ее карельской сути. Остановились на взвешенной, компромиссной точке зрения, признающей не только древнекарельское влияние на культуру Саво, но и присутствие на этой территории самих древних карелов.

В свое время мною осуществлено детальное сопоставление могильников обоих регионов по набору женских украшений и деталям погребального обряда (11 признаков), в результате которого сформулирован следующий вывод: можно говорить не только о схожести культур Саво и Приладожской Карелии, объясняемой культурными заимствованиями, но и о едином этническом регионе. Однако территориальная удаленность, другое окружение, политические акции (Ореховецкий договор) привели к изоляции населения Саво, попавшего под власть Швеции. Населению Саво и Приладожской Карелии свойственны общие черты материальной культуры. Занимая промежуточное положение между землями корелы с востока и землями хяме с запада, население Саво испытывало влияние с обеих сторон. Тем не менее культура Саво оставалась самобытной, о чем свидетельствуют и археологические материалы. Длительное время она сохраняла первоначальные черты и традиции, но постепенно начала отличаться от культуры Карельского перешейка, а впоследствии и культуры русской Карелии. Усиление потока переселенцев из Западной Финляндии в южную часть Карельского перешейка в конце XIII в. способствовало распространению западных традиций, восточная граница которых большей частью соответствовала государственной границе по Ореховецкому договору.

Сказанное вовсе не означает, что район Миккельских озер был заселен только карелами. Безусловно, здесь проживали и хяме, и в результате этнических взаимовлияний выработалась своя оригинальная и самобытная культура.

На мой взгляд, имеющиеся различия между археологическими памятниками Саво и Приладожской Карелии не противоречат установившейся компромиссной точке зрения, признающей не только древнекарельское влияние на культуру Саво, но и присутствие на этой территории самих древних карелов. Различия естественны, поскольку этничность – это весьма изменчивый феномен, подверженный как внутренним, так и внешним влияниям. Естественно, возникает вопрос, по какой причине некая группа (или группы) древнекарельского населения решила переселиться в район Миккельских озер? Одни исследователи полагают, что в Карелии не было избытка населения и не было недостатка в хорошей земле, поэтому переселение в Миккели, где занятие земледелием встречало известные трудности, не обосновано [Saksa, 1998. S. 169–172]. Нельзя забывать о том, что карелы пользовались разветвленной торговой сетью, охватывавшей не только внутренние районы, но и западные и северные земли. Охотничьи маршруты, транзитная торговля через систему озер Сайма, а также по сухопутным дорогам влекли в Саво новых жителей из Карелии [Pirinen, 1988. S. 285]. О пребывании древних карелов на далеких территориях говорят археологические предметы, топонимические данные, письменные источники, предания. Здесь мы имеем дело с третьей ситуацией, по Ф. Барту, когда группы занимают различные ниши, обслуживают друг друга и взаимозависимы, что создает немало возможных путей для контактов, в том числе и через торговлю.

Имеющиеся различия не противоречат этому выводу. Этнос в границах своего государства и вне его находится в принципиально разных условиях выживания. Найти точную копию

материальной культуры могильников Карельского перешейка в юго-восточной Финляндии, при всей их похожести, – нерешаемая задача, особенно при такой ситуации, когда в одном и том же могильнике наблюдается вариативность, как в погребальных обрядах, так и в сопровождающих предметах. Интенсивность этнического самосознания и различий в материальной культуре, а также четкость этнических границ может возрастать в периоды экономических и политических кризисов, а также войн, что нашло подтверждение в древней истории карелов. В XII–XV вв. в древнекарельской материальной культуре наиболее отчетливо прослеживаются самобытные черты, отличающие их от соседних прибалтийско-финских народов.

Вывод о «карельскости» культуры Саво находит поддержку и в лингвистических материалах: «Есть все основания верить, – считает Х. Лескинен, – что население, переместившееся в Саво, было типично карельским и разговаривало на типично карельском языке». Этому не противоречат некоторые заимствования из языка хяме, прослеженные на западном участке ареала диалекта Саво, который по своему основному строению нужно считать продолжателем языка древней корелы. Позднее он убедительно показал, что в восточных диалектах Саво имеется карельский субстрат [Leskinen H., 1987. S. 77–95]. Ю. Лескинен полагает, что в окрестностях Миккели древнее Саво являлось первым западным дочерним поселением Ладожского побережья древней Карелии, хотя на этой территории проживали и древние охотники-промысловики, хяме и древние карелы. Несмотря на то что в диалекте саво заметна западная доля, основа языка все-таки древнекарельская. Западные черты не настолько заметны в языке, чтобы считать диалект саво результатом равномерного смешения диалектов хяме и древнекарельского [Leskinen J., 2003. S. 448–449]. С этим заключением согласен и К. Пиринен, считающий, что у населения южного Саво есть четкие архаичные, указывающие на Ладожскую Карелию корни, хотя в говорах Карельского перешейка в процессе развития они не сохранились. К. Пиринен отметил в топонимии Миккели большую концентрацию названий с Karjala. Фамилию Karjalainen в самой древней переписи Саво носили 23 семьи; их больше, чем фамилий Hämäläinen и Lappalainen. Он полагает, что на прибывших из Ладожской Карелии указывают названия с vepsä, а на прибывших из-за границы карелов – venäjä [Pirinen, 1988. S. 272–289]. По этим соображениям в ареал летописной корелы до Ореховецкого мирного договора мною включена частично территория Миккельских озёр. Как показали современные топонимические исследования, в начале – середине XVII в. уже Карелия осваивалась выходцами из Саво [Кузьмин, 2011. С. 45–56].

Государственному разграничению территорий предшествовали многие десятилетия борьбы за независимость. Первый поход упомянут в Новгородской первой летописи под 1143 г.: «В то же лето ходиша Корела на Емь, и отбежаша 2 лоиву бити». Речь идет о неудачном походе на финское племя емь и о потере двух судов (парусное судно лойва). С этого времени записи о тех или иных карельских делах общерусского масштаба встречаются с различными интервалами на протяжении XII–XV вв. Такое частое упоминание объясняется тем, что корела, проживая на западных рубежах Новгородского государства, оказалась в зоне враждующих государств: Новгорода и немецких орденов с одной стороны, Новгорода и Швеции с другой.

Нашло отражение в письменных источниках и активное участие корелы во внутренней жизни Новгорода. Корельская земля при некоторой самостоятельности и свободе в торговых делах находилась в зависимости от Новгородской феодальной республики. Без помощи и поддержки новгородских военных сил древние карелы не в состоянии были обеспечить безопасность своих рубежей и рубежей Новгородского государства.

Первая половина XIV в. заполнена изнурительными походами Швеции и Новгорода. Войны обедняли страны, разрушали торговые связи. Противники пытались удержать завоеванные территории строительством новых крепостей, разрушением неприятельских населенных пунктов. 1311 г. – новгородцы совершают опустошительный набег на хяме. 1313 г. – шведы оказываются под Ладогой и сжигают город. 1317 г. – они вновь появляются на Ладожском озере, а новгородцы в 1318 г. – в Финляндии. В 1322 г. Юрий Данилович осаждает Выборг, а шведы – Корелу.

В 1323 г. на Ореховом острове при выходе из Ладожского озера в Неву Новгород построил крепость Орешек (Нотебург–Шлиссельбург–Петрокрепость), в которой 12 августа того же года был подведен итог многолетней, ожесточенной, разрушительной шведско-русской борьбы за территорию корелы. Это первый известный нам договор, устанавливающий официальную государственную границу. Он дошел до нас на русском, латинском и шведском языках, но ни один из них не является оригиналом. Русский текст начинается словами: «Се яз князь

великыи Юрги (на это время новгородский князь Юрий Данилович, сын московского князя Даниила Александровича. – *С. К.*) с посадником Алфоромеем и с тысяцким Аврамом с всем Новым городом докончали есм с братом своим с князем свеискым с Манушем Ориковицем... мир вечный и хрест целовали».

В документе была оговорена граница между шведскими и новгородскими владениями от устья р. Сестры до «Каяно моря». Начало и конец межи для нас ясны, но такие пункты, как «мох, середе мха гора», на современную карту не нанести. И все же основное направление выявлено: устье р. Сестры – восточный рубеж привыборгских погостов корелы – Сяркилахти (район оз. Сайма) – р. Суоннейоки – район оз. Пюхя-ярви – Ботнический залив (южнее устья р. Пюхяйоки) [Kirkinen, 1970. S. 16–26]. За Швецией оставался Выборг и три погоста на Карельском перешейке. При этом Новгород сохранял за собой права на охотничьи и рыболовные угодья на отошедших к Швеции землях (северная часть Саво, Северная Похъянмаа и Лапландия).

Новую трактовку границы предложили Я. Галлен и Дж. Линд. По их мнению, северный участок русско-шведской границы, во-первых, был прерывистым, пунктирным, опиравшимся лишь на известные приграничным жителям базовые пункты, и, во-вторых, разделялся на два отрезка: один заканчивался у Ботнического залива «Каяно море», а другой – у Кандалакшского залива Белого моря – «nor i haffuit» (шв. «на севере, в море»). Лежащая между ними земля находилась в сфере интересов и Новгорода, и Швеции [Gallén, 1968; Gallén, Lind, 1991, karta 1]. Подобное разветвление подтверждается и археологическими находками на севере Фенноскандии, представленными как западнофинскими, так и карельскими предметами [Uino, 1997. S. 201]. Более того, топонимы с *Nilos*-, группирующиеся в северном Приладожье в районе Куркиёки, затем прослеживаются в восточной Финляндии (Пиэлисъярви) и далее фиксируются по направлению к Оулуярви в северной Приботнии, маркируя таким образом известный средневековый путь карелов из Приладожья в Приботнию [Vahtola, 1980. S. 370].

В переговорах в крепости на Ореховом острове участвовали и купцы, очень заинтересованные в торговле с новгородскими землями. Территориальные споры Швеции и Руси нанесли серьезный ущерб международной торговле. Вот почему в договоре появляются такие слова: «Гости гостити без пакости из всеи немецискою земле – из Любка, из Готского берега и Свеискои земле по Неве в Новгород горою и водою, а своям всем из Выбора города гости не переимати, тако же и нашему гостю чист путь за море» [Кочкуркина, Спиридонов, Джаксон, 1990. С. 42–43].

Для уравновешивания военного баланса Швеция и Новгород отказывались от строительства крепостей, обязывались возвращать беглых должников и холопов. Шведам и жителям Выборга запрещалось покупать земли у новгородской корелы. Обе договаривающиеся стороны гарантировали решение возникающих конфликтов мирным путем.

Подписание мирного договора – отрадное явление, так как была оговорена граница, открыты торговые магистрали, прекращались набеги. Отрицательные последствия договора проявились в том, что граница разделила корелу – единое этническое образование со своим языком и культурой. После этого различно сложились и ее судьбы.

Основная часть корелы, населявшая северо-западное Приладожье, осталась под властью Новгорода, тесно связанная с ним экономическими, политическими, религиозными и культурными узами. Корела, оказавшаяся на шведской стороне, вместе с емью образовала восточную группу финского населения (саволаксы), которая приняла участие в формировании финской народности. Из захваченных шведами древнекарельских погостов возник выборгский лен (губерния).

Первые три года после заключения мира можно считать спокойными. В 1326 г. Магнус – король Швеции и Норвегии – подписал с Новгородом соглашение относительно северного рубежа норвежско-новгородских территорий. Если граница нарушалась одной из сторон, земли возвращались владеющему ими государству. И Норвегия, и Новгород сохраняли за собой право сбора дани у саамов. Однако вскоре в Новгород стали поступать сигналы о неблагополучном положении на русско-шведской границе. В сохранившихся берестяных грамотах содержатся жалобы на притеснения севилакшан и сведения о попытках новгородских дипломатов урегулировать конфликты. Приведу несколько наиболее важных для судеб древнекарельского народа берестяных грамот. В грамоте № 286 (1313–1369 гг.) звучат отголоски важных политических событий. Академиком В. Л. Яниным [1975. С. 57–68] предложено чтение грамоты со всеми пропусками, за исключением одного дефектного места. Это письмо от Григория к Дмитру о сборе дани на территории корелы вблизи шведско-новгородской границы: «Мы здоровы. А ты совершай свои обходы и не бойся, потому что заключили мир по старой границе Юрия князя. А меня послали к карелам на Каяно море. Смотри не помешай, не напакости

каянцам и себе не заполучи худой славы. А если ты уже собрал прошлогоднюю дань, собери за меня. А узнаешь, что я не пойду к НО..., тогда ты иди. А дома все в порядке. А ко мне вести переправляй. Если сможешь, помогай мне чем-нибудь». Несмотря на заключение Ореховецкого мирного договора, по-прежнему происходили стычки, нападения друг на друга и т. д. Это привело к новым переговорам. Новгородскую сторону представляли послы Александр Борисович и Кузьма Твердиславич. Зимой 1338/39 г. посланцы ездили за море к свейскому князю и заключили мир по старым грамотам. Обе стороны должны были блюсти все пункты договора и взяли на себя обязательства наказывать и даже вешать убегающих за рубеж карелов. Григорий, поскольку был в курсе переговоров, написал эту тревожную грамоту Дмитру и рекомендовал тому вести себя осмотрительно. Бежавшие карелы с согласия короля Магнуса должны были вернуться на новгородские земли. Поэтому Дмитру следовало проявить все свое дипломатическое искусство во время его поездки к карелам-каяничам, чтобы те, напуганные расправой, не побоялись вернуться.

Грамота № 248 (рубеж XIV–XV вв., точнее 1396 г.) адресована господину Новгороду, что придает посланию характер важного государственного документа. Речь идет о населении двух карельских погостов – Кюлолакшского и Кирьяжского. Последний погост располагался на территории современного Лахденпохского района Карелии, Кюлолакша – примерно в 25 км к северо-западу от совр. Приозерска. Под немецкой половиной в грамоте подразумевается территория трех погостов Яскис, Эйряпя и Саволакс, которые отошли к Швеции. Упомянутые в документе «Вымолчи» соотносятся с одним из «пяти родов карельских детей». Итак, грамота написана от лица «Вымолцев господ» – родовых представителей корелы – о приграничном конфликте. В грамоте № 249 (найдена вместе с предыдущей грамотой, и написаны они одним лицом) рассказывается о нападении на карелов у пункта Коневы Воды. Коневы Воды – это перевод прибалтийско-финского Оривеси – название водоема, входящего в систему Сайменских озер и находившегося в то время в приграничной зоне. Именно жители пограничного Саволакского погоста, «севилакшане», и причиняли убытки кореле. Жабий Нос – видимо, какой-то мыс на оз. Оривеси. Интересно упоминание среди нападавших лопаря по имени Новзе. Это доказывает, что некоторые представители саамского населения в это время проживали в районе Сайменских озер.

Об ответных мерах Новгорода мы узнаем уже из Новгородской первой летописи. Новгородцы защитили корелу. Под предводительством князя Константина Белозерского отряд выступил в поход в 1396 г. «Пришедше немци в Корельскую землю и повоеваша 2 погоста – Кюрьскыи и Кюлоласкыи – и церковь сожгоша; князь Костянтин с корелою гнася по них, и язык изима и присла в Новгород» [Кочкуркина, Спиридонов, Джаксон, 1990. С. 84–86].

Мирную обстановку нарушил шведский король Магнус. Его вторжению предшествовал так называемый философский спор. В 1348 г. Магнус предложил новгородцам созвать съезд философов, на котором должно быть решено, чья вера лучше: католическая или православная. Если православная, говорил Магнус, то он примет ее. И будет единый новгородско-шведский союз. В случае несогласия Магнус угрожал большим походом на Русь. Новгородцы с владыкой Василием, посадником Федором Даниловичем и тысяцким Авраамом резонно заявили, что не им решать спор, а следует обратиться к Царьграду, ибо оттуда пришла православная вера. В ответ на это Магнус сказал новгородскому послу Кузьме Твердиславичу, что он обижен несговорчивостью новгородцев и их нежеланием обратиться в католичество. Повод появился, и в том же году Магнус с огромным войском, перейдя границу, начал крестить ижору, а несогласных уничтожать. Объединенным силам новгородцев удалось победить отдельные вражеские отряды, казнить изменников.

Пока новгородцы собирали главные силы в Ладоге да просили великого московского князя Семена Ивановича (сына Ивана Калиты) оказать помощь, а тот долго медлил, собрался было ехать, но повернул обратно, выслав вместо себя брата Ивана, шведское войско оказалось под Орешком. Магнус не мог взять крепость силой, поэтому пустился на хитрость, пообещав отпустить осажденных на свободу. Но сдержал свое слово только относительно горожан и наместника Наримонта, а все новгородское посольство в составе Авраама, Кузьмы Твердиславича и восьми бояр взял в плен [Кочкуркина, Спиридонов, Джаксон, 1990. С. 47–48].

Для XVI–XVIII вв. характерна изменчивость геополитического положения Карелии, ее внешних и внутренних административных границ под воздействием внешнеполитических и внутриполитических факторов. Карелия в современных административных границах сформировалась в соответствии с Парижскими мирными договорами 1947 г., подписанными в Париже 10 февраля государствами-победителями во Второй мировой войне 1939–1945, с одной стороны, и быв-

шими союзниками фашистской Германии в Европе – Италией, Болгарией, Венгрией, Румынией и Финляндией – с другой.

Литература

Бубрих Д. В. Происхождение карельского народа. Петрозаводск: Госкомиздат, 1947. 51 с.

Бубрих Д. В. Русское государство и сформирование карельского народа // Прибалтийско-финское языкознание. Вып. 5. Л., 1971. С. 3–22.

Барт Ф. Введение // Этнические группы и социальные границы. М.: Новое изд-во, 2006. С. 9–48.

Дроздов Б. В. Народы и границы. Вопросы государственного национально-территориального образования (опыт теоретизации). М., 2011. Электрон. публ. Режим доступа: *rema44.ru/about/persons/**drozdov**/papers/gr_nar4.html.*

Ильин И. А. О грядущей России: Избранные статьи (под ред. И. П. Полторацкого). М.: Военное изд-во, 1993. С. 172–173.

Кузьмин Д. В. Наследие саволаксов в топонимии Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 6. С. 45–56. (Серия «Гуманитарные исследования». Вып. 2).

Кочкуркина С. И., Спиридонов А. М., Джаксон Т. Н. Письменные известия о карелах. Петрозаводск: Карелия, 1990. 140 с.

Мамонтова Н. Н., Кочкуркина С. И. О топонимии Северо-Западного Приладожья и сопредельных районов // Древняя корела. Л., 1982. С. 180–185.

Муллонен И. И. Очерки вепсской топонимии. СПб.: Наука, 1994. 156 с.

Муллонен И. И. Формирование этноязыковой карты Карелии (по материалам топонимического атласа) // Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям. М., 2010. С. 424–427.

Памятники литературы Древней Руси: XIII век. М.: Худож. лит., 1981. 616 с.

Чекин Л. С. «Описание земель», анонимный географический трактат второй половины XIII в. // Средние века. Вып. 56. М., 1993. С. 206–225.

Янин В. Л. Я послал тебе бересту... М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 57–75.

Barth F. Introduction // Ethnic Groups and Boundaries. The Social Organisation of Culture Differencies. Boston, 1969. P. 9–38.

Gallén J. Nöteborgsfreden och Finlands medeltida östgräns. Skrifter utgivna av Svenska Litteratursällskapet i Finland. № 427:1. Helsingfors, 1968. 238 s.

Gallén J., Lind J. Nöteborgsfreden och Finlands medeltida östgräns. Andra delen. Skrifter utgivna av Svenska Litteratursällskapet i Finland. № 427:2. Helsingfors, 1991. S. 239–509.

Kirkinen H. Karjala idän ja lännen välissä. Helsinki, 1970. S. 8–90.

Leskinen H. Pohjois-Karjalan murteet – silkkaa Savoa vai katoavaa Karjala? //Carelia rediviva. Joensuu, 1987. S. 77–95.

Leskinen J. Karjalaisten kielimuotojen alkuperän arvoitus // Karjalan synty. Jyväskylä, 2003. S. 448–449.

Nissilä V. Suomen Karjalan nimistö. Joensuu, 1975. 382 s.

Pirinen K. Savon keskiaika // Savon historia I. Kuopio, 1988. S. 265–415.

Saksa A. Rautakautinen Karjala. Joensuu, 1998. 258 s.

Uino P. Ancient Karelia // SMYA, 1997. № 104. 426 s.

Vahtola J. Tornionjoki- ja Kemijokilaakson asutuksen synty // Studia Historica Septentrionalia. Vol. 3. Rovaniemi, 1980. P. 555–563.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кочкуркина Светлана Ивановна
Зав. сектором археологии, д. и. н.
Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: babkin@karelia.ru
тел.: (8142) 781886

Kochkurkina, Svetlana
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: babkin@karelia.ru
tel.: (8142) 781886

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 13–24

УДК 811.311

ПРИРОДНЫЕ И КУЛЬТУРНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕПССКОЙ ЭТНИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ*

И. И. Муллонен

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье на материале топонимии реконструируются границы исторической вепсской этнической территории. Выявляются природные (ландшафт, климат, характер почв) и культурные (земледелие, местные и транзитные водно-волоковые пути, контакты с соседними этносами) причины формирования границ. Доказывается, что, сформировавшись на рубеже I – II тыс. н. э. в бассейне рек Юго-Восточного Приладожья, вепсская этническая территория в последующие века расширялась в южном и восточном направлении за счет освоения Онежско-Ладожского перешейка и Обонежья и к XV веку вписывалась в границы Заонежской половины Обонежской пятины. Соответственно, области, располагавшиеся за ее пределами в Белозерье, верховьях рек Волжского бассейна, в среднем Поонежье, осваивались на следующем этапе, в результате проникновения туда вепсских выходцев из Обонежья и Юго-Восточного Приладожья.

Ключевые слова: культурный ландшафт, Обонежье, топонимия, прибалтийско-финские языки, вепсы, этническая история

I. I. Mullonen. NATURAL AND CULTURAL FACTORS BEHIND THE FORMATION OF THE VEPSIAN ETHNIC RANGE

Drawing upon toponymic materials we reconstruct the boundaries of the historic Vepsian ethnic range. The natural (landscape, climate, soils) and cultural (horticulture, local and transit boating-and-portage routes, contacts with neighbour ethnic groups) causes of the boundary formation are identified.

Key words: cultural landscape, Obonezhje, toponymic, vepsians, ethnic history.

Территория современного вепсского расселения тяготеет к верховьям небольших лесных рек на водоразделе Балтийского и Волжского бассейнов. Такая характеристика ареала однозначно маркирует его как остаточный, сформировавшийся в результате поэтапного сокращения, вызванного обрусением традиционных вепсских поселений, занимавших в прошлом более обширную территорию в бассейне названных рек, вплоть до низовий, и выходивших за их пределы. Становление вепсского ареала в его современных границах – интересная проблема в плане понимания механизмов и составляющих формирования этнических территорий. Однако понятно, что в этом случае главным фактором будет процесс поэтапной смены этноязыкового сознания с вепсского на русский. В данной статье ставится задача описания границ исторической вепсской

* Статья выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований секции истории Отделения историко-филологических наук РАН «Нации и государство в мировой истории» и в рамках проекта «Создание ТИС «Электронная картотека топонимов Восточного Обонежья» (грант РГНФ № 12-04-12009).

территории. За рубежами современного вепсского языкового ареала, особенно на соседствующих с ним территориях, сохранились многочисленные следы былого вепсского наследия. Топонимия в силу ее исключительной устойчивости во времени позволяет провести реконструкцию глубиной в несколько сот лет. При написании статьи использованы некоторые наработки предшествующих исследований автора, вписанные в контекст новых результатов.

Логично думать, что в формировании вепсского этноязыкового ареала было несколько этапов. Видимо, один из них – один из ранних – маркирован археологическими памятниками приладожской курганной культуры рубежа I–II тысячелетий н. э., представленными в Юго-Восточном Приладожье – в бассейнах рек Сяси и Тихвинки, Воронежки и Свири с притоками Пашой, Капшой и Оятью, впадающих в Ладожское озера с юга, а также на реках Олонке, Тулоксе и Видлице, восточных притоках Ладоги. Очевидно, сфера вепсского этнического воздействия распространялась и до северного побережья Онежского озера, где известны курганы приладожского типа у сел Кокорино и Челмужи [Кочкуркина, 2011. С. 74] – в этапных пунктах на водно-волоковом пути, пересекавшем Заонежский полуостров. Автору этой статьи уже приходилось писать о том, что ареал средневековой приладожской курганной культуры маркируется/сопровождается одной показательной топонимной моделью – ойконимами, т. е. названиями поселений с формантом -l, который в результате русской адаптации преобразовался в -ичи/-ицы: *Винницы* из *Vingl*, *Валданицы* из **Valdal* и др. Считается, что данная модель маркирует территорию относительно раннего расселения. Это названия своеобразных «родовых» деревень, центров, откуда происходило затем вторичное заселение территории [Nissilä, 1961. S. 91–92; Муллонен, 2002. С. 84–98]. Некоторые из топонимов этой модели упомянуты уже в самом раннем историческом документе, известном для территории Присвирья – т. н. приписке к Уставу князя Святослава Ольговича XIII в., что свидетельствует в пользу хронологически раннего бытования модели. Вполне вероятно, вепсские истоки кроются и за некоторыми ойконимами данной модели в ливвиковском Приладожье, однако из-за случившегося тут в более позднее время притока карельских ойконимов, образованных по этой же модели, различить их практически невозможно. Есть основания полагать, что традиция погребения, заложенная создателями курганов и постепенно исчезнувшая в Приладожье с продвижением новгородского влияния, продолжалась – уже в форме грунтовых могильников вплоть до XVI в. на водоразделе рек Балтийского и Волжского бассейнов [Башенькин, 1994]. Именно здесь, в глухих местах на верховьях средневепсской Капши (бассейн Ладожского озера) и верхнем течении южновепсской р. Лидь (бассейн Волги) обнаруживается одна показательная топонимная модель: ср. южновепс. *Kaamišt* и средневепс. *Koumišt*, букв. ‘кладбище’ (отметим, что эта лексема не используется в современных вепсских говорах для обозначения кладбища). Данный топоним привязан к объектам, почитающимся в качестве мест, где жители захоронили себя, спасаясь от литвы (вариант: от турков). Этнографы полагают, что первоначально это были священные кладбища, на которых похоронены предки – покровители рода [Винокурова, 1988. С. 11]. Вологодский археолог Башенькин, проводивший в конце 1980-х годов раскопки в урочище *Kaamišt* в Чайгино, интерпретировал культуру как курганы XI–XII вв., сходные с приладожскими. С позиций топонимического маркирования показательно, что ойконимы с формантом -l представлены во множестве на верхней Капше (*Ozroil, Haragal, Korbal, Nürgoil* и др.), накладываясь на ареал топонимной модели *Koumišt*. Южнее, на Лиди, такого наложения нет; очевидно, модель *Kaamišt* (а также связанные с названными ею местами традиции) имела здесь, на окраине ареала, несколько более долгую жизнь, чем -l-овая ойконимная модель.

В качестве промежуточного итога можно констатировать, что ранний этап в формировании вепсской этнической территории характеризовался привязкой ее к нижней, приустьевой части рек бассейна Ладожского озера, далеко не всегда распространяясь на всю реку. Одновременно, однако, уже намечаются основные направления дальнейшего освоения территории – Обонежье и Белозерье.

На реках Сясь и Тихвинка практически не удается обнаружить надежных топонимических следов вепсского пребывания. Очевидно, рано попав в зону новгородского продвижения, они утратили то вепсское наследие, которое просматривалось в курганах начала II тысячелетия. Впрочем, глухие отголоски вепсского присутствия на Тихвинке – топонимы *Чудцы, Чудская, Чудское* в верхнем течении реки. В соответствии с ономастической универсалией топонимы с отэтнонимическими основами маркируют территорию пограничного расселения этноса. В нашем случае они отражают вепсско-русское пограничье на определенные периоды в прошлом (рис. 1). Неким

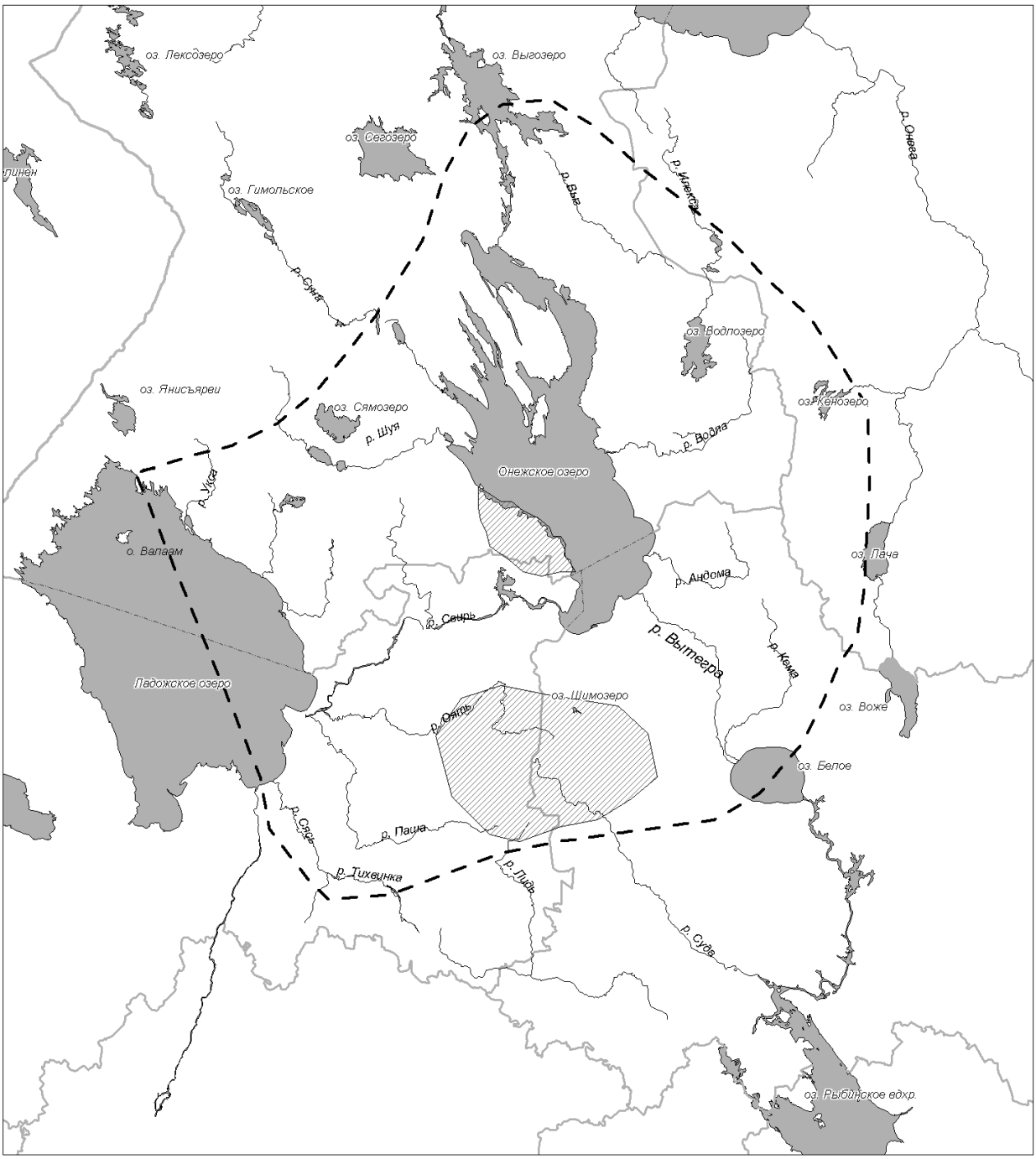


Рис. 1. Границы исторической вепсской территории

косвенным свидетельством исторической южной границы вепсского этнического ареала на верхней Тихвинке может, видимо, служить и то обстоятельство, что здесь проходила граница Обонежской и Бежецкой пятин. Ниже будут приведены доказательства этнического характера северного рубежа Обонежской пятины, что дает основания предполагать таковой же и для южной границы. Данное предположение находит подтверждение и в том немаловажном обстоятельстве, что на северном берегу Тихвинки – на водоразделе Тихвинки и Лиди, а также Тихвинки и Явосьмы – присутствуют топонимы-полукальки, которые возникли в результате перевода

оригинальных вепсских названий (типа *Вадозеро, Кангозеро, Самозеро, Вехручей, Курручей*) и маркируют на севере территорию, прибалтийско-финское население которой через процесс билингвизма перешло на русский язык. К югу от реки Тихвинки (и – добавим – границы исторической Обонежской пятины) полукальки отсутствуют полностью, что указывает на иной тип «финско»-русских языковых отношений. Кроме того, от Тихвинки на север, вплоть до современных вепсских территорий по рекам Паше, Капше и верховий Лиди обнаруживается надежный вепсский субстратный пласт в топонимии, свидетельствующий о поэтапном обрусении исторического вепсского ареала, продвигавшегося с Тихвинки. В качестве примера можно привести топонимию территории Койгушского погоста XVI века, который граничил с юга с Озерским погостом, привязанным к верховьям реки Тихвинки, а с севера – с Пелушским, располагавшимся в верхнем течении реки Лиди, являющемся и сейчас еще вепсской в языковом отношении территорией. Анализ топонимии свидетельствует о том, что в прошлом, причем относительно недавнем, деревни на территории исторического Койгушского погоста были вепсскими. Топонимический массив этой территории включает убедительные примеры топонимов с вепсскими истоками. Вепсские корни характерны для ойконимов (наименований поселений) *Койгуши* < *Койвуши: вепс. koiv ‘береза’ и *Пудрино*: вепс. антропоним Pudr, восходящий к соответствующему аппеллятиву pudr ‘загуста, мучная каша’. Вепсское наследие представлено и в других топонимных разрядах, главным образом в наименованиях объектов, удаленных от поселений, – лесных урочищ, озер, болот: *Оласово болото, Сусарь, Мумсарь, Курручей, Лепозерки* и др. О вепсском прошлом современных русских деревень данного района свидетельствует и то, что в деревне Пятино в 1916 г. финляндские исследователи Э. Н. Сетяля и А. О. Вяйсянен, а в 1917 г. Лаури Кеттунен записывали образцы вепсской речи [Väisänen, 1969; Kettunen, 1918]. До сих пор дер. Пятино разделяется на две части: *Чухарское Пятино* и *Русское Пятино* [Йоалайд, 1989. С. 78]. Такое же деление на русскую и вепсскую часть известно в Дмитрово (*Русское Дмитрово* и *Чудское Дмитрово*).

Уже упомянутые выше топонимические факты (ойконимы -l-ового типа, топонимная модель *Kaamišt*) свидетельствуют о проникновении вепсского компонента в верховья реки Лидь, входящей в бассейн Верхней Волги, с севера, т. е. с сопредельной территории верховий рек Паши и Капши (реки Балтийского бассейна), где располагается средневепсский ареал. При этом наличие вепсского наследия на Лиди ниже оз. Лидского прослеживается очень слабо. Создается впечатление, что озеро Лидское было своего рода границей вепсского расселения на юг по Лиди, поскольку южнее начинались заболоченные на десятки километров, практически до устья реки, берега. Видимо, определенным сдерживающим фактором проникновения вепсского заселения вниз по Лиди служило и раннее русское освоение Лиди ниже озера Лидского, распространившееся сюда с юга, с попавшей рано в зону новгородской колонизации реки Чагоды. Доказательством этого служит присутствие тут древнерусского новгородского типа ойконимов на -гост/-гощь (*Радогощь* – русское название вепсского поселения *Arskaht’*, *Тургошь* в нижнем течении р. Лидь и упоминаемая в составе Койгушского погоста «дер. на *Домогоще*» [ПКОП. С. 51]), а также таких топонимов, как *Жальник* или *Лющик*, в которых отразились древние новгородские лексемы.

Не имея возможности распространяться в меридиональном южном направлении и подпираемое с юга ранней русской колонизацией, вепсское освоение направляется на запад и восток от Лиди – соответственно на верхние притоки Паши [Муллонен, 2006. С. 225, 229–230] и реку Колошму (бассейн реки Суды). Тем самым формируется и упрочняется на этом участке южная граница исторического вепсского ареала. Справедливости ради стоит отметить, что это происходит относительно поздно: отмеченная связь прослеживается по поздним микротопонимическим фактам и не подтверждается традиционными ранними моделями. Характерно также присутствие на водоразделе Лиди и Колошмы – верхнего притока Суды – озера с названием *Pyhärv*, рус. *Святозеро*. Исследование «святых» гидронимов в вепсском ареале убеждает в том, что такие топонимы привязывались к пограничным, окраинным водным объектам и маркировали первоначально границу своей, освоенной территории [Муллонен, 2002. С. 145–155].

Топонимия и историческая география демонстрируют, что и другая река Верхневолжья – Суда – осваивалась вепсами с верховий рек бассейна Ладожского озера, прежде всего, реки Ояти. Будучи сейчас русской в языковом отношении территорией, верхняя Суда (поселения на реках Колошма и Ножема) сохраняет убедительные вепсские следы в топонимии [см. подробнее Муллонен, 2007].

Топонимическим подтверждением связи с Оятью служит название озера *Маткозеро*, из

которого вытекает река Колошма. Оно восходит к вепсскому слову matk ‘путь, дорога’, которое традиционно использовалось в прибалтийско-финской топонимии для называния водораздельных озер, через которые проходил путь из одной водной системы в другую. Собственно, в топониме закрепилось древнее значение слова, которое первоначально означало не любую дорогу, а волок, т. е. сухопутный участок водно-волоковой дороги, перешеек между водными участками пути [SSA]. Озеро Маткозеро отделяется от бассейна Ояти как раз таким 300-метровым перешейком. При этом информантам известно, что когда озеро весной переполняется, вода может вытекать не только в Колошму, но и в обратном направлении – в Оять. Логично предполагать, что именно через этот коридор осуществлялась связь между вепсами Ояти и бассейна Колошмы и именно с Ояти могло произойти заселение Колошмы. Добавим, что описанным водно-волоковым путем и сейчас пользуются местные рыбаки и охотники.

Есть основания полагать, что эти связи имеют глубокую историю. Исторически вепсские поселения Ояти, а также Шимозера и Пяжозера с окрестностями, с одной стороны, и рек Суды с Колошмой и Ножемой, с другой, входили в разные административные подразделения. В XV в., после присоединения новгородских земель к Москве, Пяжозеро и Шимозеро с окрестностями оказались на юго-восточной окраине Заонежской пятины, в то время как Суда принадлежала административно к белозерским землям (Бежецкая пятина). При этом, судя по данным писцовых книг Обонежской пятины 1496 г., Пяжозеро, входившее в состав Оштинского погоста, представляло собой обширный куст поселений из 12 одно- и двухдворных деревень. Еще более разросшимся гнездом поселений представлено соседнее Шимозеро. Населены и другие окрестные вепсские пункты: Линжозеро, Торосозеро, Кленозеро, Нажмозеро.

Совсем иначе выглядит ситуация за юго-восточными пределами Обонежской пятины, на землях Белозерского края. Судя по карте землевладения Белозерского края конца XV в. [Копанев, 1951], Суда с ее притоками была далекой малоосвоенной окраиной Белозерья. На реке отмечено только два погоста: Колошемский (на реке Колошме) и Чужбой (на месте современного села Борисово-Судское). При этом оба располагаются в верхнем течении реки, что необычно, если исходить из традиционного для заселения территории продвижения освоения с низовьев, но естественно, если предположить, что верховья Суды, точнее, ее верхние притоки Колошма и Ножема заселялись с северо-запада, с территории Заонежских погостов. Топонимия подтверждает данное предположение и показывает явную связь Верхней Суды с верховьями реки Оять, которая является рекой Ладожского бассейна и населена носителями средневепсского диалекта, представленного и в Вологодской области, куда последний был принесен оятскими переселенцами.

Как далеко на юг по Суде продвинулось вепсское освоение? Знакомство с картой заселенности побережий Суды свидетельствует о том, что и сейчас относительно плотно освоено только самое верхнее течение реки, а ниже Борисово-Судского берега реки довольно пустынны. В этом контексте показательны данные русской диалектологии о существовании мощной языковой границы, отделявшей бассейн «чудской» Суды от более восточных территорий Белозерья с относительно плотным русским освоением [Чайкина, 1975. С. 141]. Иначе говоря, Суда осталась в стороне от торной дороги русской колонизации, которая, выходя с Шексны на низовья реки, предпочитала далее продвигаться на север не по Суде, а по ее левому притоку реке Андоге, выводившей на восточный берег Белого озера. Суда, таким образом, не привлекла особого внимания ни у вепсов, распространявшихся вниз по реке, ни у русских, осваивавших ее с низовьев. Причины такой ситуации кроются, видимо, в неблагоприятной для земледельческого освоения обстановке на Суде, побережья которой в среднем течении сильно заболочены. Кроме того, активная русская колонизация обошла Суду стороной, поскольку путь по ней вел практически в тупик, к глухому водоразделу. При этом в гидронимии здесь в целом достаточно равномерно представлен довепсский субстрат.

Все вышесказанное означает, что южная граница вепсского освоения на этом участке была привязана к району Борисово-Судского – обширного куста поселений в верхнем течении реки Суды (рис. 1). Топонимически пограничность этой территории наглядно просматривается, к примеру, в ареальной оппозиции двух моделей, использующихся в качестве наименований болот, точнее, островков леса на болотах. Это, с одной стороны, модель с детерминантом -сарь, имеющим явные прибалтийско-финские (в нашем случае вепсские) истоки, ср. вепс. saŕ ‘остров’: *Сосарь* 'болотный остров', *Койсарь* 'березовый остров', *Персарь* 'задний остров'. С другой стороны, ей противостоит модель с основным элементом -солово, за которым стоит древний ландшафтный термин, выступающий

в ряде прибалтийско-финских языков (финские говоры salo, эстонский salu), а также в саамском (suolo < *sōlōj) в значении ‘остров, в том числе на болоте’ [SSA]: *Чёлсолово, Карсолово, Кейбосолово, Шаньшолово*. Ареал топонимов с элементом -соло(во) тянется от Суды на восток к Белому озеру. Кроме того, к востоку от Белого озера обнаруживается еще два более компактных очага этой модели – в районе оз. Воже и верховьях реки Моши на западе Архангельской области [Матвеев, 2001. С. 225]. Этот белозерский (в широком плане) ареал в комплексе с этимологической трактовкой термина позволяет предполагать в нем языковое наследие древнего невепсского населения данной территории. Выявленный топонимический элемент входит в весьма выразительный ряд финно-угорских топонимов Белозерья, который трактуется исследователями как саамский, прасаамский или праприбалтийско-финско-саамский, т. е. принадлежавший общему предку прибалтийско-финских и саамских языков. Высказывается также гипотеза об отдельном прибалтийско-финском языке южной группы, бытовавшем в Белозерье [Saarikivi, 2006]. По мере накопления новых материалов все более актуальным становится уточнение этого достаточно аморфного определения и вычленение в районе Белозерья особого языкового типа, который может быть условно назван «весским», т. е. принадлежавшим летописной белозерской веси, постепенно растворившейся в южной части ареала в потоке новгородского освоения, а в северной – в более позднем прибалтийско-финском (вепсском), воспринявшем этноним от своих белозерских предшественников. Повторимся еще раз, что в топонимии среднего и нижнего течения рек Лиди и Суды не обнаруживается убедительных системных вепсских признаков, позволяющих реконструировать вепсское прошлое территории. Основная причина отсутствия интереса кроется, очевидно, в неблагоприятных для земледельческого освоения условиях. Кроме того, отсутствие моделей, привязанных к территории первоначального освоения, свидетельствует о вторичном, относительно позднем проникновении вепсов на верховья рек Волжского бассейна.

Описанная ситуация особенно заметна на фоне смежной территории, прилегающей к малым рекам Онежско-Белозерского водораздела. Анализ топонимии территории Онежско-Белозерского водораздела убеждает в том, что на ней представлены разные стадии перехода из вепсского языкового состояния в русское. В самых глухих углах территории сохранились последние вепсские деревни – Пяжозеро (Pažař), Шимозеро (Šimgăŕ), Пондала (Pondal), Войлахта (Voilaht) и некоторые другие. В притяжении дорог расположились поселения, о вепсском прошлом которых доподлинно известно: Сяргозеро (Sărgăŕ), Куштозеро (Kuštaŕ), Ундозеро (Unďăŕ) и др. К ним примыкает целый ряд поселений с мощным вепсским субстратом в топонимии, позволяющим реконструировать их вепсское прошлое. Побережья более крупных рек, прежде всего Кемы и канала, соединявшего Онежское и Белое озеро, представлены русскими поселениями с относительно слабым вепсским субстратом в топонимии. Речные побережья были проводниками русского воздействия, которое распространялось от устьев рек к их истокам. В устье Кемы, непосредственно на северном побережье Белого озера, вепсский пласт топонимов практически неуловим, хотя ряд гидронимов, а также наименования здешних волостей имеют бесспорные прибалтийско-финские истоки: название волости *Киуй*, упоминаемой уже в ранних письменных памятниках, восходит к *Кивуй < *Kivoja ‘каменный ручей’, в имени не менее известной по историческим источникам волости *Киснема* второй элемент -нема сопоставим с вепс. nem ‘мыс’. Толщина вепсского слоя в топонимии Кемы увеличивается по мере продвижения с низовьев реки, т. е. с северного побережья Белого озера, к верховьям и в сторону от речного побережья. Топонимия позволяет реконструировать целый ряд здешних центров, дольше других в этом районе оставшихся вепсскими (села Индоман, Ярбозеро, Корбозеро, Кемозеро). На них, к сожалению, не оказалось своего Леннрота, успевшего зафиксировать в них «чудь», как это случилось с т. н. Исаевской волостью, что на границе бассейна Кемы и Онеги, где Элиасу Леннроту, пробиравшемуся в 1842 г. по Архангельскому тракту, удалось зафиксировать остатки вепсского населения. Оно продолжало бытовать там еще и в конце XIX в. [Basilier, 1890]. В качестве примера приведем здесь некоторые топонимы с вепсскими истоками из окрестностей села Индоман Вашкинского района Вологодской области, расположенного при впадении реки Индоманки в Кему. Среди них не только устойчивые во времени гидронимы, но и микротопонимы, жизнь которых обычно менее продолжительна: руч. *Мягручей* (вепс. măgi ‘гора’), текущий с горы *Кукосельга* < *Kukoiseľg (здесь kukoi выступал скорее не в значении ‘петух’, а как географический термин kuk- ‘холм, гора’); руч. *Лепручей* (вепс. lep ‘ольха’); сельскохозяйственное угодье *Едлегома*, в котором второй элемент -гома восходит к вепс. houm ‘подсека’; урочище с глинистыми почвами *Саесельга* < *Saviseľg ‘глинистая сель-

га', урочище *Пихково* (вепс. pihk 'густое мелколесье; молодой ельник'), которое делилось на отдельные участки: *Мишин Лепак*, *Ванин Лепак* и др. (местное говорное слово лепак 'кусок' сопоставимо с вепс. šlipak 'лоскут, кусок'); непросыхающая лужа в низине *Уйты* (вепс. uit 'большая непересыхающая лужа'); *Коструче*й, впадающий в реку Индоманку у Косинского порога, что позволяет реконструировать в основе *kosk 'порог'; покос *Пурдога* (вепс. purdeg 'родник'); небольшой залив на реке Кеме между островом и берегом *Уйга* (вепс. uig 'закоулок') и некоторые другие.

Итак, вепсское прошлое Онежско-Белозерского водораздела не вызывает сомнений, при этом освоение рек бассейна Белого озера происходило через водораздел, разделяющий их с реками бассейна Онежского озера (Водлица, Мегра, Вытегра, Андома).

На юго-восточном побережье Белого озера и прилегающей к нему территории вепсский топонимический пласт практически неуловим, в то время как на юго-западном он просматривается, хотя и уступает по представительности невепсскому субстратному финно-угорскому пласту. Вепсские истоки восстанавливаются тут в ряде микротопонимов, типа остров *Токсарь* (вепс. -saŕ 'остров') на оз. Азатском, мыс *Веромень* (-мень из -nem 'мыс') на оз. Новозеро, подсечное урочище *Яргумзь* < *Järv/houmez, букв. 'озерная подсека' на берегу Андозера и др. Для окончательного решения вопроса о юго-восточной и – добавим – восточной границе ареала вепсской топонимии предстоит дать ответ на сложный вопрос об этноязыковых истоках субстратной довепсской топонимии, чтобы установить критерии ее отличия от вепсской топонимии, а также механизмы усвоения последней этого предшествующего пласта названий. Проиллюстрирую сказанное одним показательным примером.

В вепсской топонимии в наименованиях болотистых мест активно используется топооснова pehk- с прибалтийско-финскими истоками и изначальной семантикой 'гнилая трухлявая древесина': *Pehkso* (многократно), *Pehkoiso, Pehkišt*, в русском усвоении *Пехтболото, Пехтач* и др. Возникает вопрос, как она соотносится с широко представленной в топонимии Белозерья и Поонежья (бассейн реки Онеги) субстратной севернорусской лексемой похта ~ пахта 'болото', принимая во внимание фонетическое соотношение приб.-фин. *е* (преимущественно в заднерядных основах) > севернорус. *а*: вахта – vehka, вагмас – vehmasto, шалга – šelgä и др.? Если речь идет об особенностях усвоения вепсской лексемы в русские говоры, то тогда исторический вепсский ареал можно значительно расширить, включив в него помимо Белозерья еще и смежные с ним территории верхней Онеги. При этом приходится признать, что вепсско-русские контакты в Белозерье восходят к тому раннему периоду, когда приб.-фин. *а* мог передаваться как *о*, порождая в здешних русских говорах вариант *похта*. Восточнее, в бассейне Онеги, представлен вариант *пахта*. Но пахта ~ похта могут в принципе являться наследием того этноязыкового коллектива, отличного от вепсского, хотя и родственного ему, который оставил многочисленные следы в Белозерье (например, представленные выше топонимы с детерминантом *-солово*). Исходя же из того, что в ареале Онежско-Белозерского водораздела отсутствуют топонимические модели, маркирующие ранний этап вепсского расселения, очень незначителен процент вепсских гидронимов и в то же время присутствует мощный невепсский пласт названий, напрашивается вывод об отсутствии бесспорных веских оснований считать субстратную топонимию Белозерья вепсской. При этом, однако, следует признать, что в ней просматриваются некоторые единичные вепсские следы, связанные, очевидно, с поздним немассовым внедрением выходцев с вепсских территорий.

Похожий результат дает и анализ смежной поонежской (т. е. привязанной к бассейну реки Онеги) топонимии. В то время как южное и восточное Обонежье входят в ареал бесспорной вепсской топонимии, хотя и не самой ранней, за восточными пределами бассейна Онежского озера вепсское наследие представлено редкими примерами микротопонимов. Ареальный анализ доказывает, что последние проникли за пределы Обонежья через известные волоки, связывавшие Водлозерье с Кенозерьем, а реку Водлу через приток Колоду с Лекшмозером. В качестве примера дифференцирующей вепсской модели приведем здесь топоним *Palte*, см. вепс. palte < *palteg < *palttek 'склон, косогор' (рис. 2). Из карты явствует, что он бытует на вепсской, а также смежной ливвиковско-людиковской территории, сформировавшейся в ходе карело-вепсского языкового контактирования. Модель известна также в русском Обонежье, в том числе восточном, чаще всего в виде *Палтега*, в названиях сельскохозяйственных угодий. В западной части Каргополья, в окрестностях д. Морщихинской наша картотека зафиксировала название поля *Палтеги* как знак вепсского прошлого территории.

В связи с поиском вепсских следов в Поонежье вновь оказывается обозначенной проблема, высветившаяся в ходе дистрибуции вепсских и довепсских моделей в Белозерье. Возможным критерием для их различения является ареальная характеристика. В то время как модели, однозначно трактуемые как вепсские, просачиваются через восточную границу Обонежья, довепсские объединяются в единый ареал с Белозерьем и выходят на реку Онегу через известный Ухтомский волок. Это обстоятельство еще раз свидетельствует против активного освоения прибалтийско-финскими вепсами Белозерья и одновременно указывает на Обонежье как на регион вепсских интересов.

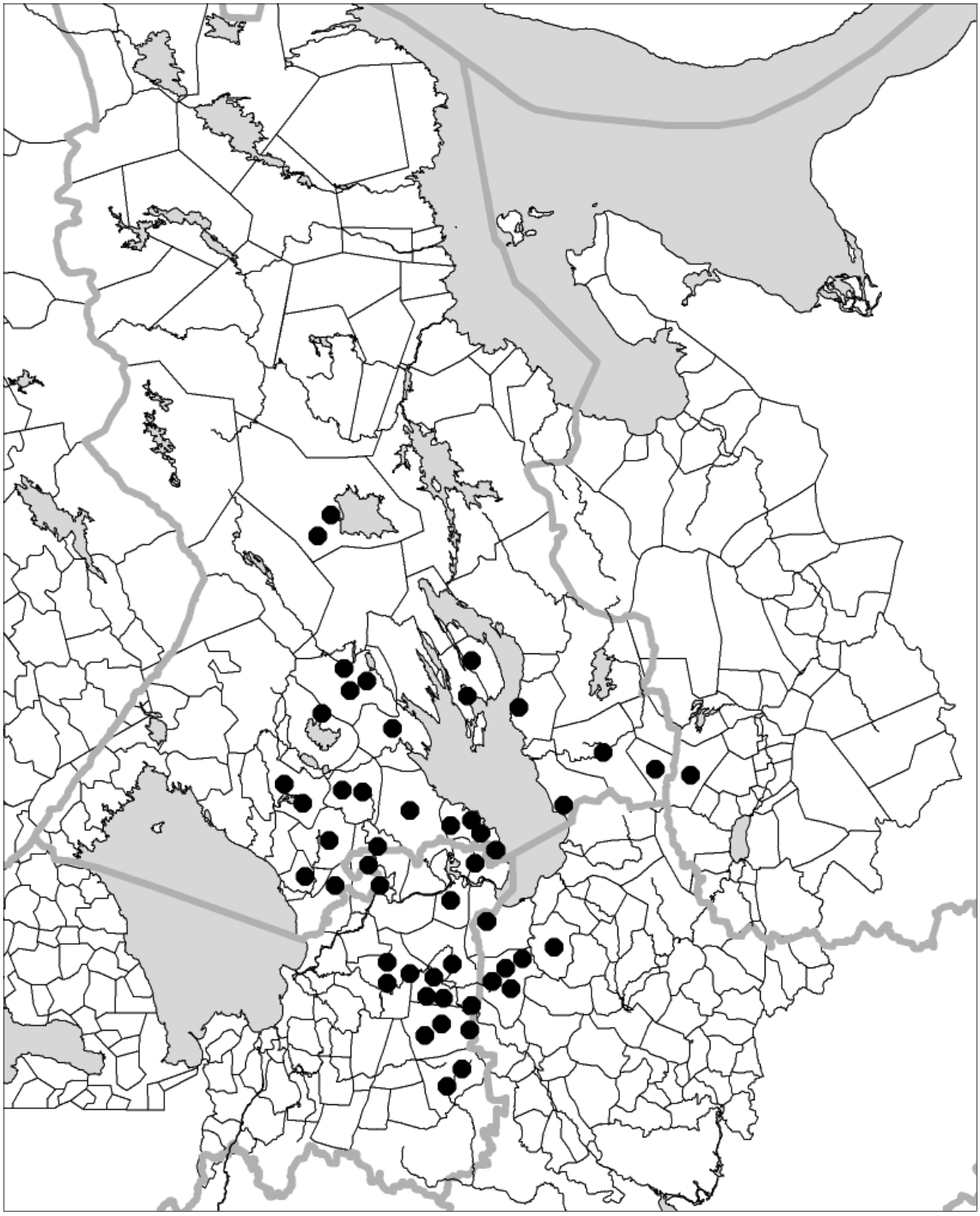


Рис. 2. Ареал вепсской топоосновы *Palte-* ‘склон, косогор’

Северная граница исторической вепсской этнической территории определяется по топонимическим данным четче, чем восточная. Вепсы, освоив путь из Присвирья в северное Обонежье, селились на Заонежском полуострове, оставив в память о себе помимо археологических памятников некоторые размытые временем и адаптационными процессами следы в топонимических основах, типа дер. *Пурдега*, мыс *Бурднаволок*, покос *Бурда* в южном Заонежье: вепс. purde ‘ключ, родник’, зал. *Кара*, мыс *Карнаволок* и некоторые другие в северо-восточном Заонежье: вепс. kara ‘небольшой залив, бухта’ и пр. При этом некоторые вепсские модели обнаруживаются и севернее, вдоль транзитного водно-волокового пути из Заонежья в Беломорье. Так, на водоразделе между Онежским озером и Выгозером исторические и современные источники фиксируют названия поселений *Тикиницы, Тайгиницы, Пижиничи* и *Койкиницы*, в которых формант -ицы/-ичи маркирует русскую адаптацию оригинальных вепсских ойконимов с антропонимной основой. Истоки модели – в вепсском Присвирье, откуда она проникла в Заонежье и севернее. Ее распространение отмечает путь между средневековыми Челмужским и Выгозерским погостами и позволяет реконструировать один из важных участков на пути из Обонежья в Беломорье через Челмужи, реку Немину, с которой выходили на Выг выше серии порогов в районе современного поселения Шелтопорог, и далее вдоль Выга на Выгозеро. Севернее Выгозера модель отсутствует, поскольку она маркирует сельскохозяйственный тип освоения территории [Муллонен, 2002. С. 84–98], который по природно-климатическим условиям севернее был затруднителен.

Картографирование топонимических моделей с вепсскими истоками устанавливает, что из карты в карту северная граница ареалов пересекает центральную Карелию и проходит от северо-восточного угла Ладожского озера на западе к Выгозеру на востоке (рис. 1). Поиск причин обращает к обозначенной выше связи ареала вепсской модели с сельскохозяйственным характером освоения территории. Известно, что исходным фактором рождения культурных границ являются климатические и ландшафтно-географические составляющие. Показательно в связи с этим, что северная граница вепсской топонимии повторяет очертания северной границы зоны среднетаежных сосновых лесов, а также южной климатической зоны [см. карту растительности в КЭ, С. 26]. При этом важно, что природная граница оказывается и культурной, отделяющей территорию, наиболее благоприятную для ведения земледелия в северных условиях от районов, где таковое малоэффективно. Этот вывод поддерживается результатами картографирования топонимов, сложившихся на основе прибалтийско-финской лексемы *niini* ‘липа’ (*Niinisel’gy, Nin’sel’g, Нисельга* ‘Липовая сельга’, *Nisar’* ‘Липовый остров’, *Niin’oja* ‘Липовый ручей’ и др.) и соответственно русской *липа* (*Липовец, Липняги, Липовая сельга, Липовый бор* и др.) В данном случае принципиальное значение для картографирования имеют даже не языковые истоки топоосновы, а ареал ее бытования в топонимии, отражающий реальные границы территории произрастания дерева. Липа, как известно, растет на более богатых почвах, и к местам ее произрастания приурочены сельскохозяйственные угодья. Липа представлена в южной Карелии до линии Вяртсиля – оз. Сямозеро – д. Шуньга. К востоку от Онежского озера она редка и произрастает здесь прежде всего в долине рек Водлы и Колоды [Кравченко, 2007]. Именно эта северная граница вырисовывается и по данным топонимии, подтверждая тем самым сельскохозяйственные приоритеты создателей топонимной модели.

То, что северная граница вепсской топонимии совпадает с северной границей произрастания липы, должно, видимо, толковаться таким образом, что средневековые вепсы, осваивавшие территорию Карелии, были земледельческим населением, и именно эта особенность экономики определяла границы территории обитания. К этому следует добавить, что подтверждаемая топонимически северная граница вепсского этнического ареала является одновременно северной границей ливвиковской и людиковской этнических территорий, которые, как известно, сформировались в ходе поэтапной карелизации вепсского этноса. Одновременно высвечивается еще одна важная связка, а именно наложение на значительном протяжении реконструированной этнической границы на северную границу Обонежской пятины. При этом территория, тяготеющая к северо-западному Обонежью (верховья рек Выг и Водла выше Водлозера), в силу скудости здешних почв и рискованных для земледелия условий была освоена чрезвычайно слабо. В то же время некоторые топонимические факты (гидронимная основа Сара-, бытование гидронимного форманта -нжа) свидетельствуют о вепсских интересах на транзитном водно-волоковом пути, соединяющем Онежское озеро и Белое море, во всяком случае в южной его части, включая Выгозеро.

Переходя к реконструкции западной границы вепсской территории, напомним, что речь о ней уже шла в самом начале статьи, в связи с ареалом курганов Юго-Восточного Приладожья, распространявшимся вдоль побережья Ладожского озера на север вплоть до реки Видлицы. Вепсские топонимные типы, кажется, позволяют полагать, что вепсы продвинулись в свое время несколько севернее и были представлены во всяком случае в бассейне реки Уксы (рис. 1). Подтверждением данного тезиса служит фонетический облик гидронима, сформировавшийся в результате карельского освоения вепсского оригинала. Поиски истоков этимологии названия реки *Уксы* (карел. *Uuksu*) позволили ввести ее в один ряд с целой группой топонимов Онежско-Ладожского водораздела, в которых вепсское сочетание звуков -ht- было преобразовано в ходе карельского освоения в -ks- и соответственно введения в ряд слов, в которых в карельском происходит преобразование сочетания ht > kš в позиции перед i (таких, как lakši : lahden ‘залив : залива’). Ср. примеры с бывшей людиковской территории: остров *Куйвахта* или *Куйвахда* в заливе Великая Губа, ср. однотипные названия *Куйвас* и *Куйвакса*, где к основе kuiva ‘сухой’ присоединяется формант -as; урочище *Илехта*, в ПКОП XVI века Ылюхта («в Ылюхте») в окрестностях дер. Мелойгуба < Илекса: ylä- (возможно, более узкий саамский вариант âl-) ‘верхний’ + суффикс -s:-kse; урочище *Кокшаконда* в Заонежье < *Кохтаконда: -конда < kontu, kondu, kond ‘однодворная деревня’, kohta, kohtu, koht ‘место напротив’ и др. Этот ряд возможно дополнить диалектной лексемой, зафиксированной словарем русских говоров Карелии: лукша ‘заливной луг или пашня возле излучины реки’ в Кондопожском районе [СРГК], бывшем еще в относительно недавнем прошлом людиковской в языковом плане территорией. Исходя как из значения термина, так и из ландшафтно-географической привязки названных им объектов (ср. в западном Заонежье *Лукса, Лукша, Подлукса*, все стабильно наименования сенокосных угодий у берега реки), в качестве исходного нужно предполагать люд. luht, luhte, вепс. luht ‘заливной луг, низкое сырое место’. Надо полагать, что в ходе языкового карело-вепсского контактирования происходило своего рода приспособление старых названий к новым языковым реалиям, при этом отсутствие семантической составляющей, а также, видимо, редукция последнего гласного в топоосновах, свойственная вепсской фонетике, приводили к включению их в фонетический ряд, в который они изначально не входили. Подобно тому, как luht > лукса, так, возможно, и топонимическая основа Uht- была усвоена в южной Карелии, на границе исторического вепсского и карельского языковых ареалов, как *Uks- (> Uuksu-). В свою очередь, исходный фонетический облик *Uht- подтверждается географической характеристикой реки, которая впадает в Ладожское озеро в основании длинного (более 10 км) мыса. Чтобы избежать длительной поездки вокруг мыса, его пересекали посуху, по волоку, который в языке доприбалтийско-финского населения края обозначался финно-угорским словом *ukt- > *uht- ‘волок, сухопутный участок пути между водными маршрутами’ [Муллонен 2002]. Основа Uht- неоднократно фиксируется в топонимии Карелии и смежных территорий в названиях волоковых объектов, однако в южной Карелии, в зоне карело-вепсского контактирования древний термин, усвоенный вначале вепсскими насельниками края, был в ходе карельской адаптации преобразован в Uks- или Ukš-, что и отразили топонимы *Укса (Uuksu)* на ливвиковской территории и *Укшозеро* (*Ukšarvi*) на людиковской.

Вхождение Уксы и окрестностей в исторический вепсский ареал хорошо согласуется с тем установленным выше обстоятельством, что вепсская колонизация территории на севере обуславливалась земледельческими предпочтениями населения. Район Салми, примыкающий к нижней Уксе, и сейчас является одним из наиболее благоприятных для ведения земледелия участков на восточном берегу Ладожского озера. В то же время севернее ландшафт и соответственно условия для ведения земледелия заметно меняются. После Питкяранты начинаются пологие сопки, склоны покрыты мореной и супесью, побережье скалистое, что малоинтересно для развития земледелия [Культурное окружение..., С. 21–22]. Продвижение же вглубь материка на север ограничивалось обширными болотами, тянущимися на север к Суоярви. Известно, что и карелы долгое время не проявляли интереса к освоению этой местности, заселение которой началось только где-то в XV веке, с одной стороны – с северного побережья Ладожского озера, с другой – с территории ливвиковского Сямозерья [Hämynen, 2011. S. 25]. Убедительным критерием вепсского прошлого восточного Приладожья (крайний северо-западный ливвиковский форпост – Салми) является бытование тут ливвиковского диалекта карельского языка, сформировавшегося в ходе ассимиляции вепсского языкового компонента карельским.

Подведем итоги. На протяжении всего второго тысячелетия границы вепсской этнической территории формировались с учетом ландшафтно-географических обстоятельств, форм жизнедеятельности, а также контактов с соседними этносами. На рубеже I-II тыс. н. э. вепсская этническая территория, маркированная археологически курганами Юго-Восточного Приладожья, а топонимически сопутствующим им типом ойконимов (названий поселений), включающим в себя древний вепсский антропоним, оформленный -l-овым формантом, тяготела к бассейнам рек Юго-Восточного Приладожья. При этом намечались уже основные пути дальнейшего освоения территории в Обонежье и Белозерье. В последующие века происходит активное освоение Онежско-Ладожского перешейка и Обонежья. То, что границы ареалов целого ряда топонимных моделей, имеющих вепсские истоки, повторяют на многих участках границы Обонежской пятины XV века, можно, очевидно, трактовать таким образом, что историческая Обонежская пятина, во всяком случае в Заонежской части, объединяла вепсскую этническую территорию. Соответственно, области, располагавшиеся за ее пределами в Белозерье, в верховьях рек Волжского бассейна, в среднем Поонежье, осваивались на следующем этапе, в результате проникновения туда вепсских выходцев из Обонежья и Юго-Восточного Приладожья. Одновременно происходит постепенное сокращение вепсского ареала на западе и юге, связанное с активным русским освоением водных путей, ведущих в Белозерье и Обонежье. Вепсская территория смещается в восточном направлении. При этом вепсы продвигаются на территории, освоенные субстратным финно-угорским населением, которое особенно выразительно проявляет себя в регионе Белозерья. Принципиальное значение для реконструкции юго-восточной границы вепсского ареала имеет установление этноязыковых истоков финно-угорского населения Белозерья. Второй вопрос, ждущий внятного решения, – это плотный слой топонимов с основой Vepsä- в Северо-Западном Приладожье, в районе современной российско-финляндской границы: имеет ли топооснова действительно этнонимические истоки, и если да, то каковы причины и хронология формирования данного ареала. Предложенные в литературе интерпретации [напр., Напольских, 2007] не представляются в должной мере аргументированными.

Литература

Башенькин А. Н. Средневековые могильники южных вепсов // Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения профессора В.И. Равдоникаса. СПб., 1994. С. 99–102.

Винокурова И. Ю. Ритуал первого выгона скота на пастбища у вепсов // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1988. С. 4–26.

Йоалайд М. Этническая территория вепсов в прошлом // Проблемы истории и культуры вепсской народности. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1989. С. 76–83.

Карелия: энциклопедия в 3-х т. Т. 1. Петрозаводск: Издательский Дом «ПетроПресс», 2007. 398 с. (в тексте – КЭ).

Копанев А. И. История землевладения Белозерского края XV–XVI вв. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 254 с.

Кочкуркина С. И. История и культура народов Карелии и их соседей (средние века). Петрозаводск: АУ РК «Информационное агентство «Республика Карелия», 2011. 223 с.

Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 403 с.

Культурное окружение северного побережья Ладожского озера. Финское культурное наследие в ландшафте северного побережья Ладожского озера. Helsinki: Miktor Oy. 231 s.

Матвеев А. К. Субстратная топонимия Русского Севера. Ч. I. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 345 с.

Муллонен И. И. Топонимия Присвирья: проблемы этноисторического контактирования. Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. 352 с.

Муллонен И. И. Формирование системы расселения в южновепсском ареале // Современная наука о вепсах: достижения и перспективы (памяти Н. И. Богданова). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 224–237.

Муллонен И. И. Этнокультурный потенциал вепсской топонимии // Вепсы и этнокультурные перемены XX века. Studia Slavica Finlandensia. Tomus XXIV. Хельсинки, 2007. С. 39–56.

Напольских В. В. Происхождение самоназвания вепсов в контексте этнической истории Восточной Прибалтики // Вопросы ономастики. 2007. № 4. С. 28–33.

Писцовые книги Обонежской пятины 1496 и 1563 гг. Л.: Наука, 1930. (в тексте – ПКОП).

Словарь русских говоров Карелии и сопредельных областей. Вып. 3 / Гл. ред. А. С. Герд. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1996. 414 с. (в тексте – СРГК).

Чайкина Ю. И. Вопросы истории лексики Белозерья // Очерки по лексике севернорусских говоров. Вологда, 1975. С. 3–187.

Basilier Hj. Vepsäläiset lsajevan voolostissa // Suomalais-ugrilaisen seuran toimituksia VIII 61. Helsinki, 1890. S. 43–84.

Kettunen L. Matkamuistelmia Vepsän perukoilta // Virittäjä. 1918. S. 38–62, 95–104.

Nissilä V. Suomalaista nimistöntutkimusta. Helsinki: SKST 272, 1961. 220 s.

Omal mual Vierahal mual. Suojärven historia III / Toim. T. Hämynen. Saarijärvi: Saarijärven Offset OY, 2011. 511 s. (в тексте – Hämynen).

Saarikivi J. Substrata Uralica. Studies on Finno-Ugrian substrate in northern Russian dialects. Tartu University Press, 2006.

Suomen sanojen alkuperä. Etymologinen sanakirja. 1–3. SKST 556. Helsinki, 1992–2000. (в тексте – SSA).

Väisänen A. O. Vepsäläisten luona v. 1916 // Kalevalaseuran Vuosikirja 49. Helsinki, 1969. S. 272–288.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Муллонен Ирма Ивановна
директор, д. филол. н.
Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: mullonen@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 784496

Mullonen, Irma
The Head of Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: mullonen@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 784496

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 25–37

УДК 911.3:712(470.1/.2)(045)

СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ СЕВЕРНОГО МІРА*

М. Н. Мелютина[1], Н. М. Теребихин[2]

[1]ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский»
[2]ФГАОУ ВПО «Северный Арктический федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

В статье, основанной на семиотическом анализе архивных, полевых и опубликованных церковно-этнографических источников, раскрывается феноменология народной религиозности Кенозерья и порожденного ею социально-культурного ландшафта локальных северных социумов – часовенных приходов.

Ключевые слова: социально-культурный ландшафт, северный социум, мір, земское самоуправление, часовенный приход, семиотика, образ, символ, хранители наследия.

M. N. Melyutina, N. M. Terebikhin. THE SOCIOCULTURAL LANDSCAPE OF THE NORTHERN WORLD

The article, based on semiotic analysis of the archival, field and published church-ethnographical sources, reveals phenomenology of Kenozero popular religiosity and its creature – socio-cultural landscape of the Northern local societies – the chapel's parishes.

Key words: socio-cultural landscape, Northern social microcosm, world, local self-government, chapel's parishes, semiotics, image, symbol, the guardian of heritage.

Обращение к исследованиям в области социально-культурного ландшафта Карелии и сопредельных территорий представляется крайне продуктивным и актуальным не только с научно-теоретической точки зрения репрезентации идей и концепций культурного ландшафтоведения, но и с позиции прикладных задач образно-географического проектирования северных территорий разного ранга, с целью создания и продвижения их социально-культурного имиджа, включающего и мощный пласт традиционного этнокультурного наследия. В данной статье концепция социально-культурного ландшафта рассматривается с позиций этносемиотического подхода и идей современной гуманитарной географии. По определению одного из ее основоположников Д. Н. Замятина, «культурный ландшафт – это территории или пространства, воспринимаемые и наблюдаемые через «призму» культуры, социокультурных ценностей, знаков и символов» [Замятин, 2006. С. 180]. Разрабатываемая нами феноменологическая концепция социально-культурного ландшафта как семиотической системы основана на православном богословии образа [Лосский, 2007. С. 160–185] и учения о воплощении Божественных логосов, архетипов, эйдосов, матриц, парадигм, законов добра и красоты,

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и Правительства Архангельской области в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ («Образы финно-угорского, скандинавского и русского православного наследия в этнокультурном ландшафте Поморья»), проект № 12-13-29004а.

которые, соединяясь с нетварными энергиями, претворяют плоть земного пространства в завершенный ансамбль форм социально-культурного ландшафта. Феноменология народной религиозности полагает исследование иерофании – проявления священного в пространственно-временных и «вещных» аспектах материального мира (священное пространство, священное время, священный предмет (вещь)).

Наиболее сильным сакрально-насыщенным архетипом-прообразом традиционного социально-культурного ландшафта Северной Руси являлся образ Собора. Соборность пронизывала и прообразовывала все аспекты северного измерения, начиная от религиозного и социального устроения Земли («земства») до многогласной симфонии и гармонии национальных миров. Земское самоуправление на Русском Севере (Поморье) в XVI–XVIII вв., исследованию генезиса и структуры которого посвящен фундаментальный труд классика русской историографии М. М. Богословского [Богословский, 1909], является, на наш взгляд, тем идеальным народным социальным землеустроением, которое не только составляло сущностную особость социально-культурного ландшафта поморских городов, уездов и волостей, но и служит тем традиционным прообразовательным эталоном-идеалом, на пути усвоения которого единственно возможно и должно строительство современного местного самоуправления на Севере. О высоком порождающем социальном энергийном потенциале эйдоса «народного общежительства» свидетельствует тот факт, что, несмотря на имперский проект Петра Великого, направленный на создание регулярной российской государственности, церковности и общественности, земская традиция народного самоуправления продолжала существовать как в памяти поморского сакрального и социального ландшафта, так и в ландшафте памяти поморов. Еще в начале XX века исследователи церковного быта Архангельской епархии отмечали, что «идеал древнерусского прихода как учреждения общинного продолжает еще жить в сознании простого народа, выражаясь часто в фактах, противоречащих существующим церковно-гражданским учреждениям» [Древнерусский..., 1916. С. 19]. Поморы противились не только петровскому «новоманерному» судостроению, но и централизации местной церковно-приходской жизни, которая лишалась своего сакрального основания. На все поновления, вызовы и вопросы второй половины XVII–XVIII веков появились «Поморские Ответы», позволившие сохранить на Севере уникальный священный космос старой веры с его духовным центром – Выго-Лексинским общежительством, ставшим «островом спасения», «камнем веры и правды» после падения Соловецкого монастыря. Верность Преданию (Традиции) позволила сохранить в Поморье чистоту древлеправославной веры с ее персонологической антропологией, имплицитно опиравшейся на идею народа – міра как (в терминологии классического евразийства) «соборной», «симфонической» личности, где каждая человеческая личность сохраняет свою неповторимость и индивидуальность, идущую от Бога. Столь длительное сохранение традиционной народной философии всеединства, жизни и смерти «на міру», «всем міром» свидетельствует о том, что концепт міра (земства) принадлежит к числу вечных идей русского миросозерцания, могущих облекаться в разные, в том числе превращенные формы (советская квазирелигиозность и святость учения, культ вождей; квазимонархический характер правления и тотальный коммунальный образ жизни). По мнению В. Н. Топорова, развивавшего традиции отечественной филологической, историософской и религиозно-философской мысли, концепты святости (и священства), царства, земства («міра») представляют собой «основоположные категории русской жизни, сыгравшие исключительную роль до рубежа XVII–XVIII вв.» [Топоров, 1987. С. 189]. Рассматривая взаимоотношения трех фундаментальных концептов русской картины мира, В. Н. Топоров отмечает, что «среди них особо следует выделить: 1) связь святости, царства и земства с трехфункциональной схемой, исследованной Дюмезилем; 2) доминирующее положение святости в этой схеме; 3) невозможность ограничения священного только святостью sensu stricto, присутствие его и в царстве и в земстве; 4) «священный» характер всего этого трехчленного космоса русской жизни – святости, царства, земства» [Топоров, 1987. С. 189].

При этом следует уточнить, что трехфункциональная схема описывает не только священный макрокосм русской жизни, но и ее микрокосм, то есть земство (мір). Категория земства включала в себя не только «святость», но и «царство», понимаемое как система социально-правовых функций. Концепция трехфункциональности земского самоуправления на Русском Севере имеет давние и прочные традиции в отечественной историографии. Она опирается на классические фундаментальные труды Н. П. Павлова-Сильванского [Павлов-Сильванский, 1988], М. М. Богословского [Богословский, 1909], С. В. Юшкова [Юшков, 1913] и др. «Северный мір»

как идеальная форма народного самоуправления, строившийся по заповеди «как мера и красота скажут», по законам Божественного Домостроительства, поражает удивительной простотой, соразмерностью, лаконичностью и в то же время симфоничностью, соборностью своего религиозного, социально-культурного ландшафта, запечатленного в изящной тринитарной формуле С. В. Юшкова «Мір един, но троичен в своих проявлениях» [Юшков, 1913. С. 10]. Триединство северного міра проявлялось в трех его ипостасях (приход, волость, община), которые по-разному выражали троичную диалектику Собора или Совета мирян, являвшего собой нераздельное и неслиянное собрание человеческих личностей, которое самым принципиальным образом отличалось от плоского и убогого «коллективизма», растворявшего Божественное личностное начало в механистическом соединении отдельных «одно-образных» или «без-образных» индивидуумов.

Социально-культурный ландшафт северного міра порожден его трехфункциональной структурной моделью: «Мір, по нашему мнению, является социальным отношением. И если это социальное отношение рассматривать с точки зрения социально-правовой..., то мір является волостью, станом и т. п. Если это социальное отношение рассматривать с точки зрения церковно-канонической, то мір является приходом. Если же, наконец, мы будем рассматривать мір с точки зрения частного права..., то мір является поземельной общиной» [Юшков, 1913. С. 10]. Отношения между тремя ипостасями міра (волость, приход, община) имели иерархический характер. Центральную роль в этой триаде играла сакральная (религиозно-духовная) функция, которая организовывала и санкционировала все остальные аспекты земского социально-культурного ландшафта: «Удовлетворение религиозных потребностей было всегда объединяющим стимулом всех союзов частно-правового порядка, было всегда причиной превращения этих союзов в союз публично-правовой, в мір» [Юшков, 1913. С. 10]. Тернарная организация северного міра визуализирована в архитектурно-ландшафтных формах трехчастного храмового ансамбля погоста – религиозного и социокультурного центра волости. В храмовой троице, образованной двумя церквями и колокольней, явлена не только Софийная красота и Премудрость земского (земного) устроения, но в ней слышны и отзвуки соборного тринитарного богословия, особого троичного «умозрения в дереве» или, как говорили на Руси, «в деревянном деле». По словам Ю. В. Линника: «Триада Кижского ансамбля тоже звучит в унисон Святой Троицы. О Триедином Боге в Кижах поведано трижды – и это изумительное троекратие глубоко созвучно тринитарной философии, суть которой на Руси столь глубоко выразили Сергий Радонежский, Епифаний Премудрый и Андрей Рублев» [Линник, 2007. С. 4]. Высшей формой воплощения тринитарного богословия в социально-культурном ландшафте Поморья явились общежительные монастыри – киновии, преобразившие полуночные страны в Святое царство Северной Фиваиды: «Являя гармонию единства и разнообразия, Святая Троица воплощает соборное начало, соответственно, и воспроизводить его в дольних условиях следует соборно. Киновия оптимально отвечает этой цели. Киновия соединяет иноков нераздельно и неслиянно. Здесь действует та же диалектика, что обнаруживается нами в онтологических глубинах Святой Троицы. Именно этой диалектикой должна быть пронизана жизнь общежития. Нераздельность – это полнота единодушия, братская взаимность; неслиянность – это исихастский персонализм, раскрытие личности» [Линник, 2006. С. 28]. Тринитарное богословие позволяет раскрыть феноменологию народной религиозности и порожденного ею социально-культурного ландшафта локальных северных социумов – часовенных приходов, триединство функций которых соотносится с тремя ландшафтными зонами (религиозной, публично-правовой, хозяйственной). Топологические отношения между ними можно представить в виде трех вписанных друг в друга концентрических окружностей, каждая из которых обладает особым сакральным (семиотическим) статусом. Наивысшей степенью сакральности наделяется центр религиозной зоны (погост, церковь, часовня). Публично-правовая сфера социально-культурного ландшафта – место проведения мирских сходов и пиров-братчин. Она соотносится с околоцерковным пространством (трапеза, паперть-крыльцо храма, место около часовни и т. п.). Хозяйственная зона социокультурного ландшафта локализуется на периферии міра (хозяйственный двор, кузница, амбары, пашни, покосы, пространство промысловой деятельности и т. п.). По мере удаления от центра социально-культурного ландшафта сакральный статус пространства снижается. Но даже «низкая» сфера хозяйственной деятельности наделена священным смыслом и вписана в миротворный круг праздников и будней.

Поморская культура, созидаемая на Краю, на границе с миром полярного инобытия – это кенотическая культура аскезы, отказа, отсечения и предельного упрощения, доведения

идеала простоты до своего абсолютного этического, эстетического, религиозного и социального императива. Простота социально-культурного ландшафта поморских земель, городов и волостей отражалась в сакральной геометрии пространства міра, который воспроизводит архетипы и символы центра (мировой оси) и периферии (круга). Одним из примеров иерофании является архитектурный ансамбль Холмогор, воплотивший в себе образ Небесного Града. Восхищенный неземной, неотмирной красотой социально-культурного ландшафта Холмогор, запечатленного в сакральной геометрии холмогорского умозрения в дереве, архиепископ Варсонофий в своем своеобразном «Слове о погибели Холмогор в пожаре 1718 года» усмотрел в городском устроении воплощение гармонии мироздания, богословие образа Русской Земли. Владыка не посмел «разобрать ее для того, что оная церковь благолепна и другие тамо ж бывшие и колокольня изряднейшим украшением были и красотою всего Колмогорского города, который и з оградою покрытою и з башнями частыми весь стоял в целости, и как оная стройная ограда и з башнями вся цела была и тогда от всех стран проходящий народ мимо Колмогоры и все приезжие от иных градов всякие иностранные люди и иноземцы, видя от внешней страны такое великое здание и церкви Божия, чали быть в нем много жилья и живущих в нем жителей, и для того почитали за неопустелый город. А ныне, когда все тое опустело и которые в том городе церкви с колоколни и на ограде башни были и то все погорело, и от того всем Холмогорам стала немалая пустота голота и обнажение. И тая самая вышепомянутая особливым сохранением Божеским от пожара оставшаяся церковь стоит в пусте по обнажении и в гордсти о всяких живущих зданий сама о себе яко свешник или столп и утверждение истины» [Демчук, 2009. С. 257].

В «Слове» архиепископа Варсонофия раскрываются сакрально-символические аспекты организации социально-культурного ландшафта поморского города – міра, в центре которого возносится к «новому небу» мировой «столп и утверждение истины» – Храм Преображения как центральный православный образ всех преображенных земель Северной Руси, ставшей святым царством Северной Фиваиды. Город окружен деревянной крепостной стеной, воспроизводившей образ Круга Земного как священного символа полноты, цельности, завершенности и красоты мірского устроения и одновременно символа круговой обороны от вторжения враждебных сил иномирного окружения.

Вся семиосфера социально-культурного ландшафта Севера, порожденного социокультурной организацией и религиозной аксиологией северного міра, развернута в целостном природно-культурном ансамбле территории Кенозерья, сохранившей архаическую мироустроительную традицию северных социумов.

Среди элементов социально-культурного ландшафта Кенозерья, представленного природными объектами, наделенными сакральной семантикой (озера, острова, холмы, камни, деревья, рощи и т. д.), а также памятниками иеротопии (деревянные кресты, часовни, храмы, остатки монастырских руин и ландшафтов), особо выделяются часовни как центры социально-религиозной жизни северных міров.

С нашей точки зрения, северные часовни необходимо рассматривать в одном если не генетическом, то функционально-типологическом ряду с ритуальными постройками, священными и культовыми местами финских народов, предки которых создали субстрат этнокультурного сакрального ландшафта Поморья. В организации часовенных приходов православное храмоздательство преломлялось сквозь призму картины мира локального социума, ландшафт памяти которого воспроизводил архаические образы и символы финно-угорского мифопоэтического универсума.

Особенностью народной религиозности Кенозерья является наличие широко распространенных часовенных приходов. Более восьмидесяти часовен, входивших в состав семи церковных приходов Кенозерья (Кенозерский, Кенский, Хергозерский, Лекшмозерский, Ряпусовский, Видягинский, Почезерский), образовывали самостоятельные «меньшие церковные общины». Кенозерье выделяется высочайшим уровнем концентрации часовен. Согласно архивным данным, на рубеже XIX–XX вв. в одном лишь Кенозерском приходе существовало более тридцати часовен [НАРК, ф. 25, оп. 15, ед. хр. 38/ 886а, л. 252–254].

Генезис социально-культурного ландшафта часовенных приходов связан с христианским освоением северных территорий и православной «деконструкцией» их инородческого и иноверческого космоса. Часовни возникали одновременно с деревнями и «были устроены теми же «складчиками», которые, расчистив при совокупных усилиях место под пашню или осушив болото под пожню, селились деревней на росчисти или близ оной. В силу исконного обычая часть лесной росчисти или осушенного боло-

та складчики обычно отделяли «на свечу» тому святому, имени которого посвящалась часовня» [Лютикова, 2009. С. 52]. Семейно-родственные или соседские группы, в «два-три друга», иногда в «десять другов» объединившись вокруг часовни, образовывали часовенную общину или приход. До епархиально-приходского обустройства, развернувшегося в конце XVII–XVIII вв., часовенные приходы являлись основным проводником христианства на Русском Севере [Бернштам, 2007. С. 63–64]. По мере формирования епархиальной системы управления часовни постепенно включались в церковные приходы.

Предельная концентрация часовен в Кенозерье дает возможность осмыслить многозначность и многомерность этого феномена, указывающего на Богоизбранность Кенозерья, полноту воплощения здесь идеалов народного православного Собора – «міра». Северные зодчие прославили и украсили священное пространство места сего «светоносными ликами» храмов. Часовни в большинстве своем занимают высотные доминанты, уступы рельефа, береговые мысы, крупные острова и полуострова, места впадения в водоемы крупных волоков. При возведении часовен мастерами соотносились зрительные связи строений с водными и сухопутными путями, восходом и заходом солнца, с планировочной структурой жилых домов. Местоположение часовни Святителя Николая Мирликийского на самой высокой горе в деревне Вершинино выражает особое отношение к Николе – «русскому богу», любовь к которому на Русском Севере невероятно многомерна. Кенозерские часовни центрируют пространство вокруг себя, находясь и на низких гипсометрических уровнях. Часовня «Сошествие святого Духа на апостолов» (деревня Глазово) расположена «на водах» – узкой перемычке, разделяющей две лахты протяженного полуострова, который в половодье превращается в остров.

Общим свойством феноменологии и топологии часовни является маргинальность ее локализации в социально-культурном ландшафте и в пространстве народной религиозности, фонд которой наряду с автохтонной «чудской верой» пополнялся русской православной верой в ее «народном», «никонианском» и «древлеправославном» изводах. С процессом христианского освоения кенозерских земель связаны посвящения часовен преподобным основателям северных монастырей: прп. Александру Свирскому (деревня Бор), прп. Диодорию Юрьегорскому (деревни Тыр-Наволок, Глубозерская), прп. Зосиме и Савватию Соловецким (деревня Вильно) и другим. Знаком исторической памяти являются часовни, возведенные в честь святого Благоверного князя Александра Невского, – «Александружки» (деревни Климовская, Суетин Остров, Ларионовская). Это посвящение связано с тем, что образы святых князей Бориса и Глеба в агиографии и народном благочестии ассоциированы с образом защитника православных рубежей Северной Руси – святого Александра Невского. По сравнению с сопредельными северными территориями, где часовенная традиция была также развита, «пантеон святых» Кенозерья необычайно разнообразен.

Часовня являлась сакральным центром селения (міра) и одновременно могла принадлежать частному лицу. В строительстве собственных храмов (часовен) отчетливо проявилось архаическое по своему происхождению, но весьма созвучное православному миросозерцанию стремление к личной, персональной встрече с Богом, образ которого, преломляясь сквозь тезаурус народного благочестия, получал статус «своего бога» («своей иконы»). В народном религиозном сознании северных социумов бытовало представление о том, что святой, которому посвящен храм, мистическим образом обитает в этой часовне (церкви). И с Ним или от Его лица заключаются с міром правовые сделки и приватные договоренности. В случае «нарушения» условий сделки со стороны святого его икону наказывали [Успенский, 1982. С. 182–186]. Мистическая практика отождествления святого с посвященным ему храмом и всеми церковными атрибутами и сакралиями существовала и в Кенозерье. Об этом, в частности, свидетельствует сохраняющийся и в настоящее время ритуал «встречи» с часовней, предполагающий ее целование и обнимание [НА, Тюхтина]. Обязательной богослужебной практикой являлись «частные молебствия» после литургии в приходском соборе на Погосте»: «каждый, кто пришел по обещанию, старается отслужить молебен особо от других <…> такие молебствия продолжаются нередко до вечера» [НАРК, ф. 25, оп. 20, ед. хр. 39/444, л. 3–4 об.].

Маргинальность часовенной топографии роднит ее с локусом креста – «росстани». В часовенной традиции Кенозерья придорожные часовни занимают особое место. Согласно историческим сведениям, часовни «на росстани» выполняли функцию стражей определенной территории [Фрейман, 1936. С. 86–88]. В этом смысле их можно уподобить римскому «Термину» – божеству границ. Прообразом придорожной часовни являлись столбы,



Рис. 1. Сакральная встреча с часовней. Н. М. Тюхтина. Часовня Казанской Божией Матери, д. Минино. Кенозерский национальный парк. Фото М. Н. Мелютиной 2011 г.
Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский»

хранившие прах умершего предка и определявшие границу его владений. Примечательно, что среди придорожных часовен Кенозерья часовня, посвященная св. вмч. Кирику и Улите в деревне Филипповская, располагается на пересечении дорог, одна из которых маркирует древнее кладбище Почезерского прихода. «Надмогильные домовины», являвшиеся одной из форм языческого столбового погребения, являются редким памятником, сохранившимся на территории приходского кладбища. Св. вмч. Кирика и Улиту, которым посвящена часовня, крестьяне считали защитниками от змей, а в пресмыкающихся, по древнему поверью, продолжают жить души предков. В Кенозерье отмечены и другие часовни «на местах общественных погребений», выполняющие функцию своеобразного «надгробного памятника». Часовня на кладбище Почезерского погоста, посвященная Усекновению Главы Иоанна Предтечи, является типом поминального памятника. Согласно историческим сведениям, в часовнях на деревенских кладбищах особых праздников не бывает.



Рис. 2. Почезерский погост. Домовины на приходском кладбище. Кенозерский национальный парк. Фото А. В. Ополовникова. 1946 год.
Государственный научно-исследовательский музей архитектуры им. А. В. Щусева

Часовня в деревне Тырышкина, посвященная культу св. вмч. Параскевы Пятницы, расположена на границе деревни и дороги, ведущей в поле. Часовни ставили на дальних сенокосах, охотничьих угодьях, на берегах рек и озёр.

В кенозерской деревне Ряпусово часовня во имя Сретения Господня была построена «ради собрания престарелых и малолетних на общую молитву за дальним разстоянием их деревни от церкви которая состоит в десяти верстах и притом за водою»; в деревне Горбачиха часовня также строилась «за разстоянием их деревни от приходской церкви в десяти верстах и за водами в вешнее время<…> приходить к церкви путь весма неудобной» [Письменные…, 2009. С. 535]. Мотив «отдаленности» и «недоступности» приходской церкви, дополняемой иногда еще и «леностью мірян», как причины и повода часовенного храмоздательства – это скрытая форма отказа от посещения «чужого» храма и сохранения верности «своим» богам.

Часовни являются ярким свидетельством неизбывной тяги русского человека к пустынножительству, к монашескому укладу жизни как к своему предельному идеалу. Свидетельством тому является не только прямой симбиоз монастыря и міра, объединенных общим храмом, но и строительство придорожных часовен – келеек для молитвенного уединения и отдыха богомольцев. В Кенозерье почитание получили часовни, которые являлись своеобразными «монастырскими подворьями» отдаленных от деревень обителей Кенозерья. Часовни представлялись вехами паломнического пути, служили остановками для отдыха и молитвы богомольцев. «Макарьевские» часовни располагались в деревнях Качикова Горка, Печниково, Федоровская (Овчин-Конец). В деревне Карпова часовня сохраняет память о прп. Пахомушке Кенском. Прп. Диодору Юрьегорскому («Иодорий») поставлены часовни в деревне Тыр-Наволок и Глубозерская. Посвящение прп. Антонию Сийскому («Антонию Великому») хранит часовня в деревне Поромское.

«На росстани», по дороге в Макарьевскую Хергозерскую пустынь стояла часовня во имя Честного Животворящего Креста Господня [ГААО, ф. 104, оп. 3, ед. хр. 445, л. 2 об.]. Маленькая часовенка, указывающая дорогу в Челмогорскую пустынь, описана Н. Токмаковым: «Как отрадно встретить святыню среди дремучего леса! Часовенка стоит на самой росстани, между дорогами, ведущими в Пудоско и на Челму. Нередко богомольцы и прохожие отдыхают у ней; все стенки ея были исписаны их именами» [Токмаков, 1896. С. 9].



Рис. 3. Тканый завет. Часовня св. Кирика и Иулиты, д. Майлахта. Кенозерский национальный парк. Фото Т. Р. Вальковой 2011 г.
Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский»

Паломнические маршруты способствовали возникновению уникального явления «распразднования» часовен, когда к первоначальному посвящению добавлялось ещё одно и, соответственно, новый часовенный праздник. Георгиевская часовня в деревне Спицына, находившаяся на пути к Макарьевскому монастырю, приобрела второе посвящение преподобному Макарию («Макарий попутный»). В воспоминаниях местных жителей сохранилось двойное название часовни в деревне Казариновская. Известно, что здесь стояла часовня св. Пантелеимона Целителя (хранителя путников), но так как она была расположена на пути в Макарьевский монастырь, то имела «праздничное приложение» преподобному Макарию.

Ментальная карта часовенного мира нашла выражение в наиболее почитаемых «обетных» часовнях. Ритуальное пограничье, обретающее форму прошения или благодарности во избежание падежа скота, «хлебного недорода», пожара или другого стихийного бедствия, имело архаичные мифопоэтические истоки в недрах первопраздника и «основного» мифа. В архивных документах сохранились свидетельства о строительстве часовен «по обету» индивидуально или коллективно кенозерскими крестьянами. «На праздник Введения Пресвятые Богородицы (часовня в д. Рыжково) построена крестьянами по обещанию и усердию всех той деревни крестьян при случае их деревни неурожая хлеба и скотского падежа» [Письменные..., 2009. С. 535]. «Крестьянин Иван Евдокимов был болен годичное время в разслаблении то ему неоднократно являлось во сне, чтоб построить часовню во имя Рождества Богородицы (д. Тамбич-Лахта) на что он и положил обещание построить и с того времени сделался здрав которое он объявил всему обществу их деревни почему они крестьяны вышеписанную часовню и построили» [Письменные..., 2009. С. 535].

Маргинальность часовни в социокультурном ландшафте Кенозерья проявлялась во взаимоотношениях церковных и часовенных приходов, выразившихся в оппозиции запрет/разрешение. Возведение часовен было запрещено многочисленными церковными указами, в том числе «в виду тайного богослужения, которое раскольники совершали в часовнях» [Лютикова, 2009. С. 55]. Северные социумы сохранили верность старой вере, которая после никоновских поновлений являлась одним из важнейших факторов сохранения традиций земского самоуправления Поморья и консервации связанного с ним социально-культурного ландшафта Севера, в том числе и Кенозерья. В архивном документе, датируемом 1712 годом, наряду с описанием Ильинской часовни в деревне Думино есть материалы о «гарях» конца XVII века, о сгоревших «в церковном расколе» [РГАДА, ф. 350, оп. 1, ед. хр. 168, л. 140 об.]. Отметим и стилистическое влияние культуры Выговско-Лексинской пустыни на архитектуру часовен, иконопись, церковную мебель и храмовую утварь Кенозерья [Кольцова, 2009. С. 74; Шургин, 1998. С. 117–120]. Оппозиция запрет/разрешение в часовенной практике ярко выражена в богослужебной практике в безалтарных храмах. Архивные документы, записки исследователей и полевые материалы свидетельствуют о практике служения священников в часовнях, которая категорически запрещалась церковными властями. «В часовне на Мамоновом острове крестили детей, стояла купель, священник приезжал из Почезера», – свидетельствует местная жительница П. Н. Ножкина [НА, Ножкина]. Прихожане приглашали священника ближайшей церкви для совершения праздничной службы в часовне, и он вычитывал все церковные службы, кроме литургий. В «Прошении» священника Олонецкой епархии Каргопольского уезда Кенозерского прихода Степана Фёдорова викарию Новгородской митрополии указывается, что в приходе «товарищ мой священник Лаврентей Федоров по части ево выходит и отправляет служение молебнов». Традиционно и сами крестьяне выполняли обязанности священников в своих «малых» церквах: вычитывали службы, а также от «великой нужды» крестили младенцев и отпевали покойников.

С кризисными маргинальными ситуациями, когда распадается привычный порядок вещей, связана мотивация приношения «завета» – жертвоприношения Богу с прошением здоровья и благополучия в делах. «Кому молишься, тому и завещание даешь», – говорили в Кенозерье.

«Тканые заветы» – домотканые полотенца, платки, пояса и другие предметы с вышитым изображением человеческой фигуры или креста располагали в часовне над иконами, на специальных деревянных полках и крестах. Ткань в фольклорной культуре тесно сопряжена с мифологемой пути-дороги, установления связи между Богом и человеком. Показателем сохранения в Кенозерье священной традиции является приношение в часовню в качестве пожертвования «тканых привесов». При вкладывании завета точно обозначали число исполнения просьбы. «На зори выходи на улицу и проси Господа Бога: «Мой завет выполняется или так, три раза проговори и клади крест. *(Информантка перекрещивает ладони: пра-*

вую ладонь ребром кладет на левую). А в часовне, когда с Богом разговариваешь, в конце нужно сказать: «Ключ – замок, Христова печать». Вот так крест вкладай: правая рука наверху чтобы была. (*Показывает: указательным пальцем правой руки перекрещивает указательный палец левой руки).* Если завет не исполнен, просите у Господа Бога: «Что вы мне отказали? Или Что мешат?» Может, и снова повторить» [НА, Валькова].

Один из малоизученных сюжетов церковно-приходской жизни северных міров-социумов связан с определением ритуальных функций и сакрального статуса старосты (приказчика) в социальной структуре и социально-культурном ландшафте часовенного согласия.

Часовенный староста, избиравшийся на мирском сходе, осуществлял функции религиозной регламентации жизни северного сообщества, составляющего православный приход. Старостой избирался человек, обладавший определенным знанием Священного Писания и Священного Предания, таинств и обрядов Православной церкви и их связи с кругом церковных праздников. В его обязанности входило также приглашение приходских священнослужителей для отправления молебнов в праздничные дни, хранение сакралий (икон, богослужебных книг, обетных «тканых привесов»), сбор пожертвований в часовенную казну деньгами, хлебом, куделью, холстом или другими приношениями, продажа жертвуемых мирянами в часовню вещей, заказ и приобретение для часовни необходимого количества свечей, выдача прихожанам денежных ссуд, руководство общественными жертвенными пирами, в том числе в выполнении функции жреца, совершающего жертвоприношение животного (барана) в «Бараньих воскресеньях» и варки мяса в котле со святой водой, сбор с крестьян денег за пользование пивоварными часовенными котлами и др. Позднее, в ранний советский период от «великой нужды» в обязанности старосты входило совершение таинства крещения и обряда отпевания. Выполнение этих религиозных функций наделяло часовенного приказчика высоким социальным и сакральным статусом знатока и хранителя Традиции – сокровенного знания законов небесного и земного мироустроения, воплощенного в пространственных формах социально-культурного ландшафта северного міра.



Рис. 4. Тканые заветы. Часовня св. Варвары, д. Матера. Кенозерский национальный парк.
Фото М. Н. Мелютиной 2011 г.
Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский»

Важную роль в определении сакрального института часовенных старост играет исследование гендерного фактора. В северной народной традиции служение в часовне было мужским занятием [Лютикова, 1992. С. 150], сохранялось незыблемое правило «женщина в собрании да молчит». По мнению А. А. Панченко, «институт «хранителей» местных святынь восходит к синодальному периоду» [Панченко, 2005. С. 265–273]. В кенозерских документах дореволюционной эпохи выявлены пока редкие материалы о приказчиках. Самое раннее свидетельство относится к 1805 году: имя часовенного приказчика часовни св. Иоанна Предтечи в деревне Горбачиха – Иван Филиппов [Письменные..., 2009. С. 535]. В коллективной памяти жителей деревни Фомина (Гора) сохранилась история о старосте часовни Тихвинской Богоматери старике Харине [Давыдов, 1982. С. 89]. Старожилы деревни Усть-Поча вспоминают: «Дедушка Манушкин, он под старосту, он все церковны песни пел и вот в часовенке-то там у Николы Угодника все служил. Нигде не учился, он так служил» [Давыдов, 1982. С. 114]; смотрителем часовни Николая Чудотворца в деревне Горбачиха был Михаил Федорович Юрьев.

Мы обнаружили весьма редкую информацию, свидетельствующую о том, что в Чаженьгском старообрядческом ските, расположенном на сопредельной Кенозерью территории, в «часовне, где собирались для богомоления одни женщины, службу отправляла девица Анна Иванова Синицына или Залеских» [Островский, 1900. С. 2]. Функцию приказчиков-старост начинают исполнять «божественные старушки» во второй половине XX века.

Военные годы изменили «заветные» традиции, и функции часовенного старосты стали частью женской сакральной субкультуры. Воспоминания деревенского сообщества позволяют фиксировать имена и судьбы людей, для которых официальный разрыв с церковью не означал утрату христианских заповедей. Рассказы местных жителей сохранили ценную информацию, которая не могла быть зафиксирована в официальных документах советского периода: «в часовне Тихвинской Богоматери в деревне Шишкино «старушка-староста» продавала свечи по 15 коп. за штуку» (1982 г.) [Давыдов, 1982. С. 89]. Анализ информации, датируемой второй половиной XX века, позволяет сделать вывод о преемственности функций старосты, передаче «службы из рук в руки» членам одной семьи. В часовне Афанасия, архиепископа Александрийского, в деревне Тарасово до конца 1970-х годов (времени упразднения деревни) старостой служила Агафья Александровна Артемьева. Ранее «часовенкой заведовал» ее дед, «старовер-беспоповец». Старостой Ильинской часовни на Мамоновом острове был Н. Ф. Ножкин. «Сорок два года старостой в часовне был и ходил в часовню каждое воскресенье и по праздникам знатным, молился. Вся семья верила и молилась. Пойдешь за стол – помолись. Скажет всегда: подьте в часовню, сегодня праздник – надо Богу почесть отдать. Праздновали мы Илью-пророка. А часовня на таком месте стояла, плывешь по озеру, а она вот на горе стоит», – вспоминает П. Н. Ножкина [Шатковская, 2010. С. 43]. В связи с государственной политикой укрупнения деревень деревня Мамонов Остров вошла в число «неперспективных», и шестнадцать лет семья Ножкиных жила на острове одна. Земной хра-



Рис. 5. Крестный ход в д. Фомина (Гора). 1927 г. Экспедиция Б. М. и Ю. М. Соколовых. *Государственный литературный музей*

нитель Ильинской часовни трагически переживал перевоз часовни в музей «Малые Корелы» в 1974 году. П. Н. Ножкина вспоминает: «Отец ключ от часовенки не дал, «ставики», «мост» все было ветхое, ломом выламывали дверь. Иконы, книги взяли в музей, а ветхие «заветы» выбросили. Мы вырыли могилку и похоронили их» [Мелютина, 2010]. Через несколько лет после утраты духовной святыни Николай Филиппович умер, не дожив 13 дней до своего столетия. Его дочь Пелагея Николаевна Ножкина стала инициатором возрождения и старостой Никольской часовни в деревне Вершинино. Пелагея Николаевна вспоминает, как в заброшенную часовню собрались женщины, лопатами и топорами отскребли мусор, привели часовню в порядок: «Все иконы были украдены. А теперь люди несут обратно. Приду, на крыльце иконки стоят. Я их святой водой вымою и ставлю в часовню» [Шатковская, 2010. С. 43]. В светлом образе хранителя часовни Н. Ф. Ножкина, держателя ключей «земного часовенного рая» с распахнутой голубизной его небес, прозревается архетипическая схема ритуала жертвоприношения, в котором происходит отождествление жреца, жертвы и бога-адресата жертвенного дара. Наиболее яркие примеры – ритуал ашвамедхи и мифологема скандинавского бога Одина, приносящего на древе себя в жертву самому себе.

Анна Григорьевна Шишкина была старостой в часовне св. Пророка Илии в деревне Свиное в 1980-е годы [Давыдов, 1982. С. 109]. В свидетельствах 1980-х годов сохранилась информация о старостах утраченной часовни Тихвинской иконы Божией Матери в деревне Шишкино: «В роще у нас на Шишкино тоже много икон было, иконостас был на стене, потолок рисованный, был ящик, деньги спускали, Буянова Таня заведовала, кто-то все унес, поджег, на месте вся сгорела», за часовней также «Сищина Парасковья ходила, приглядала» [НА, Мелютина].

Хранительницей часовни св. Флора и Лавра, ее ангелом-хранителем в старинной деревне Семеново была Анна Федоровна Силуянова. Она завершила свой жизненный путь в 91 год, оставив на земле частичку своей богатой и щедрой души. «Ее живительный свет, – пишет Е. Ф. Шатковская, – навсегда останется на просторах бесчисленных озер, в облаках кенозерского неба, в сердцах людей и в истории нашего края» [Шатковская, 2010. С. 84].

Хранительницы кенозерских часовен Александра Александровна Капустина и Анна Александровна Семенова (часовня св. Иоанна Богослова в деревне Зехново), Валентина Федоровна Сивцева (часовня св. Антония Сийского в деревне Поромское) являют пример земного подвига служения священной традиции мирского религиозно-социального устроения, сохранения Кенозерского природно-культурного ландшафта, который становится ландшафтом памяти всех тех, кто призван Севером, кто причастен его сокровенному знанию, его Свету Невечернему.

Литература

Бернштам Т. А. Приходская жизнь русской деревни: очерки по церковной этнографии. СПб.: Наука, 2007. 311 с.

Богословский М. М. Земское самоуправление на Русском Севере в XVII веке. Ч. 1. М.: Синодальная типография, 1909. 425 с.

Государственный архив Архангельской области (в тексте – ГААО).

Давыдов А. Н. Этнографическая проблематика изучения Кенозерья // Разработка научной документации для проектируемого национального парка на Кенозере Плесецкого района Архангельской области. Архангельск. Т. 2. 1982. Машинопись. Научный архив ФГБУ Национальный парк «Кенозерский». КНП н/а № 173. 131 с.

Демчук Г. В. Из истории Куростровской церкви Двинского уезда // Традиционная культура Русского Севера: истоки и современность. Архангельск: Правда Севера, 2009. С. 207–217.

Древнерусский приход и его пережитки в церковно-общественной жизни Архангельской епархии. Архангельск, 1916. 23 с.

Замятин Д. Н. Культура и пространство. Моделирование географических образов. М.: Знак, 2006. 485 с.

Кольцова Т. М. Небеса и иконы Кенозерья // Небеса и окрестности Кенозерья. Расписные потолки, иконы, деревенские часовни и церкви, составляющие историко-культурный ландшафт Национального парка «Кенозерский» / Отв. ред. И. Остаркова, Е. Шатковская. М.: Легейн, 2009. С. 74–79.

Линник Ю. В. Вознесение. Петрозаводск: Музей Русского Севера, 2007. 16 с.

Линник Ю. В. Новгород Великий и Русский Север. Петрозаводск: Музей Русского Севера, 2006. 72 с.

Лосский В. Н. На страже истины. М.: Изд-во Сретенского монастыря, 2007. 235 с.

Лютикова Н. П. Пинежские часовни по письменным источникам XVIII–XIX вв. // Русский Север: Ареалы и культурная традиция. СПб.: Наука, 1992. С. 148–164.

Лютикова Н. П. Часовни в жизни северного крестьянства (по архивным материалам) // Небеса и окрестности Кенозерья. Расписные потолки, иконы, деревенские часовни и церкви, составляющие историко-культурный ландшафт Национального парка «Кенозерский» / Отв. ред. И. Остаркова, Е. Шатковская. М.: «Легейн», 2009. С. 52–60.

Мелютина М. Н. Полевой дневник 2010 г.

Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский» (в тексте – НА). Паспорт д. Минино, электронная запись, информант – Тюхтина Н. М. (г. р. 1950, д. Минино). Паспорт д. Мамонова, электронная запись, информант – Ножкина П. Н. (г. р. 1923, д. Мамонова). Полевые материалы Мелютиной М. Н. Экс-

педиция в Плесецкий сектор Парка Т. Р. Вальковой, О. Н. Климовой, А. И. Анциферовой, 2011 год. Полевая запись Т. Р. Вальковой.

Национальный архив Республики Карелия (в тексте – НАРК).

Островский Д. Каргопольские «бегуны» (Краткий исторический очерк). Петрозаводск, 1900. 22 с.

Павлов-Сильванский Н. П. Феодализм в России. М.: Наука, 1988. 678 с.

Панченко А. А. Образ старости в русской крестьянской культуре // Отечественные записки. 2005. № 3. С. 265–273.

Письменные источники о храмах Кенозерья // Небеса и окрестности Кенозерья. Расписные потолки, иконы, деревенские часовни и церкви, составляющие историко-культурный ландшафт Национального парка «Кенозерский». М. : Программа «Первая публикация», 2009. С. 534–537.

Российский государственный архив древних актов (в тексте – РГАДА).

Токмаков И. Историко-статистическое и археологическое описание Челмогорской мужской пустыни. М., 1896. 72 с.

Топоров В. Н. Об одном архаичном индоевропейском элементе в древнерусской духовной культуре – *Svet // Языки культуры и проблемы переводимости. М.: Наука, 1987. С. 184–226.

Юшков С. В. Очерки из истории приходской жизни на Севере России в XV–XVII вв. СПб: Типография А. Александрова, 1913. 139 с.

Успенский Б. А. Филологические разыскания в области славянских древностей. М.: Изд-во Московского университета, 1982. 244 с.

Фрейман Н. Придорожная часовня – пережиток древнего «погребения на столбах на путях» // Советская этнография. 1936. № 3. С. 86–88.

Шатковская Е. Ф. Кенозерский национальный парк // Небеса ручной работы. Расписные потолки и иконы из храмов Кенозерского национального парка: каталог выставки / Сост.: Т. М. Кольцова, М. Н. Мелютина. Северодвинск, 2010. С. 6–87.

Шургин И. Н. Часовни Кенозерья // Старообрядческая культура Русского Севера: тезисы докл. и сообщ. науч.-практ. конф. / Науч. ред. и сост. Н. И. Решетников. М.; Каргополь, 1998. С. 117–120.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Мелютина Марина Николаевна
Зам. директора по научной работе
Национального парка «Кенозерский»
ул. Набережная Северной Двины, 78,
г. Архангельск, Россия, 163000.
эл. почта: nauka@kenozero.ru
тел.: 89600006285

Теребихин Николай Михайлович
Директор Центра сравнительного религиоведения
и этносемиотики
Института социально-гуманитарных и политических наук,
д. филос. н.,
профессор кафедры культурологии и религиоведения
ул. Набережная Северной Двины, 78,
г. Архангельск, Россия, 163000.
эл. почта: terebihinn@mail.ru
тел.: (8182) 653128

Melyutina, Marina
78 the Bank of the Northern Dvina river,
Archangelsk, Russia, 163000.
e-mail: nauka@kenozero.ru
tel.: 89600006285

Terebikhin, Nikolay
The Head of Department
78 the Bank of the Northern Dvina river,
Archangelsk, Russia, 163000.
e-mail: terebihinn@mail.ru
tel.: (8182) 653128

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 38–49

УДК 903/470.22

ЛАНДШАФТ И ЛЕГЕНДЫ О НАЗНАЧЕНИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПРИРОДНЫХ И РУКОТВОРНЫХ КАМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ОБОНЕЖЬЕ*

К. К. Логинов

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье кратко характеризуются работы предшественников, даются пояснения к таким понятиям, как «Обонежье», «культурный ландшафт в древние эпохи», обосновывается авторское определение понятия «каменные культовые комплексы древности». При исследовании феномена основное внимание уделяется тем древним комплексам субрегиона, относительно которых существует много спорных вопросов. Также приводится новая, прежде не известная научному сообществу информация о культовых каменных комплексах Обонежья. Далее автор критикует прежние определения понятия «культовые камни» и предлагает свое, приводит уточняющую, малоизвестную и не известную прежде информацию по данному феномену, высказывает собственную точку зрения по наиболее дискуссионным вопросам, касающимся культовых камней Обонежья. Она сводится к тому, что существующая в современной науке Карелии методика, позволяющая исключать из разряда культовых каменные сложения горы Воттоваара, а также не считать «саамскими» каменные артефакты, подобные артефактам побережья Белого моря, в Обонежье малоэффективна.

Ключевые слова: Карелия, каменные культовые комплексы, культовые камни.

K. K. Loginov. LANDSCAPE AND LEGENDS ABOUT THE PURPOSES AND AFFILIATIONS OF NATURAL AND MAN-MADE STONE OBJECTS IN OBONEZHJE

The paper briefly characterizes previous studies of other researchers, provides explanations for notions such as “Obonezhje” and “cultural landscape” in ancient time, substantiates the author’s own definition of the ancient “ritual stone complexes” concept. The focus in the investigation of the phenomenon is on those ancient complexes of the subregion that raise disputable questions. We also provide new information previously unknown to the scientific community concerning Obonezhje ritual stone complexes. Former definitions of the “cult stones” concept are criticized, and the author’s own definition is suggested; more specific, little known or previously unknown information on the phenomenon is reported; the author’s viewpoint on the most disputable problems concerning Obonezhje cult stones is expressed. The principal message is that the technique used by modern science in Karelia, which helped exclude stone structures of Mt. Vottovaara from the “ritual” category, and avoid attributing stone artifacts similar to those on the White Sea coast to the Sámi, is hardly ever effective in Obonezhje.

Key words: Karelia, ritual stone complexes, cult stones.

* Статья выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований секции истории Отделения историко-филологических наук РАН «Нации и государство в мировой истории».

Написание статьи, посвященной каменным культовым комплексам и культовым камням на территории Обонежья, облегчается для автора наличием большого числа научных наработок, сделанных предшественниками. Специалистами в области древнего климата и палеогеографии еще в прошлом веке была исследована история формирования древних ландшафтов Обонежья, а также их изменения со времен появления здесь первых поселений человека [Елина, 1981; Елина, Филимонова, 1999; Девятова, 1984, 1986, 1988; Девятова, Лобанова, Филатова, 1987]. Культовые комплексы и культовые камни Обонежья уже частично описаны в монографии И. В. Мельникова «Святилища древней Карелии» [Мельников, 1998]. Устаревшие научно-теоретические постулаты, на которые опирались И. В. Мельников и другие авторы, работавшие в рамках интересующей нас проблемы [Мулло, 1966, 1984; Шахнович, 1994; 2006; Манюхин, 1996 и др.], уже получили заслуженную критику [Косменко, 2007; 2009; Природный..., 2009]. Так что автору остается лишь привести новые данные по Обонежью, не известные в свое время И. В. Мельникову, а также выступить с предложением по усовершенствованию научных подходов к решению проблем, обозначенных в заголовке статьи.

Первым делом следует определиться с понятием «Обонежье». Это район в юго-восточной Карелии вокруг Онежского озера. Указанным понятием уже более 100 лет оперируют специалисты, занимающиеся изучением народной культуры карелов, вепсов и русских, обживших эти территории [Майнов, 1877; Барсов, 1885; Логинов, 2000; История..., 2001 и др.]. Подразумевается, что Обонежье включает в себя пространства, прилегающие к берегам Онежского озера на расстояние 60–90 (местами более) километров, реже – современного административного района. В статье встретится также понятие «Заонежье». Этнографическое Заонежье представляет собой Заонежский полуостров, глубоко вдающийся с севера в Онежское озеро, следовательно, оно располагается в географическом центре Обонежья. Следует также постулировать, что под «культурным ландшафтом» принято подразумевать вид местности, измененный деятельностью человека [http: ru.wikipedia org/wiki/Ландшафт].

В древности в Обонежье люди обживали зоны у береговой линии. Уровень воды в водоемах не оставался неизменным. В Онежском озере к началу заселения человеком южной Карелии он на 40 и более метров превышал современный. На этих высотах древнейшие в Обонежье мезолитические стоянки были открыты почти случайно – при прокладке Беломорканала [Земляков, 1935]. Люди покинули места древнейшего заселения, как только понизился уровень воды в озере. Ныне эта территория в хозяйственном отношении практически не используется, поэтому новых открытий ждать не приходится. Нет также шансов обнаружить культовые комплексы и культовые камни прибрежных ландшафтов в период наибольшего исторического обмеления Онежского озера 7800–7700 лет назад [Филатова, 2009. С. 15], ибо береговые террасы с поселениями этого периода пребывают под водой. Не будут обнаружены никогда также культовые артефакты, созданные людьми древних эпох из дерева. А они имелись. Доказывает это практически полное отсутствие повторных и поперечных захоронений на мезолитическом Оленеостровском могильнике Онежского озера [Гурина, 1956]. Поскольку могилы на поверхности не обозначались какими-либо сооружениями из камней, то избежать поперечных и повторных захоронений могли только за счет каких-то не дошедших до нашего времени наземных сооружений из дерева или отметин на растущих деревьях. Тем самым культурный ландшафт этого кладбища не мог не выделяться на фоне природных ландшафтов Оленьего и иных островов Онежского озера. Уровень прибрежных вод прочих древних эпох от современного уровня отличался не сильно, поэтому древние каменные культовые комплексы и культовые камни в Обонежье время от времени обнаруживаются. Места их локализации, как правило, были приближены к древним поселениям и стоянкам, находить которые археологи Карелии давно уже научились.

В монографии И. В. Мельникова многократно встречается словосочетание «древние культовые комплексы», но определение данного понятия не приводится. Не удалось нам разыскать такого определения и в статьях в Интернете, сообщающих о различных культовых комплексах. Следовательно, будем считать, что ими можно называть *«выполненные в камне древние артефакты культового предназначения».*

На сегодняшний день артефакты, еще недавно именуемые «каменными культовыми комплексами Воттоваары и Кивакки», карельское научное сообщество с подачи М. Г. Косменко больше таковыми не признает. Так что не вызывает никаких вопросов отнесение к древним культовым комплексам лишь скал с имеющимися на них петроглифами. В Обонежье они обнаружены на скальных спусках к воде на островах и берегах Онежского озера, несколько

севернее и южнее устья реки Шалы. Как бы ни спорили между собой исследователи по поводу смысла и предназначения петроглифов, никто еще не утверждал, что они делались в сугубо мемориальных либо эстетических целях. Пусть и промысловое, но все же ритуальное (а следовательно, и культовое) их предназначение признавали даже самые завзятые материалисты вроде А. М. Линевского [Линевский, 1939]. Поэтому места, на которых древний человек выбивал свои петроглифы, мы имеем право считать древними каменными культовыми комплексами.

В этой связи укажем, что традиция покрывать поверхность скал рукотворными знаками в Обонежье не ограничивалась использованием петроглифов. По крайней мере, однажды она снова обнаружила себя в регионе и просуществовала с эпохи Средневековья до 1950-х годов. Речь идет об урочище Красная Щельга на северо-западе Заонежского полуострова (на территории бывшего Красносельгского сельсовета). Согласно рассказам информантов, там располагалась священная для заонежан скала, к которой они отправлялись исключительно по завету («Если выздоровею, то не пожалею времени и схожу туда»). Придя в урочище, вырезали ножом или топором в мягкой красноватого цвета породе скалы особые знаки. Знаками служило изображение занедужившего органа (руки, ноги, головы и т. п.) или рисунок, обозначающий человека в целом. В качестве такового выступало семейное клеймо, которым хозяева метили свои ловушки в озере, помечали деревья, растущие на пограничных с соседями межевых полосах. Наш информант утверждал также, что видел знаки из пары старинных (славянского алфавита) букв или современной фамилии человека [Логинов, 1992. С. 63]. Поскольку поход к скале в урочище Красная Щельга носил ритуальный характер (соответствовал паломничеству верующего в монастырь с целью возвращения утраченного здоровья), правильным будет вывод, что Красная Щельга – это не что иное, как одна из разновидностей исторически позднего каменного культового комплекса.

По мнению И. В. Мельникова, к числу каменных культовых комплексов конца неолита – начала бронзового века должна быть причислена одна из поверхностей скалы острова Колгострова с двумя десятками искусственного происхождения «чашеобразных» углублений. На ней же имеются знаки в виде окружностей и овалов «часто концентрических, которые иногда пересекаются 1–2 диаметральными линиями» [Мельников, 1998. С. 69–70]. Природа людей такова, что «от делать нечего» разукрашивать скалу они бы не стали. Практической потребности в таких действиях не было, она могла возникнуть лишь в области ритуальной. Таков примерно ход рассуждений И. В. Мельникова. И автору данной статьи он представляется вполне оправданным.

Уверенно как о сложном культовом комплексе И. В. Мельников говорит об артефактах заонежского острова Радколье [Агапитов, Мельников, 1992; Мельников, 1998. С. 77–87]. Археологические исследования последних лет на этом острове тоже свидетельствуют в пользу данного мнения. На крохотном островке, состоящем из монолитной скалы да каменных россыпей кое-где по берегам, а потому непригодном для длительных стоянок древних эпох, К. Э. Герман и И. В. Мельников зафиксировали 7 стоянок. Остатки древних культур от мезолита до железного века они находили фактически везде, где есть более-менее ровная площадка и слой почвы [Из доклада К. Э. Германа и И. В. Мельникова на конференции «Рябининские чтения-11»]. Пока же ими опубликована информация лишь о раскопках на Радколье I [Герман, Мельников, 2011]. Конечно, наличие обильного археологического «мусора» говорит лишь о древности использования людьми острова, а не о его святости в прошлых эпохах. Автор данной статьи, имевший честь лично опрашивать информантов и выяснять, является или нет пресловутый «Радкольский Идол» «духом-хозяином» острова, ни за что не согласится с утверждениями, что «никаких обрядовых действ на острове никогда не производилось», «никаких идолов на Радколье нет, а одни лишь камни». Это уже явный критический перебор, откровенный нигилистический крен, противоположный тому, что существовал в научном сообществе Карелии до критических статей М. Г. Косменко. Да, не существует надежных топонимических доказательств «древнесаамского возраста» святилища. Их и не будет. Археологические артефакты говорят о более древнем, чем древнесаамский, возрасте возникновения святилища на этом острове. Но народный праздник Радкольского воскресенья, справляемый заонежанами в последнее воскресенье перед Ивановым днем (7.07 н. ст.), – это несомненный отголосок дохристианской традиции встречи лета в день реального (не календарного, как у православных русских) солнцестояния. Мы не знаем ни древних мифов, ни обрядности древнего праздника на острове Радколье, но ритуальность устроения праздника в самый длинный день лета не вызывает сомнений. Считается доказанным, что регулярно повторяющийся праздник в древности был

ритуальным способом «обновления основного мифа» [Байбурин, 1993]. Празднуя Пасху, мы и ныне на «ритуальном уровне» занимаемся «обновлением основного мифа» христиан о добровольной смерти и воскрешении Христа.

Если верно мнение Ю. А. Савватеева, что природным камням антропо-зооморфные формы в южной Карелии начали придавать лишь с эпохи раннежелезного века [Устное сообщение Ю. А. Савватева], то подобную практику следует связывать со временами расселения в Обонежье древних саамов [Манюхин, 2002]. Камень, напоминающий бородатого человека, на обращенном к северо-востоку высоком уступе скалы (именно его называли «Идолом») не имеет следов искусственной обработки [Логинов, 2010, рис. 1]. А вот другой камень в виде верхней части черепа [Мельников, 1998, рис. 34; Логинов, 2010, рис. 2] имеет «глазницы» явно искусственного происхождения. Мало того, по сведениям информантов, еще в первой половине XX века под глазницами красовался острый, загнутый вниз («как клюв у хищной птицы») нос [НА, ф. 1, оп. 50, д. №1103, л. 11–12], отчего весь камень получал сходство с головой хищной птицы. Как тут не вспомнить идею В. А. Агапитова о проживании в архипелаге Кижские шхеры «птичьих» родов [Агапитов, 1992]!

Традиция придавать с помощью искусственной обработки антропоморфное сходство камням природного происхождения зафиксирована и на соседнем Орошострове. В западной части острова, непригодной для земледелия, имеется еще минимум два каменных артефакта, претендующих на звание «идолов». Фотографию одного из них автор опубликовал в газете «Neuvosto-Karjala» в 1988 году [Loginov, 1988]. Археологу А. М. Спиридонову этот идол, стоящий на краю крутого обрыва, показался даже более «похожим на человека», чем «Идол» с острова Радколье. Фото еще одного идола с западной оконечности Орошострова (лежащего на левой «щеке» и с самого неудачного ракурса – сзади) можно видеть на форзаце обложки работы В. А. Агапитова «Топонимия Кижей» [Агапитов, 2000]. Имеются на этих двух островах и другие артефакты, которые при желании можно принять за культовые камни (на Орошострове



Рис. 1. Центральный камень, напоминающий повернутую влево голову собаки, на комплексе у д. Куднаволок. Фото автора

как минимум – кладки из плитняка, по форме напоминающие оленя, медведя, изготовившуюся к прыжку лягушку, или каменные кладки в виде концентрических кругов на о. Радколье).

В одном из разделов работы И. В. Мельникова, посвященной каменным культовым комплексам, особо выделены «кольцеобразные сооружения из камней-валунов, диаметром 6–9 метров, внутри которых имелась фигура из камня, напоминающая человека, птицу или животное». Ссылаясь на А. Воррена (A. Vorren), Мельников причислил такие комплексы к «рыбопромысловым жертвенникам «дохристианских саамов», кратко описал известные ему комплексы [Мельников, 1998. С. 61 и др.]. Но в его работе отсутствуют сведения о таком же комплексе, расположенном на гладкой вершине острова Козий в восточной части озера Кончезера. Ничего не сказано о комплексе вблизи уже исчезнувшей заонежской деревни Лопская (недалеко от Шуньги). Центральный камень здесь похож на голову собаки или змеи (рис.1). Кроме того, В. А. Агапитов сообщил как-то автору в личной беседе, что похожий каменный комплекс он обнаружил на скальной площадке на старинной тропинке, ведущей из Марциальных Вод к деревне Галезеро. В переводе с карельского название этого места означает «буйные камни».

Следует указать, что антропо-, зоо- или орнитоморфные камни на древних комплексах выделялись не только постановкой их в центре круга из равноудаленных валунов. На острове Курьский в западной части озера Водлозера зооморфный камень оказался включенным в вал из природных валунов, образующих круг с тщательно расчищенной от камней серединой (рис. 2, 3). На месте этого камня водлозерам видится сидящая русалка. С восточной стороны в круге сделан проход, оборудованный 3 каменными «ступенями» из плоских камней. Игрой природы все это вместе взятое не объяснишь. О культовом использовании комплекса не сохранилось даже легенд. В начале XX века рядом с кладками древнего комплекса была погребена одна из местных ведуний [Логинов, 2010. С. 376]. Впрочем, применительно к древности этот факт ничего не доказывает, а археологические изыскания на о. Курьском не производились. Стоит также сообщить, что камень, по форме очень схожий с зооморфным камнем острова Курьский (он тоже выделяется своим розоватым цветом и крупными размерами среди прочих валунов побережья), имеется на северной оконечности о. Малого Колгострова, метрах в 150 от стен Ильинского Водлозерского погоста. При высоком уровне воды рядом с этим и еще тремя (тоже приметными, розоватого цвета) камнями явственно прослеживаются небольшие каменные кладки в виде колец, заполняемых водой. Когда уровень воды в Водлозере понижается, становится видно, что от большого камня к прежней береговой террасе ведет освобожденная от камней тропинка, а на окраине террасы просматривается кольцевое углубление (диаметром чуть больше метра, глубиной до 40 см). Чуть левее имеется каменная кладка из мелких камней, формой напоминающая лодку-долбленку [НА, ф. 1, оп. 50, д. №1039, л. 3–11]. Было ли все это древним культовым комплексом, Бог весть. Однако монахи расположенной на острове Ильинской Водлозерской киновии уже пытались сокрушить кувалдами «главного идола» и сильно его поколотили. И это наглядно показывает, сколь опасным для древних комплексов бывает даже одно распространение информации об их существовании.

Теперь обратимся к понятию «культовые камни». В русскоязычной компьютерной версии мировой энциклопедии («Википедии») имеется не очень удачное определение, предложенное В. Мизиным. В краткой версии оно звучит так: *культовые камни* – «это *валуны (либо группы камней), связанные с тем или иным древним верованием»* [Мизин, 2004. С. 1]. А разве нельзя к культовым причислить *«валун либо группу камней»*, относительно которых не сохранилось устных преданий? А как же тогда рассматривать Стонхендж и менее известные древние сооружения в виде группы камней?

В Обонежье, по мнению А. П. Журавлева и И. В. Мельникова, к культовым следует причислить валуны зооморфной формы стоянки Пегрема-40 на одноименном острове в западной части Онежского озера [Журавлев, 1992; 1996; Мельников, 1998. С. 72–73]. Камни расположены на той же террасе, что поздненеолитическое поселение, а некоторые из них окружены скоплениями мелких камней в виде окружностей, внутри которых имеются небольшие кострища и линзы охристого песка. Мельников полагает, что по совокупности признаков они вполне могут считаться культовыми, поскольку в археологической литературе определяются как «остатки древних погребений» [Мельников, 1998. С. 26, 73]. К предположениям А. П. Журавлева и И. В. Мельникова в научной среде Карелии принято относиться с большой долей скепсиса. Оно и понятно: оба автора проводили свои исследования в рамках прежней научной тенденции, берущей начало с трудов краеведа И. М. Мулло, приписывать чуть ли не любому валуну орнито-зооморфной или антропоморфной формы культовое значение.



Рис. 2. Зооморфная фигура комплекса о. Курьский.
Фото автора

В пространной версии определения «культовые камни» вышеупомянутого В. Мизина все смешалось в одну кучу: *«Отличительными признаками таковых* (культовых камней. – *К. Л.*) *являются знаки-петроглифы... чашевидные выемки... следы человеческих стоп и ладоней либо другие символы (среди которых встречаются прямые и косые кресты, руноподобные знаки и т. п.), а также камни без нанесенных на них изображений, но этнографически привязанные к какому-либо культу, ритуалу, обычаю или легенде*». В данном случае мы имеем классический пример неудачной попытки создать определение с помощью широкого набора признаков, которыми может обладать определяемый феномен. Тем не менее иметь адекватную дефиницию все же необходимо. Автор бы предложил считать культовыми камнями *валуны (либо группы камней), связь которых с некими культами прослеживается методами археологии, археографии либо фиксируется устными преданиями*.

Теоретическая значимость обсуждаемого вопроса автору представляется настолько важной, что требуется подробно осветить вопрос: «Можно ли отнести к числу культовых обломок скалы, закрепленный в вертикальном положении с помощью четырех более мелких камней (рис. 4) на южном мысу залива Пигалахта на Водлозере?» Артефакт, по рассказам



Рис. 3. Общий вид на комплекс о. Курьский. Фото автора



Рис. 4. Культовый камень «Окаменевшая волна» в музейной экспозиции на Красной горке г. Вытегры. Фото неизвестного

еще и ныне здравствующих водлозеров [Устное сообщение Н. В. Червяковой], был возведен пастухами-саамами ранней зимой 1964 года. Установили его (углубление в земле от первоначального положения камня до сих пор просматривается) после того, как поблизости отыскали стадо домашних оленей, сбежавших с плохо огороженных пастбищ колхоза поморского села Гридино. Мы не знаем главного: был ли около сейда совершен обряд благодарения духов-хозяев Пигалахты за обретенное в поисках стадо, поэтому имеем право говорить лишь о «мемориальном» (в честь конкретного события) характере установки этого артефакта. Но если бы историческая память водлозеров не зафиксировала факт установки этого сейда именно саамами, какое бы заключение сделали археологи относительно древности и этнической принадлежности его создателей? Скорее всего, они в чем-нибудь да впали бы в заблуждение. Для данной же статьи приведенный факт важен тем, что саамы (именно они, а не кто другой!) все-таки создавали в Обонежье так называемые сейды. Принадлежность же их этому народу, как и сам факт существования в Обонежье именно сейдов, а не случайного нагромождения камней, принимаемых за сейды, частью петрозаводских историков в наши дни нередко голословно отрицается.

Рассуждая о святилищах древней Карелии, И. В. Мельников много и подробно говорит о «Звонком камне» с острова Колгострова в Онежском озере, пытаясь доказать древний культовый характер его использования [Мельников, 1998. С. 68–70]. Относительно реалий конца XIX – начала XX века у него это получается, относительно древности – не очень. На Водлозере, к примеру, имеется два острова Колгострова, и оба – без «звучащих камней». Зато свой «Звонокой камень» имелся в деревне Вама, и вокруг нее не было топонимов на «колг»*. Топоним «Вама» имеет досаамское происхождение [Муллонен, 1995]. И на Колгострове в Заонежье, и на Ваме в Водлозерье местное население задействовало «звучащие камни» в ритуалах праздника встречи лета на Иванов день. Однако археологических раскопок, которые могли бы подтвердить или опровергнуть предположения о древности ритуального использования «звучащего камня» с берегов Вамы, никто пока не сделал.

На генетическую связь с древними саамами в Обонежье может претендовать (пока только претендовать) камень «Тобот», к которому молодежь из села Суйсарь ежегодно ходила устраивать свои гуляния на Иванов день [Логинов, 1997. С. 197]. Внешне он похож на «Чуманный камень» (что у саамского пос. Евжезеро) с фотографии, помещенной в работе А. Я. Брюсова «История древней Карелии» [Брюсов 1940, С.175]. Камень внешне напоминает гриб-валуй («воткнут» тонким концом в землю, а сверху шляпкообразное расширение). Но дело как раз не в схожести форм «Тобота» с конкретным саамским сейдом. У карелов слово «тобот» является заимствованным из языка саамов, переводится оно как «большой» [Муллонен, 1998. С. 210]. Под этим камнем в дождь спасались до десятка человек, под ним било сразу три ключа, молодежь у «Тобота» ежегодно справляла обряды встречи лета [Логинов, 1997. С. 127]. Проводились ли ритуалы под «Тоботом» во времена древнесаамские, мы не знаем. Помочь ответить на данный вопрос, определить древность ритуального использования камня могли бы археологи. Пока этого не сделано.

Существует несколько классификаций культовых камней. Что ни автор, то классификация. Поэтому не хуже других будет предложенная И. В. Мельниковым [Мельников, 1998. С. 106–119]. К ней следует добавить лишь номинацию камней, ассоциируемых с главным символом христианства – крестом. Таковым в Обонежье является, например, каменный крест из часовни в д. Вороний Остров в Заонежье. Некоторые камни из этой, условно говоря «христианской», номинации несут на себе изображение креста, созданное игрой природы. Таков, например, «Крестовый камень» на Водлозере у д.Коскосалма, на котором, по народным преданиям, святой Диодор Юрьевогорский переправился через озеро в начале XVII века [Червякова, 2001, рис.1, С. 283]. В дохристианский период подобные камни в природном ландшафте не воспринимались как некое чудо. Таковыми их сделали более поздние эпохи. Описаний обонежских каменных артефактов с природными углублениями, воспринимаемыми в качестве следов воздействия на них нечистой силы или святых православного христианского пантеона, в труде И. В. Мельникова приводится довольно много [Мельников, 1998. С. 106–119]. Нет, пожалуй, там только примера того, как артефакт, священный для периода древности, остался столь же священным и в эпоху христианства.

Речь идет о шлифованном неолитическим способом камне в виде окаменевшей волны, столетиями хранившемся под иконами часов-

---

* Камень был разбит ударом лома при попытке извлечения из него звука присланными из города на уборку урожая рабочими.

ни д. Кюршево, что располагалась на юго-восточном берегу Онежского озера. Согласно сохранившемуся среди вытегоров преданию, на этом камне восседал Андрей Первозванный, когда чудесным образом переплыл Онежское озеро, чтобы проповедовать слово Божие диким обитателям края. Неизвестно, где хранился данный артефакт в период древности и раннего средневековья, но от непогоды его точно укрывали. Выставленный же на открытый воздух в 1980-х годах, этот камень уже потерял прежнюю красоту и гладкость поверхности от поселившихся на нем лишайников (рис. 4). Пребывание под открытым небом в зной и холод привели к образованию на нем протяженных трещин, которые довольно скоро расколют его на несколько частей. Если меры к сохранению древнего артефакта под надежной крышей и в условиях мало меняющейся в течение дня температуры не будут приняты, мы его потеряем. Ну как тут не поддержать точку зрения И. И. Свириды о том, что «геологические и биологические элементы ландшафта – горы, воды, флора и фауна – были тем начальным, что в наземном мире подлежало повседневному использованию и осознанию, которое началось с сакрализации и мифологизации ландшафта» [Свирида, 2007. С. 12]. Как видим, в наш рациональный век, с окончанием мифологизации и сакрализации древнего артефакта, ему начало угрожать не просто забвение, но окончательное и бесповоротное разрушение, которого люди не допускали, пока камень воспринимался в качестве ритуального объекта.

Среди культовых камней исследователи всегда особо выделяли камни, именуемые сейдами «на ножках» и сейдами «с головкой». В первом случае имелся в виду любой массивный камень, который покоится на двух или более мелких камнях-подпорках, а во втором – массивный камень, на котором один на другом покоятся два и более камня, обычно убывающего снизу вверх диаметра [Манюхин, 1996, рис. 84–88]. В Обонежье таковые встречаются редко. В Карелии в качестве мест скопления подобных камней обычно называются горы Воттоваара и Киваккa, расположенные весьма неблизко от Онежского озера. Автор ничего определенного не может сказать о горе Киваккa, но информанты автора, посещавшие гору Воттоваара, часто вспоминают о гнетущем впечатлении, которое остается от пребывания на ее склонах. Эта гора ныне стала туристским брендом Карелии, неотвратимо притягивающим современных эзотериков. Прежде бывать на ней избегали, как и на любом месте, пользующемся в народе дурной славой. Лишь однажды автору удалось записать, что подобная территория все-таки регулярно навещалась, точнее – пересекалась. Речь идет о местности на западном побережье Заонежского полуострова, чуть севернее д. Высокая Нива, от которой тянется весьма протяженная песчаная отмель к противолежащему восточному берегу Онежского озера. Крестьяне Высокой Нивы невольно попадали в весьма изощренную транспортную «ловушку»: на объезд отмели в лодке они бы потратили световой день, а прямая дорога к полям и покосам проходила вплотную к «нечистому месту», отмеченному особым камнем.

Информанты автора, супруги Чиркины (хозяйка была родом из этой деревни), описывали его как «старинную пулю* из камня, поставленную на три маленьких камешка-подпорки», т. е. как классический сейд «на ножках». Появление данного камня на берегу Онежского озера объяснялось старинной легендой. Согласно легенде в Высокой Ниве некогда жил самый сильный колдун Заонежья, который «заведовал» самым сильным чертом всей Обонежской округи. Колдун выдал свою любимую дочь замуж за озеро. Он сильно скучал по ней, но в период ледохода или ледостава съездить и проведать не мог, несмотря на все свои колдовские возможности. Поэтому колдун приказал черту отсыпать песком дорогу через озеро, по которой он смог бы в любую погоду ездить в гости на тот берег. По легенде дорога уже была почти готова, когда в берестяном кошеле, которым черт таскал песок для отсыпания дороги, оторвалась заклепка с правой лямки. По причине порчи средства транспортировки песка «мост» через Повенецкую губу Онежского озера остался недостроенным, а заклепка (она и есть культовый камень) якобы упала на берег и с тех пор так и лежит на этом месте. Не беда, если бы «заклепка» просто лежала на своем месте. Каждый, кто проходил или проезжал мимо нее, начинал слышать непривычный для традиционной крестьянской деревни звук. Пугались не только люди – кони шарахались в сторону и не желали следовать мимо этого камня. Поэтому крестьянами Высокой Нивы был выработан особый дорожный ритуал. Когда ехали с пустыми санями (по хозяйственным делам к полям и покосам даже летом ездили на санях с круглыми, чтобы дольше не стирались, полозьями), то лошадь перепрягали так, чтобы она тащила сани, двигаясь задом наперед. Когда возвращались с груженными санями, то задом наперед разворачивали также и

---

* То есть как шар, разрезанный посередине горизонтально. Выпущенная из гладкоствольного ружья, она точнее ложилась в цель, чем пули других форм.

сани. Один человек понукал лошадь, впряженную головой к саням, второй человек, пятясь назад, приподнимал задние концы полозьев, чтобы они не цеплялись за дорогу [НА, ф. 1, оп. 50, д. 1103, л. 7, 11]. Все это выглядело со стороны, наверное, нелепо, но обязательность исполнения крестьянами обрядовых действ для защиты от негативного воздействия* позволяет нам зачислить камень д. Высокая Нива в число культовых камней.

Изложенную здесь информацию автор в разные годы сообщал петрозаводскому археологу И. С. Манюхину и московскому философу профессору В. Н. Демину, автору многих книг «гиперборейской» направленности. К сожалению, оба раза информацией эти люди распорядились неверно. И. С. Манюхин связал вышеизложенные легенды с большим валуном у восточной околицы д. Великая Губа [Манюхин, 1996, рис. 82. С. 346]; В. Н. Демин в своей книге «В поисках колыбели цивилизации» указал правильное название деревни, но поместил не изображение камня в виде «старинной пули на трех ножках», а выдуманное художником изображение нацеленного в небеса двухметрового фаллоса [Демин, 2004, рис. 11]. Если с валуном в д. Великая Губа действительно связаны народные поверья (что около него в полночь нечто «пугает» случайных путников и что однажды за камнем местным колдуном «был скрыт теленок»), то рисунок каменного фаллоса – это чистейшая мистификация. Доказательств «саамского» происхождения культового камня у д. Высокая Нива мы не имеем (никто из археологов не копал рядом с камнем), однако сооружение сейда в качестве обозначения места для жертвоприношений в начале сухопутной дороги, существенно сокращающей время в пути, было бы логичным для людей древних эпох.

Что касается культовых камней «с головкой», то таковых в Обонежье было как минимум два. Один из них располагался на островке Лебяжьем напротив деревни Кривоногово в центре Заонежского полуострова, в 7 километрах от села Толвуя. Согласно сообщению В. Сазонова [АИРГО, разряд 25, оп. 1, д. № 47], на этом острове в начале XX века регулярно собиралась молодежь из деревень Загубье, Лебещина и Кривоногово, чтобы отмечать праздник урожая, который выпадал на день осеннего равноденствия, т. е. на Рождество Пресвятой Богородицы (21.09. н. ст.). Молодые люди привозили с собой в лодках набитое соломой, наряженное в женское платье чучело, украшенное хлебными колосками. Чучело разрывали руками на части рядом с «каменной бабой», после чего солому поджигали, прыгали через огонь, готовили в костре общую кашу из привезенных с собой продуктов. Согласно местной легенде «каменная баба» была когда-то столь прекрасной девушкой, что в нее влюбился сам сын Небесного владыки. Юноша слетал с небес в образе лебедя, а на острове превращался в прекрасного юношу. Увлечение юноши земной девушкой не осталось незамеченным: отец строго-настрого запретил встречаться с ней. Как юноша перенес разлуку, не сообщается, но девушка так сильно тосковала по своей любви, что Небесный владыка сжалился над ней и обратил ее в камень. С тех пор и повелось, что все брошенные девушки или притесняемые в семье мужа молодые жены ездили на остров Лебяжий к камню, плакали на нем и обнимали его, чтобы избавиться от горькой тоски.

Ни танцы и игры у огня в день осеннего равноденствия, ни наличие в среде заонежан обрядовой практики передачи тоски камню не позволяют говорить о древности культовых практик, связанных с камнем. Но легенда, относящая происхождение «каменной бабы» к архаическим временам, когда языческие боги и люди одновременно сосуществовали на Земле, именно на это и намекает. Окончательный вывод по поводу древности артефакта опять же могли бы сделать археологи. Добавим здесь, что земледельческий культурный ландшафт острова к настоящему времени сильно деградировал, остров густо зарос молодыми березками.

Второй обонежский «камень с головкой» располагался на знаменитом некогда острове Петуньем на озере Водлозере. В камень, согласно преданию, обратилась дочка Ильинского царя водяного, когда ее переправляли на этом острове к жениху, сыну Пречистинского царя водяного [Харузин, 1893. С. 318–322, 338]. Местный колдун сделал так, что остров плыл, пока пел петух. Девушка якобы нарушила колдовской запрет оборачиваться и смотреть в сторону родного дома, после чего движение острова по озеру прекратилось, девушка окаменела, а петух улетел обратно к своему хозяину в деревню Кургиловскую. Обрядовая практика местного населения была аналогичной заонежской (девушки и женщины приезжали «сдавать горе» камню в летнее время года). Прекратилась она, когда местный священник сбросал верхние камни «каменной девки» в озеро. В наши дни Петуний остров зовут Люляостровом. Земли и растительного покрова на нем нет, выглядит он,

---

* Было ли это следствием ультразвуковых волн, исходящих из земли, или возникало под воздействием прохождения воздуха по рельефу или трещинам камней, не ясно. Главное, что здесь «пугало».

словно каменная отмель в озере. Как и в предыдущем случае или в случае с сейдом у Высокой Нивы, легенда возводит возникновение водлозерского артефакта к временам легендарным (мир мифологических существ и мир людей еще не разделен непреодолимой преградой), т. е. очень-очень древним. Был ли этот сейд создан древними саамами, не ясно. Но на стрелке острова он образовался не случайно. Скорее всего, сложен он был с обычной для старинных времен целью – обозначить ориентир для заброса снастей на рыбацкой тоне либо для жертвоприношений по завершении лова, как это принято было у саамов. Начать ассоциировать его с девушкой, обратившейся в камень, могли намного позднее (в попытках найти материальные свидетельства легенде о сватовстве Пречистинского и Кенозерского водяных к дочке Ильинского царя водяного).

Поскольку ни карелы, ни вепсы, ни русские во времена земледельческого освоения края сейдов не ставили, остается только одно – признать хотя бы часть каменных артефактов Обнежья, выглядящих как «классические» саамские сейды, действительно сейдами, созданными саамами. Тем более что и расположены они в местах доземледельческой хозяйственной деятельности. Отсюда, наверное, может быть сделан вывод, что *культовыми камнями следует считать валуны или группы камней, с которыми была связана культовая практика*. Следовательно, древними культовыми камнями могут быть названы артефакты, древность включенности которых в культовую практику подтверждается археологически либо постулируется древними легендами. Отдельные культовые камни вполне могли входить в более обширные каменные комплексы или древние святилища.

Литература

Агапитов В. А. Об орнитоморфных топонимах островов архипелага Кижские шхеры (отражение родовых и фратриальных связей в топонимии Заонежья) // Заонежье. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. С. 48–60.

Агапитов В. А. Путешествие в древние Кижи. Топонимический очерк. Петрозаводск: Карелия, 2000. 70 с.

Агапитов В. А., Мельников И. В. О древнем культовом комплексе в Заонежье // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. С. 151–169.

Археология Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1996. 416 с.

Архив Императорского Русского Географического общества (в тексте – АИРГО). – В. Сазонов. Описание обрядов и песен в Заонежье Повенецкого уезда Олонецкой губернии. – Разряд 25, опись 1, дело № 47, 13 л.

Байбурин А. К. Ритуал в традиционной культуре. СПб.: Наука, 1993. 240 с.

Барсов Е. В. Из обычаев обонежского народа (этнографические заметки) // Олонецкий сборник. Петрозаводск, 1875. Вып. II. Ч. III. С. 130–144.

Брюсов А. Я. История древней Карелии // Труды Государственного исторического музея. М.: Наука, 1940. Вып. 9. 320 с.

Википедия ru.wikipedia.org›wiki/Священные_камни

Герман К. Э., Мельников И. В. Новые открытия поселений каменного века в окрестностях острова Кижи // Тверской археологический сборник. Вып. 8. Т. 1. Тверь, 2011. С. 134–140.

Гурина Н. Н. Оленеостровский могильник // Материалы и исследования по археологии СССР. М.; Л., Наука, 1956. № 47. 386 с.

Девятова Э. И. Палеогеография стоянок Шелтозера // Археологические памятники бассейна Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1984. С. 25–47.

Девятова Э. И. Природная среда и ее изменение в голоцене (побережье севера и центра Онежского озера). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1986.108 с.

Девятова Э. И. Палеогеография и освоение человеком Карелии // Поселения древней Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1988. С. 7–18.

Девятова Э. И., Лобанова Н. В., Филатова В. Ф. Палеогеография археологических памятников группы Пиндуш и Муромское // Препринт доклада на заседании Ученого совета Института геологии 28.12. 1987 г. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1987. 60 с.

Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.

Елина Г. А., Филимонова Л. В. Этапы развития растительности и климата в восточном Заонежье в позднеледниковье – голоцене // Тр. КарНЦ РАН. Сер. «Биогеография Карелии». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 21–27.

Журавлев А. П. Изучение культового комплекса Пегрема-40 // Миграции и связи древних обществ лесной полосы Евразии в эпоху камня – раннего металла. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. С. 16–27.

Журавлев А. П. Пегрема: культовый комплекс. Петрозаводск: Карелия, 1996. 204 с.

Земляков Б. Ф. Работы на строительстве Беломорско-Балтийского канала // Известия Государственной академии истории материальной культуры. М.; Л., Наука, 1935. Вып. 35. С. 11–22.

История Карелии с древнейших времен до наших дней. Петрозаводск: Периодика, 2001. 943 с.

Косменко М. Г. Экологическая и культурная адаптация охотников-рыболовов бронзового, железного веков и морских промысловиков эпохи Средневековья в Карелии // Адаптация культуры населения Карелии к особенностям местной природной среды периодов мезолита – Средневековья. Гуманитарные исследования. Вып. 4. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 135–168.

Косменко М. Г. Древности приморской зоны южного и западного Беломорья. Проблемы происхождения и адаптации культуры древнего населения

// Комплексные гуманитарные исследования в бассейне Белого моря. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 6–42.

Линевский А. М. Петроглифы Карелии. Петрозаводск: Каргосиздат, 1939. 194 с.

Логинов К. К. О жертвоприношениях в Заонежье // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. С. 46–67.

Логинов К. К. Обонежские ритуалы срубания дерева // Живая Старина. 2000. № 3. С. 11–13.

Логинов К. К. Традиционный жизненный цикл русских Водлозерья: обряды, обычаи и конфликты. М.; Петрозаводск: Ун-т Дм. Пожарского, 2010. 413 с.

Логинов К. К. Этнографическое описание села Суйсарь // Село Суйсарь: история, быт, культура. Петрозаводск, 1997. С. 91–157.

Логинов К. К. Этнолокальная группа русских Водлозерья. М.: Наука, 2006. 278 с.

Майнов В. Н. Поездка в Обонежье и Корелу. СПб., 1877. 260 с.

Манюхин И. С. Происхождение саамов (опыт комплексного изучения). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 241 с.

Манюхин И. С. Саамы (культовые памятники) // Археология Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1996. С. 343–353.

Мельников И. В. Святилища древней Карелии (палеоэтнографические очерки о культовых памятниках). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998.134 с.

Мизин В. Культовые камни Ленинградской области: краткий обзор и выявление связей с подобными памятниками соседних регионов / Доклад, прочитанный автором в РГО 9.03.04 http://www.countrysite.spb.ru/Library/cultstonelen/CultStoneL.htm

Мулло И. М. К вопросу о каменных лабиринтах Беломорья // Новые памятники истории древней Карелии. Петрозаводск, 1966. С 185 –193.

Мулло И. М. Памятники древней культуры на Кузовых островах // Археология и археография Беломорья. Архангельск; Соловки, 1984. С. 99–105.

Муллонен И. И. Заметки о топонимии Водлозерья // Природное и культурное наследие Водлозерского национального парка. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 192–197.

Муллонен И. И. Топонимия Заонежья: словарь с историко-культурными комментариями. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 242 с.

Научный архив Карельского научного центра РАН (в тексте – НА). Фонд 1, опись 50, дело № 1039, 1103.

Природный комплекс Воттоваара: особенности, современное состояние, сохранение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 158 с.

Свирида И. И. Ландшафт в культуре как пространство, образ и метафора // Ландшафты культуры. Славянский мир. М.: Прогресс – Традиция, 2007, С. 11–42.

Филатова В. Ф. Проблемы изучения экологической и культурной адаптации населения Карелии эпохи мезолита // Адаптация культуры населения Карелии к особенностям местной природной среды периодов мезолита – Средневековья. Гуманитарные исследования. Вып. 4. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 9–43.

Харузин Н. Н. Из материалов, собранных среди крестьян Пудожского уезда Олонецкой губернии // Олонецкий сборник. Материалы для истории, географии, статистики и этнографии Олонецкого края. Петрозаводск, 1893. Вып. 5. С. 302–346.

Шахнович М. М. Культовый комплекс на горе Воттоваара (Итоги работ в 1993 году) // Вестник Карельского Краеведческого музея. Вып. 2. Петрозаводск, 1994. С. 26–35.

Шахнович М. М. «Наземные каменные памятники» на островах Кузова в Белом море и И. М. Мулло: хроника сложения каменного мифа // Первобытная и средневековая история и культура Европейского Севера: проблемы изучения и научной реконструкции. Архангельск: Соловки, 2006. С. 47–56.

Червякова Н. В. «Вера крещена» и «заветная земля»: чему и как поклонялись водлозеры // Национальный парк «Водлозерский»: природное разнообразие и культурное наследие. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. С. 282–289.

Loginov K. Klimetsin saari ja Ääanisniemen pyhäkkö // Neuvosto-Karjala. 1988. № 96.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Логинов Константин Кузьмич
старший научный сотрудник, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kuzmich@sampo.ru
тел.: (8142) 575683

Loginov, Konstantin
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kuzmich@sampo.ru
tel.: (8142) 575683

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 50–56

УДК 398.221:398.324:398.4

СОПЕРНИЧЕСТВО РЕК КАК ИМПУЛЬС К ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ЛАНДШАФТА И СОЦИУМА (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭТИОЛОГИЧЕСКИХ МИФОВ)

Н. А. Криничная

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются образы персонифицированных рек, состязающихся между собой в беге–течении. Движением, осмысляемым как основной признак реки, обусловлено развертывание ее во времени и пространстве. Обилие жизненной силы, исходящее от главенствующей реки, благотворно воздействует на социум и мироздание. Коллизии, связанные с рекой–дорогой–судьбой, в данных этиологических мифах служат объяснением происхождения характерных признаков речного ландшафта: русла рек, порогов, притоков, рукавов, очертаний берегов.

Ключевые слова: этиологический миф, персонификация реки, состязание, движение, жизненная сила, преобразование, ландшафт, социум, мироздание.

N. A. Krinichnaya. RIVALRY BETWEEN RIVERS AS AN IMPETUS FOR TRANSFORMATION OF THE LANDSCAPE AND THE SOCIETY (BASED ON ETIOLOGICAL MYTHS)

The paper deals with the images of personified rivers which compete in running/flowing. The movement, perceived as the river's principal attribute, is responsible for its spread in time and space. The affluent vital force emanating from the dominant river is beneficial for the universe. In those etiological worlds the collisions related to the river/road/fate account for the genesis of the distinctive features of the river landscape: the channel, rapids, tributaries, branches, configuration of the banks.

Key words: etiological world, personification of a river, competition, movement, vital force, landscape, transformation of the universe.

Ведь они (воды) двинулись вперед числом тридцать семь.
Впереди струящихся вод, превосходя их силой, течет Синдху.
<...>Ты, устремляешься прямо вниз по поверхности земли,
Когда ты правишь во главе этих движущихся рек.
Ригведа. X. 75. 1–2

В ряду нарративов, повествующих о происхождении явлений природы, особое место занимает сюжет о возникновении рек и соперничестве между ними, имеющий многочисленные варианты и версии. В данных этиологических мифах речь идет о реках Суне и Шуе, Свири и Волхове, Вазузе и Волге, Волге и Каме, Доне и Шате, Днепре и Десне, Днепре и Соже, о Днепре, Волге и Западной Двине и др. Этиологические мифы, связанные с символическим

переосмыслением главных рек того или иного региона, принадлежат соответственно к различным локальным традициям.

Названный сюжет ранее не был объектом специального изучения. До него, так сказать, еще не дошел черед. Кроме того, исследователей могла настораживать некоторая литературность его изложения. Однако наличие вариантов данного сюжета, причем в ряде случаев паспортизованных, равно как и их типология, позволяет отнести рассматриваемые нарративы к произведениям фольклора. Об этом же подчас свидетельствуют и заметки собирателя: в публикуемых рассказах сохранены «те самые выражения, в каких они были переданы» рассказчиком [Минорский, 1875. С. 522]. И – самое главное – фольклорное происхождение этих произведений подтверждается текстологическим анализом.

Как и многие этиологические мифы, рассматриваемые нами нарративы открываются семантической формулой: «Реки эти были прежде людьми» [Терещенко, 1848. С. 43–44]. Названия рек могут варьироваться, но смысл этой формулы остается неизменным. Устойчив он и в былинах: «От Настасьюшки протекала Настасья-река <...>, // От Дунаюшки протекала Дунай-река» [Рыбников, 1989. С. 392]. В другой эпической песне от «тихого Дона сударя Ивановича» протекла Дон-река [Рыбников, 1990. С. 89]. В песенном тексте как более каноническом архаические мотивы сохраняются лучше, чем в прозе.

Мифологизированные реки персонифицированы, олицетворены, одухотворены. Будучи близлежащими, они к тому же нередко имеют общие истоки, описание которых в достаточной степени рационализировано: «Обе они (реки Суна и Шуя. – *Н. К.*) вытекают где-то на шведской границе из одних и тех же колодцев-родников» [Ковальский, 1901. С. 2]. Причем «шведская граница» служит рационализированным выражением мифической границы между мирами, а «колодцы-родники» осмысляются как вход – выход из инобытия. В собственно мифологической версии реки могли б вытекать, к примеру, из-под дуба сырого, из-под ясеня черного, из-под белого горючего камешка, как это имеет место в былинах [Рыбников, 1990. С. 520]. Общность же истоков-родников проявляется в кровнородственных отношениях: «Реки Суна и Шуя – родные сестры» [Ковальский, 1901. С. 2]. По другим вариантам, это два брата – сыновья одного отца или одних и тех же отца-матери, которые также изображаются персонифицированными водоемами: «У Ивана-озера было два сына: Шат и Дон, почему последний и называется в песнях Ивановичем» [Зеленецкий, 1852. С. 298]. Такими же изображаются «речные» братья – сыновья одного отца и в поговорке: «Два брата родные, и оба Ивановичи, да один Дон, а другой Шат (т. е. один дельный, другой шатун. Реки Дон и Шат обе текут из Иван-озера)» [Даль, 1957. С. 725]. Или: «Был жил слепой старик Двина. У него было два сына: старший – Сож, младший – Днепр» [Боричевский, 1844. С. 183–185]. В иных случаях мифологизированные реки, две сестры и брат (Волга, Западная Двина и Днепр), – сироты. Впрочем, это могут быть и совершенно чужие друг другу реки (например, Волхов и Свирь) [Барсов, 1894. С. 181].

Возникновение рек в рассматриваемых нарративах осмысляется как перевоплощение в них людей или мифических существ. Так, например, Днепр в олонецких былинах является в виде женщины под именем Непры Королевичны. Непра-река протекла из крови этой героини и Дона Ивановича. Согласно древним представлениям, все новое возникает из чего-то одушевленного. Однако такое перевоплощение может произойти лишь при определенных условиях. Важнейшей предпосылкой к превращению человеческого естества в природное явление служит сон. Уснула, прежде чем прийти в движение, например, Суна, которую, согласно народной этимологии, звали прежде не Суна, а Сон-река. Уснула и сестра ее Шуя [Ковальский, 1901. С. 2]. Мифологема перевоплощения во время сна в дошедших до нас этиологических мифах отчасти уже разрушена. И все же сон как таковой полностью не утрачивает значения перехода, которым стимулируется превращение человеческого естества в природное. Особенно это заметно в былине, где состояние перехода, вызванного сном, подкрепляется переживанием перехода, обусловленного свадебным обрядом. Так, Садко, который засыпает на брачном ложе в подводном царстве, просыпается на берегу реки, но руки, которыми он обнимал морскую царевну, оказываются в воде:

И отвели Садка купца богатого,
Со своёй ли со невёстой нареченою,
И повалился спать Садко купец богатыя,
И охапил Садко купец богатыи
Он тую ли невёсту нареченую.
И увидал Садко купец богатыи,
И увидел он тут, что я в воды лежу,
В воды лежу я на берегу да во своёй реки.
[Гильфердинг, 1950. С. 658].

Как пишет В. Я. Пропп, в лице дочерей морского царя персонифицированы реки, в лице же его «невёсты» – родная новгородская река

Волхов, которая и доставила героя в Новгород [Пропп, 1958. С. 107]. Предполагается, что душа во время сна либо обряда перехода (в данном случае – свадьбы), переживая лиминальное («пороговое») состояние, может покинуть свою телесную оболочку и обрести себе другую [Криничная, 2010. С. 118–128] – на этот раз облик водной стихии.

По некоторым вариантам рассматриваемого мифа, сестры – будущие реки не просто засыпают, но засыпают как мертвые, или засыпают мертвым сном, что, по сути, служит метафорой их смерти. Поскольку сон уже сам по себе приравнивается в народных верованиях к временной смерти, то мертвый сон осмысляется как смерть: «Сон смерти брат. Уснул – помер. Спит человек – не живой. Сонный, что мертвый. Уснешь, что умрешь» [Даль, 1957. С. 518]. Перевоплощение же людей в реки, обусловленное гибелью героев, наглядно изображается в былине о Дунае:

Где пала Дунаева головушка,
Протекала речка Дунай река,
А где пала Настасьина головушка,
Протекала речка Настасья река.
[Гильфердинг, 1950. С. 191].

Ослабленной формой подобной мотивировки перевоплощения является смертельная опасность, исходящая от антагониста. Так, в сказке царевна, спасаясь от погони, «оборотила» себя и мужа в реку и дерево, стоящее у той реки [Афанасьев-2, 1957. С. 181].

Если изначально сон/смерть служит выражением пред-бытия рек, то в позднейшей традиции это лишь предпосылка к перемене в их существовании. В своем архаическом виде подобная мифологема сохранена былиной. В поздних же по времени записи этиологических рассказах она уже трансформирована. Теперь реки впадают в сон, потому что в пути они устали. Или же сон/смерть оказывается промежуточным звеном между различными этапами их жизненного цикла. Данная мифологема нередко завуалирована, обытовлена, а то и вовсе отсутствует. Пробуждение же символизирует начало жизни либо возвращение к ней, возрождение, обновление. Пробуждение рек представлено как старт, с которого начинается их стремительный бег – состязание за право быть первой и старшей. [Не случайно в «Ригведе» (X. 75. 9) движение Синдху (sindhu букв. «река») – nom pr. реки Инд с притоками сравнивается с состязанием колесниц на ристалище. – Елизаренкова, 1999. С. 211, 477, 555]. Иными словами, покой сменяется движением, а с движения начинается жизнь: «Ночью встала Вазуза потихоньку, убежала от Волги, выбрала себе дорогу и прямее и ближе и потекла. Проснувшись, Волга пошла ни тихо, ни скоро, а как следует» [Афанасьев-1, 1957. С. 139]. Характерно, что движение, связанное с рождением/пробуждением, начинается именно ночью, ассоциируемой с тьмой как проявлением хаоса. Мотив движения сохраняется даже в тех мифах (например, о Свири и Волхове), где мотивы сна и пробуждения отсутствуют. Соответственно река, которая вышла в путь одновременно с соперницей или даже позже ее, но пришла к назначенному месту первой, и была признана лучшей и старшей.

Движение – основной признак реки и по языковым материалам. Не случайно в русском языке словом, родственным лексеме *река*, служит глагол «ринуться», в древнеиндийском – таковыми являются слова со значением «двигается, начинает течь» и отглагольные существительные «ток, бег» [Фасмер, 1987. С. 464]. (Кстати, в древнеиндийском языке с понятием «течь, струиться» связано и понятие «вода» [Белецкий, 1955. С. 20].) В качестве бегущего мифического существа, которое не имеет ни рук, ни ног, ни тела, ни костей и не оставляет за собой следов, изображена река в загадках: «Течет, течет – не вытечет, бежит, бежит – не выбежит»; «Ходит без ног, рукава без рук, уста без речи»; «Кружится, вертится, только берега держится» и др. [Митрофанова, 1968. С. 29]. Как видим, река не только устремляется вперед, но и совершает круговые движения. Вращение же само по себе, круговращение, движение по кругу, по словам Г. Вирта, является «этическим Основанием Вселенной всего бытия» [Вирт, 1997. С. 177].

Мотивировки движения рек могут быть разные. И важнейшей из них является соперничество: «кто из них умнее, сильнее и достойнее большего почета». И потому скорость их течения-бега стимулирована желанием каждой из них превзойти другую. Движение реки, которая обгоняет соперницу, превосходя ее по силе, осуществляется с минимальной затратой времени для преодоления максимально большого пространства. И потому вышедшая позже река чаще обгоняет свою соперницу, тайком убежавшую от нее раньше.

Другой мотивировкой быстрого бега реки служит погоня. Так, река Свирь, явившись на свет «маленьким зайчиком», спасается от преследующего ее волка [Минорский, 1875. С. 522]. (Это редкий случай, когда река имеет изначально не антропоморфный, а зооморфный облик, который предшествует антропоморфному в качестве более архаичного.)

Течение реки уже само по себе символизирует время. Время, со своей стороны, устойчиво связано с понятием «течение», осмысляясь тем самым как динамичное время: ср. с выражением «много воды утекло». И потому преодоление пространства нередко выражено посредством темпоральных категорий. Так, река Свирь, родившись ночью (а с ночью связаны представления о севере) и ориентируясь по месяцу, направляет свой бег на полдень, т. е. на юг. По другой версии, она «всё берет на полдень да на полночь» [Минорский, 1875. С. 522; Барсов, 1894. С. 180–181], иными словами, растекается в разные стороны, вверх и вниз. В этом плане река Свирь уподобляется реке Нилу, которая, согласно Геродоту (2.28), течет и на север, и на юг.

Посредством заклинания, вкрапленного в канву как этиологического мифа, так и былины, река может стать вечно текущей: «Богатей и тучней до конца веков!» [Боричевский, 1844. С. 183]. Или: «Тут протеки, матушка Дунай-река // От ныне и до века» [Гильфердинг, 1950. С. 421]. Этот образ, по словам В. Я. Проппа, есть не только образ времени, но и бессмертия [Пропп, 1958. С. 154]. Не случайно и в «Ригведе» реки неоднократно называются бессмертными (I. 62. 10).

Вслед за движением главной реки региона, символически переосмысленной, в этиологических мифах разворачивается и пространство. Не случайно, согласно поговорке, «без реки нет земли». Реки бегут от своих истоков до самого устья – моря/озера, в которое и впадают. Они пересекают пространство с севера на юг, преодолевают, казалось бы, непреодолимые преграды. Так, например, река Днепр прорезает высокие горы, пробирается сквозь дремучие леса, продвигаясь по тучным лугам. Перевоссоздавая мироздание, разливаясь широко и глубоко, она «протекает города, омывает села без счету» [Боричевский, 1844. С. 183]. Река, которая течет от верховья (верхний мир) до низовья (нижний мир) через пространство, населенное людьми (средний мир), осмысляется как космическая река, выступающая в качестве некоего «стержня» Вселенной, мирового пути. Ее составной, видимой, частью либо ее земным воплощением является мифологизированная реальная главная река данного региона [Топоров, 1982. С. 374]. Представленная в горизонтальной плоскости вертикальная модель Вселенной, по сути, эквивалентна ее трехъярусной модели. Напомним, что в древнеиндийском эпосе река Ганга (олицетворение реки Ганг) нисходит с небес на землю (Махабхарата. III; Рамаяна. I. 44–45). Причем в «Ригведе» (X.75) реки изображаются как женские божества.

Приведя себя в действие, в состояние движения, мифологизированная река осуществляет идею творения, возникновения, изменения: «Движение, реальное и метафорическое, актуализирует модель мира, обеспечивает ее функционирование во времени и в пространстве» [Невская и др., 1998. С. 442].

Характер и качество творения зависят от особенностей демиурга, роль которого в нашем случае исполняют реки. Так, например, спокойное течение рек-сестер Суны и Шуи, которые на каком-то этапе прокладывают себе дорогу-судьбу, находясь рядом и неразлучно, сменяется их раздельным и бурным (особенно со стороны Шуи) течением. Так или иначе коллизия противостояния соперничающих рек оказывается сюжетообразующей. Творение мироздания, согласно этиологическим мифам, обусловлено борьбой противоположностей. Ее характер определяют бинарные оппозиции, или дуальные модели: простодушие – хитрость, доверчивость – коварство, верность – измена и т. д. Иначе говоря, и в данном случае сотворением мироздания управляют положительное и отрицательное начала, достигшие своей поляризации. При этом реки-демиурги изображаются, подобно людям, со своей судьбой, нравом, настроением, чувствами. У персонифицированных рек возникают житейские коллизии, сходные с человеческими. Эти обстоятельства сказываются на характере их самосозидания: на быстроте течения, на поворотах-излучинах, на очертаниях берегов и русла, на особенностях прибрежного ландшафта, на возникновении притоков, рукавов, порогов и т. п. Усиление той или иной части оппозиции влечет за собой изменение речного пейзажа в ту либо другую сторону.

Стихийное течение рек осмысляется в этиологических мифах как осознанное движение, подчиненное практическому смыслу, подкрепленному эмоциями.

Река Волхов, струящаяся впереди Свири и превосходящая ее по силе, соответственно и прибегает к финишу первой – «раньше Свири тремя часами и тремя минутами» [Барсов, 1894. С. 181]. В гневе на свою соперницу Волхов рвет землю, сдвигает камни, пробивается сквозь горы, как бы создавая/перевоссоздавая мир. Однако проявление могущественной силы не всегда дает ожидаемый результат. Так, например, река Суна в погоне за своей сестрой-беглянкой, чтобы не сворачивать в сторону, столь неистово рвала гранитные скалы, что создала на своем пути водопады Гирвас, Порпорог и Кивач. В конце концов она была до того измучена, что отказалась от надежды отыскать свою сест-

ру Шую [Ковальский, 1901. С. 2]. Согласно другому мифу, даже выбор более прямой и более короткой дороги, которую тайком захватила река Вазуза, не приносит ей ожидаемой победы над Волгой [Афанасьев-1, 1957. С. 139]. То же, по другой версии, происходит и с Волгой, Западной Двиной – сестрами Днепра. Оставшись сиротами, претерпевая нужду и лишения, они задумали пойти по белу свету в поисках лучшей доли – найти такие места, где можно было б вольготно разлиться большими реками. Но сестры, когда брат уснул, захватили, нарушив уговор, самые лучшие, отлогие местности. Проснувшись, разгневанный Днепр понесся в погоню за ними «широким потоком по рвам и буеракам». Испуганные сестры уступили ему дорогу.

Кроме того, течение рек, по этиологическим мифам, может зависеть от удела, который выпадает на долю каждой из них. Например, старый слепой отец (слепота – знак хтонического существа) наделяет одну из дочерей, Волгу, красивыми местами, селениями и городами. Другой же дочери, Соже, он дает «лучшие места». В удел непокорному сыну Днепру достается то, что осталось – мхи и болота. Прослышав об этом, Днепр решает исправить положение в свою пользу. Он бежит что есть мочи, разрывая горы, изгибаясь коленами. В результате Днепр захватывает земли, предназначенные для его сестры Сожи. И той пришлось довольствоваться мхами и болотами, от которых отказался брат [Максимов, 1903. С. 238–239]. По другой версии, слепой старик Двина благословил своего сына Днепра за его кротость разлиться «рекою широкою и глубокою» «по тучным лугам и дремучим лесам» через города и села до синего моря. И теперь уже Сож (он «был буйного нрава, таскался по лесам, горам и полям») помчался в погоню за братом «скрытыми путями, непроходимыми темными лесами». Он размывал болота, прорезал овраги, вырывал, подобно буре, дубы с корнями [Боричевский, 1844. С. 183–185]. И хотя его попытка опередить Днепр оказалась тщетной, все же ему удалось проявить себя в качестве демиурга: его буйный нрав сказался на характере ландшафта.

На этот раз распределение местностей, где предстоит протекать главным рекам региона, обусловлено в мифах социальными отношениями. Раздел имущества, в качестве которого здесь представлены просторы земли, играет в мироустройстве не последнюю роль. Лучшие уделы в основном достаются рекам, в которых больше движения, а значит, и жизненной силы, способной благотворно воздействовать на окружающее пространство и социум. Ведь изначально река, которая выиграла первенство, не просто протекает по «лучшим» землям. В силу своей мощи она сама наделяет богатством людей, источает обилие на земли, где она пробегает. Характерно, что в «Ригведе» река Синдху (Инд), распространяя свои воды по просторам и пространствам, служит средоточием/источником всяческих благ:

> Синдху, богатая прекрасными конями,
> прекрасными колесницами,
> прекрасными одеждами.
> Полная золота, прекрасно созданная,
> богатая наградами;
> Богата шерстью (эта) юница,
> богата (растением) силама…
>
> Ригведа. X. 75. 8.

В этиологических мифах объясняется также изменение рекой своего основного направления. Так, например, река Свирь, которая «явилась на свет маленьким зайчиком», спасаясь от преследования волков, «бросилась вправо и ушла в Нево-озеро», тогда как намеревалась донести свои воды в Ильмень-озеро [Барсов, 1894. С. 180–181]. (Кстати, в былинах Ильмень-озеро может отождествляться с морским царем либо олицетворяться в образе доброго молодца – брата Волги [Афанасьев, 1994. С. 229].)

Реки меняют направление своего движения и по иным причинам. В одном из этиологических мифов сестры, Волга и Двина, испугавшись гнева догоняющего их брата, Днепра, разбежались в разные стороны. Поэтому у Днепра много рукавов и порогов. Подобный мотив типичен и для эпических песен, где он, однако, имеет другую мотивировку и развязку:

> И с-под эвтого с-под местечка
> Протекали две реченьки быстрыих,
> И на две струечки оны расходилися,
> И още оны вместо сходилися
>
> [Рыбников, 1989. С. 143].

Или:

> Одна в сторону река, друга в другую,
> И в одно место оны стекалися
>
> [Рыбников, 1989. С. 430].

Отдаленно это напоминает древнегреческий миф, где Алфей, бог одноименной реки, или охотник, обернувшись рекой, соединяет свои воды с источником, в который превратилась нимфа или охотница Аретуса (Овидий. Метаморфозы. V. 572–642; Павсаний. Описание Эллады. V.7,2).

Сознательными действиями олицетворенных рек объясняется и происхождение их при-

токов. По словам рассказчиков, река Вазуза, украдкой убежавшая от Волги, чтобы захватить первенство, изрядно напугалась, когда ее догнала разгневанная соперница. В страхе она назвалась меньшой сестрой и просила Волгу донести ее на руках к Хвалынскому (Каспийскому) морю [Афанасьев-1, 1957. С. 139]. Как утрату рекой самостоятельного русла объясняют рассказчики происхождение данного притока Волги. То же известно о реке Десне, которая вынуждена была примкнуть устьем к быстрому Днепру, поскольку тот, опередив ее, впал в море. Долго сопротивлялась слиянию своих вод с водами Волги и река Кама.

Аналогичный мотив связан и с Сожем: в погоне за своим младшим братом, Днепром, он ныряет под землю, чтобы сократить себе путь. Сож рассчитывал, опередив брата, выскочить наверх, ему наперерез. Однако намерениям Сожа не суждено было осуществиться: вынырнув из-под земли, он «со всего размаху впал в днепровские воды» [Боричевский, 1844. С. 185]. Его постигла та же участь, что и Вазузу. Сож также остался без собственного русла. Несколько иное произошло с Доном. Нырнув в синее море да выскочив слишком рано, он так там и остался [Зеленецкий, 1852. С. 298]. И потому Дон не продолжает своего течения на другом берегу моря (как будто у него не было возможности попытаться вынырнуть в нужном месте во второй раз). И в том и в другом случае виноват был ворон, который, перелетев на другую сторону реки/моря, должен был каркнуть и таким способом дать знак, когда нырнувшей реке следует подниматься из воды. Но ворон в силу тех или иных обстоятельств каркнул слишком рано – и обе реки, выскочив на поверхность, остались там, куда они нырнули. В образе ворона – помощника мифологизированной реки проявляется одна из разновидностей зооморфного творца мира, равно как и самой реки.

Развязка коллизии, основанной на состязании рек, может быть различной. Побежденная река признает первенство победившей. Причем, по одной версии, она назвалась младшей сестрой реки, выигравшей состязание. По другой версии, обе реки побратались между собой и стали жить в согласии. И та и другая коллизия символизирует значение данной реки в определенном регионе. Лишь в редких этиологических мифах реки разлучаются навсегда, и каждая их них живет в дальнейшем своей самостоятельной жизнью.

Таким образом, рассматриваемые этиологические мифы объясняют происхождение сакрализованных особенностей речного ландшафта. Его определяют течение реки, направление движения, очертания русла и берегов, наличие притоков, рукавов, порогов. В этих нарративах заключены мифопоэтические представления о дороге-судьбе реки от истоков – рождения до устья – завершения жизненного пути. Однако, поскольку в качестве переходных обрядов смерть отождествляется со свадьбой, мотив впадения реки в море может осмысляться и как свадьба: «Шат шатался с глупу да упал в Упу, а Дон покатился в поле да женился на море» [Зеленецкий, 1852. С. 292].

В характерных признаках рек и прибрежного ландшафта первобытное сознание усматривало следы осознанной и одновременно стихийной деятельности персонифицированных и одухотворенных рек, в значительной мере взявших на себя функции демиурга. И потому динамическая картина самоопределения рек осмысляется как неотъемлемая составляющая космогенеза.

Мы же видим здесь истоки олицетворения, которое, развившись в поэтический троп, дало мощный импульс для создания образа живой реки, столь прочно вошедшего в литературное творчество:

Расступись, о старец-море,
Дай приют моей волне!
Погулял я на просторе,
Отдохнуть пора бы мне.
[М. Ю. Лермонтов. Дары Терека].

Литература

Афанасьев А. Н. Народные русские сказки А. Н. Афанасьева: В 3-х т. М.: ГИХЛ, 1957. Т. 1. 515 с.; Т. 2. 510 с.

Афанасьев А. Н. Поэтические воззрения славян на природу: В 3-х т. М.: Индрик, 1994. Т. 2. 784 с.

Барсов Е. В. Об олонецких древностях // Олонецкий сборник: Материалы для истории, географии, статистики и этнографии Олонецкого края. Петрозаводск, 1894. Вып. 3. С.170–186.

Белецкий А. А. Задачи дальнейшего сравнительно-исторического изучения языков // Вопросы языкознания. 1955. № 2. С.3–27.

Боричевский И. П. Народные славянские рассказы, изданные И. П. Боричевским. СПб.: Тип. Мор. корп., 1844. 247 с.

Вирт Г. Священный год // Конец света: Эсхатология и традиция / Сост. А. Дугин. М.: Арктогея, 1997. 402 с.

Гильфердинг А. Ф. Онежские былины, записанные А. Ф. Гильфердингом летом 1871 года: В 3-х т. Изд. 4-е. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. 2. 811 с.

Даль В. Пословицы русского народа: Сб. В. Даля. М.: ГИХЛ, 1957. 991 с.

Елизаренкова Т. Я. Ригведа. Мандалы IX–X / Изд. подгот. Т. Я. Елизаренкова. М.: Наука, 1999. 559 с.

Зеленецкий А. Г. Народные рассказы и поверья в Чернском уезде // Тульские губернские ведомости.

1852. № 26. Часть неофициальная. С. 292–296; № 27. С. 298–302.

К [овальский] И. Н. Кивач // Олонецкие губернские ведомости. 1901. № 95. Часть неофициальная. С. 2–3.

Криничная Н. А. Мифологема перевоплощения персонажей в карельских эпических песнях: предпосылки, ситуации, образы // «Калевала» в контексте региональной и мировой культуры: Материалы международной научной конференции, посвященной 160-летию полного издания «Калевалы». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. С. 118–128.

Максимов С. В. Нечистая, неведомая и крестная сила. СПб.: Т-во Голике и Вильборг, 1903. 526 с. (Этногр. бюро князя В. Н. Тенишева).

Минорский П. Река Свирь и ее значение в Олонецком крае // Олонецкие губернские ведомости. 1875. № 47. Часть неофициальная. С. 521–523.

Митрофанова В. В. Загадки / Изд. подгот. В. В. Митрофанова. Л.: Наука, 1968. 255 с.

Невская Л. Г., Николаева Т. М., Седакова И. А., Цивьян Т. В. Концепт пути в фольклорной модели мира (от Балтии до Балкан) // Славянское языкознание. XII Междунар. съезд славистов. Докл. российской делегации. М.: Наука, 1998. С. 442–459.

Пропп В. Я. Русский героический эпос. Изд. 2-е. М.: ГИХЛ, 1958. 603 с.

Рыбников П. Н. Песни, собранные П. Н. Рыбниковым: В 3-х т. Петрозаводск: Карелия, 1989. Т. 1. 527 с.; 1990 Т. 2. 640 с.

Терещенко А. В. Быт русского народа: В 7 ч. СПб.: Тип. военно-учеб. заведений, 1848. Ч. 5. 181 с.

Топоров В. Н. Река // Мифы народов мира: В 2-х т. М.: Совет. энциклопедия, 1982. Т. 2. С. 374–376.

Фасмер М. Этимологический словарь русского языка: В 4-х т. / Пер. с нем. Изд. 2-е. М.: Прогресс, 1987. Т.III. 832 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Криничная Неонила Артемовна
главный научный сотрудник, д. филол. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: vmp@sampo.ru
тел.: (8142) 562742

Krinichnaya, Neonila
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vmp@sampo.ru
tel.: (8142) 562742

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 57–67

УДК 581.8

БАННЫЕ ОБРЯДЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЧЕЛОВЕКА В ВЕПССКОМ КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ*

И. Ю. Винокурова

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье впервые рассматриваются банные обряды, связанные с жизненным циклом человека; их распространение на территории расселения вепсов, разные механизмы внедрения в вепсский культурный ландшафт. На основе сравнительного анализа делается вывод, что далеко не все банные инновации были отобраны вепсским населением. Отсортированные элементы подвергались значительной модификации со стороны этнолокальных групп вепсов. Модификация затрагивала весь обряд или его отдельные компоненты. Иногда инновация подвергалась такой значительной переработке, что уже переставала осознаваться как таковая и превращалась в органическую часть этнической культурной традиции.

К л ю ч е в ы е с л о в а : вепсская традиционная культура, баня, обряды жизненного цикла, фольклор.

I. Yu. Vinokurova. BATHHOUSE RITES OF THE HUMAN LIFE CYCLE IN THE VEPSIAN CULTURAL LANDSCAPE

The paper is a first study of the bathhouse rites connected with human life cycle, their distribution across the Vepsian settlement range, the various mechanisms of their introduction in the Vepsian cultural landscape. Comparative analysis has resulted in the conclusion that by far not all bathhouse innovations were adopted by Vepsian people. The selected elements were considerably modified by ethnolocal groups of Vepsians. Such modifications affected either the rite at large or its individual components. The innovation was sometimes transformed so profoundly that it was no longer perceived as such, and turned into an integral part of the ethnic cultural tradition.

K e y w o r d s : Vepsian traditional culture, bathhouse, life cycle rites, folklore.

В этнографии можно обнаружить немало примеров, когда культурное явление, возникнув как адаптированное произведение к определенному природному ландшафту и климатическим условиям, затем в связи с миграциями его создателей переносилось на другие территории, прививалось на новой почве, в том числе и с иными природно-климатическими параметрами; заимствовалось, порою в многообразии всех его функций, соседними этносами. Культурный ландшафт этносов-реципиентов, таким образом, первоначально сформировавшийся под влиянием природной среды, постепенно изменялся в связи с иноэтничными добавлениями. Одним из ярких примеров подобного рода является изобретение, возникшее в лесной зоне, – русская парная баня – небольшая

* Статья подготовлена в рамках проекта по созданию междисциплинарного научно-образовательного Центра прибалтийско-финских исследований «Fennica» (Программа стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016).

рубленая постройка с полком, лавкой и печью-каменкой, сложенной из крупных валунов и более мелких камней, основное отличие которой от бань других народов – значительное количество пара, образующегося при выплескивании воды на раскаленные от огня камни. Благодаря своим уникальным свойствам русская парная баня постепенно распространилась на обширной территории, включающей различные природные зоны, – от западных районов России до Тихого океана, потеснив иные гигиенические традиции. Она стала важным объектом не только материальной, но и духовной культуры как русских, так и соседствующих с ними народов. Утилитарным и символическим функциям бани у русских и большинства финно-угорских народов Европейской части России посвящено огромное количество литературы. На этом фоне в изучении банных традиций у вепсов наблюдается явное отставание. Возникает очевидная необходимость заполнить зияющую лакуну в культурном ландшафте Северо-Запада вепсскими данными по банной проблематике. В настоящей статье впервые предполагается сосредоточить внимание на вторичных функциях бани – обрядах, связанных с жизненным циклом человека; их распространении на территории расселения вепсов, механизмах внедрения в вепсский культурный ландшафт.

Результаты многочисленных общих и частных исследований о русских гигиенических обычаях и их взаимоотношениях с соседними народами были обобщены в коллективной монографии «Баня и печь в русской народной традиции» [2004]. В этой работе даны и ответы на некоторые дискуссионные вопросы по «банной» теме, которые мы возьмем за ориентиры для нашей статьи:

1) В древности жилище и баня совмещались в одной постройке. Областью возникновения традиции русской парной бани как отделившейся от жилища постройки следует считать земли вблизи Балтийского моря – бассейн Западной Двины и Приильменье, временем – период до X в. В другие регионы она попала позднее [Баня..., 2004. С. 27, 34].

2) Несмотря на то что такая баня занимала существенное место в быту ряда прибалтийско-финских народов России, исследователи, опираясь на ряд убедительных фактов, приоритет в ее появлении относят к культуре новгородских словен и кривичей. К карелам, например, баня явно попала от славян, но очень рано. Об этом свидетельствуют данные 1571 г.: «из 82 усадеб Кирьяжского погоста, расположенного немного севернее г. Корелы, бани были только в пяти. Такое мизерное число бань по отношению к количеству дворов, скорее всего, свидетельствует об их недавнем появлении здесь» [Баня..., 2004. С. 34].

3) Примерно до начала XX в. банные постройки имели широкое распространение лишь на Северо-Западе Европейской России и в Сибири – территориях, связанных с новгородской колонизацией. На южнорусских землях и в приграничных к Украине областях мылись в избе в деревянных чанах и корытах. Преобладающей гигиенической традицией в центре России (Рязанская, Тульская, Московская, Ярославская, Владимирская, Калужская, Тверская, Костромская губернии) было мытье в печах. Этот обычай встречался также местами на севере Европейской части страны – там, где преобладала ростовская колонизация; например, в южных районах Новгородской и Вологодской губерний [Баня..., 2004. С. 14, 25].

Теперь обратимся к вепсам. Территория вепсского расселения – Межозерье – оказалась зоной, разделенной двумя гигиеническими традициями – банной и печной. Среди вепсов Прионежья была распространена русская парная баня. Появление бани в северновепсской среде, скорее всего, произошло достаточно рано – в XIV в., когда вепсы, вытесненные новгородскими славянами из Присвирья в Прионежье, перенесли на новые земли перенятую от них традицию русской парной бани. Возможен и другой, также достаточно ранний, путь проникновения новой гигиенической традиции в вепсском Прионежье – от окружающего южнокарельского и севернорусского населения, имеющего развитую банную культуру. В отличие от вепсов Прионежья у южных и капшинских вепсов – в прошлом помещичьих крестьян, проживающих на территории, относительно бедной лесом, иметь баню было роскошью [Путистин, 2006. С. 287]. В большинстве деревень южных и капшинских вепсов первой, известной по источникам, традицией было мытье и паренье в печах. Н. Н. Волков описывал эту процедуру следующим образом: «В субботу печь топили жарче обычного; по окончании работ, перед вечером, хозяйка бросала в печь один или два снопа соломы или же вдвигала в печь вместо соломы доску, ставила там два горшка с горячей и холодной водой; захватив березовый веник, в печь залезал хозяин дома, иногда с маленьким сыном. Устье печи закрывали жестяным заслоном; обмакнув веник в горшок с водой, моющийся брызгал им воду на стены и парился; потом бежал окачиваться на двор» [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 28, л. 16]. В начале XX в. в некоторых поселениях (Прокушево, Бобро-

зеро) отмечены первые единичные случаи строительства бань. Однако местное население поначалу оказывало предпочтение более ранней традиции. Об этом свидетельствует запись А. Н. Колмогорова 1905 г.: «Есть у чухарей и специальные бани, – конечно, черные, – но там мыться удобно только летом, когда окачиваться и одеваться можно на открытом воздухе. Чаще же всего чухарь натапливает докрасна свою печь, слегка окачивает стенки ее водой и, забравшись в нее, подолгу «парится» березовым веником; затем обливается водой, и баня готова» [Колмогоров, 1905. С. 105]. В 1915–1930-х гг. количество бань немного увеличивается. Первоначально они строились в расчете на 5–6 семей, иногда существовала одна баня на всю деревню. Еще в 1939 г. Н. Н. Волков, побывавший у южных вепсов, отмечал в своем полевом дневнике: в д. Прокушево «бани редки», в Пожарище «бань нет» [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 10, л. 59]. Средневепсские деревни (Приоятье, Шимозерье и Белозерье) находились в полосе переплетения банной и печной традиций.

Распространение бань на вепсских землях влекло за собой не только изменение гигиенических традиций у местного населения, но и появление в их быту верований и обрядов, связанных с этой постройкой. По мнению С. А. Арутюнова, внедрение инноваций (в нашем случае мифоритуальных банных) в иноэтничную среду в наиболее полном виде проходит четыре этапа: отбор подходящих и отсев ненужных, копирование, модификацию и интеграцию [Арутюнов, 1989. С. 174].

На вепсской территории, где распространились бани, эта постройка стала играть важное место в обрядах, связанных с жизненным циклом человека.

1. Баня в родильной обрядности.

Многие народы (финны, латыши, эстонцы, удмурты, отчасти русские и карелы) использовали баню в качестве основного места для родов. У вепсов эта традиция оказалась малопопулярной. Она распространилась только в среде северных и белозерских вепсов, где, наряду с хлевом – главным родильным помещением, можно было рожать и в бане. Данное помещение, как правило, использовали зимой при трудных родах, затягивающихся на длительное время. Чтобы не застудить в холодном хлеву мучившуюся роженицу, ее переводили в растопленную к этому времени баню [SKS, E, Perttola, № 834].

Выбор бани для родов, как и выбор хлева, был связан с древними взглядами на рождение человека как на его приход в «мир людей» из «иного мира», при этом роль «иного мира» играла баня, а «миром людей» была изба.

Независимо от того, где происходили роды, через 2-3 дня после них устраивалось банное омовение. Северные вепсы, видимо, под влиянием карелов, устраивали совместную баню для роженицы и новорожденного. У средних и южных вепсов в баню ходила одна роженица, а ребенка мыли в доме на шестке печи [Строгальщикова, 1988. С. 101]. У карелов организация бани для роженицы и ребенка известна повсеместно, тогда как заонежане следовали этой традиции лишь в тех семьях, где женщины, согласно семейным преданиям, были карелками по происхождению [Логинов, 1993. С. 51].

Банный обряд основывался на универсальных представлениях о том, что в послеродовой период роженица и младенец являются сакрально нечистыми. Только после прохождения этого обряда роженице разрешалось мыться в бане с остальными членами семьи. Первая баня роженицы имела для нее и оздоровительное значение. Свекровь, руководившая банной процедурой, брала кочергу, помешивала ею воду в котле и произносила заклинание, чтобы здоровье роженицы было такое же железное, как кочерга [Строгальщикова, 1988. С. 101]. Различные тексты банных целительных заклинаний для роженицы бытовали также у карелов и русских Заонежья [Сурхаско, 1985. С. 32; Логинов, 1993. С. 53–54].

В бане происходило символическое отделение новорожденного от иного мира, смывание с младенца всего природного [Байбурин, 1991. С. 43]. Поэтому воду для мытья ребенка в бане вепсы брали из дому (= мира людей), объясняя это так: чтобы у новорожденного не было «чесу». «Дитя природы» наделяли человеческими чертами. Используя три мыла и теплую воду, свекровь старалась сделать головку младенца круглее. Совершались также обряды, способствующие здоровью новорожденного. Ребенка мыли хлебом, чтобы у него не было щетинки. Свекровь читала заговор: «Kut ńece kuĺbetiińe siižub nellou janguu, muga lapś kaźgha» – «Как эта баня стоит на четырех ногах, так ребенок пусть растет» [Строгальщикова, 1988. С. 101]. У северных вепсов, карелов и заонежан известно осторожное паренье ребенка в первой бане мягким веником.

2. Баня в свадебной обрядности.

Три ритуальные бани вошли в состав вепсской свадьбы: две предсвадебные – для невесты и для жениха – и одна послесвадебная для молодоженов. Они получили разное распро-

странение и развитие в вепсских этнолокальных группах.

Баня для невесты. Наиболее разветвленным оказался комплекс ритуальных действий, сопровождающих предсвадебное мытье невесты в бане, который сохранил даже особые названия *ńeidižk'üĺb'eť, niččenk'üĺb'eť* (букв. «девичья баня»). Этот комплекс имел полифункциональное значение: очищение перед важным жизненным событием, отторжение невесты от прежней жизни (обряды агрегации по А. ван Геннепу), передача невестиной славутности, любовная магия, посвящение в сакральное женское знание. Составной частью банного обрядового комплекса был фольклор: причитания, исполняемые невестой, плакальщицей, девушками, матерью, и песни подруг. Эти фольклорные жанры на большей части вепсской территории исполнялись на русском языке, т. е. не подвергались модификации в иноэтничной среде. Так, еще в конце XIX в. анонимный автор при описании свадебного обряда в с. Немжа Лодейнопольского р-на Олонецкой губ. писал: «Нужно заметить, что в Немже говорят по-чудски; между тем разговоры, причитанья и песни на свадьбе – всегда на русском языке» [Б-ов, 1897. С. 2]. Только у северных вепсов еще в годы Великой Отечественной войны информанты помнили причитания и песни девичьей бани на вепсском языке. Данное обстоятельство, скорее всего, связано с тем, что баня у вепсов Прионежья появилась намного раньше других вепсских групп, к тому же связанный с ней мифоритуальный комплекс подпитывался традициями соседнего карельского населения.

Устройство предсвадебной бани невесты было известно на всей вепсской территории, однако у капшинских и южных вепсов ее могла заменять печь. По сообщению М. Н. Смелковой (1910 г. р.) из с. Радогощь, «девушку мыли в печи. На той воде, которой девушку мыли, замешивали рыбники *(kokať)*. Ими кормили жениха». В источниках указывается также «черная половина», клеть, сени в избе, в которые во время проведения девичника ненадолго заводили невесту – «будто бы в баню». Затем невеста появлялась в избе и плачами сообщала, что побывала в бане [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 10, л. 59]. Эти данные свидетельствуют о том, что бани в деревне были не у всех, но свадьбу стремились сыграть по всем правилам.

Вепсская баня для невесты обычно устраивалась вечером накануне венчания. Как и русская и карельская, она имела единую структуру и делилась на следующие этапы: приготовление бани, сборы невесты в баню, путь в баню, мытье и путь из бани, приход в дом. Но каждый из этих этапов имел множество локальных разновидностей. Еще больше вариаций, чем действия, имели фольклорные тексты, которые их сопровождали и комментировали.

В большинстве вепсских деревень ритуал девичьей бани начинался с ухода истопников готовить баню. Чаще всего баню топили девушки – подруги или родственницы. Встречаются также сообщения о свахах (Печеницы), сестре и невестке (Немжа).

Разведению огня в банной каменке и горению придавалось важное символическое значение, прогнозирующее будущую семейную жизнь невесты. В с. Немжа сестра невесты и невестка для растопки бани брали «живой» огонь из домашнего очага [Б-ов, 1897. С. 2]. Во внимание принималась также порода дерева, идущая на банные дрова. У вепсов, как и в севернорусской традиции, наиболее пригодными для бани считались березовые поленья [SKS, E, Perttola, № 252: 58; Криничная, 1995. С. 20]. У северных вепсов баню полагалось топить только одной партией березовых дров без добавления новых. Поэтому в печь старались положить как можно большее количество поленьев. У оятских вепсов невестину баню нельзя было топить еловыми дровами, вызывающими треск при горении, чтобы после венца супруг и его родственники не ругались с молодухой. В Прионежье и Приоятье горящие дрова в каменке запрещалось бить и шевелить кочергой, они должны были сами истлеть, чтобы будущий муж не бил своей жены [Винокурова, 1999. С. 159]. Похожие запреты были распространены в некоторых севернорусских деревнях [Баня..., 2004. С. 203].

У северных вепсов приглашение невесты в баню включало архаичные действия, возникшие в пору, когда вода в бане нагревалась с помощью нагретых в печи камней, которые брали специальными щипцами. Лучшая подруга невесты, возглавляющая процессию подруг-истопниц, встав под матицей, дотрагивалась до нее щипцами *pihkled* и бросала их к ногам невесты. Затем, причитывая, звала невесту в «последнюю» в ее девичьем биосоциальном статусе баню: «Lämbitin mö silei küĺbetin, em ni ezmäšt, em ni ďälgmeišt, niitiš küĺbetin ďälgmeižen» – «Согрели мы тебе баню, ни первую, ни последнюю, девичью баню последнюю». Подняв щипцы с пола, невеста принимала приглашение [SKS, E, Perttola, № 252: 58]

У капшинских и южных вепсов о готовности бани сообщалось посредством плача на русском языке. В нем подробно описывался процесс заготовки особых дров и воды для бани,

по народным представлениям, влияющих на безопасность девушки и ее будущую благополучную замужнюю жизнь [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 94, л. 32]:

Мы стопили парну баенку.
Про тебя, мила подруженька
Агафья да Васильевна.
Уж ты подь-ка да пожалуйста.
Мы стопили трóим дровечкам:
Первым дровечкам кленовыим,
Клену не здешнево – Московсково;
Другим дровечкам – дубовыим,
Дубу не здешнево – Петербургсково,
Третьим дровечкам – березовыим,
Березой не здешней – Белозерскоей.
Наносили с трех ключев воды,
С трех ключев да подземельныих.

Сборы в баню включали причитания невесты, обращенные к матери или ко всем членам семьи, в которых содержалась просьба дать различные вещи, необходимые для похода в баню. У северных вепсов невеста просила мать: «Sina anda, roditeĺ mamuško, milei ivanski vasteińe; anda milei muileińe, kudambt mindei vouktaks pezese; anda milei, roditeĺ mamuško, rätśińäińe hoik, kudamban olet sina koume öt ombelmuze; ezmeižen ön oled sina ombelnu iĺĺinskian, koumanden öhuden oled sina ombelnu hristouskian; anda, roditeĺ mamuško, vouged pihkin paksus poimdut» – «Ты дай, родительница-мамушка, мне ивановский веничек; дай мне мыльце, которым меня дочиста вымоют; дай мне, родительница-мамушка, рубашку тонкую, которую ты три ночи шила; первую ночь ты шила Ильинскую, третью ноченьку ты шила Христовскую; дай, родительница-мамушка, белую скатерть скорее собрать» [SKS, E, Perttola, № 252: 61]. Аналогичные просьбы в форме причитаний на русском языке были распространены у вепсов с. Войлахта [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 1, л. 3].

У капшинских и южных вепсов невеста обращалась к матери с просьбой дать ей «шелковый веничек», «белое мыльце», «бело платьицо» и «вековешно согреваньице» – шубу. Тексты-просьбы могли быть обращены к нескольким членам семьи. Например, в д. Максимова Гора невеста сначала просила мать:

Ты подай, родима матушка,
Ты подай да светло платьице,
Ты подай да што шелковое.

Мать подавала платье, невеста брала и кланялась в пояс. Затем обращалась к сестре:

Ты подай, сестрица-ластушка,
Ты подай да шелков веничек.

Сестра подавала веник, обычно сделанный накануне *Иванова дня.* Далее невеста просила у сестры:

Ты подай, сестрица-ластушка,
Мыльца да драгоценного.

Получив мыло, невеста обращалась к отцу:

Ты подай, кормилец батюшка,
Вековешное да согреваньице,
Теплое да одеваньице.

Отец подавал шубу [МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 94, л. 33–34]. Следует заметить, что просьба о шубе и включение ее в последующие обряды – благословения родителей и передвижения в баню – были характерны для традиций оятских, капшинских и южных вепсов. В с. Немжа невеста причитывала отцу:

Ты подай, кормилец-батюшко,
Мне кунью шубу соболиную,
Ты одень, кормилец батюшко,
Мне узкие-то плечики.

Отец надевал на невесту шубу и зажигал свечку перед иконами. Невеста молилась:

Введеньé, Мать Богородица,
Поведи ты меня, Господи,
По добру да по здоровьицу
[Б-в, 1897, № 23, С. 2].

В д. Боброзеро невеста, получив от матери вещи, необходимые для похода в баню, просила благословить ее на это важное дело сначала отца:

Благослови, кормилец батюшко,
Во парну во баенку.
Парну баенку, неугарную.

Потом с этими словами обращалась к матери, братьям, сестрам, другим родственникам и, наконец, к Богу:

Благослови-ко, Боже Господи,
Во парную во баенку.
Парну баенку, неугарную
[МАЭ, ф. 13, оп. 1, № 94: 33–34].

Путь в баню и из нее считался очень опасным для находящейся в переходном состоянии невесты и поэтому сопровождался многочисленными обережными действиями, которые варьировали. У северных вепсов впереди процессии, ведущей невесту в баню, шла плакальщица, за ней следовали невеста и девушки, несущие над ее головой банные щипцы. В Приоятье мать накрывала девушку рубашкой и скатертью, брат накидывал независимо от времени года шубу и провожал до сеней в баню. Сопровождаю-

щие невесту подруги звенели сковородниками и заслонками из бани и обратно [Горб, 1992. С. 160–161]. У капшинских и южных вепсов перед походом в баню *сваха* подметала веником дорогу, по которой должна была пройти невеста. Многочисленные параллели, связанные с обережными предметами и действиями, сопровождающими дорогу невесты в баню, обнаруживаются в русской традиции [Бернштам, 2009. С.132; Зорин, 1981. С. 93].

В северновепсской традиции перед пересечением невестой банного порога совершался еще один ритуал, относящийся к разряду «последнего» в девичестве. Невеста доставала хлеб и говорила подружкам: «Sögat ďälgmeiń minun ehtlouna, enambad minuspei ni ole» – «Ешьте последний мой ужин, которого у меня не будет». Затем она кончиками пальцев отламывала от хлеба кусок для каждой девушки и называла ее имя [SKS, E, Perttola, № 252: 62].

Последняя девичья баня в то же время являлась местом посвящения невесты в тайны взрослых женщин. Вход в баню для девушек был закрыт. Пока невеста мылась в бане, они оставались в предбаннике и пели грустные песни на русском языке. Одна из наиболее распространенных песен носила название «Трубушка». В Шимозерье бытовал такой текст:

Запели птичуньки на зори,
Да заплакала девушка на мори,
На мори, на морюшки сидючи,
Да на быструю речиньку глядучи.
Не с кем мне девушке думушку думати,
Думати не думати с братцами,
Да с братцами думушка не крепка
(так перечисляют всех
родственников невесты).

После перечисления всех родственников песня завершалась словами:

Не с кем мне думушку думати,
Думати не думати с Ванюшкой (имя жениха),
С Ванюшкой думушка всех крепче…
[СПбАН, ф. 135, оп. 2, № 246: 10].

В бане невесту мыла и парила плакальщица (вариант: мать). Процедура сопровождалась магическими действиями, которые в народных рассказах определялись как колдовские, например: «Siid ńevestad käuteittaze völ küĺbeťihe, p'ezetetaze händast, noiditaze» – «Затем невесту еще ведут в баню, моют ее, колдуют» (Шелтозеро) [NÄKM, 1951. S. 111]. «Колдовство» применялось для того, чтобы невесту любили жених и его родственники, а также от порчи вступающей в брак. В среде северных вепсов, где под влиянием карелов были распространены обряды поднятия *славутности* (кар. *lembi*), перед началом мытья невесты плакальщица плескала воду на каменку и открывала трубу, чтобы «слава о девушке распространилась с паром и все о ней знали» [SKS, E 252: 62]. Наиболее распространенным «колдовским» обрядом было натирание тела девушки заговоренной солью, даже в том случае, если мытье невесты происходило не в бане, а в печи. Затем причитальщица ставила девушку на сковороду и обливала водой или молоком. Оставшаяся после обливания на сковороде вода (молоко) использовалась для замеса теста и приготовления пирогов, чаще всего рыбника. Им угощали жениха, чтобы он крепче любил невесту. Аналогичные обряды были распространены у русских и карелов [Сурхаско, 1977. С. 109].

В северновепсской традиции после окончания банной процедуры плакальщица брала использованный в бане веник, развязывала его и бросала через голову назад на крышу бани, при этом веник распадался [SKS, E, Perttola, № 252: 62]. Действия разрушительного характера с веником (как и с «красотой», хлебом) воспринимались, прежде всего, как знак умирания невесты в прежнем биосоциальном качестве, предстоящего лишения девственности. Сходное действие, но с иным смыслом, отыскивается в карельской свадебной обрядности: девушки забрасывали веник на крышу бани или, развязав, подбрасывали прутья вверх, чтобы поднять свою лемби [Сурхаско, 1977. С. 109].

После мытья невесту опоясывали поясом-оберегом, представляющим собой сетку из мережи с привязанными к ней щучьим зубом, угольком, кусочками глины и свечи. Апотропеем мог быть и янтарный камушек, прикрепленный к нательному крестику [Гущина, 2006. С. 298].

Далее у оятских, капшинских и южных вепсов совершались обряды, демонстрирующие рождение невесты в новом качестве. Невеста переодевалась в нарядное платье и покрывалась платком. Известно также послебанное переодевание невесты в мужскую одежду, объясняемое символикой «чужой воли» [Бернштам, 1988. С. 88]. У южных и капшинских вепсов после переодевания следовал обряд «нового рождения» невесты: мать ставила правую ногу на лавку, а девушка пролезала под ее ногой. Это действие мать сопровождала словами: «Умела свое дитя родить, умею и в люди пустить». Затем невеста обходила мать, три раза целовала ее и вставала рядом [Гущина, 2006. С. 298]. В д. Печеницы невесту после бани одевали в белье, приготовленное для жениха, и в этом наряде заставляли три-

жды пройти между ног матери, после этого обряда невеста надевала свою одежду [РЭМ, ф. 1, оп. 2, д. 373: 42].

Возвращение невесты в дом также имело множество вариантов и в некоторых местах сопровождалось плачами. У северных вепсов невесту встречали мать и крестная. В д. Печеницы в дверях дома дочь встречал отец с иконой, к которой она прикладывалась. В с. Винницы невесту у дверей встречал жених, дарил ей мыло, зеркало, гребень, конфеты, пряники, а она ему – платок [С-ов, 1894. С. 400].

Вепсская предсвадебная баня невесты обнаружила многочисленные параллели в свадебных ритуалах севернорусского населения. В то же время она связывает Северо-Запад с Верхним и Средним Поволжьем и Центральными областями [Зорин, 1991. С. 95]. Среди прибалтийско-финских народов аналогичная подвенечная баня невесты, сопровождаемая причитаниями и песнями, была распространена у карелов Карелии и Тверской губ.; води; ижоры; эстонцев Вирсярви; восточных финнов, проживающих на границе с Карелией. А. Ояярви, У. Харва и И. Вахрос полагают, что все финно-угорские народы России, в том числе и вепсы, усвоили девичий банный ритуал от русских [Vahros, 1966. S.136–145]. Рассмотренные нами данные позволяют конкретизировать этот вывод. Многие самобытные северновепсские обряды, песни и причитания на вепсском языке, связанные с подвенечной баней невесты, а также обнаруженные южнокарельские параллели свидетельствуют о достаточно раннем появлении бани в среде северных вепсов, влиянии на их банные обряды традиций ливвиков и людиков. В других вепсских группах банные обряды, как и баня, появились позже. Ритуалы, связанные с печной традицией (например, «новое рождение» невесты ее матерью), переносились в баню и присоединялись к новым банным обрядам.

Обрядовая баня жениха. Упоминается только в источниках по капшинским и северным вепсам. Женихова баня, в отличие от невестиной, особой сложностью не отличалась. Основными ее функциями были очистительная и предохранительная от порчи. У капшинских вепсов жениха в бане мыл старший дружка. По окончании процедуры он надевал ему на голое тело пояс из старой рыболовной сети с замотанной в нее щучьей головой – от «призора»; сверху на жениха надевалась рубаха, приготовленная к венцу его крестной матерью. Путь жениха из бани в дом, как и невесты, сопровождался обережными действиями: старший дружка ударами кнута отгонял всякую нечисть [Горб, 1992. С. 161]. У северных вепсов жених посещал баню в день свадьбы. После мытья он надевал лучшую одежду. Для защиты от колдовства жених клал в правый сапог три ячменных зерна, три дресвяных камушка (*čuurkivi*), кору осины, а также серебряную монетку – награду невесте за разувание (*rušiťez*), которое происходило перед укладыванием молодых на брачное ложе [SKS, E, Perttola, № 252: 74].

По мнению исследователей, обрядовая баня жениха – явление более позднее, генетически восходящее к бане невесты [Vahros, 1966. S. 309, 318]. Скупые упоминания о ней у русских Архангельской, Олонецкой, Вологодской, Костромской, Ярославской, Тверской и Псковской губерний встречаются лишь с середины XIX в. [Vahros, 1966. S. 309]. Женихов банный ритуал был зафиксирован также в отдельных селениях Цивильского, Царевококшайского и Чистопольского уездов Казанской губернии [Зорин, 1981. С. 94]. У других восточнославянских народов он не известен. Среди финно-угорских этносов России этот церемониал, помимо вепсов, был зафиксирован в некоторых карельских деревнях, у води и ижоры. Во всех источниках указывается совсем небольшое количество ритуальных действий, сопровождающих баню жениха, прежде всего обережного и посвятительного характера. Эти сведения говорят о том, что в разных местах и этнических средах при организации бани жениха отбирались и получали развитие только те обряды из бани невесты, которые были актуальны для «мужской темы» – для вступающего в брак парня. Так, в Рыбинском у. Ярославской губ. жениха провожали в баню торжественным шествием. Дружка, возглавляющий процессию, нес веник на длинной палке (фаллический символ). Парни, идущие сзади, звенели коровьими колокольчиками и стреляли из ружей. В Торопецком у. Псковской губ. дружка, начиная мытье жениха, плескал на каменку пиво или водку и произносил заклинания – *уроки* от злого взгляда. Как и при проведении у вепсов невестиной бани, здесь использовалась сковорода. Закончив процедуру, дружка клал на пол сковороду с тремя камнями и разбивал их обухом топора со словами: «Как эти камни рассыпались, так и наши злодеи рассыпались» [Vahros, 1966. S. 310–312].

В карельской традиции с помощью особой песни жених просил мать или сестру затопить баню тонкими дровами, приготовить щелок для мытья головы. Парни с песнями вели жениха в баню. Там он мылся один,

у северных карелов – иногда с патьвашкой, совершающим над ним колдовские действия [Сурхаско, 1977. С. 102]. В это время в предбаннике парни исполняли особые банные песни (*kylyvirzi*), в которых содержался призыв расстаться с прежней холостяцкой жизнью [Vahros, 1966. S. 316].

У води и ижоры жениха в баню также сопровождали парни. Там они мыли ему голову, а девушки сидели в предбаннике и пели песни. Исполняемые ими песни были идентичны банным песням невесты [Vahros, 1966. S. 318].

Баня молодоженов. В северновепсских деревнях супружеской паре после первой брачной ночи устраивали совместную баню, главным смыслом которой было очищение и освящение совершившегося события. Разбудив молодых, их спрашивали: «Нужна ли баня?». Если половой акт состоялся, то жених отвечал утвердительно. По некоторым сообщениям, печь в бане не всегда топили, а только грели воду. Здесь молодых оставляли вдвоем, они ничего не мыли, кроме своих половых органов [Holmberg, 1924. С.15]. По другим сведениям, баню топили. С топкой были связаны шутки односельчан: выносить из бани дверь и окно и прятать их. Дружки должны были найти спрятанные дверь и окно или заплатить за них выкуп. По мнению исследователей, эти конструктивные части построек входят в систему генитальной символики, их кража соотносится с дефлорацией [Байбурин, Левинтон, 1978. С. 95]. Этот же смысл имели и другие действия банного ритуала. Например, дружка делал в стене предбанника дыру и смотрел в нее, как молодые моются. Затем приходила свекровь посмотреть на молодых. Дружки в предбаннике пили вино, а бутылку бросали в стену и пели песни. Свекровь одевала молодых в бане. После ее ухода дружка шел в баню и спрашивал молодых: «Hüvinik pezitei, tegittik t'äl öl g'ŕähkan?» – «Хорошо ли помылись, совершали ли всю ночь грех?». Все свадебщики смеялись и пели песни [NÄKM, 1951. S. 125–126]. В с. Горнее Шелтозеро действия свекрови в бане имели продуцирующий смысл: она приходила туда с миской мясного супа и этим супом мыла молодых [АКНЦ, ф. 1, оп. 43, № 300, л. 7–10]. Умывание молодых из одной миски (водой, супом) имеет прибалтийско-финское происхождение, которое позже было включено в банный ритуал молодоженов [Ojajärvi, 1959. S. 293, 314].

Поездка молодых в баню на санях (телеге) и их обратное возвращение также демонстрировали событие ночи. В с. Каскесручей молодоженам вначале подавали «экипаж», имеющий фаллическую символику, – борону, деревянные зубья которой были направлены вверх. Роль возниц исполняли дружки, которые при быстрой езде неоднократно опрокидывали сани (телегу) с молодыми и заставляли прилюдно целоваться. Многочисленные барахтанья на земле и поцелуи молодоженов символизировали успешно состоявшийся брачный союз.

В некоторых северновепсских деревнях послесвадебный банный ритуал демонстрировал включение новобрачных в группу взрослых: он объединял молодоженов, их родителей и взрослых жителей деревни. После новобрачных в бане мыли свекровь, иногда вместе со свекром. Затем их или одну свекровь катали в санях по деревне под крики толпы «Ура!». В с. Шелтозеро свекровь садилась в сани, молодая дарила ей рубаху, а женщины с песнями тянули повозку через всю деревню [SKS, E, Valjakka, № 579].

Обрядовое посещение молодыми бани было широко распространено среди русского населения северо-западных и центральных губерний России и имеет давнее происхождение. О нем имеется свидетельство немецкого ученого А. Олеария (XVII в.) [Олеарий, 1986. С. 350]. Данный ритуал был зафиксирован также у некоторых групп эстонцев, карелов, коми-зырян, мордвы, удмуртов. По мнению А. Ояярви, появление свадебной бани молодоженов у пермских и волжских финно-угров связано с русским влиянием [Ojajärvi, 1959. S.329]. Банный церемониал молодых как у русских, так и у финно-угорских народов существовал во множестве вариантов. Однако северновепсский ритуал обнаружил поразительное сходство с южнокарельским. В состав последнего также входили: воровство банной двери у истопников и ее выкуп; совместное мытье молодоженов; разбивание бутылок и горшков свадебщиков о стены бани; присутствие свекрови при мытье и одевании новобрачных; послебанное катание молодых по деревне, сопровождаемое шутками; совместное мытье и последующее катание на санях свекра и свекрови; одаривание свекрови невесткой перед катанием [Сурхаско, 1977. С. 186–189]. Подобные аналогии объясняются безусловным влиянием южнокарельской банной традиции на северновепсскую.

3. Баня в похоронно-поминальной обрядности.

В похоронно-поминальном обрядовом контексте актуализировалось очистительное значение бани. У северных и средних вепсов по

возвращении с кладбища участники похорон ходили в баню, чтобы избавиться от холода и нечистоты мира мертвых. Этот обычай был зафиксирован также у лояницких, сегозерских и местами у северных карелов, русских (Владимирская губ.) [Сурхаско, 1985. С. 111; Русские, 1997. С. 524].

Приготовление бани для покойника являлось неотъемлемой частью сорочин в вепсском Прионежье, Белозерье и в некоторых деревнях Приоятья. Поминальная баня считалась последней для умершего в мире людей, поэтому она сопровождалась множеством плачей. Прибытие в иной мир требовало очищения. Баню топили вечером накануне сорокового дня. Туда приносили и развешивали одежду умершего, полотенце (рис.1). В таз наливали теплой воды, клали веник. Родственница или плакальщица плачами приглашала «гостя» в баню (рис. 2). Так, во время проведения сорочин в с. Войлахта (2001 г.) от А. П. Загуляевой был записан такой текст:

Ой, приходи-ко до нас,
Наш родимый сват.
Ой, на свои поминочки,
Ой, до милой женушки.
Ой, стоит затоплена,
Ой, сготовлена,
Да парна баенка.
Ой, ждали же шесть неделюшек.
Ой, тело белое
Уж закоптилося.
Ой, платьице, да лежит,
Запылилося.
Ой, да помойся, да
В нашей срубленной.
Ой, водица взята,
В тазик налита.
Ой, на полке
Мыло белое.
Ой, веничек висит на жердочке.
Ой, ты приди-ко до нас
К нашей срубленной.
Ой, с той сторонки да нету выхода.
Ой, что уже шесть неделюшек,
Твоя милая женушка,
Ой, не стало да не,
Все ждала тебя.

Мытье «гостя», сопровождающееся причитаниями, вытирание его полотенцем имитировал кто-либо из членов семьи. После мытья «гостя» баню посещали участники сорочин.

Аналогичная баня для умерших, устраиваемая вечером накануне 40 дня после смерти, бытовала у русских Вологодчины [Vahros, 1966. S. 103].

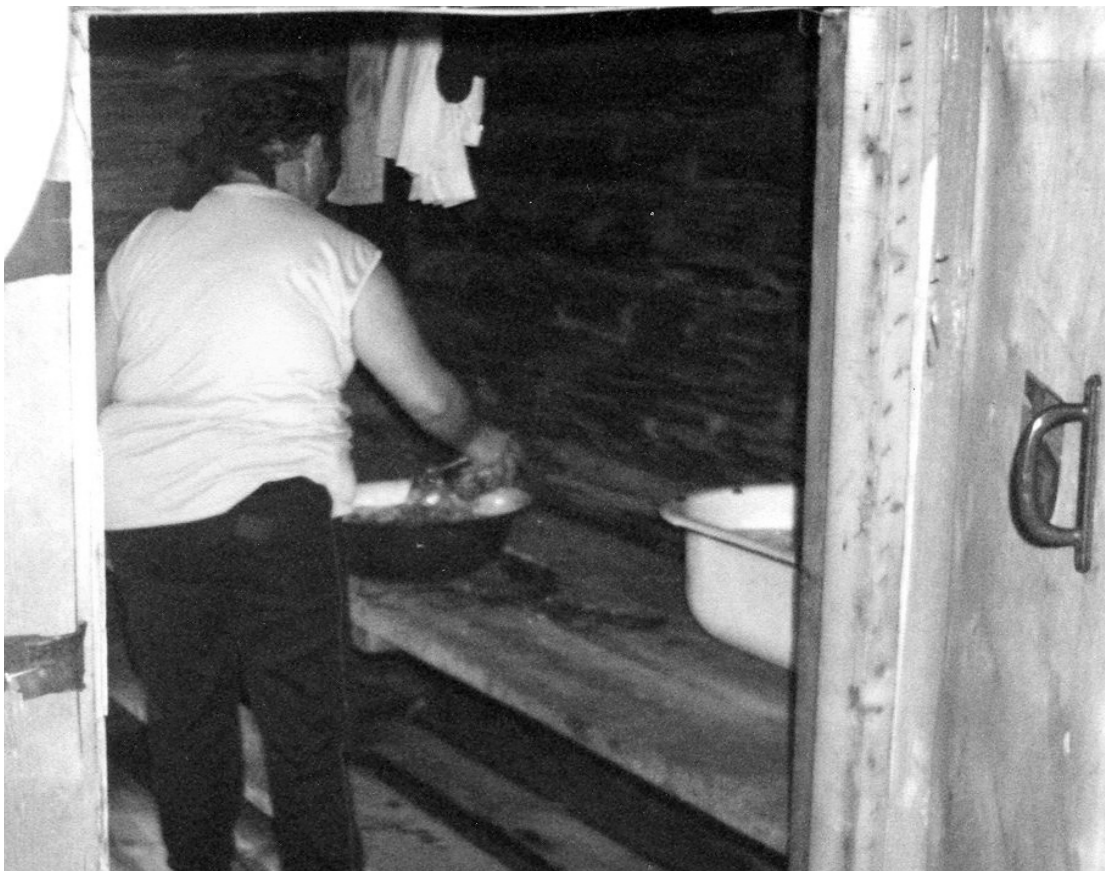


Рис. 1. Приготовление поминальной бани для умершего вдовой Н. А. Емельяновой в с. Войлахта. Фото В. Б. Бовина, 2001 г.



Рис. 2. Приглашение умершего в баню причитальщицей А. П. Загуляевой в с. Войлахта. Фото В. Б. Бовина 2001 г.

На других русских территориях баня для умерших устраивалась в другие календарные даты: в родительские субботы, Великий четверг, кануны великих праздников. Многие древнерусские памятники (проповеди и наставления церковнослужителей) свидетельствуют о том, что ритуал приготовления бани для умерших – древнейший, возникший задолго до XI в. [Vahros, 1966. S.101].

***

Итак, рассмотренные материалы о вепсах, их анализ в сравнительном аспекте продемонстрировали разные механизмы внедрения банных ритуалов в вепсский культурный ландшафт. Далеко не все инновации были отобраны вепсским населением. Эта постройка, например, более гигиеничная, чем хлев, так и не стала местом для родов у вепсских женщин. У северных вепсов баня для молодоженов была схожа с баней у южных карелов, а баня сорокового дня – с баней у русских. Южные вепсы на первых порах отвергали бани и предпочитали мыться в печах, но при этом постепенно включали в свой свадебный ритуал обрядовую баню невесты. В то же время у них не получили распространения бытующие у соседнего русского населения бани для молодоженов и умерших. Отобранные элементы подвергались значительной модификации со стороны этнолокальных групп вепсов. Модификация затрагивала весь обряд или его отдельные предметные, персонажные, акциональные и вербальные компоненты. Иногда инновация подвергалась такой значительной переработке, что уже переставала осознаваться как таковая и превращалась «в органическую часть этнической культурной традиции» [Арутюнов, 1989. С. 174]. Примером такой интеграции является северновепсская банная культура.

Литература

Арутюнов С. А. Народы и культуры: развитие и взаимодействие. М.: Наука, 1989. 247 с.

Архив Карельского научного центра РАН (в тексте – АКНЦ).

Баня и печь в русской народной традиции. М.: Intrada, 2004. 288 с.

Б-в И. Свадебные обычаи в Немжинском приходе Лодейнопольского уезда // Олонецкие губернские ведомости. 1897. № 19, 23, 25.

Байбурин А. К., Левинтон Г. А. К описанию организации пространства в восточнославянской свадьбе // Русский народный свадебный обряд. Л., 1978. С. 89–105.

Байбурин А. К. Ритуал в традиционной культуре. СПб.: Наука, 1993. 240 с.

Бернштам Т. А. Молодежь в обрядовой жизни русской общины XIX – начала XX в. Л.: Наука, 1988. 277 с.

Бернштам Т. А. Народная культура Поморья в XIX – начале XX в. М.: ОГИ, 2009. 432 с.

Винокурова И. Ю. Огонь в мифологии вепсов // Вепсы: история, культура, межэтнические контакты. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. С. 148–167.

Горб Д. А. Материальные компоненты вепсского свадебного обряда в конце XIX–XX в. (по материалам ГМЭ) // Население Ленинградской области: материалы и исследования по истории и традиционной культуре. СПб., 1992. С. 154–169.

Гущина В. В. Вепсская свадьба по архивным материалам Н. Н. Волкова // Современная наука о вепсах: достижения и перспективы (памяти Н. И. Богданова). Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. С. 295–302.

Зорин Н. В. Русская свадьба в Среднем Поволжье. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1981. 199 с.

Колмогоров А. Н. Поездка по Чухарии (предварительное сообщение) // Землеведение. 1905. Кн. 3. С. 93–114.

Криничная Н. А. Сынове бани (мифологические рассказы и поверья о духе – хозяине бани). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1995. 69 с.

Логинов К. К. Семейные обряды и верования русских Заонежья. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1993. 228 с.

Музей антропологии и этнографии (Кунсткамера) (в тексте – МАЭ).

Олеарий А. Описание путешествия в Московию // Россия XV–XVII вв. глазами иностранцев. Л.: Лениздат, 1986.

Путистин С. В. Печь южных вепсов: традиции и заимствования // Современная наука о вепсах: достижения и перспективы (памяти Н. И. Богданова). Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. С. 285–293.

Российский этнографический музей (в тексте – РЭМ).

Русские. М.: Наука, 1997. 828 с.

С-ов П. Оятские лапти // Олонецкий сборник. 1894. Вып.3. С. 397–404.

Санкт-Петербургское отделение РАН (в тексте – СПбАН).

Строгальщикова З. И. Материалы по родильной обрядности вепсов // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1988. С. 95–106.

Сурхаско Ю. Ю. Карельская свадебная обрядность (конец XIX – начало XX в.). Л.: Наука, 1977. 237 с.

Сурхаско Ю. Ю. Семейные обряды и верования карел (конец XIX – начало XX в.). Л.: Наука, 1985. 170 с.

Holmberg U. Vepsäläisten häämenot // Suomen Museo. 31. Helsinki, 1924. S. 109–136.

Näytteitä Äänis- ja Keskivepsän murteista (Keränneet: Setälä E.N., Kala J.H.). Helsinki, 1951. 621 s. (В тексте – NÄKM).

Ojajärvi A. Morsiussauna // Kalevalaseuran vuosikirja, № 39. Helsinki, 1959. S. 293–330.

Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran kansanrunouden arkisto (в тексте – SKS).

Vahros I. Gesghichte und Folklore der grossrussischen Sauna. FFC № 197. Helsinki, 1966. 360 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Винокурова Ирина Юрьевна
зав. сектором этнологии, д. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: irvin@sampo.ru
тел.: 89215219450

Vinokurova, Irina
Institute of Language, Literature and History
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: irvin@sampo.ru
tel.: 89215219450

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 68–73

УДК 398.3+398.4(=511.112)

ЛЕСНОЙ НОС: АРХАИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРЕЛОВ О БОЛЕЗНИ И МАГИЧЕСКИЕ ЛОКУСЫ РИТУАЛА ИСЦЕЛЕНИЯ

Л. И. Иванова

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Статья посвящена архаичным представлениям о болезни лесной нос (ливв.: mečännenä, с.-к.: metsännenä), которая карелами воспринималась как некое живое существо. Впервые исследуются взгляды карелов на причины возникновения данного недуга. Основная из них – нарушение табу и условий общения с духами-хозяевами леса, неверный способ и ошибочные цели проникновения в ландшафт «лесного царства». В связи с этим рассматриваются сам обряд и основные локусы, в которых проводился ритуал исцеления (лес, дерево, земля, перекресток, муравейник, баня).

Ключевые слова: лесной нос, свой/иной мир, причины недуга, нарушение табу, сакральные локусы, ритуал исцеления.

L. I. Ivanova. **THE FOREST NOSE: ARCHAIC IDEAS OF KARELIANS ABOUT DISEASE, AND MAGICAL LOCI OF THE HEALING RITE**

The Article is devoted to the archaic notions about the disease forest nose which was perceived by the Karelians as an alive creature. For the first time are investigated the views of the Karelians on the causes of the origin of this ailment. The principal among the causes is a violation of the tabus and the conditions of the communication with the spirits of the forest-owners, the wrong way and the incorrect goal of the penetration into the landscape of the “forest kingdom”. Due to this fact the rite and the main locus, where the ritual of healing is held (forest, tree, earth, road intersection, ant hill, bath-house (banya)), are considered.

Key words: forest nose (“lesnoi nos”), your own/ another world, the causes of the ailment (disease), the violation of tabus, sacral locus, a ritual of healing.

В архаическом мировосприятии, примером которого является карельская мифология, микрокосм (человек) и макрокосм (в данном случае это лес) неразрывно связаны друг с другом некоей невидимой цепью. Поэтому нарушение любых табу и условностей, т. е. «поломка» любого звена этой цепи, приводит к тяжелым последствиям. И в то же время два мира – свой, человеческий, и иной, чужой мир «лесного царства» – отделены друг от друга различными границами (пространственными, временными, вербальными, этическими). Когда человек переступает их, лес и его хозяева наказывают провинившегося, насылая особую болезнь – лесной нос (ливв.: mečännenä, с.-к.: metsännenä). В данном контексте перевести слово «nenä» можно и как «конец, передняя часть, остриё». Карелы считали, что существует множество различных носов-болезней: леса, воды, огня, ветра, могилы и др. Все они, наряду со многими другими недугами (оспа – Ospičču Ivanovič, прихо-

дящее – tulomine и тому подобные), мифологизируются и персонифицируются.

По мнению К. Астедта, у слова «nenä» в данном понимании можно выделить два значения: во-первых, это некая мистическая болезнь, а во-вторых, некое мифическое духовное существо. Граница между этими понятиями, считает исследователь, очень зыбкая [Astedt, 1960. S. 307]. В карельских верованиях они, скорее всего, объединены, т. к. сама болезнь воспринимается как некое аморфное живое существо (причем любая; например, оспу называли Ospičču Ivanovič, ей даже готовили угощение, прося взамен уйти из дома).

В словаре карельского языка «metsännenä» объясняется как «болезнь, которая случается от гнева лесного духа-хозяина». Сами носители информации говорят о множестве симптомов, часто совпадающих при различных носах. В Суоярви говорили, что «тогда грудь и плечи болят»; в Сямозере – что кружится голова; в Суйстамо – что это вообще любая болезнь, приходящая из леса [KKS, 1993. S. 297]. В Савинове карелы считали, что «нос леса… еду не пропускает (т. е. тошнит, рвет). В лесу есть хозяин. Ему как выкрикнешь что-нибудь плохое, тогда-то и придет» [ФА. 2972/22а]. Карелы считали, что носы леса и ветра – «это братья! Братья! Ветер спрашивает у леса. Лес спрашивает у ветра… Поди знай, что спрашивают!.. Если ветер, то голова болит. А если лес к человеку пристанет, тогда тошнит, аппетита нет, то колет в спину, то – в какое место, не дает груди дышать» [ФА. 3026/5].

По мнению карелов, все носы (леса, воды, могилы и др.) взаимосвязаны. Поэтому они особенно опасны тем, что «если один нос пристанет, то тут и три пристанет подряд» [ФА. 3362/23].

Болезни «от носа» называли еще одним термином: tulomine, т. е. приходящее [ФА. 2397/11]. Часто «плохое» (paha) могло «пристать» (tarttuu) просто от собственной нехорошей мысли, например, от боязни заболеть или сломать ногу. В Беломорской Карелии, «когда в лесу что-то случалось, просили прощения у “золотого короля леса”. Зуб мог заболеть, руку можно порезать или к ноге “пристанет”. Когда испугаешься, тогда и пристанет» [Virtaranta, 1958. S. 77].

Болезнь могли наслать и рассерженные хозяева леса. В одной из быличек рассказывается, как на свадьбе колдуны, споря и хвастаясь собственными силами, потревожили и рассердили лесные силы (mečänvägi). После этого молодожены тяжело заболели. Знахарю, к которому обратились родители, пришлось умилостивлять всех хозяев леса, но он смог уговорить только одного из них, самого жалостливого, «и тот позволил хотя бы поставить молодых на ноги» [SKS. 384/62].

Диагноз, причина и, что не менее важно, изначальное место возникновения недуга устанавливались различными способами. Во-первых, больной, проанализировав пройденный путь и совершенные действия, мог сам догадаться, какого духа-хозяина он прогневал. Во-вторых, он мог увидеть это во сне; часто перед этим следовало произнести особые заговорные формулы. В-третьих, самым радикальным и действенным методом было обращение к знахарю, который сразу же после установления диагноза мог начать процедуру исцеления.

Данный ритуал проводился на самых сакральных локусах, на которых был возможен контакт с представителями иного мира.

В Приладожской Карелии говорили, что когда глаза, уши или другая часть тела болят и знахарь установит, что это от лесного духа (metsänhaltia), то болезнь называли лесной нос (metsännenä). Для исцеления надо было идти в лес, встать ***у муравейника***. Знахарь брал больного за руку, здоровался с хозяевами леса и девять раз читал заговор, каждый раз отступая на один шаг [SKVR. VII. 2494.] Другой рассказчик советовал, после того как попросишь прощения у «хозяина леса, хозяйки леса, золотого короля леса», девять шагов пятиться назад и только потом повернуться лицом в сторону дома. А если сильно болеешь, надо сделать трижды по девять шагов [SKVR. VII. 2482]. Подчеркивается, что уходить с места соприкосновения с иным миром надо не оглядываясь (достаточно вспомнить греческую Эвридику, оставшуюся в подземном царстве, или ветхозаветную жену Лота, превратившуюся в соляной столп). Человек просил прощения у всех хозяев леса, признавая их незыблемую правоту («ваша правда, наша вина»), прося их «забрать ваше хорошее, отдать наше плохое» [SKVR. VII. 2479]. При этом он осознавал греховность и свою личную, и всего человечества: «нет дерева, на котором бы не сидела птица, так нет и человека, который не оступился бы» [SKVR. VII. 2497]. Необходимым условием обряда исцеления было присутствие еще одного человека (toinen mies vierahaksi), прямо во время произнесения заговора предупреждали духов: «Здесь у меня чужой человек!» [SKVR. VII. 2497, 2499].

В мифологической прозе и верованиях муравейник часто является сакральным локусом, средоточением лесной жизни, местом обитания лесных духов и общения с ними. Считалось, что в образе муравья предстает и

сам хозяин леса: «народ леса... показывается умеющему вызвать его в виде... муравья» [Мансикка, 1917. С. 204]. У муравейника проводили многие ритуалы: исцеления, гадания, поднятия девичьей лемби. В мифологических рассказах рядом с этим локусом хозяева леса оставляют похищенных людей, которых они вынуждены принести обратно по просьбе-приказу знахаря.

В Южной Карелии считалось, что если болезнь кем-то наслана, надо постараться вернуть ее наславшему. Для этого следует поймать лягушку, привязать к ее лапке красную нить, отнести ее к муравейнику с северной стороны и привязать к елочке. И как постепенно будет съедаться лягушка, так и из наславшего болезнь будет выходить душа [НА. 5/226].

Очень часто ритуал исцеления от лесного носа (и большинства болезней) проходил ***в бане***, которая у карелов в древности являлась не только лечебницей, но и неким родовым святилищем. В некоторых случаях знахарь сам мыл, а иногда и парил больного. Порой было достаточно получить от него заговоренную соль, самому растворить ее в банной воде и обмыться ею. Но в любом случае следовало соблюсти ряд правил. Во-первых, баню топили специально для такого случая, чаще всего поздно вечером, когда наступало магическое время общения с духами. Во-вторых, делалось это тайно, после ритуала нельзя было ни с кем разговаривать, следовало сразу же лечь спать. Здесь следует вспомнить, что сон карелами воспринимался как кратковременная «маленькая смерть», как путешествие души в иные миры. А истоки болезни (следовательно, и пути ее исцеления) виделись, в первую очередь, в духовной, а не материальной сфере. В-третьих, банный ритуал проводился сакральное количество раз: трижды или трижды три. В-четвертых, магическими были не только время и локус, основная магия принадлежала слову-заговору, которое произносил знахарь или непосредственно в бане, сам проводя обряд исцеления, или когда готовил заговоренную соль. Главным в древнем ритуале был именно вербальный аспект, именно то Перво-Слово, о котором говорится в Евангелии от Иоанна: «В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было Бог». Заговор был аналогом сакрального слова, Слова-Творца и Слова, которым творили. Именно поэтому чаще всего в такой бане не только не парили больного, но и не мыли, а только обливали водой, произнося заговорные формулы. Заговор – в некотором смысле это аналог молитвы, средство общения с духами. Сами носители традиции называют заговоры syntysanat, т. е. слова о творении (или о рождении). Они произносились при появлении опасности или во время проведения каких-либо ритуалов. Эти слова-заговоры выступают в роли и оберега, и ключа к общению с представителями иных миров. Например, когда во время святочных гаданий вызывали Крещенскую бабу, которую «боялись, надо было слова о творении (о рождении) суметь прочитать. Если не смог, то Крещенская баба утаскивала» [Virtaranta, 1958. S. 582]

Иногда обряд начинался в одном локусе, а заканчивался в другом. В д. Гимойла, чтобы освободиться от лесного носа, сначала в бане делали изображение мужчины. Затем с этим изображением надо было, взяв ртуть, идти к муравейнику. Ртуть, как известно, применялась во многих обрядах, ее считали сакральным веществом. Не случайно в карельском языке ее называют «elävä hobja» – «живое серебро». Ее в качестве оберега клали и под порог, и в нагрудные мешочки вместе с лапками землеройки, и даже в крупу. (По-карельски землеройка – это «moakondiene», дословно: «земляной медвежонок». А медведь в карельской мифологии не только «дух-хозяин леса», но и первопредок, и лапы этого зверя тоже были оберегом). Затем у муравейника обращались к «известному лесному королю, сильному правителю леса, всех скал хозяину и гор властелину» и просили простить долги и принять жертвы-приношения: «выпей с вином свою злость, с пивом свое плохое». Потом принесенными подарками (ртуть в тряпице; в двух берестяных коробочках трижды по девять ячменных зерен) делали крест, рассыпали все вокруг муравейника и, прислонив к дереву, устанавливали заранее сделанное изображение. Говорили: «Вот тебе подарки, сильный правитель леса!», поворачивались спиной и уходили, не оглядываясь: «Jää hyvästi! Всего хорошего!» [SKVR. II. 868].

Многие заговоры, произносимые с целью исцеления, сохранили самые архаичные пласты верований (правда, они не лишены и христианизированных деталей). В них выздоровления просили у дерева, стоя на его корнях. В карельской мифологии ***корни дерева***, как и пень, считались местом контакта с представителями иного мира, в данном случае «лесного царства». В быличках коров, похищенных хозяином леса, через много дней могут найти у дерева, мимо которого проходили не один раз: «По одним корням деревьев ходит, земля до черноты истоптана, все деревья искусаны» [ФА. 1700/17]. Корова «у дерева стоит и ходит вокруг дерева, никуда не уходит, даже уже тропинка есть... Не может уйти, ее лес спрятал, что-то с ней случилось, что она никуда не может уйти.

Если бы не погадали, она бы там и умерла, никуда бы не попала» [ФА. 2960/6]. Знахарь ставит пришедшую с ним женщину на пень, чтобы она увидела лесных духов. И она видит идущих по лесу «мужиков, ростом с высокие деревья» [ФА. 702/11]. Среди русского населения, в том числе и в Олонецкой губернии, существовало несколько обрядов, проводимых на пне/ Вот один из них: «Необходимо срубить осину, чтобы она упала верхушкой на восток, нагнуться и промеж ног позвать: «Дядя леший! Покажись не серым волком, не елью жаровою; покажись таким, каков я!» Зашелестят листья, и он явится» [Афанасьев, 1868. С. 345–346].

Во время ритуала исцеления, стоя на корнях дерева, произносили:

Чистое дерево,
Хозяин дерева, хозяйка дерева,
Белый (возм.: седой) старший дерева,
Попы и попадьи дерева,
Дьяконы и дьяконицы дерева,
Пономари и пономарихи дерева,
Слуги дерева, служанки дерева,
Верные слуги, большие, малые,
молодые, старые,
Дайте мне покой, здоровье для отдыха.
И боль уберите,
И раны излечите,
И смотрите, охраняйте.
[SKVR. VII. 4. 2782].

То, что ***дерево*** и сам лес считали живым существом, поклонялись ему, видно из многих обрядов. Во время одного из них брали из лесу ольховые ветки для исцеления. От них отламывали несколько верхушек и бросали через плечо, произнося: «Не приходи, лес, за долгами!» [SKVR. VII. 4. 1844].

Во время ритуала дерево (чаще всего это была ель или сосна) угощали, стараясь задобрить, и одевали в одежду больного, стремясь передать ему недуг. Такой обряд имел множество вариантов в Приладожской Карелии. Например, нужно было взять красные нитки, ольховые ветки, яйцо, черную шерсть, девять хлебных крошек, девять ячменных зерен, девять льняных семян, монетку, все завернуть в чистый носовой платок и отнести к муравейнику. Примечательно, что в комментарии к тексту заговора рассказчик называет муравейник лесным городом (mehän linna). Все участники действа стояли на коленях, при этом больного связывали ольховыми ветками, имитируя связывание самого лесного носа. В конце ритуала необходимо было «закрыть три замка» (lukkii kolme lukkuu), то есть прочитать три молитвы-заговора [SKVR. VII. 4. 2500].

Еще одним локусом проведения обряда исцеления был ***перекресток***, традиционное место в обрядах и в мифологических рассказах для встречи и общения с потусторонними силами. Например, во время Святок здесь слушали предсказания Крещенской бабы и Сюндю. В карельских сказках перекресток тоже воспринимается не только как некая граница между мирами, но и как *за*-граница, иной мир. В одной из них говорится, что невеста приезжает к жениху «с другого перекрестка, с иных земель, с другого государства» [НА. 20/4]. Когда шли просить прощения у лесных хозяев, брали немного вина в бутылочке, делали из олова (металл, фигурирующий во многих карельских обрядах) крест, вдевали в него красную нить (магический цвет, продуцирующий здоровье и жизненные силы). Затем находили перекресток, рядом с которым растет низенькая раскидистая елочка (в обрядах жертвоприношений это стол Тапио) и стоит муравейник. В него капали вина, а на елочку надевали крест, кланялись в обе стороны и просили прощения у всех хозяев леса. Детали обряда подчеркивают стремление уподобить дерево человеку (возможно, и лесному божеству Тапио), елочка воспринимается как некое живое существо. После этого поворачивались по солнцу (чтобы открыть дорогу в свой, человеческий, мир), чертили крест на земле под ногами и уходили прочь, не оглядываясь, пока не покажется дым из труб [SKVR. VII. 4. 2485]. Только тогда человек оказывался под охраной домашних духов и первопредков; отсюда становятся понятными истоки грибоедовского «и дым отечества нам сладок и приятен».

Иногда делали веник из ольховых веток, завязывали на него красные тряпочки и красные шерстяные нитки и оставляли в лесу. А по ветвям дерева раскладывали пучок льна, трижды кланялись до земли и просили прощения:

Хозяин леса, хозяйка леса,
Золотой король леса,
Дети леса, в шелка одетые,
Белые, как лен,
В лесу играющие,
Сыновья леса, дочери леса, слуги леса,
Весь народ (род) леса!
[SKVR. VII. 4. 2491.]

Можно было взять льняную одежду и красную нить, обвести ими круг вокруг себя и повесить все на елочку. Рассказчик говорит, что «это оставляли в подарок», и подчеркивает, что идти в лес надо ночью, когда никто не видит и не слышит [SKVR. VII. 4. 2487].

Обращаясь к хозяевам леса, к лесу, просили принять подарки и исцелить «в тот же час, в ту

же минуту»: «положи боль в рукавицу, болячки в платок, отнеси в сумку судьи и отнеси весть братьям и сестрам, что долг отдан». При этом вешали на сук пучок льна; информатор объясняет, что лен «гладкий и белый» (se on selgei ta valgei), т. е. пусть таким же красивым и здоровым будет и человек. [SKVR. VII. 4. 2481].

Если лесной нос пристал (mečännenä tarttui), когда человек испугался какого-либо зверя, тогда шли на то самое место снова, готовили там стол, раскладывали угощение для всего лесного народа. Больной раздевался, а его одежду вешали на ель, как говорит рассказчик, «делали ель мужчиной» [SKVR. VII. 4. 2478].

Многие заклинания об исцелении начинаются рассказом о происхождении недуга, и только затем следует просьба, требование или угроза изгнать болезнь, причиненную деревом. Помимо слов, брали щепки от дерева, кипятили их в воде, которую потом пили или мыли ею ушиб, рану [ФА. 1702/10]. Иногда на рану дули со словами заговора, потом дерево много раз кусали, смачивая его слюной, и этой слюной мазали больное место. Весь ритуал, как обычно, проделывали трижды [ФА. 1754/4]. Некоторые мази делались на основе свежих сливок, в которые добавлялся пепел от сожженной березы. Карелы считали это дерево покровительницей материнского рода, а молоко (сливки – это его концентрация) в мифологии воспринимается как «одно из средоточий жизненной силы, или души» [Криничная, 2004. С. 653].

Особый ритуал исполняли, когда обнаруживали лесной нос у ребенка. Во-первых, он связан с культом матери-***земли***, а во-вторых, подчеркивает взаимосвязь всех духов-хозяев в архаическом мировосприятии карелов. У ***дороги***, которая ведет через лес и по которой когда-либо проносили гроб (символичный путь в иной мир), отрезали ножом и лопатой большой четырехугольный (nellikulmainen) кусок дерна. В нем делали круглое отверстие и через него продевали ребенка (имитация прохождения через подземное царство, через мир мертвых). И в то же время это своеобразное второе рождение, уже не земной женщиной, а самой глубоко почитаемой матерью-землёю. Карелы говорили: «Что лес нашлет, то земля поправит». Тем самым они признавали верховную власть за «кормилицей матерью-землею moaemä-syöttäizeni». Если ребенок сам не мог проползти, ему помогали взрослые. В это время читали заговор, призывая маленькую служанку и золотого короля леса «познакомиться и поправить дела». Затем с ребенка стряхивали землю, одевали и «так заворачивали, чтобы никто не увидел, как его несут домой» [SKVR. VII. 4. 2304].

В Поросозерском кусте деревень предлагается еще один способ изгнания лесного носа. Надо было связать друг с другом верхушки двух ольховых деревьев и оставить их на три ночи. Затем прийти и поговорить с хозяевами земли: «Хозяин земли, хозяйка земли, болезнь наславшая» – «Зачем меня связали? Я бы исцелила тебя» – «Я потому связал тебя, потому что ты меня ранила. Прости меня за грехи, если я что-то плохо сказал». В данном тексте отражаются одни из самых архаичных взглядов о хозяине леса, который связан с духами земли. Олицетворяется сама земля, она насылает болезнь на человека и соглашается исцелить только после того, как он связывает ей «руки», т. е. две ольхи [SKVR. II. 866].

Один из самых древних вариантов обряда записан в Погранкондушах, в нем просят прощения у самого ***леса***. Лесной нос – это болезнь, которая «пристает» в лесу, когда человек чем-то прогневит, обидит лес, его обитателей или хозяев. Тогда в человеке «ничто не удерживается, сильно тошнит и он весь сохнет». В таком случае надо идти просить прощения (pyydeä prosken'n'aa). Произносили:

> Хозяева леса, хозяйки леса,
> Деды леса, бабы леса…

Причем информатор предупреждал, что ни в коем случае нельзя говорить: «золотой король леса». Прочь отбрасываются и все христианские обращения типа: «всевышний, дай… (Отец небесный, дай)». Затем кланяются лесу (причем больной стоит слева от знахаря), трижды поворачивают исцеляемого и уходят [SKVR. II. 864].

В окрестностях Туломозера записан несколько иной заговор, в котором древние языческие корни уже сочетаются со стадиально более поздними наслоениями. Говорится, что «плохое приходит от семян плохого мужчины (имеется в виду стадиально более поздняя ассоциация хозяев леса с чертом. – *Л. И.*), плохое приходит от плохих разговоров». Это лесные хозяева навлекли болезнь, коснувшись человека хвоей, задев его «седой бородой». А человек спровоцировал их своими «плохими разговорами». Затем призывается на помощь «Укко Всевышний, переносящий облака» [SKVR. II. 865].

Еще в одном заговоре просят исцеления и прощения у златокосых хозяев и хозяек леса. Как известно, «золотая окраска есть печать иного царства» [Пропп, 1986. С. 285]. Далее человек поясняет: «все мы бунтовали и ходили войной против вас и против друг друга, но мы попросили прощения и пришли к согласию. Простите ли вы все это нам или что надо сделать, откуда нам уз-

нать?» И тогда хозяева леса во сне покажут, что им требуется [SKVR. II. 867].

В Олонецком районе во время обряда исцеления знахарь-тиэдойникку связывал веревкой два дерева. Это называлось «связать лес» (meccu siduu) [ФА. 3712], то есть подчинить сам лес и его хозяев воле человека, который обладает сакральным словом, дающим особые силы и знания.

Карелы многие болезни, случавшиеся с человеком, называли и по имени одного из древнейших лесных божеств, которое позже стало ассоциироваться со злым духом – хийси (hiisi). Сами информаторы объясняют происхождение таких недугов следующим образом: «Хийси – это то, что пристает к человеку и приносит боль, болезни. Есть хийси лесной, водный, могильный, огненный, земляной, и все они пристают к человеку. Везде свое творение (olento): в лесу, воде, земле, в могиле – свой род, свои духи-жители. Они показываются только перед плохим, в другое время не видны. В лесу человек испугается или выругается, тогда пристанет лесной хийси (metsänhiisi). Хийси проклятий (kironhiiet) пристают, когда ругаешься. Хийси струпьев (rupihiisi) живет за печкой и пристает от грязи в бане. При гнойном хийси (paisehiisi) вскакивают прыщи, гнойники, фурункулы. Говорят: «Хийси – адский ублюдок, тайный сын Вяйнямейнена». Это самый плохой. Неизвестно, в какое время он пристанет. Он сидит в задней части печи, ест камни и крупную гальку» [SKS. 344/12348–12350].

Таким образом, когда человек преступает любые границы, будь то пространственные, временные или этические, нарушает различные табу и условия общения с духами, проникает в «лесное царство» неверными путями и с ошибочными целями, он навлекает на себя гнев хозяев иного мира. В ответ они насылают болезнь. И исцелиться, как считал карел, т. е. восстановить физическое и духовное здоровье, можно лишь наладив, восстановив прежние добрые отношения с духами, по отношению к которым человек ощущал себя в роли подчиненного. Путь к исцелению был не в лекарственных травах и массаже (которые, безусловно, были тоже известны карелам), а в первую очередь, в восстановлении нарушенного равновесия между микро- и макрокосмом, в гармонизации отношений с различными духами-хозяевами, в усмирении их гнева. Этот процесс происходил на рассмотренных в статье локусах. При этом стоит заметить, что некоторые из этих локусов являлись местом лечения многих недугов, были универсальной лечебницей (например, баня). На других можно было исцелить только от лесного носа. В любом случае ритуал целительства рекомендовалось проводить, в первую очередь, именно там, где человек прогневал духов. От лесного носа избавлялись в лесу, от носа воды – на берегу водоема, от могильного носа – на кладбище, то есть локус-источник болезни чаще всего совпадал с местом ее излечения.

Литература

Афанасьев А. Поэтические воззрения славян на природу. Т. 2. М., 1868.

Криничная Н. А. Руская мифология: мир образов фольклора. М.: Гаудеамус, 2004. 1006 с.

Мансикка В. П. Из финской этнографической литературы. Петроград: Типография В. Д. Смирнова, Екатерининский кан., № 45, 1917. 231 с.

Научный архив КарНЦ РАН. Фонд 1. Опись 2 (в тексте – НА, номер коллекции / номер текста).

Пропп В. Я. Исторические корни волшебной сказки. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1986. 336 с.

Фонограммархив ИЯЛИ (в тексте ФА, номер кассеты / номер текста).

Astedt K. Mytologisista nenä-yhdynnäisistä / Kalevaseuran vuosikirja. 40. Porvoo-Helsinki, 1960. 411 s.

Karjalan kielen sanakirja. Osa 3. Helsinki: Suomalais-ugrilainen seura, 1993. 584 s.

Suomen kansan vanhat runot. II: Aunuksen, Tverin- ja Novgorodin-Karjalan runot / Julkaissut A. R. Niemi. Helsinki, 1927.

Suomen kansan vanhat runot. VII: Raja- ja Pohjos-Karjalan runot / Julkaissut A. R. Niemi. Helsinki, 1933 (в тексте – SKVR, римская цифра указывает номер тома, арабская – номер текста).

Suomen kirjallisuuden seura, Joensuu (в тексте – SKS, номер микрофильма / номер текста).

Virtaranta P. Vienan kansa muistelee. Porvoo-Helsinki, 1958. 804 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Иванова Людмила Ивановна
младший научный сотрудник
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ljuchiki@mail.ru
тел.: 89216213248

Ivanova, Ljudmila
Institut of Language, Literature and History,
Karelian Research Centre, Russian Academi of Science
11 Pushkinskaja st., Petrozavodsk, Karelia, Russia, 185910
e-mail: ljuchiki@mail.ru
tel. 89216213248

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 74–84

УДК 947 (470.22)

ВОЛОСТНАЯ И ЦЕРКОВНО-ПРИХОДСКАЯ СТРУКТУРА КАРЕЛЬСКОГО ПОМОРЬЯ, КОНЕЦ XV – СЕРЕДИНА XVIII ВВ.*

А. Ю. Жуков[1], Е. В. Ляпля[2]

[1] Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН
[2] Петрозаводский государственный университет

На основе фронтального анализа данных архивных и опубликованных источников XV–XVIII вв. впервые прослежена история зарождения и развития волостного и церковно-приходского ландшафта Кемской и Шуерецкой волостей, составивших в 1785 г. ядро Кемского уезда; анализ материала синтезирован в виде двух карто-схем волостной и поселенческой структур северной Карелии в XVI и в конце XVII – середине XVIII вв.

Ключевые слова: волостной и церковно-приходской ландшафт, поселенческая структура, волостные границы, местное самоуправление, Карельское Поморье, волости.

A.Yu. Zhukov, E. V. Lyallya. THE VOLOST AND PARISH LANDSCAPE OF THE KARELIAN POMOR AREA, 15th – 18th CENTURIES

Having employed frontal analysis of data from 15th – 18th century archival and published sources we have for the first time traced the history of the emergence and evolution of the volost and parish landscape of the Kemskaya and Shujeretskaya volosts, which had since 1785 been the main parts of the Kemskiy uezd. The materials were synthesized into schematic maps of the volost and parish division of northern Karelia in the 16th, 17th and 18th centuries.

Key words: volost and parish landscape, settlement structure, volost boundaries, local self-government, Karelian Pomor area, Kemskaya and Shujeretskaya volosts, Kemskiy uezd.

В 1785 г. указом Екатерины II был образован Кемский уезд из земель вотчинно–административного Соловецкого округа, в 1760-х гг. секуляризованного государством. Ядро уезда составили Кемская и Шуерецкая волости. В статье прослежена консолидация поморских волостей Карельского берега вокруг Кеми путем исследования волостного и церковно-приходского ландшафта как интегрального воплощения поселенческой структуры и крестьянского самоуправления. Историки, занимавшиеся Соловецкой вотчиной [Савич, 1927; Мюллер, 1947; Старостина, 1967; Иванов, 2007], данную тему не поднимали.

Успенская Кемская и Никольская Шуерецкая волости образовались из вотчин «пяти родов корелских детей» (карельской феодальной

* Статья выполнена при финансовой поддержке РГНФ, по проекту № 11-01-12033в «Разработка геоинформационного комплекса по истории системы расселения на территории Карелии» (2011–2013 гг.) и в рамках реализации Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг.

знати), конфискованных Иваном III Васильевичем. Впервые Шуерецкую волость с Никольской церковью фиксирует купчая 1499/1500 г.: Мина Матвеев и Степан Яковлев купили дом *в Шуереке на низу*, т. е. в Шуерецком, свидетелем сделки стал Яков Семенов, *староста Шуерецкой*, а писал документ «Онисимець *диак никольской* ис Шуи реке» [«дьяк» – церковный дьячок] [АСМ, 1988. 23].

Название Шуерецкого не устоялось и к середине XVI в. Например, по купчей от 7 апреля 1544 г. керетчанин Семен Андронов продал свою недвижимость «в *Шуе Болшой* на *Корельской стороне*» [АСМ, 1988. 66]. Шуя Большая – это, несомненно, само Шуерецкое – единственное поселение волости, а Корельская сторона, видимо, обозначала его местонахождение на Карельском берегу. Другие наименования содержит Писцовая книга Заонежских погостов 1563 г.: в Повенце стояла сальница Сеньки Пирожникова из *Шуи Морской* и его же, Семена из *Шуи Корельской с моря*, соляной амбар за рекой Габрицей [ПКОП, 1930. 145–146]. Далее наименование *Шуя Корельская* стало наиболее распространенным.

В 1556/57 г. определилась граница Шуерецкой волости с дер. Сорока Сумской волости – вотчины Соловецкого монастыря. В Мировой записи о размежевании их земель севернее р. Выг писалось: «Владети нам крестьяном Сумские волости и Сороцкие деревни Соловецкого монастыря от Выга реки от Сороцкие деревни взле море берегом по *Карп-ручей*, да от моря Карп-ручьем вверх, да на Карпозерко, да от Карпозерка мхом прямо на мох, да с ручей на колено прямо, да *Малдо-ручьем* вверх, и как изойдет Малдо-ручей, ино мхом на Торвоское верховье. А нам, Шуерецкие волости великого князя крестьяном, владети от Шуе взле моря по тот же Карп-ручей и по Карп по ручью вверх по тем же урочищам своею стороною от Шуе, а Выгнаволоцкие острови Сумъские волости и Сороцкие деревни, а *Кымелища острови* Шуерецкие волости»; в свидетелях «Семен Иванов сын Пирожников *поморец* ис Шуи реке, Истомка Яковлев сын Породнина *поморец* ис Кеме реке» [АСМ, 1988. 135–136]. Несомненно, что С. И. Пирожников – это Сенька Пирожников переписи 1563 г. Жители Шуи и Кеми впервые названы поморцами – на Карельском берегу пошел процесс складывания субэтноса русских поморов. Аналогичную мировую запись (не ранее 1556/57 г.) крестьян Шуерецкой волости с сорочанами подписали: «Николской поп Калинник Федотов сын Шуерецкой волости за всех своих крестьян руку приложил, староста Михайла руку приложил» [АСМ, 1988. 137]. Волостное самоуправление Шуерецкого задействовалось и при отводе Кемской волости в вотчину Соловецкого монастыря: как сопредельная с Кемью сторона, «Шуерецкой волости поп Никольской», староста и ряд шуеречан подписали Отдельную книгу от 20 июня 1591 г. Семена Юренева Соловецкому монастырю на Кемскую волость [Материалы, 1941. 327] (см. ниже).

Никольский священник жил на церковном Никольском погосте – в центре Шуерецкого поселения. Погост значится в жалованной грамоте новгородского митрополита Варлама от 3 мая 1593 г. о податных льготах для возобновления Никольской Шуерецкой церкви после ее сожжения шведами в 1591/92 г.: он пожаловал крестьян «Вотцкие пятины *Никольского погоста Шуерецкой волости* ... до тех мест, от даст Бог, тот *Николской Шуерецкой погост* приходом крестьяны исполнитца» [НА КарНЦ РАН, 1593. 31; Материалы, 1941. 339–340]. В первом случае речь идет о церковном Никольском погосте, а во втором погостом названа Никольская Шуерецкая волость. Но подробно всю их структуру рисует Дозорная книга Лопских погостов Новгородского уезда 1597 г. подьячего Григория Кобелева; в источнике вся волость названа *Волость Шуя на реке на Шуе*, а поселение – *Волость Шуя*.

Описание начинается с центра – Никольского погоста: церковь *Никола чюдотворец*: поставлена вновь после войны со шведами; другой храм св. Клемента тоже сожгли шведы в 1590/91 г.; на погосте живут 1 п., 1 д. ц., 1 пон.*; церковные сенокосы на островах Гямострове, Коневе острове и в Кималищах. Далее переписаны крестьяне, их дворы и угодья: *Волость Шуя* – 38 дв. кр. живущих, в них 59 кр. и 12 подсоседников (после войны остались без дворов), «да подсуседников же торговых молодших людей» 9 чел., итого 80 чел.; пашни 1,5 коробей ржи (кроме пашни-подсеки), 782 копен сена; итого платили с 42 и 1/6 живущих луков (единиц налогообложения), в т. ч. «з бережских тонь и с рек и с пожен да з двух луков с сенокосу на Силдо-ручью, да с Есиповского следу, да с острова», и с 40 и 5/12 пустых луков; а по платежным книгам 1587/88 г. было всего 30 живущих луков. Имелось 8 варниц у Студеного моря: на Перть-острове, на Гямострове, подле моря же за Кемью в Долгой губе. И, наконец, запустело: 69 пустых м. дв.

---

* * Здесь и далее: п. – поп, д. ц. – дьячок церковный, пон. – пономарь, дв. кр. – дворов крестьянских, кр. – крестьян(нин), чел. – человек(ка), м. п. – место пустое, м. дв. – место дворовое.

крестьянских (46 и 1/6 пустых луков), 14 м. п. варничных; 1 м. п. мельничное на реке Шуе – мельницу сожгли шведы в 1590/91 г. [ИК, 1987. 215–220].

Итак, к нападению шведов в 1590/91 г. шуеречане государевой деревни *Волость Шуя* и одноименной волости составляли уже два прихода: Никольский и св. Климента, обе церкви сожгли шведы; к 1597 г. шуеречане восстановили только Никольский храм. Думается, что фиксация в Дозоре подсоседников и торговцев как отдельных налогоплательщиков вызвала возмущение шуеречан, и поэтому по их настоянию в 1598 г. сын боярский Богдан Ребров и подьячий Богдан Леонидов провели новый дозор, оставивший уникальное по подробности описание волостного ландшафта.

Церковный погост описан без изменений, на нем живут п. Еуфимей Максимов, никольский д. ц. Петрушка Иванов сын Батятин, 1 пон. Якуш Михайлов, им даны сенокосы «по морским островам в Гям-острову да в Коневом острову, да в Кималищах», поп получил «на море на берегу рыбную ловлю тоню Шеломроги». Далее описана остальная структура поселения и волости.

Тяглые дворы: от Никольской церкви вниз по реке по Шуе 14 дв. кр., в т. ч. старосты Игнатки Иевлева, 1 дв. старца Ошевенского монастыря Стахия; а от двора старосты за рекой Шуей, вверх по реке 12 дв. кр. и, идя в верховье через пустые места 1 дв. кр., от него, переехав за реку Шую вниз к Никольскому погосту, 11 дв. кр., в т. ч. 1 д. ц. с сыном. Наконец, 2 м. п. дворовых (1 кр. живет на море у варницы, 1 кр. живет у зятя д. ц.). Всего в Шуерецкой волости 38 дв. кр. живущих и 2 м. дв. живущих, итого 64 чел. (а не 80, как по дозору 1597 г.); сена косят 1340 копен; подати с 33 и ¾ живущих луков.

Шуерецкие варницы у Студеного моря: «на Перть-острове, едучи по морю к Сороке по правую руку» 6 варниц, в т. ч. 1 варница Ошевенского монастыря, которая была шуерецкого попа Данила Козлова; в Гям-острове 1 варница; на море же на берегу за Кемью за Валитовым островом в Терентиеве губе 1 дв. и 1 варница; да в Долгой губе 1 дв., 1 варница; всего 9 варниц живущих. Видимо, Даниил Козлов – поп сожженной Клементьевской церкви.

Рыболовные угодья: 1) большие тони за Кемью на море на берегу: усть-речки Понземы, Пур-наволок, Шеломроги, Песчанка (4 тони); 2) отъезжие тони: у усть-Понзевомы речки тони Дмитров наволок, Великая Изба, Черная Щелья; у Пур-наволока тоня Чюракина; у Шеломроги тоня Песчанка; у Песчанки тоня Сухая губа, да тоня Песчанка ж у соловецкие межи у керетские у речки у Кивиканды: 3) рыбные ловли на Силдо-ручью, с Есиповского следа и с острова, что на Шуе-реке в верховье.

Наконец, переписаны запустения. М. п. ельницы на реке Шуе (ее сожгли шведы в 1590/91 г.), здесь ошевенский старец Стахий ставит новую мельницу. На морском берегу на Хлебной реке 1 дв. кр. и 1 варница кр. Соловецкого монастыря Никона Мартынова, по словам шуерецкого старосты Игнатия Иевлева сына Бузуя и крестьян, стоят на шуерецкой земле, Никон владеет лет с 10, оброк платил в Соловецкий монастырь; пустая варница в Варгасгубе у речки у Понземы Спасского монастыря из Каргополя, куплена спасскими старцами в Ильин день 1598 г. у соловецких крестьян Кемской волости; дозорщик приказал старцу Стахею варницу «беречь ... до государева указу». 20 пустых варничных мест шуерецких крестьян: на Перть-острове, в Козлове-салмы, в т. ч. Васьки Козла [видимо, отец попа Даниила], за Кемью на морском берегу на Каменном наволоке, на Хлебной реке, против Воронья острова в Мандере, в Терентиеве губе за Валитовым, на губе на Яга-ламбе, в Виловатой губе, в Никитиной салмы (в т. ч. 1 дв. пуст), в Долгой губе, «на керетской меже у ручья у Кивиканды». Три пустых мельничных места шуерецких крестьян на реке Шуе.

Пустые дворы крестьянские: на погосте у Николы чюдотворца на реке на Шуе на берегу (1 м. дв., ¾ пустого лука), от погоста рекою Шуею вниз от Митина двора Горлова до Степанкова двора Ловушкинова сына Пирожникова (сенокос на 20 копен – ½ пустого лука), от Власова двора Оксентиева верх по реке по Шуе (17 м. дв., в т. ч. м. дв. *У креста* Федуловское Огафонова), от Степанкова места Крякушина да Кости Виктуева вниз по реке по левой стороне на *Никольскую сторону* к Мосягину двору Семенову (1 м. дв.), от Максимкова двора Есипова да от Сеньки Иванова идучи к погосту рекою вниз (8 м. дв.): и всего в Шуерецкой волости пустых 60 мест, сенокосу на полях и на морском берегу 1710 копен, в пусте 42 и ½ лука [ИК, 1987. 234–242] (рис. 1).

Текст обоих дозоров доказывает, что освоенный к концу XVI в. ландшафт не ограничивался собственно Шуерецким, он включал и множество других пунктов вплоть до р. Кивиканды на севере. Но дозор 1598 г. упомянул только Никольскую сторону самого Шуерецкого. А по купчей от 29 сентября 1612 г. Дмитрий Григорьев продал Соловецкому монастырю мельницу «у моря в волости в Шуе Корелской – на Шуе на реке

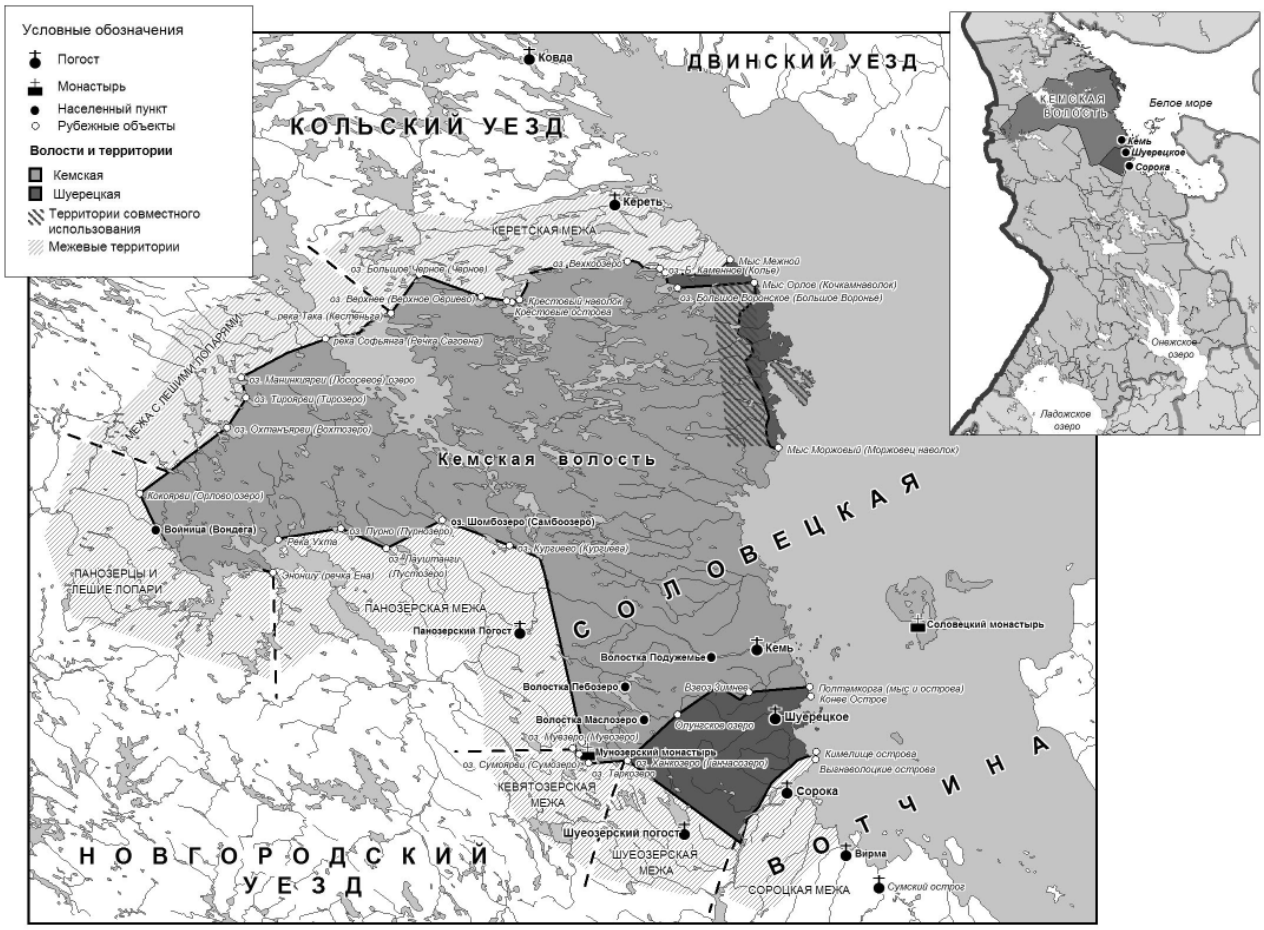


Рис. 1. Границы Кемской и Шуерецкой волостей на конец XVI в.

у Великого камени на *Сороцкой стороне*», а также двор «в Шуе ж Корелской на *Церковной стороне* на наволоку у Николы чюдотворца». В тот же день по другой купчей Иван Деснин продал обители земли и двор на тех же сторонах [Карелия, 1949. 25–26, 26–27]. Следовательно, северная сторона Шуерецкого – Шуи Корельской называлась Церковной (Никольской) стороной, потому что на ней стоял Никольский погост, а южная, с путем в Сорокскую волость – Сороцкой стороной.

Жалованной грамотой от 19 сентября 1613 г. царь Михаил Федорович отдал Шуерецкую волость в вотчину Соловецкому монастырю: «ту волостку Шую Корельскую со крестьяны … дали в вотчину впрок Соловецкому монастырю в подмогу ко всем ратным делам *к Сумскому острогу*» [Карелия, 1949. 28–29]. Под *волосткой* следует понимать всю волость, а не только поселение; эту Никольскую Шуерецкую волость царь сразу подчинил Сумскому острогу обители. Впрочем, в Приходной книге Новгородской четверти за 7128 (1619/20 г.) административное положение Шуерецкой волости значилось еще по-старому: «Вотцкие пятины в Лопскех погостех с волости Шуи Корелские…» [ПРК, 1983. 16], что объясняется запаздыванием фискальной документации от текущего государственного реформирования, отделившего волость от Лопских погостов Новгородского уезда.

Пребывание Шуерецкой волости в составе Соловецкого вотчинного округа можно считать спокойным, кроме времени Соловецкого восстания. В Научном архиве КарНЦ сохранилась коллекция «книг» ее волостного самоуправления с 1660-х гг. по XVIII в. Первая из них – «Книги окладныя *Шурецкия волости* выборныхъ Фефила Михаилова с товырищи 172 году» (1663/64 г.) [НА КарНЦ РАН, 1663/64. 1–16; Иванов, 2007. 534–541]. Волостной статус следует подчеркнуть, несмотря на то, что в переписях 1668 г. А. С. Хитрово волость была названа *Шуерецким усольем* в ряду других волостей Поморского и Карельского берегов Белого моря [РГАДА, 1668. 1–134; Иванов, 2007. 78.].

По переписям 1668 г., на севере Карельского берега поселения заканчивались *Летнерецким* и *Поньгомским усольями* [Иванов, 2007. 497, 507]. Между тем материал шуерецкого самоуправления за 1680-е гг. фиксирует появление двух новых селений Шуерецкой волости –

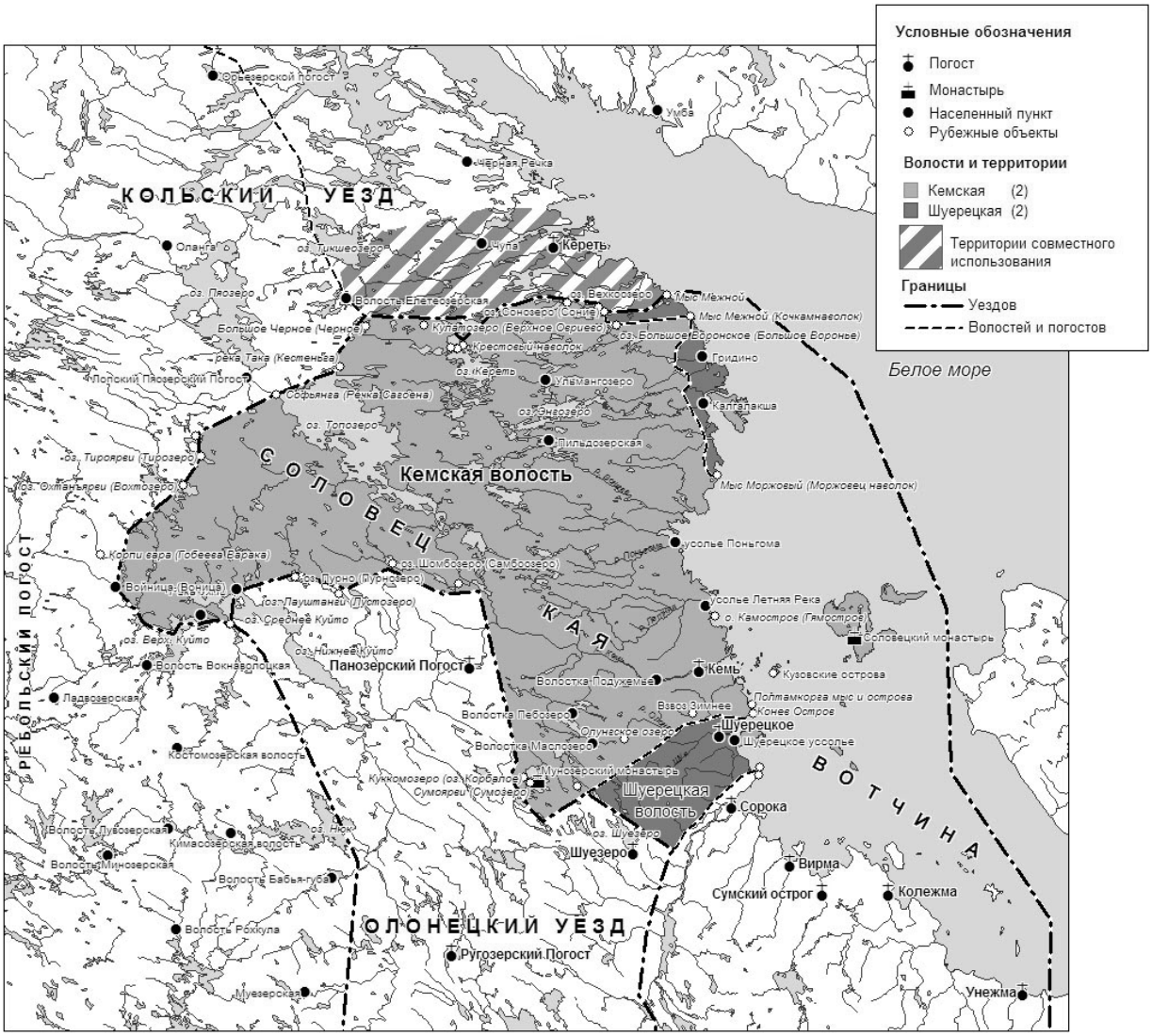


Рис. 2. Границы Кемской и Шуерецкой волостей на конец XVII в.

Гридино и *Калгалакша* (рис. 2). Так, в Окладной книге Шуерецкой волости от 6 декабря 1681 г. сначала описывались хозяйства собственно Шуерецкой волости и подводился итог: «В *Шуи* 47 луков 2 четверти», а затем под особым заголовком *Гридинцы* записаны 3 хозяйства, в т. ч.: «Федор Коневал сочтен: 4 головы ... да после наших тонщиков на тонях добыли рыбы семги на рубль», и далее под заголовком *Калгалашские крестьяна* также переписаны 4 хозяйства, в т. ч. с хлебной подсекой [НА КарНЦ РАН, 1681. 1–22]. Таким образом, уже к 1680-м гг. структура волости усложнилась, кроме главного селения Шуи Корельской с церковным погостом около 1670-х гг. в ее северном анклаве встали селения Гридино и Калгалакша. Интересно, что собственно шуеречане названы «нашими»: гридинцы и калгалакшане пока не воспринимались как коренные жители.

И действительно, источники свидетельствуют о пополнении волости «приходцами». Об этом можно судить по «географическим» прозвищам вместо отчеств некоторых шуеречан: Стефан Москва, Иван Кушьрека, Семен Ананьиных Кемлянин, Федор Ребола, Фетка Нюхча, Иван Реболцов [НА КарНЦ РАН, 1681. 3–21 об.] – видимо, все они являлись выходцами из данных мест. А в Окладной книге Шуерецкой волости за 1689 г., не ранее 6 декабря, записан Василий Рофкулецъ – явно выходец из ребольской Ровкулы; там же отмечен гридинец Федор Коневалов, у которого «*лопского и озерского* торгу 4 рубли» [НА КарНЦ РАН, 1689. 20–21], – т. е. Федор торговал с жителями Лопских погостов и внутренних земель Кемской волости (о кемских озерчанах см. ниже).

Шуерецкая волость оставалась одним Никольским приходом. В Окладной книге за 1684 г. (не ранее 6 декабря) записано: «Никифор *Попов*

сочтен: ...35 рублев. И к сему окладу приложено по окладу рубль, и с того выложено *попу* из всего [далее на полях:] окладу *треть живота попу*» [НА КарНЦ РАН, 1684. 14–14 об.]. И в окладе за 1685/86 г. повторен третной оклад попу: «Никифор да Прокопей Поповы сочтены: ...21 рубль, и ис того попу выложена треть»; неизменной осталась и новая структура волости: шуеречане, калгалакшане (5 хозяйств), гридинцы (4 хозяйства) [НА КарНЦ РАН, 1685/86. 1–24]. Жалобу от 18 июля 1694 г. шуеречан (селения *Шуерецкой*, *Гридина*, *Калгалакша*) на керетчан о ямской гоньбе подписал никольский поп Шуерецкой волости [Карелия, 1949. 352–353.]

В особой Подводной и порядной книге волости (1685 г., 6 декабря – 1686 г., декабрь) структура собственно Шуерецкой волости отражена подробнее: «Июня в 4 день пришла из монастыря монастырская лодья по соль ... [ее] *в усолье* на груску *в Пиртостров* около Шуострова провожал Софрон Симанов ... Июня в 11 день пришла монастырская лодья с хлебом ... Ту же лодью из монастыря провожал *в Шую* шел вожемъ *в волость* Анисимъ Кирилов ... Ту же лодью *ис волости* на устьи провожал Терентей Амбросимов»; после 11 ноября шуеречане «приехали из монастыря от *Гямострова*, борошекъ ихъ и снасть привезли *в волость*»; «Генваря в 15 день ... Илья Васильев ходил на *Малдоручей* сороцких сенъ считал ... Ноября в 20 день таможеникъ Василей Гавриловъ з дьячкомъ ездили на *Малдоручей* сороцких сен досматъривать» [НА КарНЦ РАН, 1685/86 (2). 1–19 об.]. Таким образом, *Шуерецкое усолье* действительно существовало, но как один из пунктов Шуерецкой волости, и располагалось оно на Пиртострове (около Шуйострова). По нашему мнению, это мыс *Каменный наволок* в устье р. Шуя: с запада и юга он окружен болотами, с севера – р. Шуей, а с востока – Белым морем; действительно – остров, особенно в прилив. Напомним, что и по дозору 1598 г. варницы находились «на Перть-острове, едучи по морю к Сороке по правую руку», т. е. на Каменном наволоке. Сам же центр Шуерецкой волости в источнике запросто назван *Шуей-волостью* или просто *волостью*. И позднее Проторная книга волости от 6 декабря 1690 г. вновь отметила Шуерецкое усолье с варницами и соляными амбарами на *Пертеострове*; там же указан волостной оброк за Кималицкие острова [НА КарНЦ РАН, 1690. 1, 16–24]. Наконец, как и в XVI в., границей Сороцкой и Шуерецкой волостей служил Малдо-ручей и, как узнаем, его приток Лейпручей. Например, согласно Проторной и Отпускной книгам за 1692/93 г., в марте 1693 г. староста волости Патрикий ездил встречать соловецкого архимандрита в Сороку так: до волостной границы Лейпручья он ехал за свой счет, а от Лейпручья до Сороки – за волостной [НА КарНЦ РАН, 1692/93. 35 об., 76, 88–88 об.].

Полное название Окладной книги за 1686/87 г. зафиксировало некоторое объединение жителей северных селений с шуеречанами: «195-го году. Книга окладная Шурецкия волости выборного Михайлы Денисова да Карпы Кондратьева *Калгалакшина* да Давыда Макарьева с товарищи», т. е. в волостное самоуправление был избран представитель Калгалакши. Тогда же поповская руга стала взыскиваться с каждого волощанина как часть подати-*поголовного*. Книга также фиксирует свободный переезд из одной монастырской волости в другую, из Калгалакши в Кереть: «Иван Анисимов ... выехал в Кереть на жиру», т. е. он переехал в Кереть со всем имуществом [НА КарНЦ РАН, 1686/87. 1, 20–20 об.]. Чуть позже, в 1692 г. в шуерецкое самоуправление был избран гридинец: «Книги окладные Шурецкия волости *выборного Феодора Коневалова*, Аверкия Логинова, Василья Кондратьева» [НА КарНЦ РАН, 1692. 1].

Гридино и Калгалакша, отделенные от Шуерецкого землями Кемской волости, получили общее название *берецкие*. Конечно, сами «угодья бережские» зафиксировал еще Дозор 1597 г. (см. выше). Но теперь речь шла и о людях. Впервые это деление на шуерецкую и берецкую (береговую) части значилось в итоговой записи Окладной книги 1693 г.: «голов *шурецких* и *берецких* 226, да луков *шурецких* и *берецких* 53 лука» [НА КарНЦ РАН, 1693. 45–48 об.]. В тот же год в берецких Калгалакше и Гридино появился местный староста, наряду с которым оставался и общий для всей волости староста: в Проторной книге (1693 г., 6 декабря – 1694 г.) указан «*гридинец* Федор Коневалов, как наняли ево в старосты в Калгалакшу», старостой же всей Шуерецкой волости тогда являлся Амос Бородин [НА КарНЦ РАН, 1693/94. 50–52 об., 73]. По существу, «берецкие» Калгалакша и Гридино стали обычной волостью без церкви в составе Никольской Шуерецкой волости.

Двухчленное устройство Никольской Шуерецкой волости в начале XVIII в. выразилось в «двутысячных сборах» «двутысячным целовальником». В «Книге окладной подымного збора *двутысячного целовальника* Евстрата Поспелова 717 года» читаем: «Приезжал из Сумского острога посланный солдат с указом Семен Потемин ради высылки с *двутысячными*

зборными денгами целовалников» [НА КарНЦ РАН, 1717. 1, 10 об.]. С новгородских времен *тысяча* являлась единицей внутреннего членения. Так, по расписке 1577 г. Олонецкий стан Дома св. Софии состоял из Низовской, Верховской и Мундинской тысяч [Олон. сб., 1894. 221]. Двухтысячное же устройство Шуерецкой волости означало ее членение в начале XVIII в. на южную, собственно Шуерецкую половину и северную, Берецкую (Калгалакша и Гридино).

Налоговые сборы только с Шуерецкого зафиксировала Книга подымного сбора 1718 г.: «Декабря в 7 день Шурецкой волости жители выборной Филиппъ Дьячков с товарищи и мирские люди ... приговорили подворного збора целовальнику Поликарпу Телкину – збирать ему всех Шурецкой волости с жителей», – и далее шли два списка собственно шуеречан, без гридинцев и калгалакшан. При этом вначале значились *Шуеречане* (записано 111 чел.), затем *Верховчана* (44 чел.). По именам верховчане являлись теми же жителями селения Шуерецкого, которые фигурировали в предыдущей книге 1717 г. [НА КарНЦ РАН, 1718. 1–21].

Но кто такие верховчане? Н. А. Криничная привела предание самих шуеречан об основании села Шуерецкого: раньше их предки жили вдоль реки Шуи [подтверждается дозорами конца XVI в. – *Авт.*], а потом стали съезжаться в одно место ближе к морю, образовав нынешнее село [Криничная, 1987. 39]. Очевидно, Книга подымного сбора 1718 г. зафиксировала начальный этап этой концентрации жителей у моря. Верховчане – это те шуеречане, которые еще оставались жить в своих дворах выше по течению Шуи, тогда как остальные, и таковых набиралось уже большинство, успели поставить дворы ближе к морю.

Официально, по пожалованию 1613 г. Шуерецкая волость подчинялась Сумскому острогу – основному центру администрирования Соловецкой обителью своего вотчинного округа. Но через столетие, по I ревизии 1720–21 гг. Шуерецкое оказалось *присудом* Кемского городка, т. е. управляемым из Кеми селением, – тогда как *Гридина Губа* (Гридино) и Калгалакша оставались *присудственными деревнями* самого Шуерецкого [РГАДА, 1721. 36–41]. II ревизия 1745–48 гг. полностью подтвердила данное членение [РГАДА, 1745–1748. 830 об.–863 об.].

Впрочем, имеются убедительные примеры того, что уже в XVI–XVII в. в рамках местного самоуправления и в структуре вотчины Шуерецкая волость сохраняла известное единство с Кемской волостью. Наиболее убедительно данную близость фиксирует исследование культурно-поселенческого ландшафта Кемской волости.

Успенская Кемская волость уже существовала по крайней мере в начале XVI в. Имеется Данная 1507–1514 гг. на угодья Соловецкому монастырю в Пеньем наволоке (Кольский полуостров), которую свидетельствовали «Яков Степанов сын *кемлянин* Леимитов да Ондрон Трифанов сын *под Ужмою*, а писал *дьяк кемской* Власьев сын Улко» [АСМ, 1988. 24]. Источник ясно указывает не только на два кемских поселения Кемь и Подужемье, но и на полноценную Кемскую волость с церковью: *дьяк кемской* – не кто иной, как церковный дьячок местной Успенской церкви.

Самоуправления Кемской и Шуерецкой волостей зачастую объединялись в отстаивании общих прав от притязаний властей Великого Новгорода, в чей уезд они входили. Так, Кеми и Шуе вместе адресован комплекс столичных документов 1530–1549 гг. В Жалованной грамоте (1530 г., июль) Василия III Ивановича значится: «В Великий Новгород, Вотцкую пятину, у Студеного моря от Каинских Немец с рубежа [пожаловал]... *Шуи реки* Илейку Никитина сына, Павлика Яковлева сына, *у Кеми реки* старосту Сеньку Нерезвово Андреева сына да Никифорка Иванова сына и всех *лоплян* место крещеных и некрещеных за двусот и с полутретьятцать [225. – *Авт.*] луков, что ми били челом» (т. е. ему пожаловались). По грамоте, тогда сама Кемская волость простиралась от Карельского берега до границы со шведской областью Каяни в Финляндии («каинских немцев»). Хотя в пожаловании ни Шуя, ни Кемь не названы волостями, именно так они поименованы в двух Подтверждениях этой грамоты (от сентября 1539 г. и марта 1549 г.) Ивана IV Васильевича [СГГД, 1813, 436–437, 437–438, 438–439]. И затем, уже в ходе Земской реформы, Иван IV объединил Шуерецкую и Кемскую волости в один судебный округ по своей Уставной грамоте Кеми и Шуе от 1 ноября 1562 г. о суде выборных судей [Материалы, 1941. 190–193]. Эти источники именуют население волостей Кеми и Шуи *лоплянами*, т. е. жителями Лопских погостов Новгородского уезда.

Поселенческая структура Кемской волости отражена в Выписи о Кемской волости из новгородской Писцовой книги П. Карташова, В. Морева и подьячего Д. Подосенова 1552/53 г. Волость состояла из пяти частей, четыре из которых лежали в прибрежье Белого моря и были заселены первыми поморами и карелами: 1. *Кемская волость* (96 дворов – 146 крестьян и 63 казака [наемных работников], 1 дв. пуст,

20 варниц, 4 мельницы и 1 мельница пуста; 2. *Волостка Подужемье*; 3. *Волостка Пебозеро*; 4. *Волостка Маслозеро*; пятая часть относилась к саамам: 5. *Лопари лукозерские по лешим озерам* (18 дворов и 20 веж, было 42 чел. и 20,5 луков, но вежи и луки «запустели от немецкие войны») [АСМ, 1988. 114]. Таким образом, к середине XVI в. Кемская волость вполне сформировалась, включая в себя 4 поселения (из них главное, собственно Кемь, названо *волостью* и три небольшие *волостки*) и разбросанные по лесам стойбища саамов.

Наличие четырех постоянных поселений привело к распространению в волости понятия *четверть*. Здесь так называлось каждое поселение с принадлежавшими его жителям угодьями, напр. Подужемье. В Купчей от 3 октября 1571 г. Игнатия Севастьянова с женой Ириной Леонтьевой значится: продали угодья «в Волости Кеми … а двор сего угодья в Подужемской четверти», – т. е. угодья находились в округе главного кемского поселения Волость Кемь, но двор стоял в Подужемье (ситуация вполне тривиальная для всего Поморья). Собственно Успенская Кемская волость и ее часть Подужемская четверть значились одной строкой в Закладной от 23 октября 1571 г. Степаниды Матвеевой: она заложила угодья в *Кемской волости в Подужемье*. Собственно же Подужемская четверть фигурирует в Закладной от 28 октября 1577 г. Тимофея, Семена и Никона Кузьминых детей Горемыкина на угодья «на реке Кеми в Подужемской четверти», т. е. в округе поселения. Кратко, как Подужемье, четверть значится также в Купчей на землю от 24 августа 1578 г. пебозерца Фомы Дементьева с женою [АСМ, 1988. 240, 243; АСМ, 1990. 22, 115].

Жители всех кемских четвертей фигурируют в важнейшем для них совместном акте волостного самоуправления и Соловецкого монастыря – в Договорной («памяти») от 21 июля 1581 г. о порядке пользования рыбными ловлями *кемлянами*, *подужемцами*, *маслозерцами* и *пибозерцами* и обителью. Со стороны Кемской волости его подписал священник церкви Успения Харитон Иванов «за своих детей духовных место» [АСМ, 1990. 163–164]. Ясно, что кемляне всех четвертей составляют один Успенский приход.

По существу, прямое указание на Успенскую церковь в Кеми в 1581 г. является первым. Строго говоря, утверждение, что «дьяк кемской» начала XVI в. являлся именно успенским церковным дьячком, – это лишь ретроспекция из данных сведений. Из косвенных же свидетельств имеется Купчая от 29 июля в 1573 г. *пречистинского пономаря* Ивана Стефанова Утробы на проданные угодья в Кеми [АСМ, 1990. 35]. Тогда в Карельском Поморье церкви во имя *Успения Пречистые* стояли только в Кеми и в Суме. Если бы пономарь жил в соловецкой Сумской волости, то, очевидно, он упомянул бы об этом. Поэтому намного больше вероятность, что пономарь Иван Утроба являлся кемлянином.

В 1590 г. Кемская волость была подчинена Соловецкому монастырю в сфере фиска: по Жалованной грамоте от 2 июня царя Федора Ивановича монастырские и кемские черносошные подати отправлялись в Москву, а не в Новгород, а именно: 1) *с половины Кемской волости* – с проданных кемлянами монастырю угодий, ставших его вотчинными землями здесь, и 2) с другой половины Кемской волости, которая все еще оставалась за государем – их обитель получала у кемского старосты [Материалы, 1941. 308–312].

В июне 1591 г. царь Федор пожаловал Соловецкий монастырь этой второй половиной Кемской волости за военные усилия, в т. ч. за то, что обитель ставит в волости у границы караульные острожки. В пожаловании значилось: у обители уже есть «наше жалованье в Поморье половина Кемские волости, а другая половина тое *Кемские и Подужемские волости* за нами»; теперь он «пожаловал *волостью Кемью всею и Подужемскою* и с Пебозером и Маслозером в вотчину» [Материалы, 1941. 318–319]. О *всей* волости сказано не случайно – видимо, статус Подужемской четверти был выше, чем у Маслозера и Пебозера, поэтому у Кемской волости такое двойное наименование.

Наиболее подробное описание структуры и границ волости передает составленная при ее *отделе* в Соловецкую вотчину Отдельная книга от 20 июня 1591 г. Семена Юренева (рис 1). Сначала описано главное селение – 1. *Волость Кемь на Кеме-реке на острову*, на нем церковный погост с местами двух сожженных шведами храмов: А. Успения Пречистой Богородицы, Б. чюдотворца Николы (первое свидетельство об этой церкви); 2. части Волости Кеми: А. В Сысове конце, Б. На Михкоеве острове, В. На Гайжевой стороне. Затем описывались другие селения: 2. Волостка Подужемье, 3. Волостка Пебозеро, 4. Волостка Маслозеро, а на *маслозерской земле* – 5. «на Мунозере на острову монастырек … пустынька» с церковью Троицы Живоначальной. После следуют 6. «Лукозерские лопари по озерам». Таким образом, по сравнению с серединой XVI в. на Кемском погосте к началу 1590-х гг. появилась Никольская церковь, а около Маслозера – новый Троицкий Мунозерский монастырь.

Наконец, описываются границы. 7. *Межа* шла: А. на севере с Шуерецкой волостью, Б. с Керетской волостью, В. с лопарями и с панозерцами (т. е. с Панозерским погостом) «суземьем», Г. с Муезера к Кевятозерской межи (Кевятозеро в составе Шуезерского погоста), Д. муезерская и маслозерская межа с шуезерцами (т. е. с Шуезерским погостом), наконец вновь А. с (волостью) Шуей Корельской*. Отдел подписали: 8. А. Шуерецкой волости никольский поп, староста и крестьяне, Б. Шуезерской волости ильинской поп и староста, В. Тунгунской и Панозерской волости староста и крестьяне, Г. топозерец, Д. «Кемской волости *никольской* поп», староста и крестьяне [Материалы, 1941. 319–327]. Следовательно, в 1591 г. успенского священника в волости не имелось.

15 апреля 1592 г. новым пожалованием Соловецкому монастырю царь Федор Иванович создал *Соловецкий вотчинный округ*: «а вся их монастырская вотчина писати с поморскими волостьми вместе особно к монастырю и к обема острогам, а к Новгородцкому уезду к Выгозерскому стану всее монастырские вотчины» не писать, – в т. ч. и *волость Кемь и Подужемье* с возводимым в Кеми острогом [Материалы, 1941. 327–330].

Кемский острог – принципиально новый элемент поселенческого ландшафта Кемской волости. Именно наличие острога постепенно приведет к тому, что к середине XVIII в. все западно-беломорские земли обители будут стянуты монастырем к этому центру управления; после секуляризации церковных и монастырских земель в 1785 г. Кемский острог преобразуют в город Кемь и создадут из бывших соловецких вотчинных земель Кемский уезд Архангельского наместничества.

Военный острог не писался в фискальных описях. Поэтому в Данной и оброчной книге Кемской волости от сентября 1599 г. отмечена усеченная фискальная структура: «Переписано в Кемской волости и в Подужемье, и на Маслоозере, и на Пебо-озере». Еще более кратко характеризует ее Дозорная книга от августа 1600 г. старца Капитона: *Кемская волость с присудом* (подчиненными деревнями) [Иванов, 2007. 84, 87]. В перечне 1599 г. не отмечено Мунозеро и лукозерские лопари. Зато в полном соответствии с отделом 1591 г. основную поселенческую структуру содержит государственная Приходная книга Новгородской четверти за 7128 год (1619/20 г.): «В Вотцкие пятины с волости с Кемы и с Пудожемья и с Пебозера и с Маслозера и с Муллозера [так в тексте, это Мунозеро. – *Авт.*] и с Лукозерских лопарей» [ПРК, 1983. 15].

К середине XVII в. Кемский острог уже сильно обветшал, и поэтому в очередную войну со Швецией, по распоряжению Новгородской четверти от 28 мая 1657 г., его возобновили: строить в Кеми новый острог «по людем смотря, небольшой» и оснастить его пушками [Карелия, 1949. 127–128]. Но тогдашняя фискальная Окладная книга Кемской волости вновь отметила только Волость Кемь и волостки-присуды. Ее опубликовал А. И. Копанев с неточным названием «Оценная книга», датировав 1630-ми гг. Анализ В. И. Иванова показал, что это Окладная книга и с датировкой за 1650-е – начало 1660-х гг. [Копанев, 1966. 143–198; Иванов, 2007. 201]. Как и Шуерецкая волость, в ходе Соловецкого восстания в 1668 г. Кемская волость конфисковалась государством. В обеих переписях 1668 г. структура волости уже изменилась: 1. Кемский городок и 2. Кемский присуд в 5 деревень, в т. ч. одной новой: появилась деревня *Пилсозеро* в теперь бывшем районе лукозерских лопарей [Иванов, 2007. 497, 507]. К XX в. это Пильдозеро, центр Вычетайбольской волости (рис. 2).

Новое население кемской Беломорской Карелии под названием *озерчане* и поселение Пилсозеро неоднократно фиксировали «книги» шуерецкого самоуправления. В Подворной и порядной книге под датой 27 декабря 1685 г. записано: «Поехали в Кемь на сщетъ выборные Михайло Денисовъ, Фиофил Бородин с товырищы щитаться с керечаны и *озеречаны*», а 15 января 1686 г. шуеречанин «с Пилсозера привес казну до Кеми», – т. е. отвез налоги в Кемь [НА КарНЦ РАН, 1685/86 (2). 2 об.–4 об.]. Пилсозерцы являлись озерчанами. В Проторной книге (1690 г., 6 декабря) отмечено: Василию Иванову заплачено – он «ходил *на Озера*»; озерчанам пилсозерцу Федору Горбунову с товарищи возместили убытки по принятым в Кемской волости ставкам [НА КарНЦ РАН, 1690. 20, 24–26].

К 1693 г. возникло еще одно селение озерчан – Ульмонгозеро (в XX в. в Вычетайбольской волости). В шуерецкой Расходной книге от 26 декабря 1693 г. значится: «Да *улмонгозерцу* Леонтию Горбунову по указу властелиному за подводы и за выти 10 рублев 1 алтын 4 денги» [НА КарНЦ РАН, 1693. 94 об.]. Очевидно, Леонтий Горбунов был братом пилсозерца Федора Горбунова, а «указ властелин» – это указ соловецкого архимандрита.

---

* Зафиксированные Отдельной книгой 1591 г. межевые пункты отображены на Рис. 1, в т. ч. в скобках те из них, чьи названия не совпадают с нынешними; идентификация проведена авторами совместно с Д. Кузминым.

А всего Переписная книга 1745–48 гг. зафиксировала 22 новых селения, которые возникли в Кемской волости, в основном в Озерах (т. е. в Беломорской Карелии), между концом XVII в. и 1720 г. (временем I ревизии), и только одно поселение Кок-Косалма, которое появилось между 1720 и 1745 гг. [РГАДА, 1745–1748. 916–924, 934–944, 948–972]. Те из них, которые сохранились и в XIX – начале XX вв., помещены на нашу карто-схему (рис. 2). Следовательно, именно на конец XVII – первую четверть XVIII вв. падает создание основного каркаса поселенческого ландшафта Беломорской Карелии в пределах Кемской волости.

Тогда шла постепенная консолидация земель будущего Кемского уезда, в т. ч. и в сфере управления. Так, не позднее 14 марта 1690 г. шуеречане жаловались на кемлян, керечан и озеречан из-за неправильных долей в ямской гоньбе соловецкому приказному старцу Самсону из Кемского городка [Карелия, 1949. 320–321], а саму эту раскладку производило самоуправление Кеми, Шуи, Керети и *Озер*,– и тоже в Кеми (ездили «на сщет»: см. выше). При совместных же расходах с Кемской волостью Шуерецкая волость выплачивала 1/4, а Кемская волость – 3/4 общих выплат. Напр., в Расходной книге от 6 декабря 1693 г. помечен расход от совместной поездки с кемлянами в монастырь: «за все [расходы] дано кемскому выборному Петру Чеусову с товарищы денег за нашу *Шурецкую четверть* рубль 6 алтын 2 денги» [НА КарНЦ РАН, 1693. 90 об.–91]. В Расходной книге за 1695/96 г. указаны аналогичные выплаты кемлянам «за свою *Шуерецкую четверть*» за провод судна в Кемь [НА КарНЦ РАН, 1695/96. 20 об.]. Таким образом, на протяжении всего XVII в. Шуерецкое и Кемь сохраняли определенное единство, сложившееся еще в XVI в.

Хотя царским пожалованием 1613 г. Шуерецкая волость отходила монастырю с управлением из Сумского острога, но сами Шуерецкое и Кемь с Озерами не только сохраняли определенное единство, но и постепенно подчинялись Соловками своему Кемскому городку. По шуерецкой Проторной книге 1692/93 г. шуеречане возили архимандрита Фирса и кемского приказного старца Стахия в Кемь, Пилсозеро и Кереть и по их приказу закупали слеги и тес и нанимали плотников для починки Кемского городка [НА КарНЦ РАН, 1692/93. 25, 30–45]. «Книга сносная» за тот же 1692/93 г. эти сведения дополнила: «Стефан Москва ... в Кеме будучи ради *городовой поделки*, приказному старцу Стахию поднес пирог ... да он же Стефан в Кеме в *Земскую избу* выборному Петру Трубе да старосты Афонасью Белоусову с товарищи в архимандричей отпуск монастырской дал мирских денег 2 рубли» (т. е. за поездку главы вотчины по своим землям) [НА КарНЦ РАН, 1692/93. 74 об.–75]. Шуеречане передали деньги Земской избе кемского самоуправления, а не своему шуерецкому приказному старцу Моисею. В первой же половине XVIII в., напомним, Шуерецкое уже однозначно являлось присудом Кемского городка, но при этом сохранило собственный волостной статус.

И в целом кемляне и шуеречане постепенно встраивались в иную административную конфигурацию, нежели предусмотренная Пожалованиями 1591 и 1613 г.: Соловецкий монастырь – Сумский острог – Кемская и Шуерецкая волости. К рубежу XVII–XVIII в. оперативное управление Кемью и Шуей переходило к Кемскому острогу. Изучение складывания волостного и церковно-приходского ландшафта показало, что консолидация вотчинных земель Карельского берега Белого моря и «озерной» Беломорской Карелии в территорию будущего Кемского уезда образца 1785 г. ясно обозначилась уже к концу XVII в., а в первой четверти – середине XVIII вв. процесс объединения этих земель закрепился твердым подчинением («в присуд») Шуерецкой волости Кемскому городку.

Литература

НА КарНЦ РАН, 1593 – Научный архив КарНЦ РАН [Далее – НА КарНЦ РАН]. Разряд I. ИЯЛИ. Коллекция древних документов. Оп. 1. Д. 1. Л. 31. Жалованная грамота новгородского митрополита Варлама Никольской Шуерецкой церкви, 3 мая 1593 г. Подлинный список.

НА КарНЦ РАН, 1663/64 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 16. 16 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1663/64 г. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1681 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 40 (2). 22 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 6 декабря 1681 г. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1684 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 44. 23 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1684 г., не ранее 6 декабря. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1685/86 (1) – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 45 (1). 24 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1685/86 г. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1685/86 (2) – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 45 (2). 22 л. Книга подводная и порядная Шуерецкой волости 1685 г., 6 декабря – 1686 г., декабрь. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1686/87 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 47. 24 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1686/87 г. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1689 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 51 (а). 24 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1689 г, не ранее 6 декабря. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1693 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 52. Ч. 1. Л. 19–49. Книга окладная Шуерецкой волости, 1693 г., 6 декабря. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1690 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 53/а. 31 л. Книга проторная Шуерецкой волости, 1690 г., 6 декабря. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1692/93 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 54. Л. 1–24 об. Книга окладная Шуерецкой волости, 1692 г., не ранее 6 декабря; 25–75 об. Книга проторная Шуерецкой волости, 1692/93 г.; 76–101. Книга отпускная Шуерецкой волости, 1692 г., 16 декабря – 1693 г., 4 декабря. Подлинники.

НА КарНЦ РАН, 1693/94 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 56/2. Л. 50–89 об. Книга проторная Шуерецкой волости, 1693 г., 6 декабря – 1694 г.; 90–94 об. «Расход мирским деньгам» Шуерецкой волости, 1693 г., 26 декабря. Подлинники.

НА КарНЦ РАН, 1695/96 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 60 (б). Л. 20–24 об. «Расход мирским деньгам» Шуерецкой волости, 1695/96 г. Подлинник.

НА КарНЦ РАН, 1717 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 169. 34 л. Книга окладная Шуерецкой волости, 1717 г. Подлинник

НА КарНЦ РАН, 1718 – НА КарНЦ РАН. Разр. I. Оп. 3. Д. 175. 21 л. Книга «подымного збора» Шуерецкой волости, 1718 г. Подлинник.

РГАДА, 1668 – Российский государственный архив древних актов [Далее – РГАДА]. Ф. 137. Боярские и городовые книги. Сумский острог. Д. 1. Л. 1–134. Переписная книга 1668 г. А. С. Хитрово.

РГАДА, 1721 – РГАДА. Ф. 350. Ландратские книги и ревизские сказки. Оп. 2. Д. 2364. 65 л. Олонецкий уезд. I ревизия. 1721 г. Дополнения (сказки) старост вотчин Соловецкого монастыря Олонецкого уезда о крестьянах, пропущенных при ревизии 1720 г.

РГАДА, 1745–1748 – РГАДА. Ф. 350. Оп. 2. Д. 166. Л. 15–1030 об. Переписная книга вотчинных, архиерейских крестьян Двинского уезда 1745–1748 г.

АСМ, 1988 – Акты социально-экономической истории Севера России конца XV–XVI вв. Акты Соловецкого монастыря. 1479–1571 гг. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1988.

АСМ, 1990 – Акты социально-экономической истории Севера России конца XV–XVI вв. Акты Соловецкого монастыря. 1572–1584 гг. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1990.

ИК, 1987 – История Карелии XVI–XVII вв. в документах. Петрозаводск; Йоэнсуу: Кар. филиал АН ССР. 1987. I. С. 189–233. Дозорная книга Лопских погостов 1597 г.; 234–242. Дозорная книга Шуерецкой волости 1598 г.

Карелия, 1949 – Карелия в XVII в. Сборник документов / Сост. Р. Б. Мюллер. Под ред. А. И. Андреева. Петрозаводск: Госиздат КФССР. 1949.

Копанев А. И., 1966 – Копанев А. И. Материалы по истории крестьянства конца XVI – первой половины XVII в. // Материалы и сообщения по фондам отдела рукописей и редкой книги БАН СССР. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1966. С. 143–198. Оценная книга Кемской волости 1630-х гг.

Материалы, 1941 – Материалы по истории Карелии XII–XVI вв.: Сборник документов / Под ред. В. Г. Геймана. Петрозаводск: Госиздат КФССР. 1941.

Олон. сб., 1894 – Олонецкий сборник. Петрозаводск. Вып. 3. С. 221. Краткая историческая записка об Олонце.

ПКОП, 1930 – Материалы по истории народов СССР / Под общ. ред. М. Н. Покровского. Вып. 1. Л.: АН ССР. 1930. С. 57–254. Писцовая книга Обонежской пятины 1563 г.

ПРК, 1983 – Приходно-расходные книги московских приказов 1619–1621 гг. М.: Наука. 1983.

СГГД, 1813 – Собрание государственных грамот и договоров. Ч. 1. М. 1813.

Иванов В. И., 2007 – Монастыри и монастырские крестьяне Поморья в XVI–XVII веках: механизм становления крепостного права. СПб.: Изд-во Олега Абышко. 2007.

Криничная Н. А., 1987 – Русская историческая проза: Вопросы генезиса и структуры. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1987.

Мюллер Р. Б., 1947 – Очерки истории Карелии XVI–XVII вв. / Под ред. и предисл. А. И. Андреева. Петрозаводск: Госиздат КФССР. 1947.

Савич А. А., 1927 – Соловецкая вотчина XV–XVII вв. Опыт изучения хозяйства и социальных отношений в древней Руси. Пермь: Изд-во Пермского университета. 1927.

Старостина Т. В., 1967 – Шуерецкая волость в XVI–XVII вв. // Крестьянство и классовая борьба в феодальной России. Сборник статей памяти И. И. Смирнова. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1967. С.195–208.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Жуков Алексей Юрьевич
зав. сектором истории, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: zhukov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 781886

Ляпля Елена Витальевна
зав. сектором проектирования и разработки ГИС
Петрозаводский государственный университет,
РЦНИТ, отдел ГИС
пр. Ленина, 33, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: lyallya@psu.karelia.ru
тел.: (8142) 711070

Zhukov, Alexei
Institute of Language, Literature and History
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: zhukov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 781886

Lyallya, Elena
Petrozavodsk State University
33 Lenin Av., Petrozavodsk, 185910, Karelia, Russia
e-mail: lyallya@psu.karelia.ru
tel.: (8142) 711070

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 85–92

УДК 339.5

КОНТРАБАНДНАЯ ТОРГОВЛЯ ТАБАКОМ В ПОРУБЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НОВГОРОДСКОЙ ЗЕМЛИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVII В.

П. В. Седов

Санкт-Петербургский институт истории РАН

Статья посвящена контрабандной торговле табаком в России в конце XVII в. Автор приходит к выводу о том, что насаждение табака в России при Петре I было следствием не только фискальных интересов государства, но и тайного потребления табака самим населением.

Ключевые слова: История России XVII в., петровские реформы, табак, контрабанда, монастыри.

P. V. Sedov. ILLICIT TOBACCO TRADE IN THE NOVGORODIAN BORDERLAND IN THE SECOND HALF OF THE 17TH CENTURY

The article observes the tobacco smuggling in Russia in the late 17th century. The author concludes that the propaganda of tobacco in Russia under Peter I was a result of not only fiscal interests of the state but also illegal consumption of tobacco by the population itself.

Key words: History of the XVII-th century Russia, reforms of Peter the Great, tobacco smuggling, monasteries.

Проблема преемственности петровских реформ относительно предшествовавшего развития страны принадлежит к числу ключевых и наиболее дискуссионных. Насаждение курения табака при Петре часто выступает в этой связи значимым аргументом в пользу насильственности петровской реформы, противостоящей русской православной традиции.

Однако факты разрушают эту привычную схему: табак появился в России задолго до Петра I. Несмотря на указ Михаила Федоровича 1633/1634 г. и Соборное уложение 1649 г., запрещавшие курить и нюхать табак, новый обычай получал все большее распространение. В 1646 г. было даже сделано исключение на продажу партии табака в Сибири [Законодательные..., 1987; Соборное..., 1987; Чулков, 1855; Богословский, 1941. С. 287–288]. Распространение табака в XVII в. шло вопреки официальным запретам, преимущественно на порубежных территориях: в Сибири [Шаповалов, 2000], на юге страны (через Украину и Астрахань), на севере (через Архангельск) и на северо-западе (через Новгород). Однако официально любой ввоз табака в страну считался контрабандой вплоть до Великого посольства Петра.

История табачной торговли и потребления табака во второй половине XVII в. позволяет по-новому взглянуть и еще на одну проблему: соотношения центра страны и ее периферии. Обычно восприятие новых явлений начинается со столицы, однако распространение контрабандного табака в допетровской России охватило вначале пограничные районы.

Новые данные о табачной торговле второй половины XVII в. сохранились в фонде Валдайского Иверского монастыря [АСПбИИ, ф. 181]. Во второй половине XVII в. Иверский монастырь принял в свою вотчину сотни карелов, выходцев из Швеции, вместе с которыми привычка курить табак получила заметное распространение на Северо-Западе. Потребность в табаке породила его контрабандный ввоз из Швеции. Среди иверских крестьян сложились артели, которые ежегодно ходили за рубеж за табаком. Часть из них попадалась на контрабанде, но доходы крестьян были настолько велики, что пресечь незаконный ввоз табака не удавалось.

История табачной контрабанды в вотчине Иверского монастыря показывает быстрое увеличение незаконной торговли, рост организации контрабандистов, а вместе с тем и возрастание посулов, которые монастырские власти платили, покрывая своих крестьян. В январе 1662 г. стряпчий иверского подворья в Новгороде был посажен «под приказную избу» до тех пор, пока не представит вотчинного крестьянина, уличенного в торговле табаком. Воевода боярин князь И. Б. Репнин припомнил представителю монастыря, что в этом же году иверские крестьяне еще дважды были замечены в контрабанде. Ладожский посадский человек «видел» «Иверского монастыря крестьян и иных с ними людей за рубежем в дву лотках, а приехали де они купить табаку на серебряные денги на тысячю на двесте рублев». Другой свидетель утверждал: «слышел де он в Воскресенском погосте на Сяси у попа из волосных людей, что де ездят мимо их и пеши ходят святаго озера Иверскаго монастыря крестьяне со многими незнаемыми людми с пишалми и з сабли, з бердыши и с копьи, и с топорки, собрався человек по дватцати и болши, Иверского монастыря в вотчину деревню Остров и на Низино для табаку».

Царская тарханная грамота запрещала въезжать в монастырскую вотчину, тем не менее князь И. Б. Репнин попытался добиться выдачи крестьян-контрабандистов. По словам стряпчего, воевода «на то настал, что ему на своем хочетца поставить, а говорит: одноконечна де не велю ис-под приказу выпустить, будет де тех крестьян не поставишь». Однако монастырские власти заявили, что оговоренные в табачном деле крестьяне сбежали из их вотчины, и воевода остался ни с чем [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 697. С. 2–3, 12, 14].

Размер взяток по табачным делам рос год от года как на дрожжах. Алчность воеводы и потребности населения в табаке как бы спорили друг с другом: кто кого. Эти две неподконтрольные закону страсти обходили любые запреты. Курильщики нуждались в табаке, воевода – в незаконных доходах, и даже монастырские власти покрывали своих крестьян.

В апреле 1683 г. иверский стряпчий в Новгороде хлопотал по поводу очередного табачного дела. Стряпчий просил, чтобы воевода «от правого дела взял пирожок» (так в просторечии именовался «посул»). Когда же воевода запросил только себе 140 рублей, то стряпчий завел откровенный разговор «один на один: что и в твоей, государь, вотчины в селе Кесмы в деревнях таких промышленников много. И он и сам говорил: и моих де крестьян, где поимают с таким заповедным товаром, а о взятках наша братья не стыдятца, потому же с них берут» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3089. С. 239–240]. Другими словами, воевода откровенно предлагал дать ему взятку, поскольку он сам их дает, когда и его крестьяне попадаются на контрабанде табака.

В июле того же года в Новгород привели очередную группу крестьян, которые везли из-за рубежа «на семи конях» более 15 пудов табака. Сначала им удалось скрыться, но один из них, крестьянин новгородского владыки, был схвачен и выдал своих соучастников, среди которых были и иверские крестьяне. Если бы дело пошло законным порядком, то только одних штрафов пришлось бы заплатить 500 рублей: по 25 рублей за каждого пойманного с поличным крестьянина. Посул же от этого дела обошелся Иверскому монастырю в 300 рублей [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3228. С. 178–187, 199–200].

Несколько месяцев спустя в октябре 1683 г. попался с табаком иверский крестьянин села Еглина Терешка. В расспросе он признался, что только что его сын с другими иверскими крестьянами возил табак из-за рубежа. «И боярин начал у Сидора подьячего прежних приводов тем табатчиком спрашивать. И он, Сидор, в скаски тех приводов смеялся, сказал, бутто тем крестьяном, которые в табачном деле были, и наказание у боярина учинено, а приводы и роспросные речи отдал де боярин владыки государю для того, что и владычные крестьяне были в том табачном деле поиманы». Ситуация была и в самом деле забавная: воевода с дьяком получили за тот случай взятку и дело «помертвили», о чем боярин, видимо, за множеством подобных дел и запамятовал. Воевода стал просить документы этого сыска у новгородского митрополита, но владыка заявил: «у меня де такова дела нет, и боярин де ему такова дела не давал, тем де подьячей Сидор меня приогласил». Воевода стал на подьячего «велми гневен, а хочет бить

кнутом и ныне седит он за караулом». Похоже, что подьячий отдал предыдущее дело кому-то иному, может быть, именно иверским властям, и, разумеется, небескорыстно, но без ведома воеводы, тем самым выставив боярина в смешном виде. Когда же воевода приступил к иверскому стряпчему с заявлением, что монастырские крестьяне в очередной раз уличены в табачной торговле, то стряпчий тоже не без иронии ответствовал, что пойманные в табачном деле крестьяне уже получили наказание и «пенные деньги боярин у нас и дьяки взяли, а в приказной палаты в приходе те денги у него боярина записаны ли или нет, про то нам не вестимо», то есть деньги-то получил, а положил ли их в карман или в казну платил, это уже не наше дело! В ответ воеводе ничего не оставалось, как произнести бессильные слова, чтобы в дальнейшем иверские крестьяне перестали торговать табаком [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3228. С. 243–244, 247–248].

На деле торговля табаком лишь развивалась, и крестьяне нередко оказывали вооруженное сопротивление при попытке их задержать. 1 декабря 1685 г. воевода боярин князь М. Я. Черкасский «ехал ис собору от обедни; к ево боярским санем пришед сечены и биты» четверо стрельцов, раненных иверскими крестьянами-контрабандистами. В приказной палате боярин и его товарищ – окольничий «изволили сами при многих дворянех говорить: нихде такова воровства и озорничества, и воровской пристани нет, как Иверского монастыря в вотчины. И дворяня в то число все завопели, что разорились, государь, Иверского монастыря от крестьян, такова де нам разорения ни от немец, ни от литвы нет» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3454. Сст. 214–215]. Тархан Иверского монастыря, запрещавший воеводе въезжать в его вотчину, создавал благоприятные условия для торговцев табаком.

В марте 1687 г. воевода взялся разбирать очередное дело о торговле табаком. Монастырские власти привычно запросили своего представителя в Новгороде: «буде [новгородский подьячий. – *П. С.*] Сидор Родионов гостинчика себе не возьмет и дела не порудит, и вам отписать к нам: чево воеводе и дьяку и подьячим от того дела хочетца». Из монастыря предлагали посулить С. Родионову «рублев десяток или другой, чтоб у него то дело было тайно, мочно ему Бога помнить», – всуе поминало Всевышнего монастырское начальство. Однако подьячий отказал, поскольку дело стало известно самому боярину. Тогда иверский стряпчий доложил боярскому казначею, на что тот ответил: «Меньши де прежнего окладу и ныне не возьмет». В устах боярского казначея взятка за торговлю табаком приобретала уже характер «оклада». Иверский стряпчий хорошо помнил, что в прошлый раз воеводе досталось 70 рублей, а людям воеводы и прочим приказным – 45 рублей, да еще и пенных денег за каждого приведенного крестьянина по 5 рублей. Замечательно анекдотична риторика сторон: иверский стряпчий упирал на то, чтобы дьяк «в сем деле по Бозе учинил», а подьячий в ответ твердил, «чтоб прежняго окладу не нарушить» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3614. С. 70, 98–99, 101–103].

В 1689 г. открылось, что уже сложилась целая система, помогающая контрабандистам переходить границу. Пойманный иверский крестьянин «с кручины», то есть у дыбы, хотел было подать боярину роспись полутора десятка крестьян Валдайской округи, «которые ездят за рубеж по заповедной товар». Эти крестьяне «с собою берут и провозят за рубеж, а велят называтцы Иверского монастыря крестьянами. И от той де огласки наша братья промышленники разорились, а оне их проводят и берут с них скуп и поминки за провод болшие. И какая беда и прийдет, и оне платят в беду теми денгами». В этом известии примечательно, что подобная деятельность тайной валдайской артели разоряет «промышленников» – иверских крестьян, которые тоже охотно занимались незаконной торговлей, ловко пользуясь тарханом своего монастыря. Теперь у иверских крестьян появились ушлые конкуренты, они монополизировали какой-то удобный маршрут через границу, взимая с каждого контрабандиста по 3 рубля. Иверский крестьянин потому и хотел донести на них, что «оне всегда в беду платятцы сторонними денгами, что берут за проводы и что покинули де оне меня одново в городе, и от тех горланов мы, мелкие промышленники разорились». Иверские власти послали 100 рублей на то, чтобы прекратить очередное следствие по табачному делу [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3816. С. 68, 69, 78–79, 81]. Появление подобной развитой контрабандной сети свидетельствует об увеличении объемов доставляемого в Россию табака.

Иверский монастырь имел средства скрывать табачную торговлю собственных крестьян не только в Новгороде, но и в Москве. В марте 1690 г. не удалось договориться с новгородским воеводой боярином князем И. С. Прозоровским, который стал грозиться сообщить об иверских «табачниках» в Москву: «табачные и корчемные, и винные дела все ведомы в приказе Большие казны, а не в Поместном приказе. И боярин де князь Петр Иванович Прозоровской, а ево боярской племянник, тотчас

доложит великих государей, и боярин де Петр Васильевич Шереметев тово не сведает» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3924. С. 40]. В данном случае опасность для монастыря состояла в том, что родство новгородского воеводы с главой приказа Большой казны позволяло обойти в Москве влияние боярина П. В. Шереметева, покровителя Иверской обители и главы Поместного приказа, где монастырь был ведом по всем делам.

Впрочем, дело не сразу дошло до Москвы, поскольку и новгородскому воеводе не было резона отправлять его в столицу, ведь в таком случае он лишался значительного дохода. Иверский стряпчий обстоятельно передал слова воеводы: «чи де мне и самому не хочетца дому святого огласить, да и молчать де нам не уметь, хороше приказное дело делать по-приказному. Только ему я бил челом, – живописал беседу стряпчий, – чтоб пожаловали обложили пирожком, а ловоцкое дело прекратить и прошлых дел не вчинать и мужика не пытать. И он сказал: дайте де от сего ловоцкого дела и чтоб не описыватца о вышеписанных делах к Москвы мне и сыну 200 рублев на оба двора», сверх того воевода запросил еще и своим подчиненным 78 рублей. Стряпчий осведомился у своего начальства: «откупать ли тех крестьян или отдавать, а как отдать, и станут пытать, а с пытки станут многих оговаривать, чтоб всей вотчины не связать и крестьян всех не разорить. А как человек с десяток другой оговорят друг друга или больши, – напоминал стряпчий, – и государской пени по 20 по 5 рублей допрявят, а боярин и стольник, и дьяк, и подьячие, и иные, своих пирогов однако не оставя, да огласки и убытки, чтоб больши не было б». Стряпчий извещал, что дворянин К. Б. Болтин, чей крестьянин попался заодно с иверскими табатчиками, уже заплатил от этого дела 130 рублей. «А и иначе де, хотя по сему окладу становитца, да еще ево легче, потому что боятцы пирогов своих от себя отпустить, чтоб дела не взяли к Москвы». В заключение стряпчий передал твердое слово воеводы: «А мне последнее слово сказал, что де как хочешь, быть ли не быть ли, так менше не возмем. И то де хотя даетца дому святому, чтоб в огласке не быть и вотчины не розорить. А другое дело, сказал, инде мужика пытать, что хочет тот говорит» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3924. С. 58–58 об.].

Стряпчий буквально торговался с воеводой о величине посула за табачное дело. В конце концов порешили на 150 рублях для воеводы и его сына и 85 рублях для подчиненных с обязательством отдать иверскому стряпчему сами дела о табачном розыске. Уступив более полусотни рублей, воевода обнаружил свою подлинную цель – не упустить взятки из своих рук: «Мне и сыну – не уступлю ни копейкою, а з дьяками и с приказными как знаете», – заявил он. Такова была цена словам воеводы, что приказное дело следует делать «по-приказному».

Однако монастырское начальство не согласилось на такой большой посул: «и та почесть не в силу, если на четвертую долю возможно договоритцы», такие большие взятки показались в монастыре чрезмерными: «почали кидать мешками, чего и в людях не ведетца». Пойманного с поличным крестьянина следовало научить говорить у пытки такие слова: «что на себя в табаке сказал, убояся стрельцов, потому что оне ево научили, а пытать ж будут», то за «лишние» слова на своих соучастников будет ему в монастыре «поучение впредь кнутом ободрать кожу, чтоб иным неповадно было воровать и друг друга оговаривать». Более всего иверские власти надеялись на то, что заступник монастыря в Москве боярин П. В. Шереметев доложит о сем деле и поведении новгородского воеводы царевне Татьяне Михайловне, «которой вручены Воскресенской и Иверской монастырь». Свое решение иверские власти разъяснили новгородскому стряпчему так: «Нынешнему воеводы с приказными дай полпяста рублев, и он будет молчать, пока будет жить, а другой, приехав, от тех же дел тово ж захочет, а как возьмут к Москве по нашему челобитью, так и почести все пали. Да и дать нам такую большую почесть не к лицу, вся де нам посмеетца: не судимы де делами да судимы стали мешками. <…> А естли и боярин похочет и писать, и он пиши, хуже нам и убыточнее того не будет, и тольки ж и ему единой копейки не будет».

Дело пошло на принцип. Узнав, что иверские власти начали хлопоты в Москве, воевода вообще отказался брать какие-либо деньги с монастыря: «и чем обложил сперва пирожком, и того не емлет. А что посоветовав з добрыми людьми прибавили, и поготову не хочет имать: мне де ваши денги не надобны, а розыскивать про то дело буду. И по архиерейскому прошению тако ж и властей, которые благочестивые, прошению розыск хотел учинить бутто лехкой. А всяко думаетца, чтоб из города зжить архиерея, какой дому святому пакости не учинил».

Намерение воеводы донести на новгородского митрополита Корнилия и «зжить его» с кафедры только за то, что он вступился за Иверский монастырь, показывает, насколько далеко зашел конфликт. Новгородский владыка и какие-то монастыри его епархии просили воеводу князя И. С. Прозоровского учинить «лехкой» ро-

зыск по табачному делу. Вся эта история случилась всего лишь потому, что воевода не получил посул, который он сам и назначил, но теперь ситуация вышла из-под контроля.

Стряпчий обстоятельно описал сложившееся положение дел: «Нихто бы етово дела не слыхал, и насмешки б такой дому святому не было, как бы то дело сперва прекратилась, а ныне то дело стало всему граду в огласку. Тако ж боярин опасен против указу великих государей и денег имать за наше дело не хочет. А мне, послушнику вашему, по вся дни то и говорит, что де поставь мужиков». Стряпчий обратился за помощью к новгородскому митрополиту, «чтоб на отъезде ему боярину изволил поговорить. И архиерей милость явил: <…> я де ему еще поговорю, чает де что и возьмет, а розыск учинит полехче, не розыскав де ему против указу великих государей не уметь, стало дело в огласку».

Для того чтобы мириться с воеводой, в Новгород от иверских властей был послан старец Виктор с «советными грамотками». Но воевода их даже не распечатал и начал «с великим гневом говорить, что де писал ко мне племянник мой боярин князь Петр Иванович своею рукою, что де ваши на Москве два старца меня оглашают, бутто я у вас от того дела просил пятьсот рублев». Старец Виктор отвечал «со всяким покорением», но воевода был непреклонен «и сказал, что ты, старец, впредь не ходи ко мне на двор с обманом, а буде дело есть, и ты приходи в приказ; в очи де льстите, а за очи промысел на Москве чините». Далее в черновой отписке из Новгорода написаны слова, которые затем были вычеркнуты, видимо, из осторожности. Воевода сообщил старцу: «Писано ко мне в той же грамотки от племянника ево, чтоб я с вас не взял от того дела ни алтына, а учинить вправду против государева указу для того: как был де я племянник и сам, Петр Иванович, на воеводстве, а в котором городе, того он, боярин, мне <…> не сказал, и дело было так же как ныне и с вами в табатчиках и винщиках *[В отписке* “в табатчиках и винщиках” *зачеркнуто]*, и я де покусился взять с них сто рублев, и те денги им назад отдал *[В отписке* “взять с них сто рублев, и те денги им назад отдал” *зачеркнуто]* да токож по огласке и в том деле сыскивал вправду, и на тех ворех по сыску» доправил «пени» на 1000 рублей [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3924. С. 69, 71, 84 об., 87, 90–91, 93, 95, 99–100, 104, 124–125, 127; № 3922. С. 41, 48, 50, 52; № 4082. С. 24, 32, 86; № 4211. С. 41].

Далее дело было передано на рассмотрение в Москву. Иверский стряпчий в столице явился к племяннику новгородского воеводы боярину князю П. И. Прозоровскому, который «выслушав той отписки, сперва говорил многие грубые слова, а после как мы, послушники ваши, известили ему на словах боярину про запросы боярские, что посулов просит многое число, и он, боярин князь Петр Иванович, стал говорить смирнее и горазно сумнился и тотчас приказал отписать чрез почту» к своему дяде в Новгород. Стряпчий советовал, что «нечего опасатца» новгородского воеводы стольника князя Никиту Прозоровского, а следует его «и самого огласнуть, что он и сам про табачное дело ведал, как отец ево по два года с табачных дел посул брал и потачку чинил. И в котором году сколько взял посулу, и которые крестьяне в том табачном деле приличны были, написать имянно вам, государем, нечто учинят».

В столице дело пошло «в протяжку»: оно было передано в приказ Большой казны, но еще и в ноябре 1690 г. «не докладывано для того, что времени не излучат». Только одна перечневая выписка по делу заняла полтораста листов. Иверский стряпчий показал выписку С. А. Лопухину, который хотел «доложить великого государя как он государь будет у него на загородном дворе или где на безлюдстве излучит время. И как я ему Сергею Аврамовичю подробну розказал все то разорение сначала и до конца, и он, слушая моих слов, заплакал». Хлопотать взялся было и А. А. Матвеев, «только сами изволите знать, – заметил стряпчий, – что говорит красно, а помощь от него медленка» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3922. С. 78, 84, 86–87].

Более двух недель составленные челобитные оставались без движения, и наконец около 10 декабря 1690 г. стряпчий сообщил из Москвы, что «будучи на всенощном у Афтамона Ивановича ныне на Николин день, говорил мне: вчерашняго дня у боярина нашего [П. В. Шереметева. – *П. С.*] со князем Петром Ивановичем Прозоровским перед государем была великая пря о разорении монастырском. И государь де, долго слушав такой у них преки, выбежал от них вон и указу никакова не учинил. И что учинитца, про то Бог весть. И я ныне стал в размышлении: не ведаю как и куда болши того и поступать, только с печали все сердце высохло» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 3924. С. 94].

Вероятно, этот доклад по табачному делу стал памятен Петру. Полторы сотни листов спорного дела, очевидная лживость обеих сторон, страстное и небескорыстное заступничество в деле первых сановников государства – все это не оставляло реальной возможности разрешить спор по старине. Проблемный узел нужно было разрубать по-новому. Не пройдет и пяти лет, как царь снимет запрет на ввоз табака из-за рубежа, чтобы прибыль получала казна, а не воеводы-лихоимцы.

Это громкое дело показывает, что меры против контрабанды табака были совершенно неэффективными, поскольку легко обходились обычным на Руси порядком. Лишь в исключительных случаях, когда чиновник был слишком алчен или виновный излишне прижимист, возникал сыск. Документы Иверского монастыря полны указаний, что табаком торговали крестьяне не только Иверского монастыря, но и других обителей, а также во владениях митрополита и новгородских дворян. Новгородский воевода князь И. С. Прозоровский признавался, что в его вотчине тоже торгуют табаком, а князь П. И. Прозоровский вспоминал, как и ему приходилось сталкиваться с табачной торговлей. Страна уже курила табак, и остановить этот процесс было невозможно. Так же было и в других странах, где категорические запреты на употребление табака мало что значили. Существенно, что потребление табака шло «снизу», его сначала курило простонародье, а уж затем – верхи общества.

Рост потребления табака и крах борьбы с его контрабандой подводили царя к мысли о возможности его легализации. Решающее значение имело отношение самого Петра к табаку: он видел в нем не погибель души, а принадлежность к новому укладу жизни, к которому и сам стремился. Сначала какие-то права на ввоз табака в страну получил Яков Брюс. В 1695 г. исключительное право на продажу табака в Архангельске и московской Немецкой слободе, «как велено было тем табаком торговать Якову Брюсу», Петр передал за три тысячи рублей Томасу фон де Брахту.

Затем табачный откуп был передан прибыльщику Мартыну Богданову сыну Орленку. Именной указ об этом 1 февраля 1697 г. содержит важную информацию, которую следует сопоставить с уже рассмотренными данными о контрабандной торговле табаком в вотчине Иверского монастыря: «продавать табак и торговать явно для того <…> что во многих домех у всяких чинов людей табаку является много и из черкасских городов и из-за моря к Архангельскому городу привозят и продают тайно, не явясь в таможне, и пошлин нигде не платят, а в иных городех и в уездех тот табак продают с ведома воевод и приказных людей и дают им от той явки многие дачи» [ПСЗ. Т. III. № 1570]. Указ не содержит никакого понуждения курить табак, речь идет лишь о том, что подданные потребляют заповедный товар и не платят за это пошлины в казну, тогда как воеводы и приказные люди обогащаются посулами.

Следующие шаги в сторону легализации табака в России относятся ко времени Великого посольства. 16 апреля 1698 г. Петр отдал табачный откуп англичанину маркизу Перегрину Кармартену за 200 тысяч фунтов стерлингов или 400 тысяч рублей серебром сроком на семь лет. Откупщик получил также монопольное право («с запрещением всем другим») продавать «на Москве в городах и уездах табачные немецкие трубки, и коробочки (табакерки), и иные мелочи, к тому табачному куренью принадлежащие». Одновременно царь дозволил своим подданным «табак курить и другим образом употреблять по воле каждого» [Милюков, 1905. С. 163–164; Богословский, 1941. С. 287–289, 338–339, 342–343, 345, 347–349].

Документы Иверского монастыря сохранили сведения о том, какова была практика торговли табаком в новых условиях. Первое упоминание о легализации табачной торговли в монастырской переписке относится к июлю 1697 г. Поводом послужила очередная поимка иверских крестьян с табаком. Однако теперь ситуация изменилась, и инициативу преследования на себя взял не воевода, а откупщик табачной продажи. Когда старорусский воевода сообщил в Москву о факте контрабандной торговли, то табачный откупщик, член гостиной сотни Мартын Богданов Орленок, подал челобитную о пресечении незаконной торговли. В ответ из приказа Большой казны в Старую Руссу намеревались послать сержанта и подьячего для сыска «табачной продажи». Однако иверские власти «гостинчиком челом ударили» и остановили сыск.

В этой связи с московского подворья и сообщили о новом царском указе: «А указ великого государя состоялся о той неявочной табачной продажи против винной выимки корчемников, и пеня на великого государя имати». Иверский стряпчий просил разослать во все монастырские погосты «памяти» с запрещением торговли табаком «утайкою». «А кому хочетца табаком торговать, и оне б у него подьячего и у целовальников явились и договаривались договором до декабря месяца, а з декабря месяца 206-го года у того табаку у продажи будут верные головы и целовальники городовые. И впредь, государи, и пуще продажи будет много, да в том воля великого государя, никто ему не укажет» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 4812. С. 95–96].

Перед нами единственное в своем роде высказанное в переписке Иверского монастыря отношение к царскому указу. Это ни в коем случае не прямое осуждение, такое было страшно даже помыслить, а тем более написать. Отписка с московского подворья составлена от имени двух иеромонахов Филарета и

Кирияка, которые спрятали свое личное отношение к невиданному доселе царскому указу за словами «в том воля великого государя, никто ему не укажет». Однако уже сами эти слова свидетельствуют о том, что иеромонахи полагали этот указ необычным, хотя и подчеркнуто смирялись перед царской волей.

Любопытна и другая сторона отношения иверских старцев к легализации торговли табаком. Суть введения табачных откупов состояла в том, что казна получала прибыль: средства, которые раньше шли в карман приказных в качестве посулов, теперь должны были легализоваться в виде пошлин с разрешенной табачной продажи. На деле, как и прежде, вопрос был решен «гостинчиком». На словах иверские старцы могли дивиться разрешению табачной торговли, но при этом, как и раньше, потворствовали своим крестьянам заниматься этим прибыльным для них, а значит, и для монастыря делом.

Хотя разница все же была: табачный откупщик не был заинтересован в том, чтобы утаивать факты тайной торговли табаком. В августе 1697 г. с московского подворья сообщили, что судья Преображенского приказа И. Т. Инихов, с которым иверские старцы договорились было по этому делу, сообщил, что «хотят против челобитья гостиные сотни Мартына Орленка ис Преображенского приказу отпустить великого государя грамоту в Великий Новгород к окольничему о розыске <…> А того де учинить невозможно, что не отпустить грамоты, потому что истец непрестанно докучает» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 4812. С. 100].

В дальнейшем по вопросам незаконной табачной торговли иверским властям приходилось иметь дело с табачным откупщиком в Новгороде. В июле 1699 г. с новгородского подворья сообщали, как «иноземец Николай Олферьев, которой живет в Великом Новегороде для продажи никоцыану», известил иверские власти о факте контрабандной продажи табака иверскими крестьянами. Этот факт был установлен табачными откупщиками Деревской А. Мариниым и Д. Григорьевым: прошлой «зимой, за неделю масленицы» крестьянин деревни Пестова «продал им пять фунтов табаку без людей». Получается, что откупщики Деревской пятины спровоцировали потенциальных контрабандистов на незаконную сделку, а потом доносили об этом своему начальству в Новгороде. Иноземец Н. Олферьев запрашивал: «бить ли де челом ему о том в Великом Новегороде или зделку учинить». Как видим, откупщик был готов «утоптать» это дело между собой, как это делали и новгородские воеводы. В ответ иверские власти велели «проведать от посторонних людей, которые при нем Николае живут, чего он от того дела хочет. <…> А есть ли с ним ныне договариватца, и он заищет много, и крестьяном будет вконец розоритца». Однако откупщик странным образом не проявил никакой настойчивости. Две недели спустя: «от него по се число с тех времян никаких слов не бывало, а знатно, что о том впредь будет ли челобитье» [АСПбИИ, ф. 181, оп. 1, № 4938. С. 148, 152, 169–170, 181]. Похоже, что иноземец-откупщик не стал связываться с влиятельным монастырем по столь незначительному эпизоду.

История табачной торговли в конце XVII – начале XVIII в. на примере вотчины Валдайского Иверского монастыря приводит к выводу о том, что Петр лишь легализовал ввоз и потребление табака, которые уже существовали подпольно. Монастырские власти знали о незаконной табачной торговле своих крестьян, но никогда сами не доносили на них. При получении сведений о раскольниках в своих вотчинах монастырские власти прибегали к помощи властей, здесь они поступали последовательно, но на табачную торговлю монастырское начальство предпочитало закрывать глаза.

В данном случае церковная риторика против курильщиков не выдерживала проверки на искренность: монахи говорили одно, а поступали иначе, они лукавили и изворачивались, лишь бы прекратить нежелательные для них во всех смыслах дела о табачной торговле собственных крестьян. Подобное поведение свидетельствует о двойственном отношении к табачникам даже среди монастырской братии: церковные проклятия в адрес табака уживались с укрывательством тех, кто занимался этим греховным делом. Получается, что на деле монастырское начальство допускало потребление табака у собственных крестьян, что исподволь меняло официально принятую церковью норму поведения в этом вопросе. Сначала сами монахи попустительствовали табачной контрабанде в своей вотчине, а уже десятилетия спустя царский указ разрешал ее в интересах казны.

Легализация табака при Петре решительно противостояла средневековой традиции, и ее можно считать знаковой в смысле утверждения новых обычаев. В Голландии, где Петр имел случай поближе познакомиться с повседневной жизнью ее обитателей, табачный дым был непременным атрибутом быта корабельщиков и горожан. Он олицетворял быстротекучесть жизни, заносчивую манеру пускать деньги на ветер, веселое отношение к времяпровождению. Этот новый обычай противостоял церковным запретам и прежним нравственным устоям. Табак курили для удо-

вольствия, это была своего рода реабилитация телесного начала, характерная для Нового времени.

Так же как и в иных своих нововведениях, Петр, разрешая, а отчасти и понуждая подданных курить и нюхать табак, исходил из уже существовавшей практики, которую он рационально ставил на службу самодержавному государству.

Литература

Архив Санкт-Петербургского института истории РАН (в тексте – АСПбИИ).

Богословский М. М. Петр I. Т. II. М., 1941.

Законодательные акты Русского государства второй половины XVI – первой половины XVII века. Л., 1987.

Милюков П. Государственное хозяйство России в первой четверти XVIII столетия и реформа Петра Великого. СПб., 1905.

Соборное уложение 1649 г. Л., 1987. Глава XXV. Ст. 11–21. Комментарии. С. 397–400.

Чулков М. История законодательства о табачной промышленности в России до Екатерины II. Казань, 1855.

Шаповалов А. В. Табак в Западной Сибири в XVII–XVIII вв. // Чуждое – чужое – наше. Наблюдения к проблеме взаимодействия культур. Новосибирск, 2000. С. 107–121.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Седов Владимир Павлович
д. и. н.
Санкт-Петербургский институт истории РАН
Санкт-Петербург, Россия
эл. почта: sedovpv@rambler.ru

Sedov, Pavel
Institute of History, Sant-Petersburg,
Russian Academy of Science
Sant-Petersburg, Russia
e-mail: sedovpv@rambler.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 93–103

УДК 947 (470.22)

ПРОВЕДЕНИЕ СТОЛЫПИНСКОЙ АГРАРНОЙ РЕФОРМЫ В КАРЕЛИИ: ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Н. А. Кораблев

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Столыпинская аграрная реформа – последняя крупная социально-экономическая реформа в истории дореволюционной России. Она была призвана ускорить модернизацию сельского хозяйства страны и стабилизировать социально-политическую обстановку в российской деревне. Изучение реализации этой реформы в Карелии представляет значительный научный интерес, так как здесь она проводилась в особых условиях, заметно отличавшихся от условий центра Европейской России. Определены факторы, сдерживавшие проведение реформы в Карелии – почти полное отсутствие дворянского землевладения, комплексный аграрно-промысловый характер крестьянского хозяйства, потребительская направленность сельского хозяйства, прочность общинных традиций и запутанность общинного землевладения. Характеризуется реализация столыпинского законодательства, основные направления и специфика преобразований. Раскрывается и подчеркивается особая роль землеустройства в проведении реформы в условиях Карелии. Итоги преобразований в крае, несмотря на краткий срок, отпущенный для них историей, могли бы быть более весомыми при всестороннем учете центром регионального фактора.

Ключевые слова: Столыпинская аграрная реформа, Карелия, крестьянство, землеустройство, землепользование, община, хозяйство, отруб, хутор.

N. A. Korablyov. STOLYPIN LAND REFORM IN KARELIA: PROBLEMS OF LAND MANAGEMENT

Stolypin land reform was the last large-scope socioeconomic reform in the history of pre-revolutionary Russia. It was devised to expedite modernization of the national agriculture and stabilize the sociopolitical situation in the Russian countryside. Research into the implementation of the reform in Karelia is of great scientific interest since the conditions for it in the region differed significantly from those in the centre of European Russia. The factors hindering the reform in Karelia were determined – nearly total lack of manorial estates, the complex farming/fishing/hunting nature of the peasant economy, consumption-oriented agriculture, strong community traditions, and intricate communal land tenure. We characterize the implementation of Stolypin's legislation, the principal directions and features of the reforms. The remarkable role of land management in the progress of the reform in Karelia is disclosed and emphasized. Although history did not let the reform last long, it could have yielded much more tangible results in the land had the centre taken the regional factor into account.

Key words: Stolypin's agrarian reform, Karelia, peasantry, land management, land-use, economy, community, otrub, farm.

Столыпинская аграрная реформа явилась краеугольным звеном экономической политики российского правительства после бурных революционных потрясений 1905–1907 гг. Она была призвана ускорить модернизацию сельского хозяйства страны и стабилизировать социально-политическую обстановку в многомиллионной российской деревне. Главной целью реформы являлось создание широкого слоя хозяйственно активных земельных собственников за счет сокращения общинного землевладения. Прикрепление к общине и общинное землепользование с уравнительными переделами, в известной степени предохранявшие крестьян от разорения, в условиях развивающейся рыночной экономики становились факторами, тормозившими прогресс сельского хозяйства в масштабах России. В частности, порождаемые переделами чересполосица и мелкополосица препятствовали внедрению сельскохозяйственной техники и введению многопольных севооборотов. Представители Олонецкого земства в своей резолюции на губернском собрании в конце 1906 г., например, образно писали по данному поводу: «Нельзя пользоваться усовершенствованными орудиями, например, рядовой сеялкой, на полосах, ширина которых измеряется лаптями, а число доходит до нескольких десятков у общинника». [Вопрос..., 1908, № 5. С. 3–4]

Юридической основой новой аграрной политики стал указ Николая II от 9 ноября 1906 г., который после одобрения его III Государственной Думой 14 июня 1910 г. обрел статус закона. Реформа включала целый комплекс мероприятий, главными из которых являлись: выход крестьян из общины с закреплением за ними надельной земли в собственность; создание на укрепленной земле участковых (хуторских и отрубных) хозяйств; проведение землеустроительных работ без выдела из общины; организация переселения крестьян на окраины империи.

В дополнение к основным законодательным актам по проведению реформы 29 мая 1911 г. было утвержден Закон о землеустройстве, регламентировавший техническую сторону связанных с нею землеустроительных действий. До принятия этого закона данные действия осуществлялись на основе Временных правил о землеустройстве, изданных 4 марта 1906 г.

В пределах карельского края Столыпинская аграрная реформа проводилась на территории четырех уездов, входивших в то время в состав Олонецкой губернии (Петрозаводский, Олонецкий, Повенецкий Пудожский). На Кемский уезд, находившийся в составе Архангельской губернии, она не распространялась, так как там, как и во всей этой губернии, не было осуществлено поземельное устройство бывших государственных крестьян, предусмотренное реформой 1866 г. (отграничение крестьянских земель от казенных).

Администрация Олонецкой губернии активно поддержала Столыпинскую аграрную реформу. Концепция Указа 9 ноября 1906 г. вполне соответствовала и личным убеждениям тогдашнего губернатора Н. В. Протасьева. Еще в 1904 г. на губернском совещании по пересмотру законоположений о крестьянах он заявлял: «Я горячий сторонник подворного владения и нахожу, что Россия действительно выйдет из косности в отношении земледелия только тогда, когда каждый будет работать на своей полосе земли, а не в составе фиктивной общины, которая, на мой взгляд, является только тормозом для развития хозяйства» [Журналы..., 1904. С. 67]. Да и в целом большинство руководителей губернских ведомств, участвовавших тогда в совещании, высказалось за облегчение выхода из общины [Журналы..., 1904. С. 69].

В поддержку реформы высказались и земские круги Олонецкой губернии. Вскоре после издания Указа от 9 ноября 1906 г. по инициативе председателя Повенецкого уездного земского собрания Е. А. Богдановича вопрос об общинном и подворном землепользовании был вынесен на обсуждение очередного губернского земского собрания. В результате дискуссии губернское собрание одобрило резолюцию, в которой говорилось: «Переход к подворному владению является единственным средством к подъему благосостояния крестьян... Земство непременно должно в той или иной форме прийти на помощь крестьянам, желающим перехода к подворному владению» [Обзор постановлений..., 1907. № 4. С. 30]. На следующей сессии в 1907 г. при обсуждении поступивших из Пудожской и Повенецкой уездных управ материалов местных обследований, свидетельствовавших об осторожном или отрицательном отношении большинства крестьян к выходу из общины, вопрос об отношении к реформе вновь был подвергнут рассмотрению. В своем докладе губернская управа подтвердила ранее выраженную земством позицию. При этом, правда, была добавлена уточняющая формулировка о том, что окончательный выбор формы землевладения принадлежит самим крестьянам. В докладе заявлялось, что управа «так же, как и большинство прошлогоднего состава собрания, склоняется к мысли, что при подворном владении представляется больше возможности

перейти к более совершенным способам ведения хозяйства... Но она считает ошибкой... указывать крестьянскому населению губернии ту или иную определенную форму землепользования и принимать какие-либо меры, которые могли бы склонять, например, к выделу из общины или сохранению ее во что бы то ни стало» [Вопрос..., 1908 № 5. С. 3–4]. Собрание одобрило предложения управы.

Условия для реализации Столыпинской аграрной реформы в карельском крае заметно отличались от условий, существовавших в центре и на юге России. Главным собственником земли здесь являлась казна, которой в рассматриваемых нами четырех уездах к 1905 г. принадлежало 68,1 % всей земельной площади. Крестьянские надельные земли составляли 30,1 % площади. На долю других категорий владельцев приходилось всего 1,8 % земельных угодий, в том числе лишь 0,1 % – на дворян [подсчитано по данным: О землевладении..., 1907. С. 285, 297, 301; Копяткевич, 1907. № 8. С. 15–16, № 10. С. 22–23]. Вследствие ничтожной роли дворянского землевладения аграрный вопрос в крае в основном сводился к взаимоотношениям между крестьянами и государством и не стоял столь остро, как в «помещичьих» регионах страны.

Немаловажное значение имело и то обстоятельство, что основную часть своих денежных доходов (по данным земской статистики, от 60 до 80 %) местные крестьяне получали не от земли, а от разнообразных промысловых занятий [Материалы..., 1910. С. 418–419]. После обнародования Указа от 9 ноября 1906 г. один из крестьян Петрозаводского уезда на страницах местного земского журнала так выразил скептическое мнение об указе части сельских хозяев, наиболее тесно связанных с промысловой деятельностью: «...Званием собственника сыт не будешь, да еще при таких исключительных, как наши, климатических условиях и малом количестве пахотной земли. У большинства крестьян главное занятие – отхожие промыслы, а земледелие на заднем плане... Клочки земли обрабатывай хоть китайским способом, все хлеба не будет хватать и отхожий промысел будет средством к пропитанию. До тех пор, пока существует более легкий способ добывания хлеба, крестьянин не сядет на землю» [Крестьяне..., 1907. С. 8].

Для Карелии с ее суровыми природными условиями и неразвитой сетью дорожных коммуникаций были характерны слабый уровень развития аграрного капитализма и укорененность общинных традиций, способствовавших выживанию крестьянского двора в экстремальных ситуациях. По данным, относящимся к Олонецкой губернии в целом, в 1905 г. общинное землепользование охватывало здесь 98 % крестьянских дворов и 99 % надельной земли, тогда как в среднем по Европейской России эти показатели составляли соответственно 76 и 82 % [Зырянов, 1982. С. 36–37]. Правда, далеко не все общины в крае практиковали переделы. По сведениям, собранным для губернского совещания по пересмотру законоположений о крестьянах в 1904 г., в карельских уездах Олонецкой губернии только в 25,8 % земельных общин (595 из 1955) за пореформенное время производились либо общие, либо частные переделы. При этом по отдельным уездам картина была не одинаковой. Так, в Пудожском уезде доля переделяющихся общин достигала 53,5 %, в Повенецком – 50,1 %, тогда как в Олонецком она равнялась 18 %, а в Петрозаводском уезде составляла всего лишь 3,3 %. Однако те же материалы свидетельствовали не об угасании, а об усилении передельных тенденций в изучаемом нами районе. Так, если за период с 1858 г. по 1887 г. (год перевода бывших государственных крестьян на обязательный выкуп) переделы произошли в 16 общинах, то с 1888 г. по 1894 г. (6 лет) – в 166 общинах, а с 1895 по 1904 г. (9 лет) – в 324 общинах [подсчитано по данным: Кожевников, 1909. С. 258–259]. При этом необходимо учитывать, что в 1893 г. появился закон об ограничении переделов, а в 1894 г. в крае был введен институт земских начальников, которые, в частности, контролировали соблюдение данного закона. Явное снижение числа переделов отмечалось в два последних периода только в Петрозаводском уезде, где в 1888 – 1894 гг. переделы были зафиксированы в 17 общинах, а в 1895 – 1904 гг. – только в 5. Но передельные устремления были широко распространены и в этом уезде. На собеседовании по вопросам крестьянского землевладения в Петрозаводском уезде, состоявшемся 30 октября 1907 г. в Олонецком губернском присутствии, на вопрос о том, легко ли будет отдельным домохозяевам получить в «беспередельных» общинах приговор о выделении, все волостные старшины единодушно заявили: «В селениях... многолюдных приговоров выделяющимся не дадут... воспротивятся этому малоземельные домохозяева, полагающие, что разделенная земля пойдет когда-нибудь в общий передел, и тогда часть ее достанется на их долю» [Собеседование..., 1908. № 3. С. 4].

По мнению петрозаводского историка В. Г. Баданова, среди значительной части местного крестьянства все еще бытовала некая

психологическая, мировоззренческая и даже религиозная установка на общину как на особую ценность, данную свыше [Баданов, 1994. С 15].

Общинное землевладение в Олонецкой губернии имело осложненную, запутанную структуру, вследствие преобладания здесь в ходе реализации реформы 1866 г. в отношении государственных крестьян группового землеустройства. При пореформенном землеустройстве межевые отряды уделяли основное внимание отграничению казенных земель от крестьянских, разграничения же внутри крестьянских дач выполнялись формально или вообще не проводились. Сами же крестьяне, по свидетельству старшины Ладвинской волости Петрозаводского уезда Е. Мокеева, тогда «отнеслись к этому обстоятельству довольно равнодушно, – не оценили, не видели своего интереса; теперь видят, да поздно» [Собеседование..., 1908, № 1. С. 8]. Земский начальник из Петрозаводского уезда В. Соловьев также отмечал, что «работа межевых при выдаче владенных записей оставила в народе печальную память» [НА РК, ф. 55, оп. 1, д. 22/267, л. 50]. В результате тогдашнего землеустройства из 3996 селений Олонецкой губернии 3566 селений – или 89,2 % – были наделены общими (однопланными) дачами. Один акт владения приходился в среднем на 11 деревень [Обзор..., 1913. С. 43]. При этом зачастую существовал разнобой во владении разными видами угодий. Группа деревень, имея раздельные наделы пахотных земель, располагала в то же время совместным наделом сенокоса, леса, а также угодий, предоставленных вместо подсеки (так называемый земельно-подсечный надел). Начальник отделения губернской казенной палаты П. П. Сергеев на совещании по пересмотру законоположений о крестьянах в 1904 г. приводил следующий пример: «В Повенецком уезде... Селезневское и Кажемское общество имеют более 120 селений, у всех есть свои наделы, то есть у каждого селения своя усадебная земля и полевые угодья, но сенокосами эта группа в 120 селений владеет таким образом: два-три селения сообща владеют сенокосом, а в подсеках участвуют еще с тремя, четырьмя другими селениями, совершенно не участвующими ни в полевых, ни в сенокосных угодьях» [Журналы..., 1904. С. 31].

Ясно, что разверстка угодий в таких условиях была крайне затруднена и требовала значительных затрат на размежевание со стороны государства. По данному поводу олонецкий губернатор Н. В. Протасьев в письме к П. А. Столыпину 16 августа 1910 г. сетовал: «Большим тормозом... служит неудовлетворительность работ, произведенных в свое время при наделении государственных крестьян землею. Далеко не редкое исключение в Олонецкой губернии составляет группировка 40–100 селений, владеющих надельными землями по одному владенному акту, причем в этом наделе находятся земли единственного владения каждого селения и общего владения как нескольких селений, так и общего владения всех селений, поименованных во владенном акте. Борьба с этим порядком владения составляет насущную задачу крестьянских учреждений Олонецкой губернии» [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 106/1, л. 217 об.].

Край не только по сравнению с сопредельной автономной Финляндией, но и по сравнению с Центральной Россией отличало слабое развитие дорожных коммуникаций. До начала Первой мировой войны карельские уезды, да и вся Олонецкая губерния, за исключением ее отдаленной восточной окраины (небольшой части Каргопольского уезда), не имела выхода к формирующейся сети российских железных дорог, архаичной была и внутрикраевая дорожная сеть. К 1913 г. в пределах четырех карельских уездов Олонии 53,9 % всех селений не имели никаких дорог и сообщались с внешним миром только с помощью лесных троп [Олонецкая губерния, С. 71]. В условиях полного бездорожья реальных перспектив для успешного развития хуторского хозяйства, конечно же, не существовало. Участвовавшие в упоминавшемся выше собеседовании по вопросам крестьянского землевладения в 1907 г. волостные старшины пришли к согласованному мнению, что образованию хуторов «будут препятствовать пути сообщения». «Удобных дорог не имеют целые селения, а отдельные хутора окажутся полностью недоступными», – резюмировали они [Собеседование..., 1908. № 3. С. 4].

Существенную специфику в крае имела организационная сторона проведения преобразований. Первоначально реализация новой аграрной реформы в Олонецкой губернии была целиком возложена на учреждения по крестьянским делам (губернское присутствие, земские участковые начальники и их съезды), перегруженные административными делами и не имевшие своих землемерных сил. В отличие от большинства губерний Европейской России здесь с началом реформы не были открыты землеустроительные комиссии. Правительство сочло возможным сэкономить средства на реализации реформы в малонаселенном северном крае. А нужда в землеустройстве здесь была особенно острой. На практике крестьянские учреждения могли только оформить выход домохозяина из общины с закреплением за ним зе-

мельных угодий в том виде, как они ранее находились в общине. В условиях Карелии, при разбросанности полевых угодий среди неудобий и обширных лесных пространств, дальноземелье и мелкополосице, это не давало возможности для последующей рационализации сельскохозяйственного производства. Губернская администрация констатировала, что «в собственность укрепляется лишь земля, находящаяся в фактическом владении данного домохозяина, что имеет громадное значение для большинства губерний России, где надельная земля вся разверстана между крестьянами. Для губернии же Олонецкой законы эти имеют меньшее значение, если при укреплении в собственность не отводить одновременно всю землю к одним местам и не выделять ее в виде отдельных хуторов или, по невозможности этого, отрубов» [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 112/27, л. 89].

После неоднократных ходатайств губернатора Н. В. Протасьева Комитет по землеустроительным делам 14 августа 1908 г. принял решение о включении с 1909 г. в штат землеустроительных комиссий соседней Петербургской губернии 4 техников-землемеров для прикомандирования их на полевой сезон к крестьянским учреждениям Олонецкой губернии [НА РК, ф. 55, оп. 1, д. 22/267, л. 14–15]. По предложению Председателя Совета Министров П. А. Столыпина 28 августа 1908 г. в Олонецкой губернии было создано особое межведомственное совещание по применению Закона от 9 ноября 1906 г. под председательством губернатора с координационными и контрольными функциями. В его состав наряду с вице-губернатором и чиновниками губернского присутствия был включен и губернский землемер. В числе задач, поставленных перед особым совещанием, значились и упорядочение дел по устранению внутринадельной чересполосицы и отводу укрепленных земель к одним местам, то есть по созданию участковых (хуторских и отрубных) хозяйств [НА РК, ф. 55, оп. 1, д. 18/226, л. 55].

Принятые меры дали возможность наконец, с опозданием на два года, начать в крае землеустроительные работы в рамках реформы. Вскоре после начала своей деятельности особое совещание констатировало, что выделенных землемеров далеко не достаточно, чтобы справиться с уже имеющимся фронтом работ на площади в 62 тыс. десятин. Оно заявило, что «находит необходимым экстренно ходатайствовать о возможном увеличении теперь же числа землемеров, состоящих в распоряжении олонецкого губернатора, а затем, ввиду крайней желательности широкой и совершенной организации дела землеустройства, и об открытии в Олонецкой губернии землеустроительной комиссии» [НА РК, ф. 55, оп. 1, д. 22/267, л. 75–76 об.]. С полевого сезона 1910 г. группа межевых техников, командировавшихся в губернию, была увеличена до 14 человек, им придавалось еще 11 помощников [Обзор..., 1911. С. 43]. Объемы землеустроительных работ постепенно возрастали, однако их направленность оставалась узкой, сдерживавшей образование участковых хозяйств. Недостаточное внимание уделялось и групповому землеустройству. Как отмечалось в изданном в 1913 г. губернским земством статистическом справочнике, землеустроительная деятельность крестьянских учреждений «в большинстве случаев... сводилась лишь к сокращению чересполосности путем соединения пахотной земли в один участок и закрепления остальных угодий в том виде, в каком они находились в общине» [Олонецкая..., 1913. С. 106].

По существу, в полной мере реализация аграрной реформы в крае началась только после издания «Закона о землеустройстве» от 29 мая 1911 г. с созданием землеустроительных комиссий, наделявшихся широкими полномочиями вплоть до судебных. Олонецкая губернская землеустроительная комиссия была открыта 15 октября 1911 г., тогда же начала действовать Петрозаводская уездная комиссия. Пудожская и Олонецкая уездные комиссии открылись 28 декабря, а Повенецкая – 29 декабря того же года [Обзор.., 1912. С. 21].

Губернскую землеустроительную комиссию возглавлял губернатор, в ее состав входили непременный член от Главного управления землеустройства и земледелия России, непременный член губернского присутствия, председатель губернской земской управы, губернский землемер, член Петрозаводского окружного суда, два члена по выбору от губернского уездного собрания. Непременным членом губернской комиссии был назначен В. А. Лихачев, ранее служивший в аналогичной должности в Черниговской губернии и имевший значительный опыт ведения землеустроительных дел. Из-за отсутствия в крае корпоративной дворянской организации уездные землеустроительные комиссии возглавляли не предводители дворянства, как в большинстве российских губерний, а председатели уездных съездов. В состав этих комиссий входили: непременный член от Главного управления землеустройства и земледелия, председатель уездной земской управы, земские участковые начальники, уездный член Петрозаводского окружного суда и по три вы-

борных члена от уездного земского собрания и от волостных сходов. В качестве временного члена в работе комиссии также участвовал выборный представитель от той волости, по которой рассматривалось дело [Расписание..., С. 57, 61–62; Памятная..., 1912. С. 61–62].

При губернской землеустроительной комиссии была сформирована своя группа землемерных чинов из штатных и вольнонаемных сотрудников. К концу 1913 г. в ней насчитывался 61 человек, в том числе 5 старших землемеров, 22 землемера и 35 помощников (техников) [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 120/40, л. 18 об.]. Губернская администрация не без основания оценивала количественный и качественный состав землемерных сил как не удовлетворяющий местным условиям. Олонецкий губернатор (с мая 1913 г.) М. И. Зубовский откровенно сетовал на невозможность привлечь на службу в отдаленный северный край хорошо подготовленных землемеров «с полным межевым цензом». Он справедливо объяснял данное обстоятельство «большой трудностью землемерных работ в Олонецкой губернии, что отрицательно отражается на продуктивности работы техников, а следовательно, и на размерах вырабатываемой ими задельной платы, и, кроме того, непривлекательными условиями жизни, как в материальном отношении, так и в общественном». «Из всех старших землемеров Олонецкой губернии, – указывал далее губернатор, – нет ни одного с высшим образованием и только четыре человека со средним образованием... остальные же все с низшим образованием. Что же касается землемеров и помощников землемеров, то таковые сплошь с низшим образованием» [Обзор..., 1915. С. 46]. В дополнение ко всему, несмотря на огромные расстояния между населенными пунктами губернии, разъездной кредит для землеустроительных чинов здесь отпускался по нормам, общим для всей России, и естественно, что средств для служебных поездок хронически не хватало [Обзор..., 1915. С. 51].

Имеющихся землемерных кадров было не достаточно для удовлетворения всех поступавших ходатайств о землеустройстве. Так, в 1913 г. губернской комиссией было запланировано проведение землеустроительных работ на площади в 187,4 тыс. десятин, но удалось выполнить работы на площади только в 103,2 тыс. десятин (55 % к плану) [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 120/40, л. 18–18 об.]. В отчете за 1913 г. губернатор М. И. Зубовский констатировал: «В 1914 г. предположены обширные землеустроительные работы на площади более 300000 десятин, но едва ли удастся выполнить этот громадный труд, так как положительно не хватает землемеров» [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 120/40, л. 40]. В реальности на 1914 г. были запланированы работы на площади в 233,7 тыс. десятин, но в условиях начавшейся войны план был выполнен только на 37,8 % [Обзор..., 1915. С. 44, 46].

Особенности края, а также недостаточное организационное и финансовое обеспечение преобразований оказали сильное воздействие на темпы, масштабы и результаты реализации столыпинской аграрной реформы. Несмотря на активную пропаганду, а порой и на применение на местах, вопреки официальным установкам, мер административного принуждения, к 1 января 1916 г. в целом по 4 карельским уездам Олонецкой губернии вышли из общины и укрепили землю в личную собственность 2882 домохозяина, имевших 110,4 тыс. десятин надельной земли. Кроме того, 652 домохозяина из беспередельных общин на основании Закона от 14 июня 1910 г. взяли удостоверительные акты на свои земли в количестве 7,2 тыс. десятин, что также означало их закрепление в собственность. Всего, таким образом, за 1906–1915 гг. в карельских уездах Олонецкой губернии из общины вышло 4534 домохозяина, закрепивших за собой 117,6 тыс. десятин земли. Это составило 16,3 % от числа общинных дворов и 5,4 % площади крестьянского общинного землевладения [подсчитано по данным: РГИА, ф. 1291, оп. 121, 1916 г., д. 4, л. 219–226; Статистика..., 1906. С.10]. Данные показатели были существенно ниже общих для Европейской России (соответственно 26,9 % и 13,8 %) [Сидельников, 1980. С. 177; Аврех, 1991. С. 88; Тюкавкин, 2001. С. 196] в 1,6 и в 2,6 раза.

Необходимо отметить, что большинство выходов из общины в крае осуществлялось в обязательном порядке, по постановлениям земских начальников и уездных съездов. В целом по карельским уездам Олонецкой губернии приговор схода о согласии на укрепление земли получили лишь 33 % пожелавших выделиться домохозяев [подсчитано по данным, РГИА ф. 1291, оп. 121, 1916 г., д. 4, л. 219–221]. В остальных случаях сходы либо прямо отказывались от составления приговора об укреплении, либо уклонялись от составления приговоров в установленный законом срок.

Наиболее активно выделялись из общины представители зажиточной и бедняцкой прослоек деревни. Зажиточные хозяева стремились таким путем закрепить и расширить землевладение, а беднота – поправить материальное положение за счет продажи земли.

Столыпинская реформа стимулировала вовлечение надельной земли в торговый оборот. В 1908–1914 гг. продали укрепленную землю 34,7 % домохозяев-выделенцев Олонецкой губернии, ими было реализовано 5,2 тыс. десятин укрепленной земли [История..., Т. 2, 1985. С. 181].

Значительную часть продававшейся земли составляли лесные угодья. Служащий Олонецкого управления земледелия и государственных имуществ И. Соловьев на страницах местного земского журнала отмечал: «С введением в Олонецкой губернии землеустройства стали замечаться случаи выхода крестьян на отруба и хутора с исключительною специальною целью хищнической вырубки отводимых лесных участков... Отрубники с открытием землеустроительных работ начали продавать лес со своих участков, получая за него значительные суммы, иногда по несколько тысяч и даже десятков тысяч рублей. Возможность легкой и быстрой наживы с операциями по продаже леса на отрубах вызвала в некоторых местах появление особых скупщиков, которые, разъезжая по губернии и пользуясь неопытностью и малокультурностью населения, начали скупать крестьянские укрепленные в собственность наделы по дешевым ценам и затем перепродавать с них лес по его действительной стоимости, очень часто превышающей во много раз цену всего надела» [Соловьев, 1916. № 14. С. 5–6]. В целях борьбы с подобной практикой по инициативе губернатора П. П. Шиловского Олонецкое губернское присутствие 21 марта 1913 г. приняло определение «О размере прав хуторян и отрубников на рубки и продажу леса с их участков», согласно которому рубка леса с выделенных участков допускалась только после составления владельцами упрощенных лесохозяйственных планов [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 117/37, л. 132–134 об.]. Однако, как справедливо полагал тот же И. Соловьев, данное ограничение не могло предотвратить самовольную тайную продажу леса, тем более что законодательно продажа лесоматериалов с земель коренной части надела, отведенных под постоянную пашню и сенокос, в отличие от подсечно-земельной части надела ограничению не подлежала, а внутри крестьянского надела межевых разграничительных знаков не имелось [Соловьев, 1916. № 14. С. 16].

Обращение покрытых лесом земель в пахотные и сенокосные угодья в пределах участковых хозяйств осуществлялось с санкции правительственного агронома или сельскохозяйственного инструктора [Наймарк, 1915. С. 49–50].

Создание хуторских и отрубных хозяйств в условиях края происходило замедленными темпами. Губернатор М. И. Зубовский в отчете за 1913 г. признавал: «...Разверстание же на отруба и вообще переход к единоличному владению пока прививается туго. Требования отдельных предприимчивых домохозяев об отводе им хуторских участков обыкновенно вызывают явное неудовольствие общинников...». Вместе с тем он отмечал, что это неудовольствие не перерастает в крае в активные формы противодействия реформе: «Случаев грубого насилия над хуторянами не было и никакой агитации в этом направления никем не ведется» [НА РК, ф. 1, оп. 1, д. 120/40, л. 40 об.].

Согласно официальным итоговым данным о работе землеустроительных комиссий к 1 января 1916 г. в карельских уездах Олонецкой губернии было образовано 514 участковых хозяйств с общей земельной площадью в 52,2 тыс. десятин. [Подсчитано по данным: РГИА, ф. 408, оп. 1, д. 978, л. 2–5, 10–11]. При этом 95 % всех хуторов и отрубов было создано путем разверстания на участковые хозяйства целых селений, и лишь 5 % – путем единоличного выделения домохозяев из общины. Доля владельцев хуторов и отрубов составила в целом по изучаемому нами району на 1916 г. только 1,5 % ко всей массе крестьян-домохозяев (общинников и подворников). [Процент подсчитан по отношению к общему числу дворов по данным сельскохозяйственной переписи 1916 г.: Бузин, 1916. С. 4.], тогда как по Европейской России в целом этот показатель достигал 10,3 % [Дубровский, 1963. С. 250; Сидельников, 1980. С. 178; Аврех, 1991. С. 89; Мэйси, 2004. С. 268].

Становление участковой системы хозяйствования в карельском крае отличалось крайней неравномерностью. Территориальное распределение хуторов и отрубов по уездам было следующим [составлено по данным: РГИА, ф. 408, оп. 1. д. 978, л. 2–5, 10–11; Бузин, 1916. С. 4]:

Уезды	Общее число хозяйств (по данным сельскохозяйственной переписи 1916 г.)	Число участковых хозяйств (на 1 января 1916 г.)	% участковых хозяйств к общему числу крестьянских хозяйств
Олонецкий	8751	317	3,6
Повенецкий	5333	178	3,3
Петрозаводский	13529	10	0,1
Пудожский	7100	9	0,1
Итого по 4 уездам	34713	514	1,5
Всего по губернии	71778	997	1,4

Как мы видим, несколько активнее участковая система прививалась в западных, приграничных уездах края – Олонецком и Повенец-

ком, где сказывалось влияние аграрного опыта сопредельной Финляндии. Непременный член губернской землеустроительной комиссии В. А. Лихачев констатировал: «Наиболее благоприятную почву для развития землеустройства землеустроительные комиссии нашли в уездах Повенецком и Олонецком, где благодаря близости Финляндии с ее мызным хозяйством крестьяне уже видели на живых примерах все преимущества новых форм землепользования» [Лихачев, 1913. С. 184]. В этих двух уездах было сосредоточено 96 % всех хуторов и отрубов Карелии. Но все же даже в Олонецком и Повенецком уездах доля хуторских и отрубных хозяйств была в 2,9–3,1 раза ниже общероссийского уровня.

В Петрозаводском уезде с наиболее развитыми промыслами (в том числе и отхожими) и относительно меньшей ролью земледелия, а также в глубинном Пудожском уезде с устойчивыми общинными традициями хутора и отруба продолжали оставаться редким, единичным явлением. Доля участковых хозяйств (0,1 % к общему числу дворов) была в этих уездах на порядок ниже, чем в Олонецком и Повенецком уезде.

Хуторянам и отрубникам предусматривалось оказание финансовой помощи от землеустроительных комиссий в виде безвозвратных пособий или ссуд на перенос строений на новое место, первоначальное обустройство и хозяйственные улучшения (мелиорация и т. п.). Ссуды выдавались на 15 лет, с условием возврата их после 5-летнего льготного срока в течение 10 лет равными частями без процентов [Олонецкая..., 1913. С. 112]. Ограниченность денежных ресурсов, выделявшихся казной для этих целей, вынуждала комиссии подходить к делу осторожно. В первую очередь предписывалось оказывать помощь тем хозяйствам, которые могли бы сыграть роль показательных в своей округе. За период с 1907 по 1915 г. в крестьянские и землеустроительные учреждения Олонецкой губернии поступили ходатайства на ссуды и пособия от 875 домохозяев. Из этого числа были признаны подлежащими удовлетворению полностью или частично лишь 377 ходатайств, или 43 %. А получили денежные выплаты всего 292 домохозяина (33,4 % от числа заявителей). Выдано было 168 ссуд на общую сумму в 21350 рублей (или в среднем по 127,1 рубля) и 124 пособия на сумму 9348 руб. (в среднем по 75,4 рубля). [Итоговые..., 1916. С. 100–101]. Для сравнения укажем, что средняя стоимость крестьянского дома в Олонецкой губернии, по данным выборочного бюджетного исследования, проведенного Л. К. Чермаком в 1909 г., составляла 209 рублей [Олонецкая..., 1913. С. 281]. Сами же местные крестьяне считали, что, «не имея в кармане 500 рублей, нечего и думать сделаться хозяином на хуторе» [Никулина, 1986. С. 58]. Таким образом, размеры ссуд и пособий следует рассматривать как явно недостаточные для полного обустройства единоличного хозяйства в условиях края.

Наиболее актуальным и перспективным направлением поземельных работ в ходе столыпинской аграрной реформы в условиях Олонецкой губернии являлось проведение землеустроительных мероприятий на общинных землях. На практике с 1912 г. это и стало основной заботой местных органов по проведению реформы. Однако при большой потребности в работах данного рода их объем сдерживался из-за нехватки землемеров и недостаточного финансирования, в чем явственно сказывался недоучет центром специфики губернии.

В силу указанных причин основную массу поступивших от крестьян ходатайств об общинном землеустройстве (79 %) к 1916 г. не удалось удовлетворить. Всего в карельских уездах таковое землеустройство было проведено в отношении 1950 хозяйств (5,6 % от их общего числа) на площади в 130,2 тыс. десятин [Подсчитано по данным: РГИА, ф. 408, оп. 1, д. 978, л. 6–9, 12–17; Бузин, 1916. С. 4]. В общем объеме осуществленных землеустроительных работ доля группового землеустройства по числу дворов составила 79,1 %, единоличного – 20,9,5 %, а по площади земли – соответственно 71,4 и 28,6 %. Подобная картина была характерна и для губернии в целом. М. И. Зубовский, подчеркивая местное своеобразие в реализации реформы, констатировал, что «землеустройство в Олонецкой губернии, если его сравнить с землеустройством всей России, является как бы полюсами последнего, занимая одним из них – размерами группового землеустройства – первое место, а другим – размерами единоличного землеустройства – последнее место среди землеустройства Европейской России» [Обзор..., 1915. С. 50].

Доминирующим видом группового землеустройства в крае являлось, что вполне закономерно, выделение надела отдельным селениям. Оно было проведено в отношении 111 земельных единиц, в которых насчитывалось 1700 дворов. Кроме того, в 12 земельных единицах, включавших в себя 250 дворов, была проведена ликвидация чересполосицы [подсчитано по данным: РГИА, ф. 408, оп. 1. д. 978, л. 6–9, 12–17]. Осуществление этих мероприятий имело большое значение для упорядочения и рационализации крестьянского землепользо-

вания. В частности, М. И. Зубовский акцентировал внимание на следующем обстоятельстве: «После группового землеустройства крестьяне начинают очень дорожить своими лесными богатствами, заводят правильное лесное хозяйство, принимают ряд коренных мер к предупреждению хищнического истребления лесов. В последнем отношении групповое землеустройство дает значительно большие результаты, чем все вместе взятые лесоохранительные правила и административные меры воздействия» [Обзор..., 1915. С. 51–52]. Еще раз подчеркнем, что групповое землеустройство в перспективе создавало возможность для перехода отдельных хозяев к личному землевладению. Согласно данным землеустроительных комиссий, 83,2 % крестьянских хозяйств Олонецкой губернии, укрепивших землю в личную собственность, сначала принимали участие в групповом землеустройстве [Никулина, 1986. С. 51].

В ходе реформы карельский край первоначально предполагалось также использовать в качестве одного из районов для размещения крестьян-переселенцев. В 1908 г. заместитель министра внутренних дел даже обратился со специальной запиской к управляющему Главным управлением землеустройства и земледелия А. В. Кривошеину о необходимости заселения Олонецкой губернии. Акцентируя внимание на «весьма остром положении с переселенческим вопросом вообще», автор записки призывал управляющего принять все меры к немедленной и энергетической организации дела переселения из внутренней России в Олонецкую губернию» [Якименко, 1984. С. 88]. Данное предложение имело определенную предысторию.

Незадолго до начала аграрной реформы, в 1905 г., Управление землеустройства организовало предварительное изучение колонизационных возможностей Олонецкой губернии силами специальной временной партии по заготовлению переселенческих участков в северных и северо-восточных губерниях Европейской России. В результате обследования, проведенного в казенных дачах малонаселенных Повенецкого и Пудожского уездов, пригодной для колонизационных целей была признана площадь в 2,6 млн. десятин. В Управление поступило немало ходатайств о желании переселиться на эти обследованные земли, преимущественно от крестьян Кирилловского уезда Вологодской губернии [Колонизация..., 1913. № 2. С. 7–8]. Однако в разгар масштабных преобразований у Государственного управления землеустройства и земледелия не нашлось свободных средств и сил для проведения работ по нарезке переселенческих участков в натуре на территории Олонецкой губернии, и проект не осуществился.

В условиях Первой мировой войны проведение аграрной реформы, и в первую очередь землеустройство, стало свертываться. В январе 1915 г. на основе указаний из центра губернатор М. И. Зубовский рекомендовал землеустроительным комиссиям принимать к исполнению те дела, по которым «наилучшие возможности достигнуть добровольного соглашения всех заинтересованных владельцев». Исполнение дел в обязательном порядке признавалось нежелательным в условиях, когда повсеместно «имеются домохозяева, призванные на действительную [службу в] армию, земельные интересы которых должны быть ограждены от нарушений самым тщательным образом» [НА РК, ф. 261, оп. 1, д. 3/76, л. 4–5].

В новом предписании в сентябре 1915 г. М. И. Зубовский сетовал на значительное сокращение штата землемерных чинов из-за призыва в армию и с обеспокоенностью констатировал, что «число дел, законченных подготовкой и подлежащих включению в план работ, уже значительно превышает то количество дел, которое может быть исполнено наличным землемерным составом...». Также отмечалось, что «дальнейшая подготовка дел за призывом в действующую армию значительной части населения сильно затруднена... ввиду невозможности собрать на сходы предусмотренное законом большинство». Губернатор потребовал принимать к производству лишь те дела, которые будут признаны неотложными и по которым есть полная уверенность в добровольном порядке исполнения. «Включение в план работ дел, подлежащих исполнению в обязательном порядке, совершенно не может быть допущено», – заключал он [НА РК, ф. 480, оп. 1, д. 1/1, л. 87]. В ряде случаев и сами крестьяне, ранее подавшие заявление о выходе на отруба и хутора, добровольно отказывались от проведения землеустройства до окончания войны [НА РК, ф. 482, оп. 1, д. 1/13, л. 85–85 об.; д. 2/26. л. 29–30].

После Февральской революции Временное правительство, занявшись подготовкой своих аграрных преобразований, 28 июня 1917 г. приняло постановление о роспуске землеустроительных комиссий и прекращении Столыпинской аграрной реформы.

Думается, что в нашем северном крае потенциал Столыпинской реформы был раскрыт лишь в небольшой степени. Итоги преобразований, несмотря на краткий срок, отпущенный для них историей, могли бы быть более весо-

мыми при всестороннем учете центром региональных факторов. В отношении карельских уездов и Олонецкой губернии в целом имела место явная недооценка центром приоритетного значения землеустройства для успешного развертывания реформы в условиях края. Землеустроительные комиссии здесь были открыты лишь через 6 лет после начала реформы, несмотря на неоднократные ходатайства местных властей по этому вопросу. Потеря времени особенно негативно сказалась на решении первоочередной и особенно острой для края проблемы группового землеустройства, сдерживавшей процесс образования участковых хозяйств. Финансирование землеустройства также осуществлялось по общим нормативам для Европейской России, без учета специфики севера (большие расстояния между селениями, сильно пересеченный характер местности, наличие значительного количества лесных участков и неудобий в составе наделов, меньшая продолжительность полевого сезона по сравнению с центром и югом страны). Представляется, что такой подход к северному краю был следствием акцентированного внимания правительственных кругов к реформированию деревни в «помещичьих» регионах страны, где аграрный вопрос стоял наиболее остро. Хотя, как убедительно свидетельствовал опыт аграрного развития соседней Финляндии, переустройство села на принципах, заложенных в основу столыпинской аграрной реформы, имело в карельском крае большие перспективы.

Литература

Аврех А. Я. П. А. Столыпин и судьбы реформ в России. М.: Политиздат, 1991. 286 с.

Баданов В. Г. Использование олонецким земством финляндского опыта при проведении реформы П. А. Столыпина // Вопросы истории Европейского Севера. Петрозаводск: ПетрГУ, 1994. С. 11–15.

Бузин В. Результаты предварительного подсчета материалов Всероссийской сельскохозяйственной переписи по Олонецкой губернии // Вестник Олонецкого губернского земства. 1916. № 17. С. 4–10.

Вопрос об общинном и подворном землепользовании на губернском земском собрании // Вестник Олонецкого губернского земства. 1908. № 4. С. 1–3, № 5. С. 2–4; № 6. С. 6–7; № 7/8. С. 1–4.

Дубровский С. М. Столыпинская земельная реформа. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 600 с.

Дякин В. С. Столыпинская земельная реформа // Кризис самодержавия в России. 1895–1917. Л.: Наука, 1984. С. 349–374.

Журналы Олонецкого губернского совещания по пересмотру законоположений о крестьянах. Петрозаводск, 1904.

Зырянов П. Н. Крестьянская община Европейской России. 1902–1914 гг. М.: Наука, 1992. 256 с.

История северного крестьянства. Т. 2. Крестьянство Европейского Севера в период капитализма. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1985. 386 с.

Итоговые сведения о деятельности землеустроительных комиссий за 1907–1915 гг. Петроград, 1916.

Кожевников А. Ф. Земельные переделы в Олонецкой губернии // Памятная книжка Олонецкой губернии на 1909 г. Петрозаводск, 1909. С. 255–259.

Колонизация в Олонецкой губернии // Известия Архангел. об-ва изучения Рус. Севера. 1913. № 2. С. 85–86.

Копяткевич В. Распределение земельной собственности в Олонецкой губернии за 1905 год // Вестник Олонецкого губернского земства.1907. № 8. С. 14–17; № 10. С. 21–24.

Крестьяне о выходе из общины / И. М. // Вестник Олонецкого губернского земства. 1907. № 20. С. 7–8.

Лихачев В. А. Краткий обзор деятельности землеустроительных комиссий Олонецкой губернии за 1912 г. // Известия общества изучения Олонецкой губернии. 1913. № 2/3. С. 180–188.

Материалы по статистико-экономическому описанию Олонецкого края. СПб.: Изд-во Олонецкого губернского земства, 1910. 105 с.

Мэйси Д. Аграрные реформы Столыпина как процесс: Центр, периферия, крестьяне и децентрализация // Россия сельская. М.: РОССПЭН, 2004. С. 251–283.

Наймарк И. Я. Обзор агрономической помощи хозяйствам единоличного владения Олонецкой губернии за 1914 г. Петрозаводск: Сев. скоропечатня А. Г. Каца, 1915. 50 с.

Национальный архив Республики Карелия (в тексте – НА РК).

Никулина Т. В. К вопросу об аграрной политике царизма в Олонецкой губернии (1906–1917 гг.) // Вопросы истории Европейского Севера. Петрозаводск: ПетрГУ, 1986. С. 49–62.

О землевладении в Олонецкой губернии // Памятная книжка Олонецкой губернии на 1907 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1907. С. 281–302.

Обзор Олонецкой губернии за 1910 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1911. 27, [75] с.

Обзор Олонецкой губернии за 1911 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1912. 69 с.

Обзор Олонецкой губернии за 1912 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1913. 95 с.

Обзор Олонецкой губернии за 1914 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1915. 119 с.

Обзор постановлений очередного губернского земского собрания // Вестник Олонецкого губернского земства. 1907. № 4. С. 26–30.

Олонецкая губерния: Стат. справочник. Петрозаводск: Стат. бюро Олонецкой губернской земской управы, 1913. 348 С.

Памятная книжка Олонецкой губернии на 1912 г. Петрозаводск: Олон. губ. тип., 1912. 320 с.

Расписание состава землеустроительных комиссий, образуемых согласно закону о землеустройстве // Закон о землеустройстве 29 мая 1911 года и изданный на основании сего закона Наказ землеустроительным комиссиям от 19 июня 1911 года. СПб., 1911. С. 56–61.

Российский государственный исторический архив (в тексте – РГИА).

Сидельников С. М. Аграрная политика самодержавия в период империализма. М.: Изд-во МГУ, 1980. 288 с.

Собеседование о крестьянском землевладении // Вестник Олонецкого губернского земства. 1908. № 1. С. 7–9; № 2. С. 10–12; № 3. С. 3–4.

Соловьев И. Олонецкие крестьянские леса // Вестник Олонецкого губернского земства. 1916. № 13. С. 1–16; № 14. С. 1–16; № 15. С. 1–4.

Статистика землевладения 1905 г. Вып. 25. Олонецкая губерния. СПб., 1906. 10 с.

Тюкавкин В. Г. Великорусское крестьянство и столыпинская реформа. М.: Памятники исторической мысли, 2001. 304 с.

Якименко Н. А. Переселенческая политика царизма и проблема заселения Севера Европейской России (конец XIX – начало XX вв.) // Вопросы истории Европейского Севера. Петрозаводск: ПетрГУ, 1984. С. 80–91.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кораблев Николай Александрович
старший научный сотрудник, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: nikolship@mail.ru
тел.: (8142) 772675

Korablyov, Nikolay
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nikolship@mail.ru
tel.: (8142) 772675

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 104–113

УДК 811.161.1'372+811.161.1'373.21

ПИТЕР В РУССКОЙ НАРОДНОЙ ЯЗЫКОВОЙ ТРАДИЦИИ*

Ю. А. Кривощапова

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

В статье представлен языковой образ *Питера*, закрепленный в народном сознании и отраженный в диалектных семантических и словообразовательных оттопонимических дериватах, фразеологизмах и устойчивых речениях, содержащих данный топоним. В результате семантико-мотивационного анализа языковых данных выделены ключевые параметры, характеризующие лингвистический образ города: локативная характеристика; социальный состав населения и материальная культура. Питер представляется удаленным северным пределом России, до которого трудно и долго добираться. Образ города амбивалентен: в Питере можно как разбогатеть, так и пропасть и разориться. Как интеллектуальный и административный центр страны, «мужской» Петербург противопоставлен провинциальной и патриархальной «женской» Москве. Ярко представлен в народной речи образ *питерщика*, приехавшего в город на отхожий промысел: это мастеровой человек, перенявший манеры горожанина, часто наглый и заносчивый. Предметы материального мира, охарактеризованные как «питерские», расцениваются диалектоносителями как «столичные», качественные и дорогие.

Ключевые слова: топонимия, диалектная лексикология, оттопонимические производные, языковая картина мира, семантический анализ, ономасиологический анализ.

Yu. A. Krivoshchapova. *PITER* IN THE RUSSIAN FOLK LINGUAL TRADITION

The article is devoted to presentation of the linguistic image of Piter which exists in national mind and is reflected in dialectal semantic and word-formative toponymical derivatives, phraseology and fixed expressions including this toponym. As a result of semantic and motivational analysis of the language data the main features of the linguistic image of the city have been described. These features are locative characteristics, social composition of the population and material culture. To the native speaker of Russian Piter seems to be situated at the Nord confines of Russia which are difficult to be reached. The image of the city is ambivalent: in Piter it is possible to become rich and to lose everything. As an intellectual and administrative center of the country “male” Piter is in contrast with patriarchal and provincial “female” Moscow. The image of *pitershchik* («that who lives in Piter») is well represented in folk speech: it is an artisan who has come to Piter to seasonal work; he behaves like a city dweller and he is often impudent and arrogant. The objects of the material sphere characterized like “Piter-made” are concerned to be “downtown style”, expensive and of high quality.

Key words: toponymy, dialectal lexicology, toponymic derivatives, language picture of the world, semantic analysis, onomasiological analysis.

* Исследование выполнено при поддержке госконтракта 14.740.11.0229 в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (тема «Современная русская деревня в социо- и этнолингвистическом освещении»).

Тема Петербурга для русской (и шире – мировой) культуры неисчерпаема. Сложная и противоречивая судьба этого города неразрывно связана с историей досоветской, советской и постсоветской России, что отражено уже в номинативных трансформациях самого топонима: из Санкт-Петербурга (Петербурга, Питера) – в Петроград, затем – в Ленинград и снова в Санкт-Петербург. Вокруг каждого из этих наименований формируется особый культурный фон, свойственный конкретному обозначению города и соответствующий определенному историческому периоду (так, совершенно уникальны образы дореволюционного Петербурга, красного Петрограда, блокадного Ленинграда и, наконец, «внехронологического» народного Питера).

В научной (преимущественно литературоведческой и культурологической) литературе прочно закрепились термины «образ Петербурга» и «петербургский текст». Термин «петербургский текст» принадлежит В. Н. Топорову, который отметил, что, «как и всякий другой город, Петербург имеет свой “язык”. Он говорит нам своими улицами, площадями, водами, островами, садами, зданиями, памятниками, людьми, историей, идеями и может быть понят как своего рода гетерогенный текст, которому приписывается некий общий смысл и на основании которого может быть реконструирована определенная система знаков, реализуемая в тексте» [Топоров, 1995. С. 274].

Общекультурную символику Петербурга раскрывает статья Ю. М. Лотмана «Символика Петербурга и проблемы семиотики города» [Лотман, 1984]. Феномену Петербурга в русской литературе посвящена монументальная статья В. Н. Топорова «Петербург и «Петербургский текст русской литературы» [Топоров, 1995], охватывающая «петербургские тексты» XVIII–XX вв. Книга О. Лукас «Поребрик из бордюрного камня» посвящена реконструкции и сопоставлению образов москвича и питерца с опорой на сложившиеся культурные стереотипы, связанные с Москвой и Петербургом [Лукас, 2011]. Что же касается лингвистического разворота темы Петербурга, то здесь следует упомянуть «Словарь петербуржца» Н. А. Синдаловского [Синдаловский 2003], содержащий жаргонные слова и выражения, используемые петербуржцами в разговорной речи, а также городские топонимы, фразеологизмы, народные речения, анекдоты, рекламные лозунги и проч. Этот весьма пестрый и разнородный материал показывает мир Петербурга изнутри, глазами жителя города. Следует указать и монографию «На языке улиц (Рассказы о петербургской фразеологии)», в которой Наум Синдаловский собрал и прокомментировал пословицы, поговорки и каламбуры, чье появление так или иначе связано с Петербургом [Синдаловский, 2010]. Этому же автору принадлежат и другие работы, касающиеся петербургского фольклора и образа самого Петербурга в нем. Основной темой статьи О. В. Гордеевой является функционирование топонимов *Петербург*, *Питер* и *Петроград* в русском фольклоре Пермского края [Гордеева, 2009]. Концепту «Петербург» и его лексическому воплощению в художественной картине мира А. Блока посвящена диссертация Л. Н. Авдониной [Авдонина, 2009].

Очевидно, что образ Петербурга формировался не только изнутри (главным образом силами местных жителей и писательской братии, покоряющей град Петров), но и извне. Среди носителей внешнего взгляда – русские крестьяне, жители небольших городов, размышляющие о северной столице издалека или отправляющиеся туда на заработки. Языковой результат добровольного или вынужденного взаимодействия этих слоев населения с Петербургом – функционирующая в русских говорах и общенародном языке вторичная топонимия, лексика и фразеология, словообразовательно или семантически связанная с неофициальным названием города Питер (гораздо реже – с другими обозначениями Петербурга). По мнению Е. М. Поспелова, топоним Питер получил распространение еще до 1724 г. [Поспелов, 2000. С. 162] и использовался наряду со всеми существовавшими официальными обозначениями города (Петроград – с 1914, Ленинград – с 1924 и Санкт-Петербург – с 1991 по настоящее время).

Таким образом, основной задачей данной статьи является реконструкция системно-языкового образа Петербурга, закрепленного в народном сознании и отраженного, прежде всего, в диалектной лексике, фразеологии, топонимии. Значительная часть диалектного материала, приведенного в статье, извлечена из лексической и топонимической картотек Топонимической экспедиции Уральского университета [ЛКТЭ; ТКТЭ]; кроме того, используются другие диалектные словари русского языка. В качестве поддерживающего фона также приводятся факты разговорного языка, городского просторечия и жаргона, извлеченные в основном из «Словаря петербуржца» Н. А. Синдаловского. Оговоримся, что факты городского просторечия типа *ленинградка* ‘типовой дом ленинградской серии; квартира в таком доме’ [ЯРГ] в статье подробно не рассматриваются.

Как уже говорилось, лингвистический «абрис» города формируется в народном языковом сознании с опорой на семантико-словообразовательные производные от неофициального топонима *Питер*. В меньшей степени представлены производные от других названий города (*Петербург*, *Петроград* и *Ленинград*). В число производных входят нарицательные лексемы (*питер* ‘способ зарабатывания денег путем каких-либо промыслов’), антропонимы (*Питер* ‘прозвище жителя деревни’), а также фразеологизмы, включающие топоним (*можно в Питер съездить* ‘о долгом времени, в течение которого кто-либо отсутствовал’) и производные от него (*питерский гриб* ‘белый’).

В периферийную зону нашего внимания попадают устойчивые текстовые образования: поговорки, пословицы и присловья (*Питер бока повытер*), клишированные сочетания, встречающиеся в фольклорных текстах (*Питер Москве поклонился*) и др.

Следует также отметить, что «питерская» лексика и топонимия характерна в основном для говоров областей, граничащих с Ленинградской областью, центром которой был и остается Петербург, или же не пограничных, но близких к ней. Это архангельские, вологодские, костромские, псковские, ярославские, реже – говоры Карелии. Подобный перевес материала объясняется, в первую очередь, сопредельностью территорий, во вторую – большей представленностью лексики северных говоров в русской лексикографической традиции.

В результате семантико-мотивационного анализа языковых данных выявляются некоторые сквозные линии, характеризующие образ города. Выявленные ключевые мотивы, подкрепленные материалом, подаются далее по тематическим рубрикам: ЛОКАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДА; СОЦИАЛЬНЫЙ СОСТАВ НАСЕЛЕНИЯ; МАТЕРИАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА.

Локативная характеристика

Очевидно, что для языкового образа Петербурга крайне важна локативная составляющая, ведь город – это прежде всего конкретный географический объект. Представление о Питере как о месте формируется в сознании носителя языка по двум направлениям. С одной стороны, это объективные характеристики локуса, совпадающие с реальными свойствами объекта (географическое положение, ландшафт, климат и проч.). С другой стороны, это субъективные свойства, приписываемые объекту представителем народной традиции (например, представление о Питере как о райском месте). При этом необходимо учитывать, что объективное свойство локуса может подвергаться субъективизации и переоцениваться (так, например, реальная удаленность Питера трансформируется в почти мифологическую недосягаемость объекта). Более того, практически все субъективные свойства локуса основаны на реальных характеристиках, которые как бы возводятся в некоторую оценочную степень. Постараемся описать локативные параметры Петербурга, начиная с объективных и заканчивая субъективными.

Объективные локативные свойства

Географическое положение

Как было указано выше, Петербург как топос является главным ориентиром прежде всего для жителей севернорусских территорий России, т.е. он по-прежнему остается северной столицей, составляя конкуренцию Москве. Основной массив «питерской» лексики и топонимии зафиксирован в говорах Русского Севера. Для жителей обозначенной территории Питер становится тем главным географическим объектом, относительно которого выстраивается вся пространственная система координат. При этом чаще всего Петербург является максимально **удаленной** «последней» точкой, «закрывающей» обозримое для народного сознания пространство.

Об этом свидетельствует прецедентная топонимия (в основном названия покосов или полей, расположенных далеко от деревни, или же тех, на которые надолго выезжали косить), ср. покос *Питер* в пяти километрах от д. Конюхово Устюженского района Вологодской области и мотивировка названия – «Дней на десять ездили косить, вроде как в Питер съездили» [ТКТЭ]; поле *Гогин Питер* в Холмогорском районе Архангельской области – «Далеко оно, сама последня новина, потому и Питер» [Там же]; поле *Петенбур* Верховажского района Вологодской области – «Может быть, Петин бур там был, может быть, чувство юмора: если Петербург где-то есть, то пусть у нас Петенбур будет» [Там же]. Ср. также шутливую присказку о территории, которая далеко простирается и не имеет границ: костр. *а теперь ограда до Петрограда* ‘об отсутствии выделенных границ между деревнями’ [ЛКТЭ].

Отметим, что для жителей самого Петербурга город, что вполне естественно, становится точкой отсчета, относительно которой может выстраиваться система координат «центр / периферия», ср. петерб. прост. *<чай> что из Петербурга Кронштадт видно* ‘о жидком,

прозрачном чае' [Даль, 1994. Т. 4. С. 580]. Как отмечает Е. Л. Березович, «прозрачность слабо заваренного чая [здесь] "измеряется" тем расстоянием, которое якобы просматривается через жидкость, – до определенного "предела видимости", которым может стать… близлежащий город» [Березович (в печати)]. В данном случае это город-порт Кронштадт, находящийся на одном из островов Финского залива. Еще об этой модели в обозначениях жидкого чая см. далее.

Предполагается, что до Питера нужно **долго ехать или идти**, ср. арх. *можно в Питер съездить* 'о долгом времени, в течение которого кто-либо отсутствовал' [КСГРС], *эти щи из Питера пеши шли* 'о залежавшемся товаре' [Бурцев, 1898. С. 290], а к поездке нужно специально готовиться, ср. арх. *в Питер ехать – тогда и кобыла снаряжать* 'о том, что собираться надо непосредственно перед отъездом' [КСГРС].

Добираться до северной столицы не просто долго, но и **физически тяжело**, ср. название детской игры *в Питер по шапочку* – «В этой игре взрослые проверяют подростков на физическую закалку. Ребенок берет в каждую руку по палочке, животом ложится на пол, опирается на палочки. Взрослые спрашивают его: "Куда пошел?" – "В Питер по шапочку" – "Далеко, не уйдешь!" – "Эта головушка хаживала и еще не раз сходит". При последнем ответе подросток должен оторвать руку от пола и дотронуться палочкой до головы. Если игрок удерживает равновесие и не падает, то его считают сильным» [Дети и детство, 2008. С. 120].

Иногда Питер становится местом, куда вообще невозможно попасть, ср. *не видать свинье неба, а бабе Питера* 'о чем-то недостижимом, неосуществимом [СРГК, С. 521]. Топоним *Питер* часто встречается в предикативных сочетаниях с глаголами движения: в город на Неве **идут** издалека (*шел Кондрат в Ленинград* 'идти издалека, без особой цели, постоянно, идти вообще, стихотворная строка К. И. Чуковского, вошедшая в народную речь' [Синдаловский, 2003. С. 234]), из него **приезжают** (пск. «К людям всё приежжают с Питера, а ко мне сиротинушке нихто. Как-то души больно, сиротно» [СППП, С. 38]).

С некоторой долей условности можно отметить, что Петербург в народном сознании располагается на **севере** и является **северо-западным центром** России. Некоторые архангельские и вологодские топонимы, образованные от основы *Питер* (4 из 17), сориентированы на север или северо-запад от деревни (т.е. точки отсчета), ср. болото и покос *Питер*, болото *Питерское* и покос *Ленинград* [ТКТЭ]. Ср. также костр. *один глаз смотрит на Вологду, другой – на Ленинград* 'о косом человеке' [ЛКТЭ], в котором относительно костромской территории обозначаются северное (на Вологду) и северо-западное (на Ленинград) направления.

В некоторых присловьях и фольклорных текстах провинциальные города России (чаще северные) характеризуются как уголок (отрубок) Питера, ср. *от Питера отрубок*, *от Москвы уголок – то Пинега-городок* (варианты: *Шенкурск-городок, Обоянь-городок*) [Снегирев. С. 591]. (Пинега – поселок в Архангельской области, Шенкурск – город в Архангельской области, Обоянь – город в Курской области). Н. А. Синдаловский связывает происхождение выражений такого типа с указом Екатерины II строить русские города с учетом петербургского опыта, который с 1762 г. активно выполнялся по всей России. По такому же принципу образована поговорка *Ярославль городок – Москвы уголок* [Синдаловский, 2003. С. 263–264].

Климат, ландшафт, архитектура

Как уже было отмечено, Петербург воспринимается сознанием жителей Русского Севера весьма дистанционно, как далекая столица, поэтому в диалектной характеристике города практически нет конкретных деталей. Наиболее скупо в образе Петербурга проявлены климатически-метеорологические и ландшафтные аспекты, столь активно функционирующие в художественных текстах. В частности, отмечается болотистая местность, ср. в топонимии Вологодской области названия болот *Питер* и *Питерское* [ТКТЭ], в поговорке *стоит Питер на болоте, никто муки (ржи) в нем не молотит* [Синдаловский, 2003. С. 223]. Примечательно, что эти болота находятся в северном и северо-западном направлении от деревень. В городском же просторечии намечаются такие сугубо питерские элементы, как **наводнения**, ср. *петербургский потоп* 'о знаменитом наводнении 1824 года' [Синдаловский, 2003. С. 139], *несгораемая Москва, непотопляемый Петербург* [Синдаловский, 2003. С. 219]; **дождливый климат**, ср. разг. *петербургский климат* 'нехороший, нездоровый климат', *питерская моросявка* [Синдаловский, 2003. С. 142]; **ветер**, ср. *в Питер по ветер, в Москву по тоску* [Синдаловский, 2003. С. 218]; **белые ночи**, ср. *чай – белые ночи* 'об очень жидком чае' [СФСРЯ, С. 26].

В некоторой степени во вторичных топонимах проявляется пейзажно-ландшафтная характеристика города. Так, *Ленинградом* в

Кирилловском районе Вологодской области называется «покос большой, хороший, гладкий» [ТКТЭ], т. е. подчеркивается предполагаемая **открытость** и **просматриваемость пространства**. Кроме того, добавляется сема «городской, столичный» → «хороший, качественный».

Субъективные локативные свойства

Субъективный (оценочный) образ Питера находит свое отражение в присловьях и фольклорных текстах. При этом возникает достаточно противоречивая картина: с одной стороны – это **чудесное место** (особая версия Петербурга – некогда райского праведного места, а теперь несчастного города, расставшегося с «живым Богом», – бытовала у старообрядцев. Подробнее см. Топоров, 1995. С. 322), открывающее новые возможности, с другой стороны – это **гиблое место**, грозящее разорением, ср. *Питер кому город, а кому ворог* [Синдаловский, 2003. С. 233]. Питер представляет неограниченные возможности для **денежного обогащения**, но чтобы чего-то добиться, нужно **постараться**, ср. влг. *в Питенбурге денег много, только даром не дают* [Дилакторский, 2006. С. 361].

Петербург воспринимается как место, где можно **развлечься** (мотив «веселости» Петербурга – ср. название места, где, собственно, и возник «первый» Петербург – *Lust-Eiland*, т.е. Веселый остров – закреплен в так называемом «низовом» городском фольклоре, см. Топоров, 1995. С. 262), хорошенько **выпить**, **загулять**. Ср. арх. выражение *съездить в Питер* ‘хорошо провести время в развлечениях и попойках’ [КСГРС], которое, как отмечает Е. Л. Березович, появилось благодаря притяжению *питер* ↔ *пить*, проявляющемуся и во фразеологизмах, обозначающих питье, напиток: олон., север. *питер-едер*, *питер и ядер*, *питер и идер*; ср. также влг. *ни питера, ни идера не знать* ‘о высокой степени усталости’, курск. *питёра* ‘обжора’ [Березович, 2007. С. 179]. Репутация Петербурга как запойного города, в значительной мере «наведенная» созвучием лексем *Питер* и *пить*, находит отражение и в шутливом названии *Питинбрюх*, встречающемся в «петербургском фольклоре». На «народно-этимологическом» уровне топоним отсылает к двум из основных наслаждений «веселого» Петербурга – питию и чревоугодию (брюхо) [подробнее см. Топоров, 1995]. Отметим также, что в вологодском селе Новленское существует трактир под названием «*Петербург*» [КСГРС].

Отмечается также и **густонаселенность** российских столиц вообще и Петербурга в частности, ср. костр. фразеологизм *Москву и Питер (наговорить)* ‘наговорить, наболтать очень много’ [ЛКТЭ].

В ряде речений город подвергается некоторой антропоморфизации – ему приписываются вполне человеческие свойства и особенности поведения. Рассмотрим их.

~ Питер меняет человека, делает его более **опытным**, **«тертым калачом»**, ср. севернорус. *попал бы ты в Питер, он бы тебе бока вытер* [Снегирев, 1999. С. 216];

~ Питер делает человека **нерусским**, «онемечивает», ср. *Питер всех русских переколбасничал, все переколбасничались, онемечились* [Даль, 1994. Т. 3. С. 59];

~ Питер может **полюбить**, а может **разорить**, уничтожить человека, ср. *Кого Питер не полюбит, последнюю шубу слупит* [МЖРФ, С. 147], *Питер кому мать, кому мачеха* [Бурцев, 1898. С. 322], *Батюшко-питер бока наши повытер, Братцы-заводы унесли годы, а Матушка-канава и совсем доконала* (канавой в Петербурге называли Обводный канал, по берегам которого во второй половине XIX в. появилось множество промышленных предприятий) [Снегирев, 1999. С. 580].

Особое место в языковом портрете города занимает **противопоставление Петербурга и Москвы**, сформировавшееся после перенесения столицы в Санкт-Петербург в 1712 г. Это противопоставление в какой-то мере было ослаблено лишением Питера столичного статуса в 1918 году, но все же оно остается актуальным и по сей день. Размежевание двух столиц, отраженное в ряде пословиц и поговорок, строится по ряду смысловых линий. Обозначим их.

Москва женского пола, Петербург мужского, ср. *Питер женится, Москва замуж идет* [Даль, 1994. Т. 1. С. 533], *Питер женится, Москву замуж берет* [Синдаловский, 2003. С. 221]. Петербург традиционно называется *батюшкой* (ср. паремию *Батюшка-Питер бока повытер*) и отцом [Топоров, 1995. С. 331], а Москва *матушкой* [Синдаловский, 2003. С. 219].

Идея о брачных отношениях Москвы и Петербурга, как отмечает М. В. Ахметова, «поддерживается устойчивыми представлениями об их соответственно женской и мужской природе, о том, что эти города олицетворяют соответственно женское и мужское начала» [Ахметова (в печати)]. В работе М. В. Ахметовой приводится суждение С. Ю. Неклюдова о том, что пословица *Питер женится*, *Москву замуж берет* появилась сразу после официального бракосочетания Петра и Екатерины (1712 г.), ср. также ее более поздний вариант (по Далю): *Питер женится*, *Москва – замуж идет*; что касается пословицы *в Ленинграде женихи*, *а в Москве*

невесты, то она, по мнению С. Ю. Неклюдова, бытовала в Петербурге / Ленинграде до самого недавнего времени [Там же].

Москва – духовный центр, Питер – интеллектуальный, ср. *Питер голова, Москва сердце* [Даль ПРН, С. 330], *Новгород – отец, Киев – мать, Москва – сердце, Петербург – голова* [Даль ПРН, С. 329].

Москва – исторический и культурный центр, возникший естественным образом, Питер – финансовый центр, созданный искусственно, ср. *Москва создана веками, Питер миллионами* [Даль ПРН, С. 330].

Москва – провинциальная, скучная, Питер – столичный, веселый, ср. *в Питер – по ветер*, *в Москву – по тоску* [Синдаловский, 2003. С. 218].

Москва – патриархальная, Петербург – современный, ср. *Питер – город, Москва – огород* [Синдаловский, 2003. С. 220].

Москва славится выпечкой, Петербург – рыбой, ср. *славна Москва калачами, а Петербург сигами* (*усачами*) [Снегирев, 1999. С. 414].

Отметим, что в некоторых случаях Москва и Питер выступают практически как синонимы, объединяясь в образ столицы вообще, который, в свою очередь, противопоставляется провинции, страдающей от указов «сверху», ср. *в Питере* (*в Москве, в городе*) *дрова рубят, а к нам* (*а по всем городам, деревням*) *щепки летят* [Даль ПРН, С. 421]. Предполагается также, что в обеих столицах по-городскому пьют пустой чай, ср. костр. *Москва и Ленинград* ‘о жидком чае’ – «Жидкий чай – Москва и Ленинград, ничего в их нет, пусто в чае, как в городе» [ЛКТЭ]. Отметим, что, несмотря на мотивировочный контекст, это выражение «генетически» явно связано с фразеологизмами, обозначающими жидкий чай или суп и образованными по модели «X видать» (где X – некий пространственный предел), ср. прост. и диал. арх., твер. *Москву видать* [ЛКТЭ; Селигер 3. С. 290], костр. *Кострому видать* [ЛКТЭ] и проч. (об этой модели см. выше).

Социальный состав населения

Приблизительно с середины XIX в. Петербург становится местом отхожего промысла. Особенно резко социальный и этнический состав населения Петербурга меняется после отмены крепостного права, в 1860–1890 гг. Рост промышленных предприятий в столице влечет за собой мощный приток рабочей силы из близлежащих губерний, особенно тех, что находились по маршруту железнодорожных путей. В частности, Витебская и Псковская губернии становятся своеобразной кузницей питерских рабочих кадров, ср. выражение *псковский да витебский народ самый питерский* [Синдаловский, 2003. С. 234]. Судьба приезжих в северную столицу складывалась по-разному: некоторые возвращались в родную деревню, а большинство из прибывших на заработки оседали в Петербурге навсегда, становясь петербуржцами в первом поколении. Для таких рабочих мигрантов, побывавших в Петербурге на промыслах, существовал целый ряд обозначений, возникших на базе многочисленных наименований собственно жителей столицы, ср. диал. севернорус. *пи*(*е*)*тенбур* [СРНГ 27. С. 53], собир. *пе*(*и*)*тенбура́* [Подвысоцкий, 1885. С. 121], арх. *петербуржец*, яросл. *питерщик* [СРНГ, Вып. 27. С. 54], *питерянец* [ЯОС, Вып. 7. С. 107], костр. *питерщик* [Синдаловский, 2003. С. 263], устар., прост. *питерец*, *питерщик* [ССРЛЯ, Вып. 9. С. 1258], разг. *питеряк* [Синдаловский, 2003. С. 263].

Питерские отходники могли характеризоваться с разных позиций: со стороны «домачей», оставшихся в деревне, и с точки зрения самих петербуржцев, привыкавших к новому соседству. Рассмотрим особенности образа *питерщика*. Прежде всего отмечалась цель пребывания деревенского жителя в столице: он приезжал на заработки, ср. арх. *петербуржец* ‘приехавший на заработки’ [ЛКТЭ], *петенбура́* ‘то же’ [Подвысоцкий, 1885. С. 121]. На уровне просторечия слово *питерец*, *питерщик* в значении ‘крестьянин, уехавший на заработки в Питер’ проникает в литературный язык и язык художественной литературы, ср. «Входит питерец… и кладет ему [барину] на стол рыбу или яблок, или просто полтинник… – Молодец вырос, а мастерству выучился ли?» <Писем. Питерщик> [ССРЛЯ, Вып. 9. С. 1258]. Постепенно это значение расширяется, и с Питером связывается не только «бизнес» в столице, но и вообще способ заработка посредством промысла, ср. арх. *питер* ‘любой промысловый способ заработка’ [КСГРС] или место отхожего промысла, ср. онеж. *Питер* ‘место отхожего промысла бурлаков’ [СРНГ, Вып. 27. С. 53].

Попав в городскую среду, человек изменялся, становился «бывалым», ср. просторечное *питерщик*, *питерец* ‘бывалый человек, бывавший и промышлявший в Петербурге’ [Мгеладзе, Колесников, 1965. С. 59]. Многие крестьяне, не способные честно заработать и закрепиться в столице на законных правах, сливались с городскими низами и становились либо отъявленными плутами (без указ. м. *напи́тереться* ‘побывав в Питере, набойчиться; стать продувным плутом’ [Даль, 1994. Т. 2. С. 450], смол., калуж., влг., новг., арх. ‘то же’ [СРНГ, Вып. 20. С. 75], *в Питере бывал, на полу сыпал, и то не*

упал! ‘о многоопытном шуйском [Шуя – город в Московской области] плуте, человеке, много повидавшем и достаточно потертом жизнью’ [Даль, 1994. Т. 4. С. 288]), либо просто бродягами (карел. *питерец* ‘бродяга’ [СРГК, Вып. 4. С. 521]).

Следует отметить, что для жителя деревни образ отходника являлся составной частью общего представления о жителе города. По мнению представителя традиционной культуры, крестьянин под влиянием чуждой ему среды существенно менялся, набирался городских манер. В этой связи нам кажется уместным рассмотреть здесь **образ петербуржца** вообще (жителя столицы) и увидеть его таким, какой он представлен в народном языковом сознании. Например, считается, что жительница Питера не умеет управляться с деревенским хозяйством (влг. *как у питерячи́хи* пренебр. ‘о женщине, у которой плохо идут домашние дела’ [СВГ, Т. 8. С. 19], ср. *питерячи́ха* ‘женщина из Петербурга, петербурженка; горожанка’ [Мокиенко, Никитина, 2008. С. 504]) или просто ленится что-либо делать (костр. *питерка* ‘лентяйка’ [ЛКТЭ]). С другой стороны, горожанин может отличаться красотой и щегольством (например, в отличие от деревенского носить сапоги), ср. влг. *питеряк* ‘молодой красивый парень’ [СВГ, Т. 7. С. 53], костр. «Питерщики приехали вон в сапожках из Ленинграда» [ЛКТЭ], ср. еще *петроградка* ‘модница, франтиха’ [СРГК, Вып. 4. С. 493].

Широкий спектр значений, характеризующих изменения, которые происходят с деревенским жителем в городе, демонстрирует семантика экспрессивных глаголов *напитериться*, *напитерачиться*, *запитерить* и др. Рассмотрим эти значения.

В столице можно:

~ **приобрести навыки**, научиться что-либо делать, ср. влг. *напетери́ться* – «Столько времени воевал, дак напетерилсё» [СВГ, Вып. 5. С. 58];

~ **набойчиться**, сделаться ловким, изворотливым, ср. влг., калуж., новг., смол. *напитериться* [СРНГ 20. С. 75]; стать продувным плутом [Даль, 1994. Т. 2. С. 450].

~ **перенять манеры городского жителя**, стать более культурным, ср. пск. *напитериться* – «Напитерился – благоротства набрался значит» [ПОС, Вып. 20. С. 137];

~ **перенять речь городского жителя**, ср. *напитериться* – «Вишь уж совсем напитерились, культурно говорить начали» (арх.) [СРНГ, Вып. 20. С. 75], пск. *напитера́читься* [ПОС, Вып. 20. С. 137];

~ **начать одеваться с лоском**, по-городскому, ср. пск. *напитериться* экспр. ‘нарядно одеться’ [ПОС 20. С. 137];

~ **зажить на широкую ногу**, ср. *запитерить* шутл. ‘зажить по-питерскому, столичному; барски, мотовато’ [Даль, 1994. Т. 1. С. 616];

~ **стать бесцеремонным**, наглым, заносчивым, ср. смол. *обпитериться* – «По яровому начал ходить. Обпитерился» [СРНГ 22. С. 189]; арх. «Уехала учиться, дак напитерилась» [КСГРС].

~ **насытиться городской жизнью**, ср. пск. «Я типерь напитирилась так ни хачу» [ПОС 20. С. 137];

~ **вернуться домой ни с чем**, ср. влг. *напитериться* ‘так в Вологодской губернии смеялись над парнями, которые вернулись из столицы без денег’ [Синдаловский, 2003. С. 261].

Материальная культура

С Питером в народном языковом сознании ассоциируется и ряд предметов быта. Некоторые из них связаны с северной столицей «генетически»: они там производятся, продаются или используются, ср. *петербургская гармонь* ‘гармонь, которая производилась в Петербурге’ [БЛС, С. 121], петерб. *питерские веретёна* ‘веретена, продававшиеся в Петербурге’ [СРНГ, Вып. 27. С. 53], *питерская шапка* ‘шапка синего сукна’ [Там же], карел. *питерка* ‘длинная юбка со шлейфом’ [СРГК, Вып. 4. С. 52] (возможно, такие шапки и юбки носили в Питере).

Есть предметы материальной культуры, которые воспринимаются как *питерские*, так как отличаются высоким «столичным» качеством: кубан. *ленинградка* ‘трикотажная мужская рубашка с короткими рукавами и воротником’ – «Ленинградку не каждый мог купить» [Борисова, 2005. С. 143]. Коннотации «столичного» (высокого) качества имеются и у обозначений некоторых природных реалий, используемых человеком. Так, прилагательное *питерский* в арх., петерб. *питерский гриб* ‘белый гриб’ [СРНГ, Вып. 27. С. 53] приобретает качественную семантику и обозначает хороший, «дорогой» гриб (ср. образованные по той же семантической модели арх. *моско́вик* (*дорогой гриб*) ‘белый гриб’ [КСГРС], пск. *московец* [ПОС, Вып. 18. С. 377]). Возможно, сходные коннотации есть у яросл. питерка ‘сладкая редька’ [СРНГ, Вып. 27. С. 53], арх. питерка ‘щука средней величины’ [КСГРС], хотя мотивация этих лексем пока недостаточно ясна.

С другой стороны, *питеряками* называли и незатейливую выпечку без начинки, сделанную на скорую руку, «по-городскому», ср.

влг. *питеряк* ‘выпечное изделие из муки без начинки’ – «Утром в школу пойдёшь, вот мать быстренько на сковородку пирог да в печку, опокиши называли или питеряки» [СВГ, Вып. 7. С. 61].

Отдельного внимания заслуживает «питерская» обувь: лапти и сапоги. *Питериками* называют лапти, имеющие, в отличие от обыкновенных, большую выемку [Дилакторский, 2006. С. 361]. Кажется, что здесь реализуется описанный выше коннотативный смысл «столичное, качественное, не такое, как обычное». Возможно, впрочем, что подобные лапти можно было купить в Петербурге, ср. поговорку *валяй, Матвей, не жалей лаптей: тятька с Питеру приедет, новы лапти привезет* ‘если уж поехал отец в Питер на заработки, то можно надеяться на улучшение жизни [Синдаловский, 2003. С. 234]. В то же время обыкновенные лапти – в оппозиции с сапогами – поддерживают противопоставление деревенского мира городскому. Сапоги являются более дорогой, городской обувью, ср. костр. «Питерщики приехали вон в сапожках из Ленинграда» [ЛКТЭ], в то время как по лаптям узнаваем прежде всего деревенский житель, ср. *Питер меня вытер, а я ему отомстил – в лаптях по Невскому походил* [Синдаловский, 2003. 233]. Приведем в качестве наглядного примера текст, встретившийся у А. Е. Бурцева: «В незапамятную старину двое любимских поселян собрались покататься на масленице. Заложили лошадь в сани. У обоих были одни **сапоги**; вот они надели их, кто справа сидел на правую ногу, а кто слева – на левую. Тех двух ног, что внутри саней, и не видать, что оне в **лаптях**, а все же **питерщиной** нужно побахвалить» [Бурцев, 1898. С. 318]. Как можно увидеть, сапоги, которыми щеголяют поселяне, здесь называются *питерщиной*, свидетельствуют о «столичном» статусе владельцев и противопоставляются деревенским лаптям.

***

В заключение представим сводный языковой образ *Питера*, нашедший отражение в семантических и словообразовательных оттопонимических дериватах, фразеологизмах и устойчивых речениях, содержащих данный топоним. Рисуя общую картину, попытаемся наметить основные и факультативные смысловые линии, организующие петербургский сюжет в народной культуре. Следует также учесть точку зрения субъекта, погруженного в пространство города или же, напротив, дистанцированного от него.

В результате семантико-мотивационного анализа языковых данных были выделены следующие ключевые параметры описания образа Питера: локалтивная характеристика города; социальный состав населения; материальная культура. Внутри каждой категории можно условно выделить объективные и субъективированные (оценочные) характеристики, приписываемые Питеру.

Задумываясь о Питере как о месте, диалектоноситель прежде всего отмечает его удаленность. Это далекий северный предел России, до которого физически трудно или даже невозможно добраться. Отмечается, что город стоит на болоте, климат в нем дождливый, ветреный. Ландшафт Питера характеризуется открытостью и просматриваемостью, красивой архитектурой. Что же касается оценочной характеристики, то здесь образ Питера амбивалентен: с одной стороны – это город неограниченных возможностей, с другой – гибельное место, где легко разориться. Считается также, что Питер – веселый город, где можно как следует напиться и развлечься.

Важное место в структуре оценочного образа Питера занимает его противопоставление Москве. Москва воспринимается как исторический и духовный центр России, возникший естественным образом, в то время как Петербург создан искусственно и является прежде всего интеллектуальным и административным центром страны. В некоторых случаях Москва и Питер выступают как «синонимы», объединяясь в образ столицы вообще, который, в свою очередь, противопоставляется образу провинции.

Что же касается социального состава населения города, то достаточно детально в языке проработан образ *питерщика*, крестьянина, приехавшего в столицу на отхожий промысел. Здесь важно отметить, что образ отходника в большей степени прорисован с позиции извне и подробно характеризуется с точки зрения «домача», деревенского жителя, оставшегося дома. По его мнению, городская среда существенно меняет приезжего: он может приобрести мастеровые навыки, наловчиться в чем-либо, перенять манеры и речь горожанина, может стать наглым и заносчивым, зажить на широкую ногу, а может, напротив, устать от городской жизни и вернуться в деревню ни с чем. Что же касается образа самого петербуржца (жителя столицы), то он может отличаться красотой и щегольством в одежде, но при этом ленив и не способен заниматься домашним хозяйством.

Материальный мир Питера описывается не столь детально. Отмечены только пища, одежда, обувь и некоторые другие сферы быта. Вещи, охарактеризованные как «питерские», отличаются особенным качеством и в основном расцениваются как дорогие, «столичные». В качестве городской обуви воспринимаются сапоги – в отличие от деревенских лаптей. Эта обувная оппозиция поддерживает существующее в народной культуре противопоставление «городской – деревенский».

Литература

Авдонина Л. Н. Лексическая объективация концепта «Петербург» в художественной картине мира А. Блока: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Воронеж, 2009. 19 с.

Ахметова М. В. Города как родственники (об одном типе метафорического употребления терминов родства в русском языке). (В печати).

Березович Е. Л. К понятию «языкового мифа» // АБ-60: сборник к 60-летию А. К. Байбурина. СПб: Изд-во Европейского ун-та в Санкт-Петербурге, 2007. Вып. 4. С. 177–187.

Березович Е. Л. Русские народные местные топонимы в свете деривационной и фразеологической семантики // Язык и история народа. Екатеринбург, 2012. (В печати).

Бирих А. К., Мокиенко В. М., Степанова Л. И. Словарь фразеологических синонимов русского языка / Ред. В. М. Мокиенко. Ростов-на-Дону: «Феникс», 1996. 349 с. (В тексте – СФСРЯ).

Борисова О. Г. Кубанские говоры: материалы к словарю. Краснодар: Изд-во Кубан. гос. ун-та, 2005. 252 с.

Бурцев А. Е. Народный быт Великого Севера. СПб., 1898. Т. 1. XXI, 497 с. – Сказки, перепечатанные из изданий А. Е. Бурцева.

Гордеева О. В. Топонимы Петербург, Питер, Петроград, Ленинград в русском фольклоре Пермского края // Лингвокультурное пространство Пермского края: материалы и исследования. Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2009. С. 193–205.

Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка. В 4-х т. М.: ТЕРРА, 1994. (В тексте – Даль).

Даль В. И. Пословицы русского народа. М.: Гослитиздат, 1957. XXVIII, 990 с. (В тексте – Даль ПРН).

Дети и детство в народной культуре Усть-Цильмы: исследования и материалы / Сост. Т. И. Дронова, Т. С. Канева; науч. ред. Т. Н. Бунчук. Сыктывкар: Изд-во Сыкт. гос. ун-та, 2008. 200 с. + 24 с. цв. вкл.

Елистратов В. С. Язык старой Москвы: лингвоэнциклопедический словарь. М.: Русские словарь, 2004. 703 с.

Картотека Словаря говоров Русского Севера (кафедра русского языка и общего языкознания Уральского университета, Екатеринбург). (В тексте – КСГРС).

Лексическая картотека Топонимической экспедиции Уральского университета (кафедра русского языка и общего языкознания Уральского университета, Екатеринбург). (В тексте – ЛКТЭ).

Лукас О. Поребрик из бордюрного камня: сравнительное петербургомосквоведение. СПб.: Комильфо, 2010. 192 с.

Малые жанры русского фольклора / Сост. В. Н. Морохин. М.: Высшая школа, 1979. 284 с. (В тексте – МЖРФ).

Мгеладзе Д. С., Колесников Н. П. Слова топонимического происхождения (топонимы) в русском языке. Тбилиси: Изд-во Тбилис. гос. ун-та, 1965. 127 с.

Мокиенко В. М., Никитина Т. Г. Большой словарь русских народных сравнений. М.: «ОЛМА Медиа Групп», 2008. 800 с.

Подвысоцкий А. И. Словарь областного архангельского наречия в его бытовом и этнографическом применении. СПб.: Типография Императорской академии наук, 1885. 197 с.

Поспелов Е. М. Историко-топонимический словарь России: досоветский период. М.: Профиздат, 2000. – 219 с.

Псковский областной словарь с историческими данными. Л., 1967–2009. Вып. 1–21. (В тексте – ПОС).

Россия: Большой лингвострановедческий словарь: 2000 реалий истории, культуры, природы, быта и др. / Ред. Ю. Е. Прохоров. М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2007. (В тексте – БЛС).

Русский Север: этническая история и народная культура XII–XX века. М.: Наука, 2001. 864 с. (В тексте – РС).

Селигер: материалы по русской диалектологии: словарь. СПб., 2003. – Вып. 1. (В тексте – Селигер).

Синдаловский Н. А. Словарь петербуржца. СПб.: Норинт, 2003. 320 с.

Синдаловский Н. А. На языке улиц: (рассказы о петербургской фразеологии). М.: ЗАО Издательство Центрполиграф, 2010. 263 с.

Словарь вологодских говоров: в 12 вып. / Ред. Т. Г. Паникаровская. Вологда, 1983–2007. (В тексте – СВГ).

Словарь областного вологодского наречия: по рукописи П. А. Дилакторского 1902 г. СПб.: Наука, 2006. 677 с. (В тексте – Дилакторский).

Словарь псковских пословиц и поговорок / Сост. В. М. Мокиенко, Т. Г. Никитина. СПб.: Норинт, 2001. 176 с. (В тексте – СППП).

Словарь русских говоров Карелии и сопредельных областей: в 6 вып. / Гл. ред. А. С. Герд. СПб., 1994–2005. (В тексте – СРГК).

Словарь русских народных говоров / Под ред. Ф. П. Филина, Ф. П. Сороколетова. М.; Л.: Наука, 1965–1991. Вып. 1–26. СПб.: Наука, 1992–2010. Вып. 27–43. (В тексте – СРНГ).

Словарь современного русского литературного языка: в 17-ти т. М.; Л., 1948–1965. (В тексте – ССРЛЯ).

Словарь «Языки русских городов»: [Электронный ресурс]: http://community.lingvo.ru/goroda/dicyionary (В тексте – ЯРГ).

Снегирев И. М. Русские народные пословицы и притчи. М.: «Индрик», 1999. 624 с.

Топонимическая картотека Топонимической экспедиции Уральского университета (кафедра русского языка и общего языкознания Уральского университета, Екатеринбург). (В тексте – ТКТЭ).

Топоров В. Н. «Петербург и «Петербургский текст русской литературы» // Топоров В. Н. Миф. Ритуал. Символ. Образ: Исследования в области мифопоэтического: Избранное. М.: Прогресс-Культура, 1995. С. 259–367.

Ярославский областной словарь / Отв. ред. Г. Г. Мельниченко: в 10-ти вып. Ярославль, 1981–1991. (В тексте – ЯОС).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кривощапова Юлия Александровна
канд. филол. н.
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
ул. Ленина, 51, Екатеринбург, Россия, 629000
эл. почта: insekt@yandex.ru
тел.: (8343) 2679136

Krivoshchapova, Yulia
Ural Federal University
51 Lenina St., 620000 Ekaterinburg, Russia
e-mail: insekt@yandex.ru
tel.: (8343) 2679136

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 114–123

УДК 940

ИМПЕРСКАЯ СИМВОЛИКА ГЕЛЬСИНГФОРСА ГЛАЗАМИ РОССИЙСКИХ ВОЕННЫХ: РУБЕЖ XIX – XX вв. И ГОДЫ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ*

Е. Ю. Дубровская

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Статья посвящена исследованию городского пространства Гельсингфорса (Хельсинки), столицы Великого княжества Финляндского, как одного из аспектов той реальности, в которой на рубеже XIX – XX вв. и в период Первой мировой войны оказались военнослужащие российской армии и Балтийского флота. С позиций военной антропологии рассмотрены факторы, обусловившие специфичность восприятия «центра» и «периферии» Гельсингфорса российскими солдатами, матросами и их офицерами. Пространство и ландшафт города виделось им особым миром, отчужденным от русского культурного контекста. Несмотря на государственную и имперскую символику столицы Финляндии, военные – выходцы из России – остро ощущали оппозицию «восток/запад» на уровне восприятия символов.

Ключевые слова: городское пространство, финляндская столица, Первая мировая война, российские военные, «центр/периферия», государственная и имперская символика, российская революция 1917 года

E. Ju. Dubrovskaya. IMPERIAL SYMBOLS OF HELSINGFORS THROUGH THE EYES OF RUSSIAN SERVICEMEN: TURN OF THE 20TH CENTURY AND YEARS OF WORLD WAR I

The paper deals with the city space of Helsingfors (Helsinki), the capital of Grand Duchy of Finland, as one of the aspects of the reality common to Russian Army and Baltic Fleet servicemen at the End of 19th – the Very Beginning of the 20th Centuries and during the World War I. Investigation based on the principles of military anthropology throws light upon the factors which caused the specific way of perception of the “center” and “periphery” of Helsingfors by Russian soldiers, sailors and their officers. The city space and landscape was seen by them as a strange world far from Russian cultural context. Despite the State and Imperial semioticity of the capital of Finland the enlisted men, who have come from Russia, felt deeply the opposition between the “East” and the “West” on the level of perception of symbols.

Keywords: city space, capital of Finland, World War I, Russian servicemen, “center/periphery”, State and Imperial semioticity, Russian Revolution 1917.

* Статья подготовлена в рамках проекта по созданию междисциплинарного научно-образовательного Центра прибалтийско-финских исследований «Fennica» (Программа стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016).

История русских войск, размещавшихся в Финляндии, восходит к событиям начала XIX века, когда при Александре I Финляндия была отвоевана у Швеции и присоединена к Российской империи, получив статус автономного Великого княжества. Водружение в мае 1808 г. флага с двуглавым орлом над шведской твердыней Свеаборгской крепостью ознаменовало начало «российского» периода финляндской истории. Два столетия тому назад, 12 апреля (27 марта по старому стилю) 1812 г., Гельсингфорс (Хельсинки) был избран Александром I в качестве столицы княжества как город, ближе расположенный к Санкт-Петербургу и, следовательно, более подходящий для этой роли по сравнению с прежней столицей Турку (Або), городом, близким к Швеции и по духу, и географически [Клинге, 2005. С. 50–56; Воспоминание…, 2011. С. 21–27; Расила, 1996. С. 64–65].

С приобретением большой гавани достигалась одна из целей завоевания Финляндии, а с перенесением столицы в Гельсингфорс Россия тверже закрепилась на северном побережье Финского залива. Крепость Свеаборг прикрывала подступы к новой столице благодаря трем глубоким гаваням, береговым и островным укреплениям и батареям. Гельсингфорс обещал превратиться в крупнейшую базу русского флота, что и произошло к началу Первой мировой войны [Башмакофф, Лейнонен, 1990. С. 6–7].

Обращает на себя внимание вопрос о том, какое влияние оказывала имперская символика Гельсингфорса на восприятие российскими военными места прохождения их службы в первые годы войны и в период революционных потрясений 1917 г., а также о том, как в обстановке первых месяцев революции символы прежней власти трансформировались и заменялись новыми.

Цель настоящего исследования – взглянуть на пространство «своего» – «чужого» города глазами российских военных, проследить за стремлением матросов и солдат к символическому освоению этого пространства в обстоятельствах, когда «место» их службы осталось прежним, но изменилось само «время». Это позволяет не только сделать наблюдения над многолетним семиотическим присутствием империи в городской среде финляндской столицы, но и увидеть, как политический переворот сопровождался переворотом символическим, как в новой ситуации ритуализировалось поведение военных.

По наблюдению Ю. М. Лотмана, отметившего «принципиальный семиотический полиглотизм любого города», город как генератор культуры и сложный семиотический механизм «может выполнять эту функцию только потому, что представляет собой котел текстов и кодов», принадлежащих разным языкам и разным уровням. «Реализуя стыковку различных национальных, социальных, стилевых кодов и текстов, город осуществляет разнообразные гибридизации, перекодировки, семиотические переводы, которые превращают его в мощный генератор новой информации» [Лотман, 2002. С. 212–213].

«Город, как и культура, – пишет Лотман, – механизм, противостоящий времени», он постоянно заново рождает свое прошлое, «которое получает возможность сополагаться с настоящим, как бы синхронно», ведь «архитектурные сооружения, городские обряды и церемонии, самый план города, наименования улиц и тысячи других реликтов прошедших эпох выступают как кодовые программы, постоянно заново генерирующие тексты исторического прошлого» [Там же. С. 213].

Такой подход позволяет исследовать финляндскую великокняжескую столицу как особое пространство, как идею, учитывая то обстоятельство, что русское высшее командование беспокоил иностранный характер Гельсингфорса. В годы войны город воспринимался как место особой опасности, центр шпионажа, а отчуждение от русской культуры подчеркивало противостояние жителей Великого княжества и империи.

На страницах романа, посвященного судьбе Балтийского флота во время Первой мировой войны, писатель-маринист Леонид Соболев, один из последних выпускников Морского кадетского корпуса, описывает город таким, каким увидел его, прибыв в Гельсингфорс для прохождения службы в канун военных событий. Правда, не в маскулинном воплощении, как обычно представлялась приехавшим главная военно-морская база российского флота на Балтике, а в женском облике, более соответствующем образу Хельсинки – дочери Балтийского моря – в восприятии самих финнов.

«… Гельсингфорс стоял на граните своих набережных у тихой воды рейдов аккуратно и чистенько, как белокурая крепкая фрёкен в крахмальном переднике у кафельной плиты над тазом теплой воды: чистый, неторопливый, хозяйственно-удобный город. Зеленые трамваи катились, как игрушки. Витрины каждого магазинчика миниатюрно-солидны, а на Эспланаде они размахивались во всю стену, и тогда солидность их граничила с роскошью, и в них беспошлинные иностранные товары. Бесшумность

автомобилей равна молчаливости их шоферов. Полицейские на перекрестках – в черных сюртуках, вежливы, неразговорчивы и подтянуты. Шведские и финские надписи на вывесках, на трамваях, на табличках с названиями улиц, белокурые проборы и локоны, розовые щечки молодых людей и девушек, марки и пенни сдачи заставляли чувствовать себя в иностранном городе. Даже часы – и те отличаются на двадцать минут от петербургского времени: здесь время свое, не российское.

В двенадцати часах езды от столицы Российской империи стоит на голубом граните скал иностранный город, и время в нем – не российское» [Соболев, 1977. С. 12–13].

Первоначально войска располагались в островной крепости Свеаборг, откуда в первой половине XIX в. и началось «освоение» пространства города [Погребов, 2011. С. 108–116]. Затем рядом со Свеаборгским портом на острове Скатудден (Катаянокка) появились морские казармы. Под влиянием Петербурга город виделся его строителям и как морской порт России, и как «военная столица» княжества, и как центр административного управления. Идеал военной столицы, обусловливавший ее претензии на олицетворение имперской власти в Финляндии, требовал, чтобы, подобно Петербургу, «город строился, как полк на параде, по струнке» [Лотман, 2002. С. 213; Лурье, 2001. С. 313; Санкт-Петербург, 2003. С. 230–231; Hellberg-Hirn, 1996. С. 68–88].

Частью архитектурного облика города и монументальным выражением могущества империи стали казармы. Вместе с армией в Гельсингфорс прибыла специальная инженерная команда для проектирования и строительства казарм. В конце 1820-х гг. в районе Круунунхака появились казармы для жандармов и казаков, а в начале 1830-х – Абоские казармы на тогдашней окраине города, вблизи дороги, ведущей в старую столицу Финляндии. Самым значительным среди гражданских зданий, возведенных при участии военных инженеров, стал Русский Александровский театр, предназначенный для удовлетворения культурных запросов офицеров гельсингфорсского гарнизона и их семей [Byckling, 2000. S. 3–6; Pakarinen, 1984. S. 99; Käsänen, 1993. S. 6]. Из-за сходства в росписи потолка зала с петербургским прототипом театр называли «малым Мариинским».

Унионская улица, находившаяся в центре города, получила название в честь унии, заключенной в 1809 г. между российским монархом и Великим княжеством. На ней по соседству с казармами был построен русский Военный госпиталь в неоклассическом стиле, действовавший в этом качестве до конца апреля 1918 г. [Bonsdorf, Smedslun, 1969. S. 46]. Казарменная улица получила имя от здания Гвардейских казарм, на ней располагался и Гвардейский манеж.

Главным символом императорской власти стал один из красивейших городских ансамблей Европы – монументальный комплекс в стиле ампир – административный центр Сенатской площади. Ансамбль формировался почти полвека с 1818 г., включив здания Императорского Сената и Императорского Александровского университета (канцлерами университета были русские монархи), а также находящуюся чуть поодаль старейшую православную церковь Гельсингфорса – Храм Святой Троицы. С 1852 г. над площадью возвышается здание лютеранского Николаевского кафедрального собора, напоминающего Исаакиевский собор в Петербурге.

Характеризуя морфологию этой части города, исследователь И. Воловик подчеркивает, что она уже не «петербургская», а скорее является воспроизведением «идеальных городов» XVII–XVIII веков. По его наблюдению, Сенатская площадь – это не только пространство перед собором, но и весь примыкающий к нему квартал, застроенный общественными зданиями, отразивший представления, вкусы и стили путешествовавших по Европе градостроителей. Сенатская площадь в Гельсингфорсе стала, таким образом, результатом сочетания архитектурных пристрастий ее создателя, выходца из Германии Карла Энкеля, запросов русского наместника – генерал-губернатора финляндского княжества – «строить по образу и подобию» и веяния времени, делавшего ставку на модную российскую столицу [Воловик, 2011. С. 15–16].

На Торговой площади города с ее Эспланадной пристанью, являвшейся водными воротами Гельсингфорса, приезжего встречали здание Мариинского дворца – финляндской резиденции российского императора и Дом генерал-губернатора княжества. В центре площади возвышался «Камень (или Обелиск) Императрицы», увенчанный позолоченным двуглавым орлом, – первый городской монумент, установленный в 1835 г. в память о посещении Гельсингфорса императорской четой – Николаем I и Александрой Федоровной. Торговая площадь стала традиционным местом появления перед финляндцами российских монархов. Площадь приобрела статус особого, освященного их присутствием, городского пространства, что в 1917 г. сделает её особо притягательной для солдат и

матросов, стремившихся «освоить» прежде малодоступную для них имперскую святыню, сделать «своей» территорией.

Уроженка Гельсингфорса А. Йортикка вспоминала церемонию встречи Николая II и цесаревича Алексея во время приезда августейших особ в финляндскую столицу в феврале 1915 г.: «Помню, как нужно было стоять на Торговой площади, напротив нынешнего президентского дворца, из него вышли царь с сыном, шагали важно, отдавая честь, а мы приветствовали их здравицей в честь Великого князя Финляндского и наследника» [SKS KRA, Side 41: 92]. Финских школьников расставили шпалерами, через которые прошли августейшие гости.

С площади открывался вид на величественный православный Успенский собор из красного кирпича, построенный на скале в конце XIX в. по проекту архитектора А. М. Горностаева, автора многих строений на острове Валаам. У подножия храма можно было видеть еще один монумент имперской культуры города – «часовню мира», установленную в честь заключения мирного договора в 1809 г., по которому Швеция уступила Финляндию России. Часовня должна была служить мерилом исторической памяти подданных Российской империи, подобно упоминавшимся объектам городской среды. Однако этот символ имперской власти нельзя обнаружить на карте современного Хельсинки. Разрушенный после гражданской войны 1918 г., он, по-видимому, больше других ассоциировался с русской властью, которая ушла в прошлое, но еще раз была подвергнута уничтожению, теперь уже ритуальному стиранию. Сходная судьба постигла и православный собор Александра Невского в Свеаборгской крепости, перестроенный сначала в маяк, а затем в лютеранскую церковь.

В августе 1914 г., в первые дни войны, среди населения княжества возникли слухи о том, что Выборг и пол-Гельсингфорса сожжены, крепость Свеаборг, по одной версии, подверглась нападению и взята, по другой – сама расстреливает Гельсингфорс, а его жители «вследствие невероятных притеснений и лишений бегут, причем все это происходит по вине русских, объявивших войну Финляндии» [KA KKK, Fb 916].

Восприятие Свеаборга как символа «русскости» и «имперства» отразилось в апрельской 1918 г. публикации на страницах гельсингфорсской шведоязычной газеты "Hufvudstatsbladet". Заметка, появившаяся после занятия Гельсингфорса немецким экспедиционным корпусом, свидетельствует о том, что Свеаборг в восприятии жителей города был связан с постоянной военной угрозой со стороны России. Автор с удовольствием отмечал: «Свеаборг уже не русский. Весенние ветры с Финского залива обвевают Эренсвярдовские бастионы, и потрепанный бело-красный флаг, последний признак русских, указывает на это подчинение». Территория, которая прежде не могла служить местом прогулки репортеров финляндских газет и, вероятно, увиденная автором впервые, даже после вывода войск воспринималась как чужеродный анклав: «Местность производит заметно русское впечатление: церковь и большие белые казармы и офицерские здания. Небольшие низкие дома разбросаны повсюду без всякого плана, часто помещая в себе какую-нибудь лавку и едва ли усиливая собой мощь крепости. Сельская идиллия перемешивается с крепкими военными сооружениями.

Громадные, типично русские кучи отбросов с массою пустых банок из-под консервов близ казематов и погребов с боевыми припасами... На наружных бастионах, откуда видно открытое море, за окопами скрываются замысловатые лафеты, дальнобойные пушки, с которых заблаговременно были увезены замки, побежденной нации. Некоторые из колоссов еще остаются и глядят в бессильной ярости вдаль за горизонт. Немецкая комендатура железною рукою восстанавливает порядок» [Русский..., 1918. 24 апр.].

А. И. Куприн в начале войны служил офицером в Великом княжестве. Он посещал Финляндию более десяти раз в различные периоды жизни и неизменно относился к ней с любовью [Дубровская, 2012. С. 285–290, Науменко, 2010. С. 731–737, Хеллман, 2001. С. 7–22]. В 1933 г. в последней статье, посвященной стране Суоми, он отметил переплетение «своего» и «чужого» в культуре независимой Финляндии и перечислил те «знаковые» явления, которые «будут надолго, если не навсегда, напоминать ее жителям о русской культуре»: «Это, во-первых, лиственная аллея, посаженная Петром I в Куоккала, во-вторых, Сайменский канал, где на последнем шлюзе выгравирована четкая надпись «Построен русскими солдатами по повелению Николая I в таком-то году», в-третьих, Свеаборгская морская крепость, в-четвертых, памятник императору Александру II против Сената и в-пятых, Александровская улица, Александерсгатан» [Куприн, 2001. С. 344].

Примечательно, что литератор, хорошо знакомый с историей края, упомянул крепость, построенную шведами в XVIII в., как памятник русского военно-инженерного искусства [Хеллман, 2001. С. 424]. Рядовые же военнослужа-

щие безоговорочно воспринимали Свеаборг как «освоенное» пространство, «островок» России, защищенный от внешнего, подчас враждебного мира.

В то же время для армейцев и экипажей кораблей Гельсингфорс был самым желанным местом отдыха. Матросы, получившие увольнение на берег, сначала попадали в порт, а затем расходились по знакомым им в городе местам. Самым привлекательным из таких мест являлся приморский парк развлечений Брунс-парк, располагавшийся вблизи порта и предлагавший военнослужащим широкий спектр развлечений [Бажанов, 2007. С. 70].

Как уже было отмечено, «иностранный» характер города беспокоил армейское и флотское командование. По воспоминаниям капитана 1-го ранга С. Н. Тимирева, флаг-капитана командующего Балтийским флотом, Гельсингфорс считался среди русских офицеров «центром германского шпионажа и разрушительной революционной работы». Одной из причин такого предубеждения стал «состав населения», говорящего «на чуждом языке» и «в некоторых своих слоях настроенного германофильски». Опасение вызывала и «продолжительная стоянка больших кораблей» в Гельсингфорсе. По словам С. Н. Тимирева, частые посещения матросами берега давали агитаторам «полную свободу ведения самой широкой революционной пропаганды среди команд» [Тимирев, 1998. С. 71].

Однако возможностей сойти на берег у матросов было не так много, в частности, на 1-й бригаде линейных кораблей их увольняли в город раз в 7–10 дней. Один раз в неделю команда того или иного корабля в качестве поощрения за службу выводилась в Гельсингфорс «на прогулку», и это становилось настоящим парадом моряков, проходивших через весь город [Бажанов, 2004. С. 155–157].

Зачастую парады русских войск, призванные демонстрировать силу режима, воздействовали на эстетические чувства населения, не искушенного в политике, вдохновляли эмоционально, а военные оркестры оживляли жизнь гарнизонных городов, влияли на музыкальную культуру великокняжеской столицы [Luntinen, 1997. P. 406].

Однако проявляемое русскими властями в разгар борьбы с т. н. «панфеннизмом» пренебрежительное отношение к ценностям национальной культуры не оставалось незамеченным жителями Гельсингфорса. Заложниками в этих столкновениях становились российские военные. Финская интеллигенция, прежде всего шведоязычная, настроенная антирусски, обвиняла их в непочтительном отношении к национальным святыням.

В марте 1914 г. в газете “Nya Pressen” появилась заметка «Русские войска поют на улицах». Автора возмущало, что в финляндской столице «русские военные, кажется, считают ул. Рунеберга подходящей для своих променадов»: «в двенадцатом часу дня команда солдат, распевающих во все горло, прошла по северной Эспланаде мимо памятника Рунебергу на Казарменную ул. Нужно бы как можно скорее положить конец этому, почти что ежедневному пению и галдежу войск на улицах нашей столицы» [Nya Pressen. 1914. 6 Mars.]. В шведской “Hufvudstadsbladet” некий «Гражданин», как сообщила «Финляндская газета», выражал негодование по поводу того, что русские моряки стали пользоваться Железнодорожной (Вокзальной) площадью для своих занятий: «Движение на самых оживленных частях города прерывается на несколько часов к большому неудобству публики и к весьма малому удовольствию тех, кто живет у нашей центральной площади». Полемизируя с автором, правительственная «Финляндская газета» писала: «Добрая часть этих мест учений бывает заполнена толпой городских обывателей, которым, судя ещё и по доброжелательному выражению их лиц, учения эти вовсе не неприятны» [Финлянд. газ. 1914. 8 (21) марта].

Так или иначе, Гельсингфорс оставался для военнослужащих особым, отчужденным от русского культурного контекста миром, и не только в силу иноязычного окружения. Оппозиция «восток/запад» на уровне восприятия символов остро ощущалась выходцами из России, несмотря на государственную и имперскую семиотику центра великокняжеской столицы. С конца XIX в. в Гельсингфорсе строились здания с высокими башнями и толстыми стенами из серого гранита в национально-романтическом направлении северного модерна. Этот стиль получил, как и в Германии, название «югенд». Над городом возвышалась католическая церковь Св. Генриха в Кайвопуйсто, немецкая кирха, огромная Бергхальская церковь. Необычными казались здание Рыцарского зала в неоготическом стиле, украшенные растительным и животным орнаментом здания Национального музея и Национального театра, «Фонтан Вальгрена» – скульптурный комплекс «Хавис Аманда» на Торговой площади, ставший символом города, и монумент жертвам кораблекрушения на холме вблизи Обсерваторской горки. С пьедесталов памятников смотрели незнакомые российским военным изваяния – собиратель рун карело-финского эпоса и создатель эпической

поэмы «Калевала» Элиас Леннрот, Фредрик Пациус, написавший музыку национального гимна «Наш край», поэт-классик Йохан Людвиг Рунеберг, автор текста гимна.

К весне 1917 г. концентрация войск в финляндской столице значительно увеличилась. Еще в марте 1915 г. в Свеаборге насчитывалось 4 тыс. военнослужащих. В казармах на территории Гельсингфорса, в его окрестностях и на островах, составлявших линию обороны города и крепости, – до 5 тыс. чел. Согласно приказу № 92 по Свеаборгской крепости к 4 марта 1917 г. численность сухопутных войск, размещенных в городе и крепости, выросла до 20 698 чел. [Eerola Ja., 1995. Liite 2].

Из-за недостатка казарменных помещений они занимали здания финских народных школ, где размещались все батальоны пехотных 510-го Волховского и 511-го Сычевского, роты 428-го Лодейнопольского и 509-го Гжатского полков [Eerola Ja., 1995. Liite 7; Звонарев, 1917. С. 2].

Военнослужащие «осваивали» новые городские пространства. Иногда «освоение» приводило к курьезам, подобно тем, о которых рассказала уроженка Гельсингфорса А. Йортикка в воспоминаниях о своем детстве (предположительно они связаны с солдатами 2-го Свеаборгского артиллерийского полка, одна из его рот стояла в районе городского кладбища): «Поскольку кладбище Хиетаниеми располагалось поблизости, то солдаты заходили туда – посмотреть и полюбоваться красивыми траурными лентами на венках. Мы ходили поглядеть, как они живут в лагере. Видели, как они разожгли костер, спилили дерево, увидев нас, они заулыбались, т. к. смогли обратиться к нам по-фински»: солдаты произнесли расхожее финское ругательство, по-видимому, единственное из известных им выражений, «а потом пришел еще один солдат, на шее которого красовалась ленточка от венка с надписью “Последний привет от семьи Лунден”» [SKS KRA, Side 41. S. 95].

Военные «осваивали» территорию мест погребения и в прямом, и в переносном смысле. Дети наблюдали церемонию проводов простых деревянных гробов, «в сопровождении 6–8 русских солдат и команды трубачей, игравших русский боевой гимн», на близлежащее кладбище [SKS KRA, Side 41. S. 95]. С начала войны в больницах Великого княжества выделили несколько сотен коек для раненых. Солдат и офицеров с фронта привозили на лечение в Гельсингфорс [Соломещ, 1992. С. 24]. Умерших же хоронили на русском военном кладбище. По воспоминаниям А. Йортикка, погребение «знати и офицеров» проходило на русском православном кладбище в Лаппинлахти. Как отметила архангелогородская исследовательница А. Н. Соловьева, историческая память о местах погребений «надолго остается источником знаний и эмоций, а эстетика ландшафта становится источником как художественного, так и политического выражения», вот почему «ситуации возрождения былого знания или его реконструкции также становятся контекстом объединения знания и эмоции, на этот раз в связи с чувством ностальгии» [Соловьева, 2006. С. 90].

Гельсингфорс был городом многонациональным и поликонфессиональным. Среди мигрантов из России русские составляли самую многочисленную этническую группу. Но вместе с войсками в Финляндию прибывали уроженцы прибалтийских губерний, поляки, евреи, татары. Мусульманские и еврейские кладбища, однако, в отличие от православных не разделялись на «офицерские» и «солдатские». За более чем вековой период кладбища, где покоились сотни соотечественников [Halen, 2001. S. 6–168], становились для военнослужащих «кусочком» российской территории и неофициальным местом поклонения далекой родине.

Другим местом, напоминавшим солдатам о России, но не наделявшимся сакральным смыслом, стали безлюдные скалы в живописных окрестностях города, которые солдаты и матросы называли «Карпатами». Как свидетельствует карикатура «Веселье на Гельсингфорсских Карпатах», помещенная в матросском литературно-художественном журнале «Моряк», это было излюбленное место досуга, которое в 1917 г. в обстановке наступившей «свободы» стало синонимом веселого времяпровождения с игрой в «орлянку» и алкогольными излишествами [Моряк. 1917. № 4. С. 95].

«Карпаты», как и другие городские пространства, удаленные от парадных улиц и площадей (парки Кайсаниеми, Хисперия (Цисперия)), воплощали представления военнослужащих о символике «периферии», оппозиционной официальному «центру», с допустимыми для маргинальных территорий нарушениями поведенческих норм, функционированием бытовых практик «социальных низов», криминогенностью. Об этом сохранилось множество свидетельств. Показательны звучавшие весной 1917 г. призывы читателей гельсингфорсских и абоских «Известий» не допускать действий, позорящих «революционные войска и юную обретенную свободу» [КА, д. 11970; РГА ВМФ, ф. Р-315, оп. 1, д. 21].

С маргинальным статусом жителей окраин, социальными низами и девиантным поведением ассоциировались у военнослужащих разные «кофейни», воспринимавшиеся как «нечистые» места городского пространства. В письмах в редакцию «Известий Гельсингфорсского совета», обнаруженных в коллекции «Русские военные бумаги» Национального архива Финляндии и в фонде РГА ВМФ, приводятся адреса таких заведений, где собирались и финны, и русские солдаты и матросы. Невзирая на запреты, там производилась продажа крепких напитков, процветала проституция, а бродячие торговцы сбывали всевозможные вещи, преимущественно краденые. Авторы заметок предостерегали от посещения таких мест, где «зараженная атмосфера спиртом», советовали не ходить на знаменитый гельсингфорсский рынок возле Абоских казарм, на котором из-под полы велась торговля обмундированием и казенным имуществом.

Примечательно, что обсуждение матросами и солдатами первых неофициальных сведений о революции в Петрограде происходило 3 марта 1917 г. в «известных столовых и кофейнях», в этом маргинальном пространстве города. Здесь нижние чины собирались группами в 5–12 человек, договаривались выступить на следующий день по орудийному сигналу [ГриКри, 1918. С. 127]. Такое же постановление вынесли участники матросского митинга за Петроградским мостом [РГА ВМФ, ф. Р-315, оп. 1, д. 120, л. 36].

С «периферии» Гельсингфорса, какой оставались в представлениях военнослужащих разбросанные по городу казармы, кофейни и отдаленные места проведения митингов, восставшим предстояло двинуться в центр финляндской столицы, воспринимавшийся как двойник имперского Петрограда, который надо было завоевать. Первые сведения о событиях в имперском центре России просачивались в виде слухов и порождали страх, тревогу и неуверенность. Поиск «врага» переносился извне вовнутрь окружения военных, и врагом мог оказаться каждый.

С утра 4 марта в центр великокняжеской столицы стали стекаться колонны рядовых военнослужащих. Их прохождение через «сакральные» точки пространства города стало явным нарушением приказа высшего флотского начальства. Это была демонстрация символической «сопричастности» к революционным событиям в Петрограде и формой протеста против недостаточного информирования о них со стороны командующего флотом А. И. Непенина, который попытался удержать матросов и солдат «вне политики».

Прежнее противостояние имперского/финляндского в политической топографии Гельсингфорса усиливалось новой оппозицией буржуазного/демократического, и эта оппозиция проявлялась как на уровне символического пространства, отделявшего «центр» города от его «окраин», так и на уровне ритуала-шествия, в который вовлекались «свои» и которым отторгались «чужие».

В контексте событий, осмыслявшихся как символически переходные, поведение людей – групповое, индивидуальное, на уровне лидеров – было повышенно семиотичным. Поэтому в, казалось бы, привычных и знакомых картинах повседневной жизни городского центра рядовые усматривали особый смысл покушения на завоеванное пространство и восстановления того, «что было прежде». Летом 1917 г. к этой будничной жизни кто-то относился с яростным негодованием, кто-то – с иронией и сарказмом, которые чувствуются в стихотворении В. Фролова. Автор, служивший писарем в Свеаборге, в 1917 г. опубликовал в Гельсингфорсе несколько стихотворных сборников. В стихотворении «Штрихи», написанном в форме шутливого послания «дядюшке», он дал картинку повседневной жизни крепости и показал неспокойную обстановку в Гельсингфорсе:

«…Если в город приезжаю,
То брожу по Эспланадной
Среди публики нарядной.
Вечно ясная погода.
Много праздного народу.
Повергают в умиленье
Мою душу, наслажденье
Навевает мне бряцанье
Шпор военных…
…Ах, забыл, со дня восстанья
В Петрограде к нам вниманья
Здесь немало проявили.
Офицеры порешили
На другой же день согласно,
Что служить без них [погон – *Е.Д.*]
– ужасно,
И с девизом «Единенье!»
Нацепили украшенье
Все зараз к себе на плечи,
Но… опасны эти речи…».
[Фролов, 1917. С. 22]

В стихотворении звучат отголоски перипетий «погонной революции», потрясавшей Балтийский флот в апреле 1917 г. и ставшей едва ли не самым ярким проявлением разрушительных действий восставших по отношению

к прежним символам господства/подчинения [Колоницкий, 2001а. С. 18–28]. Ношение погон балтийскими моряками было отменено приказом № 125 нового командующего флотом А. С. Максимова от 15 апреля [Колоницкий, 2001б. С. 162–197]. Отчасти это было продиктовано необходимостью избежать случаев насилия над офицерами, подобных тем, что стали печально известны всей стране в связи с расправами на кораблях и в городе 4–5 марта.

Жители финляндской столицы обнаруживали последствия нововведений буквально «под ногами» на улицах Гельсингфорса. Согласно апрельской дневниковой записи И. И. Ренгартена, «командующий флотом и комендант крепости издали приказы, и это было приведено в исполнение. Но при этом сделали уличный беспорядок: улицы Гельсингфорса полны груд матросских и солдатских погон – они снимают их с себя и друг с друга и бросают на мостовую. Со встречных офицеров, еще не знавших о приказе, тоже снимали погоны – вообще, это явное желание унизить» [РГА ВМФ, ф. Р-29, оп. 1, д. 220, л. 22].

Обращаясь к солдатам и матросам, свеаборгский артиллерист Д. Усов убеждал: «мы теряем достоинство, останавливая на улицах Гельсингфорса своих товарищей – солдат, матросов и офицеров, срезая с плеч погоны без всякого на то основания от представителей наших депутатов. Почему бы не вынести распоряжение снять погоны через комитет? Совестно это делать свободному гражданину, портить своему же товарищу одежду», ведь «через постановление депутатов погоны сняли бы все без исключения сами» [Известия..., 1917. 20 апр.].

Однако ритуализированный характер девиантного поведения на улицах Гельсингфорса, все-таки воспринимавшегося военнослужащими как «чужое» пространство, строился на отрицании обычных этических норм. Стратегия такого поведения, ориентированная на нанесение оскорбления явным или мнимым приверженцам самодержавной власти, должна была «принизить» социальный статус противника. Срезание погон и демонстративное их выбрасывание подразумевало не только «очищение» от символов прошлого.

Границы между «своим» и «чужим», установившиеся в первые дни революции, по прошествии времени утрачивали силу и оказывались размытыми. Наряду с семантикой разграничения «освоенного» и «неосвоенного» и десакрализацией морально устаревших символов царской армии срезание погон и их ниспровержение на мостовую (сходное с популярным в плакатной символике мотивом «попирания разбитых цепей») служило восстановлению нарушенных связей внутри сообщества моряков и армейцев перед лицом враждебного внешнего мира.

Отрицание этикетного поведения, в том числе и на улице, воспринималось ими на фоне особой значимости упорядоченной жизни финляндской столицы. Шокировавшее очевидцев стремление рядовых двигаться по проезжей части, а не по тротуарам, достигало такого эффекта потому, что прежде контроль за соблюдением порядка передвижения в великокняжеской столице возлагался именно на военных.

Подобное поведение, входящее в кодекс поведения захватчика на оккупированной территории, все же не было типичным для солдат и матросов, остававшихся в бывшей великокняжеской столице вплоть до вывода российских войск из Финляндии весной 1918 г. Их больше беспокоила пусть даже мнимая опасность утраты уже «освоенных» ими городских пространств и объектов. Подозрения в «покушениях» такого рода вызывали ярость рядовых по отношению к офицерам и военным чиновникам. Осенью 1917 г. перипетии возникли между членами гельсингфорсского Матросского клуба и врачами морского госпиталя.

В представлениях рядовых военнослужащих «освоенные» городские объекты бывшей великокняжеской столицы тесно связывались с завоеваниями революционного времени и становились символами этих завоеваний, которые необходимо было уберечь от поглощения «чужой» средой. Угроза им виделась не столько со стороны внешнего противника, сколько от «внутреннего врага» в собственном окружении. Вражеские аэропланы и опасность, которую нес неприятель городу, воспринималась как намного меньшее зло по сравнению с «происками» командного состава российской армии и флота, а любые действия офицеров неизбежно предполагали «презумпцию виновности».

В заключение следует отметить, что Гельсингфорс, ставший столицей Финляндии вскоре после ее присоединения к России, изначально строился как город, не связанный с памятью о шведском прошлом. К концу XIX в. он сам стал символом имперской власти в Великом княжестве, противопоставлявшимся прежней древней столице Або (Турку). В его архитектуре и планировке имперская и административная символика поддерживали друг друга и должны были напоминать российским военнослужащим о могуществе и величии государства, на страже которого они призваны были стоять

здесь, в Финляндии, прикрывая с моря столицу империи.

Служившим в Гельсингфорсе офицерам, солдатам и матросам во время увольнения в город приходилось «обживать» незнакомую территорию с ее площадями, улицами, парками, привыкать к иноязычным топонимам и выстраивать свои отношения со зданиями, памятниками и другими объектами городской среды. Многие из пространств города носили русские названия, другие же неофициально переименовывались военными по ассоциации со знакомыми местами, прежде виденными в России (знаменитые «Карпаты» в Брунспарке).

Постепенное освоение города позволяло военнослужащим составить семиотическую «шкалу ценностей» различных точек на плане Гельсингфорса. Символические противостояния, в том числе и на уровне городского пространства финляндской столицы, стали частью Первой мировой войны наряду с конфликтами между военными и гражданской администрацией Великого княжества, с насаждением чрезвычайных мер военного времени в качестве государственной политики и общей атмосферой взаимного недоверия между российскими военнослужащими и жителями Финляндии.

В условиях снижения привычной воинской дисциплины и в соответствии с представлениями рядовых о наступившей «свободе» пространство города подчас воспринималось ими как место проведения ежедневного праздника с импровизированными представлениями, привлекавшими как военнослужащих, так и горожан. Подобные «карнавальные» представления с участием казаков-кубанцев летом 1917 г. в течение нескольких дней разворачивались вблизи Артиллерийских казарм и завода Николаева.

Один из трех казаков, «испачкавших лица сажей», по свидетельству очевидца, «одевал на себя искусственное изображение лошади» и «представлял коня и всадника одновременно», «показывал, как лошадь пьет», двое других «погоняли его хворостиной», пытаясь продать «хорошую кобылку» проезжавшим мимо на извозчике финнам, а те «торговались», зараженные общим весельем [КА, д. 11970].

И горожане, и российские военные – недавние подданные империи, почувствовавшие себя гражданами, зачастую воспринимали политический переворот как ритуальное праздничное «действо», в которое включалось городское пространство финляндской столицы.

Литература

Бажанов Д. А. Матросы и берег: 1-я бригада линейных кораблей Балтийского флота в Гельсингфорсе (1914–1917 гг.) // Санкт-Петербург и страны Северной Европы. Материалы ежегод. междунар. науч. конф. СПб.: Изд.РХГА, 2004. С. 155–164.

Бажанов Д. А. Щит Петрограда: служебные будни балтийских дредноутов в 1914–1917 гг. СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена, 2007. 224 с.

Балтийские моряки в подготовке и проведении Великой Октябрьской социалистической революции. Сб. докум. М.; Л.: Наука, 1957.

Башмакофф Н., Лейнонен М. Из истории и быта русских в Финляндии 1917–1939 // Studia Slavica Finlandensia VII / Eds. V. Melanko, A. Mustajoki, E. Peuranen. Helsinki, 1990. 100 с.

Воловик И. Городская партитура // Воспоминания о Гельсингфорсе. Историко-литературный очерк / Ред. Л. Коль. Helsinki: LiteraruS, 2011. С. 13–20.

Гри-Кри. Две встречи // Моряк. 1918. № 6. 2 марта.

Дубровская Е. Ю. Население Финляндии и российские военные: проблемы взаимного восприятия в годы Первой мировой войны // Труды Карельского научного центра РАН. 2011. № 6. С. 80–89.

Дубровская Е. Ю. Проблемы российско-финляндского приграничья начала XX в. и этнический образ финна в курсах по истории родного края // Историческое краеведение в Карелии: учеб. пособие. Петрозаводск: КГПА, 2012. С. 282–291.

Звонарев Г. Наши пехотные части в Гельсингфорсе (Из личных впечатлений унтер-офицера Свеаборгского пехотного полка, выделенного из 428-го Лодейнопольского). Гельсингфорс, 1917. 23 с.

Известия Гельсингфорсского совета депутатов армии, флота и рабочих. 1917.

Клинге М. Имперская Финляндия / [Пер. с фин.]. СПб.: Изд. дом «Коло», 2005. С. 545–588.

Колоницкий Б. И. Погоны и борьба за власть в 1917 году. СПб.: Остров, 2001. 83 с.

Колоницкий Б. И. Символы власти и борьба за власть: к изучению политической культуры российской революции / Ред. В. Ю. Черняев. СПб.: Дм. Буланин, 2001. 349 с.

Куприн А. И. Немножко Финляндии // Куприн А. И. Мы, русские беженцы в Финляндии… СПб.: Журнал «Нева», 2001. С. 313–344.

Лотман Ю. М. Символика Петербурга и проблемы семиотики города // Лотман Ю. М. История и типология русской культуры. СПб: Искусство–СПБ, 2002. С. 208–220.

Лурье Ф. М. Архитектурные ландшафты Петербурга (печатная графика) // Феномен Петербурга / Ред. Ю. Н. Беспятых. СПб.: БЛИЦ, 2001. С. 304–315.

Науменко В. Г. «Здесь, на конце России исполинской…» Финляндия в творческом наследии русских путешественников XVIII – начала XX века. Ярославль: Ремдер, 2010. 840 с.

Погребов С. Кому служила крепость Свеаборг? // Воспоминания о Гельсингфорсе: историко-литературный очерк / Ред. Л. Коль. Helsinki: LiteraruS, 2011. С. 104–118.

Расила В. История Финляндии / Ред. Л. В. Суни. Петрозаводск: ПетрГУ, 1996. 294 с.

Российский государственный архив Военно-морского флота (в тексте – РГА ВМФ).

Санкт-Петербург: 300 лет истории. СПб.: Наука, 2003. 760 с.

Соболев Л. С. Капитальный ремонт. Роман: в 2-х ч. М.: Совет. Россия, 1977. 416 с.

Соловьева А. Н. Ландшафт: память и история в антропологической перспективе // Поморские чтения по семиотике культуры. Сакральная география и этнокультурные ландшафты народов Европейского севера. Архангельск: Помор. ун-т, 2006. С. 83–93.

Соломещ И. М. Финляндская политика царизма в годы первой мировой войны (1914 – февраль 1917). Петрозаводск: ПетрГУ, 1992. 90 с.

Тимирев С. Н. Воспоминания морского офицера. СПб.: Изд. альманаха «Цитадель», 1998. 191 с.

Фролов В. На заре (стихотворения). Гельсингфорс, 1917. 40 с.

Хеллман Б. Александр Куприн в Хельсинки // Куприн А. И. Мы, русские беженцы в Финляндии… СПб.: Журнал «Нева», 2001. С. 7–22, 345–424.

Bonsdorf B., Smedslun T. Helsingin Venäläinen Sotilassairala. Helsinki, 1969.

Byckling L. Aleksanterin Teatteri 120 vuotta. Helsinki: SKS, 2000. 28 s.

Eerola Ja. ”Siunattu olkoon turvamme tuoja…” Upseereihin kohdistunut väkivalta Helsingin venäläisessä varuskunnassa helmikuun vallankumouksen 1917 aikana. Helsingin yliopisto. Humanistinen tiedekunta, Historian laitos. Pro-gradu työ, 1995. 178 s.

Halen H. Helsingin venäläinen sotilashautausmaa Taivallahdessa 1826–1918. Kalmisto ja vainajat. Helsinki: Helsingin yliopisto, 2001. 182 s.

Hellberg-Hirn E. Символика Петербурга: тема пространства // Studia Slavica Finlandensia. Т. XIII. 1996. С. 68–88.

Kansallisarkisto (в тексте – KA).

Käsänen A. Bulevardin ooperatalo tyhjenee ensi kesänä // Helsingin Sanomat. 1993. 13.01. S. 6.

Luntinen P. The Imperial Russian Army and Fleet in Finland 1808–1918. Helsinki: SHS, 1997. 486 p.

Pakarinen R. The Russian builders of Helsinki // Venäläisyys Helsingissa 1809–1917. Helsinki: Helsingin kaupunginmuseo, 1984. S. 98–99.

Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran kansanrunous Arkisto (в тексте – SKS KRA).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Дубровская Елена Юрьевна
старший научный сотрудник, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: dubrovskaya@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 577758

Dubrovskaya, Elena
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: dubrovskaya@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 577758

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 124–133

УДК 394:94(480+470.22)«1930/1939»

ПОВСЕДНЕВНОСТЬ СОВЕТСКО-ФИНЛЯНДСКОГО ПОГРАНИЧЬЯ 1930-Х ГОДОВ В ВОСПОМИНАНИЯХ О ДЕТСТВЕ*

О. П. Илюха

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье анализируется многослойный источник – воспоминания людей, родившихся в 1920 – начале 1930-х годов, о своем детстве. В них запечатлены не только детали повседневности советского пограничья, его символические объекты и фигуры, но и опыт пережитого, особенности социализации и самоидентификации «детей фронтира». Воспоминания рассматриваются с учетом официального дискурса 1930-х годов о границе.

Ключевые слова: воспоминания, детство, советско-финляндское пограничье, повседневная жизнь.

O. P. Ilyukha. DAILY LIFE OF THE SOVIET-FINNISH BORDERLAND OF THE 1930s IN CHILDHOOD MEMORIES

The paper analyses the multilayered source – memories of people born in the 1920s – early 1930s about their childhood. Not only the details of daily life in the Soviet borderland, its symbolic objects and characters, but also the experience of life, socialization and self-identification of the “children of the frontier” are inscribed in those memories. We consider them with regard to the official frontier-related discourse of the 1930s.

Key words: memories, childhood, Soviet-Finnish borderland, daily life.

Государственная граница, деля социальное пространство на «своих» и «чужих», «своих» и «других», создает совершенно особый социокультурный ландшафт. Здесь соприкасаются, встречаются и расходятся различные ментальные, культурные, политические и экономические миры. При этом нормы и предписания, касающиеся поведения людей при пересечении границы или при нахождении в приграничье, варьируют и меняются в пространственно-временной перспективе. Крайними, полярными вариантами ситуации являются «железный занавес» периода холодной войны и «прозрачные границы» современного Евросоюза.

История советских границ и советского пограничья («погранполосы», «погранзоны») привлекает внимание исследователей в различных контекстах [Заерко, 2002; Граница и люди, 2005; Frontières du communisme, 2007]. В СССР изучение этой глубоко идеологизированной темы было возможно лишь под грифом секретности, а основные публикации в открытой печати сводились к описаниям подвигов советских пограничников. В 1990-х – 2000-х гг., настроив созданную зарубежными учеными оптику изучения границ на решение собственных научных задач, российские исследователи существенно расширили видение проблем, связанных с социокультурной специ-

* Работа выполнена при поддержке РГНФ (проект 12-31-01028) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Традиции и инновации в истории и культуре».

фикой пограничья. Различные дисциплинарные подходы (социологический, политологический, антропологический, географический) открыли новые возможности для пространственных и социальных интерпретаций границ [Замятин, 2003. С. 102–114].

Пограничье привлекательно и для исследования специфики повседневности, поскольку является территорией особого цивилизационного взаимодействия. В последние годы по обе стороны российско-финляндской границы активно изучают многообразные аспекты ее истории, включая повседневную жизни пограничья [Россия и Финляндия..., 1999; Рупасов, Чистиков, 2000, 2007; Мусаев, 2007; Hämynen, 1993; Paasi, 1996; Lähteenmäki, 2009]. Однако в целом этот аспект темы пока остается малоисследованным.

Советское пограничье 1930-х годов – предвоенного десятилетия, когда в идеологическом дискурсе родилась и закрепилась метафора «граница на замке», представляет интерес как особая территория. Режим пограничья формировал свои территориальные общности, знаковые системы, свое ментально-географическое пространство и свой образ жизни. Большинство советских граждан, проживавших в это время вдали от «широких границ» СССР, получали представление о жизни пограничья через СМИ, кинофильмы, художественную литературу и т. д. Особой аудиторией, проявлявшей интерес к этой теме, были дети. В процессе конструирования «нового советского человека» теме границы отводилась значительная роль. Анализ содержания поступавших в каждую школу пионерских газет и журналов 1930-х гг., а также учебников, т. е. самых массовых печатных изданий того времени, позволил выявить адресованный детям официальный дискурс о границе [Ilyukha, 2007; Илюха, 2011]. В текстах, предназначенных для детей (расхождения в репрезентации темы для взрослых и детей состоят лишь в деталях, в подробностях), можно выделить следующие ключевые позиции.

Доминирующей является семантика безопасности, защищенности советских границ. Образ запертых ворот («граница на замке») иногда усиливается дополнительными эпитетами: «граница на прочном замке», «на железном замке». Советская страна рисовалась островом счастливого детства во враждебном мире, что было частью советской концептосферы, грандиозного мифологизированного образа «новой» России.

Центральные фигуры созданного в литературе социокультурного ландшафта пограничья – пограничник и шпион. Первый в текстах для детей изображен исключительно как герой, друг пионеров, второй – антигерой, злодей, враг всех советских людей. Тема границы в текстах для детей, как правило, раскрывается через описание инцидента, связанного с задержанием шпиона. Дети в текстах такого рода присутствуют исключительно в качестве помощников пограничников. Итак, официальные репрезентации образа границы делят социальную реальность на врагов, проникающих в советскую страну с целью узнать ее тайны, героев-пограничников и помогающих им советских граждан.

Источниковая база исследования

В данной статье мы обратимся к другому источнику – воспоминаниям людей, родившихся в 1920 – начале 1930-х годов. Сегодня только это уходящее поколение может представить «прямые» свидетельства о довоенном времени. Корпус собранных нами воспоминаний насчитывает 25 интервью. Тексты хранятся в Научном архиве Карельского научного центра РАН [НА КарНЦ РАН]. Воспоминания записаны в 2005–2007 гг. у людей, чье детство прошло в населенных пунктах Северного Приладожья и Сямозерья, расположенных вдоль старой советско-финской границы. Это деревни и поселки, как непосредственно примыкавшие к границе (Погранкондуши, Раймяля, Кавайно, Вешкелица), так и находившиеся от нее на некотором удалении (Пенгисельга, Юргелица, Колатсельга, Эссойла). Особым населенным пунктом в этом списке являются Погранкондуши (фин. – Rajakontu) – советская деревня, смыкавшаяся по линии границы с финской деревней Мансила (фин. – Manssila). Подобные «двойные поселения»* [Кайсто, Нартова, 2008] создают специфическую контактную среду, состояние которой в условиях идеологического размежевания вызывает несомненный интерес.

Воспоминания были собраны в форме свободного интервью (жесткая схема вопросов отсутствовала), основная часть которого касалась образа жизни родительской семьи и детства респондентов. Длительная табуированность разговоров о границе сказывается и в наши дни: не все охотно разговаривали на эти темы,

---

* В историографии имеется опыт изучения «двойных поселений», в основном двойных городов («City Twins»). На советско-финляндской границе привлекательным для исследователей оказался «двойной город» Светогорск – Иматра. Наработка подходов в изучении «зеркальных» поселений получена также при изучении разделенной границей с Эстонией территории Ивангорода – Нарвы.

пришлось столкнуться и с завуалированным отказом говорить о границе. Осторожность и подозрительность являются одним из проявлений фундаментальной психологической травмы, нанесенной сталинским режимом гражданам своей страны [Figes, 2007. P. 645]. Вопросы о границе приходилось формулировать с учетом индивидуальных особенностей респондента и встраивать их в общую логику интервью о детстве. Установлению доверительного общения с респондентами способствовала помощь в этой работе школьных учительниц, авторитет которых в сельском сообществе до сих пор открывает двери многих домов*.

Памятные рассказы о детстве расцениваются специалистами как воспоминания «малорефлексивного» возраста, пропущенные через напластования пережитого, внутреннюю цензуру последующей жизни и «выученную историю», нередко спорящую с личным опытом [Безрогов, 2010. С. 39–42]. В воспоминаниях проявляется отношение к детству как к периоду девиантного поведения [Разумова, 2001. С. 289]. Критика этого уникального и вместе с тем крайне сложного для интерпретации источника должна происходить с учетом его специфики: вспоминая детство, взрослые руководствуются уже иной логикой, чем логика детского запоминания, и выстраивают нечто цельное из того, что изначально таковым не является [Безрогов, 2010. С. 48]. Если воспоминания о детстве могут вызывать сомнения как источник достоверной информации о коллективном прошлом, то они незаменимы при изучении деталей повседневности, а также вариативности индивидуального жизненного опыта и проблем конструирования исторической памяти.

«Были эти ворота на замке»

Полупрозрачная восточная граница Великого княжества Финляндского, до конца 1917 г. входившего в состав России, с получением Финляндией независимости приобрела качества межгосударственного рубежа. Он разделил семьи и людские судьбы, не говоря уже о поселках, деревнях и микроландшафтах. «Погранкондуши кончаются, Мансила начинается – уже финская территория», – информация, рефреном звучащая в воспоминаниях местных жителей.

Память детства сохранила фрагментарные сведения о внешнем оформлении линии границы: ее ограждении, символах и знаках. *«Вдоль границы была частая изгородь»; «Границей был забор, из жердей сделанный – это была граница. Легко можно было перейти туда и сюда»; «Там [на границе между деревнями Погранкондуши и Мансила] была просто такая глубокая канава, копали финны и наши..., папа рассказывал. И была изгородь, просто деревянная такая, обыкновенная изгородь... Ну, метра, наверно, полтора»; «В Погранкондушах, где дорога, дак там [на границе] ворота стояли и часовые. А остальное, что там: паханое поле, полоса паханая, ну и пограничники ходили»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, 4, 6, 7].

Ворота, сквозь которые шла дорога в соседнюю деревню, в страну Финляндию описываются подробно: *«...тут граница была. Огромные деревянные ворота были такие. Большие ворота, некрашеные, из простого дерева. Когда границу закрыли, были эти ворота на замке. Огромный такой замок с нашей стороны был...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 7, л. 34]. Метафора «граница на замке» в ландшафте деревни Погранкондуши обрела свое реальное, предметное воплощение, стала «самоисполняющимся пророчеством» [Лакофф, Джонсон, 2004. С. 184].

Мальчики активнее девочек познавали пространство и фиксировали более широкую информацию. Именно мужские воспоминания содержат сведения о размещении пограничных застав, их местонахождении и подробностях пограничного ланшафта: *«Много застав было. Застава была в Погранкондушах. Потом была между Кавайно и Кавгозером, застава была в Раясельге, застава была в Хабосярви... Вот по дороге идешь в Кавайно, раньше эта дорога закрыта была, только пограничник по ней [патрулировал], потому что совсем близко, метрах в пятидесяти, уже граница проходила. Она же, граница, виляет...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 6, л. 24–25].

От детского внимания не ускользали и посты-«секреты» пограничников: *«...я один раз пошла там, около куста, дак пограничник вот так руку [выставил]... Следили... куст такой, большущий куст. А он там, в кусту сидит и караулит весь день»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 14]. Описание несет отчетливый след наивного мировосприятия: «большущий куст» – характерный маркер детских впечатлений. А уверенность в том, что пограничник

* Выражаю искреннюю признательность учительницам, помогавшим в организации сбора воспоминаний – Елене Александровне Калининой (пос. Эссойла) и Марине Ивановне Керро (пос. Салми), а также жителям Карелии, которые принимали нас в своих домах и беседовали с нами.

весь день «в кусту сидит» – скорее отражение сформированных пропагандой представлений о нерушимости границ и бдительных пограничниках, днем и ночью не смыкающих глаз.

Лес, в котором карелы учились ориентироваться с раннего детства, вблизи границы приобретал черты опасности, но не как локус природной стихии, а с точки зрения социального использования этого пространства: он был естественным укрытием для тех, кто намеревался нарушить установленный порядок. Для детей лес оказывался коварным местом: *«...да там же лес, туда ягоды пойдем [собирать], уже окажемся на их стороне. Посмотрим вверх, если церковь видать, так быстро на эту сторону бежим или на Ладогу, и по Ладоге идем домой»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 13]. Опасность границы заставляла взрослых делать для детей дополнительные опознавательные знаки, метки на деревьях и камнях, для того чтобы, заблудившись в лесу, те случайно не приблизились к запретной черте. Таким образом, зоны опасности были отмечены знаками, расставленными не только властью, но и «рядовыми гражданами».

Люди с мешочками: социально-политический контроль в погранполосе

Социально-политический контроль в полосе западных границ СССР охватывал широкий спектр вопросов. В повседневной жизни 1930-х гг. привычной практикой была регулярная проверка документов у населения. Человек, отправляясь на работу, всегда брал с собой так называемый «паспорт» – официальную бумагу, разрешавшую перемещение по близлежащей территории. Для этих документов шили специальные мешочки и носили их на теле. *«На работу если родители уходили, вот моя мать, например, уходила, не было паспорта, надо было здесь (показывает на грудь. – О. И.) [документ] держать. Кто мешочек шил, кто как. Среди ночи могли прийти проверять, обыски делали. Наш дом раньше был там, на хуторе, дак нас выселили. До финской войны уже мы не жили там, нам надо было жить уже в деревне. А дом так и пустовал. Видимо, боялись чего-то... Чуть в стороне, без контроля...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 5, л. 22].

Для работы на колхозном лугу, примыкавшем к линии государственной границы, требовалось получить разрешение местных властей с указанием имен всех, отправлявшихся на сенокос или погрузку сена. Подростки, работавшие на сенокосе, уже хорошо понимали опасность общения с теми, кто находился за границей, и осваивали тактику «политически корректного» поведения, в основе которой было молчание: *«Вот в Раясельге, там покосы шли, через речку финская сторона, там финны косят, сено сушат, а на этой стороне наши. Запрещалось разговаривать с ними. Пограничники, они как, – в секрете. Мы их не видим, а они нас видят, что мы делаем. Ну, предупреждали, чтоб не разговаривали. Ну, а с той стороны они другой раз крикнут слово, другое, третье, но не ответишь, – и они перестанут»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 6, л. 26].

Родственные связи были порваны с теми, кто находился за границей, они также ограничивались и с проживавшими на советской территории, но уже за пределами погранзоны, поскольку для посещения родственников на этой «буферной» территории требовалось особое разрешение. *«Местный праздник – Спасов день, но [людей] из других деревень пограничники не пускали сюда. У меня свекровь из Видлицы родом, и родители ей говорили, лучше ты приезжай, а они сюда [в погранзону] никогда не приезжали»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12]. Советское приграничье являлось пространством повышенной властности и одновременно изолированности не только от «чужих», но и от «своих».

В Финляндии тоже дождь идет? Искушение границей

Любопытство, непреодолимый интерес к запретному и неизведанному влекли маленьких детей к границе. Пограничье создавало широкие возможности для удовлетворения всеобщей детской потребности посещения «запретных территорий», «страшных мест». В результате самостоятельно осваивались и эмоционально постигались важные элементы окружающей среды и формировался собственный детский миф о мире, осколки которого сохранились в воспоминаниях:

«Было строго-настрого запрещено детей пускать на границу, а дети идут туда, куда им не разрешают. Мы, как плохая погода, обычно часто перелезали через этот забор [на границе] – как там в Финляндии, тоже дождь идет или не идет, надо проверить... А второе – там было очень много ягод, естественно, там их никто не собирал, а мы идем туда, где можно быстрее собрать ягоды... И потом Ладога, огромная наша Ладога. Берег, там и сейчас стоит такой камень – Variskivi, как бы Вороний камень. Это*

* Имеется в виду Варашев камень.

граница была, вода была разделена этим камнем, вода дальше финская, а берег еще наш. И естественно, мы шли купаться там, где финская вода» [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр.7, л. 33]. Автор воспоминаний делает интересное уточнение, отсылающее нас в область детской психологии: *«…мы боялись, нас все-таки ругали. Уйдем [за линию границы], немножечко постоим и обратно».* Здесь в полной мере проявились те стороны «территориального поведения» детей, в основе которого лежит нарушение пространственных запретов. Психолог М. В. Осорина подчеркивает, что, нарушая запреты, дети руководствуются не разумом: «Какая-то непонятная, но могучая сила наперекор разуму и страху влечет детей к тому, чтобы переступить эти запреты или, по крайней мере, постоять у опасного порога и пережить нечто исключительно важное, без чего будет трудно жить дальше» [Осорина, 2009. С. 87]. Для совершения таких подвигов дети объединялись, ощущая себя в группе более сильными и уверенными, чтобы вместе создать и пережить важные для них события.

Существовавшая практика наказаний и взысканий по отношению к детям не приносила видимого эффекта: *«Были случаи, когда нас, детей [зашедших в запретную зону], брали на заставу пограничники (там была вышка такая, они следили). А мы умоляем: дяденька, мы больше не пойдем. Все равно они приводили нас на заставу, приглашали туда родителей, говорили: вот ваши дети, примите меры, чтобы они больше сюда не ходили. Нас ругали, но это все было бесполезно»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 7, л. 33].

Отчетливо проявилась гендерно-возрастная дифференциация в поведении, связанном с фактором границы. Для девочек характерна усиливавшаяся по мере взросления осторожность: *«Дети к границе не бегали, даже смотреть боялись»; «Мы боялись. Нас как-то учили, что они уже это…, ну, фашисты»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 15; ед. хр. 3, л. 12]. Мальчикам, существование которых развернуто в пространстве гораздо шире, чем у девочек, в воспоминаниях приписывается смелость, которая подчас выглядит напускной: *«…мы, пацаны, в то время не ходили туда, пограничники не пускали. Да и не боялись, но и не ходили…»*. Как итог уже взрослой рефлексии звучит фраза: *«С той стороной никакого общения не было, хотя свои же были, свои тут и свои там»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 5, л. 20; ед. хр. 6, л. 25].

Граница как витрина советских достижений

Хозяйственное и культурное развитие территорий, расположенных вдоль западных границ СССР, составляло предмет постоянных забот советского правительства. На эти цели выделялись дополнительные ассигнования [Кен, Рупасов, 2000. С. 488–489]. Воспоминания свидетельствуют, что советские пограничные поселения, особенно такие, как Погранкондуши, были своеобразной агитационно-пропагандистской площадкой, витриной страны, демонстрирующей «достижения советской системы». Сюда раньше, чем во многие другие деревни и поселки, было проведено радио и электричество, в 1930-х годах здесь регулярно появлялась кинопередвижка. Этот набор благ цивилизации в воспоминаниях представлен как исчерпывающий, максимально возможный для своего времени:

«Потому что приграничная деревня, у нас все было: электричество, радио было» (6–27). «У нас же тогда электричество горело, потому что граница, а в других деревнях – там, глубже – не было света» (6–26). «Тут, на границе, обязательно это [радио и электричество] было… Тут было, чтобы видели, что у нас электричество, а у них нету. У финнов не было, а у нас было. До 12 [часов] было, потом 3 раза мигнет лампочка, и все. Централизованно отключали электричество. Радио тоже до войны было, тарелки вот эти, громкоговорители, московское вещание» [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 5, л. 23; ед. хр. 6, л. 26–27].

В интервью осознание преимуществ жизни людей в пограничье сопровождается подчеркиванием тех минусов, которые были здесь по сравнению с местностями, расположенными дальше, «глубже» от границы: *«В Видлице еще не было света, хоть жизнь и была богаче, шире»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 5, л. 23]. Широта и богатство (большее разнообразие) жизни в деревнях, отдаленных от границы, в данном контексте условны: автор тем самым подчеркивает обделенность близких к границе деревень.

Установленный в деревне Погранкондуши обычай особым образом отмечать советские праздники – Международный день трудящихся 1 мая и День октябрьской революции 7 ноября – рельефно запечатлен в детской памяти. Воспоминания об уличной «сценической площадке», на которой разворачивались театрализованные представления, предназначенные для жителей финской деревни Мансила, дополняют и уточняют друг друга.

«Я помню хорошо, в праздники, 1 мая, 7 ноября, у заставы, там, где жили пограничники, возле самой границы (метрах в 20-ти или 30-ти) праздновали, митинг держали, духовой оркестр откуда-то приезжал. Школьники колонной шли на демонстрацию, председатель сельского совета держал речь, кто-нибудь из руководителей приезжал с района. После митинга тут же танцевали. Показывали той стороне, что у нас люди хорошо живут. Мы даже не смотрели в ту сторону. А оттуда даже на забор поднимались девочки да мальчики на праздник посмотреть» [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12].

Другой вариант воспоминаний подчеркивает принудительный характер участия местных жителей в такого рода праздниках: *«Как-то там танцы были на нашей стороне. На улице, там, около заставы, на этой, на полянке. …выгоняли силой молодежь, тогда молодежи много было, угощались. А финны с той стороны пришли на границу... Смотрели, как же, одетые такие они... У детей игрушки разные, а у нас еще не было, [мы] сами шили куклы какие-то из тряпок. А они приходили, как наши празднуют...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 14].

Детская память зафиксировала не только необычные игрушки, но и «праздничную», «хорошую» одежду людей по ту сторону границы. Для младших детей это событие было, безусловно, притягательно: «*Мы, детишки-то, не строем шли, мы бегом, босиком впереди всех бежали».* Взгляд детей подмечал праздничную инверсию будничной нормы, запоминающуюся своей необычностью: *«...И разрешалось даже пограничникам: плясали, пели песни, веселились, показывали, как мы хорошо живем».* Вовсе недетским кажется сегодня внимание к фразам, долетавшим с той стороны границы: «*И кричат, там... у кого родня: "Еще ли живой, вот там... Иван Васильевич? Передайте привет ему"»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 14; ед. хр. 5, л. 20; ед. хр. 7, л. 33].

Эти «образцово-показательные» праздники становились событием и для советской, и для финской деревни. Взрослых они привлекали не потому, что «звучала хорошая музыка», выступал духовой оркестр пограничников и самодеятельные коллективы сельского клуба, а в первую очередь из-за возможности увидеть знакомые лица или услышать родной голос.

В результате Второй мировой войны граница была перенесена, и традиция «демонстрации советских успехов» в этой местности потеряла смысл: *«Когда мы вернулись из эвакуации*, то в очередной праздник я брату говорю: «Ну, Федя, мы теперь пойдем на демонстрацию». А пришли, и никакого праздника нет...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12]. Вместе с границей исчезла и локальная традиция театрализованных представлений, ориентированная на зарубежных зрителей.

Люди по ту сторону границы. «Они так же выглядели, как и мы»

Взгляд подростка, украдкой брошенный через границу, подмечал принципиально важные для формирующегося человека моменты: сходство и различие чужого, заграничного с местным, привычным: *«У нас огород был очень близко к границе, так мама и сестры предупреждали меня: "Не смотри туда!" Там дети кричат, на изгородь поднимаются. Они так же выглядели, как и мы»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12].

Среди людей по ту сторону границы в воспоминаниях особо выделяются дети. Не только потому, что именно на них обращали внимание ровесники с советской стороны, но и в силу того, что по обе стороны границы маленькие дети беспечно нарушали установленные правила. *«Детям даже не разрешали смотреть в сторону финской границы, отвечать на вопросы с той стороны. Иногда дети с финской территории висели на заборе и что-нибудь кричали, спрашивали»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12].

С колхозного луга в д. Погранкондуши прекрасно просматривалась финская деревня Мансила*: «А сенокос был там внизу... и видать их дома. Видать, как они на великах ездят, да разговаривают, да кричат...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 14]. Велосипед – символ подросткового покорения пространства – был предметом вожделения советских детей, территориальное поведение которых нормировалось многими ограничительными факторами, включая дефицит элементарных предметов повседневного быта.

«Может, там веселее жить?». Преодоление «священного рубежа»

Разорванные с установлением советско-финляндской границы родственные связи – тема, которая присутствует практически во всех воспоминаниях в виде семейных преданий: *«...всего их было 5 братьев, эти братья, естественно, поехали в Финляндию, когда границы Ленин за-*

---

* Речь об эвакуации населения Карелии в 1941–1944 гг.

крыл. Отец поехал бы тоже, потому что это была его родина, а у них [с матерью] уже было трое детей, и мама сказала: я в чужую страну не поеду. Он, конечно, вынужден был остаться здесь, и он всю жизнь очень страдал из-за этого» [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 7, л. 32].

Драматизм ситуации усиливался географической близостью ставших недоступными родственников, магнетизмом родительского дома по ту сторону границы: *«Там же и знакомые были, родня была. Вот Вергеля назывались, так что там, полкилометра из Кавайно, через ручей прошел – и уже дома… Он [дед], все равно, несмотря на то, что границу закрыли, ходил туда ночью, прятался»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 6, л. 25].

Вырабатывались особые ритуалы, связанные со спецификой жизни. Например, дымок из трубы в доме родственников по ту строну границы – признак жизни – был своего рода утешением, а наблюдение за дымовой трубой становилось для конкретных людей ритуальным элементом повседневности: *«…бабушка встанет [утром], пойдет туда на крыльцо (сейчас нету таких сходней, раньше были такие сходни деревенские), поднимется: «А надо хоть посмотреть, у Авдотьи топится ли печка, идет ли дым из трубы…»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 8, л. 46].

Подобные наблюдения позволяли сверить ритм собственной повседневности с порядком, заведенным у родственников: *«Наш дом высокий был, двухэтажный, а родительский дом отца – через границу, видно было даже. Он утром вставал, смотрел на свой дом и все говорил: вставайте, у меня дома уже печка топится…»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 7, л. 32]. Таким образом поддерживалось ощущение родственных связей и происходило символическое преодоление границы.

Если взрослые осознавали опасность, а порой и судьбоносность перехода границы, то маленьких детей, как уже отмечалось, могли увести за запретную черту любопытство или неосторожность: *«…маленькие еще, пять лет было, мне подружка говорит: «Лиза, давай перейдем. Там, смотри-ко, какие игрушки у них хорошие, и играют на этих, на гармошках губных. Давай перейдем, может, там веселее жить будет, лучше». Она перешла через изгородь, не тут только, около заставы, а повела меня туда в тонь, а там была простая такая… изгородь. Она туда перешла, и я перешла. Пограничник финский увидел, подошел, нас бросил через границу, через забор назад. <…> Никто [из родных] даже долго не знал [о случившемся], потому что меня забрала там одна женщина. “Это, – говорит, – арестовые… Марш домой, пока зад не надеру вичкой”…»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 13]. Пропагандистское клише 1930-х годов «Жить стало лучше, жить стало веселей» в этом фрагменте присутствует как маркер недетской рефлексии и как способ сверки «личного времени» с ходом истории страны.

Пограничные были

В воспоминаниях встречаются рассказы с общими сюжетами, смысловым стержнем которых является переход границы или ее символическое преодоление. Одна из таких историй рассказана дважды: самой участницей события и ее родственницей (женой брата).

«*Свекровь рассказывала о том, как ее маленькая дочь Надя чуть не перешла границу. Ее не взяли в детский сад, как дочь арестованного врага народа. Девочка, видимо, увидела, куда мать пошла на сенокос (у самой границы), и направилась в ту сторону. Свекровь вспоминала: работаю на сенокосе, смотрю – пограничник идет, ведет маленькую девочку, только волосы белые мелькают – напугалась: это Надя моя! Хорошо, попалась пограничникам, а то могла бы уйти на ту сторону. С тех пор ее стали брать в детский сад»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 3, л. 12].

Приведенный выше рассказ, передававшийся из уст в уста, отличается от версии непосредственной участницы этой истории: *«Еще до войны меня в садик не брали. У врага народа нельзя и ребенка взять, а то враг там будет, среди них. Мама меня на покос водила, а на второй день ее в другое место отправили. Возле границы… Утром я встала, дома же нет никого, оделась немножко да пошла маму искать по следам, где вчера была. Иду-иду, да я и границу перешла. Свои военные уж меня манят-манят, но они же по-русски говорят, а я же ничего не понимаю, иду да иду, мать искать иду. Все равно меня выманили оттуда. …А после того, как пограничники меня выманили оттуда, меня на заставу [отвели]. Я ничего не соображала, мое дело какое. А на заставу вечером мать пригласили. С заставы уже в сельский совет, да велели в садик устроить. На другой день я уже в садике была, тут уже меня в садик взяли»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 5, л. 19].

Если в первом случае граница не была перейдена, то во втором случае этот переход состоялся. Характерные детали ситуации, содержащиеся в последнем варианте, делают его непохожим на детскую фантазию. Вместе с тем

нельзя не заметить, что текст стилистически отшлифован в результате многократного рассказывания. В первом же варианте факт перехода границы мог быть преднамеренно изъят из-за осторожности взрослого человека, который ввел эту историю в местный «оборот».

Особый интерес представляют типовые рассказы с «бродячим сюжетом» о хитроумных способах передачи информации за границу, когда с формальной точки зрения никаких нарушений не происходило. Это становилось возможным из-за незнания русскими пограничниками карельского и финского языка. Например, громко разговаривая между собой, колхозники на сенокосе могли включать в свой диалог необходимую информацию, которую хотели бы донести до людей, находившихся по другую сторону границы. Наиболее интересной с точки зрения заключенных в ней архетипов является неоднократно услышанная история, действие которой разворачивалось на берегах речки Вешкельзоя. Мать и дочь, жившие по разные стороны границы, приходили на реку полоскать белье. Находясь на разных берегах, они поочередно пели песни, в которых в виде монолога-импровизации рассказывали о собственной жизни и в песенной форме задавали вопросы о жизни по другую сторону реки.

Пограничник и шпион: социальные границы и социальные дистанции

Пограничье рождает свои социальные границы и социальные дистанции. Двумя оппозиционными фигурами социокультурного ландшафта, запечатленного памятью детства, являются пограничник и нарушитель границы. Коллизии, возникающие вокруг одной и другой символических фигур, и сами эти фигуры привлекали внимание детей.

Взрослые, относившиеся к пограничникам как к представителям власти, нередко запрещали детям общаться с ними: *«Нет, нам не давали …Свои, родители не разрешали… Они идут на смену, смотрим, вдвоем с собакой… Мимо домов ходили. К нам-то заходили, но мы очень боялись сперва, [когда] маленькие были. Наши родители уходят на сенокос или куда, …отец оставлял записку. Если пограничники приходили, то мы со старшей сестрой показывали им эту записку, а малыши прятались»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 15]. Но запреты взрослых и в этом отношении действовали не всегда. Личный опыт общения с пограничниками приобретали, прежде всего, мальчики: *«Мальчишкам интересно было посмотреть: лошадей, как они тренировались на лошадях… Мы не умели по-русски-то, но кое-как говорили. Фуражки мерили. Собаки у них были… Нам не давали с ними играть, нельзя. Пограничники с собаками ходили на границу, хорошие, веселые ребята были»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 9, л. 51].

Нарушителей границ в воспоминаниях именуют с использованием различных понятий: беглец, шпион, перебежчик, нарушитель. Иногда со всей очевидностью проявляются попытки осмыслить разнообразие состава людей, переходивших границу: *«Как границу нарушали, а нарушения часто были, они [пограничники] подымали людей в любое время дня и ночи, чтобы поймать этого беглеца, помочь поймать этого шпиона, или как его можно еще назвать. Обязательно помогали. Пока не поймают, поиски не прекращали, все время искали»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 6, л. 25].

Сообщение пограничникам о появлении «чужака», а тем более его задержание, стимулировалось не только морально (дети становились героями местной школы), но и материально (наградой могли служить часы, патефон или другая ценная вещь). Но к концу 1930-х гг. доверие к власти было в значительной мере подорвано, и нормой поведения все более становилась семейная установка: молчать. *«В лесу видели [чужих], дак боялись говорить – еще затаскают… Учили [в школе]: незнакомый – доложить надо, в школе – завучу или директору или в сельсовет. А мы никого не видели, нечего докладывать. Мы не умели шпионить… Встречали, так молчали. Нет, один, Юдин, он поймал шпиона. Герой. Ему даже дали медаль какую-то, не помню какую. Часы карманные подарили… Пришел на хутор – там далеко – мужик хлеба просить, бабка там как раз пекла хлеб. Бабка: “Хлеб еще не готовый, подожди”, а мальчику: “Беги быстрей на заставу”. Пока мальчик бегал туда, у бабки даже хлеб в печке сгорел, не вынимала, пока мальчик не вернется. Вот его и поймали, вот и Юдину тогда дали… Мы смотрели, удивлялись: какие часы. На часах еще сетка была какая-то сделана, чтоб стекло не разбить. Такая, полосками. И цепочка, в кармане носить»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 9, л. 53]. В рассказ «о подвиге Юдина» имплантирован «пограничный сюжет», упорно навязывавшийся советской пропагандой 1930-х гг. Его фабула состоит в том, что взрослые отвлекают внимание подозрительного чужака, отправляя детей в качестве гонцов на заставу. Подобную гибридность текстов можно рассматривать как результат «принудительной ассоциации» [Гусейнов, 2005. С. 19].

Перемещенная граница.
Освоение нового пространства

Память сохранила послевоенное детское ощущение расширившейся свободы в связи с перемещением линии границы на запад. Подростки наряду со взрослыми постепенно осваивали новые территории: *«Уже границы нет, знаешь это и чувствуешь себя более свободно. А так мы, пацаны, далеко не ходили в ту сторону. А когда границу отодвинули, дак мы бегали туда... [На той] стороне много кое-чего оставалось...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 6, л. 30].

Ландшафт, созданный границей, точнее, его следы сохранялись и после перемещения государственных рубежей в результате второй мировой войны. Это не только просеки и канавы, городки пограничных застав, но и проложенные пограничниками лесные тропы: *«...я бегала на Ладогу стирать... с сестрой бегали... пограничников вспоминали, от пограничников, от их лошадей дорожки [остались], маленькие... У них своя работа, им надо было шпионов ловить...»* [НА КарНЦ РАН, ф. 1, оп. 1, кол. 213, ед. хр. 4, л. 15].

Итак, память о детстве многослойна. Рассказы о себе содержат не только личный опыт пережитого, семейные истории, но и десятилетиями циркулирующие в локальных сообществах и отшлифованные многократными пересказами повествования-были о коллективном или чужом опыте. В ряде воспоминаний можно увидеть влияние учебных и пропагандистских текстов, свидетельствующее о том, что официальный дискурс выступает фактором конструирования исторической памяти, в том числе и памяти о жизни советского приграничья.

В воспоминаниях о детстве есть значительный пласт, в котором запечатлены детали повседневности советского пограничья, символические предметы и персонажи границы, ситуации, порожденные спецификой погранполосы. Эта информация раздвигает рамки исследований по антропологии приграничья, позволяет понять характерные особенности жизни «детей фронтира». Социальная реальность пограничья в воспоминаниях о детстве оказалась значительно более сложной, чем схемы официального дискурса. Несовпадение государственных предписаний, семейных, а также личных интересов человека проявилось в разнообразных формах взаимодействия детей со взрослыми, наделенными различной силой власти. Святость родственных связей вступала в конфликт с официальным мифом о священности государственных рубежей.

В пограничье выстраивание детьми собственной идентичности шло в условиях эмоционального осмысления государственной границы. При этом сравнение осуществлялось не только с заграницей, чужесть которой смягчалась наличием родственных связей, но и в сравнении с территориями своей страны, лежащими «глубже». Происходило осознание своей «инаковости» по отношению как к «чужим», так и к «своим».

Литература

Безрогов В. Г. Помнить нельзя забыть: коллективная память, воспоминания о детстве и тема войны в учебниках для начальной школы конца 1940-х – начала 2000-х гг. // Вторая мировая война в рамках детской памяти: Сб. науч. ст. / Ред. А. Ю. Рожков. Краснодар: Экоинвест, 2010. С. 31–65.

Граница и люди: Воспоминания советских переселенцев Приладожской Карелии и Карельского перешейка / Ред. Е. А.Мельникова. СПб.: Изд-во Европ. ун-та, 2005. 484 с.

Гусейнов Г. Карта нашей родины: идеологема между словом и телом. М.: ОГИ, 2005. 214 с.

Заерко А. Л. Кровавая граница. Кн. 1. 1918–1939. Минск: Камерон-Д, 2002. 271 с.

Замятин Д. Н. Гуманитарная география: пространство и язык географических образов. СПб.: Алетейя, 2003. 331 с.

Илюха О. П. Пограничник и шпион в учебно-воспитательных текстах для школьников: грани мифотворчества сталинского времени // «Букварь – это молот»: Учебники для начальной школы на заре советской власти, 1917–1932 гг. Сб. науч. трудов и материалов / Ред. Т. С. Макарова, В. Г. Безрогов. М.: Азимут; Тровант, 2011. С. 133–149.

Кайсто В., Нартова Н. Двойной город Иматра-Светогорск. Лаппеенранта, 2008. 166 с.

Кен О. Н., Рупасов А. И. Политбюро ЦК ВКП(б) и отношения СССР с западными соседними государствами (конец 1920–1930-х гг.). Проблемы. Документы. Опыт комментария. СПб.: Европ. дом, 2000. 704 с.

Лакофф Дж., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем. М.: Едиториал УРСС, 2004. 256 с.

Мусаев В. И. Россия и Финляндия: миграционные контакты и положение диаспор (конец XIX – 1930-е годы). СПб.: Изд-во политех. ун-та, 2007. 484 с.

Научный архив Карельского научного центра РАН (в тексте – НА КарНЦ РАН).

Осорина М. В. Секретный мир детей в пространстве мира взрослых. Изд. 5-е. СПб.: Питер, 2009. 297 с.

Разумова И. А. Потаенное знание современной русской семьи. Быт. Фолбклор. История. М.: Индрик, 2001. 376 с.

Россия и Финляндия в XVIII – XX вв. Специфика границы. СПб.: Европ. дом, 1999.

Рупасов А. И., Чистиков А. Н. Советско-финляндская граница. СПб.: Европ. дом, 2000. 162 с.

Рупасов А. И., Чистиков А. Н. Советско-финляндская граница. Очерки истории. СПб.: Европ. дом, 2007. 222 с.

Figes O. The Whisperers: Private Life in Stalin's Russia. London: Allen Lane, 2007. 740 p.

Frontières du communisme. Mythologies et réalités de la division de l'Europe de la révolution d'Octobre au mur de Berlin / Sous la direction de S. Coeuré et S. Dullin. Paris, 2007. 462 p.

Hämynen T. Liikkeellä leivän tähden. Raja-Karjalan väestö ja sen toimeentulo 1880–1940. Helsinki, 1993. 562 s.

Ilyukha O. La «frontière verrouillée»: images, symboles et réalités de la frontière dans l'éducation des écoliers soviétiques des années 1930 au début des années 1950 // Frontières du communisme. Mythologies et réalités de la division de l'Europe de la révolution d'Octobre au mur de Berlin / Sous la direction de S. Coeuré et S. Dullin. Paris, 2007. C. 336–357.

Lähteenmäki M. Maailmojen rajalla. Kannaksen rajamaa ja poliittinen murtumat 1911–1944. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 2009. 469 s.

Paasi A. Territories, boundaries and consciousness: the changing geographies of the Finnish-Russian border. Chichester: John Wiley & Sons, 1996. 353 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Илюха Ольга Павловна
зам. директора по научной работе, д. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: iljuha@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 781886

Ilyukha, Olga
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: iljuha@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 781886

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 134–143

УДК 78

ФОЛЬКЛОРНАЯ ТРАДИЦИЯ И МОЛОДОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРИГРАНИЧЬЯ: НАЧАЛО ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ АНСАМБЛЯ «ТОЙВЕ» (1982–1992)

Пекка Суутари

Университет Восточной Финляндии

Ансамбль народной музыки «Тойве» был создан в Петрозаводске 1982 году. В статье рассматривается деятельность и особенности репертуара этого коллектива в первые десять лет его существования. Особое внимание уделяется роли народной музыки, возрожденной усилиями молодых исполнителей в 1980-е годы, в популяризации национальной культуры, а также тому взаимному влиянию музыкальных культур стран-соседей, которое сказалось на характере и репертуаре ансамбля «Тойве» в начале его творческого пути. Географическая близость границы и новые возможности фольклорной деятельности послужили предпосылками для формирования особого музыкального ландшафта Петрозаводска и создали основу для будущего подъема петрозаводской народной музыки и фолк-рока в 1990-е годы. Молодое поколение ансамбля «Тойве» сумело найти новые формы исполнения и методику собирания народной музыки, которые впоследствии образовали собственную традицию, свою национальную культуру. В статье также обсуждается важное социальное значение ансамбля «Тойве», которое он имел для молодых участников коллектива.

Ключевые слова: ансамбль народной музыки, «Тойве», этномузыкология, карельский фольклор, молодое поколение, народная песня, народный танец, финская музыка пелиманни, руководитель хора.

Pekka Suutari. THE FOLK TRADITIONS AND YOUNG GENERATION OF THE BORDERLAND: ONSET OF THE TOIVE ENSEMBLE ARTISTIC CAREER (1982–1992)

The Karelian Folk Music Ensemble “Toive” was founded in Petrozavodsk in 1982. This article studies its activities and repertoire during the first 10 years. The key questions in the article are: what was the role of new folk music performed by the young in the Republic of Karelia, and how the cross-border interaction with Finland affected its functioning. The closeness of the border and the new chances were typical features for the development of the musical landscape in Russian Karelia and created a foundation for the rise of the success of folk music and folk rock that emerged in Petrozavodsk during the 1990s. In the ensemble “Toive” the young generation learned new methods of performing and collecting folk music so that it became part of their own tradition, their personal embodiment of national culture. In the article also the social role of the group for its participants is analyzed via interviews.

Key words: folk music, ensemble “Toive”, ethnomusicology, Karelian folklore, young generation, folk songs, folk dances, Finnish folk music, director of choir.

Исследование современной культуры уже на протяжении пары десятков лет занимает весьма существенное место в этномузыкологии и других этнографических и антропологических дисциплинах, однако вопрос об объектах исследования, постановке проблемы и методах изучения по-прежнему не утратил актуальности. Под современной культурой понимается исследование собственной, чаще всего городской среды с помощью таких этнографических методов, как интервью, мониторинг СМИ, простое, так называемое не включенное наблюдение «со стороны» и внутреннее наблюдение, предполагающее непосредственное участие исследователя в жизни изучаемого социума. Когда объектом исследования становится современность, горизонты исследования раздвигаются практически до бесконечности и предлагают такое огромное количество возможных вариантов, что ответственность за их выбор ложится исключительно на самого исследователя [Lehtonen, 1994]. Объекты исследования могут оказаться весьма обширными, поэтому целью исследователя является описание объекта и определение круга исследовательских вопросов на основе отобранных им методов. Хотя некоторые темы выглядят в общем ряду проблем несколько обособленно, при ближайшем рассмотрении оказывается, что они всегда имеют непосредственную связь с окружающей действительностью, с другими объектами, и задача исследователя – вычленить из этого многообразия материал для исследования и сформулировать тему.

В этномузыкологии, которая является для автора данной статьи главной сферой научных исследований, изучение различных меньшинств начиная с XIX века представляет собой в основном наблюдение и фиксацию объектов на информационные носители. Однако следует заметить, что подобные исследования выполняются в контексте, который считается традиционным (историческим), тогда как урбанистической культуре уделяется на этом фоне заметно меньшее внимание. В качестве примера подобного классического исследования можно назвать книгу Рут Финнеган "*The Hidden Musicians"* [Finnegan, 1989], в которой автор рассматривает восемь «музыкальных миров» своего родного британского города с точки зрения живущих в нем непрофессионалов – хоровых певцов и музыкантов кантри и вестерн. Примерами другого типа являются монография об американских поляках [Keil, 1992]] , исследование о ливерпульских рок-площадках (Cohen, 1994) и книга об английских ночных клубах [Thornton, 1995].

Очень важные методологические вопросы широко обсуждались на междисциплинарных культурологических форумах. Исследования британского Центра современных культурных исследований в Бирмингеме (Centre for Contemporary Cultural Studies), выполненные в духе идей французской философии, оказали очень заметное влияние на практически всю сферу исследований, особенно в области гуманитарных и общественных наук, и способствовали внедрению принципов квалитативного исследования в тех отраслях науки, объектом изучения которых являются общество и культура, в частности, в медицинских, географических и педагогических науках. Хотя в широком смысле культурология не является автономной научной дисциплиной, взаимодействие различных научных областей очевидным образом указывает на меняющуюся парадигму, культурный поворот в общественных науках и критическое отношение к культурным традициям в гуманитарных науках 80–90-х годов XX века.

С точки зрения этнографии в целом и этномузыкологии в частности важно рассматривать современность не как единственно возможное следствие истории, а как осознаваемое пространство будущих конкурирующих сценариев исторического развития. Современность, таким образом, оказывается результатом совершенно конкретного выбора, который был сделан в прошлом. Поскольку существующая культурная реальность могла бы сложиться совершенно иным образом, чем в настоящий исторический момент, культуролог получает возможность выразить свое отношение к различным вариантам развития культуры в будущем. Он стремится реконструировать прошлое исходя не из современных позиций, а с точки зрения того, каким образом нынешние привычные культурные практики можно возвести к культурно-политическим практикам, доминировавшим в свое время и определявшим жизнь простых людей, поэтому современная культурология во многом представляет собой изучение повседневной реальной действительности.

Когда исследователь имеет возможность широкого выбора, он сталкивается с опасностью чрезмерно увлечься сбором материала, поскольку перед ним не поставлена четкая цель и исследовательская задача. Журналист вполне мог бы быть удовлетворен подробным описанием какого-либо явления, но от научного исследования, как правило, ожидается системный подход к проблеме. Все изучить невозможно, поэтому материалом исследования не

может быть абсолютно все, как пишет Сеппо Кнууттила [Knuuttila, 2010]. Необходимо определиться с точкой зрения и перекрестно осветить выбранную тему. Важно понять, в чем заключается в данный момент роль ученого при формулировании исследовательских вопросов. Как известно, ответы на них во многом зависят от поставленных вопросов и степени взаимодействия исследователя и объекта изучения.

«Тойве» как объект исследования культуры приграничья

Объектом исследования этой статьи является ансамбль народной музыки «Тойве», который был создан при Петрозаводском государственном университете в 1982 году. Мы попытаемся ответить на вопрос, какова была роль фольклорно-музыкальной традиции, возрожденной усилиями молодых исполнителей, в популяризации национальной культуры, а также какое влияние оказала зарубежная музыка на характер и репертуар ансамбля «Тойве» в начале его творческого пути. Ансамблем с момента основания и по сей день руководит его создатель Генрих Туровский, которому на протяжении уже почти 30 лет помогают хореограф Раиса Калинкина и музыкант Игорь Архипов. За несколько десятилетий в ансамбле сменилось не одно поколение молодежи, которая приходила учиться танцевать, петь и играть в основном из Петрозаводского университета и городской школы № 17 [Жукова, 1990. С. 95].

Особое внимание в статье уделяется приграничному расположению Карелии, во многом определившему своеобразие этого коллектива в 1982–1992 годах. В тот период ансамбль поначалу ездил с выступлениями по Карелии, а затем выезжал в другие регионы СССР, в Финляндию и, наконец, в декабре 1992 года – в США.

Осенью 2011 года я работал в качестве приглашенного исследователя в Институте языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН в рамках проекта «Гибкие этничности» (Flexible Ethnicities). Фольклорная музыка Карелии находится в сфере моих интересов с 1992 года, с того времени, когда я стал регулярно ездить в Петрозаводск и когда мне впервые выпала возможность услышать ансамбль «Тойве» во время репетиций. С того времени многие участники коллектива стали моими друзьями, и мы встречаемся с ними как в Петрозаводске, так и в Финляндии [ср. Hall, 1992. С. 66].

Основной материал статьи составляют интервью, записанные мной в Петрозаводске осенью 2011 года, а также записи ранней музыки ансамбля «Тойве», собранные Арто Ринне и выпущенные на компакт-диске в 2007 году.

Национальная культура в Карелии со времен основания республики играет, как известно, важную общественно-политическую роль. Помимо самой Карелии во многих других странах также существует интерес к карельской культуре, особенность которой заключается в том, что она находится по обе стороны границы двух стран. Однако для нас важно рассмотреть деятельность ансамбля на уровне местной культуры, определить его значение в его собственном окружении и среди его непосредственных участников. Для приграничных территорий в рассматриваемый период решающее значение имел слом идеологических установок холодной войны и распространение взаимного влияния в приграничных регионах.

В статье не затрагиваются особенности музыкальных произведений, исполняемых ансамблем, их мелодии или стихи как таковые. Основное внимание уделяется самой приграничной территории, значительнейшим образом повлиявшей на становление и судьбу ансамбля «Тойве», взаимоотношениям музыкантов, сложившимся «поверх барьеров», и тем условиям, в которых карельской современной народной музыке стало наконец важно завоевать себе определенное место на международной сцене.

Возникновение коллектива и его место на музыкальной сцене

Поначалу ансамбль «Тойве» Петрозаводского госуниверситета представлял собой во многом обычный фольклорно-музыкальный коллектив, задача которого заключалась в популяризации национальной культуры через исполнение карельских и финских народных песен и танцев. Подход молодых исполнителей к народной музыке оказался для своего времени весьма необычным, в особенности это касается инструментальной группы, которая численно значительно превосходила аналогичные группы в традиционных ансамблях. Ансамблю также удалось сохранить очевидную связь между исполняемыми произведениями и живой традицией, во многом благодаря полевой работе во время гастрольной деятельности. При этом молодой коллектив заявил о необходимости поддержки и обновления местной традиции через взаимовлияние музыкальных культур стран-соседей. Впоследствии в си-

лу целого ряда художественных и социальных причин «Тойве» превратился в весьма своеобразную группу. Ансамбль сравнительно легко достиг художественных целей, изначально поставленных перед ним, но важно отметить, что в первую очередь он стал для своих участников тем коллективом, который не только формировал уважительное отношение к финской культуре, но и послужил своеобразным трамплином практически для всех фолк-рок-музыкантов республики.

Идея создания ансамбля была предложена в 1982 году активными деятелями национального искусства Республики Карелия. Писатель Яакко Ругоев пригласил к себе Генриха Туровского. В 1985 году должна была отмечаться очередная годовщина публикации «Калевалы», в связи с чем ожидалась целая череда международных юбилейных мероприятий, приуроченных к этому событию. Кто-то из вдохновителей обронил фразу о том, что консерватория в Карелии была, а фольклорной музыки не было. По мнению Ругоева, не иметь собственного молодежного ансамбля в республике было стыдно. Изменившаяся позиция Карелии в отношении Финляндии и остального мира была основным фактором в стремлении продемонстрировать собственные творческие умения. К мнению Ругоева присоединился директор и главный режиссер Национального театра Тойво Хайми. Генрих Туровский, который на тот момент уже имел десятилетний опыт руководства Вепсским народным хором и преподавания в Петрозаводской консерватории, взял осуществление этой задачи на себя.

По словам Туровского, решение о том, где лучше создавать ансамбль, при Национальном театре или при Петрозаводском университете, было принято не сразу. Туровский остановил выбор на университете, поскольку, во-первых, он уже привык работать с непрофессиональными музыкантами, во-вторых, там было много молодежи. Затем он обратился в Институт языка, литературы и истории и в Петрозаводскую консерваторию с просьбой предоставить для работы образцы народной музыки, собранные в деревнях в 1960–70-е годы. Вепсский хор располагал очень незначительным материалом на своем языке, но зато карельских песен у него было предостаточно. Эти обстоятельства также повлияли на решение Туровского возглавить вновь создаваемый коллектив.

Туровский сблизился с Марией Муллонен, работавшей в то время заведующей кафедрой финского языка и литературы в университете, и ее мужем Юхо Муллоненом. Они с воодушевлением восприняли новую идею, хотя поначалу полагали, что речь идет только лишь о создании вокального квартета, подобного ансамблю «Манок», который некогда работал в Национальном театре. Мария Муллонен оказывала большую поддержку создателю коллектива, рассказывала студентам о создаваемом ансамбле, и в результате на первую репетицию, где производился отбор в вокальную группу, пришло 13 девушек. Туровский объяснил, что без участия юношей группа существовать не может, поскольку многие песни должны сопровождаться хороводными плясками. На следующую репетицию Мария Муллонен привела уже всех юношей, которые обучались на отделении финского языка в то время. В результате все остались в коллективе. Генрих Туровский рассказывает:

– Я твердо верю, что карельскую культуру можно возродить. На наши концерты приходили очень заинтересованные люди, студенты потом с благодарностью подходили к нам, когда слышали народные песни. Я изучал историю национального костюма и узнал, что во время войны финские солдаты скупили все народные костюмы. К счастью, я познакомился с хорошими специалистами из Финляндии, уже не из университетской среды, и они предложили мне свою помощь. Все с большим воодушевлением поддерживали меня.

Ансамбль ездил с выступлениями по карельским деревням, и особое настроение многих гастрольных концертов навсегда с тех пор осталось в памяти. Радиожурналист, который оказался свидетелем гастролей ансамбля в одной из деревень, подтвердил, что у сотен ее жителей во время концерта выступали слезы. Концерт был своеобразным знаком уважения к традиции в лице местных жителей. Многие известные писатели во время выступления ансамбля в Калевале поднимались прямо на сцену, чтобы обнять студентов. Впоследствии студенты удивлялись: «Кто мы такие, что нас так принимают?» [интервью с Туровским, 2011]. Постепенно начинающие музыканты стали понимать, какую силу несет в себе музыка, а также то, какую роль играет их коллектив в возвращении уважения к местной культуре и ее возрождении.

С другой стороны, помимо запланированных выступлений коллектив получил возможность записать в Калевале песни непосредственно от самих жителей. Позже, к примеру, в ансамблях «Мюлляpит» и «Саттума» основную часть репертуара составляли песни, собственноручно записанные участниками коллективов в Беломорской Карелии. Таким образом, музыканты учились методике полевого сбора материалов

традиционной культуры. Туровский рассказывал, что благодаря знакомствам постановщика карельских танцев, хореографа ансамбля Раисы Калинкиной удалось собрать материал и в южнокарельских деревнях. Вокальной группой ансамбля руководила Галина Химич (в то время – Гальпер).

Молодое поколение

Основной движущей силой коллектива были молодые исполнители. В 1980-х годах большую часть участников ансамбля составляли студенты отделения финского языка Петрозаводского университета, при этом многие из них были друзьями еще со школьных времен. Активное общение продолжалось и помимо учебы с репетициями: все вместе отмечали дни рождения, 8 Марта и другие праздники, вместе ходили в кино и вообще использовали любую возможность для общения. Рабочим языком репетиций был русский, однако участники ансамбля активно использовали и финский язык. Таня Ройвас (Кокконен) рассказывала, что раз в месяц на отделении проходило заседание клуба «Керяхмо»:

– Собирались раз в месяц, говорили только по-фински. Приглашали нашего преподавателя Сантери Пакканена, который был журналистом «Пуналиппу», и Тойво Тупина. А затем вся программа шла на финском языке. Мы тогда даже не знали, что вообще когда-нибудь попадем в Финляндию. Это была как отдушина, источник, из которого мы черпали силы для сохранения финской и карельской культуры.

Преподаватели также не оставались в стороне: «Пекка Зайков и Юкка Киуру приходили пару раз на репетиции послушать, правильно ли мы поем. Поправляли нам произношение» [Ройвас (Кокконен), 2011]. Так или иначе практически все имеющие отношение к национальной культуре, кто в большей степени, кто в меньшей, были вовлечены в деятельность ансамбля. Арто Ринне вспоминает о том духе солидарности и сплоченности коллектива, который ощущался в ансамбле перед его уходом в армию:

– Там было особое духовное единение, очень сильное. Хотя, конечно, нам ведь всем было по двадцать лет, все были друзьями, учились на одном отделении. По окончании университета мы все равно встречались почти ежедневно, на всяких вечеринках, репетициях или на концертах. Мы стали по-настоящему дружной командой. Народу через ансамбль прошло много, но часть, естественно, отсеялась. Остался очень крепкий костяк, и вот уж когда действительно было грустно, так это когда пришлось оставить ансамбль на целых два года. Для «Тойве» стало почти катастрофой, когда сразу семи-восьми парням пришлось уйти в армию. А это большая часть танцевального и вокального состава, всей его мужской половины. Но всегда приходят новые люди, и все продолжается, и так снова и снова. Но именно те годы, 1984, 1985, это особенное время, которое вспоминают во многих семьях и сейчас.

П. Суутари: Это ведь стало большим достижением, тот концерт в Москве, да и некоторые другие выступления.

А. Ринне: Да, тогда еще было советское время, но нашему руководителю Туровскому удалось добиться для нас отсрочки от армии, на целый месяц, а ведь это было что-то небывалое, потому что студенты и так уходили (в армию) позже, после сессии в конце июня. Мы же туда попали аж в конце июля. А через пару месяцев начался уже следующий призыв, то есть в сентябре. Получили отсрочку, и в итоге в армии пробыли неполных два года. Но тот фестиваль молодежи в Москве был таким серьезным событием, что это помогло уговорить даже армейских офицеров. Сейчас такое, наверное, невозможно. Сегодня решают все только деньги.

Летом 1985 года ансамблю была определена настолько важная миссия, что его поездка в Москву на XII Всемирный фестиваль молодежи и студентов была принята военным начальством в качестве уважительной причины для предоставления отсрочки от призыва.

Финский фактор

Деятельность ансамбля в приграничных регионах оказала влияние на его дальнейшую судьбу. После калевальских гастролей коллектив отправился в путешествие по стране, в том числе побывал в Йошкар-Оле, где произвел большое впечатление на эстонского музыковеда Ингрид Рюйтель. После этого состоялось важное выступление в Петрозаводске, на котором присутствовал консул Финляндии. Публика была в восторге от концерта, под конец зал даже встал. После концерта Мария Муллонен пригласила Туровского на встречу с первым секретарем Карельского обкома Владимиром Степановым (который некогда также был послом СССР в Хельсинки). Туровский рассказывает:

– Я держал в руках йоухикко, и Степанов сразу же обратил на него внимание. Я нашел его в Национальном музее Карелии, и когда

узнал, что на нем играют в Финляндии, то организовал группу молодых людей, которым интересно было сделать такой инструмент самим. Создание инструмента – это как заразная болезнь: сначала пятиструнные кантеле, затем йоухикко, потом духовые. Мы изучали старые фотографии и по ним определяли ширину инструментов и все остальные параметры.

Консул Финляндии понял, что этот коллектив – нечто совершенно особенное, и спросил у Степанова, поедет ли ансамбль в Москву. Туровский знал, что состав делегации на Международный фестиваль молодежи и студентов уже утвержден. Но Степанов отреагировал моментально: «Конечно же, поедет!». Туровский поначалу растерялся, но в итоге все сложилось так, что университетский ансамбль народной музыки без лишних бюрократических проволочек и отборов в июле 1985 года отправился в Москву. «Это просто невероятно. Наши ребята стали настоящими национальными героями», – рассказывает Туровский. Московская поездка оказалась очень успешной. Таня Ройвас вспоминает:

– Мы получили приглашение, и нас тут же отправили на фестиваль молодежи и студентов. Там к нам пришла известность. После этой поездки мы стали общенациональным карельским ансамблем, неофициально, конечно. Помню, как нам непрерывно твердили, что мы должны хорошо выступить, что все должно быть как надо, что это необычайно важный концерт. Ну и вроде бы все прошло хорошо. Программа была расписана с утра до вечера, а потом Арто узнал, что там еще будет Финский клуб, где выступают группы «Туулен виемя» (Tuulen viemää) и «Сиелун Вельет» (Sielun veljet).

Концерт имел огромное значение для будущих карельских рок-музыкантов, потому что участники Финского клуба практически определили дальнейшую их судьбу. В свое время группа «Сиелун Вельет» была очень известна в Финляндии своими безудержными выступлениями и неистовой энергией. Основу их музыки составляло завораживающее исполнение и громкое выкрикивание текстов композиций под безумство команды на сцене. Их выступление шокировало и московских рок-звезд, и карельских музыкантов. По словам Криса Кельми, советские музыканты даже и представить себе не могли, что можно выступать с такой энергией и непринужденностью, как «Сиелун Вельет». Причиной тому не только внешние запреты, но и внутренняя неспособность к такого рода действам [Troitski, 1988. S. 143].

П. Суутари: Какое впечатление произвели на вас «Сиелун Вельет»?

А. Ринне: Это было что-то невероятное. Как поленом по голове. Хотя они выглядели слегка устрашающе, все равно впечатление осталось очень хорошее, ведь я увидел, насколько неистовым может быть живой рок, насколько полно можно этому отдаваться. Я услышал музыку, которой раньше никогда не слышал. Мне и сейчас очень нравится тот период у «Сиелун Вельет», 85–86-й годы! Потом еще я был под впечатлением от панк-версии «Миллиона алых роз» группы «Пелле Мильоона» (Pelle Miljoona). Именно тогда я понял, что даже такую музыку, которую все слушают и знают, можно исполнять совершенно по-разному.

П. Суутари: Значит, перестройка в некотором смысле начала ощущаться уже прямо на фестивале?

А. Ринне: Перестройки тогда не было еще и в помине, в 85-м году совершенно ничего не ощущалось. Нам было трудно даже на концерт-то попасть, чтоб послушать «Сиелун Вельет». Все здание оцеплено, повсюду товарищи в штатском, говорят, мол, все билеты проданы. Внутрь не пускают. Но неожиданно, буквально на улице, мы встретили одного финна, который участвовал в организации концерта, и он дал одной из наших девочек билеты. По его просьбе нас пустили внутрь. Там (на концерте), наверное, все было под контролем КГБ. Это был по тем временам настоящий улет. Исмо Аланко из «Сиелун Вельет» разбрасывал презервативы. Хотя, может быть, это был не он, а кто-то другой из группы, я тогда их всех в лицо еще не знал, так что точно не скажу, кто бросал.

Благодаря концерту Финского клуба в Москве в июле 1985 года участники ансамбля получили колоссальный творческий заряд и опыт политической свободы, о которых рассказывается даже в фильме, посвященном истории ансамбля. В результате коллектив начал будто бы отвергать все то, что имело отношение к политической корректности, превращая все это в объект насмешки и ломая все привычные рамки своими анархическими выступлениями. Однако никаких санкций или соответствующего наказания за это так и не последовало.

В Финляндию ансамбль народной музыки впервые отправился только в 1989 году. Эта поездка оказалась незабываемой, в том числе и для Тани Ройвас.

Т. Ройвас: Да, вот тогда мы и попали в Финляндию, в 1989-м, благодаря перестройке. В Кухмо были построены туристическая деревня Калевала и гостиница с таким же названием. Мы поехали туда выступать на открытие. Про-

вели там что-то около недели: сначала было открытие, потом поехали по городам – Нурмес, Соткамо, Каяни, всех не вспомнишь.

П. Суутари: Как тебе показалась Финляндия в то время?

Т. Ройвас: Раньше я думала, что вот побываешь там хоть разок в жизни, и все – можно умереть. То есть просто хотя бы «увидеть Финляндию». И вот поехали. Все казалось будто из мультфильма какого-то. Леса, дома… Будто город не настоящий, везде так чисто, все как будто нарисовано. Принимали нас очень хорошо. В карельском доме – Бомбан-тало в Нурмесе – был как раз какой-то карельский праздник. Насколько помню, мы даже интервью давали для радио и газет. Нас пригласил Маркку Ниеминен, они, собственно, и организовали нашу поездку.

Гастрольные поездки в Финляндию продолжались, а в 1992 году ансамбль народной музыки Петрозаводского университета в полном составе был приглашен в США. Именно тогда, в начале 1990-х годов коллектив берет себе название – «Тойве». А. Ринне рассказывает:

– Первый раз в Америку мы попали с «Тойве» по проекту «Гармония», у нас были гастроли в Вермонте, штате-побратиме Карелии. Американцы хотели помочь налаживанию взаимопонимания и сотрудничества между США и территориями бывшего СССР. Проект «Гармония» имел множество филиалов по всему Советскому Союзу. В Петрозаводске его офис работал в течение многих лет, и при финансовой поддержке США было реализовано множество разных программ.

Творчество советских, а после развала СССР уже российских исполнителей вызывало удивление, интерес и восхищение, как в Финляндии, так и в Америке [ср. например Ramnarine, 2003]. Для участников ансамбля другие страны, казавшиеся когда-то чужими и далекими, благодаря концертам стали теперь намного понятнее и ближе. Впоследствии многие музыканты, входившие в 1980-е годы в состав этого коллектива, переехали жить в Финляндию как репатрианты.

Инструментальная группа

Еще одной отличительной особенностью университетского ансамбля народной музыки в сравнении с другими хоровыми коллективами (вокальными и танцевальными ансамблями) того времени было то, что в «Тойве» очень быстро сложилась сильная и многообразная инструментальная группа. Уже в середине 1980-х годов в ансамбле было две скрипки, контрабас, аккордеон, мандолина, йоухикко, двенадцатиструнное кантеле и несколько духовых. Укреплением инструментальной группы ансамбля особенно активно занимался Генрих Туровский, поскольку сам был выпускником Ленинградской консерватории, однако самое решительное влияние на дальнейшее развитие и использование инструментов в ансамбле оказал Игорь Архипов, посвятивший «Тойве» более 25 лет своей жизни. Скрипачи в ансамбле были из консерватории, а аккордеонистом стал Арто Ринне, пришедший с отделения финского языка в 1983 году.

П. Суутари: Это Мария Муллонен привела тебя в «Тойве», точнее отправила?

А. Ринне: Ну, если точнее, то это Генрих Туровский, который пришел к нам на курс и рассказал… Вообще-то тут еще стоит упомянуть о том, что я как раз в то время вслед за отцом стал уже поигрывать на аккордеоне. В музыкальной школе, конечно, учился (по классу фортепиано), у нас дома был свой инструмент, точнее – у сестры. А у отца был аккордеон. На нем я и начал играть, да так потом увлекся, что стал много слушать, потом пытался записывать то, что у меня получалось на аккордеоне, даже ноты сам писал. Ноты так, в качестве упражнения. На тот момент, когда Туровский пришел нас в «Тойве» агитировать, я уже кое-что умел на аккордеоне и сразу сказал, что я пойду, то есть могу пойти в ансамбль, но только с одним условием: я только играю на гармошке и больше ничего.

П. Суутари: И как, получилось?

А. Ринне: Ну а как же… Получилось, но только все равно пришлось не только этим заниматься: петь и даже что-то типа хороводов водить. Но на гармошке я так и играл, а позже научился немного еще и на кантеле – в «Тойве» это было впервые. Диатоническое кантеле.

П. Суутари: То есть его в Карелии не было?

А. Ринне: Да, наверное, это было первое диатоническое кантеле, которое вообще сделали.

Так Арто попал в ансамбль, в котором одни участники только играли на инструментах, а другие пели и танцевали.

Игорь Архипов до приглашения Туровского пойти работать в университетский ансамбль и представить себе не мог, что будет заниматься народной музыкой. Архипов был тогда на четвертом курсе, учился классическому хоровому дирижированию в Петрозаводской консерватории, которую окончил в 1986 году.

Кроме скрипки, контрабаса, аккордеона и мандолины, которые считаются традиционными инструментами финской народной музыки,

Архипова интересовали также и старинные инструменты. Мастер музыкальных инструментов государственного национального ансамбля «Кантеле» Виктор Челомбитько занимался изготовлением небольших кантеле и йоухикко, и затем во многом благодаря Архипову они попали в университетский ансамбль.

Сергей Стангрит, работавший в 1980–1988 годах дирижером оркестра ансамбля «Кантеле», рассказал мне, что «обнаруженное» в Финляндии диатоническое кантеле и другие старинные инструменты совершили настоящий переворот в жизни его ансамбля. Летом 1985 года в местечке Каустинен состоялась встреча коллектива «Кантеле» с главными реформаторами народно-музыкального творчества и образования Финляндии: Хейкки Лайтиненом, Рауно Ниеминеном и Ханну Саха. С. Стангрит рассказывает:

– До этого в ансамбле «Кантеле» использовалось только хроматическое кантеле, гудковское. (Достает из-под стола с несколькими инструментами альтовое кантеле.) Они играли только классику, все по нотам. Было очень интересно читать книги в архиве. В восемьдесят пятом я познакомился с финскими музыкантами и с представителями Института народной музыки на Каустиненском фестивале, там я впервые попробовал пятиструнное кантеле. Я знал, что ансамбль «Кантеле» начался именно с простых народных инструментов, хроматическое кантеле появилось позже. В самом начале была традиционная культура. Когда я пришел в ансамбль, лучшей народной песней там была «Я люблю тебя, жизнь». То есть ансамбль исполнял политические и коммунистические песни на финском и карельском языке. И тут мне очень помог Ханну Саха, как раз когда мы были на (давшем мощный импульс) фестивале в Каустинене, он показал основные мелодии и тоники на кантеле. А на йоухикко – Рауно Ниеминен. Тут вот как раз и началась карельская традиционная культура. С 1985 года в «Кантеле» начали играть на пяти- и десятиструнных кантеле. Йоухикко, вирсиканнель. Разные дудочки, рожки и никаких академических флейт. Очень увлекательный процесс!

Вдохновленный примером мастера старинных инструментов из «Кантеле», Игорь Архипов тоже начал создавать разнообразные кантеле в том числе и двенадцатиструнные. Кроме кантеле, он делал еще духовые инструменты и йоухикко. Чтобы играть на них, музыканту было необходимо иметь особое музыкальное восприятие, заметно отличающееся от привычного, и обладать четким пониманием необычного характера звучания старинной музыки. Туровский рассказывает:

– Освоение йоухикко началось с того, что кто-то из сотрудников Института ЯЛИ подарил нам старинную книжку о специалистах игры на кантеле и йоухикко (речь идет о книге А. Вяйсянена: Väisänen A. O. Kantelejouhikkosävelmiä, 1928. – П. С.). Благодаря ей стал понятен принцип игры на инструменте: одна струна – мелодия, другая – бордун. К нам на репетиции приходил один финский ученый (преподаватель народной музыки из Академии Сибелиуса Хейкки Лайтинен), который объяснил нам очень важную вещь. Он сказал: «В сборнике только самое начало мелодии, дальше уже надо импровизировать». Затем показал как.

Арто Ринне собрал некоторые записи ансамбля 1980-х годов на одном компакт-диске (2007). Всего на нем записано 35 композиций разных лет: 1985, 1987 и 1988 года. Записи сделаны на кассетный магнитофон и содержат лишь отдельные вокальные композиции. Однако в целом диск дает неплохое представление о звучании университетского ансамбля в те годы. К сожалению, вокальный материал, разработанный хормейстером Галиной Химич (Гальпер), представлен на диске в очень малой степени.

Большая часть композиций – финские мелодии в пелиманни-стиле, где ведущую партию исполняют скрипки, а аккомпанирующим инструментом является аккордеон, который имитирует игру на фисгармонии в каустиненском стиле. Арто Ринне рассказывает, что гастроли известного в Финляндии с 1970-х годов ансамбля «Канкаан пелиманнит» (Kankaan pelimannit) весной 1985 года стали очень значительным и вдохновляющим событием:

– Гастроли «Канкаан пелиманнит» в Петрозаводске лично на меня произвели очень большое впечатление. Тогда вроде, я точно не помню, проходили какие-то дни культуры или что-то вроде того, и там были «Канкаан пелиманнит» и состоявшая в то время еще из студентов Академии Сибелиуса фолк-группа под названием «Фёршкотти» (Förskotti). Очень понравилось. Они исполняли народные песни, играли на кантеле, но музыка «Канкаан пелиманнит» меня просто потрясла. После этих гастролей – или даже еще во время их выступлений – я записал кое-что на «кассетник» (кассетный магнитофон), затем записал ноты, разобрал мелодии, и мы начали играть те же вещи. У нас тогда нот еще не было, поэтому все делали на слух. Играли на двух скрипках и аккордеоне с контрабасом. Так вот каустиненская музыка попала в Петрозаводск.

Любопытно отметить, что Арто Ринне внес определенный вклад в репертуар ансамбля еще и как студент отделения финского языка. Из композиций в каустиненском стиле на упомянутом диске среди прочих есть произведения Консты Юльхя, однако большую часть диска составляют все-таки народные мелодии. Из вокальных композиций «Тойве» на диске записана только их инструментальная часть. К примеру, исполняемая на протяжении многих лет песня-визитная карточка "*Pappanitalo"* на диске представлена только в виде мелодии, без слов. Есть там также кое-что и из произведений, представляющих репертуар Беломорской Карелии.

Довольно большое количество треков – это мелодии, исполняемые на рожках и йоухикко. Возрождение старинных народных музыкальных инструментов в Карелии в то время еще только началось, поэтому на записях слышно, что их интонации и настройки еще несовершенны. Звучание этих инструментов только-только пошло на лад. Мастеров-создателей инструментов было и остается очень мало; кроме Челомбитько и Архипова инструменты для ансамбля делал еще Александр Кузькин, который, к большому сожалению, рано ушел из жизни.

Школа народной музыки

Народная музыка в Петрозаводске 1980-х годов приобрела в университетском ансамбле молодежные черты. Она завоевала большую популярность на отделении финского языка и литературы и, распространившись за пределы университета, на рубеже 1980–1990-х годов способствовала определенному росту финского и карельского языка и культуры. Интерес к своим корням и родному языку совпал с национальным движением, которое стало возможно благодаря начавшейся перестройке.

Эти процессы привели к тому, что участники ансамбля стали пробовать себя и на других финно- и карелоязычных музыкальных площадках. Сантту Карху уже в 1998 году приехал в Финляндию записывать свой первый сольный альбом "*Mustaskois"*, а в его фолк-рок-группу «Талвисоват» вошли Арто Ринне и Лео Севец из «Тойве». Пионер петрозаводского финноязычного арт-рока Энска Якобсон тоже начинал свою музыкальную карьеру в университетском ансамбле. По словам Дмитрия Демина (2011), Александром Быкадоровым, руководителем группы «Мюллярит», репертуар университетского ансамбля и эксперименты с аранжировкой были взяты за образец построения музыкальной стратегии, когда в конце 1980-х годов он стал дирижером «Кантеле» и с 1992 года возглавил ансамбль «Мюллярит».

С точки зрения приграничных исследований, репертуар ансамбля и его история – любопытный пример того, как преодолевшее границы внешнее влияние, возникшее до перестройки и особенно усилившееся с ее началом, способствовало появлению нового молодого поколения музыкантов, которое заметно обогатило народную музыку Петрозаводска. Это поколение, в том числе и ансамбль «Тойве», сформировали, пожалуй, одно из самых популярных направлений петрозаводской культуры – молодежную народную музыку и фолк-рок, изучение которой осуществляется в рамках совместного проекта Карельского института университета Восточной Финляндии и ИЯЛИ КарНЦ РАН «Гибкие этничности», который продлится до конца 2015 года.

Литература

Жукова В. А. Очерки музыкальной культуры Карелии. Петрозаводск: Карел. ин-т усовершенствования учителей, 1990.

Cohen S. Identity, Place and the 'Liverpool Sound' // Ethnicity, Identity and Music / toim. M. Stokes. Berg: Oxford, 1994. S. 117–134.

Finnegan R. The Hidden Musicians: Music-making in an English Town. Cambridge University Press, 1989.

Hall S. Kulttuurin ja politiikan murroksia / toim. M. Lehtonen & al. Tampere: Vastapaino, 1992.

Keil Ch., Keil A. Polka Happiness. Philadelphia: Temple University Press, 1992.

Knuuttila S. Tutkimusaineistojen muodostaminen // Vaeltavat metodit / toim. Jy. Pöysä, H. Järviluoma, S. Vakimo. Joensuu: Suomen kansantietouden tutkijain seura, 2010. S. 19–42.

Lehtonen M. Kulttuurintutkimus modernin kritiikkinä // Filosofinen aikakauslehti 1/1994.

Ramnarine T. Ilmatar's Inspirations: Nationalism, Globalization, and the Changing Soundscapes of Finnish Folk Music. University of Chicago Press, 2003.

Thornton S. Club Cultures: Music, Media and Subcultural Capital. Cambridge: Polity Press, 1995.

Troitski A. Terveisiä Tshaikovskille: Rock Neuvostoliitossa. Kustannusliike Vastavoima, 1988.

Интервью

Архипов Игорь, 1 ноября 2011, Петрозаводск.

Демин Дмитрий, 9 сентября 2011, Петрозаводск.

Ринне Арто, 19 октября 2011, Петрозаводск.

Ройвас (Кокконен) Таня, 2 октября 2011, Йоэнсуу.

Стангрит Сергей, 20 сентября 2011, Петрозаводск.

Туровский Генрих, 1 ноября 2011, Петрозаводск.

Якобсон Энска, 10 сентября 2011, Петрозаводск.

Все интервью записаны Пеккой Суутари.

Аудиозаписи

Ансамбль народной музыки «Тойве». Ранние инструментальные записи 80-х. Составитель – Арто Ринне, 2007. Petroskoin yliopiston kansanmusiikkiyhtye Toive. Varhaisäänityksiä 80-luvulta. Koonnut Arto Rinne 2007.

Перевод статьи с финского выполнен Александрой Беликовой.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Суутари Пекка
директор Карельского института университета Восточной Финляндии, профессор культурологии.
ПЯ 111, 80101 Йоэнсуу
Эл. почта: pekka.suutari@uef.fi
Тел.: +358 50 491 5171

Suutari, Pekka
Prof. of Cultural Studies; Director, Karelian Institute
University of Eastern Finland, Joensuu
POB 111, 80101 Joensuu
e-mail: pekka.suutari@uef.fi
tel.: +358 50 491 5171

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 144–152

УДК 39

ФАКТОРЫ ЭТНИЧЕСКОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ НА ПРИМЕРЕ КАРЕЛОВ КАРЕЛИИ

Е. И. Клементьев

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Структура национального (этнического) самосознания карельского этнического образования развивалась и изменялась под влиянием сложного переплетения исторических, политических, социально-экономических и этнокультурных факторов. Особую роль в его динамике сыграли языковые процессы, а также широкое распространение национально-смешанной брачности.

Ключевые слова: национальное (этническое) самосознание, языковые процессы, межнациональная брачность, «национальная» школа.

E. I. Klement'ev. THE FACTORS BEHIND THE ETHNIC IDENTITY EXAMPLE OF KARELIANS IN KARELIA

The structure of the national (ethnic) identity of the Karelian ethnic education evolved and changed under the effect of intricately interwoven historical, political, socioeconomic and ethnocultural factors. A peculiar role in its evolution belonged to language-related processes, as well as to the wide occurrence of inter-ethnic marriages.

Key words: national (ethnic) identity, linguistic processes, inter-ethnic nuptuality, "national" school.

Каждая этническая общность формируется в процессе длительного исторического развития под воздействием социально-экономических, политических, географических, природно-климатических и других факторов и условий. Считается, что в основе возникновения и самоподдержания этносов лежат сгустки коммуникативных, информационных связей. Образовавшийся социальный организм способен воспроизводить всю палитру своего этнокультурного многообразия: различные формы культуры, язык, особенности семейной и обрядовой жизни, образцы поведения и т. д.

Национальное (этническое) самосознание народа как групповая солидарность базируется на комплексе взаимосвязанных, взаимообусловленных признаков (факторов), представляющих собой систему. Национальное (этническое) самосознание есть результанта объективных и субъективных признаков (элементов) любого этнического образования, по которым народы отличаются друг от друга. Каждый народ, как и каждый индивид, имеет свой набор ценностей и признаков, вовлеченных в его жизнедеятельность. Чувство этнического единства укрепляется в процессе социализации личности в системе внутриэтнических и межэтнических связей и отношений. И в зависимости от того, в каких условиях происходит социализация индивида, какой опыт внутриэтнической жизни осваивается, вырабатывается то или иное чувство привязанности к своей национальности.

Осознание внутриэтнического единства с определенной этнической общностью тесно связано с серией этнообъединяющих факторов: наличием общего самоназвания (этнонима), представлениями об общности происхождения и родной земле, общностью исторических судеб народа, единой территорией проживания, родным языком, материальными и духовными ценностями, традициями, образцами и нормами поведения, психологическими представлениями о себе и своей национальности в отличие от других.

Изучению национального (этнического) самосознания, признаков, формирующих его, их роли в утверждении этнической идентичности посвящена огромная научно-исследовательская литература [Арутюнов, 1995; Бромлей, 1969, 1983; Губогло, 1971, 1973, 1975, 1998, 2003; Дашдамиров, 1968; Козлов, 1969, 1970, 1971, 1974, 1979, 1995; Козлов, Шедепов, 1973, Кузнецов, 1988; Кушнер (Кнышев), 1951; Пименов, 1972, 1993; Тишков, 1993, 1994, 1997; Подходы..., 1994; Чешко, 1994; Чистов, 1997 и др.].

Некоторый опыт изучения национального (этнического) самосознания накоплен и в Карелии. Проблемам его устойчивости на примере карелов и вепсов – сознательному стремлению к воспроизводству и сохранению внутриэтнических связей – посвящены работы А. А. Кожанова. Использование различных методик (методы выбора портрета, выбора этнонима, опроса «третьих» лиц, анализа признаков этнической общности и этнического сопоставления, применение фотографий) позволило автору показать сложность данного феномена, функционирующего в условиях интернационализации общественной жизни [Кожанов, 1976а, 1976б, 1977, 1978].

Под воздействием социально-экономических, политических и ряда других условий, изменяющих культурный облик этноса, его коммуникативные связи, трансформируется и структура национального (этнического) самосознания, изменяется «вес» ее составляющих: роль одних признаков снижается, других, напротив, возрастает, третьих весьма длительное время остается неизменной. Перестройка структуры признаков сигнализирует о направленности развития национального (этнического) самосознания, его уровне. Изменение национального (этнического) самосознания (ассимиляция) представляет конечный результат завершившегося развития этноса.

В настоящей статье обсуждаются некоторые вопросы трансформации национального (этнического) самосознания карелов путем анализа серии факторов, формирующих его. В работе используются материалы авторских социологических исследований 1960–2000-х годов, языковых дискуссий рубежа 1980–1990-х годов, переписей населения разных лет.

Предваряя анализ обсуждаемых проблем, существенным представляется отметить следующее. Во-первых, возникновение и развитие самооценки, осознание своих поступков, мотивов, своего отношения к другому человеку, к представителям других национальностей связано с принципом противопоставления. По этому поводу К. Маркс писал, что «человек сначала смотрится, как в зеркало, на другого человека», и это является отправной точкой личного самосознания. «Лишь относясь к человеку Павлу, как к себе подобному, человек Пётр начинает относиться к самому себе как к человеку» [Маркс, Энгельс, Т. 23. С. 62], т. е. осознает себя как личность, принадлежащая к определенному этническому коллективу.

Во-вторых, проблема формирования национального (этнического) самосознания по существу является проблемой «перевода» фактов национальной жизни в содержание отражения, в субъективное восприятие и отношение к объективной действительности на основе этой реальности. А оценка факта своей национальной принадлежности формируется под воздействием внешних факторов (окружения) и внутренних факторов (собственный опыт, личностные характеристики).

В-третьих, самооценка есть свойство, определяющее поведение человека, его адаптацию к среде, повседневным явлениям национальной жизни. Межнациональные взаимосвязи, отношение к своей национальной принадлежности осуществляется в процессе взаимодействия личности и этнического образования с реальным миром и зависят как от личностного, так и от группового опыта познавательной и практической деятельности.

В-четвертых, внешние и внутренние факторы, определяющие то или иное отношение к национальной жизни, факту национальной принадлежности, подвержены изменениям. По мысли К. Маркса, «...вместе с условиями жизни людей, с их общественными отношениями, с их общественным бытием изменяются также их представления, взгляды и понятия, – одним словом, их сознание» [Маркс, Энгельс, Т. 4, С. 445]. Эволюции подвергается и национальное (этническое) самосознание.

Национальное (этническое) самосознание рассматривается нами как своеобразный фокус, суммарное выражение исторического развития этноса, всего комплекса свойств

социально-этнического характера. Приобретение опыта, способствующего внутриэтническому единству, сводится к проблеме социализации личности одновременно в двух сферах жизни – социальной и этнической.

В 1969 г. автором был проведен первый массовый опрос карельского сельского населения КАССР, посвященный состоянию и тенденциям развития социальной структуры и национального (этнического) самосознания. В ходе обследования в 53 сельских населенных пунктах был опрошен 1231 карел. Материалы исследования позволили сделать, как представляется, некоторые важные наблюдения [Клементьев 1971а, 1971б, С. 38–44], которые сегодня могут быть существенно расширены и дополнены.

В исследовании 1969 г. связи индивида со своей этнической общностью выяснялись, в частности, вопросом: «Что сближает (роднит) Вас со своей национальностью?». Для каждого опрашиваемого предлагалось два варианта вопроса – открытый и закрытый.

При открытом вопросе велась свободная беседа, в ходе которой опрашиваемый объяснял свои представлениях о связях с карелами. Затем представлялся закрытый вопрос, который содержал заранее подготовленный перечень факторов (условий), сближающих людей одной национальности. В этот перечень были включены следующие варианты ответов: мать карелка, отец карел, родственники и близкие карелы, национальный язык, живу в Карелии, национальные обычаи, привычки, обряды, национальные песни, танцы, национальная пища, жилище, национальная литература, искусство. Предусматривались и такие варианты ответов, как «затрудняюсь ответить» и «ничто не сближает». Столь широкий набор индикаторов, как представлялось, позволит получить более развернутые ответы на вопрос: «Какую они играют роль в национальном (этническом) самосознании?»

От общей численности опрошенных только 1,8 % заявили, что их «ничто не сближает со своей национальностью». Так обычно отвечали родившиеся в национально-смешанных семьях. 8 % опрошенных затруднились ответить на поставленный вопрос.

Устойчивую связь со своей национальностью приблизительно в равной мере разделили представления о родной земле («живу в Карелии» – 59,4 % ответов), национальный язык (56,1 %) и кровнородственные связи (мать карелка – 55,1 %, отец карел – 54 %, родственники и близкие карелы – 41,2 %).

«Живу в Карелии» расшифровывалось опрошенными по-разному: это и республика, и привычное место длительного жительства, и знакомый ландшафт и т. п.

Значительную часть содержания понятия «национальное (этническое) самосознание», как справедливо считается, составляют отношения людей, основанные на общности происхождения, которая «неотделима от отношений родства», и «как правило, осознание людьми своей этнической принадлежности утверждается посредством осознания ими этнической принадлежности своих родителей [Шелепов, 1968. С. 68, 72–73]. Опрос это подтвердил.

Многие исследователи, особенно языковеды, настаивают на том, что язык является главным, ведущим, определяющим, основным признаком этнической идентификации. Особо подчеркивается тот факт, что язык является «входом» во все многообразие культурного наследия народа. И если социализация в раннем возрасте происходит на языке своей национальности, который обычно становится родным, то этническому образованию и национальному (этническому) самосознанию задается весьма высокая степень устойчивости.

Не умаляя важности и силы языкового фактора во внутриэтнических связях, обратим внимание на другое. К сожалению, межпоколенные кровнородственные связи обычно редко или вообще не фиксируются в опросном листе социологического исследования, посвященного вопросам этнической идентификации. Думается, что язык следовало бы рассматривать в тесной связи с генетическим фактором, реальным этническим происхождением индивида, задающим языковую преемственность поколений. Конечно, и вне семьи язык того или иного народа может быть освоен и восприниматься родным, но это скорее исключение из правил, чем правило. Примечательно, что у финнов понятие «родной язык» – это «язык матери» («äitin kieli»). В данном случае явно выражена непрерывная межпоколенная этногенетическая и языковая связь. Иными словами, в данном случае в осознании идентичности отражается та часть этнического бытия, которая фиксирует отношения людей одной национальности, основанные на кровном родстве, шире – общности происхождения [Шелепов, 1968. С. 72].

После завершения исследования записанные мнения опрошенных по открытому вопросу были сгруппированы по факторам, содержащимся в вопросе с закрытым вариантом ответов. Это позволяло ранжировать значимость

элементов в структуре национального самосознания.

Сравнительный анализ ответов по двум вопросам проводился с учетом языка раннего детства, родного языка, степени владения карельским языком, его использования в различных сферах общения, знания карельского языка по сравнению с русским языком, возраста, образования, социально-профессиональной принадлежности. Подобная методика позволяла иметь более полное представление о «силе» и «весе» каждого фактора в осознании внутриэтнических связей и в конечном итоге судить о подвижности, устойчивости или неустойчивости осознания принадлежности к карельскому этносу.

По ответам на открытый и закрытый вопросы были выделены две большие группы опрошенных, представляющие два типа (два уровня) национального (этнического) самосознания. Основные различия между ними оказались весьма выразительными.

Первая группа опрошенных свою самоидентификацию отождествляла с общностью происхождения, широкими и тесными родственными связями, знанием национальной жизни (обычаев, обрядов, традиций и т. д.), особенностей духовной культуры (национальных песен, танцев, различных обрядов и пр.). Значительный акцент в связях делался на свободное владение языком своей национальности, который являлся основным средством внутринациональной коммуникации и признавался родным. Опрошенные этой группы свою этническую солидарность нередко объясняли исходя из повседневно-привычных и обыденных образцов и норм поведения.

Такой набор элементов внутриэтнической солидарности, включая поведенческую модель, характерен для карелов старшего поколения, поддерживающих постоянные связи с широким кругом родственников в пределах и за пределами конкретного места жительства. Их ориентации в сфере культуры базируются на сохранении в реальном быту традиционных форм культуры. У представителей этой группы стойкими являлись установки на выбор их детьми совпадающей с ними национальности, хотя родители и не противодействовали бы выбору детьми другого этнонима. Это чаще женщины, чем мужчины, имеющие образование не выше среднего, занятые преимущественно физическим трудом, постоянно или длительное время проживающие в одном населенном пункте, в «своей» этнической среде. Непосредственно-стихийное отражение опыта практической деятельности, проживания в условиях, в которых еще достаточно широко была представлена этническая специфика, свидетельствует о том, что в структуре национального (этнического) самосознания первой группы значителен пласт обыденного сознания.

У этой группы опрошенных открытый вопрос: «Что роднит, сближает Вас с людьми своей национальности?» вызывал подчас удивление, встречные вопросы и утверждения типа: «Кто мне может быть ближе, если мои родители, все мои родственники из поколения в поколения карелы?», «Я всю жизнь живу в этой деревне, где все для меня родное и близкое», «Учились жить по карельским обычаям» и т. д. Неоднократное уточнение анкетного вопроса в различных вариантах типа: «А чем Вам близки карелы?», «Что у Вас общего с ними?», «А что еще сближает?» и т. д. позволяло снимать определенное недопонимание и затруднения, облегчая проведение опроса-беседы.

Другая группа опрошенных, в отличие от первой, свою этническую принадлежность весьма убедительно аргументировала не только такими же примерами, но и чаще теоретическими представлениями о роли различных этнических компонентов и их совокупности в структуре национального (этнического) самосознания. Свою этничность они далеко не всегда связывали с повседневностью. Абстрагируясь от реальных социально-этнических связей, свою принадлежность к карелам доказывали серией убедительных маркеров-факторов, объясняли свою позицию логикой, но не всегда причастностью их к национально-культурному, в том числе языковому наследию своей национальности. Не все из них умели свободно говорить по-карельски, а если и знали карельский язык, то значительно реже, чем первая группа, использовали его в повседневном общении. Часть опрошенных этой группы родным считали русский язык. Песенную или танцевальную традицию карелов они знали значительно хуже, а о таких особенностях национальной культуры, как обряды, верования, имели или весьма смутное представление, или вообще не знали их. Они были значительно лучше осведомлены об образцах современной культуры, в том числе профессиональной, отдавали им свое предпочтение и т. д. Иными словами, начавшие размываться внутриэтнические связи, ослабляющие реальную устойчивость их национального (этнического) самосознания, восполнялись у них научными знаниями и теоретическими рассуждениями.

Второй тип представлений, в котором присутствуют элементы теоретического понимания внутриэтнической идентичности, заметнее

всего проявлялся у работников преимущественно умственного труда, со средним, средним специальным и реже высшим образованием и специальной профессиональной подготовкой. Такие образцы поведения и национально-культурные ориентации особенно характерны для карельского городского населения [Клементьев, 1976. С. 57–68].

Различия в отражении действительности свидетельствуют о том, что теоретическое сознание «значительно больше в количественном отношении и оно гораздо весомее по существу» [Грушин, 1967. С. 29].

В то же время отметим, что и в первой группе встречались сведущие в общих вопросах теории этноса и национального (этнического) самосознания. В сельской местности таких знатоков обычно называют «деревенскими философами».

В числе факторов, слабо влияющих на внутреннюю монолитность карельского этноса, оказались особенности материальной и духовной культуры, как традиционный ее слой (народные песни, танцы, обрядовая жизнь и т. д.), так и профессиональный, не получивший широкого распространения в карельской среде в силу слабой развитости.

Одни факторы (кровнородственные связи, язык, представления о родной земле) оказались очевидными, как бы «лежащими на поверхности», другие – особенности духовной и материальной культуры – ускользающими из поля зрения.

Исследователи неоднократно подчеркивали, что внутриэтническая солидарность, запечатленная в национальном (этническом) самосознании, существенно варьирует по структуре, набору индикаторов этнической сопряженности, их «весу», будучи в то же время психологически окрашенной [См., например: Дашдамиров, 1968; Губогло, 1973, 1975, 1998, 2003; Национальное..., 1994; Дробижева, Аклаев, Коротеева, Солдатова. 1996; Идентичность..., 2002].

Наше исследование, как было показано выше, подтвердило это общее положение. Существенно подчеркнуть следующее: осознание национальной (этнической) принадлежности «я – карел», несмотря на разное восприятие внутриэтнических связей отдельным индивидом, представляло собой не сумму индивидуальных сознаний, а некую результанту, в которой переплеталось сочетание всего многообразия объективных и субъективных факторов. В конце 1960-х годов родной язык еще оставался довольно сильным фактором этнического единения: у 90 % всех опрошенных языком раннего детства был язык своей национальности, родным его считали 86,6 % всех сельских карелов, 94 % работающего сельского населения свободно владели им [Клементьев, 1971. С. 39–40].

Потенциальное знание карельского языка в общении дома карелы-селяне использовали примерно на 73 %. В то же время начинала возрастать языковая дистанция между поколениями. Разность по уровню свободного владения языком своей национальности между 16–29-летними и 50-летними, составляющая 37,9 %, – убедительное свидетельство ослабления языкового фактора во внутриэтнических связях.

В условиях сельской этнически смешанной среды конца 60-х годов XX века, когда средством внутринациональной коммуникации уже нередко выступал русский язык, языковая граница между карелами и русскими, русскоязычным населением в целом, начинала размываться, особенно в производственных контактах, где доминировал язык межнационального общения. Росту функциональной нагрузки на русский язык способствовали урбанизация сельской среды, высокая миграционная подвижность населения, дальнейшее этническое смешение населения деревень и особенно лесных поселков, куда в послевоенные годы массово мигрировали представители различных национальностей, в том числе карелы-аграрии [Клементьев, Кожанов, 1988, 2001]. Мощность карельского языка во внутриэтнической консолидации в течение всего послевоенного времени, напротив, последовательно ослабевала, усиливая растущую доверительность к русскому языку.

Браки карелов с представителями других этнических групп приобрели массовый характер: если в начале 1940-х годов в национально-смешанных браках состояло 10 % сельских карелов, то в конце 1960-х годов – более 31 % [Бирин, 1982. С. 113, 118].

В последующие десятилетия число национально-неоднородных браков быстро и неуклонно росло. В поселках городского типа и городах межнациональные брачные союзы превалировали. Национально-смешанные браки последовательно превращали карельский этнос в слабо интегрированную общность.

Продолжали ускоряться и темпы смены языка: по данным Всероссийской переписи населения 1970 г., 42,2 % карелов-горожан родным считали русский язык, в сельской местности 17 %. Городская среда превращалась в сильный фактор развития этнических процессов, в том числе ассимиляционных: в 1970 г. 45 % всех ка-

релов проживали в городских поселениях [Итоги Всесоюзной переписи населения 1970 года, т. 4. 1972. С. 138].

По данным социологического исследования 1972 г., языком раннего детства у 76,6 % горожан в возрасте 16 лет и старше был карельский язык, свободно владели им около 69 %, признавали родным примерно 59 % [Клементьев, 1974. С. 26–36].

Влияние русскоязычной городской среды на языковые характеристики карелов-горожан особенно заметно в разрезе возрастных групп. Так, например, примерно у половины молодежи до 29 лет языками раннего детства были карельский и русский, в то время как у 95 % пожилых – только язык своей национальности. Наиболее часто молодежь говорила по-карельски лишь с родителями (каждый седьмой-восьмой), отдавая предпочтение русскому языку (свыше 51 %); нередко молодежь прибегала и к двуязычной речи (каждый третий). Потенциальное знание языка своей национальности использовали не более половины карельской молодежи. Но ни в супружеском общении, ни в разговорах с детьми карельский язык уже практически не использовался, что увеличивало разрыв языковых связей между поколениями.

В течение 1970–1980-х годов число карелов с родным карельским языком сокращалось в 5 раз быстрее, чем уменьшалась общая численность карельского населения. К 1989 г. совпадение национальности и родного языка снизилось до критического показателя – до 50,6 % [НА РК, ф. 659, оп. 19/114, с. 81–85, 141–145, 201–205, 261–265]. Считается, что после «перехода» 50-процентного рубежа этого показателя сохранение этнического и самого этноса становится проблематичным.

С начавшимся переходом к демократическим преобразованиям национальное (этническое) самосознание, образно говоря, было «разбужено» – резко возросла значимость социально-этнических элементов национальной жизни, находящихся в латентном состоянии. Обострившийся интерес к этнической, политической, экономической истории, культурным ценностям карельского народа оказался «выплеснутым» на страницы периодической печати. Рубеж 1980–1990-х годов стал временем активной реакции на сложившуюся в карельском этносе критическую ситуацию, временем начального пробуждения и выстраивания региональной политики, когда национальная принадлежность приобрела массовую публичность, подчас лозунговый характер. Факт языковой ассимиляции стал активно работать на политизацию этничности [Карелы..., 2005; Карельское..., Ч. 1. 2009].

Языковая составляющая, как фактор, поддерживающий языковой суверенитет народа, была представлена в дискуссии широким спектром мнений и оценок. Но разная степень причастности к решению языковых проблем разделила пишущих в республиканские газеты на несколько групп. В письмах одних высказывалось одобрение начинаниям, звучал оптимизм по поводу перспективы развития карельского языка (активисты), в заметках других звучали сомнения (пессимисты), часть участников диспута протестовала против начавшихся нововведений (нигилисты).

Активисты национального движения – самая многочисленная группа, состояла из представителей гуманитарной интеллигенции, настойчиво утверждающих в массовом сознании коллективистскую идеологию защиты культурно-языковых ценностей народа (примерно 85–90 % публикаций). Триада «язык – национальная (этническая) принадлежность – этническая общность» рассматривалась ими как неразрывная целостность.

В период перестройки этничность приобрела новые качественные признаки, среди которых существенную роль стали играть этнополитические и идеологические моменты. Республиканские власти весьма активно включились в решение национальных проблем. В эпицентре этнической мобилизации оказались вепсский и карельский языки. Политическая, правовая, экономическая защита языков, инициированная активистами зарождающего вепсского и карельского движений, внедрялась в практику, направленную на сохранение народами коллективной идентичности.

Одна из центральных задач состояла в том, чтобы использовать мобилизационную силу языковой составляющей в решении первостепенных проблем: возродить письменность, обеспечить изучение языков в образовательной системе, использовать их в средствах массовой информации, издательской деятельности и т. д., содействуя тем самым воссозданию культурно-языковой среды как фактора консолидации этноса. Значительное внимание уделялось разработке нормативно-правовой базы – важнейших условий сохранения прибалтийско-финскими народами своей этнической индивидуальности [Клементьев, 2003. С. 101–177].

Спад в карельском движении, начавшийся в Карелии, как и по всей России, во второй половине 1990-х, наиболее ощутимо затронул «национальную» школу, на которую националь-

ная общественность возлагала большие надежды. Если в 1989 г. карельский язык изучался в 11 школах (301 ученик), в 1995 г. – в 60 школах (2552 ученика), то в 2008 г. – в 40 школах (1559 учащихся). К настоящему времени число их уменьшилось до 30 [Текущий архив Министерства образования Республики Карелия]. Резко сократился прием студентов на кафедру прибалтийско-финской филологии. Такая динамика убеждала, что возрожденческим надеждам, возлагаемым на школу, не суждено сбыться.

В XXI век карелы вступили с «возом» нерешенных проблем. Карелы сегодня – это «тающая» этническая общность практически по всей серии социально-этнических характеристик.

С 1959 г. по 2002 г. существенно сузилась демографическая база этноса: общая численность карельского населения сократилась с 85473 до 65651 чел., или на 23,2 %, к 2010 г. – до 45570 чел., или еще на 30,6 % по сравнению с 2002 г. К 2002 г. демографическая пирамида карелов, изображенная графически, имела противоестественный вид перевернутого конуса: доля молодых (до 16 лет) была в два раза ниже, чем удельный вес пожилых (старше 60 лет) [Национальный состав населения Республики Карелия. Сборник статей V. Петрозаводск, 2005. С. 30].

Языком своей национальности в 2002 г. владело только 48,3 %, т.е. более чем у половины карельского населения республики существенно ослабла связь со своей национальностью по языковой составляющей.

Социологический опрос 2002 г., проведенный в 5 городах, 3 поселках городского типа и в более чем 40 сельских поселениях 7 районов (опрошено 1000 чел. в возрасте 16 лет и старше), показал: к началу XXI столетия ни одна из возрастных групп, за исключением карелов преклонного возраста, знание языка своей национальности не оценивала выше, чем русского. Мощность и притягательная сила русского языка, его распространенность обусловили предпочтительное отношение к нему и сельских, и городских карелов как к фактору социального (в широком смысле этого слова) развития. Такое восприятие русского языка выражалось в нечастом использовании языка своей национальности практически во всех сферах языковой коммуникации.

Снижение интенсивности национального (этнического) самосознания демонстрируют и данные по вопросу: «Беспокоятся ли карелы о будущем своего народа?», разделившие участников опроса на несколько групп. Придерживаются они различных установок.

Самую большую группу составили те, кто ничего не делает для сохранения культурно-языкового наследия своего народа (40 %). Среди них повышен удельный вес лиц со средним образованием, служащих-неспециалистов, работников торговли, сферы обслуживания, здравоохранения, детских дошкольных учреждений, работающих в сельском и лесном хозяйстве, а также проживающих в многонациональной семье, в которой есть представители не менее трех национальностей.

В составе второй группы – те, кто принимает активное участие в возрожденческой работе (их почти 32 %). Это чаще женщины старше 50 лет, многие с высшим образованием, занятые в сфере науки, культуры, образования. В числе активистов свободно владеющие карельским языком, как правило, освоившие язык своей национальности в раннем детстве.

В группе не интересующихся национальными проблемами (таких около 17 %) повышена доля мужчин, лиц с неполным средним образованием, рабочих, занятых в отраслях промышленного производства, из неработающего населения это безработные, учащиеся и студенты, проживающие в национально-смешанных семьях.

Относительно небольшую группу составили те, кто считает, что «карельский язык все равно не сохранится и работать в этом направлении – пустая трата времени» (7 %). В этой группе заметна доля карелов со средним общим образованием, молодых матерей, а также живущих в национально-смешанной семье.

Неоднозначное отношение было высказано и по поводу придания карельскому языку статуса государственного языка.

Точку зрения, что карельский язык способен в полной мере выполнять такие функции, поддержали меньше всего участников опроса – 12,5 %. Это карелы различных возрастных групп, но чаще 50-летние и старше, как работающие, так и неработающие, представители различных социально-профессиональных групп.

Чаще были отданы голоса второму варианту: карельский язык следует наделить статусом государственного языка в будущем, хотя сегодня он и не готов выполнять эту функцию (17,4 % ответов). В этой группе повышена доля пожилых работающих, лиц с высшим образованием, работников различных сфер приложения труда.

Примерно в равной мере распределились мнения, что карельский язык сегодня не готов выполнять функции государственного языка и наделять его таким статусом не следует (около 21,5 %), но в будущем ему следует придать статус государственного языка (21,8 %). В пер-

вой из этих групп выше удельный вес карелов в возрасте 16–49 лет. Это студенты и учащиеся, люди с высшим образованием, женщины, находящиеся в отпуске по уходу за детьми, занятые в сферах культуры и образования, во второй – представители разных поколений, работающие в органах власти и управления, проживающие в многонациональных семьях.

Больше всего среди опрошенных оказалось тех, кто не согласился ни с одним из этих вариантов ответа (27,2 %). Это люди 16–29 лет, имеющие неполное среднее образование, работники физического труда.

Приведенные суждения-оценки по двум стратегическим вопросам развития карельского этноса свидетельствуют о том, что большая часть карельского населения (около 70 %) индифферентно отнеслась к перспективам сохранения своего народа. Ни идея огосударствления карельского языка, ни идея создания единого для всех групп карелов литературного языка не нашли поддержки большинства представителей этноса. Усилий, предпринятых как структурами власти и управления, обязанными по закону обеспечить сохранение народами культурно-языкового наследия, так и карельской общественностью, оказалось недостаточно, чтобы противостоять лавинообразному характеру языковой и этнической ассимиляции.

На заре этнической мобилизации самые, пожалуй, большие надежды в деле сохранения языка возлагались на школу. Время показало, что изучение карельского языка в школах с опорой на советский опыт преподавания иностранных языков оказалось явно неэффективным. При двухчасовой практике преподавания языка вести серьезный разговор о возврате к карельско-русскому двуязычию, широко распространенному в послевоенные десятилетия, нет веских оснований. Выстраивание системы изучения языка по непрерывной цепочке «детское дошкольное учреждение (по типу «языкового гнезда») – школа – вуз», о которой постоянно говорилось с конца 1980-х годов вплоть до наших дней, так и не получило широкого распространения. Современная «национальная» школа, работающая в условиях, когда семья уже не в состоянии научить детей говорить по-карельски в раннем детстве, не способна сдержать движение карельского этноса к одноязычию, к языковой, а затем и к этнической ассимиляции. Лозунги «Мы сохраним родные языки!», «Мы сохраним коренные народы Карелии как уникальные образования исторического сообщества!», озвученные представителями властных структур в начале двадцать первого столетия, приняли выраженный манифестный характер, явно не всегда подкрепленный реальными делами.

Таким образом, коренные изменения в социальной (в широком смысле этого слова) и языковой жизни в послевоенные годы привели карельский этнос к такому критическому состоянию, когда проблема сохранения народа стала реальностью дня.

Литература

Александренков Э. Г. «Этническое самосознание» или «этническая идентичность»? // Этнограф. обозрение. 1996. № 3. С. 13–22.

Арутюнов С. А. Этничность – объективная реальность // Этнограф. обозрение. 1995. № 5. С. 7–10.

Бирин В. Н. Брак и семья сельского населения Карельской АССР в 1950–1970-е годы. Петрозаводск, 1982. 256 с.

Бромлей Ю. В. Этнос и эндогамия // Совет. этнография. 1969. № 6.

Бромлей Ю. В. Очерки теории этноса. М.: Наука, 1983.

Вепсы: модели этнической мобилизации: сб. докум. и материалов. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. 337 с.

Грушин Б. А. Мнение о мире и мир мнений. Проблемы методологии общественного мнения. М., 1967.

Губогло М. Н. Элементы этнической идентификации в оценках экспертов // Всесоюз. науч. сессия, посвящ. итогам полевых археологических и этнографических исследований 1970 г. Секция этнографии, фольклора и антропологии. Тбилиси, 1971. С. 5–9.

Губогло М. Н. Языковые контакты и элементы этнической идентификации. IX Междунар. конгресс антропологических и этнографических наук (Чикаго, сент. 1973). М.: Наука, 1973. 13 с.

Губогло М. Н. Интегрирующие функции языка // Социолингвистические проблемы развивающихся стран. М.: Наука, 1975. С. 223–240.

Губогло М. Н. Языки этнической мобилизации. М.: Шк. Яз. рус. культ., 1998. 816 с.

Губогло М. Н. Идентификация идентичности. Этносоциологические очерки. М.: Наука, 2003. 766 с.

Дашдамиров А. Ф. Национальные моменты индивидуального сознания. Автореф. канд. дис. М., 1968. 19 с.

Дробижева Л. М., Аклаев А. Р., Коротеева В. В., Солдатова Г. У. Демократизация и образы национализма в Российской Федерации 90-х годов. М.: Мысль, 1996. 383 с.

Идентичность и толерантность. М., 2002. 418 с.

Итоги Всесоюзной переписи населения 1970 года. Т. 4. М.: Статистика, 1972. 848 с.

Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т. 4, Т. 23.

Карелы: модели языковой мобилизации. Сборник документов и материалов. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2005. 281 с.

Карельское национальное движение. Часть 1. Сборник документов и материалов. Петрозаводск, 2009. 248 с.

Клементьев Е. И. Социальная структура и национальное самосознание (на материалах Карельской АССР). Автореф. канд. ист. наук. М., 1971. 19 с.

Клементьев Е. И. Языковые процессы в Карелии (по материалам конкретно-социологического исследования карельского сельского населения) // Совет. этнография. 1971. № 6. С. 38–44.

Клементьев Е. И. Развитие языковых процессов в Карелии (по материалам конкретно-социологического исследования карельского городского населения) // Совет. этнография. 1974. № 4. С. 26–36.

Клементьев Е. И. Национально-культурные ориентации карельского городского населения // Совет. этнография. 1976. № 3. С. 57–68.

Клементьев Е. И. В поисках правовой защиты культурно-языковых интересов карел, вепсов, финнов Республики Карелия. «Права человека и законодательство о языках в субъектах Российской Федерации». М.: Изд-во Рос. ун-та Дружбы народов, 2003. 63 с.

Клементьев Е. И. Республика Карелия: правовая ситуация в сфере этнокультурного и языкового образования // Правовой статус языков и этнокультурные потребности российской школы / Под ред. акад. В. А. Тишкова. М.: ИЭА РАН, 2011. С. 101–120.

Клементьев Е. И., Кожанов А. А. Сельская среда и население Карелии. 1945–1960. Историко-социологические очерки. Л.: Наука, 1988. 212 с.

Клементьев Е. И., Кожанов А. А. Сельская среда и население Карелии. 1960–1980. Историко-социологические очерки. Петрозаводск, 2001. 199 с.

Кожанов А. А. Этническая принадлежность в самооценках карелов и вепсов // Некоторые проблемы этногенеза и этнической истории народов мира: сб. науч. тр. М.: Ин-т этнографии им. Н. Н. Миклухо-Маклая, 1976. С. 31–44.

Кожанов А. А. Элементы этнической идентификации и признаки этнической общности в оценках карел и вепсов (по материалам экспериментального исследования) // Этнография Карелии. Петрозаводск, 1976. С. 180–204.

Кожанов А. А. Внешность как фактор этнического сопоставления (к вопросу о методике изучения) // Совет. этнография. 1977. № 3. С. 14–21.

Кожанов А. А. Методика исследования национального самосознания (опыт разработки по материалам Карельской АССР). Автореф. канд. дис. М., 1978. 25 с.

Козлов В. И. Динамика численности народов: методология исследования и основные факторы. М., 1969.

Козлов В. И. Этнос и экономика. Этническая и экономическая общность // Совет. этнография. 1970. № 6. С. 47–60.

Козлов В. И. Этнос и территория // Совет. этнография. 1971. № 6. С. 89–100.

Козлов В. И. Проблема этнического самосознания и ее место в теории этноса // Совет. этнография. 1974. № 2. С. 79–92.

Козлов В. И. Этнос и культура // Совет. этнография. 1979. № 3. С. 71–86.

Козлов В. И. Проблема «этничности» // Этнограф. обозрение. 1995. № 4. С. 39–55.

Козлов В. И., Шелепов Г. А. «Национальный характер» и проблема его исследования // Совет. этнография. 1973. № 2. С. 69–82.

Кузнецов А. И. Адаптичность этнических культур и этнокультурные типы самосознания личности // Совет. этнография. 1988. № 1. С. 15–27.

Кушнер (Кнышев) П. И. Этнические территории и этнические границы // Труды Института этнографии АН СССР (новая серия). Т. 15. М.: Изд-во АН, 1951. 280 с.

Леонтьев А. Н. Понятие отражения и его значение для психологии. XVIII Междунар. психолог. конгресс. 4–11 авг. 1966. М., 1969.

Национальный архив Республики Карелия (в тексте – НА РК).

Национальный состав населения Республики Карелия. Сборник статей V. Петрозаводск, 2005. 48 с.

Пименов В. В. Некоторые черты национального самосознания (По материалам Удмуртской АССР) // Торжество ленинской национальной политики. Чебоксары, 1972. С. 344–358.

Пименов В. В. Удмурты. Опыт компонентного анализа этноса. М.: Наука, 1977. 364 с.

Подходы к изучению этнической идентификации. М., 1994.

Тишков В. А. О феномене этничности // Этнограф. обозрение. 1993. № 2. С. 3–21.

Тишков В. А. Этничность, национализм и государство в посткоммунистическом обществе // Вопросы социологии. 1994.

Тишков В. А. Очерки теории и политики этничности. М.: «Рус. мир», 1997. 532 с.

Чешко С. В. Человек и этничность // Этнограф. обозрение. 1994. № 6. С. 73–85.

Чистов К. В. Этническая общность, этническое сознание и некоторые проблемы духовной культуры // Совет. этнография. 1997. № 3. С. 73–85.

Шелепов Г. В. Общность происхождения – признак этнической общности // Совет. этнография. 1968. № 4. С. 65–74.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Клементьев Евгений Иванович
старший научный сотрудник, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: eik@karelia.ru
тел.: (8142) 572066

Klement'ev, Jevgeniy
Institute of Language, Literature and History, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: eik@karelia.ru
tel.: (8142) 572066

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 153–157

УДК 811

ЭТНОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СААМСКОГО ЯЗЫКА НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Г. В. Костина

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет» Кольский филиал

Основными характеристиками ситуации для саамского языка в Мурманском регионе России являются малочисленность этноса, отсутствие статуса титульного языка, незначительная или отставшая во времени активность языковой и образовательной политики в отношении этноса. Кольские саамы говорят на четырех диалектах: нотозёрском, бабинском, йоканьгском и кильдинском. Интенсивное изучение языка кольских саамов началось в конце XIX в. Потеря саамского языка является серьезной проблемой, вызывающей озабоченность в обществе. Устойчивость этноса определяется не только способностью языка адекватно отражать все стороны жизни народа, но и тем, в какой степени язык функционирует в различных социальных группах населения.

Ключевые слова: саамский язык; культура саамов; этнос; кильдинский диалект; кольские саамы; алфавит; народы Севера; родной язык.

G. V. Kostina. ETHNOCULTURAL ASPECTS OF THE SÁMI LANGUAGE FUNCTIONING IN THE KOLA PENINSULA

The main characteristics of saami language position in Murmansk region of Russia are ethnic minorities, absence of titled language status, insignificant or left behind the times language activity and education policy concerning saami ethnic group. Kola saami speak four dialects: nothozyor, babinskiy, yokangskiy and kildin. Intensive study of Kola saami language began at the end of the XIXth century. The loss of saami language is a vital problem which worries everyone. Ethnic group stability is defined not only by language possibility to reflect all the ways of people's life, but in degree any language functions in different social groups of population as well.

Key words: sámi language, sámi culture, ethnic group, Kildin dialect, Kola sámi, alphabet, North people, mother language.

Изучением истории, быта, культуры саамов занимались исследователи на протяжении многих веков, поэтому круг источников, раскрывающих основные проблемы этнологии саамов, достаточно велик.

В начале XIX века происходит осознание того, что малые народы со всей их самобытностью и непохожестью на русских представляют интерес не только в экономическом, но и в культурном плане. В этот период появляется этнографическая литература, включающая географические, геологические, исторические, лингвистические сведения об аборигенах. Путешественники, литераторы, натуралисты, которые в

силу различных причин оказались на Кольском Севере, попытались дать своё описание культуры саамов. В большинстве случаев сюда можно отнести очерковую, беллетризированную литературу, в которую входят путевые очерки С. В. Максимова, В. И. Немировича-Данченко, В. А. Елисеева, Д. Н. Бухарова и других.

Более профессиональным произведением следует считать монументальный труд Н. Н. Харузина «Русскіе лопари» [Харузин, 1890]. Активно занималось исследованием культуры саамов Русское Географическое Общество (РГО). С. В. Максимов, талантливый писатель, который издал двухтомный труд «Год на Севере» [Максимов, 1864], стал первым автором в российской этнографической литературе, который описал обычай ухаживания у саамов.

В. И. Немирович-Данченко [Немирович-Данченко, 1877. С. 196], отмечая некоторую «отсталость» лопарей в социальном и экономическом развитии, признавал самобытность и ценность их культуры.

В этот период исследование культуры саамов стало составляющей частью научной работы Архангельского общества изучения Русского Севера. Ценные полевые исследования были проведены русским этнографом В. Визе, посетившим в 1910–1912 годах саамские погосты в районе о. Кильдин и д. Аккала Выборгской губернии. В его отчете о саамских сейдах содержится много нового материала о расположении священных мест саамов, их жертвоприношениях, обрядах, преданиях. К сфере научных интересов В. Визе относились и традиционные саамские предания, находящиеся, по его мнению, на грани исчезновения под давлением соседних культур.

В. Алымов, этнолог и краевед, специализировавшийся на исследовании Кольского полуострова, также интересовался культурой саамов.

В 1928–1929 годах под его редакцией вышли в свет «Доклады и сообщения Общества изучения Мурманского края» [Алымов, 1927. С. 44–45], посвященные саамам. В сферу научных интересов В. Алымова входили также культ сейдов, предания о северном сиянии, топонимика и проблема происхождения и ассимиляции саамского народа. Интересовал В. Алымова и саамский фольклор: около 40 саамских фольклорных текстов, записанных им, хранятся в архивах Мурманского областного краеведческого музея и архивах Русского Географического Общества.

Русский ученый Н. Н. Волков проводил полевые этнологические исследования саамов на Кольском полуострове в 1938–1941 годах. Издание Н. Н. Волкова «Российские саамы: Историко-этнографические очерки» [Волков, 1996] опубликовано в разделе исторического обзора советского периода. Это издание посвящено этнографии и этногенезу кольских саамов, их занятиям, источникам существования, материальной культуре, общественной жизни, фольклору и религии.

Саамский язык принадлежит к тем немногим языкам малочисленных народов Севера РФ, которые не являются титульными, поскольку саамы не имеют автономии в границах Мурманской области. Основными характеристиками ситуации для саамского языка являются малочисленность этноса, отсутствие статуса титульного языка, незначительная или отставшая во времени активность языковой и образовательной политики в отношении этноса.

Саамский язык – единственный миноритарный язык в регионе, что накладывает специфический отпечаток на региональную этническую и языковую политику. Вместе с тем, российские саамы – это часть этнической и языковой общности, присутствующей во всех странах скандинавского полуострова (Норвегии, Швеции, Финляндии), что дает основание сравнивать языковые политики и определять степень взаимозависимости языковых политик государств с саамскими меньшинствами. Саамы – один из уникальных как по своему происхождению, так и по культуре арктических народов. Генетически и типологически саамский язык наиболее близок к прибалтийско-финской группе финно-угорских языков. В саамском языке насчитывается в целом 55 диалектов. Кольские саамы говорят на четырех диалектах: нотозёрском, бабинском, йоканьгском и кильдинском.

Основным местом жительства саамов в России и Мурманском регионе является Ловозерский район. В районе проживают более половины малочисленных народностей Севера Мурманской области – саамов и коми. Административный центр района – село Ловозеро (Луяврсийт, по-русски – погост «Ловозеро»), старинное саамское поселение на берегу речки Вирмы.

Пожилые саамы, у которых мы брали интервью в с. Ловозеро и которые провели всю свою юность в небольших, изолированных, населенных главным образом только коренными саамами деревнях, объясняли, что они знают русский язык, потому что только с русскими они вошли в контакт во время переселения. Кильдинский диалект является главным диалектом на Кольском полуострове, однако существуют еще

около десяти других саамских диалектов, но некоторые из них разительно отличаются друг от друга. Саамы, говорящие на кильдинском диалекте, утверждают, что чем ближе они подходят к морю на территории Кольского полуострова, тем труднее им понять другой саамский диалект. Все дети оленеводов говорят как на русском, так и на саамском языке. Способность детей обучаться саамскому языку, особенно лексике, непосредственно связанной с оленеводством, значительно возрастает в пастбищных условиях.

В орбиту научного исследования саамы вошли уже в XVII в., когда в 1674 году была напечатана на латинском языке книга Ёханна Шеффера «Лаппония», в которой наряду с довольно полным описанием материальной и духовной культуры шведских саамов даются также общие сведения об их языке [Schefferi, 1963]. Подлинно научный характер исследование саамского языка приобрело в XIX в. в связи с развитием сравнительно-исторического языкознания.

Интенсивное изучение языка кольских саамов началось в конце XIX в. Уже в это время были сделаны попытки перевода на саамский язык некоторых книг, преимущественно духовного содержания. Деятельность эта осуществлялась одиночками-учеными и священниками-миссионерами. Они преследовали единственную цель – приобщить саамов к христианству. Однако эти первые попытки создания письменности не могли иметь сколько-нибудь серьезного значения, поскольку она не нашла широкого применения. В научном отношении она представляет собой определенный интерес как первая попытка передачи звуков языка кольских саамов на письме средствами русской графики.

К началу XX в. саамы были наименее грамотной народностью среди населения Кольского полуострова. По переписи 1926 года только 16,5 % этих аборигенов Крайнего Севера владели грамотой. У живших рядом с ними ненцев грамотность была выше вдвое, у коми – втрое.

Первая школа для детей саамов открылась в феврале 1888 года, а спустя 10-12 лет школы появились в Ловозерском и Кильдинском погостах. Затем школы открылись в погостах Сонгельском (ныне территория Финляндии) и в Йоканьгском. В основном это были школы церковно-приходские и работавшие всего 4–5 месяцев в году из-за полукочевого образа жизни оленеводов, рыболовов и охотников. В них обучалось 20–35 % детей школьного возраста. Преподавание в школах вследствие отсутствия письменности у саамов и учителей, знающих саамский язык, велось на русском языке.

Серьезное начало научному исследованию саамского языка было положено в советский период российской истории, который ознаменовал становление саамской письменности. У малочисленного северного народа с годами появляется своя письменность, литература, вырастает своя интеллигенция.

Первая школа по ликвидации неграмотности среди взрослых начала работать в Ловозере в 1923 году, а в 1924 году были открыты национальные школы для детей, которые быстро завоевали авторитет. В 1929 году появились первые школы-интернаты.

Вскоре после создания Комитета Севера СССР научно-педагогические организации Москвы и Ленинграда приступили к подготовке национальной письменности для малых народностей Севера.

В то же время шла работа по созданию саамского букваря. Над букварем вместе с учеными А. Г. Эндюковским и З. Е. Черняковым работали саамы И. А. Осипов, Н. И. Герасимов, И. А. Матрехина, А. Т. Осипова.

В 1931 году научно-исследовательской ассоциацией при Институте народов Севера был выработан единый северный алфавит, в основе которого была латинская графика, а также введены особые знаки для обозначения специфических саамских звуков. Этот алфавит был утвержден центральными руководящими органами.

Письменная форма развивается на основе кильдинского диалекта, носители которого занимали большую часть центральных районов Кольского полуострова и явились самой многочисленной группой саамов. Правильность этого выбора подтвердила и современная история.

На основе названных принципов был создан первый саамский букварь З. Е. Чернякова [Черняков, 1933]. Но нельзя не учитывать и того обстоятельства, что хотя кильдинский и был взят за основу, в букваре использовались слова всех четырех диалектов.

В 1937 году саамская письменность начинает реорганизовываться, в свет выходит новый саамский букварь, созданный на кириллице А. Г. Эндюковским [Эндюковский, 1937].

В последующие годы национальная политика, проводимая на Кольском полуострове, как и в других регионах Крайнего Севера, претерпевала изменения. Предавались забвению быт и культура народа, преподавание все больше стало вестись на русском языке. Саамский язык и письменность так и не были до конца внедрены среди саамов, как это планировалось.

С реорганизацией саамской письменности в 1937 году в Лапландию приходит крупная волна репрессий, изучение саамского языка полно-

стью прекращается. В эти годы не слышалась саамская речь ни на улицах, ни в учреждениях, только в тесном семейном кругу люди могли высказывать свои мысли на языке, данном им матерью. Вплоть до 70-х годов дети саамов вынуждены были приобщаться к русской культуре, а родным языком пользоваться только в домашней обстановке, но и там уже в молодых семьях русский язык стал вытеснять саамскую речь. Как пишет А. А. Антонова: «Можно приводить разные причины, почему это произошло, почему так трудно прививалась саамская письменность на севере Заполярного края, но главная причина может быть и в некой «искусственности» этого мероприятия. Одно дело дать письменность народу, насчитывающему десятки тысяч человек, живущих изолированно, и куда труднее давать письменность небольшой народности, в чуть больше тысячи человек, окруженной русскоязычным населением» [Антонова, 1999. С. 7].

Несмотря на разного рода трудности, вновь находятся последователи первопроходцев в создании саамской письменности. В 1954 году с рядом научных экспедиций на Север приезжает Г. М. Керт. Он собирает большой текстовой и звуковой материал по всем саамским диалектам, и уже в 1961 году в издательстве Академии наук СССР выходит подготовленный им сборник образцов саамской речи [Керт, 1961]. Более поздними работами Г. М. Керта стали «Саамский язык (кильдинский диалект): фонетика, морфология, синтаксис» (1971); «Словарь саамско-русский и русско-саамский» (1985); «Саамская топонимная лексика» (2009) и другие. В числе исследователей саамского языка важным представляется назвать такие имена, как П. М. Зайков, В. З. Панфилов, Е. Я. Пация, Е. И. Мечкина, Р. Д. Куруч, которые занимались как фонолого-морфологическим исследованием саамского языка, так и фольклористикой и литературоведением. С исследованиями Г. М. Керта в развитии саамской письменности наступает новый этап. Теперь к работе над саамским языком привлекаются студенты Института народов Севера. Ими становятся Октябрина Воронова, впоследствии первая саамская поэтесса, поэт Аскольд Бажанов и Александра Антонова. Позже присоединяются к этой группе Екатерина Коркина, Ираида Виноградова, Нина Афанасьева и другие. Теперь работа идет над созданием письменности на русской графике.

А. А. Антонова работает в школе с 1954 года. Являясь носителем саамского языка, она переводила с русского на саамский язык многие материалы из газет и журналов. Интерес к своему родному языку у школьников того времени был большой. Серьезная работа над созданием саамского букваря началась в 70-х годах, когда А. Антонова стала преподавать саамский язык в школе.

В результате этой работы появился новый пополненный алфавит саамского языка, который и позволил в 1982 году написать первый послевоенный саамский букварь [Антонова, 1982]. За ним вышел из печати и учебник 2-го класса «Самъ килл» («Саамский язык») [Антонова и др., 1990] .

В настоящее время в с. Ловозеро саамский язык преподается в школе-интернате, факультативно в средней школе и в Профессиональном училище № 26. Педагогами по саамскому языку являются Н. А. Золотухина, М. Г. Медведева, О. Г. Пауль, А. И. Яковлева. Взрослое население все больше проявляет интерес к родному языку, выражая просьбу открыть курсы по изучению саамского языка. Это движение положило начало формированию нового этапа национального развития родного языка, роста самосознания саамского народа.

В с. Ловозеро, однако, среди саамов, которые не являются оленеводами, потеря саамского языка является серьезной проблемой, вызывающей озабоченность. Школы недостаточно оснащены учебным материалом для преподавания кильдинского диалекта саамского языка. Имеющиеся учебники являются предметом горячих споров. Одни представители культуры саамов утверждают, что единственным способом сохранения кольского саамского языка является переход на письменную форму, которая используется в Фенно-Скандинавии. В этом случае кольские дети-саамы смогут пользоваться школьными учебниками, созданными в Скандинавии, и читать издаваемую там литературу на саамском языке. Другие представители настаивают на том, чтобы кольские дети-саамы имели свои школьные учебники, в основу которых положена русская графика, с которой они уже познакомились, изучая русский язык.

Известно, что с. Ловозеро и г. Карасьёк (Норвегия) являются городами-побратимами. Экспериментальная программа была предложена нескольким саамам – школьникам из села Ловозеро. В соответствии с этой программой несколько детей из села Ловозеро были приглашены в Карасьёк для изучения саамского языка. В Карасьёке распространен северный диалект саамского языка – наиболее крупный по числу говорящих. Знание этого диалекта и использование латинской графики, помогут представителям кольских саамов принимать более активное участие в Северных политических форумах саамов. Это, однако, не является

решением проблемы потери саамского языка на Кольском полуострове.

Жизнеспособность этноса зависит от развития и функционирования всех видов исторически сложившейся культуры, будь то традиционные направления хозяйства (оленеводство, рыболовство, охота), или средства передвижения, постройки, одежда, пища, утварь, или устное народное творчество, обряды, танцы. Главным же отличительным признаком этноса является язык. Устойчивость этноса определяется не только способностью языка адекватно отражать все стороны жизни народа, но и тем, в какой степени язык функционирует в различных социальных группах населения.

Степень сохранности языка зависит от размеров группы, условий расселения, длительности и интенсивности контактов с русскими.

Приблизительно с 1987 года в научных изданиях, популярных журналах и газетах начала подниматься волна публикаций о народах Севера и их языках. Ученые, журналисты, писатели и северные активисты, все пишущие о народах Севера, в один голос заговорили об исключительно тяжёлой ситуации, в которой оказались к концу века эти народы. Ситуация описывалась как «этническая катастрофа».

В своей общей работе П. Х. Зайдфудим и С. И. Дороженкевич делают вывод о том, что «Этнокультуры начинают вымирать с потерей языка коренного народа, его быта и культуры. <…> Народ, который теряет свой язык, перестаёт быть самостоятельным этносом» [Зайдфудим, Дороженкевич, 1999. С. 14–19].

Этот мотив – родной язык находится в беде, утрата родного языка равнозначна гибели народа – повторяется практически в каждом публичном выступлении представителей народов Севера. Эвенский поэт, общественный деятель и ученый А. В. Кривошапков призывает: «Будем жить надеждой и верой, что малочисленные народы Севера будут жить и развиваться и в XXI веке. Для этого у нас есть одно-единственное условие – всемерно развивать языки коренных малочисленных этносов. Развивая родные языки, мы не исчезнем и в третьем тысячелетии!» [Кривошапков, 1998. С. 155].

Таким образом, в русской культуре посредством этнографической литературы, которая выступает в качестве проводника межэтнического взаимодействия, формируется представление о культуре саамов. Не вызывает сомнения, что пласт этнографических источников по истории, культуре жизни и быта саамов Кольского Севера представляет собой сложный комплекс разноплановых материалов, которые позволяют судить о различных этнокультурных аспектах функционирования саамского языка на Кольском полуострове.

Литература

Алымов В. О сейдах // Доклады и сообщения Мурманского общества краеведения. Мурманск, 1927. С. 44–45.

Антонова А. А. Букварь: Для подготовительного класса саамской школы. Л., 1982.

Антонова А. А. Саамская письменность – XX век // Живая Арктика: Историко-краеведческий эколого-информационный альманах. 1999. № 2. С. 7.

Антонова А. А., Воронова О. В., Коркина Е. Н. Самъ килл=Саамский язык: Учебник и книга для чтения для 2-го класса. Л.: Просвещение, 1990. 255 с.

Волков Н. Н. Российские саамы: Историко-этнографические очерки. СПб.: Каутокейне, 1996.

Зайдфудим П. Х. Коренные народы Севера на рубеже тысячелетий / П. Х. Зайдфудим, С. И. Дороженкевич // Энергия. 1999. № 3. С. 14–19.

Керт Г. М. Образцы саамской речи, материалы по языку и фольклору саамов Кольского полуострова, кильдинский и йоканьгский диалекты. М.: Изд-во АН СССР, 1961.

Кривошапков А. В. Развивая родные языки, мы не исчезнем в третьем тысячелетии // Образование как фактор развития языков и культур этнических меньшинств. СПб.: РГПУ, 1998. 284 с.

Максимов С. В. Год на Севере. СПб., 1864. 854 с.

Немирович-Данченко В. И. Страна Холода. М., 1877. 196 с.

Харузин Н. Н. Русскіе лопари. М., 1890. 472 с.

Черняков З. Е. Саамский букварь. М.; Л., 1933.

Эндюковский А. Г. Букварь: На саамском (лопарском) языке. Л.; М., 1937.

Schefferi J. Lapponia. Francofurti, 1674. (цит. по переводу на финский, изданному в 1963 г.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Костина Галина Владимировна
зав. кафедрой филологии, к. филол. н.
Петрозаводский государственный университет
(Кольский филиал)
ул. Космонавтов, 3, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: gkostina@arcticsu.ru
тел.: +7 921 166 24 41

Kostina, Galina
Chief of philology department, Ph. D in Philology, Professor
Petrozavodsk State University (Kola Branch)
3 Kosmonavtov st., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209
e-mail: gkostina@arcticsu.ru
tel.: +7 921 166 24 41

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 174–169

УДК 903.3+903.022(470.22)

ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЛЫХ ПОСТРОЕК В ФИНАЛЕ НЕОЛИТА И ЭНЕОЛИТЕ КАРЕЛИИ

И. Ф. Витенкова

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Статья посвящена процессам изменения полуземлянок в конце каменного века – начале эпохи металла. Древнее население намного больше зависело от природной среды, чем современное, и было вынуждено приспосабливаться к ее особенностям. Размещение древних поселений и других объектов (жилищ, очагов) на местности зависело от особенностей ландшафтов и подчинялось определенным закономерностям, пока недостаточно установленным. Выявление возможных связей между изменением палеоландшафтов и эволюцией жилых построек представляет интересную научную задачу, для окончательного решения которой потребуются дальнейшие исследования. В работе использованы материалы двух пока неопубликованных археологических памятников с жилищами – Кудамгуба VII и Шелтозеро XII, на которых были обнаружены и раскопаны остатки жилищ.

К л ю ч е в ы е с л о в а : жилища, ландшафт, деревянный, стены, пол, очаг, керамика, асбест, каменные орудия.

I. F. Vitenkova. EVOLUTION OF DWELLINGS IN THE LATE NEOLITHIC AND THE ENEOLITHIC PERIODS IN KARELIA

The paper deals with the evolution of dwellings in the late Stone Age – early Metal Age. Ancient people were more dependent on the natural environment than modern people, and had to adjust to its features. The siting of old settlements and other objects (dwellings, hearths) depended on the characteristics of the palaeolandscape, and followed certain, as yet insufficiently known patterns. Identification of potential links between the alteration of the landscape and the evolution of dwellings is an intriguing scientific task that requires more research to be ultimately solved. The study used materials from two yet unpublished archaeological sites with dwellings – Kudamguba VII and Sheltozero XII, which date closely but are situated far apart.

K e y w o r d s : dwellings, pottery, landscapes, space between swells, hearths, asbestos.

Хотя современная геологическая, геоботаническая и гидрологическая обстановка в Карелии изучена основательно, сведений о динамике ландшафтов прошлого и о палеоландшафтах как целостном образовании пока недостаточно. Однако успехи в области палинологии позволяют реконструировать отдельные элементы палеоландшафтов. В течение последних десяти тысяч лет происходили постоянные изменения климата и всех природных факторов, формирующих растительность и ландшафты того или иного временного интервала. Наиболее значительные изменения произошли в начале атлантического времени (повышение среднегодовых

температур на 2–2,5°). Время максимального потепления 6000±250 л. н., в суббореале, после глобального похолодания, датируемого временем 4800–4500 л. н., климатические параметры стали близки к современным [Елина, Лукашов, Токарев, 2005. С. 5–13]. Показательно, что именно эти временные интервалы совпадают с периодами существования жилых построек, оставленных носителями гребенчато-ямочной и ромбоямочной посуды (время потепления), и жилищ носителей керамики с примесью асбеста (время похолодания).

Поселения каменного века и начала эпохи металла достаточно удачно вписывались в палеоландшафты. Избирательное отношение древнего населения к окружающей среде заметно по неравномерной концентрации археологических памятников на местности. Древние жители предпочитали для расселения удобные места, в которых и фиксируются скопления археологических памятников, причем нередко разновременных. В чем заключалось удобство? Близость водоема, богатого рыбой, сухая, относительно ровная терраса, пригодная для устройства поселения и хозяйственной деятельности, песчаная почва, на которой не застаивается дождь и талые воды. Перечисленные факторы хорошо известны. Их можно назвать явными, хорошо заметными. Но есть и другие особенности ландшафта, которые были совершенно ясны для древнего человека, но не всегда понятны современному исследователю. Например, насколько степень освещенности склона террасы в разное время дня и года влияла на удобство проживания, мешал ли крутой спуск к воде, каковы были господствующие ветры в данном районе и насколько они препятствовали или способствовали хозяйственной деятельности и быту. Иными словами, человек жил не в абстрактной природной среде, а в конкретном природном территориальном комплексе (ландшафте). К сожалению, исследования древних поселений с точки зрения особенностей ландшафта проводились сравнительно редко.

На поселениях без жилищ очертания пятен культурного слоя приблизительно соответствуют контурам площадки террасы. Границы территории археологического памятника обычно бывают естественными (повышение или понижение уровня поверхности террасы, обрыв, болото, скалы). Находки, очаги, хозяйственные ямы концентрируются в центральной части поселений. На памятниках с полуземлянками культурные остатки и находки сосредоточены в жилищах, между постройками их количество незначительно. Это позволяет предположить, что на поселениях с жилищами люди обитали только в зимний период, то есть такие поселения были сезонными [Витенкова, 2002. С. 55].

При раскопках древних поселений нередко обнаруживаются более или менее сохранившиеся остатки жилых построек. Их размещение и особенности конструкции безусловно связаны не только с культурными традициями и хозяйственными навыками населения, но и с особенностями окружающего ландшафта.

Жилища обычно прослеживаются на современной дневной поверхности в виде впадин овальной, иногда округлой или подпрямоугольной формы, размером 5–7 × 8–10 м, глубиной жилищной впадины 40–60 см. Следует отметить, что иногда естественные западания между валами можно принять за жилищные впадины, поэтому в некоторых случаях на месте впадин при раскопках следов жилищ не обнаруживается. Так, на поселении Черная Губа III в одной из четырех раскопанных впадин жилища не оказалось; на соседнем памятнике Черная Губа IV из трех раскопанных впадин жилище четко выявилось только в одной; на месте другой следы жилища прослеживались только стратиграфически, видимо, постройка существовала очень короткое время; в третьей впадине жилища не было [Витенкова, 2002. С. 21–35].

В период раннего неолита на поселениях с керамикой сперрингс и ямочно-гребенчатой следы наземных или слегка (на 15–25 см) углубленных жилищ удавалось обнаружить в редких случаях [Журавлев, 1991. С. 125–127; Косменко, 1992. С. 115, Лобанова, 2009. С. 44–68]. Количество и разнообразие жилищ заметно увеличилось в позднем неолите и энеолите, что совпадает с климатическим оптимумом. К настоящему времени исследовано более двадцати поселений с гребенчато-ямочной и ромбоямочной керамикой, количество раскопанных на них жилищ приближается к пятидесяти (рис. 1).

Жилища обычно находятся на террасах с намывными валами, образованными деятельностью озера. Жилая постройка располагается в междувалье, длинными стенами параллельно валам. Благодаря этому жителям не приходилось тратить много усилий для выкапывания котлована. Обычно центр жилища углублялся незначительно, выравнивался и подкапывался только грунт у стен. Выходы делались в торцовых стенках, т. е. были направлены параллельно берегу, скорее всего для того, чтобы ветер с озера не попадал в жилище. Наиболее ранние жилища позднего неолита имели два выхода в противоположные стороны.

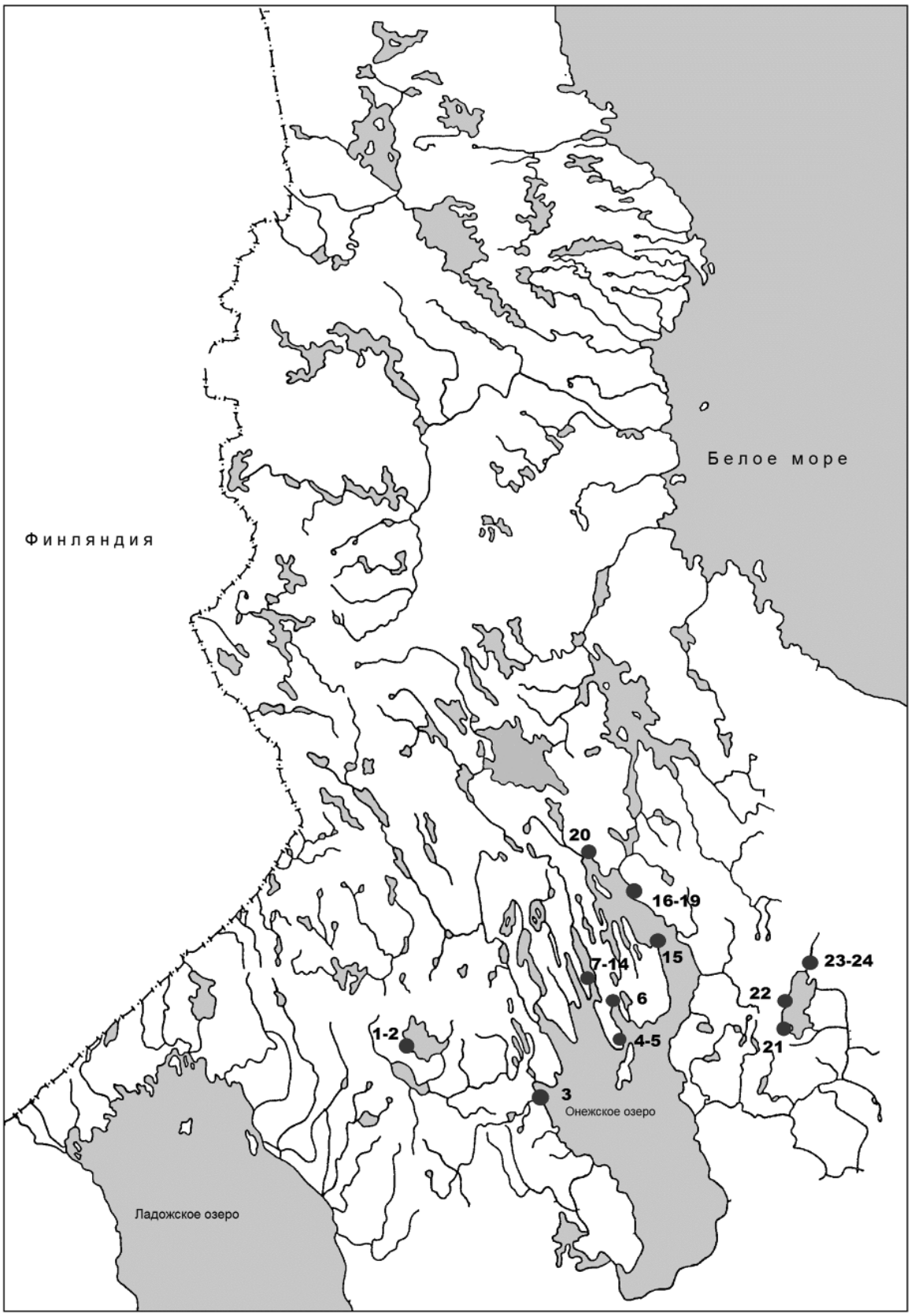


Рис. 1. Поселения с жилищами с гребенчато-ямочной и ромбоямочной керамикой на территории Карелии. ● – поселения:
1, 2 – Питкяламба I, IV; 3 – Вигайнаволок I; 4, 5 – Вожмариха 2, 4; 6 – Ширый-наволок I; 7–14 – Пегрема I , II, III, VII, X, XII, XXIX, XXXIII; 15 – Клим I; 16 – Оровнаволок XVI; 17–19 – Черная Губа III, IV, IX; 20 – Сандермоха I; 21 – Пога I; 22 – Охтома I; 23, 24 – Илекса I, III

Так как в условиях Карелии деревянные конструкции жилых построек со временем почти полностью исчезают и прослеживаются в основном по следам в грунте, особое внимание приходится уделять очертаниям основания жилища. При сравнении оснований жилищ, связанных с гребенчато-ямочной и ромбоямочной посудой, выявляется существенная разница. На более ранних поселениях с гребенчато-ямочной керамикой (Черная Губа III) в большинстве случаев основания имели прямоугольные пропорции. Длинные и короткие стены соотносятся как 3:2, лишь в трех жилищах из десяти основания близки к квадратным. Наибольшая длина стен составляет 11 м, наименьшая – 3,6 м. Средняя их площадь 30–40 м^2. Между тем на поселениях с ромбоямочной посудой очертания большинства жилищ почти квадратные.

Другим важным элементом конструкции является степень углубления основания жилища в почву. Углубление пола всех исследованных жилищ составляет обычно не более 0,4–0,5 м, более глубокие жилища чрезвычайно редки. Учитывая расположение жилищ между песчаными намывными валами, а также толщину перекрывающего дерна и подзолистой почвы, приходится констатировать, что фактически в землю вкапывались только 1–2 нижних бревна стен. Уровень пола почти совпадал с древней дневной поверхностью. Видимо, пол в основном выравнивали, а углубляли лишь незначительно. Полы жилищ обычно представляют собой площадки плотно утоптанного, ожелезненного песка. В центре жилищ с двумя выходами или у дальней стены (если выход один) часть пола покрыта рыхлым песком. Видимо, здесь располагались спальные места (нары?) [Витенкова, 2002. С. 28].

Выходы из жилищ фиксируются по цвету слоя (окрашенного охрой) и распространению находок. После расчистки образуются канавки, углубленные в материк, шириной 1–2 м, их уровни примерно соответствуют уровню полов. Количество выходов связано с формой основания. У жилищ длинных пропорций два выхода, у жилищ квадратной формы – один. Особенности конструктивного оформления выходов неясны.

Жилища позднего неолита были обнаружены на памятниках северного побережья Онежского озера (Оровнаволок XVI – раскопки Н. В. Лобановой, Черная Губа III, IV, IX) и на Заонежском полуострове (Ширый-наволок I, Пегрема II, Вожмариха 2, 4). В бассейне Водлозера выявлено одно жилище с гребенчато-ямочной посудой на поселении Пога I [Журавлев, 1991. С. 32–39; Мельников, 2001. С. 201–203; 2005. С. 216–248; 2006. С. 98–105; Витенкова, 2002. С. 21, 73]. Остальные связаны с комплексами ромбоямочной керамики. В бассейне Сямозера, на поселении Лакшозеро II с выразительным комплексом гребенчато-ямочной посуды нет следов полуземлянок, не зафиксированы и какие-либо признаки наземных построек [Витенкова, 1986. С. 119–138]. Но в этом же районе вскрыты два жилища с ромбоямочной керамикой на поселениях Питкяламба I и IV – раскопки А. П. Журавлева.

В период позднего неолита на некоторых памятниках (Черная Губа IX, жилища 1–4) выявлено попарное размещение жилых построек: рядом с жилищем удлиненных пропорций располагалось жилище меньшего размера квадратных очертаний. Были ли эти постройки соединены – неясно, однако распространение находок в жилищах 1 и 2 на поселении Черная Губа IX указывает на отсутствие переходов между жилищами. Более позднее жилище на поселении Черная Губа IV, одиночное, почти квадратных очертаний, сравнительно небольшого размера, с одним очагом и выходом.

Жилищ, которые можно с большей или меньшей уверенностью связывать с ромбоямочной посудой, на территории Карелии насчитывается свыше 30. Их количество превышает число жилищ, относящихся к комплексам с гребенчато-ямочной керамикой. Значительно шире и территория, на которой они встречаются. В бассейне Водлозера выявлено пять полуземляночных жилищ, связанных с ромбоямочной керамикой (Охтома I, Илекса I и III). На памятниках с ромбоямочной посудой известны и одиночные жилища с одним выходом, и жилища, соединенные переходами (на поселении Пегрема VII выявлен комплекс из трех жилищ, соединенных переходами [Журавлев, 1991. С. 45–55]), но одиночные почти квадратные жилища преобладают.

На поселениях с асбестовой и пористой посудой встречаются жилища различных пропорций, как с одним, так и с двумя очагами и выходами. Количество поселений этого времени с раскопанными жилищами составляет около четырех десятков, а количество вскрытых жилищ приближается к семидесяти (рис. 2). В этот период не только значительно увеличилось число жилых построек, но и расширилась к северу территория их распространения, хотя в этот период времени на территории Карелии наблюдается похолодание (рис. 1, 2). Увеличение числа памятников и продвижение их к северу показывает хорошую адаптацию населения к природным условиям. Об этом же говорит и увеличение количества стационарных жилищ. Причем, в отличие от жилищ позднего неолита, энеолитические жилища очень четко выделяются на поверхности, хорошо видны их правильные прямоугольные

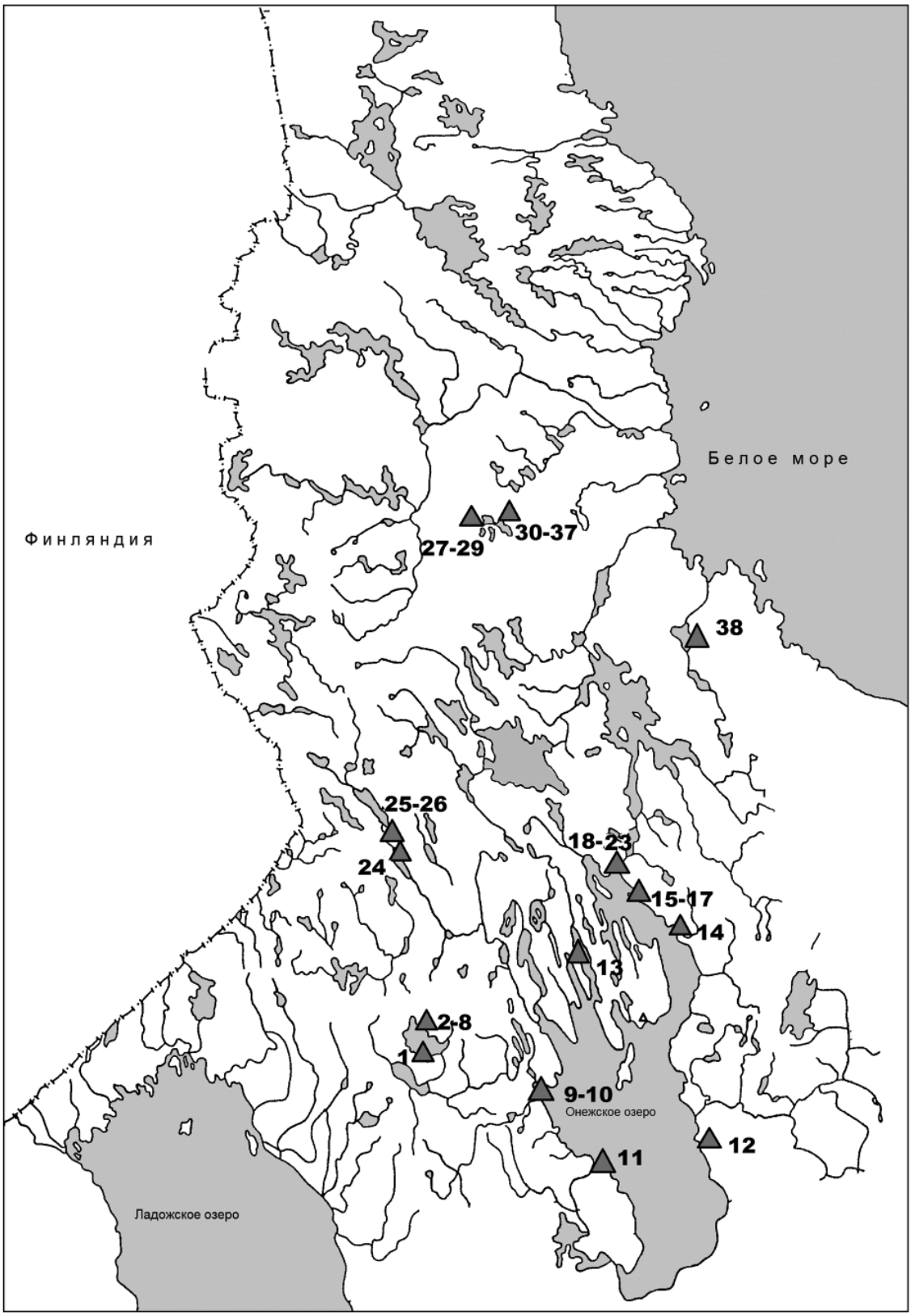


Рис. 2. Жилища, исследованные на поселениях с асбестовой и пористой керамикой на территории Карелии. ▲ – поселения с жилищами:

1 – Курмойла IV; 2, 3 – Кудома X, XI; 4, 5 – Лахта II, III; 6–8 – Сулгу III, IIIa, Va; 9 – Вигайнаволок II; 10 – Пески IV; 11 – Шелтозеро XII; 12 – Кладовец IX; 13 – Палайгуба II; 14 – Челмужская Коса XXI; 15 – Оровнаволок XVI; 16, 17 – Черная Губа VII, IX; 18–23 – Кочнаволок II, Войнаволок X, XXIV, XXV, XXVII, XXXVIII; 24 – Чудозеро IV; 25, 26 – Кудамгуба IV, VII; 27–29 – Березово IX, XIV, XVIII; 30–37 – Тунгуда III, IV, V, VI, XII, XIV, XV, XVII; 38 – Сумозеро XV

очертания и даже выходы. Особенно это заметно на поселениях бассейна Белого моря [Жульников, 2005. С. 43–45]. Поэтому можно достаточно уверенно утверждать, что далеко не все существующие жилища этого времени раскопаны, их действительное количество намного больше. Однако на многослойных памятниках, сосредоточенных в бассейне Водлозера и в низовьях Выга, полуземлянок не выявлено. В большинстве таких пунктов, вероятно, существовали сезонные стойбища. Не исключено также и существование наземных жилищ, впоследствии разрушенных хозяйственной деятельностью. Следы такого наземного жилища были раскопаны М. Г. Косменко на поселении Кочнаволок II. Постройка (8×4 м) была выявлена по пятну розового песка, окрашенного охрой, с большим количеством находок. В центральной части зафиксирован пол жилища в виде площадки твердого утоптанного песка [Косменко, 1992. С. 74–75]. На поселениях с жилищами-полуземлянками впадины расположены в один-два ряда. А. М. Жульников выделил два основных варианта жилищ: к первому отнесены постройки прямоугольных очертаний с двумя выходами, расположенными в центре коротких стенок, и двумя очагами, ко второму – полуземлянки квадратных или близких к квадрату очертаний с одним выходом и очагом. Жилища первого варианта больше по площади и преобладают количественно [Жульников, 1999. С. 34]. При изучении материалов археологических памятников с жилищами пока не вполне ясно, является ли разнообразие размеров и конструкций жилых построек случайным или намеренным, а также насколько особенности жилищ связаны с хозяйственными и бытовыми условиями населения. По этим вопросам можно высказывать только более или менее обоснованные предположения. Для примера рассмотрим материалы двух пока неопубликованных поселений.

Кудамгуба VII находится на северо-западной оконечности Кудамгубского озера, в 350 м от берега, на древнем мысу, к которому с севера и востока подступает обширное болото, бывшее озером во время существования поселения. В настоящее время территория стоянки возвышается над болотом на 1,8–1,9 м. Поселение было открыто Г. А. Панкрушевым в 1958 г., затем в 1984–85 гг. исследования были продолжены П. Э. Песонен (372 м^2). Раскоп (240 м^2), включавший жилищную впадину, располагался на краю древнего берега, занимая невысокий прибрежный вал, узкое междувалье и частично второй вал.

Жилищная впадина правильных овальных очертаний, расположенная в междувалье, была ориентирована длинной осью в направлении северо-запад–юго-восток в сторону берега озера. Ее размеры 6×8 м, глубина в центральной части достигала 78 см. В западной части от нее отходил корытообразный выступ (выход) длиной до 3 м и глубиной 15–20 см. Под слоем подзола (10–20 см) впадину заполнял оранжевый пятнистый песок (25–40 см). На глубине 30–32 см от современной поверхности в жилище выявился пол, представлявший собой линзу коричневого сильно спекшегося песка с зольно-углистыми включениями толщиной 5–7 см, размерами 6×1,8–2,2 м. Следы сгоревших стен прослеживались в виде углистых линз и включений угольков, залегавших в слое серого песка, широкой полосой (до 2 м) окружавшего впадину. На глубине 40–45 см от современной поверхности на светлом слое окружающего материкового песка четко выявилась прямоугольная постройка, уничтоженная пожаром. По склону ее юго-западной стороны лежали части сгоревших бревен длиной до 4,5 м. Особенно отчетливо выделились северный, восточный и южный углы (рис. 3). Вдоль стен, на уровне нижнего венца, на глубине 50–60 см залегали полосы почти сплошного угля, которые с внешней стороны постройки были прикрыты чистым песком на 15–20 см, т. е. угольная полоса внешним краем заходила под песок. Видимо, стены снаружи были присыпаны песком для утепления. После зачистки на материке выявилась впадина (5,2–5,3 × 8 м) с почти плоским дном и прямыми стенками высотой до 40 см. Два выхода, в виде канавок, прослеженные в противоположных торцовых стенах, были направлены параллельно береговым валам и берегу болота (в древности – озера). У выходов из жилища залегали углистые линзы кострищ. Вероятно, эти небольшие костерки служили заслоном от комаров. Глубина выходов составляла 10–15 см от уровня материка. Очаг, сложенный из камней, размерами 1×1 м, обнаружен у стенки жилища, другой очаг, углубленный в землю, расчищен в яме, на глубине 25 см от древней поверхности, в его углистой линзе залегали два небольших валуна и отщепы кварца. Еще одна интересная деталь: вдоль длинных стен жилища на глубине 30 см от современной поверхности выявились округлые небольшие ямки (20–30 см диаметром, глубиной 10 см), заполненные охрой. Эти ярко-красные линзы располагались довольно симметрично вдоль длинных стен по две с каждой стороны. Запасы охры в горшках, ямках или в виде твердых кусков нередко встречаются в древних жилищах. В данном случае необычно симметричное расположение ямок с охрой. Рядом с северо-западным выходом из жилища был найден небольшой кусочек меди (бронзы?), а по обе стороны юго-восточ-

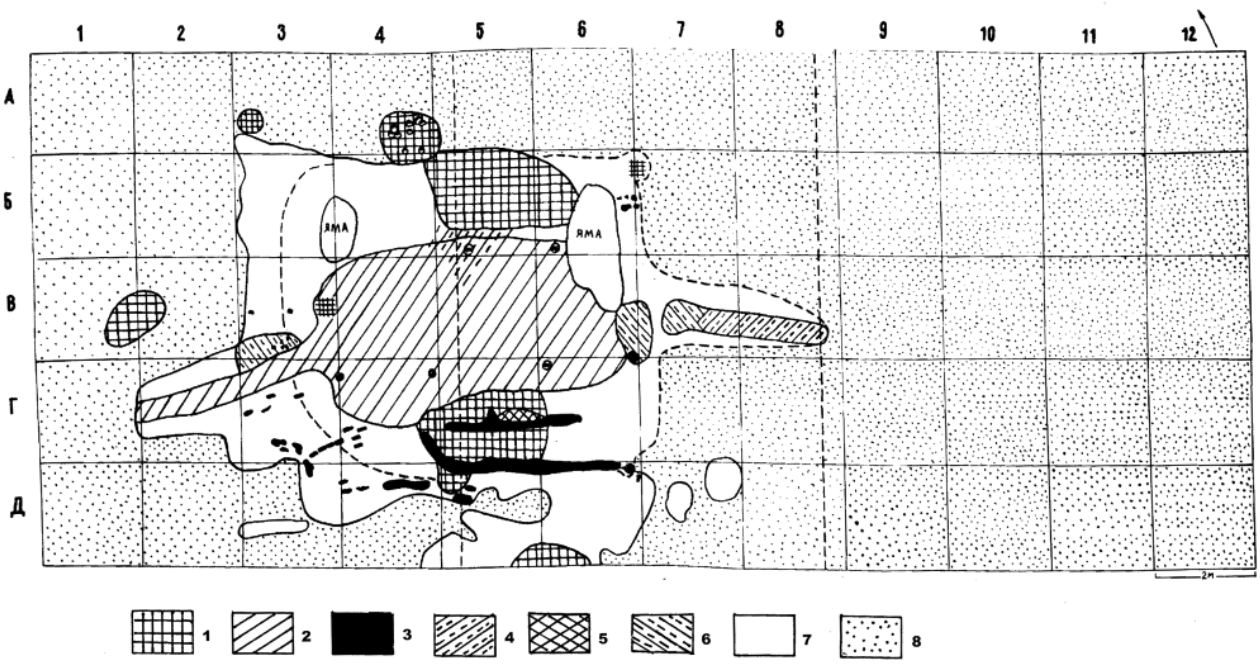


Рис. 3. Кудамгуба VII. План раскопа после выборки IV горизонта:

1 – углистый черный слой, 2 – оранжевый песок, 3 – угли, 4 – красновато-оранжевый песок, 5 – красный песок, 6 – коричневый песок, 7 – серый углистый слой, 8 – чистый материковый песок

ного выхода стояли плоскодонные горшки с примесью асбеста в глине. От первого сохранилось дно и часть стенок, второй сосуд сохранился почти полностью.

Коллекция изделий состоит из 512 фрагментов керамики (155 асбестовой, 5 – пористой, 182 – ромбоямочной, 48 – ямочно-гребенчатой, 62 – ямочной, 8 – сряйс I, 52 – сперрингс), 3 обломков глиняных изделий, 317 каменных предметов, одной обработанной кости и кусочка меди. Отходы: кварца 2248, кремня 19, сланца 47, шифера 14, кусков асбеста 4, мелких кальцинированных косточек – 841.

Можно утверждать, что жилище связано с комплексом асбестовой керамики, так как лишь ее фрагменты концентрировались на полу жилища, у юго-восточного выхода и у очага. Сосудов насчитывается около десятка, все они плоскодонные, с венчиками, слегка расширенными кверху, иногда слегка загнутыми внутрь. Орнаментированы «елочкой» из оттисков длинных и коротких гребенчатых штампов, иногда веревочки. Керамика сделана из глины с умеренной, реже значительной примесью толченого асбеста. Иногда визуально заметна и примесь органики. Один из сосудов, орнаментированный оттисками редкозубого гребенчатого штампа, вылеплен из глины с примесью не только асбеста, но и кости.

Каменный инвентарь четко разделить на разновременные комплексы не удалось; в самом деле, обломки крупных рубящих орудий (массивного топора и тесла прямоугольных очертаний) могли относиться и к более раннему времени, прочие изделия еще менее выразительны. Пожалуй, с жилищем можно определенно связывать обломки узких кремневых наконечников стрел с усеченным основанием.

По мнению П. Э. Песонен, автора раскопок, постройка была прямоугольной, срубной, нижние венцы клались прямо на землю, а с внешней стороны присыпались для тепла песком. Внутри постройки был вырыт неглубокий котлован, чтобы не сползал песок и не оголялись нижние венцы стен, он был по периметру укреплен еще рядом (а может быть, и двумя рядами) бревен. По углю из стенки жилища получена дата 4010±80 (ТА-1893).

Поселение Шелтозеро XII, открытое Г. А. Панкрушевым в 1972 г., расположено на берегу Онежского озера в 50 м от уреза воды, в 600 м северо-западнее устья впадающей в него р. Шелтозерки. Неширокой полосой (длиной 100 м, шириной 15–20 м) стоянка тянется вдоль берега, занимая неглубокое понижение между третьим и четвертым береговыми валами и частично заходя за валы. На ее территории хорошо заметны четыре овальные впадины (размером 6–10 × 5–6 м), расположенные цепочкой между береговыми валами. Расстояние между впадинами 13–20 м. Раскоп 1973 г. (204 м^2) заложен на месте одной из впадин, затем к нему для уточнения стратиграфии были прирезаны траншеи. На месте жилищной впадины выявле-

на довольно сложная стратиграфия, под слоем дерна и подзола залегали прослойки оранжевого, красного углистого и темного углистого песка. Пол жилища фиксировался по прослойке плотного коричневого ожелезненного песка. На месте юго-западной стенки жилища прослеживалась темная углистая полоса, толщиною 10–15 см, шириной 60–70 см, перекрытая беловатым песком с углями, вероятно, оставшаяся от сгоревших бревен.

В процессе раскопок была вскрыта жилищная впадина почти правильных прямоугольных очертаний, длиной 16 м, шириной от 4,8 м в северо-западной части до 5,7 – в юго-восточной. Площадь жилища с учетом толщины стен составляла около 70 м^2. Такое соотношение длины и ширины жилища встретилось в Карелии впервые (рис. 4). Судя по насыщенности культурного слоя углями, оно было уничтожено пожаром в древности, сгоревшие стены погребли под собой находившиеся на полу предметы. Видимо, поэтому на дне жилища сохранилось большое количество раздавленных глиняных сосудов и сравнительно многочисленный, хотя и довольно однообразный инвентарь. Дно жилищной впадины представляло собой довольно ровную площадку, на которой расчищены два кострища (1–1,5 м диаметром, углубленные в пол на 20–30 см), расположенные в центральной части жилища.

Коллекция изделий насчитывает 278 крупных (358 мелких) фрагментов асбестовой керамики и 19 крупных (80 мелких) фрагментов пористой, а также 268 орудий и нуклеусов из разных пород камня, отщепов и осколков кварца – 85, кремня – 11, сланца – 302, лидита – 6, песчаника – 13, кварцита – 35, куски асбеста – 3, глиняной массы – 3, обгоревшего дерева – 2, обгоревшей древесной коры – 6. Кроме того собрано 149 галек из сланца, 17 – из кварцита, 13 из песчаника, 1 – из лидита, 11 кальцинированных косточек, охра, древесный уголь. Материал орудий: сланец – 103, песчаник – 98, кварцит – 27, кварц – 20, лидит – 6, кремень – 11.

По венчикам выделено 23 сосуда, вылепленных из глины с большим количеством примеси мелко истолченных волокон асбеста. По форме они представляют собой плоскодонные горшки с выпуклыми боками и широким горлом, иногда профилированные. Толщина стенок от 3–5 до 6–7 мм, реже 8–9 мм. Большинство сосудов хорошего обжига, но встречаются и слабо обожженные, размокшие до тестообразного состояния. Орнамент чаще всего нанесен тонким гребенчатым штампом, образующим горизонтальные и косые линии, горизонтальный и вертикальный зигзаг (рис. 5: 1, 2, 4, 6). Реже встречаются простые узоры из короткого (двух- и трехзубого) штампа (рис. 5: 5, 7). Фрагменты пористой керамики орнаментированы коротким гребенчатым штампом, составляющим горизонтальный или вертикальный зигзаг или горизонтальные ряды (рис. 5: 3, 8). На венчике одного из сосудов заметны следы починки в виде просверленного отверстия (рис. 5: 2).

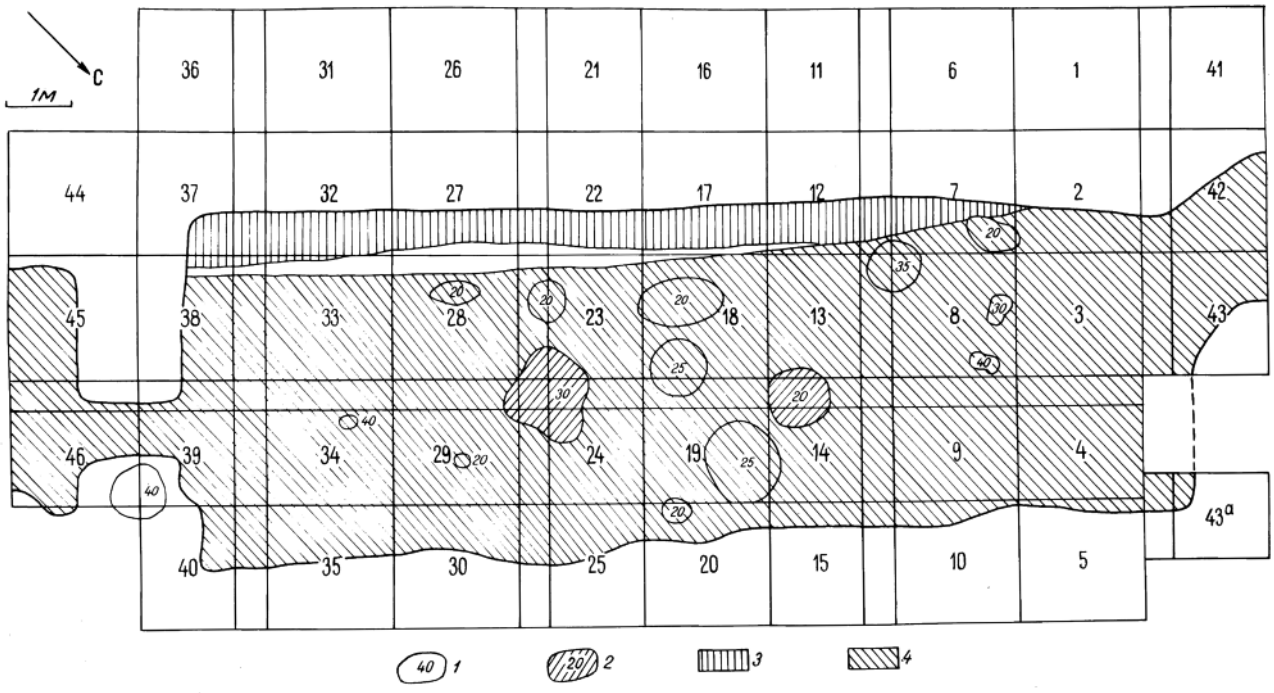


Рис. 4. Поселение Шелтозеро XII. План жилища на уровне пола:

1 – ямы, 2 – кострища, 3 – темный коричневый песок, 4 – углистый песок

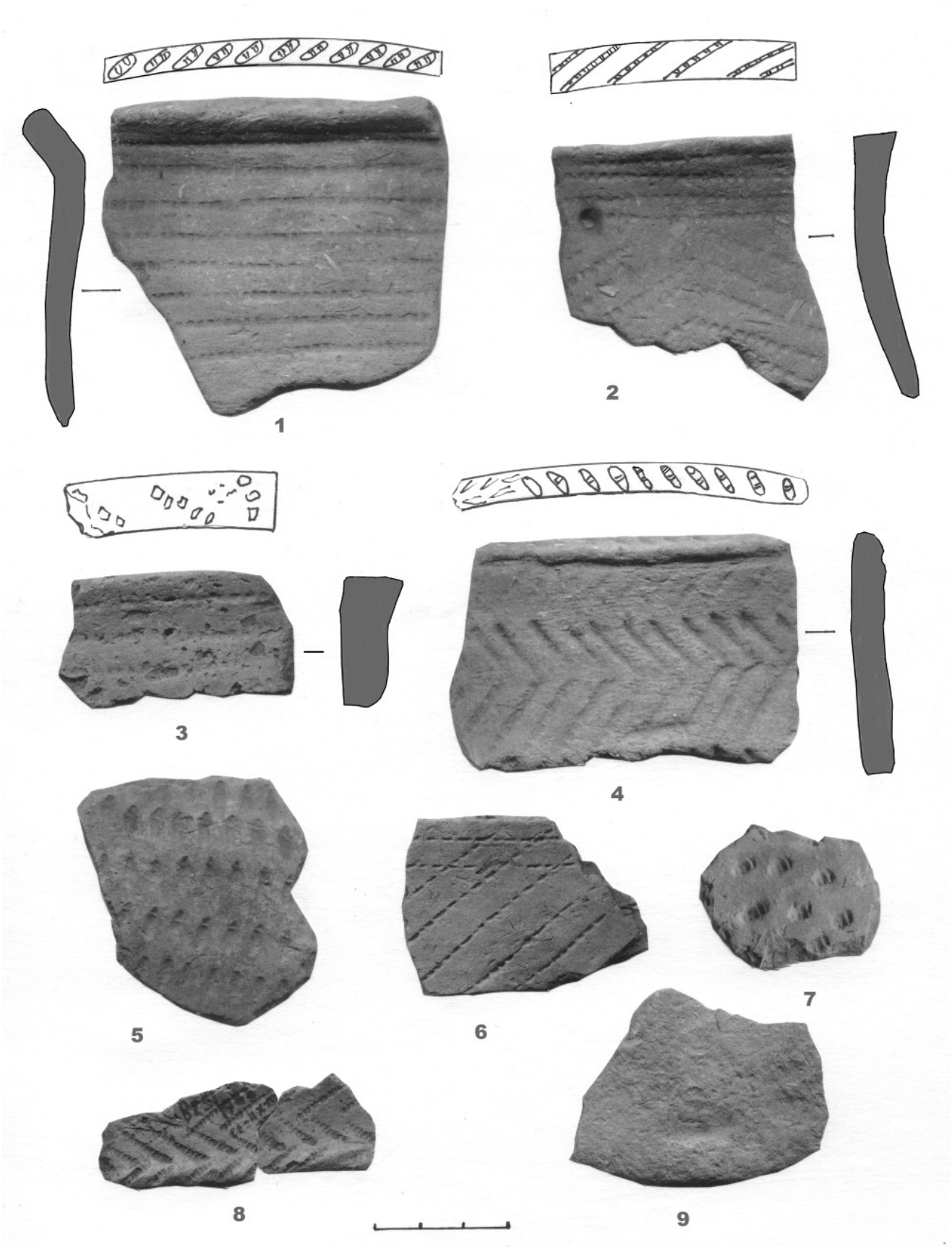


Рис. 5. Поселение Шелтозеро XII. Керамика с примесью асбеста и органики:

1–4 – фрагменты венчиков сосудов, 3 – венчик от сосуда с органической примесью, 5–7 – фрагменты стенок, 8 – придонная часть сосуда с примесью органики, 9 – фрагмент плоского дна

Каменный инвентарь поселения достаточно многочислен. Состав инвентаря типичен для памятников с асбестовой керамикой, сланцевые рубящие орудия отличаются хорошим качеством шлифовки и удлиненными пропорциями, что характерно для этого периода. С другой стороны, в каменном инвентаре имеются некоторые особенности, не отмеченные в материалах других энеолитических поселений. Например, необычно большое количество абразивов (74 обломка шлифовальных плит, более 20 точильных брусков). Между тем, шлифованных орудий, вместе с обломками и заготовками, насчитывается только 33 экземпляра. Также слишком велико число рыболовных грузил, сделанных из плоских галек (44 экземпляра). Как правило, в материалах поселений их встречается не более 5–7 штук. На этом памятнике часто использовались гальки, применявшиеся для изготовления грузил, лощил, отбойников (рис. 6). Некоторые из них, возможно, предполагалось использовать в качестве заготовок подвесок. На большинстве галек следов обработки или использования нет, но они, несомненно, специально принесены на территорию стоянки и уложены компактными кучками, причем иногда даже подобраны по размеру. Например, в юго-восточной части жилища, у его юго-западной стенки найдено скопление сложенных друг на друга продолговатых крупных галек. Признаков знакомства обитателей стоянки с металлом не выявлено.

Пропорции жилища настолько необычны, что другой аналогичной постройки на территории Карелии не обнаружено. Наибольшее сходство, пожалуй, можно найти с материалами поселения северного побережья Онежского озера Оровнаволок XVI (раскопки М. Г. Косменко). Хотя на последнем и не было таких длинных жилищ, как на Шелтозере XII, но жилище 2 также имело удлиненно-прямоугольные очертания и было снабжено тамбуром или пристройкой [Косменко, 1992. С. 72, рис. 12]. В керамике поселения можно найти и общие черты и различия с материалами Шелтозера XII. По мнению М. Г. Косменко, керамику Оровнаволока XVI можно отнести к поздней группе памятников с асбестовой керамикой, автор датирует ее согласно радиоуглеродным датам рубежом II – I тыс. до н. э. [Косменко, 1992. С. 130–145]. Возможно, к этому же времени относится и поселение Шелтозеро XII.

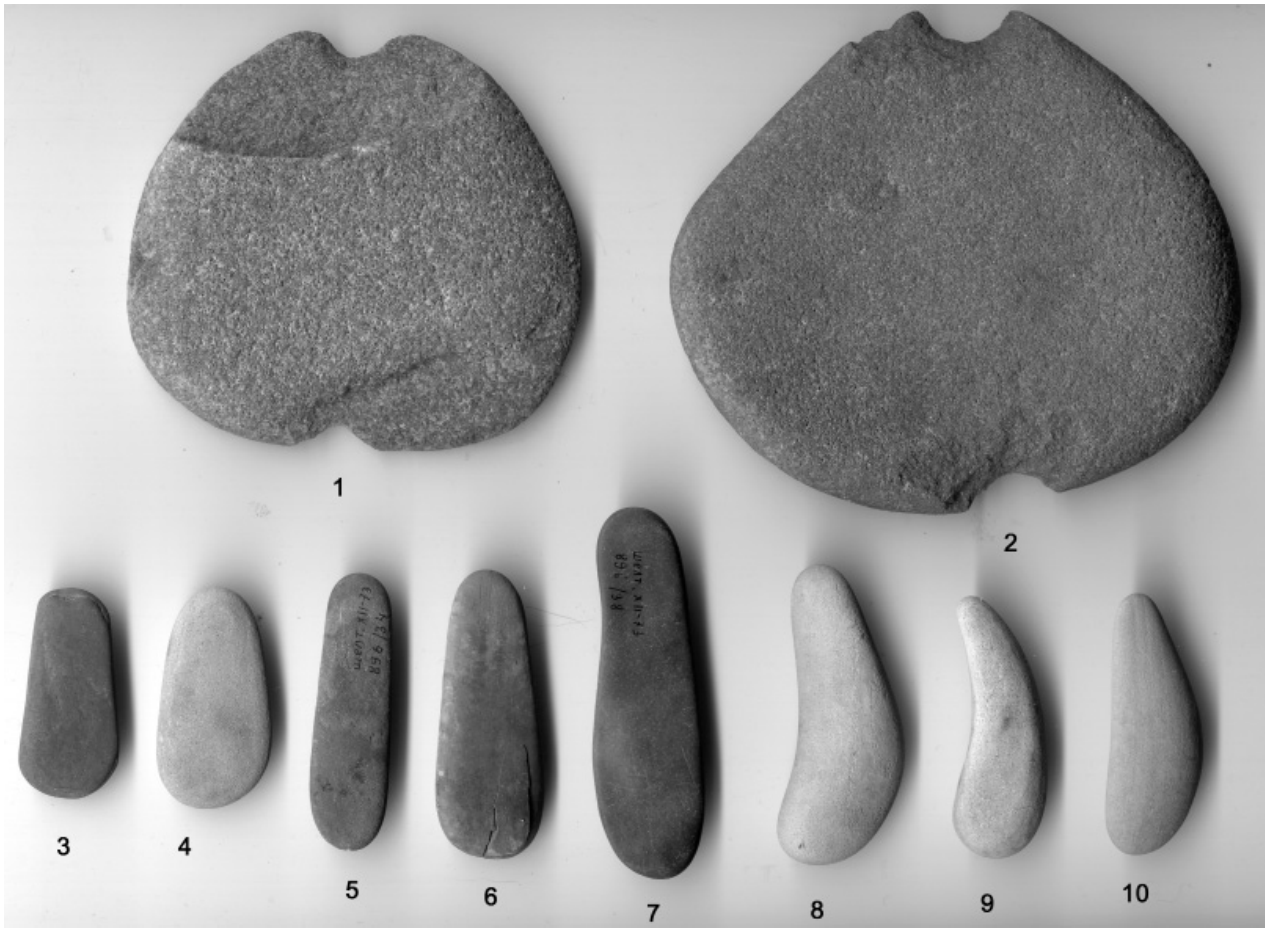


Рис. 6. Поселение Шелтозеро XII. 1, 2 – грузила из песчаника, 3–10 – сланцевые гальки

При сопоставлении материалов обоих памятников очевидно, что древние строители умело приспосабливались к особенностям ландшафта. Оба поселения расположены (Шелтозеро XII) или располагались в древности (Кудамгуба VII) поблизости от берега водоема. Жилища находились в междувальях и были ориентированы длинной осью вдоль валов. Выходы были направлены параллельно берегу водоема. Интересно, что хотя такое расположение выходов встречается чаще всего, есть и исключения. Так, в жилищах поселений, расположенных близ Пегремы, выход (обычно единственный) обращен к берегу озера [Журавлев, 1991. С. 72]. Безусловно, это не случайно, вероятно, какие-то природные особенности (направление господствующих ветров) делали удобным именно такое расположение выходов.

Всех археологов, вскрывавших древние жилища, интересовал вопрос о времени появления срубных построек в Карелии, а также с носителями какой культуры они связаны. В процессе исследования жилищ позднего неолита в районе Черной Губы автору не удалось обнаружить доказательств существования срубного жилища в это время. Стены жилищ в тот период строились из горизонтально лежащих бревен. Столбовые ямки вдоль стен (обычно хорошо выявляемые в процессе раскопок) отсутствуют. Данное обстоятельство указывает на то, что уже прекратилось строительство жилищ столбовой конструкции. Однако имеющиеся материалы не позволяют говорить об устойчиво сложившейся конструкции сруба. У более ранних жилищ (Черная Губа III, Черная Губа IX, жилища 1–4) короткие стены и углы построек выражены нечетко, утолщения или выступы углистых полос в углах не отмечены. Похожие жилища бытовали при переходе от неолита к энеолиту на территории Зауралья [Старков, 1983. С. 95–99]. В Прибалтике с гребенчато-ямочной керамикой связан иной тип жилища. На поселении Звидзе обнаружена наземная постройка столбовой конструкции из вертикально стоящих бревен, размерами 10,0 × 4,0 м [Лозе, 1988. С. 22]. Не завершился процесс сложения срубного жилища и на поселениях волосовской культуры: здесь углы построек, сложенные из горизонтально лежащих бревен, укреплены с помощью столбов [Бузин, 1990. С. 32–43]. На поселениях с ромбоямочной посудой также основания жилищ не имеют четких углов, тем более перекрестий в углах. Позднее очертания стен по всему периметру выявляются четче (Черная Губа IV), а у жилищ с асбестовой керамикой (Черная Губа IX, жилище 5) заметны и утолщения в углах. Скорее всего, именно в этот период на территории Карелии постепенно формируются традиции строительства срубного жилища, однако завершился ли этот процесс, с полной уверенностью сказать трудно. Заслуживает внимания предположение А. М. Жульникова, что присыпка стен грунтом могла способствовать укреплению конструкции жилищ [Жульников, 2003. С. 54–60].

О способах крепления кровли в жилищах позднего неолита и энеолита точных данных нет. Впрочем, следует указать, что в позднем неолите в наиболее длинном жилище (11 м) на поселении Черная Губа IX в центральной части пола зафиксированы четыре столбовые ямки, вероятно, от опор поддерживавших крышу. Кроме того, на поселении Черная Губа III на полу жилища 2 были найдены куски обгоревшей бересты. Не исключено, что они являлись частью покрытия крыши [Витенкова, 2002. С. 57]. Довольно крупные (до полуметра шириной) куски бересты, уложенные пластами, а также обгоревшие тонкие бревна, возможно, представлявшие собой части каркаса крыши, были обнаружены в жилищах с асбестовой керамикой на поселении Сумозеро XV в Беломорье [Жульников, 2005. С. 85–87].

Итак, на основании рассмотренных в статье материалов можно прийти к выводу, что древние жители Карелии и в конце неолита, и в эпоху раннего металла использовали особенности местных ландшафтов для облегчения строительства жилищ. Жилые постройки располагались в междувальях, обычно вдоль берега, выходы в большинстве случаев параллельны берегу, видимо, для защиты от ветра.

Самые ранние полуземляночные жилища, связанные с гребенчато-ямочной керамикой позднего неолита, были прямоугольными, с двумя выходами в противоположные стороны; позднее, в период существования ромбоямочной керамики, преобладали постройки почти квадратных очертаний с одним выходом. Затем, в позднем энеолите, увеличивается количество и разнообразие жилищ. Появляются оригинальные сооружения, необычно глубокие (Кудамгуба VII), необычно длинные (Шелтозеро XII), с пристройками-тамбурами (Оровнаволок XVI). Но чаще всего встречаются сооружения прямоугольной формы с двумя выходами в противоположные стороны, то есть близкие по очертаниям к жилищам позднего неолита. Возможно, такие жилища оказались наиболее удобными, но нельзя исключать и существование генетических связей между носителями гребенчато-ямочной и асбестовой керамики.

Литература

Бузин В. С. Поселения и жилища волосовской культуры как источник социологической реконструкции // Совет. археология. 1990. № 3. С. 32–43.

Витенкова И. Ф. Поселение Лакшозеро II с чистым комплексом гребенчато-ямочной керамики // Новые данные об археологических памятниках Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1986. С. 119–138.

Витенкова И. Ф. Памятники позднего неолита на территории Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2002. 182 с.

Витенкова И. Ф. Адаптация населения позднего неолита и энеолита к природным условиям Карелии // Адаптация культуры населения Карелии к особенностям местной природной среды периодов мезолита – Средневековья. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2009. С. 69–97.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Токарев П. Н. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны Восточной Фенноскандии. СПб.: Наука, 2005. 112 с.

Жульников А. М. Энеолит Карелии (памятники с пористой и асбестовой керамикой). Петрозаводск: КНЦ РАН, 1999. 187 с.

Жульников А. М. Древние жилища Карелии. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 200 с.

Жульников А. М. Поселения эпохи раннего металла. Петрозаводск: Паритет, 2005. 310 с.

Журавлев А. П. Пегрема (поселения эпохи энеолита). Петрозаводск: КНЦ РАН, 1991. 205 с.

Косменко М. Г. Многослойные поселения южной Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. 222 с.

Лобанова Н. В. Адаптационные процессы в культуре населения Карелии эпохи неолита // Адаптация культуры населения Карелии к особенностям местной природной среды периодов мезолита – Средневековья. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2009. С. 44–68.

Лозе И. А. Поселения каменного века Лубанской низины: мезолит, ранний и средний неолит. Рига: Зинатне, 1988. 206 с.

Мельников И. В. Новые археологические памятники южного Заонежья // Кижский вестник № 6. Петрозаводск: Б.и., 2001. С. 201–203.

Мельников И. В. Неолитический памятник Вожмариха 4 в южном Заонежье // Кижский вестник № 10. Петрозаводск: Б.и., 2005. С. 216–248.

Мельников И. В. О новом комплексе памятников первобытной археологии на территории южного Заонежья // Первобытная и средневековая история и культура Европейского Севера: проблемы изучения и научной реконструкции: междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. ст. и докл. Соловки: Б.и., 2006. С. 98–105.

Панкрушев Г. А. Отчет о работе Онежского отряда Карельской археологической экспедиции за 1973 год // Архив Карельского научного центра РАН. Ф. 1. Оп. 29. № 311.

Песонен П. Э. Отчет о работе Суоярвского отряда Карельской археологической экспедиции за 1985 год // Там же. Ф. 1. Оп. 50. № 997.

Старков В. Ф. Жилища эпохи неолита и энеолита в лесном Зауралье // Изыскания по мезолиту и неолиту СССР. М.: Б.и., 1983. С. 95–101.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Витенкова Ирина Филипповна
научный сотрудник сектора археологии, к. и. н.
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: plavira@onego.ru
тел.: (8142) 702991

Vitenkova, Irina
Institute of Language, Literature and History
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: plavira@onego.ru
tel.: (8142) 702991

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 170–177

АСПИРАНТСКИЕ ТЕТРАДИ

УДК 903.024(470.2) «10/14»

ГОНЧАРНАЯ ПОСУДА НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ В КОНЦЕ XI – НАЧАЛЕ XV вв.*

И. М. Поташева

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье впервые рассматривается гончарная посуда средневековых городищ Хямеенлахти-Линнавуори, Соскуа-Линнамяки, Терву-Линнасаари и Паасо. Установлено типологическое сходство керамического материала с датированными коллекциями гончарной посуды средневековых городов Северо-Запада России. Разработаны типология, периодизация и хронология гончарной керамики.

Ключевые слова: гончарная керамика, северо-западное Приладожье, типология, хронология, периодизация, развитие гончарного ремесла.

I. M. Potasheva. WHEEL-THROWN POTTERY OF THE NORTH-WESTERN PRILADOZHJE POPULATION IN THE LATE 11TH – EARLY 15TH CENTURIES

The article concerns original data on pottery from medieval hillforts such as Hämeenlahti-Linnavuori, Soskua-Linnamäki, Tervu-Linnasaari and Paaso. Ceramic material demonstrates typological similarity with dated collections from medieval towns of Russian Northwest. The research provides typology, periodization and chronology of wheel-thrown pottery.

Key words: wheel-thrown pottery, north-western Priladozhje, typology, chronology, periodization, pottery development.

На территории северо-западного Приладожья известны археологические памятники, которые сохранили вещественную память о карелах (упоминающихся в летописях как племя *корела*), населявших эти земли в эпоху Средневековья. Среди них – городища Хямеенлахти-Линнавуори, Соскуа-Линнамяки, Терву-Линнасаари и Паасо, укрепленные поселения, бóльшая часть которых обнаружена и исследована в ходе экспедиционных работ, проводившихся под руководством С. И. Кочкуркиной в 1974–2009 гг. Городища функционировали в XII–XIV вв. За этот недолгий период в культурном слое памятников сохранилось немало предметов, когда-то принадлежавших проживавшим здесь жителям. Традиционно в число массовых находок вошла керамика, коллекция которой насчитывает 1368 фрагментов гончарных изделий.

* Статья выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований секции истории Отделения историко-филологических наук РАН «Нации и государство в мировой истории».

Обломки обожженной глиняной посуды прекрасно сохраняются, несмотря на разрушительное действие времени и природных сил, благодаря чему керамика количественно преобладает на большинстве археологических памятников. Глиняная утварь не представляла серьезной ценности ввиду доступности материала и относительной простоты изготовления изделий; поврежденные вещи выбрасывались, а в случае экстренных ситуаций, будь то пожар или набеги неприятеля, сосуды оставлялись хозяевами на месте. Все это свидетельствует в пользу надежности керамики как источника по изучению быта древних людей.

Керамика средневековых карел северо-западного Приладожья представлена самыми простыми формами посуды – кухонными горшками. В большинстве случаев это сосуды средних размеров (диаметр 13,2–36 см), выполненные из серой, желтой и значительно реже беложгущейся глины. Более половины сосудов (34 горшка, 56,7 %) имеют хороший обжиг, который по внешним показателям можно считать горновым, однако сами горны или их остатки не обнаружены на городищах.

Посуда изготавливалась при помощи гончарного круга, доказательством чему служат слегка заметные опоясывающие сосуд линии, сохранившиеся на внутренней и внешней поверхностях – следы вращения изделия при формовке и на конечных стадиях обработки. О применении гончарного круга также свидетельствуют сложно профилированные венчики сосудов, особенно так называемой «гофрированной» формы (подробнее об этих горшках будет сказано ниже), отличающиеся высоким качеством выделки.

Актуален вопрос о появлении гончарного круга у населения древнекарельских городищ. По мнению финляндской исследовательницы Э. Кивикоски, карелы получили гончарный круг «в историческое время из русских рук» [Цит. по Кирпичников, 1979. С. 70], что вполне возможно, учитывая наличие связей корелы с Новгородом и само собой разумеющееся заимствование карелами более развитых технологий соседей-славян. С другой стороны, как справедливо отметил Б. А. Рыбаков, гончарный круг мог самостоятельно изобретаться на поселениях и городищах, а не обязательно перениматься [Рыбаков, 1948. С. 74]. Такая точка зрения выглядит обоснованной в связи с тем, что первые гончарные круги не представляли собой сложнотехнические изобретения и «эволюционировали» из обычной подставки под сосуд, которая предотвращала прилипание дна к столу и облегчала процесс лепки изделия. Такой подставкой удобно пользоваться при изготовлении сосуда, и она с легкостью могла быть преобразована в примитивный гончарный круг при креплении ее на ось или некое подобие оси либо вращающейся опоры.

На основе визуального анализа образцов гончарной керамики поселений установлено, что древние карелы изготовляли посуду из теста двух видов. В одном случае это могла быть обычная серая или желтая глина с примесью грубого отощителя – песка или дресвы, значительно снижавшего усадку и растрескивание сосудов при обжиге. Из такого теста сделан 51 (85 %) горшок. Меньшая доля утвари изготовлена из пластичной беложгущейся глины, в которую также добавлялась неорганическая примесь. Таких сосудов в коллекции керамики четырех городищ всего девять (15 %). Как правило, древние карелы украшали посуду орнаментом, различные узоры присутствуют на большинстве горшков (46 сосудов, 76,7 %). Наиболее популярны линейный (33,3 %) и волнистый (16,7 %) виды орнамента, которые являются традиционным декором гончарной посуды Северо-Запада Руси.

Для того чтобы проследить стадии развития гончарного ремесла на городищах, в первую очередь необходимо разработать типологическую классификацию керамики и синхронизировать типы круговой посуды с типо-хронологическими колонками сосудов центральных городов Северо-Запада Руси, а затем выявить последовательность смены форм гончарных изделий. Для классификации отобрано 60 сосудов, выделено восемь типов с вариантами.

Тип I (два сосуда). Слабопрофилированные горшки с отогнутым закругленным венчиком и небольшим утолщением на шейке, диаметром 14–20 см (рис. 1: 1, 2). Посуда типа I не была распространена на Северо-Западе Руси и соответствует типу V-1–А в Торжке, который имеет четкий верхний рубеж – 1160-е гг. Время появления данного типа не установлено, известно, что он начинает распространяться с конца XI в. [Малыгин, 1991. С. 208]. Ориентируясь на хронологию керамики Торжка, можно предположить, что тип I формируется в конце XI в. и выходит из употребления во второй половине XII в.

Тип II (12 сосудов). Горшки S-видной формы с короткой шейкой и отогнутым венчиком, диаметром 16–20 см (рис. 1: 3–5). **Вариант А** – сужающийся к краю венчик имеет уступ с внутренней стороны. Соответствует малораспространенному типу III в Новгороде и датируется 930-ми гг. – началом XI в. [Малыгин, Гайдуков, Степанов, 2001. С. 89]. **Вариант Б**. Венчик

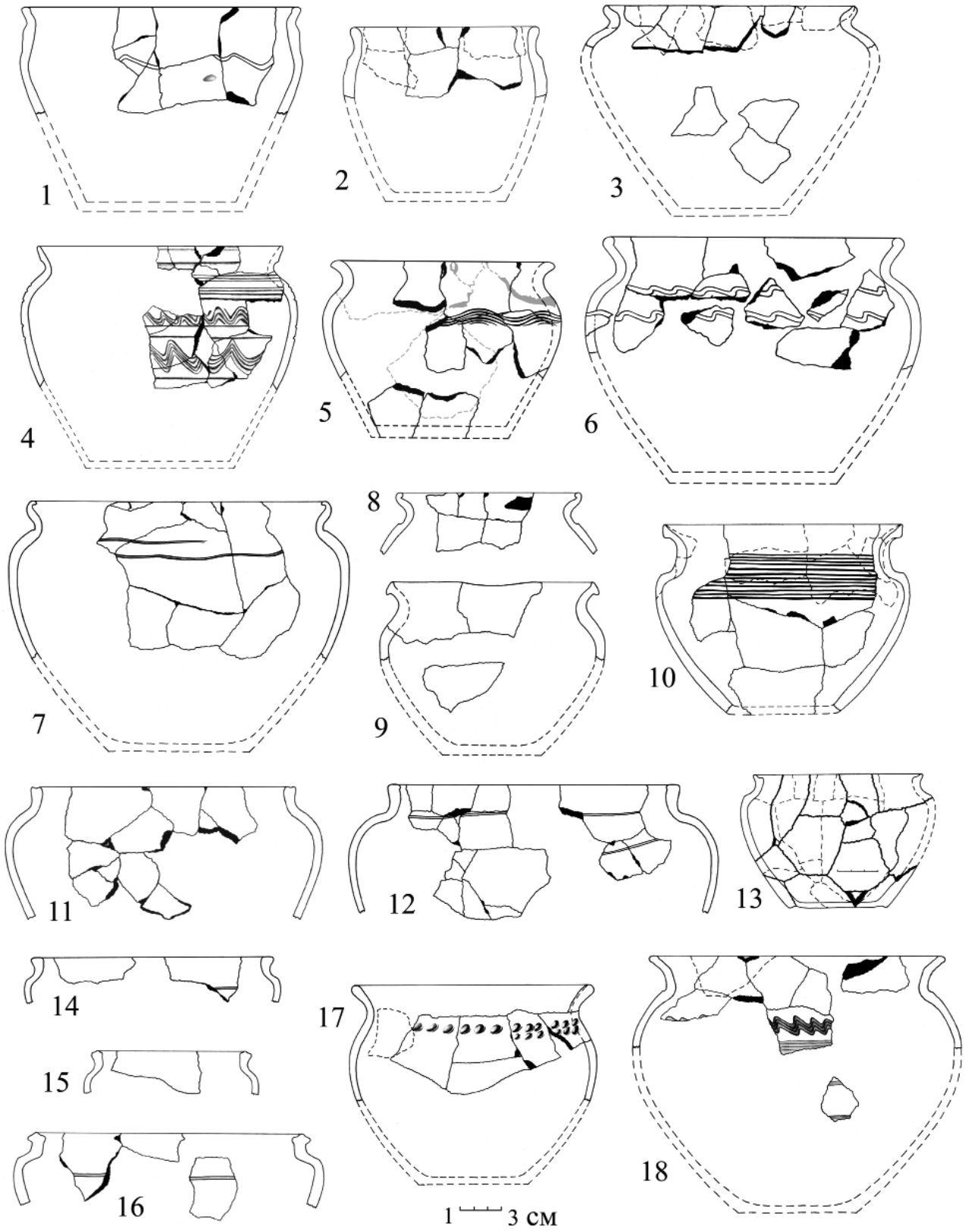


Рис. 1. Гончарная керамика. Типы I–VI

сужается кверху, край скруглен, с внешней стороны на венчике имеется уступ в виде зазубрины. Аналогичен типу II Новогрудка, где встречается с конца X в., заметно преобладает в XI в. и исчезает в первой половине XII в. [Малевская-Малевич, 2005. С. 33]. **Вариант В.** Край немного заострен. Соответствует немногочисленному типу IX керамики Новогрудка, который бытует во второй половине XII в. и преобладает среди остальных форм посуды в XIII в., заходя в его вторую половину [Малевская-Малевич, 2005. С. 42].

Вероятно – тип II появляется в X в. и сперва представлен горшками варианта А, которые выходят из употребления в начале XI в.; с конца X в. вместе с вариантом А начинает сосуществовать вариант Б, исчезающий в первой половине XII в. Поздний вариант В получает распространение в XII–XIII вв. и бытует до второй половины – конца XIII в.

Тип III (три сосуда). Горшки S-видной профилировки с удлиненным отогнутым венчиком, край которого загнут вовнутрь, диаметром 14–22 см (рис. 1: 6–8). **Вариант А.** Край венчика образует круглый валик. Такая посуда широко распространена на Северо-Западе России. Тип III-А находит аналогии в новгородском типе II-Д [Смирнова, 1956. С. 234], употреблявшемся в 1055–1238 гг. [Колчин, 1963. С. 90], в псковском типе IV-Б, бытующем во второй четверти XIII–XIV вв. [Кильдюшевский, 2002. С. 12]. В Твери соответствует керамике типа I-А из горизонтов XIII–XV вв. [Лапшин, 2009. С. 128], а в Суздале – типу VIII-А, появившемуся в конце XI в. [Лапшин, 1992. С. 97]. В Новогрудке сосуды аналогичной профилировки объединены в тип V-А, который складывается в середине – конце XI в., преобладает в XII в. и постепенно исчезает в XIII в. [Малевская-Малевич, 2005. С. 37]. В Корельском городке керамика данного типа составляла до 40 % керамического набора в начале XIV в. [тип 1, по А. Н. Кирпичникову; Кирпичников, 1979. С. 72]. **Вариант Б.** Край венчика сильно утончен либо имеет миниатюрный валик. На шейке сосуда присутствует небольшой желобок. Как и предыдущий вариант, соответствует типу VIII-А в Суздале [Лапшин, 1992. С. 97], находит аналогии среди ранних вариантов типа IV в Пскове, которые возникают в XIII в. и бытуют в XIV в. [Кильдюшевский, 2002. С. 12], также в керамике типа V Новогрудка, распространенной в XII в. [Малевская-Малевич, 2005. С. 37].

Варианты А и Б типа III, вероятно, синхронны и сосуществуют с середины XI в. до конца XIV в. Требуется уточнение нижней хронологической границы типа.

Тип IV (два сосуда). Горшки S-видной формы с удлиненным горлом, диаметром 15–18 см. Венчик отогнут наружу, край оттянут с верхней и нижней сторон (рис. 1: 9, 10). **Вариант А.** Сосуды с плавными очертаниями профиля и «секировидным» краем венчика в сечении. Повторяет форму горшков новгородского типа V-Б, которые бытовали в середине – конце X в., начале XI в. и, возможно, до начала – середины XII в. [Малыгин, Гайдуков, Степанов, 2001. С. 91]. Соответствует типу II-А (XI – вторая половина XII в.) в Суздале [Лапшин, 1992. С. 96], типу VI-А в Новогрудке, датирующемуся преимущественно XII в. [Малевская-Малевич, 2005. С. 37], и отдельным горшкам из ижорского могильника близ д. Кирсино Ленинградской области, который, по всей вероятности, относится к середине XII в. [Сорокин, 2008. С. 113]. **Вариант Б.** Сосуды с выраженным уступом в плечике и горлом цилиндрической формы. III-Б находит аналогии в псковском типе VI-В, бытующем со второй половины XIV до середины или конца XV в. [Кильдюшевский, 2002. С. 12], и в типе II-Г Суздаля из комплексов конца XI – середины XII в. [Лапшин, 1992. С. 96]. В Новогрудке это тип VI-В; он формируется в конце XI в., часто встречается в XII в. и почти отсутствует в XIII в. [Малевская-Малевич, 2005. С. 37].

Тип IV, должно быть, появляется в конце X – начале XI в., сначала представлен горшками варианта А; он исчезает в первой половине XII в., когда оформляется вариант Б, распространенный в XII в. Маловероятно, что тип IV заходил в XIII в.

Тип V (семь сосудов). Крутобокие горшки с коротким вертикальным горлом, диаметром по венчику 12–22 см (рис. 1: 11–16). **Вариант А.** Край венчика срезан горизонтально, может иметь желобок или небольшую закраину. Соответствует варианту типа III-Г в Новгороде, появляющемуся на рубеже XI–XII вв. и достигающему пика распространения (70 %) и вариативности форм венчика в 17–16 ярусах, т. е. в 1177–1224 гг. [Смирнова, 1956. С. 241; Колчин, 1963. С. 90]. Обнаруживает аналогии в тверском типе XII, который появляется в 30-е гг. XIV в. и впоследствии преобладает до первой половины XV в., и в типе III Торжка, бытующем со второй трети XIV в. [Лапшин, 2009. С. 129; Малыгин, 1991. С. 200]. В Пскове схожие сосуды из белой глины, использование которой началось только на рубеже XV–XVI вв., объединены в тип X [Кильдюшевский, 2002. С. 14]. Аналогичная керамика присутствует в горизонтах 1310–1380 гг. Корельского городка (тип 5, до 27–35 %) [Кирпичников, 1979. С. 73]. **Вариант Б.** Горшки с высоким плечиком и венчиком, край которо-

го срезан горизонтально либо имеет желобок или оттяжку. Соответствует варианту типа III-Г в Новгороде, преобладающему в 1177–1224 гг. [Смирнова, 1956. С. 241], тверскому типу VII, встреченному в слоях до 1360-х гг. [Лапшин, 2009. С. 128], и виду 2 типа VIII керамики Торжка, бытовавшему со второй трети XII в. [Малыгин, 1991. С. 201]. В Корельском городке соответствует керамике типа 5 [Кирпичников, 1979. С. 73]. **Вариант В.** Горшки с вертикальным горлом и «треугольным» в сечении венчиком. Находит аналогии в вариантах керамики типа III-Г в Новгороде, составлявшего более 50 % посуды в XIV в. [Смирнова, 1956. С. 244], и в типе XI-Б Торжка, появляющемся с последней четверти XIV в. [Малыгин, 1991. С. 202].

Варианты А и Б типа V существуют с начала – первой половины XII в. В XIV в. образуется вариант В. III-А и III-Б бытуют в XIII–XIV вв., неизвестно, заходят ли эти варианты в XV в. Верхний рубеж варианта В не определяется.

Тип VI (три сосуда). Сосуды с высоким венчиком, горлом в виде раструба, низким плечиком, диаметром 18–22 см (рис. 1: 17, 18). **Вариант А.** Линии профиля плавные, венчик расширяется кверху. Соответствует типу V-Б в Пскове, употреблявшемуся со второй четверти – середины XIII в. до первой половины XIV в. [Кильдюшевский, 2002. С. 12], и сосудам вида 2–А типа V Торжка, который часто встречается с конца XI до середины XII в. [Малыгин, 1991. С. 214, 215]. **Вариант Б.** Отличается резким изгибом в профиле шейки. Аналогичен типу IX в Твери, где обнаружен в слоях до 1380–х гг., и типу VIII в Новгороде, бытующему с середины XII до середины XIV в. [Лапшин, 2009. С. 129; Малыгин, Гайдуков, Степанов, 2001. С. 95]. В Новогрудке распространен в XII–XIII вв. [тип VIII-В, Малевская-Малевич, 2005. С. 41]. Также соответствует ранним вариантам типа V в Пскове, датированным второй четвертью–серединой XIII в. – первой половиной XIV в. [Кильдюшевский, 2002. С. 12].

Датировка варианта А типа VI неоднозначна; с большей вероятностью он синхронен типу V-2–А Торжка, т. е., появившись в конце XI в., исчезает уже в середине XII в., когда появляется вариант Б, бытующий до середины XIV в.

Тип VII (17 сосудов). Ребристые горшки диаметром 13,2–36 см (рис. 2: 1–8). **Вариант А** имеет удлиненный венчик с утолщенным краем. Соответствует типу VIII керамики Новогрудка XII–XIII вв. [Малевская-Малевич, 2005. С. 40], сосудам с крутым плечиком типа IX в Твери, встречающимся до 1380-х гг. [Лапшин, 2009. С. 129], и типу VI-Б Суздаля из комплексов XII в. – первой трети XIII в. [Лапшин, 1991. С. 97]. Горшки с ребром в плече появляются в XIII в. в Новгороде и представлены вариантом III-Г, при этом Г. П. Смирнова указывает, что в целом посуда с уступом характерна для более позднего времени [Смирнова, 1956. С. 242]. **Вариант Б.** Сосуды с коротким утолщенным венчиком. Соответствует типу V-В керамики Пскова, бытующему в начале XIV–XVI вв. [Кильдюшевский, 2002. С. 12]. В Новгороде горшки с выраженным ребром и коротким венчиком появляются поздно – с 5-го яруса или 1409 г. [Колчин, 1963. С. 90]; они выделены в тип VIII [Смирнова, 1956. С. 232]. **Вариант В.** Сосуды с почти вертикальным горлом, край венчика слегка оттянут.

Установить четкие границы бытования типа VII не удается. Сосуды варианта А определенно были распространены в XIII в., допускается их существование вплоть до конца XIV в. Горшки варианта Б, вероятно, употреблялись в XIV в. Вариант В на данный период не находит аналогий, в результате чего его датировка остается неясной.

Тип VIII (14 сосудов). Сосуды с длинным гофрированным венчиком, диаметром 9–20 см (рис. 2: 9–17). **Вариант А.** Сосуды с туловом усеченно-конической формы, вертикальным венчиком, край которого срезан или имеет ложбинку. Соответствует типу XI-А в Твери, обнаруженному в слоях 30–80-х гг. XIV в., и типу IV Торжка, бытовавшему со второй половины XIII до конца XIV в. [Лапшин, 2009. С. 129; Малыгин, 1991. С. 207]. **Вариант Б.** Венчик отогнут наружу, край оттянут с обеих сторон. Посередине венчика наблюдается утолщение, образованное, по-видимому, вследствие неаккуратной формовки. Находит аналогии в некоторых сосудах типа IV в Твери, встречающихся до 1330 г. [Лапшин, 2009. С. 128], и среди сосудов с уступом в плечике вариантов типа III-Г в Новгороде, которые входят в обиход в XIII в. [Смирнова, 1956. С. 242]. **Вариант В.** Сосуды с ребристым профилем, крутыми плечиками. Отличаются сложной профилировкой гофрированного венчика с вычурным краем. Так же, как и VIII-Б, соответствует типу IV в Твери, однако профилировка сосудов северо-западного Приладожья более сложная. Выделяются две разновидности: ***разновидность 1*** характеризуется причудливой формой края венчика, он может иметь закраины, оттяжки или форму неправильного в сечении многоугольника; ***разновидность 2*** представлена сосудами с мелким гофрированием венчика с закругленным краем.

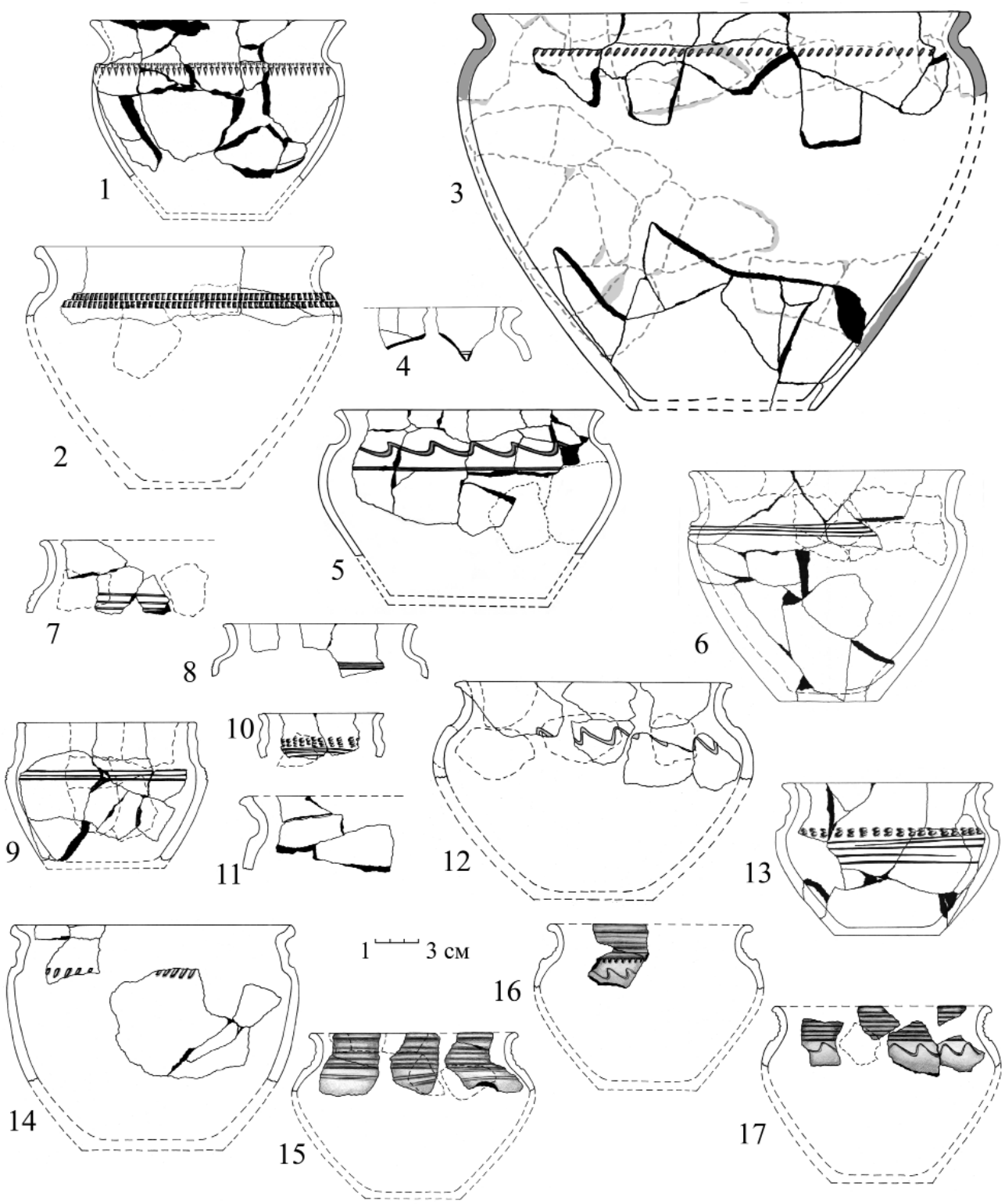


Рис. 2. Гончарная керамика. Типы VII и VIII

Варианты А и Б типа VII, вероятно, существуют синхронно с керамикой Торжка, т. е. со второй половины XIII в. Неизвестно время появления варианта В. Вместе с тем, все варианты бытуют в начале XIV в. и исчезают к его концу.

Гончарная керамика городищ северо-западного Приладожья находит много аналогий в посуде Ленинградской, Новгородской, Псковской и Владимирской областей, центральной России и Белоруссии. Сходство закономерно: на момент образования укрепленных поселений в северо-западном Приладожье в близлежащих регионах уже существовали города с развитым гончарным производством, откуда,

по-видимому, и происходило заимствование гончарных традиций.

В небольшом количестве на городищах присутствуют горшки ранних форм, уходящих в X в. (тип II-А, II-Б, IV-А), некоторые из них (II-Б, IV-А) продолжают бытовать в первой половине XI в. В X – первой половине XI в. типичной формой гончарной керамики были горшки с правильным S-видным профилем, коротким отогнутым венчиком. Со второй половины XI в. встречаются горшки с удлиненным венчиком типа III, а в конце XI в. в керамическом наборе присутствует слабопрофилированная посуда с валикообразным утолщением на шейке (тип I, VI-А). На рубеже XI–XII вв. среди сосудов с коротким венчиком появляется тип II-В; оформляется тип IV-Б с удлиненным венчиком и округлым уступом в плече.

В первой половине XII в. до его середины еще сохранялись формы XI в. (тип I, II-Б, IV-А), возникает тип VI-А. В это же время оформляются варианты А и Б типа V – крутобокие сосуды с коротким вертикальным венчиком, край которого может иметь несколько вариантов. Позже, в середине XII в. появляется вариант Б типа VI – горшки с ломаным профилем и резко отогнутым удлиненным венчиком. Все XII столетие распространены S-видные сосуды типа II-В, III-А, а также горшки с резким перегибом в шейке типа III-Б.

В XIII в. по-прежнему употреблялась посуда типа III (оба варианта) с валиком на внутреннем крае венчика; эта керамика долгое время существовала на памятниках Северо-Запада Руси. На протяжении всего XIII в. сохраняются сосуды с пухлым туловом типов V-А и V-Б, а также тип VI-Б. В середине XIII в. появляются горшки с гофрированным венчиком вариантов А и Б типа VIII. Не исключено, что в конце века получает распространение белоглиняная керамика типа V-В, а также ребристые формы горшков VII-А, VII-Б, имеющие ярко выраженный излом в плечике. Вероятно, обе разновидности сложнопрофилированного типа VIII-В появились также в конце XIII в.; тип II-В исчезает.

На протяжении XIV столетия сохраняются архаичные сосуды типа III, крутобокие горшки типа V. Весь XIV в. бытуют ребристые сосуды типа VII-Б и типа VIII, выделяющиеся гофрированной профилировкой венчика, которая у более позднего варианта В отличается мастерством выделки. Неизвестно, продолжал ли существовать тип VII-А. Особенную сложность вызывает датировка варианта В типа VII, пока временной диапазон существования сосудов этого варианта не определяется. В XV в., возможно, сохранились сосуды типов IV-Б, V, VII-Б, т. к. верхние рубежи бытования аналогичных им типов не дают однозначных результатов для синхронизации.

В целом морфологическое развитие керамического комплекса выглядит следующим образом: в X–XI вв. горшки имели слабопрофилированную или S-видную форму с коротким венчиком, причем последняя сохранялась до конца XIII в. У некоторых сосудов XI в. венчик удлиняется, что наблюдается и в последующем столетии, когда наряду с плавным профилем сосудов появились ломаные формы с резко выраженной шейкой или округлым уступом в плечике. Тем не менее сохраняются сосуды с коротким венчиком, в XIII в. они отличаются крутыми припухлыми боками, вертикально расположенным венчиком, край которого может иметь различные варианты оформления. В XIII в. также возникают формы с резким переломом профиля в плече – т. н. ребристые горшки – и сосуды со слабо гофрированным венчиком. Искусно оформленный мелко гофрированный венчик появляется у сосудов в XIV в., они сосуществуют с древней керамикой, имеющей валик с внутренней стороны венчика, и крутобокими сосудами с коротким венчиком.

Схожие тенденции в эволюции форм керамики отчетливо наблюдаются в материалах Новгорода, отчасти Старой Ладоги и Твери, что подтверждает роль гончарного ремесла этих центров как образцов для подражания и заимствования культурных традиций.

Литература

Кильдюшевский В. И. Керамика Пскова XII–XVII века // Ладога и ее соседи в эпоху Средневековья. СПб.: ИИМК РАН, 2002. С. 5–33.

Кирпичников А. Н. Историко-археологические исследования древней Корелы («Корельский город» XIV в.») // Финно-угры и славяне. Л.: Наука, 1979. С. 52–74.

Колчин Б. А. Дендрохронология Новгорода // Новые методы в археологии: Труды Новгородской археологической экспедиции. Материалы и исследования по археологии СССР, № 117. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Т. III. С. 5–103.

Кочкуркина С. И. Древнекарельские городища эпохи Средневековья. Петрозаводск, СПб.: Взлет, 2010. 262 с.

Лапшин В. А. Керамическая шкала домонгольского Суздаля // Древнерусская керамика. М.: ИА РАН, 1992. С. 90–102.

Лапшин В. А. Тверь в XIII–XV вв. (по материалам раскопок 1993–1997 гг.). СПб.: Факультет филологии и искусств СПбГУ, 2009. 540 с.

Малевская-Малевич М. В. Керамика западнорусских городов X–XIII вв. СПб.: Нестор-История, 2005. 160 с.

Малыгин П. Д., Гайдуков П. Г., Степанов А. М. Типология и хронология новгородской керамики X–XV вв. (по материалам Троицкого XI раскопа) // Новгород и Новгородская земля. 2001. Вып. 15. С. 82–97.

Малыгин П. Д. Типология и хронология новоторжской керамики XI–XIV вв. // Материалы по археологии новгородской земли. 1990. М.: Наука, 1991. С. 198–216.

Смирнова Г. П. Опыт классификации керамики древнего Новгорода (По материалам раскопок 1951–1954 гг.) // Материалы и исследования по археологии СССР. № 55. Труды новгородской археологической экспедиции. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 228–248.

Сорокин П. Е. Археологическое изучение средневековых памятников в Приневье. Новые данные по археологии ижоры // Археологическое наследие Санкт-Петербурга. СПб.: ИИМК РАН, СЗИ Наследия, 2008. Вып. 2. С. 88–128.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Поташева Ирина Михайловна
аспирантка
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия
Россия, 185910
эл. почта: irina.potasheva@mail.ru
тел.: (8142) 781886

Potasheva, Irina
Postgraduate student
Institute of Language, Literature and History
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: irina.potasheva@mail.ru
tel.: (8142) 781886

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 178–184

УДК 398.2(470.22)

МИРОВОЕ ДРЕВО И ЛАНДШАФТНЫЕ ЗНАКИ-СИМВОЛЫ ЕГО ЛОКАЛИЗАЦИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ КАРЕЛЬСКИХ ЭПИЧЕСКИХ ПЕСЕН И ЗАКЛИНАНИЙ)

М. В. Кундозерова

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Статья посвящена проблеме локализации большого дуба, символизирующего в карельских эпических песнях и заклинаниях мировое древо. Согласно фольклорным текстам, ландшафтными знаками-символами этой локализации являются вода, остров/мыс, камень/скала, гора, земля, нередко соотнесенные между собой. В статье раскрывается семантика указанных локусов и выясняется, что произрастание большого дуба сопровождается актом творения мироздания.

Ключевые слова: карельские эпические песни, заклинания, мировое древо, большой дуб, вода, море, залив, остров, мыс, камень, скала, гора, земля.

M. V. Kundozerova. THE WORLD TREE AND THE LANDSCAPE SYMBOLIC SIGNS OF ITS LOCATION (BASED ON KARELIAN EPIC SONGS AND SPELLS)

The paper deals with the problem of localization of the Great Oak, which symbolizes the World tree in Karelian epic songs and spells. According to folklore texts, the symbolic signs of the location in the landscape are water, island/cape, rock/cliff, mount, land, which are often referenced to one another. The paper discloses the semantics of the named loci. Growth of the Great Oak was found to correlate with the act of World Creation.

Key words: Karelian epic songs, spells, the World Tree, the Great Oak, water, sea, bay, island, cape, rock, cliff, mount, land.

Мотив произрастания до небес большого дуба, который встречается в карельских эпических песнях и заклинаниях, является отголоском мифа о мировом древе, соединяющем миры и символизирующем ось Вселенной. Образ мирового древа воплощает универсальную концепцию мира. Ранее нами были рассмотрены предпосылки возникновения этого древа, в результате чего определены природные стихии и универсальные субстанции, из которых вырастает изображенный в рунах большой дуб [Кундозерова, 2012]. На карельском материале отчетливо прослеживается, что мировое древо (большой дуб) соединяет не просто миры, но и различные природные стихии: воду и огонь, воздух и камень, а также различные в мифологическом смысле пространства: близкое и далекое, земное и потустороннее. Все эти компоненты мироздания представлены в экзистенционально-природных образах, маркированы ландшафтными знаками-символами, которые и предполагается рассмотреть в данной статье. В обозначенном ракурсе образ большого дуба, воспетый в карельских рунах, рассматривается впервые. На данном этапе в работе использованы 68 вариантов рун и 120 вариантов

заклинаний. Источниковой базой исследования являются тексты, опубликованные в таких собраниях рун, как SKVR (тома I, II, VII); KKR (книга I), КФНЭ, КЭП. Учитывая неоднородность эпической традиции разных локальных групп карелов (беломорские, олонецкие и приладожские карелы), нами будут при необходимости (имеется в виду доминирование какого-либо мотива в той или иной традиции) внесены соответствующие оговорки.

Итак, обратимся к рассмотрению структурных компонентов, определяющих особенности локализации мирового древа.

1. Вода. Одним из основных ландшафтных знаков-символов мирового древа в карельских рунах является его локализация у воды либо на воде. Согласно текстам, дуб произрастает «в море» (merelle), «на просторе ясного моря, на обширной волне» (meren selvälle selälle, lagialle lainehelle), «на соединении двух морей» (meren kahden liettehelle), «в темной пучине моря» (meren synkkähe syvääһe). Отметим, что вода, в которой появляется дуб, в большинстве случаев представляет собой активное начало, это бурлящая, пенящаяся, стремительная стихия, выявляющая тем самым свою способность к порождению. Так, дуб локализуется «на круговороте трех морей» (meren kolmen kiertimelle), «в месте бурления двух/трех морей» (kahen meren kuohuvalle; kolmen meren kuohuvaahe), «возле порога» (kosen korvalla), причем иногда порог назван мощным (kova). В рунах дуб произрастает также «на реке» (jo'elle), «в стремнине святого потока» (pyhän virran vierömille), «в водовороте святого потока» (pyhän virran pyörtiessä). Река (поток) традиционно считается границей между мирами; «она рубеж между этим и тем, нижним миром, между своим пространством и чужим» [Топоров, 1988. С. 376], ей принадлежит роль медиативного локуса.

Финляндский ученый У. Харва отмечал, что поток воды, который, согласно древним воззрениям народов, омывал дискообразную землю, почти повсеместно представлялся «бурлящим, порожистым и даже огненным» [Harva, 1948. С.51]. Последнее положение подтверждается и нашими материалами: дуб вырастает «в горящем пекле, у благородного порога» (palavassa paahtehessa, jalon koskenki nis'alla), «у подножия огненного порога» (korvalle kosen tulisen). Огненная водная стихия, соотносимая с древом, выявляется также в руне на сюжет «Пир в Пяйвёля» (см. напр. SKVR I2 №№ 815, 849 Lemminkäisen virsi): в пути герою попадается огненный порог, в пороге – огненный скалистый островок, на нем – огненный дуб, на дубе – огненная ветка, на ветке – огненный орел, который точит зубы и когти, чтобы съесть Лемминкяйнена. Вода в сочетании с огнем – это и «материал», из которого большой дуб возникает, и локус, где он произрастает.

Местом локализации мирового древа является и залив/пролив: дуб рождается «в заливе огненной бухты» (tuli-kaiskun kainaloho), «в устье пролива курного/дымного острова» (savusoaren salmen suulla). Залив, согласно легендам, – тот локус, через который осуществляется коммуникация между мирами [Криничная, 2004. С. 858]. Таким образом, дуб мыслится произрастающим в некоем медиативном пространстве, возможно, в центре Вселенной.

Все упомянутые выше локусы в мифологическом сознании отождествляются: в них прочитывается образ мирового первозданного океана-моря. Соотнесенность мирового древа и первозданных вод отмечалась финляндскими исследователями [Toivonen, 1946–47. С. 19–21; Kuusi, 1963. С. 78].

Вода – первоначало всего сущего, и правомерно, что именно в ней вырастает большой дуб, символизирующий ось мироздания. Мотив произрастания огромного древа в водных локусах прослеживается в разных мировых традициях. И зачастую эти водные локусы оказываются потоком или источником жизненных вод (elämänveden lähde tai virta) [Toivonen, 1946–47. С. 20]. Так, к примеру, в скандинавской мифологии мировой ясень Иггдрасиль «над источником Урд зеленеет <...> вечно» [Старшая Эдда: Прорицание вёльвы. 19]. В карельских беломорских рунах на сюжет «Запроданная девушка» (Myöty neiti) встречаются, по-видимому, отголоски представлений о локализации мирового древа над источником. Согласно текстам, дом девушки-невесты узнается по определенным признакам:

Tammi keski tanhualla,
Het' on tammen juuren alla,
Kulta kans' on kattiena,
Kulta kauha kannen päällä.
[SKVR I2 1155: 15 – 18]

Святой дуб посреди (скотного) двора,
Родник под корнем дуба,
Золотой крышкой накрыт,
Золотой ковш на крышке.
(Здесь и далее
перевод автора статьи. – М.К.)

В «Евангелии псевдо-Матфея» говорится, что архангел Гавриил принес Марии весть о непорочном зачатии в тот момент, когда она

черпала воду из источника у подножия дерева [Евсюков, 1988. С. 154]. Известен мордовский миф об огромной березе, у корней которой бьет источник. Источник этот накрыт тесаной доской и белой скатертью, в его тени находится красный деревянный кувшин, в кувшине сладкий медовый напиток, в напитке серебряный ковш, на дне которого изображены солнце и месяц, а на ручке – звезды поменьше [Holmberg, 1920. С. 53], символизирующие мироздание.

Произрастание древа у животворных ключей, дарующих силу и бессмертие, выявляет важнейшую функцию мирового древа: «оно в концентрированном виде воплощало собой идею плодородия» [Евсюков, 1988. С. 152]. Не случайно произрастание дуба сопровождается актом творения земли и шире – всего мироздания.

2. Остров (остров/мыс, мыс). По версии южнокарельской и приладожской заклинательной традиции, дуб локализуется на острове. Так, согласно текстам, дуб вырастает «на том небольшом островке» (tuolle suarekselle), «на том маленьком острове» (tuoh on soarelle pienelle), «на острове водного простора» (saarella selällisellä). Причем остров либо уже существует, либо вначале описывается рождение острова, а затем дуба, расположенного на нем. Мотив возникновения острова будет рассмотрен нами в отдельном исследовании, посвященном образу острова в карельской эпической традиции.

Остров – прообраз первой земли, омываемой мировым океаном, – воспринимается как центр космоса и тем самым характеризуется максимальной сакрализованностью и чистотой [Рабинович, 1987. С. 467]. Своими волшебными свойствами мировое древо обязано как раз тому, что оно находится в данном священном месте. Именно отсюда создается Вселенная, здесь протекают главные события эпохи начала мира [Евсюков, 1988. С. 153]. Согласно изысканиям И. М. Денисовой в области восточнославянской мифологии, образы острова и камня (о камне речь пойдет ниже) «соотносятся с возрождающим лоном <…>. Через него осуществляется круговорот жизни и смерти, к нему стремятся как души умерших для возрождения, так и вступающий с ним во временный контакт субъект заговора в ожидании излечения от болезней и исполнения прочих желаний; это источник всех благ и всех бед» [Денисова, 2009. С. 84].

Зачастую наряду с островом местом локализации дуба становится мыс (чаще огненный): древо вырастает «у основания огненного мыса» (tyvellä tulisen niemen), «на конце огненного мыса» (tuli-niemien nenähä). В текстах подчеркивается мифологическая неправдоподобность места произрастания: дуб появляется «на том мысе безлесном, безземельном, на голой скале» (tuoho'o niemeh, puuttomalla, muattomalla, pal'l'ahalla kallivollo). *Пустой* наволок (мыс) наделяется знаками соотнесенности с иным миром [Криничная, 2011. С. 116]. В некоторых текстах остров и мыс оказываются в параллельных стихах, что служит проявлением синтаксической синонимии (по терминологии Ю. С. Степанова). Согласно рунам, древо рождается «на острове безмолвном, на мысе безымянном» (saarella sanattomalla, niemellä nimettömällä); «на конце огненного мыса, в устье пролива курного/дымного острова» (tuliniemen tutkamella, savusoaren salmen suulla).

3. Камень/скала. По одной из версий карельского эпоса (южнокарельская и приладожская традиции), большой дуб вырастает на камне/скале. Камень как часть горной породы служит метонимическим эквивалентом горы/скалы [Криничная, 2011. С. 77]. В большинстве исследуемых текстов камень и скала выступают синонимами в параллельных стихах, например:

Kunnes koamma poron pohjat?
Kaunehel'l'a kal'l'iolla,
Kirjavan kiven selällä.
Siitä kasvo kaunis tammi.
[SKVR II 901: 10–13]

Куда же сольём остатки щёлока?
На красивую скалу,
На пестрый камень (букв: на хребет камня).
Там вырос красивый дуб.

Камень – один из первоэлементов мира. Как отмечает И. М. Денисова, «у многих народов с камнями были связаны представления о плодородии и рождаемости, в мифах от проглоченного камня женщина может забеременеть; аналогичные воззрения отражались и в славянских культах камней, и в фольклоре» [Денисова, 2009. С. 81]. Мифический камень Латырь «Голубиной книги» содержит в себе неиссякаемую силу жизни, ее начало и источник, средоточие духовных потенций [Криничная, 2004. С. 448]. Идея заключенной в чудо-камне жизненной энергии, плодородия вполне согласуется с тем, что он маркирует самую *центральную точку* мифического пространства [Денисова, 2009. С. 81]. Кроме того, одна из самых важных функций образа камня в фольклоре – определение собою границы между царствами/мирами [Демиденко, 1987. С. 95].

Устойчивый эпитет камня в исследуемом мотиве – пестрый (kirjava), образ которого обозначает некую разнородную множественность,

связанную с символикой того или иного цвета, того или иного состава. Однако в некоторых текстах камень называется синим (sinini), и находится он, как правило, в море. Синий камень – это символ, вырастающий из мифологических представлений о преодолении первобытного хаоса и появлении из него первой земли, точнее, ее первых «островков» [Криничная, 2004. С. 370]. В русской мифологической прозе синий камень является атрибутом водяного, причем сам водяной, принявший облик рыбы, также может быть маркирован синим цветом [Криничная, 2004. С. 328]. Прилагательное «синий» происходит от глагола «сияти» и обозначает «сияющий, сверкающий», а маркированность персонажей синим цветом определяет их принадлежность к сияющим, сверкающим языческим божествам, каковыми они изначально осмыслялись [Криничная, 2004. С. 375]. Синь-камушки (šinikivyset) встречаются в карельских причитаниях, например, говорится, что «лучше было бы вместо покойного положить в могилу синь-камушки» [Степанова, 2004. С. 253]. Скала же в рунах обычно красивая (kaunis), иногда голая (pal'l'as).

В текстах карельских рун сохранились следы былой персонификации камня, закодированные в наименованиях его частей. Так, дуб вырастает на разных частях камня: на хребте/спине (selällä), на краях/боках (sivuloilla), на плечах (hard'eil), у основания (tyvellä), в расселине (kolohon). В данных деталях зашифрована модель антропоморфизированной Вселенной.

Стоит особо отметить, что сам камень/скала, на котором произрастает дуб, мыслится на земле, однако некоторые тексты описывают его расположение у воды/на воде, в море. Так, согласно текстам, древо появляется «на море, на краю синего камня, на красивой скале» (merelle, sinisen kiven sivulle, kaunehella kalliolla), «в расщелине камня у порога» (koskehen kiven kolohon). Нахождение камня посреди водной стихии отождествляет его с островом. Не случайно в некоторых текстах синонимом пестрого камня в параллельном стихе выступает маленький островок (soarukalle pikkuselle).

Иногда местом локализации дуба наряду с камнем оказывается спина большой щуки, например:

Kirjavan kiven sivulla,
Suuren hauvin on hardioilla.
[SKVR VII4 2708: 18–19]

На краю пестрого камня,
На спине (букв.: лопатках) большой щуки.

Спина (или лопатки) большой щуки, поднимающаяся из воды, в мифологическом сознании отождествляется с кочкой/островом/камнем и соединяется с представлениями о первоземле, имеющей метонимические признаки живого существа.

4. Гора. В некоторых беломорских заклинательных текстах ландшафтным знаком-символом локализации большого дуба выступает гора: древо произрастает «у подножия большой горы» (voaran vankan liepiellä) либо «на склоне большой горы» (vallan voaran rintiehe). В одном случае в параллельном стихе в качестве локуса упоминается дубовый загон для скота (сарай) (vaaran vankan liepehelle, tammiselle tanhualle – SKVR I4 882).

Согласно В. Н. Топорову, гора выступает в качестве наиболее распространенного варианта трансформации древа мирового [Топоров, 1987а. С. 311]. Отметим, что образ мировой горы высвечивается также и в заклинаниях. Финляндский исследователь У. Харва считал, что «медная гора», на которой рождается огонь (в заклинании о рождении огня – см. напр. SKVR I4 539), является центральной горой мироздания (keskusvuori) [Harva, 1948. С. 48]. Ученый также предположил, что в руне на сюжет «Возвращение солнца» (Päivänpäästö) именно мировая гора является тем местом, где спрятаны солнце и луна [Harva, 1948. С. 49].

Карельский эпос дает нам яркий пример совмещения двух образов – мировой горы и произрастающего у его подножия мирового древа. И то и другое служит выражением представлений о священной оси мироздания [Евсюков, 1988. С. 159].

5. Земля. Согласно одной из версий эпической традиции беломорских карелов, большой дуб локализуется в плодородной земле (kasvaja mua), в вариантах – в богатой/тучной (hyötyvä) либо коричневой (maksan karvani). Земля – одна из основных стихий мироздания – выступает в роли порождающего начала и тем самым сакрализуется. В текстах отражаются представления о том, что дуб произрастает на священной первоземле, окруженной мировым океаном. Так, например, древо появляется «на *краю* земли тучной» (moan lihavan liebejillä).

Однако, прежде чем стать плодородной, земля претерпела своего рода лиминальное («пороговое») состояние: сырая, болотистая, «водянистая» стихия – это еще не земля, но уже не вода. Так, вариантами земли, соотнесенной с водой, в параллельном стихе выступает лощина, а именно: болотистая низина, поросшая ельником, либо заливной луг (oro [KKS, 1993. С. 59]), лужайка на сыром участке, предназначенная для покоса (aro [KKS, 1968. С. 71]), ложбина (noro), например:

Pantih moalla kasvajalla,
Orolla ylenevällä.
Siihen kasvo kaunis tammi.
(SKVR I2 1227: 7–9)

Посадили в землю плодородную,
Лощину поднимающуюся.
Там вырос красивый дуб.

«Водянистый» характер данных топосов ставит их в один ряд с болотом. Так, в одном из вариантов прямо говорится, что «выросла береза на болоте Койя(?), дуб на реке Иордан» (kasvoipa koivu Koijan suolla, tammi Jortanan jovella SKVR II 638: 1–2). Согласно текстам, дуб появляется и на лугу/пожне (nurmi), причем в одном из вариантов луг назван «медовым» (nurmelle mesi nukalle).

Еще одним параллельным названием земли – места локализации мирового древа – в эпических песнях выступает поляна (aho). В карельском языке данный топос обозначает старую подсеку/ниву, поросшую смешанным лесом, чаще – лиственным [KKS, 1968. С. 6]. В рунах встречаются также единичные указания на то, что дуб произрастает на пожоге/подсеке/ниве (ajo (?) Ср: kasken ajo [KKS, 1968. С. 26]. Перевод в данном контексте вызывает сомнения, поэтому не исключается возможность описки собирателя или опечатки при публикации), в поле (pelto), а также в роще (lehto). Таким образом, выстраивается преемственный в темпоральном плане ряд локусов: пожога – поле – поляна – роща.

Несмотря на то что большинство названных локусов находятся в низинах, в рунах они характеризуются как «просторные» (avara) и «поднимающиеся, восходящие» (ylenijä, ylentäjä и т. д.). Таким образом, локализованные в среднем мире, они соотносятся с верхним миром.

Болота, поляны, поля, пожни, нивы относятся к инородным участкам леса. По своей семантике они приравнивались к пустынной местности, имеющей соотнесенность и с «тем», и с «этим» мирами [Криничная, 2011. С. 10]. В русских мифологических рассказах эти локусы принадлежат, с одной стороны, к освоенному, окультуренному, познанному, а с другой – к первозданному, природному, неведомому пространству, занимая тем самым промежуточное положение между мирами [Криничная, 2011. С. 94].

Необходимо отметить, что в исполнении рунопевцев локусы, синонимичные либо близкие по своей семантике, оказывались в рунах взаимозаменимыми также в силу фонетического сходства обозначающих их лексем, ср., например: noro – oro – aro, aho – ajo (а также разные по смыслу, но близкие по звучанию pelto – lehto). И хотя порой об истинно первозданном месте произрастания дуба в эпических песнях остается только догадываться, соотнесенность данных локусов с мировым древом лишь усиливает их мифологическую подоплеку.

В некоторых приладожских текстах ландшафтными знаками-символами локализации мирового древа являются также растения. Дуб произрастает на боку серой коряги/колоды (havon harmaan sivulle), у подножия коричневого тростника, в зарослях красивого камыша (ruskian ruokoisen tyville, kaunehen kaihlan sisähän). Данные локусы, как правило, выступают в параллельном стихе синонимом пестрого камня.

Синкретизм локусов. Место нахождения большого дуба в рунах не ограничивается отдельными локусами, в большинстве случаев это – комплекс параметров. В процессе исследования порой бывает сложно расчленить находящиеся в параллельных стихах и основанные на явлении синтаксической синонимии места локализации древа. Карельские тексты содержат яркие примеры синкретизма нескольких локусов, т. е. что описывается двух-, трех-, четырех-, пяти- и подчас шестисоставными конструкциями. Это особенно характерно для приладожской традиции. Так, например, дуб вырастает «у основания пестрого камня, на боку серой коряги» (kiven kirjavan tyvelle, havon harmaan sivulle SKVR VII4 2642: 29–30), «у коричневого тростника, на узкой скале, в зарослях (букв.: на плечах) красивого камыша (ruskeen ruokosen tyveh, kaitaseh kallivoh, kaunehen kazlian hartivoille SKVR VII4 2712: 14–16), «на боку серой коряги, на краю пестрого камня, у коричневого тростника, на маленьком островке» (harmahan haon sivulle, kirjavan kiven sivuhun, ruo'on ruskian tyvehen. Soarukalle pikkuselle SKVR VII4 2678: 22–25), «на просторе ясного моря, на обширной волне, на маленьком островке, на стыке двух пенящихся морей, на краю пестрого камня, у основания коричневого тростника» (meren selvälle selälle, lagialle lainehelle, pikkuselle soarukalle, kahen meren kuohuvalle, kirjavan kiven sivulle, ruskiin ruohosen tyvelle – SKVR VII4 2660: 27–32). Иначе говоря, большой дуб вездесущ и всеобъемлющ. Он соединяет не только различные природные стихии, но и разные сферы мироздания. Он произрастает одновременно на просторе моря и на стыке двух морей, на обширной, находящейся в движении волне (вода) и на маленьком островке (первоземля), *на краю* камня (знак горизонтали) и *у основания* тростника (знак вертикали). Согласно концепции Н. А. Криничной, «каждый из природных объектов может сочетаться с другим топосом

по принципу тождества или аналогии, <…> образуя свой микромир, соотнесенный с макрокосмом» [Криничная, 2011. С. 118]. Характерно, что большой дуб, согласно карельским рунам, никогда не произрастает в лесу, потому что, имея многие другие значения, он осмысляется и как *перводерево*, возникшее в начале творения мира и определившее его структуру.

Места локализации дуба маркируются также пространственными параметрами. В бинарной оппозиции *верх – низ* преобладают локусы, отмеченные знаком низа – это и низменные участки (болота, заливные луга, пожни), и расселина камня у порога. Расселины скал (камней) «играют знаковую роль: это проход в потусторонний мир» [Криничная, 2011. С. 87]. Традиционно мировое древо помещается в сакральном *центре* мира [Топоров, 1987б. С. 399]. И расположение его в карельских рунах на *краю* земли, камня, скалы, мыса (moan liebehet, kiven sivu, tuli-niemien nenä, tutkamet) не исключает этих воззрений.

Важную роль в местоположении дуба играют и различные стороны света, отражающие представления о координатах пространства. Представления о четырех ветрах как координатах пространства характерны для античной мифологии [см.: Мейлах, 1987. С. 241]. Так, ветер, бросающий сено в огонь или уносящий золу, из которой произрастает дуб, прилетает с *юга* (suvituuli heinäni poltti). Ветер, собирающий остатки золы, именуется *северным* (pohjaṅe vei poro vähänki). Туча, сжигающая сено, поднимается с *северо-востока* (nousi pilvi koillisessa). Тексты содержат сведения и о трех тучах, призываемых с разных сторон: с *северо-запада* (luotehesta), с *северо-востока* (koillisesta), с большого *юга* (suuresta suvesta) (SKVR II 1022: 1–3). Тем самым в своей локализации дуб соотносится с западом и востоком, севером и югом.

Итак, мы рассмотрели места произрастания мирового древа в карельских эпических песнях. Исследования показывают, что дуб может находиться в разных наделенных мифологическими признаками локусах (кроме леса), и между ними прослеживается некоторая связь. Локализация дуба в водной стихии содержит отголоски представлений о возникновении мирового древа в начале времен в первозданных водах мирового океана. Появление дуба на острове (камне/скале, что в мифологическом сознании отождествляется) знаменует собой следующий этап – возникновение первой земли в первозданных водах. *Рождение новой земли в виде холма, горы, острова* – одна из самых распространенных мифологем [Денисова, 2009. С. 84]. Образ горы, у подножия которой произрастает древо, восходит к представлениям о мировой центральной горе, являющейся осью мироздания. Продолжение мировой оси вверх (через вершину горы) указывает положение Полярной звезды, а ее продолжение вниз указывает место, где находится вход в нижний мир, в преисподнюю [Топоров, 1987а. С. 311]. Произрастание дуба в локусах, маркированных знаком земли, отсылает нас к идее нахождения мирового древа в некоем медиативном пространстве. Строго не разграничиваясь между собой, эти топосы противопоставлены не только культурной среде (селению), но и в известной мере природному пространству (лесу) [Криничная, 2011. С. 130]. Упоминание загона для скота/скотного двора, и причем его «середины», в качестве места локализации мирового древа-«святого дуба», произрастающего над источником, заключает в себе идею проявления макрокосма в микрокосме крестьянского подворья. Отметим также, что произрастание дуба у реки, потока, порога, залива/пролива, являющихся рубежами между мирами, на камне (вход в потусторонний мир), на болоте, поляне, пожне, ниве сообщает дереву роль медиатора между мирами, что традиционно является главной ипостасью древа мирового.

Список сокращений

КФНЭ – Карело-финский народный эпос: в 2 кн. / Сост., вступ. ст., пер., прим. В. Я. Евсеева. М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 1994. Кн. 1. 476 с.; Кн. 2. 510 с.

КЭП – Карельские эпические песни / Предисл., подгот. текстов и коммент. В. Я. Евсеева. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 526 с.

KKR – Karjalan kansan runot. Kokoonpannut V. Jevsejev. Tallinn, 1976–1980, I-II.

KKS – Karjalan kielen sanakirja / päätoim. P. Virtaranta. Helsinki: Suomalais-ugrilainen seura. Osa 1–6. 1968–2005. Osa 1. 1968. Osa IV. 1993.

SKVR – Suomen Kansan Vanhat Runot. I – XIV. Helsinki, 1908–1948.

Литература

Демиденко Е. Л. Значение и функции общефольклорного образа камня // Русский фольклор: Этнографические истоки фольклорных явлений. Л.: Наука, 1987. Вып. 24. С. 85–98.

Денисова И. М. Образы острова и камня в русской фольклорной традиции // Этнографическое обозрение. 2009. № 5. С. 76–92.

Евсюков В. В. Мифы о вселенной. Новосибирск: Наука, 1988. 176 с.

Криничная Н. А. Крестьянин и природная среда в свете мифологии. Былички, бывальщины и поверья Русского Севера: Исследования. Тексты. Коммента-

рии. М.: Русский Фонд Содействия Образованию и Науке, 2011. 632 с.

Криничная Н. А. Русская мифология: Мир образов фольклора. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2004. 1008 с.

Кундозерова М. В. Большой дуб: происхождение мирового древа в карельских эпических песнях // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. (В печати).

Мейлах М. Б. Воздух // Мифы народов мира: Энциклопедия: В 2 т. М.: Сов. энцикл. Т. 1. 1987. С. 241.

Рабинович Е. Г. Земля // Мифы народов мира: Энциклопедия: В 2 т. М.: Сов. энцикл. Т. 1. 1987. С. 466 – 467.

Старшая Эдда: Древнеисландские песни о богах и героях. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 259 с.

Степанова А.С. Толковый словарь языка карельских причитаний. Петрозаводск: Периодика, 2004. 304 с.

Топоров В. Н. Гора // Мифы народов мира: Энциклопедия: В 2 т. М.: Сов. энцикл. Т. 1. 1987а. С. 311–315.

Топоров В. Н. Древо мировое // Мифы народов мира: Энциклопедия: В 2 т. М.: Сов. энцикл. Т. 1. 1987б. С. 398–406.

Топоров В. Н. Река // Мифы народов мира: Энциклопедия: В 2 т. М.: Сов. энцикл. Т. 2. 1988. С. 374–376.

Harva U. Suomalaisten muinaisusko. Porvoo; Helsinki, 1948. 519 s.

Holmberg U. Elämänpuu. Helsinki, 1920. 147s.

Kuusi M. Suomen kirjallisuus. I. Kirjoittamaton kirjallisuus. Helsinki, 1963. 655s.

Toivonen Y. H. Ison tammen ongelma // SUSA LIII, 2. Helsinki, 1946–47. S. 27–36.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кундозерова Мария Владимировна
аспирантка
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: maria.vlasova@mail.ru
тел.: (8142) 781886

Kundozerova, Maria
PhD Student
Institute of Language, Literature and History,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaja St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: maria.vlasova@mail.ru
tel.: (8142) 781886

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 185–190

УДК 811.511

СУБСТРАТНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ В ТОПОНИМИИ ВОСТОЧНОГО ОБОНЕЖЬЯ*

Е. В. Захарова

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

В статье предлагается анализ ряда ландшафтных терминов субстратного происхождения, бытующих в топонимии Восточного Обонежья и отражающих разные этапы в этноязыковой истории региона. Реконструкция ареалов топооснов способствует как этимологической интерпретации субстратных терминов, так и выявлению основных потоков освоения исследуемого региона, этнических истоков этих потоков и границ расселения этносов на территории.

Ключевые слова: топонимия, ландшафтные термины, этническая история.

E. V. Zakharova. GEOGRAPHICAL TERMS OF SUBSTRATE ORIGIN IN THE TOPONYMY OF EASTERN OBONEZHJE

The paper presents an analysis of several landscape terms of substrate origin from the Eastern Obonezhje toponymy, which reflect different stages in the ethno-linguistic history of the region. Reconstruction of the distribution ranges of toponymic models facilitates both etymological interpretation of the substratal terms and identification of the main waves of human colonization of Eastern Obonezhje, the ethnic origins of these waves, and the boundaries of the settlement ranges of ethnic groups in the area.

Key words: toponymy, landscape terms, ethnic history.

Территория Водлозерья и Пудожья, объединяющаяся по многочисленным данным археологии, истории, этнографии и фольклористики с примыкающей к ней с востока территорией архангельского Каргополья в единый ареал – Восточное Обонежье (в данной работе рассматривается территория, входившая в состав Пудожского и Каргопольского уездов Олонецкой губернии, в настоящее время охватывающая Пудожский район Республики Карелия, Каргопольский район и юго-западную часть Плесецкого района Архангельской области), представляет собой западную окраину Русского Севера – зону, культурные традиции которой сформировались в ходе русского освоения «чудских» территорий с последующим обрусением местной чуди на фоне политического и экономического противостояния Новгорода и Москвы. Помимо славянских потоков, шедших сюда как через Обонежье, так и с р. Онега, в формировании историко-культурной и этноязыковой целостности территории принимало участие и прибалтийско-финское население, проникавшее сюда из Обонежья. Все это нашло

* Статья подготовлена в рамках выполнения проектов «Электронная топонимическая карта Олонецкой Карелии» (программа фундаментальных исследований РАН «Язык и литература в контексте культурной динамики») и «Создание ГИС «Электронная картотека топонимов Восточного Обонежья» (грант РГНФ №. 12-04-12009).

отражение в русских говорах и топонимии данного региона, субстратный компонент которого определен исследователями как прибалтийско-финско-саамский (А. М. Шёгрен, М. Фасмер, А. И. Попов, А. К. Матвеев и др.).

Основными источниками материала для настоящей работы стали данные Научной топонимической картотеки ИЯЛИ КарНЦ РАН, картотеки Топонимической экспедиции Уральского федерального университета, материалы Национального архива Республики Карелия (фонды Олонецкого губернского по крестьянским делам присутствия, Олонецкого губернского статистического комитета, уездных земельных управлений, районных землеустроителей), опубликованные и картографические источники.

Географическая лексика Восточного Обонежья уже становилась предметом исследований [Мызников, 2002, 2003, 2004], в данной работе предлагается анализ нескольких до сих пор не рассматривавшихся или получивших недостаточно полное освещение ландшафтных терминов субстратного происхождения, бытующих в топонимии данного региона. Анализ топонимического функционирования позволяет уточнить ареал термина, а также – в связи с привязкой его к объектам определенного вида – развитие семантики термина.

В 2008 году коллективом авторов ИЯЛИ КарНЦ РАН – И. И. Муллонен и Д. В. Кузьминым – в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям» был осуществлен проект «Топонимический атлас Карелии», состоящий из 50 карт, на которых представлены ареалы отдельных прибалтийско-финских, русских и саамских топооснов и топоформантов территории Карелии, с комментариями и анализом выявленных ареалов. Среди рассмотренных авторами топонимических моделей выделяются такие, которые широко бытуют и на исследуемой нами территории.

Так, авторы «Атласа» обнаруживают и картографируют более 40 топонимов с основой Vadag'/Vadai-, Вадог-/Вадег-, благодаря чему выясняется, что ареал бытования данной модели наиболее плотен на вепсской территории – в южном Присвирье, на севере он доходит до северного Обонежья, на западе достигает восточного Приладожья, на востоке захватывает Каргополье [Муллонен, Кузьмин, 2008. С. 223]. С помощью привлечения данных картотек Топонимической экспедиции УрФУ очерченный ареал может быть расширен, т. к. модель, используемая в названиях небольших речек, ручьев, болот, озер и сенокосных угодий, широко представлена в топонимии не только Пудожья и Каргополья, но также Вельского, Коношского, Мезенского, Няндомского, Пинежского и Холмогорского районов Архангельской области – всего более 30 топонимов, в том числе *Вадога, Вадоги, Вадеги, Вадинское болото, Ватеги, Завадежье, Бадеж, Вадожка, Вадожское, Верховадская, Вадожный, Вадосец* и др.

Большинство из приведенных примеров – простые по структуре названия, что позволяет возводить их к ландшафтному термину *вадога* 'покосы в низких, сырых местах около озер и речек, где растет главным образом осока; зарастающее лесом болото' [СРНГ], представленному на русской территории Карелии и в некоторых районах Ленинградской области, и *вадега* с широким спектром значений, включая 'глубокое спокойное место между перекатами на реке; прямой участок русла реки, плес; проток, рукав реки; омут, яма в реке; топь на болоте; заливной луг' [СГРС], имеющему более восточный ареал бытования. В топонимии Восточного Обонежья представлены оба варианта (вадога, вадега), а кроме этого, еще и фонетически и семантически близкая основа *вадья*, которая также бытует в названиях рек, озер, болот и сельскохозяйственных угодий: *Вадья, Вадьица, Вадьежское болото, Круглая Вадья, Длинная Вадья* и др. Для данной основы есть и соответствующий ландшафтный термин *вадья* 'небольшое бессточное озеро; яма на берегу реки, в которой после разлива осталась вода' [СГРС]. Как соотносятся три названных термина? М. Фасмер в свое время считал, что *вадега* восходит к исходному варианту *вадья*, который, в свою очередь, является коми заимствованием, ср. коми vadja 'болотистый, топкий' от vad 'болото, топь, лесной пруд' [Фасмер]. Однако дальнейшие исследования позволили внести уточнения в эту схему. Во-первых, был выявлен неизвестный Фасмеру вариант *вадога*, во-вторых, восстановлен из топонимии вепсский географический термин *vadag', родственный фин. и кар. vataja, vadai [Муллонен, 1994. С. 64], и реконструирована его семантика 'покос на болотистом месте', представленная в территориально смежных русских говорах. Оказалось, что *вадега* может рассматриваться как палатализованный вариант *вадоги*, в котором произошла (очевидно, на русской почве) регрессивная ассимиляция: *vadag' представлен в топонимии нередко в виде *Вадоги*, воспроизводящем палатализованный g'. Палатализация последнего согласного могла распространиться и на предшествующий, породив вариант *вадега* с палатализованным d'. Исходя из

сказанного, можно реконструировать в основе широко представленного в Восточном Обонежье термина вадога/вадега вепсский источник *vadag'. Судя по ареалу бытования, он распространился в бассейн р. Онега из Восточного Обонежья, бывшего в прошлом вепсским языковым ареалом (рис. 1).

Сложнее с термином *вадья*, поскольку имеются определенные сложности введения его в один ряд с *вадега*. Обращает на себя внимание также топонимический ареал, который, соприкасаясь с ареалом *вадога/вадега*, имеет все же более восточную привязку, в связи с чем, действительно, не исключены его коми истоки. Возможно, будучи воспринятой на востоке Русского Севера (ср. идентичность семантики русского и коми термина), данная модель затем распространилась в западном направлении вдоль путей миграции, где и соприкоснулась с моделью *вадога/вадега*, что привело к контаминации двух лексем – и фонетической, и семантической.

Второй субстратный ландшафтный термин, продуктивный в топонимии Восточного Обонежья, – *пахта* 'болото (сырое и сухое, заросшее и не заросшее травой, кустарником, лесом); покос на болоте; заросшее русло реки' [Топонимика Кенозера]. Он выступает в названиях болот, озер, ручьев либо в самостоятельном употреблении, либо в роли детерминанта сложных по структуре топонимов: *Валдапахта/Валдопахта, Гойпахта, Лайпахта, Большая/Малая Лепахта, Большой/Малый Лайпахтин ручей, Нешпахта, Пахта, Пахтовский ручей, Чистая Пахта, Вайпахта, Пахтозеро* и др. Нанесенные на карту (рис. 2), топонимы группируются в среднем Поонежье, откуда тянутся на восток через Подвинье в Пинежье. Топонимический ареал накладывается, очевидно, на маршруты транзитных водно-волоковых путей, пересекавших водоразделы Онеги и Северной Двины.

Обращает на себя внимание тот факт, что в архангельской топонимии встречается *похта* как фонетический вариант к *пахта*: *Нешпахта/Нежпохта, Валдапахта/Валдопохта, Лепахта/Лепохта*, в то время как в северном Белозерье и в других районах Вологодской области фиксируется модель *похта*: *Похта, Большая/Маленькая Похта, Соколья Похта, Запохотье, Похтозёра, Запохотский ручей* и др. С учетом привязки ее к Белозерью, рано подвергшемуся древнерусскому освоению, сопряженному с неразличением *а* и *о*, *пахта* превратилась в *похту*.

Для понимания этимологических истоков термина предлагается обратить внимание на приб.-фин. лексему pehka, pehku (фин.), pehko, pehku (кар.), pehk (вепс.) 'гнилая, трухлявая древесина', которая вписывается в ряд примеров звукоперехода приб.-фин. *е* > севернорус. *а* в словах с заднерядными гласными: приб.-фин. vehka 'белокрыльник болотный' > вахта 'трифоль, водяной трилистник'; фин. vehmasto 'густой лиственный лес, кустарник', эст. võhmas 'остров на болоте' > вагмас 'заболоченный лес с буреломом и кустарником', соответственно приб.-фин. pehku > пахта [Муллонен, 2002. С. 64]. В этой паре отобразилась еще одна фонетическая особенность – переход чуждого русской фонетике приб.-фин. *hk* > рус. *хт*: ср. вепс. pihk 'густое мелколесье; молодой хвойный лес' > рус. пихка, пивка, пиха, пихта 'частые заросли кустарника; густой хвойный мелкий лес' [Меркулова, 1960. С. 50–51], приб.-фин. vihko, vihk 'пук, связка' > рус. вихтус 'соломенный жгут для утепления входной двери' [Матвеев, 1995. С. 32].

В специальной литературе соотношение приб.-фин. *е* – севернорус. *а* трактуется по-разному: одни видят за ним особенность адаптации приб.-фин. звука к русской фонетике, другие предполагают, что севернорус. *а* в приведенной ситуации – наследие существовавшего в Белозерье и смежных районах особого языка прибалтийско-финского или прибалтийско-финско-саамского типа. К примеру, финский исследователь Я. Саарикиви полагает, что это был язык, входивший в группу южных прибалтийско-финских языков, в котором на месте *е* севернофинских языков выступает более южный звук *ä/a* [Saarikivi, 2006. S. 50].

Добавим к этому, что хотя приб.-фин. pehku/pehk и севернорус. пахта/похта имеют разную семантику, вепсская лексема активно используется в топонимии, при этом нередко именно в гелонимах, т. е. наименованиях болот [Муллонен, Кузьмин, 2008. С. 230–231]. В карельской топонимии основа не востребована, в связи с чем можно полагать, что в Восточном Обонежье мы имеем дело именно с вепсским наследием: *Пёхка, Пёвка, Пёховское болото, Пёхтач, Пёхтальница, Пехозеро, Пехозерко* и др.

Картографирование топонимов свидетельствует о том, что на территории Поонежья две топоосновы – вепс. Pehk и севернорус. Пахта сосуществуют, при этом намечаются разные пути проникновения названных типов на эту территорию: Пахта распространяется из Белозерья через известный Ухтомский волок в Поонежье, а оттуда далее на восток, Pehk, в свою очередь, оттягивается из Восточного Обонежья по местным волокам, соединяющим

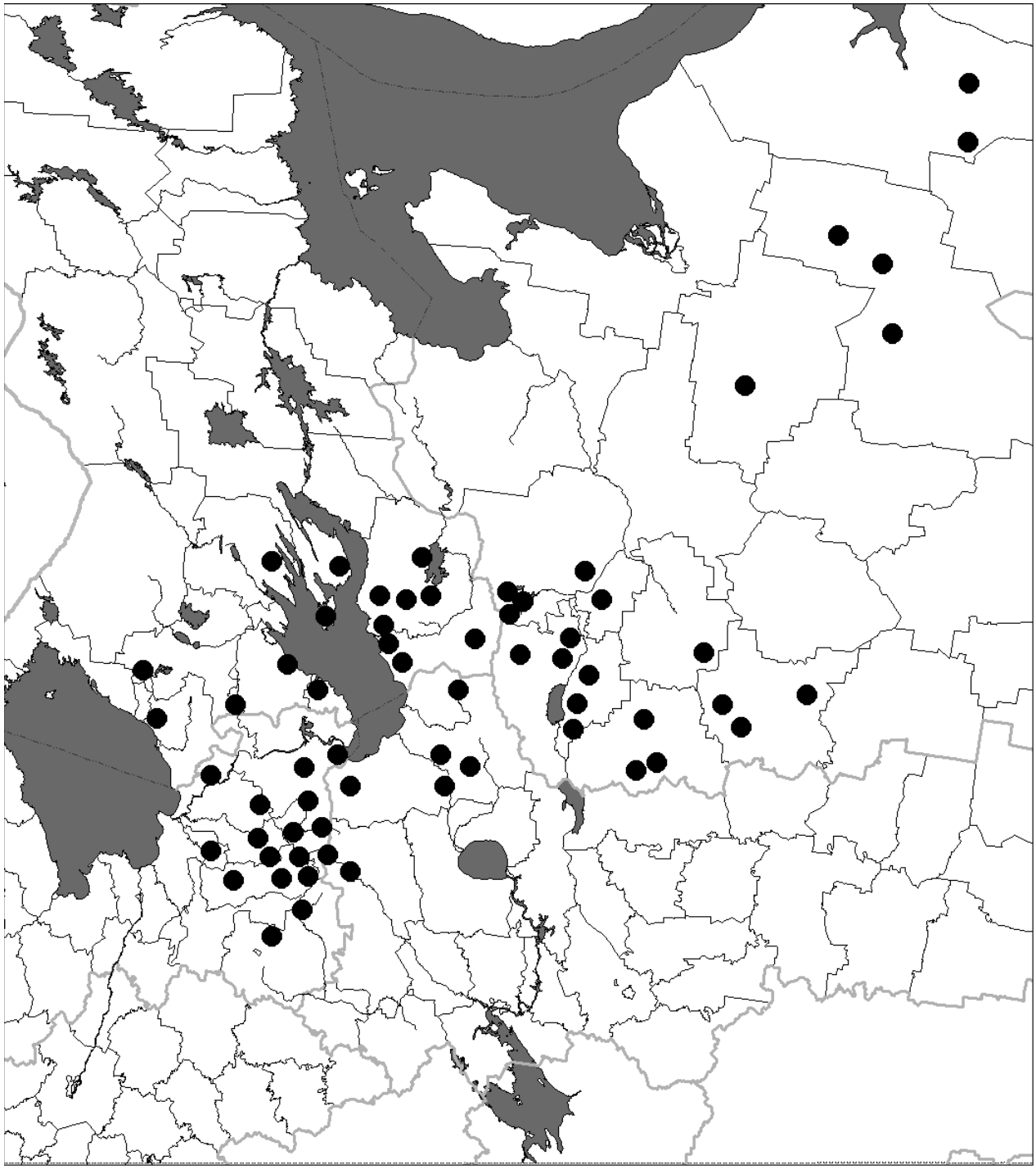


Рис. 1. Распространение топонимной модели с основами Vadag'/Vadai-, Вадог-/Вадег-

бассейн Онежского озера с бассейном р. Онега. Такая ареальная и фонетическая дистрибуция должна рассматриваться как свидетельство разных этноязыковых истоков топооснов. Если основа Pehk- и ее варианты маркируют продолжение на восток исторического вепсского ареала, то Пахта/Похта (и соответственно географический термин пахта) являются языковым наследием другого, родственного в языковом плане, этноса, населявшего в свое время до активной русской колонизации район Белозерье – Поонежье.

Географический термин *нюра/нёра*, бытующий в русских говорах как Восточного Обонежья, так и Заонежья в значении 'подводная мель в озере (песчаная или каменистая)' [Топонимика Кенозера], 'подводная мель' [Куликовский], хорошо известен в топонимии Кенозерья и на Корбозере, несколько фиксаций обнаруживается также в Мезен-

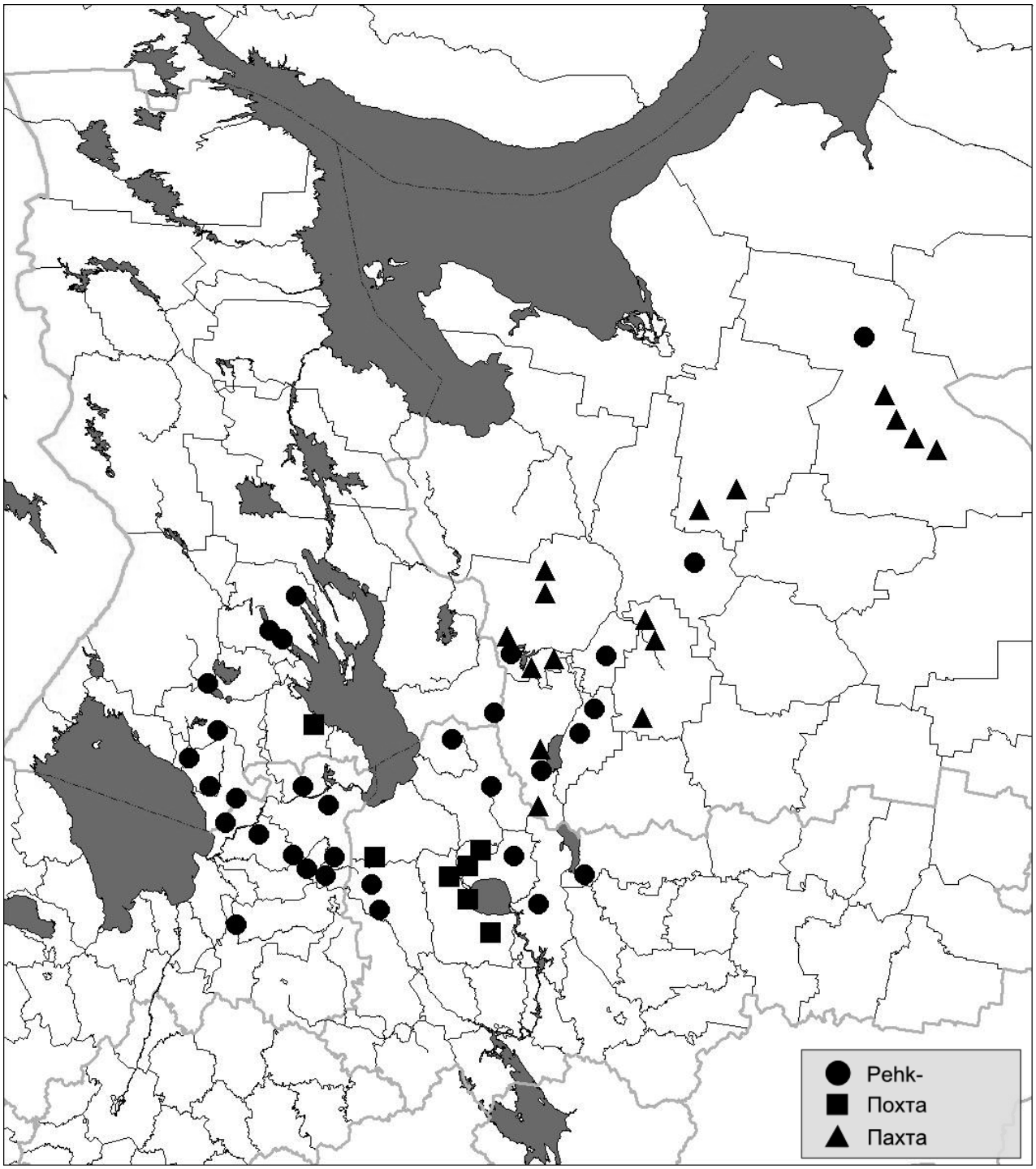


Рис. 2. Ареал топонимных моделей с основами Pehk-, Пахта, Похта

ском и Приморском районах Архангельской области: *Нюра, Нюрица/Нюрича, Медвежинская Нюра, Нюры, Нёра* и др. Данная модель используется в наименовании низких заливных островов, поросших травой отмелей, покосов, единичная фиксация – в наименовании реки. Надо полагать, что нюра/нёра является примером саамского наследия на исследуемой территории: ср. прасаам. *ńõrę, сев. njuorrâ, Инари njuora, Колтта njuõrr, Кильдин ńūrr ‘подводный камень’, ‘мель’ [YS] или прасаам. *ńɛ̄rē, сев. njærre, Инари njeeri, Колтта njiä′rr, Кильдин ńie′rr ‘мелкий порог’, ‘луг вдоль ручья’ [YS].

Три топонимические основы, восходящие к соответствующим географическим терминам, отражают, по-видимому, три этапа в этноязыковой истории Восточного Обонежья, а реконструкция их ареалов способствует как этимологической интерпретации субстратных терминов,

так и выявлению основных потоков освоения исследуемого региона, этнических истоков этих потоков и границ расселения этносов на территории.

Картографирование намечает прибалтийско-финский (вепсский) поток, распространяющийся через территорию Обонежья; более ранний, продвигающийся из Белозерской округи, и саамский, ареально представленный от Восточного Обонежья на восток до Мезени.

Список сокращений

ИЯЛИ КарНЦ РАН – Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра Российской академии наук. Петрозаводск

УрФУ – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Языки и диалекты

вепс. – вепсский
кар. – карельский
прасаам. – прасаамский
приб.-фин. – прибалтийско-финский
рус. – русский
саам. сев. – северносаамский (=норвежско-саамский)
севернорус. – севернорусский
фин. – финский
эст. – эстонский

Литература

Дерягин В. Я. Методические разработки для студентов пединститутов и учителей школ по теме: «Топонимика Кенозера» Ч. II. Архангельск: Изд-во Архангельского педагогического института им. М. В. Ломоносова, 1987. 36 с. (в тексте – Топонимика Кенозера).

Куликовский Г. И. Словарь областного олонецкого наречия в его бытовом и этнографическом применении. СПб.: Отделение Русского языка и словесности Императорской Академии Наук, 1898. 151 с.

Матвеев А. К. Апеллятивные заимствования и стратиграфия субстратных топонимов // Вопросы языкознания. 1995. № 2. С. 29–42.

Меркулова В. А. К этимологии слова пихта // Этимологические исследования по русскому языку. Вып. 1. М.: Изд-во Московского университета, 1960. С. 46–51.

Муллонен И. И. Очерки вепсской топонимии. СПб.: Наука, 1994. 157 с.

Муллонен И. И. Топонимия Присвирья: Проблемы этноязыкового контактирования. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2002. 356 с.

Муллонен И. И., Кузьмин Д. В. Границы топонимных ареалов Карелии. Материалы атласа // Границы и контактные зоны в истории и культуре Карелии и сопредельных регионов. Гуманитарные исследования. Вып. 1. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ, 2008. С. 217–256.

Мызников С. А. Атлас субстратной и заимствованной лексики русских говоров Северо-Запада. СПб.: Наука, 2002. 361 с.

Мызников С. А. Русские говоры Обонежья. Ареально-этимологическое исследование лексики прибалтийско-финского происхождения. СПб.: Наука, 2003. 540 с.

Мызников С. А. Лексика финно-угорского происхождения в русских говорах Северо-Запада. Этимологический и лингвогеографический анализ. СПб.: Наука, 2004. 492 с.

Словарь говоров Русского Севера, Т. II. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2002. 291 с. (в тексте – СГРС).

Словарь русских народных говоров. Вып. 4. Л.: Наука, 1969. 357 с. (в тексте – СРНГ).

Фасмер М. Этимологический словарь русского языка. Т. I. М.: Прогресс, 1964. 562 с.

Lehtiranta J. Yhteissaamelainen sanasto // Suomalais-ugrilaisen seuran toimituksia. 200. Helsinki: Suomalais-ugrilainen seura, 1989. 180 s. (в тексте – YS).

Saarikivi J. On the Uralic substrate toponymy of Arkhangelsk region: problems of research methodology and ethnohistorical interpretation // Substrata Uralica. Studies on Finno-Ugrian substrate in Northern Russian dialects. Tartu: Tartu University Press, 2006. 297 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Захарова Екатерина Владимировна
Стажер-исследователь сектора языкознания
Институт языка, литературы и истории
Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: katja.zaharova@mail.ru
тел. (8142) 781886

Zakharova, Ekaterina
Institute of Language, Literature and History,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: katja.zaharova@mail.ru
tel.: (8142) 781886

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 191–196

УДК 811.161.1'373.211+811.511.1(045)

НАЗВАНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ОБОНЕЖЬЯ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА

А. И. Соболев

Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова

Обонежье – зона многовекового контактирования прибалтийско-финского и славянского населения, а на более ранних этапах истории – доприбалтийско-финских и прибалтийско-финских групп. Названия населенных мест данного историко-культурного региона служат источником для определения этнической/языковой ситуации и отражают в том числе типы заселения местности (освоения культурного ландшафта). Особое внимание в статье уделяется топонимам прибалтийско-финского происхождения.

Ключевые слова: топонимия, антропонимия, этническая история.

A. I. Sobolev. NAMES OF SETTLEMENTS IN SOUTH-EASTERN OBONEZHJE IN THE CONTEXT OF THE CULTURAL LANDSCAPE FORMATION

Obonezhje has for centuries been a zone of contacts between the Baltic-Finnic and the Slavic population, and at earlier stages in the history – the pre-Baltic-Finnic and the Baltic-Finnic groups. Settlement names of this historic-cultural region are a source portraying the ethnic/language situation, and reflect, among other things, the types of settlement in the area (reclaiming the cultural landscape).

K e y w o r d s : toponimy, anthroponimy, ethnic history.

Обонежье – историко-культурный регион, расположенный на побережье Онежского озера и в бассейнах впадающих в него рек.

Юго-восточная часть Обонежья включает в себя бассейны реки Андомы, озер Тудозера и Муромского (юг Пудожского района Республики Карелия и север Вытегорского района Вологодской области). В XVI–XVIII вв. эта территория входила в состав Никольского Андомского погоста Обонежской пятины Новгородской земли.

Статья посвящена топонимам, связанным с формированием культурного ландшафта юго-восточного Обонежья (в т. ч. ойконимам), которые являются ценным источником информации об этнической ситуации и особенностях освоения территории. Источниками для самой работы послужили писцовые книги XVI–XVII вв., топографические карты и планы, материалы Национального архива Республики Карелия, данные научной топонимической картотеки Карельского научного центра РАН и полевые данные автора.

В целом в топонимии данного субрегиона можно выделить следующие слои: доприбалтийско-финский (древний слой финно-угорского типа), прибалтийско-финский и восточнославянский.

По данным И. И. Муллонен, доприбалтийско-финский слой топонимии Обонежья и При-

свирья можно разделить на саамский, прибалтийско-финско-саамский и волжский пласты, границы между которыми размыты [Муллонен, 2002. С. 182].

Согласно археологическим данным, первые поселения на территории края появились не ранее VII тысячелетия до н. э. – в период мезолита (Тудозеро-V, Пустошь-I и др.) [Иванищев, 1997. С. 18]. Топонимы этого периода, по всей видимости, не сохранились до настоящего времени.

По результатам сопоставления топонимических и археологических данных бассейна Тудозера можно сделать вывод о том, что хотя самые древние топонимы могут восходить к населению бронзового века с сетчатой керамикой (не ранее II тысячелетия до н. э.), в основном топонимы доприбалтийско-финского пласта возникли не раньше эпохи железного века, т. е. не ранее I тыс. до н. э. [Соболев, 2011].

О наличии в юго-восточном Обонежье и на сопредельных территориях ранних доприбалтийско-финских сезонных поселений могут свидетельствовать следующие топоосновы:

шид- (Шид-ручей, 1563 г. [Писцовые книги, 1930. С. 219], район с. Палтога): саам. sii'dâ, sijd (*sijte) «зимняя деревня» [Муллонен, 2002. С. 268];

чекш- (в бассейне р. Андома – Чекшезеро, оз. и д. (Зам) (здесь и далее в скобках указывается привязка топонимов к сельскому обществу в соответствии с административно-территориальным делением начала XX в., наиболее показательно отражающему расположение топонимов на местности); Чекша речка, р. и д. (Зам); Чекша, д. (Пят), в бассейне р. Вытегра – Чекша, руч. и д. [СНМ 1905. №№ 2525, 2526, 2533, 2177]): прасаам. *ćekće «осень», в топонимии указывающее на осеннюю стоянку [Матвеев, 2004. С. 100]. Необходимо учесть, что топооснова чекш- может также восходить к прасаам. *ćēkće «скопа, орел-рыболов» [Матвеев, 2003. С. 100], а название Шид-ручей может быть связано с саам. sèuter, sieuter, sievter, söötr «белый или торфяной мох» (см. предлагаемую А. К. Матвеевым этимологию для р. Шидрога, болота Шидры [Матвеев, 2007. С. 159]).

С переходом прибалтийско-финского населения (конкретнее – вепсов) от охотничьего промысла к стабильному земледелию связано появление поселений, названия которых оформлены вепсским суффиксом -*l*. В основе данных топонимов зачастую лежат древние прибалтийско-финские личные имена и прозвища. Подобная -*l*-овая топонимия представляет собой след языка носителей приладожской курганной культуры X–XIII вв. и передается в ходе русской адаптации через русскую модель -ичи/-ицы [Муллонен, 1994, С. 75, 122].

В Никольском Андомском погосте, по данным письменных источников XVII и XIX вв., имелись два подобных топонима:

Гонгиничи, местность (Туд): < вепс. *Hong(oi)l: древнее вепс. личное имя *Hong(oi) + суффикс -*l*, из вепс. hong «сосна (обычно сухая, высокая), высохшая на корню сосна»). См.: «д. в Сосновицах, на усть ручейка Елисеевской, в Гонгиничах», 1628 г. [Список, 1850];

Юбеничи, сенокосное угодье (Пт) [НАРК, ф. 27, оп.3, ед. хр. 74/664, л. 16 об.]: < вепс. *Hübjoil: древнее вепс. личное имя *Hübjoi + суффикс -*l*, из вепс. hübj «сова, филин». Антропоним *Hübjoi восстановлен И. И. Муллонен как основа названия вепсской д. Юбеничи [Муллонен, 1994. С. 87].

Присутствие подобных топонимов может говорить о наличии в XII–XIII вв. прибалтийско-финских (древних вепсских) поселений на оз. Тудозере и на р. Андоме в районе д. Альчино.

Согласуется это и с археологическими данными: средневековые (IX–XII вв.) древности поселения Тудозеро-V (в т. ч. горшки ладожского типа) относятся к финским древностям [Иванищев, 1997. С. 38]. Отметим также, что вепсские оригинальные названия на Андоме Гонгиничи и Юбеничи могут быть привнесенными, т. е. перенесенными древними вепсами с р. Ояти, где имеются одноименные поселения.

О включении водных и орографических объектов в культурное пространство и возникновении отдельных поселений как прибалтийско-финского, так и, возможно, в части случаев более раннего населения свидетельствуют топонимы бассейна р. Андомы со следующими основами и формантами:

код- (Кодозеро, Ладв): вепс. kodi «дом», кар. kod'i «дом, жилище», кар. kota «землянка, хижина, шалаш», «курятник», вепс. koda «курятник», саам. goatte «хижина», «чум»;

перт- (Пертозеро, Пертручей, Ладв): вепс. per't', кар. pertti, саам. pɛRRt «изба»;

ригач- (Ригачсельга [НАРК, ф. 24, оп. 5, ед. хр. 3/33, 21 л.], Ригачручей, Ригачозеро, Ладв): вепс. rihač «овин, рига»;

сада- (Садасельга [НАРК, ф. 24, оп. 5, ед. хр. 3/33, 23 л.], АР): топооснова может восходить к реконструируемому прибалтийско-финскому *sato, сопоставимому с морд. *sado «деревня, поселение» [Муллонен, 2002. С 49];

-конда (Себряная Пядчиконда [НТК КарНЦ РАН], Пог): вепс. *kond «крестьянский двор с прилегающим участком земли», кар. kondu

«крестьянский двор; хозяйство; земельный участок» [Муллонен, 1994. С. 59].

Относительно близкими к населенным пунктам были и места выпаса скота, маркируемые в андомской топонимии основой ебо- / ёбо- < вепс., люд., ливв. hebo, вепс. höbo «лошадь»:

Ебологи, болото (Туд) [НТК КарНЦ РАН] < *вепс. Hebologad, где loga «ложбина, овраг», «сырое болотистое место»;

Ебонаволок (Ёбонаволок), Ебонос, урочище (Зам). Ср. частый вепсский топоним Hebonem' («лошадиный мыс»).

В ойконимии и гидронимии бассейна р. Андомы также сохранилась память об укрепленных поселениях (городищах), возникновение которых, вероятно, можно отнести к деятельности прибалтийско-финского населения:

Загородище и Загородище Антоново, д. (Тит) [СНМ 1905. С. 134], Линдручей, лев. приток р. Самины (линд- < вепс. lidn – «город»). Деревни и ручей располагаются вблизи Саминского городища (XII–XIV вв.), известного по писцовым книгам XVI в. как Городище [Писцовые книги, 1930. С. 189].

Подгородье, д. (Пят) [СНМ 1905. С. 166], Линдручей, лев. приток р. Андомы. Деревня располагалась вблизи известного по писцовым книгам XVI в. Городка [Писцовые книги, 1930. С. 195–196].

Указанные укрепления, как следует из их расположения на местности, охраняли важные водно-волоковые пути из бассейна Балтийского моря (Онежское озеро) в бассейн Белого (рр. Тихманьга, Ухта) и Каспийского морей (рр. Сойда, Кема) и могли перекрывать торговый путь из Новгорода в Двинскую землю, а также путь вокруг Онежского озера (см. подробнее: [Соболев, 2010]).

Судя по первому сохранившемуся подробному описанию Никольского Андомского погоста, к 1563 г. на его территории располагалось 187 деревень (на 1 деревню приходилось 2,16 двора) [Витов, 1962]. К этому времени существовало большинство деревень из известных позднее гнезд поселений Андома, Андомская Гора, Верховье, Замошье, Гакугса, Куржекса, Макачево, Самино, Слобода, Тудозеро, Цимино, имелись поселения на оз. Айнозеро, оз. Маткозеро, на Кленовой горе.

В XVII–XVIII вв. к востоку от основной полосы расселения появились новые населенные пункты.

Первая часть из них образовалась на местах бывших подсек («лядин») и располагалась относительно недалеко от старых гнезд поселений. Это деревни под общими названиями Лядины, Мальян, Осиновец, Лобеги.

Другая часть поселений возникла в верхнем течении р. Андомы и на небольших лесных озерах: это многие деревни Андоморецкого общества Макачевской волости и Ладвозерского общества Андомской волости. Сохранились устные предания о том, что эти лесные деревни основали «беглые» или солдаты, не желавшие служить длительный срок. Известно также, что в верховьях р. Андомы в XVIII в. имелись селения старообрядцев.

К 1905 г. количество населенных пунктов на рассматриваемой территории достигло 250, при этом на одно поселение в среднем приходилось около 9 домов [СНМ 1905].

Далее рассмотрим основные способы наименования населенных пунктов.

Большая часть названий существовавших в начале XX в. деревень образована от личных имен или прозвищ живших в них крестьян (т. н. отантропонимный способ наименования).

Поскольку кроме восточнославянского (русского) населения на данной территории проживало и прибалтийско-финское (вепсское и карельское), часть ойконимов образована от прибалтийско-финских антропонимов, например:

Рябовская, д. [СНМ 1905. С. 136] (Тит), она же: д. … Фетков след Ребуева, 1563 г. [Писцовые книги, 1930. С. 190], Ребова, д. [СНМ 1905. С. 132] (Пог), она же: «д. Ребуево», 1563 г. [Писцовые книги, 1930. С. 191]. В основе – вепсский антропоним Reboi < вепс. reboi «лиса».

Терово, д. [СНМ 1905. С. 130] (Мар), она же: Тероевская (XVIII в.), «д. на горе Гордуевскоя, а в ней: во дворе Иванко Терентьев…», 1583 г. [Писцовая книга, 1993. С. 250]. В основе – вепс. и кар. личное имя Teroi (вариант христианского канонического имени Терентий).

Подобные прибалтийско-финские имена жителей и названия деревень отмечались в XVI в. в гнездах поселений Андома, Замошье, Куржекса, Макачево, Самино, Тудозеро, Цимино.

В названиях населенных пунктов, возникших позднее XVI в., в т. ч. в верховьях р. Андомы, прибалтийско-финские антропонимы практически не выявлялись. Для данных деревень характерно совпадение ойконимов и фамилий жителей, свидетельствующее об их происхождении от одного предка, вероятно, основателя поселения: д. Ешины – жители Ешины, д. Ганины Поляны – Ганины, д. Круглое Озеро (Павлецы) – Павликовы (Ладв) [СНМ 1873].

В гнездах деревень, существовавших в XVI в., такое наблюдается реже. Совпадение названий населенных пунктов и фамилий (прозвищ)

встречается в основном в деревнях, вновь возродившихся на пустовавших землях, но сохранивших старое официальное название и добавивших новое неофициальное (родовое), либо в населенных пунктах, появившихся позже, чем остальные деревни гнезда: д. Марьина (Пустошь Марыных) – жители Марыны (Марины) (Мар), д. Ярчинская пустошь (Руганова) – Руганы (Пог).

Все же отдельные патронимы отражались в названиях населенных пунктов еще в XVI в.: «д. на Сямени словет Чекоевских», «д. на Сямени ж Мишеных словет Мишинская» [Писцовые книги, 1930. С. 189–190], но они не сохранились до настоящего времени в форме фамилий.

Примером крайне длительного функционирования патронима, отраженного в названии населенного пункта, можно считать название д. Большого Двора Яковлевского (Никулины) [СНМ 1873. С. 51] (Тит). Так, Микула Фалелеев, от имени которого происходит название деревни, проживал в ней в 1583 г. [Писцовая книга, 1993. С. 252]. К XIX в. фамилию Никулин жители деревни не носили, но она, по всей видимости, была их «надфамильным» родовым наименованием.

Следующим распространенным способом наименования населенных пунктов являются вторичные названия, образованные путем переноса топонима со смежного объекта (чаще гидронима).

Подобное наименование характерно для гнезд поселений. Так, на территории более раннего заселения основные названия крупных сел – Андома, Гакугса, Куржекса, Самино, Тудозеро – происходят от соответствующих гидронимов, отражая прибрежный тип заселения. Для отдельных деревень, входящих в эти гнезда, наоборот, более характерны отантропонимные ойконимы.

На территории более позднего освоения ситуация складывается следующим образом. Расположенные на лесных озерах, в верховьях Андомы и ее притоков группы населенных пунктов также носят вторичные названия по водному объекту: Ладвозеро, Югозеро, Куржинское озеро. При этом входящие в группы поселений отдельные деревни в XIX в. носили 2 названия: одно указывало на водный объект, второе было отантропонимным.

Водораздельный тип заселения территории, а также практиковавшееся населением подсечное земледелие отразились в названиях деревень, входящих в группу поселений под общим названием Лядины:

Лядины, местность и общее название деревень < лядина «подсека», «участок в лесу, расчищенный под посев»;

Сельга, д. (Зам) < вепс. *sel'g «поросшая лесом гора» [Муллонен, 1994. С. 51] или русское диалектное андомское сельга «лес, мелкий лиственный лес, участок леса, лес на сухом месте, лес на небольшой возвышенности» [Мызников, 2003. С. 289–293]. Стоит отметить, что сельги использовались как участки под подсеку;

Кигалма, д. (Зам) < вепс. *Kivhaum, от kivi «камень» и haumeh «подсека, пожог».

Следующим распространенным способом наименования населенных пунктов является номинация, связанная с типом поселения.

Среди подобных названий имеются ойконимы прибалтийско-финского происхождения:

д. на Кюле, 1563 г. [Писцовые книги, 1930. С. 188] (ВД) < вепс., кар. külä «деревня, село» [Муллонен, 1994. С. 104];

Гомнус, однодворная д. [СНМ 1873. С. 58] (Зам) < вероятно, от вепс. honuz «большой дом».

Среди названий такого типа, имеющих восточнославянское (русское) происхождение, преобладают ойконимы, содержащие термин пустошь. Пустошь – запустевшая земля или заброшенная деревня. Название Пустошь получали деревни, возникшие на таких местах. В Списках населенных мест за 1873 г. по рассматриваемой территории отмечено 22 населенных пункта, в названии которых присутствует данное понятие: Хорева пустошь (Туд), Тереховская пустошь (Зам) и др.

В разрезе гнезд поселений деревни с подобным названием распределились следующим образом: в Андоме – 8, в Тудозере – 5, в Слободе – 4, в Куржексе – 2, в Замошье – 1 [СНМ 1873]. Как видим, все они – территории более раннего заселения, здесь имелась временная возможность для возникновения, запустения и нового появления деревень на старых местах.

Неоднократно встречаемые ойконимы Большой двор (Пог), «д. Большого двора Яковлевского» (Тит), Великий двор (Пог, Зам), Великодворская (ВД) [СНМ 1873], в основе которых лежит термин «великий двор» – центр вотчины, где располагалась администрация феодала [Чайкина, 1988. С. 261], маркируют места расположения центров владений новгородских бояр XV в. [подробнее см.: Соболев, 2010. С. 192–195].

В названиях сел и деревень XIX – нач. XX вв. отразились также следующие термины, обозначающие тип населенного пункта: деревня (Новая деревня, Тит); мыза «отдельно стоящая усадьба» (Аникиевская мыза, Пят); погост «селение с церковью, кладбищем и дворами лиц

духовного звания» (Верхне-Пятницкий погост, Саминский погост и др.); починок «новое селение» (Дмитровский починок, Тит; Бакашинский починок, Туд); пустынь «небольшой монастырь в лесу» (Куржинская пустынь [СНМ 1905. С. 136], Ладв; Спасоматкозерская пустынь, АР); слобода «селение, жители которого были временно освобождены от налогов» (Слобода, Тит, а также название самого гнезда поселений); усадище «барская усадьба» (Усадище, Пят) (ойконимы приводятся по: [СНМ 1873], административные термины по: [Чайкина, 1988]).

Таким образом, рассмотренные в статье топонимы свидетельствуют о наличии в юго-восточном Обонежье различных в этническом (языковом) плане групп населения. Доприбалтийско-финское население южного Обонежья до прихода прибалтийско-финского (древневепсского) и славянского населения, очевидно, не занималось земледелием и, судя по наличию топонимов с основами шид- и чекш-, проживало в сезонных поселениях.

Названия гнезд поселений и самих деревень, производные от названий водных объектов, свидетельствуют о том, что славянское и прибалтийско-финское население селилось в первую очередь на прибрежных участках у рек и озер. При этом жители одного населенного пункта могли быть представителями одного рода, происходящего от основателя деревни, поскольку часть ойконимов напрямую соответствует фамилиям жителей.

Вследствие различных причин, в т. ч. малодворности, отсутствия пригодных участков для подсеки, поселения нередко прекращали свое существование, но возобновлялись вновь, что отразилось в неоднократно встречающихся названиях Пустошь.

Типы поселений, отраженные в ойконимах, в свою очередь указывают на наличие в крае укрепленных поселений (городищ), боярского и помещичьего землевладения (великие дворы, усадище), небольших монастырей и сети церковных приходов (пустыни, погосты).

Список сокращений

Языки и наречия
вепс. – вепсский
кар. – карельский
ливв. – ливвиковский
люд. – людиковский
морд. – мордовский
прасаам. – прасаамский
саам. – саамский

Сельские общества
Андомская волость:
Ладв – Ладвозерское
Мар – Марынское
Пог – Погостское
Тит – Титовское
Макачевская волость:
АР – Андоморецкое
Зам – Замошское
Пят – Пятницкое
Туд – Тудозерское
Нигижемская волость:
ВД – Великодворское

Литература

Витов М. В. Историко-географические очерки Заонежья XVI–XVII вв.: Из истории сельских поселений. М.: Изд-во МГУ, 1962. 290 с.

Иванищев А. М. Древности Вытегории // Вытегра: Краеведческий альманах. Вып. 1. Вологда: ВГПУ, изд-во «Русь», 1997. С. 11–42.

Матвеев А. К. Субстратная топонимия Русского Севера. Ч. II. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 369 с.

Матвеев А. К. Субстратная топонимия Русского Севера. Ч. III. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. 300 с.

Муллонен И. И. Очерки вепсской топонимии. СПб.: Наука, 1994.

Муллонен И. И. Топонимия Присвирья: Проблемы этноязыкового контактирования. Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. 356 с.

Мызников С. А. Русские говоры Обонежья: ареально-этимологическое исследование лексики прибалтийско-финского происхождения. СПб.: Наука, 203. 540 с.

Научная топонимическая картотека Карельского научного центра РАН (в тексте – НТК КарНЦ РАН).

Национальный архив Республики Карелия (в тексте – НА РК).

Олонецкая губерния: список населенных мест по сведениям 1873 года. СПб: Типография Министерства внутренних дел, 1879. 235 с. (в тексте – СНМ 1873).

Писцовая книга Обонежской пятины А. В. Плещеева и подьячего С. Кузьмина 1582/1583 г. // История Карелии в XVI–XVII в. в документах. Т. III. Петрозаводск; Йоэнсуу, 1993. С. 35–341.

Писцовые книги Обонежской пятины 1496 и 1563 гг. Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1930. 268 с.

Соболев А. И. О прибалтийско-финском компоненте в формировании населения Андомского погоста и о некоторых вопросах освоения данной территории // Вытегра: Краеведческий альманах. Вып. 4. Вологда: Изд-во ВГПУ, 2010. С. 185–252.

Соболев А. И. Субстратная топонимия Тудозерья и её соотношение с данными археологии // Рябининские чтения-2011. Материалы VI конференции по изучению и актуализации культурного наследия Русского Севера. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С. 502–504.

Список населенных мест Олонецкой губернии по сведениям за 1905 год. Петрозаводск: Олонецкая губернская типография, 1907. 326 с. (в тексте – СНМ 1905).

Список с писцовой книги 136 и 137 [1628–1628] годов // Олонецкие губернские ведомости. Часть неофициальная. 1850. №№ 44–45.

Чайкина Ю. И. Географические названия Вологодской области: Топонимический словарь. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1988. 269 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Соболев Антон Игоревич
аспирант
Северный (Арктический) федеральный университет
им. М. В. Ломоносова
Набережная Северной Двины, 17,
Архангельск, Россия, 163002,
эл. почта: kroikoi@yandex.ru
тел.: +79095524555

Sobolev, Anton
PhD Student
Northern (Arctic) Federal University
named after M.V . Lomonosov
Severnaya Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia; 163002
e-mail: kroikoi@yandex.ru
tel.: +79095524555

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 197–201

УДК 4.106

ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВОГО ОБРАЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО НЕПОЛНОЦЕННОГО ЧЕЛОВЕКА В ФИНСКИХ НАРОДНЫХ ГОВОРАХ*

Е. В. Логинова

*Кафедра финского языка и литературы
факультета прибалтийско-финской филологии и культуры
Петрозаводского государственного университета*

В статье осуществляется поиск мотивов вторичной образной номинации для комплекса лексем, обозначающих умственно неполноценного человека в финских диалектах.

Ключевые слова: вторичная образная номинация; метафора; мотивационный признак; антинорма.

E. V. Loginova. FORMATION OF THE LINGUISTIC IMAGE OF A PERSON WITH LEARNING DIFFICULTIES IN FINNISH DIALECTS

This article deals with patterns of secondary nomination in Finnish dialect words denoting persons with learning difficulties.

Key words: secondary nomination; metaphor; types of semantic motivation; antinorm.

В последние годы в лексикологии быстро развивается этнолингвистическое направление исследований, которое на первом этапе рассматривалось как особый раздел языкознания, ориентированный на изучение связей языковых данных и фактов народной культуры. В дальнейшем, однако, этнолингвистика стала характеризоваться как уже вполне сложившаяся самостоятельная дисциплина, которая имеет общий для разных гуманитарных наук объект изучения – народную культуру [Виноградова, Толстая, 1995. С. 35].

Этнолингвистические исследования направлены на выявление закономерностей кодирования этнокультурной информации средствами языка. Человек воспринимает и осознает окружающую действительность органами чувств, создает свою систему представлений о мире, иначе говоря, между языком и миром стоит мышление носителя каждого языка. Вследствие исторического развития этноса и языка складывается т. н. картина мира, которая выступает своего рода отражением национального представления о внеязыковой действительности, системе ценностей. Этнолингвистика же через анализ языка изучает эту картину – как логику осмысления мира, осуществляя тем самым выход на культуру, в том числе ее национальную специфику.

* Статья подготовлена в рамках проекта по созданию междисциплинарного научно-образовательного Центра прибалтийско-финских исследований «Fennika» (Программа стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг.).

В предложенной работе, основываясь на принципах этнолингвистического анализа, предпринимается попытка описания фрагмента финской языковой картины мира через анализ языкового образа дурака. Материалом для анализа служат полисемантические финские диалектные слова, получившие в ходе своего развития отрицательную интеллектуальную семантику. Материал собран из многотомного словаря финских диалектов [SMS], картотеки Словаря финских говоров [SMSK], а также из толкового словаря современного финского языка [NS].

Лексика, отражающая свойства человеческой личности, формируется в значительной степени за счет вторичной образной номинации. В процессе вторичной номинации сознание носителя языка находит точное сравнение, удачную метафору, выбор которой укладывается в языковую традицию и логику носителя языка. В каждом языке встречаются как оригинальные, характерные лишь для данной культуры мотивы, лежащие в основе метафорической номинации для тех или иных человеческих качеств, так и универсальные идеи, присутствующие во многих культурах. Так, в большинстве европейских языков в качестве метафоры для глупца может быть выбрано название какого-либо животного, чаще это баран или бык; широко применимы т. н. «обувные» метафоры – всевозможные сапоги и ботинки; известны также «деревянные» и «гастрономические» метафоры. В ходе выделения подобных сфер отождествления или предметно-тематических кодов выясняется способ выражения признака и устанавливается уровень внешней мотивации. В свою очередь, на более глубоком уровне – внутренней мотивации – выявляется причина выбора носителем языка той или иной метафоры, т. е. мотив номинации.

Такая система анализа семантики предложена на славянском материале Е. Л. Березович, которая отмечает, что «наибольшую степень обобщенности имеют мотивационные доминанты – предельно абстрактные идеи, объединяющие все элементы какого-либо семантического поля. Мотивационные доминанты опираются на сквозные мотивы. Эти интерпретаторы смысла обладают более развернутым содержанием, радиус их действия охватывает не все пространство поля, а несколько лексико-фразеологических групп» [Березович, 2007. С. 33].

В финском языке в числе наиболее продуктивных сквозных мотивов, актуализованных в образной номинации лексико-семантической зоны «Глупость» поля «Интеллект человека», выступает мотив рыхлости, мягкости, аморфности.

Обратимся для начала к бытующим в литературном языке лексемам *löysä*/*löyhä,* которые характеризуют объект как неплотный, рыхлый, расслабленный, незакрепленный, бесформенный [Ruppila, 1955]. Диалектные данные дополняют эту информацию такими выражениями и сочетаниями, где слова *löysä*/*löyhä* называют неплотно связанную вещь, рыхлую почву, жидкое тесто, недавно выпавший, неслежавшийся снег, а также пустую болтовню, лень, человеческую глупость:

*Kyl tämmöst löysää leipää on hyvä syövä** – такой мягкий хлеб приятно есть;

Se on *hiukan päästä löysä* – он немного слаб на голову.

Иначе говоря, слово с первичным значением ´мягкий, рыхлый`, призванное характеризовать конкретные объекты, используется также для называния абстрактного явления – человеческой глупости. Метафора делает абстрактное легче воспринимаемым, не случайно поэтому один из магистральных путей метафорического переноса – от конкретного к абстрактному, от материального к духовному [Метафора..., 1988. С. 12].

Далее предложен ряд лексем, получивших в ходе своего развития отрицательную интеллектуальную семантику благодаря воплощению мотива мягкости, рыхлости. Обычно это слова, называющие различные неплотные по консистенции вещества – мягкое масло, рыхлая земля, старые, размягченные корнеплоды и т. п. Особого внимания заслуживает большое количество лексем, обозначающих разные виды снега: auhto/hauhto, hohelo, hohka/hohko, hupa/hupakka/hupakko, hupsakka/hupsakko, höhelö/höherö, höhhö, höhkä/höhkö, hölmö, höyhkä/höyhtä, höyhtänä/höyhtö, höykkö, tohelo, tohmero, töhmerö и пр.

Ниже приведены примеры употребления в речи лишь некоторых из них.

Auhto/hauhto 'мягкий, непрочный, рыхлый снег или земля'/'слабоумный человек':

Lumi on nii hauhtoo ku ei oo suojanna – снег очень рыхлый, не выдержит;

Kyllä se on semmone aohtopeä, ei se muistam mittää – он такой дурень, ничего не помнит.

Hohelo рыхлый, рассыпчатый снег/хрупкий, ломкий лед/мягкий корнеплод/невнимательный человек, чудак, слабоумный:

Pehmeät hohelot toi nauris, kun se on niin äkistek kasvannu – вялая эта репа, раз так быстро выросла;

Se hohelo uskoo kaekki, mitä toenev valehtelloo – этот простофиля во все верит, что ему врут.

---

* Все примеры собраны из словаря финских народных говоров [SMS].

Hohka, hohko рыхлый снег, лед/корнеплод, утративший со временем свежесть и сочность, ставший вялым/о глупом или рассеянном человеке:

Jää haurastuu hohkaksi – лед становится рыхлым;

Sum pääs on niinko hohkaantunu nauris – твоя голова как вялая репа;

Sinä nyv vasta hohko likka olet kun et ymmärrä rikasta miästä ottaa – ты совсем какая-то недотёпа, раз не сообразишь богатого мужа заполучить.

Hupsakka, hupsakko рыхлый снег/масло/некрепкий кофе/чудак, дуралей:

Voe, voe ku tiä kahvi tul nyt semmosta hupsakkata – ой, это не кофе, а какая-то бурда;

Kylläs tua hupsakan tunnen – знаю я этого дурня.

Акт номинации всегда мотивирован пониманием значимости и безошибочного восприятия взятого за основу предмета или явления внеязыковой действительности. Функционирующий в языке мотив ориентирует номинатора на выбор правильного образа. Не менее продуктивным образом, чем снег, является чересчур мягкое масло, в одних случаях это не успевшее уплотниться, только что приготовленное, в других же – растаявшее, «летнее» масло. Указанными значениями обладают лексемы hupelo, höppä, höppänä, höppö, höppörö, höperö/höpperö, höpelö, hötö, höttänä, hössäkäs, hössänä, hössäkkä, hössö и некоторые их производные.

Höppä, höppänä, höppö 'легкий снег'/'мягкое вещество, напр. только что взбитое масло'/что-л. хрупкое/'слабоумный человек'. Производные от этой основы также отмечают неадекватную голову, а именно – höppänyys 'непонимание', 'плохая память', 'запутанность мыслей', höppäpäinen 'слабоумный', höppärä, höppärö, обозначают 'дурного, придурковатого человека', а глагол höppänöidä 'дурачиться, придуриваться':

Tämä voi on vielä ihah höppöö – это масло еще очень мягкое;

Höppö se oli, ei kehannu työtä tehä ollenkhaan – он-то, дурак, не хотел никакой работы делать.

Отдельного внимания заслуживают следующие единицы изучаемой лексико-семантической группы – hössäkkä, pöherö, pöperö, pöpperö, möhlä. Все они обладают отрицательной интеллектуальной семантикой, используются в качестве названий снега, однако их особость заключается в том, что виды обозначаемого ими снега разнятся до прямо противоположных:

Pöherö – с одной стороны, 'мокрый липкий снег, оттепельный снег; влажный, но еще не мокрый снег', с другой, 'сухой, рыхлый, рассыпчатый снег', а также 'неплотное масло, распадающееся на составляющие'/'дурак', 'глупец':

Pöherölumi tarttuu suksen pohjaan – мокрый снег липнет к лыжам;

Kuiva lumi sei pöheröö, ei pöherössä jaksa kauan tallustella – рыхлый снег, по такому не сможешь долго тащиться;

Se on niin pöherö ettei se huomaa mittään asiaa ku sille puhhuu – такой дурак, ничего не соображает, что ему говорят.

Примерно такой же расклад представлен в значениях лексемы pöperö/pöpperö, которая используется в финских говорах для обозначения как мягкого рассыпчатого снега, так и прилипающего, мокрого снега; называет как чересчур сухое тесто для печенья, так и слишком густое. Одновременно полисемантическое слово бытует в значении 'тупица, рассеянный человек':

Ei tammosella pöpperöllä viissi mihinkää lähtä – по такому мягкому снегу не пойдем никуда;

On pöpperöö kävellä – tarttuva lumi haittana kävellessä – липкий снег мешает идти;

Mie nyt non pöperö no en muista mittiä – я-то, дурень, ничего не помню.

Очевидно, языковой образ медленно соображающего человека в данном случае возникает из ситуации неудобства, заторможенности передвижения по свежевыпавшему или оттепельному, липкому снегу. Чтобы донести до него мысль, приходится приложить определенные усилия, преодолеть сопротивление с его стороны. Примечательно, что полисемия данных слов включает еще одно значение – тесто. При этом, как и с характеристикой снега, называемое тесто может быть чересчур жидким или же, наоборот, плотным, крутым. Очевидно, здесь, на «уменьшенной модели», т. е. на уровне слова наблюдается давление идеи антинормы, которая реализуется во всем масштабе лексико-семантического поля «Интеллект человека», провоцируя приобретение отрицательной интеллектуальной семантики словами, содержащими сему «полярные проявления признака». Носитель языка маркирует значимые для него крайние проявления признака и переносит в процессе номинирования на абстрактно мыслимые объекты. На данном конкретном примере можно убедиться, что полярные характеристики «легкий, морозный/липкий оттепельный снег» или «жидкое/плотное тесто» заслуживают внимания номинатора, тогда как умеренное проявление считается нормой и остается без специального наименования. Используя терминологию, предложенную Е. Л. Березович, можно сказать, что сквозной мотив аморфности, мягкости входит в мотивационную доминанту антинормы [Березович, 2007. С. 150].

Выше были предложены к рассмотрению некоторые версии происхождения метафор в адрес глупца. В качестве мотива для метафорического переноса выступает идея рыхлости, мягкости, аморфности, которая послужила основанием для сравнения некоторых особенностей характера и интеллекта человека с рыхлым снегом, маслом, тестом, старой репой и пр. Свойственная перечисленным составам податливость, бесформенность, рыхлость, аморфность при смысловом переносе характеризует человека как вялого, слабого, халтурно выполняющего свою работу и интеллектуально неактивного или неполноценного. Не могла не сыграть свою роль также коннотация «негодный» в случае сопоставления со старым корнеплодом, растаявшим маслом, неудавшимся тестом.

Обращает на себя внимание большое, по сравнению с русским языком, количество образных номинаций, имеющих в своей основе обозначение снега. Здесь важно подчеркнуть, что оценка человеческого интеллекта дается через посредство обыденных, но значимых для носителя традиционной финской культуры внеязыковых реалий: снег, качество и структура которого менялись в зависимости от погодных условий и времени года; масло, которое взбивалось и хранилось в домашних условиях; репа, становившаяся от хранения мягкой. «Метафору питают обыденные, а не научные знания. Она создается при опоре на знания носителя языка о предметах, полученных естественным путем» [Берестнев, 2002. С. 25].

Изучаемый ряд метафор глупости, развившихся на основе слов, первично обозначающих какую-либо неплотную консистенцию, может быть продолжен полисемантическими лексемами, известными в тех же значениях, дополнительно включающими характеристики чего-либо пористого или хрупкого. Таковы, к примеру hapera / hapero / haperi, hasero, höttelö / hötterö, haplakka / haplakko / huplakko, kohelo / koheli, kohmo / kohmu.

Для перевода прилагательного ***hapera*** современный финско-русский словарь предлагает значения 'хрупкий, ломкий, непрочный'; по данным диалектных словарей, им может быть охарактеризован хрупкий лед, негустое тесто, трухлявая древесина, затвердевшее на морозе крупинками масло, а также странноватое поведение человека и отсутствие ума. Как, на каком основании развилась именно такая полисемия? Ниже предложены примеры, демонстрирующие употребление слова в указанных значениях:

Kevväinej jää on nih haperaa – весенний лед такой хрупкий

O nii hapera ko leppäne seeväs – ломкий, как ольховый кол

Haperaa on kun Tommin järki – слабый, как Томмин ум

Oleks ny hapera, kuinga sä keskel arkeepäivää ställäät juhlavaatteet päälläs! – что ли ты слабоумный, раз в будний день бродишь в праздничной одежде!

В приведенных случаях развитие семантики глупости на основе первичных значений лексемы ***hapera*** происходит благодаря актуализации одного из наиболее распространенных сквозных мотивов образной номинации – *непрочность*.

В. Руоппила, анализируя именования умственно неполноценного человека в финских говорах, также обращал свое внимание на эту настойчивую связь первичного значения неплотности или хрупкости с наименованиями глупцов. Автор высказывает мнение, что, очевидно, своим поведением дурак вызывает ассоциации с каким-то отрицательно оцениваемым предметом окружающей действительности. Так, плотно сотканная материя, туго завязанный узел, крепко связанный веник оцениваются позитивно, соответственно противоположные качества – неплотность и расслабленность – видятся основой, пригодной для появления метафоры в адрес неудовлетворительных умственных способностей [Ruppila, 1955. S. 155].

Способность одного слова выступать характеристикой столь разных объектов может выглядеть нелогичной, особенно в русских переводах финских диалектных выражений, где одним прилагательным обозначаются свойства реалий от теста или масла до ветхой постройки. Однако с учетом того, что в основе развития отрицательной интеллектуальной семантики у приведенных выше слов лежит идея антинормы, все предложенные здесь случаи воплощают коннотацию «негодный, плохой», которая оказывается стержневой для развития семантики 'глупый'. Это хорошо прослеживается на примере лексем ***kohelo/koheli, kohma/kohmu.***

В качестве первичных значений приведенные слова также характеризуют какие-либо рыхлые, ломкие и хрупкие объекты (наст, хрупкий весенний лед и т. д.). Однако все они могут указывать и на что-то негодное и неудовлетворительное, например, старые камни в банной печи, пустые, не представляющие ценности зерна, неровности и складки на ткани при шитье. Очевидно, именно в этом направлении происходит сдвиг в семантике. Такая же 'негодность, неудовлетворительность' характеризует неуклюжего, иногда медлительного и глупого человека.

Ei siittä (kiuaskivestä) *saam mimmostakal löylyä sitte ennään ko se semmoseks koheliks tulle ko vesi läpittem mennee* – от таких камней пару не будет, так как они раскрошились и вода проходит сквозь них

Ompa minulla semmonen kohelo elämä – такая уж у меня тяжелая (букв. 'разбитая') жизнь

Ko itte on kohmo ni luulee että kaikki muut on kohmoja – если сам дурак, думает, что все такие же.

Показательно при этом, что ***kohmu*** и его производные ***kohmukko kohmulikko, kohmikko kohmeikko, kohmelikko, kohmisto, kohnukko, kohnikko*** обозначают труднопроходимое болотистое место: *Kohmulla on paha ajaa hevosella* – по месиву сложно ехать верхом. В этом контексте уместно отметить и у ***hapera*** значение 'водянистый, заболоченный луг, в котором вязнут ноги при ходьбе'. Видимо, здесь для развития семантики глупости в очередной раз актуализируется коннотация «движение, преодолевающее сопротивление», которая срабатывает и при образовании значения 'дурак' у слов, первично обозначающих слишком рыхлый, мягкий или, наоборот, липкий снег и как следствие – затрудненное движение. Предложенный фрейм мог породить ассоциацию с тугодумом, для обучения которого требуется преодолеть значительное сопротивление.

Литература

Березович Е. Л. Язык и традиционная культура. М.: Индрик, 2007. 599 с.

Берестнев Г. И. Семантика русского языка в когнитивном аспекте. Калининград: изд-во КГУ, 2002. 156 с.

Виноградова Л. Н., Толстая С. М. Ритуальные приглашения мифологических персонажей на рождественский ужин: формула и обряд // Малые формы фольклора: Сборник статей памяти Г. Л. Пермякова. М., 1995. С. 166–197.

Леонтьева Т. В. Интеллект человека в русской языковой картине мира. Екатеринбург: изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 280 с.

Метафора в языке и тексте / Отв. ред. В. Н. Телия. М.: Наука, 1988. 176 с.

Nykysuomen sanakirja. Osat 1–3. Helsinki, 1983. (В тексте – NS).

Ruppila V. Vajaaälyisen kuvaannollisia nimityksiä // Virittäjä. 1955. S. 150–170.

Suomen murteiden sanakirja. Osat 1–7. Helsinki, 1985–2003. (В тексте – SMS).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Логинова Елизавета Валерьевна
аспирант кафедры финского языка и литературы
факультета прибалтийско-финской филологии и культуры
Петрозаводский государственный университет
ул. Правды, д. 1, г. Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185003
эл. почта: sormukset@mail.ru
тел.: (8142) 574947, 89535262896

Loginova, Elizaveta
Postgraduate student
Department of Finnish Language and Literature, Petrozavodsk State University
Pravdy 1, Petrozavodsk, 185003, Karelia, Russia
e-mail: sormukset@mail.ru
tel.: (8142) 574947, 89535262896

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 202–205

ХРОНИКА

СЕМИНАР ПО МЕТОДИКЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В ИНСТИТУТЕ ЯЛИ



Главный научный сотрудник Института Мировой литературы д. ф. н. В. А. Бахтина

В 2007 году в Петрозаводске был проведен первый семинар по методике полевых работ и архивации фольклорных и этнографических материалов. Его организаторами стали Институт языка, литературы и истории КарНЦ РАН и отдел фольклора музея-заповедника «Кижи». Собирание и хранение фольклора – это целая область фольклористики, имеющая множество аспектов. Появились не только новые методы экспедиционной деятельности, связанные с современной техникой, с новыми собирательскими «полями», но и новые формы отчетов об экспедициях, презентаций фольклорных материалов. В последнее время обострились проблемы сохранения архивных фольклорных и этнографических материалов, актуальными стали вопросы хранения архивов на цифровых носителях, создания электронных каталогов и баз данных, применения интернет-технологий. Результаты полевых исследований недостаточно освещаются в печати. Требуется привлечение внимания специалистов и общественности к результатам проведенных полевых исследований, обмен опытом собирательской и архивной работы. Задачи семинара его организаторы обозначили в проекте, размещенном на сайте http://folk.krc.karelia.ru (раздел «Семинар»).

Это научное мероприятие, по замыслу организаторов, должно было объединить исследователей, работающих в учреждениях науки, культуры и народного образования г. Петрозаводска. Уже после первого семинара, в котором участвовали сотрудники Института ЯЛИ КарНЦ РАН, музея-заповедника «Кижи», Петрозаводского университета и Карельского педагогического университета (ныне Педагогической академии) – всего 12 докладчиков, – стало ясно, насколько важно проводить такое мероприятие. Темы докладов касались методов видеофиксации в полевых условиях (В. П. Кузнецова, В. Б. Бовин), особенностей сбора материалов по народным танцам (Н. С. Михайлова), организации и результатов фольклорной практики студентов петрозаводских вузов (С. В. Федорова, И. Н. Минеева), оформления материалов, сдаваемых на хранение в архив (Е. В. Марковская, К. К. Логинов), результатов сбора музыкального фольклора среди карелов-людиков (Н. А. Ригоева). Сотрудники Института ЯЛИ КарНЦ РАН В. П. Миронова и Л. И. Иванова подвели итоги собирания карельского фольклора за последние 10 лет, В. Б. Бовин поделился опытом монтажа видеоматериалов при создании фильмов. С фольклорными материалами, хранящимися в Научном архиве музея «Кижи», познакомила И. И. Набокова. Тематика семинара оказалась настолько интересной, что было решено проводить его ежегодно и публиковать доклады в «Кижском вестнике» или отдельном издании. Это предложение поддержано руководством Института ЯЛИ КарНЦ РАН и музея-заповедника «Кижи».

В последующие годы состав участников значительно расширился. В семинаре стали принимать участие не только петрозаводчане, но и представители учреждений Москвы и Санкт-Петербурга. Так, в 2008–2009 гг. участниками были зав. отделом информационных технологий и источниковедения Института мировой литературы им. А. М. Горького РАН В. Л. Кляус и студенты Центра социальной антропологии РГГУ. Программа семинара 2008 г. помимо докладов о результатах экспедиционных исследований содержала целый блок чрезвычайно интересных и актуальных докладов об архивах. За последнее время накопилось много вопросов в сфере сохранения имеющихся фольклорных собраний – как звуковых, так и рукописных. Доклад В. П. Кузнецовой был посвящен созданию электронного научного фонда рукописных фольклорных коллекций. Эти работы были начаты в рамках проекта РГНФ, продолжавшегося 3 года. Н. Г. Урванцева посвятила свой доклад Учебно-исследовательской лаборатории фольклора КГПУ; Е. В. Марковская – результатам командировки в г. Хельсинки, во время которой изучался опыт применения новых технологий в работе Фольклорного архива Финского Литературного Общества. Чрезвычайно полезным был доклад В. Л. Кляуса «Электронный полевой архив: методика и практика создания». Основная часть докладов была посвящена результатам экспедиций: это доклады П. Б. Легкой, О. В. Лебедевой, Д. Д. Абросимовой, Л. И. Ивановой, В. П. Мироновой, А. В. Голубева и А. Ю. Осипова, А. А. Савицкого, Н. А. Мамонтовой, К. К. Логинова, А. П. Конкка. География маршрутов – районы Карелии, Архангельская область.

Программа Семинара-2009 значительно расширилась благодаря участию языковедов – преподавателей и студентов Карельского педагогического университета, а также исследователей Института ЯЛИ КарНЦ РАН. По сложившейся традиции на семинаре работали 2 секции: «Научные архивы и лаборатории» и «Методика и практика полевых работ». Последняя разделилась на две подсекции: «Фольклор и этнография» и «Языкознание».

Доклады на секции по архивам и лабораториям были посвящены информационной системе фольклорного архива ИЯЛИ КарНЦ РАН (В. П. Кузнецова, Е. В. Марковская), опыту архивации литературного наследия Э. Г. Карху (Н. В. Чикина), архиву Лаборатории лингвокраеведения и языковой экологии КГПУ (Е. Р. Гусева), видеофонду материалов о карелах Фонограммархива Института ЯЛИ (В. П. Миронова, Л. И. Иванова). Тема применения новых информационных технологий была продолжена сотрудниками Фонограммархива ИЯЛИ и в 2010 г.

С. М. Лойтер сделала доклад о значении «внетекстовых» источников фольклористики; И. Н. Минеева, Н. Г. Урванцева, Т. В. Лис, Н. В. Червякова проанализировали материалы, собранные в студенческих экспедициях КГПУ. Доклады участников семинара И. И. Набоковой, Д. Д. Абросимовой, Ж. В. Гвоздевой, А. С. Лызловой, А. П. Конкка, К. К. Логинова, В. Ю. Пахомовой познакомили с разнообразной тематикой полевых исследований в районах Карелии и сопредельных областей. В 2009 г. в семинаре участвовала целая группа студентов РГГУ, проводившая экспедицию в Карелии под руководством В. Л. Кляуса. Студенты-пятикурсники обобщили свои полевые наблюдения в докладах об употреблении национального языка в сакральной традиционной культуре сямозерских карелов-ливвиков (Н. А. Мамонтова), об изучении традиционного природопользования сямозерских карелов (Н. В. Петракова), о межэтнических взаимоотношениях на территории Пряжинского района Республики Карелия (Т. О. Цеденов).

О качестве языковедческих записей для составления диалектных словарей говорила в своем докладе Л. П. Михайлова. Вопросам обработки диалектных материалов и составления карт для Лексического атласа русских народных говоров посвятил доклад А. В. Приображенский. И. А. Кюршунова обобщила свой опыт сбора и обработки антропонимических материалов. Интересными были доклады преподавателей и студентов об экспедициях в районы Карелии (Е. Р. Гусева, Т. Е. Рутт, Т. А. Лисакова, О. А. Охапкина, Ю. В. Тихомирова, А. А. Попов и др.). Сотрудники сектора языкознания Института ЯЛИ КарНЦ РАН С. В. Ковалева и А. П. Родионова сосредоточили свое внимание на методах полевой лингвистики, применяемых во время собирания лексического и грамматического языкового материала. Материалы научно-практического семинара были опубликованы в сборнике «Методика полевых работ и архивное хранение фольклорных, этнографических и лингвистических материалов» (Петрозаводск, 2009).

В 2010 г. семинар посвящался 100-летию В. Я. Евсеева – исследователя, для которого экспедиционная работа была неотъемлемой частью его научных изысканий. Блок докладов вплотную касался его жизни и творчества, архивного наследия, маршрутов экспедиций (Ю. А. Савватеев, Н. А. Криничная, Н. А. Прушинская, В. П. Миронова, Н. В. Чикина, А. С. Лызлова).

О вышедшей монографии Т. Г. Ивановой «История русской фольклористики» и о значении фольклористики Карелии говорила в своем докладе С. М. Лойтер. Доклады постоянных



Участники семинара в конференц-зале Карельского научного центрв



Фольклористы и этнографы на секции «Методика и практика полевых работ»

участников семинара были посвящены методикам сбора материалов (К. К. Логинов, И. И. Набокова); архивные материалы по биографиям сказителей проанализировала Л. И. Иванова, записи духовных стихов в диахроническом аспекте рассмотрел А. М. Петров. Д. Д. Абросимова продолжила изучение темы календарного фольклора Обонежья. А. В. Крюков изложил свои экспедиционные наблюдения над бытованием этнонима «вепся» у ижоры. Преподаватели КГПА Н. Г. Урванцева и Т. В. Лис продолжили анализ материалов, собранных в студенческих экспедициях в Пудожском районе Карелии.

В 2011 г. было решено провести семинар по полевым работам уже в рамках конференции «Рябининские чтения-2011»*.

Каждый год к постоянным участникам семинара – сотрудникам музея-заповедника «Кижи» и Института ЯЛИ КарНЦ РАН – присоединяются молодые исследователи. Это и студенты вузов, и аспиранты, и начинающие научные сотрудни

фольклора ИРЛИ А. Н. Власов и ведущий научный сотрудник отдела древнерусской литературы ИРЛИ А. Г. Бобров). Впервые в семинаре этого года участвовала главный научный сотрудник отдела фольклора ИМЛИ РАН В. А. Бахтина.

Каждый год к постоянным участникам семинара – сотрудникам музея-заповедника «Кижи» и Института ЯЛИ КарНЦ РАН – присоединяются молодые исследователи. Это и студенты вузов, и аспиранты, и начинающие научные сотрудники. Уже не раз семинар становился местом, где состоялись первые в жизни научные доклады молодых дебютантов. Здесь можно попробовать себя в роли руководителя секционного заседания, представить свои первые научные результаты.

На семинаре можно показать свои экспедиционные видеосъемки, поделиться опытом использования фото- и видеотехники, стать участником мастер-класса по применению новых технических методов для сохранения научных архивов, получить консультацию специалистов.

Каждый год украшением семинара являются выступления фольклорных ансамблей: Фольклорного ансамбля студентов кафедры музыки финно-угорских народов ПГК им. А. К. Глазунова (рук. А. Войтович, Г. Карпова); Фольклорного театра ФГУК «Музей-заповедник «Кижи» (руководители Е. В. Герасимова, Ж. В. Гвоздева).

Материалы семинара опубликованы в выпусках «Кижского вестника» (Петрозаводск, 2009, № 12; 2011, № 13) и в уже упоминавшемся отдельном издании.

***

Через полтора месяца после семинара мы узнали скорбную весть о том, что не стало его почетного участника Валентины Александровны Бахтиной. Она была в Петрозаводске в течение трех дней, с 20 по 22 марта. Ничто не предвещало скорой смерти, Валентина Александровна была как обычно общительна, прекрасно выглядела, интересовалась работой коллег. Перед семинаром она написала, что ей очень хочется приехать в Петрозаводск. С нашим городом она была знакома давно и испытывала к нему особенно теплые чувства. Валентина Александровна изучала фольклорное собрание в Научном архиве КарНЦ РАН, потом стала приезжать на конференции по народной культуре Русского Севера «Рябининские чтения». Ее приводил в восторг остров Кижи и выступления коллектива Фольклорно-этнографического театра музея-заповедника. Валентина Александровна всегда поддерживала петрозаводских коллег, оказывала консультативную помощь, неоднократно помогала в защитах диссертаций. Она была представителем классической школы русской фольклористики, обладала обширными и глубокими знаниями. Мы бесконечно благодарны за ее подвижнический труд по изучению и изданию творческого наследия Б. М. и Ю. М. Соколовых. В подготовленный ею двухтомник материалов экспедиции под их руководством 1926–1928 гг.* вошел большой материал о Заонежье и Пудожском крае. Издание содержит обширный научный аппарат, а комментарии В. А. Бахтиной, как сказала С. М. Лойтер в своем докладе на этом же семинаре, – это своего рода микроисследование каждого сюжета, каждой записи.

К петрозаводскому семинару В. А. Бахтина подготовила доклад, заинтересовавший всех участников: «Коллективная запись фольклорного текста (критическая текстология)» – о методах ручной записи и подходах к собирательской работе Б. М. и Ю. М. Соколовых, чье творческое наследие она изучала в течение многих лет.

К сожалению, это была последняя встреча с Валентиной Александровной, оказавшей нам честь своим участием в семинаре и так любившей Петрозаводск.

В. П. Кузнецова

---

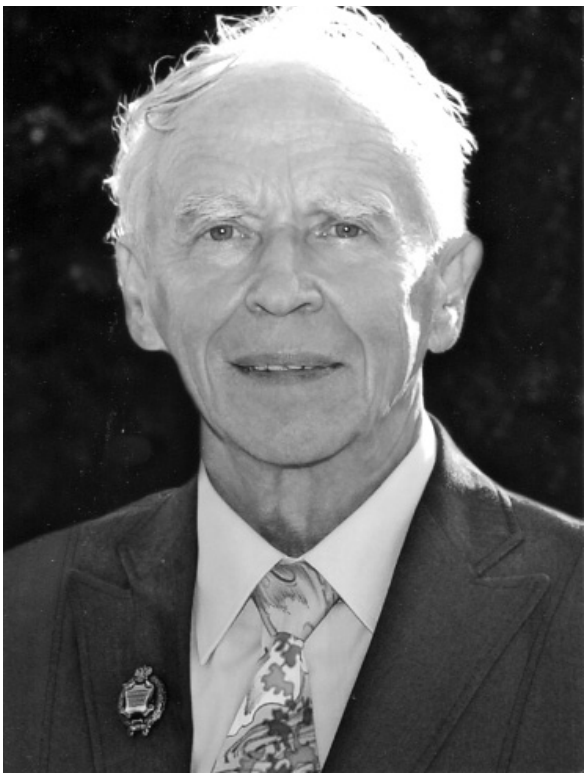
* См. обзор докладов: Т. Г. Иванова. Размышляя о «Рябининских чтениях-2011» // Живая старина. 2012. № 2. С. 68–71; см. также впечатления участников «Рябининских чтений-2011»: «Антропологический форум» № 16, 2012. С. 283–321. http://anthropologie.kunstkamera.ru/files/pdf/016online/readings2.pdf.

* Неизданные материалы экспедиции Б. М. и Ю. М. Соколовых «По следам Рыбникова и Гильфердинга» / Вступит. статья, подготовка текстов, науч. комментария, справочного аппарата В. А. Бахтиной. М., Наука, 2007. Т. 1; М., ИМЛИ РАН, 2011. Т. 2.

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 206–208

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ РУССКОГО СЕВЕРА (к 75-летию со дня рождения Ю. И. Дюжева)



Юрий Иванович Дюжев – доктор филологических наук, главный научный сотрудник сектора литературы и фольклора Института языка, литературы и истории КарНЦ РАН, заслуженный деятель науки Республики Карелия, заслуженный работник культуры России, автор более 150 научных работ, из которых двадцать вышли отдельными изданиями в Москве, Петрозаводске, Архангельске.

После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации под руководством Ирины Петровны Лупановой в июне 1966 года Юрий Дюжев был принят на работу младшим научным сотрудником в сектор литературы Института языка, литературы, истории РАН. С приходом в сектор литературы Юрия Ивановича Дюжева началось системное изучение литературы Европейского Севера.

Научные исследования Юрия Дюжева опираются на масштабный архивный поиск. Его монографиям как правило предшествует выход в свет библиографических указателей, пользующихся широкой популярностью в читательской среде. Это указатели «Революционное Беломорье в русской литературе Севера», «Великая Отечественная война на Севере в советской литературе», «Северная деревня в советской литературе», три издания словаря «Писатели Карелии».

В монографиях «Слушайте Революцию», «Память войны», «Живая душа народа», «Новизна традиции» автором проанализированы десятки художественных произведений – очерки, рассказы, повести, романы писателей-северян, создававшиеся на протяжении XX века.

В ноябре 1988 года, работая заместителем директора Института по научной работе, Юрий Иванович успешно защитил докторскую диссертацию в Институте мировой литературы имени А. М. Горького. Работа была посвящена изучению закономерностей развития русской литературы Европейского Севера. В ней впервые были сформулированы и обоснованы научные положения, которые определяют специфику и закономерности литературного региона.

Юрий Иванович написал практически обо всех писателях Русского Севера – Архангельской, Вологодской, Мурманской областей и Карелии. В своих монографиях он проанализировал становление русской прозы, поэзии, драматургии на Севере России во второй половине XX века. Это время в русской литературе Севера характеризовалось появлением ярких имен:

Федора Абрамова, Василия Белова, Дмитрия Балашова, Владимира Личутина, произведения которых привлекли к себе внимание читателей всего мира. Творческая среда, в которой вспыхнула плеяда литературных талантов, имела свои особенности. Ю. И.Дюжев одним из первых в литературоведении России ввел понятие литературного региона, которое уже прочно утвердилось в науке, и дал его характеристику как единого целого по функциональному, а не только по территориальному признаку. И действительно, Борис Шергин, Степан Писахов или Владимир Личутин, переехавшие в Москву, сохранили все качества писателей именно северного региона.

Книги Ю. И. Дюжева – это история литературы и в то же время высокоталантливая эссеистика. Писателям Русского Севера, безусловно, повезло, что их летописцем оказался Юрий Иванович, создавший ряд ярких и запоминающихся литературных портретов. Он ввел в литературный обиход многие, не известные широкой читательской аудитории произведения, например, обозначил направление писателей-маринистов Севера. У Ю. Дюжева вызвали несомненную симпатию сильные, одинокие герои, высокие идеалы, жесткое, мужское литературное письмо – черты творчества мурманчан 1980-х годов.

В очерке о Владимире Личутине Юрий Иванович поставил вопрос о противостоянии народа и власти. Анализируя знаковое произведение Личутина «Раскол» о первом глубинном духовном кризисе нации, Ю. И. Дюжев подытожил сказанное писателем: нельзя помыкать народом, душою человека, «любая революция противопоказана человечеству». Несомненным украшением всех книг Юрия Дюжева являются архивные документы, записи бесед с писателями из богатейшего личного архива.

В прозе писателей Русского Севера Ю. И. Дюжев увидел не только этническое отчаяние, но и позитивное мироощущение, обратил внимание на то, что эти писатели, как большие художники, оставляют человеку надежду, показывают смысл жизни в «удовлетворении требованием совести», в необходимости делать добро людям.

Знаменитый прозаик Василий Иванович Белов писал Юрию Ивановичу 17 декабря 2001 года: «Работы Ваши изредка попадаются на глаза. И я всегда читаю с большим к Вам уважением. Они у Вас правдивы и точны».

В последних по времени монографиях «История русской поэзии и драматургии Европейского Севера первой половины XX века» 2002, «История русской прозы Европейского Севера первой половины XX века», «История русской прозы Европейского Севера второй половины XX века» автор исследовал основной контекст художественного творчества северян. Историко-литературный и критический анализ проведен так, что логика развития образов соотносится с реалиями самой жизни, при этом широко использованы знания смежных дисциплин (истории, социологии, экономики) и свидетельства современников (дневники, записные книжки).

Юрий Дюжев много сил отдает изучению многонациональной литературы Карелии, является одним из авторов «Очерка истории советской литературы Карелии», автором монографий о писателях-карелах Ортье Степанове и Яакко Ругоеве, ответственным редактором нескольких выпусков сборника статей «Проблемы литературы Карелии и Финляндии». В течение восемнадцати лет Юрий Иванович являлся заведующим сектором литературы.

Под его руководством сектор литературы завершил работу и опубликовал в 1994–2000 годах «Историю литературы Карелии» в трех томах. В 2002 году коллективу авторов, внесших решающий вклад в создание труда (Эйно Карху, Элли Алто, Юрий Дюжев, Елена Маркова), была присуждена премия Республики Карелия в области культуры, искусства и литературы.

Юрий Иванович активно работает в области современной литературы: пишет рецензии и аналитические статьи, открывает новые книги и литературные имена. Актуальным проблемам литературы посвящены сборники его статей «Постижение правды», «Древо памяти», «Статьи о современной литературе». В разные годы еженедельник «Литературная Россия», журналы «Север» и «Молодая гвардия» назвали опубликованные на их страницах статьи юбиляра лучшими в ежегодных конкурсах.

Более тридцати лет Юрий Иванович – член Союза писателей России. Избирался членом Правления, членом редколлегии журнала «Север», много лет руководил секцией детской и юношеской литературы. Выступил составителем и одним из авторов литературно-художественного сборника для детей «Зорька», опубликовал повесть для детей «У Синь-озера», серию рассказов под рубрикой «Невыдуманные истории». За счет личных средств опубликовал документальные книги «Иван Дюжев. Письма с Карельского фронта. 1941–1942» и «Шуя, июнь 1929».

Благодаря общественному темпераменту Юрий Иванович всегда в гуще событий, активный участник научной, вузовской, литературной и гражданской жизни Республики Карелия. За-

рекомендовал себя отличным организатором и принципиальным руководителем в должности заместителя директора Института по научной работе, заведующего сектором литературы. Более пятнадцати лет Юрий Иванович входит в состав Президиума Карельского научного центра РАН.

Ю. И. Дюжев награжден медалью «За трудовое отличие», Почетными грамотами Президиума Верховного Совета и Совета Министров Карелии.

Энергию жизни Юрий Иванович черпает на родной Свири, в деревне Мятусово, куда каждое лето уезжает с семьей во время отпуска. Деревня Мятусово, где похоронены мать, бабушка, дедушка, тети и дяди, – малая родина юбиляра. Здесь он рыбачит и отдыхает. Прикоснувшись к живительной энергии родной земли, он возвращается в Петрозаводск, чтобы включиться в дела, реализовать новые творческие и научные замыслы.

Елена Сойни,
член Союза писателей России,
доктор филологических наук,
заслуженный работник культуры
Республики Карелия

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 209–210

НИНА АЛЕКСАНДРОВНА ЛАВОНЕН
(к 75-летию со дня рождения)



Нина Александровна Лавонен – известный карельский фольклорист, исследователь устного народного творчества карелов, прежде всего северных. Она талантливая ученица знаменитого российского ученого, специалиста по славянскому фольклору Б. Н. Путилова, автор более 60 научных публикаций, двух монографий и нескольких сборников. Практически все ее работы являются комплексными исследованиями, написанными на стыке фольклора и этнографии.

Родилась Нина Александровна 6 декабря 1937 года в ингерманландской деревне Волоссола (Волосово) Красносельского района Ленинградской области. Во время войны семья оказалась в оккупации и была вывезена в Финляндию. В 1944 году Лавонены вернулись в Советский Союз, но поселиться в родных местах им не разрешили, и началась пора скитаний. Сначала их отправили на Валдай, откуда они попытались перебраться в Эстонию, затем под Псков. Весной 1949 года семье разрешили переселиться в Петрозаводск, где она и обосновались на Сулажгорском кирпичном заводе. Здесь Нина Александровна закончила школу, затем поступила на финское отделение историко-филологического факультета Петрозаводского государственного университета. Но через год это отделение закрыли, и она перевелась на русскую кафедру. После завершения учебы Нина Александровна пять лет проработала учителем в родной школе, затем три месяца – в Государственном архиве, а в декабре 1967 года она пришла на работу в кабинет звукозаписи Института ЯЛИ. В 1973 году ее переводят в сектор фольклора и этнографии.

В 1975 году Н. А. Лавонен успешно защищает кандидатскую диссертацию под руководством известного фольклориста Б. Н. Путилова. Ее оппонентами выступают эстонский и украинский исследователи Ю. Тедре и И. П. Березовский.

В 1977 году выходит в свет первая монография «Карельская народная загадка», посвященная интересному, но, пожалуй, самому «загадочному» фольклорному жанру. Ее выходу предшествовал напряженный этап полевых исследований, сбора материала в Фонограммархиве ИЯЛИ, Научном архиве КарНЦ и Фольклорном архиве Финского литературного общества. В результате удалось собрать тексты загадок, выявить не только современное состояние традиции, но и обнаружить интересные этнографические детали, важные моменты, которыми сопровождался процесс загадывания в прошлом. Нина Александровна объездила всю северную Карелию, побывала в Паданах, Кепе, Юшкозере, Войнице, Вокнаволоке, Кестеньге, Колвице, Княжой Губе, Зеленоборском. Именно благодаря ей карельские загадки с их архаичной образной системой оказались зафиксированными на самом последнем этапе бытования. Уже в 90-е годы 20 века о традиции загадывания носители фольклора практически ничего не помнили. Во время многочисленных экспедиций был собран богатейший материал и по другим фольклорно-этнографическим вопросам, например, связанный со святочной обрядностью. В монографии Нины Александровны была освещена бытовая

и обрядовая роль загадки, функции и временные ограничения, подробно рассмотрена тематика карельских загадок, их связь с материальным и духовным миром носителей традиции. Автор проанализировала и художественную организацию этого малого жанра: метафоры, сравнения, эпитеты, аллитерацию, числительные и пространственно-временные отношения. Впервые в карельской фольклористике уделялось пристальное внимание мифологическому мировосприятию карелов, была рассмотрена мифическая страна Хуйколя и древнейший мифологический образ Хозяйки загадок.

В 1982 году был издан сборник «Карельские народные загадки», подготовленный Н. А. Лавонен. В него вошло 1600 произведений этого жанра, сгруппированных по тематическому принципу. Сборник снабжен вступительной статьей, содержательными комментариями и указателями.

В 1983 году издается комплексная монография «Карелы Карельской АССР». Главы, посвященные «Калевале», песням калевальской метрики и рифмованным песням, написаны Н. А. Лавонен.

В соавторстве с Э. С. Киуру в 1986 году выходит сборник «Рода нашего напевы: Избранные песни рунопевцев рода Перттуненов». В него включен репертуар десяти сказителей. Нина Александровна написала вступительную статью о них, подробные комментарии к каждому тексту и составила несколько указателей.

Следующая работа Н. А. Лавонен «Песенный фольклор кестеньгских карел» (1989 год) опровергла бытовавшее ранее мнение о бедности фольклорной традиции этого самого северного района Карелии. На протяжении десятилетия автор планомерно обследовала деревни Кестеньгского района: Кестеньга, Софпорог, Зашеек, Кананайсет, Коккосалми, Тухкалу и другие. В результате в сборник были включены эпические песни на самые разнообразные сюжеты, заговоры и заклинания, свадебные песни, свадебные и похоронные причитания, ёйги, детский фольклор. Книгу предваряет глубокое исследование о фольклорно-этнографическом наследии кестеньгских карелов, об их истории, быте, обычаях и верованиях. В завершение прилагаются подробные комментарии к текстам, указатели и нотация нескольких песенных текстов, сделанная Т. А. Коскки.

Н. А. Лавонен много занималась пропагандой научных знаний, читала лекции, печаталась в различных периодических изданиях. Она вела курс по карельскому фольклору в Петрозаводском государственном университете. Результатом этой работы стала хрестоматия «Карельский фольклор», вышедшая в 1992 году. В нее (вместе с переводами на русский язык и небольшими вступительными статьями к каждому жанру) включены руны, баллады, заговоры и заклинания, свадебные песни, причитания, ёйги, лирические песни, рифмованные песни и частушки, детский фольклор, пословицы, загадки, сказки, предания, легенды, былички, статья о карельских рунопевцах.

В 1993 году издается сборник «Карельские ёйги», подготовленный в соавторстве с А. С. Степановой и К. Х. Раутио. Н. А. Лавонен пишет предисловие к сборнику и статью, посвященную редкому жанру ёйг, их собиранию, бытованию, функциям и поэтическим особенностям, присущим этому жанру.

В 2000 году выходит в свет интереснейшая фольклорно-этнографическая монография Н. А. Лавонен «Стол в верованиях карелов». В ней исследуются быт, обряды и верования карелов, все, что было связано со столом, одним из самых сакральных предметов карельской избы. Автор впервые в карельской фольклористике рассматривает древнейший культ Тапио (в связи со «столом Тапио» taapionpöytä) и домашних духов, обряд медвежьего праздника и ритуальное мытьё избы (suuripešu), культовое значение скатерти и элементы застольного этикета.

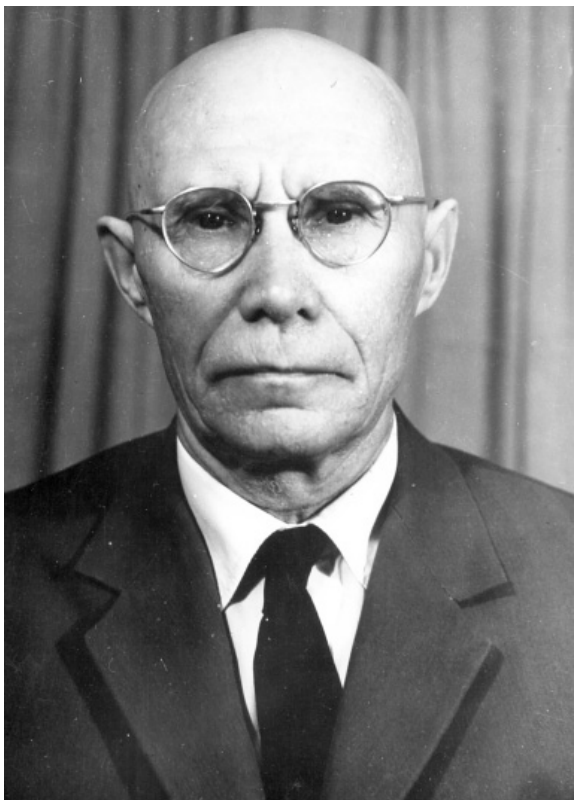
В научной копилке Нины Александровны многочисленные статьи не только о карельском фольклоре и сказителях. Она писала и о родных ингерманландских народных песнях: эпических, свадебных и качельных, о пословицах Ингерманландии, о переводах «Кантелетар». Круг ее интересов и знаний очень широк. Ее статьи публиковались на немецком, английском, финском и эстонском языках. Руководство всегда характеризовало ее как «высококвалифицированного… исключительно добросовестного работника». К большому сожалению, в 1996 году «в связи с выходом на пенсию» она увольняется из ИЯЛИ и уезжает в Финляндию. За границей ею было подготовлено исследование о скопцах, но оно до сих пор не издано.

Н. А. Лавонен с 1991 года является членом Общества «Калевалы» и Общества финской литературы, награждена Почетной грамотой Президиума АН СССР, Почетной грамотой Совета Министров Карельской АССР. Мы от всей души поздравляем Нину Александровну с юбилеем, желаем здоровья и творческого долголетия.

Л. И. Иванова

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 211–213

ВИКТОР ИВАНОВИЧ МАШЕЗЕРСКИЙ
(к 110-летию со дня рождения)



Среди ученых, внесших крупный вклад в становление и развитие гуманитарных исследований в Карелии, одно из самых почетных мест принадлежит видному историку Виктору Ивановичу Машезерскому (1902–1977), который в течение многих лет возглавлял коллектив Института языка, литературы и истории Карельского филиала Академии наук СССР (ныне Карельского научного центра РАН).

Родился Виктор Иванович 21 января 1902 г. в с. Ругозеро в семье учителя. Окончив Олонецкое начальное училище, он поступил в Петрозаводскую учительскую семинарию, но из-за тяжелого материального положения семьи вынужден был прервать учебу. Трудовой путь начал в 1918 г. служащим Олонецкого уездного военкомата, а с 1920 г. работал учителем в д. Кукшезеро и с. Видлица Олонецкого уезда. В 1923 г. поступил в Петроградский пединститут им. А. И. Герцена, по окончании которого в 1927 г. приехал в Петрозаводск, где работал учителем и директором школы.

Научная деятельность В. И. Машезерского началась в середине 1930-х гг. Он принимает активное участие в подготовке сборника документов «В боях за Советскую Карелию» (1932). В 1934–1936 гг., являясь ответственным секретарем историко-партийной комиссии при Карельском обкоме ВКП(б), проводит большую работу по сбору материалов о революционном движении в крае. В 1936 г. его направляют на должность ученого секретаря в Карельский научно-исследовательский институт, а с декабря 1937 г. он становится директором этого института, получившего уже название Карельский научно-исследовательский институт культуры.

Это было трудное для первого научно-исследовательского учреждения республики время. В результате репрессий 1935–1936 гг. под флагом борьбы с «буржуазным национализмом» Институт понес невосполнимые потери, лишился своего первого директора – председателя СНК Карелии Э. А. Гюллинга, заместителя директора – известного этнографа С. А. Макарьева, а также опытных специалистов. В 1937–1938 гг. последовала новая волна репрессий. В результате кадровый и творческий потенциал Института оказался сильно подорванным.

Фактически перед новым директором встала задача возрождения научного учреждения. Руководство Института во главе с В. И. Машезерским искало и находило пути решения возникших проблем, что, в частности, видно на примере созданного вместо историко-революционной секции сектора истории. Сюда пришли молодые и перспективные исследователи В. И. Пегов из Карельского центрального архива и Р. Б. Мюллер, выпускница аспирантуры Ленинградского университета. Широко использовалась практика совместительства, для выполнения отдельных тем приглашались специалисты из Москвы и Ленинграда: А. И. Андреев, В. Г. Гейман, С. С. Гадзяцкий, С. М. Левидова. Пересматривалась тематика исследований, акцент делался на изучении средневековой истории края.

Научные интересы самого В. И. Машезерского в то время также сосредоточивались в области истории Карелии досоветского периода. Совместно с А. М. Линевским и В. И. Пеговым им была опубликована «Хрестоматия по истории Карелии с древнейших времен до конца XVII века». В 1940 г. в альманахе «Карелия» появилась его статья «Волнения крестьян в Заонежье в конце XVII в.» об антифеодальной борьбе карельских крестьян с заводчиками. Фактически В. И. Машезерский открыл так называемое «Первое Кижское восстание», позднее плодотворно изучавшееся исследователями Р. Б. Мюллер, Г. М. Коваленко и др.

Научно-организационная деятельность В. И. Машезерского подвела его к идее о необходимости развертывания в Карелии комплексных научных исследований. С образованием Карело-Финской ССР в 1940 г. он обратился в ЦК Компартии республики с предложением организовать в Петрозаводске научную базу в качестве подготовительной ступени к созданию филиала АН СССР. Однако война прервала работу по реализации этих планов.

В начале Великой Отечественной войны В. И. Машезерский принимал участие в эвакуации материальной базы, в частности, фольклорных и других коллекций Института в Сыктывкар. С 1942 по 1946 гг. находился в рядах Красной Армии, преподавал в военном училище.

После демобилизации Виктор Иванович вернулся в Петрозаводск и стал работать в должности ученого секретаря организованной Научной базы (филиала) АН СССР, идею создания которой и выдвигал. На этом посту он приложил много сил для развертывания и координации деятельности научных подразделений, организации экспедиций, проведения первых научных конференций, налаживания издания подготовленных материалов.

В 1950 г. В. И. Машезерский возвращается на пост директора Института ЯЛИ, оставаясь на нем следующие 15 лет. Именно в эти годы деятельность учреждения выходит на качественно новый уровень. Если до войны сотрудники его вели, главным образом, сбор фольклорных, языковедческих и архивных материалов, то теперь перешли и к осмыслению накопленных данных, разработке актуальных научных проблем. Удалось подготовить собственные квалифицированные кадры исследователей. Значительно расширилась тематика работ. В 1955–1956 гг. начались планомерные археологические и этнографические исследования, изучение истории и литературы Финляндии. Именно тогда в Институт пришли известные ныне ученые Я. А. Балагуров, Э. Г. Карху, Г. А. Панкрушев и др.

Несмотря на загруженность организационными делами, В. И. Машезерский целеустремленно занимался исследовательской деятельностью. Сферой его научных интересов становится история Карелии в 1917–1920 гг. Фактически он выступил первопроходцем в изучении сложной проблематики, предвосхитив наметившийся со второй половины 1950-х гг. в отечественной историографии переход от освещения событий Октябрьской революции и Гражданской войны в общероссийском масштабе к раскрытию темы на региональном уровне.

В 1949 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Большевики Карелии в борьбе за установление и упрочение Советской власти. 1917–1918 гг.», позднее переработанную в монографию. В качестве научного редактора участвовал в подготовке сборников документов «Борьба трудящихся Карелии за установление и упрочение Советской власти» (1957) и «Карелия в период гражданской войны и иностранной интервенции (1918–1920)» (1964). До настоящего времени это самые крупные по объему публикации источников по советскому периоду истории Карелии. Причем авторы пошли на смелый для своего времени шаг, включив в состав сборников материалы не только из стана большевистской власти, но и из «вражеского лагеря».

Основной задачей, которую решали историки Института в 1950-х – начале 1960-х гг., была подготовка первого обобщающего труда по истории Карелии. В 1952 г. был подготовлен и размножен макет первого тома – с древнейших времен до середины 18 века. Работа получила ряд положительных отзывов, но подверглась разгрому со стороны партийных органов. Авторов обвиняли в серьезных политических ошибках. Было подсчитано, например, что в работе всего 5 ссылок на труды В. И. Ленина и 4 на труды И. В. Сталина, тогда как на труды историков и источники – 916. В этой ситуации Виктор Иванович как директор держался достойно, отказавшись признать «порочность книги в целом».

Авторов макета отстранили от дальнейшей работы. Но задача создания обобщающего труда оставалась актуальной, пришлось снова формировать авторский коллектив. Возглавить работу поручили В. И. Машезерскому и Я. А. Балагурову. Виктор Иванович руководил подготовкой части по советскому периоду. На сей раз дело удалось довести до конца, хотя не обошлось и без осложнений: рукопись «советского» 2-го тома пришлось «дорабатывать» в течение 7 лет. Одним из достоинств новой книги («Очерки истории Карелии», Т. 2. 1964) стало возвращение в историю имен многих людей,

исчезнувших в период репрессий, в том числе руководителей Карелии 1920–30-х гг. во главе с Э. А. Гюллингом.

В 1965 г. В. И. Машезерский покидает пост директора Института. До 1972 г. он работает заведующим сектором истории, а затем – старшим научным сотрудником. Последний период творческого пути Виктора Ивановича был посвящен разработке истории образования национальной автономии Карелии. Им написано несколько статей по этой теме и монография «Победа Великого Октября и образование Советской автономии Карелии» (1978). Монография, подготовленная на обширном источниковом материале, выделяется постановкой ряда проблем, сохраняющих научную актуальность. Так, в ней доказывается неоднородность карельского национального движения в эпоху революции и Гражданской войны в России. Два основных течения этого движения в книге охарактеризованы как буржуазное и революционно-демократическое, хотя им можно дать и другие условные названия, скажем, «ухтинское» и «олонецкое» или «профинляндское» и «пророссийское», поскольку разница между ними имела не только социально-классовые, но и этнокультурные, экономические и другие корни. Думается, что эта идея автора нуждается в дальнейшем развитии.

И еще один момент. При рассмотрении конкретных факторов, приведших к созданию Карельской Трудовой Коммуны, в финляндской и отечественной постсоветской литературе основной упор делается на деятельности «Ухтинской республики» и возникшей в связи с этим необходимости выработать ей альтернативу в виде КТК. Однако В. И. Машезерский придавал большое значение фактору, логически вытекавшему из его концепции о революционно-демократическом направлении в карельском национальном движении. Речь идет о позиции Олонецкого уездисполкома, выступившего с инициативой созыва Всекарельского съезда трудящихся, которая санкционировалась Москвой постфактум. Представляется, что при дальнейшем изучении проблемы исследователям надо уделить особое внимание названным выше факторам.

Книга «Великий Октябрь и образование Советской автономии Карелии» (1978) стала научным завещанием В. И. Машезерского. Завершал ее он уже тяжело больным, и, как свидетельствует научный редактор этой монографии К. А. Морозов, «только неимоверное напряжение сил позволило Виктору Ивановичу перед самой кончиной завершить работу».

Виктор Иванович Машезерский всегда оставался подвижником научного поиска, отдававшим все свои силы и знания служению любимому делу – изучению истории и культуры родного карельского края.

В. Г. Макуров

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 214–220

КОНСТАНТИН КУЗЬМИЧ ЛОГИНОВ
(к 60-летию со дня рождения)



Константин Кузьмич Логинов – кандидат исторических наук, старший научный сотрудник сектора этнологии. Родился 26 сентября 1952 г. в г. Вытегре Вологодской области. В 1979 окончил кафедру этнографии и антропологии исторического факультета Ленинградского государственного университета, в 1983 – аспирантуру при Институте этнографии АН СССР, защитил кандидатскую диссертацию на тему «Материальная культура русских Заонежья». С 1984 года – младший научный сотрудник сектора этносоциологии и этнографии Института языка, литературы и истории Карельского филиала Академии наук СССР (ныне Карельский научный центр РАН), с 1991 года – научный сотрудник, с 1994 – старший научный сотрудник. С 2006 по 2008 год исполнял обязанности заведующего сектором этнологии.

Основное направление научной деятельности – исследование традиционной культуры русского населения Карелии в контексте этнической истории народа, ее этнолокальных групповых особенностей и межэтнических контактов с финно-уграми. Подготовил и опубликовал около 160 научных работ, среди них 10 монографий, 5 из которых коллективные: «Традиционный жизненный цикл русских Водлозерья: обряды, обычаи и конфликты» (М., Петрозаводск, 2010), «История и культура Сямозерья» (Петрозаводск, 2008, в соавт.), «Этнолокальная группа русских Водлозерья» (М., 2006), «Русская свадьба Заонежья: конец XIX – начало XX в.» (Петрозаводск, 2001, в соавт.) и др.

Помимо научных изданий участвовал в подготовке научно-популярных работ, посвященных этнографии народов Карелии: «Костюм и праздник» (Петрозаводск, 2006, в соавт.) и «Слово и праздник» (Петрозаводск, 2008, в соавт.). Участвовал в выполнении проектов «Праздничная культура народов Карелии и сопредельных территорий» (Программа фундаментальных исследований Президиума РАН); «Карельская деревня: традиционные конфликты и генезис трансформации середины XVIII – XX вв.» (Программа фундаментальных исследований Отделения историко-филологических наук РАН). Активно занимается собирательской этнографической работой, им собран уникальный материал по культуре народов Карелии и сопредельных территорий. Методика сбора полевого материала представлена в учебно-методическом пособии «Сборник полевых этнографических опросников» (СПб., 2007). Награжден медалью «За трудовое отличие».

Библиография

1984

1. О роли прибалтийско-финских и славяно-русских архаизмов в истории этнографической группы заонежан // Этническая культура: динамика основных элементов. – М.: Наука, 1984. – С.133–138.

2. Материальная культура русских Заонежья: (середина XIX – начало XX в.). Дис. канд. ист. наук. – Л., 1984. – Ч. 1. 240 л.; Ч. 2. 180 л.

1985

3. Мужская и женская одежда заонежан: (вторая половина XIX – начало XX в.) // Тез. годичной науч. сессии Института этнографии АН СССР. – Л.: Наука, 1985. – С. 24–25.

4. Население Заонежья как локальная группа // Там же. – С. 70–71.

1986

5. Являются ли «заонежане» локальной группой русских? // Совет. этнография. – 1986. – № 2. – С. 91–95.

6. Традиционное в социалистическом хозяйственно-бытовом укладе заонежской деревни в XI пятилетке // Актуальные проблемы развития общественных наук на современном этапе. – Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 1986. – С. 40–41.

7. Материальная культура заонежан: (середина XIX – начало XX в.). Автореф. … канд. ист. наук. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. – 24 с.

8. Традиционная охота и орудия охотничьего промысла в Заонежье // Полевые исследования Института этнографии 1982 года. – Л.: Наука, 1986. – С. 46–58.

9. Трудовые обычаи, обряды, приметы и запреты русских Заонежья // Этнокультурные процессы в Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. – С. 33–49.

1987

10. Прибалтийско-финские элементы материальной культуры русских Заонежья // XVII Всесоюзная финно-угорская конференция. Ижевск: Изд-во ИжевГУ, 1987. – С. 174–176.

1988

11. Обрядность русских Заонежья при строительстве нового дома / А. К. Байбурин, К. К. Логинов // Обряды и верования народов Карелии. – Петрозаводск: КФ АН СССР, 1988. – С. 26–37.

12. Девичья обрядность Заонежья // Там же. – С. 64–77.

1989

13. Аморфные и обособленные группы русских бывшей Олонецкой губернии // Европейский Север: история и современность. – Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 1990. – С. 140–141.

1990

14. Из народной кухни русских Заонежья // Краевед Карелии. – Петрозаводск: Карелия, 1990. – С. 43–50.

1991

15. О традиционной обрядности и верованиях в современном Заонежье // Всесоюзная научно-практическая конференция «Фольклорные традиции и музеи». – Кижи, 1991. – С. 11–12.

1992

16. Предисловие / Ю. Ю. Сурхаско, К. К. Логинов // Заонежье – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. – С. 3–5.

17. Интерьер крестьянской избы в обрядности и верованиях заонежан // Там же. – С. 98–117.

18. Формирование этнической территории и этнического состава группы заонежан / В. А. Агапитов, К. К. Логинов // Там же. – С. 61–76.

19. О жертвоприношениях в Заонежье // Обряды и верования народов Карелии. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. – С. 46–57.

20. Из исторического прошлого Заонежья / В. А. Агапитов, К. К. Логинов // Кижский вестник. Вып. 2. – Петрозаводск: Карелия, 1992. – С. 110–123.

1993

21. Материальная культура и производственно-бытовая магия русских Заонежья: (конец XIX – начало XX в.). – СПб.: Наука, 1993. – 157 с.

22. Семейные обряды и верования русских Заонежья. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1993. – 227 с.

23. Крестьянский «Мифологический устав» // Традиционная культура и проблемы комплексного изучения Карелии: материалы симпозиума 1993 г. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1993. – С. 125–127.

1994

24. Старообрядцы – скрытники Заонежья 1920–1930-х гг. // Выговская поморская пустынь и ее значение в истории русской культуры. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1994. – С. 49–51.

25. О трудовых праздниках в Заонежье // Кижский вестник. Вып. 4. – Петрозаводск: Карелия, 1994. – С. 48–57.

26. О свадебной «порче» в Заонежье // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1994. – С. 144–154.

1995

27. Из истории грамотности в Заонежье // Традиции образования в Карелии: материалы респуб. научно-практ. конф., посвящ. Олонецкой духовной семинарии. – Петрозаводск: Карелия, 1995. – С. 46–47.

28. Этническая история и этнографические особенности русских Водлозерья // Природное и культурное наследие национального парка «Водлозерский». – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1995. – С. 197–205.

1996

29. Материалы по сексуальному поведению русских Заонежья // Секс и эротика в русской традиционной культуре. – М.: Ладомир, 1996. – С. 444–454.

30. Заговоры от бессонницы русских Карелии // Мир детства и традиционная культура: Сб. науч. трудов и материалов. – М.: МГУ, 1997. – С. 11–117.

1997

31. Этнографическое описание села Суйсарь // Село Суйсарь: история, быт, культура / Гл. ред. Т.В. Краснопольская. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. – С. 92–156.

32. Феномен детской «порчи» в современной лечебной магии русских южной Карелии // Рябининские чтения-95: материалы меж-дунар. науч. конф. по проблемам сохранения и актуализации народ. культуры Рус. Севера. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1997. – С. 407–413.

1999

33. Элементы «порно» и секс в традиционной культуре русских Карелии // Эрос и порнография в русской культуре. – М.: Ладомир, 1999. – С. 163–191.

34. «Русская идея» из Водлозерья // Родина. – 1999. – № 10. – С. 15–17.

35. О русском народном календаре в Заонежье // Научный юбилейный симпозиум «Пегрема». – Петрозаводск: Карелия, 1999. – С. 11–13.

36. Русский народный календарь и народный календарь Заонежья // Время и календарь в традиционной культуре: тез. докл. всерос. науч. конф. – СПб., 1999. – С. 89-91.

37. Еще раз о «вепсском» прошлом Водлозерья // Вепсы: история, культура и межэтнические контакты. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1999. – С. 104–114.

38. Современная этнологическая школа в Институте ЯЛИ КНЦ РАН // Важнейшие результаты исследований Карельского научного центра Российской Академии наук. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1999. – С. 145–146.

39. Культура «карсикко» на Русском Севере / К. К. Логинов, Н. В. Червякова, В. И. Фомкин // Заповедное дело: научно-метод. записки комиссии по заповедному делу. – М., 1999. – Вып. 5. С. 135–137.

2000

40. Чем питались люди в древнем Заонежье? // Кижский вестник. Вып. 5. – Петрозаводск: Карелия, 2000. – С. 105–122.

41. «Знак дерева» в русской избе Обонежья // Живая старина. – 2000. № 2. – С. 8–9.

42. Обонежские ритуалы срубания дерева // Живая старина. – 2000. – № 3. – С. 11–13.

43. Введение / К. К. Логинов, О. А. Макарова, В. К. Антипин // Природное и историко-культурное наследие северо-запада России. Вып. 1. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2000. – С. 5–7.

44. Исследования и популяризация историко-культурного наследия в Водлозерском национальном парке / К. К. Логинов, Н. В. Червякова, В. И. Фомкин // Там же. – С. 160–167.

45. О динамике расселения саамов, вепсов, карел и русских на территории Карелии // Культурные коды двух тысячелетий: материалы междунар. конф. 1–4 дек. 2000 г. Традиционные культуры: локализация и динамика. Вып. 1. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2000. С. 42–46.

2001

46. Русская свадьба Заонежья: (конец XIX – начало XX) / В. П. Кузнецова, К. К. Логинов. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. – 328 с.

47. Новейшая история Юккогубы, поведанная ее жителями // Село Юккогуба и ее округа. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. – С. 61–70.

48. Крестьянская усадьба / В. П. Орфинский, И. Е. Гришина, К. К. Логинов // Там же. – С. 127–176.

49. Будни и праздники / И. Б. Семакова, К. К. Логинов, Т. В. Краснопольская // Там же. – С. 177–258.

50. Этническая история Восточного Обонежья и «этнографического» Заонежья // Очерки исторической географии: северо-запад России. Славяне и финны / Под ред. А. С. Герда и Г. С. Лебедева. – СПб.: СПбГУ, 2001. – С. 360–369.

51. Основные и «малые» этнографические зоны Заонежья XIX – начала XX века // Там же. – С. 370–374.

52. «Вепсский след» в традиционной культуре русских северо-запада Вытегорского района // Вытегра 2: краевед. альманах. Вып. 2. – Вологда, 2001. – С. 136–142.

53. Колдуны Заонежья: истинные и мнимые // Рябининские чтения-99. Мастер и народная художественная традиция Русского Севера. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. – С. 176–187.

54. Введение / В. К. Антипин, К. К. Логинов // Национальный парк «Водлозерский»: при-

родное разнообразие и культурное наследие. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. – С. 5–6.
55. Основные компоненты традиционно-бытовой культуры русских Водлозерья // Там же. – С. 267-273.
56. Лес и «лесная сила» в современных поверьях некоторых групп русских Карелии // Человек и окружающая среда Баренц-региона в начале XXI века: материалы междунар. конф. 6–11 авг. 2001 г. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. – С. 83–90.
57. A propos du rituel d'abattage d'un arbre chez les Vodlozery (les croyances russes sur la mort) in: La mort et ses representations (monde slave et Europe du Nord) // Cahiers slaves. N° 3. – Paris: Sorbonne, 2001. – S. 77–106.

58. Профессиональный праздник охотника и охотоведа / К. К. Логинов, Е. М. Холодов // Охота и охотничье хозяйство. – 2001. – № 10. – С. 27–28.

2002

59. «Лес и «лесная сила» в современных представлениях русских Карелии // Живая старина. – 2002. – № 4. – С. 2–3.

60. Юго Юльевич Сурхаско // Там же. – С. 49.

2003

61. Похоронный обряд и кладбище поморского села Гридино // Живая старина. – 2003 – № 2. – С. 2–5.

62. Forest in the traditional beliefs of the Russian population of Vodlozero land // Biodiversity and conservation of boreal nature / proceedings of the 10 years anniversary symposium of the Nature Reserve Friendship. – Vantaa, 2003. – С. 315–317.

63. Деревня Водла и ее округа: межэтнические связи и архаические элементы // Евгений Владимирович Гиппиус: к 100-летию со дня рождения. Материалы всерос. науч. конф., 1–3 нояб. 2003 г. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2003. – С. 40–50.

64. Специфика молодежных гаданий Заонежья в контексте русского народного календаря // Локальные традиции в народной культуре Русского Севера: (материалы IV междунар. науч. конф. «Рябининские чтения-2003». – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2003. – С. 195–198.

2004

65. Петербургско-московский патронаж и современная этнологическая школа в Карелии // Мавродинские чтения-2004. Актуальные проблемы историографии и исторической науки: (материалы юбилейной конф., посвящ. 70-летию ист. фак. Петербург. гос. ун-та). – СПб.: СПбГУ, 2004. – С. 284–288.

66. Магические свойства деревьев и кустарников в поверьях народов Карелии // Природное и историко-культурное наследие Северной Фенноскандии. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2004. – С. 178–181.

67. О современных «магических специалистах» Карелии и Архангельской области // Живая старина. – 2004. – № 2. – С. 13–16.

68. Деревья и кустарники в представлениях народов Карелии // Живая старина. – 2004. № 3. – С. 2–6.

69. Русский народный календарь Заонежья // Кижский вестник. Вып. 9. – Петрозаводск: Карелия, 2004. – С. 76–104.

70. Опросный лист «Традиционная повседневная и праздничная пища русских южной Карелии» // Актуальные проблемы полевой фольклористики. Вып. 3. – М.: РГГУ, 2004. – С. 110–117.

71. Народное целительство и колдовство у «онежан» и «калганов»: традиции и современность // Народные культуры Русского Севера: материалы российско-фин. симпозиума (Архангельск, 20–21 нояб. 2003 г.). Архангельск: ПоморГУ, 2004. – Вып. 2. – С. 204–213.

72. К проблеме этнокультурного развития Среднего Поилексья и Северного Приилексья // Комплексное собирание, систематика, экспериментальная текстология. Вып. 2. Материалы VI междунар. шк. мол. фольклориста 22–24 нояб. 2003 г.). – Архангельск: ПоморГУ, 2004. – С. 61–70.

2005

73. Введение // Структура и динамика природных экосистем и формирование народной культуры на территории национального парка «Водлозерский». – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2005. – С. 3–5.

74. Система традиционных праздников Водлозерья // Там же. – С. 106–112.

75. Из народной медицины Поилексья // Там же. – С. 112–116.

76. Заонежье в истории и культуре Карелии и России // Кижский вестник. Вып. 10. – Петрозаводск: Карелия, 2005. – С. 55–63.

77. К вопросу об этнолокальных и локальных группах русских Карелии // Межкультурные взаимодействия в полиэтничном пространстве пограничного региона. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2005. – С. 62–68.

2006

78. Этнолокальная группа русских Водлозерья. – М.: Наука, 2006. – 276 с.

79. Престольные и часовенные праздники и игрища в Водлозерье // Водлозерские чтения:

Естественно-науч. и гуманитар. основы природоохран., науч. и просветител. деят-ти на охраняемых природ. территориях Рус. Севера. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. – С. 175–179.

80. Святочные гадания на Водлозере // Там же. – С. 180–186.

81. Николай Клюев и традиционные мистические практики России конца XIX – начала XX вв. // XXI век на пути к Клюеву: материалы междунар. конф. «Олонецкие страницы жизни и творчества Николая Клюева и проблемы этнопоэтики», посвящ. 120-летию со дня рожд. великого рус. поэта Николая Клюева, 21–25 сент. 2004 г. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. – С. 19–30.

82. Обрядность семейных кризисов в Водлозерье: современный гендерный аспект // Историко-культурные традиции малых городов Русского Севера. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. – С. 224–235.

83. Традиционная одежда народов Карелии: (краткий исторический очерк) // Костюм и праздник. – Петрозаводск: Карелия, 2006. – С. 13–38.

84. Календарь домашних ремесел и подсобных промыслов Водлозерья // Историко-культурное наследие Русского Севера: проблемы изучения, сохранения, использования. – Каргополь, 2006. – С. 144–154.

85. Сакральные острова озера Водлозера // Поморские чтения по семиотике культуры. Вып. 2. Сакральная география и традиционные этнокультурные ландшафты народов Европейского Севера. – Архангельск: ПоморГУ, 2006. – С. 205–213.

86. Из архива Л. М. Ивлевой: (Л. М. Ивлева. Представления восточных славян о нечистой силе и контактах с ней. М.: Индрик, 2004) // Живая старина. – 2006. – № 4. – С. 55–56.

87. От научного редактора // Шуя, июнь 1929. Быт северно-русской деревни / сост. Ю. И. Дюжев. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2006. – С. 4–6.

88. Традиции рыболовства у сямозерцев // Сямозерские чтения (доклады, материалы). – Петрозаводск: ИД «Карелия», 2006. – С. 55–60.

89. Сямозерье как территория расселения этнолокальной группы сямозерских карел // Там же. – С. 61–64.

2007

90. Сборник полевых этнографических опросников: учебно-метод. пособие. – СПб.: СПбГУ, 2007. – 69 с.

91. Русские Водлозерья как этнолокальная группа // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Серия 2. История. Вып. 4. – СПб.: СПбГУ, 2007. – С. 256–261.

92. «Рекрутская» обрядность в Водлозерье // Рябининские чтения-2007: материалы V науч. конф. по изуч. народ. культуры Рус. Севера. – Петрозаводск, 2007. – С. 75–77.

93. Этнография детства на Водлозере // Этническая музыка и XXI век: материалы всерос. науч. конф. 25–28 окт. 2007 г. – Петрозаводск, 2007. – С. 15–23.

94. Из заговорной традиции деревни Нюхчезеро // Народные культуры Европейского Севера: материалы респуб. науч. конф. (Архангельск, 15–17 окт. 2007 г.). – Архангельск: ПоморГУ, 2007. – С. 108–117.

2008

95. Историко-этнографические особенности поморского села Гридино: прошлое и настоящее // Скальные ландшафты Карельского побережья моря: природные особенности, хозяйственное освоение, меры по сохранению. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2008. – С. 168–190.

96. Материальная культура и производственно-бытовая магия // История и культура Сямозерья. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – С. 153–246.

97. Родильная обрядность и способы лечения младенческих недугов // Там же. – С. 247–254.

98. Похоронно-поминальная обрядность // Там же. – С. 291–300.

99. Православно-народное целительство в Обонежье // Православие в Карелии: материалы III регион. науч. конф., посвящ. 780-летию крещения карелов (16–17 окт. 2007 г., г. Петрозаводск). – Петрозаводск, 2008. – С. 48–57.

100. Историческая деревня Гость-наволок на Водлозере // Сельская Россия: Прошлое и настоящее. Материалы XI всерос. научно-практ. конф. (Респуб. Карелия, Водлозерский национальный парк 4–9 авг. 2008 г). – М.: Энциклопедия рос. деревень, 2008. – С. 332–335.

101. Рюрик Петрович Лонин и наша экспедиция полевого сезона 1977 года // Историко-культурное наследие вепсов и роль музея в жизни местного сообщества. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2008. – С. 217–223.

102. Народный календарь и праздники народов Карелии // Слово и праздник. – Петрозаводск: Карелия, 2008. – С. 15–60.

103. Этнолокальные группы Карелии // Историческая этнография. Вып. 3. Малые этнические и этнографические группы. – СПб., 2008. – С. 256–268.

104. Этнографические зоны и этнические границы в Карелии // Границы и контактные зоны в истории и культуре Карелии и сопредельных регионов. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2008. – С. 90–103.

105. Групповая идентификация «этнолокальных» групп Карелии // Восток и Запад: этническая идентичность и традиционное музыкальное наследие как диалог цивилизаций и культур: сб. ст. по материалам междунар. науч. конгресса / Гл. ред. Е. М. Шишкина. – Астрахань, 2008. – С. 11–18.

106. Некоторые выводы из работы с носителями «магических знаний» в экспедициях 1977–2008 годов // PAX SONORIS: история и современность (памяти М. А. Этингера). Вып. III. – Астрахань, 2008. – С. 105–107.

107. Традиционные целительские практики Обонежья, которые презрел Клюев // Я певец славянский Клюев...: (Альманах). – Петрозаводск, 2008. – С. 24–27.

2009

108. Магические практики в Водлинской сельской администрации Пудожского района Карелии и заговоры знахарки Исаевой // Традиционная культура. – 2009. – № 1. – С. 51–101.

109. Названия и самоназвания субэтнических групп и феномен «субэтнической мимикрии» в Карелии и на некоторых сопредельных территориях // Вестн. Санкт-Петербург. гос. ун-та. Серия 2. История. Вып. 4. – СПб.: СПбГУ, 2009. – С. 59–63.

110. Роза Федоровна Никольская (Тароева) (12.09.1927 – 20.03.2009) // Этнографическое обозрение. – 2009. – № 5. – С. 170–174.

111. Моление об Армаггедоне // Живая старина. – 2009. – № 1. – С. 20–22.

112. «Новая» знахарка А. И. Родькина из села Ошта Вытегорского района Вологодской области // Методика полевых работ и архивное хранение фольклорных, этнографических и лингвистических материалов: материалы научно-практ. семинара. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2009. – С. 74–84.

113. Субэтнические / этнолокальные и этноконфессиональные группы русских, карел и вепсов в Карелии: карта-схема расселения второй половины XIX – начала XX в. // Этноконфессиональная карта Ленинградской области и сопредельных территорий-2. III Шёгреновские чтения. – СПб., 2009. – С. 5–10.

114. Некоторые наблюдения над сохранением этнографической, фольклорной и музыкальной традиций в деревнях Карелии и сопредельных областей (1997–2009 гг.) / Ю. И. Ковыршина, К. К. Логинов // PAX SONORIS: история и современность. Вып. III (V). – Астрахань, 2009. – С. 200–205.

115. Современное знахарство на территории Оштинской сельской администрации // PAX SONORIS: история и современность. Вып. II (IV). – Астрахань, 2009. – С. 208–214.

116. Субэтнические и этнолокальные группы: (к вопросу дефиниций) // Мавродинские чтения-2008. Петербургская историческая школа и российская историческая наука: дискуссионные вопросы истории, историографии, источниковедение. Материалы всерос. науч. конф. под ред. д. и. н. Дворниченко А. Ю. – СПб.: СПбГУ, 2009. – С. 579–582.

2010

117. Традиционный жизненный цикл русских Водлозерья: обычаи, обряды и конфликты. М.; Петрозаводск, 2010. – 413 с.

118. Исследователь, хранитель, организатор: (к юбилею Валентины Павловны Кузнецовой) // Традиционная культура. – 2010. – № 1. – С. 125–127.

119. Ильинский погост глазами этнографа // Ильинский Водлозерский погост: материалы науч. конф. «Водлозерские чтения: Ильинский погост (6–10 авг. 2007 г). – Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. – С. 125–136.

120. Конфликты и конфликтные ситуации традиционного жизненного цикла русских Водлозерья на отрезке жизни от рождения до свадьбы // Материалы науч. конф. «Современные методы сохранения и изучения культур народов Карелии (г. Петрозаводск, 15–16 марта 2010 г.). – Петрозаводск, 2010. – С. 17–30.

121. Р. Ф. Никольская и становление этнографической науки в Карелии / И.Ю. Винокурова, К. К. Логинов // Труды Карельского научного центра РАН. Серия «Гуманитарные исследования». Вып. 1. – Петрозаводск, 2010. – С. 132–139.

122. Ответ участника II Всероссийского конгресса фольклористов Логинова К. К. на вопросы «Живой старины» // Живая старина. – 2010. – № 2. – С. 11–12.

123. Рыболовство села Нюхча // «Уведи меня дорога»: сб., посвящ. 75-летию со дня рожд. Т. А. Бернштам. – СПб., 2010. – С. 52–67.

124. Великие тиэдяряд Сямозерья на закате древней традиции // «Калевала» в контексте региональной и мировой культуры: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 160-летию полн. изд. «Калевалы». – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2010. – С. 277–278.

125. Николай Клюев и ведуны русской крестьянской традиции // «Я певец славянский Клюев»: всерос. праздник поэзии Н. Клюева. – Петрозаводск, 2010. – С. 42–45.

126. Из современного опыта работы по поиску этнографических данных, касающихся традиционной культуры локальных групп // Ис-

точники и методы изучения малых групп в этнографии: сб. ст. к 60-летию В. А. Козьмина / Под ред. И. И. Верняева и А. Г. Новожилова. Историческая этнография. Вып. IV. – СПб., 2010. – С. 147–154.

2011

127. Авторские учебные программы по этнологии восточных славян и финно-угров // Этномузыкология: автор. учеб. программы преподавателей кафедры «Музыка финно-угорских народов» Петрозавод. гос. консерватории им. А. К. Глазунова / Ред.-сост. Р. Ф. Зеленский. – Петрозаводск, 2011. – С. 7–68.

128. Святочные периоды в календаре народов Карелии // Фольклор и этнография: к 90-летию со дня рожд. К. В. Чистова. – СПб., 2011. – С. 88–92.

129. Старинная деревня Нюхчезеро // Особо охраняемые природные территории в XXI веке: современное состояние и перспективы развития. Материалы всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летнему юбилею Национального парка «Водлозерский», 1–3 июня 2011 г. – Петрозаводск, 2011. – С. 383–387.

130. «Околоцерковные» способы диагностики и самолечения сглаза и «оговора» у православного населения современной России // IX Конгресс этнографов и антропологов России: тез. докл. Петрозаводск 4–8 июля. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2011. – С. 319.

131. Основные компоненты святочной обрядности у народов Карелии // Там же. – С. 337.

132. Былички Обонежья: (опыт включенного наблюдения) // От конгресса к конгрессу: материалы Второго всерос. конгресса фольклористов. Сб. докл. Т. 2. / Сост. В. Е. Добровольская, А. Б. Ипполитова, А. С. Каргин. – М., 2011. – С. 115–121.

133. Этнографические сведения о вепсах в Научном архиве Карельского научного центра РАН // Вепсы и их культурное наследие: связь времен (памяти Р. П. Лонина). Материалы первой межрегион. краевед. конф. «Лонинские чтения», с. Шелтозеро, 22 сент. 2010 г. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2011. – С. 120–163.

134. Несколько слов об особенностях экспедиционной работы в России в полевом сезоне 2010 года // PAX SONORIS: Научный журнал. – Вып. IV–V. / Гл. ред. Е. М. Шишкина. – Астрахань, 2011. – С. 220–223.

2012

135. Несколько замечаний по поводу этнической идентичности коренных народов Карелии // Этническая культура и XXI век: материалы научно-практ. конф. (15–16 апр. 2011 г.). – Петрозаводск, 2012. – С. 8–13.

136. Из истории деревни Водлы и ее округи // Монахова А. С. Дивная Водла-земля. Ч. II. – М.: Вариант, 2012. С. 687–689.

137. Рецензия на работу А. С. Монаховой «Дивная Водла-земля» // Там же. – С. 722–723.

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 221–223

РЕЦЕНЗИИ И БИБЛИОГРАФИЯ

Голубев А. А. «Мурманская железная дорога: история строительства. (1894–1917 гг.». СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. 250 с.

Становление и развитие железнодорожного транспорта в России было общегосударственным делом. Железнодорожные линии способствовали развитию экономики как в центре, так и на окраинах обширной державы. Автор рецензируемого исследования А. А. Голубев обратился к проблеме строительства магистрали, соединившей столицу Российской империи с Мурманским побережьем Баренцева моря. В монографии убедительно и аргументированно доказана необходимость безотлагательного сооружения Мурманской железной дороги в трудное для России время Первой мировой войны. Справедливо отмечено, что реализация данного крупного проекта была обусловлена потребностями укрепления внешнеполитических и внешнеэкономических связей со странами Антанты и решения военно-стратегических задач в рамках союзнических обязательств России, а также назревшими проблемами социально-экономического развития Русского Севера.

Проведенный А. А. Голубевым историографический анализ подтверждает, что избранная автором тема до сих пор оставалась недостаточно изученной, в особенности с учетом современных тенденций в отечественной исторической науке. Обращение к теме развития железнодорожного транспорта Северо-Западного региона в начале XX в. на основе новых научных подходов является актуальным и оправданным.

Монографию отличает широкий круг использованных источников. Автор ввел в научный оборот материалы 22 фондов Российского государственного исторического архива и Национального архива Республики Карелия, активно использовал опубликованные материалы по истории Северо-Западного региона и железнодорожного транспорта России.

В исследовании рассмотрены основные этапы подготовительных работ и проектирования железнодорожной магистрали от Санкт-Петербурга к побережью Баренцева моря в период с 70-х годов XIX века до начала строительства в 1913 г. При этом А. А. Голубевым приведен сравнительный анализ выдвигавшихся проектов с учетом их целесообразности и экономической эффективности. Результаты многолетних научных и проектных изысканий широко применялись в практике строительства северной магистрали. Документальный материал подчеркивает преемственность в развитии технической мысли в области железнодорожного строительства.

В книге последовательно характеризуется ход строительства магистрали, показаны связанные с ним экономические и финансовые проблемы и пути их разрешения правительством, частными предпринимателями и местными органами власти. В современных условиях ведутся широкие дискуссии о роли частных компаний в транспортном строительстве. На конкретном материале автор обосновывает вывод о том, что в развитии транспорта на рубеже XIX–XX вв. государство активно использовало возможности частного капитала. Скоординированные совместные усилия частных обществ и правительства обеспечивали высокие темпы строительства железных дорог в стране.

Строительство и эксплуатацию головного участка Мурманской магистрали – Олонецкой железной дороги – правительство передало акционерному обществу. Под контролем государственных органов и в соответствии с законами Российской империи был выработан основной нормативный документ – Устав Общества Олонецкой железной дороги, регламентировавший финансовую и хозяйственную деятельность компании. На основе этого документа государство обладало правом контроля над всеми действиями фирмы. Правительство, заинтересованное в успешной деятельности общест-

ва, предоставило ему ряд льгот, позволявших в короткие сроки и с оптимальными затратами построить железную дорогу, которая была призвана связать российскую столицу с центром Олонецкой губернии.

Поскольку в железнодорожном деле частный капитал находился под контролем государственных органов, правительственные учреждения оказывали ему всемерную помощь. Деятельность Акционерного общества Олонецкой железной дороги – наиболее показательный пример взаимодействия частной компании и государства, результатом которого стал ввод в строй 264-верстной магистрали Петроград –Петрозаводск.

Акционерное общество Олонецкой железной дороги оказало большое влияние на развитие экономической инфраструктуры Северо-Запада. Множество средних и мелких частных предприятий, созданных под эгидой этого Общества, не только ускорили строительство железной дороги, но и стали играть важную роль в экономическом развитии Петербургской, Олонецкой и Архангельской губерний.

Сегодня, когда важное значение приобрели вопросы развития местного самоуправления, также представляется актуальным обращение автора к теме участия земских органов в решении проблем проектирования и строительства Мурманской железной дороги. А. А. Голубев освещает роль земства в организации и деятельности акционерного Общества Олонецкой железной дороги, в обеспечении стройки необходимыми материалами, в снабжении рабочих и служащих продуктами, одеждой и обувью, в предоставлении медицинской помощи, устройстве жилья. Земские органы проводили работу по переселению хозяев тех земель, которые отчуждались для нужд строительства. На плечи земств легли также проблемы разрешения конфликтов, возникавших между местным населением и строительными организациями. Совместно с управлением стройки земцы занимались вербовкой местного населения на работы по прокладке железной дороги.

В отличие от Олонецкой железной дороги строительство основной части Мурманской магистрали практически полностью осуществлялось силами и на средства казны. Строительное управление Мурманской железной дороги стало крупнейшим в рассматриваемый период государственным предприятием в данном регионе, стимулировавшим создание разветвленной сети средних и мелких лесообрабатывающих, горнодобывающих и транспортных предприятий различных форм собственности. В период стройки заметно активизировалось судоходство на Онежском озере и Белом море.

Всеми имеющимися средствами (политическими, дипломатическими, экономическими) Российское государство стремилось привлечь союзников (Англия, Франция, США, Канада) к сотрудничеству по возведению Мурманской железной дороги как транспортной артерии международного значения. Союзники оказали значительную помощь в финансовом обеспечении стройки (выделение целевого кредита на возведение дороги), снабжении ее материалами и механизмами. Правда, следует отметить, что деятельность союзников не всегда была плодотворной. Примером этому может служить неудачный подряд группы английских предпринимателей во главе с лордом Остином Френчем (братом известного фельдмаршала) по прокладке завершающего участка в 120 верст на линии Кандалакша – Кола (С. 104–105).

В ходе строительства Мурманской магистрали возникали большие проблемы, вызванные как общей обстановкой военного времени, так и специфическими природными условиями трассы (суровый климат Приполярья и Заполярья, исключительно сложный рельеф местности). Поскольку большая часть трудоспособного мужского населения Российской империи была мобилизована на фронт и на работы по выполнению военных заказов, исключительно острым был вопрос обеспечения строительства рабочими и специалистами. Лишь благодаря активной деятельности управления стройки и помощи правительства этот вопрос в целом удалось успешно решить. В обстоятельствах военного времени значительные трудности возникали с закупкой и доставкой на линию материалов, механизмов и продуктов питания.

Строители трассы столкнулись с множеством водных преград, скальных гряд и каменных полей ледникового происхождения, преодоление которых потребовало напряженных инженерных поисков и огромных трудовых затрат. В связи с тем, что большая часть работ в Приполярье и Заполярье проводилась зимой 1915 года, на их ход повлияли сильные морозы, снежные заносы и полярная ночь.

Большое внимание в работе А. А. Голубева отводится усилиям властей по решению социальных проблем строителей и эксплуатационников Мурманской железной дороги. В период строительства магистрали в Олонецкой губернии и на Кольском полуострове проводилась широкая работа по возведению новых поселков вдоль железнодорожной линии. Новые населенные пункты строились с учетом сложных климатических условий региона и обеспечивались необходимыми для проживания людей

строениями: домами, банями, магазинами, прачечными, складами, больницами и амбулаториями, аптеками, мастерскими и т. д. Для удобства пассажиров на станциях возводились вокзалы, багажные склады, буфеты. С целью обеспечения нормальных условий работы эксплуатационников сооружались столовые для локомотивных и кондукторских бригад. Проявлялась определенная забота о досуге жителей новых поселков – на некоторых станциях были возведены клубы железнодорожников. Первыми жителями этих поселков стали железнодорожные рабочие и служащие, а также бывшие хозяева отчужденных земель, переселенцы из оккупированных немецкими и австро-венгерскими войсками территорий и семьи, выехавшие в эти районы в связи со Столыпинской аграрной реформой.

В качестве достоинства монографии следует отметить и присутствие персональных характеристик личностей, внесших весомый вклад в сооружение великой северной магистрали. Материал, по крупицам собранный автором из различных источников, позволил показать участие многих людей в разработке и реализации масштабного транспортного проекта – от высокопоставленных сановников до специалистов-практиков. Среди них видные государственные деятели С. Ю. Витте, М. И. Хилков, С. В. Рухлов, А. Ф. Трепов, М. И. Терещенко; представители местных органов власти, земского и муниципального самоуправления – М. Д. Демидов, Т. А. Липинский, Н. А. Ратьков, В. В. Савельев, В. Д. Лысанов; талантливые ученые и инженеры – Н. А. Белелюбский, А. И. Браиловский, В. А. Важеевский, Г. К. Гониг, В. В. Горячковский, П. Е. Соловьев, Д. Д. Бизюкин; российские и иностранные предприниматели – В. А. Нагродский, А. И. Каминка, Я. М. Гольденов, В. И. Вольтман, И. Х. Гринберг, К. Бояр, Л. Люшер. Автор справедливо подчеркивает, что именно благодаря самоотверженным усилиям сотен и тысяч людей, и в первую очередь рабочих и служащих строительства самой северной в мире железной дороги, преодолевались многочисленные трудности.

Таковы, на наш взгляд, основные достоинства рецензируемого монографического исследования. Нет никакого сомнения в том, что автор успешно справился со стоявшими перед ним задачами. Он правомерно отмечает, что сооружение Мурманской магистрали, давшей значительный импульс социально-экономическому развитию Русского Севера, имело широкое общественное значение.

В качестве замечаний, не влияющих принципиально на общую положительную оценку работы, нужно отметить следующие.

В свете современной геополитической обстановки значительный интерес могло бы вызвать более обстоятельное освещение военно-политических аспектов, связанных со строительством великого северного пути, в особенности с аргументами против прокладки трассы через Финляндию, которая тогда входила в состав Российской империи и оказывавала большое влияние на развитие Карельско-Кольского региона.

Анализируя историографию проблемы, автор почему-то не упоминает кандидатской диссертации Е. К. Арьевой о строительстве Мурманской железной дороги, защищенной в Петрозаводске в 1955 г. в Карело-Финском государственном университете.

На наш взгляд, автор некорректно сопоставляет уровень заработной платы строителей на трассе со столичными ценами на продукты в 1917 г., приведенными в журнальной статье А. В. Пешехонова (С. 123). В районе строительства дороги уровень цен был значительно выше столичных (см., например: Бубновский М. И. В глубоком тылу // Известия Арханг. об-ва изучения Русского Севера. 1916. № 5. С. 196).

Порою текст работы перегружен техническими деталями и подробностями, не содержащими конкретно-исторической информации.

В целом же рецензируемая монография вносит значительный вклад в изучение проблем истории Европейского Севера России в период Первой мировой войны и представляет несомненный интерес как для специалистов, так и для широкого круга читателей.

Е. Ю. Дубровская, Н. А. Кораблев

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 224–226

Разумова И. А. Культурные ландшафты Кольского Севера: города у «Большой воды» и Хибин. Социально-антропологические очерки. СПб.: «ГАМАС», 2009. 160 с.

Мурманская область, известная сегодня как самостоятельный субъект Российской Федерации, до 1938 г. имела различные наименования – Кольский уезд (в начале XVIII – середине XIX вв.), Мурманский уезд (с 1920 г.), Мурманская губерния (с 1921 г.), Мурманский округ Ленинградской обл. (с 1927 г.) [ГААО, 2000. С. 264–266; Архивохранилище..., 2002. С. 192–196]. Только в 1938 г. территория получает наименование Мурманской области, при этом часть ее находилась за пределами современных границ: Кандалакшская и Ковдская волости – в составе Карельской АССР, западная часть полуостровов Рыбачьего и Среднего, область Петсамо вплоть до 1940 г. принадлежали Финляндии. Таким образом, Мурманская область в привычном для нас виде сформировалась практически в середине XX века. Понятие Кольский Север объединяет все предшествующие, до 1938 г., наименования и сегодня используется равнозначно с понятием Мурманская область. Примечательно, что понятие Кольский Север не только объединяет географические объекты, но и обозначает некое культурное пространство. В этой связи вызывает интерес введение данного понятия в название книги И. А. Разумовой «Культурные ландшафты Кольского Севера: города у «Большой воды» и Хибин». Исследование посвящено части культурного ареала, географически расположенного вокруг озера Имандра, Хибинского горного массива и Кандалакшского залива. Автор останавливается на изучении пяти малых и средних городов области, один из которых является историческим городом и представляет центр поморской культуры на Кольском полуострове, а остальные – советские индустриальные города.

Предмет исследования составляют культурные ландшафты, под которыми понимается «созданная людьми среда их обитания. Она включает села и города с их пространственно-архитектурным обликом, производственные и социально-культурные объекты, зоны отдыха, а также все естественное окружение (природные ландшафты), которое так или иначе осмыслено, оценено и использовано человеком» [Разумова, 2009. С. 6]. В качестве объекта И. А. Разумова выбирает городские общности Мурманской области, представляющие города, строительство которых осуществлялось в советский период, – это Кировск, Апатиты, Мончегорск, Полярные Зори. На примере г. Кандалакша, выросшего из старинного поморского поселения, автор знакомит читателя и с селом Кандалакша, часть которого продолжает существовать в настоящее время. Город Кандалакша, по мнению автора, в сравнении с рассматриваемыми городами если «и проигрывает в отношении «цивилизованности», то «выигрывает в том, что у нее (Кандалакши. – *О. З.*) есть история, глубокая культурная память» [Разумова, 2009. С. 126]. Несомненно, устные свидетельства, фольклор, спонтанные высказывания жителей, основателей города позволяют более целостно как рассмотреть само сообщество, так и проанализировать сформировавшиеся в культуре образы, воспоминания, вошедшие в историю важные события, связанные с созданием городского пространства. В отношении образов г. Кандалакши любопытными представляются не только знания жителей об истории города и села, но и оценка накопленного опыта, специфической культуры и быта.

Строительство новых городов на Кольском Севере привело на эту территорию огромное количество новых жителей. Как известно, Кольский полуостров активно начал заселяться в первой половине XX в. с началом строительства железной дороги, а затем с разработкой новых месторождений и строительством горно-обогатительных предприятий [Мурманская железная дорога, 1916; Ушаков, 1997; Киселев, 1974]. Естественно, что выявляется определенная схема расселения – очагово-ленточная, то есть первые мигранты оседали вокруг строящихся промышленных и транспортных объектов.

Будучи привезенными из разных районов страны, являясь не только городскими, но и сельскими жителями, мигранты строили «новый мир» на новом месте. В соответствии с универсальной формой осмысления процесса «освоения территории», как отмечает автор, благодаря труду строителей, ученых, горняков «из первозданного Хаоса образован Космос» [Разумова, 2009. С. 6]. Приезжие из крупных городов создавали цивилизацию по известному образцу, строя, например, «заполярный Ленинград», а их потомки сохранили этот образ: «Мне кажется, Мончегорск – просто уменьшенная, такая младшая копия Петербурга» [Разумова,

2009. С. 93]. Проектирование г. Мончегорска, архитектурные и планировочные его достоинства, «петербургскость» города рассматриваются автором на материале различных письменных и устных текстов в параграфе «Маленький Санкт-Петербург» [Разумова, 2009. С. 90–100].

И. А. Разумова указывает на специфику формирования современного городского населения области: «Подавляющее число жителей Кольского полуострова – это переселенцы и их потомки во втором-третьем поколении». Действительно, это основная характеристика основателей заполярных городов – они некоренные, приезжие, переселенцы. Более того, приезжие, как правило, не задерживались в Заполярье. Такая ситуация продолжалась на протяжении всего XX века. «…Следует учитывать, что значительная часть прибывших в области ориентирована, главным образом, на высокие заработки и краткосрочное пребывание на Севере, что подтверждается объективным анализом движения населения – более половины мигрантов в течение первых трех лет покидают Мурманскую область, “не пустив здесь свои корни”» [Социально-экономическое..., 1992. С. 156]. Результатом столь активных миграционных процессов стало отсутствие в новых городах старожильческого населения.

Это положение частично сохраняется и в настоящее время. Единственно признанной территорией, где имеется старожильческое население, считается южная часть Кольского полуострова и, в частности, г. Кандалакша. Старожилами в Мурманской области принято считать поморское население, которое продолжает ассоциироваться со статусом сельских жителей. Вместе с тем в некоторых источниках встречается распространение данного понятия и на приезжих. Так, в 1926 г. к старожилам относили тех, кто прожил на территории Мурманской области лишь несколько лет: «Три года – уже “старожил”. Он зацепился за мурманскую почву...» [Население..., 1926. С. 8]. Такая позиция связана с региональными особенностями Севера и, как следствие, большей текучестью населения.

Книга привлекает исследовательский и читательский интерес разнообразием использованных в ней источников. Материалами для автора стали не только тексты интервью и рассказы жителей городов Кольского Севера, но и антропологические наблюдения, стихи и песни профессиональных и непрофессиональных авторов. Кроме того, И. А. Разумова использовала журнальные публикации, школьные сочинения, мемуары. Таким образом, читатель получает достаточно полное представление об историко-культурных, в первую очередь словесных, образах заполярных городов, знакомится с фактами из их истории, мнениями очевидцев тех или иных событий, с оценкой перспектив развития территории с точки зрения самих жителей. К сожалению, автор практически не ссылается в книге на материалы архивов, хотя документальная иллюстрация некоторых, особенно спорных, событий была бы логичной.

Обратим внимание на то, что еще в советское время в Мурманской области была выпущена целая серия книг «Города и районы Мурманской области» [см. напр.: Жданов, Орловская, 1978; Киселев, Тулин, 1977; Киселев, 1986; Кузьмин, Разин, 1968; Разин 1991]. История городов и градообразующих предприятий также подробно изложена в работах историков и краеведов [Апатиты, 2006; Кировск, 2006; Неруш 1978; Киселев и др., 1981; Рудный Ковдор, 1974; У подножия..., 1971]. Авторы детально описывают предысторию, этапы освоения географического пространства, строительства городских районов и т. п., но серьезного исследования образа заполярного города в культуре проведено не было. Книга И. А. Разумовой сфокусирована на историко-культурных репрезентациях городов Мурманской области. С одной стороны, автором не определены хронологические рамки исследования, с другой стороны, на исторические контексты указывают конкретные маркеры, например, выдающиеся личности (А. Е. Ферсман), социальные группы (спецпереселенцы) и т. д. Структурно книга состоит из пяти глав, каждая из которых представляет определенный город. Сюжетно каждая глава отражает исторические события и современное состояние советских городов Кольского Севера в связи с их производственной и исторической спецификой, воплощенной в известных перифразах (Кировск – город горнодобывающей промышленности, Кандалакша – город поморской культуры, Полярные Зори – город энергетиков и т. д.). Многообразие ракурсов позволяет автору показать формирование городской среды в разные периоды (один из городов основан в 1930 г., другой – в 1974 г.), а также продемонстрировать формирование образов («История города начинается с...», «Великими личностями для города стали...», «Город назвали так, потому что...» и т. д.). При этом автор не пишет историю города, но через определенные маркеры практически раскрывает исторические, социальные и культурные признаки советского заполярного строительства. Например, первые годы жизни современного Кировска (Хибиногор-

ска) оцениваются как «барачно-лагерные», а г. Апатиты воспринимается в качестве «младшего брата» г. Кировска. Таким образом, фокусируя внимание на отдельных социально-исторических сюжетах, книга воссоздает целостный образ российского заполярного города XX – начала XXI века.

Литература

Апатиты: Старый новый город / Сост. В. Э. Берлин. Апатиты: КаэМ, 2006. 80 с.

Архивохранилище документов новейшей политической истории государственного архива Мурманской области: Путеводитель / Редкол.: Н. Н. Галактионова, Т. В. Ишбирдина, Н. А. Пыхтина (отв. редактор), С. Г. Руденко. М.: Звенья, 2002. 247 с.

Государственный архив Архангельской области: Путеводитель: В 2 т. Т. 1. Архангельск, 2000. 304 с. (В тексте – ГААО).

Жданов В., Орловская Л. Североморск. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1978. 160 с.

Кировск: Страницы истории / Авт.-сост. В. Э. Берлин, Т. Е. Королева. СПб: Моби Дик, 2006. 176 с.

Киселев А. А. Мончегорск. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1986. 139 с.

Киселев А. А., Краснобаев А. И., Барабанов А. В. Гигант в Хибинах: История ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции производственного объединения «Апатит» им. С. М. Кирова (1929–1979). Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1981. 200 с.

Киселев А., Тулин М. Книга о Мурманске. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1977. 240 с.

Киселев А. А. Родное Заполярье: Очерки истории Мурманской области (1917–1972 гг.). Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1974. 512 с.

Кузьмин Г. Г., Разин Е. Ф. Кандалакша. Мурманск, 1968. 205 с.

Мурманская железная дорога: Краткий очерк постройки железной дороги на Мурман с описанием ее района. Петроград: Изд. Управления по постройке Мурманской железной дороги, 1916. 204 с.

Население г. Мурманска к началу 1926 г. Мурманск, 1926. 24 с.

Неруш И. А. Города Кольского Севера: Очерки истории строительства и формирования городов на Кольском полуострове. Мурманск, 1978. 108 с.

Разин Е. Ф. Кандалакша. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1991. 164 с.

Разумова И. А. Культурные ландшафты Кольского Севера: города у «Большой воды» и Хибин. Социально-антропологические очерки. СПб.: «ГАМАС», 2009. 160 с.

Рудный Ковдор / Авт.-сост. А. И. Сухачев, В. Г. Мелик-Гайказов, Б. К. Оводенко и др. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1974. 208 с.

Социально-экономическое развитие Мурманской области в переходный период: современное состояние и прогнозы / Под ред. Г. П. Лузина. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 1992. 218 с.

У подножия Хибин: (Кировско-Апатитский промышленный район). Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1971. 119 с.

Ушаков И. Ф. Избранные произведения в 3 т.: Историко-краеведческие исследования. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1997. Т. 1. Кольская земля. 648 с.

О. В. Змеева

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 227–229

НОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПРИБАЛТИЙСКО-ФИНСКИХ ПРИЧИТАНИЙ: Рахимова Э. Г. «Туонельские свечушки»: словесная изобразительность карело-финских причитаний по покойным. М.: ИМЛИ РАН, 2010. 237 с.

Зародившийся в конце XIX века в среде финляндских любителей народной поэзии интерес к собиранию и изучению прибалтийско-финских причитаний постепенно возрастал на протяжении всего XX века. Несмотря на трудности фиксирования, вызванные, в первую очередь, своеобразным, отличным от обыденного, языком причитаний, в архивах Финляндии накопился широкий эмпирический материал. Начиная с середины прошлого столетия к собиранию этого самобытного жанра активно подключились и карельские ученые. Большая заслуга в этой работе принадлежит фольклористам, языковедам и этнографам Института языка, литературы и истории Карельского НЦ РАН. Значителен вклад У. С. Конкка, А. С. Степановой, Н. А. Лавонен, Э. С. Киуру, Г. Н. Макарова, М. И. Муллонен, а также многих других ученых, систематически на протяжении многих лет выезжавших в отдаленные карельские, вепсские, ижорские деревни на поиски похоронных, свадебных, рекрутских и бытовых причитаний. Таким образом, сегодня в нашем распоряжении имеются тексты плачей, зафиксированных еще в период их живого бытования (финляндские, небольшая часть карельских материалов) и образцы причитаний, записанные в период стремительного исчезновения жанра (карельские материалы). Совокупность и доступность этих источников позволяет как российским, так и финляндским ученым проводить фундаментальные исследовательские работы по разным направлениям.

Силами карельских ученых были изучены причитания, бытовавшие в основном на территории Карелии. Следует отметить работы У. С. Конкка, рассмотревшей карельские плачи в обрядовом контексте, а также, несомненно, работы А. С. Степановой, долгие годы занимавшейся поэтикой причитаний, в частности, описанием системы иносказаний свадебных персонажей. В последние годы объектом исследования стала также вепсская причетная традиция. Впервые в 2012 году введены в научный оборот тексты вепсских плачей. Сборник «Käteške käbedaks kägoihudeks “Обернись-ка милой кукушечкой”», подготовленный Н. Г. Зайцевой, О. Ю. Жуковой и С. В. Косыревой, включает 83 текста похоронных, свадебных, рекрутских и бытовых причитаний. Материал представлен на языке оригинала с параллельным филологическим переводом на русский язык.

Среди финляндских ученых к жанру причитаний обращался целый ряд исследователей. Среди них Л. Хонко, охарактеризовавший прибалтийско-финскую причетную традицию в целом и сформулировавший основные аспекты ее дальнейшего рассмотрения. Огромный вклад в изучение ижорских плачей внесла А. Ненола, скрупулезно проанализировавшая указанную причетную традицию.

В последние годы интерес к исследованию карельских причитаний несколько ослаб, вероятно, по причине небольшого числа молодых ученых, хорошо владеющих карельским или другим из группы прибалтийско-финских языков. Впрочем, знание языка не является основным фактором отсутствия специалистов в этой области. Помимо преодоления языкового барьера начинающему фольклористу необходимо хорошее знание различных фольклорных жанров, а также обрядов и верований, что позволило бы сделать глубокий семантический анализ текстов. На фоне сложившейся ситуации следует особо отметить недавно вышедшую монографию московской исследовательницы Э. Г. Рахимовой, обратившейся к рассмотрению устойчивых изобразительных констант карельских и ижорских причитаний по покойным. Синкретизм архаичных карельских жанров устного народного творчества на уровне мотивов и образов, а также просматривающееся единство в области поэтики позволило автору рецензируемой работы, многие годы плодотворно изучавшей поэтические особенности севернокарельских рун (вышел целый ряд статей по данному вопросу), заниматься иносказательным языком причитаний.

Проведенное исследование, в котором автор препарирует взятые в совокупности карельские и ижорские причитания по покойным на наиболее часто употребляемые изобразительные константы, является первой научной работой в данном направлении. Автор наряду с лингвофольклористическим подходом успешно использует сравнительный метод, привлекая к рассмотрению поэзию калевальской метрики, а также севернорусскую причетную традицию.

Монография Э. Г. Рахимовой состоит из 11 глав. В первых двух главах, «Особенности бытования и история фиксации карело-финских причитаний по покойным» и «Обзор корпуса плачевых текстов», автор очерчивает исследуемый ареал, характеризует материалы исследования, а также дает историографический обзор литературы. Обращает на себя внимание масштаб охвата материала и количество привлеченных источников. Однако на фоне анализа собирательской работы, предпринятой финляндскими учеными, экспедиционная деятельность карельских исследователей представлена, на мой взгляд, достаточно бегло. Реестры полевых материалов, с которыми можно было познакомиться в Научном архиве Карельского НЦ РАН и Фонограммархиве Института ЯЛИ, свидетельствуют об огромном вкладе карельских собирателей. Кроме того, фиксация обрядового фольклора как в контексте обряда, так и вне его – занятие весьма сложное, требующее особого мастерства, умения находить контакт с исполнителем. Несмотря на это, результаты полевых исследований по сбору карельских и вепсских причитаний значительны, что, несомненно, автору рецензируемой работы следовало бы отметить.

В третьей главе «Изучение поэтики и семантики карельско-ижорской плачевой традиции» обозначены основные научные работы финляндских и российских исследователей, занимавшихся особенностями языка причитаний. В завершении главы автор поднимает важную дискуссионную проблему, касающуюся научной терминологии. По мнению Э. Г. Рахимовой, для постижения мифопоэтической изобразительности плачей правомерно использовать «концепцию этнопоэтической константы», выведенную В. М. Гацаком. Ключевым признаком подобной константы является «устойчивость зрительного образа». Автор считает, что сохраняющийся в памяти «мысленный визуальный кадр» подобен «девербальному гештальту» (термин Мишеля Нэйглера). Применительно к карельскому материалу образование подобных констант усложняется аллитерацией.

Вопросы терминологии в фольклористике, лингвофольклористике как в России, так и за рубежом вызывают обширную дискуссию, о чем свидетельствуют многочисленные вопросы на различных научных мероприятиях. Автор монографии, находясь в некоем поиске, при характеристике отдельных этнопоэтических констант использует подтермины. Подобная дифференциация позволяет более точно охарактеризовать функциональную роль константы («композиционная константа») или проследить основные этапы ее формирования («выкристаллизовавшиеся словесные формулы», «выкристаллизовавшиеся вербальные константы») и др.

Центральную часть монографии составляют пять глав «Обрядовые “беседушки” и безмолвие покойного в карельских и ижорских плачах: севернорусские плачевые и калевальские кроссжанровые параллели», «Изображение “жилища” покойного в карело-финских плачах в сопоставлении с русскими и с рунами калевальской метрики», «Дальняя Туонела: обитатели и ландшафтные и интерьерные предметные детали», «Орнитологическая символика в карельских и ижорских причитаниях и в рунах калевальской метрики», «Открытый ветрам и стуже оставленный покойным мир». В обозначенных главах на основе большой текстологической работы, выполненной по всем имеющимся опубликованным источникам, а также архивным материалам, выявлены и рассмотрены разнообразные поэтико-изобразительные константы карельских причитаний по покойным. Кроме того, проведены параллели с севернорусской и ижорской причетной традицией, а также с карельскими рунами. Вербальные константы представлены в монографии согласно проведению похоронного обряда: от момента застывания покойного до ухода его в мир иной. Несомненное достоинство аналитической работы состоит в том, что каждый выдвинутый тезис находит подтверждение в многочисленных примерах. Привлечение севернорусской и ижорской традиции позволяет глубже рассмотреть выделенные изобразительные константы.

Тексты причитаний, записанных в XX веке, представляют некий симбиоз традиционных мифологических и христианских мотивов. Это отчетливо прослеживается, к примеру, в главе «Дальняя Туонела: обитатели и ландшафтные и интерьерные предметные детали». Путь в далекий иной мир, ворота Туонелы, собаки Туонелы, зеленые лужайки – это константные атрибуты мифологического потустороннего мира. Встречающиеся в карельских рунах аналогичные примеры являются подтверждением этому. «Правая сторона», «восковые свечушки» относятся, несомненно, уже к наиболее поздним, христианским напластованиям. Дальнейшее исследование по всем вышеуказанным изобразительным константам с привлечением материалов из карельских рун и особенно заговоров даст автору возможность несколько расширить эту главу, представив ее в качестве самостоятельной статьи.

Целостной и наиболее объемной является глава «Орнитологическая символика в карельских и ижорских причитаниях и в рунах калевальской метрики», где Э. Г. Рахимова обобщила весь выявленный материал по образам птиц (жаворонка, уточки-морянки, соловья-птички, белой лебеди, пташки-птички и т. д.), зафиксированных в причетной и рунопевческой традиции. По сравнению с другими главами более подробно рассмотрены грамматические формы употребления изобразительных констант, обозначены мотивы их возможного варьирования. Указанная часть монографии представляет собой законченное обобщение по орнитоморфной символике, до настоящего времени не проводившееся в данном ракурсе.

Заслуживает внимания глава «Открытый ветрам и стуже оставленный покойным мир», в которой Э. Г. Рахимова выделяет изобразительные константы, иллюстрирующие покинутый покойным мир. Горе оставшихся в живых рисуется иносказательно при помощи темных туч, огромного озера слез, пролитых сиротинушками, стужи, тоски и суховейного ветра. Однако отсутствие итогового вывода делает главу несколько незавершенной.

Во многом дискуссионной является глава «Характер исполнения причитаний и сохраняемость вербальных констант». Сегодня довольно сложно судить, какими же были аутентичные тексты в отношении полноты мотивов и использования изобразительных средств, т. к. число причитаний, зафиксированных в контексте обряда, невелико. Вполне естественно, что спетые перед микрофоном по просьбе собирателя варианты отличались насыщенностью поэтико-изобразительных констант. Импровизируя в более спокойной обстановке, искусная причитальщица могла использовать все знакомые ей поэтические формулы.

Карелы, так же как и вепсы и ижорцы, на протяжении многих веков находились в тесном контакте с русским населением. Взаимовлияние культур отчетливо прослеживается в устном народном творчестве, на что неоднократно указывали многие исследователи. В данной монографии фронтальное изучение вербальных констант карельских и ижорских причитаний в сравнении с русской причетной традицией дало положительные результаты. Некоторые итоги, а также перспективы указанного аспекта изучения плачей представлены в главе «Карельско-ижорские и северно-русские текстуальные схождения в причитаниях по покойному».

Завершает монографию глава «Итоговые замечания», в которой ещё раз подчеркивается новизна рецензируемой работы, ее теоретическая и практическая значимость.

В качестве положительных сторон следует отметить четкую структурированность монографии, высокий уровень изложения теоретического материала. Несомненным достоинством является и то, что автор изучил большое количество причитаний, многие из которых не имели русскоязычного перевода. На мой взгляд, данное исследование требовало работы именно с оригинальным текстом, перевод не всегда точно отражает глубину содержания. Однако для русскоязычного читателя наличие перевода обязательно, причем наиболее приближенного к оригиналу. В этой связи следует обратить внимание на некоторые опечатки и неточности в карелоязычных отрывках причитаний, а также их переводах. Несомненно, причиной этому стало большое количество привлеченных к исследованию языков (карельский, ижорский), а также наречий и диалектов карельского языка (ливвиковское, севернокарельское наречия; сегозерский диалект и т. д.). Участие в работе языковых редакторов помогло бы автору избежать этих погрешностей.

Монография, несомненно, найдет своего читателя, а выявленный автором тезаурус «устойчивой предметной детализации словесно воплощаемого, вербализируемого в каждом акте исполнения плача фиктивного мира» станет основой для дальнейшего изучения.

В. П. Миронова

Труды Карельского научного центра РАН
№ 4. 2012. С. 230

ИЗДАНИЯ ИНСТИТУТА ЯЗЫКА, ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОРИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН 2011 ГОДА

Бойко Т. П., Маркианова Л. Ф. Большой русско-карельский словарь (ливвиковское наречие). Петрозаводск: Verso, 2011. 400 с.

Вепсы и их культурное наследие: связь времен (памяти Р. П. Лонина) / Науч. ред. З. И. Строгальщикова. Сб. ст. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 215 с.

Винокурова И. Ю. Обычаи, ритуалы и праздники в традиционной культуре вепсов. Учебное пособие. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011.

Древний Олонец. 2-е изд., перераб. и доп. Петрозаводск: VERSO, 2011. 173 с.

Дуров И. М. Словарь живого поморского языка в его бытовом и этнографическом применении. Издание подготовили И. И. Муллонен (отв. ред.); В. П. Кузнецова, А. Е. Беликова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 454 с.

Ковалева С. В., Родионова А. П. Традиционное и новое в лексике и грамматике карельского языка (по данным социолингвистического исследования). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 137 с.

Кораблев Н. А. Предпринимательство в Карелии во второй половине XIX – начале XX века. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 268 с.

Кочкуркина С. И. История и культура народов Карелии и их соседей. Петрозаводск: АУ РК «Информационное агентство “Республика Карелия”», 2011. 223 с.

Криничная Н. А. Крестьянин и природная среда в свете мифологии. Былички, бывальщины и поверья Русского Севера. М.: Ун-т Дм. Пожарского, 2011. 623 с.

Летопись литературной жизни Карелии (1997–2001) / Сост.: Н. В. Чикина, О. П. Кошкина. Петрозаводск: Периодика, 2011. 248 с.

Маркова Е. И. Русское стихотворчество на украйне между Корелою, Чудью и Суоми: от заката Империи до послевоенных победных дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 140 с.

Методы и принципы современных гуманитарных исследований. Сб. науч. ст. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 104 с.

Праздничная культура на страницах национальных газет Республики Карелия (1993–2011 гг.): Библиогр. указ. / Сост.: Н. Ю. Кирикова, Н. В. Чикина. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 34 с.

Сойни Е. Г. Русская поэзия первой половины XX века и Финляндия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 114 с.

У истоков карельской фольклористики. Вып. 3: К 100-летию А. П. Разумовой. Биография, библиография, опись архивных материалов / Сост.: В. П. Миронова, Н. В. Чикина, автор биогр. ст. И. А. Разумова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 87 с.

У истоков карельской фольклористики. Вып. 4: К 90-летию У. С. Конкка. Биография, библиография, опись архивных материалов / Сост.: В. П. Миронова, Н. В. Чикина, автор биогр. ст. А. С. Степанова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 78 с.

Чикина Н. В. Современное состояние литературы на карельском языке. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 118 с.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегии серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы «Анкеты» и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия «Анкеты» и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед сдачей в печать авторам высылается распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон (8142) 780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН и другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте http://transactions.krc.karelia.ru.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) для серии «Экспериментальная биология» не должен превышать: для обзорных статей – 25 страниц, для оригинальных – 15, для сообщений – 8, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи. Рукописи большего объема (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

Рукописи присылаются в электронном виде, а также в двух экземплярах, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку через 1,5 интервала (12 пунктов шрифта типа Times New Roman). Размер полей: сверху, снизу – 2,5 см, справа, слева – 2,5 см. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ. ЛИТЕРАТУРА); благодарности; литература (с новой страницы); таблицы (на отдельном листе); рисунки (на отдельном листе); подписи к рисункам (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилия, имя, отчество всех авторов полностью на русском и английском языках; полный почтовый адрес каждой организации

(страна, город) на русском и английском языках; должности авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи и содержать не более 8–10 значащих слов.

АННОТАЦИЯ должна быть лишена вводных фраз, содержать только главную информацию статьи, не превышать объем – 15 строк.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой, в конце фразы ставится точка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ должны содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Для фаунистических и флористических работ следует указывать место хранения коллекционных образцов. Если в статье приводятся сведения о новых для исследованной территории таксонах, то желательно и процитировать этикетку. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во Введении. Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более), и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Рыбаков, 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIFF (*.TIF) или JPG (не встраивать в Word). Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указанием желательного размера рисунка в книге, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физикогеографических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и, желательно, с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicus* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis.*

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения — названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

---

* **Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ**, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

ЛИТЕРАТУРА. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.52008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32 : 635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило[1], М. И. Сысоева[1], Е. Ф. Марковская[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] Петрозаводский государственный университет

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., кратковременное снижение температуры, устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANTS

Аннотация на английском языке

Key words: *Cucumis sativus* L., temperature drop, resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Частота встречаемости видов нематод в исследованных биотопах

Биотоп (площадка)	Кол-во видов	Встречаемость видов нематод в 5 повторностях				
		100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
1Н	26	8	4	1	5	8
2Н	13	2	1	1	0	9
3Н	34	13	6	3	6	6
4Н	28	10	5	2	2	9
5Н	37	4	10	4	7	12

Примечание. Здесь и в табл. 3–4: биотоп 1Н – территория, заливаемая в сильные приливы; 2Н – постоянно заливаемый луг; 3Н – редко заливаемый луг; 4Н – незаливаемая территория; 5Н – периодически заливаемый луг.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.

Илиел Э. Стереохимия соединений углерода / Пер. с англ. М.: Мир, 1965. 210 с.

Несис К. Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 1985. 285 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.

Grove D. J., Loisides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, N 4. P. 507–516.

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. ***Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.***

Ссылки на авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственновременных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: автореф. дис. …канд. биол. наук. М., 1985. 23 с.

Ссылки на диссертации

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственновременных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: дис. …канд. биол. наук. М., 1985. С. 21–46.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.
Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптикоэлектронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии : материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

Ссылки на интернетресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайновых сервисов // Электрон. бибки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/ (дата обращения: 25.11.2006).

Ссылки на электронные ресурсы на CDROM

Государственная Дума, 1999-2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CDROM.

CONTENTS

S. I. Kochkurkina. THE ETHNIC MAP AND SPATIAL-ADMINISTRATIVE BORDERS OF KARELIA AT THE TURN OF 2ND MILLENNIUM A. D. (NOVGOROD PER IOD) 3

I. I. Mullonen. NATURAL AND CULTURAL FACTORS BEHIND THE FORMATION OF THE VEPSIAN ETHNIC RANGE 13

M. N. Melyutina, N. M. Terebikhin. THE SOCIOCULTURAL LANDSCAPE OF THE NORTHERN WORLD 25

K. K. Loginov. LANDSCAPE AND LEGENDS ABOUT THE PURPOSES AND AFFILIATIONS OF NATURAL AND MAN-MADE STONE OBJECTS IN OBONEZHJE 38

N. A. Krinichnaya. RIVALRY BETWEEN RIVERS AS AN IMPETUS FOR TRANSFORMATION OF THE LANDSCAPE AND THE SOCIETY (BASED ON ETIOLOGICAL MYTHS) 50

I. Yu. Vinokurova. BATHHOUSE RITES OF THE HUMAN LIFE CYCLE IN THE VEPSIAN CULTURAL LANDSCAPE 57

L. I. Ivanova. THE FOREST NOSE ("LESNOI NOS"): ARCHAIC IDEAS OF KARELIANS ABOUT DISEASE AND MAGICAL LOCI OF THE HEALING RITE 68

A. Yu. Zhukov, E. V. Lyallya. THE VOLOST AND PARISH LANDSCAPE OF THE KARELIAN POMOR AREA IN 15TH – 18TH CENTURIES 74

P. V. Sedov. ILLICIT TOBACCO TRADE IN THE NOVGORODIAN BORDERLAND IN THE SECOND HALF OF THE 17TH CENTURY 85

N. A. Korablyov. STOLYPIN LAND REFORM IN KARELIA: PROBLEMS OF LAND MANAGEMENT 93

Yu. A. Krivoshchapova. PITER IN THE RUSSIAN FOLK LINGUAL TRADITION 104

E. Yu. Dubrovskaya. IMPERIAL SYMBOLS OF HELSINGFORS THROUGH THE EYES OF RUSSIAN SERVICEMEN: TURN OF THE 20TH CENTURY AND YEATS OF WORLD WAR I 114

O. P. Ilyukha. DAILY LIFE OF THE SOVIET-FINNISH BORDERLAND OF THE 1930s IN CHILDHOOD MEMORIES 124

P. Suutari. THE FOLK TRADITIONS AND YOUNG GENERATION OF THE BORDERLAND: ONSET OF THE TOIVE ENSEMBLE ARTISTIC CAREER (1982–1992) 134

E. I. Klement'ev. THE FACTORS BEHIND THE ETHNIC IDENTITY: EXAMPLE OF KARELIANS IN KARELIA 144

G. V. Kostina. ETHNOCULTURAL ASPECTS OF THE SÁMI LANGUAGE FUNCTIONING IN THE KOLA PENINSULA 153

I. F. Vitenkova. EVOLUTION OF DWELLINGS IN THE LATE NEOLITHIC AND THE ENEOLITHIC PERIODS IN KARELIA 158

Doctoral Student Notebooks

I. M. Potasheva. WHEEL-THROWN POTTERY OF THE NORTH-WESTERN PRILADOZHJE POPULATION IN THE LATE 11TH – EARLY 15TH CENTURIES 170

M. V. Kundozerova. THE WORLD TREE AND THE LANDSCAPE SYMBOLIC SIGNS OF ITS LOCATION (BASED ON KARELIAN EPIC SONGS AND SPELLS) 178

E. V. Zakharova. GEOGRAPHICAL TERMS OF SUBSTRATE ORIGIN IN THE TOPONYMY OF EASTERN OBONEZHJE 185

A. I. Sobolev. NAMES OF SETTLEMENTS IN SOUTH-EASTERN OBONEZHJE IN THE CONTEXT OF THE CULTURAL LANDSCAPE FORMATION 191

E. V. Loginova. FORMATION OF THE LINGUISTIC IMAGE OF A PERSON WITH LEARNING DIFFICULTIES IN FINNISH DIALECTS 197

CHRONICLE

V. P. Kuznetsova. Workshop on fieldwork techniques at the Institute of Language, Literature and History 202

Dates and Anniversaries

Elena Soini. RESEARCHER OF LITERATURE OF THE RUSSIAN NORTH (ON THE 75 TH ANNIVERSARY OF YU. J. DYUZHEVA) 206

L. I. Ivanova. NINA A. LAVONEN (ON THE 75TH ANNIVERSARY) 209

V. G. Makurov. VIKTOR I. MASHEZERSKIY (ON THE 110TH ANNIVERSARY) 211

KONSTANTIN K. LOGINOV (ON THE 60TH ANNIVERSARY) 214

Reviews. Bibliography

E. Yu. Dubrovskaya, N. A. Korablyov. A. A. Golubev. Murmanskaya Railway. Construction History (1894–1917). St. Petersburg: Petersburg State Transport University, 2011. 250 p. 221

O. V. Zmeeva. I. A. Razumova. Cultural landscapes of the Kola North: cities by the "Great water" and the Khibines. Socio-anthropological reviews. St. Petersburg: GAMAS, 2009. 160 p. 224

V. P. Mironova. A new study of Balto-Fennic lamentations: E. G. Rakhimova. "Dear candles of Tuonela": verbal pictorialism of Karelian-Finnish lamentations over the dead. Moscow: Institute of World Literature of RAS, 2010. 237 p. 227

Publications of the Institute of Language, Literature and History, KarRC of RAS in 2011 230

Instruction for authors 231

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук
№ 4, 2012

Серия ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Вып. 3

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор А. И. Мокеева
Оригинал-макет Т. Н. Люрина

Подписано в печать 12.11.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 25,0. Усл. печ. л. 27,7.
Тираж 500 экз. Изд. № 319. Заказ 93

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

В. В. Мазалов, Ю. С. Токарева. РЕПУТАЦИИ АРБИТРОВ В МОДЕЛЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГОВОРОВ 61
Е. В. Морозов, Р. С. Некрасова. СИСТЕМА С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ: ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЛОКИРОВКИ ВЫЗОВА НА КОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ 68
Ю. Л. Павлов. О ПРЕДЕЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ СТЕПЕНЕЙ ВЕРШИН УСЛОВНОГО КОНФИГУРАЦИОННОГО СЛУЧАЙНОГО ГРАФА 78
Ю. Л. Павлов, Е. В. Хворостянская. СГОРИТ ЛИ ДЕРЕВО ПРИ ПОЖАРЕ В СЛУЧАЙНОМ ЛЕСЕ? 89
А. Л. Рабинович, А. П. Любарцев. ОРИЕНТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СВЯЗЕЙ МОЛЕКУЛ ЛИПИДОВ В БИСЛОЯХ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ 94
М. В. Солдаткина. ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ В ОДНОЙ МОДЕЛИ СЛУЧАЙНЫХ ПОДСТАНОВОК 106
И. А. Чеплюкова. О ПРЕДЕЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРНЕТ-ГРАФОВ 110
А. В. Щипцова. ЗАДАЧА О РАЗМЕЩЕНИИ НА РЫНКЕ ТОВАРОВ ДВУХ ВИДОВ 122

Хроника

М. М. Лери, Ю. Л. Павлов. Восьмая Международная Петрозаводская конференция «Вероятностные методы в дискретной математике» и XIII Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике (летняя сессия) 127
Ю. В. Чиркова. Международное рабочее совещание «Сетевые игры и менеджмент» 128

Юбилеи и даты

А. Д. Сорокин. Андрей Анатольевич Печников (к 60-летию со дня рождения) 130
В. Т. Вдовицын. Андрей Владимирович Соколов (к 60-летию со дня рождения) 132
А. Д. Сорокин. Владимир Трофимович Вдовицын (к 60-летию со дня рождения) 134
Г. А. Борисов, Ю. В. Заика. Валерий Дмитриевич Кукин (к 70-летию со дня рождения) 136
Правила для авторов 138

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. № 5, 2012

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 5, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. Выпуск 3

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
А. И. Бородин, И. С. Кулакова. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РИСКОВ 4
А. В. Бородина, Е. В. Морозов. СРАВНЕНИЕ ДВУХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ 8
М. Е. Галахова, А. Н. Кириллов. УПРАВЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ СО СТРУКТУРНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ 18
Ю. В. Заика, Е. К. Костикова. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДОПРОНИЦАЕМОСТИ СКВОЗЬ ДЕФЕКТ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ 22
А. А. Ивашко. МАКСИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ УСПЕХА В ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДВУКРАТНОЙ ОСТАНОВКИ ДЛЯ УРНОВОЙ СХЕМЫ 33
В. В. Корников, Н. В. Хованов, М. С. Юдаева. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ 38
А. В. Ласунский. О ПЕРИОДЕ РЕШЕНИЙ ДИСКРЕТНОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ 44
М. М. Лери. ОБ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОСТИ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ ИНТЕРНЕТ-ТИПА 49
О. В. Лукашенко, Е. В. Морозов, М. Пагано. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВМС-ОЦЕНКИ 54

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Выпуск 3

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 5, 2012
Серия МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
вып. 3

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 5, 2012
MATHEMATICAL MODELING AND INFORMATION TECHNOLOGIES Series
Vol. 3

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Schiptsov

Редакционная коллегия серии «Математическое моделирование и информационные технологии»

В. Т. Вдовицын, Ю. В. Заика, А. Н. Кириллов, В. Ф. Колчин, В. В. Мазалов (отв. редактор), Ю. Л. Павлов (зам. отв. редактора), Л. А. Петросян, А. В. Соколов, Т. П. Тихомирова (отв. секретарь)

Editorial Board of the «Mathematical Modeling and Information Technologies» Series

V. T. Vdovitsyn, Yu. V. Zaika, A. N. Kirillov, V. F. Kolchin, V. V. Mazalov (Editor-in-Charge), Yu. L. Pavlov (Deputy Editor-in-Charge), L. A. Petrosian, A. V. Sokolov, T. P. Tikhomirova (Executive Secretary)

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

© Карельский научный центр РАН, 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный выпуск Трудов Карельского научного центра РАН содержит избранные статьи участников Восьмой Международной Петрозаводской конференции «Вероятностные методы в дискретной математике», а также некоторые статьи участников XIII Всероссийского симпозиума по прикладной и промышленной математике. Эти научные мероприятия были проведены в Карельском научном центре летом 2012 г., и информация о них приводится ниже в разделе «Хроника». Содержание публикуемых статей соответствует тематике названных конференций и охватывает теоретические и прикладные вопросы дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, теории массового обслуживания, теории игр, теории случайных графов и математического моделирования. Решение опубликовать в этом выпуске такие статьи, по мнению редакционной коллегии серии, позволило расширить круг авторов и обсуждаемых проблем, что будет способствовать известности нашего журнала.

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 4–7

УДК 330

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РИСКОВ

А. И. Бородин, И. С. Кулакова

Национальный исследовательский университет Высшая Школа экономики

В статье предложена математическая модель оценки вероятности банкротства фирмы в условиях неопределенности и заданных критических уровней его финансового состояния. Объектом исследования является крупное логистическое предприятие, работающее в условиях рисков международного рынка.

Ключевые слова: финансовая устойчивость, риски, предприятие, математическое моделирование, финансовое состояние.

A. I. Borodin, I. S. Kulakova. MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF FINANCIAL STABILITY OF AN ENTERPRISE EXPOSED TO RISKS

The paper offers a mathematical model for estimating the probability of bankruptcy of a firm in the situation of uncertainty and under specified critical levels of its financial condition. The study object is a major logistics company operating in the context of international market risks.

Key words: financial stability, risks, enterprise, mathematical modeling, financial condition.

Введение

Создание, изучение и адаптация гибких математических моделей, анализирующих и совершенствующих рыночные тенденции и динамику финансовых потоков, всегда являлось важным аспектом теории экономического прогнозирования. Особенно актуальным данное научное направление становится в посткризисный период. В условиях восстановления рыночного баланса чрезвычайно важным является своевременное распознавание и минимизация, а зачастую и полная ликвидация негативных финансовых тенденций как в рамках отдельного предприятия, так и целой отрасли.

Европейская и американская теоретико-методологические системы моделирования вероятности банкротства и финансовой устойчивости предприятия строятся на базе исследований Альтмана, Ольсона и Змиевски, которые и до сегодняшнего дня остаются одними из основополагающих в анализе финансовой устойчивости предприятий [4–6]. Среди российских авторов следует отметить работы А. А. Новоселова [1], В. В. Калашникова, Д. Константинидиса [2] и др. Особое внимание в исследованиях этих ученых уделяется таким методам анализа финансовых рисков как: неравенство Лундберга, метод Крамера, модели риска Спарре Андерсена, теория Винера-Хопфа, эвристическая аппроксимация де Вильдера, процесс Пуассона.

Демонстрация моделей по определению вероятности наступления банкротства

предприятия, как правило, проводится на примере деятельности страховых компаний как хозяйственной единицы, где процесс возникновения коллективного риска как показателя финансовой устойчивости может быть наглядно показан и охарактеризован [2]. В то же время недостатком методов, задействованных при анализе финансовых и статистических показателей деятельности страховых компаний, является то, что они не охватывают макроэкономические риски, воздействующие на финансовую стабильность компаний, ведущих деятельность на международной арене.

Основные результаты

Целью статьи является рассмотрение проблемы финансовой устойчивости предприятия вследствие нарушения его стабильной работы в условиях неопределенности, а также нерационального использования финансовых ресурсов за определенный промежуток времени. Данные анализируются посредством использования схемы изъятия ресурса из ресурсного контейнера с линейным трендом и нормальными к нему возмущениями. Преимущество данной модели заключается в том, что она позволяет провести как аналитическое исследование, так и выполнить моделирующие эксперименты. Исследуемое предприятие является крупным логистическим провайдером на международном рынке, одним из основных направлений деятельности которого является организация процесса доставки импортируемой продукции в страны Восточной Европы. Данный вид деятельности характерен тем, что зачастую для проведения одной сделки необходимо согласовать требования и возможности трех и более стран (страны отправителя, страны получателя, транзитных стран). Использование различных мировых валют, косвенная зависимость от стабильности и надежности экономик других стран мира, дополнительные риски, возникающие при использовании различных транспортных цепочек и сообщений (например, несогласованность законодательства, «фактор доверия» к агентам других стран, криминальные элементы), создают риски возникновения непредвиденных расходов. К сожалению, эти, равно как и другие случаи, не всегда могут быть покрыты страховыми выплатами, но существенно влияют на объем выручки компаний, работающих в логистической отрасли. В условиях кризиса эти и другие риски приобретают особенную актуальность и оказывают прямое влияние на снижение финансовой стабильности предприятий. Стандартные показатели и модели анализа стабильности предприятия, как правило, помимо внутренних отчетных показателей предприятия, учитывают локальные особенности рынка (сезонные колебания, политическая и экономическая стабильность в стране, имидж и политика компании на рынке). В данном случае анализу подлежат результаты деятельности предприятия на международной арене в докризисный и кризисный периоды. Анализ данных за период 2007–2011 гг. выявил колебания доходности предприятия по причине изменения структуры и величин финансовых потоков и, как следствие, возникновение опасности банкротства предприятия. Необходимым является создание модели определения вероятности достижения предприятием нулевого уровня доходности, используя имеющийся массив данных хозяйственной деятельности и с учетом выявленных рисков.

Математическая модель: линейный функционал

Решение многих практических задач приводит к необходимости изучения вероятностных характеристик времени достижения некоторого заданного уровня процессом на выходе инерционного детектора накопительного типа [1–3]. Рассмотрим аддитивную смесь $\xi(t)$ детерминированного положительного сигнала s(t) и шума x(t):

$$\xi(t) = s(t) + x(t). \tag{1}$$

Если на вход указанного линейного детектора поступает такая аддитивная смесь, то результат детектирования имеет случайный характер, на его выходе формируется величина

$$\eta(t) = \int_0^t [s(t') + x(t')]dt'. \tag{2}$$

Рассмотрим такие схемы, критерием срабатывания у которых служит достижение величиной $\eta(t)$ некоторого заданного уровня L. Поскольку $\eta(t)$ – случайный процесс, то время достижения уровня L также случайно. Для положительно-определенных функций s(t) и больших t этот момент времени будет определяться уровнем достижения $\eta(\tau) = \mathrm{L}$, т. е. тем моментом времени T, для которого будет выполняться случайное событие $\{\mathrm{A}{:}\eta(\tau) = L\}$. Для моментов достижения выполняется

$$p(\tau) = \langle \delta(\tau - \eta^{-}1(L)) \rangle, \tag{3}$$

где $\delta(.)$ – дельта-функция Дирака, а $\eta^{-}1(L)$ – функция, обратная к $\eta(\tau)$, $p(\tau)$ – плотность

распределения времени достижения τ. Уголковыми скобками $\langle\ .\ \rangle$ здесь и далее будет обозначаться операция нахождения безусловного математического ожидания относительно множества реализаций случайного процесса x(t), т. е. функциональный интеграл в пространстве функций x(t). Из свойств δ-функций следует, что

$$p(\tau) = \langle \frac{\partial \eta(\tau)}{\partial \tau} \delta(\eta(\tau) - L) \rangle. \qquad (4)$$

Используя Фурье-представление для δ-функции, получим

$$p(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^{-}1 \exp(i\lambda L) \frac{\partial}{\partial \tau} \langle \exp(-i\lambda\eta(\tau)) \rangle d\lambda. \qquad (5)$$

Далее будем предполагать, что x(t) – нормальный марковский процесс (НМП). Рассмотрим характеристическую функцию $Q_\tau(\lambda) =< \exp(-i\lambda\eta(\tau)) >$. Поскольку $x(t)$ – нормальный процесс, то свойством нормальности обладает и процесс $\eta(t)$. Для него имеем

$$\langle \eta(\tau) \rangle = \int_0^\tau s(t)dt.$$

$$D_\tau = D(\tau) = \langle \eta^2(t) \rangle - \langle \eta(t) \rangle^2 = \iint_0^\tau \langle x(t_1)x(t_2) \rangle dt_1 dt_2. \qquad (6)$$

В силу нормальности случайной величины $\eta(t) = \eta(\tau)$ приведенных моментов достаточно для нахождения характеристической функции $Q_\tau(\chi)$, что дает $Q_\tau(\chi) = \exp(-i\chi < \eta(t) > -\lambda^2 D_\tau/2)$. Поэтому

$$p(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\lambda\tau) Q_\tau(\lambda) d\lambda, \qquad (7)$$

откуда

$$p(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^{-}1 \exp(i\lambda L) \frac{\partial}{\partial \tau} \exp(-i\lambda\langle\eta_\tau\rangle - \frac{1}{2}\lambda^2 D_\tau) d\lambda. \qquad (8)$$

Дифференцирование по τ последующее интегрирование по χ приводит к выражению общего типа

$$p(\tau) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D_\tau}} [D_\tau \frac{L - \langle\eta_\tau\rangle}{D_\tau} + \langle\eta_\tau\rangle] \exp\{-\frac{(L - \langle\eta_\tau\rangle)^2}{2D_\tau}\}. \qquad (9)$$

Для получения выражений, пригодных для последующего численного моделирования, необходимо задаться конкретным видом случайного НМП-процесса x(τ) вместе с соответствующими ему функциями $< \eta(t) >$ и D_τ. Ниже будем рассматривать хорошо известный винеровский процесс, для использования которого достаточно задать интенсивность σ. В статье будем использовать регулярный процесс $s(t)$ линейного вида с постоянной c, поэтому $<\eta(t) >= c\tau$, $<\eta(t) >= c$. Далее, для винеровского процесса имеем $D_\tau = \sigma\tau/2$, $D_\tau = \sigma/2$. В приведенных предположениях, учитывая нормировку для искомой плотности распределения P(τ) времени достижения τ, имеем

$$p(\tau) = \sqrt{\frac{\gamma}{\pi\tau\tau_c}} \exp\{-\gamma\frac{(\tau - \tau_c)^2}{\tau\tau_c}\}, \quad \gamma = \frac{c}{\sigma}L, \tau_c = \frac{L}{c}. \qquad (10)$$

Численное моделирование процесса финансовой устойчивости

Для модельного примера были выбраны следующие параметры: временная длительность расчета $\tau \leqslant 365$ и $\tau \geqslant 400$ (дней), временной шаг $\delta\tau = 1$, уровень разорения L1 = 365 и L2 = 400, постоянная регулярной компоненты c = 1, интенсивность случайной компоненты σ = 0,1. В модели система «забывает» о своем состоянии к следующему временному шагу. Временной ряд статистического моделирования составил M = 10000. Такая величина временного ряда M дает возможность на основании результатов статистического моделирования делать заключения о значениях P искомых вероятностей вплоть до величин $P = 0,001$ или $P = 0,999$.

В нашем случае функция описывается выражением (10), отличающимся от нормального. Существенным здесь оказывается тот факт, что благодаря наличию случайной компоненты в изучаемом явлении, эмпирические распределения, будучи сосредоточены около критических уровней L1 = 365 и L2 = 400 , содержат возможность разорения как ранее этих временных уровней, так и позже.

Заключение

Анализ приведенных кумулят показывает, что для выбранных параметров моделирования и критических уровней финансового состояния предприятия имеют место заметные вероятности достичь заданный уровень раньше, чем в заданные моменты времени $\tau = 365$ и $\tau = 400$ (дней). Так, для обеспечения вероятности избежать финансового банкротства $P = 0,997$ (банкротство допускается в 3 случаях из 1000) в выбранных условиях требуется $\tau = 370$ и $\tau = 407$ (дней) соответственно. На практике это может привести к потере экономической эффективности в работе предприятия. Например, при прочих равных условиях, предприятие будет склонно выбирать менее рискованную тактику своего поведения (меньшие объемы производства, большие сроки поставки, игнорирование многосторонних соглашений и пр.) по сравнению с условиями определенности. Соответственно актуальным становится вопрос сокращения неопределенности в работе предприятия и экономической эффективности затрат на это сокращение.

Математическая модель, предложенная в статье, может быть использована для решения различных прикладных задач повышения эффективности работы предприятий в условиях неопределенности и риска. Данные расчета и их сравнение с аналитической моделью свидетельствуют о хорошем их соответствии. Достаточно большой объем статистической выборки, используемый в настоящей работе, дает основания предполагать возможность использования предложенного подхода и в тех случаях, когда не оказывается возможным получить явное аналитическое выражение для распределения вероятностей $P(\tau)$.

Литература

1. *Новоселов А. А.* Математическое моделирование финансовых рисков // Теория измерения. Российская академия наук, Сибирское отделение. Институт вычислительного моделирования. Новосибирск, 2001. 99 с.

2. *Калашников В. В.* Вероятность разорения / В. В. Калашников, Д. Константинидис // Фундаментальная и прикладная математика. 1996. № 4. С. 1050–1100.

3. *Зорин В. А., Мухин В. И.* Элементы теории процессов риска. Н. Новгород: ННГУ, 2003. 25 с.

4. *Altman E. I.* Financial Ratios Discrimintal Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy // Journal of Fmance. 1968. P. 589–609.

5. *Ohlson J. A.* Finantial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy // Journal of Accounting Research. 1980. P. 109–131.

6. *Mark E. Zmijewski.* Methodology Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction models // Journal of Accounting Research, Supplement. 1984. P. 59–82.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бородин Александр Иванович
д. экон. н., профессор кафедры «экономика и финансы фирмы» Национального исследовательского университета Высшая Школа Экономики
ул. Мясницкая д. 20, Москва, Россия, 101000
эл. почта: aib-2004@yandex.ru
тел.: 8(495)621 91 92

Кулакова Инна Сергеевна
аспирантка кафедры «экономика и финансы фирмы» Национального исследовательского университета Высшая Школа Экономики
ул. Мясницкая д. 20, Москва, Россия, 101000
эл. почта: saharapeace@rambler.ru
тел.: 8(495)621 91 92

Borodin, Alexandr
High school of Economy
20 Myasnitskaya St., 101000 Moscow, Russia
e-mail: aib-2004@yandex.ru
tel.: 8(495)621 91 92

Kulakova, Inna
High school of Economy
20 Myasnitskaya St., 101000 Moscow, Russia
e-mail: saharapeace@rambler.ru
tel.: 8(495)621 91 92

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 8–17

УДК 519.872.1

СРАВНЕНИЕ ДВУХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ

А. В. Бородина, Е. В. Морозов

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
Петрозаводский государственный университет

В статье рассматриваются методы оценивания эффективной пропускной способности системы с постоянной скоростью обслуживания. Проводится сравнение оценок эффективной пропускной способности, построенных с помощью метода группового среднего и регенеративного метода. Регенеративный подход предлагается в качестве альтернативы традиционному методу группового среднего, который не учитывает структуру входного потока. С помощью имитационного моделирования проводится анализ свойств обеих оценок, а также их сравнение с известными аналитическими результатами и с оценкой по методу Монте-Карло. Численные эксперименты показывают определенные преимущества регенеративной оценки над оценкой по методу группового среднего.

Ключевые слова: система с постоянной скоростью обслуживания, эффективная пропускная способность, теория больших уклонений, регенеративная оценка, метод группового среднего.

A. V. Borodina, E. V. Morozov. COMPARISON OF TWO QUEUING SYSTEM EFFECTIVE BANDWIDTH ESTIMATES

This article discusses methods for estimating effective bandwidth in a system with constant service rate. The effective bandwidth estimates constructed using the group average method and the regenerative method are compared. The regenerative approach is suggested as an alternative to the traditional batch means method, which does not take into account the structure of the input stream. Simulation helps analyze the properties of both estimates and compare the experimental values with known theoretical results and Monte-Carlo evaluation. These experiments confirm the conservatism of regenerative estimates, and good consistency with known theoretical values.

Key words: system with constant service rate, effective bandwidth, large deviation theory, regenerative estimator, batch means method.

Введение

Быстрое развитие телекоммуникационных технологий неразрывно связано с проблемой улучшения технической оснащенности и производительности устройств связи, которые гарантировали бы требуемое качество сетевого обслуживания (QoS гарантии). Для изучения современных IP-ориентированных мультисервисных сетей с высокоагрегированным

трафиком приходится привлекать методы теории очередей, теории больших уклонений, ускоренные методы моделирования редких событий. В зависимости от назначения, сетевые устройства могут предъявлять различные требования к определенному уровню качества обслуживания. Например, передача данных требует определенного уровня надежности, связанного с вероятностью перегрузки и потери данных; мультимедийные приложения предъявляют повышенные требования к пропускной способности канала, а для VoIP-сетей более важны показатели задержки и джиттера (т. е. вариации задержки передачи пакета в сети). Другим примером является управление энергопотреблением мобильных устройств, которое связано с оцениванием вероятности превышения нагрузкой буфера передатчика. В беспроводных каналах связи с затуханием не только коэффициент затухания и интерференция могут существенно снижать пропускную способность канала, но также параметры средней задержки и вероятность переполнения буфера, см. [2]. Кроме того, на уровень надежности критически влияет *эффективная пропускная способность* (ЭПС) устройства, которая гарантирует заданную (малую) вероятность превышения стационарной нагрузкой заданного уровня (или объема буфера).

В данной статье с помощью имитационного моделирования сравниваются оценки ЭПС обслуживающего устройства, принимающего регенеративный входной поток. Рассматривается оценка на основе метода группового среднего и оценка, учитывающая регенеративную структуру входного процесса.

Эффективная пропускная способность

Одним из важнейших показателей качества обслуживания является вероятность превышения $P_b := \mathsf{P}(W > b)$ стационарным процессом нагрузки W (т. е. незавершенной работы) некоторого достаточно большого уровня b. Такая вероятность переполнения тесно связана с ЭПС. Если мощность обслуживающего устройства C (величина работы, которую прибор может сделать за единицу времени) можно выбирать, то естественная задача QoS состоит в выборе такого значения C, которое гарантирует, что вероятность P_b не превысит заданной (малой) величины Γ, т. е.

$$P_b := \mathsf{P}(W > b) \leqslant \Gamma. \tag{1}$$

Упомянутая задача называется *выбором ЭПС*. Пусть $W(n)$ есть незавершенная работа в момент (дискретного времени) n, v_i – величина работы, поступившая в интервале $(i-1,\, i]$, тогда $V(n) = \sum_{i=1}^{n} v_i$ есть суммарная работа, поступившая в интервале $(0,\, n]$. Имеет место рекурсия Линдли

$$W(n+1) = [W(n) + v_n - C]^+,\ n = 0, 1, \ldots. \tag{2}$$

Если буфер для ожидания неограничен, то предполагается также выполненным следующее условие стационарности

$$\mathsf{E}X = \mathsf{E}v - C := \lambda - C < 0. \tag{3}$$

(Здесь и далее типичный элемент последовательности н. о. р. с. в. обозначается без соответствующего индекса.) Процесс W для широкого класса систем обслуживания удовлетворяет *принципу больших уклонений* [4, 6], именно:

$$\lim_{b\to\infty} \frac{1}{b} \ln \mathsf{P}(W > b) = -\theta^*, \tag{4}$$

где $\theta^* > 0$ — некоторый (искомый) параметр. Это влечет экспоненциальную аппроксимацию вероятности большого уклонения стационарного процесса нагрузки, т. е.

$$\mathsf{P}(W > b) = e^{-\theta^* b + o(b)} \asymp e^{-\theta^* b}, \tag{5}$$

($\asymp$ означает логарифмическую асимптотику). Соотношения (1), (5) дают такое значение параметра θ^*:

$$\theta^* = -\ln \Gamma / b > 0. \tag{6}$$

Далее предполагается, что существует конечный (для всех θ в некоторой положительной окрестности $(0,\, \theta_0)$) предел

$$\Lambda_V(n) := \frac{1}{n} \ln \mathsf{E} e^{\theta V(n)} \to \Lambda_V(\theta),\ n \to \infty, \tag{7}$$

который называется (нормированной) предельной логарифмической производящей функцией моментов входного процесса. Из теории больших уклонений [4] следует, что ЭПС определяется из условия

$$\Lambda_V(\theta^*) = \theta^* C. \tag{8}$$

В данной статье не обсуждаются подробно условия существования предела $\Lambda_V(\theta^*)$ (называемого функционалом действия). В простейшем случае н. о. р. с. в. $\{v_i\}$, в частности, требуется $\mathsf{E}e^{\theta^* v} < \infty$ при $\theta^* \in (0,\, \theta_0)$. (Условие $\mathsf{E}e^{\theta^* v} < \infty$ означает, что с. в. v имеет так называемое распределение *с легким хвостом*.) В более общем случае требуется, чтобы последовательность $\{v_i\}$ была стационарной с перемешиванием. Ввиду (8) ЭПС определяется (разумеется, приближенно) из условия

$\mathsf{P}(W > b) = \Gamma = e^{-\theta^* b}$ как

$$C := \frac{\Lambda_V(\theta^*)}{\theta^*} = \frac{\Lambda_V(-\ln\Gamma/b)b}{-\ln\Gamma}. \qquad (9)$$

Этот результат верен также и для системы с конечным буфером (большого) размера b, т. е. для системы с потерями.

Оценивание ЭПС методом группового среднего

Когда с. в. $\{v_i\}$ — н. о. р., то функция $\Lambda_V(\theta^*) = \ln \mathsf{E}e^{\theta^* v}$. (Напомним, что $\mathsf{E}e^{\theta^* v} < \infty$.) Несмещенной и сильно состоятельной оценкой функции Λ_V является выборочное среднее, т. е. с вероятностью 1 (с в. 1)

$$\ln \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} e^{\theta^* v_i} \to \Lambda_V(\theta^*),\ k \to \infty. \qquad (10)$$

Гораздо труднее оценить Λ_V для зависимых $\{v_i\}$. Наиболее распространенным методом оценивания функции Λ_V является метод группового среднего (*batch-means method*), когда последовательность $\{v_i\}$ разбивается на блоки данных одинаковой длины B. Существуют разные подходы к выбору величины B и способу формирования блоков [10, 11, 14]. (В частности, могут рассматриваться блоки с перекрытием, когда часть данных попадает в два соседних блока ([8, 12].) Далее рассматривается стандартный вариант разбиения с блоками фиксированной длины B, определяемыми следующим образом:

$$\hat{X}_j = \sum_{i=(j-1)B+1}^{jB} v_i, \quad j \geqslant 1.$$

Основное предположение состоит в том, что при большом B эти блоки являются (приближенно) н. о. р. Считая, что общее число наблюдений $n = kB$ кратно величине блока, получим

$$\frac{1}{n}\ln \mathsf{E}e^{\theta\sum_{i=1}^{n} v_i} = \frac{\ln \mathsf{E}e^{\theta\hat{X}}}{B} := \Lambda_V(\theta,\, B), \qquad (11)$$

где $\hat{X}$ означает типичный блок (и предполагается, что $\ln \mathsf{E}e^{\theta\hat{X}} < \infty,\ \theta \in (0,\, \theta_0)$). Равенство в (11) надо понимать приближенно, так как возможная зависимость между блоками игнорируется. Очевидно, при фиксированном размере блока B, выборочная оценка

$$\hat{\Lambda}_k(\theta,\, B) := \frac{1}{B}\ln\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} e^{\theta\hat{X}_i} \qquad (12)$$

является сильно состоятельной оценкой функции $\Lambda_V(\theta,\, B)$, т. е. при $k \to \infty$

$$\hat{\Lambda}_k(\theta,\, B) \to \Lambda_V(\theta,\, B) \text{ с в. 1.}$$

Соответствующая оценка ЭПС определяется тогда следующим образом (см. (9)):

$$\hat{C}_k(\theta^*, B) = \frac{\hat{\Lambda}_k(\theta^*, B)}{\theta^*},\ \ \theta^* = -\ln\Gamma/b. \qquad (13)$$

Оценка $\hat{C}_k(\theta^*, B)$ является смещенной (см. [9]). Действительно, поскольку функция ln является вогнутой, то неравенство Йенсена дает

$$\begin{aligned}
\mathsf{E}\left[\hat{C}_k(\theta^*, B)\right] &= \mathsf{E}\left[\frac{1}{\theta^* B}\ln\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} e^{\theta\hat{X}_i}\right] \\
&= \frac{1}{\theta^* B}\mathsf{E}\left[\ln\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} e^{\theta\hat{X}_i}\right] \\
&\leqslant \frac{1}{\theta^* B}\ln\mathsf{E}\left[\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} e^{\theta\hat{X}_i}\right] \\
&= \frac{1}{\theta^* B}\ln\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\mathsf{E}\left[e^{\theta\hat{X}_i}\right].
\end{aligned}$$

В силу предположения о независимости блоков $\{\hat{X}_i\}$ отсюда следует

$$\mathsf{E}\left[\hat{C}_k(\theta^*, B)\right] \leqslant \frac{1}{\theta^* B}\ln\mathsf{E}\left[e^{\theta\hat{X}}\right] = C(\theta^*, B). \qquad (14)$$

Ниже это смещение оценки $\hat{C}_k(\theta^*, B)$ иллюстрируется результатами численного моделирования. Отметим, что при выборе числа наблюдений кратным числу блоков, т. е. при $n = kB$, оценки по шкале блоков и по шкале наблюдений очевидным образом согласованы:

$$\hat{\Lambda}_k(\theta,\, B) = \frac{1}{B}\ln\frac{B}{n}\sum_{i=1}^{n/B} e^{\theta\hat{X}_i}. \qquad (15)$$

Замечание 1. Смещенность оценки (13) в сторону меньших значений говорит о том, что она не очень пригодна для оценки ЭПС в системах высокой надежности. Кроме того, основной проблемой при данном подходе является выбор размера блока B: небольшой размер блока может не соответствовать предположению о независимости, а слишком большая величина неэффективна с точки зрения требуемого времени моделирования.

Регенеративная оценка ЭПС

В работах [3, 13] для входной последовательности $\{v_n\}$ с моментами регенерации β_k и периодами регенерации $\alpha_k = \beta_{k+1} - \beta_k$, было предложено строить оценку ЭПС путем группировки данных по циклам регенерации, что приводит к *регенеративным блокам* вида

$$\hat{X}_k := \sum_{i=\beta_k}^{\beta_{k+1}-1} v_i,\ k \geqslant 0,\ \beta_0 = 0, \qquad (16)$$

которые, действительно, являются н. о. р. В основе этого подхода лежит предположение о том, что более точный учет структуры зависимости между данными $\{v_i\}$ может улучшить качество оценки (уменьшить дисперсию) по сравнению с оценкой в методе группового среднего. В предположении

$$\begin{array}{l} \mathsf{E}\alpha < \infty,\ \ln \mathsf{E} e^{\theta^* \hat{X}} < \infty,\ \theta^* \in (0,\, \theta_0), \\ \mathsf{E}(\alpha - \mathsf{E}\alpha)^2 := \sigma^2 \in (0,\, \infty), \end{array} \qquad (17)$$

рассмотрим функцию $\Lambda_V(n)$ из (7) и определим число регенераций для n наблюдений как $k(n) = \max(k \geqslant 0 : \beta_k \leqslant n)$. Рассмотрим, как отразится регенеративная структура входного процесса на свойствах выборочной оценки. Учитывая неотрицательность всех рассматриваемых величин, имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \ln \mathsf{E} \left[e^{\theta^* \sum_{i=1}^{k(n)} \hat{X}_i} \right] &\leqslant \frac{1}{n} \ln \mathsf{E} \left[e^{\theta^* \sum_{i=1}^{n} v_i} \right] \\ &\leqslant \frac{1}{n} \ln \mathsf{E} \left[e^{\theta^* \sum_{i=1}^{k(n)+1} \hat{X}_i} \right]. \end{aligned}$$

В силу моментных условий (17) из теории восстановления следует, что величина работы $\sum_{i=k(n)}^{n} v_i$, поступающей на текущем (в момент n) цикле регенерации, с в. 1 есть величина $o(n)$, $n \to \infty$. Далее, по элементарной теореме восстановления, $\mathsf{E}k(n)/n \to 1/\mathsf{E}\alpha$. Поэтому в силу независимости блоков можно ожидать, что при $n \to \infty$

$$\begin{array}{l} \dfrac{1}{n} \ln \mathsf{E} e^{\theta^* \sum_{i=1}^{n} v_i} \approx \\ \dfrac{\mathsf{E}k(n)}{n} \dfrac{1}{\mathsf{E}k(n)} \ln \mathsf{E} e^{\theta \sum_{i=1}^{k(n)} \hat{X}_i} \to \dfrac{1}{\mathsf{E}\alpha} \ln \mathsf{E} e^{\theta^* \hat{X}}. \end{array}$$

Обозначим

$$\Lambda_{REG}(\theta^*) := \frac{1}{\mathsf{E}\alpha} \ln \mathsf{E} e^{\theta^* \hat{X}}. \qquad (18)$$

Приведенные выше аргументы приводят к такой *регенеративной оценке*, которая строится по k регенеративным блокам,

$$\hat{\Lambda}_k(\theta^*) := \frac{k}{\beta_k} \ln \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} e^{\theta^* \hat{X}_i}. \qquad (19)$$

Поскольку $\beta_k/k \to \mathsf{E}\alpha$, то с в. 1

$$\hat{\Lambda}_k(\theta^*) \to \Lambda_{REG}(\theta^*),\ \ k \to \infty,$$

и в предельной функции присутствует *средний размер блока* $\mathsf{E}\alpha$. Таким образом, регенеративную оценку ЭПС естественно определить как

$$\hat{C}_k(\theta^*) = \frac{\hat{\Lambda}_k(\theta^*)}{\theta^*}. \qquad (20)$$

(В обзорной работе [7] также рассматривается возможность использовать блоки случайной длины, в частности, отражающие структуру зависимости между величинами $\{v_i\}$.) В работе [1] было показано, что

$$\liminf_{n\to\infty} \frac{1}{n} \ln \mathsf{E} e^{\theta^* \sum_{i=1}^{n} v_i} \geqslant \Lambda_{REG}(\theta^*), \qquad (21)$$

т. е., что $\Lambda_{REG}(\theta^*)$ является нижней границей для функции $\Lambda_V(\theta^*)$. Однако обоснование (той же самой) верхней границы для (18) пока остается открытой проблемой. Тем не менее результаты численных экспериментов позволяют сделать предположение о строгой состоятельности и *консервативности* регенеративной оценки $\hat{C}_k(\theta^*)$. Консервативность означает, что оценка несколько завышает требования к ЭПС, т. е. всегда гарантирует выполнение условия (1) (однако, вообще говоря, с вероятностью, меньшей чем Г). Это смещение очень важно для систем *высокой надежности*.

Для получения регенеративной оценки ЭПС можно использовать два основных сценария. Первый предполагает искусственно заданный входной поток, с известным распределением длины цикла регенерации α. В этом случае можно заранее потребовать выполнение необходимых моментных условий как для α, так и для объема $\hat{X}$ поступающей на цикле работы. (Заметим, что эти условия в любом случае исключают распределения $\hat{X}$ *с тяжелым хвостом*.) Во втором сценарии можно рассматривать двухузловую тандемную сеть. На вход узла 1 поступает процесс восстановления (к примеру, пуассоновский) с интенсивностью λ и н. о. р. временами обслуживания $\{S_n\}$ со средним $\mathsf{E}S = 1/\mu$ при условии стационарности $\rho_1 := \lambda/\mu < 1$. В этом случае, как хорошо известно, выходной процесс из первого узла является положительно возвратным регенерирующим, т. е. $\mathsf{E}\alpha < \infty$. Поэтому на вход узла 2 поступает положительно возвратный регенерирующий процесс, моменты регенерации β_n которого определяются как моменты прихода заявок в пустой узел 1. Однако в

качестве моментов регенерации мы будем рассматривать *моменты ухода из узла 1 тех заявок, которые пришли в пустой узел 1.* Именно, пусть t_n – момент прихода заявки с номером n в узел 1, t_n^* – момент ее ухода из узла $n \geqslant 1$. Тогда упомянутые моменты регенерации определяются следующим образом:

$$\beta_0 = 0,\ \beta_{n+1} = \min_k(t_k^* > \beta_n : \nu(t_k^-) = 0), n \geqslant 0, \tag{22}$$

где $\{\nu(t), t \geqslant 0\}$ – непрерывный справа процесс очереди в узле 1. Хотя в моменты $\{\beta_n\}$ узел 1, вообще говоря, не пустой, легко проверить, что распределение накопленной в этот момент нагрузки является одним и тем же и не зависит от n. (Это вариант классической, но *невырожденной* регенерации. Такие моменты $\{\beta_n\}$ связаны с событиями выходного потока и более удобны для процесса имитационного моделирования.) Хотя длины циклов $\alpha_n = \beta_{n+1} - \beta_n$ выражаются в числе поступивших заявок, в методе группового среднего поступающая нагрузка рассматривается на единичных интервалах времени (слотах). Чтобы иметь возможность сравнивать оценки, получаемые обоими методами, необходимо перейти от шкалы, считающей заявки, поступающие в узел 2, к шкале слотов. Будем далее считать, что заявки в узел 2 поступают по одной в слоте. На практике это предположение может означать, что заявки из узла 1 поступают в узел 2 через некоторый синхронизирующий буфер достаточно большого объема. Такие буфера широко применяются в коммуникационных сетях. Например, пакеты от одного отправителя к одному и тому же получателю могут иметь в сети различные маршруты. Это ведет к разбросу значений задержки пакетов (джиттеру) и нарушает синхронизацию исходного трафика. Величина джиттера является важным показателем качества обслуживания. В частности, в широко используемых в настоящее время VoIP сетях, неконтролируемый джиттер может существенно влиять на качество передаваемого звука. Одним из вариантов сокращения джиттера является введение синхронизирующего буфера, который позволяет восстановить равные промежутки времени между пакетами при получении (см. [5]). Таким образом, для сравнения двух оценок достаточно моделировать процесс незавершенной нагрузки согласно соотношению (1).

При проведении экспериментов рассматривалась некоторая комбинация двух описанных выше сценариев. Именно, в узел 2 поступает последовательность данных v_i (по одному на единичных слотах), однако регенеративные блоки формируются в соответствии с циклами регенерации выходного потока из (гипотетического) узла 1. Кроме того, в большинстве экспериментов предполагалось, что с. в. $\{v_i\}$ являются н. о. р. Даже при таких упрощающих предположениях, представленные ниже результаты численного моделирования демонстрируют важные свойства описанных выше оценок.

Результаты численных экспериментов

Целью численных экспериментов является выяснение свойств регенеративной оценки ЭПС и их сравнение со свойствами оценки по методу группового среднего. (Эти эксперименты существенно расширяют результаты, полученные в работе [1].) Опираясь на сделанные выше предположения, рассмотрим модель с интервалами единичной длины между поступлениями заявок в узел 1 и входной последовательностью н. о. р. экспоненциальных с. в. $\{v_n\}$ с параметром μ_2. (Случай зависимых с. в. $\{v_n\}$ рассматривается в эксперименте 7.)

Хотя для независимых с. в. $\{v_i\}$ группировка не требуется, тем не менее, интересно сравнить обе оценки (13), (20) с известным аналитическим значением ЭПС и с оценкой, полученной методом Монте-Карло. Это трудно (или невозможно) сделать в случае зависимых $\{v_i\}$. Более того, такой анализ может быть полезен, если, например, независимость $\{v_i\}$ априори неизвестна. Поскольку в рассматриваемом случае

$$\mathsf{E}e^{\theta^* v} = \int_0^\infty e^{\theta^* x}\mu_2\, e^{-\mu_2 x}dx = \frac{\mu_2}{\mu_2 - \theta^*},$$

то ЭПС (9) принимает вид

$$C = \frac{\ln(\frac{\mu_2}{\mu_2 - \theta^*})}{\theta^*}, \tag{23}$$

где необходимо выбрать параметр $\mu_2 > \theta^* = -\ln\Gamma/b$. Для удобства будем использовать сокращения *метод P* для регенеративного метода и *метод ГС* для метода группового среднего, соответственно. Также назовем величину $e^{\theta^* \hat{X}}$ *экспоненциальной нагрузкой* на блоке. Введем следующие обозначения:

- B — размер блока в методе ГС;
- k — количество блоков или циклов регенерации;
- $\hat{C}_{REG}$ — оценка ЭПС с помощью метода Р, вычисляется по формуле (20);

- $\hat{C}_{BM}$ — оценка ЭПС методом ГС, вычисляется по формуле (13);
- $\hat{C}_{MC}$ — оценка ЭПС методом Монте-Карло в случае н. о. р. $\{v_i\}$;
- n_{REG} — число наблюдений, проведенных при моделировании методом Р;
- n_{BM} — число наблюдений, проведенных при моделировании методом ГС, $n_{BM} = Bk$;
- $V_{REG}[\alpha]$ — выборочная оценка дисперсии длины цикла регенерации;
- $V_{REG}[e^{\theta^* \hat{X}}]$ — выборочная оценка дисперсии экспоненциальной нагрузки на цикле-блоке в методе Р;
- $V_{BM}[e^{\theta^* \hat{X}}]$ — выборочная оценка дисперсии экспоненциальной нагрузки на блоке в методе ГС;
- $V[\hat{C}_{REG}]$ — выборочная дисперсия регенеративной оценки;
- $V[\hat{C}_{BM}]$ — выборочная дисперсия оценки по методу ГС;
- $V_{REG}[C]$ — среднеквадратическое отклонение регенеративной оценки от теоретического значения ЭПС C;
- $V_{BM}[C]$ — среднеквадратическое отклонение оценки по методу ГС от теоретического значения ЭПС C.

Эксперимент 1. В табл. 1 приведены результаты моделирования описанной выше системы при $\Gamma = 10^{-8}$, $b = 60$ (т. е. $\theta^* = 0,307011$) и н. о. р. показательных $\{v_i\}$ с параметром μ_2. Напомним, что в этом случае можно сравнить результаты моделирования с явным значением C из (23).

Таблица 1. Оценивание ЭПС при умеренной загрузке узлов

ρ_1	μ_2	$\hat{C}_{BM}$	C	$\hat{C}_{REG}$	n_{REG}
0,5	0,6	1,88705	2,33475	2,65482	1007
0,5	0,9	1,18603	1,35897	1,39296	1003
0,5	1,3	0,79928	0,87749	1,03916	10047
0,3	2,5	0,414878	0,42677	0,42745	19815

Число наблюдений n_{BM}, зависящее от заданной величины блока B и заданного числом блоков k, принималось равным 1000, 10000 и 20000, соответственно. Для метода Р число наблюдений n_{REG} определялось в процессе моделирования на (целом) числе циклов, исходя из условия $n_{REG} \geqslant n_{BM}$. Значение коэффициента ρ_1 и параметра $\mu_2 > \theta^*$ соответствуют умеренной нагрузке на оба узла. При этом заметные изменения коэффициента μ_2 с $0,6$ до $2,5$ почти не влияют на оценки $\hat{C}_{REG}$ и $\hat{C}_{BM}$, которые оказываются близки к теоретическому значению C. В частности, из табл. 1 видно, что наиболее близкое к теоретическому значению C метод Р дает при $\rho_1 = 0,3$ и $\mu_2 = 2,5$. Данный результат обусловлен тем, что при выбранной загрузке узла 1 длины циклов регенерации (размер блоков) варьируются слабо. (Вариация длин циклов в зависимости от коэффициента загрузки ρ_1 обсуждается в последующих экспериментах.) Заметим также, что $\hat{C}_{BM} < C < \hat{C}_{REG}$, и в частности, эксперименты подтверждают консервативность оценки $\hat{C}_{REG}$.

Эксперимент 2. Сохранив значения Γ, b, θ^* такими же как в эксперименте 1, возьмем $B = 1500$, $n_{BM} = 30000$ и, уменьшая значение параметра $\mu_2 (> \theta^* = 0,3070011)$, увеличим тем самым нагрузку на узел 2.

Таблица 2. Оценивание ЭПС при увеличении нагрузки на узел 2

ρ_1	μ_2	$\hat{C}_{BM}$	C	$\hat{C}_{REG}$	n_{REG}
0,4	0,5	2,09545	3,10079	4,32887	29680
0,3	0,4	2,61066	4,75223	5,04857	30236
0,4	0,35	2,97821	6,83036	11,9739	29700
0,6	0,32	3,27348	10,4369	32,6247	26611

Из табл. 2 видно, что при этом растет различие между C и обеими оценками ЭПС. Такое поведение оценки $\hat{C}_{REG}$ можно объяснить тем, что даже незначительное увеличение ρ_1 при большой нагрузке на узел 2 ведет к значительному росту дисперсии суммарной нагрузки, поступающей на цикле. Тем не менее, оценка $\hat{C}_{REG}$ остается консервативной. Напротив, оценка $\hat{C}_{BM}$ нечувствительна к увеличению ρ_1, а большие значения B нивелируют дисперсию величины нагрузки, поступающей на блоке. Однако значение оценки $\hat{C}_{BM}$ *существенно меньше*, чем C.

Таким образом, решение, основанное на $\hat{C}_{BM}$, может привести к драматической ошибке в выборе ЭПС и, как следствие, к серьезной перегрузке системы обслуживания. В то

же время, решение на основе (консервативной) оценки $\hat{C}_{REG}$ может быть полезно при расчете высоконадежных систем.

Эксперимент 3. Как было отмечено ранее, для н. о. р. $\{v_n\}$ можно либо найти явное значение функции $\Lambda(\theta^*) = \ln \mathsf{E} e^{\theta^* v}$, либо использовать для ее оценки стандартное выборочное среднее $\hat{C}_{MC}$ на основе метода Монте-Карло. Рассмотрение этого простейшего случая позволяет экспериментально оценить качество оценок $\hat{C}_{BM}$ и $\hat{C}_{REG}$ путем их сравнения либо с известным значением, либо с оценкой $\hat{C}_{MC}$. В табл. 3 даны результаты вычисления оценок ЭПС при различных значениях параметра θ^* и при $\rho_1 = 0,4$, $\mu_2 = 0,9$.

Таблица 3. Сравнение оценок ЭПС

θ^*	$\hat{C}_{REG}$	$\hat{C}_{MC}$	C	$\hat{C}_{BM}$
0,8008	3,37599	2,29366	2,75472	1,4685
0,7084	3,3423	2,13291	2,18415	1,44997
0,6140	2,48644	1,82857	1,86717	1,42216
0,4605	1,87695	1,55257	1,5565	1,38025
0,3684	1,58691	1,42744	1,42918	1,35425
0,3349	1,51458	1,38869	1,38967	1,3329

Варьирование параметра θ^* происходит за счет изменения Γ и b. Для всех методов оценки строились по 10000 наблюдений. Отметим, что оценка $\hat{C}_{BM}$ во всех случаях дает заниженное значение ЭПС.

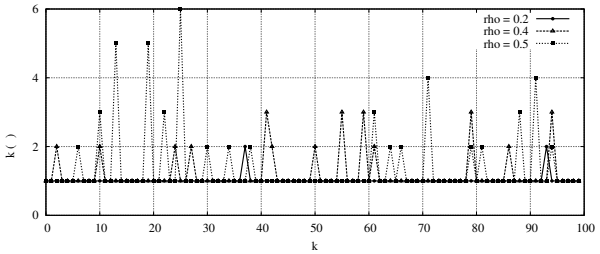


Рис. 1. Длины циклов выходного потока узла 1 при умеренной загрузке

Эксперимент 4. Чтобы проанализировать, каким образом дисперсия длины цикла регенерации влияет на качество оценки $\hat{C}_{REG}$, снова исследуем случаи умеренной и сильной загрузки узла 1. Выберем $\mu_2 = 1,5$, $\Gamma = 10^{-8}$, $b = 60$ и будем варьировать коэффициент загрузки ρ_1.

На рис. 1 и 2 показан характер изменения длины цикла регенерации выходного потока из узла 1 при заданном ρ_1 для 100 циклов. На рис. 2 (при большом ρ_1) видны большие колебания длины цикла, что существенно влияет на суммарную величину нагрузки в регенеративном блоке.

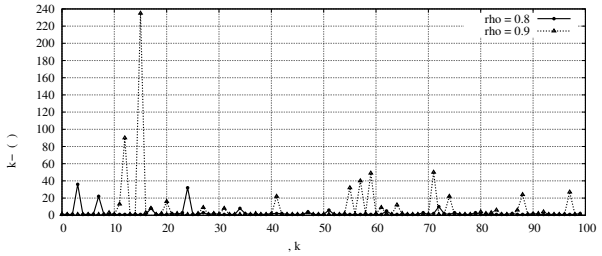


Рис. 2. Длины циклов выходного потока узла 1 при большой загрузке

Соответствующее данным рис. 1 и 2 изменение величины $e^{\theta^* \hat{X}}$ на циклах регенерации показано на рис. 3 и 4. Рис. 3 отражает изменение величины $e^{\theta^* \hat{X}}$ при умеренном ρ_1, а рис. 4 — при большом значении ρ_1.

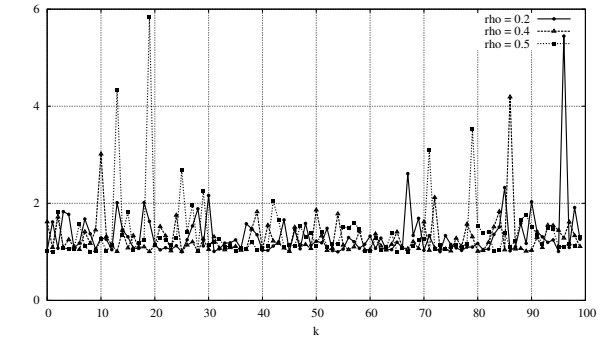


Рис. 3. Экспоненциальная нагрузка узла 2 на блоках при умеренной загрузке узла 1

Видно, что небольшие изменения длины цикла приводят к значительному изменению экспоненциальной нагрузки. Таким образом, колебания длины цикла при увеличении ρ_1 влекут существенный рост дисперсии регенеративной оценки $\hat{C}_{REG}$.

Заметим, что для $\rho_1 = 0,8$ максимум экспоненциальной нагрузки $e^{\theta^* \hat{X}_3} = 4709,35$ (см. рис. 4), что соответствует максимальной длине цикла $\alpha_3 = 36$ (см. рис. 2). Для $\rho_1 = 0,9$ максимум равен $e^{\theta^* \hat{X_{15}}} = 7,63318e + 22$ при $\alpha_{15} = 235$.

Таблица 4. Зависимость дисперсии оценки ЭПС от ρ_1

ρ_1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8
$V_{REG}[\alpha]$	0,0001	0,063635	0,249424	0,753058	7,91327	34,38
$V_{REG}[e^{\theta^* \hat{X}}]$	0,744988	1,01771	4,32138	51,2856	3,82251e+16	3,90876e+35
$V_{BM}[e^{\theta^* \hat{X}}]$	2,78e+163	3,94e+156	5,30e+159	8,69e+156	4,23e+155	2,36e+159
$V[\hat{C}_{REG}]$	4,394e-4	4,39e-4	1,13e-3	1,022	59,10	566,80
$V[\hat{C}_{BM}]$	6,64e-4	6,13e-4	6,81e-4	8,85e-4	6,29e-4	7,15e-4

Следует отметить, что изменение ρ_1 не влияет на оценку $\hat{C}_{BM}$, так как блоки имеют фиксированный размер B. Это также подтверждается результатами следующего эксперимента.

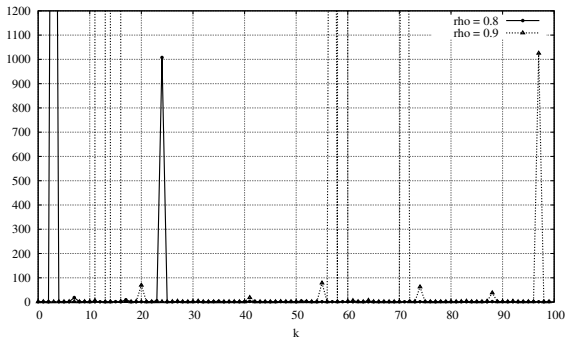


Рис. 4. Экспоненциальная нагрузка узла 2 на блоках при сильной загрузке узла 1

Эксперимент 5. Выберем $B = 500$, $\mu_2 = 0,9$, $\theta^* = 0,307011$, $b = 60$, число наблюдений $n_{BM} = 10000$, размер выборки для вычисления оценок дисперсии равен 50.

В табл. 4 приведены выборочные дисперсии оценок экспоненциальной нагрузки в блоке для метода ГС и метода Р, а также оценки ЭПС для обоих методов при различных значениях ρ_1.

Изменение ρ_1 не влияет на вариацию экспоненциальной нагрузки в блоке для метода ГС, однако, как видно из табл. 4, значение $V_{BM}[e^{\theta^* \hat{X}}]$ стабильно велико (имеет порядок 10^{156}). Тем не менее, эти колебания в блоке нивелируются за счет выбора большого значения B, и поэтому выборочная дисперсия оценки $\hat{C}_{BM}$ оказывается невелика. Эта оценка попрежнему смещена в сторону меньших значений.

Эксперимент подтверждает, что рост дисперсии оценки $\hat{C}_{REG}$ прямо пропорционален росту дисперсии длины цикла, которая, в свою очередь, связана с увеличением коэффициента ρ_1. При этом отметим незначительную разницу в дисперсии обеих оценок $\hat{C}_{REG}$ и $\hat{C}_{BM}$ при малых и умеренных значениях ρ_1.

Замечание 2. Важно отметить, что в системах с высокими требованиями QoS наиболее интересным является случай средней и малой загрузки. И именно в этих случаях эксперименты подтверждают преимущество оценки $\hat{C}_{REG}$ над оценкой $\hat{C}_{BM}$.

Таблица 5. Отклонение оценок ЭПС от теоретического значения C

ρ_1	0,1	0,3	0,5	0,7
$V[\hat{C}_{REG}]$	0,344	0,482	64,37	295,13
$V[\hat{C}_{BM}]$	5,69e-3	6,4e-3	5,56e-3	9,13e-3
$V_{REG}[C]$	54,48e-3	3,20e-3	1,89	34,97
$V_{BM}[C]$	36,86	36,91	37,05	36,70

Эксперимент 6. Теперь сравним оба метода, увеличив нагрузку на узел 2, когда объемы поступающей нагрузки распределены показательно с параметром $\mu_2 = 0,35$. Будем изменять ρ_1 на первом узле, а остальные параметры оставим без изменения (см. эксперимент 5). Поскольку для рассматриваемой модели известно точное значение ЭПС, то можно найти среднеквадратическое отклонение обеих оценок $\hat{C}_{REG}$ и $\hat{C}_{BM}$ от теоретического значения C. (Выше мы обозначили эти отклонения $V_{REG}[C]$ и $V_{BM}[C]$, соответственно.)

Из табл. 5 видно, что отклонение $V[\hat{C}_{BM}]$ оценки $\hat{C}_{BM}$ от выборочного среднего остается небольшим, однако, отклонение $V_{BM}[C]$ от известного значения C стабильно велико. Отклонение $V[\hat{C}_{REG}]$ оценки $\hat{C}_{REG}$ от выборочного среднего больше, чем у $\hat{C}_{BM}$, но она существенно ближе к C (за исключением больших значений ρ_1). Более того, эксперименты снова подтверждают установленный ранее результат $\hat{C}_{BM} < C < \hat{C}_{REG}$.

Таблица 6. Сравнение оценок ЭПС для зависимых с. в. v ($\eta \sim exp$) на циклах

n	50	100	500	1000	5000	10000	20000
$\hat{C}_{REG}$	0,846919	0,829186	0,883955	0,87963	0,877652	0,879206	0,878917
$\hat{C}_{BM}$	0,801576	0,801067	0,847855	0,864714	0,899761	0,846297	0,857191
$V[\hat{C}_{REG}]$	0,0135	0,0141	0,0072	0,0017	0,000361	0,0001497	7,84896e-05
$V[\hat{C}_{BM}]$	0,0177	0,0116	0,005	0,0029	0,0023	0,00114	0,001046

Таблица 7. Сравнение оценок ЭПС для зависимых v ($\eta \sim weib$) на циклах

n	100	500	1000	5000	10000	20000
$\hat{C}_{REG}$	0,576674	0,575671	0,579387	0,576897	0,576467	0,57678
$\hat{C}_{BM}$	0,570715	0,568081	0,567508	0,569535	0,569611	0,56978
$V[\hat{C}_{REG}]$	0,000649	8,89196e-05	4,73991e-05	1,12482e-05	7,6528e-06	4,28579e-06
$V[\hat{C}_{BM}]$	0,000747277	0,00010108	7,78538e-05	1,37676e-05	9,87332e-06	3,90953e-06

Таким образом, в случае н. о. р. $\{v_i\}$ при малой и средней загрузке первого узла, оценка $\hat{C}_{REG}$ имеет сравнительно небольшую дисперсию и при этом ее отклонение от известного значения C существенно меньше, чем у оценки $\hat{C}_{BM}$. Таким образом, оценка $\hat{C}_{REG}$ имеет явные преимущества перед оценкой $\hat{C}_{BM}$.

Эксперимент 7. Однако на практике, как правило, имеет место зависимость между с. в. $\{v_i\}$, и тогда получить теоретическое значение ЭПС (9) очень сложно (или невозможно), в силу трудности вычисления функции моментов (7). Для построения оценок ЭПС в этом случае рассмотрим пример зависимости между v_i на цикле регенерации следующего вида:

$$v_j = \frac{\sum_{k=1}^{j} \eta_k}{j}, \qquad (24)$$

где с. в. $\{\eta_k\}$ — н. о. р., j – номера заявок на цикле регенерации, α_i – длина i-го цикла, $1 \leqslant j \leqslant \alpha_i$, $i \in [1, k]$. Такую зависимость можно считать сильной в том смысле, что все с. в. на одном цикле зависимы (причем, функционально). На самом деле зависимость может быть произвольной и определяться, к примеру, протоколом передачи данных. В то время как $\hat{C}_{REG}$ строится по действительно независимым блокам, при построении оценки $\hat{C}_{BM}$ не исключена ситуация, когда зависимые данные попадают в разные блоки. Это обстоятельство может негативно отразиться на дисперсии оценки.

Пусть $b = 80$, $\Gamma = 10^{-8}$, $\theta^* = 0,230259$, $\rho_1 = 0,4$. Дисперсия оценок вычисляется по выборке размера 100. Будем варьировать общее количество наблюдений n. В табл. 6 приведены результаты для экспоненциальной с. в. η с параметром $\mu_2 = 1,3$. Как и в предыдущих экспериментах, $\hat{C}_{BM} < \hat{C}_{REG}$, и кроме того, оценка $\hat{C}_{REG}$ имеет меньшую дисперсию. (Напомним, что в случае независимых данных дисперсия $\hat{C}_{REG}$ была, как правило, больше.) В табл. 7 представлены оценки при $\rho_1 = 0,4$ для с. в. η с распределением Вейбулла (weib) с легким хвостом,

$$F_\eta(x) = 1 - e^{-\gamma x^c},\ \gamma > 0,\ c \geqslant 1, \qquad (25)$$

где $\gamma = 3$, $c = 4$, а зависимость на цикле определяется по формуле (24).

Из анализа данных табл. 7 можно сделать вывод о близости оценок $\hat{C}_{REG}$ и $\hat{C}_{BM}$. При этом (см. табл. 6) для экспоненциальной с. в. η дисперсия $\hat{C}_{REG}$ существенно меньше чем у $\hat{C}_{BM}$. Таким образом, в рассмотренном примере выбор длины цикла регенерации в качестве длины блока позволяет более эффективно оценить ЭПС.

Заключение

В статье обсуждаются свойства регенеративной оценки и оценки по методу группового среднего для нахождения ЭПС 2-го узла в тандемной сети. Хотя случай зависимых данных во входном потоке узла 2 также рассмотрен, основное внимание уделено свойству оценок для н. о. р. данных. При упрощающих предположениях показано, что широко используемая

оценка по методу группового среднего занижает требования к ЭПС, в то время как регенеративная оценка является консервативной. Последнее свойство может рассматриваться как преимущество при анализе и проектировании высоконадежных коммуникационных систем.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития». Работа поддержана РФФИ, проект 10-07-00017.

Литература

1. *Бородина А., Дюденко И., Морозов Е.* Ускоренное оценивание вероятности переполнения регенеративных систем обслуживания. ОППМ. 2009. Т. 16, вып. 4. С. 577–593.

2. *De Turck K.* Performance Evaluation of Buffers in Wireless Networks, PhD thesis, University of Ghent, 2010–2011.

3. *Dyudenko I., Morozov E., Pagano M.* Regenerative estimator for effective bandwidth, Proceedings of the International Conference "Mathematical methods for analysis and optimization of information telecommunication networks". Minsk: Belarusian State University, 2009. С. 58–60.

4. *Ganesh A., O'Connell N., Wischik D.* Big Queues. Springer-Verlag, Berlin, 2004. 260 p.

5. *Ganz A., Ganz Z., Wongthavarawat K.* Multimedia Wireless Networks: Technologies, Standards, and QoS. Prentice Hall PTR. 2003. 352 p.

6. *Glynn P. W., Whitt W.* Logarithmic asymptotics for steady-state tail probabilities in a single-server queue. Journal of Applied Probability 31A. 1994. P. 131–156.

7. *Lewis J. T., Russell R.* An introduction to large deviation for teletraffic engineers, DIAS Report, 1996.

8. *Meketon M. S., Schmeiser B. W.* Overlapping batch means: Something for nothing? // Proceedings of the Winter Simulation Conference. 1984. P. 227–230.

9. *Rabinovitch P.* Statistical estimation of effective bandwidth, M.Sc.thesis, University of Cambridge, 2000. 75 p.

10. *Schmeiser B.* Batch size effects in the analysis of simulation output. Oper. Res. 30. 1982. P. 556–568.

11. *Song W.-M. T.* On the estimation of optimal batch sizes in the analysis of simulation output. European Journal of Operational Research. 1996. Vol. 88, N 2. P. 304–319, January 20.

12. *Song W. T., Mingchang Chih.* Implementable mse-optimal dynamic partial-overlapping batch means estimators for steady-state simulations // Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. 2008. P. 426–435.

13. *Vorobieva I., Morozov E., Pagano M., Procissi G.* A New Regenerative Estimator for Effective Bandwidth Prediction // Proceedings of AMICT 2007. Petrozavodsk, Russia, 2008. P. 175–186.

14. *Welch P. D.* On the relationship between batch means, overlapping batch means and spectral estimation // Proceedings of the Winter Simulation Conference, 1987. P. 320–323.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бородина Александра Валентиновна
младший научный сотрудник, к. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185610
старший преподаватель кафедры ИМО
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: borodina@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Морозов Евсей Викторович
ведущий научный сотрудник, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
профессор кафедры ПМиК
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: emorozov@karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Borodina, Alexandra
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185610 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Department of Computer Science
Petrozavodsk State University
33 Lenina St., 185910, Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: borodina@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Morozov, Evsey
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185610 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Professor at the Department of Applied Mathematics and Cybernetics
Petrozavodsk State University
33 Lenina St., 185910, Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: emorozov@karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 18–21

УДК 517.977

УПРАВЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ СО СТРУКТУРНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

М. Е. Галахова[1], **А. Н. Кириллов**[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров*
[2] *Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН*

Рассмотрена задача управляемости динамических систем со структурными изменениями. Предложен метод управления дискретным состоянием линейной последовательной системы.

Ключевые слова: управление, переменная структура, гибридная система.

M. E. Galakhova, A. N. Kirillov. THE LINEAR VARIABLE STRUCTURE SYSTEM CONTROL

The problem of controllability of variable structure dynamical systems is considered. A method for controlling the discrete state of a linear sequential system is proposed.

Key words: control, variable structure, hybrid system.

Введение

Проблема управляемости динамических систем является одной из наиболее важных в теории управления и далека от своего решения. Для линейных стационарных систем управления известен критерий полной управляемости Р. Калмана, а для нестационарных – достаточный признак Н. Н. Красовского при условии непрерывной дифференцируемости матриц коэффициентов вплоть до $(n-1)$-го порядка, где n – порядок системы. Имеется критерий устойчивости линейных систем с аналитическими коэффициентами [4]. Для нелинейных систем известны результаты по локальной управляемости. Общих результатов, разрешающих проблему, как в линейном случае, нет и, скорее всего, их невозможно получить. Надо учитывать качественные свойства динамических систем, классификация которых нереальна. Для гибридных систем, к которым относятся системы с изменяющейся структурой, даже в линейном стационарном случае результатов, сравнимых по завершенности с критерием Калмана, нет. Это связано со сложностью исследуемого объекта и продолжающимся формированием самого понятия гибридной системы. Неясно также, что понимать под управляемостью гибридной системы, сочетающей непрерывное и дискретное поведение. Некоторые результаты в этом направлении для линейных гибридных систем представлены в [3]. В настоящей статье рассмотрена задача управления дискретным состоянием линейной системы с переменной структурой. Предложен метод построения управления, целенаправленно изменяющего структуру системы.

Замечание 1. Авторы не стремятся к обобщающим построениям, поэтому не будет

рассматриваться громоздкая модель системы со структурными изменениями. Наоборот, специфика задач управляемости систем с переменной структурой будет показана на относительно простой модели гибридной системы.

S-линейная система

Сложные динамические системы, состоящие из подсистем, характеризуются тем, что их состав и взаимосвязи между подсистемами изменяются в процессе функционирования. В [1, 2] был предложен подход для описания динамики структурных изменений в системе. Предположим, что в состав системы S могут входить подсистемы $S_i \in \{S_1, \ldots, S_n\}$, подключаясь к S или отключаясь от нее. При этом подсистемы, входящие в S, взаимодействуют между собой. Введем вектор $\gamma(t) = (\gamma_1, ..., \gamma_n)$ такой, что $\gamma_i(t) = 1$, если подсистема S_i в момент времени t входит в S, $\gamma_i(t) = 0$ – в противном случае. Вектор $\gamma(t)$ называется внешней структурой системы S в момент времени t. Для задания динамики структуры $\gamma(t)$ в [1] предложено понятие системы со структурными изменениями (ССИ), которую можно отнести к классу гибридных систем. При этом для реализации ССИ был разработан метод динамической декомпозиции. Суть его состоит в том, что для описания динамики системы, помимо фазовых переменных, вводятся дополнительные переменные, задаваемые дифференциальными уравнениями. При достижении этими переменными некоторых пороговых значений происходит отключение или подключение подсистемы к системе. Тем самым система переходит в другое фазовое пространство, возможно, не мгновенно, а через некоторое время. Если допустимы только структуры вида $\gamma = (1, \ldots, 1, 0, \ldots, 0)$, где первые k элементов вектора структуры равны 1, а остальные – 0, и переход между структурами происходит добавлением $(k+1)$-й единицы или исключением k-й единицы, то система S называется последовательной ССИ, или S-системой. Если возможны произвольные структуры и переходы между ними, то S называется параллельной ССИ, или P-системой. Будем говорить, что S-система находится в состоянии $S(k)$, если она имеет структуру $\gamma = (1, \ldots, 0, \ldots, 0)$ с единицами на k первых местах. Рассмотрим линейную S-систему [1], которая при условии

$$y(t) \in \Delta_k = (y_k, y_{k+1}) \qquad (1)$$

задается уравнениями

$$\dot{X}_k = A_k X_k, \qquad \dot{y} = B_k^T X_k + u, \qquad (2)$$

где $X_k^T = (x_1, ..., x_k) \in \mathbb{R}^k$ – состояние системы, $\mathbb{R} \ni y(t)$ – эволюционное время [1], A_k – квадратная матрица порядка k с постоянными элементами a_{ij}, $B_k^T = (b_1, ..., b_k) \in \mathbb{R}^k$ – постоянный вектор, u – управление, y_k – заданные постоянные (пороговые значения), $k = 1, ..., n$, $y_1 = -\infty$, $y_{n+1} = +\infty$. Система S, задаваемая уравнениями (1), (2), находится в состоянии $S(k)$.

Далее, пусть при попадании траектории системы (1), (2) из области $\mathbb{R}^k \times \Delta_k$ на плоскость $y = y_k$ в некоторый момент времени t_k происходит переход из состояния $S(k)$ в состояние $S(k-1)$, $2 \leqslant k \leqslant n$, а при попадании на плоскость $y = y_{k+1}$ в момент времени t_{k+1} происходит переход в состояние $S(k+1)$, $1 \leqslant k \leqslant n-1$. При этом отображения $\varphi_{k,k\pm1}$, осуществляющие переход из $S(k)$ в $S(k+1)$, имеют вид:

$$\varphi_{k,k-1} : Z_k \to C(k-1,k)Z_k + E_{k-1}(-\varepsilon),$$

где $Z_k = (x_1, ..., x_k, y_k)^T$, $E_{k-1}(-\varepsilon) = (0, ..., 0, -\varepsilon)^T$, $-\varepsilon$) на k-ом месте, причем

$$0 \leqslant \varepsilon < min_k(y_{k+1} - y_k), k = 1, ..., n-1,$$

$C(k-1,k)$ – матрица размерности $k \times (k+1)$ с постоянными элементами c_{ij}, причем $c_{k,k+1} = 1$, $c_{k,j} = 0$, $j = 1, ..., k$, $c_{i,k+1} = 0$, $i = 1, ..., k-1$,

$$\varphi_{k-1,k} : Z_{k-1} \to D(k,k-1)Z_{k-1} + E_{k1}(\varepsilon),$$

где $D(k,k-1)$ – матрица размерности $(k+1) \times k$, с элементами d_{ij}, $d_{k+1,k} = 1$, $d_{k+1,j} = 0$, $j = 1, ..., k-1$, $d_{i,k} = 0$, $i = 1, ..., k$. При этом $\varphi_{k,k-1}(Z_k)$, $\varphi_{k-1,k}(Z_{k-1})$ – начальные данные для систем S_k, S_{k-1}, соответственно, а переключение происходит мгновенно.

Задача: построить управление u, переводящее систему S за конечное время из состояния S_k в состояние S_m, $k \neq m, k, m = 1, ..., n$.

Замечание 2. Рассмотренная задача отличается от традиционной задачи управления, состоящей в переводе системы из одного фазового состояния в другое. Данная система характеризуется как непрерывным состоянием (X_k, y), так и дискретным – $S(k)$. Управление происходит по дискретному состоянию.

Управление

Ниже будет предложен алгоритм построения допустимого управления вида $u = p_1 x_1 + ... + p_{k(t)} x_{k(t)}$, для которого коэффициенты p_i будут определяться в явном виде. Здесь $k(t)$–

целочисленная функция, принимающая значения из множества $\{1, ..., n\}$. Перейдем к построению управления. Надо показать, что с помощью допустимого управления траектория может из любой начальной точки $M_{k0} = (X_{k0}, y_0)$, такой, что $y_0 \in \Delta_k$, попасть на гиперплоскость $y = y_k$ или $y = y_{k+1}$. Тогда, переходя от S_k к $S_{k\pm1}$, придем к терминальной системе S_m.

Будем полагать, что $X_k = 0$ – единственное асимптотически устойчивое положение равновесия системы $\dot{X}_k = A_k X_k$. Тогда $detA_k \neq 0$. Пусть $X_{k0} \neq 0$. Подставив допустимое управление в (2), получим

$$\dot{y} = (b_1 + p_1)x_1 + ... + (b_k + p_k)x_k. \qquad (3)$$

Нетрудно показать [2], что система (1), (3) имеет интегральные плоскости $\alpha_1 x_1 + ... + \alpha_k x_k + \alpha_{k+1} y = c$, где $\alpha_i \in \mathbb{R}$, $(\alpha_1, ..., \alpha_{k+1})$ – ненулевое решение системы

$$a_{1i}\alpha_1 + ... + a_{ki}\alpha_k + (b_i + p_i)\alpha_{k+1} = 0, \qquad (4)$$

где $i = 1, ..., k$. Если $\alpha_{k+1} = 0$, то, в силу условия $detA_k \neq 0$, получим $\alpha_i = 0$, $i = 1, ..., k$, поэтому в ненулевом решении $\alpha_{k+1} \neq 0$. Идея построения управления, решающего задачу, состоит в нахождении вектора $(p_1, ..., p_k)$, обеспечивающего такое положение интегральной плоскости, при котором она пересекала бы ось Y при $y > y_{k+1}$ (или при $y < y_k$). Тогда в силу асимптотической устойчивости положения равновесия системы (1) траектории, приближаясь к нему, пересекут плоскость $y = y_{k+1}$ или $y = y_k$. В результате произойдет переход к системе S_{k+1} (или S_k).

Пусть $y = \bar{y}$ при $X_k = 0$. Тогда из уравнения интегральной плоскости

$$\alpha_1 x_1 + ... + \alpha_k x_k + \alpha_{k+1} y =$$

$$= \alpha_1 x_{10} + ... + \alpha_k x_{k0} + \alpha_{k+1} y_0$$

получаем

$$\bar{y} = y_0 - \frac{1}{\alpha_{k+1}}(\alpha_1 x_{10} + ... + \alpha_k x_{k0}). \qquad (5)$$

Из системы (4) находим

$$\alpha_i = \alpha_{k+1}\frac{detA_{ki}}{detA_k},$$

где A_{ki} – матрица, полученная из A_k заменой в ней i-го столбца на $-(b_1 + p_1, ..., b_k + p_k)^T$. Тогда из (5) получаем

$$\bar{y} = y_0 - \frac{1}{detA_k}(detA_{k1}x_{10} + ... + detA_{kk}x_{k0}). \qquad (6)$$

Далее

$$detA_{ki} = -\sum_{j=1}^{k}(b_j + p_j)\hat{A}_{(k-1),i}(j),$$

где $\hat{A}_{(k-1),i}(j)$ – алгебраическое дополнение элемента j-й строки, i-го столбца матрицы A_{ki} или, что то же самое, матрицы A_k, $k-1$ – порядок соответствующего минора. Тогда из (5) получаем

$$\bar{y} = y_0 + \frac{1}{detA_k}\sum_{i,j=1}^{k}(b_j + p_j)\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0}. \qquad (7)$$

Предположим, что следует перейти из состояния S_k в S_{k+1}. Для этого надо найти решение $p_1, ..., p_k$ неравенства

$$y_0 + \frac{1}{detA_k}\sum_{i,j=1}^{k}(b_j + p_j)\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0} > y_{k+1},$$

которое сводится к неравенству

$$\sum_{j=1}^{k} p_j \cdot \sum_{i=1}^{k}\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0} >$$

$$> detA_k(y_{k+1} - y_0) - \sum_{j=1}^{k} b_j \cdot \sum_{i=1}^{k}\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0}.$$

Лемма 1. *Существует* $j \in \{1, .., k\}$ *такое, что* $\sum\limits_{i=1}^{k}\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0} \neq 0$.

Доказательство. Очевидно,

$$\sum_{i=1}^{k}\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0} = detA_k(j),$$

где матрица $A_k(j)$ получена из A_k заменой ее j-й строки строкой X_{k0}^T. Доказательство проведем от противного. Предположим, что $detA_k(j) = 0$ при всех $j = 1, .., k$. Тогда, раскладывая определители $detA_k(j)$ по j-й строке каждый, получаем систему равенств

$$\sum_{i=1}^{k}\hat{A}_{(k-1),i}(j)x_{i0} = 0, j = 2, ..., k. \qquad (8)$$

Поскольку по условию $X_{k0} \neq 0$, то найдется компонента $x_{i0} \neq 0$. Не умаляя общности, будем считать, что $x_{10} \neq 0$. Далее, раскладывая $detA_k$ по первому столбцу и выражая алгебраические дополнения, входящие в это разложение из равенств (8), получаем

$$detA_k = \sum_{j=1}^{k} a_{j1}\hat{A}_{(k-1)1}(j) =$$

$$= -\frac{1}{x_{10}} \sum_{i=2}^{k} x_{i0} \sum_{j=1}^{k} a_{j1} \hat{A}_{(k-1)i}(j) = 0.$$

Последнее равенство нулю обязано свойству "фальшивого разложения" определителей: сумма произведений элементов одного столбца квадратной матрицы на соответствующие алгебраические дополнения элементов других столбцов равна нулю. Поскольку по предположению $detA_k \neq 0$, то получили противоречие, доказывающее лемму. □

Далее, пусть при некотором $j = l$ имеем $A(l) := \sum\limits_{i=1}^{k} \hat{A}_{(k-1),i}(l) x_{i0} = 0$. Тогда для разрешимости неравенства, предшествующего лемме, достаточно, чтобы p_l удовлетворяло неравенству

$$p_l > \frac{1}{\sum\limits_{i=1}^{k} \hat{A}_{(k-1),i}(l) x_{i0}} (detA_k(y_{k+1} - y_0) - \Sigma_1 - \Sigma_2) \tag{9}$$

если $A(l) > 0$, где

$$\Sigma_1 = \sum_{i,j=1}^{k} b_j x_{i0} \hat{A}_{(k-1),i}(j),$$

$$\Sigma_2 = \sum_{j=1, j\neq l}^{k} p_j \sum_{i=1}^{k} x_{i0} \hat{A}_{(k-1),i}(j),$$

или противоположному неравенству, если $A(l) < 0$. Переход от S_k к S_{k-1} осуществляется аналогично, с той разницей, что неравенства (9) в случаях $A(l) > 0$ и $A(l) < 0$ берутся противоположными. Получаем окончательный результат.

Теорема 1. *Пусть $X_k = 0$ – единственное асимптотически устойчивое положение равновесия системы (1) при $k = 1, ..., n$. Тогда управление $u = p_1 x_1 + ... + p_k x_k$, где коэффициенты p_i удовлетворяют (9), обеспечивает переход системы из состояния S_k в S_{k+1} при любом начальном $X_k \neq 0$. Если же выполняются противоположные неравенства (при $A(l) > 0$ и $A(l) < 0$, соответственно), то происходит переход от S_k к S_{k-1}.*

Замечание 3. В силу неоднозначности значений коэффициентов p_i управления можно поставить задачу оптимальной стабилизации структуры в смысле некоторого критерия.

Заключение

Предложен метод решения задачи управляемости линейной последовательной системой со структурными изменениями. При этом поставлена нетрадиционная задача управления дискретным состоянием системы, а не ее фазовым вектором. Строится соответствующее управление в виде линейной обратной связи.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации стратегического развития ПетрГУ.

Литература

1. *Кириллов А. Н.* Управление многостадийными технологическими процессами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика, информатика, процессы управления. 2006. № 4. С. 127–131.

2. *Кириллов А. Н.* Задача оптимального управления в системе со структурными изменениями // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 9. С. 2–7.

3. *Куржанский А. Б., Точилин П. А.* Слабоинвариантные множества гибридных систем // Дифференциальные уравнения. 2008. № 11. С. 1523–1533.

4. *Chang A.* An algebraic characterization of controllability // IEEE Trans. Autom. Control. 1965. № 1. P. 112–114.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Галахова Мария Евгеньевна
аспирантка
Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров
ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, Россия, 198095
эл. почта: secretgate@mail.ru
тел.: (8812) 7712780

Кириллов Александр Николаевич
ведущий научный сотрудник, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: kirillov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Galakhova, Mariya
State Technological University of Plant Polymers
4 Ivan Chernykh St., 198095 Saint-Petersburg, Russia
e-mail: secretgate@mail.ru
tel.: (8812) 7712780

Kirillov, Alexandr
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kirillov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 22–32

УДК 519.6:539.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДОПРОНИЦАЕМОСТИ СКВОЗЬ ДЕФЕКТ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

Ю. В. Заика, Е. К. Костикова

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматривается водородопроницаемость цилиндрической перегородки при наличии дефекта защитного покрытия на входной поверхности конструкционного материала. Лимитирующим фактором является диффузия. На основе неявной разностной схемы разработан вычислительный алгоритм решения соответствующей краевой задачи, приведены результаты численного моделирования проникающего потока.

Ключевые слова: водородопроницаемость, краевые задачи, разностные схемы, численное моделирование.

Yu. V. Zaika, E. K. Kostikova. MODELING OF HYDROGEN PERMEABILITY THROUGH PROTECTIVE COATING DEFECT

We consider the hydrogen permeability of a cylindrical barrier with a protective coating defect at the inlet surface of the structural material. Diffusion is the limiting factor. The computing algorithm based on implicit difference scheme was developed for solving the corresponding boundary-value problem. Results of numerical modeling of the permeability flux are presented.

Key words: hydrogen permeability, boundary-value problems, difference schemes, numerical modelling.

Постановка задачи

Снижение проникновения водорода и его изотопов сквозь конструкционные материалы является одной из важнейших задач при решении комплексных проблем хранения и транспортировки водорода, защиты от водородного охрупчивания, контроля содержания трития в защитных системах реакторов (проект ITER). Конструкция из металла или сплава обеспечивает необходимую механическую прочность, а нанесенное защитное покрытие должно препятствовать миграции изотопов водорода. Дефекты защитной пленки могут подвергать соответствующую область конструкционного материала прямому воздействию водорода. Исследование влияния на водородопроницаемость геометрических факторов на поверхности (шероховатости, трещин) и в объеме (дефектов кристаллической структуры, пор) представлено в [5]. В статье [12] анализируется модель водородопроницаемости цилиндрического образца (радиуса

основания L и высоты H), когда диффузия является единственным лимитирующим процессом. На входной поверхности $z = 0$, покрытой тонкой защитной пленкой, присутствует дефект покрытия малого радиуса r_0 («булавочное отверстие»), через который проникает водород. Остальная часть входной поверхности водородонепроницаема, как и боковая поверхность. На выходной стороне $z = H$ поддерживается вакуум. В начальный момент времени $t = 0$ образец обезводорожен. Затем на входной стороне скачкообразно повышается давление молекулярного водорода до уровня p. Если пренебречь относительно быстрым (это зависит от p, материала и размеров образца) переходным процессом, то можно считать, что концентрация растворенного водорода под дефектом поддерживается на постоянном уровне $\bar{c}$ (находится в равновесии с газообразной фазой по закону Сивертса, $\bar{c} \propto \sqrt{p}$). Растворенный (атомарный) водород диффундирует к выходной поверхности, рекомбинирует в молекулы и десорбируется. С помощью масс-спектрометра регистрируется проникающий поток.

Аналитический анализ соответствующей краевой задачи проведен лишь для случая «бесконечной пластины» ($L \to +\infty$) [10, 11]. Основным недостатком является то, что динамика поверхностных процессов, которым в последнее время уделяется повышенное внимание, в модели не учитывается.

Цель работы — построить на основе разностной аппроксимации вычислительный алгоритм моделирования водородопроницаемости цилиндрического образца («перегородки трубопровода») при наличии дефекта защитного покрытия. Результаты численного моделирования позволяют, в частности, оценить влияние граничных условий и геометрических характеристик перегородки и дефекта на уровень стационарной проницаемости, времена установления и запаздывания.

Диффузионная модель

Рассмотрим краевую задачу водородопроницаемости цилиндрической перегородки с дефектом в центре круга защитного покрытия входной поверхности, когда лимитирующим фактором является диффузия [10–12]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial c}{\partial r} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}\right), \qquad (1)$$

$$r \in (0, L),\ z \in (0, H),\ t \in (0, t_*),$$

$$c(t, r, 0) = c_0, \quad r \in [0, r_0],\ r_0 < L, \qquad (2)$$

$$\frac{\partial c}{\partial z}(t, r, 0) = 0,\ \ r \in (r_0, L],\ \ t \geqslant 0, \qquad (3)$$

$$c(t, r, H) = 0, \quad r \in [0, L], \quad t \geqslant 0, \qquad (4)$$

$$\frac{\partial c}{\partial r}(t, L, z) = 0, \quad \frac{\partial c}{\partial r}(t, +0, z) = 0, \qquad (5)$$

$$c(0, r, z) = 0,\ r \in [0, L],\ z \in [0, H]. \qquad (6)$$

Здесь $c(t, r, z)$ — концентрация атомарного водорода в конструкционном материале (металле или сплаве); $c_0 = \text{const}$ (для определенности считаем $c_0 = \bar{c}$); D — коэффициент диффузии. Предполагается, что эксперимент проводится при постоянной температуре $T = \overline{T}$, материал практически однороден, так что c_0, D — константы. Линейные размеры дефекта относительно малы, считаем его круговым. Момент времени t_* определяется выходом проникающего потока на стационарное значение. Установление носит асимптотический характер: $J(t) \approx \text{const}$, $t \geqslant t_*$. Но t_* не следует выбирать слишком большим, чтобы переходные процессы «не потерялись» на фоне стационара. Граничное условие (2) соответствует быстрому (в масштабе t_*) достижению локального равновесия. Условие $c_r(t, +0, z) = 0$ следует из симметрии распределения $c(t, r, z)$.

Уточнение постановки задачи. В рамках модели (1)–(6) задача состоит в разработке алгоритма численного моделирования потока водорода с выходной поверхности:

$$J(t) = -D\int_0^L \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_{z=H} 2\pi r\, dr.$$

Замечание 1. Формально нулевые начальные данные (6) не согласованы с начальным условием (2) при $t = +0$ (мгновенный скачок концентрации). Решение краевой задачи следует понимать в рамках теории обобщенных решений. При последующей дискретизации модели на нескольких первых шагах по времени учтен реальный (пусть и относительно быстрый) переходный процесс.

Разностная аппроксимация

По стандартной технике [9], введем сетки

$$\Omega_h=\left\{(r_i,z_j)\,\middle|\,\begin{matrix} r_i=ih_r,\ i=0,...,N_1,\ h_r=L/N_1 \\ z_j=jh_z,\ j=0,...,N_2,\ h_z=H/N_2\end{matrix}\right\},$$

$$\omega_\tau=\big\{\,t_k=k\tau,\ k=0,1,...,K,\ \tau=t_*/K\big\}.$$

Обозначим через $c^k_{i,j}$ приближенные значения объемной концентрации $c(t_k,r_i,z_j)$. С целью некоторого технического упрощения изложения при переходе с k-го на $(k+1)$-й слой по времени t будем опускать номер слоя:

$$c_{i,j}=c^k_{i,j},\quad \bar c_{i,j}=c^{k+1/2}_{i,j},\quad \hat c_{i,j}=c^{k+1}_{i,j}.$$

Для уравнения (1) рассмотрим неявную разностную схему метода переменных направлений, называемую продольно-поперечной (схемой Писмена-Рэкфорда) [2]. Переход от слоя k к слою $(k+1)$ осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются промежуточные значения $\bar c_{i,j}$ из соотношений

$$\frac{\bar c_{i,j}-c_{i,j}}{0{,}5\,\tau D}=\frac{c_{i,j-1}-2\,c_{i,j}+c_{i,j+1}}{h_z^2}+ \\ +\frac{\bar c_{i-1,j}-2\,\bar c_{i,j}+\bar c_{i+1,j}}{h_r^2}+\frac{\bar c_{i+1,j}-\bar c_{i-1,j}}{2\,r_ih_r}.$$

На втором этапе, пользуясь уже известными $\bar c_{i,j}$, находим $\hat c_{i,j}$ из системы уравнений

$$\frac{\hat c_{i,j}-\bar c_{i,j}}{0,5\,\tau D}=\frac{\hat c_{i,j-1}-2\,\hat c_{i,j}+\hat c_{i,j+1}}{h_z^2}+ \\ +\frac{\bar c_{i-1,j}-2\,\bar c_{i,j}+\bar c_{i+1,j}}{h_r^2}+\frac{\bar c_{i+1,j}-\bar c_{i-1,j}}{2\,r_ih_r}. \qquad (7)$$

Данные выражения (для первого и второго этапа) рассматриваются во внутренних узлах (при $i=2,...,N_1-1$, $j=1,...,N_2-1$). Погрешность аппроксимации есть $O(\tau^2+h_r^2+h_z^2)$.

Прогонка по радиусу r

Рассмотрим переход с k-го на $(k+1/2)$-й слой. В обозначениях $\varkappa=2\big(1+h_r^2/[D\tau]\big)$,

$$A_i=\frac{1-[2i]^{-1}}{\varkappa},\quad B_i=\frac{1+[2i]^{-1}}{\varkappa},\quad \Big(i=\frac{r_i}{h_r}\Big),$$

$$F_{i,j}=\Big(\frac{h_r}{h_z}\Big)^2\frac{c_{i,j-1}-2c_{i,j}+c_{i,j+1}}{\varkappa}+\Big[1-\frac{2}{\varkappa}\Big]c_{i,j}$$

при каждом фиксированном $j=1,2,\ldots,N_2-1$ получаем при $k\geqslant 0$

$$A_i\bar c_{i-1,j}-\bar c_{i,j}+B_i\bar c_{i+1,j}+F_{i,j}=0,\ (0<i<N_1). \qquad (8)$$

Значения в начальный момент времени известны: $c^0_{i,j}=0$. Следуя методу прогонки, ищем приближенные значения концентрации в узлах сетки на $(k+1/2)$-м слое $(k\geqslant 0)$ в виде

$$\bar c_{i,j}=\alpha_{i+1,j}\,\bar c_{i+1,j}+\beta_{i+1,j},\ i=0,...,N_1-1. \qquad (9)$$

Прогоночные коэффициенты: $i=2,3,\ldots,N_1$,

$$\alpha_{i,j}=\frac{B_{i-1}}{1-A_{i-1}\,\alpha_{i-1,j}},\\ \beta_{i,j}=\frac{F_{i-1,j}+A_{i-1}\,\beta_{i-1,j}}{1-A_{i-1}\alpha_{i-1,j}}. \qquad (10)$$

Варианты начальных коэффициентов

- Запишем соотношение (8) для $i=1$:

$$\frac{1}{2\varkappa}\,\bar c_{0,j}-\bar c_{1,j}+\frac{3}{2\varkappa}\,\bar c_{2,j}+F_{1,j}=0. \qquad (11)$$

Используя второе из граничных условий (5) ($c_r|_{+0}=0$), с точностью до $O(h_r^2)$

$$-\bar c_{2,j}+4\bar c_{1,j}-3\bar c_{0,j}\approx \\ \approx 2h_rc_r(t_{k+1/2},+0,z_j)=0. \qquad (12)$$

Учитывая (11) и (12), находим

$$\alpha_{1,j}=(6-\varkappa)/4,\quad \beta_{1,j}=F_{1,j}\,\varkappa/4. \qquad (13)$$

- При $r\to+0$ имеем

$$c_r/r=(c_r(t,r,z)-c_r(t,+0,z))/r\approx c_{rr}.$$

Начальные прогоночные коэффициенты $\alpha_{1,j}$, $\beta_{1,j}$ находим из аппроксимации уравнения $c_t=D(2c_{rr}+c_{zz})$ на $(k+1/2)$-м слое при $i=1$ и условия $c_r|_{+0}=0$:

$$2(\bar c_{0,j}+\bar c_{2,j})/\varkappa-\bar c_{1,j}(1+2/\varkappa)+F_{1,j}=0, \qquad (14)$$

$\bar c_{2,j}=4\bar c_{1,j}-3\bar c_{0,j}$, откуда

$$\alpha_{1,j}=(6-\varkappa)/4,\quad \beta_{1,j}=F_{1,j}\,\varkappa/4. \qquad (15)$$

Получили те же выражения, что и (13).

- Для нахождения начальных прогоночных коэффициентов воспользуемся осевой симметрией. Значению $r=0$ соответствует ось цилиндра. Формально пространственную область $[0,L]\times[0,H]$ можно рассматривать как половину осевого сечения цилиндра. Ориентируясь на общую идею метода фиктивных областей [8], формально добавим симметричный узел $(i=-1)$ и положим $\bar c_{-1,j}=\bar c_{1,j}$,

$$\bar c_{-1,j}\approx c(t_{k+1/2},-h_r,z_j)=c(t_{k+1/2},h_r,z_j).$$

Продолжая действовать формально, запишем уравнение (8) для $i = 0$ ($r \approx 0$), учитывая условие симметрии $\bar{c}_{-1,j} = \bar{c}_{1,j}$:

$$\frac{\bar{c}_{-1,j}}{\varkappa}\Big(1-\frac{h_r}{2r}\Big)-\bar{c}_{0,j}+\frac{\bar{c}_{1,j}}{\varkappa}\Big(1+\frac{h_r}{2r}\Big)+F_{0,j}=0.$$

Особенность (деление на $r \approx 0$) при условии $\bar{c}_{-1,j} = \bar{c}_{1,j}$ «сокращается», получаем $\alpha_{1,j} = 2/\varkappa$, $\beta_{1,j} = F_{0,j}$. Отметим, что при $h_r^2/[D\tau] \to 1$ начальные прогоночные коэффициенты такие же, как и в (13), (15). Сравнимости по порядку $h_r^2/[D\tau] \sim 1$ целесообразно придерживаться из соображений соизмеримости ошибок аппроксимации производных по времени и пространственным переменным.

- Продолжим функцию симметрично: $c(t, r, z) = c(t, -r, z)$ ($r < 0$), т. е. допустим $r \in [-L, L]$, оставив то же уравнение диффузии. Непосредственно при $r = 0$ имеем за счет $c_r|_{+0} = 0$ разрешимую особенность: $c_t = D(2c_{rr} + c_{zz})$, $r = \pm 0$. Формально «склеим» уравнение диффузии на $[-L, L]$. Аналогично соотношению (14) получаем

$$2(\bar{c}_{-1,j} + \bar{c}_{1,j})/\varkappa - \bar{c}_{0,j}(1 + 2/\varkappa) + F_{0,j} = 0.$$

Положив $\bar{c}_{-1,j} = \bar{c}_{1,j}$, находим

$$\alpha_{1,j}=4/(2+\varkappa),\ \beta_{1,j}=F_{0,j}\varkappa/(2+\varkappa). \quad (16)$$

Численные эксперименты показали, что все варианты нахождения начальных коэффициентов при расчете на достаточно мелкой сетке приводят к одинаковым результатам.

После выполнения прямого хода прогонки (вычисления $\alpha_{i,j}$, $\beta_{i,j}$) *ближайшая цель* — найти значение $\bar{c}_{N_1,j}$, необходимое для реализации обратного хода прогонки. Запишем аппроксимацию первого из граничных условий (5) при $r = L$ $\big(c_r(t, L, z) = 0\big)$. В граничном узле с точностью до $O(h_r^2)$ [1] имеем

$$2h_r c_r(t_{k+1/2}, L, z_j) \approx \bar{c}_{N_1-2,j} - 4\bar{c}_{N_1-1,j} + 3\bar{c}_{N_1,j}.$$

Подставляя значения $\bar{c}_{N_1-2,j}$, $\bar{c}_{N_1-1,j}$ из соотношения (9), находим

$$\bar{c}_{N_1,j} = \frac{\beta_{N_1,j}(4 - \alpha_{N_1-1,j}) - \beta_{N_1-1,j}}{3 + \alpha_{N_1,j}(\alpha_{N_1-1,j} - 4)}.$$

По формуле (9) $\big(\bar{c}_{i,j} = \alpha_{i+1,j}\,\bar{c}_{i+1,j} + \beta_{i+1,j}$, $i = 0, ..., N_1 - 1\big)$ определяем искомые значения $\bar{c}_{i,j}$, $i = 0, \ldots, N_1 - 1$, $j = 1, \ldots, N_2 - 1$.

Теперь найдем оставшиеся приближения $\bar{c}_{i,j}$ при $j = 0$ и $j = N_2$, $i = 0, 1, \ldots, N_1$. Значения $\bar{c}_{i,N_2} = 0$ согласно граничному условию (4) при $z = H$ $\big(c(t, r, H) = 0\big)$. Введем обозначение $i_0 = \max\{i : r_i \leqslant r_0\}$. Тогда из граничных условий (2), (3) ($z = 0$) получаем приближения $\bar{c}_{i,0} = c_0$, $i = 0, 1, \ldots, i_0$ и $\bar{c}_{i,0} = (4\bar{c}_{i,1} - \bar{c}_{i,2})/3$, $i = i_0 + 1, \ldots, N_1$.

Прогонка по переменной z

Поскольку в цилиндрических координатах возникает особенность при $r \to +0$, и на границе $z = 0$ задано смешанное краевое условие, то переход с $(k + 1/2)$-го на $(k + 1)$-й слой по времени совершается в два шага.

Первый шаг: $i = 1$, $r \to +0$ (аппроксимируем $c_r/r \approx c_{rr}$), реализуется алгоритм прогонки для уравнения $c_t = D(2c_{rr} + c_{zz})$. Аппроксимация уравнения $c_t = D(2c_{rr} + c_{zz})$:

$$\frac{\hat{c}_{1,j} - \bar{c}_{1,j}}{0{,}5\,\tau D} = \frac{\hat{c}_{1,j-1} - 2\,\hat{c}_{1,j} + \hat{c}_{1,j+1}}{h_z^2} + 2\,\frac{\bar{c}_{0,j} - 2\,\bar{c}_{1,j} + \bar{c}_{2,j}}{h_r^2}.$$

В обозначениях $G = 2\big(1 + h_z^2/[D\tau]\big)$,

$$\bar{F}_{1,j} = 2\Big(\frac{h_z}{h_r}\Big)^2\big(\bar{c}_{0,j} - 2\bar{c}_{1,j} + \bar{c}_{2,j}\big) + (G-2)\bar{c}_{1,j}$$

получаем

$$\hat{c}_{1,j-1} - G\,\hat{c}_{1,j} + \hat{c}_{1,j+1} + \bar{F}_{1,j} = 0,\ \ k \geqslant 0. \quad (17)$$

Ищем приближенные значения концентрации на $(k + 1)$-м слое по времени в виде

$$\hat{c}_{1,j}=\alpha_{1,j+1}\hat{c}_{1,j+1}+\beta_{1,j+1},\ j=0,...,N_2-1. \quad (18)$$

Подставляя в (17), находим прогоночные коэффициенты: $j = 2, 3, \ldots, N_2$,

$$\alpha_{1,j}=\frac{1}{G-\alpha_{1,j-1}},\ \beta_{1,j}=\frac{\bar{F}_{1,j-1}+\beta_{1,j-1}}{G-\alpha_{1,j-1}}. \quad (19)$$

Начальные коэффициенты $\alpha_{1,1}$, $\beta_{1,1}$ находим из формулы (18) при $j = 0$ и условия (2) ($\hat{c}_{1,0} = c_0$): $\alpha_{1,1} = 0$, $\beta_{1,1} = c_0$.

Второй шаг: $i = 2, \ldots, N_1 - 1$, $r > 0$, прогонка для уравнения (1) ($c_t = D(c_{rr} + c_r/r + c_{zz})$). Из разностного соотношения (7), обозначив

$$\bar{F}_{i,j} = \Big(\frac{h_z}{h_r}\Big)^2\Big[\Big(1 - \frac{1}{2i}\Big)\bar{c}_{i-1,j} - 2\Big(1 - \frac{h_r^2}{D\tau}\Big)\bar{c}_{i,j} + \Big(1 + \frac{1}{2i}\Big)\bar{c}_{i+1,j}\Big],$$

при каждом $i = 2, 3, \ldots, N_1 - 1$ получаем

$$\hat{c}_{i,j-1} - G\hat{c}_{i,j} + \hat{c}_{i,j+1} + \bar{F}_{i,j} = 0, \;\; k \geqslant 0. \quad (20)$$

Ищем значения концентрации в узлах сетки на $(k+1)$-м слое по времени в виде

$$\hat{c}_{i,j} = \alpha_{i,j+1}\,\hat{c}_{i,j+1} + \beta_{i,j+1}, \;\; j = 0, ..., N_2. \quad (21)$$

Прогоночные коэффициенты: $j = 2, 3, \ldots, N_2$,

$$\alpha_{i,j} = \frac{1}{G - \alpha_{i,j-1}}, \;\; \beta_{i,j} = \frac{\bar{F}_{i,j-1} + \beta_{i,j-1}}{G - \alpha_{i,j-1}}. \quad (22)$$

Начальные коэффициенты при $r \leqslant r_0$ $(i \leqslant i_0)$ находим из (21) $(j = 0)$ и условия (2) $\hat{c}_{i,0} = c_0$: $\alpha_{i,1} = 0$, $\beta_{i,1} = c_0$. Начальные коэффициенты при $r > r_0$ $(i > i_0)$ определяем из (20) при $j = 1$ и условия (3) $c_z(t, r, 0) = 0, r > r_0$: $\alpha_{i,1} = 2 - G/2$, $\beta_{i,1} = \bar{F}_{i,1}/2$.

Граничные значения, необходимые для реализации обратного хода прогонки, находим из условия (4): $\hat{c}_{i,\,N_2} = 0$. По формулам (18), (21) вычисляем значения $\hat{c}_{i,j}$ для $i = 1, \ldots, N_1 - 1$, $j = 0, \ldots, N_2 - 1$.

Найдем оставшиеся значения $\hat{c}_{i,j}$ при $i = 0$ и $i = N_1$, $j = 0, 1, \ldots, N_2$. Используя второе из условий (5) $(c_r|_{+0} = 0)$, из аппроксимации (12) получаем $\hat{c}_{0,j} = (4\hat{c}_{1,j} - \hat{c}_{2,j})/3$. Аналогично, согласно первому условию (5) $c_r(t, L, z) = 0$ и

$$\hat{c}_{N_1,j} = (4\hat{c}_{N_1-1,j} - \hat{c}_{N_1-2,j})/3.$$

Как и на этапе прогонки по r можно предложить другой вариант вычислений с использованием дополнительного (фиктивного) узла. В этом случае значения концентрации на границе $(i = 0)$ можно искать в цикле прогонки по переменной z, а при нахождении $\bar{F}_{0,j}$ формально считать, что имеются узлы $\hat{c}_{-1,j}$ $(\hat{c}_{-1,j} = \hat{c}_{1,j})$.

Вычислительный алгоритм

Для контроля вычислений используем критерий материального баланса в объеме:

$$\int_0^{t_*} \Big[-D \int_0^{r_0} \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_0 2\pi r\, dr \Big] dt - \int_0^{t_*} \Big[-D \int_0^{L} \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_H 2\pi r\, dr \Big] dt = \int_0^{H} \int_0^{L} c(t_*, r, z)\, 2\pi r\, dr dz.$$

Слева — разность количеств атомов водорода, растворившихся в образце на входной стороне сквозь дефект покрытия и покинувших выходную сторону, а справа — количество H, находящихся в материале. Вместо t_* можно использовать и другие «контрольные» значения t.

Обозначим входной и выходной потоки через

$$J_0(t) = -D \int_0^{r_0} \frac{\partial c(t, r, 0)}{\partial z}\, 2\pi r\, dr,$$

$$J_H(t) = -D \int_0^{L} \frac{\partial c(t, r, H)}{\partial z}\, 2\pi r\, dr.$$

В программной реализации предусмотрен контроль дисбаланса относительно входного потока на уровне процента:

$$\frac{\Big| \int\limits_0^{t_*} J_0(t)\, dt - \int\limits_0^{t_*} J_H(t)\, dt - \int\limits_0^{H}\int\limits_0^{L} c(t_*, r, z) 2\pi r\, dr dz \Big|}{\int\limits_0^{t_*} J_0(t)\, dt} \leqslant 0,01.$$

Для повышения точности результата вычислений использовалось *правило Рунге-Ромберга* [1]. Кратко приведем его реализацию в контексте рассматриваемой задачи. Первая и вторая производная по переменной r заменялись центральными разностными производными, поэтому, выполнив дополнительную серию расчетов с шагом по радиусу $(h_r/2)$, можно улучшить аппроксимацию в объеме на два порядка. Уточненные значения концентрации находим по формуле

$$C(t, r, z) = \big(4c_{h_r/2}(t, r, z) - c_{h_r}(t, r, z)\big)/3. \quad (23)$$

Чтобы сохранить общий порядок аппроксимации $O(h_r^4 + h_z^2 + \tau^2)$, в граничных узлах сетки с точностью до $O(h_r^4)$ (используем метод неопределенных коэффициентов [7]) полагаем для c_r

$$c_r(t, L, z_j) \approx \frac{3c_{N_1-4,j} - 16c_{N_1-3,j} + 36c_{N_1-2,j} - 48c_{N_1-1,j} + 25c_{N_1,j}}{24h_r}. \quad (24)$$

Приведем в компактной форме *алгоритм вычислений*. Переход от k-го слоя по времени к $(k+1)$-му осуществляется в два этапа.

I-й этап: на $(k+1/2)$-м слое ($k \geqslant 0$) проводим следующие вычисления.

1. Вычисляем прогоночные коэффициенты $\alpha_{i,j}$, $\beta_{i,j}$ по формулам (13). Находим значение концентрации $c_{N_1,j}$ для граничного узла из аппроксимации $c_r(t, L, z) = 0$ с точностью до $O(h_r^4)$ по формуле (24). Обратным ходом прогонки восстанавливаем значения концентрации в оставшихся узлах.
2. В соответствии с граничными условиями (2), (3) и (4) определяем значения концентрации $c_{i,j}$ для $j = 0$ и $j = N_2$, $i = 0, 1, \ldots, N_1$.
3. Выполняем повторно пункты $1, 2$ с шагом по радиусу $h_r/2$. По правилу Рунге-Ромберга (формула (23)) находим уточненные значения концентрации во всех узлах слоя.

II-й этап — переход на $(k+1)$-й слой.

1. Для $i = 1, 2, \ldots, N_1 - 1$ вычисляем наборы прогоночных коэффициентов $\alpha_{i,j}$, $\beta_{i,j}$, $j = 1, 2, \ldots, N_2 - 1$ по формулам (19), (22). В силу граничного условия $c_{i,N_2} = 0$. Обратным ходом прогонки восстанавливаем значения концентрации в узлах сетки по формулам (18), (21).
2. В соответствии с граничными условиями $c_r|_{r=+0,L} = 0$ определяем значения концентрации $c_{i,j}$ ($i = 0$ и $i = N_1$, $j = 0, 1, \ldots, N_2$) с точностью до $O(h_r^4)$ согласно формуле (24).
3. Выполняем повторно пункты $1, 2$ с половинным шагом по радиусу (на $(k+1/2)$-м слое по времени). По правилу Рунге-Ромберга (см. (23)) находим уточненные значения концентрации во всех узлах слоя.
4. Проверяем выполнение материального баланса с заданной точностью.

Результаты моделирования

Безразмерная форма краевой задачи

Для численного моделирования перейдем к безразмерным переменным, используя естественные для данной задачи нормировки: $u = c/c_0$, $\rho = r/L$, $\zeta = z/H$, $\tau = (D/L^2)t$. Значение L^2/D интерпретируется как характерное время диффузионного выравнивания концентрации [4] в области с линейными размерами порядка L (в вертикальном направлении, по оси z, диффузия при сравнимых H быстрее вследствие вакуумирования с выходной стороны). Обозначив $\rho_0 = r_0/L$, $R = L/H$, приходим к безразмерной краевой задаче:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho}\Big(\rho \frac{\partial u}{\partial \rho}\Big) + R^2 \frac{\partial^2 u}{\partial \zeta^2},\\
&\rho \in (0,1),\ \zeta \in (0,1),\ \tau > 0,\\
&u(\tau, \rho, 0) = 1, \quad \rho \in [0, \rho_0],\ \rho_0 < 1,\\
&\frac{\partial u}{\partial \zeta}(\tau, \rho, 0) = 0, \quad \rho \in (\rho_0, 1],\ \tau \geqslant 0,\\
&u(\tau, \rho, 1) = 0, \quad \rho \in [0, 1],\ \tau \geqslant 0,\\
&\frac{\partial u}{\partial \rho}(\tau, 1, \zeta) = 0,\ \frac{\partial u}{\partial \rho}(\tau, +0, \zeta) = 0,\ \zeta \in [0, 1],\\
&u(0, \rho, \zeta) = 0, \quad \rho \in [0, 1],\ \zeta \in [0, 1].
\end{aligned}
$$

Варьируемыми являются $R > 0$ и $\rho_0 \in (0, 1)$. Формально получили уравнение диффузии в анизотропной среде: $D_\rho = 1$, $D_\zeta = R^2$. Чем меньше H (тоньше перегородка), тем быстрее диффузия в направлении ζ (оси z). Коэффициент D_ζ отражает соотношение геометрических характеристик образца. За «время» τ характерной «длиной» по ρ является величина $\sqrt{\tau}$, а по ζ — $R\sqrt{\tau}$. Установление ($u_\tau \approx 0$) определяется значением $\tau_* = (D/L^2)t_*$.

Введем безразмерный усредненный (по основанию площади π) выходной поток

$$
U(\tau) = -\frac{1}{\pi} \int_0^1 R^2 \frac{\partial u}{\partial \zeta}\Big|_{\zeta=1} 2\pi\rho \, d\rho.
$$

Функция $U(\tau)$ монотонно растет, выходя асимптотически на стационарное значение $U_* = U(\tau_*)$. В отсутствие защитного покрытия (формально $\rho_0 = 1$) имеем максимум $U_* = R^2$.

Исходный усредненный поток имеет вид

$$
\begin{aligned}
&\frac{J(t)}{\pi L^2} = \frac{Dc_0}{H} V(\tau), \quad \big(\tau = DL^{-2}t\big),\\
&V(\tau) = R^{-2}U(\tau) = -\frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{\partial u}{\partial \zeta}\Big|_{\zeta=1} 2\pi\rho \, d\rho.
\end{aligned}
$$

Величина Dc_0/H равна плотности проникающего стационарного потока в отсутствие защитного покрытия ($\rho_0 = 1$). Следовательно, число $V(DL^{-2}t) \in (0,1)$ является долей $J(t)/(\pi L^2)$ в максимально возможной плотности выходного потока Dc_0/H. В пределе имеем максимум $V_* = R^{-2}U_* = 1$ ($\rho_0 = 1$).

Для определенности фиксируем диапазон коэффициента диффузии D: $10^{-7} - 10^{-5}$ см$^2/c$, и будем рассматривать цилиндрическую перегородку, соизмеримую с мелкой монетой. В безразмерной модели остановимся на следующих значениях параметров:

$$\rho_0 = \{1/50, 2/50, \ldots, 1/5\},$$
$$R = \{1/3, 1/2, 7/10, 1, 3/2, 3, 5, 7, 10\}.$$

На начальных шагах по времени, когда в образце еще пренебрежимо мало водорода, но в приповерхностном объеме под дефектом покрытия уже устанавливается концентрация $u(\rho, 0) = 1$ ($\rho \leqslant \rho_0$), происходит резкий скачок концентрации в узлах, прилегающих к дефекту, что приводит к росту погрешности по критерию материального баланса. Чтобы сгладить этот начальный всплеск, при решении безразмерной задачи концентрацию водорода под дефектом защитного покрытия наращиваем постепенно, но относительно быстро. Это соответствует физическим предположениям и лишь формализовано в модели начальным скачком концентрации. Для относительно малых шагов $\Delta\tau$ (порядка секунды в исходном времени t — за это время ничего значительного в «копейке» не произойдет) определим $u(\Delta\tau, \rho, 0) = 10^{-3}$, $u(2\Delta\tau, \rho, 0) = 10^{-2}$, $u(3\Delta\tau, \rho, 0) = 10^{-1}$, $u(4\Delta\tau, \rho, 0) = 0,5$, $u(5\Delta\tau, \rho, 0) = 1$, $\rho \leqslant \rho_0$. За пять шагов выходим на уровень $u = 1$ под дефектом и за счет этого сглаживаем начальный модельный всплеск входного потока. Формально при контроле материального баланса сдвигаем время начала эксперимента: $0 \to 5\Delta\tau$.

Выходными параметрами эксперимента являются τ_*, τ_0, U_*, V_*, где τ_0 — время запаздывания, вычисляемое по формуле

$$\tau_0 = \tau_* - S(\tau_*)/\dot{S}(\tau_*) = \tau_* - S(\tau_*)/U(\tau_*),$$
$$S(\tau) \equiv \int_0^\tau U(\tau)\, d\tau \quad \left(\dot{S} \equiv dS/d\tau\right).$$

В исходном времени $t_0 = t_* - \int_0^{t_*} J(t)\, dt/J(t_*)$. Геометрически это точка пересечения асимптоты графика количества проникающего сквозь перегородку водорода с осью t. С учетом асимптотического характера выхода на стационарный режим проницаемости точность вычислений $\tau_0(t_0)$ возрастает с ростом $\tau_*(t_*)$. Время выхода на стационар, значения установившегося потока и время запаздывания — регистрируемые величины, являющиеся входной информацией при решении обратной задачи оценки кинетических параметров проницаемости по экспериментальным данным.

Критерий останова и тестирование

При выборе критерия останова использовались два условия:

$$\left\{U(\tau_n) > \alpha(\rho_0 R)^2\right\} \wedge \left\{\frac{U(\tau_n) - U(\tau_{n-\bar{n}})}{CR^2} < \varepsilon\right\}.$$

Здесь первое условие необходимо, чтобы исключить останов в начале эксперимента, когда выходной поток очень мал. Ориентиром является $\max U(\tau_*) = R^2$ ($\rho_0 = 1$) и пропорциональность (в линейном приближении) потока площади дефекта ($\sim \rho_0^2$). Коэффициент α является эмпирическим, в рассматриваемом диапазоне параметров модели использовалось значение $\alpha = 1/30$. Второе условие срабатывает, когда изменение потока относительно мало в течение «заметного» времени реального эксперимента (например, $t_n - t_{n-\bar{n}} \sim 1$ мин.).

Второй вариант критерия останова:

$$\left\{\ddot{U}(\tau_n) < 0\right\} \wedge \left\{\frac{U(\tau_n) - U(\tau_{n-\bar{n}})}{C \cdot R^2} < \varepsilon\right\}.$$

В этом случае первое условие учитывает, что графики усредненного потока имеют точку перегиба: сначала кривая выпуклая, а по мере насыщения образца становится вогнутой. Цель первого условия в этом критерии та же — не остановить вычисления преждевременно.

В данной работе решается прямая задача с целью выявления качественных зависимостей величин U_*, τ_*, τ_0 от параметров модели.

На рис. 1–3 представлены результаты численных экспериментов для различных C $\left([D] = \text{см}^2/c\right)$: $C_1 = \rho_0^2$ (моменты останова для соответствующего значения ε обозначены ◯), $C_2 = U(\tau_{n-\bar{n}})$(■), $C_3 = \tau_n - \tau_{n-\bar{n}}$ (△). Результаты для различных R, ρ_0, D показали, что на модельных кривых наиболее приемлемо ограничение «производной» выходного потока (△). В последующих расчетах использовался второй критерий при $C = C_3$ и $\varepsilon = 10^{-3}$.

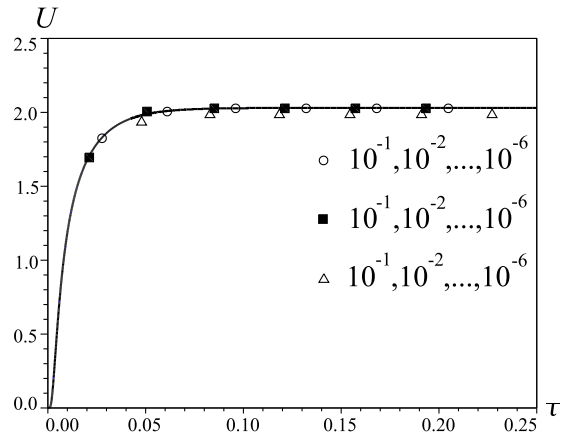


Рис. 1. Останов: $D = 10^{-5}$, $R = 5$, $\rho_0 = 0,2$

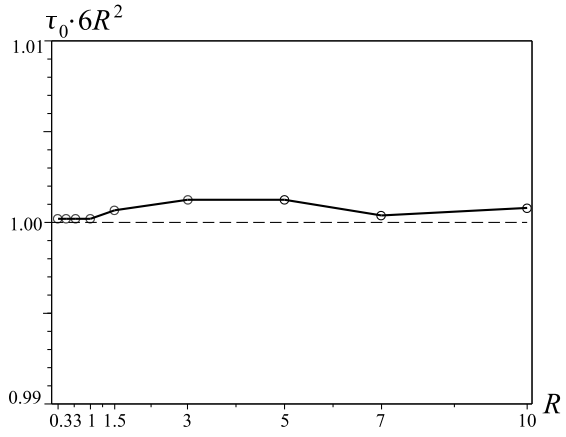


Рис. 4. Контроль: τ_0, $\rho_0 = 1$

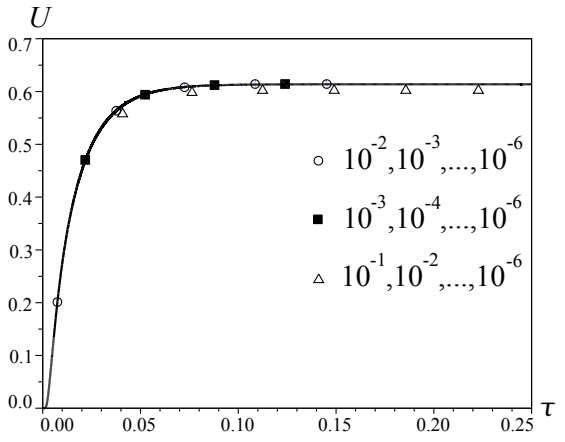


Рис. 2. Останов: $D = 10^{-7}$, $R = 5$, $\rho_0 = 0,08$

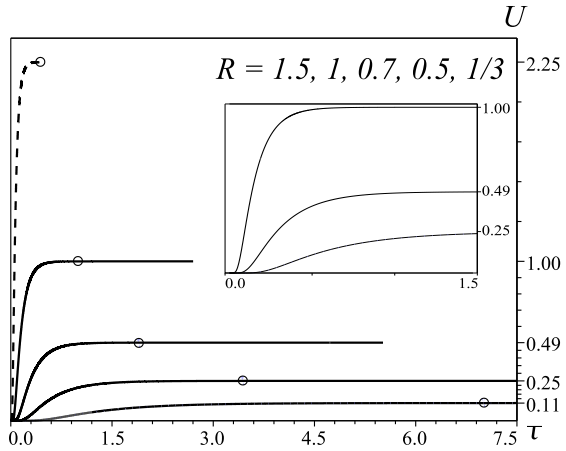


Рис. 5. Выбор τ_*, $R \leqslant 1,5$

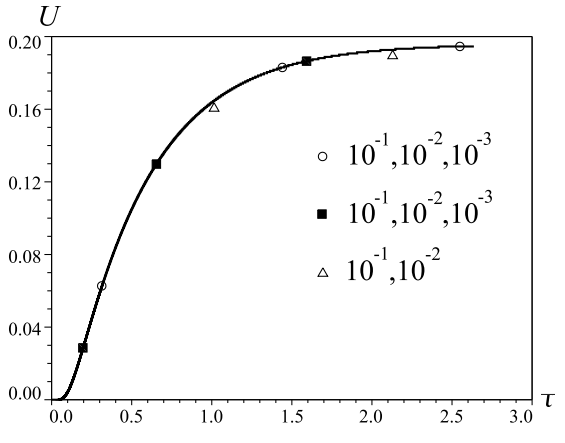


Рис. 3. Останов: $D = 10^{-5}$, $R = 0,8$, $\rho_0 = 0,2$

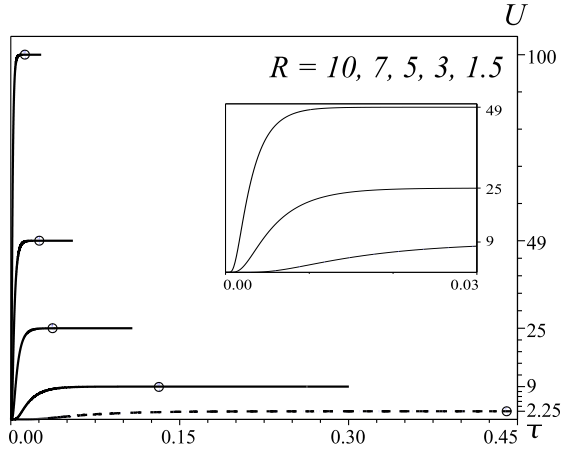


Рис. 6. Выбор τ_*, $R \geqslant 1,5$

Дополнительно проведены контрольные расчеты при $\rho_0 = 1$ — это соответствует пластине без защитного покрытия. Расчеты подтвердили, что выполняется асимптотический выход на линейное стационарное распределение $u(\tau, \rho, \zeta) = 1 - \zeta$ $(\tau \geqslant \tau_*)$. Кроме того, как известно, время запаздывания проникающего потока сквозь пластину толщины ℓ

равно $\ell^2/[6D]$ [3], в нашем случае $1/[6R^2]$ (рис. 4). Также проверена асимптотика $U_* \to R^2$ при $\rho_0 \to 1$. Правильность автоматического выбора момента окончания эксперимента для различных R проиллюстрирована на рис. 5–6.

На рис. 7–16 представлены результаты численного моделирования при варьировании параметров R и ρ_0. По итогам эксперимента в безразмерной форме рассматриваем три основные характеристики τ_*, τ_0, U_* ($V_* = R^{-2}U_*$). Каждый из выходных параметров эксперимента представлен на двух рисунках: отдельно для $R \leqslant 1,5$ и $R \geqslant 1,5$, так как полученные значения на этих промежутках отличаются на порядок. По умолчанию очередность перечисления значений соответствует убыванию максимумов. «Водораздел» $R = 1,5$, разумеется, достаточно условен. В широком диапазоне параметров (в том числе и D) на качественном уровне следует говорить об относительно малых и больших R и ρ_0.

На рис. 7–10 заметна слабая зависимость (безразмерных) временны́х характристик τ_*, τ_0 от радиуса дефекта. Пунктиром обозначены графики с повторяющимися значениями R на смежных рисунках. В пределах $\rho_0 < 0,2$ (при $\rho_0 \to 1$ уже трудно говорить о наличии защитного покрытия) наблюдается экстремум функций $\tau_*(\rho_0)$, $\tau_0(\rho_0)$ при $R < 1,5$ (смена знака производных на рис. 11, 12). При $R \geqslant 1,5$ сохраняется монотонность. По рисункам 13, 14 можно оценить скорость изменения стационарного уровня U_* при вариациях R и ρ_0.

В целом, на качественном уровне (ориентируясь на экспериментальные погрешности в несколько десятков процентов) можно утверждать, что при $R = L/H > 3$ влияние граничных условий при $r = L$ незначительно и можно практически считать цилиндр пластиной ($L \to +\infty$). Это согласуется с результатом работы [12] и позволяет использовать аналитические методы исследования [10].

Таким образом, вычислительный алгоритм моделирования водородопроницаемости сквозь дефект защитного покрытия (в рамках принятых допущений) протестирован, получены зависимости качественного характера для регистрируемых экспериментально времен установления и запаздывания, а также уровня стационарного режима водородопроницаемости. Разностная схема для случая, когда существенно влияние поверхностных процессов, представлена в [6].

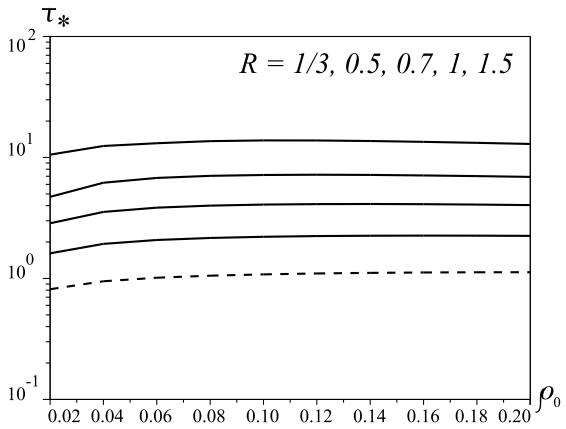


Рис. 7. Время эксперимента, $R \leqslant 1,5$

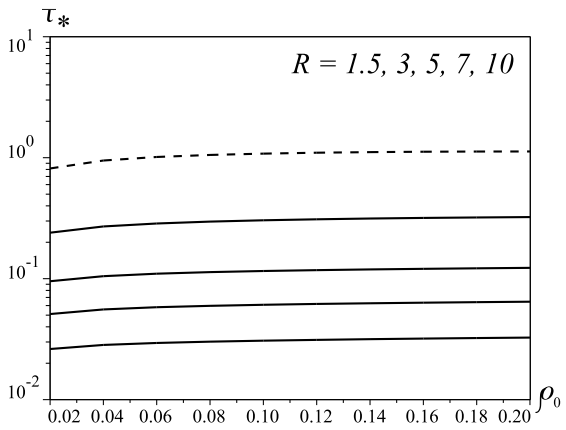


Рис. 8. Время эксперимента, $R \geqslant 1,5$

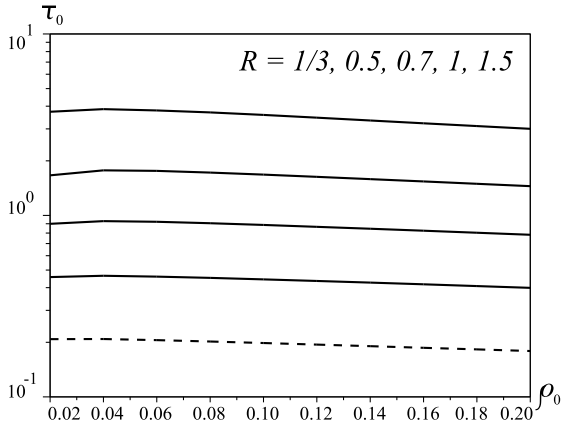


Рис. 9. Время запаздывания, $R \leqslant 1,5$

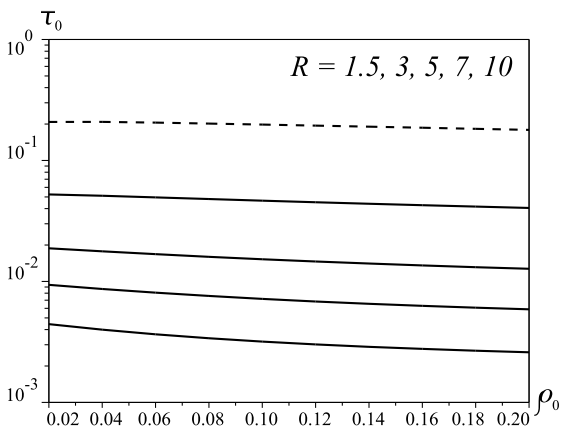


Рис. 10. Время запаздывания, $R \geqslant 1,5$

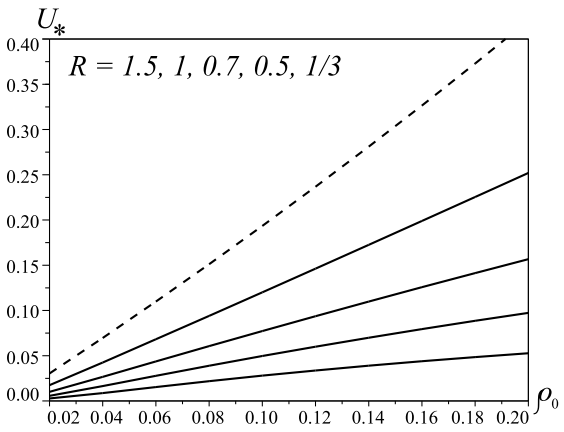


Рис. 13. Стационарный поток, $R \leqslant 1,5$

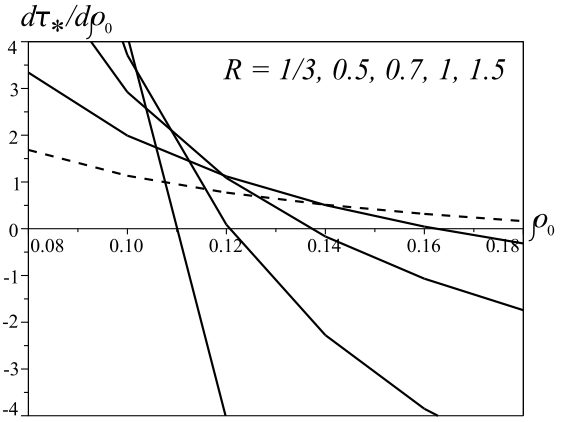


Рис. 11. Скорость изменения τ_*, $R \leqslant 1,5$

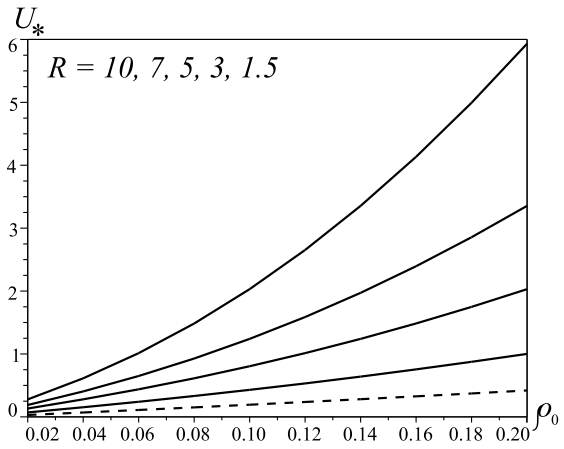


Рис. 14. Стационарный поток, $R \geqslant 1,5$

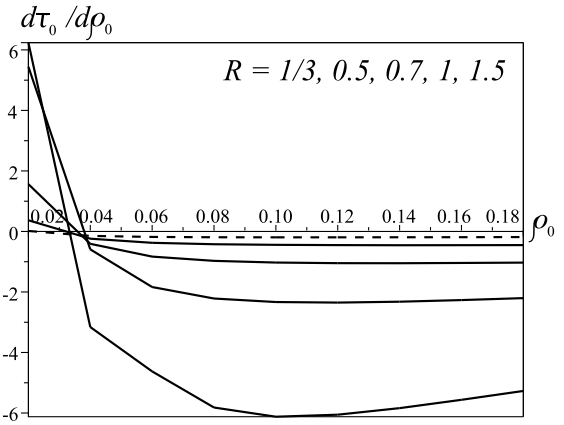


Рис. 12. Скорость изменения τ_0, $R \leqslant 1,5$

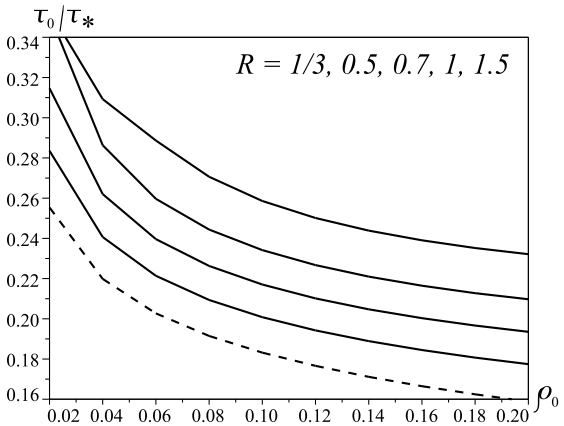


Рис. 15. Доля времени запаздывания, $R \leqslant 1,5$

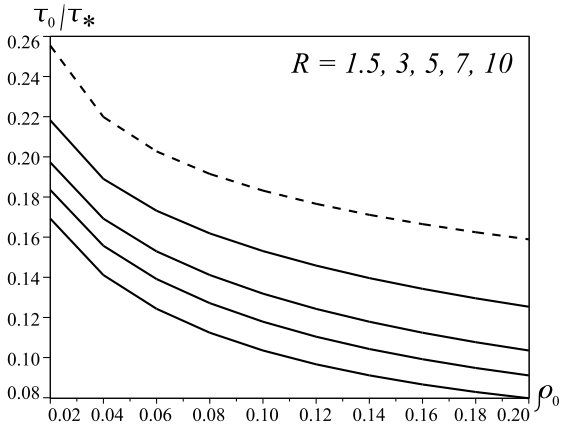


Рис. 16. Доля времени запаздывания, $R \geqslant 1,5$

Литература

1. *Волков Е. А.* Численные методы. М.: Наука, 1987. 248 с.

2. *Косарев В. И.* 12 лекций по вычислительной математике. М.: МФТИ, 2000. 224 с.

3. *Кунин Л. Л., Головин А. И., Суровой Ю. И. Хохрин В. М.* Проблемы дегазации металлов. М.: Наука, 1972. 324 с.

4. *Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М.* Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. М.: Добросвет; КДУ, 2011. 338 с.

5. *Писарев А. А., Цветков И. В., Маренков Е. Д., Ярко С. С.* Проницаемость водорода через металлы. М.: МИФИ, 2008. 144 с.

6. *Родченкова Н. И., Костикова Е. К.* Разностная схема для краевой задачи водородопроницаемости при наличии дефекта защитного покрытия // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. Вып. 2. 2011. № 5. С. 97–102.

7. *Рябенький В. С.* Введение в вычислительную математику. М.: Физматлит, 2000. 296 с.

8. *Самарский А. А., Вабищевич П. Н.* Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.

9. *Самарский А. А.* Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971. 553 с.

10. *Rajendran L., Sangaranarayanan M. V.* A two-point Pade approximation for the non-steady-state chronoamperometric current at ultramicrodisc electrodes // Journal of Electroanalytical Chemistry. Elsevier, 1995. Vol. 392. P. 75–78.

11. *Warrick A. W., Broadbridge P., Lomen D. O.* Approximations for diffusion from a disc source // Applied Mathematical Modelling. Elsevier, 1992. Vol. 16. P. 155–161.

12. *Zajec B.* Hydrogen permeation barrier-recognition of defective barrier film from transient permeation rate // International Journal of Hydrogen Energy. Elsevier, 2011. Vol. 36. P. 7353–7361.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Заика Юрий Васильевич
зав. лаб. моделирования природно-технических систем, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: zaika@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 766312

Zaika, Yury
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: zaika@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 766312

Костикова Екатерина Константиновна
младший научный сотрудник
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: fedorova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 766312

Kostikova, Ekaterina
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: fedorova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 766312

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 33–37

УДК 519.216.5

МАКСИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ УСПЕХА В ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДВУКРАТНОЙ ОСТАНОВКИ ДЛЯ УРНОВОЙ СХЕМЫ

А. А. Ивашко

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматривается задача оптимальной двукратной остановки в урновой схеме. Урна содержит положительные и отрицательные шары. В каждый момент времени из урны вынимаются шары без возвращения. Значение -1 соответствует отрицательному шару, а значение $+1$ — положительному. Ведется наблюдение за суммой поступающих случайных величин. В работе рассматривается задача оптимальной остановки, в которой необходимо с максимальной вероятностью остановиться сначала на наименьшем значении суммы, а затем — на наибольшем. Найдены оптимальные стратегии, а также проведено численное моделирование для нахождения значений порогов принятия решений.

Ключевые слова: оптимальная остановка, выборка из урны, задача о баллотировке.

A. A. Ivashko. MAXIMIZATION OF SUCCESS PROBABILITY IN THE OPTIMAL DOUBLE STOPPING PROBLEM FOR AN URN SCHEME

The optimal double-stopping problem for the urn scheme is considered. An urn contains minus balls and plus balls. One draws balls from the urn sequentially one at a time without replacement. The value -1 is attached to minus ball and value $+1$ to plus ball. One observes the sum of input random variables. The goal is to stop with maximum probability first on the minimum and then on the maximum of the sum. The optimal stopping strategies and the numerical results on decision-making thresholds are obtained.

Key words: optimal stopping, urn sampling, ballot problem.

Введение

В работе рассматривается следующая задача оптимальной двукратной остановки. Пусть в урне имеется m_0 отрицательных и p_0 положительных шаров. Значение -1 соответствует отрицательному шару, а значение $+1$ — положительному. Из урны вынимаются шары последовательно по одному в каждый момент времени без возвращения. Обозначим последовательность $Z_0 = 0, \quad Z_n = \sum\limits_{k=1}^{n} X_k$, $1 \leqslant n \leqslant m_0 + p_0$, где X_k — значение шара, выбранного в момент времени k. Данная последовательность формирует некоторую траекторию (см., например, рис. 1). В каждый момент времени при выборе шара необходимо решить: остановиться или продолжить процесс

выбора. В работе рассматривается задача оптимальной остановки, в которой необходимо с максимальной вероятностью остановиться сначала на наименьшем значении траектории, а затем — на наибольшем. Такие модели могут быть использованы, например, при принятии решений о покупке-продаже финансового актива в случае, если вероятность успешного выбора на каждом шаге меняется.

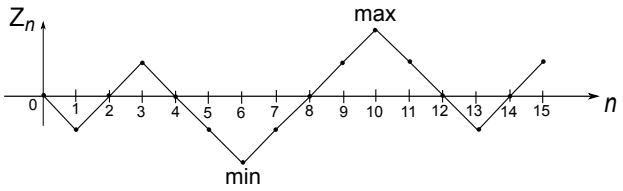


Рис. 1. Пример траектории Z_n для $p_0 = 8$, $m_0 = 7$

В задаче двукратной остановки необходимо найти правило принятия решения, т. е. оптимальные моменты остановки $(\sigma*, \tau*)$ такие, что

$$P\{Z_{\sigma*} = \min_{0\leqslant n\leqslant m_0+p_0} Z_n,\ Z_{\tau*} = \max_{0\leqslant l\leqslant m_0+p_0} Z_l\} = \sup_{(\sigma,\tau)\in C,\sigma<\tau} P\{Z_\sigma = \min_{0\leqslant l\leqslant m_0+p_0} Z_l,\ Z_\tau = \max_{0\leqslant n\leqslant m_0+p_0} Z_n\},$$

где C — класс всех моментов двукратной остановки.

Модели с одной остановкой в урновой схеме были рассмотрены в различных вариантах в зависимости от целей игрока. В работе Л. Шеппа [6] была исследована задача, в которой необходимо максимизировать значение траектории. М. Тамаки [8] получил решение в задаче максимизации вероятности остановки на наибольшем значении траектории. В. Мазалов, М. Тамаки [5] рассмотрели вариант задачи о продолжительности нахождения случайного блуждания в наилучшем состоянии. Модели двукратной остановки последовательностей одинаково распределенных случайных величин можно найти в работах М. Л. Николаева [2], Г. Софронова и др. [7], В. В. Мазалова, А. А. Фалько (Ивашко) [1], А. А. Фалько (Ивашко) [3]. В настоящей работе рассмотрено обобщение задачи М. Тамаки [8] на случай двукратной остановки.

Предположим без потери общности, что $p_0 > m_0$. Пусть из урны уже вынули k шаров. Также известно, что в урне еще осталось m отрицательных шаров и p положительных, т. е. изначально было $k + m + p = p_0 + m_0$ шаров. Обозначим данное состояние (m, p).

Исходная задача двукратной остановки решается в два этапа. Сначала необходимо найти правило остановки траектории на максимальном значении при условии, что известно значение минимума. А затем требуется найти значение оптимального момента остановки на минимальном значении. В следующем разделе приводится решение первого этапа задачи.

Принятие решения при выборе максимума

Пусть наблюдатель уже остановился на минимальном значении $-x$ в состоянии (m_1, p_1), $p_1 \geqslant m_1$, $x = p_1 - m_1 - (p_0 - m_0)$. Для нахождения максимального значения необходимо также знать значение локального максимума траектории, обозначим его $y' = p_0 - m_0 + \max\{m' - p', 0\}$ в состоянии (m', p'), $m' \geqslant p'$ (рис. 2).

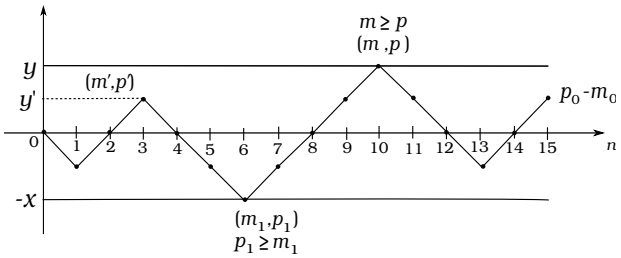


Рис. 2. Z_n для $p_0 = 8$, $m_0 = 7$

Введем обозначения:

$v(m, p, m_1, p_1)$ — вероятность того, что в состоянии (m, p) выбрано наибольшее значение траектории, если наименьшее значение было выбрано в состоянии (m_1, p_1) (вероятность успеха в состоянии (m, p)),

$s(m, p, m_1, p_1)$ — вероятность успеха при остановке процесса выбора,

$c(m, p, m_1, p_1)$ — вероятность успеха при продолжении процесса выбора в состоянии (m, p).

Из теории оптимальной остановки следует

$$v(m, p, m_1, p_1) = \max\{s(m, p, m_1, p_1), c(m, p, m_1, p_1)\},$$

где $m - p \geqslant \max\{m' - p', 0\}$.

При вычислении вероятности успеха при продолжении используется правило «one-stage look-ahead stopping policy», согласно которому наблюдатель продолжает процесс выбора до следующего локального максимума и затем останавливается.

Для вычисления вероятности успеха применяется следующая лемма [4].

Лемма 1 [Феллер] *Пусть $N_{n,x}$ — число траекторий из начала координат в точку (n, x). Пусть $a > 0, b > 0$ и $-b < c < a$. Число траекторий, ведущих в точку (n, c) и не имеющих*

общих точек с прямыми $x=-b$ и $x=a$ равно

$$\sum_{k\in Z} N_{n,2k(a+b)+c} - N_{n,2k(a+b)+2a-c}. \qquad (1)$$

Заметим, что $n=p+m, x=p-m$,

$$N_{n,x} = \binom{p+m}{p} = \binom{n}{(n+x)/2}.$$

Выражение (1) можно переписать в виде

$$\sum_{k\in Z}\left[\binom{p+m}{p+k(a+b)} - \binom{p+m}{m+k(a+b)+a}\right]. \qquad (2)$$

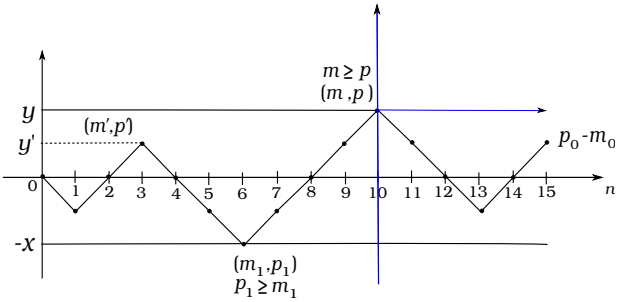


Рис. 3. Принятие решения об остановке в состоянии (m,p)

Из леммы 1 следует, что вероятность успеха при остановке равна

$$s(m,p,m_1,p_1) = P(\{-x-y-1 < Z_j < 1\}_1^{p+m}),$$

$$m-p \geqslant \max\{m'-p',0\},$$

где $y = m-p+p_0-m_0$ — текущее значение максимума (рис. 3). При вычислении вероятности успеха воспользуемся леммой 1 $a=1, b=y+x+1=m-p+p_1-m_1+1$, $c=p-m$.

$$\begin{aligned} s(m,p,m_1,p_1) &= \frac{\sum_{k\in Z}\binom{m+p}{p+kr} - \binom{m+p}{m+kr+1}}{\binom{m+p}{p}} = \\ &= \frac{\sum_{k\in Z}\binom{m+p}{p+kr} - \binom{m+p}{p-1-kr}}{\binom{m+p}{p}} = \\ &= \frac{\sum\limits_{k=-\left[\frac{p}{r}\right]}^{\left[\frac{m}{r}\right]} \binom{m+p}{p+kr}\frac{m-p-2kr+1}{m-kr+1}}{\binom{m+p}{p}}, \end{aligned}$$

где $y+x+2 = m-p+p_1-m_1+2 = r$.

Вероятность успеха при продолжении (рис. 4) равна

$$\begin{aligned} c(m,p,m_1,p_1) &= q_1(m,p)s(m,p-1,m_1,p_1) + \\ &+ \sum_{i=1}^{p} q_{2i}(m,p,m_1,p_1)s(m-i,p-i,m_1,p_1), \end{aligned}$$

где $q_1(m,p) = \frac{p}{m+p}$.

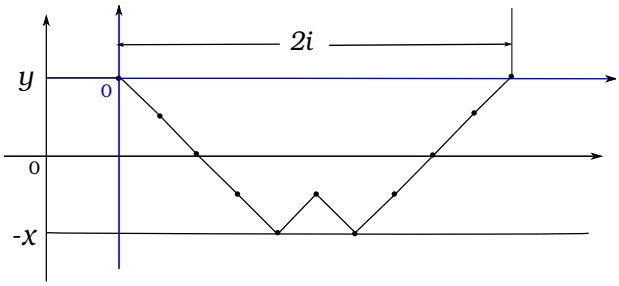


Рис. 4. Вероятность того, что траектория вернется на уровень y через $2i$ шагов и не опустится ниже $-x$

$$\begin{aligned} q_{2i}(m,p,m_1,p_1) &= P\{\min\{n: Z_n=0, Z_j \geqslant -x-y, \\ &1 \leqslant j < n \leqslant m+p\} = 2i | \text{ выбрано } i \text{ отр. и} \\ &i \text{ пол. шаров за } 2i \text{ шагов}\} \cdot \frac{\binom{m}{i}\cdot\binom{p}{i}}{\binom{m+p}{2i}} = \\ &= \frac{\sum_{k\in Z}\binom{2i-2}{i-1+k(y+x+1)} - \binom{2i-2}{i-1+k(y+x+1)+1}}{\binom{2i}{i}} \cdot \frac{\binom{m}{i}\cdot\binom{p}{i}}{\binom{m+p}{2i}} = \\ &= \sum_{k\in Z}\binom{2i-2}{i+k(y+x+1)}\frac{2k(y+x+1)+1}{i-1-k(y+x+1)} \cdot \frac{\binom{m+p-2i}{m-i}}{\binom{m+p}{p}}. \end{aligned}$$

При выводе формулы использовалась лемма 1 ($b=y+x$, $a=1$, $c=0$) и тождество $\binom{n}{a} - \binom{n}{a+1} = \binom{n}{a+1}\frac{2a-n+1}{n-a}$.

Процесс выбора останавливается, если $s(m,p,m_1,p_1) \geqslant c(m,p,m_1,p_1)$, $m-p \geqslant \max\{m'-p',0\}$.

Принятие решения при выборе минимума

Теперь перейдем ко второму этапу задачи.

Пусть локальный максимум траектории был достигнут в состоянии (m',p') и равен $y' = p_0-m_0+\max\{m'-p',0\}$. В состоянии (m,p) наблюдается значение $-x$, $x=p_0-m_0+p-m$ (рис. 5).

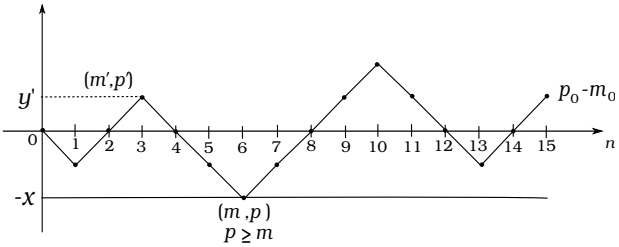


Рис. 5. Принятие решения при выборе минимума в состоянии (m, p)

Обозначим:

$l = x + y' = p - m + \max\{m' - p', 0\}$;

$u(m, p, m', p')$ — вероятность того, что минимальное значение выбрано в состоянии (m, p), а затем будет выбрано максимальное значение позже (вероятность успеха в состоянии (m, p));

$s_1(m, p, m', p')$ — вероятность успеха при остановке процесса выбора;

$c_1(m, p, m', p')$ — вероятность успеха при продолжении процесса выбора в состоянии (m, p).

Так же как и ранее

$$u(m,p,m',p') = \max\{s_1(m,p,m',p'), c_1(m,p,m',p')\},$$

где $p \geqslant m$.

Вероятность успеха при остановке (рис. 6) равна

$$s_1(m,p,m',p') = \sum_{i=0}^{\min\{m,p-l\}} p_{2i+l}(m,p,m',p') \cdot v(m-i, p-(i+l), m, p),$$

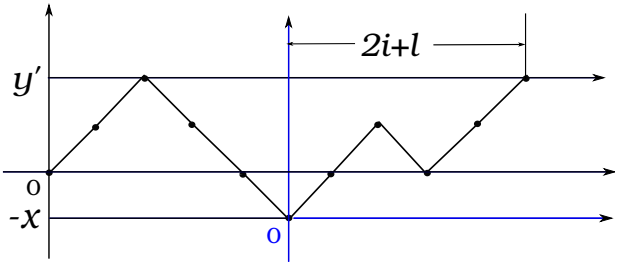


Рис. 6. Вероятность того, что траектория поднимется до уровня y' за $2i + l$ шагов и при этом не опустится ниже $-x$

$p_{2i+l}(m,p,m',p') = P\{\min\{n\colon Z_n = l, Z_j \geqslant 0, 1 \leqslant j < n \leqslant m+p\} = 2i+l |$ выбрано i отр. и $i+l$ пол. шаров за $2i+l$ шагов$\} \cdot \frac{\binom{m}{i}\cdot\binom{p}{i+l}}{\binom{m+p}{2i+l}}$

$$= \frac{\sum\limits_{k\in Z}\left(\binom{2i+l-1}{i+k(l+1)} - \binom{2i+l-1}{i+l-1+k(l+1)+l}\right)}{\binom{2i+l}{i}} \cdot \frac{\binom{m}{i}\cdot\binom{p}{i+l}}{\binom{m+p}{2i+l}}$$

Вероятность успеха при продолжении вычисляется по формуле:

$$c_1(m,p,m',p') = p_1(m,p)s_1(m-1,p,m',p') + \sum_{i=1}^{m} \bar{p}_{2i}(m,p,y')s_1(m-i,p-i,m',p') + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} p_{2i}(m,p,y'+j)s_1(m-i,p-i,m',p'-j),$$

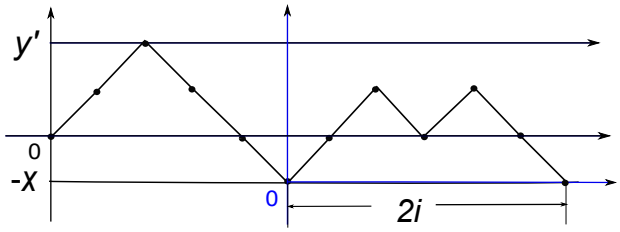


Рис. 7. Вероятность того, что траектория вернется на уровень $-x$ через $2i$ шагов

$p_1(m,p) = \frac{m}{m+p}$,

$\bar{p}_{2i}(m,p,y'+j)$ — вероятность того, что траектория достигнет уровня $-x$ через $2i$ шагов и при этом не поднимется выше уровня y' (рис. 7),

$p_{2i}(m,p,y'+j)$ — вероятность того, что траектория достигнет уровня $-x$ через $2i$ шагов и до этого момента достигнет уровня $y'+j$.

$$p_{2i}(m,p,y'+j) = \Big[P\{\min\{n : Z_n = 0, Z_k \leqslant x+y'+j, 1 \leqslant k < n \leqslant m+p\} = 2i | \text{ выбрано } i \text{ отр. и } i \text{ пол. шаров за } 2i \text{ шагов}\} - P\{\min\{n\colon Z_n = 0, Z_k \leqslant x+y'+j-1, 1 \leqslant k < n \leqslant m+p\} = 2i | \text{ выбрано } i \text{ отр. и } i \text{ пол. шаров за } 2i \text{ шагов}\}\Big] \cdot \frac{\binom{m}{i}\cdot\binom{p}{i}}{\binom{m+p}{2i}}.$$

Процесс выбора останавливается, если $s_1(m,p,m',p') \geqslant c_1(m,p,m',p')$, $p \geqslant m$.

На рис. 8 показаны оптимальные пороги для принятия решения об остановке при выборе минимального и максимального значений для случая $m_0 = p_0 = 10$. Различными линиями показаны пороги для ситуаций, в которых может находиться игрок. На данном

примере видно, что с ростом значений y' пороги остановки на минимальном значении приближаются к оптимальным порогам для случая $p = m$, а с уменьшением выбранного минимального значения пороги для наибольшего значения становятся ниже.

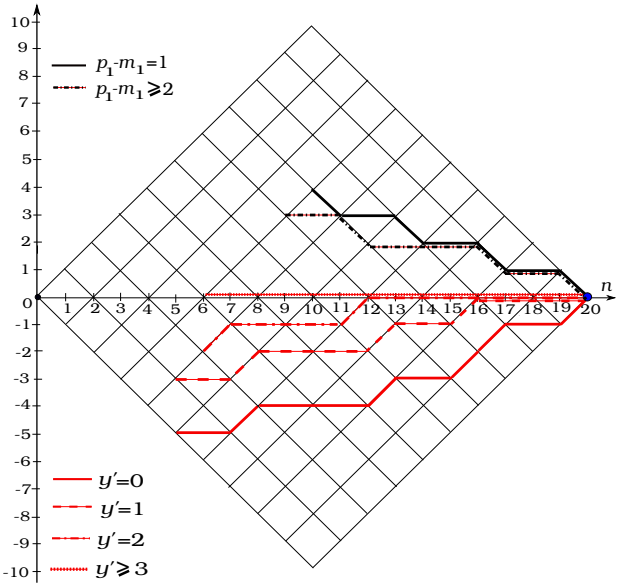


Рис. 8. Оптимальные пороги для принятия решения об остановке, $m_0 = p_0 = 10$

Заключение

В статье рассмотрена задача оптимальной двукратной остановки в урновой схеме. Получено аналитическое решение, позволяющее вычислить значения выигрышей и оптимальных порогов принятия решений. Представлены результаты численного моделирования.

Автор выражает благодарность проф. В. В. Мазалову за помощь в постановке задачи и обсуждении полученных результатов.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект 10-01-00089а и Отделением математических наук.

Литература

1. *Мазалов В. В., Фалько (Ивашко) А. А.* Задача наилучшего выбора и ее применение в рекламных кампаниях поисковой системы Яндекс // Интернет-Математика 2007. Яндекс, 2007. С. 126–134.

2. *Николаев М. Л.* Об оптимальной многократной остановке марковских последовательностей // Теория вероятностей и ее применения. 1998. Т. 43, вып. 2. С. 374–382.

3. *Фалько (Ивашко) А. А.* Задача наилучшего выбора двух объектов // Методы математич. моделирования и информационные технологии. Труды ИПМИ Карельский НЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 34–42.

4. *Феллер В.* Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 1. М: Мир, 1984. 738 с.

5. *Mazalov V. V., Tamaki M.* Duration problem on trajectories // Stochastics: An International Journal of Probability and Stochastic Processes. 2007. Vol. 79(3–4). P. 211–218.

6. *Shepp L. A.* Explicit solutions to some problems of optimal stopping // Annals of Mathematical Statistics. 1969. N 40. P. 993–1010.

7. *Sofronov G., Keith J., Kroese D.* An optimal sequential procedure for a buying-selling problem with independent observations // J. Appl. Prob. 2006. Vol. 43. P. 454–462.

8. *Tamaki M.* Optimal stopping on trajectories and the ballot problem // Journal of Applied Probability. 2001. N 38. P. 946–959.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ивашко Анна Антоновна
научный сотрудник, к. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: aivashko@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 766312

Ivashko, Anna
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: aivashko@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 766312

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 38–43

УДК 519.8

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. В. Корников, Н. В. Хованов, М. С. Юдаева

Санкт-Петербургский государственный университет

Для многокритериальной классификации объектов по нечисловой информации, получаемой из источников, обладающих различной надежностью, разработана специальная модификация известного метода рандомизации сводных показателей (МРСП). Возможности разработанной модификации МРСП продемонстрированы на примере классификации договоров страхования жизни по степени их рискованности.

Ключевые слова: метод рандомизации сводных показателей (МРСП), нечисловая информация, байесовская рандомизация неопределенности.

V. V. Kornikov, N. V. Hovanov, M. S. Yudaeva. MULTIPLE CRITERIA CLASSIFICATION UNDER DEFICIENCY OF NUMERIC INFORMATION

A special case modification of well known Aggregate Indices Randomization Method (AIRM) was developed for multi-criteria classification of objects according to non-numeric information obtained from sources of varying reliability. The capabilities of the resultant AIRM modification are demonstrated through the example of life insurance contracts classification by their riskiness.

Key words: Aggregate Indices Randomization Method (AIRM), nonnumeric information, Bayesian randomization of uncertainty.

Введение

В настоящее время существует хорошо развитая система методов распознавания (классификации, диагностики), позволяющих сравнительно успешно классифицировать объекты, описываемые наборами точно определяемых *числовых характеристик* [1]. Однако в ряде случаев (например, при отнесении экономической ситуации в стране к классу кризисных состояний, при классификации ситуаций в регионах по шкале террористических угроз и т. д.) имеет место дефицит *статистической числовой информации*. Поэтому исследователю приходится привлекать экспертов к оценке вероятностей принадлежности исследуемого объекта к альтернативным классам.

Эксперты же обычно не могут дать *точных числовых оценок* этих вероятностей и ограничиваются только совокупностью сравнительных суждений о превосходстве (равенстве) вероятностей принадлежности объекта к разным классам. Более того, обычно исследователю приходится учитывать информацию, приходящую из многих источников (от многих экспертов), имеющих разную значимость (надежность, информативность, достоверность и т. п.). При этом оценка

относительной значимости источников при помощи *числовых весовых коэффициентов* ("весов") также затруднена, и приходится довольствоваться лишь сравнительными суждениями о величине весовых коэффициентов, аналогичных сравнительным суждениям о вероятностях.

Многочисленные психологические эксперименты и практические наблюдения последних десятилетий показали, что такая нечисловая (точнее *порядковая*, *ординальная*) форма представления знаний о вероятностях и/или весовых коэффициентах вполне естественна для экспертов. Более того, оказалось, что попытки принудить экспертов к представлению своих знаний о вероятностях в точной числовой форме ведет к смещенным оценкам и к неверным суждениям [12].

Другая форма представления экспертных оценок вероятностей предполагает наличие информации лишь об интервалах их возможных значений [8]. Такая *интервальная неточная информация* может быть объединена с упомянутой *ординальной* (*нечисловой*) информацией. Но даже эта объединенная информация может оказаться недостаточно полной для однозначного определения числовых значений всех вероятностей. Поэтому далее предполагается, что каждый эксперт обладает *нечисловой* (ординальной), *неточной* (интервальной) и *неполной* экспертной информацией (*ННН*-информацией) об оцениваемых вероятностях, а исследователь, выступающий в роли супер-эксперта, имеет *ННН*-инфомацию о весовых коэффициентах, определяющих значимость соответствующих экспертных мнений.

В первом разделе статьи кратко излагается метод построения оценок вероятностей альтернатив по *ННН*-информации, основанный на *байесовской модели рандомизации неопределенности* выбора вектора вероятностей из множества всех допустимых вероятностных векторов. Во втором разделе описывается синтез сводных оценок вероятностей альтернатив; при этом используются рандомизированные весовые коэффициенты, моделирующие неопределенность выбора вектора весовых коэффициентов по *ННН*-информации исследователя о сравнительной значимости для него мнений экспертов. Третий раздел содержит иллюстративный пример оценки специалистом страховой компании степени рискованности заключения с клиентом договора страхования жизни по нескольким источникам нечисловой информации.

Оценка вероятностей альтернатив при дефиците числовой информации

Пусть необходимо оценить вероятность p_i принадлежности изучаемого объекта к классу A_i из фиксированной совокупности r альтернативных классов по информации I. Относительно информации I, получаемой из некоторого источника (от некоторого эксперта), предполагается, что она может быть двух типов — *ординальная* (*нечисловая*) информация OI, выражаемая сравнительными суждениями типа "вероятность альтернативы A_i больше, чем вероятность альтернативы A_s" и "вероятности альтернатив A_i, A_s равны", и *интервальная (неточная)* информация II, состоящая в указании диапазонов $[a_i, b_i]$, $0 \leqslant a_i \leqslant b_i$, $i = 1, \ldots, r$, возможного варьирования вероятностей $p_1, \ldots, p_r$. Иными словами, нечисловая и неточная объединенная информация $I = OI \bigcup II$ задается системой $I = \{p_i > p_l, p_u = p_v;\ a_s \leqslant p_s \leqslant b_s;\ i, l, u, v, \in \{1, \ldots, r\}\}$ равенств и неравенств для вероятностей $p_1, \ldots, p_r$ альтернатив $A_1, \ldots, A_r$. Поскольку возможно, что даже объединенная информация $I = OI \bigcup II$ не позволяет однозначно определить числовые значения вероятностей $p_1, \ldots, p_r$, постольку можно говорить, что информация I *неполна*. Таким образом, можно считать, что у эксперта имеется *нечисловая, неточная и неполная информация* (*ННН-информация*) I о вероятностях $p_1, \ldots, p_r$ альтернатив $A_1, \ldots, A_r$.

Учет *ННН*-информации I позволяет сформировать множество $P(r; I)$ *всех допустимых* (с точки зрения информации I) векторов вероятностей, представляющее собой $(r-1)$-мерный полиэдр $P(r; I)$. Таким образом, *ННН*-информация I определяет вектор вероятностей $p = (p_1, \ldots, p_r)$ "с точностью до множества $P(r; I)$". Иными словами, имеет место так называемая *теоретико-множественная неопределенность* задания вероятностей альтернатив [5]. При построении стохастической модели такой неопределенности мы будем следовать идее Т. Байеса, изложенной в его известной работе [7] и состоящей в предложении моделировать неопределенный выбор математического объекта x из множества таких объектов X случайным (рандомизированным) выбором этого объекта. В нашем случае, моделируя неопределенность выбора вектора вероятностей $p = (p_1, \ldots, p_r)$ из множества $P(r; I)$ при помощи рандомизации этого выбора, получаем случайный вектор $\tilde{p}(I) = (\tilde{p_1}(I), \ldots, \tilde{p_r}(I))$,

$\tilde{p}_i(I) \geqslant 0$, $\tilde{p}_1(I) + \ldots + \tilde{p}_r(I) = 1$, распределенный на полиэдре $P(r; I)$.

Компонента $\tilde{p}_i(I)$ случайного вектора $\tilde{p}(I)$ есть *рандомизированная* (*стохастическая, случайная*) оценка вероятности альтернативы A_i, учитывающая *ННН*-информацию I. Математические ожидания $\bar{p}_i(I_j) = E\tilde{p}_i(I_j)$ служат искомыми усредненными оценками вероятностей p_i, $i = 1, \ldots, r$. Стандартные же отклонения $\delta_i(I) = \sqrt{D\tilde{p}_i(I)}$ определяют разброс стохастических оценок $\tilde{p}_i(I)$ вокруг соответствующих усредненных значений $\bar{p}_i(I)$. Можно сказать, что вектор $\bar{p}(I) = (\bar{p_1}(I), \ldots, \bar{p_n}(I))$ усредненных оценок вероятностей есть *числовой образ нечисловой, неточной и неполной информации* I.

Для построения простого алгоритма вычисления статистических характеристик случайного вектора $\tilde{p}(I) = (\tilde{p_1}(I), \ldots, \tilde{p_r}(I))$ на ЭВМ положим, что вероятности $p_1, \ldots, p_r$ отсчитываются с конечным шагом $h = 1/n$, т. е. принимают дискретные значения из множества $\{0, 1/n, \ldots, (n-1)/n, 1\}$. Тогда множество $P(r, n; I) = \{p^{(t)} : t = 1, \ldots, N(r, n; I)\}$ всех допустимых (с точки зрения *ННН*-информации I) векторов вероятностей конечно и простейшее равномерное распределение вектора вероятностей $\tilde{p}(I)$ на этом множестве может быть задано случайным номером $\tilde{t}$, равномерно распределенным на множестве значений $\{1, \ldots, N(r, n; I) : P(\{\tilde{p}(I) = p^{(t)}\}) = P(\{\tilde{t} = t = 1/N(r, n; I)\})\}$.

Решение же проблемы генерации всех возможных векторов $p^{(t)} = (p_1^{(t)}, \ldots, p_r^{(t)})$ из множества $P(r, n)$ можно свести к задаче генерации всех возможных *композиций* $\delta^{(t)} = (\delta_1^{(t)}, \ldots, \delta_r^{(t)})$, $\delta_i^{(t)} \in \{0, 1, \ldots, n-1, n\}$, $\delta_1^{(t)} + \ldots + \delta_r^{(t)} = n$, $t = 1, \ldots, N(s, k)$, $N(m, n) = (n + m - 1)!/n!(m - 1)!$ Действительно, вектору вероятностей $p^{(t)} = (p_1^{(t)}, \ldots, p_r^{(t)})$ можно взаимно однозначно сопоставить композицию $\delta^{(t)} = (\delta_1^{(t)}, \ldots, \delta_r^{(t)})$ с компонентами $\delta_i^{(t)} = np_i^{(t)}$, $i = 1, \ldots, r$. Композиции $\delta^{(t)} = (\delta_1^{(t)}, \ldots, \delta_r^{(t)})$, $t = 1, \ldots, N(r, n)$, удобно генерировать в лексикографическом порядке — от первой композиции $\delta^{(1)} = (0, \ldots, 0, k)$ до последней $\delta^{(N(s,k))} = (k, 0, \ldots, 0)$. Для перехода от предшествующей (в лексикографическом порядке) композиции $\delta^{(t)} = (\delta_1^{(t)}, \ldots, \delta_r^{(t)})$ к последующей композиции $\delta^{(t+1)} = (\delta_1^{(t+1)}, \ldots, \delta_r^{(t+1)})$ можно предложить следующий простой алгоритм [4]. Для $i = 1, \ldots, m-1$ компонента $\delta_i^{(t+1)}$ композиции $\delta^{(t+1)}$ вычисляется по формуле

$$\delta_i^{(t+1)} = \begin{cases} \delta_i^{(t0}, & \text{if} \quad \delta_{i+1}^{(t)} < n - \Delta_i^{(t)}, \\ \delta_i^{(t)} + 1, & \text{if} \quad \delta_{i+1}^{(t)} = n - \Delta_i^{(t)} \quad \text{and} \quad \delta_i^{(t)} < n - \Delta_{i-1}^{(t)}, \\ 0, & \text{if} \quad \delta_{i+1}^{(t)} = n - \Delta_i^{(t)} \quad \text{and} \quad \delta_i^{(t)} = n - \Delta_{i-1}^{(t)}, \end{cases} \tag{1}$$

где $\Delta_i^{(t)} = \delta_1^{(t)} + \ldots + \delta_i^{(t)}$. Последняя компонента $\delta_m^{(t+1)}$ композиции $\delta^{(t+1)}$ определяется формулой $\delta_m^{(t)} = 1 - \delta_i^{(t+1)} + \ldots + \delta_{m-1}^{(t+1)}$.

Искомые математические ожидания, стандартные отклонения и другие статистические характеристики рандомизированных вероятностей могут быть вычислены на ЭВМ путем суммирования соответствующих функций от векторов вероятностей $p^{(t)} = (p_1^{(t)}, \ldots, p_r^{(t))}$, компоненты которых удовлетворяют системе равенств и неравенств, определяющих *ННН*-информацию I.

Построение сводных оценок вероятностей альтернатив

Пусть *ННН*-ниформация, доступная исследователю, задана кортежем $I = (I_1, \ldots, I_m)$, компонента I_j которого есть определенная система равенств и неравенств для вероятностей $p_1, \ldots, p_r$, определяющая множество $p(r; I)$ всех допустимых (с точки зрения *ННН*-информации I_j) векторов $p = (p_1, \ldots, p_r)$ вероятностей альтернатив $A_1, \ldots, A_r$. Рандомизируя, как это было описано в предыдущем разделе, неопределенный выбор вектора $p = (p_1, \ldots, p_r)$ из множества $P(r; I_j)$, мы получаем случайный вектор вероятностей $\tilde{p}(I_j) = (\tilde{p_1}(I_j), \ldots, \tilde{p_r}(I_j))$, $\tilde{p_i}(I_j) \geqslant 0$, $\tilde{p_1}(I_j) + \ldots + \tilde{p_r}(I_j) = 1$. Каждая компонента $\tilde{p}(I_j)$ вектора $\tilde{p}(I_j)$ может рассматриваться как стохастическая оценка неизвестной вероятности p_i, построенная по *ННН*-информации I_j, полученной от соответствующего эксперта.

Дополнительно предполагается, что исследователь обладает *ННН*-информацией $J = \{w_i > w_t, w_u = w_v \ldots; A_l \leqslant w_l \leqslant B_l \ldots\}$ о сравнительной значимости отдельных источников, измеряемой весовыми коэффициентами $w_1, \ldots, w_m$, $w_j \geqslant 0$, $w_1 + \ldots + w_m = 1$. Таким образом, вся *ННН*-информация, доступная исследователю, может быть представлена

в виде кортежа $(I, J) = (I_1, \ldots, I_m, J)$, последняя компонента которого есть система равенств и неравенств для весовых коэффициентов $w_1, \ldots, w_m$.

Введенная информация J определяет множество $W(m; J)$ всех допустимых (с точки зрения *ННН*-информации J) векторов $w = (w_1, \ldots, w_m)$ весовых коэффициентов. Рандомизируя неопределенный выбор вектора $w = (w_1, \ldots, w_m)$ из множества $W(m; J)$, мы получаем случайный вектор весовых коэффициентов $\tilde{w}(J) = (\tilde{w_1}(J), \ldots, \tilde{w_m}(J),\ \tilde{w_j}(J) \geqslant 0$, $\tilde{w_1}(j) + \ldots + \tilde{w_m}(J) = 1$. Каждая компонента $\tilde{w_j}(J)$ вектора $\tilde{w}(J)$ может рассматриваться как *стохастическая оценка неизвестного весового коэффициента* w_j, построенная по *ННН*-информации J. Математические ожидания $\bar{w}_j(J) = E\tilde{w_j}(J)$ служат искомыми усредненными оценками "весов" w_j, $j = 1, \ldots, m$. Стандартные же отклонения $\varepsilon_j(J) = \sqrt{D\tilde{w_j}(J)}$ определяют разброс стохастических оценок $\tilde{w_j}(J)$ вокруг соответствующих усредненных значений $\bar{w}_j(J)$. Можно сказать, что вектор усредненных оценок весовых коэффициентов есть *числовой образ нечисловой, неточной и неполной информации* J.

Рассмотрим матрицу $(\tilde{p}_i(I_j)),\ i = 1, \ldots, r$, $j = 1, \ldots, m$ рандомизированных оценок вероятностей альтернатив. Строки этой матрицы являются, как уже было сказано, случайными векторами $\tilde{p}(I_j)$, компоненты которых суть рандомизированные оценки вероятностей альтернатив, отвечающие *ННН*-информации I_j, полученной из соответствующего источника. Транспонированный столбец матрицы $(\tilde{p}_i(I_j))$ представляет собой случайный вектор $\tilde{p}(i) = (\tilde{p_1}(I_1, \ldots, \tilde{p}_i(I_m)$, компоненты которого суть различные рандомизированные оценки $\tilde{p}_i(I_j)$, $j = 1, \ldots, m$, вероятности p_i альтернативы A_i. Иными словами, вектор $\tilde{p}^{(i)}$ есть *рандомизированная многокритериальная оценка вероятности* p_i альтернативы A_i.

Теперь можно ввести *дважды рандомизированную сводную оценку*

$$\tilde{\tilde{p}}_i(I; J) = \sum_{j=1}^{m} \tilde{p}_i(I_i)\tilde{w}_j(J) \qquad (2)$$

вероятности альтернативы A_i, построенную путем линейного взвешенного рандомизированного агрегирования рандомизированных оценок $\tilde{p}_i(I_j)$ со случайными весовыми коэффициентами $\tilde{w}_j(J)$, $j = 1, \ldots, m$. Отметим, что построенная дважды рандомизированная оценка $\tilde{\tilde{p}}_i(I; J)$ вероятности p_i альтернативы A_i учитывает всю *ННН*-информацию $(I; J) = (I_1, \ldots, I_m; J)$, доступную исследователю.

Математическое ожидание и дисперсию дважды рандомизированной вероятности $\tilde{\tilde{p}}_i(I; J)$ можно подсчитать по формулам:

$$\bar{\tilde{p}}_i(I; J) = E\tilde{\tilde{p}}_i(I; J) = \sum_{j=1}^{m} \bar{p}_i(I_j)\bar{w}_j(J), \qquad (3)$$

$$S_i^2(I, J) = D\tilde{\tilde{p}}_i(I, J) = \sum_{j,l=1,\, j\neq l}^{m} \bar{p}_i(I_j)\varepsilon_{jl}(J) \qquad (4)$$

$$+ \sum_{j=1}^{m} \left[\delta_i^2(I_j)\varepsilon_j^2(J) + \delta_i^2(I_j)\bar{w}_j^2(J) + \bar{p}_i^2(I_j)\varepsilon_j^2(J)\right],$$

где $\varepsilon_{jl} = cov(\tilde{w}_j(J), \tilde{w}_i(J))$ есть ковариация $\varepsilon_{jl} = cov(\tilde{w}_j(J), \tilde{w}_i(J))$ рандомизированных весовых коэффициентов $\tilde{w}_j(J)$, $\tilde{w}_i(J)$, $j \neq l$.

Итак, полученные усредненные оценки $\bar{\tilde{p}}_i(I, J)$ вероятностей альтернатив и соответствующие стандартные отклонения $S_i(I, J) = \sqrt{S_i^2(I; J)} = \sqrt{D\tilde{\tilde{p}}_i(I; J)}$, $i = 1, \ldots, r$, решают задачу оценки вероятностей $p_1, \ldots, p_r$ принадлежности исследуемого объекта альтернативным классам $A_1, \ldots, A_r$ с учетом всей *ННН*-информации $(I, J) = (I_1, \ldots, I_m, J)$, имеющейся у исследователя относительно вероятностей и весовых коэффициентов.

Классификация страховых договоров по степени риска

Рассмотрим следующий иллюстративный пример классификации специалистом страховой компании договора страхования жизни, когда следует определить вероятности $p_1, \ldots, p_5$ принадлежности потенциального клиента к пяти альтернативным градациям степени риска: A_1 — "существенно пониженный уровень риска", A_2 — "несколько пониженный уровень риска", A_3 — "обычный уровень риска", A_4 – "несколько повышенный уровень риска", A_5 — "существенно повышенный уровень риска". Предположим, что *ННН*-информацию о вероятностях $p_1, \ldots, p_5$ альтернатив степени риска $A_1, \ldots, A_5$ специалист черпает из трех источников: 1) сведения о наличии у потенциального клиента заболеваний, сокращающих продолжительность жизни; 2) сведения о наличии у потенциального клиента вредных привычек; 3) сведения о рискованности профессии потенциального клиента [6]. Пусть *ННН*-информация, полученная из этих трех источников, описывается, соответственно,

тремя системами равенств и неравенств для вероятностей: $I_1 = p_1 > p_5 = p_4 > p_2 = p_3$, $I_2 = p_1 > p_3 = p_4; p_3 > p_2$, $I_3 = p_1 > p_5 > p_2 = p_3 = p_4; p_1 \geqslant 0,50$.

Оценки $\bar{p}_i(I_j)$, $i = 1, \ldots, 5$, $j = 1, 2, 3$, приведенные в трех первых столбцах табл.1, вычислены по *ННН*-информации $I = (I_1, I_2, I_3)$ с использованием программы AIRM, расположенной на сайте polydecision.com и представляющей собой модификацию зарегистрированной программы ASPID-3W [2].

Таблица 1. Оценки $\bar{p}_i(I_j)$, $\bar{\bar{p}}_i(I, J)$ вероятностей p_i, $i = 1, \ldots, 5$, $j = 1, 2, 3$

i j	1	2	3	(I, J)
1	0,52	0,40	0,67	0,50
2	0,06	0,05	0,04	0,06
3	0,06	0,15	0,04	0,08
4	0,18	0,15	0,04	0,16
5	0,18	0,25	0,21	0,20

Пусть мнение специалиста страховой компании о сравнительной значимости указанных трех источников *ННН*-информации о вероятностях альтернатив $A_1, \ldots, A_5$ описывается *ННН*-информацией, представленной в виде системы равенств и неравенств $J = \{w_1 > w_2 > w_3; w_1 \geqslant 0,50\}$ для весовых коэффициентов w_j, $j = 1, 2, 3$ ($w_j \geqslant 0$, $w_1 + w_2 + w_3 = 1$). С помощью программы AIRM получаем числовые оценки $\bar{w}_1(J) = 0,67$, $\bar{w}_2(J) = 0,25$, $\bar{w}_3(J) = 0,08$ весовых коэффициентов, соответствующие *ННН*-информации J. Подставляя полученные оценки $\bar{p}_i(I_j)$, $w_j(J)$ в формулу (3), получаем искомую оценку $\bar{\bar{p}}_i(I, J)$ вероятности p_i того, что потенциальный клиент относится к степени риска, соответствующей альтернативе A_i, $i = 1, \ldots, 5$ (см. последний столбец табл.1). Полученные усредненные оценки $\bar{\bar{p}}_i(I, J)$ учитывают, как *ИНН*-информацию $I = (I_1, I_2, I_3)$ о вероятностях, так и *ННН*-информацию J о сравнительной значимости используемых источников информации. Используя формулу (4), можно найти стандартные отклонения $S_i(I, J) = \sqrt{D\tilde{\tilde{p}}_i(I, J)})$, характеризующие точность оценок $\bar{\bar{p}}_i(I, J)$.

В разобранном примере речь шла об оцениваемых экспертами "вероятностях" попадания классифицируемого объекта в соответствующую категорию. Разумеется, возможны и совершенно другие интерпретации получаемых оценок, которые можно, например, трактовать как оценки функций принадлежности нечетких множеств [9], как результат взвешенного голосования экспертов и/или синтеза сводной оценки принадлежности к фиксированному классу [3, 13] и т. д.

Выводы

Описанный метод оценки вероятностей попадания классифицируемого объекта в альтернативные категории на основе *нечисловой экспертной информации*, получаемой из источников различной значимости, позволяет выявить *представления экспертов* о значениях вероятностей соответствующих альтернативных событий и об оценках весовых коэффициентов. Получающиеся оценки вероятностей и весовых коэффициентов представляют собой, так сказать, "*числовой образ нечисловой информации*", который *заведомо соответствует эмпирически выявляемой* нечисловой, неточной и неполной экспертной информации (*ННН*-информации). Другое дело, что сама эта ННН-информация может быть "ложной" (искажать "истинные" равенства и неравенства, имеющие место между вероятностями и/или весовыми коэффициентами). Но это не есть какой-то специфический недостаток рассматриваемого метода – результаты практического применения любого математического метода обработки эмпирических данных зависят, увы, от качества обрабатываемой исходной информации. Гибкость рассматриваемого метода, позволяющего зачастую получать достаточно точные числовые оценки даже по очень "бедной" нечисловой информации, делают его применимым при решении задач теории распознавания образов в разных прикладных областях [3, 5], [9–11].

Литература

1. *Журавлев Ю. И., Рязанов В. В., Сенько О. В.* Распознавание. М.: ФАЗИС, 2005. 176 с.

2. *Хованов К. Н., Хованов Н. В.* Система поддержки принятия решений АСПИД-3W. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 960087 от 22.03.1996. Российское агентство по правовой охране программ для ЭВМ, баз данных и топологии интегральных микросхем. М.: РосАПО, 1996.

3. *Хованов Н. В.* Синтез сводной оценки при решении задачи распознавания в условиях дефицита информации // Тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. «Математические методы распознавания образов». Ч. 2. Секция 1. Рига: РИО МИПКРР, 1989. С. 162–164.

4. *Хованов Н. В.* Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: СПбГУ, 1996. 196 с.

5. *Хованов Н. В.* Математические модели риска и неопределенности. СПб.: СПбГУ, 1998. 204 с.

6. *Чернова Г. В., Кудрявцев А. А., Хованов Н. В.* Андеррайтинг личного страхования. СПб.: Институт страхования, 1997. 168 с.

7. *Bayes T.* An essay towards solving a problem in the doctrine of chances // Biometrika. 1958. Vol. 45. P. 296–315.

8. *Engemann K. J., Yager R. R.* A general approach to decision making with interval probabilities // International Journal of General Systems. 2001. Vol. 30. P. 623–647.

9. *Hovanov N., Kornikov V., Seregin I.* Randomized synthesis of fuzzy sets as a technique for multicriteria decision making under uncertainty // Proc. Int. Conf. "Fuzzy Logic and Applications". Zichron Yaakov (Israel): IEEE, 1997. P. 281–288.

10. *Hovanov N., Yudaeva M., Hovanov K.* Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge // European Journal of Operational Research. 2009. Vol. 195, Issue 3. P. 857–863.

11. *Hovanov N. V., Yudaeva M. S., Kotov N. V.* Event-Tree with randomized transition probabilities as a new tool for alternatives probabilities estimation under uncertainty // Proc. 6-th Int. Sci. School "Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems". SPb.: RAS, 2006. P. 118–125.

12. *Moshkovich H., Mechitov A., Olson D.* Ordinal judgments for comparison of multiattribute alternatives // European Journal of Operational Research. 2002. Vol. 137. P. 625–641.

13. *Ryazanov V. V., Senko O. V., Zhuravlev Yu. I.* Methods of recognition and prediction based on voting procedures // Pattern Recognition and Image Analysis. 1999. Vol. 9, N 4. P. 713–718.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Корников Владимир Васильевич
к. ф.-м. н., доцент
Санкт-Петербургский государственный университет
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034
эл. почта: vkornikov@mail.ru
тел.: (8142) 763370

Хованов Николай Васильевич
д. ф.-м. н., профессор
Санкт-Петербургский государственный университет
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034
эл. почта: nick@polyidea.com
тел.: (812)3227630

Юдаева Мария Сергеевна
ассистент
Санкт-Петербургский государственный университет
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034
эл. почта: udaeva@mail.ru
тел.: (812) 2727534

Kornikov, Vladimir
St. Petersburg State University
Universitetskaja nab., 7/9, St. Petersburg, Russia, 199034
e-mail: vkornikov@mail.ru
tel.: (812) 4271207

Hovanov, Nikolai
St. Petersburg State University
Universitetskaja nab., 7/9, St. Petersburg, Russia,199034
e-mail: nick@polyidea.com
tel.: (812)3227630

Yudaeva, Mariya
St. Petersburg State University
Universitetskaja nab., 7/9, St. Petersburg, Russia, 199034
e-mail: udaeva@mail.ru
tel.: (812) 2727534

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 44–48

УДК 517.929.5

О ПЕРИОДЕ РЕШЕНИЙ ДИСКРЕТНОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

А. В. Ласунский

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Показано, что дискретное периодическое логистическое уравнение

$$x_{n+1} = x_n exp\,(r_n(1 - x_n))$$

с положительным ω-периодическим коэффициентом $r_n\,(\omega \neq 1)$ не может иметь Ω-периодического решения $(\Omega \neq 1)$, период которого взаимно прост с ω. Получен дискретный аналог теоремы Массера-Курцвейля. С помощью компьютерной программы строятся примеры ω-периодического логистического уравнения, имеющего периодические решения периода $\omega,\ 2\omega,\ 3\omega$. Решения исследуются на устойчивость.

Ключевые слова: дискретное периодическое логистическое уравнение, период решения, устойчивость.

A. V. Lasunsky. ON THE PERIOD OF SOLUTIONS OF A DISCRETE PERIODIC LOGISTIC EQUATION

It is shown that the discrete periodic logistic equation

$$x_{n+1} = x_n exp\,(r_n(1 - x_n))$$

with a positive ω-periodic coefficient $r_n\,(\omega \neq 1)$ cannot have Ω-periodic solutions $(\Omega \neq 1)$ with the period coprime to ω. A discrete analog of the Massera-Kurzweil theorem was obtained. Examples of the ω-periodic logistic equation with periodic solutions of the period $\omega,\ 2\omega,\ 3\omega$ were constructed using a computer program. The solutions are examined for stability.

Key words: discrete periodic logistic equation, period of solution, stability.

Введение

Дискретное периодическое логистическое уравнение

$$y_{n+1} = y_n exp\,(r_n(1 - y_n k_n^{-1})), \quad n \in Z_+, \qquad (1)$$

где $\{r_n\}$ и $\{k_n\}$ – положительные последовательности, является одной из основных моделей роста популяций изолированных видов. Если коэффициенты $\{r_n\}, \{k_n\}$ постоянны, то динамика уравнения (1) достаточно хорошо изучена [4], [8]. Уравнение

$$y_{n+1} = y_n exp\,(r(1 - y_n k^{-1})), r > 0,\ k > 0$$

при любом r имеет положительное положение равновесия $y_n \equiv k$. Это положение равновесия устойчиво, если $0 < r < 2$. Если

$2 < r < 2,526$, то появляются двухточечные циклы. Если $2,526 < r < 3,102$, то появляются циклы длины $4, 8, 16, ..., 2^k$. Если $r > 3,102$, то существуют трехточечные циклы и квазистохастические решения.

Заметим, что при $k_n \equiv k$ заменой $y_n = kx_n$, уравнение (1) можно привести к виду

$$x_{n+1} = x_n exp\,(r_n(1 - x_n)) \qquad (2)$$

с единственным положительным положением равновесия $x_n \equiv 1$.

Если $\{r_n\}$ и $\{k_n\}$ – положительные периодические последовательности с общим периодом ω, то у уравнения (1) существует ω-периодическое решение [14]. В этой работе не исключается случай $\omega = 1$. Это периодическое решение глобально асимптотически устойчиво при дополнительном условии

$$k^* k_*^{-1} exp\,(r^* - 1) \leqslant 2, \qquad (3)$$

где $r^* = \max\limits_{n\in N}\{r_n\}$, $k_* = \min\limits_{n\in N}\{k_n\}$, $k^* = \max\limits_{n\in N}\{k_n\}$. Если $k_n \equiv k$, то неравенство (3) принимает вид $r^* \leqslant 1 + ln2$. Из работы [13] следует, что предыдущий результат можно усилить. Если $k_n \equiv k$ и для периодической положительной последовательности $\{r_n\}$ выполнено неравенство $r^* \leqslant 2$, то все решения уравнения (1) стремятся к положительному равновесию. Любопытно, что для уравнения (2) с $r_n = const < 2$ положение равновесия $x_n \equiv 1$ асимптотически устойчиво. Оценку для r^*, по-видимому, улучшить нельзя [6]. В цитированной работе получен следующий результат.

Если положительная ω-периодическая последовательность $\{r_n\}$ такова, что

$$\prod_{k=0}^{\omega-1}(1 - r_k) > 1, \qquad (4)$$

то уравнение (2) имеет не менее двух положительных ω-периодических решений, отличных от положения равновесия.

Разумеется, в этом случае не может идти речь о глобальной асимптотической устойчивости. Заметим, что из неравенства (4) следует, что среди членов положительной ω-периодической последовательности $\{r_n\}$ есть $r_n > 2$. Даже если все члены периодической последовательности $\{r_n\}$ принадлежат интервалу (2; 2,526), уравнение (2) может иметь решения с периодами 4, 6 и т. д. Как мы знаем, это невозможно в случае $r_n = r \in (2; 2,256)$. Соответствующие примеры мы рассмотрим позднее.

Дискретный аналог теоремы Массера-Курцвейля

Рассмотрим теперь следующий вопрос. Может ли уравнение (2) с ω-периодическим коэффициентом r_n иметь периодическое решение, период которого $\Omega \neq 1$ взаимно прост $\omega \neq 1$? Для ответа на поставленный вопрос обратимся к дифференциальным уравнениям [7].

Рассмотрим систему

$$\frac{dx}{dt} = X(x, t), \qquad (5)$$

где $x \in \mathbb{R}^n$, функция $X : \mathbb{R}^{n+1} \mapsto \mathbb{R}^n$ непрерывна по своим аргументам, удовлетворяет какому-либо условию, обеспечивающему единственность решения задачи Коши, и $X(x, t + \omega) = X(x, t)$ для всех x и t. Массера заметил [11], [12], что периодическое решение системы (5) может иметь период, несоизмеримый с ω. Я. Курцвейль установил [5], что для всякой системы (5), имеющей периодическое решение, период которого несоизмерим с периодом правых частей, справедлив следующий факт. Правые части системы (5) вдоль такого решения не зависят от времени. Оказывается, что аналогичные факты имеют место и для разностных уравнений, только теперь здесь уже речь идет о взаимной простоте периодов ω и Ω.

Пример 1. Скалярное уравнение

$$x_{n+1} = -x_n + (x_n^2 - 1)sin\frac{2\pi n}{k}, \quad k > 2,$$

правая часть которого периодична с периодом $\omega = k$, имеет решение $x_n = (-1)^n$ с периодом $\Omega = 2$. Эти периоды могут быть взаимно простыми числами.

Заметим, что скалярное уравнение (5) не может иметь периодического решения, период которого несоизмерим с периодом правой части [2].

Пример 2. (Дискретный вариант примера Н. П. Еругина [1]).

Период ω системы ($n \in N$, $k > 2$)

$$\begin{cases} x_{n+1} = -y_n, \\ y_{n+1} = x_n + (x_n^2 + y_n^2 - 1)sin\frac{2\pi n}{k} \end{cases}$$

равен k. Система имеет решение

$$x_n = cos\frac{\pi n}{2},\ y_n = sin\frac{\pi n}{2},$$

период которого $\Omega = 4$ может быть взаимно простым с $\omega = k$.

Рассмотрим систему разностных уравнений

$$x_{n+1} = X(x_n, n),$$

$$X(x, n+\omega) = X(x, n),\ \omega \neq 1.$$

Пусть эта система имеет Ω-периодическое решение $\varphi(n)$, $\Omega \neq 1$.

Теорема 1. *(дискретный аналог теоремы Массера-Курцвейля). Если НОД*$(\omega, \Omega) = 1$*,то для любого* $n_0 \in Z_+$ *имеем* $X(\varphi(n_0), n) = X(\varphi(n_0), n_0) = const$.

Доказательство. Воспользуемся известным фактом [3] из теории чисел о представлении наибольшего общего делителя двух натуральных чисел. Если НОД$(p, q) = d$, то $\exists\, m, n \in Z$ такие, что $mp + nq = d$. Отсюда сразу следует, что если p, q взаимно простые числа, то $\forall\, l \in Z\, \exists\, m, n \in Z$ такие, что $mp + nq = l$. Возьмем произвольное $n_0 \in Z_+$. Для Ω-периодического решения $\varphi(n)$ имеем

$$\varphi(n_0 + k\Omega + 1) = \varphi(n_0 + 1),$$

$$X(\varphi(n_0 + k\Omega), n_0 + k\Omega) = X(\varphi(n_0), n_0),$$

$$X(\varphi(n_0), n_0 + k\Omega) = X(\varphi(n_0), n_0),$$

$$X(\varphi(n_0), n_0 + k\Omega + m\omega) = X(\varphi(n_0), n_0),$$

$$X(\varphi(n_0), n) = X(\varphi(n_0), n_0) = const.$$

Из этой теоремы сразу следует, что логистическое уравнение (2) с ω-периодическим коэффициентом $r_n\, (\omega \neq 1)$ не может иметь Ω-периодическое решение $(\Omega \neq 1)$, период которого взаимно прост с ω.

Построение примеров

Как выше уже отмечалось, при выполнении неравенства (4) уравнение (2) имеет не менее двух положительных ω-периодических решений, отличных от положения равновесия. В работе [6] показано, что для $\omega = 2$ таких решений уравнение (2) имеет ровно 2. Может ли ω-периодическое уравнение (2), если $\omega > 2$, иметь больше двух ω-периодических решений? Ясно, что если

$$\prod_{k=0}^{\omega-1}(1 - r_k) > 1,$$

то для любого $m \in N$

$$(\prod_{k=0}^{\omega-1}(1 - r_k))^m > 1$$

и уравнение (2) с ω-периодическим коэффициентом r_n может иметь $m\omega$-периодические решения. Как ведут себя решения по отношению к устойчивости? Соответствующие примеры мы рассмотрим в этом пункте. Эти примеры построены с помощью компьютерной программы (свид. о гос. регистрации № 2011614359 от 02.06.2011), разработанной автором. Количество ω-периодических решений ω-периодического уравнения (2) совпадает с количеством ненулевых корней некоторого уравнения $\varphi(t) = t$, $\varphi(0) = 0$ [6]. Отметим, что корень $t = 0$ соответствует положительному положению равновесия $x_n = 1$. С помощью этой же программы мы можем построить для ω-периодического уравнения (2) решения периода 2ω, 3ω и т. д. Разумеется, что теперь количество ненулевых корней уравнения $\varphi(t) = t$ не совпадает с количеством искомых решений. С помощью программы Maple строим в одной и той же системе координат график функции $\varphi(t)$ и прямую $y = t$ для различных значений положительной последовательности r_n. В программе вычисляем элементы периодических решений и соответствующие мультипликаторы, которые позволяют ответить на вопрос об устойчивости периодического решения.

Пример 3. Период коэффициентов логистического уравнения равен 3, $r_0 = 2, r_1 = 4, r_2 = 0,1$. Уравнение (2) имеет ровно два 3-периодических решения:

x(3n)	2,69666	0,38988
x(3n+1)	0,09060	1,32091
x(3n+2)	3,44284	0,36593
мультипликатор	-1,83678	-0,90892
решение	неустойчиво	устойчиво

Пример 4. Период коэффициентов логистического уравнения равен 3, $r_0 = 2, r_1 = 6, r_2 = 0,3$. Уравнение (2) имеет ровно четыре 3-периодических решения:

x(3n)	1,39344	0,32989
x(3n+1)	0,63438	1,26014
x(3n+2)	5,68946	0,26458
мультипликатор	-3,54444	-2,05496
решение	неустойчиво	неустойчиво
x(3n)	0,02089	0,03691
x(3n+1)	0,14798	0,25329
x(3n+2)	24,5679	22,3547
мультипликатор	-0,68449	2,74698
решение	устойчиво	неустойчиво

Пример 5. Период коэффициентов логистического уравнения равен 2, $r_0 = 3, r_1 = 5$.

Уравнение (2) имеет ровно два 2-периодических решения:

x(2n)	2,63405	0,10480
x(2n+1)	0,01957	1,53712
мультипликатор	-6,22667	-4,58361
решение	неустойчиво	неустойчиво

Для этих же значений коэффициентов $r_0 = 3, r_1 = 5$ уравнение (2) имеет четыре 4-периодических решения:

x(4n)	5,25746	0,72839
x(4n+1)	1,49212e-05	1,64528
x(4n+2)	0,00221	0,06532
x(4n+3)	0,04418	1,0785
мультипликатор	-11,43172	-30,24777
решение	неустойчиво	неустойчиво
x(4n)	4,28204	2,96557
x(4n+1)	0,00023	0,00815
x(4n+2)	0,03361	1,16137
x(4n+3)	0,61038	0,71568
мультипликатор	21,83112	-48,51786
решение	неустойчиво	неустойчиво

Для уравнения (2) с указанными коэффициентами приведем пример 6-периодического решения.

x(6n)	7,86525
x(6n+1)	8,93489e-009
x(6n+2)	1,32606e-006
x(6n+3)	2,66344e-005
x(6n+4)	0,00395
x(6n+5)	0,07845
мультипликатор	-13,56790
решение	неустойчиво

Пример 6. Период коэффициентов логистического уравнения равен 4, $r_0 = 2,01, r_1 = 2,5, r_2 = 2,2, r_3 = 2,5$. Хотя все значения r_n лежат на промежутке (2; 2,526), уравнение (2) имеет, например, такое 4-периодическое решение.

x(4n)	1,74441
x(4n+1)	0,39069
x(4n+2)	1,79218
x(4n+3)	0,31369
мультипликатор	0,03706
решение	устойчиво

Заключение

В работе рассмотрен вопрос о периоде решений дискретного ω-периодического ($\omega \neq 1$) логистического уравнения (2). Показано, что это уравнение не может иметь Ω-периодического решения ($\Omega \neq 1$), период которого взаимно прост с ω. Этот факт вытекает из дискретного аналога теоремы Массера-Курцвейля. Здесь уместно привести следующий результат, касающийся автономного случая [10]. Если при частном значении параметра логистическое или другое одномерное отображение $x_{n+1} = f(x_n)$ имеет решение периода три, то оно имеет бесконечное множество решений всех прочих периодов. Заметим, что самые общие закономерности сосуществования периодических решений различных периодов в одномерных непрерывных отображениях установил [9]. В настоящей работе построены примеры ω-периодического логистического уравнения, имеющего периодические решения периода $\omega, 2\omega, 3\omega$. Решения исследованы на устойчивость. Примеры показывают отсутствие явной связи бифуркационных значений параметра r логистического уравнения $x_{n+1} = x_n exp(r(1 - x_n))$ со значениями периодического коэффициента r_n с точки зрения существования периодических решений.

Литература

1. *Еругин Н. П.* О периодических решениях дифференциальных уравнений // ПММ. 1956. Т. 20, вып. 1. С. 148–152.
2. *Ильин Ю. А.* О периодических решениях линейных систем, период которых несоизмерим с периодом системы // Дифференциальные уравнения и процессы управления. Электронный журнал. 2010. № 4. URL: http://www.math.spbu.ru/diffjournal/(дата обращения: 07.08.2012).
3. *Кострикин А. И.* Введение в алгебру. М.: Наука, 1977. 496 с.
4. *Кузнецов С. П.* Динамический хаос. Курс лекций. М.: Физматлит, 2001. 296 с.
5. *Курцвейль Я., Вейвода О.* Периодические решения систем дифференциальных уравнений // Чехосл. матем. журн. 1955. Т. 5, № 3. С. 362–370.
6. *Ласунский А. В.* О циклах дискретного периодического логистического уравнения // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2010. Т. 16, № 2. С. 154–157.
7. *Плисс В. А.* Интегральные множества периодических систем дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1977. 304 с.
8. *Свирежев Ю. М., Логофет Д. О.* Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.

9. *Шарковский А. Н.* Сосуществование циклов непрерывного отображения прямой в себя // Укр. мат. журн. 1964. № 1. С. 61–71.

10. *Li T.-Y., Yorke J. A.* Period three implies chaos // Amer. Math. Monthly. 1975. Vol. 82. P. 982–985.

11. *Massera J.* Observaciones sobre las soluciones periodicas de ecuaciones differenciales // Bol. de la Facultad de Ingen. Montevideo. 1950. Vol. 4, N 1. P. 37–45.

12. *Massera J.* Estabilidad total y vibraciones aproximadamente periodicas // Publ. Inst. Mat. Estadistica. Fac. Ing. 1954. Vol. 2, N 7. P. 135–145.

13. *Xiang Hong-jun, Liao Lu-sheng, Wang Jinhua.* Global attractivity of a nonautonomous discrete Smith equation // J. Changde Teach. Univ. Sci. Ed. 2001. Vol. 13, N 1. P. 13–15.

14. *Zhou Zhan, Zou Xingfu.* Stable periodic solutions in a discrete periodic logistic equation // Appl. Math. Lett. 2003. Vol. 16. P. 165–171.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ласунский Александр Васильевич
доцент кафедры высшей математики, к. ф.-м. н.
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
ул. Большая Санкт-Петербургская, 41, Великий Новгород, Россия, 173003
эл. почта: Alexandr.Lasunsky@novsu.ru
тел.: (8162) 629 968

Lasunsky, Alexandr
Novgorod State University
41 B. Saint Petersburgskaya St., 173003,Veliky Novgorod, Russia
e-mail: Alexandr.Lasunsky@novsu.ru
tel.: (8162) 629 968

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 49–53

УДК 519.2

ОБ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОСТИ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ ИНТЕРНЕТ-ТИПА

М. М. Лери

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматриваются случайные графы Интернет-типа, т. е. графы, степени вершин которых имеют степенное распределение с параметром τ из интервала $(1, 2)$. Посредством имитационного моделирования проведен анализ устойчивости этих графов к таким внешним воздействиям, как направленное удаление вершин и равновероятное удаление вершин. Показано, как изменяется структура графа (объемы гигантской и второй по размеру компонент и общее число компонент) с удалением из него вершин в зависимости от объема графа N и значения параметра τ. Получены модели зависимости вероятности разрушения графа от N и τ при обоих условиях внешнего воздействия.

Ключевые слова: случайный граф, имитационное моделирование, устойчивость графа.

M. M. Leri. ON ROBUSTNESS OF POWER-LAW RANDOM GRAPHS

We consider random graphs with vertex degrees being drawn independently from a power-law distribution with parameter τ in the interval $(1, 2)$. By computer simulation we study the resistance of such graphs to «target attacks» such as removal of vertices with the highest degree and to «random breakdowns», i.e. to equiprobable vertex removal. We show how graph structure characteristics (sizes of the giant and the second components, and the number of components) change with vertex deletion depending on the graph size N and parameter τ. The probability of graph destruction depending on N and τ was modeled for both cases.

Key words: random graph, simulation modelling, graph robustness.

С появлением и быстрым развитием глобальных сетей передачи данных, таких как сети телекоммуникаций, телефонные сети и т. п., возрос и продолжает возрастать интерес к изучению их структуры и функционирования [3–8, 10, 11]. Одним из актуальных вопросов является исследование устойчивости этих сетей к такого рода внешним воздействиям, как выход из строя некоторых узлов сети (см., например, [4–6, 10]). Математическим аппаратом, используемым в такого рода исследованиях, являются случайные графы, степени вершин которых являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами, распределение которых является дискретным аналогом распределения Парето [7, 11]. В некоторых источниках (см., например, [11] и др.) было высказано предположение, что такие графы могут быть использованы при описании Интернет-топологии (на уровне как доменов, так и маршрутизаторов). Следуя этой интерпретации, такие графы иногда стали

называть графами Интернет-типа (см., например, [2]).

Рассматриваются случайные графы, число вершин которых равно N. Степени вершин графа $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_N$ являются независимыми случайными величинами, общее распределение которых имеет следующий вид:

$$\mathbf{P}\{\xi \geqslant k\} = k^{-\tau},\ k = 1, 2, \ldots,\ \tau \in (1, 2). \quad (1)$$

В этом случае распределение (1) имеет конечное математическое ожидание и бесконечную дисперсию. При построении графа степени вершин $1, 2, \ldots, N$ являются реализациями случайной величины ξ и определяют различимые полуребра графа (под полуребром понимается ребро, инцидентное некоторой вершине, для которой смежная вершина еще не определена) [11]. Если сумма степеней вершин оказывается нечетной, то равновероятно выбирается вершина графа, степень которой увеличивается на 1. При равновероятном соединении всех полуребер графа образуются ребра. Построенный таким образом граф имеет как петли, так и кратные ребра. Известно [2, 11], что графы Интернет-типа имеют единственную гигантскую компоненту связности, математическое ожидание объема которой пропорционально cN, где $0 < c < 1$ – некоторая положительная постоянная. Теоретические исследования случайных графов Интернет-типа касаются как изучения предельного поведения структурных характеристик таких графов (см., например, [2, 3, 6, 8, 11]), так и исследования их устойчивости к разного рода разрушениям [4–6, 10]. Кроме теоретических подходов, одним из удобных средств изучения случайных графов является имитационное моделирование.

Целью настоящей работы было исследование с помощью метода Монте-Карло устойчивости случайных графов Интернет-типа к процессу разрушения, а именно, к такому внешнему воздействию, как случайное (равновероятное) удаление вершин, а также направленное удаление вершин с большими степенями. Рассматривалось поведение объемов компонент связности графа и их количества в зависимости от процента удаленных из графа вершин при разных значениях параметра распределения степеней вершин графа τ и объема графа N.

Была построена имитационная модель случайного графа Интернет-типа [1] на основе алгоритма, предложенного в [12], с использованием генератора псевдослучайных чисел «вихрь Мерсенна» [9]. С помощью этой модели было показано [1], что структура таких графов главным образом зависит от параметра распределения степеней вершин τ и слабо зависит от фактического объема графа N. Чем ближе значение τ к 1, тем больше доля вершин графа, входящих в гигантскую компоненту (около 95 %), тогда как при значениях τ, близких к 2, в нее входит только чуть более половины всех вершин графа. Что касается объема второй компоненты, то он хоть и несколько увеличивается с ростом значения параметра τ, но, несмотря на это, остается пренебрежимо малым по сравнению с размером гигантской компоненты. При этом существенно возрастает общее число компонент графа. Поэтому были проведены вычислительные эксперименты для графов других размерностей, чем в [1], а именно для значений N от 500 до 5000 с шагом в 500 вершин и для 9 значений параметра τ из отрезка $(1, 2)$ с шагом $0,1$. Для каждого из значений N и τ было сгенерировано по 100 случайных графов. Моделирование графов и имитационные эксперименты проводились на вычислительном кластере КарНЦ РАН. Процесс разрушения графа был представлен следующим образом. Из сгенерированного начального графа на каждом шаге выбиралась одна вершина (либо равновероятно, либо вершина, имеющая наибольшую степень), которая удалялась вместе с выходящими из нее ребрами. Затем вершины, ставшие изолированными, тоже удалялись из графа.

Через $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_s$ обозначим случайные величины, равные объемам компонент графа и расположенные в порядке убывания (η_1 – объем гигантской компоненты, η_2 – объем второй по размеру компоненты и т. д.), где s – общее число компонент. В качестве критерия разрушения графа будем рассматривать наступление следующего события $A : \{\eta_1 \leqslant 2\eta_2\}$. Таким образом, если объем второй по размеру компоненты графа не меньше, чем половина размера наибольшей компоненты, граф считается разрушенным. По полученным посредством имитационного моделирования статистическим данным с помощью методов регрессионного анализа были оценены следующие зависимости: объема гигантской компоненты η_1 (в %), объема второй по размеру компоненты η_2 (в %) и общего числа компонент s случайного графа Интернет-типа от начального размера графа N, параметра распределения степеней вершин τ и процента удаленных из графа вершин r. При «случайных сбоях» (т. е. при равновероятном удалении вершин графа) получены следующие оценки:

$$\eta_1 = 129 - 36\tau - 1,1r,$$

$$\eta_2 = 2 - 0,25 \ln N + 0,42\tau - 0,017 \ln r,$$

$$\frac{s}{N} = -0,18 + 0,2\tau - 0,004r \ln \tau.$$

Коэффициенты детерминации моделей равны, соответственно, $0,98$, $0,7$ и $0,98$. Приведенные выше модели могут быть использованы при следующих ограничениях на значения процента удаленных из графа вершин: $100/N \leqslant r \leqslant 117 - 32,7\tau$. Здесь и далее ограничение снизу означает удаление из графа одной вершины, а введение ограничения сверху связано с тем, что при удалении большего процента вершин граф уже будет разрушен. Таким образом, при фиксированном τ с ростом процента вершин, удаленных из графа, объем гигантской компоненты η_1 уменьшается линейным образом и не зависит от объема графа, тогда как объем второй компоненты η_2, логарифмически уменьшаясь, в целом не превосходит 2 % от объема графа. А общее число компонент графа с равновероятным удалением из него вершин будет линейно уменьшаться.

Далее рассмотрим результаты, полученные в случае «направленной атаки» (т. е. когда целенаправленно удаляются вершины по одной так, что на каждом шаге исключается вершина с макимальной степенью). Были получены следующие регрессионные зависимости:

$$\eta_1 = 130 - 46\tau - 9r,$$

$$\eta_2 = 4,36 - 0,44 \ln N + \tau + 0,4 \ln r,$$

$$\ln s = -3,3 + \ln N + 2,3 \ln \tau + 0,1r,$$

где коэффициенты детерминации моделей равны, соответственно, $0,95$, $0,6$ и $0,98$, и действует следующее ограничение на процент удаленных вершин: $100/N \leqslant r \leqslant 14 - 5,15\tau$. Это означает, что при фиксированном τ в данном случае, как и при «случайном сбое», получаем линейную зависимость объема гигантской компоненты η_1 от процента удаленных из графа вершин r и здесь также отсутствует зависимость η_1 от объема графа. Объем второй компоненты η_2 тоже, как и при равновероятном удалении вершин, логарифмически уменьшаясь, в целом не превосходит чуть более 4 % от объема графа, а общее число компонент графа с удалением из него вершин экспоненциально возрастает.

Обозначим через p оценку вероятности $\mathbf{P}\{A\}$, где $A : \{\eta_1 \leqslant 2\eta_2\}$. При «случайных сбоях» была получена следующая регрессионная зависимость:

$$p = \begin{cases} 0, & \text{при } r < 37/\sqrt{\tau}, \\ -0,2 + 1,5 \cdot 10^{-4}\tau r^2, & \text{при } 37/\sqrt{\tau} \leqslant r < 89/\sqrt{\tau}, \\ 1, & \text{при } r \geqslant 89/\sqrt{\tau}, \end{cases}$$

где $R^2 = 0,84$. Это означает, например, что оценка вероятности разрушения графа равна 0 при $\tau = 1,1$ для всех $r < 35,3$ %, а при $\tau = 1,9$ для $r < 26,9$ %; и $p = 1$ для $r > 84,8$ % при $\tau = 1,1$, а при $\tau = 1,9$ для $r > 64,5$ %.

В случае же «направленной атаки» зависимость оказалась следующей:

$$p = \begin{cases} 0, & \text{при } \ln r < 1,85 - \tau, \\ -0,38 + 0,06re^{\tau}, & \text{при } 1,85 - \tau \leqslant \ln r \leqslant 3,13 - \tau, \\ 1, & \text{при } \ln r > 3,13 - \tau, \end{cases}$$

где $R^2 = 0,76$. То есть, $p = 0$ при $\tau = 1,1$ для всех $r < 2,12$ %, а при $\tau = 1,9$ для $r < 0,95$ %; и $p = 1$ для $r > 7,6$ % при $\tau = 1,1$, а при $\tau = 1,9$ для $r > 3,4$ %.

Заметим, что имитационные эксперименты показывают, что вероятность разрушения графа как при направленном, так и при случайном воздействиях, не зависит от объема графа. Рассмотрим теперь критические значения вероятностей разрушения графа. В таблицах 1 и 2 приведены эти значения при «направленной атаке» (табл. 1) и при «случайных сбоях» (табл. 2).

Рассмотрим графы, для которых $\tau = 1,1$. Если из такого графа удалять вершины равновероятно, то для того чтобы вероятность разрушения не превысила 5 %, т. е. $\mathbf{P}\{A\} \leqslant 5$ % из него можно удалить не более 38,9 % вершин. Тогда как при целенаправленном разрушении вершин, имеющих максимальную степень на каждом шаге, удаление уже 2,4 % вершин приводит к тому же результату. Заметим, что с ростом значения параметра τ процент вершин, которые могут быть удалены из графа до того, как он может считаться разрушенным, уменьшается. Чтобы полностью разрушить любой граф Интернет-типа с помощью «направленной атаки», достаточно удалить из него чуть менее 8 % вершин, тогда как при «случайных сбоях» граф может быть не разрушен даже при удалении из него 80 % вершин.

Исследование показало, что рассматриваемые случайные графы сильно уязвимы к направленному разрушению, такому как удаление вершин с большими степенями. Но в то же время, они достаточно устойчивы к случайным сбоям, т. е. к такому воздействию, как равновероятное удаление вершин. Что

Таблица 1. Критические значения вероятностей разрушения графа при «направленной атаке»

$p\backslash\tau$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
0,01	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
0,05	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
0,1	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
0,5	4,9	4,4	4,0	3,6	3,3	3,0	2,7	2,4	2,2
0,9	7,1	6,4	5,8	5,3	4,8	4,3	3,9	3,5	3,2
0,95	7,4	6,7	6,0	5,5	4,9	4,5	4,0	3,7	3,3
0,99	7,6	6,9	6,2	5,6	5,1	4,6	4,2	3,8	3,4

Таблица 2. Критические значения вероятностей разрушения графа при «случайных сбоях»

$p\backslash\tau$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
0,01	35,7	34,2	32,8	31,6	30,6	29,6	28,7	27,9	27,1
0,05	38,9	37,3	35,8	34,5	33,3	32,3	31,3	30,4	29,6
0,1	42,6	40,8	39,2	37,8	36,5	35,4	34,3	33,3	32,4
0,5	65,1	62,4	59,9	57,7	55,8	54,0	52,4	50,9	49,6
0,9	81,6	78,2	75,1	72,4	69,9	67,7	65,7	63,8	62,1
0,95	83,5	79,9	76,8	74,0	71,5	69,2	67,2	65,3	63,5
0,99	84,9	81,3	78,1	75,3	72,7	70,4	68,3	66,4	64,6

касается зависимости устойчивости графов Интернет-типа от изменения значения параметра распределения степеней вершин τ, то оказалось, что как при «направленном», так и при «случайном» удалении вершин, чем ближе значение параметра τ к 1, тем граф оказывается более устойчивым, и, соответственно, чем ближе значение τ к 2, тем разрушение такого графа будет происходить быстрее.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

Литература

1. *Лери М. М.* Моделирование случайных графов Интернет-типа // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2009. Т. 16, вып. 5. С. 737–744.

2. *Павлов Ю. Л.* Предельное распределение объема гигантской компоненты в случайном графе Интернет-типа // Дискретная математика. 2007. Т. 19, вып. 3. С. 22–34.

3. *Aiello W., Chung F., Lu L.* A random graph model for massive graphs // Proc. of the 32nd Annual ACM Symposium on Theory of Computing. 2000. P. 171–180.

4. *Bollobas B., Riordan O.* Robustness and vulnerability of scale-free random graphs // Internet Mathematics. 2004. Vol. 1, N 1. P. 1–35.

5. *Cohen R., Erez K., Ben-Avraham D., Havlin S.* Resilience of the Internet to Random Breakdowns // Phys. Rev. Lett. 2000. Vol. 85. P. 4626–4628.

6. *Durrett R.* Random Graph Dynamics. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007. 212 p.

7. *Faloutsos C., Faloutsos P., Faloutsos M.* On power-law relationships of the internet topology // Computer Communications Rev. 1999. Vol. 29. P. 251–262.

8. *Newman M. E. Y., Strogatz S. H., Watts D. J.* Random graphs with arbitrary degree distribution and their applications // Phys. Rev. E. 2001. Vol. 64. P. 026118.

9. *Matsumoto M., Nishimura T.* Mersenne Twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator // ACM Trans. on Modeling and Computer Simulation. 1998. Vol. 8, N 1. P. 3–30.

10. *Norros I., Reittu H.* Attack resistance of power-law random graphs in the finite mean, infinite variance region // Internet Mathematics. 2008. Vol. 5, N 3. P. 251–266.

11. *Reittu H., Norros I.* On the power-law random graph model of massive data networks // Performance Evaluation. 2004. Vol. 55. P. 3–23.

12. *Tangmunarunkit H., Govindan R., Jamin S. et al.* Network topology generators: degree-based vs. structural // Proceedings of the SIGCOMM'02. Pittsburgh, USA, 2002. P. 147–159.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Лери Марина Муксумовна
научный сотрудник, к. т. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: leri@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 781218

Leri, Marina
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: leri@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 781218

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 54–60

УДК 519.872.6

PERFORMANCE ANALYSIS OF BRIDGE MONTE-CARLO ESTIMATOR

O. V. Lukashenko[1], E. V. Morozov[1], M. Pagano[2]

[1] *Institute of Applied Mathematical Research of Karelian Research Centre of RAS*
[2] *Dept. of Information Engineering, University of Pisa, Italy*

The overflow probability is an important QoS (Quality of Service) parameter. In this paper, we analyze the performance of Bridge Monte-Carlo (BMC), an interesting approach for the estimation of the overflow probability for queueing systems fed by a Gaussian input process.

Key words: Gaussian queue, fractional Brownian motion, overflow probability, estimation.

О. В. Лукашенко, Е. В. Морозов, М. Пагано. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ BMC-ОЦЕНКИ

Вероятность переполнения является важным показателем качества обслуживания. В данной статье мы изучаем качественные свойства BMC-оценки этой вероятности для различных гауссовских входных процессов.

Ключевые слова: гауссовская очередь, дробное броуновское движение, вероятность переполнения, оценивание.

Introduction

We consider a single server queueing system with constant service rate C fed by a Gaussian input, which is defined as follows:

$$A_t = mt + X_t, \tag{1}$$

where constant $m > 0$ and $\{X_t, t \in T\}$ with $T = \{\mathbb{Z}_+\}$ (or $T = \{\mathbb{R}_+\}$) is a centered Gaussian process with stationary increments, which describes random fluctuations of the input around its linearly increasing mean. To guarantee stability of such a system we assume that $m < C$. Let us denote $v_t := \mathbb{D}X_t$ – the variance of X_t. Then the covariance function has the following expression:

$$\Gamma_{s,t} = \frac{1}{2}\left(v_t + v_s - v_{|t-s|}\right). \tag{2}$$

The stationary overflow probability (i.e., the probability that stationary workload Q exceeds some treshold level B) has the following representation [12]:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}_{\text{overflow}} &:= \mathbb{P}(Q \geqslant B) \\ &= \mathbb{P}\left(\sup_{t\in T}(A_t - Ct) \geqslant B\right) \\ &= \mathbb{P}\left(\sup_{t\in T}(X_t - \varphi_t) \geqslant 0\right), \end{aligned} \tag{3}$$

where $\varphi_t := B + rt$, $r := C - m > 0$.

We consider the following important cases of Gaussian inputs:

1. Fractional Brownian Motion (FBM). In this case $v_t = t^{2H}$, with Hurst parameter $H \in (0, 1)$ (in the teletraffic framework usually $H \in (0.5, 1)$, corresponding to traffic processes with long range

dependence). It has been shown in [13] that FBM arises as the scaled limit process when the cumulative workload is a superposition of on-off sources with mutually independent heavy-tailed on and/or off periods.

2. Sum of two independent FBMs with $v_t = t^{2H_1} + t^{2H_2}$. The use of this model is also motivated by the fundamental result in [13] in case of heterogeneous on-off sources.

3. Integrated Ornstein-Uhlenbeck process (IOU) with $v_t = t + e^{-t} - 1$. IOU is the Gaussian counterpart of the well-known Anick-Mitra-Sondi fluid model [1], and its relevance is further motivated in [8].

Asymptotic regimes

There are no explicit expressions for (3) in case of general Gaussian input (there are some results for specific simple cases like standard Brownian motion). Therefore researches were concentrated on asymptotic analysis and simulation technique in different regimes which are described below.

Large buffer regime

In this regime the overflow probability

$$\mathbb{P}_B = \mathbb{P}(Q \geqslant B)$$

is analyzed for large B. The following logarithmic asymptotic result has been found in [3]:

$$\log \mathbb{P}_B \sim -\inf_{t \geqslant 0} \frac{V^2(t)}{2}, \ as \ B \to \infty, \qquad (4)$$

where $f \sim g$ means $f/g \to 1$ and

$$V(t) = \frac{B + rt}{\sqrt{v_t}}.$$

Expression (4) means that for sufficiently large values of B

$$\mathbb{P}_B \approx \exp\left(-\inf_{t \geqslant 0} \frac{V^2(t)}{2}\right). \qquad (5)$$

The so- called most-likely time τ of the overflow is the optimizing argument in (4) and (5). For FBM input, time τ has the following explicit form

$$\tau = \frac{H}{1-H} \cdot \frac{B}{r}, \qquad (6)$$

implying

$$V(\tau) = \left(\frac{B}{1-H}\right)^{1-H} \left(\frac{r}{H}\right)^{H}. \qquad (7)$$

Calculation of exact asymptotics (which are more informative than log asymptotics) is typically much more difficult problem depending on the Gaussian component X of the input. We refer to [7, 10, 11] where such results can be found.

Many sources regime

Often in a large network the input to a station is typically a superposition of a large number n of the streams generated by the i.i.d. sources. This observation leads to analysis of the so-called many sources regime where the input to a station has a form $A_t = mnt + \sum_{i=1}^{n} X_t^i$, with the i.i.d. centered Gaussian processes $\{X^i\}$ (with stationary increments), and the threshold and capacity are scaled accordingly, i. e., $B = nb$ and $C = nc$ where parameter $b > 0$ and c corresponds to capacity of a single station. Let now be $r := c - m > 0$ and $\varphi_t = b + rt$. Then the overflow probability in the many-source regime becomes:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}_n &:= \mathbb{P}\left(\sup_{t \in T}\left(\sum_{i=1}^{n} X_t^i - nrt\right) \geqslant nb\right) \\ &= \mathbb{P}\left(\sup_{t \in T}\left(\sum_{i=1}^{n} X_t^i - n\varphi_t\right) \geqslant 0\right) \\ &=_d \mathbb{P}\left(\sup_{t \in T}\left(X_t^{(n)} - \varphi_t\right) \geqslant 0\right), \end{aligned}$$

where $X_t^{(n)} := \sqrt{1/n} X_t$ (X_t denotes a generic element of X_t^i). Note that the last expression corresponds to equation (3) with the Gaussian input component $X_t^{(n)}$.

There are several asymptotic results for the overflow probability. Most of them claim that, under mild conditions, such a probability decays exponentially fast in n. The following results has been proved in [2]:

$$-\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} \log \mathbb{P}_n = \inf_{t \geqslant 0} \frac{V^2(t)}{2}, \qquad (8)$$

where

$$V(t) = \frac{b + rt}{\sqrt{v_t}}.$$

Expression (8) means that for n sufficiently large

$$\mathbb{P}_n \approx \exp\left(-n \inf_{t \geqslant 0} \frac{V^2(t)}{2}\right). \qquad (9)$$

As in a large buffer regime, the optimizing argument τ in (8) is called the most-likely time of the overflow. Result (8) gives only logarithmic

asymptotics. In discrete time the following exact large deviation (LD) asymptotic holds [9]:

$$\mathbb{P}_n \sim \Phi\left(V(\tau)\sqrt{n}\right),\ n \to \infty, \qquad (10)$$

where

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-y^2/2} dy.$$

For other exact asymptotics we refer to [4].

BMC estimator

Bridge Monte-Carlo (BMC) is a new approach to estimation of the overflow probability in a queueing system with Gaussian input.

Originally proposed by some of the authors in [5], BMC is based on the idea of expressing the overflow probability as the expectation of a function of the *Bridge* $Y := \{Y_t\}$ of the Gaussian input process X, i.e., the process obtained by conditioning X to reach a certain level at some prefixed time $\bar{t}$:

$$Y_t = X_t - \psi_t X_{\bar{t}}, \qquad (11)$$

where function ψ_t is expressed via covariance function Γ as

$$\psi_t := \frac{\Gamma_{t,\bar{t}}}{\Gamma_{\bar{t},\bar{t}}}\ .$$

Because the variance of the input is increasing function of t in all models we consider in the paper, it is easy to see that $\psi_t > 0$ for all $t \in T$. Moreover, we note that the process Y is independent of X_τ since

$$\mathbb{E}[X_{\bar{t}} Y_t] = \Gamma_{\bar{t},t} - \frac{\Gamma_{t,\bar{t}}}{\Gamma_{\bar{t},\bar{t}}} \Gamma_{\bar{t},\bar{t}} = 0.$$

Further, we have

$$\begin{aligned} \mathbb{P}_{\text{overflow}} &:= \mathbb{P}\left(\sup_{t\in T}(X_t - \varphi_t) \geqslant 0\right) \\ &= \mathbb{P}\left(\sup_{t\in T}(Y_t + \psi_t X_{\bar{t}} - \varphi_t) \geqslant 0\right) \\ &= \mathbb{P}\left(\inf_{t\in T}(\varphi_t - Y_t - \psi_t X_{\bar{t}}) \leqslant 0\right). \end{aligned}$$

Consider two events:

$$A = \left\{\inf_{s\in T}(\varphi_s - Y_s - \psi_s X_{\bar{t}}) \leqslant 0\right\},$$

$$B = \left\{\inf_{t\in T} \psi_t^{-1}[\varphi_t - Y_t] \leqslant X_{\bar{t}}\right\}.$$

Fix any $\omega \in A$ and let $s^* = \text{argmin}(\varphi_{\text{s}} - \text{Y}_{\text{s}} - \psi_{\text{s}}\text{X}_{\bar{\text{t}}})$. Note that the event A is not empty since

$$\varphi_{\bar{t}} - Y_{\bar{t}} - \psi_{\bar{t}} X_{\bar{t}} = 0.$$

Then

$$\varphi_{s^*} - Y_{s^*}(\omega) - \psi_{s^*} X_{\bar{t}}(\omega) \leqslant 0.$$

Thus, the following inequality holds

$$\inf_{t\in T} \psi_t^{-1}[\varphi_t - Y_t(\omega)] \leqslant \psi_{s^*}^{-1}[\varphi_{s^*} - Y_{s^*}(\omega)] \leqslant X_{\bar{t}}(\omega).$$

That is $\omega \in B$, and hence $A \subseteq B$. Similarly, we can check that $B \subseteq A$. It means that $A = B$. Denote

$$\overline{Y} := \inf_{t\in T} \frac{\varphi_t - Y_t}{\psi_t}. \qquad (12)$$

Recall that

$$X_t = N(0,\, \Gamma_{t,t}) =_d \sqrt{\Gamma_{t,t}}\, N(0,\, 1),$$

where $=_d$ stands for stochastic equivalence. Then, the overflow probability can be rewritten as follows

$$\begin{aligned} \mathbb{P}_{\text{overflow}} &= \mathbb{P}\left(\overline{Y} \leqslant X_{\bar{t}}\right) = \int_R \mathbb{P}(X_{\bar{t}} \geqslant u)\mathbb{P}(\overline{Y} \in du) \\ &= \int_R \mathbb{P}\Big(N(0,\, 1) \geqslant \frac{u}{\sqrt{\Gamma(\bar{t},\, \bar{t})}}\Big)\mathbb{P}(\overline{Y} \in du) \\ &= \mathbb{E}\left[\Phi\left(\frac{\overline{Y}}{\sqrt{\Gamma_{\bar{t},\bar{t}}}}\right)\right], \end{aligned}$$

where independence $\overline{Y}$ and $X_{\bar{t}}$ is used. Given an i.i.d sequence $\{\overline{Y}^{(i)},\ i = 1, ..., N\}$ distributed as $\overline{Y}$, the estimator of $\mathbb{P}_{\text{overflow}}$ is defined as follows:

$$\widehat{\mathbb{P}}_{\text{overflow}} := \widehat{\mathbb{P}}_{\text{overflow}}(N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \Phi\left(\frac{\overline{Y}^{(i)}}{\sqrt{\Gamma_{\bar{t},\bar{t}}}}\right).$$

In spite of the fact that the BMC estimator is not asymptotically efficient, its variance is lower than for the single-twist Importance Sampling (which is comparable in the terms of computational complexity) [6]. Moreover, the approach using BMC estimator is extremely flexible since it does not rely on a change of measure. Furthermore, to apply this estimator the knowledge of the correlation structure of the incoming traffic is only required. (As we mentioned above the assumption of the Gaussianity of X_t is typically fulfilled when a lot of flows are multiplexed together.) Although the choice of $\bar{t}$ is arbitrary, in the following we will always assume that $\bar{t} = \tau$, i.e. as the conditioning point we will consider the most-likely time of the overflow. For a wide range of values of the queue parameters, the minimum in (12) is almost always attained near the most-likely time and does not vary significantly. Let us denote

$$G(t) := \frac{\varphi_t - Y_t}{\psi_t}.$$

and note that $G(\bar{t}) = \varphi_{\bar{t}}$ is deterministic.

Assume that $\overline{Y}^{(i)} \in [\varphi_\tau - h, \varphi_\tau]$, where evidently the span h depends on the samples $\{Y^{(i)},\ i = 1, ..., N\}$. Then by the monotonicity of the tail distribution Φ,

$$\Phi\left(\frac{\varphi_\tau}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}\right) \leqslant \widehat{\mathbb{P}}_{\text{overflow}} \leqslant \Phi\left(\frac{\varphi_\tau - h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}\right). \quad (13)$$

Consider the difference

$$\Delta(h) \ := \ \Phi\left(\frac{\varphi_\tau - h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}\right) - \Phi\left(\frac{\varphi_\tau}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}\right),$$

which can be approximated as

$$\begin{aligned}\Delta(h) \ &\approx \ -\Phi'\left(\frac{\varphi_\tau}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}\right)\frac{h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}} \\ &= \ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2}\,\frac{h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}, \qquad (14)\end{aligned}$$

where $Z = \frac{\varphi_\tau}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}$. Actually if the distance Δ between lower and upper bound in (13) is not too large, we can estimate the accuracy of approximation (10). We note that $V(\tau)\sqrt{n} = \frac{\varphi_\tau}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}$, so expression (10) indeed gives only lower bound of $\widehat{\mathbb{P}}_{\text{overflow}}$. Below we verify the accuracy of approximation (10) by simulation.

Simulation results

In this section, a few numerical results are presented which demonstrate the properties and accuracy of the BMC estimator.

We first show the accuracy of the BMC estimator for the different input processes, by comparing the simulation results with the known asymptotics (both for large buffer regime and for many sources regime).

Then we investigate the properties of the BMC estimator from an analytical point of view, taking into account the dependence of the conditional overflow probability from the simulated sample paths of the input process in the case of FBM traffic.

Comparison with asymptotic results

The first set of simulations compares the estimates of BMC with the asymptotic expressions recalled above.

Figures 1–3 refer to many sources regime for different input processes: FBM, sum of independent FBMs and IOU, respectively. In all cases the estimation of the overflow probability uses $N = 10^6$ sample paths and is compared with the exact asymptotic given by (10). The following parameters are used in simulation: $r = 0.1$; $b = 0.3$; $H = H_1 = 0.8$; $H_2 = 0.6$. As figures show, a good consistency between theoretical values and simulation results are obtained over a wide range of the overflow probability values.

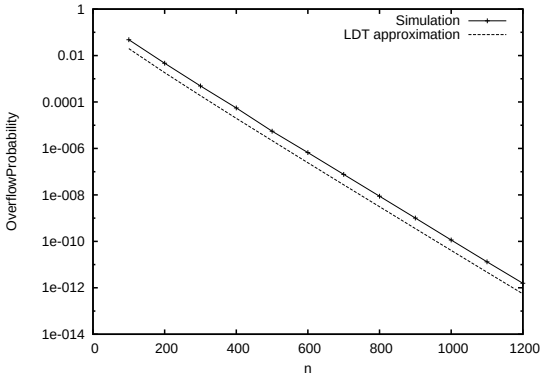


Fig. 1. Simulation vs. asymptotic (10): FBM

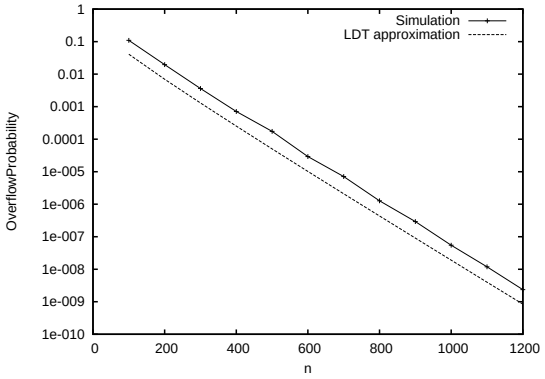


Fig. 2. Simulation vs. asymptotic (10): the sum of two independent FBMs

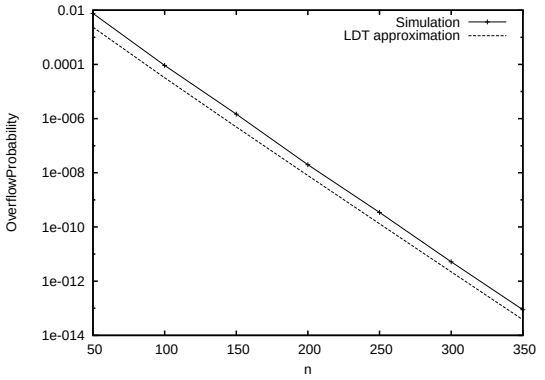


Fig. 3. Simulation vs. asymptotic (10): IOU

Moreover, for FBM input Figure 4 shows the behavior of the relative error of the BCM estimator (defined as the ratio between the empirical standard deviation and the corresponding probability). Although the relative error is not bounded (indeed, BMC is not even asymptotically efficient [6]), it grows slowly, and for the overflow probabilities of the order of 10^{-12} (compare the values in figures 1 and 4) is still less than 1 %.

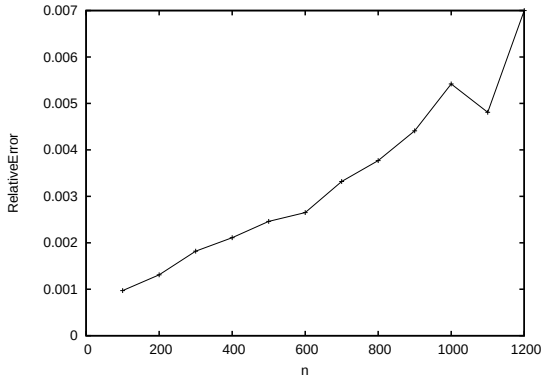


Fig. 4. Relative Error for FBM

Finally, figure 5 refers to the large buffer regime and compares the LD bound (5) with the simulation results in the case of a single FBM (with $H = 0.8$ as before) process. In this case B goes from 10 to 100 and $r = 1$, considering $N = 10^4$ sample paths (the choice is motivated by the relative high values of the simulated probability).

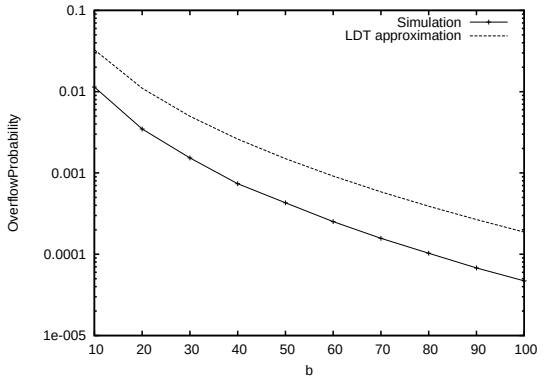


Fig. 5. Simulation vs. asymptotic (5) for FBM

Performance analysis of BMC

The second set of simulations aimed at checking the variability of h, and hence of Δ in (14), in order to understand the goodness of the asymptotic approximation (10).

The tests are performed considering a single FBM flow in the many sources regime and using the same parameters as in previous section.

To give a visual idea of the variability of $\overline{Y}^{(i)}$, figure 6 compares its first 1000 samples with the theorethical upper bound $G(\tau) = \varphi_\tau$ for $n = 500$ FBM sources.

As highlighted in the figure, in this example $h \approx 0.298$ is not significantly lower than $\varphi_\tau = 1.5$, confirming the goodness of the LD approximation (10).

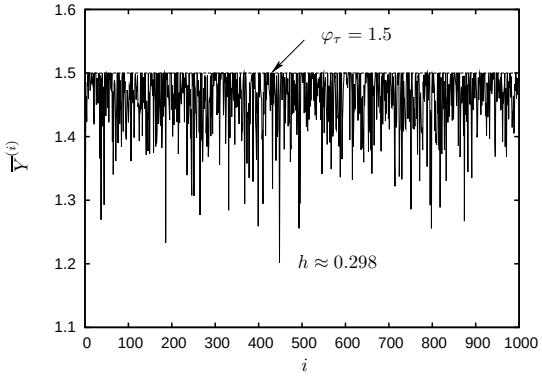


Fig. 6. Simulation results for $\overline{Y}^{(i)}$

To better understand the variability of $\overline{Y}$, figures 7 – 10 shows the empirical distribution of $\overline{Y}$ for different values of n. As expected, for large values of n, $\overline{Y}$ is concentrated near $G(\tau) = 1.5$, and this fact gives a formal motivation for the analysis of Δ in (14).

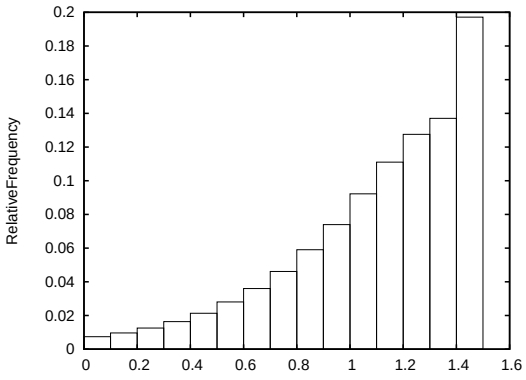


Fig. 7. Histogram of the distribution of $\overline{Y}$ ($n = 50$)

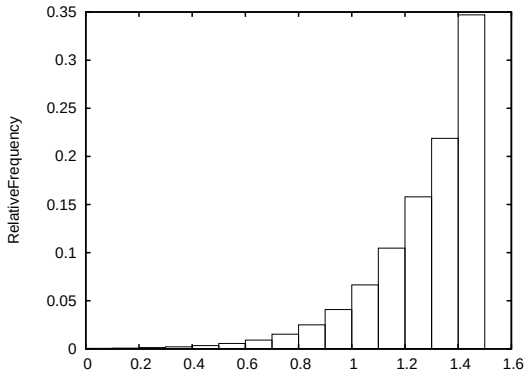


Fig. 8. Histogram of the distribution of $\overline{Y}$ ($n = 100$)

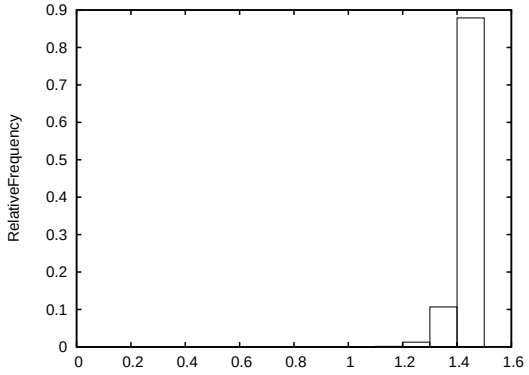


Fig. 9. Histogram of the distribution of $\overline{Y}$ ($n = 500$)

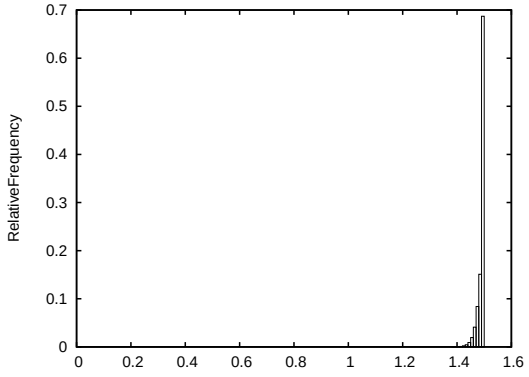


Fig. 10. Histogram of the distribution of $\overline{Y}$ ($n = 2000$)

For sake of completeness, figure 11 shows the variation of $\overline{Y}^{(i)}$ for FBM in the large buffer regime (buffer size $b = 2000$) and the following values of the system parameters: $H = 0.8$; $r = 1$; $N = 10^3$. In this example $h \approx 658.941$, but the ratio $\frac{h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}} \approx 0.497$. Thus, inspite of that h is rather large, the increment of the argument of function Φ in (13) is $\frac{h}{\sqrt{\Gamma_{\tau,\tau}}}$ and comparably small. It shows that approximation (14) can be applied.

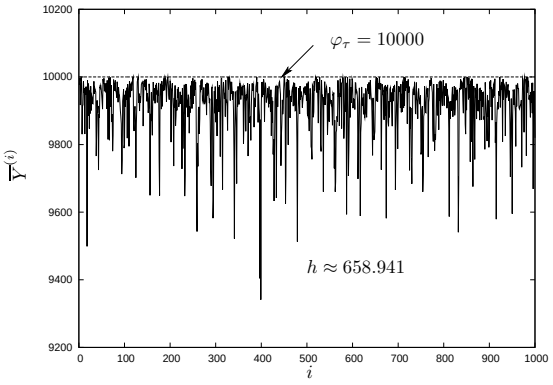


Fig. 11. Simulation results for $\overline{Y}^{(i)}$

Conclusions

In this paper, we have analyzed the main properties of BMC estimator, a simulation approach that exploits the Gaussian nature of the input process and relies on the properties of Bridges.

Several sets of simulations were carried out in order to compare the estimations with well-known asymptotic bounds for different input processes and in different working conditions, considering large buffers as well as the superposition of many i.i.d. sources.

Focusing on the latter scenario, we investigated the empirical distribution of the estimates and the dependence of the conditional overflow probability from the simulated sample paths of the bridge process, in order to understand the applicability of asymptotic results. The simulations highlighted that the shape of the histograms strongly depends on the number of multiplexed sources, confirming the well-known heuristic that rare event happens in the more likely way.

This work is supported by the strategic development program of Petrozavodsk State University for 2012–2016 and Russian Foundation for Basic research, project N 10-07-00017.

References

1. *Addie R., Mannersalo P., Norros I.* Most probable paths and performance formulae for buffers with Gaussian input traffic // European Transactions in Telecommunications. 2002. Vol. 13. P. 183–196.

2. *Botvich D., Duffield N.* Large deviations, the shape of the loss curve, and economies of scale in large multiplexers // Queueing Systems. 1995. Vol. 20. P. 293–320.

3. *Debicki K.* A note on LDP for supremum of Gaussian processes over infinite horizon // Stat. Probab. Lett. 1999. Vol. 44. P. 211–220.

4. *Debicki K., Mandjes M.* Exact overflow asymtotics for queues with many Gaussian inputs. Report PNA-R0209 March 31, 2002.

5. *Giordano S., Gubinelli M., Pagano M.* Bridge Monte-Carlo: a novel approach to rare events of Gaussian processes // Proc. of the 5th St. Petersburg Workshop on Simulation. St. Petersburg, Russia, 2005. P. 281–286.

6. *Giordano S., Gubinelli M., Pagano M.* Rare events of Gaussian processes: a performance comparison between Bridge Monte-Carlo and Importance Sampling. In Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking. St. Petersburg, Russia, 2007. P. 268–280.

7. *Hüsler J., Piterbarg V. I.* Extremes of a certain class of Gaussian processes // Stochastic Processes and their Applications. 1999. Vol. 83. P. 257–271.

8. *Kulkarni V., Rolski T.* Fluid model driven by an Ornstein-Uhlenbeck process // Probability in the Engineering and Informational Sciences. 1994. Vol. 8. P. 403–417.

9. *Likhanov N., Mazumdar R.* Cell loss asymptotics in buffers fed with a large number of independent stationary sources // Journal of Applied Probability. 1999. Vol. 36. P. 86–96.

10. *Massoulié L., Simonian A.* Large buffer asymptotics for the queue with FBM input // Journal of Applied Probability. 1999. Vol. 36. P. 894–906.

11. *Narayan O.* Exact asymptotic queue length distribution for fractional Brownian traffic // Advances in Performance Analysis. 1998. Vol. 1. P. 39–63.

12. *Reich E.* On the On the integrodifferential equation of Takacs I. // Ann. Math. Stat. 1958. Vol. 29. P. 563–570.

13. *Taqqu M. S., Willinger W., Sherman R.* Proof of a fundamental result in self-similar traffic modeling // Computer communication review. 1997. Vol. 27. P. 5–23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лукашенко Олег Викторович
аспирант
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: lukashenko-oleg@mail.ru
тел.: (8142) 763370

Морозов Евсей Викторович
ведущий научный сотрудник
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: emorozov@karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Пагано Микеле
профессор
факультет информационной инженерии Университета г. Пизы, Италия
эл. почта: m.pagano@iet.unipi.it
тел.: +39 050 2217575

Lukashenko, Oleg
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: lukashenko-oleg@mail.ru
tel.: (8142) 763370

Morozov, Evsey
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: emorozov@karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Pagano, Michele
Associated Professor
Department of Information Engineering,
University of Pisa, Italy
e-mail: m.pagano@iet.unipi.it
tel.: +39 050 2217575

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 61–67

УДК 519.83

РЕПУТАЦИИ АРБИТРОВ В МОДЕЛЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГОВОРОВ

В. В. Мазалов[1], **Ю. С. Токарева**[2]

[1] *Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН*
[2] *Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет им. Н. Г. Чернышевского*

В данной работе рассматриваются модели проведения переговоров двух лиц с применением согласительного арбитража и арбитража по последнему предложению, в которых независимая сторона представлена арбитражным комитетом. Исследовано влияние репутации членов арбитражного комитета на решение игры.

Ключевые слова: переговоры, репутация, арбитражные схемы.

V. V. Mazalov, Ju. S. Tokareva. REPUTATION OF ARBITRATORS IN BARGAINING MODELS

We consider a two-person bargaining model based on Conventional and Final-Offer Arbitration procedures in which the independent party is represented by an arbitration committee. We investigate the effect of the reputation of the arbitrators on the solution of the game.

Key words: bargaining, reputation, arbitration schemes.

Введение

Важный момент в переговорах — репутация участников. Под репутацией понимается приобретаемая кем-, чем-нибудь общественная оценка, общее мнение о качествах, достоинствах и недостатках кого-, чего-нибудь [4]. В зависимости от поведения участников переговоров при принятии решений формируется их репутация. Поэтому при проведении переговоров участники на каждой стадии должны думать не только о максимизации своего выигрыша на данной стадии, но и о своей репутации, от которой также зависит их дальнейший выигрыш.

В случае, когда в процессе переговоров участники не могут достигнуть соглашения самостоятельно, они могут обратиться к независимому эксперту – арбитру (жюри) или арбитражному комитету. Такие процедуры называются арбитражными схемами. Существуют различные арбитражные схемы. Наиболее распространена в применении арбитражная процедура по последнему предложению (Final-Offer Arbitration), когда в качестве решения спора выступает предложение игрока, оказавшееся ближе к мнению арбитра или арбитражного комитета [5]. Кроме нее часто используется схема согласительного арбитража, по которой окончательным решением переговоров будет мнение самого независимого эксперта [6].

Теоретико-игровым моделям репутаций посвящено достаточно много работ (см. [2], [8], [10]). В данной же работе рассматриваются теоретико-игровые модели проведения переговоров с участием арбитражного комитета [9], в которых имеет значение репутация членов арбитражного комитета. При этом дизайн переговоров представлен арбитражной процедурой по последнему предложению или согласительным арбитражем, а индивидуальная репутация игрока (арбитра) рассматривается с точки зрения другого игрока (или арбитра). В работе исследовано влияние репутации членов арбитражного комитета на решение игры традиционной модели переговоров и в модели проведения конкурса. Для моделирования репутаций используется матричная модель динамики мнений, впервые предложенная Де Гроотом [7] и затем расширенная многими авторами (на русском языке см. [1], [2]).

Репутации в переговорах

Пусть $N = \{1, 2, ..., n\}$ – множество игроков, участвующих в переговорах при решении какой-то проблемы. Каждый из игроков имеет свое мнение о решении этой проблемы. Обозначим через $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$ набор мнений всех игроков, $x_i \in S$ $(i = 1, 2, ..., n)$, где $S \subset R^k$ – допустимое множество в пространстве решений.

Переговоры проходят последовательными этапами в моменты времени $t = 0, 1, ...$ В начальный момент времени мнения игроков обозначим $x(0)$. Затем игроки встречаются, обсуждают проблему, обмениваются мнениями и, возможно, меняют свое мнение. В общем случае данное обсуждение можно представить как динамическую систему

$$x(t+1) = f_t(x(t)), \quad t = 0, 1, ...$$

Если существует предел данной последовательности

$$x = \lim_{t\to\infty} x(t)$$

и при этом все компоненты вектора x равны, то это значение называется консенсусом в переговорах.

Пусть R – пространство решений. Рассмотрим матрицу доверия игроков друг к другу $A \in [0; 1]^{n\times n}$:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & ... & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & ... & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & ... & a_{nn} \end{pmatrix},$$

где a_{ij} – степень доверия i-го игрока к j-му игроку. Например, a_{11} – степень доверия первого игрока к самому себе, а a_{12} – степень доверия первого игрока ко второму игроку.

Мы предполагаем, что A – стохастическая матрица, т. е. все элементы матрицы неотрицательны и доверие каждого из игроков распределяется между всеми игроками, в том числе и к самому себе:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} = 1, \ \forall i.$$

Тогда, после очередного этапа переговоров мнение участников становится равным взвешенному мнению всех участников переговоров с учетом доверия к каждому из них

$$x_i(t+1) = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j(t), \quad \forall i.$$

Или, в матричной форме,

$$x(t+1) = Ax(t); \quad t = 0, 1, ...; \quad x(0) = x_0. \quad (1)$$

Итерируя равенство (1) t раз, получим

$$x(t) = A^t x(0).$$

Поведение стохастических матриц хорошо исследовано в теории марковских цепей. Перенумеровав игроков соответствующим образом, любую стохастическую матрицу можно представить в виде

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & ... & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & ... & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \\ 0 & 0 & ... & A_m & 0 \\ & & A_{m+1} & & \end{pmatrix}.$$

Здесь матрицы A_i, $(i = 1, ..., m)$ также являются стохастическими и соответствуют классам сообщающихся состояний. Состояния из класса $A_{(m+1)}$ являются несущественными, в предельной матрице этим состояниям будут соответствовать нули.

В терминах теории репутаций это означает, что игроку, входящему в соответствующий класс A_i, важна репутация игроков только данного класса. Игроки же из класса A_{m+1} не играют в переговорах никакой роли, их сила влияния равна нулю.

Для существования консенсуса необходимо и достаточно, чтобы цепь была непериодической и существовал ровно один класс сообщающихся состояний, т. е. $m = 1$. Тогда существует предельная матрица $\lim\limits_{t\to\infty} A^t$, обозначим ее

$$A^\infty = \lim_{t\to\infty} A^t$$

и данная предельная матрица состоит из одинаковых строк $(a_1, a_2, ..., a_n)$, где a_i называется силой влияния игрока i. Тогда существует и предел

$$\lim_{t\to\infty} A^t x(0) = A^\infty x(0) = x(\infty) = (x, x, ..., x).$$

Пример 1. Пусть матрица репутаций имеет следующий вид

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \end{pmatrix},$$

согласно которой первый игрок доверяет себе так же как и второму игроку. Второй же игрок доверяет себе в три раза больше. Находим

$$\lim_{t\to\infty} A^t = A = \lim_{t\to\infty} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \end{pmatrix}^t = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{pmatrix}.$$

Таким образом, сила влияния игроков распределяется следующим образом:

$$a_1 = \frac{1}{3},\ a_2 = \frac{2}{3}.$$

Пример 2. Предположим, что матрица репутаций имеет вид

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

Здесь первый игрок доверяет всем одинаково. Второй же арбитр доверяет больше третьему игроку, в то время как третий игрок доверяет больше второму игроку. Тогда сила влияния игроков распределяется следующим образом:

$$a_1 = \frac{1}{5},\ a_2 = a_3 = \frac{2}{5}.$$

Так как все строки матрицы A_∞ одинаковы, то все компоненты предельного вектора $x(\infty)$ одинаковы и представляют собой консенсус x. Заметим, что

$$x = \sum_{i=1}^{n} a_i x_i(0),$$

где a_i – сила влияния игрока и $x_i(0)$ его начальное мнение.

Интерпретация в контексте переговоров означает, что игроки в результате длительных переговоров с учетом доверия друг к другу, приходят к окончательному единому решению.

Влияние репутации арбитров в согласительном арбитраже

Рассмотрим следующую модель переговоров. Два игрока – профсоюз L и менеджмент M – обращаются в арбитражный суд для решения спора о зарплате. Пусть арбитражный комитет состоит из n арбитров, которые руководствуются правилами согласительного арбитража. Согласительный арбитраж – это наиболее традиционная процедура разрешения спора. Основываясь на предложениях спорящих сторон, арбитражный комитет навязывает игрокам окончательное решение, которое считает справедливым со своей точки зрения.

Предположим, что каждый из арбитров имеет некоторое начальное мнение о том, какая должна быть величина заработной платы. Обозначим данное мнение как $x_i(0);\ i = 1, ..., n$. Пусть также арбитры обладают определенной репутацией, которая выражается некоторой матрицей доверия $A \in [0; 1]^{n\times n}$. Как отмечалось выше, арбитры обладают силой влияния a_i $(i = 1, 2, ..., n)$, которая играет роль при определении решения спора.

Игроки – профсоюз и менеджмент – представляют свои предложения в арбитражный комитет. Арбитры собираются и обсуждают поступившие предложения для вынесения окончательного решения.

В процессе обсуждения с коллегами арбитры могут корректировать свои мнения в соответствии с динамикой репутаций, описанной выше. Тогда после длительных переговоров арбитры приходят к консенсусу

$$x = \sum_{i=1}^{n} a_i x_i(0),$$

который и является решением спора.

Консенсус может означать собой, например, выделение бюджетных средств на строительство какого-то объекта или выделение квот на вылов рыбы или решение территориальных проблем. Решение зависит от репутации членов комитета и их мнений. На окончательное решение можно повлиять, если изменить начальное мнение кого-то из арбитров. Естественно это более эффективно, если данное лицо имеет высокую репутацию.

Предположим, что игрок M обладает определенной суммой средств c_M, чтобы повлиять на мнение арбитров. Данная задача является

оптимизационной и имеет вид

$$H_M(y_1, y_2, ..., y_n) = \sum_{j=1}^{n} a_j(x_j(0) - k_j y_j) +$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \to min$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \leqslant c_M, \quad y_i \geqslant 0, \quad j = 1, .., n,$$

где первое слагаемое – это изменение начального мнения арбитра i, а второе слагаемое – затраты игрока M. Здесь k_j $(j = 1, ..., n)$ неотрицательные коэффициенты, а y_i – денежная сумма, переданная игроком M арбитру i.

Заметим, что начальные мнения не зависят от y, поэтому данная задача эквивалентна следующей

$$H_M(y_1, y_2, ..., y_n) = \sum_{j=1}^{n} (a_j k_j - 1) y_j \to \max$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \leqslant c_M, \quad y_i \geqslant 0, \quad j = 1, .., n.$$

Решение данной задачи простое. Мы рассматриваем только тех арбитров j, для которых $a_j k_j > 1$ и среди них выбирается арбитр с максимальным значением $a_j k_j$. Затем все средства c_M вкладываются в данного арбитра.

Теперь предположим, что и вторая сторона (профсоюз) обладает определенной суммой средств c_L, которую может вложить для изменения мнения арбитров в свою пользу. Будем считать, что мнение арбитра меняется в пользу того лица, которое предложило большую сумму. Приходим к игре двух лиц с функциями выигрыша

$$H_M(y^M; y^L) = \sum_{j=1}^{n} (a_j k_j - 1) y_j^M I\left\{y_j^M > y_j^L\right\},$$

$$H_L(y^M; y^L) = \sum_{j=1}^{n} (a_j k_j - 1) y_j^L I\left\{y_j^M < y_j^L\right\}.$$

При этом стратегии обоих игроков удовлетворяют ограничениям

$$\sum_{j=1}^{n} y_j^M \leqslant c_M, \quad \sum_{j=1}^{n} y_j^L \leqslant c_L,$$

$$y_j^M \geqslant 0, \; y_j^L \geqslant 0, \; j = 1, ..., n.$$

Если арбитров двое и $c_M = c_L$, то в равновесии каждый из игроков должен с вероятностью $\frac{a_1 k_1}{a_1 k_1 + a_2 k_2}$ предложить свой ресурс первому арбитру, и с вероятностью $\frac{a_2 k_2}{a_1 k_1 + a_2 k_2}$ – второму арбитру.

Влияние репутации арбитров в арбитражной процедуре по последнему предложению

Пусть теперь арбитры руководствуются правилами арбитража по последнему предложению. По данной схеме принимается то предложение, которое оказывается ближе к выбору арбитра. В этом случае функция выигрыша имеет вид $H(x, y) = EH_z(x, y)$, где

$$H_z(x, y) = \begin{cases} \frac{x+y}{2}, & \text{если } x \leqslant y, \\ x, & \text{если } x > y, |x - z| < |y - z|, \\ y, & \text{если } x > y, |x - z| > |y - z|, \\ z, & \text{если } x > y, |x - z| = |y - z|, \end{cases}$$

x – это предложение игрока L, y – это предложение игрока M, z – это мнение арбитра, а E – математическое ожидание по распределению случайной величины z.

Стороны конфликта представляют свои предложения в арбитражный комитет. Арбитры собираются и обсуждают поступившие предложения для вынесения окончательного решения. Арбитры имеют определенную репутацию, которая играет роль при определении победителя в споре.

В процессе обсуждения с коллегами арбитры могут корректировать свои мнения. После длительных переговоров арбитры приходят к консенсусу, который представлен единым распределением вероятностей. Так если комитет представлен n арбитрами, мнения которых выражены функциями распределения $F_1, F_2, ..., F_n$, то консенсус будет выражен функцией распределения

$$F_a = a_1 F_1 + a_2 F_2 + ... + a_n F_n,$$

где a_i – сила влияния арбитра i в комитете, которая зависит от его репутации. При этом математическое ожидание распределения F_a состоит из выпуклой комбинации

$$a_1 E_1 + a_2 E_2 + ... + a_n E_n$$

математических ожиданий распределений $F_1, F_2, ..., F_n$.

Пример 3. Два игрока ведут спор о зарплате и обращаются к арбитражному комитету, состоящему из двух членов. Пусть мнение первого арбитра выражено функцией нормального распределения $N(1;1)$, а второго – $N(2;1)$.

Предположим, что матрица репутаций имеет вид из примера 1:

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \end{pmatrix}$$

и сила влияния игроков распределена следующим образом: $a_1 = \frac{1}{3}$, $a_2 = \frac{2}{3}$. В результате переговоров арбитры приходят к единому мнению, которое выражено общим распределением

$$\frac{1}{3}N(1,1) + \frac{2}{3}N(2,1).$$

В данной задаче медиана общего распределения равна $m_F \approx 1,679$ и оптимальные стратегии игроков I и II равны соответственно:

$$x^* = m_F + \frac{1}{2f_a(m_F)} \approx 3,075,$$

$$y^* = m_F - \frac{1}{2f_a(m_F)} \approx 0,283.$$

Влияние репутации арбитров на результат конкурса

Рассмотрим теперь влияние репутации арбитров в модели проведения конкурсов, предложенную в [3]. Ограничимся здесь моделью конкурса для двух участников. Игроки I и II представляют на конкурс проекты, которые характеризуются двумя параметрами (x_i, y_i) $(i = 1, 2)$ из некоторого допустимого множества S в пространстве R^2. Например, проект может включать описание его стоимости и времени выполнения или числа работников. Арбитр или арбитражный комитет рассматривает поступившие предложения и выбирает один из проектов, используя арбитражную процедуру по последнему предложению с распределением вероятностей, которое известно участникам конкурса. При этом победитель конкурса получает выигрыш, зависящий от параметров его проекта.

Рассмотрим, например, ситуацию, в которой первый игрок хочет максимизировать сумму $x + y$, а второй – минимизировать.

Предположим, что для определения победителя в споре приглашаются два арбитра, репутация которых выражается некоторой матрицей доверия A.

Рассмотрим симметричный случай, в котором мнения арбитров моделируются двумерными нормальными распределениями:

$$f_1(x,y) = \frac{1}{2\pi} exp\left\{-\left((x+c)^2 + (y-c)^2\right)/2\right\},$$

$$f_2(x,y) = \frac{1}{2\pi} exp\left\{-\left((x-c)^2 + (y+c)^2\right)/2\right\},$$

где c – параметр модели.

После продолжительных переговоров арбитры приходят к итоговому распределению

$$f_a(x,y) = a_1 f_1(x,y) + a_2 f_2(x,y),$$

где a_1, a_2 – сила влияний арбитров, $a_2 = 1 - a_1$.

Игроки вносят свои предложения (x_1, y_1) и (x_2, y_2). Плоскость решений арбитра разделяется на два множества S_1 и S_2, которые разбиваются прямой, проходящей через середину отрезка, соединяющего точки (x_1, y_1) и (x_2, y_2) (рис. 1).

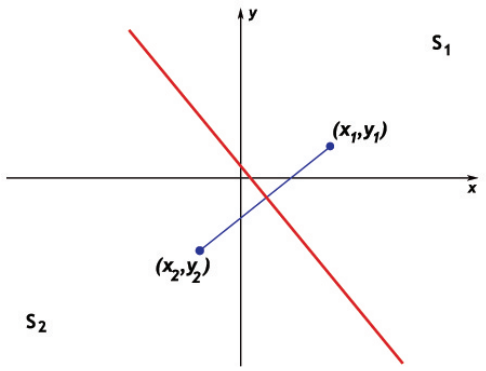


Рис. 1. Конкурс двух проектов на плоскости

Уравнение такой прямой

$$y = -\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}x + \frac{(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2)}{2(y_1 - y_2)}.$$

Тогда выигрыш игрока I в данной игре имеет вид

$$H(x_1, y_1; x_2, y_2) = (x_1 + y_1)\mu(S_1) =$$

$$= (x_1 + y_1)\int_R \int_R f_a(x,y) I\{y \geqslant -\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}x + \frac{(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2)}{2(y_1 - y_2)}\} dxdy,$$

где $I\{A\}$ – индикатор множества A.

Зафиксируем стратегию (x_2, y_2) второго игрока и найдем наилучший ответ первого игрока из условий $\frac{\partial H}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial H}{\partial y_1} = 0$. Находим

$$\frac{\partial H}{\partial x_1} = \mu(S_1) + (x_1 + y_1)\frac{\partial \mu(S_1)}{\partial x_1} =$$

$$= \mu(S_1) + (x_1 + y_1)\int_R \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} f_a\left(x, -\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}x + \right.$$

$$+\frac{(x_1^2-x_2^2+y_1^2-y_2^2)}{2(y_1-y_2)}\Bigg)\,dx,$$

$$\frac{\partial H}{\partial y_1}=\mu(S_1)+(x_1+y_1)\frac{\partial \mu(S_1)}{\partial y_1}=$$

$$=\mu(S_1)+(x_1+y_1)\int_R\Bigg(-\frac{x_1-x_2}{(y_1-y_2)^2}+$$

$$+\frac{x_1^2-x_2^2}{2(y_1-y_2)^2-\frac{1}{2}}\Bigg)f_a\left(x,\ -\frac{x_1-x_2}{y_1-y_2}x+\right.$$

$$\left.+\frac{(x_1^2-x_2^2+y_1^2-y_2^2)}{2(y_1-y_2)}\right)dx.$$

Приравняем данные равенства к нулю и потребуем, чтобы решение уравнения достигалось в точке $x_1=-y_2,\ y_1=-x_2$ (следует из симметрии задачи относительно прямой $y=-x$). Заметим, что при этом должно выполняться $\mu(S_1)=1/2$. Это приводит к системе уравнений.

$$\frac{1}{2}+\int_R(x+y_2)f_a(x,-x)dx=0,$$

$$\frac{1}{2}+\int_R(x_2-x)f_a(x,-x)dx=0.$$

Из первого уравнения

$$\int_{-\infty}^{\infty}(y_2+x)\left(a_1e^{-(x+c)^2}+a_2e^{-(x-c)^2}\right)dx=-\pi,$$

находим оптимальное значение y_2

$$y_2=-\sqrt{\pi}+c(a_1-a_2).$$

Аналогично, из второго уравнения

$$x_2=-\sqrt{\pi}+c(a_2-a_1).$$

Соответственно, оптимальное предложение игрока I есть

$$x_1=\sqrt{\pi}+c(a_2-a_1),\ y_1=\sqrt{\pi}+c(a_1-a_2).$$

Таким образом, оптимальные стратегии игроков в данной игре зависят от репутации арбитров. Если репутации арбитров равны, равновесие совпадает с найденным в [3], в котором обе компоненты предложения равны. Если же репутации игроков не равны, происходит смещение компонент в сторону арбитра с большим весом.

Пример 4. Пусть матрица репутаций имеет вид из примера 1 и репутации арбитров $a_1=\frac{1}{3}$, $a_2=\frac{2}{3}$. Тогда оптимальным проектом первого игрока будет

$$\left(\sqrt{\pi}+\frac{1}{3}c,\ \sqrt{\pi}-\frac{1}{3}c\right),$$

т. е. в своем предложении он должен увеличить первую компоненту.

Заключение

В работе рассмотрены прикладные модели переговоров с использованием арбитражных схем и репутаций участников. Предложенный подход может успешно применяться при изучении роли репутации в теоретико-игровых моделях переговоров, которые активно используются в экономике (задача «продавец-покупатель»), юриспруденции (задача «истец-ответчик»), страховых моделях и др., а также при исследовании процессов формирования и функционирования арбитражных комитетов и команды жюри.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки РФ ЗабГГПУ (проект № 8.3641.2011) и Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг., а также была поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (проект 10-01-00089-а) и Отделением Математических наук РАН .

Литература

1. *Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г.* Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Математическая теория игр и ее приложения. 2009. № 2. С. 14–37.

2. *Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г.* Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010. 228 с.

3. *Мазалов В. В., Токарева Ю. С.* Теоретико-игровые модели проведения конкурсов // Математическая Теория Игр и ее Приложения. 2010. Т. 2, вып. 2. С. 66–78.

4. *Ожегов С. И.* Словарь русского языка. М.: Русский язык, 1987. 797 с.

5. *Farber H.* An analysis of final-offer arbitration // Journal of conflict resolution. 1980. Vol. 24, N 4. P. 683–705.

6. *Gibbons R.* A Primer in game theory. N.Y.: Prentice Hall, 1992. 273 p.

7. *de Groot M. H.* Reaching a consensus // Journal of American Statistical Association. 1974. Vol. 69. P. 118–121.

8. *Josang A., Ismail R., Boyd C.* A survey of trust and reputation systems for online service provision // Decision Support Systems. 2007. Vol. 43:2. P. 618–644.

9. *Mazalov V., Tokareva J.* Arbitration procedures with multiple arbitrators // European Journal of Operational Research. 2012. Vol. 217, Issue 1. P. 198–203.

10. *Ramchurn S. D., Huynh D., Jennings N. R.* Trust in multi-agent systems // The Knowledge Engineering Review. 2004. Vol. 19, N 1. P. 1–25.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мазалов Владимир Викторович
директор
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: vlmazalov@yandex.ru
тел.: 8(8142) 781108

Токарева Юлия Сергеевна
доцент
Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет им. Н. Г. Чернышевского
ул. Бабушкина, 129, Чита, Забайкальский край, Россия, 672007
эл. почта: jtokareva2@mail.ru
тел.: 8(3022) 441497

Mazalov, Vladimir
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vlmazalov@yandex.ru
tel.: 8(8142) 781108

Tokareva, Julia
Zabaikalsky State Humanitarian Pedagogical University named after N. Tchernishevsky
129 Babushkina St., 672007 Chita, Zabaykalsky Krai, Russia
e-mail: jtokareva2@mail.ru
tel.: 8(3022) 441497

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 68–77

УДК 519.872.1

СИСТЕМА С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ: ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЛОКИРОВКИ ВЫЗОВА НА КОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ

Е. В. Морозов, Р. С. Некрасова

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

В статье рассматривается регенеративное оценивание вероятности занятости односерверной системы с повторными вызовами в переходном режиме. Первичная заявка, заставшая сервер занятым, поступает на орбиту бесконечной емкости, образуя очередь для повторной попытки попасть на сервер. Обсуждаются условия стационарности такой системы. Оценивание применяется как в области стационарности, так и в области нестационарности. В последнем случае рассматриваемая оценка сходится к вероятности занятости сервера в некоторой вспомогательной системе с потерями. Основное внимание в статье уделено оцениванию вероятности блокировки заявки на конечном интервале, т. е. в переходном режиме системы. Проведено сравнение эффективности стандартной выборочной оценки и альтернативной оценки. Приведены результаты численного моделирования и сравнения эффективности этих оценок.

Ключевые слова: система с повторными вызовами, условие стационарности, вероятность занятости, оценивание на конечном интервале.

E. V. Morozov, R. S. Nekrasova. A RETRIAL QUEUEING SYSTEM: ESTIMATION OF THE BLOCKING PROBABILITY IN A FINITE TIME INTERVAL

The paper deals with regeneration estimation of busy probability in a single server retrial queueing system in transient regime. Primary customer who finds the server busy joins the infinite capacity orbit to wait as in a queue for retrial. Stability conditions of such a system are discussed. Estimation is applied both to the stability and the instability domains of this system. The focus in the paper is on estimation of the blocking probability over a finite interval, that is in transient regime. Standard sample mean estimate and the alternative estimate based on the knowledge of the stationary blocking probability were compared.

Key words: Retrial queuing system, stability condition, busy probability, estimation on finite interval.

Введение

Рассмотрим односерверную систему с повторными вызовами Σ без буфера с пуассоновским входным потоком с интенсивностью λ и (произвольным) временем обслуживания S со средним $\mathsf{E}S := 1/\mu$. Заявки, поступающие в систему, когда сервер занят, уходят на орбиту бесконечного объема (блокируются),

образуя "очередь" в порядке поступления на орбиту. Первая заявка в этой очереди делает попытку попасть на сервер через экспоненциально распределенное время с интенсивностью μ_0, и в случае неудачи (мгновенно) возвращается на орбиту. Заметим, что первая заявка может, в частности, снова возвращаться в начало очереди для следующей попытки. (Это не меняет распределения числа заявок на орбите и в системе в целом.) Тогда без ограничения общности можно считать, что неудачных попыток не существует и (первая) заявка на орбите делает попытку лишь при освобождении сервера. Однако ниже мы рассматриваем также и поток неудачных попыток. Рассматриваемая система с постоянной скоростью ухода заявок с орбиты радикально отличается от классических систем с повторными вызовами, где интенсивность орбитальных заявок растет с ростом их числа, поскольку заявки делают повторные попытки независимо. По этой причине и условия стационарности рассматриваемой и классической систем принципиально различаются. В частности, условие стационарности классической системы с повторными вызовами совпадает с условием стационарности стандартной системы с неограниченным буфером и (индивидуальная) интенсивность ухода заявки с орбиты не играет в нем никакой роли. Напротив, в системе с постоянной скоростью ухода с орбиты эта интенсивность существенным образом влияет на область стационарности.

Таким образом, в рассматриваемой системе сама орбита может рассматриваться как односерверная система обслуживания вида $G/M/1$, где в обозначении G входного потока на орбиту отражена его сложная структура, в частности, что он не является процессом восстановления. Этот поток является суперпозицией потока первичных блокируемых заявок и потока неудачных попыток орбитальных заявок попасть на сервер. Заметим, что источником нестационарности рассматриваемой системы может быть только неограниченно растущая орбита.

Отметим, что анализ таких нестандартных систем с повторными вызовами мотивирован поведением некоторых сетевых протоколов (подробнее см., например, [7–9]).

В ряде предшествующих работ найдены условия стационарности некоторых из описанных систем с повторными вызовами. Впервые такая модель вида $M/G/1/0$ (без буфера) исследована в работе [11], где также получено необходимое и достаточное условие стационарности. Позднее в работе [3] была исследована двухсерверная система вида $M/M/2/0$, а также получено необходимое и достаточное условие ее стационарности (условие эргодичности марковского процесса, описывающего ее динамику). В работе [13] рассмотрен стационарный режим системы с повторными вызовами вида $M/M/m/n$ (с буфером размера n) и приведен критерий стационарности для системы $M/M/1/1$. Также условия эргодичности многосерверной системы вида $M/M/m/0$ были получены в [4]. Наконец, в недавней работе [7] найдено достаточное условие стационарности немарковской m-серверной системы с повторными вызовами вида $GI/G/m/n$, у которой лишь интервалы между повторными попытками остаются показательными (с интенсивностью μ_0).

Данная статья организована следующим образом. Вначале приведены условия стационарности некоторых из описанных систем с повторными вызовами, а также явное выражение для стационарной вероятности блокировки P_b в системе вида $M/M/1/0$. (По свойству PASTA эта вероятность совпадает также с вероятностью занятости системы.) Затем описана регенеративная структура, включая квази-регенерацию, используемую для оценки вероятности блокировки в нестационарном режиме. Далее рассмотрена стандартная оценка вероятности блокировки, а также альтернативная оценка этой вероятности на конечном интервале. В заключение приведены результаты численного моделирования и сравнение эффективности рассмотренных оценок для систем вида $M/G/1/0$. Отметим, что результаты моделирования показали преимущество альтернативной оценки.

Условия стационарности системы с повторными вызовами

Рассмотрим простейшую систему с повторными вызовами вида $M/M/1/0$ без буфера. Состояние системы в момент t описывается двухмерным марковским процессом $Y(t) = (N(t), \nu(t))$, где $N(t)$ – число заявок на орбите, а $\nu(t) \in \{0, 1\}$ – число заявок в системе. Легко увидеть, что марковский процесс $\{Y(t)\}_{t\geqslant 0}$ – неприводимый со множеством состояний $\mathbf{S} = \mathbb{Z}_+ \times \{0, 1\}$. Обозначим его предельное распределение

$$\mathsf{P}_{ij} = \lim_{t\to\infty} \mathsf{P}\{N(t) = i; \nu(t) = j\}, \ \ (i, j) \in \mathbf{S},$$

когда оно существует. Заметим, что поток заявок, поступающих на сервер, складывается из двух (вообще говоря, зависимых) потоков:

потока первичных заявок (λ-потока) и потока вторичных заявок с интенсивностью $\tilde{\mu}_0$. При этом интенсивность $\tilde{\mu}_0$ в момент t определяется на событии $\{N(t) = i\}$ как $\tilde{\mu}_0 = \mu_0(1 - \delta_{i0})$, где δ_{i0} – символ Кронекера. (Очевидно, $\tilde{\mu}_0 \leqslant \mu_0$.) В работе [4] показано, что критерий стационарности имеет вид:

$$\rho_1 := \rho\frac{\lambda + \mu_0}{\mu_0} < 1, \tag{1}$$

где $\rho := \lambda/\mu$, а стационарные вероятности состояний равны

$$\mathsf{P}_{i0} = \frac{\lambda}{\lambda + \tilde{\mu}_0}(1 - \rho_1)\rho_1^i, \ \ i \geqslant 0, \tag{2}$$

$$\mathsf{P}_{i1} = \rho(1 - \rho_1)\rho_1^i, \ \ i \geqslant 0. \tag{3}$$

Очевидно, стационарная вероятность занятости сервера ввиду (3) равна

$$\mathsf{P}_b = \sum_{i=0}^{\infty} \mathsf{P}_{i1} = \rho, \tag{4}$$

и, таким образом, критерий стационарности (1) принимает вид:

$$(\lambda + \mu_0)\mathsf{P}_b < \mu_0. \tag{5}$$

В работе [7] получено следующее достаточное условие стационарности (верное для широкого класса систем с повторными вызовами):

$$(\lambda + \mu_0)\mathsf{P}_{loss} < \mu_0, \tag{6}$$

где P_{loss} – стационарная вероятность потери заявки в мажорирующей односерверной системе с потерями с пуассоновским входным потоком с параметром $\lambda + \mu_0$ и тем же распределением времени обслуживания, что и в исходной системе. При этом в системе $M/G/1/0$ вероятность P_{loss} определяется по формуле Эрланга

$$\mathsf{P}_{loss} = \frac{\lambda + \mu_0}{\lambda + \mu_0 + \mu}. \tag{7}$$

Легко проверить, что условия (5) и (6) эквивалентны. Заметим, что условие (1), которое можно записать в виде

$$\rho < \frac{\mu_0}{\lambda + \mu_0} < 1, \tag{8}$$

сводится к классическому условию $\rho < 1$ при $\mu_0 \to \infty$. Этот результат объясняется тем, что с ростом интенсивности μ_0 заявки все меньше времени проводят на орбите и рассматриваемая система сближается с классической системой с буфером неограниченного объема.

Регенеративная структура системы с повторными вызовами

Одно из основных преимуществ регенеративного метода состоит в том, что он применим к широкому классу немарковских процессов. Это, в частности, позволяет уменьшить размерность основного процесса, описывающего динамику системы. Например, состояние введенной выше системы с повторными вызовами (и даже более общей системы вида $GI/G/m/n$) в момент t может быть также описано с помощью скалярного (непрерывного справа) немарковского процесса $\{X(t) := N(t) + \nu(t), t \geqslant 0\}$, где $\nu(t) \in \{0, n + m\}$. Пусть λ-заявки поступают в моменты $\{t_n\}$, и пусть $X(t_n^-) := X_n$. Очевидно, система (процесс $X := \{X(t)\}$) регенерирует каждый раз, когда λ-заявка поступает в пустую систему (пустой сервер и пустая орбита). Положим $T_0 := 0$ и определим моменты регенерации процесса X (и других процессов в системе) следующим образом:

$$T_{k+1} = \inf_i(t_i > T_k : X_i = 0), \ k \geqslant 0.$$

Пусть $T =_{st} T_k - T_{k-1}$, $k \geqslant 1$ – типичный период регенерации ($=_{st}$ означает стохастическое равенство). Обозначим $\beta_k = A(T_k^-)$ и заметим, что моменты $\{\beta_k\}$ удовлетворяют рекурсии

$$\beta_{k+1} = \inf_i\{i > \beta_k : X_i = 0\} \ (\beta_0 = 0) \tag{9}$$

и являются моментами регенерации (в дискретном времени), причем $T_k = t_{\beta_k}$. Ниже мы будем рассматривать более специальную систему с повторными вызовами вида $M/G/1/0$.

Стационарный режим. Предположим, что выполнено условие стационарности системы. Иными словами, процесс X – положительно-возвратный, т. е. $\mathsf{E}T < \infty$. Пусть $A(t)$ и $H(t)$ – число первичных λ-заявок, поступивших в систему и блокированных за время $[0, t]$, соответственно, а A и H – число приходов и блокировок, соответственно, на (типичном) цикле регенерации, так что $A =_{st} \beta_k - \beta_{k-1}$, $k \geqslant 1$. Пусть I_k есть индикатор блокировки k-й первичной заявки, тогда, в частности, $H(t) = \sum_{k=1}^{A(t)} I_k$. Процесс $\{I_k\}_{k\geqslant 0}$ регенерирует в моменты $\{\beta_k\}_{k\geqslant 0}$, и является положительно-возвратным, т. е. $\mathsf{E}A < \infty$. Ввиду свойства (пуассоновского) входного потока существует слабый предел $I_k \Rightarrow I$, при $k \to \infty$, и более того $\mathsf{P}(I_k = 1) = \mathsf{E}I_k \to \mathsf{E}I$, где, ввиду свойства PASTA, стационарная вероятность блокировки заявки $\mathsf{E}I$ совпадает с вероятностью занятости сервера. Суммируя ска-

занное и используя теорию регенерации, получаем с вероятностью 1 (с в. 1)

$$\lim_{t\to\infty}\frac{H(t)}{A(t)}=\frac{\mathsf{E}H}{\mathsf{E}A}=\mathsf{P}_b=\rho. \qquad (10)$$

Заметим, что равенство $\mathsf{P}_b=\rho$ (см. (4)) верно не только для системы вида $M/M/1/0$, но и для более общей системы с повторными вызовами вида $M/G/1/0$. Доказательство этого результата дано ниже, см. (22). (Это равенство также имеет место в классической системе $M/G/1$ без орбиты и с *неограниченным буфером* [2].)

Нестационарный режим. В этом случае число заявок на орбите неограниченно растет и применение классической регенерации становится невозможным. В таком случае можно использовать *квази-регенерации*, когда поступающая в систему заявка (первичная или вторичная) встречает пустой сервер, а орбита может быть не пустой. Определение квази-регенераций см. в [1, 6, 7]. Поток повторных заявок сближается с пуассоновским потоком с интенсивностью μ_0, и со временем исходная система начинает вести себя как система Эрланга с потерями с пуассоновским потоком с параметром $\lambda+\mu_0$ и стационарной вероятностью потери P_{loss}, удовлетворяющей (7). Другими словами, квази-регенерации становятся классическими регенерациями, но для процесса очереди, рассматриваемого изолированно. Заметим, что по свойству PASTA вероятность P_{loss} совпадает со стационарной занятостью сервера (в системе с потерями).

Оценки среднего на конечном интервале

Выборочная оценка, как правило, хорошо аппроксимирует оцениваемый параметр лишь при большом числе наблюдений (большом t). В то же время процесс моделирования часто весьма затратен и поэтому ограничивается некоторым фиксированным интервалом $[0,\,t]$.

Рассмотрим общий случай оценивания предельного среднего по времени от (измеримой) функции $f[X(t)]$ регенерирующего процесса $\{X(t)\}$ на основе оценки

$$r(t)=\frac{1}{t}\int_0^t f[X(u)]du. \qquad (11)$$

(В дискретном времени интеграл заменяется на сумму.) Предположим, что с в. 1 существует предел $r(t)\to r$, при $t\to\infty$ и требуется построить оценку нестационарного среднего $\mathsf{E}[r(t)]$ при моделировании на конечном интервале $[0,t]$. Заметим, что такое оценивание допредельной характеристики $\mathsf{E}[r(t)]$ в *переходном режиме* можно формально проводить и в условиях нестационарности. Предположим также, что $\mathsf{E}[r(t)]\to r$, для чего достаточно, например, равномерной интегрируемости семейства $\{r(t),\,t\geqslant 0\}$. В частности, последнее имеет место при оценивании вероятности занятости сервера P_b с использованием оценки

$$r(t)=\frac{1}{t}\int_0^t I(\nu(u)=0)du,$$

где, напомним, $\nu(t)$ есть суммарное число заявок на сервере и в буфере (если он существует) в момент t, а $r(t)\leqslant 1$.

Из сказанного выше следует, что важно иметь оценки среднего $\mathsf{E}r(t)$, эффективные при больших t.

Стандартная оценка для $\mathsf{E}[r(t)]$ является выборочным средним из m независимых траекторий $r_j(t)$ процесса на интервале $[0,t]$, именно

$$\hat r_m(t):=\frac{1}{m}\sum_{j=1}^m r_j(t). \qquad (12)$$

По усиленному закону больших чисел (УЗБЧ), при каждом t с в. 1

$$\hat r_m(t)\to\mathsf{E}r(t),\quad m\to\infty.$$

Регенеративная структура процесса $\{f[X(t)]\}$ позволяет получить следующий асимптотический результат для дисперсии оценки $\hat r_m(t)$ при $t\to\infty$ и фиксированном m [12].

Теорема 1. *Для любого фиксированного m,*

$$t\mathsf{D}[\hat r_m(t)]\to\frac{C_1}{m},\ \ t\to\infty, \qquad (13)$$

где C_1 – явно заданная константа.

Таким образом, дисперсия стандартной оценки среднего $\mathsf{E}r(t)$ убывает со скоростью $1/t$ с ростом t.

В работе [12] также предложена альтернативная оценка $\mathsf{E}r(t)$, построенная по остаточной длине цикла регенерации в момент t в предположении, что *предельное значение r известно*. Ситуация, когда r известно, а вычисление среднего на конечном интервале $\mathsf{E}r(t)$ вызывает большие сложности, встречается при моделировании довольно часто. Типичными примерами являются формулы Литтла, Поллачека-Хинчина, стационарное среднее незавершенное время восстановления и т. д. Как показывает дальнейший анализ, альтернативная оценка вероятности блокировки имеет существенно меньшую дисперсию чем стандартное выборочное среднее. Сохраним обозначение $\{T_n\}_{n\geqslant 0}$ моментов регенерации рассматриваемого процесса

$\{X(t)\}_{t\geqslant 0}$ и определим *незавершенное время регенерации* в момент t как

$$\mathcal{T}(t) := T_{N(t)+1} - t, \tag{14}$$

где $N(t)$ – число регенераций в интервале $(0, t]$, а также *"перескок" процесса накопления* на текущем в момент t цикле регенерации как:

$$\mathcal{I}(t) := \int_t^{T_{N(t)+1}} f[X(u)]du. \tag{15}$$

(Типичный процесс накопления имеет вид интеграла от регенерирующего процесса [14].)

В [12] предложена следующая взвешенная оценка (статистика) величины r

$$R(t) := r + r\frac{\mathcal{T}(t)}{t} - \frac{\mathcal{I}(t)}{t}, \tag{16}$$

которая имеет прозрачную физическую интерпретацию. Тогда выборочная оценка величины $\mathsf{E}r(t)$ *по остаточной длине цикла* принимает вид:

$$\hat{R}_m(t) := \frac{1}{m}\sum_j^m R_j(t), \tag{17}$$

где $R_j(t)$ – j-я (независимая) реализация статистики $R(t)$. Как показано в [12], оценка $\hat{R}_m(t)$ при всех t, m является несмещенной, т. е. $\mathsf{E}\hat{R}_m(t) = \mathsf{E}r(t)$. При исследовании эффективности, необходимо учитывать, что оценка по остаточной длине цикла требует дополнительных вычислений после момента t до окончания текущего цикла. Однако величины $\mathcal{T}(t)$ и $\mathcal{I}(t)$ (при определенных моментных требованиях, см. Теорема 2 ниже) асимптотически ведут себя как $o(t)$ при больших t и мало влияют на объем вычислений. Из теории процессов накопления следует, что если $\mathsf{E}T < \infty$, то $\mathsf{E}\mathcal{T}(t) = o(t)$, а если $\mathsf{E}|Y| < \infty$, где $Y = \int_0^T f[X(u)]du$, то $\mathcal{I}(t) = o(t)$ с в. 1 [14]. Имеет место следующий результат [12].

Теорема 2. *Если* $\mathsf{E}[T^3] < \infty$ *и* $E[TY^2] < \infty$, *то для любого фиксированного* m

$$t^2\mathsf{D}[\hat{R}_m(t)] \to \frac{C_2}{m}, \;\; t \to \infty, \tag{18}$$

где C_2 *– явно заданная константа.*

Таким образом, дисперсия оценки $\hat{R}_m(t)$ сходится к нулю в t раз быстрее, чем дисперсия стандартной оценки $\hat{r}_m(t)$. Следовательно, оценка $\hat{R}_m(t)$ может существенно повысить эффективность регенеративного моделирования. (Дополнительные аргументы в пользу этой оценки можно найти в [12].) Ниже этот результат установлен при оценивании вероятности блокировки в рассмотренной выше системе с повторными вызовами в интервале $[0, t]$ при фиксированном t. Для оценивания в *стационарном режиме* рассмотрим соответствующий аналог величины $r(t)$ выше:

$$\frac{H(t)}{A(t)} = \frac{\sum_{i=1}^{k(t)} I_i}{k(t)} := \theta[k(t)], \tag{19}$$

где I_i есть индикатор блокировки i-й заявки, а $k(t) = \max\limits_i\{i : t_i \leqslant t\}$ есть число первичных заявок, поступивших в интервале $[0, t]$. Несмещенной и сильно состоятельной оценкой $\mathsf{E}\theta[k(t)]$ является выборочное среднее

$$\hat{\theta}_m(t) := \frac{1}{m}\sum_{j=1}^m \theta_j[k_j(t)], \tag{20}$$

где $\theta_j[k_j(t)]$ есть j-я (независимая) реализация $\theta[k(t)]$ в интервале $[0, t]$ (которая включает случайное число наблюдений $k_j(t)$.) Отметим, что число регенераций в интервале $[0, t]$, содержащем $k(t)$ первичных заявок, равно $N(t) := \max\limits_i\{i : \beta_i \leqslant k(t)\}$. Введем следующие аналоги величин $\mathcal{T}(t)$, $\mathcal{I}(t)$, соответственно, для оценки вероятности блокировки

$$\mathcal{T}_{k(t)} := \beta_{N(t)+1} - k(t), \;\; \mathcal{I}_{k(t)} := \sum_{i=k(t)+1}^{\beta_{N(t)+1}} I_i. \tag{21}$$

Напомним, что $\mathsf{P}_b = \rho$ есть стационарная вероятность занятости системы с повторными вызовами вида $M/M/1/0$, см. (4). Используя иной подход, покажем, что и в системе с повторными вызовами вида $M/G/1/0$ с произвольным временем обслуживания S стационарная вероятность занятости

$$\mathsf{P}_b = \lambda\mathsf{E}S := \rho. \tag{22}$$

Именно, пусть $V(t)$ – поступившая, а $D(t)$ – обслуженная нагрузка в системе в интервале $[0, t]$, и пусть $W(t)$ – незавершенная в момент t работа в системе (в сервере и на орбите). Имеет место следующее уравнение баланса

$$V(t) = W(t) + D(t), \;\; t \geqslant 0. \tag{23}$$

Если система стационарна, то с в. 1 $W(t) = o(t)$, $t \to \infty$ [14]. Поскольку

$$\frac{V(t)}{t} \to \rho, \;\; \frac{D(t)}{t} \to \mathsf{P}_b$$

с в. 1, то из (23) следует соотношение (22). (Более детальный анализ см. в [2].) С учетом этих замечаний рассмотрим статистику

$$\Theta[k(t)] = \mathsf{P}_b + \frac{\mathsf{P}_b\mathcal{T}_{k(t)}}{k(t)} - \frac{\mathcal{I}_{k(t)}}{k(t)}, \tag{24}$$

которая приводит к такой (альтернативной) оценке величины $\mathsf{E}\theta[k(t)]$:

$$\hat{\Theta}_m(t) := \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\Theta_j[k_j(t)], \qquad (25)$$

где $\Theta_j[k_j(t)]$ есть j-я (независимая) реализация $\Theta[k(t)]$. (Отметим, что несмещенность оценки $\hat{\Theta}_m(t)$ не удается доказать по аналогии с $\hat{R}_m(t)$ (см. [12]), поскольку $k(t)$ является случайной величиной.)

Подчеркнем, что оценки $\hat{\Theta}_m(t)$ и $\hat{\theta}_m(t)$ строятся методом регенеративного моделирования, в котором удобнее использовать фиксированное число приходов k, чем фиксированный интервал $[0,\, t]$. Этот подход и реализован при численном моделировании в данной работе. Именно, (в очевидных обозначениях) каждая из m траекторий процессов $\{\theta(k)\}$ и $\{\Theta(k)\}$ строится для фиксированного числа наблюдений k. Такая аппроксимация величины $\mathsf{E}r(t)$ вполне приемлема, если значения k и t достаточно велики. Имеет место следующий результат, доказываемый аналогично равенству $\mathsf{E}\hat{R}_m(t) = \mathsf{E}r(t)$ в [12]. Обозначим $\theta(k) = \sum_{i=1}^{k} I_i/k$, см. (19).

Теорема 3. *Оценки вероятности блокировки*

$$\hat{\theta}_{m,k} := \frac{1}{m}\sum_{j}^{m}\theta_j(k) \;\; u \;\; \hat{\Theta}_{m,k} := \frac{1}{m}\sum_{j}^{m}\Theta_j(k),$$

построенные по k наблюдениям (в каждой из m независимых траекторий $\{\theta_j(k)\}$ и $\{\Theta_j(k)\}$) являются несмещенными,

$$\mathsf{E}[\hat{\theta}_{m,k}] = \mathsf{E}[\hat{\Theta}_{m,k}] = \mathsf{E}[\theta(k)],$$

при всех k и m.

Доказательство. Из определения $\hat{\theta}_{m,k}$ очевидным образом следует

$$\mathsf{E}[\hat{\theta}_{m,k}] \;\; = \;\; \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\mathsf{E}[\theta_j(k)] = \mathsf{E}[\theta(k)]. \quad (26)$$

Рассмотрим величину

$$\begin{aligned} k\theta(k) \;\; &= \;\; \sum_{i=1}^{k} I_i = \sum_{i=1}^{\beta_{n(k)+1}} I_i - \sum_{i=k+1}^{\beta_{n(k)+1}} I_i \\ &= \;\; \sum_{i=1}^{n(k)+1} H_i - \mathcal{I}_k = \sum_{i=1}^{n(k)+1} H_i \qquad (27) \\ &- \;\; \mathsf{P}_b \sum_{i=1}^{n(k)+1} A_i + \mathsf{P}_b\beta_{n(k)+1} - \mathcal{I}_k, \end{aligned}$$

где $n(k)$ – число регенераций при k наблюдениях, H_i – число блокировок заявок на i-м цикле регенерации, а $A_i = \beta_i - \beta_{i-1}$. Напомним, что $\mathsf{P}_b = \mathsf{E}H/\mathsf{E}A$, см. (10). Тогда, по тождеству Вальда:

$$\mathsf{E}\Big[\sum_{i=1}^{n(k)+1} H_i - \mathsf{P}_b \sum_{i=1}^{n(k)+1} A_i\Big] = 0.$$

Таким образом, взяв математическое ожидание в (27), получаем

$$\begin{aligned} k\mathsf{E}[\theta(k)] \;\; &= \;\; \mathsf{E}[\mathsf{P}_b(k+\mathcal{T}_k) - \mathcal{I}_k] \\ &= \;\; k\mathsf{E}[\mathsf{P}_b + \mathsf{P}_b\frac{\mathcal{T}_k}{k} - \frac{\mathcal{I}_k}{k}]. \qquad (28) \end{aligned}$$

Поэтому $\mathsf{E}[\theta(k)] = \mathsf{E}[\Theta(k)]$, и кроме того, очевидно, $\mathsf{E}[\hat{\Theta}_{m,k}] = \mathsf{E}[\Theta(k)]$. □

Рассмотрим *нестационарный режим* той же системы с повторными вызовами. Пусть $\{z_i,\, i \geqslant 0\}$ есть моменты обращения заявок (*как первичных, так и вторичных*) к серверу. Обозначим $\nu_i = \nu(z_i^-)$ и определим рекурсивно моменты *квази-регенерации* таким образом

$$\alpha_{k+1} = \inf_i(i > \alpha_k : \nu_i = 0),\; k \geqslant 0, \;\; (\alpha_0 = 0).$$

Теперь оценка для вероятности блокировки в переходном режиме имеет тот же вид, что и (19)

$$\theta[k(t)] := \frac{\sum_{i=1}^{k(t)} I_i}{k(t)},$$

где, однако, I_i есть индикатор *неудачной попытки* обращения к серверу, а $k(t)$ – общее число попыток в $[0,\, t]$.

Как показано в [1], P_b в данном случае совпадает со стационарной вероятностью потери P_{loss} в системе с потерями $M/G/1/0$ с интенсивностью входного потока $\lambda+\mu_0$, см. (7). Ввиду свойства PASTA P_{loss} также равна предельной вероятности блокировки заявки. Интересно отметить, что это происходит в условиях *неограниченного роста орбиты*. Такую систему можно назвать *частично устойчивой*.

Теорема 4. *В системе с повторными вызовами вида $M/M/1/0$ в стационарном режиме интенсивность потока попыток с орбиты на сервер равна*

$$\tilde{\mu}_0 = \rho^2(\mu + \lambda + \mu_0). \qquad (29)$$

Доказательство. Определим (потенциальное) общее число $\Lambda_0(t)$ попыток попасть на сервер, порожденных *блокированными заявками*, поступившими в интервале $[0,\, t]$, и пусть

γ_n есть число неудачных попыток n-й *повторной* заявки. Напомним, что общее число таких заявок в интервале $[0, t]$ есть $H(t)$. Для определенности будем считать, что блокируемая первичная заявка присоединяется к концу очереди заявок, находящихся на орбите. Заметим, что величины $\{\gamma_n\}$ – н.о.р. и что

$$p := \frac{\lambda}{\lambda + \mu_0}$$

есть вероятность того, что повторная заявка не попадет на освободившийся после обслуживания сервер, который в этом случае будет занят первичной заявкой. Поскольку вероятность не менее i таких неудачных попыток равна p^i, а среднее число неудачных попыток в течение (экспоненциального) времени обслуживания равно μ_0/μ, то нетрудно видеть, что

$$\mathsf{E}\gamma = \frac{\mu_0}{\mu}\sum_{i=0}^{\infty} p^i = \frac{\lambda + \mu_0}{\mu}. \qquad (30)$$

В области стационарности $H(t)/t \to \lambda \mathsf{P}_b = \lambda\rho$. Кроме того, все повторные заявки в конце концов попадают на сервер, и поэтому общее число попыток у n-й повторной заявки равно $\gamma_n + 1$. Таким образом, стационарная интенсивность потока повторных попыток $\tilde{\mu}_0$ определяется как предел

$$\begin{aligned}\tilde{\mu}_0 : &= \lim_{t\to\infty}\frac{\Lambda_0(t)}{t} = \lim_{t\to\infty}\frac{\sum_{i=0}^{H(t)}(1+\gamma_i)}{t}\\ &= \lim_{t\to\infty}\frac{\sum_{i=0}^{H(t)}(1+\gamma_i)}{H(t)}\,\frac{H(t)}{t}\\ &= \lambda\mathsf{P}_b[1 + \frac{\lambda+\mu_0}{\mu}],\end{aligned}$$

где $\gamma_0 := 0$. Альтернативный вывод (29) опирается на равенство $\tilde{\mu}_0 = \mu_0 q$, где $q = \mathsf{P}$(орбита не пуста)$=\sum_{i>0}(\mathsf{P}_{0i} + \mathsf{P}_{i1})$, и явный вид вероятностей (2), (3). □

Напомним доказанный выше результат (22) о том, что в системе вида $M/G/1/0$ стационарная вероятность простоя сервера

$$\mathsf{P}_0 := 1 - \mathsf{P}_b = 1 - \rho$$

и что условие (5) является *критерием стационарности* такой системы, см. [7]. Обозначим через (ν, N) основной стационарной процесс, т. е. $(\nu(t), N(t)) \Rightarrow (\nu, N)$. Перепишем условие (5) в виде

$$\rho + \rho\frac{\lambda}{\mu_0} < 1. \qquad (31)$$

В соответствии с общим принципом получения критерия стационарности, левая часть неравенства (31) должна быть равна предельной доле времени (вероятности) того, что *система не пуста*. Отсюда легко следует, что величина $\rho\lambda/\mu_0$ должна быть равна стационарной вероятности простоя сервера при непустой орбите. Иными словами, это *доля мощности, потерянной сервером из-за простоев при непустой орбите*. Поскольку эта вероятность положительна, то дисциплина в данной системе не является *консервативной*. Этот результат подтверждается в системе с повторными вызовами вида $M/M//1/0$, поскольку (см. (2))

$$\begin{aligned}&\mathsf{P}(\nu = 0,\, N > 0)\\ &= \mathsf{P}(\nu = 0) - \mathsf{P}(\nu = 0,\, N = 0)\\ &= 1 - \rho - \sum_{i>0}\mathsf{P}_{i0} = \rho\frac{\lambda}{\mu_0}.\end{aligned}$$

Результаты численного моделирования

В данном разделе представлены результаты имитационного моделирования и оценивания вероятности блокировки P_b в системах $M/M/1/0$ и $M/Pareto/1/0$ в стационарном и нестационарном режимах. Эти (точечные) оценки дают очень хорошее согласие с полученными выше теоретическими результатами (см. близость величин P_b, $\hat{\theta}_m(t)$ и $\hat{\Theta}_m(t)$ в таблицах 1, 2).

В качестве исходных характеристик системы задаются величины λ, μ_0, μ. На основе условия (5) в работе [1] введена *мера стационарности*

$$\Gamma \;:=\; 1/\mathsf{E}S - \Big(\frac{\lambda^2}{\mu_0} + \lambda\Big) \equiv \mu - \Big(\frac{\lambda^2}{\mu_0} + \lambda\Big),$$

значение которой положительно в области стационарности (и растет по мере "углубления" в область стационарности). Заметим, что при больших $\Gamma > 0$ реальная интенсивность орбитальных заявок $\tilde{\mu}_0 \ll \mu_0$, и заданный параметр μ_0 не является показателем качества обслуживания. Ниже рассматривается следующая оценка интенсивности $\tilde{\mu}_0$ потока заявок с орбиты на сервер

$$\hat{\mu}_0(t) = \frac{\sum_{i=1}^{k(t)} I_i}{t},$$

где индикатор $I_i = 1$, если i-я попытка обращения к серверу неудачна, а $k(t)$ – общее число попыток за время наблюдения $[0, t]$. При этом, в стационарном режиме с в. 1, $\hat{\mu}_0(t) \to \tilde{\mu}_0$ при $t \to \infty$. Можно также показать (см. [1]), что в нестационарном режиме (т. е. при $\Gamma < 0$)

Таблица 1. Оценивание P_b в системе вида $M/M/1/0,\ \lambda = 1,\ m = 50$

μ_0	$\hat{\mu}_0(t)$	μ	$\hat{\rho}(t)$	Γ	P_b	$\hat{\theta}_m(t)$	$\hat{\Theta}_m(t)$	$VR(t)$
4,00	0,150	10,000	0,120	8,750	0,100	0,101	0,100	0,003
14,000	0,590	6,000	0,270	4,930	0,167	0,167	0,167	0,001
0,600	0,510	3,00	0,500	0,330	0,333	0,333	0,331	0,221
0,050	0,050	20,000	0,050	-1,000	0,050	0,051	0,050	0,001
0,200	0,200	1,000	1,200	-5,000	0,545	0,546	0,545	0,001
0,100	0,100	0,100	11,010	-10,900	0,917	0,917	0,917	0,004

Таблица 2. Оценивание P_b в системе вида $M/Pareto/1/0,\ \lambda = 0,5,\ m = 50$

μ_0	$\hat{\mu}_0(t)$	α	$\hat{\rho}(t)$	Γ	P_b	$\hat{\theta}_m(t)$	$\hat{\Theta}_m(t)$	$VR(t)$
10,000	2,810	10,000	3,680	0,370	0,556	0,565	0,552	0,011
5,000	2,140	5,000	3,300	0,250	0,625	0,629	0,620	0,025
0,200	0,200	40,00	0,720	-0,780	0,418	0,417	0,418	0,000
0,100	0,100	2,100	1,150	-2,480	0,534	0,532	0,534	0,002

$\hat{\mu}_0(t) \to \mu_0$ с в. 1. Кроме того, используя аргументы теории регенерации, можно показать, что $\mathsf{E}\hat{\mu}_0(t) \to \mu_0$ на границе области стационарности, т. е. при $\Gamma = 0$. В целом, коэффициент

$$\hat{\rho}(t) = (\lambda + \hat{\mu}_0(t))\mathsf{E}S$$

выражает загрузку сервера (в числе попыток в единицу времени) на конечном интервале $[0,\, t]$. Эффективность оценок $\hat{\theta}_m(t)$ и $\hat{\Theta}_m(t)$ выражается величиной отношения их дисперсий

$$VR(t) := \frac{\hat{D}[\hat{\Theta}_m(t)]}{\hat{D}[\hat{\theta}_m(t)]},$$

где

$$\hat{D}[\hat{\Theta}_m(t)] = \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}\Big[\Theta_j[k_j(t)] - \hat{\Theta}_m(t)\Big]^2,$$

$$\hat{D}[\hat{\theta}_m(t)] = \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}\Big[\theta_j[k_j(t)] - \hat{\theta}_m(t)\Big]^2.$$

Подчеркнем, что в области стационарности оценки строились на конечном интервале $[0, t]$ по числу $k(t) = \max\limits_i\{i : t_i \leqslant t\}$ приходов первичных заявок, а в области нестационарности по числу $k(t) = \max\limits_i\{i : z_i \leqslant t\}$ попыток обращения к серверу. Ниже приведены оценки вероятности занятости $\hat{\theta}_m(t)$ и $\hat{\Theta}_m(t)$ на основе фиксированного числа реализаций $m = 50$. (Эксперименты при значениях $m = 25$, $m = 100$ также дали аналогичные результаты.)

В табл. 1 представлены результаты для системы вида $M/M/1/0$ при значении параметра потока первичных заявок $\lambda = 1$.

В глубине области стационарности (строки 1–2 табл. 1) дисперсия альтернативной оценки существенно меньше, чем дисперсия стандартной оценки, $VR(k) \ll 1$. Внутри области стационарности вблизи ее границы (строка, соответствующая $\Gamma = 0,330$) наблюдается снижение эффективности альтернативной оценки, однако ее дисперсия не превосходит дисперсию стандартной оценки. Внутри области нестационарности ($\Gamma < 0$) альтернативная оценка также эффективнее стандартной и близка к точному значению.

Результаты табл. 2 показывают, что в системе с повторными вызовами типа $M/Pareto/1/0$ эффективность альтернативной оценки вероятности P_b также превышает эффективность стандартной оценки.

Как легко проверить, оценки $\hat{\mu}_0$ (3 первые строки в столбце 2 табл. 1) очень близки к значениям интенсивности $\tilde{\mu}_0$ из формулы (29), равным 0,15; 0,58 и 0,50, соответственно.

На рис. 1 представлена зависимость величин $t\hat{D}[\hat{\theta}_m(t)]$ и $t^2\hat{D}[\hat{\Theta}_m(t)]$ от времени наблюдения t для системы вида $M/Pareto/1/0$.

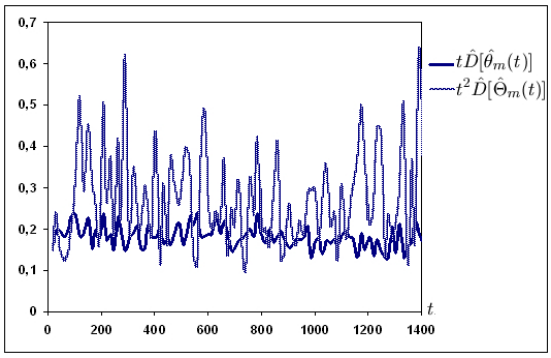


Рис. 1. Дисперсии оценок в системе $M/Pareto/1/0$ при $\lambda = 0,5$, $\mu_0 = 0,2$, $\alpha = 40$

Визуальный анализ рис. 1 показывает, что

$$t\,\hat{D}[\hat{\theta}_m(t)] \sim t^2\,\hat{D}[\hat{\Theta}_m(t)] \cdot C,$$

для некоторой постоянной C, что соответствует утверждениям Теорем 1, 2. Заметим также, что полученные выводы хорошо согласуются с результатами из [12] для систем с потерями.

Заключение

Численные результаты имитационного моделирования показали, что при оценивании вероятности занятости сервера на конечном интервале альтернативная оценка по остаточной длине цикла существенно эффективнее, чем стандартная, что согласуется с результатами из работы [12]. Эта эффективность выражается в уменьшении дисперсии оценки и проявляется как в области стационарности, так и в области нестационарности систем с повторными вызовами вида $M/M/1/0$ и $M/Pareto/1/0$. Однако необходимо учитывать, что альтернативная оценка строится на основе известного точного значения, которое не всегда известно.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 10-07-00017 и при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

Литература

1. *Морозов Е. В., Некрасова Р. С.* Оценивание вероятности блокировки в системе с повторными вызовами и постоянной скоростью возвращения заявок с орбиты // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. Вып. 2. 2011. № 5. С. 63–74.

2. *Морозов Е. В., Некрасова Р. С.* Об оценивании вероятности переполнения конечного буфера в регенеративных системах обслуживания // Информатика и ее применения. 2012. Т. 6, № 3. С. 90–98.

3. *Artalejo J. R.* Stationary analysis of the characteristics of the M/M/2 queue with constant repeated attempts // Operation search. 1996. Vol. 33. P. 83–95.

4. *Artalejo J. R., Gómez-Corral A., Neuts M. F.* Analysis of multiserver queues with constant retrial rate // European Journal of Operational Research. 2001. Vol. 135. P. 569–581.

5. *Asmussen S.* Applied Probability and Queues. Springer, 2002. P. 476.

6. *Avrachenkov K., Goricheva R. S., Morozov E. V.* Verification of stability region of a retrial queuing system by regenerative method // Proceedings of the Intenational Conference "Modern Probabilistic Methods for Analysis and optimization of Information and Telecommunication Networks". Minsk, 2011. P. 22–28.

7. *Avrachenkov K., Morozov E. V.* Stability analysis of GI/G/c/K Retrial Queue with Constant Retrial Rate // INRIA (Sophia Antipolis), Research Report. 2010. N 7335. Available online at `http://hal.inria.fr/inria-00499261/en/`

8. *Avrachenkov K., Yechiali U.* Retrial networks with finite buffers and their application to Internet data traffic // Probability in the Engineering and Informational Sciences. 2008. Vol. 22. P. 519–536.

9. *Avrachenkov, K., Yechiali U.* On tandem blocking queues with a common retrial queue // Computers and Operations Research. 2010. N 37(7). P. 1174–1180.

10. *Billingsley P.* Convergence of probability measures 2nd edt. New-York: John Wiley, 1999. P. 296.

11. *Fayolle G.* A simple telephone exchange with delayed feedback/ In O. J. Boxma, J. W. Cohen and H. C. Tijms (eds.) // Teletraffic Analysis and Computer Performance Evaluation. 1986. Vol. 7. P. 245–253.

12. *Kang W., Whitt W., Shahabuddin P.* Exploting Regenerative Structure to estimate finite time averages via simulation // ACM. 2006. P. 1–38.

13. *Ramalhoto M. F., Gómez-Corral A.* Some decomposition formulae for M/M/r/r+d queues with constant retrial rate // Stochastic Models. 1998. Vol. 14. P. 123–145.

14. *Smith W. L.* Regenerative stochastic processes // Proc. Royal Soc. Ser. A. 1955. Vol. 232. P. 6–31.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Морозов Евсей Викторович
ведущий научный сотрудник, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185610,
эл. почта: emorozov@karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Некрасова Руслана Сергеевна
аспирантка
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185610,
эл. почта: ruslana.nekrasova@mail.ru
тел.: (8142) 763370

Morozov, Evsey
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185610 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: emorozov@karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Nekrasova, Ruslana
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185610 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ruslana.nekrasova@mail.ru
tel.: (8142) 763370

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 78–88

УДК 519.2

О ПРЕДЕЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ СТЕПЕНЕЙ ВЕРШИН УСЛОВНОГО КОНФИГУРАЦИОННОГО СЛУЧАЙНОГО ГРАФА

Ю. Л. Павлов

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматриваются случайные графы, состоящие из N занумерованных вершин. Степени вершин определяются независимо друг от друга в соответствии со степенным распределением с показателем $\tau > 0$. Все полуребра вершин занумерованы. Граф строится путем равновероятного соединения полуребер для образования ребер. Получены предельные распределения максимальной степени вершины и числа вершин заданной степени при условии, что сумма степеней равна n, где n четно, $\tau \in (1, 2)$ и $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$.

Ключевые слова: случайные графы, Интернет, конфигурационная модель, степень вершины, предельное распределение.

Yu. L. Pavlov. ON LIMIT DISTRIBUTIONS OF VERTEX DEGREES IN CONDITIONAL CONFIGURATION RANDOM GRAPH

We study random graphs consisting of N numbered verties. The degrees of the vertices are drawn independently from power-law distribution with the exponent $\tau > 0$. All of the stubs of the vertices are numbered. The graph is constructed by joining each stub to another equiprobably to form edges. We obtain the limit distributions of the maximum vertex degree and number of vertices with given degree under the condition that the sum of vertex degrees is equal to n, n is even, $\tau \in (1, 2)$ and $N, n \to \infty$ so that $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$.

Key words: random graphs, Internet, configuration model, vertex degree, limit distribution.

Введение

Исследование случайных графов, предназначенных для моделирования сложных сетей коммуникаций, таких как Интернет или социальные сети, в последние годы стало одним из важнейших направлений работы специалистов по вероятностным методам дискретной математики (см. например, [7, 9]). Одной из наиболее известных моделей такого типа является так называемый конфигурационный граф, степени вершин которого являются случайными величинами [9, 11, 13]. Пусть граф состоит из N основных вершин, занумерованных числами от 1 до N, а степени этих вершин являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами $\xi_1, \ldots, \xi_N$. При описании структуры графа используется понятие полуребра, т. е. ребра, инцидентного данной вершине, но для которого смежная

вершина еще не определена. Все полуребра графа считаются различными и при образовании ребер соединяются друг с другом попарно каким-то способом. Обычно используется равновероятное соединение, что и подразумевается в данной статье. Заметим, что поскольку сумма степеней должна быть четной, в случае нечетного значения суммы $\zeta_N = \xi_1 + \cdots + \xi_N$ в граф вводится дополнительная вершина единичной степени. Ясно, что в таком графе могут быть петли и кратные ребра.

Наблюдения за различными реальными сетями показали (см. например, [9, 10]), что в большинстве случаев число вершин степени k при больших k пропорционально $k^{-(\tau+1)}$, где $\tau \in (1,2)$. В таком случае подходящим общим распределением для $\xi_1, \xi_2 ...$ является следующее выражение:

$$\mathbf{P}\{\xi_1 \geqslant k\} = h(k)/k^{\tau}, \quad k = 1, 2, ..., \qquad (1)$$

где $h(k)$ — медленно меняющаяся (в смысле Карамата) функция. Исследования показали, что основные свойства сетей при больших N зависят главным образом от значений вероятностей (1), но при этом вид функции $h(k)$ почти не влияет на асимптотическую структуру графа. Поэтому в настоящей статье мы будем считать, что

$$\mathbf{P}\{\xi_1 \geqslant k\} = k^{-\tau}.$$

В этом случае, как легко видеть,

$$p_k = \mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = k^{-\tau} - (k+1)^{-\tau}, \ k = 1, 2, ... \qquad (2)$$

Отсюда следует, что

$$\mathbf{E}\,\xi_1 = \zeta(\tau), \qquad (3)$$

где $\zeta(\tau)$ — значение дзета-функции Римана в точке τ .

В статьях [6, 8] впервые рассматривались условные конфигурационные случайные графы при условии, что сумма степеней вершин известна и равна n, т. е. $\zeta_N = n$. Исследование таких графов представляет определенный интерес, поскольку на практике иногда удается оценить число связей в реальных сетях. Кроме того, если известны соответствующие результаты об условных графах при различных соотношениях между стремящимися к бесконечности N и n, то их можно использовать и для изучения случайных графов без ограничений на число ребер. Обозначим $\xi_{(N)}$ и μ_r максимальную степень вершины и число вершин степени r соответственно. В статье [8] были найдены предельные распределения этих случайных величин при $\tau > 0$ и $N, n \to \infty$ так, что $1 < C_1 \leqslant n/N \leqslant C_2 < \zeta(\tau)$, а в работе [6] эти результаты были распространены на случаи $n/N \downarrow 1$ и $n/N \uparrow \zeta(\tau)$, при этом для $\tau < 1$ было введено дополнительное условие $n/N^{1/\tau} \to 0$ (заметим, что как следует из (3), при $\tau \leqslant 1$ случайные величины $\xi_1, ..., \xi_N$ не имеют математического ожидания). В [3] предельные распределения $\xi_{(N)}$ и μ_r были найдены для $\tau > 1$ и $N, n \to \infty$ так, что $n/N \to \zeta(\tau)$, при этом для $\tau \in (1,2)$ соответствующие результаты были получены в случае $|n - \zeta(\tau)N| = O(N^{1/\tau})$. Асимптотическое поведение этих случайных величин при $\tau \leqslant 1$ и $n/N^{1/\tau} \geqslant C > 0$ рассмотрено в [4]. Основным методом доказательства перечисленных результатов была обобщенная схема размещения частиц по ячейкам [1].

Далее было проведено исследование типичной структуры условного конфигурационного графа при $\tau \in (1,2)$ и $N, n \to \infty$ так, что $n/N \to \zeta(\tau)$. Для этого была установлена связь между графами и ветвящимися процессами Гальтона-Ватсона [5, 12]. Естественно, что полученные результаты оказались сходными с известными (см. например [13]) фактами, установленными для графов без ограничений на число ребер.

Главными результатами статьи являются доказанные ниже предельные теоремы для $\xi_{(N)}$ и μ_r в не рассматривавшемся ранее случае $\tau \in (1,2)$ и $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$.

Основные результаты

В этом разделе сформулированы теоремы 1–3 о предельном поведении случайных величин $\xi_{(N)}, \mu_r$ и показано, что для доказательства этих теорем можно использовать обобщенную схему размещения [1].

Теорема 1. *Пусть* $\tau \in (1,2)$, $N \to \infty, (n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$. *Тогда для любого фиксированного* $z > 0$

$$\mathbf{P}\{(n - \zeta(\tau)N - \xi_{(N)})/N^{1/\tau} \leqslant z\} \to \int\limits_{-\infty}^{z} g(x)dx,$$

где $g(x)$ — *плотность устойчивого распределения с показателем* τ *и характеристической функцией*

$$f(t) = \exp\{|t|^{\tau}\Gamma(1-\tau)(\cos\frac{\pi\tau}{2})(1 - i\frac{t}{|t|}tg\frac{\pi\tau}{2})\}. \qquad (4)$$

Теорема 2. *Пусть* $\tau \in (1,2), r, N \to \infty, (n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$. *Тогда равномерно относительно целых неотрицательных* k, *для которых* $u_r = (k - Np_r)/\sqrt{Np_r(1-p_r)}$ *лежит в любом фиксированном конечном интервале,*

$$\mathsf{P}\{\mu_r = k\} = \frac{1 + o(1)}{\sqrt{2\pi N p_r(1-p_r)}} e^{-u_r^2/2}.$$

Теорема 3. *Пусть* $\tau \in (1,2)$, $N, r \to \infty, (n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$. *Тогда равномерно относительно целых неотрицательных* k, *для которых* $(k - Np_r)/\sqrt{Np_r}$ *лежит в любом фиксированном конечном интервале,*

$$\mathsf{P}\{\mu_r = k\} = \frac{(Np_r)^k}{k!} e^{-Np_r}(1 + o(1)).$$

В силу условия $\zeta_N = n$ в нашем графе случайные величины $\xi_1, ..., \xi_N$ не являются независимыми. Введем вспомогательные независимые случайные величины $\eta_1, ..., \eta_N$, распределение которых совпадает с (2). Тогда очевидно, что

$$\mathsf{P}\{\xi_1 = k_1, ..., \xi_N = k_N\} \tag{5}$$
$$= \mathsf{P}\{\eta_1 = k_1, ...\eta_N = k_N | \eta_1 + ... + \eta_N = n\}.$$

Это равенство означает, что мы находимся в условиях обобщенной схемы размещения. Нам потребуются еще независимые одинаково распределенные случайные величины $\eta_1^{(r)}, ..., \eta_N^{(r)}$ и $\widetilde{\eta}_1^{(r)}, ..., \widetilde{\eta}_N^{(r)}$, для которых

$$\mathsf{P}\{\eta_i^{(r)} = k\} = \mathsf{P}\{\eta_i = k | \eta_i \leqslant r\}, \tag{6}$$

$$\mathsf{P}\{\widetilde{\eta}_i^{(r)} = k\} \tag{7}$$
$$= \mathsf{P}\{\eta_i = k | \eta_i \neq r\},\ i = 1, ..., N.$$

Обозначим также $\zeta_N^{(r)} = \eta_1^{(r)} + ... + \eta_N^{(r)}$, $\widetilde{\zeta}_N^{(r)} = \widetilde{\eta}_1^{(r)} + ... + \widetilde{\eta}_N^{(r)}$, $P_r = \mathsf{P}\{\xi_1 > r\}$. Нетрудно видеть, что из (5) следует такая лемма (см. также [1]):

Лемма 1. *Справедливы равенства:*

$$\mathsf{P}\{\xi_{(N)} \leqslant r\} = (1 - P_r)^N \frac{\mathsf{P}\{\zeta_N^{(r)} = n\}}{\mathsf{P}\{\zeta_N = n\}},$$

$$\mathsf{P}\{\mu_r = k\}$$
$$= \binom{N}{k} p_r^k (1-p_r)^{N-k} \frac{\mathsf{P}\{\widetilde{\zeta}_{N-k}^{(r)} = n - kr\}}{\mathsf{P}\{\zeta_N = n\}}.$$

Заметим, что в утверждениях леммы 1 ζ_N является суммой независимых случайных величин. Доказательства основных результатов будут проведены обычным для обобщенной схемы образом. Для этого в следующих разделах исследуется предельное поведение вероятностей, входящих в правые части утверждений леммы 1 (леммы 2 и 3), а в конце статьи с помощью полученных результатов будут завершены доказательства теорем 1–3.

Предельное поведение ζ_N и $\zeta_N^{(r)}$

Для доказательства теоремы 1 с помощью первого утверждения леммы 1 нам необходимо найти асимптотику вероятностей $\mathsf{P}\{\zeta_N = n\}$ и $\mathsf{P}\{\zeta_N^{(r)} = n\}$, что и будет сделано в этом разделе.

Лемма 2. *Пусть* $\tau \in (1,2)$, $N \to \infty$ *так, что* $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$. *Тогда справедливы следующие утверждения:*

(A) $\mathsf{P}\{\zeta_N = n\} = \tau N(N - \zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}$
$\times \quad (1 + o(1))$,

(B) *Если* $r = n - \zeta(\tau)N - zN^{1/\tau}$, *где* z *— фиксированное число, то* $\mathsf{P}\{\zeta_N^{(r)} = n\}$
$= \tau N(n - \zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1 + o(1)) \int_z^\infty g(x)dx$,

где плотность распределения $g(x)$ *определена в теореме 1.*

Доказательство. Утверждение (A) следует из теоремы 3 статьи [2], однако случайные велечины $\xi_1^{(r)}, ..., \xi_N^{(r)}$ образуют схему серий и для $\zeta_N^{(r)}$ мы находимся в зоне больших уклонений. Поскольку общих теорем такого вида нет, доказательство приводится ниже, при этом оно включает и случай (A).

Обозначим

$$\gamma = (N^{1/\tau}/(n - \zeta(\tau)N))^{1/3}. \tag{8}$$

Рассмотрим независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_j^{(1)} = \xi_j - \zeta(\tau)$, $\xi_j^{(2)} = \eta_j^{(r)} - \zeta(\tau)$, $j = 1, ..., N$, и их суммы $\hat{\zeta}_N^{(1)} = \xi_1^{(1)} + ... + \xi_N^{(1)} = \zeta_N - \zeta(\tau)N$, $\hat{\zeta}_N^{(2)} = \xi_1^{(2)} + ... + \xi_N^{(2)} = \zeta_N^{(r)} - \zeta(\tau)N$. Представим искомые вероятности в виде:

$$\mathsf{P}\{\hat{\zeta}_N^{(s)} = n - \zeta(\tau)N\} = P_1^{(s)} + NP_2^{(s)} + P_3^{(s)},$$
$$s = 1, 2; \tag{9}$$

где

$$P_1^{(s)} = \mathsf{P}\{\hat{\zeta}_N^{(s)} = n - \zeta(\tau)N,\ \xi_j^{(s)} \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N),$$

$$j = 1, ..., N\},$$

$$P_2^{(s)} = \mathsf{P}\{\hat{\zeta}_N^{(s)} = n - \zeta(\tau)N,\ \xi_j^{(s)} \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N),$$

$$j = 1, ..., N-1,\ \xi_N^{(s)} > \gamma(n - \zeta(\tau)N)\},$$

$$P_3^{(s)} = \mathsf{P}\{\hat{\zeta}_N^{(s)} = n - \zeta(\tau)N, \bigcup_{i \neq j} \{\xi_j^{(s)}$$

$$> \gamma(n - \zeta(\tau)N),\ \xi_j^{(1)} > \gamma(n - \zeta(\tau)N), \}\}.$$

Ниже будет показано, что основной вклад в сумму (9) дает второе слагаемое. Рассмотрим сначала $P_1^{(s)}$. Положим

$$R^{(s)}(w) = \sum_{k \leqslant \gamma(n-\zeta(\tau))+\zeta(\tau)} \exp\{(k - \zeta(\tau))w\}\, \mathsf{P}\{\xi_1^{(s)} = k - \zeta(\tau)\}. \quad (10)$$

Из (2) следует, что при $k \to \infty$

$$p_k = \tau k^{-(\tau+1)}(1 + o(1)). \quad (11)$$

Используя это соотношение, построим оценки для следующих сумм, справедливые для достаточно больших l:

$$\sum_{k>l} p_k < C_1 \int_l^\infty y^{-(\tau+1)} dy = C_2 l^{-\tau}, \quad (12)$$

$$\sum_{k>l} (k - \zeta(\tau)) p_k < C_3 \int_l^\infty y^{-\tau} dy = C_4 l^{1-\tau}, \quad (13)$$

$$\sum_{k \leqslant l} (k - \zeta(\tau))^2 p_k < C_5 \int_1^l y^{1-\tau} dy = C_6 l^{2-\tau}, \quad (14)$$

здесь и далее символы $C_1, C_2, ...$ означают некоторые положительные постоянные.

Из (8) и (12) следует, что при выполнении условий леммы

$$(\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-\tau} = o(N^{-1}), \quad P_r = o(N^{-1}). \quad (15)$$

Учитывая, что при $0 < y < 1$ справедливо равенство $e^y = 1 + y + \delta(y)$, где $\delta(y) \leqslant y^2$, из (10), (12)–(15) получаем соотношение:

$$R^{(s)}(1/(\gamma(n - \zeta(\tau)N))) = 1 + o(N^{-1}), \quad s = 1, 2. \quad (16)$$

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_{1,\gamma}^{(s)}, ..., \xi_{N,\gamma}^{(s)}$, для которых

$$\mathsf{P}\{\xi_{1,\gamma}^{(s)} = k - \zeta(\tau)\} = \frac{\mathsf{P}\{\xi_1^{(s)} = k\} \exp\{(k - \zeta(\tau))/(\gamma(n - \zeta(\tau)N))\}}{R^{(s)}(1/(\gamma(n - \zeta(\tau)N)))},$$

где $k \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N) + \zeta(\tau)$. Положим $\zeta_{N,\gamma}^{(s)} = \xi_{1,\gamma}^{(s)} + ... + \xi_{N,\gamma}^{(s)}$. Тогда $P_1^{(s)}$ имеет следующее представление:

$$P_1^{(s)} = (R^{(s)}((\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1}))^N \times \exp\{-1/\gamma\}\, \mathsf{P}\{\zeta_{N,\gamma}^{(s)} = n - \zeta(\tau)N\}. \quad (17)$$

Обозначим $\varphi_{s,\gamma}(t)$ характеристическую функцию случайной величины $\xi_{1,\gamma}^{(s)}$. При $s = 1$ из (10) следует, что

$$\varphi_{1,\gamma}(t) = (R^{(1)}((\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1}))^{-1} \times R^{(1)}(\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1} + it), \quad (18)$$

а для случайной величины $\xi_{1,\gamma}^{(2)}$ характеристическая функция имеет вид:

$$\varphi_{2,\gamma}(t) = ((1 - P_r)R^{(2)}((\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1}))^{-1} \times R^{(2)}(\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1} + it). \quad (19)$$

По формуле обращения

$$\mathsf{P}\{\zeta_{N,\gamma}^{(s)} = n - \zeta(\tau)N\} = \frac{1}{2\pi N^{1/\tau}} \int_{-\pi N^{1/\tau}}^{\pi N^{1/\tau}} \exp\left\{-\frac{it(n - \zeta(\tau)N)}{N^{1/\tau}}\right\} \times \left(\varphi_{s,\gamma}\left(\frac{t}{N^{1/\tau}}\right)\right)^N dt. \quad (20)$$

Если $k < \gamma(n - \zeta(\tau)N) + \zeta(\tau)$, то $\exp\{(k - \zeta(\tau))/(\gamma(n - \zeta(\tau)N))\} \leqslant 1 + 2(k - \zeta(\tau))/(\gamma(n - \zeta(\tau)N))$, поэтому из (10), (12), (13) и (15) получаем, что

$$|R^{(s)}((\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{-1} + it)| \leqslant |\varphi_s(t)| + o(N^{-1}), \quad (21)$$

где $\varphi_s(t)$ — характеристическая функция случайной величины $\xi_1^{(s)}$.

Из определения $\xi_1^{(s)}$ следует, что

$$\varphi_1(t) = \exp\{-i\zeta(\tau)t\}\varphi(t), \quad (22)$$

где $\varphi(t)$ — характеристическая функция случайной величины ξ_1. Из (2) находим, что

$$\varphi_2(t) = \Big(\varphi_1(t) - \sum_{k=r+1}^{\infty} \exp\{it(k - \zeta(\tau))\}p_k\Big) \times (1 - P_r)^{-1}. \quad (23)$$

Отсюда и из (12) видим, что при $r = n - \zeta(\tau)N - zN^{1/\tau}$

$$\varphi_2(t) = (1 - P_r)^{-1} \exp\{-i\zeta(\tau)t\}\varphi_1(t) + o(N^{-1}).$$

Таким образом, в силу (15) неравенство (21) имеет вид:

$$|R^{(s)}((\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-1} + it)| \leqslant |\varphi_1(t)| + o(N^{-1}).$$

Тогда из (16), (18) и (19) получаем такую оценку:

$$|\varphi_{s,\gamma}(t)|^N \leqslant C_7|\varphi(t)|^N. \tag{24}$$

Разобьем интеграл, стоящий в правой части равенства (20), на сумму двух интегралов, соответствующих следующим значениям переменной интегрирования: $|t| \leqslant \varepsilon N^{1/\tau}$ и $\varepsilon N^{1/\tau} < |t| \leqslant \pi N^{1/\tau}$, где достаточно малое ε будет выбрано ниже. По свойству характеристических функций решетчатых распределений с единичным максимальным шагом при $\varepsilon < |t| \leqslant \pi$ выполняется неравенство

$$|\varphi(t)| \leqslant \exp\{-C_8\}. \tag{25}$$

Известно [3], что

$$\varphi(t) = 1 + (e^{it} - 1)\Phi(e^{it}, \tau, 1), \tag{26}$$

где $\Phi(z, \tau, a)$ — трансцендентная функция Лерча, имеющая вид

$$\Phi(z, \tau, a) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{z^j}{(j+a)^\tau} = \frac{1}{\Gamma(\tau)} \int_0^\infty \frac{x^{s-1}e^{-ax}}{1 - ze^{-x}} dx,$$

а $\Gamma(\tau)$ — значение гамма-функции в точке τ. При $t \to 0$ и $\tau \in (1, 2)$ известно [14] следующее асимптотическое разложение:

$$\Phi(e^{it}, \tau, 1) = \zeta(\tau) + \Gamma(1 - \tau)(-it)^{\tau-1} + O(t),$$

поэтому из (26) следует, что

$$\varphi(t) = 1 + it\zeta(\tau) + \Gamma(1 - \tau)(-it)^\tau + O(t^2).$$

Отсюда и из (22) видно, что при достаточно малом ε и $|t| \leqslant \varepsilon$

$$|\varphi_1(t)| \leqslant \exp\{-C_9|t|^\tau\}. \tag{27}$$

Тогда из (20), (24), (25) и (27) следует, что

$$\mathbf{P}\{\zeta^{(1)}_{N,\gamma} = n - \zeta(\tau)N\} \leqslant C_{10}N^{-1/\tau}$$
$$\times\Big(\int\limits_{|t|\leqslant\varepsilon N^{1/\tau}} \exp\{-C_9|t|^\tau\}dt$$
$$+ \int\limits_{\varepsilon N^{1/\tau}<|t|\leqslant\pi N^{1/\tau}} \exp\{-NC_8\}dt\Big).$$

Таким образом, при $s = 1$

$$\mathbf{P}\{\zeta^{(s)}_{N,\gamma} = n - \zeta(\tau)N\} < C_{11}N^{-1/\tau}.$$

Аналогичным образом эту оценку нетрудно получить и при $s = 2$. Отсюда, из (8), (16) и (17) следует, что

$$P_1^{(s)} \leqslant C_{12}N^{-1/\tau} \exp\{-1/\gamma\}$$
$$= o(N(n - \zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}). \tag{28}$$

Оценим вероятность $P_2^{(s)}$. Очевидно, что

$$P_2^{(s)} = \sum_{M_s} \mathbf{P}\{\xi_N^{(s)} = n - \zeta(\tau) - k\}$$
$$\times \mathbf{P}\{\xi_1^{(s)} + ... + \xi_{N-1}^{(s)} = k - \zeta(\tau)(N-1), \xi_i^{(s)} \tag{29}$$
$$\leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N), i = 1, ..., N-1\},$$

где $M_1 = \{k : N - 1 \leqslant k < n - \zeta(\tau) - \gamma(n - \zeta(\tau)N)\}$, $M_2 = \{k : n - \zeta(\tau) - r \leqslant k < n - \zeta(\tau) - \gamma(n - \zeta(\tau)N)\}$.

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_i^{(s)}(u), i = 1, ..., N, s = 1, 2$, такие, что

$$\mathbf{P}\{\xi_1^{(s)}(u) = k - \zeta(\tau)\}$$
$$= \mathbf{P}\{\xi_1^{(s)} = k - \zeta(\tau)|\xi_1^{(s)} \leqslant u\}. \tag{30}$$

Ниже будут рассматриваться случайные величины $\xi_i^{(s)}(u)$ при $u = \gamma(n - \zeta(\tau)N)$ и $u = \gamma^{-1}N^{1/\tau}$. Пусть $\zeta_N^{(s)}(u) = \xi_1^{(s)}(u) + ... + \xi_N^{(s)}(u)$. Используя (12), (15), (29) и (30), нетрудно получить, что

$$P_2^{(s)} = (1 + o(1)) \sum_{M_s} \mathbf{P}\{\xi_N^{(s)} = n - \zeta(\tau) - k\}$$
$$\times \mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(s)}(\gamma(n - \zeta(\tau)N)) = k - \zeta(\tau)(N-1)\}. \tag{31}$$

Обозначим через $\varphi_{s,\gamma(n-\zeta(\tau)N)}(t)$ характеристическую функцию случайной величины $\xi_1^{(s)}(\gamma(n - \zeta(\tau)N))$. Из (2), (6), (12), (15) и (23) находим, что при любом фиксированном t

$$\varphi_{s,\gamma(n-\zeta(\tau)N)}(t/N^{1/\tau}) \to f(t),$$

где характеристическая функция $f(t)$ определена в (4). Поэтому

$$\mathbf{P}\{\zeta_N^{(s)}(\gamma(n - \zeta(\tau)N)) \leqslant yN^{1/\tau}\} \to \int\limits_{-\infty}^{y} g(x)dx. \tag{32}$$

Покажем, что при достаточно больших N, n и $s = 1, 2$

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(s)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\} \leqslant C_{13}\gamma^{\tau}. \tag{33}$$

Учитывая (30) и то, что $\gamma(n-\zeta(\tau)N) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}$, для искомой вероятности получаем следующее неравенство:

$$\begin{aligned}&\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\}\\ &\leqslant (N-1)\,\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\}\\ &+\left(\frac{1-\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\}}{1-\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} > \gamma(n-\zeta(\tau)N)\}}\right)^{N-1}\\ &\times\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma^{-1}N^{1/\tau}) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\}.\end{aligned} \tag{34}$$

Используя (12), (14) и (30), нетрудно получить соотношения:

$$(N-1)\,\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\} \leqslant C_{14}\gamma^{\tau},$$

$$\mathbf{E}(\xi_1^{(1)}(\gamma^{-1}N^{1/\tau}))^2 < C_{15}(\gamma^{-1}N^{1/\tau}))^{2-\tau}, \tag{35}$$

и, применяя неравенство Чебышева, видим, что

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma^{-1}N^{1/\tau} > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\} < C_{16}\gamma^{\tau}. \tag{36}$$

Также из (12) и (15) следует равенство:

$$\left(\frac{1-\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} > \gamma^{-1}N^{1/\tau}\}}{1-\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} > \gamma(n-\zeta(\tau)N)\}}\right)^{N-1} = 1+o(1),$$

поэтому из (34)–(36) получаем оценку (33) для $s = 1$. Повторяя эти рассуждения для $s = 2$, опять приходим к (33).

Из (31) следует, что вероятность $P_2^{(1)}$ можно представить в виде суммы:

$$P_2^{(1)} = R_1^{(1)} + R_2^{(1)} + R_3^{(1)} + R_4^{(1)}, \tag{37}$$

где

$$\begin{aligned}R_i^{(1)} &= (1+o(1))\sum_{K_i^{(1)}}\mathbf{P}\{\xi_N^{(1)} = n-\zeta(\tau)-k\}\\ &\times\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) = k-\zeta(\tau)(N-1)\},\\ K_1^{(1)} &= \{k : N-1 \leqslant k\\ &\leqslant -\gamma^{-1}N^{1/\tau}+\zeta(\tau)(N-1)\},\\ K_2^{(1)} &= \{k : -\gamma^{-1}N^{1/\tau}+\zeta(\tau)(N-1) < k\\ &\leqslant \gamma^{-1}N^{1/\tau}+\zeta(\tau)(N-1)\},\\ K_3^{(1)} &= \{k : \gamma^{-1}N^{1/\tau}+\zeta(\tau)(N-1) < k\\ &\leqslant n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/2}(n-\zeta(\tau)N)\},\\ K_4^{(1)} &= \{k : n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/2}(n-\zeta(\tau)N)\\ &< k \leqslant n-\zeta(\tau)-\gamma(n-\zeta(\tau)N)\}.\end{aligned}$$

Нетрудно видеть, что область $K_1^{(1)}$ может быть пустой.

Вероятность $P_2^{(2)}$ представим в виде:

$$P_2^{(2)} = R_1^{(2)} + R_2^{(2)} + R_3^{(2)}, \tag{38}$$

где

$$\begin{aligned}R_i^{(2)} &= (1+o(1))\sum_{K_i^{(2)}}\mathbf{P}\{\xi_N^{(2)} = n-\zeta(\tau)-k\}\\ &\times\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(2)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) = k-\zeta(\tau)(N-1)\},\\ K_1^{(2)} &= \{k : n-r \leqslant k \leqslant \gamma^{-1}N^{1/\tau}+\zeta(\tau)(N-1)\},\\ K_2^{(2)} &= K_3^{(1)}, K_3^{(2)} = K_4^{(1)}.\end{aligned}$$

Из (11) нетрудно получить, что при $k \in K_2^{(1)}$ для $\xi_N^{(1)}$ и $k \in K_1^{(2)}$ для $\xi_N^{(2)}$ выполнено соотношение:

$$\begin{aligned}\mathbf{P}\{\xi_N^{(s)} = n-\zeta(\tau)-k\} &= \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}\\ &\times(1+o(1)).\end{aligned}$$

Отсюда с помощью (8), (32) и (33) получаем, что

$$\begin{aligned}R_2^{(1)} &= \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1+o(1)),\\ R_1^{(2)} &= \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1+o(1))\int_z^{\infty}g(x)dx.\end{aligned} \tag{39}$$

Из (8) и (11) ясно, что при $k \in K_1^{(1)}$

$$\begin{aligned}&\mathbf{P}\{\xi_N^{(1)} = n-\zeta(\tau)-k\} \leqslant\\ &C_{17}(n-\gamma^{-1}N^{1/\tau}-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}.\end{aligned}$$

Учитывая соотношение $\gamma \to 0$, из (32) находим, что

$$R_1^{(1)} = o((n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}). \tag{40}$$

Пусть $k \in K_3^{(1)}$. Тогда из (8), (11) и (36) следует, что

$$R_3^{(1)} = o((n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}). \tag{41}$$

Рассмотрим $R_4^{(1)}$. Согласно (11),

$$R_4^{(1)} \leqslant C_{18}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-(\tau+1)}$$

$$\times \mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) \quad (42)$$
$$> (n-\zeta(\tau)N)(1-\gamma^{1/2})\}.$$

Используя (2), (6) и (16), нетрудно получить, что

$$\mathbf{E}(\xi_1^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)))^2 < C_{19}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{2-\tau},$$

поэтому из неравенства Чебышева следует, что

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{(1)}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > (n-\zeta(\tau)N)(1-\gamma^{1/2})\}$$
$$< C_{20}N\gamma^{1/2}(n-\zeta(\tau)N)^{-\tau}.$$

Тогда из (8) и (42) получаем оценку:

$$R_4^{(1)} = o((n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}). \quad (43)$$

Учитывая, что слагаемые $R_2^{(2)}$ и $R_3^{(2)}$ оцениваются аналогично $R_3^{(1)}$ и $R_4^{(1)}$ соответственно, из представлений (37), (38) и соотношений (39)–(41), (43) делаем вывод, что

$$P_2^{(1)} = \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1+o(1)), \quad (44)$$

$$P_2^{(2)} = \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1+o(1))\int_z^\infty g(x)dx. \quad (45)$$

Оценим $P_3^{(1)}$. Заметим, что при $k < n - 2\zeta(\tau) - 2\gamma(n-\zeta(\tau)N)$

$$P_3^{(1)} = N(N-1)2^{-1}\sum_k \mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} + ... + \xi_{N-2}^{(1)}$$
$$= k - \zeta(\tau)(N-2)\}$$
$$\times \mathbf{P}\{\xi_{N-1}^{(1)} + \xi_N^{(1)} = n - 2\zeta(\tau) - k,$$
$$\xi_{N-1}^{(1)} > \gamma(n-\zeta(\tau)N),$$
$$\xi_N^{(1)} > \gamma(n-\zeta(\tau)N)\}.$$

Отсюда следует, что

$$P_3^{(1)} \leqslant C_{21}N^2\sum_k \mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} + ... + \xi_{N-2}^{(1)}$$
$$= k - \zeta(\tau)(N-2)\} \quad (46)$$
$$\times\Big(\sum_K \mathbf{P}\{\xi_{N-1}^{(1)} = j - \zeta(\tau)\}$$
$$\times \mathbf{P}\{\xi_N^{(1)} = n - k - \zeta(\tau) - j\}\Big),$$

где

$$K = \{j : \gamma(n-\zeta(\tau)N) + \zeta(\tau) < j$$
$$< n - k - \gamma(n-\zeta(\tau)N) + \zeta(\tau)\}.$$

Из (11) видим, что при $j > \gamma(n-\zeta(\tau)N) + \zeta(\tau)$

$$\mathbf{P}\{\xi_{N-1}^{(1)} = j - \zeta(\tau)\} \leqslant C_{22}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-(\tau+1)},$$

поэтому из (12) находим, что

$$\sum_K \mathbf{P}\{\xi_{N-1}^{(1)} = j-\zeta(\tau)\}\,\mathbf{P}\{\xi_N^{(1)} = n-k-\zeta(\tau)-j\}$$
$$\leqslant C_{23}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-(\tau+1)}\,\mathbf{P}\{\xi_N^{(1)} > \gamma(n-\zeta(\tau)N)\}$$
$$\leqslant C_{24}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-2\tau-1}.$$

Тогда соотношение (46) выглядит следующим образом:

$$P_3^{(1)} \leqslant C_{25}N^2(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-2\tau-1}$$
$$\times \mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} + ... + \xi_{N-2}^{(1)} < (n-\zeta(\tau)N)(1-2\gamma)\} \quad (47)$$
$$\leqslant C_{26}N^2(\gamma(n-\zeta(\tau)N))^{-2\tau-1}$$
$$= o(N(n-\zeta(\tau)N)^{-(\tau+1)}).$$

Для того чтобы оценить вероятность $P_3^{(2)}$, достаточно повторить рассуждения, приведенные при доказательстве (47) и получить, что

$$P_3^{(2)} = o((N(n-\zeta(\tau)N))^{-(\tau+1)}). \quad (48)$$

Утверждения леммы 2 теперь очевидным образом, следуют из (9), (28), (44), (45), (47) и (48). □

Предельное поведение $\tilde{\zeta}_{N-k}^{(r)}$

Для исследования асимптотического поведения μ_r мы будем использовать второе утверждение леммы 1, поэтому нам потребуется рассмотреть сумму $\tilde{\zeta}_{N-k}^{(r)}$.

Лемма 3. *Пусть $\tau \in (1,2)$, $N \to \infty$ так, что $(n-\zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$. Тогда равномерно относительно целых неотрицательных k и целых положительных r, для которых $u_r = (k-Np_r)/\sqrt{Np_r(1-p_r)}$ лежит в любом фиксированном конечном интервале,*

$$\mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_{N-k}^{(r)} = n - kr\}$$
$$= \tau N(n-\xi(\tau)N)^{-(\tau+1)}(1+o(1)).$$

Замечание 1. Из приведенного ниже доказательства понятно, что утверждение леммы 3 верно как при фиксированных r, так и при $r \to \infty$.

Доказательство леммы 3. Мы будем следовать идее доказательства леммы 2. Поскольку при $r \to \infty$ случайные величины $\tilde\eta_1^{(r)}, ..., \tilde\eta_N^{(r)}$ образуют схему серий, рассмотрим одновременно оба случая: r фиксировано и $r \to \infty$. Из (2), (3), (7) нетрудно получить, что

$$m_r = \mathsf{E}\,\tilde\eta_1^{(r)} = \frac{\zeta(\tau) - p_r}{1 - p_r}. \qquad (49)$$

Введем независимые случайные величины $\xi_j^{(r)} = \tilde\eta_j^{(r)} - m_r$, $j = 1, 2, ..., N$ и сумму $\Lambda_S^{(r)} = \xi_1^{(r)} + ... + \xi_S^{(r)}$. Покажем, что если $l, S \to \infty$ так, что $l/S^{1/\tau} \to \infty$, то равномерно относительно целых положительных r

$$\mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l\} = \frac{S\tau(1 + o(1))}{l^{\tau+1}(1 - p_r)}. \qquad (50)$$

Обозначим

$$\gamma = (S^{1-\tau}/l)^{1/3}, \qquad (51)$$

откуда ясно, что (8) является частным случаем (51). Искомую вероятность представим в виде суммы:

$$\mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l\} = P_1(l) + SP_2(l) + P_3(l), \qquad (52)$$

где $P_1(l) = \mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l, \xi_j^{(r)} \leqslant \gamma l,\ i = 1, ..., S\}$,

$$P_2(l) = \mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l, \xi_i^{(r)} \leqslant \gamma l,$$

$$i = 1, ..., S-1, \xi_S^{(r)} > \gamma l\},$$

$$P_3(l) = \mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l,\ \bigcup_{i \neq j} \{\xi_i^{(r)} > \gamma l, \xi_j^{(r)} > \gamma l\}.$$

Как и при доказательстве леммы 2, начнем с оценки $P_1(l)$. Для этого введем функцию

$$R(w) = \sum_{j \leqslant \gamma l + m_r} \exp\{w(j - m_r)\}\, \mathsf{P}\{\xi_1^{(r)} = j - m_r\},$$

заметим при этом, что $\gamma l \to \infty$. Введем новые вспомогательные независимо распределенные случайные величины $\xi_i^{(r)}(\gamma)$, $i = 1, ..., S$, такие, что

$$\mathsf{P}\{\xi_1^{(r)}(\gamma) = j - m_r\} = R^{-1}\left(\frac{1}{\gamma l}\right) \exp\left\{\frac{j - m_r}{\gamma l}\right\}$$

$$\times\, \mathsf{P}\{\xi_1^{(r)}(\gamma) = j - m_r\},$$

где $j \leqslant \gamma l + m_r$. Обозначим $\Lambda_S^{(r)}(\gamma) = \xi_1^{(r)}(\gamma)$ $+ ... + \xi_S^{(r)}(\gamma)$.
Нетрудно видеть, что

$$\mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)}(\gamma) = l\} = R^{-S}(1/(\gamma l))e^{1/\gamma}$$

$$\times\, \mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l, \xi_i^{(r)} \leqslant \gamma l,\ i = 1, ..., S\},$$

поэтому

$$P_1(l) = R^S(1/(\gamma l))e^{-1/\gamma}\, \mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)} = l\}. \qquad (53)$$

Пусть $f_\gamma^{(r)}(t)$ — характеристическая функция случайной величины $\xi_1^{(r)}(\gamma)$. Тогда

$$f_\gamma^{(r)}(t) = R(1/(\gamma l) + it)R^{-1}(1/(\gamma l)).$$

По формуле обращения

$$\mathsf{P}\{\Lambda_S^{(r)}(\gamma) = l\} \leqslant \frac{1}{2\pi S^{1/\tau}} \int\limits_{-\pi S^{1/\tau}}^{\pi S^{1/\tau}} \left| f_\gamma^{(r)}\left(\frac{t}{S^{1/\tau}}\right)\right|^S dt.$$

Подставляя это неравенство в (53), получаем, что при $0 < \varepsilon < 1$

$$P_1(l) \leqslant \frac{1}{2\pi S^{1/\tau} e^{1/\gamma}} \Big(\int\limits_{|t| \leqslant \varepsilon S^{1/\tau}} \left| R\left(\frac{1}{\gamma l} + \frac{it}{S^{1/\tau}}\right)\right|^S dt$$

$$+ \int\limits_{\varepsilon S^{1/\tau} < |t| \leqslant \pi S^{1/\tau}} \left| R\left(\frac{1}{\gamma l} + \frac{it}{S^{1/\tau}}\right)\right|^S dt\Big). \qquad (54)$$

Покажем, что интегралы в правой части (54) ограничены. Для этого докажем, что равномерно по r

$$|R(1/(\gamma l) + it)| \leqslant |\varphi_r(t)| + O((\gamma l)^{-\tau}), \qquad (55)$$

где

$$\varphi_r(t) = \mathsf{E}\, e^{it\tilde\eta_1^{(r)}} = \frac{\varphi(t) - p_r e^{itr}}{1 - p_r}, \qquad (56)$$

а $\varphi(t)$ как и раньше, означает характеристическую функцию случайной величины ξ_1. Разлагая $\exp\{(i - m_r)/(\gamma l)\}$ по формуле Тейлора, находим, что

$$|R(1/(\gamma l)) + it|$$

$$\leqslant \Big| \sum_{j \leqslant \gamma l + m_r} \exp\{(1/(\gamma l) + it)(j - m_r)\}\, \mathsf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)} = j\}\Big|$$

$$\leqslant \Big| \sum_{j \leqslant \gamma l + m_r} e^{itj}\, \mathsf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)} = j\}\Big| \qquad (57)$$

$$+ (\gamma l)^{-1} \Big| \sum_{j \leqslant \gamma l + m_r} (j - m_r)\, \mathsf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)} = j\}\Big|$$

$$+ O((\gamma l)^{-2} \sum_{j \leqslant \gamma l + m_r} (j - m_r)^2\, \mathsf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)} = j\}).$$

Из (12)–(14) и (49) получаем, что

$$\Big|\sum_{j\leqslant\gamma l+m_r} e^{itj}\,\mathbf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)}=j\}\Big|$$

$$\leqslant |\varphi_r(t)|+C_{28}(\gamma l)^{-\tau},$$

$$\Big|\sum_{j\leqslant\gamma l+m_r}(j-m_r)\,\mathbf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)}=j\}\Big|\leqslant C_{29}(\gamma l)^{1-\tau},$$

$$\sum_{j\leqslant\gamma l+m_r}(j-m_r)^2\,\mathbf{P}\{\tilde\eta_1^{(r)}=j\}\leqslant C_{30}(\gamma l)^{2-\tau},$$

поэтому из (57) следует (55).

Пусть $\delta\in(0,1)$. В силу того, что для любого фиксированного r найдется $\varepsilon_r>0$ такое, что $|\varphi_r(t)|>\delta$ при $|t|\leqslant\varepsilon_r$, а из (2) и (56) следует, что $\varphi_r(t)\to\varphi(t)$ при $r\to\infty$, находим, что существует такое $\varepsilon>0$, что $|\varphi_r(t)|>\delta$ при $|t|\leqslant\varepsilon$. Учитывая, что $(\gamma l)^{-\tau}S\to 0$, из (55) получаем, что

$$|R(1/(\gamma l)+it)|^S\leqslant C_{31}|\varphi_r(t)|^S.$$

Это неравенство означает, что первый интеграл в (54) ограничен. Аналогично получаем, что при $\varepsilon\leqslant|t|\leqslant\pi$

$$|R(1/(\gamma l)+it)|\leqslant C_{32}<1,$$

поэтому и второй интеграл ограничен. Отсюда вытекает оценка:

$$P_1(l)\leqslant C_{33}S^{-1/\tau}e^{-1/\gamma}=o(S/\gamma^{\tau+1}). \qquad (58)$$

Найдем асимптотику $P_2(l)$. Ясно, что

$$P_2(l)=\sum_{h>\gamma l+m_r}\mathbf{P}\{\xi_S^{(r)}=h-m_r\}$$

$$\times\,\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1}^{(r)}=l-h+m_r, \qquad (59)$$

$$\xi_j^{(r)}\leqslant\gamma l, j=1,...,S-1\}.$$

Обозначим $\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}=\xi_{1,\gamma l}^{(r)}+...+\xi_{S-1,\gamma l}^{(r)}$, где входящие в сумму случайные величины независимы, одинаково распределены и

$$\mathbf{P}\{\xi_{1,\gamma l}^{(r)}=k\}=\mathbf{P}\{\xi_1=k-m_r|\xi_1\neq r,\ \xi_1\leqslant\gamma l\}.$$

Тогда, в силу соотношения $(\gamma l)^{-\tau}S\to 0$, равномерно по h и r

$$\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1}^{(r)}=l-h+m_r,\ \xi_j^{(r)}\leqslant\gamma l,\ j=1,...,S-1\}$$

$$=(1-(1-p_r)^{-1}\sum_{h>\gamma l+m_r}\mathbf{P}\{\xi_1=h-m_r\})^{S-1}$$

$$\times\,\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}=l-h+m_r\}$$

$$=\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1}^{(r)}=l-h+m_r\}(1+o(1)),$$

поэтому из (59) следует, что равномерно по r

$$P_2(l)=\sum_{h>\gamma l+m_r}\mathbf{P}\{\xi_S^{(r)}=h-m_r\}$$

$$\times\,\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}=l-h+m_r\}(1+o(1)).$$

Представим эту сумму в следующем виде:

$$P_2(l)=R_1(l)+R_2(l)+R_3(l)+R_4(l), \qquad (60)$$

где

$$R_i(l)=\sum_{H_i}\mathbf{P}\{\xi_S^{(r)}=h-m_r\}$$

$$\times\,\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}=l-h+m_r\}(1+o(1)),$$

$H_1=\{h:\ \ \gamma l+m_r<h<l\gamma^{1/2}\}$,
$H_2=\{h:\ \ l\gamma^{1/2}\leqslant h<l-\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}$,
$H_3=\{h:\ \ l-\gamma^{-1}S^{1/\tau}\leqslant h\leqslant l+\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}$,
$H_4=\{h:h>l+\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}$.

Мы рассмотрим сначала слагаемое $R_3(l)$, поскольку оно дает главный вклад в сумму (60). Из (11) и соотношения $S^{1/\tau}/\gamma l\to 0$ получаем, что в H_3 равномерно по h

$$\mathbf{P}\{\xi_S^{(r)}=h-m_r\}=p_h/(1-p_r)$$

$$=\tau(1+o(1))/(h^{1+\tau}(1-p_r))$$

и эта вероятность равна нулю при $h=r$. Отсюда:

$$R_3(l)=\frac{\tau(1+o(1))}{h^{\tau+1}(1-p_r)} \qquad (61)$$

$$\times(1-\mathbf{P}\{|\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}-m_r|>\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}).$$

Аналогично доказательству неравенства (33), легко вывести, что

$$\mathbf{P}\{|\Lambda_{S-1}^{(r)}-m_r|>\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}\leqslant C_{34}\gamma^{\tau}, \qquad (62)$$

поэтому из (51) и (61) находим, что

$$R_3(l)=\frac{\tau(1+o(1))}{l^{\tau+1}(1-p_r)}. \qquad (63)$$

Оценим $R_4(l)$. Из (11) следует, что $\mathbf{P}\{\xi_S^{(r)}=h-m_r\}\leqslant C_{35}l^{-(\tau+1)}$, поэтому, учитывая (51) и (62), видим, что

$$R_4(l)\leqslant C_{36}l^{-(\tau+1)}\,\mathbf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)}-m_r<-\gamma^{-1}S^{1/\tau}\}$$

$$\leqslant C_{37}l^{-(\tau+1)}\gamma^{\tau}=o(l^{-(\tau+1)}). \qquad (64)$$

Аналогично получаем оценку для $R_2(l)$:

$$\mathsf{P}\{\xi_S^{(r)} = h - m_r\} \leqslant C_{38}(l\gamma^{1/2})^{-(\tau+1)},$$

поэтому

$$R_2(l) \leqslant C_{39}(l\gamma^{1/2})^{-(\tau+1)}\,\mathsf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)} - m_r > \gamma^{-1}S^{1/\tau}\} \leqslant C_{40}l^{-(\tau+1)}\gamma^{(\tau+1)/2} = o(l^{-(\tau+1)}). \quad (65)$$

Оценим $R_1(l)$. Здесь $\mathsf{P}\{\xi_S^{(r)} = h - m_r\} \leqslant C_{41}(l\gamma)^{-(\tau+1)}$ и, следовательно,

$$R_1(l) \leqslant C_{42}(l\gamma)^{-(\tau+1)}\,\mathsf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l}^{(r)} > l - l\gamma^{1/2} + m_r\}.$$

Из (14), (51) и неравенства Чебышева находим, что

$$\mathsf{P}\{\Lambda_{S-1,\gamma l} > l - l\gamma^{1/2} + m_r\} \leqslant C_{43}S(l\gamma)^{2-\tau}/l^2 = C_{43}\gamma^{3\tau},$$

поэтому

$$R_1(l) \leqslant C_{44}l^{-(\tau+1)}\gamma^{2\tau-1} = o(l^{-(\tau+1)}). \quad (66)$$

Из соотношений (60), (63)–(66) заключаем, что равномерно по r

$$P_2(l) = \frac{\tau(1+o(1))}{l^{\tau+1}(1-p_r)}. \quad (67)$$

Осталось оценить $P_3(l)$. Легко видеть, что

$$P_3(l) < S^2 \sum_{h>2(\gamma l+m_r)} \mathsf{P}\{\Lambda_{S-2}^{(r)} = l - h + 2m_r\} \times \mathsf{P}\{\xi_{S-1}^{(r)} + \xi_S^{(r)} = h - 2m_r,\ \xi_{S-1}^{(r)}, \xi_S^{(r)} > \gamma l\}.$$

Из (11) следует неравенство $\mathsf{P}\{\xi_S^{(r)} > \gamma l\} \leqslant C_{45}(\gamma l)^{-\tau}$, поэтому при $\gamma l + m_r < j < h - \gamma l - m_r$

$$\mathsf{P}\{\xi_{S-1}^{(r)} + \xi_S^{(r)} = h - m_r,\ \xi_{S-1}^{(r)}, \xi_S^{(r)} > \gamma l\} = \sum_j \mathsf{P}\{\xi_{S-1}^{(r)} = j - m_r\}\,\mathsf{P}\{\xi_S^{(r)} = h - j\} \leqslant C_{46}(\gamma l)^{-(\tau+1)}\,\mathsf{P}\{\xi_S^{(r)} > \gamma l\} < C_{47}(\gamma l)^{-(2\tau+1)}.$$

Отсюда и из (68) получаем, что

$$P_3(l) \leqslant C_{47}(\gamma l)^{-(2\tau+1)}S^2\,\mathsf{P}\{\Lambda_{S-2}^{(r)} < l - 2\gamma l\} \leqslant C_{48}S\gamma^{\tau-1}/l^{\tau+1} = o(S/l^{\tau+1}).$$

Таким образом, из (52), (58) и (67) следует (50), а утверждение леммы 3 легко вытекает из (50), если положить $S = N - k$ и учесть вид u_r.

Доказательства теорем

Используя (11), (12), (15) и полагая $r = n - \zeta(\tau)N - zN^{1/\tau}$, находим, что $(1-P_r)^N \to 1$. Отсюда, из первого утверждения леммы 1 и из леммы 2 очевидным образом приходим к утверждению теоремы 1.

Чтобы получить теорему 2, достаточно применить второе утверждение леммы 1, первую часть леммы 2, лемму 3 и нормальное приближение биномиальной вероятности.

Из этих же лемм следует и теорема 3, если использовать пуассоновское приближение биномиальной вероятности.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

Литература

1. *Колчин В. Ф.* Случайные графы. М.: Физматлит, 2000. 256 с.

2. *Нагаев А. В.* Предельные теоремы, учитывающие большие уклонения при нарушении условия Крамера // Изв. АН УзССР. Сер. физ.-мат. наук. 1969. № 6. С. 17–22.

3. *Павлов Ю. Л.* О предельных распределениях степеней вершин в условных Интернет-графах // Дискретная математика. 2009. Т. 21, № 3. С. 14–23.

4. *Павлов Ю. Л.* Об условных Интернет-графах, степени вершин которых не имеют математического ожидания // Дискретная математика. 2010. Т. 22, № 3. С. 20–33.

5. *Павлов Ю. Л.* О типичной структуре конфигурационного Интернет-графа с известным числом числом связей // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2011. № 5. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. Вып. 2. С. 86–96.

6. *Павлов Ю. Л., Чеплюкова И. А.* Случайные графы Интернет-типа и обобщенная схема размещения // Дискретная математика. 2008. Т. 20, № 3. С. 3–18.

7. *Райгородский А. М.* Модели случайных графов. М.: МЦНМО, 2011. 136 с.

8. *Cheplyukova I., Pavlov Yu.* Limit distributions of vertex degree in condihional power-law random

graphs. Transactions of the XXVI International Seminar on Stability Problems for Stohastic Models. Ort Braude Colledge, Karniel, Israel, 2007. P. 52–59.

9. *Durrett R.* Random Graph Dynamics. N. Y.: Cambridge University Press, 2007. 221 p.

10. *Faloutsos C., Faloutsos P., Faloutsos M.* On power-law relationship of the Internet topology // Computer Communications Rev. 1999. Vol. 29. P. 251–262.

11. *Hofstad R.* Random Graph and Complex Networks. Eindhoven University of Thechnology. 2011. 363 p.

12. *Pavlov Yu.* On the typical structure of the conditional scale-free random graphs // European researder. 2011. N 5. P. 511–513.

13. *Reittu H., Norros I.* On the power-low random graph model of massive data networks // Performance Evaluation. 2004. Vol. 55, N 1. P. 3–23.

14. *Wood D. C.* Technical report 15–92 // Canterbury: University of Kent, 1992. 19 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Павлов Юрий Леонидович
зав. лаб. теории вероятностей и компьютерной статистики, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: pavlov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 761218

Pavlov, Yury
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: pavlov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 761218

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 89–93

УДК 519.2

СГОРИТ ЛИ ДЕРЕВО ПРИ ПОЖАРЕ В СЛУЧАЙНОМ ЛЕСЕ?

Ю. Л. Павлов, Е. В. Хворостянская

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматривается множество $F_{n,N}$ всех возможных лесов, состоящих из $N \geqslant 2$ упорядоченных некорневых деревьев и n помеченных вершин, на котором задано равномерное распределение вероятностей. При $n/N \to \infty$ получены предельные теоремы для числа несгораемых вершин одного дерева в модели распространения огня в случайном лесе из $F_{n,N}$.

Ключевые слова: случайный лес, случайное дерево, модель лесного пожара, плотность несгораемых вершин.

Yu. L. Pavlov, E. V. Khvorostyanskaya. WHETHER A TREE WILL BURN IN A FIRE IN RANDOM FOREST?

We consider the set $F_{n,N}$ of all possible forests, consisting of $N \geqslant 2$ ordered non-root trees and n labeled vertices. We specify the uniform distribution on $F_{N,n}$. When $n/N \to \infty$ limit theorems were obtained for the number of fireproof vertices of one tree in a forest fire model on a random forest taken from $F_{n,N}$.

Key words: random forest, random tree, forest fire model, density of fireproof vertices.

В последние годы в теории случайных графов появилось новое направление – разработка и исследование моделей лесных пожаров (в англоязычной литературе они получили название "forest fire models"). Такие модели используются не только в ландшафтной экологии с целью определения наиболее устойчивой к пожарам топологии лесных насаждений (см., например, [1, 7]), но также в статистической физике [5–7] и в экономике, где с их помощью пытаются понять природу кризисов банковских систем и найти способы минимизации их последствий [1].

В статье [4] предложена одна из возможных моделей такого типа. В ней рассматривается случайный процесс распространения огня по ребрам некорневого дерева с помеченными вершинами. Пусть T_n – множество всех таких деревьев, имеющих n вершин. Хорошо известно, что T_n содержит n^{n-2} различных деревьев. Это значит, что равномерное распределение вероятностей на T_n приписывает каждому дереву меру n^{2-n}. Ребра случайного дерева могут находиться в одном из трех состояний: воспламеняемое, огнеупорное или сгоревшее. Введем случайную величину τ, имеющую распределение Бернулли:

$$\begin{gathered}\mathsf{P}\{\tau = 1\} = 1/\left(1 + n^{-\alpha}\right), \\ \mathsf{P}\{\tau = 0\} = n^{-\alpha}/\left(1 + n^{-\alpha}\right),\end{gathered} \tag{1}$$

где α – некоторое положительное число. Процесс распространения огня происходит следующим образом. До начала пожара все ребра являются воспламеняемыми. В первый

момент времени одно из ребер дерева выбирается равновероятно, и считается, что именно на нем начинается возгорание (это можно интерпретировать как «удар молнии»). Новое состояние ребра определяется с помощью случайной величины τ. Если $\tau = 1$, то ребро навсегда становится огнеупорным и в дальнейшем процессе не участвует. Поэтому такое ребро можно считать удаленным, и, следовательно, исходное дерево распадается на два поддерева. Если же $\tau = 0$, выбранное ребро считается сгоревшим, и вместе с ним сгорает все дерево. Таким образом, продолжение процесса возможно, только если первое ребро стало огнеупорным. В этом случае второй шаг состоит в равновероятном выборе одного из воспламеняемых ребер, содержащихся в двух поддеревьях, и его дальнейшее состояние, как и в случае первого ребра, определяется с помощью τ по той же схеме. Следующие шаги процесса происходят аналогично, и он закончится, когда в исходном дереве не останется воспламеняемых ребер.

Вершина дерева называется *несгораемой*, если после окончания процесса все инцидентные ей ребра начального дерева огнеупорны. Обозначим через ξ случайную величину, равную числу несгораемых вершин случайного дерева из T_n, и пусть $g(x)$ – плотность распределения вероятностей, имеющая вид:

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x(1-x)^3}} \exp\left\{-\frac{x}{2(1-x)}\right\},$$
$$x \in (0,1).$$

В [4] изучалось предельное поведение ξ при $n \to \infty$, и была доказана следующая теорема.

Теорема 1. *При $n \to \infty$ справедливы утверждения:*

1. *Если $\alpha < 1/2$, то $\mathbf{P}\{\xi/n = 0\} \to 1$.*
2. *Если $\alpha = 1/2$, то для всех k таких, что $u = k/n \in (0,1)$*
$$n\,\mathbf{P}\{\xi = k\} = g(u)(1 + o(1)).$$
3. *Если $\alpha > 1/2$, то $\mathbf{P}\{\xi/n = 1\} \to 1$.*

В настоящей работе теорема 1 используется для исследования описанного выше процесса распространения огня на дереве в случайном лесе. Ниже, в соответствии с теоремой 1, рассматривается только нетривиальный случай $\alpha = 1/2$.

Пусть $F_{n,N}$ – множество всех возможных лесов, состоящих из N упорядоченных некорневых деревьев и n помеченных вершин. Зададим на этом множестве равномерное распределение вероятностей. Предположим, что на каждом дереве такого случайного леса пожар происходит независимо от других деревьев. Рассмотрим одно из деревьев, например, первое (это возможно, поскольку деревья упорядочены), и пусть ξ_1 – число несгораемых вершин этого дерева. Ниже изучается предельное поведение этой случайной величины в двух случаях: $n \to \infty$, N фиксировано и $n, N \to \infty$ так, что $n/N \to \infty$. Обозначим

$$Q_N^{(1)} = \frac{2^{N-1}}{N} \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{K_i} \prod_{j=1}^{N-1} \frac{k_j^{k_j-2}}{k_j!} e^{-k_j},$$

$$Q_N^{(2)} = \left(2\,(2/3)^{2/3}\,N\right)^{-1},$$

где $K_i = \{k_1, \ldots, k_{N-1} \geqslant 1, \quad k_1 + \ldots + k_{N-1} = N - 1 + i\}$. Справедливы следующие утверждения.

Теорема 2. *Пусть $n \to \infty$, $N \geqslant 2$ фиксировано. Тогда для всех k таких, что $k = uQ_N^{(1)}n$, $u \in \left(0, 1/Q_N^{(1)}\right)$,*

$$n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = g\left(uQ_N^{(1)}\right) Q_N^{(1)}(1 + o(1)).$$

Теорема 3. *Пусть $n, N \to \infty$ так, что $n/N \to \infty$. Тогда для всех k таких, что $k = uQ_N^{(2)}n$, $u \in \left(0, 1/Q_N^{(2)}\right)$,*

$$n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = g\left(uQ_N^{(2)}\right) Q_N^{(2)}(1 + o(1)).$$

Доказательство теоремы 2. Обозначим через ν_1 объем выбранного дерева. По формуле полной вероятности

$$n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = \sum_{m=k}^{n-N+1} n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k | \nu_1 = m\}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\}. \quad (2)$$

Нетрудно видеть, что

$$\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} = C_n^m m^{m-2} b_{n-m,N-1}/b_{n,N}, \quad (3)$$

где $b_{n,N}$, $b_{n-m,N-1}$ – число всех возможных лесов соответственно в $F_{n,N}$ и $F_{n-m,N-1}$. В книге [3] доказано равенство

$$b_{n,N} = n! \sum_{\substack{k_1,\ldots,k_N \geqslant 1 \\ k_1+\ldots+k_N = n}} \prod_{j=1}^{N} \frac{k_j^{k_j-2}}{k_j!}. \quad (4)$$

Согласно результатам статьи [2] при фиксированном N и $n \to \infty$ справедливо соотношение

$$b_{n,N} \sim N n^{n-2}/2^{N-1}. \quad (5)$$

Используя формулу Стирлинга, из (3), (5) и равенства (4) для $b_{n-m,N-1}$ находим, что при $m = n - N + 1 - i$, $i = 0, 1, 2, \ldots$

$$\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \sim \frac{2^{N-1}}{N} \sum_{K_i} \prod_{j=1}^{N-1} \frac{k_j^{k_j-2}}{k_j!}. \qquad (6)$$

Представим сумму (2) в виде

$$n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = S_1 + S_2 + S_3, \qquad (7)$$

где

$$S_l = \sum_{L_l} n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k | \nu_1 = m\}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\}, \quad l = 1, 2, 3,$$

$$L_1 = \{n - N + 1 - A < m \leqslant n - N + 1\},$$
$$L_2 = \left\{n - An^{4/5} \leqslant m \leqslant n - N + 1 - A\right\},$$
$$L_3 = \left\{k \leqslant m < n - An^{4/5}\right\},$$

положительная постоянная A будет выбрана позднее.

Согласно теореме 1, при $m \in L_1 \bigcup L_2$

$$m\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k | \nu_1 = m\} = g\left(uQ_N^{(1)}\right)(1 + o(1)). \qquad (8)$$

Используя (6), (8), получаем равенство

$$S_1 = g\left(uQ_N^{(1)}\right) R_N, \qquad (9)$$

где величина R_N может быть сделана сколь угодно близкой к $Q_N^{(1)}$ выбором достаточно большого A.

Используя (3) и формулу Стирлинга, нетрудно найти, что при $m \in L_2 \bigcup L_3$

$$\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} < C_1(n - m)^{-5/2}, \qquad (10)$$

здесь и далее символом $C_1, C_2, \ldots$ обозначены некоторые положительные постоянные (не всегда различные). Тогда если $m \in L_3$, то $\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} < C_1 A^{-5/2} n^{-2}$ и

$$S_3 < \sum_{L_3} n\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} < C_1 A^{-5/2},$$

а если $m \in L_2$, то, учитывая (8) и (10), находим, что

$$S_2 < C_2 \sum_{L_2} (n - m)^{-5/2} < C_2 \int_{An^{4/5}}^{A} x^{-5/2} dx.$$

Следовательно, S_2 и S_3 можно сделать сколь угодно близкими к нулю за счет выбора A. Отсюда и из (7), (9) получаем утверждение теоремы 2.

Доказательство теоремы 3. Следуя доказательству теоремы 2, представим сумму (2) в виде

$$n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k\} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \qquad (11)$$

где

$$S_l = \sum_{L_l} n\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k | \nu_1 = m\}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\}, \quad l = 1, 2, 3, 4,$$

$$L_1 = \left\{k \leqslant m < n - 2N - AN^{2/3}\right\},$$
$$L_2 = \left\{n - 2N - AN^{2/3} \leqslant m \leqslant n - 2N + AN^{2/3}\right\},$$
$$L_3 = \left\{n - 2N + AN^{2/3} < m \leqslant n - N - A\right\},$$
$$L_4 = \{n - N - A < m \leqslant n - N + 1\},$$

положительная постоянная A будет выбрана позднее.

Из (4) и теоремы 1 [2] находим, что если $n, N \to \infty$ и $n/N \to \infty$, то сохраняет силу (5) и при достаточно большом значении A выполнены соотношения:
при $m \in L_1$

$$b_{n-m,N-1} \sim \frac{(N-1)(n-m)^{n-m+1/2}}{2^{N-2}(n-m-2N+2)^{5/2}}, \qquad (12)$$

при $m \in L_2$

$$b_{n-m,N-1} \sim \frac{\sqrt{\pi}(n-m)^{n-m-2}}{N^{-11/6}2^{N-3}d} p\left(\frac{y}{2d}; \frac{3}{2}, -1\right), \qquad (13)$$

при $m \in L_3$

$$b_{n-m,N-1} \sim \frac{N!(n-m)^{2T}}{N2^T T!}\left(1 - \frac{2T}{n-m}\right)^{1/2}, \qquad (14)$$

при $m \in L_4$

$$b_{n-m,N-1} \sim C_{n-m}^T \left(\frac{N-1}{2}\right)^T, \qquad (15)$$

где

$$T = n - m - N + 1, \quad d = (2/3)^{2/3},$$

$$y = (N-1)^{1/3}\left(\frac{n-m}{N-1} - 2\right),$$

$p\,(y/(2d); 3/2, -1)$ – плотность устойчивого закона распределения вероятностей, имеющая вид:

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left\{-\frac{ity}{2d} - |t|^{3/2}\exp\left\{i\frac{\pi t}{4|t|}\right\}\right\} dt.$$

Пусть $m \in L_1$. Из (1) и теоремы 1 следует, что

$$m\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k|\nu_1 = m\} \leqslant C_3.$$

С помощью формулы Стирлинга из (3), (5), (12) получаем оценку

$$\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \leqslant C_4(n - m - 2N + 2)^{-5/2}.$$

Учитывая эти неравенства, легко показать, что $S_1 \leqslant C_5 A^{-3/2} N^{-1}$ и при выборе достаточно большого A выполнено соотношение

$$S_1 = o(Q_N^{(2)}). \tag{16}$$

Пусть $m \in L_2$. Согласно теореме 1

$$m\,\mathbf{P}\{\xi_1 = k|\nu_1 = m\} = g\left(uQ_N^{(2)}\right)(1 + o(1)). \tag{17}$$

Из (3), (5), (13) находим, что

$$\frac{n}{m}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \sim \frac{Q_N^{(2)}}{N^{2/3}} p\left(\frac{y}{2d}; \frac{3}{2}, -1\right).$$

Отсюда и из (17) следует равенство

$$S_2 = \frac{Q_N^{(2)} g\left(uQ_N^{(2)}\right)}{N^{2/3}}(1 + o(1)) \times \sum_{-A \leqslant y \leqslant A} p\left(\frac{y}{2d}; \frac{3}{2}, -1\right),$$

где суммирование по y проводится с шагом $(N-1)^{-2/3}$. Поэтому

$$S_2 = Q_N^{(2)} g\left(uQ_N^{(2)}\right)(1 + o(1)) \times \left(\int_{-A}^{A} p\left(\frac{y}{2d}; \frac{3}{2}, -1\right) dy + \delta\right),$$

величина δ сколь угодно мала при достаточно большом значении A. Учитывая, что $p\,(y/(2d); 3/2, -1)$ – плотность распределения вероятностей, получаем, что

$$S_2 = Q_N^{(2)} g\left(uQ_N^{(2)}\right)(1 + o(1)). \tag{18}$$

Пусть $m \in L_3$. Из теоремы 1 следует, что выполнено (17). Представим m в виде

$$m = n - 2N + Nf_N,$$

где f_N меняется с шагом $1/N$, $A/N^{1/3} \leqslant f_N \leqslant 1 - A/N$. Из (3), (5), (14) получаем оценку

$$\frac{n}{m}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \leqslant C_6 \frac{f_N^{1/2}\,(e(1 - f_N/2))^{-Nf_N+1}}{N^{3/2}\,(1 - f_N + 1/N)^{N-Nf_N+3/2}}.$$

Используя это неравенство, несложно показать, что если $1 - \varepsilon \leqslant f_N \leqslant 1 - A/N$, где положительное число ε сколь угодно мало, то

$$\frac{n}{m}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \leqslant \frac{C_7}{N^{3/2}} \exp\left\{-Nf_N - Nf_N \ln\left(1 - \frac{f_N}{2}\right) - N\left(1 - f_N + \frac{3}{2N}\right)\ln\left(1 - f_N + \frac{1}{N}\right)\right\} \leqslant \frac{C_7}{N^{3/2}} e^{-C_8 N},$$

а если $A/N^{1/3} \leqslant f_N \leqslant 1 - \varepsilon$, то

$$\frac{n}{m}\,\mathbf{P}\{\nu_1 = m\} \leqslant \frac{C_9 f_N^{1/2}}{N^{3/2}} \exp\{-Nf_N - Nf_N \ln(1 - f_N/2) - N(1 - f_N)\ln(1 - f_N)\} \leqslant \frac{C_9 f_N^{1/2} e^{-Nf_N^3/24}}{N^{3/2}}.$$

С помощью этих соотношений и (17) получаем, что если $v = N^{1/3} f_N$, то

$$S_3 \leqslant \frac{C_{10}}{N^{3/2}} \sum_{m=n-2N+AN^{2/3}}^{n-2N+N(1-\varepsilon)} f_N^{1/2} e^{-v^3/24} + \frac{C_{11}}{N^{3/2}} \sum_{m=n-2N+N(1-\varepsilon)}^{n-2N+N(1-A/N)} e^{-C_8 N} \leqslant \frac{C_{12}}{N}\left(\sum_{v \geqslant A} v^{1/2} e^{-v^3/24} + \sqrt{N} e^{-C_8 N}\right).$$

Поскольку величина v меняется с шагом $N^{-2/3}$, заменяя в последнем выражении суммирование интергрированием, находим, что

$$S_3 \leqslant \frac{C_{13}}{N}\left(A^{-3/2} e^{-A^3/24} + \sqrt{N} e^{-C_8 N}\right),$$

где A может быть выбрано сколь угодно большим. Поэтому

$$S_3 = o(Q_N^{(2)}). \tag{19}$$

Пусть $m \in L_4$. Из теоремы 1 следует (17), а с помощью (3), (5), (15) можно показать, что

$$\frac{n}{m}\,\mathsf{P}\{\nu_1 = m\} \leqslant \frac{C_{14}}{T!N}\left(\frac{N-1}{2e}\right)^T \left(\frac{2}{e}\right)^{N-1}.$$

Тогда

$$S_4 \leqslant \frac{C_{15}}{N}\left(\frac{2}{e}\right)^{N-1} \sum_{T=0}^{A+1} \frac{1}{T!}\left(\frac{N-1}{2e}\right)^T \leqslant \frac{C_{15}}{N} e^{-C_{16}N}.$$

Отсюда и из (11), (16), (18), (19) следует утверждение теоремы 3.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

Литература

1. *Аннаков Б. Б.* Банковский кризис и пожары в лесу. 2008. *URL : http//www.empatika.com/blog/agent_modeling_forest_fire* (дата обращения 24.04.2012).

2. *Бритиков В. Е.* Асимптотика числа лесов из некорневых деревьев // Матем. заметки. 1988. Т. 43, № 5. С. 672–684.

3. *Колчин В. Ф.* Случайные графы. М.: Физматлит, 2000. 256 с.

4. *Bertoin J.* Fires on trees // Ann Inst. Henri Poincare. 2011. ArXiV1011.2308v2 (to appear).

5. *Drossel B., Schwabl F.* Self-organized critical forest-fire model // Phys. Rev. Lett. 1992. Vol. 69. P. 1629–1632.

6. *Henley C. L.* Static of self-organized percolation model // Phys. Rev. Lett. 1993. Vol. 71. P. 2741–2744.

7. *Zink R., Grimm V.* Unifying wildfire models from ecology and statistical physics // The American Naturalist. 2009. Vol. 174. E170–E185.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Павлов Юрий Леонидович
зав. лаб. теории вероятностей и компьютерной статистики, д. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: pavlov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 781218

Pavlov, Yury
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: pavlov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 781218

Хворостянская Елена Владимировна
старший научный сотрудник, к. ф.-м. н.
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: cher@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 781218

Khvorostyanskaya, Elena
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: cher@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 781218

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 94–105

УДК 541.64:539.199

ОРИЕНТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СВЯЗЕЙ МОЛЕКУЛ ЛИПИДОВ В БИСЛОЯХ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

А. Л. Рабинович[1], **А. П. Любарцев**[2]

[1] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*
[2] *Факультет материалов и химии окружающей среды Стокгольмского университета*

Методом молекулярной динамики проведено моделирование гомогенных гидратированных бислоев, образованных липидными молекулами фосфатидилхолинов разного строения. Изучены ориентационные свойства связей. Рассчитаны профили параметров порядка связей относительно нормали к поверхности бислоев и соответствующие плотности вероятности распределения по ориентациям связей. Показано, что изучение степени анизотропии кривых распределения по ориентациям связей дает возможность выделить в мембране, образованной молекулами липидов с ненасыщенными цепями, протяженные участки с различными типами угловых флуктуаций связей.

Ключевые слова: метод молекулярной динамики, молекулы липидов, гидратированные бислои.

A. L. Rabinovich, A. P. Lyubartsev. BOND ORIENTATION PROPERTIES OF LIPID MOLECULES IN BILAYERS: MOLECULAR DYNAMICS SIMULATIONS

Molecular dynamics simulations of homogeneous hydrated phosphatidylcholine bilayers of different structures were carried out. Bond orientation properties were studied. Profiles of bond order parameters with respect to the bilayer normal and corresponding probability density distributions of bond orientations were calculated. We demonstrate that the study of the anisotropy degree of probability density distributions of bond orientations allows to distinguish extended regions with different types of angular fluctuations of bonds in a membrane formed by lipid molecules with unsaturated chains.

Key words: Molecular Dynamics simulation, lipid molecules, hydrated bilayers.

Введение

Исследования различных самоорганизующихся систем в последние годы становятся все более актуальными. Интерес к ним обусловлен не только стремлением расширить и углубить знания о фундаментальных законах природы, но и использовать принцип самоорганизации, как таковой: последний положен в основу современных подходов в нанотехнологиях. Значительный прогресс отмечен

в теоретических методах исследования подобных систем, – в частности, в компьютерном моделировании [1]. Важнейшим направлением работ является изучение биологических мембран, липидных бислоев и их отдельных компонентов [2]. Для понимания молекулярных основ функционирования биомембран требуется знание особенностей структуры, организации и взаимодействия множества молекул, например, липидов, белков, углеводов. Среди молекул природных липидов значительную долю составляют ненасыщенные молекулы, т. е. молекулы, углеводородные цепи которых содержат двойные связи cis.

В настоящей работе методом молекулярной динамики (МД) при температуре $T = 303$ К проведено моделирование совокупности гомогенных бислойных систем, образованных липидными молекулами фосфатидилхолинов, ФХ. Одна из двух углеводородных цепей молекул липидов была насыщенной (в положении *sn*-1), 16:0 или 18:0, вторая – ненасыщенной (в положении *sn*-2), 18:1(n-9)cis, 18:2(n-6)cis, 18:3(n-3)cis, 18:4(n-3)cis, 18:5(n-3)cis, 20:4(n-6)cis, 20:5(n-3)cis или 22:6(n-3)cis. В этих обозначениях число перед двоеточием означает количество атомов углерода в цепи, число после двоеточия – количество двойных связей, число в скобках – местоположение первой двойной связи, начиная от атома углерода концевой группы CH_3 (на это указывает буква n в скобках), cis – конфигурация всех двойных связей; во всех цепях они являются метилен-прерывающимися, т. е. между каждой парой расположена одна метиленовая группа.

Таким образом, липиды в бислоях различались количеством двойных связей в *sn*-2 цепи, длиной цепей *sn*-1 и *sn*-2. Рассмотрены все 16 возможных комбинаций цепей в липидных молекулах:

16:0/18:1(n-9)cis ФХ, 16:0/18:2(n-6)cis ФХ,
16:0/18:3(n-3)cis ФХ, 16:0/18:4(n-3)cis ФХ,
16:0/18:5(n-3)cis ФХ, 16:0/20:4(n-6)cis ФХ,
16:0/20:5(n-3)cis ФХ, 16:0/22:6(n-3)cis ФХ,
18:0/18:1(n-9)cis ФХ, 18:0/18:2(n-6)cis ФХ,
18:0/18:3(n-3)cis ФХ, 18:0/18:4(n-3)cis ФХ,
18:0/18:5(n-3)cis ФХ, 18:0/20:4(n-6)cis ФХ,
18:0/20:5(n-3)cis ФХ, 18:0/22:6(n-3)cis ФХ.

Избранная для моделирования температура ($T = 303$ К), согласно имеющимся экспериментальным данным [3], отвечает жидкокристаллическому состоянию бислоев. Данные, полученные для такой совокупности, позволяют изучить характер изменения свойств молекул при постепенном изменении их строения.

В настоящей работе изучены характеристики упорядочения связей $C-C$ и $C-H$ в обеих углеводородных цепях молекул липидов, рассчитаны профили параметров порядка связей относительно нормали к поверхности бислоев и соответствующие плотности вероятности распределения по ориентациям связей.

Показано, что в отличие от параметра порядка, кривая распределения, изображающая плотность распределения по ориентациям связи, позволяет описать физическую картину упорядочения данной связи. Физическая картина упорядочения связей всей цепи в липидной молекуле описывается совокупностью кривых распределения по ориентациям векторов-связей этой цепи. Оказалось, что изучение степени анизотропии кривых распределения по ориентациям связей дает возможность выделить в мембране, образованной молекулами липидов с ненасыщенными цепями, протяженные участки с различными типами угловых флуктуаций связей.

Модель и метод расчета

Для каждого из бислоев ФХ была задана расчетная ячейка в виде прямоугольного параллелепипеда с периодическими по X, Y и Z граничными условиями. Ячейка содержала 128 молекул ФХ (по 64 на монослой) и 3840 молекул воды (по 30 на молекулу ФХ). Исходными конфигурациями для бислоев ФХ являлись кристаллоподобные структуры. Все атомы системы заданы строго в соответствии с реальным химическим строением молекул, в том числе атомы водорода, и рассматривались как взаимодействующие материальные частицы. Длина МД-траекторий каждого из бислоев составляла 100 нс. Начальные 20 нс считали релаксационными участками, расчет средних характеристик осуществляли по траекториям 80 нс. Запись конфигураций осуществляли с интервалом 1 пс, количество точек усреднения для каждого бислоя было равно 80000.

При расчете энергии в МД-ячейке учтены энергия валентных связей и валентных углов, торсионная энергия, энергия неплоских отклонений атомов, примыкающих к двойным связям $C = C$ и $C = O$, энергия Юри-Брэдли, энергия невалентных взаимодействий, электростатическая энергия в рамках метода суммирования по Эвальду. Вид потенциальных функций и параметризация отвечали силовому полю CHARMM27, в кото-

рое были введены поправки согласно [4]. МД-моделирование осуществлено на основе пакета программ MdynaMix v.5.2 с использованием техники параллельных вычислений на многопроцессорных системах. В настоящей работе приведены результаты только для бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ.

Результаты и обсуждение

Параметры порядка

Параметр порядка S связи ($C-C$ или $C-H$) – это характеристика, традиционно изучаемая для молекул и/или их фрагментов в различных жидкокристаллических системах. Параметр порядка вычисляется по формуле $S = (1/2) \cdot (3 \cdot < cos^2\beta > -1)$. Здесь скобки $<,>$ означают усреднение по связям ($C-C$ или $C-H$) с данным номером во всех молекулах ФХ расчетной МД ячейки и по всем конфигурациям МД траектории, β – угол между вектором данной связи и нормалью (осью Z). Очевидно, что максимальное значение параметра порядка $S_{max} = 1$, минимальное S_{min} = -1/2.

На рис. 1, 2 представлены совокупности (профили) параметра порядка S_{CC} и $-S_{CH}$ для цепей 18:0 и 22:6(n-3)cis бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Номера атомов углерода в каждой цепи отсчитаны от атома C группы $C=O$ (атом C №1) последовательно вдоль по цепи до концевой группы CH_3, а номера $C-H$-связей отвечают номерам соответствующих атомов C. Связи $C-C$ пронумерованы вдоль по цепи, № 1 отвечает $C-C$ связи между атомом C группы $C=O$ и атомом C группы CH_2.

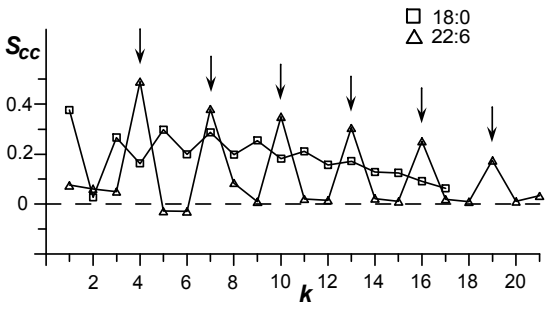


Рис. 1. Профили параметров порядка S_{CC} цепей в гидратированном бислое 18:0/22:6 ФХ относительно нормали к поверхности бислоя. Связь $k = 1$ – это связь $C-C$ между атомами углерода группы $C=O$ и CH_2 углеводородной цепи. Стрелки – положения двойных связей cis

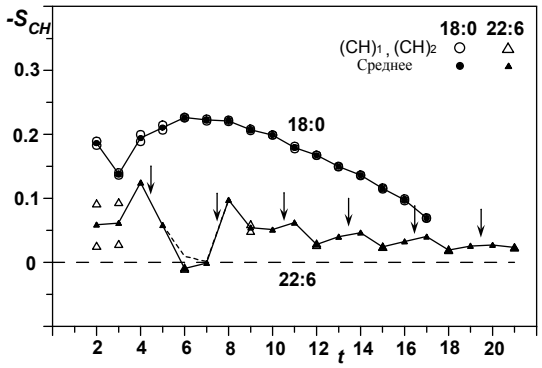


Рис. 2. Профили параметров порядка $-S_{CH}$ цепей в гидратированном бислое 18:0/22:6 ФХ относительно нормали к поверхности бислоя. Номер $t = 1$ отвечает атому углерода в группе $C=O$. Стрелки указывают местоположения двойных связей cis

На основании данных рис. 1 можно сделать вывод о том, что основной эффект, который вызывает замена в насыщенной углеводородной цепи нескольких простых связей $C-C$ на метиленпрерывающиеся двойные $C=C$ связи cis, состоит в резком уменьшении значений параметров порядка тех простых связей $C-C$, которые являются непосредственными соседями двойных, и в возрастании величины параметров порядка двойных связей по сравнению с таковыми для связей соответствующей насыщенной цепи. Профили параметров порядка S_{CC} связей $C-C$ полиненасыщенной цепи имеют характерный «пилообразный» вид, в отличие от «зигзагообразных» профилей параметров порядка S_{CC} насыщенной цепи. Значения S_{CC} максимумов этого пилоообразного профиля, т. е. значения S_{CC} всех двойных связей, монотонно уменьшаются по мере перемещения по связям $C-C$ цепи от группы $C=O$ к свободному концу цепи (к середине бислоя). Эти результаты расчетов параметров S_{CC}, полученные по данным полноатомного компьютерного моделирования, представляют значительный интерес, поскольку экспериментальными методами величины S_{CC} измерить не удается. Хотя значения S_{CC} можно вычислить из экспериментально измеренных значений величин $|S_{CH}|$ связей $C-H$ (точнее, $|S_{CD}|$ дейтерированных цепей), но, как правило, для этого приходится допустить, что взаимные направления связей $C-H$ и $C-C$ образуют между собой определенные фиксированные углы, что является лишь приближением.

Согласно данным рис. 2, замена нескольких простых связей $C-C$ в насыщенной цепи на cis двойные связи $C=C$ приводит также к уменьшению абсолютных значений парамет-

ров $|S_{CH}|$ связей $C-H$ на всем участке, содержащем двойные связи, т. е. к возникновению «провалов» на профиле $-S_{CH}$ во фрагментах $HC=CH$. Провалы появляются из-за того, что параметры S_{CH} двух связей $C-H$ во фрагментах $HC=CH$ неодинаковы.

Как оказалось, выводы, аналогичные вышеприведенным, следуют из анализа профилей параметра порядка S_{CC} и $-S_{CH}$ насыщенных и ненасыщенных цепей и во всех остальных бислоях, исследованных в настоящей работе.

Несмотря на то, что параметры порядка S традиционно вычисляют в подавляющем большинстве работ по исследованию липидных мембран, эти характеристики, как можно видеть по рис. 1 и 2, не дают, к сожалению, полной информации об упорядочении связей, поскольку являются характеристиками интегральными. Другими словами, по величине S в общем случае (т. е. если $S \neq 1$, $S \neq -1/2$) невозможно установить физическую картину упорядочения данной связи ($C-C$ или $C-H$), – нельзя получить информацию о том, какова вероятность образования разных углов между связью и нормалью Z к поверхности бислоя, существует ли преимущественная ориентация связи относительно Z; по данным рис. 1, 2 можно лишь выдвигать некоторые предположения.

Плотности распределения по ориентациям

Усреднение параметра порядка связи и других характеристик, связанных с ориентациями данной связи во всех молекулах липидов данного монослоя, производится по ее углам β, образуемым с осью Z, $0 \leqslant \beta \leqslant \pi$, и по углам φ поворота в плоскости, перпендикулярной оси Z, $0 \leqslant \varphi \leqslant 2\pi$, поскольку молекулы липидов совершают вокруг этого направления флуктуации (поворотные колебания) и/или вращения. Физическая картина упорядочения вектора любой связи наиболее полно описывается плотностью вероятности его ориентаций (кривой распределения), а физическая картина упорядочения связей всей цепи, – совокупностью кривых распределения по ориентациям векторов-связей этой цепи.

Для корректного расчета кривых распределения по ориентациям следует задать направление нормали Z, которое считается положительным, и соответствующие направления векторов-связей. Положительным направлением Z для каждого монослоя принято направление от его поверхности (от границы вода – головные группы молекул липидов) внутрь бислоя. Направления векторов связей $C-H$: от атома C к атому H; векторов связей $C-C$: от атома C № 1 (группы $C=O$) к атому C № 2 (группы CH_2) и далее вдоль по цепи.

Плотность распределения $\rho(\beta)$ вектора связи по ориентации относительно Z, – это плотность вероятности обнаружить конец вектора в окрестности $d\beta$ вокруг угла β при любых φ. Поэтому $\rho(\beta)\cdot d\beta$ – вероятность реализации области $d\beta$ – это отношение количества тех случаев, когда вектор ориентирован под углами в интервале от β до $\beta+d\beta$, к общему количеству возможных ориентаций.

Предположим, что ориентации данного вектора в пространстве распределены равномерно (изотропно), т. е. в любой участок шара единичной площади конец вектора попадает одинаковое количество раз; плотность такого распределения обозначим $\rho_{iso}(\beta)$. Тогда вероятность $\rho_{iso}(\beta)\cdot d\beta$ равна отношению площади шарового пояса при угле β шириной $d\beta$ к площади шара. Элемент площади в сферических координатах есть $sin\beta\cdot d\beta\cdot d\varphi$, и

$$\rho_{iso}(\beta)\cdot d\beta = \frac{sin\beta\cdot d\beta\cdot \int\limits_0^{2\pi} d\varphi}{\int\limits_0^{2\pi} sin\beta\cdot d\beta\cdot \int\limits_0^{\pi} d\varphi} = (1/2)\cdot sin\beta\cdot d\beta \qquad (1)$$

Итак, если ориентации вектора распределены изотропно, то $\rho_{iso}(\beta)/sin\beta = Const$.

Поскольку среднее значение $< A >$ любой величины $A(\beta)$ есть $< A >= \int\limits_0^{\pi} A(\beta)\cdot\rho(\beta)\cdot d\beta$, то для параметра порядка связи имеем

$$< S >= (1/2)\cdot\int\limits_0^{\pi}(3\cdot cos^2\beta - 1)\cdot\rho(\beta)\cdot d\beta.$$

Отметим, что для любого a в диапазоне $-1/2 < a < 1$ среднее значение параметра порядка $< S >= a$ может быть получено при разных плотностях распределения вектора $\rho(\beta)$. В частности, это справедливо и для $a = 0$. Например, если распределение вектора связи по ориентациям в пространстве изотропно, т. е. полностью разупорядочено, то параметр порядка вектора оказывается равным нулю:

$$< S >= (1/4)\cdot\int\limits_0^{\pi}(3\cdot cos^2\beta - 1)\cdot sin\beta\cdot d\beta = 0.$$

Если, наоборот, вектор связи строго упорядочен, но вдоль такого направления β_0 («магический» угол), что $(1/2)\cdot(3\cdot cos^2\beta_0 - 1) = 0$, то и в этом случае параметр порядка $< S >= 0$.

Это направление отвечает углу $\beta_0 = 54,75°$ или 180° - $54,75° = 125,25°$.

Но если для данного вектора $< S >= 0$, это не означает, что либо распределение по его ориентациям изотропно, либо он ориентирован под магическим углом к оси: возможны и другие распределения. Кривая $\rho(\beta)$ и величина <S> связаны взаимно-однозначно только в двух случаях: если <S> = -1/2, то вектор строго перпендикулярен оси Z, а если <S> = 1, то вектор строго параллелен оси Z, и наоборот.

Пусть распределение данного вектора по ориентации в пространстве не является изотропным, а энергия $U(\beta, \varphi)$ определяет для данного вектора вероятность реализации области углов $d\beta$ вокруг угла β и $d\varphi$ вокруг угла φ. Тогда в каноническом ансамбле

$$\rho(\beta) \cdot d\beta = \frac{sin\beta \cdot d\beta \cdot \int\limits_0^{2\pi} exp[-U(\beta,\varphi)/k_BT]d\varphi}{\int\limits_0^{\pi}\int\limits_0^{2\pi} exp[-U(\beta,\varphi)/k_BT] \cdot sin\beta \cdot d\beta \cdot d\varphi}. \quad (2)$$

Здесь T – температура, k_B – постоянная Больцмана.

В настоящей работе энергию молекулярной системы вычисляли на каждом шаге в процессе МД-моделирования. Усреднение всех искомых величин проводили по 80000 записанных конфигураций. Для каждого вектора-связи липидной молекулы во всех бислоях было изучено отношение $\rho(\beta)/sin\beta$, т. е. мера отклонения плотности распределения $\rho(\beta)$ по ориентациям вектора от таковой в том случае, если бы распределение было изотропным. При моделировании бислоев методом МД вычисление $\rho(\beta)$ производили численно. Иными словами, вычисляли гистограмму: функцию, приближающую плотность вероятности распределения по ориентациям, на основе некоторой выборки из него.

Для этого диапазон $0 \leqslant \beta \leqslant \pi$ изменения угла β каждой связи был разделен на 60 равных интервалов i. Проводили расчет величин n_i/n_{total} (i = 1, 2, ..., 60), где n_i — количество попаданий угла β в интервал i (для данной связи в 128 молекулах расчетной ячейки, в 80000 записей МД-траектории); n_{total} — общее количество значений угла β, по которым проводится усреднение ($128 \cdot 80000 = 10240000$). В итоге вычисляли совокупности $(n_i/n_{total})/sin\beta_i$, образующие гистограммы искомых плотностей вероятности распределения по ориентациям $\rho(\beta)/sin\beta$.

На рис. 3 и 4 представлены рассчитанные гистограммы $\rho_{CC}(\beta_{CC})/sin\beta_{CC}$ для связей $C - C$, а на рис. 5 и 6 – гистограммы $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ для связей $C - H$, соответственно, цепей 18:0 и 22:6(n-3)cis бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Проведено масштабирование итоговых гистограмм умножением на коэффициент 100 для всех связей и всех бислоев.

Степень анизотропии

Совокупности рассчитанных гистограмм (рис. 3–6) показывают, что упорядочение векторов-связей в бислоях имеет свои особенности для связей разного типа ($C - C$, $C - H$, $C = C$), оно зависит также от местоположения данной связи в цепи. Иными словами, гистограммы различаются по форме. Это могут быть кривые с максимумом, имеющие только нисходящую ветвь; кривые с участками плато разной протяженности; кривые с восходящей и нисходящей ветвями, – как несимметричные, так и близкие к симметричным относительно угла, отвечающего положению максимума гистограммы. Такая «вариабельность» затрудняет анализ физического смысла упорядочения векторов разного типа. В настоящей работе предложен единый критерий для их сравнения, несмотря на имеющуюся разницу между ними. Все детали формы разных кривых учесть сложно, но физический смысл критерия состоит в оценке степени анизотропии ориентационного упорядочения вектора-связи. На языке кривых $\rho(\beta)/sin\beta$ – это оценка относительной разницы между максимальным и минимальным значениями плотностей вероятности ориентаций в полном диапазоне изменения угла β от 0 до 180°. Дальнейший анализ всех кривых распределения $\rho(\beta)/sin\beta$ проведен именно по степени их анизотропии. Итак, коэффициентом анизотропии D_A данной связи будем называть величину:

$$D_A = \frac{[\rho(\beta)/sin\beta]_{max} - [\rho(\beta)/sin\beta]_{min}}{[\rho(\beta)/sin\beta]_m}. \quad (3)$$

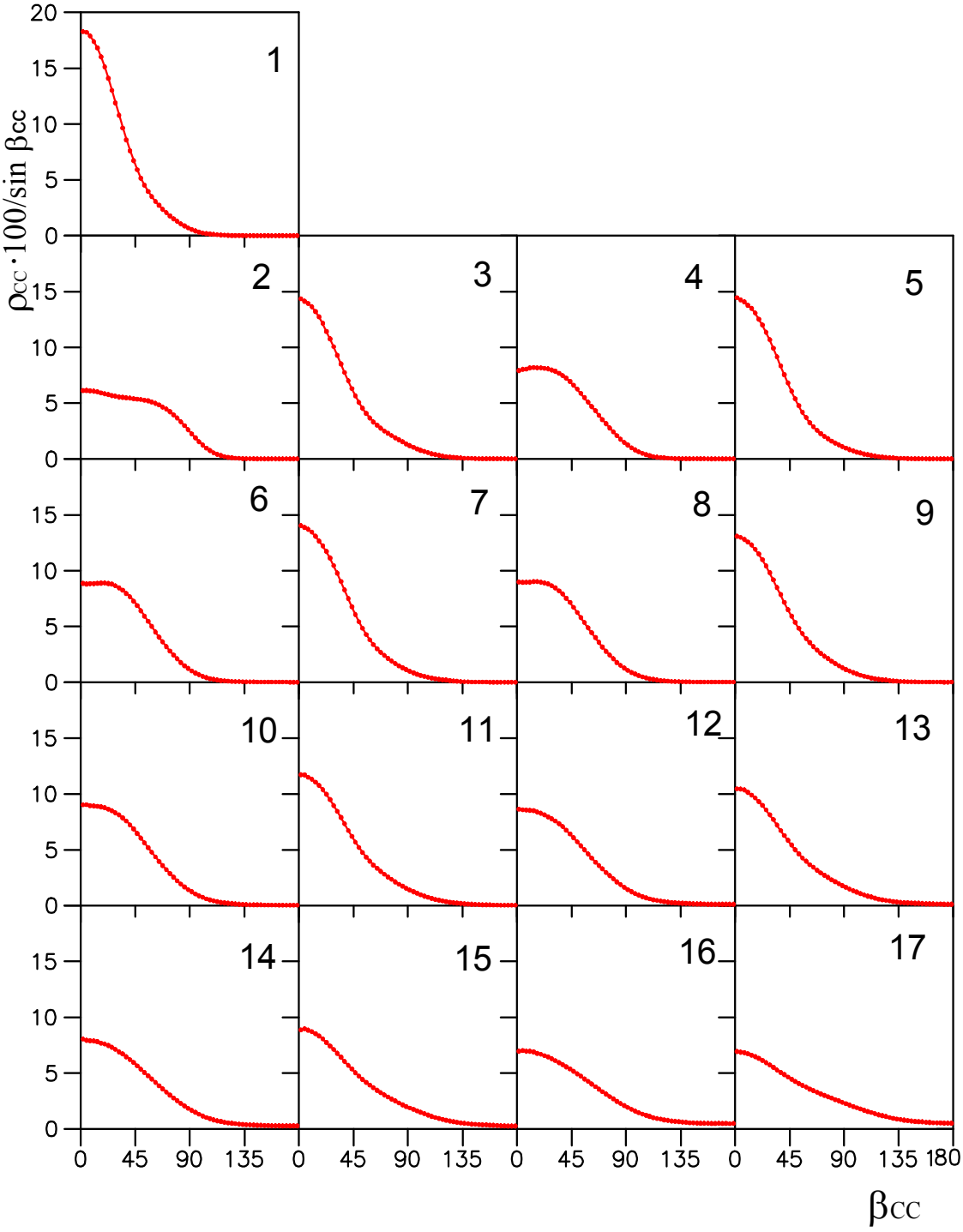


Рис. 3. Гистограммы плотностей вероятности распределения $\rho_{CC}(\beta_{CC})/sin\beta_{CC}$ по углам β_{CC}, образуемым векторами связей $C-C$ цепи 18:0 с нормалью к поверхности гидратированного бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Цифры 1, 2, 3, ..., 17 означают номера связей $C-C$ (номера отвечают рис. 1)

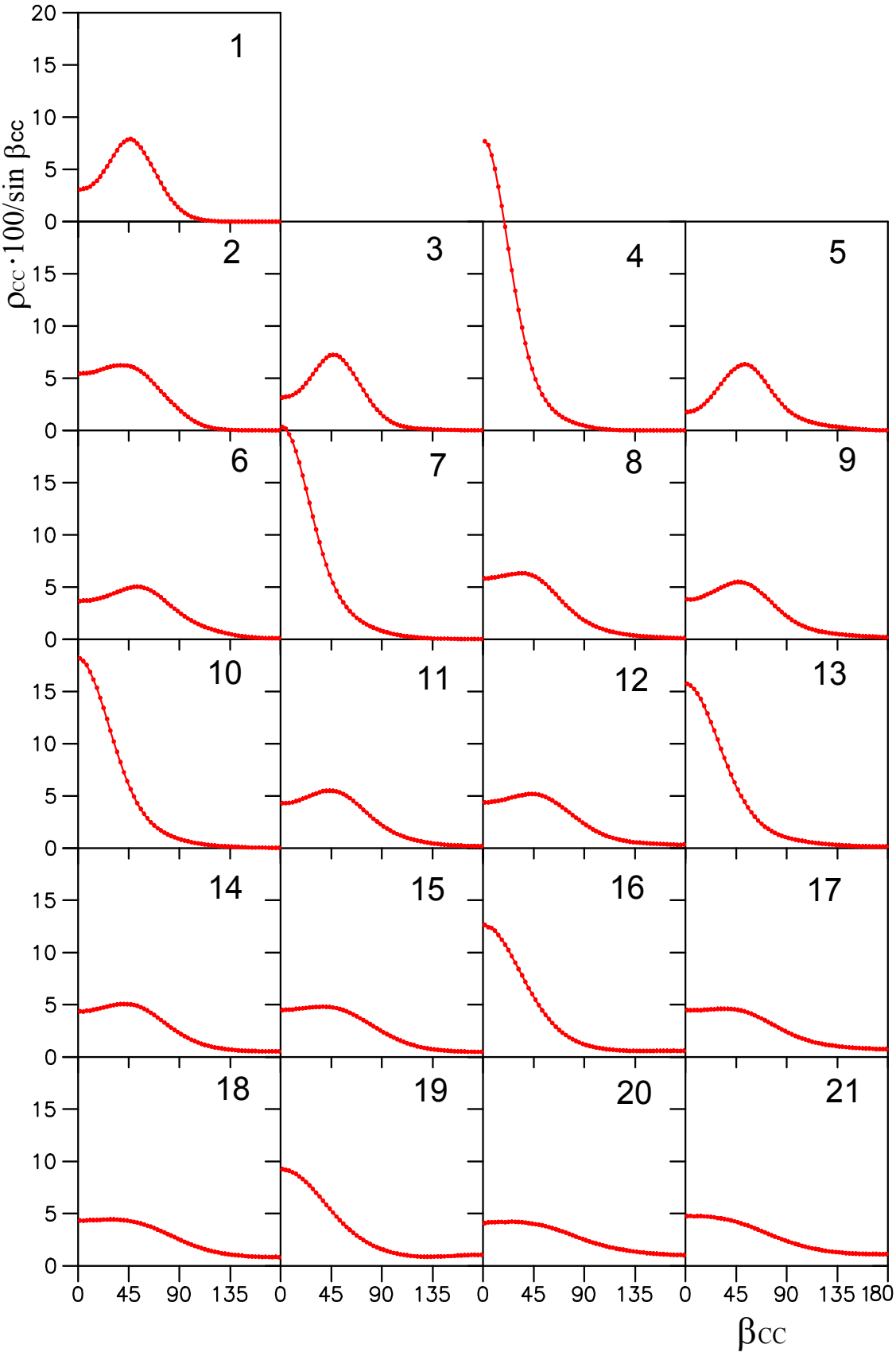


Рис. 4. Гистограммы плотностей вероятности распределения $\rho_{CC}(\beta_{CC})/sin\beta_{CC}$ по углам β_{CC}, образуемым векторами связей $C-C$ цепи 22:6(n-3)cis с нормалью к поверхности гидратированного бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Цифры 1, 2, 3, ..., 21 означают номера связей $C-C$ (номера отвечают рис. 1)

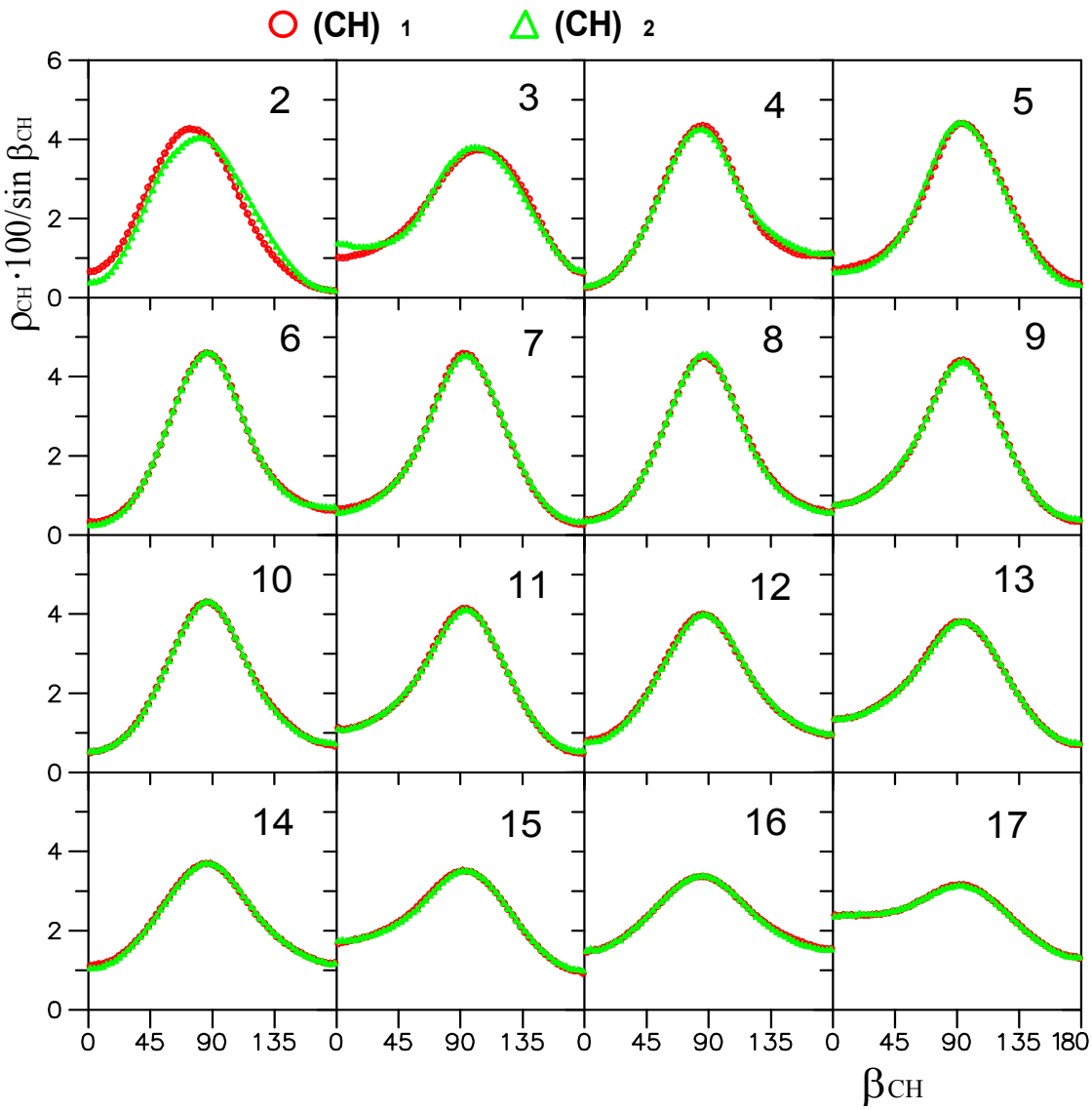


Рис. 5. Гистограммы плотностей вероятности распределения $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ по углам β_{CH}, образуемым векторами связей $C-H$ цепи 18:0 с нормалью к поверхности гидратированного бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Цифры 2, 3, ..., 17 означают номера атомов C (номера отвечают рис. 2). Гистограммы представлены отдельно для каждой из двух связей $C-H$ групп CH_2

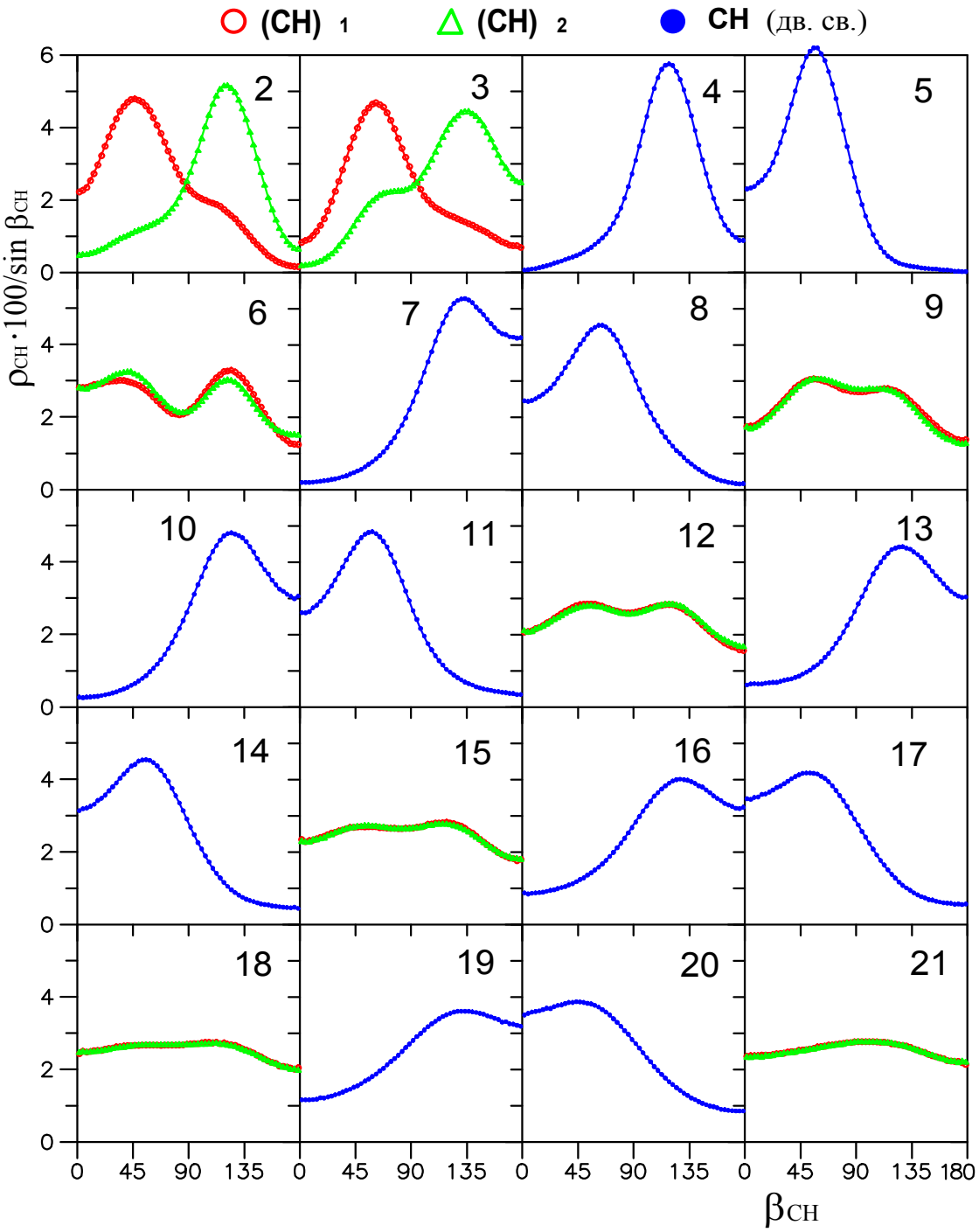


Рис. 6. Гистограммы плотностей вероятности распределения $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ по углам β_{CH}, образуемым векторами связей $C-H$ цепи 22:6(n-3)cis с нормалью к поверхности гидратированного бислоя 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Цифры 2, 3, ..., 21 означают номера атомов C (номера отвечают рис. 2). Для групп CH_2 гистограммы представлены отдельно для каждой из двух связей $C-H$

Здесь $[\rho(\beta)/sin\beta]_{max}$ – максимальное значение кривой $\rho(\beta)/sin\beta$ данной связи, достигнутое в диапазоне $0 \leqslant \beta \leqslant \pi$; $[\rho(\beta)/sin\beta]_{min}-$ минимальное значение кривой $\rho(\beta)/sin\beta$ в том же диапазоне; $[\rho(\beta)/sin\beta]_m$ – наибольшее значение из величин $[\rho(\beta)/sin\beta]_{max}$ всех связей данного типа (например, только связей $C-H$ или только $C-C$), достигнутое в обеих цепях молекул липидов бислоя.

Очевидно, что $0 \leqslant D_A \leqslant 1$. Если $D_A = 0$, то распределение по ориентациям связи является изотропным (обозначим его символом I). Далее, назовем распределение по ориентациям связи квази-изотропным (qI), если $0 < D_A \leqslant 0,25$; квази-анизотропным (qA), если $0,25 < D_A \leqslant 0,368$; анизотропным ($A$), если $0,368 < D_A \leqslant 1$. Число 0,368, фигурирующее в приведенных соотношениях, – это приближенное значение числа $1/e$. Итак, кривую предлагается считать отвечающей группе квази-анизотропных распределений, если величина коэффициента D_A в e раз меньше максимально возможной величины ($D_A = 1$) в системе векторов данного типа. В тех же случаях, когда она составляет одну четверть ($D_A = 0{,}25$) и менее, кривую предлагается считать отвечающей группе квази-изотропных распределений. Для анизотропных и квази-анизотропных распределений, т. е. в тех случаях, когда есть явные области предпочтительной ориентации, помимо букв (A или qA), в виде индекса будем указывать значение угла в градусах, отвечающего максимальному значению кривой (например, A_{93}).

Предложенный в настоящей работе подход позволяет проанализировать форму всех кривых, – плотностей распределения по ориентациям, пользуясь их оценкой по степени анизотропии упорядочения векторов-связей. Соотнесение этих данных со значениями параметров порядка S соответствующих связей выявляет принципиальные преимущества перехода от параметров порядка связей к плотностям распределения по их ориентациям. А именно, классификация кривых распределения по ориентациям векторов-связей позволяет представить результаты изучения упорядочения связей в липидных молекулах бислоев не в виде чисел S, а в терминах физических картин, в которых фигурируют основные особенности упорядочения этих связей; эти особенности не проявляются при использовании параметров S.

Например, на профиле S_{CC} насыщенной цепи 18:0 параметр порядка S_{CC} связи № 1 имеет большое значение (см. рис. 1). Рис. 3 свидетельствует о том, что причиной является высокая степень упорядочения связи № 1 вдоль нормали к поверхности бислоя, т. е. аксиальное упорядочение (см. рис. 3). Действительно, расчет D_A показал, что степень анизотропии этой связи A_0. Параметр порядка S_{CC} связи № 2 в этой цепи, напротив, очень мал (см. рис. 1). Как оказалось (см. рис. 3), кривая распределения № 2 имеет участок плато в диапазоне от 0 до 70°, что свидетельствует о том, что упорядочение связи в этой области близко к изотропному. Расчет D_A показал, что распределение относится к группе квази-изотропных qI. В полиненасыщенной цепи 22:6(n-3)cis двойные связи $C=C$, как показал расчет D_A, характеризуются степенью анизотропии A_0 (кривые № 4, 7, 10, 13, 16 на рис. 4, т. е. кривые для двойных связей, свидетельствуют об аксиальном упорядочении); последняя двойная связь (кривая № 19) характеризуется степенью анизотропии qA_0. Двойные связи в этой цепи чередуются с двумя простыми связями $C-C$, а степень анизотропии последних, как оказалось, относится к типу qI. Это и является физической причиной того, что на профиле S_{CC} одно большое значение чередуется с двумя маленькими, в совокупности образующие «пилообразный» профиль параметра порядка S_{CC} (см. рис. 1). Важно подчеркнуть, что информация о причине наблюдающегося «пилообразного» профиля параметра порядка S_{CC} стала доступной только при анализе кривых рис. 4.

Можно привести и другие примеры недостаточной информативности параметров порядка для описания характера упорядочения связей в цепях липидов, хотя это утверждение и было приведено в начале статьи. Даже если параметры порядка S двух связей одинаковы, физическая картина упорядочения одной связи может сильно отличаться от другой (т. е. кривые $\rho(\beta)/sin\beta$ могут быть разными по форме). Так, параметры порядка $-S_{CH}$ связей $C-H$ для атомов углерода № 6 и № 7 цепи 22:6(n-3)cis почти совпадают друг с другом (см. рис. 2), но кривые $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ связей $C-H$ углеродных атомов 6 и 7 резко различаются (см. рис. 6). А именно, кривые $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ для связей при 6-м атоме углерода свидетельствуют о том, что углы, образуемые обеими связями $C-H$ данной CH_2 группы с нормалью к поверхности бислоя, могут с соизмеримыми вероятностями принимать любые значения в диапазоне от 0 до 180°: кривые плотности распределения – это «волнообразные» функции (с двумя преимущественными областями углов). Степень анизотропии упорядочения, как показал

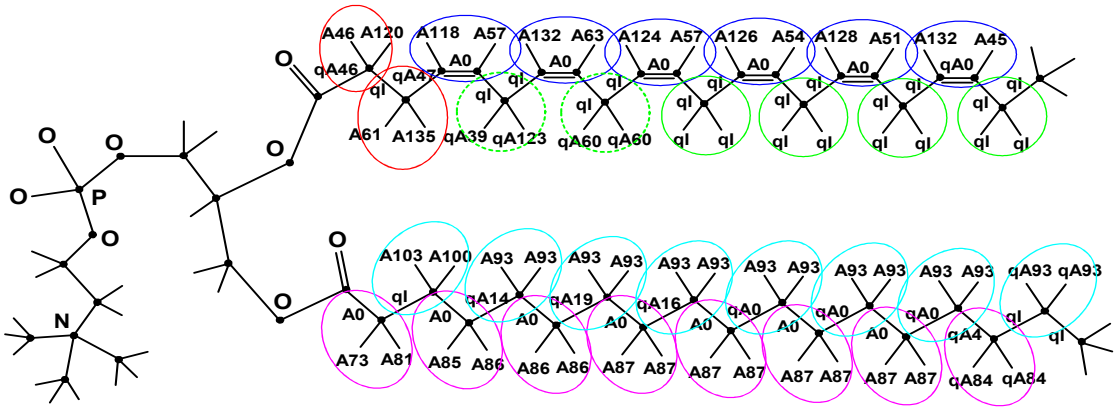


Рис. 7. Схема молекулы 18:0/22:6(n-3)cis ФХ. Символы у связей – это степени анизотропии кривых распределения по ориентациям данной связи. Линиями обведены группы связей, характеризующиеся одинаковыми или сходными степенями анизотропии

расчет коэффициента D_A, отвечает типу qA. Напротив, кривая $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ для связи $C-H$ при 7-м атоме углерода свидетельствует о разрешенных ориентациях вектора-связи $C-H$ лишь под большими углами к нормали. Эта кривая, как показывает расчет D_A, соответствует иной степени анизотропии упорядочения, A_{132}.

Аналогично, параметр порядка $-S_{CH}$ связей $C-H$ в CH_2-группе атома углерода № 15 цепи 22:6(n-3)cis равен параметру порядка $-S_{CH}$ одной из $C-H$-связей при атоме углерода № 2 (см. рис. 2). Однако кривые $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ для атомов 2 и 15 принципиально различны (см. рис. 6), и расчет D_A показал, что степени анизотропии отвечают, соответственно, группам A и qI.

Противоположный пример: даже если разница в значениях параметра порядка S двух связей велика, физическая картина упорядочения связей может оказаться одинаковой (т. е. кривые $\rho(\beta)/sin\beta$ – однотипными). Так, если судить по форме, то кривые $\rho_{CH}(\beta_{CH})/sin\beta_{CH}$ для связей $C-H$ атомов углерода № 7 и № 10 цепи 22:6(n-3)cis почти одинаковы, рис. 6 (положения максимумов кривых отличаются на несколько градусов). И расчет D_A показывает, что обе кривые свидетельствуют об одной и той же степени анизотропии упорядочения связей: A. Однако разница в значениях параметров порядка $-S_{CH}$ связей $C-H$ для атомов № 7 и № 10 в масштабе шкалы параметров порядка цепи 22:6(n-3)cis очень велика (см. рис. 2).

Результаты анализа рассчитанных кривых (см. рис. 3–6) можно в итоге представить более компактно: в виде совокупностей символов, характеризующих степень анизотропии упорядочения связей в каждой цепи. Хотя такой способ по информативности несколько уступает явному воспроизведению всех кривых, он в сжатой форме позволяет передать основные особенности упорядочения.

Так, расчеты коэффициента D_A, проведенные для всех связей $C-C$, показали, что анизотропия упорядочения связей $C-C$ в цепи 22:6(n-3)cis может быть охарактеризована следующей последовательностью:

$qA_{46}-qI-(qA_{47}-A_0-qI)-(qI-A_0-qI)-(qI-A_0-qI)-(qI-A_0-qI)-(qI-A_0-qI)-(qI-qA_0-qI)-qI$.

Скобки в этой последовательности проставлены для наглядности, – таким образом, чтобы они содержали символы для двойной связи и двух простых связей, которые примыкают к двойной с обеих сторон. Видно, что все двойные связи $C=C$, кроме последней в этой цепи, имеют анизотропное аксиальное упорядочение A_0; последняя двойная связь – квази-анизотропное аксиальное упорядочение qA_0. Между первой двойной связью $C=C$ и головной группой молекулы липида есть одна простая связь $C-C$, примыкающая к двойной, – она имеет квази-анизотропное упорядочение qA_{47}. Все остальные простые связи, являющиеся соседними с двойными связями, имеют только квази-изотропное упорядочение qI.

Расчеты коэффициента D_A для всех связей $C-H$ также позволяют указать последовательность символов для описания степени анизотропии упорядочения связей. Для связей $C-H$ цепи 22:6(n-3)cis последовательность выглядит следующим образом:

$A_{46,120}-A_{61,135}-(A_{118}=A_{57}-qA_{39,123})-(A_{132}=A_{63}-qA_{60,60})-(A_{124}=A_{57}-qIqI)-$

$(A_{126} = A_{54} - qIqI) - (A_{128} = A_{51} - qIqI) - (A_{132} = A_{45} - qIqI)$.

Скобки проставлены так, чтобы они содержали символы для степеней анизотропии двух $C - H$ связей при двойной связи и символы для двух $C - H$-связей последующей группы CH_2; символами "=" обозначены местоположения двойных связей.

Сравнение двух этих последовательностей для одной и той же цепи позволяет выявить сходства и различия в степенях анизотропии упорядочения связей $C - C$ и $C - H$, расположенных в непосредственной близости друг от друга в цепи; эта информация не могла быть выявлена при анализе лишь профилей параметра порядка. Для большей наглядности поместим совокупности степеней анизотропии ориентационного упорядочения всех связей в цепях, как $C - C$, так и $C - H$, на единой схеме, – например, на изображении структурной формулы молекулы ФХ. Для обеих цепей молекулы 18:0/22:6(n-3)cis ФХ это сделано на рис. 7. В результате оказалось, что существует сходство в характере ориентационного упорядочения связей $C - C$ и $C - H$, входящих во фрагменты одинакового химического строения, несмотря на то, что расположение фрагментов в цепи различно. На рис. 7 обведены группы связей, ориентационное упорядочение которых относится к типу qI (при приближении к полярной головной группе липида к этому типу упорядочения «подмешивается» тип qA); обведены также группы связей с типом ориентационного упорядочения A. Характер ориентационного упорядочения в указанных совокупностях групп различается. В итоге оказалось возможным выделить в каждой цепи определенного строения своеобразные «зоны» с разным характером ориентационного упорядочения. В цепи 22:6(n-3)cis связи вблизи групп CH_2, расположенных между двумя двойными связями, характеризуются квази-изотропным упорядочением qI, а связи во фрагментах с двойными связями – анизотропным A. На протяженном участке цепи сосуществуют две зоны: с анизотропным и квази-изотропным характером ориентационного упорядочения всех связей в зонах. Это свойство полиненасыщенных цепей должно играть определенную роль в биомембранах, – ее еще предстоит выявить в дальнейших исследованиях, хотя отдельные гипотезы о значении полиненасыщенных цепей ранее уже обсуждались [1].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 10-03-00201а), программы Президента РФ – Ведущие научные школы (НШ-1642.2012.4) и Swedish Institute Visby programme 00675/2009.

Литература

1. *Методы* компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров / Отв. ред. В. А. Иванов, А. Л. Рабинович, А. Р. Хохлов. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2009. 696 с.

2. *Lyubartsev A. P., Rabinovich A. L.* Recent Development in Computer Simulations of Lipid Bilayers // Soft Matter. 2011. Vol. 7. P. 25–39.

3. *Koynova R., Caffrey M.* Phases and phase transitions of the phosphatidylcholines // Biochim. Biophys. Acta. 1998. Vol. 1376. P. 91–145.

4. *Högberg C.-J., Nikitin A. M., Lyubartsev A. P.* Modification of the CHARMM Force Field for DMPC Lipid Bilayer // J. Comput. Chem. 2008. Vol. 29. P. 2359–2369.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Рабинович Александр Львович
главный научный сотрудник, д. ф-м. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: rabinov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 571879

Любарцев Александр Павлович
профессор
Институт физической химии, факультет материалов и химии окружающей среды, Стокгольмский университет ул. Сванте Аррениуса 16C, S 106 91, Стокгольм, Швеция
эл. почта: alexander.lyubartsev@mmk.su.se
тел.: (+468) 161193

Rabinovich, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rabinov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 571879

Lyubartsev, Alexandr
Division of Physical Chemistry, Department of Material and Environmental Chemistry, Stockholm University
Svante Arrhenius väg 16C, S 106 91, Stockholm, Sweden
e-mail: alexander.lyubartsev@mmk.su.se
tel.: (+468) 161193

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 106–109

УДК 519.2

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ В ОДНОЙ МОДЕЛИ СЛУЧАЙНЫХ ПОДСТАНОВОК

М. В. Солдаткина

Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ

Рассматривается d-мерная параметрическая модель случайных n-подстановок, для которой при $n \to \infty$ устанавлена совместная асимптотическая нормальность чисел конгруэнтных циклов в случайной подстановке. Изучаются вопросы оценивания параметров $\theta = (\theta_1, \ldots, \theta_d)$ модели по наблюдению над вектором цикловой структуры.

Ключевые слова: случайные подстановки, конгруэнтные циклы, параметрическая модель, асимптотическое оценивание параметров.

M. V. Soldatkina. PARAMETER ESTIMATION FOR A RANDOM PERMUTATIONS MODEL

In the context of a d-dimensional parametric model of random n-permutations, as $n \to \infty$, we established the joint asymptotic normality of the numbers of congruent cycles in a random permutation. We study the issues of estimating the parameters $\theta = (\theta_1, \ldots, \theta_d)$ of the model for observation of the cycle structure vector.

Key words: random permutations, congruent cycles, parametric model, asymptotic parameter estimation.

Введение

Тематика случайных подстановок, берущая начало с работы В. Л. Гончарова [1], весьма многопланова и продолжает постоянно расширяться. Для последнего времени характерен переход от рассмотрения равновероятных подстановок к построению более общих моделей случайных подстановок с различного рода отклонениями от равновероятности. Весьма общая параметрическая модель такого рода была введена в работах Г. И. Ивченко и Ю. И. Медведева [2, 3], согласно которой произвольная подстановка s из симметрической группы S_n подстановок n-й степени наблюдается с вероятностью, пропорциональной $\prod_i \theta_j^{c_i}$, где c_i – число циклов длины i в подстановке s ($i = 1, \ldots, n$, $\sum_i ic_i = n$) и $\theta = (\theta_1, \ldots \theta_n)$, $\theta_\cdot \geqslant 0$, – параметр соответствующей меры $\mathbf{P}_\theta$ на S_n .

Для практических применений представляется естественным более детально исследовать различные конкретизации этой общей модели при тех или иных ограничениях на число степеней свободы меры $\mathbf{P}_\theta$. Таким задачам были посвящены работы [5, 6], в которых предложены новые параметрические меры, подходящие для изучения цикловой структуры A-подстановок и их обобщений.

Напомним, что для заданного подмножества $A \subset X_n = \{1, 2, \ldots, n\}$ A-циклами подстановки $s \in S_n$ называются те ее циклы, длины которых являются элементами A. Если задано

некоторое разбиение

$$X_n = \bigcup_{j=1}^{d} A_j, A_j \bigcap A_k = \varnothing, j \neq k, d \geqslant 2, \quad (1)$$

и $C_{A_j}(n) = \sum\limits_{i \in A_j} c_i$ есть число A_j-циклов подстановки s, $j = 1, \ldots, d$, то для исследования обобщенной цикловой структуры (будем говорить об $A = (A_1, ..., A_d)$-структуре) подстановки s, т. е. вектора

$$\mathbf{C}_A(n) = (C_{A_1}(n), C_{A_2}(n), \ldots C_{A_d}(n)), \quad (2)$$

на S_n вводится вероятностная мера вида

$$\mathbf{P}_{A\theta}(s) = \mathbf{I}\left(\sum_{i=1}^{n} i c_i = n\right) \prod_{j=1}^{d} \theta_j^{C_{A_j}(n)} \Big/ H_{An}(\theta), \theta = (\theta_1, \ldots \theta_d), \quad (3)$$

где $\mathbf{I}(\cdot)$ – индикатор и $H_{An}(\theta)$ – необходимый нормирующий множитель, имеющий вид:

$$H_{An}(\theta) = n![z^n] \exp\left\{\sum_{j=1}^{d} \theta_j \sum_{i \in A_j} \frac{z^i}{i}\right\}, \quad (4)$$

(здесь и далее $[z^n]f(z) = coef_{z^n} f(z)$). Как показано в работе [5], производящая функция вектора $\mathbf{C}_A(n)$ в модели (3)–(4) имеет вид:

$$\mathbf{E}_\theta \prod_{j=1}^{d} t_i^{C_{A_j}(n)}$$

$$= H_n(t \times \theta) \big/ H_n(\theta), t \times \theta$$

$$= (t_1\theta_1, \ldots, t_d\theta_d).$$

Далее в работе [6] эта конструкция была применена для исследования чисел конгруэнтных циклов в подстановке, т. е. когда подмножества A_j имеют вид:

$$A_j = \{k : k = ld + j, l \geqslant 0\} \quad (5)$$

для некоторых целых $d \geqslant 2$ и $1 \leqslant j \leqslant d$, и был установлен следующий результат.

Теорема 1. *Если $n \to \infty$, а параметры θ_1, …, θ_d фиксированы, то компоненты вектора (2) асимптотически независимы и асимптотически нормальны с параметрами соответственно $\left(\frac{\theta_j}{d} \ln n, \frac{\theta_j}{d} \ln n\right)$, $j = 1, \ldots, d$, при этом параметры нормальных распределений являются асимптотическими значениями соответствующих средних и дисперсий компонент A-структуры, и эта асимптотика равномерна по $\theta = (\theta_1, \ldots \theta_d)$ в любой конечной области изменения параметра.*

Этот результат позволяет решать и естественные статистические задачи оценивания параметров, и проверки гипотез в рамках рассматриваемой модели – тематика, мало исследованная для случайных подстановок. Частично эти вопросы затронуты в работе [6], где предложен новый статистический критерий для проверки гипотезы о равновероятности подстановок $H_0 : \theta_1 = \ldots = \theta_d = 1$ с вычислением его мощности для близких альтернатив.

Настоящая работа является продолжением этих исследований: она посвящена вопросам оценивания параметров $\theta = (\theta_1, \ldots, \theta_d)$ модели (3)–(4) по наблюдению над вектором A-структуры (2).

Асимптотическое оценивание

Возможности точного анализа в задачах оценивания для рассматриваемой модели довольно ограничены, как это констатируется в работе [4], где рассматривался случай однопараметрической модели. Именно в [4] обсуждаются вопросы оценивания и проверки гипотез о параметре θ модели Эванса, когда произвольная подстановка $s \in S_n$ наблюдается с вероятностью, пропорциональной $\theta^{c_s(n)}$, где $c_s(n)$ – общее число циклов подстановки s и $\theta > 0$ – неизвестный параметр. Это частный случай нашей модели при $d = 1$ и $A_1 = X_n$. Для него в [4] показано, что несмещённые оценки существуют лишь для параметрических функций вида $\tau(\theta) = a(\theta)/\theta_{(n)}$, где $\theta_{(n)} = \theta(\theta+1)\ldots(\theta+n-1)$ и $a(\theta)$ – многочлен степени не выше n, причём $a(0) = 0$. В частности, для самого параметра θ несмещённой оценки не существует. В [4] построены также оптимальные (несмещённые с минимальной дисперсией) оценки для таких параметрических функций, при этом базой для этого является известное точное распределение достаточной статистики $c_s(n)$. Также констатируется, что более широкие возможности в обсуждаемой проблематике предоставляет асимптотический подход, когда порядок подстановок $n \to \infty$, и для этого случая развивается соответствующая асимптотическая теория, в рамках которой конструируются асимптотически несмещенные и асимптотиче-

ски эффективные оценки не только для параметра θ, но и для широкого класса функций от него, а также рассчитываются соответствующие асимптотические доверительные интервалы.

В свете сказанного, при анализе нашей модели (3)–(4) мы будем использовать асимптотический подход ($n \to \infty$), поскольку точное распределение достаточной статистики $\mathbf{C}_A(n)$ в удобной для использования форме получить весьма проблематично, в то время как её асимптотическое распределение, указанное в теореме, достаточно просто устроено.

Из приведённой теоремы следует, что если ввести нормированные статистики

$$\tilde{C}_{A_j}(n) = \frac{dC_{A_j}(n)}{\ln n}, j = 1, \ldots, d, \qquad (6)$$

то они будут асимптотически независимы и нормальны:

$$\mathcal{L}(\tilde{C}_{A_j}(n)) \sim \mathcal{N}\left(\theta_j, \frac{d\theta_j}{\ln n}\right), j = 1, \ldots, d. \qquad (7)$$

Более того, на основании теорем сходимости для функций от случайных величин [7, с. 335] можно заключить, что для любых дифференцируемых функций $\tau_j(\theta)$ имеет место аналогичное утверждение для статистики $\tau_j(\tilde{C}_{A_j}(n))$:

$$\mathcal{L}(\tau_j(\tilde{C}_{A_j}(n))) \qquad (8)$$

$$\sim \mathcal{N}\left(\tau_j(\theta_j), (\tau_j^{'}(\theta_j))^2 \frac{d\theta_j}{\ln n}\right), j = 1, \ldots, d.$$

На основании соотношений (7) и (8) можно сформулировать следующее утверждение.

Утверждение 1. *Если $n \to \infty$, то статистика $\tilde{C}_{A_j}(n)$(статистика $\tau_j(\tilde{C}_{A_j}(n))$) является асимптотически несмещенной и асимптотически эффективной оценкой для параметра θ_j(для дифференцируемой параметрической функции $\tau_j(\theta_j)$), и параметры $\theta_1, \ldots, \theta_d$ оцениваются независимо друг от друга.*

Соотношение (7) позволяет также рассчитать и асимтотический доверительный интервал для параметра θ_j. Для этого прежде всего заметим, что (на основании теорем сходимости [7]) соотношение (7) останется справедливым, если в его правой части заменить параметр θ_j, входящий в выражение дисперсии, оценкой $\tilde{C}_{A_j}(n)$. Таким образом, при $n \to \infty$ справедливо также соотношение:

$$\mathcal{L}\left(\frac{\tilde{C}_{A_j}(n) - \theta_j}{\sqrt{d\tilde{C}_{A_j}(n)}}\sqrt{\ln n}\right) \sim \mathcal{N}(0, 1). \qquad (9)$$

Пусть теперь задан доверительный уровень γ, $0 < \gamma < 1$. Определим число z_γ уравнением $\Phi(z_\gamma) = \frac{1+\gamma}{2}$, где $\Phi(z)$ – стандартная нормальная функция распределения. Тогда из (9) следует, что

$$\mathbf{P}\left\{-z_\gamma < \frac{\tilde{C}_{A_j}(n) - \theta_j}{\sqrt{d\tilde{C}_{A_j}(n)}}\sqrt{\ln n} < z_\gamma\right\}$$

$$= \mathbf{P}\left\{\tilde{C}_{A_j}(n) - z_\gamma\sqrt{\frac{d\tilde{C}_{A_j}(n)}{\ln n}} < \theta_j\right.$$

$$\left. < \tilde{C}_{A_j}(n) + z_\gamma\sqrt{\frac{d\tilde{C}_{A_j}(n)}{\ln n}}\right\}$$

$$\sim \Phi(z_\gamma) - \Phi(-z_\gamma) = 2\Phi(z_\gamma) - 1 = \gamma.$$

Это означает, что справедливо

Утверждение 2. *Асимптотический $\gamma-$доверительный интервал для параметра θ_j имеет вид:*

$$\left(\tilde{C}_{A_j}(n) \mp z_\gamma\sqrt{d\tilde{C}_{A_j}/\ln n}\right).$$

Аналогично, на основании соотношения (8) строится асимптотический доверительный интервал для функции $\tau_j(\theta_j)$. Однако, чтобы получить в этом случае аналог соотношения (9) (с подстановкой в выражение диспресии статистики $\tilde{C}_{A_j}(n)$ вместо неизвестного параметра θ_j), необходимо дополнительно потребовать, чтобы производная $\tau_j^{'}(\theta_j)$ была непрерывна [7]. При выполнении этого условия искомый γ-доверительный интервал асимтотически имеет вид:

$$\left(\tau_j(\tilde{C}_{A_j}(n)) \mp z_\gamma\acute{\tau}_j(\tilde{C}_{A_j}(n))\sqrt{d\tilde{C}_{A_j}(n)/\ln n}\right).$$

В частности, для функции $\tau_j(\theta_j) = \sqrt{\theta_j}$ соответствующий интервал особенно прост:

$$\left(\sqrt{\tilde{C}_{A_j}(n)} \mp \frac{z_\gamma}{2}\sqrt{\frac{d}{\ln n}}\right).$$

Многовыборочный случай

Пусть в модели (3)–(4) наблюдается $N \geqslant 2$ независимых подстановок при одном и том же (но неизвестном) значении параметра $\theta = (\theta_1, \ldots \theta_d)$, и $\mathbf{C}_A^{(i)}(n) = (C_{A_1}^{(i)}(n), C_{A_2}^{(i)}(n), \ldots C_{A_d}^{(i)}(n))$ есть реализация

A-структуры (2) для i-й подстановки, $i = 1, \ldots, N$.

Введём статистику:

$$\mathbf{T}(N,n) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \mathbf{C}_A^{(i)}(n)$$

$$= (T_1(N,n), \ldots, T_d(N.n)).$$

В условиях теоремы компоненты этого вектора будут асимптотически независимы и асимптотически нормальны $\mathcal{N}\left(\frac{\theta_j}{d}\ln n, \frac{\theta_j}{dN}\ln n\right)$, $j = 1, \ldots, d$. Нормированные же статистики $\tilde{T}_j(N,n) = dT_j(N,n)/\ln n$ будут асимптотически нормальны $\mathcal{N}\left(\theta_j, \frac{d\theta_j}{N\ln n}\right)$.

Следовательно, $\tilde{T}_j(N,n)$ – асимптотически несмещенная оценка для θ_j с асимптотической дисперсией, в N раз меньшей, чем у оценки $\tilde{C}_{A_j}(n)$ в одновыборочном случае. Таким образом, при таком объединении информации точность оценивания возрастает.

Также более узкими оказываются и соответствующие доверительные интервалы (точность локализации для неизвестных параметров возрастает): асимптотический γ – доверительный интервал для θ_j, основанный на статистике $\tilde{T}_j(N,n)$, имеет вид:

$$(\tilde{T}_j(N,n) \mp z_\gamma\sqrt{d\tilde{T}_j(N,n)/(N\ln n)}).$$

Литература

1. *Гончаров В. Л.* Из области комбинаторики. Изв. АН СССР. Сер. матем. 1944. Т. 8, № 1. С. 3–48.

2. *Ивченко Г. И., Медведев Ю. И.* Случайные комбинаторные объекты // Доклады РАН. 2004. Т. 396, № 2. С. 151–154.

3. *Ивченко Г. И., Медведев Ю. И.* Случайные подстановки: общая параметрическая модель // Дискрет. матем. 2006. Т. 18, № 4. С. 105–112.

4. *Ивченко Г. И., Медведев Ю. И.* Статистика параметрической модели случайных подстановок // Тр. по дискр. матем. 2004. Т. 8. С. 116−127.

5. *Ивченко Г. И., Соболева М. В.* Некоторые неравновероятные модели случайных подстановок // Дискрет. матем. 2011. Т. 23, № 3. С. 23−31.

6. *Соболева М. В.* Асимптотическая нормальность чисел конгруэнтных циклов в случайных подстановках // Дискрет. матем. 2012. Т. 24, № 1. С. 123−131.

7. *Рао С. Р.* Линейные статистические методы и их применения. М.: Наука, 1968. С. 548.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Солдаткина Мария Васильевна
аспирантка
Московский институт электроники и математики
НИУ ВШЭ
Б. Трехсвятительский пер., д. 3, Москва, Россия, 109028
эл. почта: manyasha.soboleva@ya.ru
тел.: 8(495) 916 88 29

Soldatkina, Mariya
Moscow State Institute of Electronics and Mathematics
National research university 'Higher school of economics'
3 Bol. Trekhsvjatitel'skij per.,109028, Moscow, Russia
e-mail: manyasha.soboleva@ya.ru
tel.: 8(495) 916 88 29

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 110–121

УДК 519.2

О ПРЕДЕЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРНЕТ-ГРАФОВ

И. А. Чеплюкова

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматривается множество случайных графов, содержащих N вершин. Степени вершин независимы и одинаково распределены по дискретному степенному закону с положительным показателем τ. Получены предельные распределения максимальной степени вершины и числа вершин заданной степени при условии, что сумма степеней вершин равна n, в случае когда $n, N \to \infty$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/2} \to \infty$ при $\tau > 2$ и $(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N \ln N} \to \infty$ при $\tau = 2$, где $\zeta(\tau)$ – дзета-функция Римана.

К л ю ч е в ы е с л о в а: случайные графы, предельные распределения, обобщенная схема размещений, степень вершины.

I. A. Cheplyukova. ON LIMIT DISTRIBUTIONS OF SOME NUMBERED CHARACTERISTICS OF INTERNET GRAPHS

Random Internet graphs consisting of N vertices are considered. The degrees of the vertices are drawn independently from a discrete power—law distribution with exponent $\tau > 0$. We obtain the limit distributions of the maximum vertex degree and the number of vertices with a given degree under the conditions that the sum of vertex degrees is equal to n as $n, N \to \infty$ such that $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/2} \to \infty$, $\tau > 2$ and $(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N \ln N} \to \infty$, $\tau = 2$ where $\zeta(\tau)$ is the Riemann's zeta-function.

K e y w o r d s: random graphs, limit theorems, generalized allocation scheme, vertex degrees.

В настоящее время существует много работ (см., например, [6, 13–15] и др.), в которых рассматривается известный вид случайного графа, предназначенный для моделирования сложных сетей телекоммуникаций. Предполагается, что граф содержит N вершин, занумерованных числами от 1 до N. Будем считать, что степени вершин являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами $\eta_1, \ldots, \eta_N$, распределение которых имеет вид:

$$\mathbf{P}\{\eta_i \geqslant k\} = k^{-\tau}, \quad \tau > 0, \quad k = 1, 2, \ldots \quad (1)$$

Для удобства описания структуры графа в [15] введено понятие полуребра, т. е. ребра, инцидентного конкретной вершине, но для которой смежная вершина еще не определена. Все полуребра графа являются различными (занумерованными) и при образовании ребер соединяются между собой равновероятно. Кроме того, необходимо, чтобы суммарное число полуребер было четным, поэтому вводится вспомогательная вершина 0, степень которой равна 0 или 1 в зависимости от того, является ли число полуребер основных вершин четным или нет.

Во многих работах (см., например, [6–15]) изучалось асимптотическое поведение различных характеристик случайных графов

Интернет-типа при $N \to \infty$. В частности, в [6] доказана локальная предельная теорема для суммы степеней вершин $\nu_N = \eta_1 + \ldots + \eta_N$ при $\tau \in (1, 2)$. Понятно, что от ν_N зависит поведение многих других характеристик графа, поэтому в такой ситуации представляется естественным предложить метод исследования, состоящий в предварительном получении предельных распределений для случайных графов с известным числом степеней вершин и последующим их усреднением по распределению ν_N. Для изучения случайных графов с известным числом степеней можно воспользоваться обобщенной схемой размещения частиц по ячейкам, введенной и исследованной в книгах В. Ф. Колчина [2, 3]. Впервые использование обобщенной схемы размещения частиц по ячейкам с целью исследования асимптотического поведения Интернет-графов было предложено в [7, 11].

В настоящей работе рассматривается подмножество Интернет-графов, для которых сумма степеней вершин известна и равна n. Расположим степени вершин в виде вариационного ряда $\eta_{(1)} \leqslant \eta_{(2)} \leqslant \ldots \leqslant \eta_{(N)}$. Обозначим через $\eta_{(N)}$ и μ_r случайные величины, равные максимальной степени вершин и числу вершин степени r соответственно.

В [7] было найдено предельное распределение $\eta_{(N)}$ и μ_r при $N, n \to \infty$ и $\tau > 0$, так что $1 < n/N < \zeta(\tau)$, где $\zeta(\tau)$ – значение дзета-функции Римана в точке τ. Там же рассмотрены случаи $n/N \downarrow 1$ и $n/N \uparrow \zeta(\tau)$. В работе [8] получены предельные теоремы для рассматриваемых случайных величин в случае $n/N \to \zeta(\tau)$ при выполнении следующих условий:

1. $\tau > 2, n - \zeta(\tau)N = O(\sqrt{N})$;
2. $\tau = 2, n - \zeta(2)N = O(\sqrt{N \ln N})$;
3. $1 < \tau < 2, n - \zeta(\tau)N = O(N^{1/\tau})$.

В [9, 10] рассматриваются случаи, когда $n/(N \ln N) \geqslant C > 0$ при $\tau = 1$, $n/N^{1/\tau} \geqslant C > 0$ при $0 < \tau < 1$ и $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/\tau} \to \infty$ при $1 < \tau < 2$. Неисследованными остались случаи, когда $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/2} \to \infty$ при $\tau > 2$ и когда $(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N \ln N} \to \infty$ при $\tau = 2$. Целью настоящей работы является получение предельных распределений случайных величин $\eta_{(N)}$ и μ_r в этих случаях.

Справедливы следующие утверждения.

Теорема 1. *Пусть $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/2} \to \infty, \tau > 2$. Тогда для любого фиксированного $z > 0$*

$$\mathbf{P}\left\{\frac{n - \zeta(\tau)N - \eta_{(N)}}{\sqrt{N}} \leqslant z\right\} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-x^2/2} dx.$$

Теорема 2. *Пусть $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/N^{1/2} \to \infty, \tau > 2$. Тогда для целых неотрицательных k справедливы следующие утверждения:*

1. *Если $r \to \infty$, то*

$$\mathbf{P}\{\mu_r = k\} = \frac{1}{k!}(Np_r)^k \exp\{-Np_r\}(1 + o(1))$$

равномерно относительно $(k - Np_r)/\sqrt{Np_r}$ в любом фиксированном конечном интервале;

2. *Если $r-$ фиксированно, то*

$$\mathbf{P}\{\mu_r = k\} = \frac{e^{-u_r^2/2}(1 + o(1))}{\sqrt{2\pi N p_r (1 - p_r)}}$$

равномерно относительно $u_r = (k - Np_r)/\sqrt{Np_r(1 - p_r)}$ в любом фиксированном конечном интервале.

Теорема 3. *Пусть $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(2)N)/\sqrt{N \ln N} \to \infty, \tau = 2$. Тогда для любого фиксированного $z > 0$*

$$\mathbf{P}\left\{\frac{n - \zeta(2)N - \eta_{(N)}}{\sqrt{N \ln N}} \leqslant z\right\} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-x^2/2} dx.$$

Теорема 4. *Пусть $N, n \to \infty$ так, что $(n - \zeta(2)N)/\sqrt{N \ln N} \to \infty, \tau = 2$. Тогда справедливы утверждения теоремы 2.*

В основе доказательства теорем 1–4 лежит обобщенная схема размещения частиц по ячейкам. Ниже приводятся вспомогательные леммы (леммы 1–7), с помощью которых доказываются данные теоремы.

Из (1) ясно, что

$$p_k = \mathbf{P}\{\eta_1 = k\} = k^{-\tau} - (k+1)^{-\tau}, \quad k = 1, 2, \ldots \tag{2}$$

Пусть $\xi_1, \ldots, \xi_N$ – независимые одинаково распределенные случайные величины, распределение которых имеет вид (2). Легко видеть,

что для натуральных чисел $k_1, \ldots, k_N$ таких, что $k_1 + \ldots + k_N = n$ справедливо равенство

$$\mathbf{P}\{\eta_1 = k_1, \ldots, \eta_N = k_N\} = \mathbf{P}\{\xi_1 = k_1, \ldots, \xi_N = k_N | \xi_1 + \ldots + \xi_N = n\}. \tag{3}$$

Соотношение (3) означает, что для двух наборов случайных величин $\eta_1, \ldots, \eta_N$ и $\xi_1, \ldots, \xi_N$ выполнены условия обобщенной схемы размещения.

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_1^{(j)}, \ldots, \xi_N^{(j)}, j = 1, 2$, для которых

$$\mathbf{P}\{\xi_1^{(1)} = k\} = \mathbf{P}\{\xi_1 = k | \xi_1 \leqslant r\}, \quad \mathbf{P}\{\xi_1^{(2)} = k\} = \mathbf{P}\{\xi_1 = k | \xi_1 \neq r\}. \tag{4}$$

Обозначим

$$\zeta_N = \xi_1 + \ldots + \xi_N, \quad P_r = \mathbf{P}\{\xi_1 > r\}, \quad \zeta_N^{(j)} = \xi_1^{(j)} + \ldots + \xi_N^{(j)}, \quad j = 1, 2. \tag{5}$$

Доказательства теорем 1–4 опираются на следующую хорошо известную лемму (см., например, [3]), вытекающую из соотношения (3).

Лемма 1. *Справедливы равенства*

$$\mathbf{P}\{\eta_{(N)} \leqslant r\} = (1 - P_r)^N \frac{\mathbf{P}\{\zeta_N^{(1)} = n\}}{\mathbf{P}\{\zeta_N = n\}},$$

$$\mathbf{P}\{\mu_r = k\} = \binom{N}{k} p_r^k (1 - p_r)^{N-r} \frac{\mathbf{P}\{\zeta_{N-k}^{(2)} = n - kr\}}{\mathbf{P}\{\zeta_N = n\}}.$$

Рассмотрим предельное поведение суммы ζ_N.

Лемма 2. *При выполнении условий Теоремы 1 справедливо равенство*

$$\mathbf{P}\{\zeta_N = n\} = \frac{N\tau(1 + o(1))}{(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}}.$$

Доказательство. Утверждение этой леммы в случае, когда $(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N} \geqslant (\ln N)/2$, следует из теоремы 3 статьи [5]. Докажем справедливость леммы 2 в случае, когда

$$(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N} < \ln \sqrt{N}.$$

Обозначим

$$\xi_i' = \xi_i - \zeta(\tau), \qquad i = 1, \ldots, N \tag{6}$$
$$\zeta_N' = \xi_1' + \ldots + \xi_N'.$$

Представим вероятность $\mathbf{P}\{\zeta_N = n\}$ в виде следующей суммы

$$\mathbf{P}\{\zeta_N = n\} = \mathbf{P}\{\zeta_N' = n - \zeta(\tau)N\} = P_1 + NP_2 + P_3, \tag{7}$$

где

$$P_1 = \mathbf{P}\{\zeta_N' = n - \zeta(\tau)N, \xi_i' \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N), i = 1, \ldots, N\};$$
$$P_2 = \mathbf{P}\{\zeta_N' = n - \zeta(\tau)N, \xi_N' > \gamma(n - \zeta(\tau)N), \xi_i' \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N), i = 1, \ldots, N-1\};$$
$$P_3 = \mathbf{P}\{\zeta_N' = n - \zeta(\tau)N, \bigcup_{i \neq j} \{\xi_i' > \gamma(n - \zeta(\tau)N), \xi_j' > \gamma(n - \zeta(\tau)N)\},$$

$$\gamma = \left(\frac{\sqrt{N}}{n - \zeta(\tau)N}\right)^{1/(\tau+1)}. \tag{8}$$

Покажем, что основной вклад в сумму (7) дает второе слагаемое. Рассмотрим вероятность P_2. Очевидно, что

$$P_2 = \sum_{M_1} \mathbf{P}\{\xi_N' = n - \zeta(\tau) - k\} \times \mathbf{P}\{\xi_1' + \ldots + \xi_{N-1}' = k - \zeta(\tau)(N-1), \xi_i' \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)N), i = 1, \ldots, N-1\}, \tag{9}$$

где $M_1 = \{k : N - 1 \leqslant k < (n - \zeta(\tau)N) - \gamma(n - \zeta(\tau)N)\}$.

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_i'(u), i = 1, \ldots, N$, такие, что

$$\mathbf{P}\{\xi_1'(u) = k - \zeta(\tau)\} = \mathbf{P}\{\xi_1' = k - \zeta(\tau) | \xi_1' \leqslant u\}. \tag{10}$$

Кроме того, пусть $\zeta_N'(u) = \xi_1'(u) + \ldots + \xi_N'(u)$.

Используя соотношение (2), легко показать, что при $l \to \infty$ справедливо

$$\sum_{k > l} p_k = l^{-\tau}(1 + o(1)). \tag{11}$$

Тогда отсюда и из (8)–(10) несложно видеть, что

$$P_2 = (1 + o(1)) \sum_{M_1} \mathbf{P}\{\xi_N' = n - \zeta(\tau) - k\} \times \mathbf{P}\{\zeta_{N-1}'(\gamma(n - \zeta(\tau)N)) = k - \zeta(\tau)(N-1)\}. \tag{12}$$

Обозначим через $\varphi_{\gamma(n-\zeta(\tau)N)}(t)$ характеристическую функцию случайной величины

$\xi_1^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N))$. Тогда, используя (6) и (8), получаем, что при любом фиксированном t справедливо равенство

$$\varphi^N_{\gamma(n-\zeta(\tau)N)}\left(t/(\sigma\sqrt{N})\right) = \exp\left\{-\frac{i\zeta(\tau)Nt}{\sigma\sqrt{N}}\right\}\varphi^N\left(\frac{t}{\sigma\sqrt{N}}\right)(1+o(1)), \quad (13)$$

где $\varphi(t)$ обозначает характеристическую функцию случайной величины ξ_1, а

$$\sigma^2 = 2\zeta(\tau-1) - \zeta(\tau) - \zeta^2(\tau).$$

Учитывая, что случайная величина ξ_1 имеет конечную дисперсию, согласно теоремам 2.6.2 и 2.2.2 [1], функция распределения случайной величины ξ_1 принадлежит области притяжения нормального закона и логарифм ее характеристической функции имеет вид:

$$i\zeta(\tau)t - \frac{t^2\sigma^2}{2}(1+o(1)).$$

Отсюда и из (13) получаем, что

$$\varphi^N_{\gamma(n-\zeta(\tau))}\left(t/(\sigma\sqrt{N})\right) = \exp\left\{-t^2/2\right\}(1+o(1)). \quad (14)$$

Следовательно,

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) \leqslant y\sqrt{N}\sigma\} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int\limits_{-\infty}^{z} e^{-x^2/2}dx. \quad (15)$$

Покажем, что при достаточно больших N и n

$$\mathbf{P}\{\gamma\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \sqrt{N}\} \leqslant C_1\gamma^2. \quad (16)$$

Здесь и далее $C_1, C_2, \ldots$ обозначают некоторые положительные постоянные.

Учитывая (8) и (10), и то, что $\gamma(n-\zeta(\tau)N)/\gamma^{-1}\sqrt{N} \to \infty$, получаем следующее неравенство:

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N}\} \leqslant (N-1)\mathbf{P}\{\xi_1^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N}\} + \left(\frac{\mathbf{P}\{\xi_1^{'} \leqslant \gamma^{-1}\sqrt{N}\}}{\mathbf{P}\{\xi_1^{'} \leqslant (\gamma(n-\zeta(\tau)N))\}}\right)^{N-1} \times \mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma^{-1}\sqrt{N}) > \gamma^{-1}\sqrt{N}\}. \quad (17)$$

Используя (11), несложно показать, что

$$(N-1)\mathbf{P}\{\xi_1^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N}\} \leqslant C_2N^{1-\tau/2}\gamma^{\tau}, \quad (18)$$

и, применяя неравенство Чебышева, из соотношений (10) и (11), легко получить, что

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma^{-1}\sqrt{N}) > \gamma^{-1}\sqrt{N}\} \leqslant C_3\gamma^2. \quad (19)$$

Тогда из (11), (17)–(19) следует справедливость (16).

Представим вероятность P_2 в виде суммы

$$P_2 = \sum_{i=1}^{4} R_i, \quad (20)$$

где

$$R_i = (1+o(1))\sum_{K_i}\mathbf{P}\{\xi_N^{'} = n-\zeta(\tau)-k\}\times \mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n-\zeta(\tau)N)) = k-\zeta(\tau)(N-1)\},$$

$$K_1 = \{k : (N-1) \leqslant k \leqslant -\sqrt{N}/\gamma+\zeta(\tau)(N-1)\},$$

$$K_2 = \{k : -\sqrt{N}/\gamma+\zeta(\tau)(N-1) < k \leqslant \sqrt{N}/\gamma+\zeta(\tau)(N-1)\},$$

$$K_3 = \{k : \sqrt{N}/\gamma+\zeta(\tau)(N-1) < k \leqslant n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/(\tau+1)}(n-\zeta(\tau)N)\},$$

$$K_4 = \{k : n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/(\tau+1)}(n-\zeta(\tau)N) < k \leqslant n-\zeta(\tau)-\gamma(n-\zeta(\tau)N)\}.$$

Заметим, что

$$\mathbf{P}\{\xi_N^{'} = n-\zeta(\tau)-k\} = \mathbf{P}\{\xi_N = (n-\zeta(\tau)N)+\zeta(\tau)N-k\}.$$

Отсюда и из (2) нетрудно получить, учитывая соотношение $\gamma^{-1}\sqrt{N}/(n-\zeta(\tau)N) \to 0$, что при $k \in K_2$ справедливо

$$\mathbf{P}\{\xi_N^{'} = n-\zeta(\tau)-k\} = \tau(n-\zeta(\tau)N)^{-\tau-1}(1+o(1)). \quad (21)$$

Следовательно, из (15), (20) и (21) находим, что

$$R_2 = \frac{\tau(1+o(1))}{(n-\zeta(\tau)N)^{\tau+1}}. \quad (22)$$

Покажем, что при всех остальных значениях $i = 1, 3, 4$ для R_i справедливы оценки вида:

$$R_i = o((n-\zeta(\tau)N)^{-\tau-1}). \quad (23)$$

Из (2), (6) и (8) очевидно, что при $k \in K_1$

$$\mathbf{P}\{\xi_N^{'} = n-\zeta(\tau)-k\} \leqslant C_4(n-\zeta(\tau)N)^{-\tau-1}.$$

Отсюда и из (15), (16) и (20) следует, что при $i = 1$ соотношение (23) выполнено.

Из (2), (8), (16) и (20) находим, что $R_3 = o((n - \zeta(\tau)N)^{-\tau-1})$.

Пусть $k \in K_4$. Из (2) и (20) следует, что

$$R_4 \leqslant \mathbf{P}\{\zeta'_{N-1}(\gamma(n - \zeta(\tau)N))) > (n - \zeta(\tau)N)(1 - \gamma^{1/(\tau+1)})\} \frac{C_5}{(\gamma(n - \zeta(\tau)N))^{\tau+1}}.$$

Отсюда и из (2), (8), (10), используя неравенство Чебышева, получаем, что при $i = 4$ соотношение (23) верно.

Следовательно, из (20), (22) и (23) справедливо

$$P_2 = \frac{\tau(1 + o(1))}{(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}}. \tag{24}$$

Учитывая, что

$$N\gamma^{-2\tau-1}/(n - \zeta(\tau)N)^{\tau} \to 0, \tag{25}$$

из соотношений (2), (7), (8) и (11), нетрудно получить, что

$$P_3 \leqslant \frac{C_6 N^2 \gamma^{-2\tau-1}}{(n - \zeta(\tau)N)^{2\tau+1}} = o((n - \zeta(\tau)N)^{-\tau-1}). \tag{26}$$

Рассмотрим P_1. Легко видеть, что

$$P_1 \leqslant \mathbf{P}\{\zeta'_N = n - \zeta(\tau)N, \xi'_i \leqslant \alpha(n - \zeta(\tau)N), i = 1, \ldots, N\}, \tag{27}$$

где $0 < \alpha < 1 - 2/\tau$.

Положим

$$s = \tau \frac{\ln(n - \zeta(\tau)N)}{(n - \zeta(\tau)N)}, \tag{28}$$

$$f(s) = \sum_{v < \alpha(n-\zeta(\tau)N)+\zeta(\tau)} e^{s(v-\zeta(\tau))} \times \mathbf{P}\{\xi'_1 = n - \zeta(\tau)\}. \tag{29}$$

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\eta_1(s), \ldots, \eta_N(s)$, имеющие распределение вида

$$\mathbf{P}\{\eta_i(s) < u + \zeta(\tau)\} = \sum_{v < u+\zeta(\tau)} e^{s(v-\zeta(\tau))} \frac{\mathbf{P}\{\xi'_i = v - \zeta(\tau)\}}{f(s)}. \tag{30}$$

Пусть $\varsigma_N(s) = \eta_1(s) + \ldots + \eta_N(s)$. Используя тождество (11) работы [4], получаем, что

$$P_1 \leqslant f^N(s) e^{s(n-\zeta(\tau)N)} \times \mathbf{P}\{\varsigma_N(s) \geqslant n - \zeta(\tau)N\}, \tag{31}$$

Используя представление $f(s)$ в виде суммы:

$$f(s) = \sum_{D_1} e^{s(v-\zeta(\tau))} \mathbf{P}\{\xi'_1 = n - \zeta(\tau)\} + \sum_{D_2} e^{s(v-\zeta(\tau))} \mathbf{P}\{\xi'_1 = n - \zeta(\tau)\},$$

где

$$D_1 = \{v : s(v - \zeta(\tau)) \leqslant 1\},$$

$$D_2 = \{v : v < \alpha(n - \zeta(\tau)N) + \zeta(\tau), s(v - \zeta(\tau)) > 1\},$$

несложно показать, что

$$f(s) = 1 + O((n - \zeta(\tau)N)^{\tau(\alpha-1)}), \quad \mathbf{M}\eta_i(s) \leqslant C_7, \quad \mathbf{M}\eta_i^2(s) \leqslant C_8. \tag{32}$$

Отсюда и из (28), (31), используя неравенство Чебышева, можно получить, что

$$P_1 = o\left(N(n - \zeta(\tau)N)^{-\tau-1}\right). \tag{33}$$

Из соотношений (7), (24), (26) и (33) следует справедливость утверждения леммы 2. □

Рассмротрим предельное поведение сумм $\zeta_N^{(j)}, j = 1, 2$.

Лемма 3. *Пусть $N, n \to \infty, \tau > 2$ так, что $(n - \zeta(\tau)N)/\sqrt{N} \to \infty$. Тогда справедливы следующие утверждения:*

1. *Если $r = n - \zeta(\tau)N - z\sqrt{N}$, где z – фиксированное число, то*

$$\mathbf{P}\{\zeta_N^{(1)} = n\} = \frac{N\tau(1 + o(1))}{\sqrt{2\pi}(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}} \int_z^\infty e^{-x^2/2} dx.$$

2. *Если $r \to \infty, S = N(1 - p_r + o(p_r))$, то*

$$\mathbf{P}\{\zeta_S^{(2)} = n\} = \frac{N\tau(1 + o(1))}{(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}}.$$

Доказательство. Будем доказывать оба утверждения этой леммы одновременно. Для этого обозначим рассматриваемые суммы через $\tilde{\zeta}_S^{(j)}$, где $S = N$ при $j = 1$, а при $j = 2$ значение S определено в утверждении леммы. Рассмотрим независимые одниково распределенные случайные величины $\tilde{\xi}_i^{(j)} = \xi_i^{(j)} - \zeta(\tau), \quad j = 1, 2, \quad i = 1, \ldots, S$ и их

суммы $\tilde{\zeta}_S^{(j)} = \tilde{\xi}_1^{(j)} + \ldots + \tilde{\xi}_S^{(j)}$. Тогда вероятности $\mathbf{P}\{\zeta_S^{(j)} = n\}, j = 1, 2$ можно представить в следующем виде:

$$\mathbf{P}\{\zeta_S^{(j)} = n\} = \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau)S\} = P_1^{(j)} + SP_2^{(j)} + P_3^{(j)}, \quad (34)$$

где

$$P_1^{(j)} = \mathbf{P}\{\zeta_S^{(j)} = n - \zeta(\tau)S, \tilde{\xi}_i^{(j)} \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)S), i = 1, \ldots, S\};$$

$$P_2^{(j)} = \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau)S, \tilde{\xi}_S^{(j)} > \gamma(n - \zeta(\tau)S), \tilde{\xi}_i^{(j)} \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)S), i = 1, \ldots, S-1\};$$

$$P_3^{(j)} = \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau)S, \bigcup_{i \neq k} \{\tilde{\xi}_i^{(j)} > \gamma(n - \zeta(\tau)S), \tilde{\xi}_k^{(j)} > \gamma(n - \zeta(\tau)S)\},$$

а γ определено соотношением (8) с заменой N на S.

Основной вклад в сумму (34) дает второе слагаемое.

Очевидно, что

$$P_2^{(j)} = \sum_{M_j} \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau) - k\} \times \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_1^{(j)} + \ldots + \tilde{\xi}_{S-1}^{(j)} = k - \zeta(\tau)(S-1), \tilde{\xi}_i^{(j)} \leqslant \gamma(n - \zeta(\tau)S), i = 1, \ldots, S-1\}, \quad (35)$$

где $M_j = \{k : (n - \zeta(\tau)) - a_j \leqslant k < (n - \zeta(\tau)) - \gamma(n - \zeta(\tau)S)\}, a_1 = r, a_2 = n - \zeta(\tau)$.

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\tilde{\xi}_i^{(j)}(u), \quad j = 1, 2, \quad i = 1, \ldots, S$, такие, что

$$\mathbf{P}\{\tilde{\xi}_i^{(j)}(u) = k - \zeta(\tau)\} = \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_i^{(j)} = k - \zeta(\tau) | \tilde{\xi}_i^{(j)} \leqslant u\}. \quad (36)$$

Обозначим $\tilde{\zeta}_S^{(j)}(u) = \tilde{\xi}_1^{(j)}(u) + \ldots + \tilde{\xi}_S^{(j)}(u)$.

Учитывая, что $r = n - \zeta(\tau)N - z\sqrt{N}$, из (2) и (8) следует, что

$$(1 - P_r) = 1 + O(N^{-1}), \quad (37)$$

$$1 - \frac{1}{(\gamma(n - \zeta(\tau)N))^\tau} = 1 + o\left(\frac{1}{N}\right).$$

Тогда из (4), (5), (11), (35) и (37) находим, что

$$P_2^{(j)} = (1 + o(1)) \sum_{M_j} \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_N^{(j)} = n - \zeta(\tau) - k\} \times \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_{S-1}^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S)) = k - \zeta(\tau)(S-1)\}. \quad (38)$$

Обозначим через $\tilde{\varphi}_{(j)}(t), j = 1, 2$, характеристические функции случайных величин $\tilde{\xi}_1^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S))$. Тогда для характеристических функций случайных величин $\tilde{\zeta}_S^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S))$ при $t \to 0$ из (8), (11), (36) и (37) следует, что

$$\varphi_{\tilde{\zeta}_S^{(j)}(\gamma(n-\zeta(\tau)S))} = \tilde{\varphi}_{(j)}^S(t) = \exp\{-i\zeta(\tau)St\}\, \varphi^S(t)(1 + o(1)).$$

Отсюда, аналогично тому как получено соотношение (14) при доказательстве леммы 2, несложно показать, что

$$\tilde{\varphi}_{(j)}^S\left(\frac{t}{\sigma\sqrt{S}}\right) = \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\}(1 + o(1)).$$

Следовательно,

$$\mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_{S-1}^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S)) \leqslant y\sqrt{S}\sigma\} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y} e^{-x^2/2} dx. \quad (39)$$

Следуя проверке справедливости соотношения (16), можно показать, что

$$\mathbf{P}\{\gamma\tilde{\zeta}_{S-1}^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S)) > \sqrt{S}\} \leqslant C_9\gamma^2. \quad (40)$$

Представим вероятность P_2 в виде суммы

$$P_2^{(j)} = \sum_{i=0}^{3} R_i^{(j)}, \quad j = 1, 2, \quad (41)$$

где

$$R_i^{(j)} = (1 + o(1)) \sum_{K_i^{(j)}} \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau) - k\} \times \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_{S-1}^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S)) = k - \zeta(\tau)(S-1)\},$$

$$K_0^{(1)} = \oslash,$$

$$K_0^{(2)} = \{k : 0 \leqslant k \leqslant -\sqrt{S}/\gamma + \zeta(\tau)(S-1)\},$$

$$K_1^{(1)} = \{k : n - r \leqslant k \leqslant \sqrt{S}/\gamma + \zeta(\tau)(S-1)\},$$

$$K_1^{(2)} = \{k : -\sqrt{S}/\gamma + \zeta(\tau)(S-1) \leqslant k \leqslant \sqrt{S}/\gamma + \zeta(\tau)(S-1)\},$$

$$K_2^{(j)} = \{k : \sqrt{S}/\gamma + \zeta(\tau)(S-1) < k \leqslant n - \zeta(\tau) - \gamma^{1/(\tau+1)}(n - \zeta(\tau)S)\},$$

$$K_3^{(j)} = \{k : n - \zeta(\tau) - \gamma^{1/(\tau+1)}(n - \zeta(\tau)S) < k \leqslant n - \zeta(\tau) - \gamma(n - \zeta(\tau)S)\}.$$

Используя соотношения (2), (4) и (37), несложно заметить, что при $k \in K_1^{(j)}$, $j = 1, 2$, справедливо

$$\mathbf{P}\{\tilde{\xi}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau) - k\} = \tau(n - \zeta(\tau)S)^{-\tau-1}(1 + o(1)).$$

Тогда из (39) и (41) находим, что

$$R_1^{(1)} = \frac{\tau(1 + o(1))}{\sqrt{2\pi}(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}} \int_z^\infty e^{-x^2/2} dx, \quad (42)$$

$$R_1^{(2)} = \frac{\tau(1 + o(1))}{(n - \zeta(\tau)S)^{\tau+1}}.$$

Из соотношений (2), (4), (8), (37) и (40) несложно показать, что

$$R_2^{(j)} = o((n - \zeta(\tau)S)^{-\tau-1}), \quad j = 1, 2. \quad (43)$$

Пусть $k \in K_3^{(j)}$. Из (2), (4) и (37) нетрудно найти, что

$$R_3^{(j)} \leqslant \frac{C_{10}}{\gamma(n - \zeta(\tau)S)^{\tau+1}} \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_{S-1}^{(j)}(\gamma(n - \zeta(\tau)S)) > (n - \zeta(\tau)S)(1 - \gamma^{1/(\tau+1)})\}.$$

Используя неравенство Чебышева, отсюда и из (2), (4), (8), (36), (37) получаем, что

$$R_3^{(j)} = o((n - \zeta(\tau)S)^{-\tau-1}). \quad (44)$$

Следовательно, из (42)–(44) справедливо

$$P_2^{(1)} = \frac{\tau(1 + o(1))}{\sqrt{2\pi}(n - \zeta(\tau)N)^{\tau+1}} \int_z^\infty e^{-x^2/2} dx, \quad (45)$$

$$P_2^{(2)} = \frac{\tau(1 + o(1))}{(n - \zeta(\tau)S)^{\tau+1}}.$$

Рассмотрим вероятность $P_3^{(j)}, j = 1, 2$. Из (2), (4), (11), (25), (34), (37) следует, что при $k < n - 2\zeta(\tau) - 2\gamma(n - \zeta(\tau)S)$

$$P_3^{(j)} \leqslant C_{11} S^2 \sum_k \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_1^{(j)} + \tilde{\xi}_{S-2}^{(j)} = k - \zeta(\tau)(S - 2)\}(\gamma(n - \zeta(\tau)S))^{-\tau-1} \times \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_S^{(j)} > \gamma(n - \zeta(\tau)S)\} = o\left(\frac{S}{(n - \zeta(\tau)S)^{\tau+1}}\right). \quad (46)$$

Рассмотрим $P_1^{(j)}$, $j = 1, 2$. Легко видеть, что

$$P_1^{(j)} \leqslant \mathbf{P}\{\tilde{\zeta}_S^{(j)} = n - \zeta(\tau)S, \xi_i^{(j)} \leqslant \alpha(n - \zeta(\tau)S), i = 1, \ldots, S\},$$

где $0 < \alpha < 1 - 2/\tau$.

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\eta_1^{(j)}(s), \ldots, \eta_N^{(j)}(s), j = 1, 2$, имеющие распределение вида:

$$\mathbf{P}\{\eta_i^{(j)}(s) < u + \zeta(\tau)\} = \sum_{v < u + \zeta(\tau)} e^{s(v - \zeta(\tau))} \frac{\mathbf{P}\{\xi_i^{(j)} = v - \zeta(\tau)\}}{f^{(j)}(s)}, \quad (47)$$

где

$$f^{(j)}(s) = \sum_{v < \alpha(n - \zeta(\tau)S) + \zeta(\tau)} e^{s(v - \zeta(\tau))} \times \mathbf{P}\{\tilde{\xi}_1^{(j)} = n - \zeta(\tau)\}, \quad (48)$$

а величина s определена соотношением (28) при $N = S$. Пусть $\varsigma_S(s) = \eta_1^{(j)}(s) + \ldots + \eta_S^{(j)}(s)$. Используя тождество (11) работы [4], получаем, что

$$P_1^{(j)} \leqslant (f^{(j)}(s))^S e^{-s(n - \zeta(\tau)S)} \times \mathbf{P}\{\varsigma_S(s) \geqslant n - \zeta(\tau)S\}. \quad (49)$$

Используя (2), (29), (37), (48), нетрудно показать, что

$$f^{(j)}(s) = (1 + o(1))f(s),$$

тогда отсюда и из (4), (32) и (47) находим, что

$$f^{(j)}(s) \leqslant C_{12}, \quad \mathbf{M}\eta_i^{(j)}(s) \leqslant C_{13}, \quad \mathbf{M}(\eta_i^{(j)}(s))^2 \leqslant C_{14}. \quad (50)$$

Применяя неравенство Чебышева, из (28), (49) и (50) получаем, что

$$P_1^{(j)} = o\left(S(n - \zeta(\tau)S)^{-\tau-1}\right), j = 1, 2. \quad (51)$$

Утверждение леммы 3 следует из (34), (45), (46) и (51).

□

Рассмотрим предельное поведение суммы ζ_N при $\tau = 2$.

Лемма 4. *При выполнении условий Теоремы 3 справедливо равенство*

$$\mathbf{P}\{\zeta_N = n\} = \frac{2N(1 + o(1))}{(n - \zeta(2)N)^3}.$$

Доказательство. Рассмотрим случайные величины $\xi_i^{'}, i = 1, \ldots, N$, и сумму $\zeta_N^{'}$, определенные соотношениями (6) при $\tau = 2$.

Тогда вероятность $\mathbf{P}\{\zeta_N = n\}$ можно представить в виде суммы (7), где $\tau = 2$ и

$$\gamma = \left(\sqrt{N \ln N}/(n - \zeta(2)N)\right)^{1/3}. \qquad (52)$$

Следуя доказательству леммы 2, несложно показать, что выполено сооношение (12) при заданных τ и γ.

Кроме того, для характеристической функции случайной величины $\xi_1^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N))$, заданной соотношением (10) при $\tau = 2$, справедливо

$$\varphi^N_{\gamma(n-\zeta(2)N)}\left(\frac{t}{\sqrt{N \ln N}}\right) = \qquad (53)$$

$$\exp\left\{-\frac{i\zeta(2)Nt}{\sqrt{N \ln N}}\right\} \varphi^N\left(\frac{t}{\sqrt{N \ln N}}\right)(1 + o(1)),$$

где $\varphi(t)$ обозначает характеристическую функцию случайной величины ξ_1.

Согласно теореме 2.6.2 и 2.2.1 [1], функция распределения случайной величины ξ_1 принадлежит области притяжения нормального закона, и логарифм ее характеристической функции имеет вид

$$i\zeta(2)t - (\ln N)t^2/2.$$

Отсюда и из (53) получаем, что

$$\varphi^N_{\gamma(n-\zeta(2)N)}\left(t/\sqrt{N \ln N}\right) = \qquad (54)$$
$$\exp\left\{-t^2/2\right\}(1 + o(1)).$$

Следовательно,

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) \leqslant y\sqrt{N \ln N}\} \to \qquad (55)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{-\infty}^{y} e^{-x^2/2} dx.$$

Покажем, что при достаточно больших N и n справедливо

$$\mathbf{P}\left\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) > \frac{\sqrt{N \ln N}}{\gamma}\right\} \leqslant \qquad (56)$$
$$C_{15}\gamma^2(C_{16} - \ln\gamma/\ln N).$$

Учитывая, что для рассматриваемой вероятности справедливо неравенство

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\} \leqslant$$
$$(N-1)\mathbf{P}\{\xi_1^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\} +$$
$$\left(\frac{\mathbf{P}\{\xi_1^{'} \leqslant \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\}}{\mathbf{P}\{\xi_1^{'} \leqslant (\gamma(n - \zeta(2)N))\}}\right)^{N-1} \times$$
$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}) > \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\}, \qquad (57)$$

аналогично тому, как получено соотношение (18), несложно показать, что

$$(N-1)\mathbf{P}\{\xi_1^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\} \leqslant$$
$$C_{17}\gamma^2/\ln N. \qquad (58)$$

Используя тот факт, что при $l \to \infty$

$$\sum_{k \leqslant l} p_k k^2 \leqslant 2 \ln l,$$

и, применяя неравенство Чебышева, получаем, что

$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) > \gamma^{-1}\sqrt{N \ln N}\} \leqslant \qquad (59)$$
$$C_{18}\gamma^2(C_{19} - \ln\gamma/\ln N).$$

Тогда справедливость неравенства (56) следует из соотношений (57), (58) и (59).

Представим вероятность P_2 в виде суммы

$$P_2 = \sum_{i=1}^{4} R_i, \qquad (60)$$

где

$$R_i = (1 + o(1)) \sum_{K_i} \mathbf{P}\{\xi_N^{'} = n - \zeta(2) - k\} \times$$
$$\mathbf{P}\{\zeta_{N-1}^{'}(\gamma(n - \zeta(2)N)) = k - \zeta(2)(N-1)\},$$

$$K_1 = \{k : (N-1) \leqslant k \leqslant -b + \zeta(2)(N-1)\},$$

b принимает два значения в зависимости от того, как ведет себя отношение n/N : если $n/N \to \infty$, то $b = N^{4/6}$; если $n/N \nrightarrow \infty$, то $b = \sqrt{N \ln N}/\gamma$;

$$K_2 = \{k : -b + \zeta(2)(N-1) < k \leqslant b + \zeta(2)(N-1)\};$$

$$K_3 = \{k : \sqrt{N}/\gamma + \zeta(\tau)(N-1) < k \leqslant$$

$$n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/(\tau+1)}(n-\zeta(\tau)N)\};$$

$$K_4=\{k: n-\zeta(\tau)-\gamma^{1/(\tau+1)}(n-\zeta(\tau)N)<k\leqslant n-\zeta(\tau)-\gamma(n-\zeta(\tau)N)\}.$$

Несложно заметить, что при $k\in K_2$ справедливо соотношение (21) при $\tau=2$. Тогда отсюда и из (55), (60) находим, что

$$R_2=\frac{2(1+o(1))}{(n-\zeta(2)N)^3}. \tag{61}$$

Используя (56), (60), аналогично тому, как получено соотношение (23) при доказательстве леммы 2, можно показать, что

$$R_i=o((n-\zeta(2)N)^{-3}),\ i=1,3,4, \tag{62}$$

следовательно, из (60)–(62) справедливо равенство

$$P_2=\frac{2(1+o(1))}{(n-\zeta(2)N)^3}. \tag{63}$$

Аналогично оценки (26) несложно получить следующее соотношение:

$$P_3=o((n-\zeta(2)N)^{-3}). \tag{64}$$

Рассмотрим P_1. Обозначим

$$x=(n-\zeta(2)N)/\sqrt{N\ln N}.$$

Пусть $x\geqslant(8\ln\ln N)^3$. Положим

$$R(w)=\sum_{k\leqslant\gamma(n-\zeta(2)N)+\zeta(2)}\exp\{(k-\zeta(2))w\}\times$$

$$\mathbf{P}\{\xi^{'}=k-\zeta(2)\}. \tag{65}$$

Используя (2), можно показать, что при достаточно больших l справедлива оценка

$$\sum_{k>l}(k-\zeta(2))p_r\leqslant C_{20}l^{-1}. \tag{66}$$

Учитывая, что при $0<y\leqslant 1$ справедливо равенство $e^y=1+y+\delta(y)$, где $\delta(y)\leqslant y^2$, из (2), (65) и (66) получаем, что

$$R\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}\right)=1+o\left(N^{-1}\right). \tag{67}$$

Введем вспомогательные независимые одинаково распределенные случайные величины $\xi_1^{'}(\gamma),\ldots,\xi_N^{'}(\gamma)$, имеющие распределение вида:

$$\mathbf{P}\{\xi_1^{'}(\gamma)=k-\zeta(2)\}=\frac{\mathbf{P}\{\xi_1^{'}=k-\zeta(2)\}\exp\{\frac{k-\zeta(2)}{\gamma(n-\zeta(2)N)}\}}{R\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}\right)},$$

где $k\leqslant\gamma(n-\zeta(2)N)+\zeta(2)$. Положим $\zeta_N^{'}(\gamma)=\xi_1^{'}(\gamma)+\ldots+\xi_N^{'}(\gamma)$. Тогда P_1 имеет следующее представление:

$$P_1=e^{-1/\gamma}R^N\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}\right)\times \mathbf{P}\left\{\zeta_N^{'}(\gamma)=n-\zeta(2)N\right\}. \tag{68}$$

Обозначим через $\psi_\gamma(t)$ характеристическую функцию случайной величины $\xi_1^{'}(\gamma)$. Тогда, используя (65), получем, что

$$|\psi_\gamma(t)|=\left|\frac{R\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}+it\right)}{R\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}\right)}\right|. \tag{69}$$

По формуле обращения

$$\mathbf{P}\{\zeta_N^{'}(\gamma)=n-\zeta(2)N\}=\frac{1}{2\pi\sqrt{N\ln N}}\times\int\limits_{-\pi\sqrt{N\ln N}}^{\pi\sqrt{N\ln N}}\exp\left\{-\frac{it(n-\zeta(2)N)}{\sqrt{N\ln N}}\right\}\times\left[\psi_\gamma\left(\frac{t}{\sqrt{N\ln N}}\right)\right]^N dt. \tag{70}$$

Из (65) и (66) нетрудно найти, что

$$\left|R\left((\gamma(n-\zeta(2)N))^{-1}+it\right)\right|=|\varphi(t)|+o(1/N).$$

Тогда из (67) и (69) следует, что

$$|\psi_\gamma(t)|^N\leqslant C_{21}\left|\varphi(t)\right|.$$

Разобьем интеграл из равенства (70) на два интеграла: по области $|t|\leqslant\varepsilon\sqrt{N\ln N}$ и по области $\varepsilon\sqrt{N\ln N}<|t|\leqslant\pi\sqrt{N\ln N}$, где ε достаточно мало. По свойству характеристических функций решетчатых распределений с максимальным шагом 1, при $\varepsilon<|t|\leqslant\pi$ выполнено неравенство $|\varphi(t)|\leqslant\exp\{-C_{22}\}$, а учитывая, что $\varphi(t)=1+(e^{it}+1)\Phi(e^{it},\tau,1)$, где $\Phi(z,s,a)$ – трансцендентная функция Лерча, находим, что при достаточно малом ε для $|t|\leqslant\varepsilon$ справедливо $|\varphi(t)|\leqslant\exp\{-C_{23}t^2\}$. Тогда из (70) получаем, что

$$\mathbf{P}\{\zeta_N^{'}(\gamma)=n-\zeta(2)N\}\leqslant C_{24}(\sqrt{N\ln N})^{-1}.$$

Отсюда и из (67), (68), учитывая, что $x\geqslant(8\ln\ln N)^3$, находим оценку для P_1:

$$P_1=o(N(n-\zeta(2)N)^{-3}). \tag{71}$$

Рассмотрим P_1 в случае, когда $x < (8\ln\ln N)^3$. Заметим, что

$$P_1 \leqslant \mathbf{P}\{\zeta_N \geqslant n, \xi_i \leqslant \gamma(n-\zeta(2)N)+ \zeta(2), i=1,\ldots,N\}. \quad (72)$$

Кроме того, используя (2), нетрудно показать, что справедлива следующая оценка:

$$\mathbf{M}(\xi_1^2, \xi_1 \leqslant \gamma(n-\zeta(2)N)+\zeta(2)) \leqslant C_{25}\ln(\gamma(n-\zeta(2)N)+\zeta(2)). \quad (73)$$

Используя неравенство Чебышева и то, что $x < (8\ln\ln N)^3$, из (72), (73) находим, что и в этом случае равенство (71) верно.

Тогда утверждение леммы 4 следует из (7), (63), (64), (71). □

Рассмотрим предельное поведение сумм $\zeta_N^{(j)}, j=1,2$.

Лемма 5. *Пусть $\tau=2, N, n\to\infty$ так, что $(n-\zeta(2)N)/\sqrt{N\ln N}\to\infty$. Тогда справедливы следующие утверждения.*

1. *Если $r = n-\zeta(2)N - z\sqrt{N\ln N}$, где z – фиксированное число, то*

$$\mathbf{P}\{\zeta_N^{(1)} = n\} = \frac{\sqrt{2}N(1+o(1))}{\sqrt{\pi}(n-\zeta(2)N)^3}\int\limits_z^\infty e^{-x^2/2}dx.$$

2. *Если $r\to\infty, S = N(1-p_r+o(p_r))$, то*

$$\mathbf{P}\{\zeta_S^{(2)} = n\} = \frac{2N(1+o(1))}{(n-\zeta(2)N)^3}.$$

Доказательство. Аналогично предыдущему случаю будем доказывать оба утверждения этой леммы одновременно. Для этого обозначим рассматриваемые суммы через $\tilde\zeta_S^{(j)}$, где $S=N$ при $j=1$, а при $j=2$ значение S определено в утверждении леммы 5.

Рассмотрим независимые одинаково распределенные случайные величины $\tilde\xi_i^{(j)} = \xi_i^{(j)} - \zeta(2), j=1,2, i=1,\ldots,S$, и их суммы $\tilde\zeta_S^{(j)} = \tilde\xi_1^{(j)} + \ldots + \tilde\xi_S^{(j)}$. Тогда вероятности $\mathbf{P}\{\zeta_S^{(j)} = n\}, j=1,2$ можно представить в виде соотношения (34) при $\tau=2$, где γ определено соотношением (52).

Очевидно, что выполнено соотношение (35) при $\tau=2$.

Учитывая, что $r = n-\zeta(2)N - z\sqrt{N\ln N}$, из (2) и (52) следует справедливость соотношений (37). Тогда из (4), (5), (11) и (35) находим, что

$$P_2^{(j)} = (1+o(1))\sum_{M_j}\mathbf{P}\{\tilde\xi_N^{(j)} = n-\zeta(2)-k\}\times \mathbf{P}\{\tilde\zeta_{S-1}^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S)) = k-\zeta(2)(S-1)\}, \quad (74)$$

где $\tilde\zeta_S^{(j)}(u) = \tilde\xi_1^{(j)}(u)+\ldots+\tilde\xi_S^{(j)}(u)$, а случайные величины $\tilde\xi_i^{(j)}(u), j=1,2, i=1,\ldots,S$, заданы соотношениями (36) при $\tau=2$.

Обозначим через $\tilde\varphi_{(j)}(t), j=1,2$, характеристические функции случайных величин $\tilde\xi_1^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S))$ соответственно. Тогда для характеристических функций случайных величин $\tilde\zeta_S^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S))$ при $t\to 0$ из (11), (36), (37) и (52) следует, что

$$\varphi_{\tilde\zeta_S^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S))} = \tilde\varphi_{(j)}^S(t) = \exp\{-i\zeta(2)St\}\,\varphi^S(t)(1+o(1)).$$

Отсюда, аналогично тому как получено соотношение (54) при доказательстве леммы 4, несложно показать, что

$$\tilde\varphi_{(j)}^S\left(\frac{t}{\sqrt{S\ln S}}\right) = \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\}(1+o(1)).$$

Следовательно,

$$\mathbf{P}\{\tilde\zeta_{S-1}^{(j)}(\gamma(n-\zeta(\tau)S)) \leqslant y\sqrt{S\ln S}\} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int\limits_{-\infty}^{y} e^{-x^2/2}dx. \quad (75)$$

Следуя выводу неравенства (56) при доказательстве леммы 4, можно показать, что при достаточно больших N и n справедливо

$$\mathbf{P}\left\{\tilde\zeta_{S-1}^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S)) > \frac{\sqrt{S\ln S}}{\gamma}\right\} \leqslant C_{25}\gamma^2\left(C_{26}-\ln\gamma/\ln N\right). \quad (76)$$

Представим вероятность P_2 в виде суммы (41), где

$$R_i^{(j)} = (1+o(1))\sum_{K_i^{(j)}}\mathbf{P}\{\tilde\xi_S^{(j)} = n-\zeta(2)-k\}\times \mathbf{P}\{\tilde\zeta_{S-1}^{(j)}(\gamma(n-\zeta(2)S)) = k-\zeta(2)(S-1)\}, \quad (77)$$

$K_0^{(1)} = \oslash$,

$K_0^{(2)} = \{k: 0\leqslant k\leqslant -\dfrac{\sqrt{S\ln S}}{\gamma}+\zeta(2)(S-1)\}$,

$$K_1^{(1)} = \{k : n-r \leqslant k \leqslant \frac{\sqrt{S\ln S}}{\gamma}+\zeta(2)(S-1)\},$$

$$K_1^{(2)} = \{k : -\frac{\sqrt{S\ln S}}{\gamma}+\zeta(2)(S-1) \leqslant k \leqslant \sqrt{S\ln S}/\gamma + \zeta(2)(S-1)\},$$

$$K_2^{(j)} = \{k : \sqrt{S\ln S}/\gamma+\zeta(2)(S-1) < k \leqslant n-\zeta(2)-\gamma^{1/3}(n-\zeta(2)S)\},$$

$$K_3^{(j)} = \{k : n-\zeta(2)-\gamma^{1/3}(n-\zeta(2)S) < k \leqslant n-\zeta(2)-\gamma(n-\zeta(2)S)\}.$$

Используя соотношение (35), (41), (74)–(77) и действуя аналогично тому, как получены равенства (45) и (46) при доказательстве леммы 3, можно показать, что

$$P_2^{(1)} = \frac{2(1+o(1))}{\sqrt{2\pi}(n-\zeta(2)N)^3}\int\limits_z^\infty e^{-x^2/2}dx,$$

$$P_2^{(2)} = \frac{2(1+o(1))}{((n-\zeta(2)S)^3}. \qquad (78)$$

$$P_3^{(j)} = o\left(S(n-\zeta(2)S)^{-3}\right), j = 1, 2.$$

Оценка $P_1^{(j)}, j = 1, 2$ проводится аналогично оценки P_1 при доказательстве леммы 4, согласно которой

$$P_1^{(j)} = o\left(S(n-\zeta(2)S)^{-3}\right).$$

Тогда утверждения леммы 5 следуют из (34) и (78). □

Лемма 6. *Пусть $N, n \to \infty, \tau > 2$ так, что $(n-\zeta(\tau)N)/\sqrt{N} \to \infty, S = N(1-p_r+o(p_r))$. Тогда при фиксированных r справедливо*

$$\mathbf{P}\{\zeta_S^{(2)} = n\} = \frac{N\tau(1+o(1))}{(n-\zeta(\tau)N)^{\tau+1}}.$$

Доказательство. Утверждение этой леммы в случае, когда $(n-\zeta(\tau)N)/\sqrt{N} \geqslant \ln\sqrt{N}$, следует из теоремы 3 статьи [5]. Доказательство леммы 6 в случае, когда $(n-\zeta(\tau)N)/\sqrt{N} < \sqrt{N}$, аналогично доказательству второй части леммы 3. Поэтому вероятность $\mathbf{P}\{\zeta_N^{(2)} = n\}$ можно представить в виде (34), где основной вклад в сумму дает второе слагаемое.

Несложно проверить, что для $P_2^{(2)}$ выполняется равенство (38). Используя теоремы 2.6.2 и 2.2.2 [1], и учитывая, что

$$\varphi_2(t) = \frac{\varphi(t) - e^{itr}p_r}{1-p_r},$$

где $\varphi_2(t)$ обозначает характеристическую функцию случайной величины $\xi_1^{(2)}$, несложно показать, что выполняется соотношение (39) для случайной величины $\tilde{\zeta}_{S-1}^{(2)}(\gamma(n-\zeta(\tau)S))$.

Аналогично доказательству леммы 3 нетрудно видеть, что вероятность P_2 можно представить в виде суммы (41) при $j = 2$. Используя (2) и (4), несложно заметить, что при $k \in K_1^{(2)}$, справедливо равенство:

$$\mathbf{P}\{\tilde{\xi}_S^{(2)} = n-\zeta(\tau)-k\} = \frac{\tau(1+o(1))}{(1-p_r)(n-\zeta(\tau)S)^{\tau+1}}.$$

Тогда из (39) и (41) находим, что

$$R_1^{(2)} = \frac{\tau(1+o(1))}{(1-p_r)(n-\zeta(\tau)S)^{\tau+1}}.$$

Оценки для $R_i^{(2)}$, $i = 0, 2, 3$ проводятся аналогично оценкам $R_i^{(2)}$, $i = 0, 2, 3$ при доказательстве леммы 3. Отсюда получаем, что

$$P_2^{(2)} = \frac{\tau(1+o(1))}{(1-p_r)(n-\zeta(\tau)S)^{\tau+1}}.$$

Оценки вероятностей $P_1^{(2)}$ и $P_3^{(2)}$ проводятся так же, как оценки $P_1^{(2)}$ и $P_3^{(2)}$ при доказательстве леммы 3, согласно которым для вероятностей $P_1^{(2)}$ и $P_3^{(2)}$ справедливы соотношения (46) и (51) при $j = 2$ соответственно.

□

Аналогично лемме 6, используя доказательства лемм 4 и 5, нетрудно показать, что справедливо следующее утверждение.

Лемма 7. *Пусть $\tau = 2, N, n \to \infty$ так, что $(n-\zeta(2)N)/\sqrt{N\ln N} \to \infty, S = N(1-p_r+o(p_r))$. Тогда при фиксированных r справедливо*

$$\mathbf{P}\{\zeta_S^{(2)} = n\} = \frac{2N(1+o(1))}{(n-\zeta(2)N)^3}.$$

Теперь можно доказать теоремы 1–4.

При выполнении условий теоремы 1, учитывая, что $r = n-\zeta(\tau)N-z\sqrt{N}$, из (2) находим, что $NP_r = o(1)$. Тогда справедливость утверждения теоремы 1 следует из лемм 1, 2 и первой части леммы 3.

Пусть выполнены условия теоремы 2. Согласно пуассоновскому приближению биномиального распределения, равномерно относительно целых k, для которых $(k-Np_r)/\sqrt{Np_r}$

лежит в любом конечном интервале,

$$\binom{N}{k} p_r^k (1-p_r)^{N-k} = \frac{(Np_r)^k}{k!} \exp\{-Np_r\}\,(1+o(1)). \tag{79}$$

Используя лемму 2 и второй пункт леммы 3, получаем, что

$$\mathbf{P}\left\{\zeta_{N-k}^{(2)} = n - kr\right\} / \mathbf{P}\{\zeta_N = n\} \to 1,$$

отсюда и из (79) следует первая часть утверждения теоремы 2. Для доказательства второй части теоремы 2 воспользуемся тем фактом, что при $Np_r(1-p_r) \to \infty$ равномерно относительно $(k - Np_r)/\sqrt{Np_r(1-p_r)}$

$$\binom{N}{k} p_r^k (1-p_r)^{N-k} = \frac{(1+o(1))}{\sqrt{2\pi N p_r(1-p_r)}} \exp\left\{-\frac{(k-Np_r)^2}{2Np_r(1-p_r)}\right\}. \tag{80}$$

Тогда справедливость второй части теоремы 2 следует из лемм 1, 2, 6 и соотношения (80).

Утверждение теоремы 3 вытекает из лемм 1, 4 и первого пункта леммы 5.

Справедливость теоремы 4 следует из лемм 1, 4, 7, второго пункта леммы 5 и соотношений (79) и (80).

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

Литература

1. *Ибрагимов И. А., Линник Ю. В.* Независимые и стационарно связанные величины. М.: Наука, 1965. 524 с.

2. *Колчин В. Ф.* Случайные отображения. М.: Наука, 1984. 208 с.

3. *Колчин В. Ф.* Случайные графы. М.: Физматлит, 2004. 256 с.

4. *Крамер Г.* Об одной новой предельной теореме теории вероятностей // Успехи матем. наук. 1944. № 10. С. 166–173.

5. *Нагаев А. В.* Предельные теоремы, учитывающие большие уклонения, при нарушении условия Крамера // Труды академии наук УССР. 1969. Т. 13, № 6. С. 17–22.

6. *Павлов Ю. Л.* Предельное распределение объема гигантской компоненты в случайном графе Интернет-типа // Дискретная математика. 2007. Т. 19, № 3. С. 22–34.

7. *Павлов Ю. Л., Чеплюкова И. А.* Случайные графы Интернет-типа и обобщенная схема размещения // Дискретная математика. 2008. Т. 20, № 3. С. 3–18.

8. *Павлов Ю. Л.* О предельных распределениях степеней вершин в условных Интернет-графах // Дискретная математика. 2009. Т. 21, № 3. С. 14–23.

9. *Павлов Ю. Л.* Об условных Интернет-графах, степени вершин которого не имеют математического ожидания // Дискретная математика. 2010. Т. 22, № 3. С. 20–33.

10. *Павлов Ю. Л.* О предельных распределениях степеней вершин условного графа // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2011. Т. 18, № 3. С. 455–456.

11. *Cheplyukova I., Pavlov Yu.* Limit distributions of vertex degree in conditionnal power-law random graphs // Transactions of the XXVI International Seminar on Stability Problems for Stochastic Models. (Karniel, october 2007). Israel, 2007. P. 52–59.

12. *Durrett R.* Random Graph Dynamics. N.Y.: Cambridge University Press, 2007. 221 p.

13. *Faloutsos C., Faloutsos P., Faloutsos M.* On power-law relationships of the Internet topology // Computer Communications Rev. 1999. Vol. 29. P. 256–262.

14. *Newman M. E. J., Strogatz S. H., Watts D. J.* Random graphs with arbitrary degree distribution and their applications their applications // Phys. Rev. E. 2001. Vol. 64. 026118.

15. *Reittu H., Norros I.* On the power-law random graph model of massive data networks // Performance Evaluation. 2004. Vol. 55. P. 3–23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Чеплюкова Ирина Александровна
старший научный сотрудник
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: chia@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 763370

Cheplyukova, Irina
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: chia@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 763370

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 122–126

УДК 519.7

ЗАДАЧА О РАЗМЕЩЕНИИ НА РЫНКЕ ТОВАРОВ ДВУХ ВИДОВ

А. В. Щипцова

Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН

Рассматривается рынок двух товаров на плоскости. Спрос зависит от цены и квадратичных транспортных затрат потребителя. Исследуется конкурентное поведение игроков, продающих товар одного вида. На рынке также присутствует продавец второго товара. Приведены примеры для различных функций, задающих плотность распределения потребителей.

Ключевые слова: дуополия Хотеллинга на плоскости, равновесие по Нэшу, задача о размещении.

A. V. Shchiptsova. LOCATION-PRICE GAME IN THE MARKET OF TWO PRODUCTS

The paper examines the market of two products. Demand depends on the price and quadratic transportation costs. We analyze competitive behavior of players selling the same product. There is also a seller of the second product in the market. Examples with different buyers density function are presented.

Key words: Hotelling's duopoly on the plane, Nash equilibrium, location game.

Введение

Классическая модель Хотеллинга [3] исследует конкуренцию на рынке одного товара с пространственной дифференциацией продукции. В дуополии Хотеллинга рассматривается линейный рынок с равномерным распределением покупателей.

Работа Хотеллинга послужила началом для целого ряда исследований, посвященных анализу конкурентного поведения в условиях, когда на величину потребительского спроса влияет цена товара и транспортные издержки. Салоп [6] распространил дуополию Хотеллинга на модель «кругового» города. Задача о размещении игроков-продавцов с различными видами распределения потребителей на рынке была исследована в работе [4] для модели Хотеллинга на плоскости и в работе [5] при условии дискриминационного ценообразования.

В работах [1], [2] рассматривалась модель дуополии Хотеллинга на плоскости с равномерным распределением потребителей. Ценовое равновесие и решение задачи о размещении были построены для случая рыночной конкуренции между двумя и более участниками рынка.

Данная работа посвящена исследованию задачи о размещении на рынке товаров двух видов. Каждый покупатель заинтересован в приобретении двух различных товаров, конкуренция происходит между игроками-продавцами товара одного вида. Будет рассмотрена модель рынка на плоскости с произвольной функцией плотности распределения потребителей.

Постановка задачи

Представим рынок потребительских товаров в виде единичного круга S радиуса 1. Пусть плотность потребителей на рынке задана непрерывной функцией $f(x)$. Каждый из потребителей заинтересован в покупке двух различных товаров: товара вида A и товара вида B. На рынке присутствуют два продавца товара A, расположенные на диаметре в точках $(x_1, 0)$ и $(x_2, 0)$ соответственно, и один продавец товара вида B, расположенный в точке $(z, 0)$ (рис. 1). Каждый из участников рынка назначает цену p_j $(j = 1, 2, 3)$ и стремится получить наибольшую прибыль от продаж. Конкуренция осуществляется между игроками-продавцами товара вида A. Спрос является абсолютно неэластичным. Без потери общности будем считать, что себестоимость товара для продавцов равна нулю.

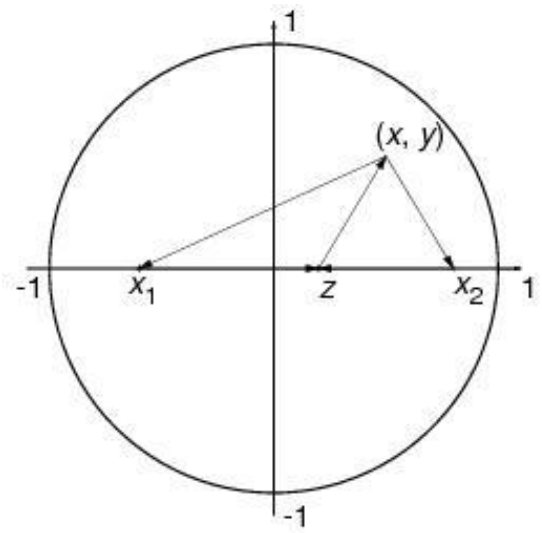


Рис. 1. Расположение игроков на рынке

Товары обоих видов одинаковы для потребителей по всем характеристикам кроме цены, назначенной за приобретение товара, и транспортных расходов. Будем считать, что транспортные расходы потребителя заданы квадратичной функцией. Таким образом, затраты потребителя на приобретение товара A у продавца j и приобретения товара B представимы в виде:

$$F_j(x,y) = p_j + \rho_j(x,y)^2 + \rho_z(x_j,0)^2 + p_3 + \rho_z(x,y)^2, \quad j = 1, 2,$$

где $\rho_j(x,y) = \sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}$ – расстояние от потребителя в точке (x, y) до продавца товара A и $\rho_z(x,y) = \sqrt{(x-z)^2 + y^2}$ – расстояние от потребителя в точке (x, y) до продавца товара B.

Без ограничения общности будем считать, что $p_1 \leqslant p_2$. Множество всех потребителей разобьется на два подмножества S_1 и S_2 с границей, определяемой уравнением $F_1(x,y) = F_2(x,y)$ или, после упрощений,

$$x = \frac{p_1 - p_2}{2(x_1 - x_2)} + x_1 + x_2 - z. \tag{1}$$

Прибыль продавцов товара A, между которыми осуществляется конкуренция на рынке, имеет вид:

$$\begin{cases} H_1 = p_1(1 - S_2), \\ H_2 = p_2 S_2. \end{cases} \tag{2}$$

Доля потребителей, выбирающих товар вида A у второго участника рынка, будет равна

$$S_2 = \int_x^1 \int_{-\arccos\frac{x}{r}}^{\arccos\frac{x}{r}} r f(\theta, r)\, d\theta dr. \tag{3}$$

Продавцы товара A конкурируют на рынке за счет выбора своего местоположения и назначаемой цены на товар. Будем рассматривать бескоалиционную игру Γ двух лиц с полной информацией, которая проходит в три шага:

1. Игроки одновременно определяют свое местоположение на рынке (x_1, x_2).
2. Игроки одновременно объявляют цену на товар (p_1, p_2).
3. Игроки получают выигрыш, исходя из выбранного расположения и цены (H_1, H_2).

Равновесие в задаче о размещении

Если расположение первого игрока x_1 фиксировано, тогда x_2 можно найти, максимизируя прибыль второго игрока, и наоборот. Таким образом, равновесие (x_1, x_2) в игре Γ отвечает условиям

$$\begin{cases} \frac{dH_1}{dx_1} = \frac{\partial p_1}{\partial x_1}(1 - S_2) - p_1\Big(\frac{\partial S_2}{\partial p_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_1} + \frac{\partial S_2}{\partial p_2}\frac{\partial p_2}{\partial x_1} + \frac{\partial S_2}{\partial x_1}\Big) = 0, \\ \frac{dH_2}{dx_2} = \frac{\partial p_2}{\partial x_2} S_2 + p_2\Big(\frac{\partial S_2}{\partial p_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_2} + \frac{\partial S_2}{\partial p_2}\frac{\partial p_2}{\partial x_2} + \frac{\partial S_2}{\partial x_2}\Big) = 0. \end{cases} \tag{4}$$

Предположим, что игроки выбрали свое местоположение на рынке, т. е. x_1 и x_2 фиксированы. Тогда ценовое равновесие (p_1, p_2) будет удовлетворять системе уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial H_1}{\partial p_1} = 1 - S_2 + p_1 \frac{\partial S_2}{\partial p_2} = 0, \\ \frac{\partial H_2}{\partial p_2} = S_2 + p_2 \frac{\partial S_2}{\partial p_2} = 0. \end{cases} \tag{5}$$

Положим

$$g(r) = f\left(\arccos\frac{x}{r}, r\right) + f\left(-\arccos\frac{x}{r}, r\right).$$

Из (3) имеем

$$\frac{\partial S_2}{\partial p_2} = \frac{g(1,x)}{2(x_1 - x_2)}\sqrt{1-x^2} - \frac{1}{2(x_1-x_2)}\int\limits_x^1 \sqrt{r^2-x^2}\,\frac{\partial g(r,x)}{\partial r}\,dr. \tag{6}$$

Каждый из игроков после выбора своего местоположения будет назначать цену на товар, удовлетворяющую условиям (5) для ценового равновесия. Таким образом, из (4) x_1 и x_2 в равновесии определяются из системы

$$\begin{cases} \frac{dH_1}{dx_1} = -p_1\left(\frac{\partial S_2}{\partial p_2}\frac{\partial p_2}{\partial x_1} + \frac{\partial S_2}{\partial x_1}\right) = 0, \\ \frac{dH_2}{dx_2} = p_2\left(-\frac{\partial S_2}{\partial p_2}\frac{\partial p_1}{\partial x_2} + \frac{\partial S_2}{\partial x_2}\right) = 0. \end{cases} \tag{7}$$

Пусть

$$\alpha = -\frac{p_1 - p_2}{x_1 - x_2} - 2(x_1 - x_2)$$

и

$$\beta = \frac{p_1 - p_2}{x_1 - x_2} - 2(x_1 - x_2).$$

Заметим, что $\frac{\partial S_2}{\partial p_1} = -\frac{\partial S_2}{\partial p_2}$, $\frac{\partial S_2}{\partial x_2} = \alpha\frac{\partial S_2}{\partial p_2}$ и $\frac{\partial S_1}{\partial x_1} = \beta\frac{\partial S_2}{\partial p_2}$. $\frac{\partial p_1}{\partial x_2}$ и $\frac{\partial p_2}{\partial x_1}$ найдем, продифференцировав по x_2 и x_1 систему (5). Получаем, что равновесие (x_1, x_2) удовлетворяет условиям:

$$\begin{cases} 2\beta\frac{\partial S_2}{\partial p_2} + 2p_2\beta\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} \\ \qquad - (2p_2 + p_1)\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2 \partial x_1} = 0 \\ 2\alpha\frac{\partial S_2}{\partial p_2} - 2p_1\alpha\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} \\ \qquad + (2p_1 + p_2)\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2 \partial x_2} = 0. \end{cases} \tag{8}$$

Из (6) находим

$$\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} = -\frac{x g(1,x)}{2\sqrt{1-x^2}(x_1-x_2)}\frac{\partial x_2}{\partial p_2} + \frac{\sqrt{1-x^2}}{2(x_1-x_2)}\frac{\partial g(1,x)}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial p_2} - \frac{\frac{\partial x}{\partial p_2}}{2(x_1-x_2)}\int\limits_x^1\left(\frac{-x}{\sqrt{r^2-x^2}}\frac{\partial g(r,x)}{\partial r} + \sqrt{r^2-x^2}\,\frac{\partial^2 g(r,x)}{\partial r \partial x}\right)dr.$$

Нетрудно показать, что $\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2 \partial x_1} = -\frac{1}{x_1 - x_2}\frac{\partial S_2}{\partial p_2} + \beta\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2}$ и $\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2 \partial x_2} = \frac{1}{x_1 - x_2}\frac{\partial S_2}{\partial p_2} + \alpha\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2}$. Таким образом, в равновесии (x_1, x_2) выполняются условия:

$$\begin{cases} \left(2\alpha + \frac{2p_1 + p_2}{x_1 - x_2}\right)\frac{\partial S_2}{\partial p_2} + p_2\alpha\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} = 0, \\ \left(2\beta + \frac{2p_2 + p_1}{x_1 - x_2}\right)\frac{\partial S_2}{\partial p_2} - p_1\beta\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} = 0. \end{cases} \tag{9}$$

Примеры

Рассмотрим задачу о размещении игроков на рынке с заданным распределением потребителей.

1. $f(\theta, r) = \frac{1}{\pi}$. Пусть потребители распределены равномерно по всей области рынка. Из (9) равновесие (x_1, x_2) является решением уравнений

$$\begin{aligned} \left(3p_2 - 4(x_1 - x_2)^2\right)\left(1 - x^2\right) + p_2\alpha x = 0, \\ \left(3p_1 - 4(x_1 - x_2)^2\right)\left(1 - x^2\right) - p_1\beta x = 0. \end{aligned} \tag{10}$$

Так как оба игрока являются равноправными, будем искать равновесие в предположении $p_1 = p_2$. Из (10) следует, что $p_1 = p_2 = \frac{4}{3}(x_1 - x_2)^2$, $x = 0$ и $S_2 = \frac{1}{2}$. Подставив в (5), получим, что в равновесии

$$x_1 = \frac{z}{2} - \frac{3\pi}{16}, \quad x_2 = \frac{z}{2} + \frac{3\pi}{16}, \quad p_1 = p_2 = \frac{3\pi^2}{16}, \quad |z| \leqslant 2 - \frac{3\pi}{8}.$$

2. $f(\theta, r) = \frac{3(1-r)}{\pi}$. Рассмотрим случай, когда плотность потребителей ближе к центру рынка возрастает. Тогда равновесие (x_1, x_2)

определяется из системы уравнений:

$$\begin{aligned}
&\Big(3p_2 - 4(x_1 - x_2)^2\Big)\left(\sqrt{1-x^2} - x^2 \ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x}\right) \\
&+ p_2\alpha x \frac{3x}{2\pi(x_1-x_2)^2}\ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x} = 0, \\
&\Big(3p_1 - 4(x_1 - x_2)^2\Big)\left(\sqrt{1-x^2} - x^2 \ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x}\right) \\
&- p_1\beta x \frac{3x}{2\pi(x_1-x_2)^2}\ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x} = 0.
\end{aligned} \tag{11}$$

Как и в случае равномерного распределения потребителей по области рынка, будем предполагать, что $p_1 = p_2$. Таким образом, получаем, что $p_1 = p_2 = \frac{4}{3}(x_1 - x_2)^2$, $x = 0$ и $S_2 = \frac{1}{2}$. Из (5) в равновесии

$$x_1 = \frac{z}{2} - \frac{\pi}{8}, \quad x_2 = \frac{z}{2} + \frac{\pi}{8},$$
$$p_1 = p_2 = \frac{\pi^2}{12}.$$

3. $f(\theta, r) = \frac{3r^2}{2\pi}$. Предположим, что потребители сосредоточены на границе рынка. Тогда имеем

$$\begin{aligned}
\frac{\partial S_2}{\partial p_2} =& \frac{3\sqrt{1-x^2}}{2\pi(x_1-x_2)} - \frac{3}{4\pi(x_1-x_2)} \\
&\left(\sqrt{1-x^2} - x^2\ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x}\right),
\end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 S_2}{\partial p_2^2} =& \frac{3x}{4\pi(x_1-x_2)^2} \\
&\left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \ln\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x}\right).
\end{aligned} \tag{13}$$

Пусть, как и прежде, $p_1 = p_2$. Подставив в (9) (12) – (13), получаем, что $p_1 = p_2 = \frac{4}{3}(x_1 - x_2)^2$, $x = 0$ и $S_2 = \frac{1}{2}$. Следовательно, из (5) находим равновесие

$$x_1 = \frac{z}{2} - \frac{\pi}{4}, \quad x_2 = \frac{z}{2} + \frac{\pi}{4},$$
$$p_1 = p_2 = \frac{\pi^2}{3},$$
$$|z| \leqslant 2 - \frac{\pi}{2}.$$

Результаты для заданного распределения потребителей на рынке приведены в табл. 1.

Таблица 1. Равновесие в задаче о размещении при заданном распределении потребителей на рынке

$f(\theta, r) = \frac{1}{\pi}$	$z = 0$	$z = 0,1$	$z = 0,3$	$z = 0,7$
x_1	-0,58905	-0,53905	-0,43905	-0,23905
x_2	0,58905	0,63905	0,73905	0,93905
p_1	1,850551	1,850551	1,850551	1,850551
p_2	1,850551	1,850551	1,850551	1,850551
H_1	0,925275	0,925275	0,925275	0,925275
H_2	0,925275	0,925275	0,925275	0,925275
$f(\theta, r) = \frac{3(1-r)}{\pi}$	$z = 0$	$z = 0,1$	$z = 0,3$	$z = 0,7$
x_1	-0.3927	-0.3427	-0.2427	-0,0427
x_2	0,3927	0,4427	0,5427	0,7427
p_1	0,82247	0,82247	0,82247	0,82247
p_2	0,82247	0,82247	0,82247	0,82247
H_1	0,41123	0,41123	0,41123	0,41123
H_2	0,41123	0,41123	0,41123	0,41123
$f(\theta, r) = \frac{3r^2}{2\pi}$	$z = 0$	$z = 0,1$	$z = 0,3$	$z = 0,7$
x_1	-0,7854	-0,7354	-0,6354	
x_2	0,7854	0,8354	0,9354	
p_1	3,28987	3,28987	3,28987	
p_2	3,28987	3,28987	3,28987	
H_1	1,64493	1,64493	1,64493	
H_2	1,64493	1,64493	1,64493	

Заключение

В работе рассмотрено конкурентное поведение игроков на рынке потребительских товаров двух видов, характеристиками которых для покупателя являются цена и квадратичные транспортные расходы. Найдены условия, которым удовлетворяет равновесие по Нэшу в задаче о размещении при плотности потребителей, заданной произвольной функцией. При различных заданных видах функции плотности найдены равновесные местоположения и цены, приведены значения для выигрышей игроков.

Литература

1. *Мазалов В. В., Щипцова А. В., Токарева Ю. С.* Дуополия Хотеллинга и задача о размещении на плоскости // Экономика и математические методы. 2010. Т. 46, вып. 4. С. 91–100.

2. *Щипцова А. В.* Мультиномиальный логит-анализ и конкурентное поведение на рынке // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. Вып. 2. 2011. № 5. С. 120–124.

3. *Hotelling H.* Stability In Competition // The Economic Journal. 1929. Vol. 39. Issue 153. P. 41–57.

4. *Mazalov V. V., Sakaguchi M.* Location Game On The Plane // International Game Theory Review. 2003. Vol. 5, N 1. P. 1–13.

5. *Sakaguchi M.* Pure Strategy Equilibrium In a Location Game With Discriminatory Pricing // Game Theory and Applications. 2001. Vol. 6. P. 132–140.

6. *Salop S.* Monopolistic competition with outside goods // Bell journal of Economics. 1979. Vol. 10. P. 141–156.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Щипцова Анна Владимировна
аспирантка
Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ann_sh@inbox.ru
тел.: (8142) 766312

Shchiptsova, Anna
Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ann_sh@inbox.ru
tel.: (8142) 766312

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 127–129

ХРОНИКА

ВОСЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ПЕТРОЗАВОДСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ В ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ» И XIII ВСЕРОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ ПО ПРИКЛАДНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ МАТЕМАТИКЕ (ЛЕТНЯЯ СЕССИЯ)

(ПЕТРОЗАВОДСК, 2–9 ИЮНЯ 2012 г.)

2–9 июня 2012 г. в Карельском научном центре состоялись сразу три крупных математических мероприятия. Это Восьмая Международная Петрозаводская конференция «Вероятностные методы в дискретной математике», XIII Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике и Третья Всероссийская школа молодых ученых «Вероятность и комбинаторика». Организаторами этих мероприятий были Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН, Петрозаводский государственный университет, Академия криптографии Российской Федерации, Математический институт им. В. А. Стеклова РАН и редакции журналов «Математическая теория игр и применения», «Труды Карельского научного центра РАН», «Обозрение прикладной и промышленной математики», «Теория вероятностей и ее применения». Конференция была поддержана Российским фондом фундаментальных исследований РАН, а школа молодых ученых – Президиумом РАН в рамках программы поддержки молодых ученых. Оргкомитеты этих мероприятий состояли из ведущих математиков: академик Ю. В. Прохоров, академик А. Б. Жижченко, академик В. А. Бабешко, академик А. А. Боровков, академик С. С. Григорян, академик И. А. Ибрагимов, академик, депутат Государственной Думы Российской Федерации Б. С. Кашин, академик В. И. Колесников, академик А. Б. Куржанский, академик В. П. Маслов, академик И. А. Соколов, академик А. Н. Ширяев, академик В. П. Шорин, член-корр. А. Ф. Титов, член-корр. Д. А. Губайдуллин, член-корр. С. В. Кисляков, член-корр. В. В. Русанов, член-корр. Б. А. Севастьянов, член-корр. В. А. Сойфер, В. В. Мазалов, В. Ф. Колчин, А. В. Воронин, В. А. Ватутин, А. М. Зубков, Г. И. Ивченко, А. П. Коваленко, Ю. И. Медведев, В. Г. Михайлов, Ю. Л. Павлов, Л. А. Петросян, А. А. Рогов, В. Н. Сачков, А. Д. Сорокин, В. И. Хохлов, Л. Ф. Вьюненко, А. Р. Симонян.

Эти мероприятия собрали более 130 участников из России и ближнего зарубежья. Из них 30 представляли Карелию, а 28 молодых ученых, включая студентов и аспирантов, были слушателями школы «Вероятность и комбинаторика». Всего было сделано 95 пленарных и секционных докладов.

Участники были размещены в разных гостиницах города, но основная часть проживала в отеле «Онего Палас». Культурная программа включала небольшой концерт известного карельского фолк-квартета «Sattuma» и экскурсию на о. Кижи.

Конференция «Вероятностные методы в дискретной математике» является традиционной. Первая Петрозаводская конференция состоялась в 1983 г., а вторая в 1988 г. Проведение этих совещаний стало возможным прежде всего благодаря члену-корр. В. Я. Козлову, который в те годы был членом Президиума Карельского филиала АН СССР. Главным результатом этих двух конференций было создание одного из ведущих отечественных математических журналов «Дискретная математика». Было также принято решение проводить эти конференции регулярно, один раз в 4 года, и в 2012 г. состоялась уже восьмая.

Тематика этой конференции также является традиционной, отражена в названиях трех секций: вероятностные и статистические задачи дискретной математики, математические

вопросы защиты информации, теория игр и задачи оптимизации.

Первый Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике также был проведен в Петрозаводске летом 2000 г. С тех пор этот симпозиум является ежегодным, при этом в разных городах России каждый год проходят две сессии – летняя (или весенняя) и осенняя. Этот симпозиум объединяет большое число исследователей, специализирующихся на применении методов математического моделирования в разных сферах науки и практики. Достаточно сказать, что проведенная в Петрозаводске летняя сессия 2012 г. включала 39 секций, в том числе по информационным технологиям, квантовым вычислениям, нанотехнологиям, применениям математики в медицинских, биологических и общественных науках и, конечно, на производстве.

М. М. Лери, Ю. Л. Павлов

МЕЖДУНАРОДНОЕ РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ «СЕТЕВЫЕ ИГРЫ И МЕНЕДЖМЕНТ»

(ПЕТРОЗАВОДСК, 30 ИЮНЯ – 2 ИЮЛЯ 2012 г.)

30 июня – 2 июля 2012 г. ИПМИ КарНЦ РАН совместно с ПетрГУ проводил международное рабочее совещание «Networking games and management-2012» в отеле «Калевала». Это уже третье рабочее совещание на данную тему, проводимое в Петрозаводске. До этого институт проводил аналогичные совещания в 2002 г. («Сетевые игры и распределение ресурсов» – «Networking games and resource allocation») и в 2009 г. («Сетевые игры и менеджмент-2009» – «Networking games and management-2009»).

В рабочем совещании 2012 г. приняли участие 33 специалиста, из них 7 иностранцев: из Финляндии, Испании, Турции и Нидерландов. Программный комитет состоял как из российских, так и зарубежных профессоров. В него вошли: председатель: В. В. Мазалов (ИПМИ КарНЦ РАН), К. Авраченков (INRIA, Франция), А. Гуртов (Университет Аалто, Финляндия), Х. Камеда (Университет Тсукуба, Ибараки, Япония), С. П. Кущ (СПбГУ, Санкт-Петербург), Д. А. Новиков (ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова, Москва), Л. А. Петросян (СПбГУ, Санкт-Петербург), К. Шайовски (Вроцлавский университет технологий, Польша), Н. А. Зенкевич (СПбГУ, Санкт-Петербург).

Тематика данного рабочего совещания посвящена обсуждению новых результатов в области сетевых игр, в частности, таких направлений, как переговоры в сетях, оптимальная маршрутизация, распределение ресурсов, многоагентные системы, возможности обучения агентов, системы поддержки принятия решений в телекоммуникационных сетях. Работа проводилась по двум секциям: Сетевые игры (Networking games) и Менеджмент и приложения (Management and applications). Все представленные на совещании доклады вызвали большой интерес у участников. Особенно следует отметить пленарный доклад проф. Д. А. Новикова (ИПУ РАН) «Теория игр и мультиагентные системы», в котором обсуждались современные тенденции развития мультиагентных систем с применением аппарата теории игр. Также большой интерес вызвал доклад В. В. Мазалова (ИПМИ КарНЦ РАН) на тему «Игры с затором». В представленных на совещании докладах обсуждались различные аспекты теоретико-игрового моделирования в информационных сетях и приложениях. Среди важных направлений — теоретико-игровые задачи оптимальной маршрутизации и распределения полосы пропускания в компьютерных сетях с различной топологией, задачи управления в социальных сетях. Для таких систем характерно эгоистичное поведение и несогласованность пользователей, а доступная информация о состоянии системы может быть неполной, зашумленной и вообще отсутствовать. При этом каждый пользователь сети или узел, входящий в сеть, трактуется как некоторый игрок, а задача распределения ресурсов сети рассматривается как игра, в которой игроки, действуя оптимально, могут достигать равновесия — ситуации, в которой никому из игроков не выгодно отклоняться от своей стратегии. Доклады студентов и аспирантов были посвящены важным вопросам управления ресурсами сетей с помощью методов динамических игр, защите информации в компьютерных сетях, вероятностным методам анализа функционирования сетей с большим числом узлов, оптимизации расписания работы узлов кластера.



На рабочем совещании были приняты следующие решения: продолжить серию рабочих совещаний на тему «Сетевые игры и менеджмент»; провести совместное рабочее совещание с университетом Аалто (Aalto University, г. Хельсинки, Финляндия); опубликовать избранные результаты, представленные на совещании, в будущих выпусках научного журнала «Математическая теория игр и ее приложения».

Расширенные тезисы представленных докладов доступны на веб-странице рабочего совещания http://mathem.krc.karelia.ru/event.php?id =170&plang=r.

Ю. В. Чиркова

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 130–131

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ПЕЧНИКОВ

(к 60-летию со дня рождения)



Печников Андрей Анатольевич родился 10 сентября 1952 г. в г. Петрозаводске. После окончания средней школы № 10 в 1969 г. он поступил на физико-математический факультет Петрозаводского госуниверситета (ПетрГУ), а в 1972 г. был переведен на 4 курс в Ленинградский госуниверситет (ЛГУ) на факультет прикладной математики – процессов управления. После окончания учебы в 1974 г. был призван рядовым в Советскую Армию, где отслужил один год. В 1975–1976 гг. проходил стажировку на факультете прикладной математики – процессов управления ЛГУ, затем в 1976–1979 гг. учился там же в очной аспирантуре. После окончания аспирантуры вернулся в ПетрГУ, где начал работать в должности преподавателя на кафедре математического анализа. В 1981 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1982 г. переведен на должность доцента кафедры прикладной математики и кибернетики, в 1985 г. ему было присвоено звание доцента. С 1987 по 1991 гг. – декан математического факультета ПетрГУ, с 1991 по 1996 гг. работал первым проректором ПетрГУ. Был одним из организаторов Университетского лицея в Петрозаводске и Кольского филиала ПетрГУ (Апатиты).

С 1996 по 2000 г. работал доцентом кафедры информатики и математического обеспечения и директором Центра дистанционного образования по Европейскому Северу. В 2000–2002 гг. работал начальником информационно-аналитического управления Администрации местного самоуправления Петрозаводска. С июля 2002 по декабрь 2005 г. – исполнительный директор Карельского регионального общественного фонда развития общественного самоуправления «Инициатива». В январе 2006 г. избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника в лабораторию телекоммуникационных систем Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН. После защиты диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук в 2011 г., в 2012 г. по конкурсу был переведен на должность ведущего научного сотрудника.

Сфера научных интересов А. А. Печникова – базы данных, дискретная математика, теория графов, сложные системы, системы автоматизации производства, исследования Глобальной сети Интернет.

Работая в ПетрГУ, участвовал в разработке первой концепции информатизации Республики Карелия, руководил проектом «Организация учебно-научного центра дистанционного образования ПетрГУ и Кольского филиала ПетрГУ» по Федеральной программе «Интеграция». Работая в Администрации г. Петрозаводска, участвовал в создании официального сайта Администрации Петрозаводска и виртуальной приемной. В 2003–2004 гг. был руководителем проекта «Создание информационно-коммуникационной среды поддержки общественного участия и межмуниципальной кооперации» (грант Фонда

Евразия, соисполнитель – ИПМИ КарНЦ РАН), являлся ответственным исполнителем проекта «Повышение уровня общественного участия в разработке приоритетов развития экологического туризма в Лахденпохском районе Республики Карелия» (грант Посольства Королевства Нидерланды).

Начиная с 2006 г. научные исследования А. А. Печникова сконцентрированы в области разработки методических подходов и математических методов, обеспечивающих доступность и удобство использования информационных научных ресурсов. В 2008–2010 гг. руководил проектом по гранту РФФИ «Вебометрические исследования научных интернет-ресурсов Российского Интернета». В 2011 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Разработка математических моделей, методов и программных средств для исследования взаимосвязей регламентируемых веб-сайтов».

В течение 2006–2007 гг. руководил проектом Яндекса «Интернет-математика 2007» (математические модели согласованного поведения малых Интернет-сообществ), а также Госконтрактом с Минэкономразвития РК «Модернизация и пополнение Интернет-коллекции минерально-сырьевой базы Республики Карелия для инвестора», являлся исполнителем по Госконтракту с Минобрнауки РФ «Разработка комплекса математических моделей, методов и программного обеспечения для управления сложными производственными процессами» в ПетрГУ (2008 г.).

А. А. Печников является автором более 120 научных трудов, в том числе книги по центральным процессорам ЭВМ. В настоящее время ведет педагогическую работу в ПетрГУ и Санкт-Петербургском университете.

А. А. Печников общительный и контактный человек, заядлый рыбак, заботливый муж, отец и дедушка.

Коллектив сотрудников ИПМИ КарНЦ РАН сердечно поздравляет юбиляра и желает ему отличного здоровья, творческого долголетия и успехов в личной жизни.

А. Д. Сорокин

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ А. А. Печникова

1978. Формирование ответа на запрос в универсальной ИПС // Проблемы системотехники и АСУ. СЗПИ. Вып. 1. С. 149–154 (соавт. А. А. Пекки.)

1983. Конечный автомат как функциональная модель информационной системы // Программирование. № 2. С. 61–68.

1984. Оптимальное размещение динамического информационного массива // Кибернетика. № 2. С. 115–117.

Finite automaton as a functional model of an information system // Programming and Computer Software. Vol. 9, N. 2. P. 95–101.

2005. Создание информационно-коммуникационной среды поддержки развития общественного участия и межмуниципальной кооперации. Петрозаводск: ЗАО «Копистар Оптима». 33 с. (соавт. В. В. Мазалов, И. В. Раковский.)

2006. Серия «Информатика: Основы и приложения». Т. 1. Центральные процессоры персональных ЭВМ. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 188 с. (соавт. Ю. А. Богоявленский, М. В. Дьяконов.)

2007. Математические модели размещения ссылок в локализованной системе Интернет-ресурсов // Системы управления и информационные технологии. № 2(28). С. 92–96.

2008. Рейтинг официальных web-сайтов университетов России и Финляндии: сравнительный анализ // Информационные ресурсы России. № 3 (103). С. 25–28. (соавт. О. Г. Илюкевич.)

О некоторых подходах к моделированию клик-сообществ // Системы управления и информационные технологии. № 3(33). С. 15–18.

Вебометрические исследования Web-сайтов университетов России // Информационные технологии. № 11. С. 74–78.

Многофункциональная программная система разработки приложений для задач раскроя материалов и комплектования изделий // Автоматизация и современные технологии. № 11. С. 10–14. (соавт. В. А. Кузнецов, А. И. Шабаев.)

2009. Разработка инструментов для вебометрических исследований гиперссылок научных сайтов // Вычислительные технологии. Т. 14, № 5. С. 66–78. (соавт. Н. Б. Луговая, Ю. В. Чуйко, И. Э. Косинец.)

2010. Методы исследования регламентируемых тематических фрагментов Web // Труды Института системного анализа Российской академии наук. Серия: Прикладные проблемы управления макросистемами. Т. 59. С. 134–145.

2011. Исследование взаимосвязей между веб-сайтами научных библиотек университетов России // Дистанционное и виртуальное обучение. № 7. С. 13–24.

2012. Адаптивный краулер для поиска и сбора внешних гиперссылок // Управление большими системами. Вып. 36. М.: ИПУ РАН. С. 301–315. (соавт. Д. И. Чернобровкин.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 132–133

АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ СОКОЛОВ

(к 60-летию со дня рождения)



Соколов Андрей Владимирович родился 29 мая 1952 г. в г. Петрозаводске. После окончания средней школы № 30 в 1969 г. поступил в Петрозаводский госуниверситет на физико-математический факультет, а в 1972 г. был направлен для продолжения обучения на факультет прикладной математики – процессов управления Ленинградского госуниверситета, который закончил в 1974 г. В 1974–1975 гг. проходил службу в рядах Советской Армии. После окончания военной службы в 1975 г. стажировался в Ленинградском госуниверситете, затем учился там же в аспирантуре в 1976–1979 гг. С 1979 г. преподает в Петрозаводском государственном университете.

В 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 2006 г. – докторскую диссертацию в диссертационном совете математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета по теме: «Математические модели и алгоритмы оптимального управления динамическими структурами данных». В 2000 г. А. В. Соколов был избран по конкурсу старшим научным сотрудником института прикладных математических исследований (ИПМИ) КарНЦ РАН, а с 2007 г. – ведущим научным сотрудником.

А. В. Соколов является высококвалифицированным специалистом в области теоретической информатики. Сфера его научных интересов – математические модели и алгоритмы оптимального управления динамическими структурами данных. А. В. Соколов – автор и соавтор более 90 научных работ.

В научных работах А. В. Соколова содержатся результаты, представляющие теоретический и практический интерес для разработки программных и аппаратных комплексов, требующих динамического распределения памяти.

А. В. Соколов является членом Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН, членом редакционной коллегии научного периодического издания «Стохастическая оптимизация в информатике», издающегося в Санкт-Петербургском университете, членом редакционной коллегии журнала «Математическое моделирование и информационные технологии», издающегося в ИПМИ КарНЦ РАН, экспертом РФФИ по направлению «Математика, механика, информатика». Был членом специализированного совета по защите кандидатских диссертаций при ИПМИ КарНЦ РАН. Выступал в качестве рецензента ряда научных работ, был оппонентом на защите кандидатских и докторских диссертаций. Руководил рядом госбюджетных тем ИПМИ КарНЦ РАН и 5 грантами РФФИ.

В настоящее время руководит грантом РФФИ № 12-01-00253-а «Математические модели и параллельные алгоритмы оптимального управления динамическими структурами данных». Доцент по кафедре информатики и математического обеспечения ПетрГУ с 1992 г., доцент по специальности «Дискретная математика и математическая кибернетика» с 2005 г., профессор по кафедре информатики и математического обеспечения ПетрГУ с 2009 г.

В настоящее время А. В. Соколов работает по совместительству профессором кафедры информатики и математического обеспечения ПетрГУ. Стаж педагогической работы в Петрозаводском университете составляет 33 года. Читает лекционные курсы по дисциплинам: «Информатика. Структуры данных»; «Языки и методы программирования (C++)»; «Введение в параллельные вычисления»; «Методы и алгоритмы параллельных вычислений». Являлся инициатором введения в учебный процесс ПетрГУ курсов по языкам программирования Паскаль, C++, Java и по технологиям параллельного программирования. Руководит курсовыми, дипломными работами и магистерскими диссертациями студентов математического факультета ПетрГУ.

А. В. Соколов также работает по совместительству профессором кафедры прикладной информатики Петрозаводского филиала Московского Института международного права и экономики им. А. С. Грибоедова.

Избирался членом профкома ПетрГУ и членом ОКП КарНЦ.

В разные годы А. В. Соколов работал председателем ГЭК в Карельском педагогическом институте и в Петрозаводском университете. В 1991 г. председатель жюри городской и республиканской школьных олимпиад по программированию и председатель предметной комиссии по математике и информатике на вступительных экзаменах в ПетрГУ. Прошел научные стажировки в Ленинградском, Московском и Люблинском (Польша) университетах.

А. В. Соколов – высококвалифицированный специалист в области теоретической информатики, опытный педагог, ведущий ученый. Под его руководством защищено 2 кандидатские диссертации.

А. В. Соколов руководит научным семинаром «Теоретическая информатика» для студентов, аспирантов и научных работников. Возглавляемый им коллектив научных работников успешно работает по его научной тематике.

Коллектив сотрудников ИПМИ КарНЦ РАН сердечно поздравляет юбиляра и желает ему крепкого здоровья и творческих успехов в научной деятельности.

В. Т. Вдовицын

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

А. В. Соколова

1986. Оценка эффективности методов динамического распределения нестраничной памяти // Программирование. № 5. С. 65–71.

2001. Mathematical Models and Optimal Algorithms of Dynamic Data Structure Control. Fundamental of Computation Theory // 13th International Symposium. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2138. Springer-Verlag. P. 416–419. On the problem of optimal stack control. Probabalistic methods in discrete mathematics: Proceedings of the Fifth International Conference. Utrecht, Netherlands: VSP. P. 351–366. (соавт. A. A. Lemetti.)

2002. Математические модели и алгоритмы оптимального управления динамическими структурами данных (монография). Петрозаводск: Изд-во ПГУ. 215 с.

Optimization strategies of stack control. Chapter 22 // Recent Advances in Java Technology. Theory, Application, Implementation. Intermediate Reprezentation Engineering. Computer Science Press, Trinity College, Dublin. P. 151–156.

2004. Исследование немарковской модели управления стеком в двухуровневой памяти. Программирование. № 1. С. 1–10. (соавт. Е. А. Аксенова, А. А. Лазутина.)

2007. Оптимальное управление двумя параллельными стеками в двухуровневой памяти // Дискретная математика. № 1. С. 67–75. (соавт. Е. А. Аксенова.)

2009. Оптимальное управление n FIFO-очередями на бесконечном времени // Информационно-управляющие системы. № 6. С. 46–54. (соавт. Е. А. Аксенова, А. В. Драц.)

Анализ некоторых методов размещения в памяти очереди с n приоритетами // Стохастическая оптимизация в информатике. Вып. 5. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета. С. 115–121. (соавт. А. В. Драц.)

Математические модели оптимального управления динамическими структурами данных // Математические машины и системы. № 1. С. 144–149. (соавт. Е. А. Аксенова.)

2012. Оптимальное разбиение общей памяти для двух последовательных циклических FIFO-очередей // Прикладная информатика. № 4 (40). С. 113–125. (соавт. Н. В. Каблукова.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 134–135

ВЛАДИМИР ТРОФИМОВИЧ ВДОВИЦЫН

(к 60-летию со дня рождения)



Вдовицын Владимир Трофимович родился 13 мая 1952 г. в г. Петрозаводске. После окончания средней школы № 9 в 1969 г. поступил в Петрозаводский госуниверситет на физико-математический факультет, а в 1972 г. был переведен на 4 курс факультета прикладной математики – процессов управления Ленинградского госуниверситета. После окончания учебы в 1974 г. стажировался в Ленинградском госуниверситете, а затем учился там же в аспирантуре в 1975–1978 гг. После окончания аспирантуры вернулся в ПетрГУ, где трудился с 1978 по 1981 гг. в должности преподавателя на кафедре математического анализа. В 1981 г. В. Т. Вдовицын по конкурсу был принят в Отдел математических методов автоматизации научных исследований и проектирования на должность младшего научного сотрудника. В 1986 г. был избран на должность заведующего лабораторией программных средств автоматизации (с 1998 г. переименована в лабораторию информационных компьютерных технологий), которой он руководит по настоящее время. В 1987 г. защитил диссертацию, ему присвоена степень кандидата физико-математических наук, а в 1998 г. присвоено звание доцента по кафедре информатики и математического обеспечения математического факультета ПетрГУ. В 2007 г. В. Т. Вдовицын перешел на работу в аппарат Президиума КарНЦ РАН, сначала на должность и.о. Главного ученого секретаря, а с марта 2009 г. и по настоящее время работает в должности заместителя председателя КарНЦ РАН по научной работе.

В. Т. Вдовицын является высококвалифицированным специалистом в области информационных технологий и вычислительных систем. Его научные интересы связаны с исследованием и разработкой распределенных информационных систем для поддержки научных исследований. Является автором более 100 научных работ.

Под его руководством создан ряд информационных систем, в том числе банк данных (БД) «Наследие» (совместно с государственным музеем-заповедником «Кижи»), Web-сервер КарНЦ РАН (в дальнейшем портал), БД по топонимии Европейского Севера России (совместно с ИЯЛИ КарНЦ РАН), БД по водно-экологическим ресурсам Республики Карелия (совместно с ИВПС КарНЦ РАН) и др.

В период с 2001–2011 гг. помимо бюджетных тем НИР являлся руководителем и исполнителем ряда проектов, поддержанных грантами РФФИ, РГНФ, Отделения математических наук РАН и др., руководил и принимал

участие (совместно с сотрудниками институтов КарНЦ РАН) в разработке информационных систем, включая: информационную систему в области топонимии; электронный архив фольклорной фонотеки ИЯЛИ КарНЦ РАН; электронную библиотеку научных информационных ресурсов КарНЦ РАН; информационно-аналитическую систему «Природные ресурсы Карелии» и др. Практические результаты работ В. Т. Вдовицына использовались для информационной поддержки исследований ряда институтов КарНЦ РАН, а также Министерства экономического развития Республики Карелия. Он принимал участие в разработке республиканской целевой программы «Информатизация Республики Карелия».

В настоящее время В. Т. Вдовицын ведет большую научно-организационную работу. Как заместитель председателя КарНЦ РАН по научной работе курирует работу ряда отделов и служб аппарата Президиума и подразделений при Президиуме КарНЦ РАН, руководит работой Научно-технического совета по телекоммуникациям, является членом Комиссии по Уставу КарНЦ РАН. Помимо этого он является членом Комиссии по развитию информационного общества и формированию электронного Правительства в РК; членом Президиума КарНЦ РАН, Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН; входит в состав Редакционного совета «Трудов КарНЦ РАН» и редколлегии серии «Математическое моделирование и информационные технологии»; экспертом РФФИ по направлению «Инфокоммуникационные технологии и вычислительные системы».

В. Т. Вдовицын уделяет внимание подготовке кадров, с 1981 г. работает по совместительству на математическом факультете ПетрГУ в должности доцента. С 2005 г. руководит филиалом кафедры информатики и математического обеспечения математического факультета ПетрГУ в ИПМИ КарНЦ РАН, в разные годы читал ряд общих и специальных курсов в области программирования, создания информационных систем с базами данных и знаний студентам математического факультета ПетрГУ, осуществлял руководство курсовыми и дипломными работами, магистерскими диссертациями.

За успехи в научной и научно-организационной деятельности В. Т. Вдовицын награжден Почетной грамотой Республики Карелия, Почетной грамотой Президиума РАН и профсоюза работников РАН.

Владимира Трофимовича отличают большая трудоспособность, инициативность и высокая ответственность, бескорыстие и дружелюбие, готовность оказать посильную помощь и поддержку коллегам по работе и хорошим знакомым. Он до сих пор сохраняет дружеские чувства к студенческим однокашникам. Пользуется уважением коллег, любит природу, заядлый рыбак и грибник. Коллектив сотрудников ИПМИ КарНЦ РАН сердечно поздравляет юбиляра и желает ему крепкого здоровья, творческих успехов в научной деятельности и не терять интереса к своим увлечениям.

А. Д. Сорокин

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ В. Т. Вдовицына

2010. Информационно-аналитическая система поддержки и сопровождения исследований природных ресурсов региона // Труды XII Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL-2010. Казань. 13–16 октября 2010 г. С. 529–534. (соавт. А. Ф. Титов, В. А. Лебедев и др.)

Онтологическое моделирование контента электронной библиотеки КарНЦ РАН // Труды КарНЦ РАН. Вып. 1. Серия Математическое моделирование и информационные технологии. С. 11–19. (соавт. В. А. Лебедев.)

Проблематика технологий электронных библиотек на XI Всероссийской научной конференции RCDL'2009 // Вестник РФФИ. № 1. (соавт. Л. А. Калиниченко, М. Р. Когаловский и др.)

Технологии систематизации и поиска электронной научной информации с применением онтологий // Информационные ресурсы России. № 5. С. 6–10. (соавт. В. А. Лебедев.)

2011. Оценка эффективности технологий систематизации и поиска электронной научной информации в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Труды 13 Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2011. Воронеж, Россия, 19–22 октября 2011 г. С. 309–316. (соавт. В. А. Лебедев.)

2012. Технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Информационные ресурсы России. № 1. С. 7–12. (соавт. В. А. Лебедев.)

Труды Карельского научного центра РАН
№ 5. 2012. С. 136–137

ВАЛЕРИЙ ДМИТРИЕВИЧ КУКИН

(к 70-летию со дня рождения)



Кукин Валерий Дмитриевич родился 26 февраля 1942 г. в г. Вязники Владимирской области в семье лётчика и учительницы. Закончив среднюю школу с золотой медалью, поступил в Горьковский университет им. Н. И. Лобачевского на механико-математический факультет. Вузовская специализация – теория функций комплексного переменного. После окончания университета с 1966 г. работает по специальности (математик), стаж научной работы 46 лет, из них 6 лет в Карельском институте лесной промышленности, остальные (и самые плодотворные) 40 лет в Карельском филиале АН СССР.

За время работы на научном поприще В. Д. Кукин разработал ряд математических моделей и их программных реализаций, среди них: имитационная модель производственного процесса лесозаготовительного предприятия; модель оптимальной расстановки опор для раскряжевки хлыстов; модель дискретной сортировки твердых пород по размерам фракций и методика ее оптимизации; имитационная модель динамики взаимодействия тяговых механизмов с грунтом для обоснования параметров проектируемых машин. В течение ряда лет участвовал в полевых исследованиях на лесных дорогах Карелии с целью определения нормативных данных для автоматизации проектирования сетей дорог низких категорий. Принимал участие в постановке и решении на ЭВМ задач прикладного содержания для Института биологии КарНЦ РАН. В частности, была построена регрессионная имитационная модель свето- и газообмена для парниковых культур. Под руководством Г. А. Борисова принимал участие в разработке систем автоматизированного проектирования осушительных каналов и сетей лесовозных дорог. Позднее совместно с В. И. Кузиной разработаны: модель очередности освоения больших лесосырьевых баз для новых экономических условий в России; модель транспортной сети, метод ее оптимизации и программное обеспечение на основе решения потоковой задачи Штейнера.

Основные направления научных исследований В. Д. Кукина лежат в области моделирования поисковых процессов, дискретной оптимизации. Получены важные результаты в алгоритмическом решении потоковой задачи Штейнера. Разработанные методы применялись для оптимизации коммуникационных сетей (дорог и линий электропередачи) на стадии проектирования. В последние годы созданы: эволюционный метод решения потоковой задачи Штейнера; способ кодирования топологии дерева; генетические операторы; композитный алгоритм. В этой разработке применяется не имеющий аналогов алгоритм

исчерпывающего и неизбыточного перебора полных топологий.

В. Д. Кукин читал лекции по теории массового обслуживания студентам ПетрГУ, неоднократно был руководителем производственной практики и дипломных работ. Совместно с В. И. Кузиной подготовил серию справочно-методических пособий для пользователей ПК (текстовый процессор «Лексикон», MS-DOS версий 3.30, 5.0, 6.2–6.22) и проводил соответствующие практические занятия с сотрудниками филиала АН СССР. На протяжении всех лет учебы и работы В. Д. Кукин активно участвовал в общественной жизни. Со школьных лет руководил выпуском стенгазет и фотомонтажей, готовил тематические выпуски, посвященные великим композиторам, проводил музыкальные лекции и литературные викторины. Юбиляр был организатором соревнований отдела / института по настольному теннису, выступал в командных соревнованиях различного уровня (до всесоюзных Академиад), а также в личных — городских и республиканских.

Перечислим хобби юбиляра. Спорт: туризм, настольный теннис. Музыка: закончил музыкальную школу по классу фортепиано. Литературоведение: личная библиотека насчитывает свыше 3000 томов. Фотография. Филателия. Всю сознательную жизнь юбиляр ведет Дневник.

В. Д. Кукин награжден Почетной Грамотой Президиума РАН и профсоюза работников РАН. В списке трудов более 50 печатных работ, наиболее интересные приведены ниже.

Г. А. Борисов, Ю. В. Заика

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

В. Д. Кукина

1971. К вопросу исследования управления лесозаготовительным процессом // Применение мат. методов и вычислит. техники в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Петрозаводск. (соавт. Г. А. Борисов.)

1979. Влияние ходовых органов машинно-тракторных агрегатов на почву // Вопросы теории машин и механизации с.-х. производства Северо-Запада РСФСР. Петрозаводск. (соавт. В. Н. Петров, Н. Н. Свиридов.)

1980. Конструирование полных топологий в задачах проектирования сетей // Материалы Всесоюзного симпозиума по оптимизации конструкторских и проектных решений. Йошкар-Ола. (соавт. Л. В. Тяглик.)

1984. Локальная оптимизация лесотранспортной сети с помощью аналога задачи Штейнера // Системы автоматизир. проектирования лесотранспорта и мелиорации. Петрозаводск.

1989. Задача Штейнера-Вебера на сети. Оптимизация фрагментов // Методы автоматизир. проектирования транспортных сетей. Петрозаводск. С. 19–24.

Команды MS-DOS. Справочное пособие. Петрозаводск. 310 с. (соавт. В. И. Кузина.)

1994. Задача Штейнера и методика проектирования лесотранспортных сетей // Отдел МАД. Сб. трудов. Вып. 1. Петрозаводск. С. 71–81. (соавт. В. И.Кузина.)

1999. Реализация концепции очерёдности освоения лесосырьевой базы в системе STEIN // Труды ИПМИ КарНЦ РАН. Вып. 1. Петрозаводск. С. 169–174. (соавт. В. И. Кузина.)

Оценка эффективности инвестиций в освоение лесосырьвой базы // Труды ИПМИ КарНЦ РАН. Вып. 1. Петрозаводск. С. 175–180. (соавт. В. И. Кузина.)

2000. Методика решения задачи Штейнера с потоками и весами // Труды ИПМИ КарНЦ РАН. Вып.2. Петрозаводск. С. 143–150. (соавт. В. И. Кузина.)

2001. Методы поиска наивыгоднейшего варианта сети лесовозных дорог // Лесной журнал. № 3. С. 63–70. (соавт. Г. А. Борисов, В. И. Кузина.)

2007. О приложении методов эволюционного моделирования к потоковой задаче Штейнера // Труды ИПМИ КарНЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск. С. 120–130.

2008. Эволюционная модель для задачи Штейнера с потоками и зависящими от них весами // Известия РАН. Теория и системы управления. № 3. С. 125–132.

2009. Об оптимизации параметров лесотранспортных сетей в современных условиях // Лесной журнал. № 1. С. 60–65. (соавт. Г. А. Борисов.)

2010. Генетические операторы эволюционной модели для потоковой задачи Штейнера // Известия РАН. Теория и системы управления. № 2. С. 74–80.

2012. Эволюционный алгоритм оптимизации распределительной электрической сети // Ученые записки ПетрГУ. Петрозаводск. С. 67–70 (соавт. Г. А. Борисов.)

Оптимизация конфигурации распределительных сетей // Электричество. № 4. С. 14–18. (соавт. Г. А. Борисов.)

ПРИЛОЖЕНИЕ
http://transactions.krc.karelia.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Серия «Математическое моделирование и информационные технологии»

(требования к работам, представляемым к публикации в
«Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегии серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы «Анкеты» и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия «Анкеты» и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее, чем через месяц после получения рецензии.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон: (8142) 780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН, аннотации и полнотекстовые электронные варианты статей, а также другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте – http://transactions.krc.karelia.ru.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) не должен превышать: для обзорных статей – 30 страниц, для оригинальных – 25, для сообщений – 15, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи. Рукописи большего объема (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

Рукописи присылаются в электронном виде, а также в двух экземплярах, напечатанных на одной стороне листа формата А4. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ. ЛИТЕРАТУРА); благодарности; литература (с новой страницы).

Дополнительные сведения об авторах: фамилия, имя, отчество всех авторов полностью на русском и английском языке; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и анг-

лийском языке; должности авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи и содержать не более 8–10 значащих слов.

АННОТАЦИЯ должна быть лишена вводных фраз, содержать только главную информацию статьи, не превышать объем – 15 строк.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой, в конце фразы ставится точка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ должны содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во Введении. Ссылки на литературу в тексте даются номерами в квадратных скобках.

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения – названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

ЛИТЕРАТУРА. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

Электронные версии статей выпусков серии «Математическое моделирование и информационные технологии» принимаются в формате .tex (LaTex 2ε) с использованием стилевого файла, который вместе с примером находится по адресу http://transactions.krc.karelia.ru/section.php?id=755.

TABLE OF CONTENTS

Preface 3

A. I. Borodin, I. S. Kulakova. MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF FINANCIAL STABILITY OF AN ENTERPRISE EXPOSED TO RISKS 4

A. V. Borodina, E. V. Morozov. COMPARISON OF TWO QUEUING SYSTEM EFFECTIVE BANDWIDTH ESTIMATES 8

M. E. Galakhova, A. N. Kirillov. THE LINEAR VARIABLE STRUCTURE SYSTEM CONTROL 18

Yu. V. Zaika, E. K. Kostikova. MODELING OF HYDROGEN PERMEABILITY THROUGH PROTECTIVE COATING DEFECT 22

A. A. Ivashko. MAXIMIZATION OF SUCCESS PROBABILITY IN THE OPTIMAL DOUBLE STOPPING PROBLEM FOR AN URN SCHEME 33

V. V. Kornikov, N. V. Hovanov, M. S. Yudaeva. MULTIPLE CRITERIA CLASSIFICATION UNDER DEFICIENCY OF NUMERIC INFORMATION 38

A. V. Lasunsky. ON THE PERIOD OF SOLUTIONS OF A DISCRETE PERIODIC LOGISTIC EQUATION 44

M. M. Leri. ON ROBUSTNESS OF POWER-LAW RANDOM GRAPHS 49

O. V. Lukashenko, E. V. Morozov, M. Pagano. PERFORMANCE ANALYSIS OF BRIDGE MONTE-CARLO ESTIMATOR 54

V. V. Mazalov, Yu. S. Tokareva. REPUTATION OF ARBITRATORS IN BARGAINING MODELS 61

E. V. Morozov, R. S. Nekrasova. A RETRIAL QUEUEING SYSTEM: ESTIMATION OF THE BLOCKING PROBABILITY IN A FINITE TIME INTERVAL 68

Yu. L. Pavlov. ON LIMIT DISTRIBUTIONS OF VERTEX DEGREES IN CONDITIONAL CONFIGURATION RANDOM GRAPH 78

Yu. L. Pavlov, E. V. Khvorostyanskaya. WHETHER A TREE WILL BURN IN A FIRE IN RANDOM FOREST? 89

A. L. Rabinovich, A. P. Lyubartsev. BOND ORIENTATION PROPERTIES OF LIPID MOLECULES IN BILAYERS: MOLECULAR DYNAMICS SIMULATIONS 94

M. V. Soldatkina. PARAMETER ESTIMATION FOR A RANDOM PERMUTATIONS MODEL 106

I. A. Cheplyukova. ON LIMIT DISTRIBUTIONS OF SOME NUMBERED CHARACTERISTICS OF INTERNET GRAPHS 110

A. V. Shchiptsova. LOCATION-PRICE GAME IN THE MARKET OF TWO PRODUCTS 122

CHRONICLE

M. M. Leri, Yu. L. Pavlov. VIII International Petrozavodsk conference «Probability Methods in Discrete Mathematics» and XIII All-Russian Symposium in Applied and Industrial Mathematics (summer session) 127

Yu. V. Chirkova. International workshop «Networking Games and Management» 128

DATES AND ANNIVERSARIES

A. D. Sorokin. Andrey Anatolievich Pechnikov (on the 60th anniversary) 130

V. T. Vdovitsyn. Andrey Vladimirovich Sokolov (on the 60th anniversary) 132

A. D. Sorokin. Vladimir Trofimovich Vdovitsyn (on the 60th anniversary) 134

G. A. Borisov, Yu. V. Zaika. Valery Dmitrievich Kukin (on the 70th anniversary) 136

INSTRUCTIONS FOP AUTHORS 138

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук

№ 5, 2012

Серия МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. Вып. 3

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор М. А. Радостина
Оригинал-макет Е. Н. Спектор
Стилевой файл А. С. Румянцев

Подписано в печать 06.11.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура CMR. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 16,8. Усл. печ. л. 16,27.
Тираж 500 экз. Изд. № 333. Заказ 92

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

А. Е. Курило. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ **95**

О. К. Цапиева, Ю. Н. Сагидов. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНА (НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН) **101**

П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова. ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ **106**

Н. Г. Колесников. ПРИГРАНИЧНОСТЬ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА **115**

Т. А. Кодолова, Е. Д. Биктимирова. УПРАВЛЕНИЕ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ В УСЛОВИЯХ КОНФЛИКТА ИНТЕРЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ «КИЖСКИЙ ПОГОСТ») **123**

Г. Б. Козырева. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ) **130**

А. М. Цыпук. КОРРУПЦИЯ КАК СИСТЕМНОЕ ЯВЛЕНИЕ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ **138**

Е. Г. Немкович, А. Е. Курило. ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ **143**

О. В. Поташева, Т. А. Кодолова, С. В. Степанова. ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА **149**

А. И. Кибиткин, С. В. Петрова. ОСОБЕННОСТИ ИНЕРЦИОННОСТИ КАК СВОЙСТВА СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА **152**

Н. С. Неделько. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РЫБОПРОМЫШЛЕННОЙ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ **157**

И. В. Мелик-Гайказов, Т. А. Ковырзина, Ф. Д. Ларичкин, Ю. Г. Глущенко, В. Д. Новосельцева. ОБОСНОВАНИЕ УРОВНЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ **163**

И. В. Мелик-Гайказов, Т. А. Ковырзина, Ф. Д. Ларичкин, В. И. Белобородов, В. Н. Переин. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ РЕЗЕРВНОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЯ **172**

Краткие сообщения

Г. В. Гиенко, А. Г. Гиенко. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ **182**

В. В. Королев. АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ ДО 2014 ГОДА» **185**

В. В. Костюкевич. ВЛИЯНИЕ СЕКТОРОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА КАРЕЛИИ НА ВАЛОВОЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ **188**

Е. А. Прокопьев. О СОЗДАНИИ ЛЕСНОГО КЛАСТЕРА В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ **193**

А. С. Гучек. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ: ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ **196**

А. В. Васильева. РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЙ ДЕСТИНАЦИИ **200**

Д. Г. Шмуйло. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В МОНИТОРИНГЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ РЕГИОНА **204**

Юбилеи и даты

А. И. Шишкин. Евгений Григорьевич Немкович **208**

А. И. Шишкин. Институту экономики 15 лет **209**

Правила для авторов **211**

Подписной индекс в каталоге «Роспечать» **57397**

ТРУДЫ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. №6, 2012. Серия РЕГИОН: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ISSN 1997-3217

Труды
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 6, 2012

transactions.krc.karelia.ru

Серия РЕГИОН: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора **3**

Научные результаты

А. И. Шишкин. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ **5**

Ю. В. Савельев, А. Ф. Титов. ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОСУДАРСТВА И ОБЩЕСТВА: СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РОССИИ **11**

О. В. Толстогузов. РЕГИОН В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ **19**

М. В. Сухарев. КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛОКАЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ **29**

А. А. Шишкин. ЧЕЛОВЕК КАК СУБЪЕКТ И ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ (ГУМАНИТАРНЫЙ АСПЕКТ) **34**

Хейкки Эскелинен, Аку Аланен. МИГРАЦИЯ ИЗ РОССИИ В ВОСТОЧНУЮ ФИНЛЯНДИЮ **43**

Тимо Лаутанен. КОММЕРЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УНИВЕРСИТЕТАХ – ПРАКТИКА ВОСТОЧНОЙ ФИНЛЯНДИИ **48**

Маркку Сиппола. ЧЕРТЫ СКАНДИНАВСКОЙ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ **54**

Т. В. Морозова, С. Г. Мурина, Р. В. Белая. РЕКРЕАЦИОННАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ: ИЗМЕРЕНИЕ ТИПОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ **58**

М. Н. Рудаков. РЫНОК ТРУДА КАРЕЛИИ: ДИНАМИКА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ **68**

Е. В. Молчанова. МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ **77**

Е. А. Михель. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАРЕЛИИ **85**

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Серия РЕГИОН: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Петрозаводск
2012

Научный журнал
Труды Карельского научного центра Российской академии наук
№ 6, 2012
Серия РЕГИОН: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Scientific Journal
Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
No 6, 2012
REGION: ECONOMY AND MANAGEMENT Series

Главный редактор
А. Ф. Титов

Редакционный совет

А. М. Асхабов, В. Т. Вдовицын, Т. Вихавайнен, А. В. Воронин, С. П. Гриппа, Э. В. Ивантер, А. С. Исаев, В. Т. Калинников, В. И. Крутов, А. М. Крышень (зам. главного редактора), Е. В. Кудряшова, В. В. Мазалов, Ф. П. Митрофанов, И. И. Муллонен, Н. Н. Немова, В. В. Окрепилов, О. Н. Пугачев, Ю. В. Савельев, Н. Н. Филатов, А. И. Шишкин, В. В. Щипцов

Editor-in-Chief
A. F. Titov

Editorial Council

A. M. Askhabov, V. T. Vdovitsyn, T. Vihavainen, A. V. Voronin, S. P. Grippa, E. V. Ivanter, A. S. Isaev, V. T. Kalinnikov, V. I. Krutov, A. M. Kryshen' (Deputy Editor), E. V. Kudryashova, V. V. Mazalov, F. P. Mitrofanov, I. I. Mullonen, N. N. Nemova, V. V. Okrepilov, O. N. Pugachyov, Yu. V. Saveliev, N. N. Filatov, A. I. Shishkin, V. V. Shchiptsov

Редакционная коллегия серии «Регион: экономика и управление»

П. В. Дружинин, Е. В. Жирнель (отв. секретарь), Г. Б. Козырева, С. В. Кузнецов, В. Н. Лаженцев, Ф. Д. Ларичкин, О. В. Толстогузов, А. И. Шишкин (отв. редактор), А. М. Цыпук

Editorial Board of the «Region: Economy and Management» Series

P. V. Druzhinin, E. V. Zhirnel (Deputy Editor-in-Charge), G. B. Kozyreva, S. V. Kuznetsov, V. N. Lazhentsev, F. D. Larichkin, O. V. Tolstoguzov, A. I. Shishkin (Editor-in-Charge), A. M. Tsypuk

ISSN 1997-3217

Зав. редакцией Н. В. Михайлова
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)780109; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: http://transactions.krc.karelia.ru

---

© Карельский научный центр РАН, 2012

От редактора

Экономические исследования прежде всего ориентированы на раскрытие закономерностей развития общества в условиях определенной общественно-политической формации при определенном уровне развития производительных сил. В силу этого экономика неразрывно связана с управлением. Изучение современных экономических концепций и теорий позволяет сделать вывод о сформировавшемся многообразии подходов к объяснению общественных процессов и разработке их регуляторов на всех уровнях управления.

Современные экономические теории зачастую формируются в условиях заимствования и широкого применения научных методов из смежных научных дисциплин. Тем не менее, при имеющихся значительных возможностях для прогнозирования социально-экономических процессов, практика научной работы в сфере управления экономическими и социальными процессами убедительно показывает, что получаемые результаты очень часто бывают в значительной степени неопределенными. Как на мировое, так и на страновые сообщества существенное влияние оказывают факторы, которые, зачастую, не поддаются прогнозированию, создавая условия для периодов кратковременной нестабильности и цикличности.

Настоящий период развития экономической науки в России характеризуется не только активно идущим междисциплинарным синтезом, но и одновременно существенной диверсификацией исследований в методологическом плане. В этих условиях большое значение приобретают региональные экономические исследования, поскольку регионы во многом формируют особенности и специфику российской экономики. Сегодня на региональном уровне идет активный поиск новой теоретической платформы, новой парадигмы управления экономическими и социальными процессами, происходящими в регионе. Особое значение в этом плане имеют приграничные регионы, которые, по сути, сегодня выполняют роль неких «краевых активных зон», обеспечивающих вхождение российской экономики в систему мирохозяйственных связей.

Для изучения всего многообразия социально-экономических процессов, происходящих на уровне региона и муниципального образования, необходим синтез различных методологических подходов и методов исследования, предполагающий учет пространственного, институционального и других аспектов.

Последний глобальный финансово-экономический кризис и процесс становления «новой» экономики актуализировали необходимость решения задачи выработки эффективной модели управления развитием российских периферийных регионов (особенно приграничных регионов, которые в значительной степени уже интегрированы в мировую экономику).

Необходимо подчеркнуть, что современная экономическая ситуация обозначила вопрос несоответствия применяемых методов и инструментов управления социально-экономическими процессами в регионе новым вызовам, поставив задачу управления социально-экономическим развитием регионов не на основе вовлечения их природных ресурсов (так называемых первичных факторов) в хозяйственный оборот, а на основе использования вторичных факторов и поддержания открытости экономики. Глобальный финансово-экономический кризис не только наглядно продемонстрировал негативное влияние неустойчивости рыночной конъюнктуры на развитие приграничных регионов, что выразилось в их существенном экономическом

спаде, но и показал то, что мы крайне недостаточно используем свой имеющийся потенциал – потенциал трансграничного сотрудничества и внутренний потребительский потенциал.

Очевидно, что новая роль регионов (особенно приграничных) в мировой и национальной экономике, вопросы пространственного развития и трансграничного сотрудничества должны стать главным предметом исследования российской региональной экономической науки.

Ответственный редактор
профессор А. И. Шишкин

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 5–10

НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

УДК 332.02: 332.05: 338.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

А. И. Шишкин

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Термин «modern» (от латинского modernus) звучит с начала XVI столетия, когда у европейцев впервые возникает ощущение выхода из дикости средневековья в эпоху Возрождения

Взгляд на историю процессов в России позволяет выявить их специфику, основные трудности на всех этапах развития и сделать попытку оценки результативности происходящих модернизационных процессов на рубеже двух тысячелетий. Подход с позиции вероятности экономических процессов в рамках государственных систем и роста сложности позволяет автору обосновать необходимость формирования гражданственности в обществе, как основы эффективного партнерства власти с бизнесом и с общественностью.

Ключевые слова: модернизация, реформация, догоняющее развитие, философия нестабильности, цикличность времени, продуктивный оптимизм, деспотии, этика, капитализм, постиндустриальное общество, двойственность поведения власти.

A. I. Shishkin. MODERNIZATION OF THE SOCIETY IN THE CONTEXT OF SOCIO-ECONOMIC MANAGEMENT

By scrutinizing the history of processes that have taken place in Russia one can identify their distinctive characteristics and major difficulties at all developmental stages, and try to assess the effectiveness of the ongoing modernization processes at the interface of the two millennia. The approach based on the probability of economic processes within certain state systems and growing complexity has let the author substantiate the need to form the civil society as the ground for efficient partnership between the state, business and people.

Key words: modernization, reformation, catching up development, philosophy of instability, time cycles, productive optimism, tyrannies, ethics, capitalism, postindustrial society, duality of the government behaviour.

Представления об исторических процессах развития сложились у философов в давние времена и не отличаются разнообразием (*прогресс, регресс*). Только XX в. добавил к ним динамику и все усложнил вероятностными факторами развития (колебаниями – кризисами).

Сегодня это в науке нашло понимание как философия нестабильности [Васильева, 2009]. Признание регресса означает, что люди стали не те (*моральные качества и способности падают*), что все хорошее – в легендарном прошлом. Это идея античности и основа всех религий (*христианства, иудаизма и ислама*). Такой подход к процессам порождает иррациональный пессимизм и рациональную ложь *о потусторонней счастливой жизни*.

Цикличность времени – это представление о времени на основе природного круговорота. За летом осень, за осенью зима (затухание жизни, но солнце вернется, и возродится жизнь, и так будет всегда). В итоге – все предопределено, все возвращается на круги своя. В законе мироздания сказано: «Что было, то станет». Попытки изменить общество – не дают результатов, более того, вредны. Остается избегать изменений, новшеств. Это и есть воинствующий пессимизм (*основа фундаментализма в XIII в.*).

Модерн как понятие основан на осознании прогресса: весь мир развивается и более того, развивается с ускорением. Все сегодня становится лучше, чем вчера. Это **продуктивный оптимизм.** Герой Высоцкого заявляет (*фильм «Про то, как царь Петр арапа женил»*): «Мы же цивилизованные люди, в восемнадцатом веке живем!..».

До XX в. все инновации носили очаговый характер и, серьезно раздражая, контролировались религией. Ватикан осудил Галилео и сжег Джордано Бруно на площади Цветов. У религии была своя логика: *если наша Земля не центр мироздания, если миров множество, то чем объяснить единство иерархии, на вершине которой находится Римский Папа?*

Вместе с тем далеко не основное достижение Галилея (телескоп) нашло массовое применение. Подзорными трубами первыми снабдили артиллеристов прагматики-лютеране (шведы). Жизнь в течение 2–3 столетий доказала церкви, что игнорировать новшества означает потерять власть или проиграть войну. Китайцы изобрели компас, порох, бумагу и бумажные деньги. Арабы создали науку о химических процессах, заимствовали у индийцев и затем передали европейцам современные цифры. Славяне в преддверии капитализма изобрели массу новшеств, чего римлянам *с их рабским трудом* не было нужно (*подъемный кран и ручную тачку с колесом, при помощи которых возводились и готические замки в Европе*). Варварам удалось придумать стремена и прочно сесть на коня (*римляне не знали стремян*), создать доспехи рыцаря и покорить Европу. Монголы, увеличив скорость передачи информации и перемещения войск (*пересадка в пути на запасную лошадь*), покорили полмира.

Теория модернизации возникла в США после победы 1945 г. над фашизмом. И сразу проявились проблемы с традиционализмом. Но теория стала успешно распространяться в США и Европе. В 1950–1960-е гг. сформировались основы первого этапа теории модернизации: *социальные и экономические изменения являются однолинейными, неразвитые страны должны пройти тот же путь, что прошли развитые, изменения необратимы и неизбежно ведут процесс развития к модернизации, изменения имеют накопительный, постоянный характер, все стадии обязательны и, более того, последовательны.*

В 1964 г. теория модернизации существенно подверглась критике в Израиле [Eisenstadt, 1964], были выявлены серьезные отличия американского капитализма от европейского и тем более от азиатского. Это в последующем позволило говорить о множестве современностей, следовательно, о множестве вариантов модернизации. Лидерство США следует признавать только как один из возможных путей в решении вопросов модернизации. Более того, сегодня все чаще раздаются голоса о том, что теория модернизации неспособна вывести отсталые страны (страны «третьего мира») из отсталости, если они интеллектуально зависимы. На первое место в движущей силе модернизации вышел человеческий капитал (*уровень образования, значимость культуры и религии*).

Впервые об этом достаточно уверенно заявил Макс Вебер (1864–1920 гг.) [Избранные произведения, 1990], говоря о роли экономического человека в модернизации экономики, понимал всю сложность исторических процессов (их многомерность и многоуровненность), вероятностный характер их развития и зависящий от множества факторов. В 1970-е гг. началось сближение точек зрения о модернизации, сближение между «первым» и «вторым» мирами, которое получило название «разрядка». Это создало предпосылки для теории конвергенции [Сахаров, 1990].

Немецкий подход к модернизации по Кольберу[1], который, докладывая Людовику XIV, что у голландцев семнадцать тысяч кораблей, восторгался тем, как эта кучка прижимистых кальвинистов смогла на болоте, без корабельной сосны и без множества других ресурсов, соз-

[1] Жан-Батист Кольбер в 1665–1693 гг. министр финансов Франции.

дать флот и захватить мировую торговлю. О том, что они поставили сборку кораблей на поток (*за 500 лет до Г. Форда*). Корабли можно было использовать в бою, но голландцы предпочитали другое «оружие» – знания и профессионализм в работе с деньгами, которые стали зарабатывать на транспортных услугах от Японии до Архангельска. Кольбера следует признать создателем теории догоняющего развития государства. При нем Франция с пышным дворянством после изгнания протестантов-гугенотов (*в основном предпринимателей*), безуспешно стала догонять Голландию. *Результат был плачевным, даже гроб Кольбера на его похоронах пришлось ограждать от возмущенных французов, несогласных с его реформами.*

И в реформируемой России было мало тех, кто оплакивал смерть Витте и Столыпина. Все догоняющие модернизации авторитарны и сопровождаются массовыми страданиями в бедности (*затянем пояса сегодня, завтра будем сыты и одеты*…). И дело не в больших налогах, которые возрастают при модернизации, а в том, как и на что они расходуются.

Модернизация – это не реформы, это в первую очередь реформация (*развитие культуры, образования и науки*), это развитие личности и в первую очередь трех составляющих капитала личности (*здоровье, образование и собственность*)[1].

Капитализм, как и социализм, начинался с революций. Восстания, войны и реформы в Голландии, Англии и Америке привели к спешной модернизации экономики, на основе особой **протестантской этики** и устойчивой политической структуры общества, на основе этических норм. Преодолев «деспотизм», общество этих стран (*его составляющие: классы, сословия и национальности*) созрело для сотрудничества.

В 1992 г. в России медленно, но идет формирование триумвирата «Власть – Бизнес – Труд[2]». Силы трех актеров первоначально были в конце прошлого столетия крайне неравны, но идет выравнивание, начинается диалог, в ряде случаев зарождается партнерство и в этом фактор развития России. Для успеха недостает понимания большинством россиян сути происходящих процессов – *фундамента гражданского согласия.* Господствующий сегодня в науке либеральный идеал модернизации – создание общества гражданской свободы – упрощает понимание, но при этом затеняет то, что Россия уже трижды принципиально модернизировалась. Трижды выходила в лидеры в мировом сообществе (Иван Грозный, Петр I, И. Сталин). Но это были успехи тоталитарного пути развития.

Времена изменились: произошли техническая и информационная революции, колоссально возросла производительность труда, скорость перемещения в пространстве товаров и труда, почти стерлись границы между государствами. Тоталитарность просто не проходит даже в виде национализма и религиозного фанатизма. В динамике сложившихся трендов развития модернизация, несомненно, связана с самодисциплиной, с умением следить за средствами, за методами управления и за развитием общества во времени. Фундаментом для этих процессов является культура, этические нормы общества и особенности сложившейся ментальности в обществе. Создается этот фундамент в современных условиях наукой, культурой. И делать это нужно современными методами – без страха, принуждения и муштры[3].

Немецкие реформаторы (*Клаузевиц и др.*[4]) *из войны с Наполеоном извлекли уроки: отменили сверху крепостное право, основали Гумбольдтовский университет* (*где аттестация профессуры стала зависеть от исследовательских результатов*), *а от чиновников требовали дипломы об образовании. Пример о результативности этой модернизации: поколение спустя полковнику Сименсу было приказом предложено стать частным предпринимателем и наладить связь в германском государстве. В рамках одного поколения компания «Сименс» закладывает основы электротехнической индустрии в Японии и в Российской империи.*

Такой германский тип модернизации импонирует государственным реформаторам в странах, где амбиции власти иногда и элиты общества не находили достаточной опоры в местном капитале, который оказывался склонным к элементарному экспорту сырья и импорту предметов роскоши. Этого в свое время не избежали Швеция, Италия, Турция, Бразилия, Япония и сегодня Россия. Данный тип модернизации – это активная адаптация к условиям догоняющего развития при явно недостаточной сформированной рыночной Среде.

---

[1] Во Франции и России известно, что жизнь многочисленного дворянства обеспечивалась рентой с низкопроизводительного крестьянского труда, что создавало нищету, переходящую в бунты и революции.

[2] Под трудом подразумеваются все формирующиеся гражданские институты по защите прав личности, продающей свой труд (как капитал личности).

[3] Немцев со всей их муштрой разгромил Наполеон. Революционных французов отличали гражданское воодушевление и техническое экспериментирование.

[4] Студент Канта, генерал-майор, автор трактата «О войне» Фон Клаузевиц воевал в русской армии и даже упоминается на страницах романа «Война и мир».

Господствующий сегодня у нас в России либеральный идеал модернизации как общества гражданской свободы заслоняет, вообще-то, очевидный факт [Дерлугьян, 2010]. То, что Россия издавна типично модернизационное государство. При этом все успехи в развитии России заходили в тупик, из-за своих же успешных результатов, которые создавали новые требования к Власти, Бизнесу и Труду, а неготовность общества (*большая инертность социальных процессов*) к этим новым требованиям мешала выходу России на следующий уровень развития.

Петровскую модернизацию России все считают успешной. Видимо, сказались последствия смутного времени **Ивана Грозного**, который перенес на управление Россией турецкую модель деспотии: стрельцов-янычар, кавалерию помещиков, приказы и вседозволенность опричнины. Репрессии и колоссальные изъятия податей (налогов) власти спровоцировали катастрофический голод и бунты, которые вызвали распад государства. Десятилетия спустя распад был преодолен в отчаянной ситуации на основе консолидации общества под угрозой гибели: **горожане Поволжья добровольно обложили сами себя податями ради самообороны от грабителей: самоорганизовались и победили.**

Петровская модернизация носила организационно-правовой характер, а методы были деспотические. Россия их приняла, перетерпела и сделала колоссальный скачок, став империей с рабским трудом (*крепостничеством*) в основе. Петр I пересаживал европейские инновации абсолютистскими средствами прусских военных с разницей во времени в два поколения. И боролся не только с традициями, но и с институциональными основами предыдущего модернизационного рывка (И. Грозного): ликвидировал стрелецкое войско и «приказную систему», существенно сократил власть религии, переформировал элиту (помещиков в дворян).

Петровская модернизация (*деспотическая, догоняющего характера с благородными целями*) была успешной для России по всем экономическим и социальным параметрам. *Территория и ресурсы империи значительно выросли. Россия победила постоянных противников: поляков, шведов, персов и турок. Во второй половине XVIII в. Россия стала сверхдержавой.*

Периодами постепенной российской эволюционной модернизации были годы правления **Екатерины II и годы реформ Александра II**. Поражение в трехлетней Крымской войне (1856 г.) и внезапная смерть Николая I приоткрыли историческое окно возможностей Александру II-освободителю. Модернизация Александра II проводилась медленно, осторожно, три десятилетия. Потенциал реформ был настолько велик, что их результат мог бы вывести Россию в число ведущих стран к концу XIX столетия.

Этот исторический экскурс (*не историка, а экономиста*) сложился в стереотип долгого «запрягания – раскачивания» и «быстрой (*даже поспешной*) езды» с колоссальными усилиями воли и затратами. В результате важных, но половинчатых реформ Александра II в России возник раскол элит: на абсолютистских **консерваторов** (*отстаивающих свои привилегии на должности и доходы с поместий*) и **элиту, склонную к радикализму** – интеллигенцию, чьи современные профессиональные знания не находили ожидаемого применения[1]. Успех на любом уровне, а на геополитическом особенно, располагает властьдержащих к сохранению престижа, к устойчивости. Поэтому соратники Александра II не смогли вовремя отменить крепостничество, реформировать армию и перейти от крепостничества к капитализму, который гарантировал индустриализацию России.

Куда большее **«созидательное разрушение»** проявится в следующей третьей модернизации после 1917 г. Как обычно, революцию спровоцировало унижение консерваторов в 1905 и в 1917 гг. (*прогрессивная интеллигенция дважды брала власть*). В отличие от кадетов и от эсеров, растерявшихся перед бездной внезапно открывшихся проблем. Победой большевики обязаны не только научной доктрине К. Маркса, но и успешному применению передовых практик немцев (*Э. Людендорфа и В. Ратенау*).

В результате в России получился новый вид государственной власти – *партийная бюрократия*, не предусмотренный даже самим М. Вебером. Эта власть совместила научно-организационную мощь централизации с идеалистическим обеспечением (*утопической верой в светлое будущее «Коммунизм» на уровне религии*).

Диктатура догоняющего развития СССР за одно поколение рывком, с колоссальными людскими затратами, с контузией российской ментальности преодолела разрыв в научно-индустриальном потенциале между СССР и Западом. Венчающие этот рывок развития победы над Японией и Германией, плюс ядерный геополи-

[1] Этим этапом модернизации Александр II создал возможность писать великие романы, спорить о проектах переустройства мира, ходить в народ и, к большому сожалению, метать бомбы.

тический тупик в холодной войне с Америкой вывели СССР на высокоиндустриальный уровень развития. Создалось индустриальное общество – структурно и идеологически радикально отличающееся от европейского, но сопоставимое с ним по военной мощи.

Сегодня новая модернизация не может быть проведена путем возврата к диктатуре развития. История доказала, что это возможно лишь в странах с преобладающим крестьянским населением (*Сталин, Мао, Пиночет*...). Об этом свидетельствуют попытки самой КПСС, которая дважды сама идет на модернизацию через демократизацию **(Н. С. Хрущев, М. С. Горбачев).** Дважды безрезультатно партийные лидеры-реформаторы и значительная часть образованного населения, окрыленные поддержкой научной общественности, с энтузиазмом начинали совершенствовать социализм (*НЭР, теория «развитого социализма»*).

В научной и идеологической борьбе сталкиваются два высокоидейных проекта («Капитализм с человеческим лицом» и «Развитой социализм»), и оба настроены на модернизацию всего мира. Ее величество диалектика развития «практика жизни» последнего десятилетия XX в. отдала победу «капитализму с человеческим лицом». Все дело в том, что назначение экономической системы состоит в том, чтобы производить материальные блага и оказывать услуги, которые распределяются в соответствии с правовой системой государственного устройства и этическими нормами в конкретном обществе. **Наилучшая из экономических систем** та, которая максимально учитывает этические аспекты труда и культуры, позволяющие обеспечить развитие общества в рамках его демократического развития.

Модернизация с 1984 г. в российском сообществе крайне медленно формирует новую систему взглядов на экономические и социальные явления, которую можно назвать **«философией нестабильности»** и которая является теоретической и методологической основой восприятия действительности. Философия нестабильности при поверхностном ее восприятии у многих вызывает пессимизм, а у старшего поколения даже страх.

«Пламенный позитивист» Де Роберти [Голосенко, 2001] предложил в союзницы для понимания и восприятия нестабильных социально-экономических систем биологию с ее теоретико-методологическими основами познания процессов. Позже синергетический подход И. Р. Пригожина совершил переворот в восприятии образа мира у ученых экономистов и социологов. Доказав, что «цивилизация» непрерывно эволюционирует по далеко нелинейным законам (*при этом линейность и упорядоченность – суть, исключение из правил*).

Для изучения процессов в обществе это дает методологическую базу исследования процессов самоорганизации субъектов экономической и социальной жизни, объясняет процессы поддержания и распада структур (*кризисные явления*) с учетом факторов обмена системы с окружающей средой энергией, информацией и товаром (*веществом*).

Экономика, как наука не только изучения процессов, но и управления ими, включает в себя особую этическую (*культурно-идеологическую и интеллектуальную составляющие*) восприимчивость окружающего мира и диалектику его развития. Все современные естественные и точные науки близки к искусству: чувство прекрасного позволяет предугадать рациональное поведение живых организмов, наиболее эффективное очертание конструкции и вид уравнения электрона. Физики и геологи познают информацию многомиллионной давности из камня. Сегодня эмоции ученых перестают считаться недостатком, они нужны для создания новых открытий, новых идеологий и философий. Культура и творчество формируют процесс познания макро- и микропроцессов, философия помогает воспринимать это познание обществом как проявление законов мироздания.

Наука, Разум и Страсть являются той «нерасторжимой смесью», которая через перераспределение энергетических потоков («степень изменения энтропии») является движущей силой развития, которая делает человека (*как носителя этой триады*) Творцом природы (и тем более своего успеха). Именно это позволяет считать, что социально-экономические процессы в современном обществе управляемы настолько, насколько они познаны наукой и восприняты каждой личностью (*основная аксиома*)[1].

За последние сто лет множество сложнейших экономических и социальных задач стало выполняться бизнесом, крупными корпорациями, государственными учреждениями, общественными организациями, их успехи велики, за счет этого они обладают большой властью и могут влиять на экономические процессы (*управлять действиями отдельных лиц и государства*). При этом Общество как социально-

[1] Конечно, останутся и «барашки, требующие пастуха или кормчего», но их будет ровно столько, сколько нужно для оппонирования успехов молодого поколения и нового качества жизни «так было с теми, кого жгли на костре за то, что она „окаянная Земля“ вертится, расстреливали за генетику и сажали за джаз».

экономическая система обязано служить каждому отдельному **Человеку** (*положение действующей Конституции России*).

Допустимо (*более того, очень желательно*), что в силу объективных факторов (*стечения ряда обстоятельств*) или сознательных усилий Власти, Бизнеса и Общества интересы бизнеса в основном совпадут с интересами общества – и это будет большим успехом Власти. Если такого совпадения интересов и целенаправленных усилий Власть не сможет достичь, не будет модернизации. В результате пострадает большинство граждан. При этом Бизнес будет жить интересами одного поколения, личность – 2–3 поколения (*от дедов до внуков при условии, что в обществе хорошо защищена частная собственность*). При этом Власть все задачи управления будет решать в парадигме «узких мест» без решения стратегических задач (*без серьезного отношения к науке, образованию и культуре*).

Двойственность модели поведения Власти (*для бизнеса или для граждан*) в условиях современной рыночной экономики заслуживает особого внимания со стороны теории управления экономическими процессами в контексте поиска механизмов формирования Властью среды, благоприятной для партнерства с Бизнесом и Личностью.

В 1991 г. в силу исчерпания *внутренних ресурсов развития* индустриальное общество в СССР рассыпалось, неожиданно, но закономерно (*как катастрофа*). В итоге Общество в своих интересах сузилось до уровня семьи (*в отдельных случаях до индивидуума – многие не хотят создавать семьи*). Сегодня из индивидуумов нужно «собирать» то Общество, которое должно быть после индустриального.

Литература

Бокарев Ю. П. Теория модернизации и экономические реформы в России // Информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 7. С. 7–32.

Васильева Л. Н. Наследие И. Р. Пригожина и социальные науки // Социологические исследования. М.: Наука, 2009. № 6. С. 28–37.

Голосенко И. А. Евгений Де Роберти: интеллектуальный профиль // Социологические исследования. 2001. № 2. С. 99–108.

Дерлугьян Г. Модерн и модернизаторы // Эксперт. М., 2010. № 1. http://expert.ru/ expert/2010/01

Зайцева Л. И. Иван Тимофеевич Посошков о богоустройстве русской жизни и России Петра Первого. М.: Институт экономики РАН, 2010. 614 с.

Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. 808 с.

Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: УРСС, 2003. 240 с.

Сорокин П. Человек. Цивилизация. Общество. М.: Политиздат, 1992. 543 с.

Тарасов Л. Мир, построенный на вероятности. М.: Просвещение, 1984. 191 с.

Шишкин А. И. Теория и практика работы академического института с региональной властью, бизнесом и общественностью. Препринт доклада. Теория и практика работы академического института с региональной властью, бизнесом и общественностью. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 52 с.

Eisenstadt S. N. Breakdowns of modernization / Goode W. J. (Ed.) // The Dynamics of Modern Society. N.-Y., 1964. P. 434–448.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Шишкин Анатолий Иванович
директор ИЭ КарНЦ РАН, профессор, д. т. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 570727

Shishkin, Anatoly
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 570727

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 11–18

УДК 332.05

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОСУДАРСТВА И ОБЩЕСТВА: СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РОССИИ

Ю. В. Савельев[1], А. Ф. Титов[2]

[1] *Институт экономики Карельского научного центра РАН*
[2] *Институт биологии Карельского научного центра РАН*

В статье предложены и раскрываются сущность, содержание и структура системной модели модернизации российского государства и общества. Рассмотрены основные направления модернизационной стратегии развития России в долгосрочном периоде. Выделены этапы процесса модернизации и представлен набор конкретных предложений и рекомендаций по совершенствованию основных направлений государственной экономической, научно-технической, налоговой и пространственной политики.

К л ю ч е в ы е с л о в а : модернизация, системная модель, долгосрочная стратегия развития России.

Yu. V. Saveliev, A. F. Titov. TRANSFORMATION OF STATE AND SOCIETY: SYSTEM MODEL OF MODERNIZATION AS THE BASE OF STRATEGY DEVELOPMENT OF RUSSIA

Essence, maintenance and structure of system modernization model of Russian's state and society, suggest and opens up in the article. Basic directions of modernization strategy of Russia are considered in a long-term period. The stages of process of modernization are selected and presented specific suggestion and recommendation for perfection of basic directions of public economic, scientific and technical, tax and spatial policy.

K e y w o r d s : modernization, system model, long-term strategy of Russia.

Сложность структурной и функциональной организации любой социально-экономической системы проявляется в многообразии аспектов ее функционирования, возможных направлений развития, неоднозначности влияния факторов внешней среды на различные подсистемы и структурные элементы [Афанасьев, 1981; Гвишиани, 1985; Аршинов, 1999]. Поэтому ее реформирование всегда представляет собой чрезвычайно сложный процесс, занимающий продолжительное время (годы и даже десятилетия) и предполагающий преобразование не только экономических ее основ, но также организационных моделей и методов управления социально-экономическими процессами, а также нормативно-правовой базы. Но самой важной и одновременно самой сложной задачей, без решения которой невозможно обеспечить самовоспроизводство и саморазвитие новой системы, является реформирование самого общества, преодоление его инерции и изменение идеологических установок.

Столь масштабные системные преобразования в стране требуют использования соответствующих методов и моделей управления, которые позволяют правильно расставить стратегические приоритеты и выстроить логику процесса системной модернизации. Необходимо формирование принципиально новой системной модели экономики и управления в обществе. Модели, которая позволяла бы не только учитывать линейные тенденции и объективные закономерности общественного развития, но и адекватно и полно воспринимать разного рода отклонения, флуктуации и неравномерность развития, быстро адаптируясь к ним. Для того чтобы предложить такую системную модель модернизации, в первую очередь необходимо четко очертить «проблемное поле», выделив наиболее острые проблемы, требующие первоочередного решения и, одновременно, создающие основу для перехода к решению других, более долгосрочных проблем.

Для снижения влияния конъюнктуры мировых рынков необходимо сокращение доли сырьевого и низкотехнологического секторов в воспроизводственной структуре российской экономики. Это во многом зависит от конкурентоспособности экономики страны и ее регионов. Поэтому на высшем политическом уровне страны инициирована и реализуется комплексная стратегия модернизации и технологического развития российской экономики.

Важнейшим является разрешение проблемы внутренних противоречий и структурных диспропорций в экономике и обществе. Для ее решения недостаточно только мер экономического характера, поскольку сама проблема носит политико-управленческий характер. Некоторые факты, демонстрирующие масштабы структурных диспропорций в экономике:

1. Колоссальное неравенство в доходах разных групп населения России. Сегодня децильный коэффициент (ДК = 16). По мнению аналитиков Всемирного банка, устойчивым положение в стране считается при ДК = 7–8 [Нигматулин Р. И., Нигматулин Б. И., 2009].

2. Поляризация и фрагментация экономического пространства России, дифференциация субъектов РФ по уровню социально-экономического развития. По оценкам Совета по изучению производительных сил (СОПС), разрыв в уровне развития субъектов РФ составил в 2004 г. более 18 раз [Стратегия..., 2006], а в 2009 г. – более 30 раз. Более 50 % ВВП производится на 5 % территории страны.

Усиление сырьевой специализации экономики страны и целенаправленное усиление скрытой протекционистской политики государства (*несмотря на официальное вступление России в ВТО и ратификацию Генерального соглашения по торговле и тарифам*). Сегодня очевидным приоритетом внешней экономической политики остается топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Если в конце 80-х гг. прошлого века ТЭК обеспечивал 30 % доходов бюджета СССР и 18 % доходов консолидированного бюджета, то сегодня, соответственно, 54 и 32 % [Энергетическая стратегия..., 2006]. Наблюдается подмена системной промышленной политики «ручным» управлением крупными активами, их дальнейшая консолидация в крупных госкорпорациях.

Отсутствие целостной системы мер стимулирования и господдержки инновационной деятельности. Усилия государства сосредоточиваются на поддержке лишь отдельных направлений и конкретных инновационных проектов и прикладных разработок при общем сокращении финансирования фундаментальной науки. Отсутствуют меры по созданию механизмов спроса на инновации со стороны бизнеса [Модернизация экономики..., 2002].

Приоритет социальных целей краткосрочного характера над стратегическими целями развития человеческого капитала. В работе с молодежью вместо мер, способствующих созданию и закреплению человеческого капитала в регионах, преобладает «лидерская» модель поддержки, способствующая оттоку талантливой молодежи и квалифицированных кадров из регионов.

Это далеко не полный перечень фактов, характеризующих масштабы структурных диспропорций в России, и, в конечном счете, снижающих конкурентоспособность экономики в долгосрочной перспективе, а также негативно влияющих на уровень и качество жизни населения. В этих условиях крайне актуальным вопросом является *формирование новой системной модели модернизации*.

Такой стратегией сегодня является «Стратегия развития России до 2020 г. и на дальнейшую перспективу» (пока не принятая). Это документ, направленный на модернизацию и качественные преобразования в экономике, обществе, правовой и политической среде, а потому логично закладывать в ее основу ***системную модель модернизации*** (рис.). Согласно ей основные направления модернизационной стратегии развития страны в долгосрочном периоде должны включать в себя следующие этапы (векторы модернизации):

1. *Вектор технологической модернизации* (обновление структуры, оборудования, технологий) и совершенствование сложившейся структуры производственных отношений;

2. *Вектор модернизации нормативно-правовой среды* через разработку новых норм и требований к организации производства и обслуживания, технических стандартов, показателей качества и др.;

3. *Вектор политической модернизации и совершенствования организационных структур, методов управления*, их ориентация на достижение нового качества управления процессом социально-экономического развития;

4. *Вектор идеологической модернизации* (*вектор трансформации системы традиционных ценностей и мотивации*), достижения их новых характеристик и новой «философии» управления, адекватной новому состоянию экономики и общества.

5. Поскольку курс на технологическую модернизацию отечественных производств и российской экономики в целом был заявлен и начат еще в 2008 г., то в ближайшие годы он должен быть продолжен (в целях обеспечения преемственности), а также дополнен новыми векторами: 1) вектором модернизации нормативно-правовой среды; 2) вектором политической модернизации и совершенствования организационных структур, методов управления; 3) вектором идеологической модернизации.

6. Основываясь на логике, заложенной в основу системной модели модернизации, целесообразной видится следующая расстановка временных приоритетов (табл. 1)



Системная модель процесса модернизации (основные векторы)

Таблица 1. Этапы модернизационного цикла и их продолжительность

Годы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Этап 1									
Этап 2									
Этап 3									

Первый этап – первоочередные действия (2012–2016 гг.) – завершение технологической модернизации и модернизация нормативно-правовой среды. Основная цель – завершение начатых национальных проектов, углубление начатой технологической модернизации российской экономики, а также принятие первоочередных изменений нормативно-правового характера и институциональных преобразований, необходимых для перехода на второй этап.

Второй этап – качественное преобразование социально-экономической среды (2014–2018 гг.) – завершение модернизации нормативно-правовой среды и модернизация политической системы. Основная цель данного этапа – осуществление «глубоких» преобразований российского законодательства,

нормативно-правовой и институциональной среды с целью создания условий для реализации инновационных проектов (системных инноваций).

Третий этап – развитие гражданского общества и кардинальное повышение качества жизни населения (начиная с 2012 г. до 2020 г.) – завершение модернизации политической системы и трансформация системы ценностей и идеологических установок общества. Цель данного этапа – завершение цикла с переводом экономики страны в новое качественное состояние, необходимое для обеспечения конкурентоспособности России и формирование «нового общества» с высокой гражданской активностью.

Если приоритеты технологической модернизации определены и она хотя и медленно, но осуществляется, то на возможных приоритетах модернизации нормативной и институциональной среды, «управленческой» модернизации, трансформации идеологических установок и формировании новой системы ценностей общества необходимо остановиться подробнее. Приоритеты модернизации нормативной и институциональной среды продиктованы как внутренними, так и внешними факторами.

Внутренние факторы – «пробуксовка» действий по переводу российской экономики на инновационный путь развития. *Главная причина этого – крайне низкий спрос российского бизнеса на отечественные инновации, его преимущественная ориентация на трансфер готовых инновационных продуктов и технологий из-за рубежа.*

Внешние факторы – вступление России в ВТО, что требует гармонизации (выравнивания) российской нормативно-правовой среды, отраслевых и других стандартов с международными нормами, а также начало реформирования мировой экономической системы с необходимостью ее переориентации на иные экономические теории и парадигмы.

Приоритеты «управленческой» модернизации продиктованы необходимостью приведения политической системы страны, системы государственного и административно-территориального управления, системы экономического и бюджетного федерализма, местного самоуправления в соответствие с изменяющейся экономической системой и нормативно-правовой средой. Крайне важным является подготовка самого общества к глубоким структурным и качественным изменениям. Поэтому шаги, направленные на трансформацию идеологических установок общества и системы традиционных ценностей, необходимо предпринимать, начиная с первого этапа. Скорость адаптации социальных институтов к структурным изменениям крайне низка, и кардинальная смена ценностных установок происходит, как правило, при смене поколений. Следовательно, только к завершению третьего этапа могут сложиться необходимые предпосылки для запуска механизмов самовоспроизводства измененной системы.

Исходя из представленной логики и этапности процесса системной модернизации, основное содержание этапов (*а, следовательно, и структура стратегии развития России*) представляется следующим (табл. 2).

Таблица 2. Содержание этапов модернизационного цикла и структуры долгосрочной стратегии развития России

Подэтап	Основное содержание
ЭТАП 1. Первоочередные шаги (2012–2016 гг.)	
Создание условий для качественного и устойчивого экономического роста (завершение технологической модернизации)	1. Завершение начатых национальных проектов, реформы системы образования, науки, здравоохранения, культуры, правоохранительной системы 2. Улучшение делового и инвестиционного климата, повышение открытости национальной экономики и привлечение инвестиций 3. Создание условий для развития инновационных производств и увеличения их удельного веса в структуре ВВП, меры по стимулированию массового спроса на инновации, поддержка стратегических инновационных проектов 4. Развитие частного сектора экономики и стимулирование развития малого и среднего бизнеса (МСБ), его финансовая и ресурсная поддержка, развитие инфраструктуры поддержки МСБ 5. Развитие инфраструктур (обновление инфраструктурного комплекса страны, разработка и реализация стратегических инфраструктурных проектов, реализация новых подходов к развитию инфраструктуры) 6. Совершенствование финансово-банковской системы страны, выработка и запуск механизмов долгосрочного кредитования, повышение устойчивости и независимости банковской системы России от конъюнктуры мирового финансового рынка и мирового рынка ссудного капитала 7. Повышение эффективности государственного сектора экономики, диверсификация государственных активов и деятельности госкорпораций

Окончание табл. 2

Подэтап	Основное содержание
Совершенствование нормативно-правовой и институциональной среды (снятие ограничений и создание системы стимулов)	1. Создание нормативно-правовых условий для улучшения делового и инвестиционного климата, повышения открытости национальной экономики и привлечения инвестиций, меры по борьбе с коррупцией 2. Создание нормативно-правовых условий и среды для повышения инновационной активности и поддержки инновационных производств, включая совершенствование федеральных законов, создающих серьезные препятствия на пути развития инновационной экономики (в том числе ФЗ №№ 94, 217 и др.), создание и развитие инфраструктуры поддержки и развития инновационной деятельности 3. Создание нормативно-правовых условий и стимулов для развития МСБ, повышения деловой активности населения, законодательства в сфере обеспечения конкуренции и антимонопольного регулирования 4. Совершенствование нормативно-правовой базы развития инфраструктуры, включая изменения законодательных, нормативных и правовых актов в сфере тарифной политики, социальных стандартов и нормативов 5. Совершенствование нормативно-правовой среды в сфере финансового регулирования и деятельности банков, в том числе создание правовых условий и стимулов для развития системы долгосрочного кредитования 6. Совершенствование нормативно-правовой среды в сфере использования и управления государственной и муниципальной собственностью, создание условий, которые позволят повысить привлекательность бюджетной сферы с целью привлечения высококвалифицированных специалистов (восстановление престижа профессий учителя, врача, ученого и др.) и повышения качества социальных услуг 7. Совершенствование нормативно-правовой среды в сфере регулирования миграции, межнационального и религиозного взаимодействия
ЭТАП 2. Качественное преобразование социально-экономической среды (2014–2018 гг.)	
Приведение в соответствие национальной нормативно-правовой системы с международными стандартами	1. Гармонизация таможенной и налоговой политики в соответствии с нормами (ГАТТ), выработка единой согласованной политики, как необходимое условие перехода от Евразийского таможенного союза к ЕвразЭС 2. Разработка и принятие нормативно-правовых актов, способствующих повышению открытости экономики, национальных и региональных рынков, развитию конкуренции, устранению скрытых форм адресной поддержки производителей и др. 3. Гармонизация норм трудового права с международными требованиями и нормами, разработка правовых документов, обеспечивающих мобильность трудовых ресурсов и создающих необходимые условия для развития человеческого капитала 4. Совершенствование системы муниципального права, приведение закона РФ № 131 в соответствие с международными нормами
Реформирование политической системы, бюджетного законодательства и межбюджетных отношений	Создание необходимых правовых мер управленческого характера для перехода к новому этапу бюджетного федерализма, предполагающего перераспределение бюджетных доходов и межбюджетных трансфертов для выравнивания уровней развития регионов. Создание благоприятных условий для развития эндогенных источников роста, формирования налогового потенциала регионов, для реализации межрегиональных инфраструктурных проектов, обеспечивающих взаимодействие регионов и целостность экономического пространства
Совершенствование земельного законодательства, законодательства в сфере территориального планирования	Разработка и принятие правовых актов, направленных на совершенствование пространственной структуры экономики и системы расселения, создающих условия для устойчивого развития городских агломераций, повышение эффективности процессом урбанизации. Запуск новых моделей в развитии инфраструктур, способствующих эффективному освоению пространства и созданию условий для освоения территорий Севера, Восточной Сибири и Дальнего Востока
Совершенствование пенсионного законодательства, социального обеспечения и оплаты труда	Разработка и реализация мер, направленных на создание условий для роста благосостояния граждан, уменьшения социального расслоения общества, повышения качества жизни населения. Особое внимание мероприятиям, направленным на повышение прозрачности деятельности социальных и пенсионных фондов, увеличение социальных стандартов, повышение эффективности социального обеспечения
Совершенствование основ развития потребительского рынка	Внедрение мер, связанных с контролем качества продукции, повышением доступности потребительских товаров и услуг, снижением «потребительского экстремизма» за счет ценового и антимонопольного регулирования рынка
ЭТАП 3. Развитие гражданского общества и кардинальное повышение качества жизни населения (2012–2020 гг.)	
Развитие сети общественных институтов и усиление их влияния на общество, государство и экономику	Повышение открытости и доступности органов государственной власти (включая «электронное правительство»), снижение бюрократизации, упрощение процедур общественной экспертизы, создания института общественной экспертизы, расширение полномочий и поддержка деятельности общественных палат и общественных приемных, создания государственно-частных партнерств
Расширение участия граждан в деятельности органов власти и местного самоуправления	Усиление роли и расширение полномочия территориальных органов самоуправления граждан в решении вопросов развития локальных территорий, развитие правовых основ их взаимодействия с органами местного самоуправления
Повышение общественной и деловой активности граждан	Создание стимулов социальной ответственности и общественной деятельности граждан, выработка мер поощрения активности, повышение доверия, социальной ответственности бизнеса, возрождение и стимулирование развития благотворительной и меценатской деятельности, снижение государственного патернализма, создание условий и институциональной среды для творческой самореализации личности
Развитие сети общественных институтов и усиление их влияния на общество, государство и экономику	Повышение открытости и доступности органов государственной власти (включая «электронное правительство»), снижение бюрократизации, упрощение процедур общественной экспертизы, создания института общественной экспертизы, расширение полномочий и поддержка деятельности общественных палат и общественных приемных, создания государственно-частных партнерств

Существует ряд задач комплексного характера, решение которых связано с выработкой целого комплекса взаимосвязанных управленческих решений, подготовкой нормативно-правовых документов. Их решение является необходимым шагом для формирования в России качественно новой социально-экономической и политической системы. К их комплексным задачам следует отнести: формирование новых моделей промышленной, экономической, научно-технической и инновационной, налоговой политики, а также разработка политики пространственного развития и совершенствование территориальной структуры экономики и системы расселения.

При формировании *новой модели промышленной и экономической политики* необходимо сосредоточиться на повышении эффективности управления государственными активами и корпорациями, которые способны обеспечить конкурентоспособность России. Процесс концентрации капитала и консолидации государственных активов в национальной экономике, вылившийся, в конечном счете, в создание отраслевых госкорпораций, сегодня фактически завершен. Следующим логическим этапом выступает этап выработки и внедрения мер, направленных на повышение их эффективности через диверсификацию их деятельности. Диверсификация должна предполагать два вектора:

а) распространение деятельности корпораций на соседние звеньев цепочек создания стоимости с целью получения контроля над центрами, где создается основной объем добавленной стоимости;

б) формирование новых цепочек создания стоимости (*основанных уже на отечественной научно-технологической базе*) *и формирование для них новых «пограничных» рынков* (*рынков, создаваемых на основе совмещения двух и более традиционных рынков*).

В данном случае речь идет о создании таких «пограничных» рынков, на которых, во-первых, российские компании имеют существенные конкурентные преимущества перед компаниями из других государств, во-вторых, выход на которые способен стимулировать научно-технологическое развитие[1].

В основу *новой модели научно-технической и инновационной политики* должны закладываться меры и инструменты, позволяющие обеспечить воспроизводство полного инновационного цикла: *«подготовка кадров – фундаментальные исследования – прикладные исследования – опытные конструкторские разработки – промышленные образцы – серийное производство – рынок».* Для этого требуется:

1. Совершенствование российской финансово-банковской системы, направленной на появление «длинных денег»;

2. *Существенное повышение общественного престижа и социального статуса ученого*.

3. Завершение процесса реформирования системы образования и науки, причем не по «западному» образцу, а на основе формирования своей уникальной национальной системы «наука–образование–инновации». При этом недопустимо «сталкивание» интересов фундаментальной науки с интересами вузовской науки;

4. Необходимо создание правовых и организационных условий для эффективной интеграции академической, вузовской науки и инновационного бизнеса. Особую роль здесь должны играть крупные государственные экономические и гуманитарные проекты, требующие решения комплексных проблем на уровне государства и регионов;

5. Требуется увеличение в разы финансирования научных исследований;

6. Требуется выработать систему мер, направленных на уход от «рентной» модели экономики за счет создания правовых условий стимулирования производственной деятельности, углубленной переработки ресурсов и снижения привлекательности видов деятельности, связанных с получением высоких рентных доходов. Экономическая рента должна стать вознаграждением за внедрение инноваций, за продажу прав на использование результатов интеллектуальной деятельности, а не за близость к властным структурам или монопольный контроль над конъюнктурой локальных рынков.

Важной структурной составляющей новой социально-экономической и политической системы в России должна стать *новая модель налоговой политики*. Эффективная и устойчивая налоговая система должна выполнять не только фискальную, но и стимулирующую функции. Нужно ослабление налоговой нагрузки на доходы и заработную плату наименее обеспеченной части населения и на добавленную стоимость. Модернизация в сфере налоговой политики положительно скажется на повышении социальной ответственности бизнеса, повышении эффективности использования ресурсного потенциала и будет способствовать формированию развитого рынка

[1] К числу таких рынков можно, например, отнести развитие атомного и ледокольного судостроения, производство высокотехнологичной продукции нефтехимического комплекса, тяжелого органического синтеза, развитие альтернативной энергетики и др.

земли и недвижимости, повышению ответственности собственников. Одним из результатов реформы должно стать повышение спроса на инновационную продукцию.

Особого внимания в России требует формирование *новой модели пространственного развития и совершенствования территориальной структуры экономики и системы расселения*. Сегодня преимущественное развитие получила модель поляризованного развития, основанная на известной теории **«полюсов роста»** (предложенная еще в 60-х гг. прошлого века Ф. Перу) и концепция **«государственного дирижизма».** Между тем, мировой практикой убедительно показано, что данная теория может быть эффективна для использования в течение ограниченного периода времени и далеко не для любых регионов и стран. Многие страны, использовавшие ее ранее, отказались от подобного подхода к управлению пространственным развитием. Ее дальнейшее использование в российских условиях грозит фрагментацией и чрезмерной поляризацией национального экономического пространства [Григорьев и др., 2008].

Для России сегодня нужен подход, способствующий более равномерному освоению пространства и рациональному использованию ресурсов. В качестве одной из таких моделей может выступить **новая «инфраструктурная модель» развития северных регионов** (*поскольку примерно 2/3 ее площади относятся к так называемым районам Крайнего Севера и приравненным к ним районам*). Наряду с природными ресурсами, социально-гуманитарный и культурный потенциал российского Севера способен выступить в качестве эффективного долгосрочного фактора развития отдельных регионов и страны. Для этого необходимо изменить модель освоения и развития северных территорий и саму концепцию региональной экономической политики на Севере, переориентировав ее на формирование привлекательного образа северных регионов и популяризацию преимуществ жизни на Севере.

Возникает необходимость разработки такой региональной политики, которая позволила бы решить одновременно две задачи:

во-первых, свести к минимуму влияние неблагоприятных факторов среды на социально-экономическое развитие и минимизировать затраты на инфраструктуру;

во-вторых, превратить имеющиеся виды потенциала(ов) в эндогенные источники экономического роста, сделав Север привлекательным для жизни людей.

В практическом плане новая «инфраструктурная модель» развития северных регионов направлена на повышение автономности локальных производственных и социальных объектов, жилищного фонда и на развитие элементов сетевой инфраструктуры с реализацией межрегиональных проектов, связывающих пространство и являющихся основой межрегиональной экономической интеграции. Развитие элементов сетевой инфраструктуры обеспечивается за счет реализации межрегиональных проектов (мегапроектов), таких как международные транспортные коридоры, Северный морской путь, сети магистральных газопроводов, создание межрегиональных производственных кластеров.

По нашему мнению, внедрение в практику новой «инфраструктурной модели» развития северных регионов позволит решить целый ряд актуальных задач:

- ✓ *снизить госзатраты на развитие инфраструктуры в условиях Севера;*
- ✓ *повысить привлекательность Севера;*
- ✓ *стимулировать разработку и внедрение новых технологий в области энергосбережения, комплексной переработки отходов, способствуя росту спроса на инновации;*
- ✓ *уточнить приоритеты в развитии инфраструктурного комплекса страны;*
- ✓ *изменить тенденцию к усилению концентрации трудовых и производственных ресурсов в агломерациях;*
- ✓ *повысить конкурентоспособность северных регионов и производств на Севере;*
- ✓ *способствовать поддержанию территориальной целостности страны.*

Исходя из сути рассмотренных проблем и предлагаемых мер, из имеющегося в стране потенциала, в настоящий момент в России сложились уникальные условия для репозиционирования России в мире и ее выхода на ведущие позиции сразу по многим стратегическим направлениям. При этом возрастает роль научного обоснования внешней и внутренней политики, способной обеспечить выдвижение России на передовые позиции в мире.

Литература

Аршинов В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: Институт философии РАН, 1999. 206 с.

Афанасьев В. Г. Общество: системность, познание и управление. М.: Политиздат, 1981. 432 с.

Гвишиани Д. М. Диалектика развивающихся систем, развитие и управление // Системные аспекты концепции развития. Вып. 4. М.: ВНИИСИ, 1985. С. 5–13.

Григорьев Л., Зубаревич Н., Урожаева Ю. Сцилла и Харибда региональной политики // Вопросы экономики. 2008. № 2. С. 83–98.

Модернизация экономики: глобальные тенденции, базовые ограничения и варианты стратегии [текст]: Препринт WP5/2002/01 / Я. И. Кузьминов, А. А. Яковлев. Сер. «Новая экономика – Новое общество – Новое государство». М.: ГУ ВШЭ, 2002. 22 с.

Нигматулин Р. И., Нигматулин Б. И. Тринадцать теорем для России // Московский комсомолец. 28 августа 2009 г. [электронный ресурс] URL: http:// www.mk.ru/ editions/daily/article/2009/08/27/341172-trinadtsat-teorem-dlya-rossii.html. Дата обращения: 15.09.2009.

Стратегии макрорегионов России: методологические подходы, приоритеты и пути реализации / Под ред. А. Г. Гранберга, В. И. Пересыпкина. М.: Наука, 2006. 580 с.

Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. [электронный ресурс] – URL: http://www.energosber.74.ru/Vestnik/2009/09_07.htm. Дата обращения: 15.09.2011.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Савельев Юрий Владимирович
гл. учен. секретарь Президиума КарНЦ РАН, д. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: savel@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 780059

Титов Александр Федорович
председатель КарНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: krcras@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Saveliev, Yury
Institute of Economic Stadies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: savel@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 780059

Titov, Alexandr
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: krcras@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 19–28

УДК 332. 122

РЕГИОН В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ

О. В. Толстогузов

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассмотрены особенности исследования региона в современных условиях. Показано, что в условиях глобализации целесообразно описывать регион в приближении экономического пространства, обладающего географическим, экономическим и институциональным измерениями.

Ключевые слова: регион, экономическое пространство, поляризация, дифференциация регионов, модель «центр-периферия», транзакционная экономика.

O. V. Tolstoguzov. REGION IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION: SPATIAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS

The paper deals with approaches to the study of the region in the present-day situation. In the context of globalization the region is best described through close-up of the economic space with its geographical, economic and institutional dimensions.

Key words: region, economic space, polarization, differentiation of regions, "center-periphery" model, transaction economy.

В экономико-географических исследованиях акцентируется внимание на основных двух эффектах процессов концентрации: **локализации** и **урбанизации**. К ним можно добавить российский акцент эффект **индустриализации**[1]. Эффект **урбанизации** имеет место в том случае, если затраты производства конкретной фирмы снижаются по мере роста совокупного объема продукции. Он проявляется в результате роста масштаба экономики территории. Эффект **концентрации** проявляется, когда по мере роста объема производства общие затраты снижаются. В его основе лежат факторы: *эффект масштаба производства, формирование единого рынка труда, диффузия* ***инноваций*** *и перелив знаний, быстрый обмен информацией, обеспечивающий режим реального времени* [Krugman, 1995; О' Салливан, 2002; Доклад..., 2009].

Для экономического роста российских регионов важным оказался эффект **агломераций**, который связан с преимуществами, возникающими в результате географической близости к рынкам. Данный эффект проявляется в двух формах: масштабы городов (городская агломерация) и эффекты трансмиссии экономического роста от одного региона к другому (пространственная корреляция роста), в частности, это сказывается на экономическом росте регионов, расположенных близко к Москве или Санкт-Петербургу [Экономическая политика..., 2007].

[1] В нашей стране процессы **индустриализации** и **урбанизации** оказались искусственно совмещены, а понятия разделены.

В недавнем прошлом нашей страны, по мнению П. Минакира [Минакир, 2006], именно отраслевое управление и планирование (Госплан) играло главнейшую роль. Поэтому большое влияние на пространственное развитие страны оказала именно *индустриализация*. Крупные проекты привели к деформированию экономической и социальной структуры северных территорий. Происходил отрицательный социальный отбор, что привело к дефициту трудовых ресурсов [Нефедова, 2009]. «Россия представляет собой архипелаг немногих важных центров в океане ...сельской периферии» [Трейвиш, 2003]. Один из видов деформации экономического пространства – **поляризация** вокруг ведущей отрасли («полюса роста» [Perroux, 1950]). Попав в поляризованное пространство, экономический агент должен в той или иной степени испытывать принуждение, исходящее из доминирующей единицы (центра развития). В поляризованном пространстве экономические агенты ведут себя уже не как взаимозависимые партнеры, а как части целостной системы, скоординированной в направлении увеличения экономической ренты. В этом случае наблюдается явление самоорганизации.

Для формирования взаимодействий и в целом экономического пространства огромное значение имеют протяженность и расстояние между центром и периферией. В конечном счете, положение в экономическом пространстве выражается в неравномерности развития «центр-периферия». Благодаря работам [Грицай и др., 1991; Krugman, 1991, 1994, 1995] общепринятой стала **модель «центр-периферия»**, в рамках которой важнейшее значение имеет явление *концентрации экономической деятельности* и *расстояние до центра*. **Модель «центр-периферия»** была сформулирована в рамках «полюсов роста» Г. Мюрдаля [Myrdal, 1957], концепции неравенства регионального развития Дж. Фридмана [Franc, 1967; Esteban, Ray, 1994], концепции мировых систем И. Валлерстейна [Wallerstein, 1974, 1984] и хартлендов С. Коэна [Cohen, 1964]. В соответствии с данной моделью неравномерность развития вызывает диспаритет центра и периферии [Friedmann, Alonso, 1964; Friedmann, 1966]. Традиционно **центр** представляют как географическое место (точку) с высоким уровнем развития, которая определяет положение таксона, с меньшим уровнем развития – **периферию**.

Центр контролирует материальные, финансовые и информационные потоки, применяет новые технологии и процессы с доминированием нематериальных факторов, владеет более совершенными формами труда и формирует цикл: от «идеи – до практики». Он является поставщиком интеллектуальных ресурсов, в нем происходит генерация инноваций.

Центр и **периферия** связаны между собой потоками информации, капитала, товаров, рабочей силы. В этой связи важным шагом в развитии теории размещения производительных сил стало исследование Т. Хегерстранда процесса создания и распространения инноваций или (диффузии инноваций по работе [Челноков и др., 2002]).

Поляризованное развитие может давать необходимый эффект в развитии промышленных территорий, стимулируя развитие полюсов роста [Татаркин и др., 2001]. Благодаря возможностям своего рынка ядро создает мотивацию для привлечения предприятий и рабочей силы. Мобильность населения повышает конкуренцию за рабочие места в районах с высокой конкуренцией. Данное обстоятельство способствует сближению **(конвергенции)** уровней жизни на территории [Доклад..., 2009].

Наряду с **конвергенцией** появляется и **поляризация**. Поляризованный регион образуют с полюсом больше экономических связей, чем с соседними регионами [Будевиль, 1961]. Причем согласно работе [Esteban, Ray, 1994], поляризация отражает неравенство относительно локальных средних, а конвергенция – неравенство относительно глобального среднего.

Различные концепции роста позволяют выделить факторы, способствующие развитию либо сдерживающие рост в одних регионах по сравнению с другими. Часто гипотеза конвергенции применяется для изучения различий в ВВП (и ВРП) на душу населения, а также иных показателей, например, коэффициент Джинни [Дробышевский и др., 2005; Либман, 2006]. Концепция **β-конвергенции** определяет конвергенцию как процесс «наверстывания», при котором бедные регионы имеют более высокие темпы экономического роста [Дробышевский и др., 2005]. **σ-конвергенция** определяется как уменьшение во времени дисперсии распределения ВВП на душу населения или другого показателя дохода на выборке стран или регионов. Гипотезы **β**- и **σ**-конвергенции являются взаимосвязанными, но не эквивалентными [Дробышевский и др., 2005].

Существует критический взгляд (А. Франка [Franc, 1967]) на простые схемы. Так, согласно

теории поляризованного развития, периферия получает импульс от центра благодаря мобильности факторов производства и диффузии инноваций. Такой подход служит хорошим теоретическим основанием колонизации периферии, направленной на выкачивание природных ресурсов. Неравномерность освоения территории и социально-экономическая поляризация пространства привели к контрастам по осям север-юг и запад-восток, сформировав обширную зону проблемных территорий, образующую внешнюю периферию страны и занимающую около 70 % ее территории [Нефедова, 2009].

Согласимся с выводом Т. Нефедовой [Нефедова, 2009] о том, что управлять разнородным пространством централизованно в рамках традиционных схем **невозможно**. Необходимо понимать пространство и изучать динамику его развития.

Таблица 1. Параметры нормального распределения экономических показателей, характеризующих региональное развитие, 2007 г.

Показатели развития региона – субъекта РФ	Среднее	Максимум	Минимум	Медиана
Объем ВРП (на душу населения), тыс. руб.	189	2 319	22	113
Объем инвестиций в основной капитал в расчете на одного человека тыс. руб.	41,6	1 434	0,8	15,1
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в целом по субъекту РФ, руб.	12 755	37 366	5 664	10 749
Доля населения с денежными доходами ниже региональной величины прожиточного минимума, %	18,0	44,0	6,7	17,3
Смертность младенческая, на 1 тыс. человек, родившихся живыми	10,0	20,3	4,2	9,3
Смертность населения трудоспособного возраста, на 100 тыс. чел.	716,2	1 099	155,8	707,8
Общая площадь жилых помещений, в среднем на одного жителя, кв. м	21,5	29,4	4,9	21,4
Доля продукции, произведенной малыми предприятиями, в общем объеме ВРП, %	9,1	22,0	0,8	8,9
Доля налоговых и неналоговых доходов в объеме доходов бюджета субъекта РФ %	70,1	122,5	7,8	75,9
Уровень безработицы в среднем за год, %	7,9	53,0	0,8	6,4

Основным признаком асимметричного развития выступает динамика разброса региональных социально-экономических показателей (табл. 1). Из приведенных данных отклонение среднего значения от медианы значительно для ВРП и объема инвестиций. В работе [Дробышевский и др., 2005] при анализе временного ряда на фоне роста цен на нефть выявлено увеличение дисперсии ВРП на душу населения, что свидетельствует о возрастании дифференциации регионов.

По параметру **«инвестиции...»** – пять субъектов превысили среднее значение. Значения показателя «Объем инвестиций в основной капитал» различаются в 1 727 раза: от 0,83 тыс. руб. (Чеченская республика) до 1 434 тыс. руб. (Ненецкий АО, лидеры – Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, Тюменская область, Республика Саха (Якутия), Архангельская область).

По значению «Объем ВРП на душу населения» 18 субъектов РФ превысили **средний уровень.** Разница по показателю составила 105 раз: от 22 тыс. руб. (Ингушетия) до 2 319 тыс. руб. (Ненецкий АО). Среди лидеров: города федерального значения Москва и Санкт-Петербург; республики: Коми, Татарстан, Саха (Якутия); области: Вологодская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Сахалинская, Томская, Тюменская; края: Красноярский и Камчатский; автономные округа: Ненецкий, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий, Чукотский. По прогнозам неравенство регионов по величине ВРП на душу населения будет не сокращаться, а даже возрастать.

По показателю **«Среднемесячная номинальная начисленная зарплата»** разброс составляет от 5 664 руб. (Республика Дагестан) до 37 366 руб. (Ямало-Ненецкий АО). К лидерам также относятся Москва, Сахалинская, Магаданская, Чукотская, Тюменская области, Ненецкий и Ханты-Мансийский АО, Республика Саха (Якутия).

Значения показателя **«Доля населения с денежными доходами ниже региональной величины прожиточного минимума»** отличаются в 7 раз: от 44 % (Калмыкия) до 6,7 % (Ненецкий АО). Лидеры: Москва, Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский АО и др.

Значения показателя **«Уровень безработицы»** отличаются в 66 раз: от 0,8 % (Москва) до 53 % (Чеченская республика). Выделяется группа с высоким значением показателя, в которую вошли регионы Кавказского округа, за исключением Ставропольского края, республики: Бурятия, Алтай, Тыва, Забайкальский и Камчатский края, Еврейская автономная область.

Значения показателя **«смертность младенческая…»** отличаются в 4,8 раза: от 4,2 человек (Санкт-Петербург) до 20,3 человек (Еврейская АО). «Лидеры» по смертности: Еврейская АО, Чукотский край, Республика Тыва, Чеченская республика, республики Дагестан и Ингушетия, Ненецкий АО. Наиболее благополучная ситуация: Санкт-Петербург и Москва, Ханты-Мансийский АО, регионы Поволжского и Уральского ФО (за исключением Пермского края) и др.

Значения показателя **«смертность населения…»** отличаются в 7,1 раза: от 155,8 человек (Ингушетия) до 1 099 человек (Чукотский АО). «Лидеры» по смертности: Чукотский АО, Смоленская, Тверская, Тульская, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Магаданская, Кемеровская области, Еврейская АО, Забайкальский край, Республика Тыва. Лучшая ситуация: Москва, Кабардино-Балкарская республика, республики Дагестан, Ингушетия.

Значения показателя **«доля налоговых и неналоговых доходов в общем объеме доходов…»** отличается в 16 раз: от 7,8 % (Чеченская республика) до 122,5 % (Москва) при среднем значении 70 %. Лидеры: г. Москва, Липецкая, Ярославская, Мурманская, Самарская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области, Республика Коми, Ненецкий, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО. Отстающие: Чеченская республика, республики Дагестан, Ингушетия, Тыва, Алтай, Чукотский АО.

Значения показателя **«доля продукции, произведенной малыми предприятиями»** отличается в 27,5 раза: от 0,8 % (Чукотский АО) до 22 % (Москва). Лучшие регионы: Москва, Санкт-Петербург, Калининградская, Ленинградская, Ростовская, Магаданская области, Алтайский и Приморский края. Худшие: Чукотский и Ненецкий АО, регионы Кавказского ФО.

Значения показателя **«отношение средней цены одного квадратного метра общей площади…»** отличается в 4,5 раза: т. е. от менее месяца до полугода надо работать, чтобы заработать на один метр жилья. Наименьшая цена в регионах: Республика Саха (Якутия), Самарская, Тюменская области, Еврейская АО, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, субъектах Кавказского ФО.

Значения показателя **«доля инвестиций от величины ВРП»** отличаются в 22 раза: от 2,8 % (Чеченская республика) до 61,8 % (Ненецкий АО), при средней величине – 14,8 % (оптимальная величина – 20–22 %). Лидеры (более 20 %): Ленинградская, Архангельская, Тюменская, Сахалинская области, Республика Адыгея, Краснодарский край, Ямало-Ненецкий АО, Республика Саха (Якутия).

Значения показателя **«отношение ВРП к фонду зарплаты»** отличается в 24 раза: от 2,8 (Республика Ингушетия) до 67,4 (Ненецкий АО) при среднем значении 12,3. Лидеры: Ненецкий АО, Москва, Санкт-Петербург, Республики: Татарстан, Башкортостан, Коми, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, Белгородская, Липецкая, Ленинградская, Вологодская, Свердловская, Самарская, Оренбургская, Томская, Сахалинская области, Пермский край.

Среди субъектов РФ **среднедушевые денежные доходы различались в 6,8 раза** (минимальные – в Республике Калмыкия – 6 597,7 руб., максимальные – в Москве – 44 987,6 руб.). По прогнозам данная ситуация будет усугубляться.

Анализ распределения объектов выявил отсутствие достоверной зависимости. Это означает, что **национальная экономическая политика в части бюджета и иных макроэкономических инструментов не проявляется значимо на уровне и качестве жизни** (измеряемой в статистических показателях).

Представляет интерес проверка данного вывода на временных рядах. Влияние межбюджетных трансфертов и капитальных вложений, финансируемых за счет бюджетных средств, на «выравнивание» регионов. Проверим гипотезу **безусловной** или **β-конвергенции**, где данные меры экономической политики принимаются в качестве условий сходимости. В работе [Россия регионов..., 2005] доказано, что в период экономического роста различия в социально-экономическом развитии регионов РФ не сокращаются. Более того, проявляется отставание от темпов экономического роста и ухудшение состояния региональных рынков труда.

Несмотря на то, что рост доходов происходит не только за счет повышения благополучия наиболее богатых регионов, но и за счет роста подушевого дохода в бедных регионах, распределение регионов по подушевому доходу остается унимодальным, характеризующееся в целом увеличением дисперсии ВРП на душу населения по регионам. В рамках основной группы регионов наблюдалось сближение значений показателя [Дробошевский и др., 2005]. В работе [Лавровский, Шильцин., 2009] показано, что усиление дифференциации за период экономического роста (2000–2005 гг.) происходило благодаря нескольким регионам.

В работе [Россия регионов..., 2005] показано, что в результате перераспределения федеральных бюджетных ресурсов наблюдается не-

которое уменьшение региональных различий в душевых доходах. В работе [Кадочников и др., 2003] проверена гипотеза о роли и влиянии различных фискальных инструментов на снижение степени неравенства. Гипотеза не может быть отвергнута для субъектов РФ (концепция β-конвергенции применительно к регионам РФ не отвергается, в то же время концепция σ-конвергенции не получила подтверждения [Дробышевский и др., 2005]), однако, при этом роль региональной экономической политики крайне мала. В работе [Белов, 2008] на основании анализа статистических данных за период 2000–2005 гг. сделан вывод, что не всякое увеличение федеральных ассигнований стимулирует рост региональной экономики. Более позитивное влияние на скорость развития оказывают не централизованные, а региональные бюджетные инвестиции.

Таким образом, **просто увеличение объема финансовой помощи, предоставляемой более бедным регионам, не позволяет увеличить темп роста их экономик и «выровнять» бедные и богатые регионы.** Отсутствие влияния на рост инвестиций в основной капитал, профинансированных за счет бюджетных средств, подтверждает выводы [Днепровская и др., 2002] о низкой эффективности бюджетных инвестиций. В то же время инвестиции в промышленные проекты усиливают неоднородность экономического пространства. В работе [Пчелинцев, 2001] утверждалось, что для перелома тенденций надо перевести российскую экономику в режим инвестиционного роста, но через экономику регионов, специализацию которых определяет обрабатывающая промышленность.

Помимо экономических показателей для обсуждения проблем развития и неравенства регионов, по которым ведется научная дискуссия, важнейшее значение имеют «эквивалентные условия жизни», ее уровень и качество. Данная проблематика актуальна для региональной науки не только в нашей стране, но обсуждается повсеместно в иных странах (см. Германии [Gatzweiler, 2010]). Привлекательность для проживания выражается в «голосовании ногами». Фактор привлекательности проявляется в изменении миграционных потоков, а также в увеличении или уменьшении смертности, болезней, в статистике эксцессов девиантного поведения. Поскольку урбанизация в России еще не завершена, то население по-прежнему стремится в крупные города. Города свыше 100 тыс. жителей сосредоточили половину населения страны, инвестиций, 62 % промышленной продукции и 76 % оборота розничной торговли, общественного питания и услуг [Нефедова, 2009]. Разрежение внегородского пространства продолжается. При этом разрыв между развитыми (привлекательными для жизни) и неразвитыми регионами увеличивается [Карачурина, 2004]. Единственный округ, который собирает мигрантов со всего российского пространства – Центральный, абсолютным лидером является г. Москва (рис. 1).

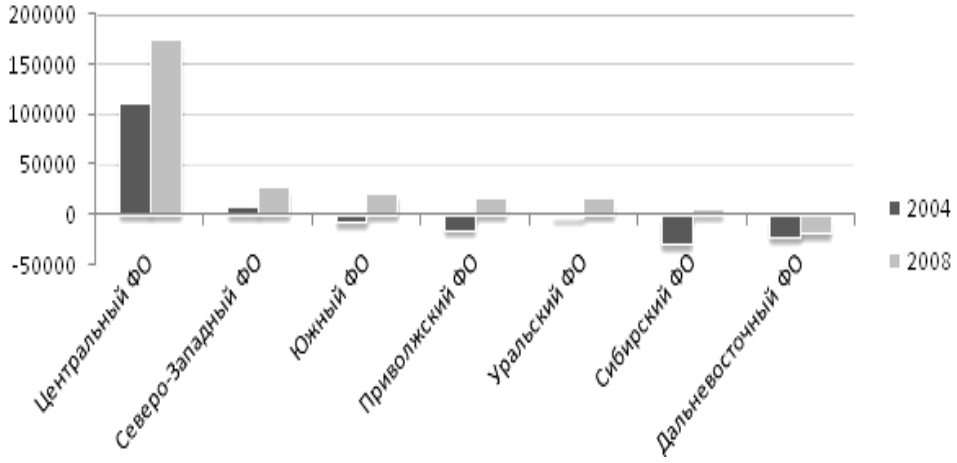


Рис. 1. Миграционный баланс в разрезе федеральных округов России

Кроме центра положительный миграционный прирост в обмене с другими округами имеет также Северо-Западный ФО. Южное направление выражено гораздо слабее. По данным Л. Карачуриной [Карачурина, 2004], из 79 субъектов РФ, имеющих границы с двумя и более соседями, 9 регионов отдают мигрантов соседям, а 11 принимают мигрантов в обмене со всеми соседями. По многим миграционным показателям выделяются две российские столицы и 6 российских регионов, что очень мало для России [Карачурина, 2004].

Для оценки смертности используем параметры «*смертность младенческая на 1 тыс. человек, родившихся живыми*» и «*смертность населения трудоспособного возраста на 100 тыс. человек населения*. *Минимальные* значения смертности младенческой показали субъекты: города Санкт-Петербург и Москва, Белгородская, Тамбовская и Ярославская области, Республика Мордовия и Ханты-Мансийский АО.

Максимальные значения смертности младенческой показали субъекты: Ненецкий и Чукотский автономные округа, республики Чеченская и Ингушетия, Амурская область, Еврейская автономная область. *Минимальные* значения смертности населения трудоспособного возраста (на 100 тыс. человек населения соответствующего возраста) показали субъекты: г. Москва и кавказские регионы (республики: Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия-Алания и Чеченская).

Максимальные значения смертности населения трудоспособного возраста показали субъекты: области Владимирская, Кемеровская, Ленинградская, Магаданская, Нижегородская, Новгородская, Псковская, Сахалинская, Тверская и Тульская; республики Карелия и Тыва; Забайкальский край, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ.

Лидером по экономическому и социальному развитию является мегаполис Москва, рядом с ним позиционируются Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, Московская, Ленинградская, Свердловская, Самарская, Тюменская и Липецкая области, республики: Татарстан, Коми, Башкортостан. В то же время образовалась большая группа регионов-аутсайдеров.

Таким образом, представленные исследования показывают, что макроэкономические инструменты не являются определяющим фактором поляризации пространства. Скорее их эффект – есть следствие.

Рассмотрим **инфраструктурные** особенности территорий. Особенность аутсайдеров обусловлена еще и тем, что заселенность и обустройство территории в России тесно взаимосвязаны. Так, освоенность пространства автодорожной сетью в Европе и США характеризуется высоким значением (соответственно, 1500 км/1000 кв. км, и 682 км/1000 кв. км), в то время как в России – 37 км, т. е. весьма низким значением. Кроме того, по регионам разброс данного параметра чрезвычайно велик (рис. 2).

В современных условиях дорожная труднодоступность периферии частично компенсируется способами связи, в частности, с помощью сотовых телефонов, компьютеров и т. д. В среднем в России по данным на 2006 г. насчитывается 112 абонентов стационарной и мобильной телефонной связи, число пользователей Интернета 18 (на 100 чел.) [Страны и регионы, 2008]. В то же время в Финляндии, соответственно, 144 и 55,5, в США – 135 и 69,5, в Германии – 168 и 46,9. В России значительная часть территории оторвана от систем связи.

Сегодня при размещении производительных сил [Россейкина, 2003] действуют принципы: приближение производства к источникам сырья, освоение наиболее эффективных видов природных ресурсов, использование экономических выгод международного разделения труда и оздоровление экологии. Это подтверждает вывод Н. Межевича о том, что особенностью российского экономического пространства является внутриматериковое размещение экспортных производств. По его расчетам более 60 % экспортного потенциала размещается на расстоянии более 3 тыс. км от европейских и дальневосточных границ, около 15 % экспортного производства находится в приграничных районах [Межевич, 2005]. По мнению Т. Лебедевой [Лебедева, 2007], расстояние экономического пространства, т. е. транспортные и транзакционные издержки, влияет на его функционирование и является критерием разграничения центра от периферии (помимо характеристик экономического роста, интенсивности экономических связей, мобильности факторов производства). Дифференциация пространства и соответствующая региону эффективность обмена зависят во многом от функционирования **транзакционного сектора экономики** [Кузьминов и др., 2006]. Поскольку важнейший фактор дифференциации – положение и расстояние в экономическом пространстве, то чрезвычайно велика роль коммуникационных и транспортных сетей и велики транзитные функции и транзакционные издержки. В этой связи важнейшее значение для развития периферий имеет **сетевая концепция**. Она отталкивается не только и не столько от плотности и расстояния (влияющих на близость взаимодействующих контрагентов), сколько учитывает и разобщенность (фактор непрозрачных и неэффективных границ [Доклад..., 2009]) и **институциональный** фактор. Акценты смещаются с традиционных факторов размещения (транспортные, материальные, трудовые издержки) сначала на инфраструктурные объекты, а затем и на нематериальные факторы

размещения [Челноков и др., 2002]. Поэтому помимо *цены, выпуска* и *издержек* в центр внимания попали такие категории (зависимые от времени) как *транзакция, институциональная среда* (*порядок*) и *институциональное соглашение*.

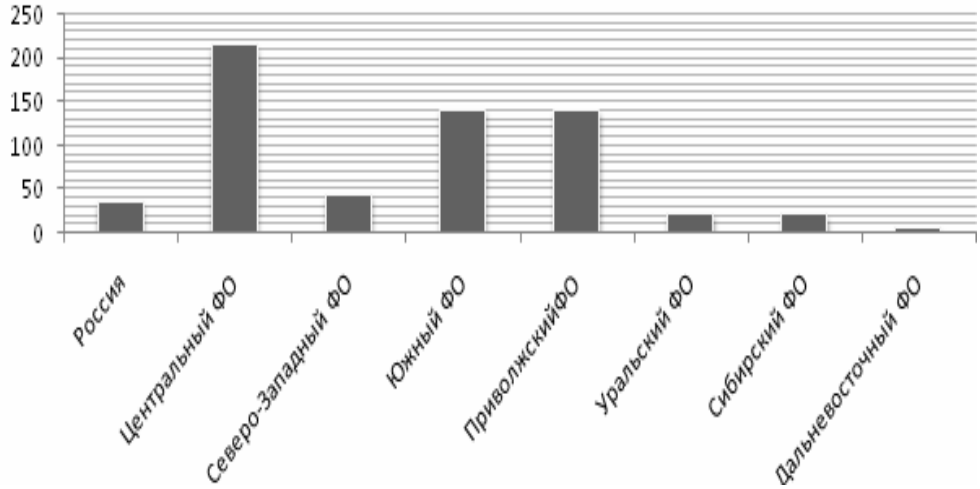


Рис. 2. Густота автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (2008 г.), км дорог на 1000 кв. км

Рассмотрим влияние **институционального фактора** и роль **транзакционной экономики.** Для этого представим экономическое пространство как систему взаимодействующих экономических агентов. Тогда можно воспользоваться совокупностью теорий и концепций, объясняющих контрактную систему: институциональную и неоинституциональную теории, теории общего равновесия и экономическую теорию благосостояния (Парето), неоклассическую теорию и др. К контрактным экономическим теориям О. Ульямсон [Уильямсон., 1994] отнес следующие: теория собственности, теория управления поведением исполнителя, теория транзакционной экономики.

Развивая гипотезу «*эффекта концентрации*», полагаем, что в основе развития региона и реализации экономических процессов на территории лежат самоорганизационные свойства экономического пространства – переносчика транзакций. Саморазвитие территории обеспечивается согласованностью действий участников территориального развития, «соединительными усилиями всех субъектов, присутствующих на данном экономическом пространстве» [Бочко, 2010]. Данный процесс, как и его отдельные элементы, требует формирования определенной **институциональной среды** (правил игры), определяющей **новый** экономический порядок и форматы **институциональных контрактов** (действенных соглашений), предусматривающих установление **частного порядка** в дополнение к судебному (правовому) порядку. Действующее законодательство, регулирующее деятельность экономических субъектов, содержит значительное число диспозитивных норм, позволяющих разработать и внедрить такие действенные соглашения или контракты. О. Уильямсон [Уильямсон., 1994, 2002] полагает, что в экономике существуют не просто фирмы и рынки, а связывающая фирмы плотная сеть взаимоотношений и взаимозависимостей – контрактная сеть. Если имущественные права четко определены и транзакционные издержки равны нулю, то аллокация ресурсов (соответствующая структуре производства) будет оставаться неизменной и эффективной независимо от изменений в распределении прав собственности согласно теореме Коуза (цит. по работе [Козырев, 1997]). Следовательно, при минимуме транзакционных издержек ценность или проводимость среды в отношении инвестиций, установления долгосрочных контрактов и т. д. будет наибольшей. Таким образом, сделаем вывод: если сделки осуществляются в режиме **он-лайн** или **реального времени**, то транзакционные издержки минимизируются.

Одним из показателей, характеризующих институциональные условия, является «*время, необходимое для создания бизнеса*» (число календарных дней, требующихся для выполнения юридических процедур по созданию фирмы), превышение которого определяет в том или ином регионе транзакционные издержки. В табл. 2 для сравнения представлено значение данного показателя по

разным странам, по которому выдвинем предположение о величине транзакционных издержек, связанных с регламентами, регулирующими действия агентов в этих странах. Высокая зависимость между показателем «время, необходимое для создания бизнеса» и валовым национальным доходом (ВНД) (рис. 3) подтверждает предположение.

Таблица 2. Влияние институциональных факторов на эффективность экономики (Данные Всемирного банка, 2006 г. [Трейвиш, 2003])

Страны	Время, необходимое для создания бизнеса, дней	ВНД на душу населения, тыс. долл.	ВНД на душу населения по паритету покупательной способности, тыс. долл.
Сингапур	5	28,73	43,3
США	6	44,71	44,07
Франция	7	36,56	32,24
Норвегия	10	68,44	50,07
Финляндия	14	41,36	33,17
Германия	18	36,81	32,68
Казахстан	21	3,87	8,7
Украина	27	1,94	6,11
Россия	29	5,77	12,74
Беларусь	48	3,47	9,7
Таджикистан	49	0,39	1,56

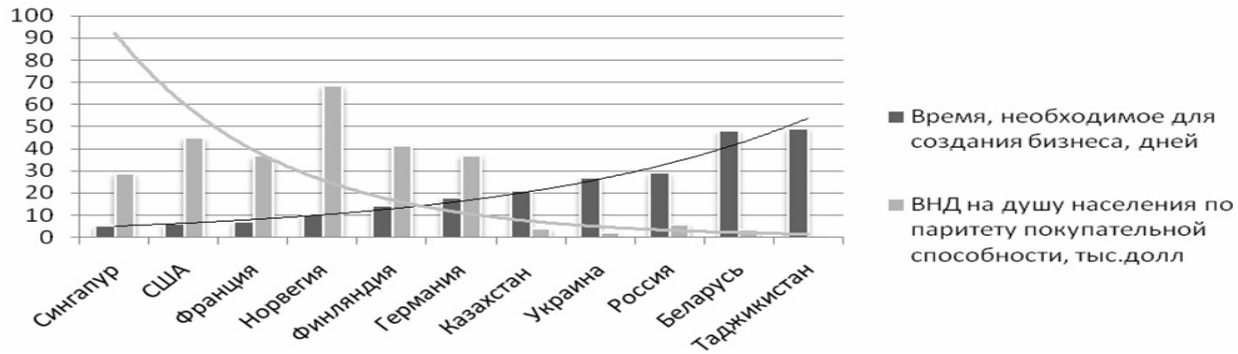


Рис. 3. Влияние институциональных факторов на эффективность экономики стран

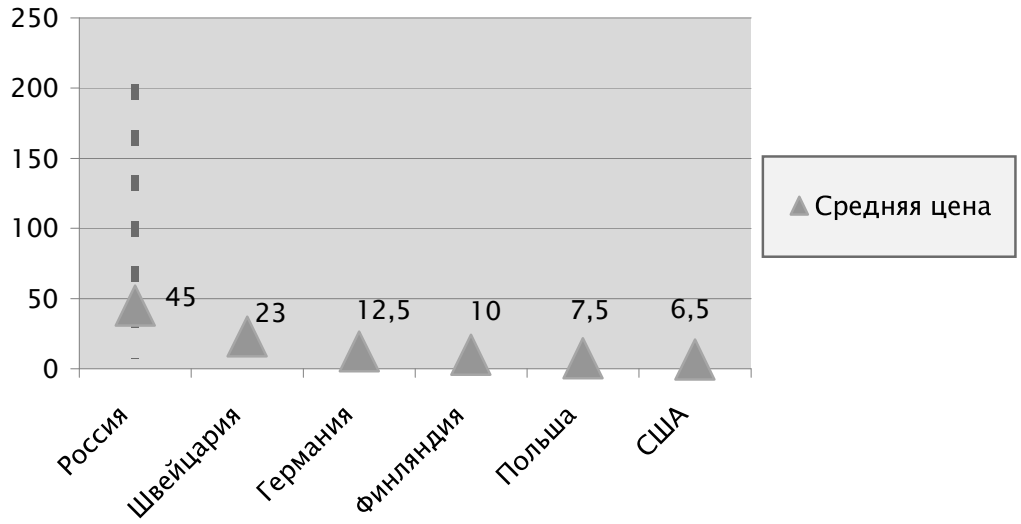


Рис. 4. Влияние институциональных факторов на эффективность экономики стран

Эффективность экономики во многом предопределяется способностью встраиваться в глобальные системы производственных отношений и обмена. Косвенным отражением данной картины является разница мировых и внутренних цен, а также структура цены (рис. 4). Общие расходы в цене кубометра леса объясняются повышенными транзакционными издержками. Общество вынужденно тратить ресурсы на установле-

ние оптимального режима транзакций, посредством установления институциональных условий[1].

Таким образом, гипотеза «*эффекта концентрации*» формулируется следующим образом: **при увеличении сложности транзакций при большой плотности экономического пространства** (являющегося системой контрактов) **появляется объективная необходимость возникновения новых фирм и проектов.**

В соответствии с новой экономикой не только агломерационный эффект влияет на успешность развития, т. е. не только естественная концентрация, но и искусственная концентрация за счет сокращения экономического пространства с большей открытостью экономики. Отсюда вывод: чтобы стать открытой системой в условиях глобализации, требуется повысить компетентность, т. е. прежде надо научиться работать в мировых стандартах (глобализация – это унификация стандартов). Это прежде всего касается сферы услуг и информации, доля которых в структуре цены превышает долю материальных затрат.

Литература

Белов А. В. Финансовая децентрализация и экономический рост в регионах Российской Федерации // Регион: экономика и социология. 2008. № 1. С. 45–57.

Бочко В. Р. Территориальная конъюгация и формирование интеллектуально-инновационного пространства // Экономика региона. 2010. № 2. С. 7–16.

Будевиль Ж. Экономические зоны // Собрание «Что я знаю?». Париж: изд-во P.U.F., 1961. № 950.

Грицай О. В., Иоффе Г. В., Трейвиш А. И. Центр и периферия в региональном развитии. М.: Наука, 1991.

Днепровская С. и др. Инвестиции: региональный проект. М.: СЕПРА, 2002.

Доклад о мировом развитии - 2009. Новый взгляд на экономическую географию / пер. с англ. М.: Весь Мир; Всемирный банк, 2009.

Дробышевский С. и др. Факторы экономического роста в регионах РФ. М.: ИЭПП, 2005.

Кадочников П. и др. Анализ перераспределения средств между бюджетами субъектов Российской Федерации в рамках системы межбюджетных отношений. Оценка свойств стабилизационных инструментов российских федеральных властей. М.: СЕПРА, 2003.

Карачурина Л. Б. Внутрироссийские миграции: региональный анализ [Электронный ресурс] // Демоскоп weekly. 2004. № 177–178 // Электронная версия бюллетеня «Население и общество». Центр демографии и экологии человека ИНХП РАН. URL: http: //demoscope.ru/weekly/2004/0177/analit06.php

Козырев А. Н. Оценка интеллектуальной собственности. М.: Экспертное бюро, 1997.

Кузьминов Я. И., Бендукидзе К. А., Юдкевич М. М. Курс институциональной экономики: институты, сети, трансакционные издержки, контракты: учебник для студентов вузов. М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2006. 442 с.

Лавровский Б. Л., Шильцин Е. А. Российские регионы: сближение или расслоение? // Экономика и математические методы. 2009. Т. 45, № 2. С. 31–36.

Лебедева Т. Н. Определение критериев оценки взаимодействия центра и периферии в экономическом пространстве // Труды научных сессий МИФИ. Т. 13. Экономика и управление. 2007. С. 40–42.

Либман А. Н. Роль экономической интеграции и дезинтеграции на постсоветском пространстве: количественный анализ // Проблемы прогнозирования. 2006. № 5. С. 58–73.

Литвинов А., Иваницкая Н. Полотно в Европу // Русский Newsweek. 2010. № 38 (305). С. 20–21.

Межевич Н. М. Развитие приграничных российских регионов в свете Концепции Минрегионразвития // Российское экспертное обозрение «Новый поворот в региональной политике?». 2005. №1 (13). С. 41–43.

Минакир П. А. Экономика регионов. Дальний Восток. М.: ЗАО «Издательство „Экономика“», 2006. 848 с.

Нефедова Т. Г. Поляризация пространства России: ареалы роста и «черные дыры» // Экономическая наука современной России. 2009. № 1 (44). С. 62–76.

О'Салливан А. Экономика города [Текст] / пер. с англ. А. О'Салливан. М.: Инфра-М, 2002.

Пчелинцев О. С. Российский экономический рост 1999–2000 гг. в региональном и глобальном контекстах // Проблемы прогнозирования. 2001. № 4. С. 25–43.

Россейкина Е. Л. Региональная экономика и управление: учебное пособие. Часть 2. Воронеж: ВГУ, 2003.

Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живем? М.: Поматур; Независимый институт социальной политики, 2005.

Сигов И. И. Региональная экономика (понятийный аппарат). СПб., 2002.

Страны и регионы. 2008. Статистический справочник Всемирного банка / пер. с англ. М.: Весь Мир, 2009

Татаркин А. И., Юрпалов С., Ятнов В. Поляризованный Урал – сочетание программно-целевых и рыночных механизмов управления // Федерализм. 2001. № 2. С. 89–104.

Трейвиш А. И. Центр, район и страна. Инерция, инновации в развитии российского крупногородского архипелага // Крупные города и вызовы глобализации. М.: Институт географии РАН, 2003.

[1] Транзакционные блага – это институты и технологии, доступ к которым хозяйствующий субъект может приобрести бесплатно или за определенную цену с целью снижения транзакционных издержек. К транзакционному сектору, создающему транзакционные блага, относятся транзакционные отрасли (торговля, сервис, финансы, недвижимость), внутри- и междуфирменные издержки, государственный и муниципальный секторы.

Уильямсон О. И. Сравнение альтернативных подходов к анализу экономической организации // Уроки организации бизнеса. СПб.: Лениздат, 1994. С. 51–63.

Уильямсон О. И. Экономические институты капитализма / пер. с англ. СПб.: Лениздат; СЕУ Пресс, 1996.

Челноков И. В., Герасимов Б. И., Быковский В. В. Региональная экономика: организационно-экономический механизм управления ресурсами развития региона. Тамбов: Изд-во Тамб. гос.техн. ун-та, 2002. 112 с.

Экономическая политика: рост и регионы // Стратегия и конкурентоспособность. 2007. № 6(18). С. 54.

Cohen S. B. Geography and Politics in a Divided World. London: Methuen, 1964.

Esteban J. M., Ray D. On the measurement of polarization / J. M. Esteban // Econometrica. 1994. Vol. 4. P. 819–851.

Franc A. G. Sociology of Underdevelopment and the Underdevelopment of Sociology // Catalist. 1967. N 3. P. 20–73.

Friedmann J., Alonso W. Regional Development as a Policy Issue // Regional Development and Planning. Cambridge (Mass.). 1964.

Friedmann J. Regional Development Policy. Boston, 1966.*Gatzweiler H.-P.* Regionale Disparitäten in Deutschland – Grund genug für eine ausgleichsorientierte Raumentwicklungspolitik ? // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Теория и практика пространственного развития: опыт Северо-Запада России и федеральных земель Германии (Региональная дифференциация и пространственное развитие). 14 мая 2010 года. СПб., 2010.

Krugman P. R. Geography and Trade. Cambridge; Massachusetts: MI of Technology Press, 1991.

Krugman P. R. Complex landscapes in economic geography // American Economic Association, Papers and Proceedings. 1994. N 84.

Krugman P. R. Development, Geography and Economy Theory. Cambridge; Massachusetts: The MIT Press, 1995.

Myrdal G. Economic Theory and Under-developed Regions. London, 1957.

Perroux F. Economic space: theory and applications // Quarterly Journal of Economics. 1950. Vol. 64.

Wallerstein I. The Modern World-System: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the 16-th Century. N.Y.: Academic Press, 1974.

Wallerstein I. The Politics of the World-Economy. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Толстогузов Олег Викторович
зам. директора ИЭ КарНЦ РАН, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 570727

Tolstoguzov, Oleg
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 570727

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 29–33

УДК 338. 24: 332.1

КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛОКАЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ

М. В. Сухарев

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассмотрена организующая роль комплекса институтов в процессах принятия планов регионального развития, бюджетов различных уровней. Выявлено, что эти процессы являются формой распределенного мышления или, в терминах когнитивного подхода, региональным когнитивным процессом. Предлагается проводить анализ и конструирование системы законов с позиций когнитивной науки.

Ключевые слова: управление, регион, законодательство, институционализм, когнитивный, принятие решений.

M. V. Sukharev. REGIONAL INSTITUTIONAL ENVIRONMENT AND COGNITIVE PROCESSES IN THE LOCAL COMMUNITY

The organizing role of the set of institutions that affect collective decision-making in the regional community is considered. Such processes include the adoption of regional development plans, budgets of different levels. It is demonstrated that these processes are a form of distributed reasoning, or, speaking in terms of the cognitive approach, a regional cognitive process. We suggest that the system of laws governing decision-making in the region be analyzed and designed from the standpoint of cognitive science.

Key words: government, region, legislation, institutionalism, cognitive, decision making.

Принятие решений, затрагивающих социальное и экономическое будущее региона или города, является сложным когнитивным (мыслительным) процессом[1], который использует определенные представления об устройстве общества, его экономике, демографии, окружающей среде и так далее. Общественная мысль идет при этом по известному логическому пути от абстрактного к конкретному. Процесс социального мышления, который связан с самосознанием локального сообщества, его рефлексией, осознанием своей роли в мире, выработкой и принятием решений о текущем и будущем поведении региона, о его развитии, будет здесь называться *региональным когнитивным процессом*. Управление регионом требует *предвидения*, т. е. создания научно обоснованной картины будущего, чем должна была бы заниматься футурология.

Правила совершения наиболее важных для общества действий со времен изобретения письменности записываются, причем часто эти тексты имеют особый – нормативный статус. Это законы, постановления, стандарты и другие обязательные для исполнения документы. Согласование интересов, планирование будущего и методы воздействия на мышление масс играют важнейшую роль в обществе. Их важность была давно осознана, и люди создали

[1] Роль мышления, механизмов принятия решений, роль знаний в экономике экономисты начали изучать только в последние годы в рамках нового направления – когнитивной экономики [McCain, 1992; Egidi, Rizzello, 2004; Walliser, 2008].

различные системы правил для регулирования этих процессов (не осознавая, что эти правила управляют не только поведением людей, но и общественным мышлением). Когда эти правила сохранялись в устной форме, то и дело возникали дебаты по поводу процедур принятия решений, а именно, кто и сколько может выступать, кому и как разрешено задавать вопросы, как проводить подсчет голосов. Известно, что в некоторых городах Древней Греции решение принималось в пользу той части собравшихся граждан, которая громче кричала «за!» [Фукидид, 1981]. Сформировались письменные тексты правил обсуждений и принятия решений (законы).

В новейшее время все эти процессы осознаны людьми с политической точки зрения, но практически *не осознаны как определенные рамки, регулирующие процесс коллективного мышления.* Тем не менее, именно мыслительный (когнитивный) процесс, постоянно протекающий в общественном сознании, ведет к принятию решений по управлению. Мысль индивида разворачивается внутри него; и этого достаточно, если действие совершается им единолично и не затрагивает интересы других людей. Социальное действие, будучи согласованным действием множества людей, прежде чем свершиться, должно быть согласовано между ними в мысли. Развитие региона происходит на основе множества проектов различных уровней, которые разрабатывают отдельные люди и группы людей. Правильная организация этого коллективного мышления играет важную роль в развитии региона и требует исследований.

Философ Юрген Хабермас обратил внимание на то, что добиться участия многих людей в реализации единого плана можно двумя методами: *в первом* нужных действий от людей добиваются внешним способом, с помощью угроз или денег, исполнители при этом могут и не знать исполняемого плана и не быть с ним согласными; *во втором* случае согласованных действий множества людей добиваются внутренним способом, когда «*…акторы идут на то, чтобы внутренне согласовать между собой планы своих действий и преследовать те или иные цели только при условии согласия относительно данной ситуации и ожидаемых последствий*». При этом «*…другой может соединить свои действия с действиями Я* (*вашего – редактор*)» [Хабермас, 2001].

Согласование планов сложных действий требует обширной коммуникации. Одновременно высказываться все не могут; отсюда с древних пор возникает *регламент* выступлений и технологии принятия решений путем голосований. Существует ряд социальных институтов (Д. Норт), обеспечивающих коллективное мышление (по Г. П. Щедровицкому). Люди, когда им нужно принять коллективное решение, собирают *собрание*, выбирают *председателя* или *ведущего*, явно или неявно устанавливают *порядок выступлений* и *регламент.* Эти глубоко укоренившиеся простые правила социального поведения [Нельсон, Уинтер, 2000] существуют в общественном сознании всех народов.

Принятие решений о будущем развитии региона вовлекает в себя знания философии, социологии, антропологии, биологии, психологии, экономики и т. д., потому что развитие региона должно быть вписано в развитие России и мира. Разумеется, среди региональных планировщиков существуют группировки и течения, имеющие различное представление о том, каким должно быть будущее региона. Разумеется, они выбирают среди многообразия мировой информации и концепций то, что соответствует интересам и устремлениям этих группировок. Раньше чем начнется экономическое соревнование или силовая борьба государств и регионов, происходит война сценариев, битва возможных вариантов лучшего будущего за общественное сознание [Громыко, 2004].

Но именно из позиционирования себя, своего региона в рамках мирового процесса явно или неявно исходят интеллектуалы-планировщики в выборе приоритетов развития своего региона. Отсутствие «фильтрации» дает равные когнитивные возможности представителям разных течений в борьбе сценариев. Это разнообразие обеспечивается *законом о свободе печати и слова*. Для применения какой-либо концепции к своему региону нужно обсудить ее с множеством специалистов. Для этого требуется проводить семинары – что обеспечивается *статьей Конституции о свободе собраний*. Важнейшую роль в эволюции региона играет идущий там региональный когнитивный процесс, и этот процесс регламентируется целой группой (матрицей [Кирдина, 2000]) социальных институтов, формальных и неформальных.

Когнитивная наука возникла в последние десятилетия XX в. Причиной ее зарождения стали принципиально новые возможности в исследовании мышления. Но эти возможности стали не только средством; они изменили сам принцип исследования, само понимание того, что есть мышление. Новая наука в полном соответствии с одним из тезисов теории научных революций Т. Куна [Кун, 2001] основана на новом научном сообществе.

Главной причиной того, что исследователи не смогли «вписаться» в рамки конвенциальной философской науки, было не различие в фундаментальных *принципах*, которыми они руководствовались, а принципиальная разница в *методах* исследования. Метод когнитивной науки – это метод естественных наук, метод построения структурных моделей и экспериментального исследования. Если философия исследовала мышление изнутри, от лица мыслящего субъекта и даже, еще точнее, не от субъекта, как физического существа, а от самой чистой мысли, чистого «Я», которое как бы существует изначально и лишь затем открывает себе тело, в котором существует (*«мыслю, следовательно, существую» Декарта*), то в когнитивной науке мыслящий *субъект* превращается в *физический и биологический объект* исследования. Исследуются процессы, лежащие в основе мышления.

Дело не в том, что философы были неконструктивны, а в том, что в своем развитии естественные науки от исследования простых объектов и объектов с *беспорядочной сложностью*, типа газа, перешли к исследованию все более сложных упорядоченных систем (организмов, машин, сообществ [Рапопорт, 1969]) и в этом движении поднялись до исследования самого мышления. Люди научились создавать настолько сложные и точные когнитивные модели, что сложность этих моделей стала сравнима со сложностью своих создателей.

Естественнонаучным базисом когнитивной науки были нейрофизиология, антропология, этнография, кибернетика, теория информации, психология, лингвистика, компьютерная наука (computer science), и в особенности, исследования по искусственному интеллекту.

«Современная когнитивная психология заимствует теории и методы из 10 основных областей исследований …восприятие, распознавание образов, внимание, память, воображение, языковые функции, психология развития, мышление и решение задач, человеческий интеллект и искусственный интеллект; каждую из них мы рассмотрим отдельно» [Солсо, 2002].

Одним из неявных постулатов когнитивной науки является положение о том, что субъектами познания могут быть не только люди, но и автоматы (роботы), и коллективы людей, и иные разумные существа. То есть разум – это свойство особым образом организованной материи (К. Маркс, В. И. Ленин), и вопрос состоит в том, *каким образом она должна быть организована*.

«Общим для всех „когнитивистов“ является интерес к тому, как люди получают информацию, перерабатывают ее, хранят, используют или забывают. Исходным пунктом служит положение о том, что любая деятельность, исполняемая человеком, требует существования у него представлений – репрезентаций, ориентируясь на которые он – сознательно или нет – планирует свое поведение. В качестве метафоры для когнитивных структур, которыми люди пользуются, чтобы организовывать свои знания о мире и создавать на их основе новые, часто употребляется слово „теории“» [Солсо, 2002. С. 34].

Одним из первых исследователей, предложивших парадигму распределенного познания, был Эдвин Хачхинс. В начале 1980-х гг. Хачхинс с коллегами проводил исследования работы команды корабля. К идее распределенного мышления их привело осознание того факта, что решения, необходимые для навигации и безопасности лайнера, не производились каким-либо одним человеком, а являлись продуктом системы из нескольких человек и комплекта соответствующих приспособлений.

Льюис и Сикара [Lewis, Sycara, 1993] назвали «распределенной моделью» (shared model) «…более всестороннюю модель рассматриваемой ситуации … которая включает опыт многих людей. Распределенная между агентами модель подразумевает общий словарный запас, благодаря которому эти агенты могут находиться в рациональной коммуникации». Распределенное мышление – это не какая-то специфическая ветвь когнитивной науки, относящаяся только к человеко-машинным системам. Этот подход имеет общее значение для всей когнитивной науки (заметим, и для всей человеческой культуры тоже).

«С этой точки зрения, познание расширяется от индивидуальной инициативы к распределенной активности. … В этой модели, единицами анализа чаще являются не ментальные структуры в индивидуальных сознаниях, но взаимодействия в „реальном времени“ между участниками и их окружающей средой» [Johnson, 2001]. К распределенным когнитивным процессам относится и региональный когнитивный процесс.

На уровне домохозяйств люди планируют будущее своей семьи – в хозяйственном, образовательном, социальном, демографическом и других аспектах. Уже на этом уровне оказываются задействованы глобальные концепции развития человечества. Выбирая направление образования для детей, пытаясь сориентировать их в выборе профессии, люди ориентируются на то представление о будущем, которое они смогли составить себе на основе различных источников – от телеви-

зионных передач и чтения фантастики до чтения серьезных журналов и произведений ведущих футурологов мира. Конечно, и на этом уровне большую роль играют обсуждения с друзьями и коллегами – т. е. задействуется коллективное мышление.

На уровне организаций планируется будущее как коммерческих, так и общественных. Все эти планы и происходящие в результате их реализации изменения вносят свой вклад в развитие территории, но играют роль в рамках своих интересов. Эти планы не должны (за исключением планов организаций, играющих важные социальные роли) согласовываться на уровне региона или района. Чтобы планировать будущее региона, надо иметь в объединенном сознании как модель *объекта*, будущее состояние которого мы хотим спланировать (своего региона), так и модель его *окружающей среды*, чтобы убедиться в том, что измененный или вновь созданный объект реализуем и сможет существовать в этой среде.

Основные тезисы **о региональном когнитивном процессе:**

1. Необходимая для планирования модель территориальной социально-экономической системы представляет собой систему, но идеальную, причем распределенную в сознании множества людей.

2. Стратегическое планирование в обществе является средством ускорения эволюции общества за счет моделирования будущего и сужения спектра мутаций (*нежелаемых изменений*).

3. От моделей требуется соответствовать, быть изоморфными организации и движению объективных систем на входах и на выходах.

4. Ментальные модели (*«образы»*) *в голове отдельного человека являются определенной организацией движения материи мозга, реализуемой тренированными нейронными сетями.*

5. Модель регионального социума должна представлять собой целостную, холическую систему, связанную различными взаимодействиями в единый механизм, основным назначением которого является поддержание развития региона.

6. Когнитивная модель сложного объекта только отчасти представляет собой систему, выраженную в явном виде и зафиксированную письменно.

7. Региональные когнитивные модели имеют свою историю.

8. Когнитивные модели, как и предметы объективного мира, имеют иерархическое строение, т. е. строятся из относительно стандартных элементов на основе общих принципов, заменяющих в отражении законы объективного мира[1]*.*

9. Мышление является одним из механизмов создания нового в природе и механизмом социальной эволюции.

10. В точной модели каждому элементу и связи объекта должны соответствовать элемент и связь модели.

Общая схема стратегического планирования. В самом общем смысле планирование представляет собой создание модели будущего некого системного объекта. Планировщики вынуждены отталкиваться от современного состояния объекта. При этом используются переведенные в информационную форму данные об объекте. Однако чаще всего достаточно полная модель региона отсутствует. Для ускорения процесса планирования и повышения его качества желательно создание *постоянно действующей информационной модели объекта* (*региона*). Гораздо выгоднее один раз создать такую модель и затем обновлять и уточнять ее.

На следующем этапе происходит коррекция субпланов, подвергающихся критике. Происходит новая сборка плана и так далее, до того момента, когда уровень замечаний не становится приемлемым (хотя, чаще всего, просто заканчиваются сроки).

Таким образом, имеем схему, аналогичную схеме Карла Поппера [Поппер, 2000]:

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$ (*только вместо теорий фигурируют планы*).

Планировщики пользуются двумя основными приемами: или просто изменяют количественные параметры уже имеющихся, или комбинируют имеющиеся в регионе элементы с новыми, известными им. Поскольку развитие региона происходит всегда с отклонениями от плана, то при планировании желательно иметь в сознании планировщиков наиболее богатый набор идей. Принципиальная схема планирования повторяет общую схему эволюции. Но имеются существенные отличия: *во-первых*, мы имеем исходную организованность, идею – в общем, когнитивную модель нашего объекта (региона); *во-вторых*, имеется возможность генерировать варианты, отклоняющиеся от этой исходной модели.

В отличие от биологической эволюции в региональных системах не создаются физические

[1] В отличие от объективного мира, когнитивные модели индивида и общества эклектичны. Общий ментальный мир индивида разделен на множество зон, соответствующих типам деятельности, и каждая из зон строится на своих принципах. Так, например, мы наблюдали людей, общественная деятельность которых строилась на принципах марксизма, а бытовая – на принципах домостроя и накопительства.

реализации мутированных структур. Регион не может попробовать измениться сначала согласно одному плану, а затем – согласно другому, пятому, десятому, с тем, чтобы выбрать наилучший вариант. Поэтому отбор планов, т. е. вариантов развития, производится на промежуточном уровне отбора, а именно – на уровне общественного обсуждения.

Чем шире требования к качеству планирования будущего, чем больше людей со своими ментальными моделями региона привлекаются к экспертизе, чем лучше организована коммуникация между ними, тем выше *качество* стратегий и планов на будущее, тем меньше риск невыполнения планов. Таким образом: точность исходной модели будущего региона, сложность модели требуют соответствующей среды для планирования. Такая среда в современных условиях образуется средствами хранения информации (баз данных), программного обеспечения, достоверной информацией о регионе, системой ГИС, математическим моделированием трендов развития наиболее значимых субъектов экономики региона и хорошо организованной работой группы планировщиков.

Наличие в составе проектировщиков экспертов с сильным инновационным чутьем, находящихся в курсе новейших технологических, экономических и социальных тенденций.

Развитые средства сужения спектра мутаций: наличие в составе проектировщиков экспертов с широким кругозором, представляющих диалектику социально-экономического развития различных регионов мира, историю успеха и неудач.

Использование возможностей человеко-машинной системы проектирования, обеспечивающую быструю и точную конкретизацию планов (вплоть до технических деталей) на основе исходных концептуальных решений.

Развитую многоуровневую систему обсуждения предложенных планов на основе подключения все более широких кругов специалистов и населения по мере конкретизации плана.

Для поддержания целостности перспективной модели региона необходима совершенная организация коммуникации между создающими ее планировщиками.

Современные информационные технологии предлагают возможности значительного усовершенствования регионального когнитивного процесса за счет создания постоянно действующего сообщества экспертов-планировщиков, взаимодействующих через сеть Интернет.

Осознание и анализ регионального планирования и управления с точки зрения распределенного когнитивного процесса разработок оптимальных моделей будущего позволяет обнаружить «узкие места» и значительно повысить уровень их практической реализации.

Литература

Громыко Ю. В. Сценарная паноплия. Сценарий для России: русский путь. Новая повестка дня для Президента. М., 2004. 400 с.

Кирдина С. Г. Институциональные матрицы и развитие России. М.: ТЕИС, 2000. 213 с.

Кун Т. Структура научных революций. М.: ООО «Издательство АСТ», 2001. 608 с.

Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: ЗАО «Финстатинформ», 2000. 474 с.

Поппер К. Эволюционная эпистемология // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. М.: Эдиториал УРСС, 2000. С. 57–74.

Рапопорт А. Различные подходы к общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1969. С. 55–79.

Солсо Р. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002. 592 с.

Фукидид. История. Л.: Наука, 1981. 543 с.

Хабермас Ю. Моральное сознание и коммуникативное действие. СПб.: Наука, 2001. 380 с.

Egidi M., Rizzello S. Cognitive economics. Cheltenham. UK.: E. Elgar Pub., 2004. 452 p.

McCain R. A. A framework for cognitive economics. Westport, Conn.: Praeger, 1992. 317 p.

Walliser B. Cognitive Economics. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. 182 p.

Hutchins E. L., Klausen T. Distributed cognition in an airline cockpit // Cognition and Communication at Work. N.Y.: Cambridge University Press, 1996. P. 15–34.

Johnson C. M. Distributed primate cognition: a review // Animal Cognition. 2001. N 4. P. 167–183.

Lewis C. M., Sycara K. Reaching Informed Agreement in Multispecialist Cooperation // Group Decision and Negotiation. 1993. Vol. 2(3). P. 279–300.

Tomasello M. Primate Cognition: Introduction to the Issue // Cognitive Science. 2000. Vol. 24. P. 351–361.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сухарев Михаил Валентинович
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: misukharev@gmail.com
тел.: (8142) 572090

Sukharev, Mikhail
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: misukharev@gmail.com
tel.: (8142) 572090

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 34–42

УДК 338.24:330.342

ЧЕЛОВЕК КАК СУБЪЕКТ И ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ (ГУМАНИТАРНЫЙ АСПЕКТ)

А. А. Шишкин

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье приводятся результаты исследования, посвященного выявлению соответствия объекта, субъекта и методов управления социально-экономическими системами. Ставится и частично решается вопрос о принципах определения основного уровня государственной власти на базе соотношения личных потребностей субъекта управления и ресурсами, которыми он владеет. Определяется максимально возможное с позиции экономической эффективности моделирование объекта управления. Исследуется влияние управляющих воздействий на объект управления и характер реакции объекта как системы на них. Оценены революционный и эволюционный подходы к управлению социальной системой.

Ключевые слова: объект управления, субъект управления, управление социально-экономическими системами, социально-экономические системы.

A. A. Shishkin. INDIVIDUAL AS AN OBJECT AND SUBJECT OF PUBLIC ADMINISTRATION (THE HUMANITARIAN ASPECT)

The paper presents preliminary results of the study investigating agreement between the subject, object and methods of public administration in socio-economic systems. We raise and partially solve the problem of identifying the principal level of state power depending on the relationship between personal needs of the management actor and the resources available to it. The second aspect viewed is the method of choosing the most adequate target, based on the level of manageability and modeling. The comparison is drawn between the basic targets, that are rated by complexity. The type of administrating activity is considered to assess the evolutionary and the revolutionary impact of the system.

Key words: management target, management actor, management of socio-economic systems, socio-economic systems.

Цель государственного управления – повышение качества жизни граждан России. По мнению автора данной работы, достижение поставленной цели базируется на двух методических подходах.

Первый основывается на тезисе о том, что государственное управление реализуется непосредственными личностями – чиновниками и работниками властных структур различного уровня, т. е. персоналиями, которые, как и все остальные, обладают личными интересами и мотивами в своей деятельности. Поэтому рассматривается соотношение личных потребностей (для этого используется пирамида Маслоу) и интересов тех территорий[1], которыми управляют эти персоналии.

[1] Так как территории как таковые не имеют интересов, то здесь под интересами территории понимаются интересы населения, живущего на этой территории.

Второй подход заключается в исследовании и моделировании социальных и экономических процессов управления (кибернетический подход) на уровне объектов государственного управления. Исследованы возможности моделирования, программирования и непосредственного управления регионами и реализации принимаемых планов с учетом динамики изменений и эффективности результатов управления.

Предложен подход к пониманию модернизации (изменения) системы, для этого система рассматривается как набор взаимосвязанных сложных элементов. При этом основным фактором – элементом всей системы – принята гуманитарная составляющая системы (элементами которой являются интересы персоналий и групп людей). Это придает системе некоторую гибкость за счет возможности растяжения и изменения связей между элементами (*что затруднено в механических и физических системах, связанных технологическими зависимостями*). Такой подход позволяет описать изменения, происходящие в системах, и определить принципы их реализации.

Разработаны два основных варианта воздействия на социально-экономические процессы, эволюционный и революционный. В данной работе предлагается новый акцент в госуправлении – «центре тяжести». Исследуя процессы государственного территориального управления, необходимо определиться с субъектом управления – это чиновники всех уровней, готовящие информацию для принятия решений, принимающие решения и осуществляющие контроль результатов (мониторинг). На всех этих уровнях личности – люди, называемые в сегодняшней России бюрократами (обвиняющиеся во всех смертных и несмертных грехах). И это мнение о главном труженике в госуправлении сегодня – основная беда в России. Борьба с этой бедой началась под флагом «Модернизации». Но без решения фундаментальной проблемы мотивации: **соотношение личных и общественных интересов**, революционного пути не избежать.

Рассматривая иерархию интересов человека в контексте поставленной проблемы, выделены следующие приоритеты:

1. Личные интересы, касающиеся непосредственно его и его наиближайшего окружения (*семьи*).

2. Корпоративные интересы, заключающиеся в получении прибыли компании, в которой он состоит, укреплении ее позиций на рынке и тому подобном.

3. Общественные интересы (*заключающиеся в их благосостоянии и комфорте*), *т. е. интересы людей, никак не связанные с данной личностью.*

Принимая государственное управление как институт, которому население посредством выборов делегировало часть функций по общему управлению, внешней и внутренней политике, защите своих прав и другие, мы вынуждены признать основное противоречие с приоритетами личности (в первую очередь у чиновника). Госслужащим всех уровней необходимо поставить интересы общественности выше личных интересов и служить гражданам, а не государю (это главная идеологическая проблема, это и есть модернизация).

Как быть с притязаниями чиновников на самореализацию? Для ответа на данный вопрос целесообразно использовать иерархии потребностей – пирамиду Маслоу. Самый низший их уровень заключается в обеспечении физиологически необходимых потребностей, что соответствует личным интересам. Самый высокий уровень потребностей включает в себя потребности уважения и самовыражения. Это означает, что личность, чьи потребности лежат в данной области, стремится отстаивать общественные интересы, что должно привести к росту его уважения со стороны других личностей и общества.

Таким образом, основу государственного управления должна составлять система, ядром которой является уровень власти, где личные потребности совпадают с общественными интересами. Только в этом случае власть будет выполнять свою основную функцию – повышение благосостояния населения, доверившего ей властные полномочия. Исходя из сложившихся на сегодняшний день в России традиций и системы государственного управления, **ядром государственного управления может стать лишь уровень местной власти.** Именно на этом уровне личные потребности и часть личных интересов управленцев (администрации) совпадают с общественными интересами населения.

Соотношение системы интересов личности и ее потребностей, влияющих на ее деятельность, можно представить в виде рисунка (рис. 1). Левая часть рисунка – это фрагменты пирамиды потребностей Маслоу, а правая – схема уровней государственного управления и местного самоуправления (по уровням). Горизонтальное соотношение частей рисунка – *эффективное соотношение личных потребностей и уровней управления.*

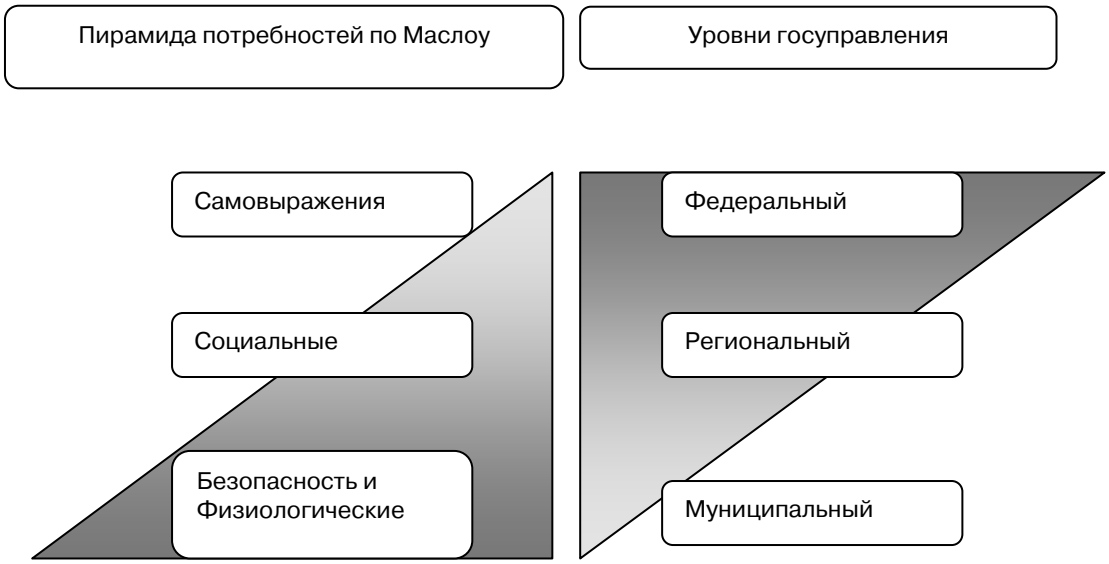


Рис. 1. Соотношение уровней государственного управления и личных потребностей субъектов управления

Особенности объектов государственного управления. С точки зрения теории управления (кибернетики) управляемость объекта сводится к вопросу возможности его моделирования (подбор адекватной модели объекта, будь то математическая, физическая, умозрительная или иная модель) и формирования адекватной ситуации и эффективной системы управления.

Логика науки управления требует ответа на вопрос об управляемости социально-экономическими процессами на уровне местного самоуправления, решаема ли вообще задача определения уровня возможности управления социально-экономическими процессами и объектами с точки зрения изменения внутренней структуры объекта и ее влияния на эффективность (качество жизни). Личностям свойственно объединяться в социальные группы различного численного размера и масштаба деятельности. Эти группы различаются по количеству участвующих в них людей, по степени структурированности, по наличию тех или иных правил и законов поведения или осуществления деятельности (самая простейшая из них – семья – домохозяйство).

В исследовании рассмотрен ряд групп, которые обладают одной особенностью – неопределенностью, появляющейся прежде всего при увеличении численности группы, территориальной разобщенности (географические параметры) и деятельность (функционирование с определенной целью). Целью исследования явилось определение принципиальной возможности применения тех или иных методов моделирования поведения группы и соответственно определение возможности прогнозирования поведения этих групп, т. е. возможности управления. Необходимость такой оценки определяется необходимостью выбора методов управления объектами. Ответив на этот вопрос, можно определиться с основными инструментами воздействия на объект с целью управления им, достижения тех или иных целей и желаемых состояний объекта. В качестве методов моделирования приняты два основных.

Первый, это детерминистический подход. В качестве инструмента принято математическое моделирование. Точнее определяется возможность составления математических формул, описывающих деятельность группы. Прогнозы строятся на основе многофакторного анализа. Данный вид моделирования не приемлет трактовки, основан на неизменяемых связях между зависимыми и независимыми переменными.

Второй подход – это вероятностный подход с использованием принципа «черный ящик» [Винер, 1968]. Основные инструменты – это наблюдение за входящими и выходящими показателями и определение их взаимозависимости (корреляции). Особую роль в данном подходе играет экспертное мнение, основанное на эмпирической информации, наблюдениях, анализе человеческого поведения (бихейвиристский подход), составлении «нежестких»[1] зависимостей между аргументами и функциями.

[1] В данной работе под «нежесткими» зависимостями понимаются такие зависимости, которые позволяют изменять полученный результат исходя из иных (дополнительных) факторов, неучтенных в основной зависимости, а также меняться на основе экспертного мнения вплоть до противоположного значения.

Таблица 1. Классификация системы как объекта управления

	Детерминированные	Вероятностные
Простые	Ножницы Коробка передач (ПДс)	Игра подбрасывание монеты Движение медузы Статистические данные о производительности труда (ПВс)
Сложные	Самые современные вычислительные машины Комплексы машин, функционирующие без участия человека (СДс)	Динамика бедных в регионе Урожайность полей в районе Условные рефлексы Прибыль строительной фирмы (СВС)
Большие сложные		**Корпорация. Экономика региона Экономика страны Евросоюз и т. д. (БСВС)**

В целом системы как объект управления можно разделить на несколько групп в зависимости от возможности их детерминизации и от их сложности. В табл. 1 приведена такая классификация, данная А. И. Шишкиным[1]. Данная классификация характеризует системы по природе возможности управления ими (*предсказать поведение, запрограммировать развитие и добиться результата – достижения поставленной цели*).

Классическая классификация: **формальные, механические, физические и живые системы** в нашем случае не работает, так как предметом нашего исследования является управление вообще, а объектом исследования являются Большие Сложные Вероятностные Системы (БСВС).

Для многих термин «управление» в большей степени ассоциируется с грубым «принуждением» и неважно как: законом (*легализованное принуждение*), *силой* (*страх и грубая физическая сила*), денежной или социальной мотивацией.

Проблема познания в экономической науке (*одно из главных отличий от других наук – естественных*) связана прежде всего с уникальностью объекта исследования, отсутствием адекватного опыта, который мог бы в полной мере обеспечить основу для прогнозов, предсказаний поведения и состояния системы.

Физики, например, так преуспели в рассмотрении явлений с различных точек зрения, что пришли, с одной стороны, к асимптотическим теориям, а с другой – к тому, что прогнозная сила теорий оказывается столь значительной, что иногда до постановки эксперимента им уже ясно, к каким результатам эксперимент приведет. Экономисты мечтают об этом.

Поэтому одной из главных задач при разработке теорий управления является правильный выбор объекта управления. Той самой Большой Сложной Вероятностной Системы (БСВС), которой и необходимо управлять с наибольшим эффектом. Самый активный и непредсказуемый вероятностный элемент БСВС – человек. Как только в исследуемой системе появляется человек (достаточно свободный как личность), такая система становится в определенной степени непредсказуемой и, следовательно, делает качественный скачок в своей сложности (переходит в среду вероятностных процессов). Более того, при попытке детерминировать такую систему, она сопротивляется. Вследствие этого ее неопределенность еще больше возрастет.

В современной экономической науке все чаще обращено внимание на то, что экономические системы перестают быть чисто экономическими и перерастают в социально-экономические (*т. е. еще в большей степени усложняются*). Возрастает роль гуманитарной составляющей (*человеческий фактор*), это особенно затрудняет методы моделирования, прогнозирования, планирования и реализации планов (*все это процессы одной науки – управления*). Человек (*основной элемент как управляемой, так и управляющей систем*) в условиях личной свободы и демократии на порядок усложнил веками отработанные методы управления в России, и большинство методов оказалось абсолютно рутинными и неприменимыми в условиях уже новой России. Разработка новых форм и методов идет в плоскости гуманитарной составляющей на основе кибернетики с учетом культуры, традиций, религиозных особенностей и опыта предыдущей истории: «500-летней модернизации» России и модернизаций в других странах.

Основные социально-экономические объекты управления

Человек как самостоятельная личность. С точки зрения управления каждый из отдельных индивидов не представляет интереса. Так как затраты на управление каждым из них настолько высоки, что делает это управление неэффективным. Причина этому – ярко выраженная индивидуальность и непредсказуемость объекта, что делает невозможным моделирование его поведения, т. е. делает его практически неуправляемым. Следовательно, личность сама управляет собой (его судьба в его руках).

[1] По материалам республиканского теоретического семинара Института экономики Карельского НЦ РАН.

Два человека и более. Также не представляет интереса для науки управления (сами должны управлять своим будущим) как экономический объект, даже если это семья. Однако степень неопределенности, несмотря на увеличение численности, снижается из-за необходимости согласования интересов всех участников при принятии решений и возрастает зависимость от социальной среды (больницы, школа, детсад, транспорт и коммунальное хозяйство…). Таким образом, сужается спектр свободы возможных решений и действий, что значительно снижает степень неопределенности. Однако несмотря на это, остается сложным решение вопроса ее моделирования, прогнозирования и соответственно управления такой системой.

Группа людей по интересам. С точки зрения экономики группа людей – это предприятие, организация или фирма. Это объединение людей, имеющих единую цель. Этот объект уже играет значительную роль в экономическом развитии территории (населенного пункта, муниципального образования, региона). Увеличение количества элементов системы (людей) увеличивает количество связей внутри системы и усложняет их. Однако такая «самоорганизация» ведет к внешней стабильности и определяет вектор движения организации в целом (что является основной целью управления фирмой[1]). Тем самым снижается неопределенность и, увеличивая предсказуемость, а точнее увеличивается прогнозируемость ее поведения. При этом в условиях присутствия таких внешних управленческих инструментов как законодательство (*уголовный, гражданский и бюджетный кодексы, правовое и налоговое законодательство*), правила отчетности перед органами статистики, определенность этого объекта значительно увеличивается. Это делает возможным частичное применение математических методов моделирования поведения системы. Выявление трендов в развитии или деградации.

Еще одной особенностью такой организации является лидерство, т. е. существование одного или нескольких лиц, ответственных за деятельность всей организации. Это позволяет использовать в качестве объекта управления отдельного человека. Вместо множества объектов управления (участники организации) имеется только один. При этом личность находится в условиях ограничений, накладываемых на организации. Это существенно снижает управленческие издержки и повышает эффективность управления.

Сфера деятельности (отрасль). Влияние этого субъекта на экономику региона велико. По сути, он и формирует экономику территории. При этом отрасль обладает определенной спецификой (*направление деятельности, технологические и организационные особенности*). Его основные особенности как объекта управления – это прежде всего самоорганизация, что исключает необходимость внешнего регулирования внутренних связей, которые, по сути, являются договорными (партнерскими) либо конкурентными действиями. Такое саморегулирование и конкуренция приводят к оптимизации внутренней структуры объекта, повышению его эффективности как экономического субъекта.

Как объект управления отрасль (или сфера) в значительной степени может быть определена с помощью математических формул и, следовательно, прогнозироваться с достаточной степенью точности как любая система, имеющая историю. Но вновь созданная отрасль или сфера деятельности полна неопределенности, пока не наберется практика (статистика) деятельности. Причиной тому является снижение неопределенности, несмотря на увеличение количества отдельных личностей (людей), из которых состоит объект. Происходит это из-за дальнейшего снижения влияния личностных мотивов.

В данном масштабе для определения объекта, его прогнозирования и управления широко используются экономические теории и математическое моделирование. Прежде всего это математически и графически выраженные основные рыночные законы: закон спроса и предложения (закон Сэя), кривая производственных возможностей, динамика жизненного цикла товара и т. д.

При этом отрасль (и сфера) как объект управления является достаточно стабильной единицей за счет постоянного движения ее составляющих (предприятий): исчезновение существующих компенсируется появлением новых. В совокупности с анализом внешней среды (*анализ потребности в той или иной продукции, наличие ресурсов на территории*) можно с большой точностью прогнозировать, а, следовательно, и управлять отраслью.

Регион как объект управления. С точки зрения нашего подхода регион обладает следующими специфическими свойствами:

Во-первых, это территориальная единица, которая расположена на значительной территории за счет того, что элементы, ее составляющие, размещаются на некотором удалении друг от друга. При этом одной из особенностей является концентрация основных составляющих этой системы (экономических субъектов) в нескольких крупных точках – точках концентрации социально-экономических единиц или экономической и социальной активности. Однако

[1] Из основ управления организацией.

значительная часть элементов все-таки находится на некотором расстоянии друг от друга. Это один из факторов, которые не позволяют управлять регионом посредством регулирования деятельности каждого элемента в отдельности.

Во-вторых, регион представляется как саморегулируемая *система*, т. е. самостоятельно выстраивающая внутреннюю структуру (иногда *бесконтрольно со стороны государства в соответствии с планами корпораций*). Основными элементами этой структуры являются: экономические субъекты (предприятия и организации) и достаточно крупные социальные единицы (*города и социальные группы*).

К главным особенностям региона можно отнести его инертность с точки зрения сохранения «массы» – количества экономических и социальных элементов, их активности и результатов деятельности. Эта инертность происходит из свободы возникновения и вероятности их исчезновения на территории. При этом изменения во внутренней структуре и внешних проявлениях происходят медленно.

Моделируемость региона как объекта управления обусловлена тем, что все субъекты подчинены ограничениям, за рамки которых они не имеют права выходить. Это прежде всего законы. Помимо этого, находясь в условиях конкуренции, экономические субъекты находятся в ограничениях, созданных самим рынком, которые не позволяют им принимать и реализовывать решения, выходящие за рамки соответствующей рыночной ситуации (например, ограничения на стоимость продукции).

С точки зрения возможности прогнозирования и управления регион может быть рассмотрен как единый «живой» организм, каждый элемент которого обладает неопределенностью в той или иной степени. Однако имея достаточный период функционирования региона и достоверные сведения по основным параметрам его поведения как единого целого, можно прогнозировать эти параметры с достаточной степенью точности. Более того, достаточно точно моделируются взаимозависимости параметров развития региона, т. е. появляется возможность прогнозирования, т. е. управляемость.

Подход, связанный с детерминизацией региона как управляемой системой, в большинстве случаев неэффективен (но используется в отчетности перед обществом – сегодня это более 270 параметров за год отчета). Для упрощения применяется укрупнение этих показателей в группы. Это породило целый комплекс рейтингов по самым разнообразным критериям.

Принципы территориального маркетинга определяют три группы потребителей услуг власти в регионе:

- ✓ *население региона, которое заинтересовано в комфортных условиях жизни, возможностях творческой и трудовой самореализации;*
- ✓ *бизнес и инвесторы, которые заинтересованы в условиях открытия и ведения бизнеса, наличии природных ресурсов, кадров и рынков сбыта;*
- ✓ *туристы и посетители, заинтересованные в наличии аттракций, проведении досуга.*

Для Карелии как и для других регионов от управления множеством элементов мы имеем основание перейти к управлению тремя основными группами, которые значительно более предсказуемы и моделируемы чем элементы, их составляющие. Таким образом, территориальное управление упрощается и заключается в создании внешних благоприятных условий для этих трех групп без вмешательства во внутренние их структуры.

Внутренняя структура региона при этом остается саморегулируемой. Таким образом, в данном случае применимо комплексное использование как детерминистического подхода для анализа результатов управленческих решений (*мониторинг*), так и принципа «черного ящика» для формирования самих управленческих решений.

Для наглядности можно представить краткие характеристики рассмотренных систем в форме табл. (табл. 2). Одним из выводов является то, что человек как абсолютно самостоятельная единица является непредсказуемым элементом, обладая практически безграничной (бесконечной) неопределенностью. Попадая в качестве составного элемента в более крупную систему, человек становится прогнозируемым, а, следовательно, и управляемым. Чем крупнее система, чем больше в ней элементов – людей, тем она более управляема. Что противоречит одному из основных принципов системного подхода: чем больше элементов, тем сложнее система.

Однако при увеличении размеров такой системы больше чем регион, она начинает объединять людей, организации и сферы деятельности с различной культурой, менталитетом, традициями и другими характеристиками и становится неоднородной, возникают внутренние конфликты, и система становится вероятностной, неуправляемой и рассыпается на составные самостоятельные части.

С этой точки зрения можно говорить о региональном управлении как системе управления, адекватной управляемой системой и, следовательно, наиболее эффективной.

Таблица 2. Особенности социально-экономических объектов управления

Объект	Особенности	Основные подходы	
		Детерминистический подход и математическое моделирование	«Черный ящик»
Один человек	Высочайшая степень вероятности и индивидуальности	Невозможно смоделировать и спрогнозировать	Индивидуального подхода, большие управленческие издержки
Несколько человек	Вероятность «конфликта интересов», начальная стадия выстраивания однородной системы из необходимости согласования интересов	Практически невозможно смоделировать	Ограничение возможных результатов из-за нахождения компромисса внутри субъекта. Издержки высоки
Группа людей	Конфликт интересов, согласование и выстраивание целей, методов их достижения. Формирование системы с прогнозируемым результатом деятельности по принципу «если ты не с нами, то нам не по пути». Формирование лидерства	Частично моделируемая система. Существует возможность прогноза ее состояния и действий, основанного на ограничениях и инертности группы (организации)	Прогнозируемость результатов. Возможность моделирования и управления одним человеком – лидером, следовательно, снижение управленческих затрат
Сфера деятельности (отрасль)	Саморегулируемая система в условиях конкуренции. Снижение индивидуальности за счет формирования жестких условий существования в этой среде. Снижение энтропии	Моделируемость за счет высокой степени инертности. Применение математических моделей (закон спроса и предложения и пр.)	Основа управления – создание благоприятных внешних условий для эффективной деятельности и конкуренции
Регион	Система высокой сложности с большим количеством элементов Живой организм с постоянной «массой»	Объединение элементов в однородные группы. Применимость матмоделирования	Подход к региону как мегакорпорации. Принцип управления через создание условий
Страна	Система высочайшей сложности, с большим количеством разнородных элементов. Группы населения рознятся по территориальному признаку, по менталитету и национальным особенностям. Особое значение играет масштаб. При централизации управления происходит «перегруз» субъектов – не в состоянии переработать информацию и реагировать на изменения. Большая инерция связей и затруднение передачи управляющего воздействия от центра к периферии. Постоянное состояние выхода системы или ее отдельных частей из-под контроля. Сопротивление отдельных элементов централизованному воздействию	Огромное число элементов системы Невозможность непосредственного управления ими ввиду их различий	Возможность осуществления мониторинга по косвенным (качественным) показателям и возможность прогнозирования за счет большой инерции системы Управление через создание общих условий функционирования объекта управления

Экономические системы (эволюционные и революционные изменения). Рассмотрим экономическую систему в виде системы, состоящей из элементов и связей между ними, что соответствует классическому представлению о системах. В узлах расположены элементы системы, соединенные обоюдными (двухсторонними) связями.

Данная модель является условным отображением, принимая во внимание, что связи могут иметь однонаправленный характер, элементы могут быть расположены в разном порядке и системе подчинения (рис. 2). Связи между элементами имеют возможность растягиваться без разрыва. Дадим этому явлению название «свобода связи». Совместно с запасом прочности такая свобода позволяет каждому элементу колебаться или отклоняться от текущего положения. Возможности системы (связей) растягиваться, а элементов перемещаться зависят от характеристик самой системы и связей в ней. Так, связи в физических системах имеют характеристики, определяемые физическими характеристиками связей (плотность, вязкость, эластичность и пр.), связи в химических системах определяются характеристиками химических элементов, их способностью образовывать соединения.

Социальные и экономические системы, как и связи в них определяются институциональными условиями их существования и работы, т. е. той средой, которая создана на определенной территории. Прежде всего такие условия создаются законодательной и нормативной базой (формальные институты), сложившимися традициями (неформальными институты). Институциональные условия формируют связи в сис-

теме, определяя их характеристики, тем самым задавая их возможность изменяться без разрыва. Сумма малых перемещений элементов (узлов) системы может привести к появлению обновленной системы (по сути – новой системы) без разрушения (рис. 3).

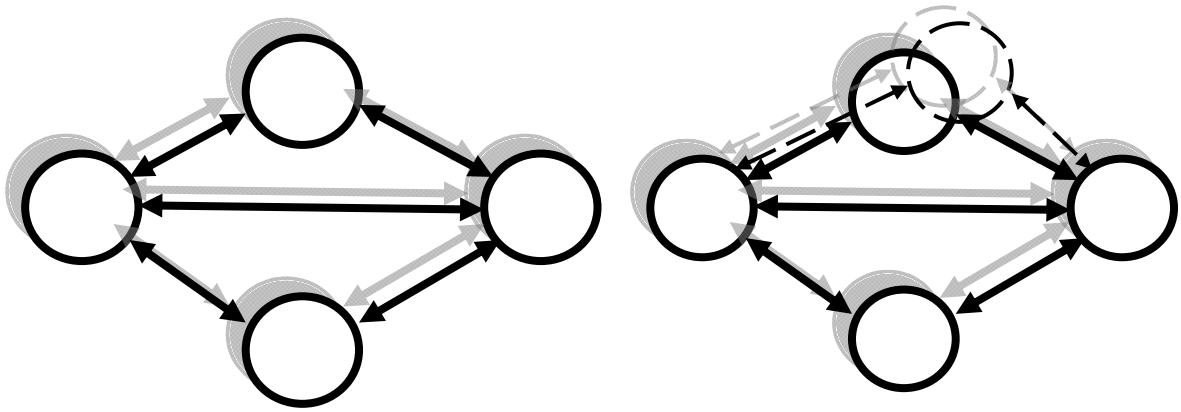


Рис. 2. Общее схематичное изображение системы и эволюционного изменения в ней

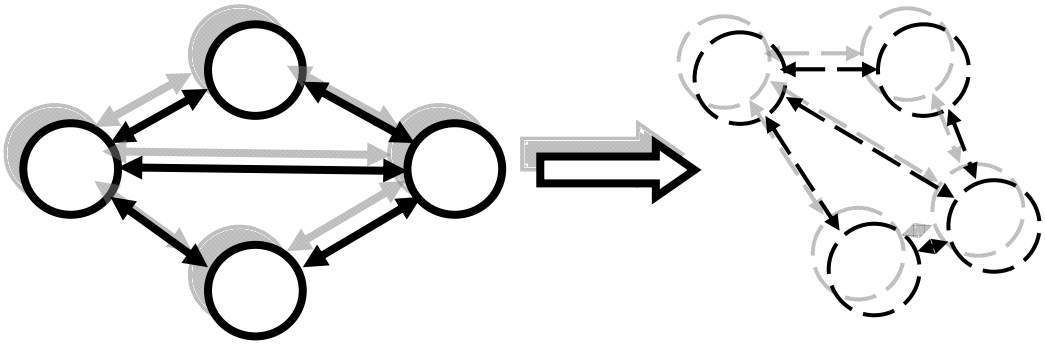


Рис. 3. Переход одной системы в другую за счет изменения связей между элементами

Помимо перемещения элементов, изменения в системе могут происходить за счет изменения характеристик связей – способности растягиваться или сжиматься. Такое изменение системы можно назвать эволюционным в том смысле, что происходит оно постепенно на протяжении длительного времени без резких изменений. При этом сама система не разрушается ни на одном из этапов своего изменения.

С другой стороны, перемещения элементов (узлов) системы сверх «свободы» может привести к ее разрушению. Такие последствия приводят к необходимости формирования новой системы, что является длительным процессом, требующим больших затрат ресурсов.

Другим вариантом результата такого смещения является устранение элемента, совершающего большие колебания. Однако его устранение, по сути, приводит к формированию новой системы (новый набор элементов). Такое изменение можно назвать революционным, т. е. меняющим саму систему. Основная задача состоит в определении характеристик системы (ее связей и элементов), которые позволили бы определить возможности системы на «свободу связей». Таким образом, можно охарактеризовать системы на предмет сохранения ими целостности при изменениях и определить предельные смещения элементов. Это может использоваться для внесения изменений в системы с целью перевода их в новое состояние в соответствии с поставленными целями и задачами.

Выводы

1. «Центром тяжести», т. е. основным уровнем, на котором сконцентрированы основные полномочия и ресурсы, должен выступать региональный и местный уровень. Это обусловлено соотношением личных мотивов представителей государственной власти и их полномочий.

2. Наиболее моделируемой и управляемой структурой (с точки зрения эффективности управления) является регион как социально-экономическая система.

3. Изменения, происходящие в системах, могут развиваться двумя путями: революционным и эволюционным – посредством последовательных малых перемещений элементов сис-

темы, которые приводят также к смене всей системы с течением длительного времени. Эволюционный путь позволяет выстраивать новые взаимосвязи между элементами без разрушения системы.

Литература

Армстронг Г., Котлер Ф. Основы маркетинга. 9-е изд. / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2003. 1200 с.

Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Пер. с англ. В. Я. Алтаева. М.: Наука, 1963. 276 с.

Винер Н. Кибернетика или Управление и связь в животном и машине. 2-е изд. М.: Советское радио, 1968. 344 с.

Гелбрейт Дж. К. Экономические теории и цели общества / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1970. 407 с.

Кондратьев Н. Д. Избранные сочинения. М.: Экономика, 1993. 543 с.

Парсонс Т. Понятие общества: компоненты и их взаимоотношения // Тезис. Т. 1, № 2. С. 94–122.

Парсонс Т. Функциональная теория изменения // Американская социологическая мысль. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 254–263.

Яковец Ю. В. История цивилизаций. М.: ВлаДар, 1995. 415 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Шишкин Артем Анатольевич
зав. отделом, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Shishkin, Artem
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 43–47

УДК 314.7

MIGRATION FROM RUSSIA TO EASTERN FINLAND

Heikki Eskelinen[1], Aku Alanen[2]

[1] *Karelian Institute University of Eastern Finland*
[2] *Statistics Finland*

This paper investigates the trends and characteristics of Russian immigration between 1990 and 2010, with special attention being paid to the regional distribution of migration patterns. The key question concerns the implications of Russian immigration for the development of border regions and cross-border co-operation.

K e y w o r d s : immigration, regional development, Finland, Russia.

Хейкки Эскелинен, Аку Аланен. МИГРАЦИЯ ИЗ РОССИИ В ВОСТОЧНУЮ ФИНЛЯНДИЮ

В статье исследуются тенденции и характеристики миграции из России в 1990–2010 гг., особое внимание уделено региональным особенностям структуры миграционных потоков. Рассматривается влияние миграции из России на развитие приграничных регионов и приграничное сотрудничество.

К л ю ч е в ы е с л о в а : иммиграция, региональное развитие, Финляндия, Россия.

Introduction

The impacts of a change in a border regime on the volume and forms of cross-border interaction, and hence on regional development, are traditional research issues in studies on borders. In Europe, the EU integration process and the opening up of the East-West divide some two decades ago have provided much empirical evidence on these processes. According to mainstream economic theory, the degree of socio-economic integration between border regions is assumed to depend on, firstly, how they are positioned (e.g. in terms of accessibility) in their own institutional and functional environment and, secondly, their population base (and market potential). Many border regions have remained, or turned into, transport corridors, but there are also cases in which the removal of border-related barriers has triggered economic growth processes on both sides of a formerly closed border, and contributed to cross-border regionalization processes (for economic integration of border areas: see Niebuhr & Stiller [2004]).

This paper focuses on one specific case of how a change of border regime has facilitated new forms of cross-border interaction and provided potential resources for regional development in peripheral border areas: migration from the Russian Federation to neighboring Finland. The disintegration of the Soviet Union launched this process, and in the Constitution of 1993 freedom for movement was officially granted to Russian citizens giving them the right to move permanently abroad [Heleniak, 2001].

Major differences in income levels between Finland and Russia imply that economic incentives exist for potential migrants. However, it has to be stressed here that in comparison to

many large migration streams that were boosted by the collapse of the Soviet Union and resulting upheaval of the East-West divide, this small flow of migrants is highly regulated, and its trends do not necessarily follow changes in socio-economic disparities between the border areas. It is argued here that the investigation of this particular case necessitates that the analysis is informed by context-specific and locally contingent preconditions for cross-border integration or regionalization processes, which have been conditioned by the break-up of the Soviet Union and the resulting systemic change. The structure of the paper is the following. Section 2 provides a brief overview of the Finnish-Russian border and reviews the changes to its regime in the early 1990s. Section 3 describes main trends of migration since 1990, paying particular attention to its geographical distribution in Finland. Section 4 discusses the role of migration from the perspective of the Finnish border regions, which have suffered from structural problems for a long time. Chapter 5 summarizes the findings and draws some conclusions.

Institutional Context: Normalization of the Finnish-Russian border[1]

The Finnish-Russian border regime has undergone several drastic changes in history due to political and institutional upheavals. For this reason, the volume and structure of cross-border interaction – and also patterns of borderland development – are characterized by distinctive periods. Bilateral economic relations between Finland and the Soviet Union were extensive after the Second World War, but cross-border cooperation in the current meaning of this activity was non-existent. Migration was at a minimal level, and border crossings were linked to official political and economic relations and group tourism. There were only a few crossing-points for passenger traffic, and the bulk of the border region in the Soviet Union was strictly off limits for foreign visitors.

After the collapse of the Soviet Union, the border regime has remained similar in the sense that a passport and visa (that cannot be bought at crossing-points) are required (with the exception of some specific tourist trips). The border is also still very strictly guarded and there is a zone of restricted access on both sides. As a result, the number of illegal crossings has remained very small. However, the border regime in a wider meaning has undergone profound changes for a traveler to Russia in the sense that contacts between individual actors are allowed, travel restrictions concerning certain destinations have been removed almost entirely and new crossing points have been constructed. In a word, the border regime has been normalized to a major degree. The impacts are seen clearly in the number of border crossings, which have risen from 1.3 million in 1991 to 8.4 million in 2010 (www.raja.fi). At the same time, the share of Russians among the border-crossers has grown, and currently they account for a clear-cut majority. These border-crossings have created connections that may increase migration potential, which, in turn, increases the number of border crossings as many of those who have moved pay visits to their home country.

To citizens of non-EU countries, the introduction of the Schengen Treaty has set uniform requirements for entry on the external borders of the EU and, thus, the period of a relatively open border turned out to be only temporary in several cases. The Finnish-Russian case makes an exception in this respect due to the fact that there was no period of an open border after the collapse of the Soviet Union. For this reason, Finland's membership in the Schengen Treaty has in fact improved Russian citizens' possibilities for visiting EU countries, and many Russians apply for a Finnish visa for travelling in the whole Schengen Area. Given the fact that the regulation of migration is a competency of individual states, neither Finland's membership in the EU nor the introduction of the Schengen Treaty has had straightforward impacts on the inflow of Russian immigrants to Finland.

In addition to socio-economic factors, ethnicity has played a major role in contributing to, or conditioning, migration both from former Soviet states to Russia and from Russia to other countries. In the latter case, this is clearly seen in the fact that Germany and Israel have been important destination countries [Heleniak op. cit]. The Finnish immigration policy is comparable to Germany in the sense that Russian citizens of Finnish descent have been allowed to move to Finland, and they are seen as so-called return migrants who are entitled to social security. In the early 1990s, this migration flow started spontaneously, and the criterions were not well defined. Since then, relatively tight requirements have been set, which has slowed down this inflow of migrants. It has been estimated that at least 20 000 Russian (and also former Soviet and Estonian) citizens have moved to Finland on this basis. Their mother tongue is either Russian or Finnish.

[1] This account draws on Liikanen et al. [2007].

In addition to the above mentioned group of Finnish descent, migrants from Russia to Finland can be classified into the following three main groups: work-related migrants, those who have married a Finn (typically a Russian woman marrying a Finnish man), and students. A Russian citizen, who comes to work in Finland needs a permit in advance and his/her employer has to apply for it from the labor market authorities.

In comparison to the inflow from Russia to Finland, the outflow from Finland to Russia is very small – the annual average is approximately one-tenth of the inflow. This migration is closely linked to increasing economic relations between these two countries; a typical migrant is an expert who works for a Finnish company that has invested in Russia. The following account focuses on migration from Russia to Finland.

Migration from Russia to Finland since 1990: main trends and patterns

Migrants are usually classified according to their country of origin, citizenship or language. Here, migration from Russia to Finland is investigated according to the last mentioned criterion: the number of Russian-speaking residents in Finland is used as a volume indicator. It is worth emphasizing that this group includes those Russian-speaking inhabitants who lived in Finland already during the Soviet era, and also Russian-speakers who have migrated to Finland from another country, usually from Estonia. However, this language group does not include those migrants from Russia whose mother tongue is not Russian (usually Finnish) or who have moved back to Russia. Almost all Russian-speaking residents in Finland are citizens of Finland or the Russian Federation, or have the citizenship of both these countries.

In comparison to EU averages, Finland has been – and still is – a very homogenous country in terms of ethnicity and language. In 1990, only 0.5 per cent of the people living in Finland (approximately 25 000 inhabitants) did not speak any of the official languages of the country (Finnish, Swedish or Sami) as their mother tongue. Russian-speakers numbered not more than 4000, which is a lower figure than in the early years of the country's independence after the First World War.

During the last two decades, the total number of foreigners Finland has grown rapidly from this very low level. It quadrupled in the 1990s, that is, approximately 100 000 in the year 2000 (2 per cent of the total population), and the number of Russia-speakers had bounded ahead to 28 000. In 2010, the respective total figure was 224 000 (4 per cent) including approximately 55 000 Russian-speaking residents, who formed the largest single foreign-language group in Finland (followed by Estonians and Somalis). In addition to these Russian-speaking residents, several thousand Russians work in Finland annually in seasonal or temporal occupations, and there are also Russians who have bought a second home in Finland and live in the country during weekends and holidays [Pitkänen, 2011]. Those Russians who work in temporary occupations in agriculture (berry pickers etc.) do not need a work or residence permit.

A majority of migrants from Russia to Finland live in the largest cities and in the eastern border areas of the country, that is, they have settled in the places where Russia-speaking communities are growing, and where contacts to Russia can be maintained more easily due to geographical proximity. The share on Russian-speaking minority is highest in the rural municipality of Tohmajärvi, close to the Niirala-Värtsilä border-crossing point. However, approximately 40 per cent of the migrants live in the Uusimaa region (incl. Helsinki). The growth of Russian-speaking population has been continuous since the early 1990s (see Fig. 1).

Their share has grown most rapidly in the southernmost part of the border region (Kymenlaakso and South Karelia, NUTS 3). This share has exceeded the Finnish average also in the easternmost region of the country (North Karelia). The northernmost parts of the Finnish-Russian border region are almost uninhabited and, thus, geographical proximity does not play a particular role in migration to these regions. Russian-speakers form by far the largest group of foreigners in the eastern part of the country. In the largest urban areas, especially in the Helsinki region, migration is more diversified and there is no single dominant group of foreigners in terms of ethnicity or language: see Fig. 2.

Internal migration – and also emigration in the past – has played an important role in spatial change and regional differentiation in Finland. The main trends have been quite stable for decades in that rural areas and more recently also smaller urban communities lose population due to migration, whereas the largest urban regions, especially Helsinki, continue to grow. In this context, eastern Finland is an archetypal example of a region which has suffered from a relative decline, and even the growth of the region's largest centres have slowed down when surrounding rural

areas are not providing any more migrants. This has resulted in the aging of the population, which has further undermined the regions' development prospects. Against this background, cross-border interaction and co-operation in general, and migration from Russia in particular, have been seen as potential new resources for development.

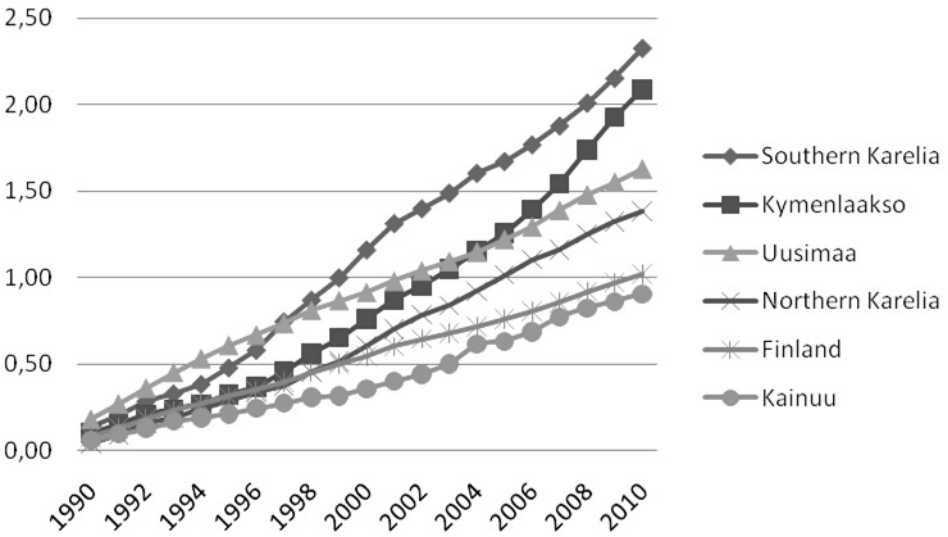


Fig. 1. Share of Russian-speaking population in Finland and in selected regions (border regions and Uusimaa, NUTS 3), 1990–2010

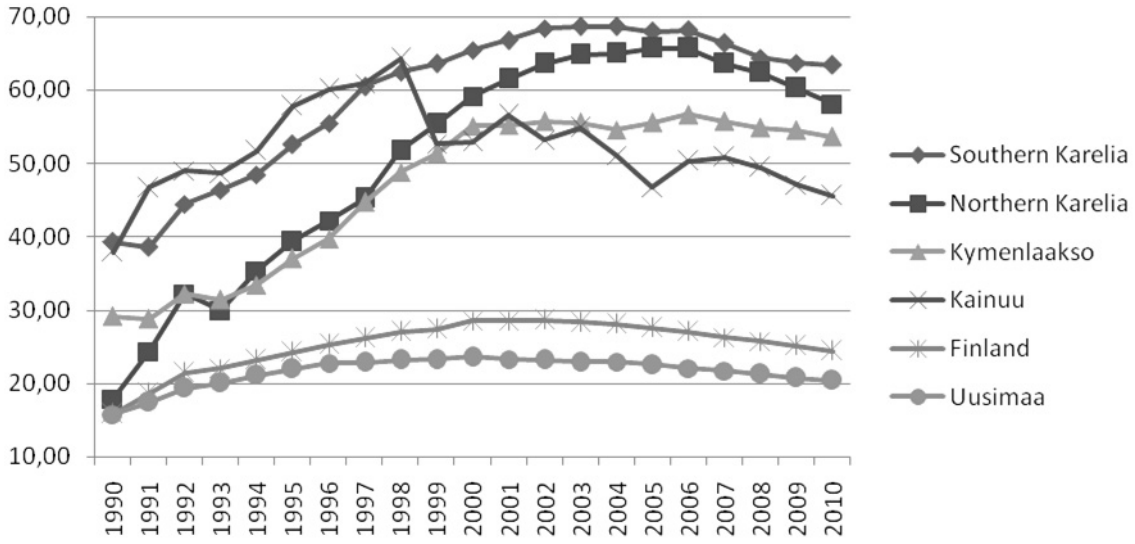


Fig. 2. Share of Russian-speakers of the total population in Finland and in selected NUTS 3 regions (border regions and Uusimaa, incl. Helsinki), 1990–2010

Migration and regional development

The total population of the four regions sharing a border with the Russian Federation (Kymenlaakso, South Karelia, North Karelia, and Kainuu, NUTS 3) was in 2010 more than 40 000 smaller than in 1990. At the same time, the number of Russian-speaking population grew rapidly in these regions; it was only 500 in 1990, but has risen to approximately 10 000 in 2010. This means that migration from Russia had compensated around one-fifth of the population loss resulting from internal migration and natural population change. The role of immigration from Russia has in this sense been the most important in the region of South Karelia and at a local level in municipalities close to the border-crossing points (see Fig. 1).

Given the fact that unemployment rate is high and economic growth sluggish in border regions, it can be assumed that some Russian migrants move further to more prosperous regions.

However, the empirical data shows that this on-migration is not particularly large. In the region of Uusimaa (incl. Helsinki), the net gain from on-migration is approximately one-fifth of the migration flow which it has received directly from Russia. Also the region of Kymenlaakso, where transit traffic to Russia is an important economic activity, has received some additional migrants through other regions. In contrast, the more peripheral border regions have lost Russian migrants.

Taking into account the migrant groups and their motives, these findings concerning on-migration are not necessarily that surprising, even if there is no research-based evidence on the dynamics of this migration process. Firstly, a migrant who comes for employment needs a work permit in advance. Secondly, many of those who have moved on ethnic grounds are relatively old and therefore their mobility is not very high. Thirdly, Russian women marrying Finnish men are bound to their spouses' places of living.

Conclusions and reflections

Since the early 1990s, the Russian-speaking minority in Finland has grown in numbers to more than ten-fold due to migration and Russians currently form the third largest language group in the country (after the official languages Finnish and Swedish). Overall, this migration flow is well regulated in the sense that individuals do not enter the country in search for jobs, but a work or residence permit is needed in advance. This process started from the specific policy allowing people of Finnish descent to "return" to Finland (in some cases, their ancestors had never lived in the current Finnish territory), but currently migration for employment is growing and there is an increasing group Russians who have gained experience from seasonal work or studies in Finland.

Geographical proximity and urbanization economies seem to bear influence on migration flows. Most migrants move to the largest cities (especially Helsinki) and areas close to crossing points. Even if the numbers are small in a European and international comparison, this migration flow is already of importance for regional development in eastern Finland. In addition to its impacts on population structure in declining communities, it also creates a population group that has cultural and professional competence on both sides of the border. This human capital is an important potential resource for cross-border interaction and co-operation, initiating processes that create a more integrated Finnish-Russian borderland.

Literature

Alanen A. Etelä-Suomi ja rajamaakunnat vetävät venäläisiä // Tieto & trendit. 2006. Vol. 3. P. 58–61.

Alanen A. Suomessa jo 50 000 venäjänkielistä // Tieto & trendit. 2009. Vol. 6.

Heleniak T. Migration and Restructuring in Post-Soviet Russia // Demokratizatsiya. 2001. Vol. 9(4). P. 531–549.

Liikanen I., Zimin D., Ruusuvuori J., Eskelinen H. Karelia – A Cross-Border Region. The EU and cross-border region-building on the Finnish-Russian border. University of Joensuu, Publications of the Karelian Institute. Joensuu, 2007. N 146.

Niebuhr A. & Stiller S. Integration Effects in Border Regions – A Survey of Economic Theory and Empirical Studies // Review of Regional Research. 2004. Vol. 1. P. 3–21.

Pitkänen K. Contested Cottage Landscapes: Host perspective to the increase of foreign second home ownership in Finland 1990–2008. Fennia. 2011. Vol. 189. P. 43–59.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Эскелинен Хейкки
профессор
Карельский Институт Университета Восточной Финляндии
п/я 111, 8010 Йоэнсуу, Финляндия
эл. почта: Heikki.Eskelinen@uef.fi
тел.: +358 50 5958180

Аланен Аку
Статистическая служба Финляндии
FI-00022
эл. почта: Aku.Alanen@stat.fi
тел.: +358 9 17341

Eskelinen, Heikki
Karelian Institute, University of Eastern Finland
PO Box 111, 8010 Joensuu, Finland
e-mail: Heikki.Eskelinen@uef.fi
tel.: +358 50 5958180

Alanen, Aku
Statistics Finland, FI-00022
e-mail: Aku.Alanen@stat.fi
tel.: +358 9 17341

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 48–53

УДК 332.1

UNIVERSITY-BASED ENTREPRENEURSHIP – EVIDENCE FROM EASTERN FINLAND

Timo Lautanen

University of Eastern Finland, Spatia Centre for Regional Research

University-based entrepreneurship has received increasing attention in higher education and innovation policy in Europe. Research-based firms are seen as important for regional development because they are assumed to have high growth potential. In this paper, I present preliminary findings of a study on entrepreneurship that was carried out at the University of Eastern Finland. The findings indicate that the picture of university-based entrepreneurship is very heterogeneous and not necessarily imply rapid growth. Firstly, the materials show that enterprises established by university graduates operate in many fields of business. Secondly, only a part of the firms are research-based or currently utilize research results from the university. Thirdly, research-based or currently research-oriented firms do not seem to differ much from other kind of firms with respect to past or current growth. From the policy point of view, this suggests that university-based entrepreneurship should not be narrowly defined simply on the basis of research orientation.

K e y w o r d s: entrepreneurship, firms, university graduates, business, research-oriented firms.

Тимо Лаутанен. КОММЕРЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УНИВЕРСИТЕТАХ – ПРАКТИКА ВОСТОЧНОЙ ФИНЛЯНДИИ

Развитию коммерческих предприятий на базе университетов уделяется все большее внимание в рамках европейской политики поддержки высшего образования и инноваций. Научно-исследовательские компании рассматриваются как важный фактор регионального развития, так как они обладают значительным потенциалом роста. В данной статье приводятся предварительные результаты исследования деятельности коммерческих предприятий при Университете Восточной Финляндии. Выявлено, что деятельность исследуемых коммерческих предприятий весьма гетерогенна и необязательно предполагает быстрый рост. Во-первых, предприятия функционируют в широком спектре отраслей. Во-вторых, только часть предприятий используют результаты научных исследований в своей деятельности. В-третьих, по темпам роста научно-исследовательские предприятия не отличаются значительно от обычных компаний. Делается вывод, что определение коммерческих предприятий на базе университетов не должно сводиться исключительно к научно-исследовательским компаниям.

К л ю ч е в ы е с л о в а: предпринимательство, компании, выпускники, бизнес, научно-исследовательские компании.

Introduction

University-based entrepreneurship has received increasing attention in higher education and innovation policy in Europe. University spin-offs are assumed to benefit the society and the universities in many ways. For example, these enterprises may enhance regional development, generate income for the universities and help them in their primary tasks of research and teaching [Wright et al., 2007, 2, see also Franzoni et al., 2006]. From the regional development policy point of view, university spin-offs, especially those that are born out of the research and are research-oriented, are seen as businesses with high growth potential.

According to Kankaala et al. [2007], the number of new research-based enterprises in Finland, in relative terms, is nearly at the same level as compared to many other western countries. However, economic development of these firms has been comparatively modest. Finland is seen internationally as a country with high-standard research - but at the same time the country has not been very successful in the commercialization of research results (see also Tahvanainen [2009]).

In this article, I explore entrepreneurship that originated at the University of Eastern Finland. This university is a medium-sized, multi-campus and multi-disciplinary university located in the sparsely populated European North. This article presents mainly descriptive findings. The focus is on the mapping of how common entrepreneurship is among graduates and what kind of entrepreneurship has been established as a result of university activities. The question about research orientation and its relation to growth is also analyzed in a preliminary manner.

The article is structured as follows: section two defines what a university-based enterprise is. Section three describes the empirical setting and materials of the study. Findings are presented in sections four to seven. The concluding chapter considers methodological problems and implications for further research.

Definition of a university based enterprise

Strictly defined, university spin-offs are newly established companies that rest on licensing agreements or mandates based on the immaterial rights of a university. The university may (or may not) have a share of ownership in the company in exchange for the patent rights or licensing fees (see Wright et al. [2007]). Recently, however, researchers have been interested also in other kinds of university-based firms. According to Markman et al. [2008, 1408–1410], a narrow definition of spin-offs leaves aside a considerable proportion of university-born entrepreneurship. For example, many spin-offs are not based on official agreements dealing with immaterial rights but on tacit information that research workers may have. In addition, only few spin-offs have created totally new markets.

In this study, a university-based enterprise is defined through the entrepreneur. An entrepreneur is defined as a person who owns either partly or fully an operational business, and is in important ways involved in its operation. An academic entrepreneur is defined as an entrepreneur who either has a basic or post-graduate degree from the university, or is studying for such a degree.

Research setting and materials

The University of Eastern Finland (UEF) was established in 2010, when the universities of Kuopio and Joensuu merged[1]. The university has about 15 000 degree students and has campuses in three Eastern Finnish towns: Kuopio (about 97 000 inhabitants), Joensuu (73 000) and Savonlinna (28 000). The university is multi-disciplinary with four faculties: Philosophy, Science and Forestry, Health Sciences, and Social Sciences and Business Studies. the university offers teaching in more than 100 major subjects.

The materials used here consist of four types of data. Firstly, the KOTA-database of the Ministry of Education and Culture, which contains information about the employment of persons graduated from Finnish universities. The second and third types of information are based on a mapping of entrepreneurs who have a degree from, or who are currently degree students, at the University of Eastern Finland. This is explained in more detail below. Finally, interview data from interviews with eleven such entrepreneurs in Joensuu was utilized. The latter three sets of data were collected for the purpose of the present study[2].

No official or comprehensive register of university-based enterprises is available in Finland. Thus, an exploratory approach had to be used to map these enterprises in Eastern Finland. This included an emailed survey posted to different faculties and departments as well as

[1] The universities of Kuopio and Joensuu were initially established in the late 1960s/early 1970s. Partly the data used this article concerns originally these two universities separately.

[2] The data was collected in an EU-funded project trying to foster university-based entrepreneurship in the region of North Karelia [Lautanen, Saukkonen, 2011].

research and innovation services, recruitment services and student services of the university. In addition, the survey was emailed to about 30 different regional organizations (involved in regional development, business development, funding, lobbying etc.). In total, the survey was posted to more than 100 persons inside or outside the university.

Table 1. Number of observations in different types data-sets used

Campus	(1) Number of entrepreneurs graduated from the UEF (1990–2007)	(2) N. of UEF-based enterprises found in the survey	(3) N. of responses to the survey (response rate)	(4) Number of interviews
Joensuu and Savonlinna	109	57	43 (75)	11
Kuopio	180	36	23 (64)	–
Total	289	93	66 (71)	11

The survey produced information on about 125 firms that potentially belonged to the target group. Using different additional sources of information (enterprise registers, internet-sources, newspapers etc.), this number was further reduced to 93 enterprises, 57 of which were from the Joensuu campus (incl. a few firms from Savonlinna) and 36 from the Kuopio campus (see Table 1).

Publicly available information on the 93 companies (such as year of establishment, industrial classification etc.) was collected from the enterprise register of the National Board of Patents and Registration of Finland; this forms dataset two. The firms identified through the inquiry (93) were also sent a questionnaire, which could be filled in either online or on paper. The number of responses to this questionnaire was 66, which represents a 71 percent response rate.

Entrepreneurship among university graduates

The KOTA-database of the ministry of Education and Culture includes information on the employment situation of university graduates at the end of year following the graduation. According to this data, the proportion of entrepreneurs among graduates of the Universities of Kuopio and Joensuu (i.e., the current University of Eastern Finland) was on average about 1.2 percent between 1990–2007. This is a lower proportion than the average for all universities in Finland (1.6 percent). The highest proportion of entrepreneurs among graduates is in those universities focusing on arts (see Fig. 1).

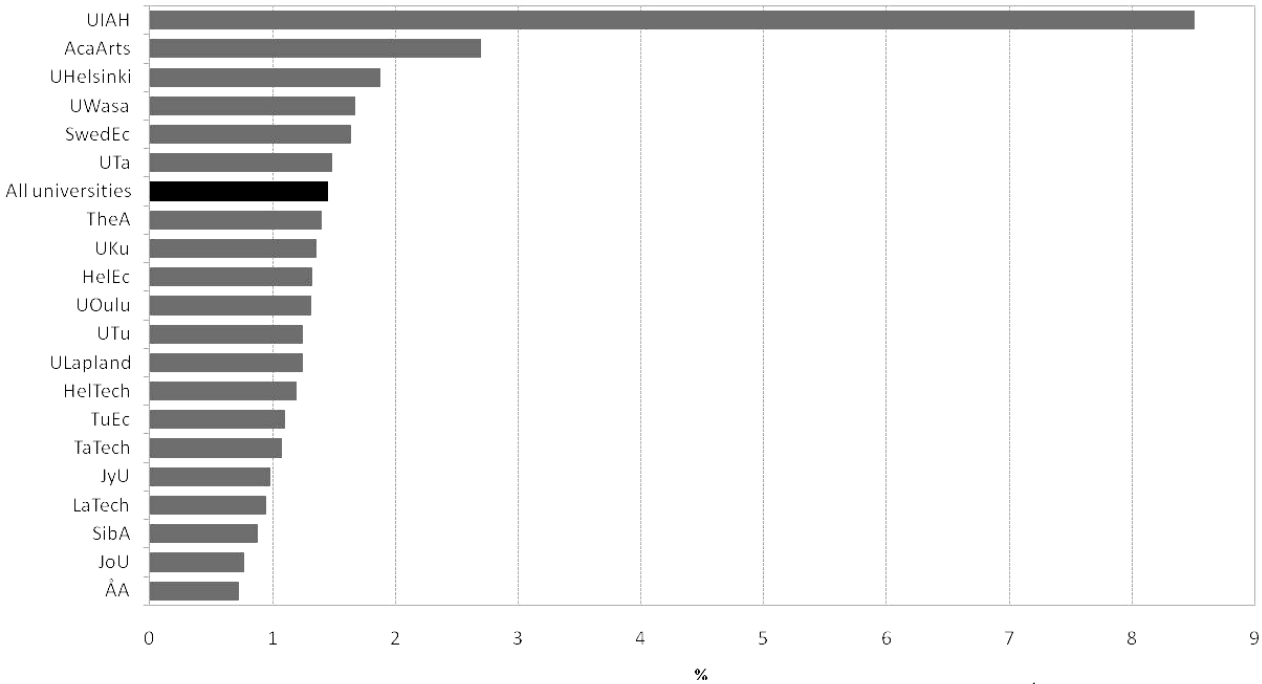


Fig. 1. Proportion of entrepreneurs among graduates from Finnish universities, 1990–2007, %[1]

[1] Years 1990–2007, exl. 2002. According to the university structure 2007. ÅA=Abo Akademi, JoU=University of Joensuu, SibA=Sibelius Aacademy, LaTech=Lappeenranta University of Technology... etc.

Table 2. Number and proportion of entrepreneurs among graduates in the predecessor universities of the UEF (Kuopio and Joensuu), by field of education 1990–2007 (excl. 2002; source: Kota-database; year after graduation)

Field of education	Number of entrepreneurs, 1990-2007	Number of graduates, 1990-2007	Entrepreneurs/ graduates, %
Dentistry (UKu)	35	265	13,21
Psychology (JoU)	8	300	2,67
Health sc. (UKu)	38	1 789	2,12
Medical (UKu)	64	3 156	2,03
Forestry (JoU)	12	695	1,73
Social sc. (UKu and JoU)	26	2 302	1,13
Humanistic sc. (JoU)	26	2 491	1,04
Education (JoU)	36	5 409	0,67
Natural sc. (UKu and JoU)	27	4 099	0,66
Pharmacia (UKu)	17	2 829	0,6
Theology (JoU)	0	248	0,0
Total	**289**	**23 583**	**1,23**
licentiates, doctors	36	2 422	1,49

Observations on enterprises set up by the UEF graduates

The 93 enterprises found through the survey (dataset 2) are relatively young businesses. Almost 80 percent (75 firms) have been established after 2005 and, with the exception of three enterprises, all after 1990. The most common form of business is a private limited company (56 percent). The share of private entrepreneurs is about 30 percent.

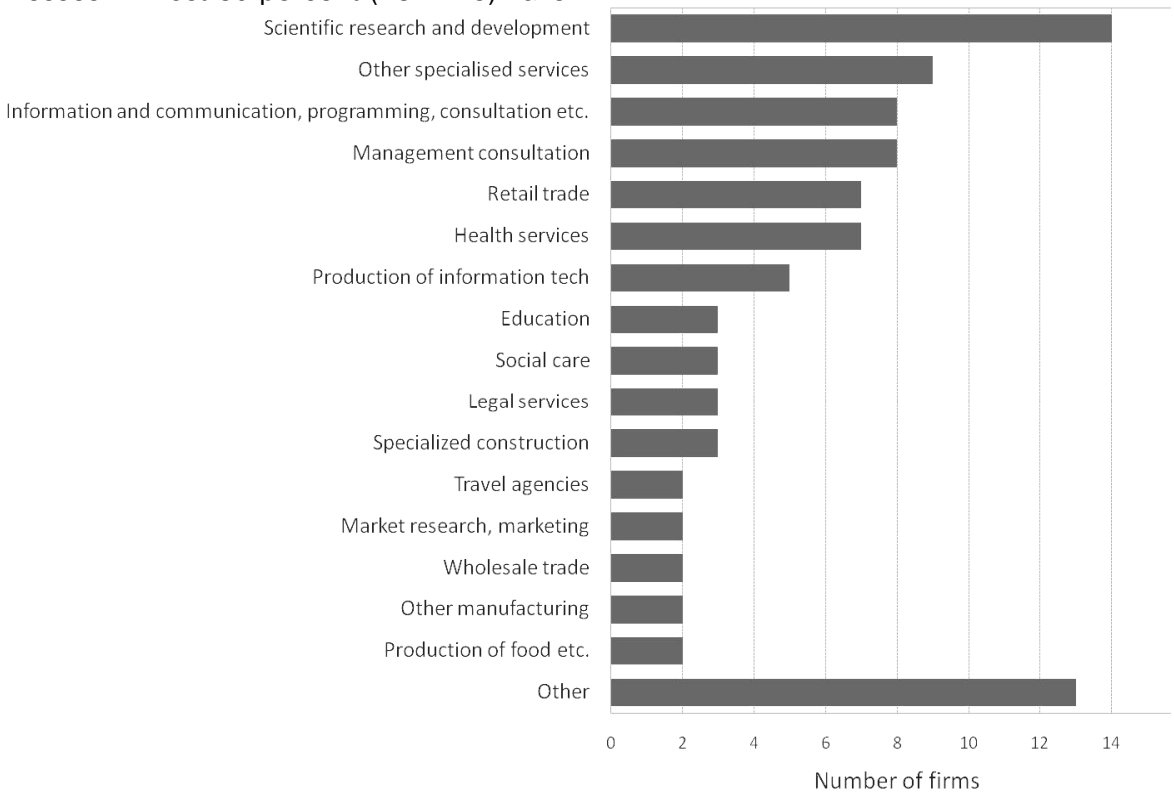


Fig. 2. Fields of business of the 93 firms mapped in the study

The proportion of female entrepreneurs is 28 percent, which is close to the national average of female entrepreneurs of all entrepreneurs (33 percent in 2009[1]). Four out of five businesses are based either in Kuopio or Joensuu region. In all, the firms operate in 29 different fields of business (according to the Finnish standard industrial classification, 2-digit level). However, it is notable that four out of five firms operate in service industries (Fig. 2). The largest number of

[1] Statistics Finland 2010: Labor force survey.

enterprises operate in the branches of scientific research and development, other specialized business services, and in the field of information and communication, programming and management consultancy. Several enterprises operate in retail trade and health services.

Most of the firms that replied to the questionnaire (66 businesses, dataset 3) are private entrepreneurs which employ only the entrepreneur. The proportion of firms employing less than 10 persons is 87 percent. On the other hand, the largest of the firms has more than 100 employees. The educational background of the entrepreneurs at the university is almost in half of the cases a basic degree and in one third of the cases a post-graduate degree. About 20 percent were registered as students either for a basic or post-graduate degree. In most cases the firms operated only in the domestic markets – quite often only locally. Only five of the 66 firms saw global markets as their primary market.

Importance of university research and know-how

The importance of research and other kind of learned know-how related to the university for the firms was inquired in two questions in the questionnaire. Firstly, the meaning of these for the initial idea to establish the firm (business idea) and, secondly, the meaning of these for the current operation of the firm were explored. In both questions the importance was evaluated using a Likert scale 1–6 (no meaning – very important). On the basis of these questions the firms can be divided into the categories shown in Table 3.

Almost half of the entrepreneurs (31/66) indicated that university-based research had influenced the business idea at least moderately (4–6 on the Likert scale). However, it was even more common (46/66) to emphasize the meaning of learnt know-how for the business idea.

Table 3. Importance of research and other know-how for the business idea and current operation of the firm

Business idea		Meaning of know-how	
		high	low
Meaning of research	high	27	4
	low	19	16

Current operation		Meaning of know-how	
		high	low
Meaning of research	high	35	4
	low	20	7

Characterizing research-oriented firms

The literature emphasizes that research-oriented firms are important for regional development. To find out more about research-oriented firms, descriptive statistics and tests were run on dataset 3. The preliminary results suggest that research-oriented firms statistically deviate significantly from other firms only in a few characteristics. The research-based firms are more often established and run by persons who have a post-graduate degree rather than a basic degree[1]. There is no statistically important difference in terms of gender of entrepreneurs, location of the firm, or field of business (service, industrial). Research orientation does not seem to be in connection with the past growth of the firm. However, research-oriented firms seem to differ from other firms in the respect that they have more often an objective to geographically extend their markets fast[2].

The interview data brings out some features regarding the firms. Textbook examples of currently research oriented firms are such enterprises, for which university research and its results were important already at the starting phase of the company operations. However, the meaning of university research and know-how has increased in many cases during its operation. Examples of firms resting on other types of know-how than research are management consultancies (e.g. in information technology). The know-how of these firms is typically related to education and taught knowledge without any direct connection to research.

On the other hand, in every fourth firm the meaning of university research and know-how was not perceived as important. Typically these are entrepreneurs, who have established their firm in such a field of business that does not correspond to their field of education, or they have established

[1] Chi-square tests were carried out for two groups of research oriented businesses (those which perceive research as important in relation to the business idea or current operation, see table 3). In both of these cases, research-oriented firms deviated significantly from the rest (p-value 0.00).

[2] Chi-square p-value 0.08.

their enterprises already before their university studies.

Discussion and directions for further research

The findings presented in this paper show that enterprises established by graduates of the University of Eastern Finland operate in many fields of business. Only a part of the firms are research-based or currently utilize university research. The connection between the growth of the firm and its research-orientation remains vague. The above findings are preliminary. Several methodological issues related to the materials used here can be posed. Firstly, the definition of the university-based enterprise is grounded on the graduation of entrepreneurs from a university. This definition excludes those firms, managers of which have not finished their studies at the university (and are not students either). Secondly, the representativeness of the data is hard to evaluate because of the fact that the information about the firms is based on the survey addressed to the personnel of the university and regional business agencies. Due to the regional focus of the research, the data probably overemphasizes enterprises that operate in this particular region. The data also includes only those firms which are still in operation; firms that have for one reason or another ceased their operation or have been sold are not represented in the data. Thirdly, information about research orientation of the firms is solely based on the perceptions of the entrepreneurs. In other words, the meaning of research and know-how is subjectively evaluated.

In further studies, the different mechanisms related to growth, such as acquisitions and network relations, should be analyzed more carefully than is done in this preliminary analysis. On the other hand, Shattock [2009] points out that university-based entrepreneurship is influenced by pull factors exerted by the surrounding society and the local, regional and national economy. Thus, research could also be continued by analyzing the interaction between these in more detail. Also international comparisons between different universities might shed light on the factors influencing university-based entrepreneurship.

Literature

Franzoni C., Lissoni F. Academic entrepreneurship, patents, and spin-offs: critical issues and lessons for Europe. Cespri, 2006. WP 180.

Kankaala K., Kutinlahti P., Törmälä T. Tutkimustulosten kaupallinen hyödyntäminen. Kvantitatiivisia tuloksia. Sitran raportteja 72. Helsinki, 2007.

Markman G., Siegel D., Wright M. Research and Technology Commercialization // Journal of Management Studies. Dec. 2008. Vol. 45, N 8. P. 1401–1423.

Shattock M. Entrepreneurialism in Universities and the Knowledge Economy. Diversification and Organizational Change in European Higher Education. SRHE and Open University Press, 2009. Glasgow.

Tahvanainen A.-J. Finnish University Technology Transfer in a Whirl of Changes. ETLA discussion paper 1188. 2009.

Wright M., Clarysse B., Mustar P., Lockett A. Academic entrepreneurship in Europe. Bodmin. 2007.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Лаутанен Тимо
Университет Восточной Финляндии, Центр региональных исследований Спатиа
п/я 111, FI-80101, Йоэнсуу, Финляндия
эл. почта: timo.lautanen@uef.fi
тел.: +358 50 463 0471

Lautanen, Timo
University of Eastern Finland, Spatia Centre for Regional Research
PO Box 111, FI-80101 Joensuu, Finland
e-mail: timo.lautanen@uef.fi
tel.: +358 50 463 0471

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 54–57

УДК 334.7

ЧЕРТЫ СКАНДИНАВСКОЙ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Маркку Сиппола

Карельский Институт, Университет Восточной Финляндии

Предметом исследования является корпоративная культура на предприятиях России, в состав собственников которых входят представители из стран Северной Европы (Дании, Норвегии, Швеции или Финляндии). В рамках работы исследовано, какие черты скандинавской корпоративной культуры встречаются на российских предприятиях, принадлежащих предпринимателям из стран Северной Европы, и как они соответствуют российской – и даже советской – организационной культуре. Выявлено, что скандинавская предпринимательская культура, включающая в себя, в том числе вовлеченность работников, процессы информирования и консультирования, высокую автономию работников, использование своих навыков и умений, высокую стабильную оплату труда, приживается в России. Система защиты прав работника и возможность его участия в принятии решений, характерные для предприятий Северной Европы, могут стать подспорьем для успешного ведения бизнеса в России.

К л ю ч е в ы е с л о в а : скандинавская корпоративная культура, бизнес в Европе и в России.

Markku Sippola. FEATURES OF NORDIC CORPORATE CULTURE FOUND IN RUSSIAN FACTORIES

The study deals with the corporate culture in Nordic-owned (owner from Denmark, Norway, Sweden or Finland) factories in Russia. The paper portrays which features of the Nordic corporate culture are found in Russian factories with businessmen from Nordic countries, and whether they agree with the Russian (or even Soviet) organizational culture. The conclusion is drawn that the Nordic business culture, which comprises i.a. high involvement of employees, information and advice processes, employees' self-dependence, application of skills and expertise, decent salaries, is taking root in Russia. The system of protection of employees' rights and the possibility for them to participate in decision-making, which are typical of companies in Northern Europe, may prove helpful for business in Russia.

K e y w o r d s : corporate culture, employees' self-dependence, application of skills and expertise, companies in Europe, business in Russia.

Инвестиционная политика сейчас одна из самых горячо обсуждаемых тем в России. Первоочередной интерес вызывает вопрос, почему основная часть внутренних инвестиций направляется на поддержку краткосрочного спекулятивного капитала, тогда как инвестирование денег в высокотехнологичные производства остается на весьма низком уровне. Россия

вновь призывает иностранных инвесторов вкладывать средства в ее экономику. Правительство сегодня снова декларирует готовность улучшить условия ведения бизнеса для иностранных инвесторов в таких стратегически важных отраслях, как производство энергии и телекоммуникации. С другой точки зрения, в России существует низкая конкурентоспособность предприятий. В этом вопросе особенное внимание стоит обратить на промышленное производство, которое является не только источником рабочих мест, но также источником инноваций [Идрисов, 2011]. На самом деле иностранные инвестиции являются обоюдоострым мечом для развития российской экономики. С одной стороны, инвестиции принесут пользу благодаря тому, что новые инвестиционные проекты обычно создают новые рабочие места и увеличивают конкурентоспособность [Идрисов, 2011]. С другой стороны, иностранный капитал может стремиться к тому, чтобы повышать объем производства и прибыль ценой конкурентоспособности [Горячев, 2010]. Это значит, что вид инвестиций играет решающую роль. Так как большинство скандинавских инвестиций ориентировано на рынок, это дает повод тому, что северные инвесторы проявляют особый интерес к развитию человеческого ресурса, так как для них и имидж бизнеса играет важную роль. Продвижение на рынке североевропейских компаний как предприятий с высокой социальной ответственностью может способствовать и коммерческому успеху товаров этих производителей. Поэтому России пригодился бы опыт Скандинавии в части развития производственных стандартов и корпоративной культуры.

У каждого рынка есть свои особенности. Всякое взаимодействие с Россией основывается на идее, что оно должно быть выгодным для обеих сторон, однако иногда у руководства североевропейских компаний складывается впечатление, что успешный совместный бизнес приносит России значительно большую прибыль, чем европейским компаниям. Одним словом, сотрудничество базировано на том, что что-то (прибыль бизнеса) можно получить взамен чего-то (выгоды локальных учреждений, общественное благосостояние). Обмен такого типа напоминает разговор о «взаимном обмене» или о «признательности» [Leakey & Lewin, 1987], явлений, которые существуют в любом обществе. Даже понятие «взаимный альтруизм» [Trivers, 1971] хорошо совпадает с этим явлением. Хотя ученые обычно ассоциируют «взаимный альтруизм» с социальным поведением между индивидами, которые ведут себя с самопожертвованием в отношении друг друга, и в обмен они ожидают ответного самопожертвования. Если мы видим поведение, похожее на «взаимный альтруизм» в русском контексте между индивидами и между предприятием и обществом, нам лучше использовать это явление, чем бороться против него. На уровне предприятия такое взаимодействие приносит очевидную пользу: высокая зарплата и хорошие условия труда мотивируют сотрудников работать, максимально используя свои навыки и умения, что увеличивает производительность. В этом сущность социальной ответственности работодателя.

Каким образом социальная ответственность бизнеса связана со скандинавской корпоративной культурой? Северная предпринимательская культура придает особое значение человеческим отношениям на предприятии и качеству рабочей среды [Lindell & Arvonen, 1996; Newman & Nollen, 1996], в связи с этим она совпадает с идеалом социально ответственной культуры. Скандинавская корпоративная культура как идеальный тип больше ориентирована на человека, меньше подчеркивает индивидуализм, ориентацию на результат и прагматичность, чем, например, американская.

«Скандинавская корпоративная культура» и ее распространение в деятельности предприятий. На скандинавских предприятиях во главе угла ставится личность и забота о персонале. Данное исследование ставит вопрос, какие черты скандинавской корпоративной культуры встречаются на российских предприятиях, имеющих владельца из стран Северной Европы. В целях исследования были выбраны шесть дочерних компаний в России, в которых были проведены интервью с 4–10 работниками (количество зависит от размера предприятия), а также с менеджером по персоналу и исполнительным директором. Полученные результаты показывают, что скандинавская предпринимательская культура, присущая российским дочерним предприятиям, включает в себя следующие черты:

- ✓ *вовлеченность работников в обсуждение и принятие решений, касающихся их работы* (*через профсоюзы или другим путем*);
- ✓ *информирование и консультирование* (*через профсоюзы или другим путем*);
- ✓ *автономия работников, использование своих навыков и умений;*
- ✓ *безопасность труда, хорошие условия труда;*
- ✓ *высокая стабильная оплата труда;*
- ✓ *взаимное доверие, открытость;*
- ✓ *качество и аккуратность;*

✓ *выполнение обещаний и честность;*

✓ *разделение рабочего и свободного времени.*

Руководство североевропейской компании обычно нанимает на позиции ведущих менеджеров иностранцев, как правило, представителей скандинавских стран. Ключевых российских сотрудников отправляют за рубеж учиться скандинавскому порядку организации труда. Особое внимание обращается на набор подходящего персонала. По мнению Пуффера и др. [1996], иностранным фирмам в России следует выбирать таких работников, которые готовы идти на риск и которые ориентированы на выполнение задач, но опыт скандинавских инвесторов, например ИКЕА, подчеркивает важность подбора персонала, разделяющего корпоративную культуру [Dahlgren, 2009].

В североевропейских фирмах встречаются организации труда, которые эффективно распространяют скандинавскую культуру. Матричная структура управления встречается во многих крупных фирмах. Руководство может контролировать своих подчиненных через отчеты и по всем выпускаемым продуктам. Таким образом, «поведение» работников принимает желательную форму в соответствии с корпоративной культурой. Организация труда и приспособление к ней системы оплаты труда играет важную роль в выработке организационной культуры.

Самый высокий стимул – это высокая заработная плата. Для сохранения работника в фирме менеджмент вовлекает работников в деятельность, нацеленную на улучшение рабочего процесса. Такое направление менеджмента похоже на «консультирование, встречающееся на некоторых прибалтийских заводах, имеющих владельца из Северных стран» [Sippola, 2009].

Одной из самых важных черт скандинавской корпоративной культуры является автономия работников. Менеджер финского металлообрабатывающего предприятия сообщил в рамках интервью весной 2010 г., что работникам нужно «иметь мозги». В этом отношении русские сотрудники не являются исключением. Автономия увеличивает производительность – это легко видно на данном предприятии, – но работникам необходимо доверять в вопросах, касающихся их рабочей сферы. Доверие – это одна из самых главных черт североевропейской предпринимательской культуры.

В традиционной модели, знакомой россиянам с советских времен, предприятие-шеф делает ставку на предоставление семьям работников широкого спектра социальных услуг, например, крупные регионообразующие предприятия СССР обрастали социальной инфраструктурой: служебным жильем, общежитиями, детскими садами, ведомственными поликлиниками, домами культуры. Однако эта форма социальной ответственности не соответствует реалиям сегодняшнего дня: работники в современной России, по примеру своих североевропейских коллег, уже не хотят смешивать работу и дом, завод и досуг. Нынешние работники, вынужденные трудиться в жестких, постоянно меняющихся условиях, с грустью вспоминают условия труда и трудовые отношения времен Советского Союза, а тогдашние зарплаты считают справедливыми. Но работающие с ними бок о бок менеджеры не испытывают ни малейшего сожаления по советским формам управления.

Значительную роль играют сегодня иные ценности: специалиста привлекает стабильная интересная работа, решение посильных задач. Очень важным составляющим фактором полноценной работы считается также реальная возможность участвовать в принятии решений на предприятии.

О возврате к советской модели организации труда в современных условиях речи быть не может, однако ее есть чем заменить. Такими привлекательными факторами могут стать принятая в Скандинавии система защиты прав работника и возможность участия трудового коллектива в принятии решений: эти «козыри» вполне могут привлечь квалифицированных работников и удержать их на предприятии.

Руководители североевропейских и западных компаний традиционно придают особое значение тому, насколько привлекательным с точки зрения культуры труда выглядит их предприятие в глазах работников российских филиалов. Потребители с большим удовольствием покупают те товары, которые изготовлены на предприятиях без пятен на репутации. Результаты этого исследования на предприятиях стран Северной Европы, работающих в России, говорят о том, что социальная ответственность предприятия может быть выгодна не только российским работникам, но и головному предприятию из Северной Европы.

Подобным же образом система защиты прав работника и возможность его участия в принятии решений, столь характерные для предприятий Северной Европы, могут стать подспорьем для бизнеса в России.

Выводы

1. Инвестор должен разработать комплексную производственную стратегию, нацеленную не только на качество конечного продукта, но и на создание хороших условий труда,

на вовлечение работников в принятие решений, на конкурентоспособную оплату труда.

2. Поскольку значительная часть иностранных инвестиций в российскую экономику ориентирована на рынок, кадровая политика предприятия, умение выстроить отношения с трудовым коллективом играет решающую роль.

Литература

Горячев А. К. Конкурентоспособность в условиях постиндустриального развития экономики как фактор экономической безопасности // Экономика и финансы (Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского). 2010. № 3(2). С. 445–448.

Идрисов А. «Индустриализация-2» // Ведомости 5 апреля 2011.

Dahlgren L. IKEA älskar Ryssland. En berättelse om ledarskap, passion och envishet. Stockholm: Natur & Kultur, 2009.

Leakey R. E., Lewin R. Origins. London: MacDonald and Jane's, 1978.

Lindell M., Arvonen J. The Nordic Management Style in a European Context // International Studies on Management and Organization. 1996. Vol. 26, N 3. P. 73–91.

Newman K. L., Nollen S. D. Culture and congruence: The fit between management practices and national culture // Journal of International Business Studies. 1996. Vol. 27, N 4. P. 753–779.

Puffer S. M. & Associates. Business and management in Russia // Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited. 1996.

Sippola M. The two faces of Nordic management? Nordic firms and their employee relations in the Baltic States // International Journal of Human Resource Management. 2009. Vol. 20, N 9. P. 1929–44.

Trivers R. The evolution of reciprocal altruism // Natural selection and social theory: Selected papers of Robert Trivers. Evolution and cognition. Oxford: New York: Oxford University Press, 1971.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сиппола Маркку
Карельский Институт Университета Восточной Финляндии
п/я 111, 8010 Йоэнсуу, Финляндия
эл. почта: markku.sippola@uef.fi
тел.: +358 50 3620844

Sippola, Markku
Karelian Institute, University of Eastern Finland
PO Box 111, 8010 Joensuu, Finland
e-mail: markku.sippola@uef.fi
tel.: +358 50 3620844

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 58–67

УДК 338.24:332.122

РЕКРЕАЦИОННАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ: ИЗМЕРЕНИЕ ТИПОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ[1]

Т. В. Морозова, С. Г. Мурина, Р. В. Белая

Институт экономики Карельского научного центра РАН

На основе анализа данных оригинальных экономико-социологических исследований городских домохозяйств Республики Карелия с применением методов многомерного статистического анализа построена типология рекреационного поведения экономически активного населения. Теоретически обоснованы и эмпирически подтверждены четыре основных типа занятого населения по уровню социально-экономического благополучия и эффективности рекреации.

Ключевые слова: качество жизни, здоровье, качество населения, городское экономически активное население, рекреационная мобильность, туризм, типологическое разнообразие, многомерный статистический анализ, дифференциация, материальная обеспеченность, социологическое обследование, городское домохозяйство, регион, управление региональным развитием.

T. V. Morozova, S. G. Murina, R. V. Belaya. RECREATIONAL MOBILITY AS A COMPONENT OF THE LIVING STANDARD: MEA URING THE TYPOLOGICAL DIVERSITY

The paper investigates the living standard through the concept of recreational mobility. Having analysed data from original economic-sociological surveys of urban households in Republic of Karelia based on multivariate statistical methods we have produced a typology of the recreational behavior of economically active population. Four main types of employed population distinguished by the level of socio-economic well-being and effectiveness of recreation have been theoretically substantiated and empirically confirmed. Recommendations to improve the management of the socio-economic development of the region are suggested.

Key words: living standard, health, quality of the population, urban economically active population, recreational mobility, tourism, typological diversity, multivariate statistical analysis, differentiation, material well-being, sociological survey, urban household, region, management of regional development.

[1] Исследование выполнено на основе материалов комплексных экономико-социологических обследований условий и образа жизни домохозяйств Республики Карелия (Институт экономики Карельского НЦ РАН, рук. д. э. н. Т. В. Морозова) с применением методов многомерного статистического анализа.

В экономически развитых странах рекреация[1] рассматривается в качестве важной экономической категории, а расходы на отдых как неотъемлемый элемент потребительских расходов населения включаются в перечень показателей, используемых при построении индексов экономического благосостояния [Зорин, Квартальнов, 2004]. Проблема эффективной рекреации[2] и рационального использования рекреационного времени[3] особенно актуальна для экономически активного населения [Кусков и др., 2005].

В современный период именно экономически активное население становится главным фактором модернизации экономики и инновационного развития общества, поскольку на его плечи ложится основная нагрузка позитивного преобразования общества в целом. В этом аспекте актуальны вопросы: насколько эта часть населения активна, здорова, энергична, оптимистично настроена и потенциально готова к решению сложных задач. Рационально организованный отдых, способствуя восстановлению жизненных сил, потраченных индивидом в процессе труда, является необходимым условием расширенного воспроизводства производительных сил общества, одной из главных составляющих которых является население.

Подчеркивая решающую роль здоровья в формировании качества человеческого потенциала чл.-корр. РАН Н. М. Римашевская справедливо отмечает, что от состояния общественного здоровья, в конечном счете «зависит не только физическая дееспособность граждан страны, но и характер процессов демографического воспроизводства, и само существование населения» [Римашевская, 2004].

В результате социологического опроса населения Карелии (г. Петрозаводск, 2006 г.)[4] эмпирически обоснована рейтинговая оценка факторов негативного воздействия на здоровье экономически активного населения, продемонстрировавшая, что главными из них являются «отсутствие полноценного отдыха» наряду с «постоянными стрессами и нервными перегрузками» [Мурина, 2007]. Устойчивость представленной социальной установки характерна для всех респондентов, независимо от уровня их благосостояния. При этом среди наименее обеспеченных групп в числе негативных факторов влияния на здоровье, наряду с вышеуказанными, также представлен и лидирует фактор «трудное материальное положение» (табл. 1). Результаты проведенного исследования позволили обратить более пристальное внимание на существующие проблемы в области рекреационного воспроизводства человеческого капитала. В их числе недостаточная распространенность среди городских жителей республики ценностей здорового образа жизни и рациональных форм организации свободного времени, среди которых в настоящее время все большое распространение приобретает туризм как эффективный способ реализации рекреационной мобильности.

Исследования туристской мобильности экономически активного городского населения в контексте ее влияния на здоровье и качество жизни получили дальнейшее развитие в рамках ряда научно-исследовательских проектов по изучению проблем жизнедеятельности домохозяйств Республики Карелия[5].

Исследования осуществлялись в рамках плана НИР Института экономики Карельского научного центра РАН [Формирование..., 2011].

Под туристской мобильностью в обобщенном виде понимается способность населения данного региона к пространственным перемещениям с любыми туристскими целями как внутри своего региона, так и за его пределами. В проведенном нами исследовании акцент был сделан на туристско-рекреационную мобильность населения (туристскую мобильность преимущественно с рекреационными целями), которая оценивалась с учетом следующих параметров:

туристская активность с рекреационными целями (фактические перемещения населения за пределы своего постоянного места жительства в течение года, предшествующего опросу, с целью отдыха, укрепления здоровья, путешествий);

туристская мобильность населения в отпускной период (распространенность практики проведения ежегодных отпусков в виде различных поездок и путешествий с любыми туристскими целями).

---

[1] Рекреация в переводе с латыни означает восстановление, отдых. Под рекреацией в данном контексте понимается «процесс расширенного воспроизводства физических, психических и интеллектуальных сил человека» [Зорин, Квартальнов, 2004].

[2] Под эффективной рекреацией понимается компенсаторно-расширенный тип рекреации (рекреационной деятельности человека), позволяющий не только компенсировать затраты живых сил человека до нормального уровня, но и с определенным запасом. В этом смысле особое значение приобретает отпускная рекреация, т. е. рекреационная деятельность человека в отпускной период (как правило, в конце рабочего года) [Кусков и др., 2005. С. 55–56].

[3] Рекреационное время – это часть социального времени личности, группы, общества, используемая для сохранения, восстановления и развития физического, духовного здоровья и интеллектуального совершенствования [Кусков и др., 2005. С. 56].

[4] Обследование проводилось в рамках проекта РГНФ № 05-02-0289а «Проблемы формирования института социальных услуг в условиях переходной экономики», рук. к. э. н. Р. В. Белая.

[5] Исследования осуществлялись при финансовой поддержке Института экономики Карельского НЦ РАН, РФФИ (проект № 06-06-80413а, рук. д. э. н. Г. Б. Козырева), РГНФ (проект № 05-02-02089а, рук. к. э. н. Р. В. Белая, № 07-02-18012е, рук. к. э. н. М. В. Сухарев, № 07-02-02009а, рук. д. э. н. Т. В. Морозова).

Таблица 1. Рейтинговая оценка факторов негативного воздействия на здоровье населения

Угрозы для здоровья	Доля респондентов, отметивших данный фактор, %			
	Рейтинговая оценка	В том числе по уровню дохода*		
		Менее 1-го ПМ	От 1-го до 2-х ПМ	Более 2-х ПМ
Наличие постоянных стрессов и нервных перегрузок	53,1	54,8	53,0	47,4
Отсутствие полноценного отдыха	50,9	54,8	48,8	63,2
Трудное материальное положение	41,8	62,5	34,5	42,1
Низкое качество медицинского обслуживания	41,3	38,5	42	47,4
Недоступность необходимых медицинских услуг	34,2	41,3	32	26,3
Неблагоприятная экологическая обстановка	30,8	26,0	31,7	52,6
Перегрузки на работе	30,8	33,7	31	21,1
Неблагоприятный климат	23,7	17,3	25,6	26,3

Примечание. *В зависимости от количества прожиточных минимумов (ПМ), приходящихся в среднем на одного члена домохозяйства по состоянию на момент опроса.

В ходе изучения туристской активности жителей Республики Карелия было установлено, что за пределы своего постоянного места жительства для отдыха, оздоровления и путешествий в течение года, предшествующего опросу, выезжали 63 % респондентов, в том числе 12 % в страны дальнего зарубежья. Главными целями поездок являются: гостевые (отметили 69 % респондентов), культурно-развлекательные (34 %), общение с природой, турпоходы, рыбалка, охота (19 %), походы по магазинам и покупки (17 %), культурно-познавательный и оздоровительный отдых (14 и 13 % соответственно).

Предварительный анализ туристской активности населения показал, что она значительно дифференцирована в зависимости от ряда экономических и социальных характеристик индивида, а, следовательно, может быть исследована с использованием методологического подхода, основанного на типологическом разнообразии в многомерном пространстве признаков [Морозова, 2012].

В основу исследования была положена гипотеза: для населения, проживающего в условиях современного города, эффективность рекреации зависит от уровня и характера туристской мобильности. Для доказательства выдвинутой гипотезы использовались методы многомерного статистического анализа [Харин, 1992].

Объект и методика исследования

В качестве *объекта исследования* было выбрано городское население Республики Карелия: жители Петрозаводска и малых городов республики, относящихся к приграничным территориям (Сортавала, Костомукша, Питкяранта, Лахденпохья).

Выборка – из общей совокупности респондентов (всего было опрошено 1 064 домохозяйств с общим количеством 2 789 человек) для целей иерархического факторного анализа было отобрано экономически активное население, занятое в различных сферах экономической деятельности, а именно: занятое население в трудоспособном возрасте и работающие пенсионеры. Таким образом, выборка составила 878 человек (наблюдений) по 37 переменным (ответам на вопросы анкеты). В качестве переменных были отобраны вопросы, характеризующие выборку по демографическим и социально-экономическим параметрам (пол, возраст, уровень дохода, занятость и др.), а также вопросы, связанные с туристско-рекреационной мобильностью и практикой проведения отдыха и ежегодных отпусков.

В результате иерархического факторного анализа отобранных переменных с использованием пакета программ «STATISTICA 6» были получены 2 фактора второго порядка (Ф1; Ф2) [Белая и др., 2012].

Фактор Ф1 имеет высокие факторные нагрузки (от 0,55 до 0,49) для трех переменных и умеренно высокие еще для пяти, которые в совокупности характеризуют рекреационное поведение населения (уровень и характер туристской мобильности населения, способы проведения ежегодных отпусков и их влияние на состояние здоровья человека). В соответствии с переменными фактор был назван «Рекреация» (табл. 2). Фактор Ф2 получил название «Социально-экономическое благополучие», имеет высокие факторные нагрузки на одиннадцать переменных, определяющих покупательную способность, материальное положение и его динамику, характер занятости, качество питания, социальную идентификацию, степень удовлетворенности респондентов своей жизнью и жизнью своей семьи (табл. 3).

В пространстве двух обозначенных выше факторов (Ф1 и Ф2) были выявлены 4 группы респондентов, распределенных по типам

рекреационного поведения (рис. 1). Первая отмеченная на графике группа отличается низкой туристско-рекреационной мобильностью при низком уровне социально-экономического благополучия, вторая характеризуется высоким уровнем туристско-рекреационной мобильности при низком уровне социально-экономического благополучия, для третьей группы характерна высокая туристско-рекреационная мобильность и высокий уровень социально-экономического благополучия, четвертая благополучная по социально-экономическим параметрам группа с низким уровнем туристско-рекреационной мобильности. Для характеристики поведения выделенных групп населения в сфере рекреационной деятельности были использованы следующие показатели, которые рассчитывались по всей выборке в целом и по каждой группе в отдельности.

Таблица 2. Особенности фактора Ф1 «Рекреация»

	Показатели	Факторные нагрузки
1	География туристской мобильности	0,55
2	Продуктивность ежегодного отпуска (влияние на здоровье)	0,50
3	Туристская активность	0,49
4	Качество отпуска	0,48
5	Отсутствие ограничений туристской мобильности	0,39
6	Возможности для оздоровительного отдыха	0,32
7	Возможности организованного отдыха семьи	0,27
8	Способы проведения отпуска (туристская мобильность в отпуске)	0,22

Таблица 3. Особенности фактора Ф2 «Социально-экономическое благополучие»

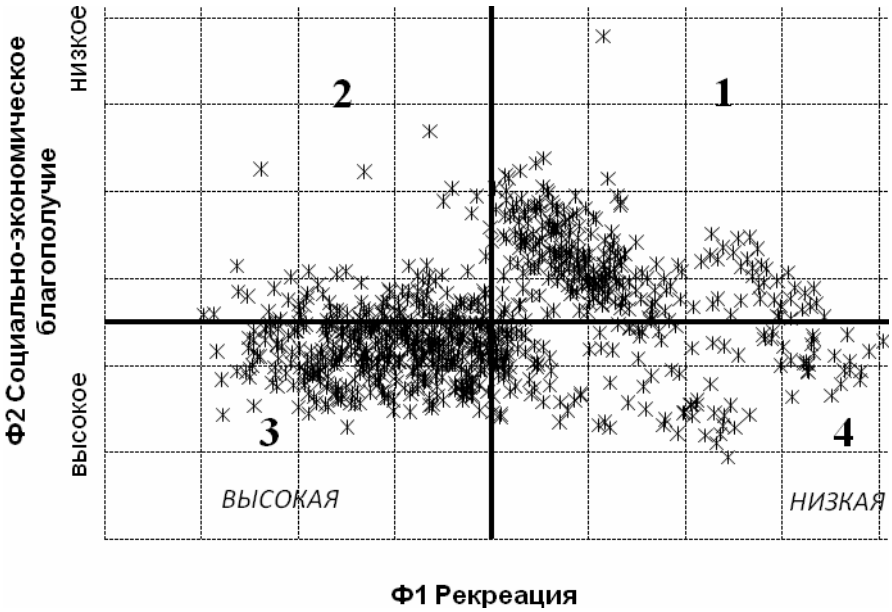
	Показатели	Факторные нагрузки
1	Туристская активность	0,44
2	География туристской мобильности	0,43
3	Покупательная способность	0,32
4	Динамика материального положения	0,31
5	Положение в обществе	0,28
6	Социальная самоидентификация	0,27
7	Состояние здоровья	0,26
8	Качество питания	0,25
9	Профессиональный статус	0,24
10	Удовлетворенность жизнью	0,19
11	Образование	0,18

В пространстве двух выше обозначенных факторов (Ф1 и Ф2) были выявлены 4 группы респондентов, распределенных по типам рекреационного поведения (см. рис. 1). Первая отмеченная на графике группа отличается низкой туристско-рекреационной мобильностью при низком уровне социально-экономического благополучия, вторая характеризуется высоким уровнем туристско-рекреационной мобильности при низком уровне социально-экономического благополучия, для третьей группы характерна высокая туристско-рекреационная мобильность и высокий уровень социально-экономического благополучия, четвертая благополучная по социально-экономическим параметрам группа с низким уровнем туристско-рекреационной мобильности. Для характеристики поведения выделенных групп населения в сфере рекреационной деятельности были использованы следующие показатели, которые рассчитывались по всей выборке в целом и по каждой группе в отдельности.

Поскольку данный показатель включает в себя как организованные (поездки по путевкам), так и неорганизованные формы туристской активности, то для характеристики организованного туризма необходим дополнительный индикатор *ТА* (*орг.*) – показывает долю «организованных туристов» в общей выборке.

Уровень рекреационно-целевой туристкой активности ($ТА^{РЦ}$) – отражает степень охвата населения всеми видами туризма с целью отдыха, оздоровления и путешествий, определяется как доля респондентов в общем количестве опрошенных, ответивших «да» на вопрос: «Приходилось ли Вам в течение последних 12 месяцев выезжать за пределы своего населенного пункта с целью отдыха, оздоровления, путешествий?».

Туристская мобильность в отпускной период ($ТМ^{ОП}$) – отражает распространенность среди населения практики проведения ежегодных отпусков в виде различных поездок и путешествий с любыми туристскими целями, определяется как доля респондентов в общем количестве опрошенных, которые в ответе на вопрос: «Обычные практики проведения ежегодных отпусков» выбрали хотя бы один из вариантов ответов, относящихся к тому или иному виду туристских поездок.



Четыре группы респондентов, распределенных по типам рекреационного поведения

Уровень туристско-рекреационной мобильности (*ТРМ*) – отражает способность населения данного региона к пространственным перемещениям как внутри своего региона, так и за его пределами с различными туристскими целями преимущественно рекреационной направленности в среднесрочной перспективе, рассчитывается как среднее арифметическое показателей $ТА^{РЦ}$ и $ТМ^{ОП}$. Данный показатель характеризует потенциальный спрос населения на туристские услуги, может быть рассчитан для различных видов туризма, а также для его организованных и неорганизованных форм.

Коэффициент полноценного отдыха в отпускной период (*КПО*) – показывает характер использования рекреационного времени в отпускной период на цели отдыха, рассчитывается как доля респондентов в общем количестве опрошенных, которые в ответе на вопрос: «Как Вы провели большую часть своего последнего отпуска?» отметили строку «только отдыхали».

Качество отдыха (*КО*) – отражает распространенность среди населения рациональных форм организации рекреационного времени в отпускной период, рассчитывается как доля респондентов в общем количестве опрошенных, которые большую часть своего отпуска проводят с использованием рациональных форм организации отдыха (туризм, отдых на даче, в деревне, поездки на природу и т. п.).

Коэффициент рекреации (*КР*) – отражает способность населения к восстановлению жизненных сил и здоровья в отпускной период, определяется как доля респондентов в общем количестве опрошенных, которые при ответе на вопрос: «Как Вы считаете, способствовал ли Ваш последний отпуск восстановлению сил и укреплению здоровья?» дали ответы «да» и «скорее да, чем нет».

Эффективность рекреационного поведения (*ЭРП*) – интегральный показатель, отражающий результативность деятельности населения в рекреационной сфере, которая рассчитывается как среднее арифметическое всех вышеперечисленных показателей (за исключением индикатора туристской активности в сфере организованного туризма, так как этот индикатор является частным случаем более общего показателя «рекреационно-целевая туристская активность населения»).

Исходя из способа расчета, показатели могут варьировать в интервале от 0 до 1. Чем ближе данные показатели приближаются к 1, тем выше туристско-рекреационная мобильность и эффективность рекреации в целом (табл. 4). Также для наглядности представления полученных результатов предлагается *коэффициент эффективности рекреационного поведения* ($К^{ЭРП}$), рассчитанный по отношению к среднему уровню исследуемой совокупности данных (ЭРП в среднем по выборке принимается равным 1). Наиболее высокие показатели рекреационного поведения по всем рассматриваемым параметрам наблюдаются во второй и третьей группах (см. табл. 4). К неблагопо-

лучной части по критерию эффективного рекреационного поведения можно отнести представителей первой и четвертой групп, которые в совокупности составляют около половины выборки (46 % от общего числа респондентов). Только половина чувствуют себя отдохнувшими и восстановившими жизненные силы и работоспособность в полном объеме после отпуска (коэффициент рекреации – 0,566).

Таблица 4. Оценка рекреационного поведения экономически активного городского населения РК

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	В среднем по выборке
$ТА^{РЦ}$	0,053	0,956	1,00	0,719	0,662
ТА (орг.)	0,007	0,143	0,194	0,007	0,102
$ТМ^{ОП}$	0,136	0,420	0,614	0,317	0,397
ТРМ	0,094	0,688	0,807	0,666	0,529
КПО	0,230	0,330	0,611	0,252	0,403
КО	0,094	0,187	0,475	0,144	0,156
КР	0,356	0,653	0,806	0,281	0,566
ЭРП	0,139	0,482	0,644	0,341	0,402
$К^{ЭРП}$	0,35	1,20	1,60	0,85	1,0
Доля респондентов от общей выборки, %	30,2	12,8	41,2	15,8	100,0

Характеристика экономически активного населения по типам рекреационного поведения

Группа 1 *«Крайне низкая эффективность рекреационного поведения».*

Крайне низкая рекреационно-целевая туристская мобильность. Практически никуда не выезжают за пределы своего постоянного места жительства, только в крайнем случае, отпуск проводят в основном дома, при возможности выезжают на дачу (на природу), могут позволить только отдых (лечение) по социальной путевке. Даже кратковременные выезды затруднены в связи с материальными ограничениями (гостевой туризм доступен всего 9 % представителей этой группы). Позволить себе полноценный отдых в отпускной период могут не более четверти представителей этой группы, остальные в отпуске заняты решением семейных проблем, трудятся на даче, работают на других работах и т. п.

Социально-демографические характеристики: *пол и возраст респондентов.* Преимущественно женщины (63 %), 35–55 лет. *Образование.* Преимущественно среднее профессиональное или начальное профессиональное. *Демографический тип семьи.* Супружеские пары с 1–2 и более детьми, неполные семьи с детьми, одиночки в трудоспособном возрасте. *Характеристика занятости.* Работники по найму предприятий всех форм собственности. Младший обслуживающий персонал, квалифицированные и неквалифицированные рабочие. Характерен повышенный уровень дополнительной занятости.

Уровень социально-экономического благополучия: *уровень материальной обеспеченности*. Наименее обеспеченная часть населения, 30,2 % имеют среднедушевой доход ниже прожиточного минимума (ПМ). Уровень среднедушевого дохода ниже среднего по РК (1,4 ПМ). *Динамика материального положения семьи.* Материальное положение за последние годы практически не изменилось. *Социальная самоидентификация.* Относят себя к среднему или ниже среднего слоям общества. Низкий уровень социально-экономического благополучия обусловлен низким уровнем среднедушевого дохода.

Группа 2 *«Эффективность рекреационного поведения выше среднего».*

Характеристика рекреации и туристско-рекреационной мобильности: уровень рекреационно-целевой туристской мобильности превышает средний по РК, качество проведения отпуска и коэффициент рекреации выше среднего по Карелии, однако только треть респондентов данной группы полноценно отдыхают в отпуске (КПО ниже среднего уровня).

Высокий уровень туристско-рекреационной мобильности представителей этой группы главным образом обусловлен их перемещениями по территории республики преимущественно с гостевыми целями или отдыхом на даче. В отпуске отдыхают, если позволяют семейные обстоятельства.

Социально-демографические характеристики: *пол и возраст респондентов.* Преимущественно женщины (66 %), от 50 лет и старше. *Образование.* Высшее (33 %), среднее (34 %) или начальное профессиональное (20 %). *Демографический тип семьи.* Супру-

жеские пары с 1–2 детьми, неполные семьи с детьми, супружеские пары без детей, одиночки старше трудоспособного возраста. *Характеристика занятости.* Преимущественно работники бюджетных или государственных (муниципальных) предприятий. Младший обслуживающий персонал, квалифицированные рабочие, служащие и специалисты. Характерен высокий уровень дополнительной занятости помимо основной работы.

Уровень социально-экономического благополучия: *уровень материальной обеспеченности*. Малообеспеченная часть населения, 30,3 % имеют среднедушевой доход ниже прожиточного минимума. Уровень среднедушевого дохода ниже среднего уровня по РК (1,6 ПМ). *Динамика материального положения семьи.* Материальное положение за последние годы практически не изменилось или ухудшилось. *Социальная самоидентификация.* Средний слой общества или ниже среднего. Низкий уровень социально-экономического благополучия в основном обусловлен отрицательной динамикой материального положения.

Группа 3 *«Высокоэффективное рекреационное поведение».*

Характеристика рекреации и туристско-рекреационной мобильности: уровень рекреационно-целевой туристской мобильности высокий, качество проведения отпуска и коэффициент рекреации значительно выше среднего по РК. Для представителей данной группы характерна широкая география туристских путешествий с самыми разнообразными целями. В отпуске предпочитают отдыхать и путешествовать.

Социально-демографические характеристики: *пол и возраст респондентов.* Представили активного трудоспособного возраста. Женщины (55 %) и мужчины (45 %), 25–49 лет. *Образование.* Преимущественно высшее (60 %) или среднее профессиональное (28 %). *Демографический тип семьи.* Преимущественно супружеские пары с 1–2 детьми или семьи без детей. *Характеристика занятости.* Работники бюджетных, государственных (муниципальных) предприятий или АО, работающие по найму (85 %) или предприниматели (11 %). Специалисты, служащие, руководители, представители новых профессий.

Уровень социально-экономического благополучия: *уровень материальной обеспеченности*. Наиболее обеспеченная часть населения. Уровень среднедушевого дохода выше среднего по РК (2,4 ПМ). *Динамика материального положения семьи.* Материальное положение за последние годы улучшилось или существенно улучшилось. *Социальная самоидентификация.* Средний слой общества или выше среднего. Высокие параметры социально-экономического благополучия главным образом обусловлены положительной динамикой материального положения.

Группа 4 *«Эффективность рекреационного поведения ниже среднего».*

Характеристика рекреации и туристско-рекреационной мобильности: уровень рекреационно-целевой туристской мобильности выше среднего по РК. Преимущественно поездки с гостевыми целями в пределах своего региона. Около трети представителей этой группы практикуют краткосрочные формы туризма (выезды на природу, корпоративный отдых выходного дня и т. д.). Однако при относительно высоких параметрах туристкой мобильности отличаются низким уровнем рекреационных показателей: качество отпуска и коэффициент рекреации ниже среднего по РК. Отпуск предпочитают проводить дома или работают без отпуска. Отдых носит кратковременный характер, многим в отпускной период полноценно отдохнуть не удается.

Социально-демографические характеристики: *пол и возраст респондентов.* Преимущественно молодые мужчины (72 %), 20–35 лет, семейные (60 %) или одинокие (40 %). Высокий удельный вес жителей г. Петрозаводска (64 %). *Образование.* Высшее (46 %) или среднее профессиональное (35 %). *Демографический тип семьи.* Супружеские пары с 1–2 детьми, молодые семьи без детей, одиночки в трудоспособном возрасте. *Характеристика занятости.* Преимущественно наемные работники предприятий различных форм собственности (в основном АО или ООО), квалифицированные рабочие, представители новых профессий. Высокий удельный вес предпринимателей (17 %).

Уровень социально-экономического благополучия: *уровень материальной обеспеченности*. Уровень среднедушевого дохода приближен к среднему по РК (2,1 ПМ). *Динамика материального положения семьи.* Материальное положение за последние годы улучшилось или улучшилось незначительно. *Социальная самоидентификация.* Средний слой общества.

Высокие параметры социально-экономического благополучия (выше среднего по РК) обусловлены в основном положительной динамикой материального благополучия и профессиональной реализацией. Интерпретация результатов проведенного иерархического

факторного анализа, а также проверка их устойчивости позволила представить следующую типологию рекреационного поведения экономически активного населения (табл. 5)

Результаты исследования показали, что эффективное рекреационное поведение характерно для второй и третьей групп, которые в совокупности составляют 54 % от общего объема выборки, к неудовлетворительным типам рекреационного поведения отнесены группы 1 и 4 (28,6 % от объема выборки).

Таблица 5. Типология рекреационного поведения экономически активного городского населения РК

№ гр.	Название группы по типу рекреационного поведения	Характеристика группы				
		Тип эффективности рекреационного поведения	Уровень социально-экономического благополучия	Уровень туристско-рекреационной мобильности	Уровень эффективности рекреации	Доля респондентов от общей выборки, %
1	«Группа рекреационной эксклюзии»	Неэффективное	Крайне низкий	Крайне низкий	Значительно ниже среднего по РК (0,35 от среднего уровня)	30,2
2	«Относительно благополучные»	Приближено к эффективному	Низкий уровень (ниже среднего по РК)	Значительно выше среднего по РК	Выше среднего уровня по РК (в 1,2 раза)	12,8
3	«Благополучные»	Эффективное	Высокий	Высокий	Выше среднего уровня по РК (в 1,6 раза)	41,2
4	«Группа риска»	Низкая эффективность	Превышает средний по РК	Превышает средний по РК	Ниже среднего уровня по РК (0,85 от среднего уровня)	15,8

Таким образом, на основе проведенного исследования была построена типология рекреационного поведения населения, выделены четыре основных типа эффективности рекреационного поведения населения (рис. 2). *Первый тип* – эффективное рекреационное поведение (группа 3). Эта группа названа нами *«благополучные»*, так как выгодно отличается от всех других групп по всем показателям социально-экономического благополучия и рекреации (выше среднего уровня в 1,5–2 и более раза). *Второй тип* – рекреационное поведение, приближенное к эффективному (группа 2); *«относительно благополучные»* с низкими оценками социально-экономического благополучия, относительно высокими оценками туристско-рекреационной мобильности (выше среднего уровня в 1,2–1,4 раза) и пониженными показателями отпускной рекреации. Обладая скромным бюджетом, респонденты этой группы находят средства и время на отдых.

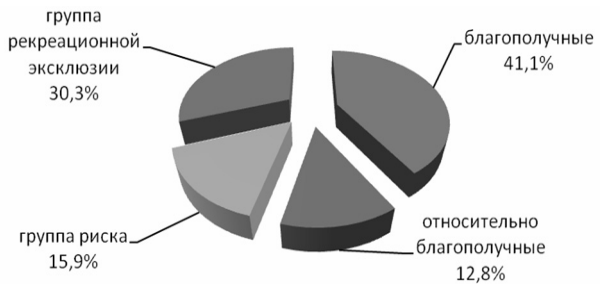


Рис. 2. Распределение респондентов по типам рекреационного поведения

Третий тип – низкая эффективность рекреационного поведения (группа 4, получившая название *«группа риска»*), ее представители отнесены к группе потенциального риска по фактору здоровья. Рекреационно-целевая туристская активность этой группы в основном связана с краткосрочным отдыхом в выходные дни.

Благополучные в материальном отношении и по социальным параметрам молодые люди, пока еще обладая хорошим здоровьем, часто работают без отпуска, в отпуске не отдыхают, что может привести к проблемам здоровья в более зрелом возрасте.

Четвертый тип – неэффективное рекреационное поведение (группа 1), *«рекреационно-эксклюзивные»*, т. е. отчужденные от услуг туризма и рекреации, в первую очередь, из-за плохого материального положения. Как было показано выше, к данной группе относятся, прежде всего, представители активного трудоспособного возраста (высок удельный вес семей с детьми, в первую очередь неполных семей). Учитывая то обстоятельство, что практически каждую третью семью можно отнести к группе рекреационной эксклюзии, одной из действенных мер по повышению качества трудовых ресурсов региона может стать разработка социальных программ, направленных на повышение доступности туристско-рекреационных услуг для этой категории населения.

Таким образом, в ходе проведенного анализа эмпирических данных было установлено, что узкие рамки семейного бюджета значи-

тельной части домохозяйств, имеющих в своем составе экономически активных членов, является основным ограничителем туристско-рекреационной мобильности населения, а трудное материальное положение и отсутствие возможности полноценного отдыха – весомыми стрессовыми факторами, которые значительно снижают уровень социального самочувствия [Морозова, Мурина, 2010]. Полученные результаты согласуются с выводами исследований общественного здоровья российского населения под руководством Н. М. Римашевской, согласно которым среди негативных факторов влияния на здоровье наибольшую тревогу вызывают такие, как трудовая бедность и социальное неравенство [Римашевская и др., 2011].

Результаты проведенного исследования показали, что организованный отдых и доступность туризма являются непременным условием эффективной рекреации населения, способствуют укреплению адаптационного потенциала человека к современным условиям жизни и, таким образом, повышают качество воспроизводства самого населения и, соответственно, трудовых ресурсов региона. К сожалению, вопросы доступности туристско-рекреационных услуг, формирования рациональных туристских потребностей и повышения туристкой активности населения органами регионального управления в настоящее время практически не рассматриваются.

В этой связи в интересах регионального развития необходимо стимулирование туристско-рекреационной активности населения, что должно найти свое отражение при разработке стратегических направлений социально-экономического и социально-демографического развития региона с целью повышения качества жизни населения.

Ряд исследовательских задач удалось реализовать при поддержке РГНФ в рамках проекта № 11-32-00342а2 «Влияние социально-трудовой мобильности населения на воспроизводство трудового потенциала в ресурсоориентированном приграничном регионе», 2011–2013 гг., рук. О. С. Крутова.

Литература

Белая Р. В., Мурина С. Г., Спектор Е. Н., Харин В. Н. Типология рекреационного поведения экономически активного населения // Государственная статистика как общественное благо: стоимость, качество, использование: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 30 января – 1 февраля 2012 г.). СПб.: Нестор-История, 2012. С. 48–50.

Зорин И. В., Квартальнов В. А. Энциклопедия туризма. М.: Финансы и статистика, 2004. 368 с.

Кусков А. С., Голубев В. Л., Одинцова Т. Н. Рекреационная география. М.: Флинта, 2005. 509 с.

Морозова Т. В. Измерение типологического разнообразия экономического поведения населения в условиях трансформации институциональной среды // Государственная статистика как общественное благо: стоимость, качество, использование: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 30 января – 1 февраля 2012 г.). СПб.: Нестор-История, 2012. С. 175–176.

Морозова Т. В., Мурина С. Г. Влияние туристско-рекреационной мобильности населения на качество жизни // Роль туризма в модернизации экономики российских регионов: Сборник научных статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (Петрозаводск, Кондопога, 8–10 июня 2010 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. С. 257–261.

Мурина С. Г. Современные факторы повышения качества жизни в сфере рекреационного поведения населения // Труд и социальные отношения. 2007. № 3. С. 94–100.

Римашевская Н. М. Качество человеческого потенциала в современной России // Безопасность Евразии. 2004. № 1. С. 19.

Римашевская Н. М. и др. Здоровье населения: проблемы и пути решения: материалы II Междунар. науч.-практ. семинара, г. Минск, 19–21 мая 2011 г. / Ред. кол.: Н. М. Римашевская (гл. ред.) и др.; НАН Беларуси; Ин-т социологии НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2011. 331 с.

Харин В. Н. Факторный анализ (подход с использованием ЭВМ). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1992. 190 с.

Формирование региональных институциональных систем в условиях модернизации экономики северного приграничного региона. Отчет НИР № гос. регистрации 01200 807137. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 188 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Морозова Татьяна Васильевна
ведущий научный сотрудник, д. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572090

Morozova, Tatyana
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572090

Белая Раиса Васильевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572090

Мурина Светлана
аспирантка
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572090

Belaya, Raisa
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572090

Murina, Svetlana
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572090

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 68–76

УДК 331.5

РЫНОК ТРУДА КАРЕЛИИ: ДИНАМИКА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ

М. Н. Рудаков

Петрозаводский государственный университет

В статье рассматриваются основные социальные итоги развития экономики республики за период с 1998 г.: уровень и динамика заработной платы и денежных доходов населения, их структура и соотношение по видам экономической деятельности. При этом основное внимание уделено предкризисной динамике данных показателей, поскольку статистика 2009–2010 гг. учитывает влияние «худшей» фазы экономического цикла. Основным методом анализа имеющихся статистических данных выбрано сравнение совокупности региональных и среднероссийских показателей.

Ключевые слова: заработная плата, денежные доходы, прожиточный минимум, финансовая деятельность, государственное управление, лесопромышленный комплекс.

M. N. Rudakov. REPUBLIC OF KARELIA LABOUR MARKET: DYNAMICS AND DIFFERENTIATION OF THE MONETARY INCOME OF PEOPLE

The paper considers the principal social outcomes of the republic's economic development since 1998: the level and dynamics of salaries and monetary income of people, its structure and ratios for types of economic activities. The main focus is on the pre-crisis trend of the parameters, since statistics from 2009–2010 reflect the effect of the «worst» phase of the economic cycle. The main method chosen for analysis of the available statistical data is comparison of the set of regional and average national indices.

Key words: salary, monetary income, minimum subsistence level, financial activities, public administration, forest sector.

Тенденции развития экономики Республики Карелия за период после кризиса 1998 г. в целом совпадают с общероссийскими. Экспортоориентированный характер региональной экономики позволил большинству хозяйствующих субъектов существенно «подняться» после трудностей первой половины 1990-х гг., заметно улучшилось и состояние государственных финансов. Начиная с 1999 г. экономика региона демонстрировала в целом устойчивые темпы роста большинства макроэкономических показателей – валового регионального продукта, объема промышленного производства и строительства, инвестиций в основной капитал, оборота розничной торговли и общественного питания, объема платных услуг, внешнеторгового оборота. И сельское хозяйство, в силу сложных природно-климатических условий сохраняющее свой проблемный характер, развивалось неплохо: увеличивалось производство основных видов продукции, сохранялась продуктивность скота и птицы.

Устойчивую тенденцию роста демонстрировали и показатели уровня жизни – увеличивались начисленная и реальная заработная плата, среднедушевые доходы и назначенные пенсии, наращивалось строительство жилья, уменьшался объем безработицы. Вместе с тем более глубокий анализ динамики экономического развития позволил обнаружить существенную неоднозначность его основных социальных результатов, сохранение направленности изменений которых представляется общественно негативным.

Рост благосостояния населения во все времена считается главной целью и результатом экономической политики государства. Безусловно так же и то, что в рыночной экономике его изменения связаны, в первую очередь, с динамикой денежных доходов населения. Последнее десятилетие представляется в указанном отношении исключительно интересным: с одной стороны, достаточно длительный период экономического роста, обусловивший рост доходов и уровня жизни населения, с другой – экономический кризис, объективно обострivший проблему благосостояния, что не могло не сказаться не только на темпах роста доходов населения, но и на их дифференциации. Именно анализ ситуации с доходами за период, включающий в себя «тучные» годы экономического роста и разразившийся за ними кризис, позволяют сделать более глубокие и обобщающие выводы.

С методической стороны, сформулированные в статье положения основаны на часто используемом органами государственного управления Республики Карелия и отдельными экономистами сравнении среднероссийских показателей с региональными. Понятно, что такой подход дает широкий простор для варьирования набором показателей и позволяет «ненавязчиво» акцентировать внимание неискушенных читателей на вполне определенных сторонах экономического развития. Поэтому в своих рассуждениях автор не претендует на всеобщность анализа, но, стремясь не выглядеть ангажированным, сосредоточился не на отдельных показателях, а их некоторой совокупности, которая характеризует доходы населения Карелии.

Прежде всего следует обратить внимание на уровень и динамику заработной платы в регионе. Напомним читателю, что в начале 1990-х гг. в республике были увеличены так называемые «северные надбавки» к заработной плате[1]. В результате минимальная величина законодательно установленных доплат составила 65 %, а среднемесячная начисленная заработная плата в целом по региону стала увеличиваться более быстрыми темпами, чем в среднем по России: к 1998 г. превышение, с учетом увеличенных надбавок, составило более 25 % (рис. 1)[2].

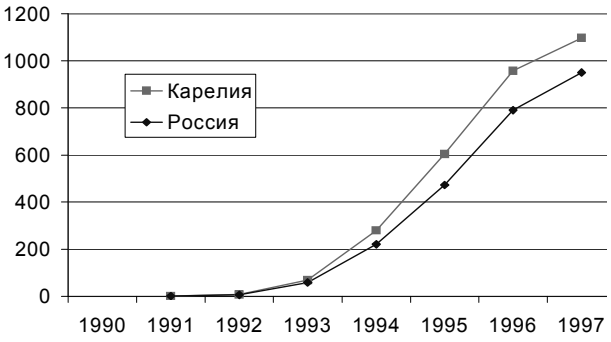


Рис. 1. Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника в 1991–1997 гг.

Однако после 1998 г. ситуация стала меняться: темпы роста среднемесячной номинальной начисленной заработной платы стали отставать от среднероссийских. Применительно к ее абсолютным размерам переломным оказался 2007 г.: впервые за годы рыночного реформирования среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в республике оказалась ниже средней по России (13342,1 против 13593,4 руб.).

В 2008–2010 гг. тенденция сохранилась, более того, отношение карельской заработной платы к среднероссийской достигло уже 93,7 % по сравнению с 98,15 % в 2007 г. Предварительные итоги 2011 г. ситуации не изменили – российский показатель оказался равным 23693,1 руб., карельский – 22273,0 руб. (тем самым вышеуказанное соотношение осталось на прежнем уровне – около 94,0 %).

Следствием указанной динамики стало устойчивое «крестообразное» соотношение средних заработных плат в России и Карелии (рис. 2).

---

[1] Закон РФ от 19 февраля 1993 г. № 4520-1 «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» (с последующими изменениями и дополнениями).

[2] Здесь и далее количественные показатели сгруппированы из официально опубликованных статистических данных, источники которых приведены в конце статьи. Показатели 2011 г. даются на основании официальных данных оперативной информации органов Федеральной службы государственной статистики.

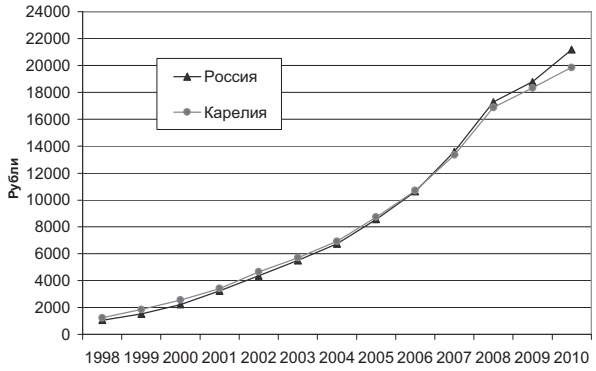


Рис. 2. Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника в 1998–2009 гг.

В условиях кризиса рост среднемесячной начисленной заработной платы сохранился. Конечно, темпы ее увеличения в 2009–2010 гг. упали, но реальное снижение было отмечено лишь в первом-втором кварталах 2009 г. Отставание же в темпах роста начисленной заработной платы в регионе от среднероссийских показателей также сохранилось. Причем, если ежегодное изменение данного соотношения в 2007–2009 гг. составляло менее 0,5 п. п., то в 2010 г. падение составило 3,9 п. п.: поддержание динамики заработной платы в кризисный 2009 г. подорвало потенциал ее роста (относительно среднероссийских показателей) в 2010 г.

Похожим образом обстоят дела и с темпами роста среднедушевых месячных денежных доходов населения: в абсолютном измерении их незначительное превышение над среднероссийскими сохранялось в Карелии лишь в 1998 и 1999 гг. (106,6 и 101,5 % соответственно). В последующие годы отставание стало непрерывно увеличиваться и составило, по официальным итогам предкризисного 2008 г., более 18 % от среднероссийского уровня (рис. 3). В кризисном 2009 г. рост денежных доходов населения составил лишь 109,8 % (против 120,6 % в 2008), но уменьшались они только в первом и третьем кварталах. При этом соотношение указанных показателей Карелия-Россия по-прежнему менялось в худшую сторону – отставание от среднероссийского значения усилилось (79,8 %) и лишь по итогам 2010 г. обозначилась противоположная тенденция: среднедушевые денежные доходы (в месяц) жителей Карелии увеличивались несколько быстрее и составили 83,9 % среднего по России показателя. Тем самым «крест» среднедушевых месячных денежных доходов Россия-Карелия сохраняется на протяжении более 10 лет, а соотношение указанных показателей принципиально не меняется последние 5 лет.



Рис. 3. Среднедушевые денежные доходы населения в 1998–2008 гг. (в месяц, руб.)

Сравнивая денежные доходы населения, следует помнить, что в их общую динамику вносят свой вклад и пенсии. На протяжении всего анализируемого периода, с 1998 по 2010 г., средний размер назначенных пенсий (с учетом компенсаций) в Карелии устойчиво превышал российский уровень, и это превышение неуклонно нарастало – со 109 % в 1998 г. до 124,2 % по итогам 2010 г. Понятно поэтому, что соответствующая корректировка динамики денежных доходов применительно к работающему населению лишь усилит сделанные выше выводы.

Тем не менее, более высокий, относительно российского, уровень заработной платы и пенсий долгое время позволял большей части населения иметь доходы выше прожиточного минимума – удельный вес численности населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума в Республике Карелия вплоть до 2006 г. был меньше среднего по России показателя и постоянно уменьшался. Однако с темпами и здесь все оказалось не так просто: в 2006 г. анализируемые показатели практически сравнялись – в России доходы ниже прожиточного минимума имели 15,2 % населения, в Карелии – 15,4 %.

Переломный, в сравнительно-зарплатном отношении, 2007 г. сказался и на уровне бедности населения: впервые за многие годы существенно возросла доля населения с доходами ниже прожиточного минимума – 17 % против 15,4 % в 2006 г. В 2008 г. тенденцию остановить не удалось – рост удельного веса населения указанной группы практически не изменился и достиг 16,7 %.

К сказанному необходимо добавить следующее: в целом по России доля «бедных» продолжала снижаться и после 2006 г., достигнув в 2008 г. 13,1 %. Поэтому «расхождение» с Карелией продолжало увеличиваться, тем самым «крестообразность» обнаружилась и здесь (рис. 4). Кризисные 2009–2010 гг. не внесли принципиальных изменений: российский показатель уменьшился до уровня 13 % в 2009 и 12,6 % в

возросла (17 %) и лишь в 2010 г. несколько уменьшилась (15,2 %), оставаясь, тем не менее, выше среднероссийского уровня на 2,6 п.п.

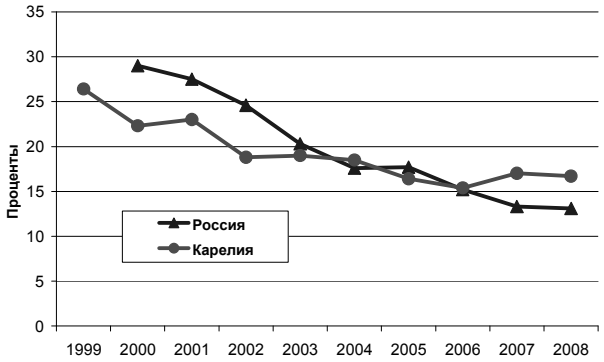


Рис. 4. Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (в процентах от общей численности)

Кризисные годы обусловили изменение динамики реальных доходов населения: все показатели в 2009 г. продемонстрировали снижение, но в разной мере. Более всего сократилась реальная заработная плата – 96,6 % к уровню 2008 г. В то же время, изменение реальных денежных доходов произошло по-разному: их общий объем сократился на 2,5 %, среднедушевых – на 2 %, реальных располагаемых денежных доходов – на 1,6 %, а среднедушевых – на 1,2 %. К декабрю 2010 г. ситуация сложилась аналогично по структуре, но с изменением в лучшую сторону: рост начисленной заработной платы составил 107,8 %, рост денежных доходов – 110 %, рост реальных располагаемых денежных – 103,6 %, сокращение реальной заработной платы только на 0,7 %.

Очевидно, что такая динамика объясняется спецификой структуры и различными темпами изменения отдельных форм денежных доходов населения – заработной платы, социальных выплат, предпринимательских доходов и доходов от собственности. Анализ структуры денежных доходов населения в республике позволяет не только выяснить своеобразие процесса получения различных форм доходов и их взаимозависимости, но и сделать некоторые выводы о специфике трудовой мотивации населения региона.

Прежде всего необходимо отметить существенно более высокий, по сравнению с российским уровнем, удельный вес оплаты труда (без учета скрытой) в денежных доходах населения (по итогам 2008 г. – 53,8 против 44,7 %). Причем этот показатель на протяжении всех постсоветских лет, превышая среднероссийский уровень, оставался достаточно высоким и лишь в 1995 г. опускался чуть ниже 40 % (39,2). Учитывая более высокий, чем в среднем по России, размер назначенных в Карелии пенсий, нетрудно объяснить и более высокий удельный вес в денежных доходах социальных трансфертов – почти в полтора раза выше среднего по России (30,4 % по сравнению с 17,8 % в 2010 г.). В совокупности это означает, что до 70 % денежных доходов населения имеют официальное трудовое происхождение.

К сказанному следует добавить, что доля доходов от собственности в республике более чем в три раза ниже среднероссийской и для современных условий представляется ничтожно малой (около 2 %). В то же время удельный вес статистически не строгих «других доходов», включающих скрытую оплату труда, также значительно меньше российского уровня – 15,7 против 25,7 %. Несложный расчет показывает, что доля скрытой оплаты труда в карельской экономике практически вдвое ниже российского уровня.

Однако вывод об относительно низком уровне, но официальности денежных доходов населения Карелии по сравнению со среднероссийским уровнем был бы неполным без анализа динамики доходов от предпринимательской деятельности. Тем более что однозначной тенденции в снижении-возрастании доли доходов от предпринимательской деятельности в общем объеме денежных доходов населения непосредственно выявить не удается: в 2000, 2005 и 2007 гг. эта величина была в республике практически одинаковой. Однако в кризисные 2008–2010 гг. доля доходов от предпринимательской деятельности резко сократилась – с 14,1 % в 2007 г. до 5,3 % в 2010 г. При этом абсолютные цифры среагировали существенно медленнее – 6,6 млрд руб. в 2010 г. против 11,8 млрд руб. в 2007. К данному положению будет необходимо вернуться позже, при анализе проблемы дифференциации доходов населения.

Вместе с тем, для уяснения ситуации динамика годовых объемов доходов от предпринимательской деятельности была представлена в виде цепных индексов (процентов) роста и выполнено их сравнение с аналогичным измерением «других доходов». Полученные в результате зависимости стали выглядеть следующим образом (рис. 5).

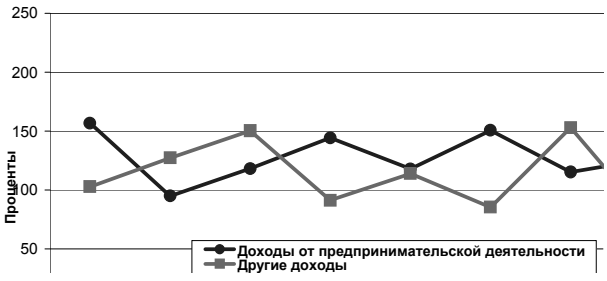


Рис. 5. Динамика форм денежных доходов населения Карелии в 2000–2008 гг. (в процентах к предыдущем году)

Не вызывает сомнения, что выявляется определенная взаимосвязь анализируемых форм доходов, причем их динамика носит достаточно выраженный противоположный характер: рост одного показателя сопровождается уменьшением другого и наоборот. Видимо, это может быть объяснено существующей экономической возможностью «перетекания» одной формы дохода в другую. Заинтересованные субъекты регулируют соотношение между ними, поскольку часть предпринимательского дохода можно представить, например, в виде скрытой заработной платы. Именно поэтому рост предпринимательского дохода в год n сменяется, как правило, его падением в году n+1. Другие доходы при таком подходе «компенсируют» изменение предпринимательских доходов, сокращаясь в году n и возрастая в год n+1.

Наиболее вероятно, что подобного рода «управляемая динамика» ориентирована не только на минимизацию налоговых платежей, но и определенную легализацию сомнительных по происхождению доходов.

Отражением общей структурной динамики денежных доходов населения явилась практическая неизменность за последние годы долей заработной платы и доходов от собственности, резкое уменьшение доли предпринимательских доходов и существенное возрастание доли социальных выплат. Такая динамика лишний раз подчеркивает, что сложившаяся практика организации заработной платы как рыночного института себя исчерпала, и простое повышение уровня оплаты труда не играет должной стимулирующей роли. Напротив, возрастание доли социальных выплат позволяет предположить некую «чрезмерность» социальной ориентации государственных усилий. Подчеркнем, что в данном случае речь идет не об абсолютном уровне этих выплат, а именно о доле в денежных доходах, которая, вкупе с долей заработной платы, свидетельствует об особенностях ориентиров социальной политики государства.

Интересна и динамика «других» доходов (включающих скрытую заработную плату): их доля существенно упала в предкризисном 2007 г., возросла до предшествующего уровня в 2008, осталась практически неизменной в кризисном 2009 г., вновь сократившись в 2010 г. Однако их корреляция с удельным весом доходов от предпринимательской деятельности также показательна: до кризиса их динамика была фактически противоположной, что само по себе уже интересно в плане причинно-следственных связей, однако в кризисные годы динамика сравнимых показателей совпала. Следовательно, если в «благополучные» годы бизнес имел возможность достаточно широкого маневра формами получаемых доходов, то кризис свел эту возможность практически к нулю.

В контексте рассматриваемой темы интересно проследить динамику распределения численности работников по размерам начисленной заработной платы и общего объема денежных доходов населения. В динамике распределения заработной платы в 2000–2006 гг. четко наблюдается определенная цикличность: ежегодный рост заработной платы сопровождается двухлетним «сдвигом вправо» кривой ее распределения. Однако уже предкризисные годы нарушили эту цикличность: с 2007 г. сдвигов в распределении практически не происходило, шло лишь повышение уровня заработной платы. И лишь в 2009 г. обнаруживаются некоторые признаки возврата к прежней тенденции (рис. 6).

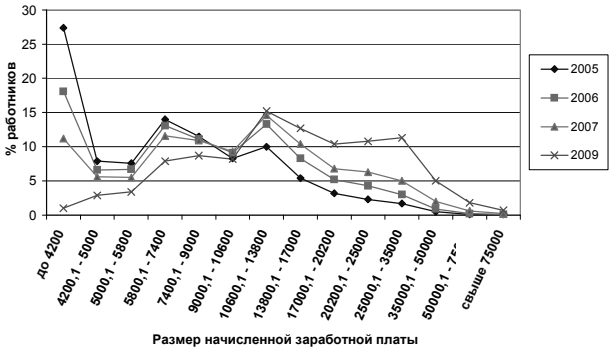


Рис. 6. Распределение численности работников по размерам начисленной заработной платы в Республике Карелия

Что же касается денежных доходов, то в их распределении за период 1997–2009 гг. четко просматриваются следующие тенденции (рис. 7).

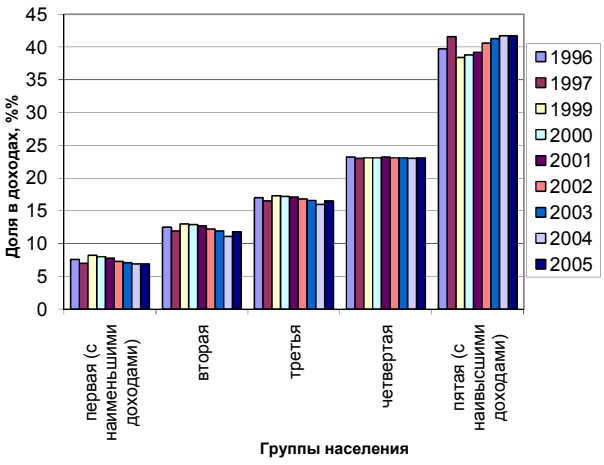


Рис. 7. Распределение общего объема денежных доходов населения Республики Карелия по 20-процентным группам

Накануне кризиса 1998 г. неравенство в распределении общего объема денежных доходов было максимальным – 41,6 % всех доходов присваивали наиболее обеспеченные, 7 % – беднейшие. 1999 г., первый последефолтный, существенно сгладил сложившееся неравенство: доля самых обеспеченных резко (до 38,4 %) упала, что обусловило рост доли населения первых трех квинтилей (самых бедных – до 8,2 %).

В дальнейшем, вплоть до 2006 г., шло нарастание доли самых доходных слоев населения и адекватное сокращение доли менее обеспеченных граждан. С 2006 г. наблюдается некоторая стабилизация: беднейшие получают 6,6–6,7 % всех доходов, группа с наивысшими доходами присваивает около 42,5 %. Доля населения второго и третьего квинтилей также стабилизировалась: около 11,5 и 16,2 %.

Все это позволяет сделать следующий вывод: в кризисные годы более «страдают» обеспеченные слои населения, поскольку их доходы тесно связаны с экономической динамикой и результатами финансово-хозяйственной деятельности рыночных структур (см. выше динамику абсолютных размеров и доли доходов от предпринимательской деятельности). У 60 % населения (первые три квинтиля) падения доли доходов не происходит – с одной стороны, им дальше «падать» некуда, с другой – в их доходах велика доля обеспечиваемых государством выплат социального значимого характера. В годы экономической стабилизации и подъема происходит процесс перераспределения между этими группами населения – больше шансов использовать экономическую конъюнктуру у обеспеченных, оставшиеся довольствуются абсолютным ростом доходов при уменьшении их доли.

Вместе с тем, весьма интересной выглядит динамика доли доходов, получаемых «четвертой» группой (представляется, что именно она олицетворяет собой средний класс) – она остается стабильной независимо от экономического цикла, около 23 %. Очевидно, что эта группа населения, с одной стороны, «не позволяет» себя ущемить, с другой – еще не может заставить «делиться». В результате их доля в совокупных доходах стабильно выше доли в населении региона (не менее 23 %) и в очень незначительной степени определяется экономической конъюнктурой.

Рассмотренная динамика денежных доходов населения обусловливает противоречивую в целом картину социальной дифференциации населения. С одной стороны, меры государственного регулирования заработной платы и поддержания социально незащищенных групп населения объективно работают на сокращение разброса в доходах, с другой – специфическая, по классическим рыночным канонам, структура денежных доходов обусловливает углубление дифференциации. Статистика убедительно доказывает, что общая картина динамики распределения доходов между работниками складывается следующим образом: индекс Джини по заработной плате неуклонно уменьшается, что свидетельствует о снижении дифференциации в оплате труда, но тот же показатель, рассчитанный по денежным доходам, возрастет на протяжении всех «нулевых» лет (рис. 8).

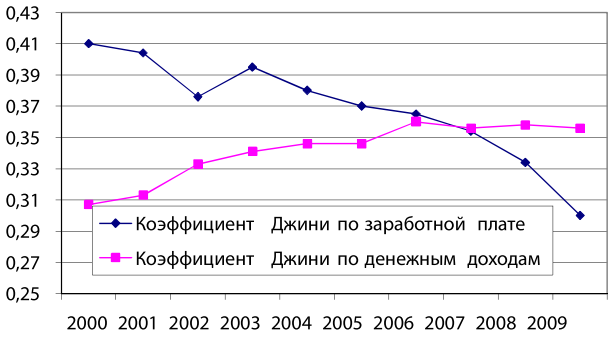


Рис. 8. Индекс концентрации заработной платы и денежных доходов (коэффициент Джини) в Республике Карелия

Понятно, что для глубокого анализа причин такого положения необходимо исследовать и изменения конфигурации кривых Лоренца (при их пересечении индекс концентрации не дает однозначного ответа на вопрос о степени неравенства в распределении). Тем не менее, лежащей на поверхности причиной такой разнонаправленной динамики является, как представляется, необоснованно низкий удельный вес заработной платы в общей массе денежных доходов населения региона. Именно поэтому рост доли социальных выплат, наблюдающийся все последнее десятилетие, не смог компенсировать стабилизацию, по существу, вклада заработной платы в общую массу денежных доходов. Следует также подчеркнуть, что индекс концентрации доходов рассчитывается по доходам семей, а заработной платы – по индивидуальным данным. Вместе с тем можно предположить, что именно сохранение данного положения и углубление тенденции «расхождения» анализируемых индексов чреваты углублением социального неравенства и обострением социальной обстановки.

Анализ положения с оплатой труда и денежными доходами населения Республики Карелия был бы неполным, если не рассмотреть специфику изменения этих показателей по отдельным видам экономиче-

ской деятельности. Сразу заметим, что общая структура соотношения зарплат по видам экономической деятельности в республике принципиально не отличается от российской: оплата труда финансистов превышает среднюю по региону более чем в два раза, для государственных служащих это опережение составляет чуть менее 1,7 раза, занятых в добыче полезных ископаемых – примерно полтора раза.

В последние годы утрачивают свое «преимущество» в оплате труда энергетики, транспортники и связисты, отстают от среднего уровня и строители. Одним из немногих благополучных видов экономической деятельности в Карелии в последние годы остается рыболовство и рыбоводство – в нем заработная плата занятых растет существенно более высокими темпами: отставая в 2004 г. от республиканского ориентира более чем на 25 %, уже в 2008 г. она опередила последний на 44,6 %. В то же время, в сельском и лесном хозяйстве, образовании и здравоохранении уровень оплаты по-прежнему отстает от средних по республике показателей на 20–35 %. Объяснить высокий уровень оплаты труда работников финансовых структур не составляет труда – исторически сложившаяся в России (и не только) тенденция, однако к уровню и динамике оплаты труда госслужащих нужно присмотреться пристальней. Эмпирической базой анализа может выступить сравнение размеров оплаты труда по рассматриваемым видам экономической деятельности в России и Карелии (табл.).

Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника по видам экономической деятельности России и Республики Карелия (руб., %)

Вид деятельности	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Россия							
Средн. в экон.	6739,5	8554,9	10633,9	13593,4	17290,1	18637,5	20952,2
Фин. деят.	17383,8	22463,5	27885,5	34879,8	41871,8	42372,9	50120
Гос. управл.	7898,6	10958,5	13477,3	16896,3	21344,1	23960	25120,8
Гос. упр./сред.	117,2	128,1	126,74	124,3	123,45	128,56	119,9
Гос. упр./фин.	45,44	48,78	48,33	48,44	50,97	56,55	50,12
Республика Карелия							
Средн. в экон.	6935,1	8730,3	10697,4	13342,1	16892,9	18394	20056
Фин. деят.	19182,1	21577,1	24286,8	30262,4	36333,4	35432,5	41084,9
Гос. управл.	10316,9	14387,8	18048,0	22110,8	28375,8	31844,3	32383,7
Гос. упр./сред.	148,76	164,8	168,71	165,72	167,97	173,12	161,47
Гос. упр./фин.	53,78	66,68	74,31	73,06	78,09	89,87	78,82

Прежде всего следует отметить соотношение динамики заработных плат по соответствующим видам деятельности в Карелии и России. Финансисты республики не могли (за исключением 2004 г.) начислять себе более высокую, чем их «коллеги» в России, заработную плату. Более того, их отставание от российских коллег все время увеличивалось (соотношение уровней соответствующих заработных плат, составлявшее в 2005 г. 0,96, уменьшилось в 2010 г. до 0,82).

Напротив, по виду деятельности «государственное управление и обеспечение военной безопасности, обязательное социальное обеспечение» на протяжении всего периода имеется устойчивое превышение над российскими показателями почти на треть.

Кроме того, как видно из таблицы, в России превышение оплаты труда госслужащих над средним уровнем отличается стабильностью (около 25 %) и даже несколько снижается после 2005 г. В Карелии это превышение существенно выше и только за период 2004–2009 гг. выросло почти на 25 пунктов (73,12 % против 48,76 %) и только по итогам 2010 г. несколько уменьшилось. Сравнение заработной платы госслужащих с оплатой труда финансистов также показательно для региона: темпы «приближения» заработной платы карельских госслужащих к оплате труда финансистов существенно превышают аналогичные российские изменения. Следовательно, на региональном уровне оплата труда по виду деятельности «государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение» все более смещается от среднереспубликанских к наиболее высоким, «финансовым» показателям.

Безусловно, данные выводы могут быть оспорены, поскольку не учитывают структуру оплаты труда данного вида экономической деятельности, причем главный аргумент ясен и вполне оправдан: заработная плата в «обеспечении военной безопасности», безусловно, может завышать общий уровень оплаты государственных служащих. Однако, во-первых, это никоим образом не изменит соотношений уровней и тенденций между Карелией и Россией. Во-вторых, в качестве «противодействующего» аргумента возможно рассмотреть статистику только одного 2009 г. Данный год – кризисный, и поэтому оплата труда работников «в погонах» вряд ли ощутимо изменялась, и, следовательно, общая динамика преимущественно определялась заработками государственных (и муниципальных)

служащих. Динамика оплаты труда сравниваемых видов экономической деятельности представлена на рис. 9.

Выводы сделать нетрудно: различие между анализируемыми видами доходов в целом по году обусловливается существенными декабрьско-январскими бонусами, которые могут позволить финансисты (даже принимая во внимание существенный рост выплат в госуправлении в конце года). В то же время в течение года среднемесячная начисленная заработная плата «государственников» не слишком отличается, а подчас и превосходит оплату труда в финансовом секторе. Понятно также, что «пики» роста их оплаты труда в июне и сентябре обусловливаются, наиболее вероятно, отпускными выплатами в соответствии с установленным порядком. Именно особенности организации оплаты труда в данном виде деятельности обусловили рост номинальной заработной платы и в кризисном 2009 г. на 12,2 %, ощутимо превысив темпы роста ее среднереспубликанского уровня (8,9 %).

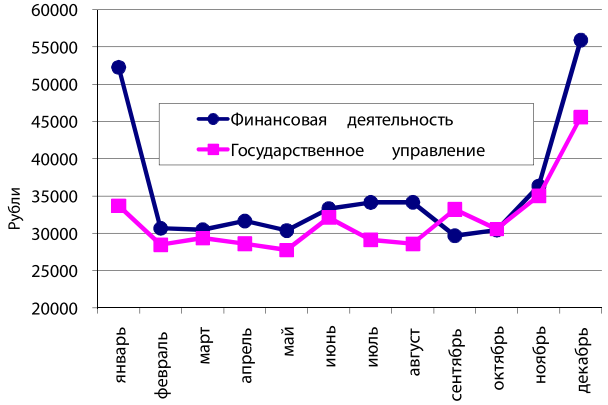


Рис. 9. Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника по видам экономической деятельности в Республике Карелия в 2009 г. (руб.)

К сказанному следует добавить, что по виду экономической деятельности «государственное управление…» – весомая добавка к заработной плате, следовательно – увеличением денежных доходов являются выплаты социального характера. Причем, если превышение заработной платы данной категории занятых над среднереспубликанским уровнем составляло в предкризисном 2008 г. «всего лишь» 68 %, то по выплатам социального характера оно составило более 2,8 раза (1037,5 руб. против 369,4), а сравнительно с образованием и здравоохранением – 5 и более раз.

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что условия оплаты труда государственных служащих Карелии выглядят более привлекательными, чем в среднем по России: это касается не только уровня заработной платы, но и ее динамики, места в «структуре» оплаты труда различных видов экономической деятельности.

Исследуя динамику заработной платы по видам экономической деятельности, нельзя обойти вниманием и положение в лесопромышленном комплексе республики (включает три вида экономической деятельности: лесозаготовка; обработка древесины и производство изделий из дерева; производство целлюлозы, древесной массы и бумаги, картона и изделий из них), на протяжении десятилетий составлявшем основу экономики республики. И в настоящее время ЛПК по-прежнему занимает ведущее место в экономике Карелии: там сосредоточено почти 20 % основных фондов коммерческих организаций и 10 % всех работающих в республике (более 23 тыс. чел.). На долю Карелии приходится 24,2 % производства бумаги и более трети выпуска газетной бумаги России.

Статистика показывает, что для оплаты труда работников ЛПК характерны, во-первых, существенные «видовые» различия: в 2008 г. среднемесячная заработная плата на лесозаготовках составляла 14695,2 руб., в деревообработке – 11389,2 руб., целлюлозно-бумажной промышленности – 17298,5 руб.

Во-вторых, все последнее десятилетие уровень оплаты труда на лесозаготовках и в деревообработке существенно отстает от среднемесячной заработной платы в экономике региона в целом. Лесозаготовители только в 1999 и 2000 гг. получали более высокую зарплату – 114 и 105 % соответственно (понятно, что это был эффект девальвации), все последующие годы ее уровень составлял 82–85 % средней по республике. В деревообработке максимально достигнутый уровень заработной платы даже в первые последефолтные годы составлял лишь 91–92 % средней по региону, оставаясь в дальнейшем на уровне 70–75 % (только однажды, в 2007 г., наблюдался более высокий уровень – 82,8 %).

В-третьих, весьма показательной является динамика уровня заработной платы в целлюлозно-бумажной промышленности. В 1999–2000 гг. она превышала среднереспубликанский уровень более чем в полтора раза. В дальнейшем это соотношение начало сокращаться и достигло по итогам 2008 г. всего 102,4 %. Понятно поэтому, что положение с оплатой труда в лесопромышленном комплексе не адекватно его месту и значимости в экономике республики.

Таким образом, уровень и динамика заработной платы и денежных доходов населения Республики Карелия свидетельствуют, что в целом благоприятная макроэконо-

мическая ситуация 1999–2008 гг. в регионе не должным образом трансформировалась в социально-значимые результаты и рост благосостояния населения. Сравнение с изменением российских показателей доказывает, что динамика денежных доходов в Карелии недостаточна для достижения адекватных результатов: денежные доходы населения Карелии все более отстают от достигнутых в среднем по России.

Литература

Информация о социально-экономическом положении Республики Карелия // Ежемесячный доклад. Карелиястат. Петрозаводск, 2011.

Лесной комплекс Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. 61 с.

Оплата труда работников по видам экономической деятельности // Информационно-аналитический бюллетень. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. 49 с.

Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru

Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://krl.gks.ru

Российский статистический ежегодник // Статистический сборник. Росстат. М., 2011. 795 с.

Российский статистический ежегодник // Статистический сборник. Росстат. М., 2006. 896 с.

Регионы России. Социально-экономические показатели // Статистический сборник. Росстат. 2011. 990 с.

Регионы России. Социально-экономические показатели // Статистический сборник. Росстат. 2009. 990 с.

Социально-экономическое положение и уровень жизни населения России // Статистический сборник. Росстат. М., 2009. 503 с.

Социальная сфера Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2010. 160 с.

Социальная сфера Республики Карелия. Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2004. 140 с.

Социальное положение и уровень жизни населения Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат РК. Петрозаводск, 2011. 183 с.

Труд и занятость в России // Статистический сборник. Росстат. М., 2007. 611 с.

Труд и занятость в России // Статистический сборник. Росстат. М., 2011. 637 с.

Труд и занятость в Карелии // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2004. 82 с.

Труд и занятость в Карелии // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2011. 152 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Рудаков Михаил Николаевич
профессор, д. э. н.
Петрозаводский государственный университет
ул. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: rud@drevlanka.ru
тел.: (8142) 570326

Rudakov, Mikhail
Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: rud@drevlanka.ru
tel.: (8142) 570326

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 77–84

УДК 314 + 311

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ[1]

Е. В. Молчанова

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются социально-экономические и экологические факторы, влияющие на медико-демографические тенденции в России и Республике Карелия. Исследование проводится с помощью экономико-математических методов (корреляционный, регрессионный анализ). Разрабатывается математическая модель выбора оптимальной стратегии управления медико-демографическими процессами. С помощью модели определяются приоритеты социально-экономической политики, направленные на улучшение неблагоприятных медико-демографических тенденций.

Ключевые слова: медико-демографические тенденции, здоровье, регион, экономико-математические методы.

E. V. Molchanova. MODEL FOR CHOOSING THE OPTIMAL STRATEGY OF MANAGING MEDICAL-DEMOGRAPHIC PROCESSES

The socio-economic and environmental factors influencing medical-demographic tendencies in Russia and Republic of Karelia are considered. Mathematical methods of economic analysis (correlation, regression analysis) were employed in the study. The mathematical model for choosing the optimal strategy of managing medical-demographic processes is developed. The priorities of the socio-economic policy meant to amend the adverse medical-demographic tendencies are defined using the model.

Key words: Medical-demographic tendencies, health, region, economic-mathematical methods.

В докладе «Глобальные тенденции развития человечества до 2015 г.» говорится, что население России не только сокращается, но и становится все менее и менее здоровым, а значит, теряет способность служить движущей силой экономического возрождения страны.

Являясь самой большой страной по площади, Россия в последнее время существенно сдает свои позиции по численности и качеству населения. Численность постоянного населения Российской Федерации на 1 января 2010 г. составляла 141,9 млн человек, из которых 103,7 млн человек (73 %) – горожане, и 38,2 млн человек (27 %) – сельские жители. За период с 1992 по 2009 гг. население сократилось на 4,3 % (рис. 1).

[1] Исследования финансируются РФФИ, проект № 11-06-00102а.

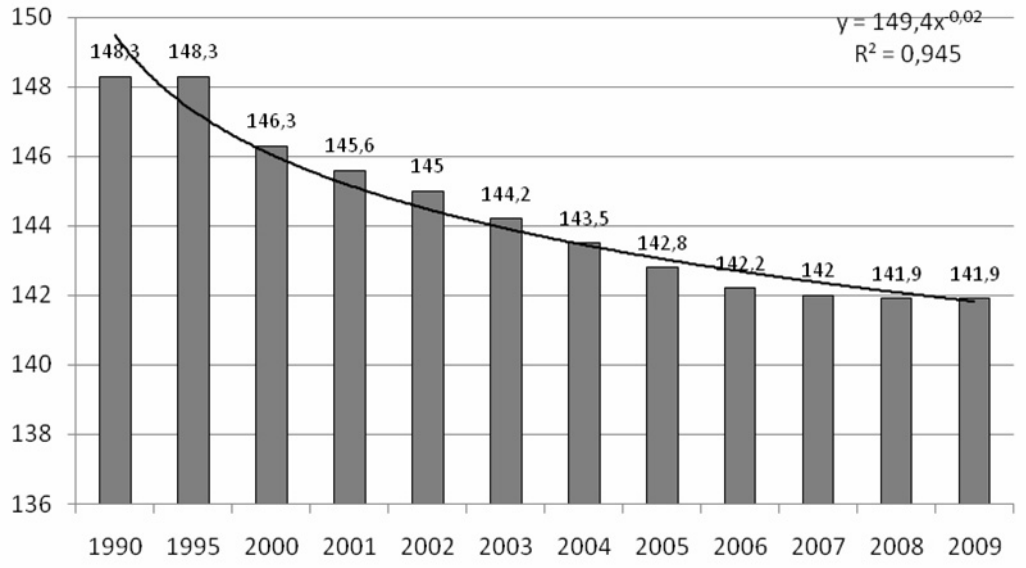


Рис. 1. Динамика изменения численности населения России в 1990–2009 гг. (млн человек, оценка на конец 2009 года)

При сохранении сложившихся демографических тенденций в 2050 г. Россия будет занимать 17-е место с населением 112 млн человек, пропустив вперед Мексику, Филиппины, Вьетнам, Эфиопию и некоторые другие страны. Если мы не сможем в ближайшие 5–7 лет радикально изменить тренд смертности и нездоровья, то в силу инерционности демографических процессов кризис не будет преодолен даже к середине века. По расчетам Всемирного банка, при сохранении наблюдаемых в настоящее время тенденций низкой рождаемости и высокой смертности к 2025 г. население Российской Федерации сократится приблизительно на 17 млн человек [Всемирный банк].

Глубокий демографический кризис в России обусловлен социальными и социально-экономическими факторами, в том числе значительным распространением бедности, огромной дифференциацией в условиях жизни населения, широким распространением асоциальных форм поведения.

Демографические проблемы носят системный характер, так как детерминированы всей системой факторов социальной реальности России. В настоящее время выделяется несколько подходов, характеризующих демографический кризис в России [Атлас..., 2009] (табл. 1).

Однако, как отмечает Н. М. Римашевская, серьезные проблемы России связаны не только с численностью, но с качеством населения, с состоянием его генофонда как основы развития общества и государства. Достаточно взглянуть на физическое, психическое и социальное здоровье людей, на изменение их морально-нравственных ориентиров [Римашевская, 2010а, б, 2011].

В формировании здоровья ведущая роль отводится обществу и его институтам. Состояние здоровья обусловлено не только системой здравоохранения, но в значительной степени условиями жизни и ее динамикой. Медико-демографические данные в России свидетельствуют о кризисе здоровья населения. В XXI в. именно здоровье во всех его проявлениях должно быть целью и движущей силой общественного прогресса. Его охрана и укрепление является приоритетной задачей для государства. Состояние здоровья населения оказывает непосредственное влияние на будущие поколения, поэтому уже сейчас необходим комплекс экономических, социальных, медицинских и экологических мероприятий, направленных на предотвращение возникшего кризиса. Успех не может быть достигнут усилиями только медицинского сектора [Лукашев и др., 2005; Прохоров и др., 2007].

В теоретическом плане проблема экономической оценки общественного здоровья имеет много общего с возникшей за рубежом (Т. Шульц, Г. Беккер, Д. Минсер, М. Фишер и др.) и получившей в последние годы распространение в нашей стране концепцией человеческого капитала, подчеркивающей влияния уровня здоровья и образования населения на состояние экономики.

Экономические успехи страны должны быть связаны с увеличением человеческого капитала, т. е. с повышением инвестиций в образование и здравоохранение.

Таблица 1. Подходы, характеризующие демографический кризис в России

Подход	Причина демографического кризиса	Представители
1	Демографический кризис в России определяется высокой смертностью населения, прежде всего от предотвратимых причин	Эксперты Всемирного банка
2	Демографический кризис в России объясняется в первую очередь кризисом семьи, который проявляется в устойчивых установках массового сознания на малодетность, а порой даже бездетность	В. Борисов, А. Антонов
3	Демографический кризис в России является следствием комплекса проблем – снижения рождаемости, роста смертности и уменьшения миграционного прироста	Б. Хорев, И. Орлова, Н. Римашевская, Л. Рыбаковский
4	Демографический кризис есть следствие духовного (психологического) неблагополучия населения, вызывающего повышение смертности и снижение рождаемости	И. Гундаров, В. Алиев

Состояние здоровья – сложная комплексная характеристика, зависящая от множества разнородных факторов (синергетический эффект) [Лисицын, 2010]:

- ✓ *биологических* (*наследственность, конституция организма и т. д.*);
- ✓ *экологических* (*климат, загрязнение физическими, биологическими агентами и др.*);
- ✓ *социально-экономических* (*оплата труда, питание, образование, жилье, отдых*);
- ✓ *состояния здравоохранения* (*число врачей, среднего медицинского персонала, больниц, оснащение лечебных учреждений современным диагностическим оборудованием и т. д.*);
- ✓ *средовых* (*психологических факторов, политической ситуации и т. д.*).

Существует взаимосвязь между здоровьем населения и демографическими процессами, поэтому при анализе здоровья следует в первую очередь обращаться к показателям, характеризующим население. К ним можно отнести ожидаемую продолжительность жизни при рождении, коэффициент смертности, информацию о заболеваемости и инвалидности.

Здоровье не ограничивается отдельными показателями, оно представляет собой сложную комплексную систему, требующую для своего изучения применение междисциплинарных исследований, включающих клинические, психологические, социально-экономические, санитарно-гигиенические, математико-статистические методы и подходы. В настоящее время предложено много показателей для определения уровней, оценок здоровья населения, стали широко применяться сложные математические и математико-логические комплексные показатели. Такие показатели позволяют более полно подходить к оценке здоровья населения.

Общие теории народонаселения, демографии, медицины и здравоохранения можно условно разделить на несколько групп [Лисицын, 2010]:

Теории обусловленности здоровья. К ним относятся: теория факторов риска здоровью, теория непосредственного воздействия образа жизни на здоровье, теория формирования здорового образа жизни, теория формирования общих типов здоровья – патологии, теория «факторов», «порочного круга нищеты и здоровья» (К. Уинслоу), теория «болезней цивилизации» и социальной дезадаптации (Э. Гюан, А. Дюссер, Р. Дюбо, О. Тоффлер, Т. Ламбо, Ф. Роджерс).

Натуралистические медико-биологические теории. К ним относятся: теория социобиологии Э. О. Уилсона (Г. Спенсер, Э. О. Уилсон), теория этологии, этологизма (Ж. Сент-Илер, К. Лоренц, Н. Тинберген, К. Фриш), теория человеческой (социальной) экологии (Р. Парк, Э. Бюргесс), теория стресса и общего адаптационного синдрома (Г. Селье), теория фрейдизма, неофрейдизма, психоаналитической психосоматики (З. Фрейд, А. Адлер, К. Юнг, К. Хорни, Г. Селливан, Э. Фромм, Ф. Александер), теория неогиппократизма и биотипологии (С. П. Федоров, А. Кастильони, П. Делор, Н. Пенде).

Теории функциональной патологии и медицины. К ним относятся: теория целлюлярной патологии и ее современные варианты (Р. Вирхов, Г. Селье), теория невризма, теория кортико-висцеральной патологии (И. П. Павлов, В. М. Бехтерев, Н. Е. Введенский, А. А. Ухтомский, К. М. Быков, И. Т. Курцин).

Натуралистические теории народонаселения и здравоохранения. К ним относятся: теория мальтузианства (Т. Мальтус), теория неомальтузианства, теория «оптимума населения» (У. С. Томсон, В. Фогт).

Синтетические, универсальные теории. К ним относятся: теория конвергенции общественных систем и здравоохранения (Дж. Гелбрайт), теория «человеческого капитала» (К. Уинслоу), детерминационная теория медицины (ДТМ).

Существует два уровня рассмотрения и оценки здоровья:

- ✓ индивидуальный, характеризующий отдельного человека.

✓ популяционный (общественное здоровье), относящийся к населению определенной страны, региона, города.

Индивидуальное здоровье оценивается по персональному самочувствию, наличию заболеваний, физическому состоянию, трудоспособности, личным ощущениям бытия, радости жизни и др. Для решения социальных, экономических, политических проблем, при которых необходимо учитывать качество здоровья всего населения, используется понятие общественное (популяционное) здоровье.

В развитых странах самые крупные инвестиции из государственного бюджета направлены на образование, здравоохранение, социальное обеспечение. В материалах ВОЗ указывается, что в совокупном влиянии на здоровье населения образу жизни отводится 50 %, среде обитания – 20 %, наследственности – 20 %, качеству медико-санитарной помощи – 10 %.

Состояние общественного здоровья целесообразно оценивать на основе сравнения его с другими странами и территориями, а в качестве характеристик использовать следующие показатели: ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ), коэффициенты общей и младенческой смертности, уровень заболеваемости населения, уровень инвалидности. Все большее число европейских стран и США одной из основных задач политики в области здравоохранения ставят увеличение числа лет здоровой жизни, откорректированных с учетом здоровья населения (HALE). Этот новый показатель позволяет оценить, в какой степени ожидаемая продолжительность жизни сопровождается повышением уровня здоровья.

В наших работах [Римашевская, 2011; Молчанова, 2011а, б, в] было проведено исследование, направленное на выявление социально-экономических и экологических факторов, влияющих на медико-демографические тенденции в регионах России, Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) и Республике Карелия (РК). Исследование проводилось с помощью экономико-математических методов (кластерный, корреляционный, регрессионный анализ). Информационной базой служили данные Росстата («Регионы России», «Здравоохранение в России», «Муниципальные образования РК»). Информация по субъектам (регионам) была сформирована в виде специальной информационной системы, представленной на рис. 2.



Рис. 2. Схема информационной системы, связывающая показатели здоровья с социально-экономическими и экологическими факторами

Взаимосвязь состояния общественного здоровья населения РФ, СЗФО и РК в 2005–2009 гг. от социально-экономических и экологических факторов устанавливалась с помощью коэффициентов корреляции Пирсона между показателями продолжительности предстоящей жизни и уровня общей смертности и всеми остальными из специально разработанной информационной системы (уровень значимости $p < 0{,}05$).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Пирсона ($p < 0,05$, $N = 18$), связывающие уровень смертности с некоторыми факторами, для районов РК

№	Показатель (фактор)	Коэффициент корреляции			
		2005	2006	2007	2008
1	Удельный вес городского населения в общей численности населения (%)	–0,58	–0,60	–0,52	–0,57
2	Среднемесячная заработная плата (руб.)	–0,70	–0,73	–0,61	–0,61
3	Удельный вес общей площади, оборудованной водопроводом (%)	–0,69	–0,65	–0,67	–0,75
4	Удельный вес общей площади, оборудованной водоотведением (канализацией) (%)	–0,71	–0,66	–0,68	–0,75
5	Удельный вес общей площади, оборудованной горячим водоснабжением (%)	–0,75	–0,74	–0,72	–0,78
6	Удельный вес общей площади, оборудованной отоплением (%)	–0,76	–0,73	–0,73	–0,77
7	Общая заболеваемость (на 1000 человек населения)	–0,57	–0,46	–0,45	–0,50

Для Карелии выявленные тенденции, связывающие уровень смертности с основными социально-экономическими индикаторами, представлены в табл. 2 и показывают, что уровень смертности (на 1000 населения) в РК, а, следовательно, и состояние здоровья населения, существенным образом зависит от социально-экономических факторов, и, в первую очередь, от среднемесячной заработной платы.

Результаты проведенных расчетов для РФ и СЗФО подробно изложены в работах [Молчанова, 2011а, б, в].

Как правило, на значение индикаторов здоровья оказывает влияние не только каждый фактор в отдельности, а их совокупность. Поэтому целесообразно воспользоваться многофакторным статистическим анализом для установления такой взаимосвязи. Так, зависимость коэффициента смертности (на 1000 населения), удельного веса городского населения (%) и среднемесячной заработной платы (руб.) для районов Республики Карелия в 2008 г. представлена на рис. 3.

Республика Карелия относится к дискомфортной зоне жизнедеятельности человека, а по некоторым показателям – к экстремальной зоне. Климатические особенности региона способствуют снижению защитных сил организма и являются причиной формирования таких патологий как простудно-воспалительные заболевания органов дыхания и железодефицитные состояния. Долгая зима и нестабильная весна вызывают всплески насилия, самоубийств, рост потребления алкоголя, что заметно даже в высокоразвитом обществе со стабильными экономическими и социальными системами. Например, в Финляндии, которая соседствует с Республикой Карелия, на государственном уровне разработан ряд программ, нацеленных на предотвращение подобных тенденций. Карелия пытается использовать и внедрять зарубежный опыт, а также разрабатывать собственные программы.

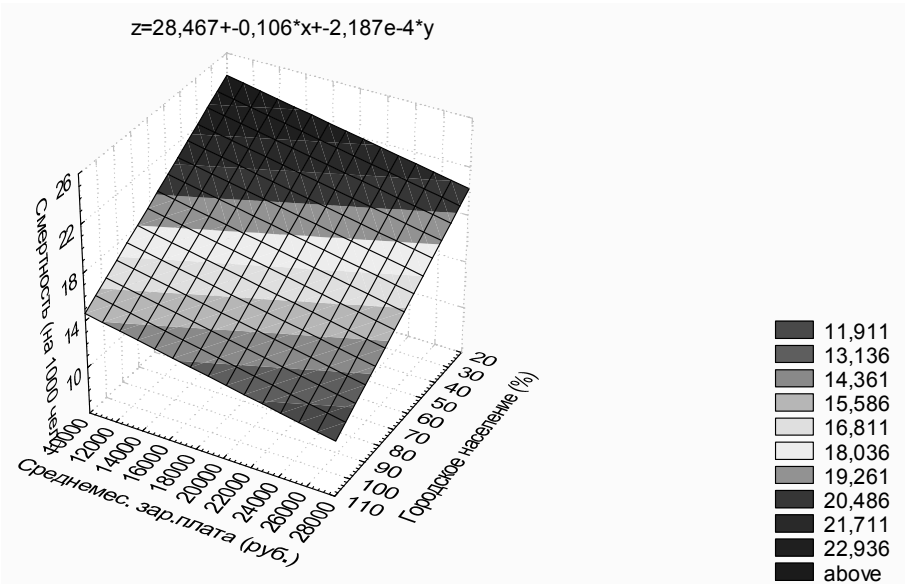


Рис. 3. Взаимосвязь коэффициента смертности (на 1000 населения), удельного веса городского населения (%) и среднемесячной заработной платы (руб.) для районов Республики Карелия в 2008 г.

Выход из медико-демографического кризиса в России и Карелии напрямую связан с успешным решением широкого круга задач социально-экономического развития (обеспечения стабильного экономического роста, роста реальных доходов и благосостояния населения, снижения уровня бедности и уменьшения дифференциации по доходам, интенсивности развития человеческого капитала и создания эффективной социальной инфраструктуры, рынка доступного жилья, гибкого рынка труда, улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки и т. д.). Меры по улучшению демографической ситуации должны носить комплексных характер, связанный с переориентацией целевых программ на решение задач демографической политики с учетом региональной специфики [Малинецкий, Афанасьева, 2009].

Для реализации наиболее эффективных мероприятий по улучшению демографической ситуации нами предлагается модель выбора оптимальной стратегии управления медико-демографическими процессами.

Введем следующие обозначения:

N – множество регионов (*районов*) *рассматриваемой территории* (*I = 1,.., N*);

M – множество видов состояний здоровья и благополучия населения (*j = 1,..., M*);

K – множество факторов, влияющих на состояние здоровья и благополучия населения (*k = 1,..., K*);

A = (*aij*) – *матрица векторов состояний здоровья населения по регионам* (*районам*);

B = (*bik*) – *матрица факторов, влияющих на состояние здоровья населения по регионам;*

C = (*cik*) – *матрица мероприятий, оказывающих влияние на состояние здоровья и благополучия населения по регионам* (*районам*);

R = (*rik*) – *матрица ограничений на ресурсы* (*финансовые, организационные, политические и др.*) *при осуществлении мероприятий, оказывающих влияние на состояние здоровья и благополучия населения по регионам* (*районам*).

Тогда уравнения модели приобретают следующий вид:

$$\overline{a}_j = F(\overline{b}_1, \overline{b}_2, ..., \overline{b}_K), j = 1, ..., M \qquad (1)$$

– множество видов состояний здоровья и благополучия, связанных функциональной зависимостью с факторами, оказывающими на них влияние.

$$\overline{c}_k = Y(\overline{b}_K), k = 1, ..., K \qquad (2)$$

– множество мероприятий, направленных на изменение в позитивную сторону факторов, влияющих на состояние здоровья и благополучия населения для каждого региона (района).

$$c_{ik} \le r_{ik}, i = 1, ..., N; k = 1, ..., K \qquad (3)$$

– ограничение на ресурсы, нельзя превышать имеющийся объем ресурса для проведения мероприятия в каждом регионе (районе).

$$\sum_{i=1}^{N} c_{ik} \le R_k, k = 1, ..., K \qquad (4)$$

– ограничение на ресурсы, нельзя превышать имеющийся объем ресурса для проведения мероприятия в целом для всей территории.

Целевые индикаторы:

$$Z_j = \sum_{i=1}^{N} a_{ij}, j = 1, ..., M \qquad (5)$$

– сумма состояний здоровья и благополучия по всем регионам (районам) позволяет оценить, на сколько изменилась ситуация после проведения мероприятий.

Модель (1)– (5) в качестве приоритетных направлений по улучшению уровня здоровья населения и стабилизации медико-демографических процессов позволяет выделить следующие мероприятия (табл. 3).

Таблица 3. Комплекс мероприятий, направленных на изменение неблагоприятных медико-демографических тенденций

Мероприятия	Реализация
Социально-экономические методы	Улучшение материального благосостояния населения, существенное (по крайней мере, удвоение) повышение прожиточного минимума как главного социального стандарта, гарантируемого каждому гражданину, что существенно изменит границу бедности в стране и приблизит ее к тому, что принято сегодня в странах Европы [Римашевская, 2010а, б] Соответствующий (в разы) рост минимальной оплаты труда, гарантируемой государством каждому работнику. Реализация этих условий усилит трудовую мотивацию и улучшит все определяющие доход семьи факторы, включающие удовлетворение комплекса базовых потребностей человека [Римашевская, 2010а, б] Реструктуризация распределительных процессов, экономические меры корректировки неравенства в доходах и оплате труда (применение различных систем оплаты труда, налоговых методов, комплекса мер социального страхования). Без изменения перераспределительных механизмов в пользу малообеспеченных невозможно разрушить негативный тренд здоровья в современной России Улучшение жилищных условий, создание льготных программ ипотечного кредитования для молодых и малообеспеченных семей, разработка целевых программ жилищного строительства, выделение субсидий для отдельных категорий граждан на покупку жилья Совершенствование системы государственных семейных пособий, увеличение пособий на ребенка, по беременности и родам.

Продолжение табл. 3

	Государственная политика в сфере производства, оборота и потребления алкоголя, применение методов налогового регулирования, введение ограничений на торговлю алкогольной продукцией, борьба с незаконным производством Сокращение уровня смертности и травматизма в результате дорожно-транспортных происшествий за счет ужесточения требований государственных стандартов к качеству дорожных покрытий и инженерному обустройству автомобильных дорог, дисциплины на дорогах, организации дорожного движения, усиления государственного контроля над качеством обучения в автошколах Улучшение условий труда и сокращение травматизма на производстве, обеспечение мер по безопасности условий труда, модернизация и сокращение вредных производств, увеличение размеров страховых выплат по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров сотрудников, государственный контроль над соблюдением законодательства в области охраны труда
Формирование здорового образа жизни	Обеспечение доступности для населения занятий физической культурой и спортом, строительство игровых и спортивных площадок, обеспечение доступности спортивных и оздоровительных сооружений, привлечение широкого круга населения к занятиям физической культурой, туризмом и спортом, организация отдыха и досуга независимо от места жительства Пропаганда трезвого образа жизни, совершенствование системы медицинской помощи лицам, имеющим алкогольную и наркотическую зависимость Меры по профилактике и ограничению курения табака, повышение акцизов на табачные изделия, запрет на любую рекламу, пропаганда отказа от курения, запрет курения табака в местах скопления населения, проведение информационных компаний о вреде курения Пропаганда здорового питания, расчет прожиточного минимума с учетом перечня необходимых продуктов здорового питания, которые должны быть в рационе человека, информирование населения о факторах риска, связанных с неправильным и неполноценным питанием, организация оптимального питания в детских садах и школах Разработка мер по обеспечению населения полноценным экологически чистым питанием, усиление контроля над предельно допустимой концентрацией вредных веществ в атмосфере, создание благоприятного санитарно-гигиенического состояния российских городов и населенных пунктов
Развитие системы здравоохранения	Повышение эффективности здравоохранения и санитарной культуры общества, увеличение государственных расходов на здравоохранение в России до 6–7 % от ВВП Ориентация системы здравоохранения на нужды пациентов, повышение квалификации медицинских кадров и их мотивация к качественному труду, рост заработной платы медицинских работников, улучшение эффективности управления в части планирования объемов медицинской помощи и стратегического развития отрасли Создание комплексной системы профилактики факторов риска сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, развитие ранней диагностики с применением передовых технологий, внедрение образовательных программ, направленных на предупреждение развития указанных заболеваний, повышение доступности высокотехнологичной медицинской помощи, а также развитие системы восстановительного лечения и реабилитации больных Совершенствование программ профилактики и новых инновационных технологий лечения ВИЧ/СПИДа и туберкулеза Оптимизация распределения ресурсов здравоохранения между различными регионами РФ и между населением, проживающим в городских и сельских условиях Усиление роли первичного звена здравоохранения, совершенствование работы существующих поликлиник, укомплектование их медицинскими кадрами, расширение профессиональной компетенции участковых врачей и участковых медицинских сестер, сохранение и развитие фельдшерско-акушерской службы в сельской местности, восстановление производственной и школьной медицины Улучшение и повышение репродуктивного здоровья населения, улучшение качества медицинской помощи женщинам в период беременности и родов, уменьшение числа абортов
Формирование морально-этических ценностей	Формирование в обществе семейных ценностей, установок на создание полной, состоящей в законном браке семьи, стимулирование более высокой рождаемости через экономические и социальные воздействия, поощрение материнства, отцовства и детства, поощрение многодетных родителей Обеспечение доступа детей к различным формам образования, создание и развитие социальной инфраструктуры Развитие самосохранительного поведения в обществе (создание предпосылок для внимательного отношения населения к своему здоровью и сокращению вредных привычек), формирование у населения отношения к своему здоровью как личному капиталу и безусловной ценности Морально-этическое воздействие через религиозные установки Организация квалифицированного научного сопровождения медико-демографических процессов, воспроизводства народонаселения и развития общества

Таким образом, междисциплинарный подход позволяет более эффективно анализировать проблемы российского медико-демографического кризиса. Существует достаточно сложная зависимость демографического положения в России не только от социально-экономических условий жизни, но и от уровня духовного состояния российского общества. Глубокий факторный анализ, основанный на математическом инструментарии, позволяет дать четкий ответ о вкладе каждого из факторов в депопуляцию российского населения. Подобная детализация полезна для разработки конкретных рекомендаций и мер по выходу из демографического кризиса.

Литература

Атлас демографического развития России / Под ред. акад. РАН Г. В. Осипова и проф. С. В. Рязанцева. М.: Экономическое образование, 2009. С. 220.

Всемирный банк – URL: http://www.worldbank.org/eca/russian/

Здравоохранение в России // Статистический сборник. М.: Росстат, 2009. С. 365.

Лисицын Ю. П. Общественное здоровье и здравоохранение: 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. С. 512.

Лукашев А. М., Прохоров Б. Б., Шиленко Ю. В. Общественное здоровье и управление здравоохранением. М.: Изд-во «Оверлей», 2005. С. 392.

Малинецкий Г. Г., Афанасьева Н. В. Антикризисная демографическая стратегия России: учебно-методический комплекс. М.: Изд-во РАГС, 2009. С. 60.

Молчанова Е. В. Здоровье населения как базовое условие социально-экономического развития общества. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011а. 295 с.

Молчанова Е. В. Исследование факторов, влияющих на смертность населения в России, с помощью методов математической статистики // Перспективы науки. 2011б. № 5. С. 73–77.

Молчанова Е. В. Влияние социально-экономических и экологических факторов на медико-демографические тенденции в регионах России // Региональная экономика: теория и практика. 2011в. № 39 (222). С. 56–66.

Муниципальные образования Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. 207 с.

Прохоров Б. Б., Горшкова И. В., Шмаков Д. И., Тарасова Е. В. Общественное здоровье и экономика / Отв. ред. Б. Б. Прохоров. М.: МАКС Пресс, 2007. С. 292.

Регионы России. Социально-экономические показатели // Статистический сборник. М.: Росстат, 2010. С. 996.

Республика Карелия в цифрах за 2008 год // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. 345 с.

Римашевская Н. М. Радикальное изменение негативного тренда здоровья в России // Народонаселение. 2010а. № 1. Янв. – март. С. 4–10.

Римашевская Н. М. Социальная политика сбережения народа: радикальное изменение негативного тренда здоровья российского населения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2010б. № 4 (12). С. 48–61.

Римашевская Н. М., Мигранова Л. А., Молчанова Е. В. Факторы, влияющие на состояние здоровья населения России // Народонаселение. 2011. № 1 (51).

Сбережение народа / Под ред. Н. М. Римашевской. М.: Наука, 2007. С. 326.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Молчанова Екатерина Владимировна
старший научный сотрудник, к. т. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: molchanova@karelia.ru
тел.: (8142) 571525

Molchanova, Ekaterina
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: molchanova@karelia.ru
tel.: (8142) 571525

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 85–94

УДК 314.07

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАРЕЛИИ

Е. А. Михель

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье анализируется институциональная структура демографического развития региона: действие формальных и неформальных институтов. На основе статистического анализа данных о демографическом развитии построена и представлена типология муниципальных образований по демографическому благополучию и представлено территориальное распределение коэффициентов естественного и механического движения населения со сравнительным анализом данных по Финляндии. Предложены меры по оптимизации методов управления демографическим развитием региона.

К л ю ч е в ы е с л о в а : демография, институты, Республика Карелия.

E. A. Mikhel. INSTITUTIONAL STRUCTURE OF DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT IN KARELIA

We analyse the institutional framework of the demographic development of the region: the impacts of formal and informal institutions. Having performed statistical analysis of demographic data we have worked out and present the typology of municipalities based on demographic well-being, and report the spatial distribution of growth and migration rates with a comparative analysis of data from Finland. Measures are proposed to optimize the management of the demographic development of the region.

K e y w o r d s : demography, institutions, Republic of Karelia.

Большинство российских регионов испытывают в настоящее время депопуляцию, которая началась с начала 1990-х гг. Не осталась в стороне от данных процессов и Республика Карелия, о которой пойдет речь в данной работе.

Современные тенденции, наблюдающиеся в области репродуктивного, самосохранительного, матримониального (брачного) и миграционного поведения свидетельствуют как о следствиях политических и социально-экономических преобразований, так и о глубочайшем кризисе института традиционной семьи.

XX в. для России оказался весьма драматичным с точки зрения демографического развития: войны, голод, репрессии, вынужденные и организованные миграции, распад Советского Союза и последующие реформы нарушили предпосылки устойчивого демографического развития. Данное обстоятельство обусловливает наличие демографических пауз, ям, имеющих свой отклик на 2–3 десятилетия вперед. В настоящее время настала смена многочисленных поколений, вступающих в репродуктивный возраст, новым поколением, рожденным в 1990-е гг., отличающимся очень низкой численностью. 1991 г. стал для Республики Карелия переломным в плане соотношения основных показателей воспроизводства населения.

Негативные тенденции предыдущего периода (динамика рождаемости и смертности) пересеклись, и Карелия вступила в явную фазу депопуляции.

За прошедшие 20 лет население Карелии сократилось примерно на 107 500 человек, что соответствует численности населения 4 городов Карелии или же на 13,5 % (табл. 1).

Ярким примером колоссального сокращения населения является разница между показателями рождаемости и смертности, достигавшая двукратной величины (2001–2003 гг.)

Таблица 1. Численность населения Республики Карелия за 1990–2010 гг., тыс. нас. [Республика Карелия, 2010]

Год	Численность населения	Прирост за год		
		Общий	Естественный	Миграционный
1990	791,719	–0,26	2,49	–2,75
1995	770,69	–7,33	–6,11	–1,21
2000	735,462	–6,649	–5,709	–0,94
2005	703,08	–5,559	–5,697	0,138
2009	687,5	–3,315	–2,715	–0,6
2010	684,2			

Иллюстрацией сложившейся общей демографической ситуации в Карелии может служить рассчитанный средний коэффициент естественного прироста за 1990–2008 гг. в разрезе муниципальных образований. Показатели большинства муниципальных образований находятся в глубокой отрицательной зоне. Исключением является Костомукшский городской округ, отличающийся молодой структурой населения. Территориальное распределение расчета коэффициента представлено на рис. 1.

Дополнительный интерес представляет аналогичное распределение демографических показателей по Финляндии. На основании представленных данных можно провести сравнение между Финляндией и Карелией. Во-первых, Финляндия в отличие от Карелии не находится в явной фазе депопуляции. Во-вторых, в Финляндии более 50 % муниципалитетов имеют положительный коэффициент естественного прироста, тогда как в Карелии только один – Костомукшский городской округ. В-третьих, в приграничной для Карелии стране только один район (Southern Savonia) имеет резко отрицательный (–3,0/ –6,0) показатель естественного прироста населения, тогда как в Карелии таких районов большинство (все, кроме Костомукши и Петрозаводска) с показателями ниже –6,0.

Наряду с естественным движением населения важную роль в демографическом развитии территории играет механическое (миграция населения).

Результаты анализа коэффициентов миграции населения Карелии представлены на рис. 2, наглядно показывающем миграционные процессы на территории республики.

Все муниципальные образования Карелии, кроме Петрозаводского городского округа и Прионежского муниципального района, характеризуются высокой интенсивностью оттока населения, возрастающей с юга на север, означающей, что население мигрирует с более периферийных северных территорий.

Высокие коэффициенты оттока населения в большинстве муниципальных районов республики свидетельствуют о движении населения за ее пределы и о низких показателях внутрирегионального миграционного обмена [Крутова, Морозова, 2010].

Данные результаты позволяют сделать вывод о недостаточном уровне развития и географической ассиметричности регионального рынка труда и жилья.

Сравнительный анализ территориального распределения миграции населения между Карелией и Финляндией показывает, что при существующем общем направлении движения населения с севера на юг (периферия – центр), следует выделить принципиальное различие – население Финляндии покидает границы своей страны в меньшей степени, повышая интенсивность внутренней миграции [Михель, Крутова, 2011].

Анализ статистических данных за 1990–2008 гг. по ключевым показателям демографического развития (коэффициенты рождаемости, смертности и миграции (с 2000 г.) населения) [Демографический ежегодник..., 2009] позволил получить средние темпы происходящих изменений, на основе которых была построена типология муниципальных образований Республики Карелия, отражающая уровень демографического благополучия территорий: относительного благополучия, относительного неблагополучия, глубокого неблагополучия, полного неблагополучия (рис. 3).

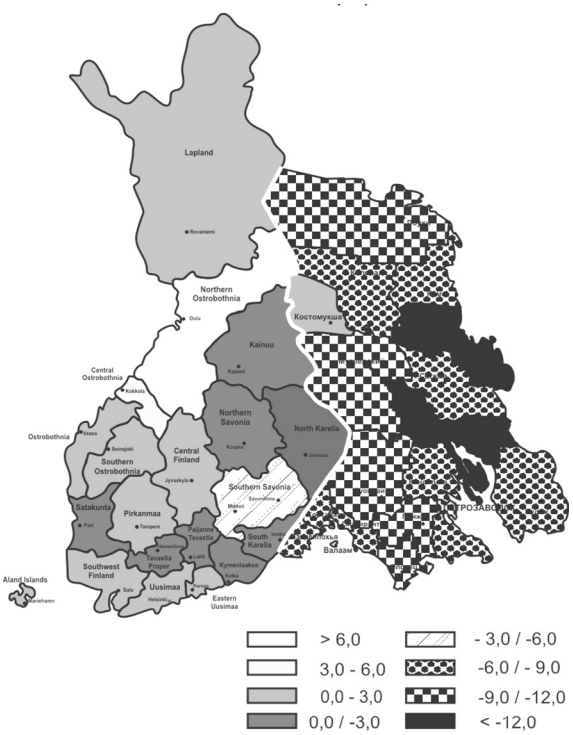


Рис. 1. Средние коэффициенты естественного прироста населения Карелии [Демографический ежегодник..., 2009] и Финляндии [Demographic and migratory...] за 1990–2008 гг. (на 1000 человек)

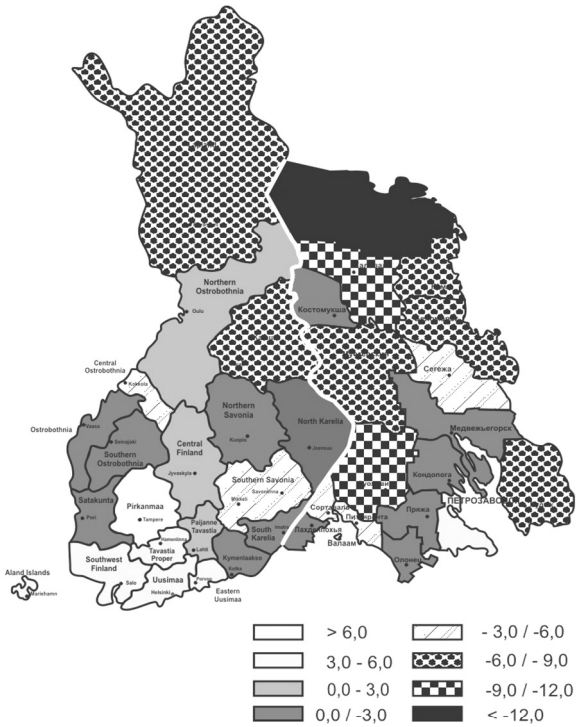


Рис. 2. Коэффициенты миграции Финляндии [Demographic and migratory...] и Карелии [Демографический ежегодник..., 2009] за 2000–2007 гг. (на 1000 человек)

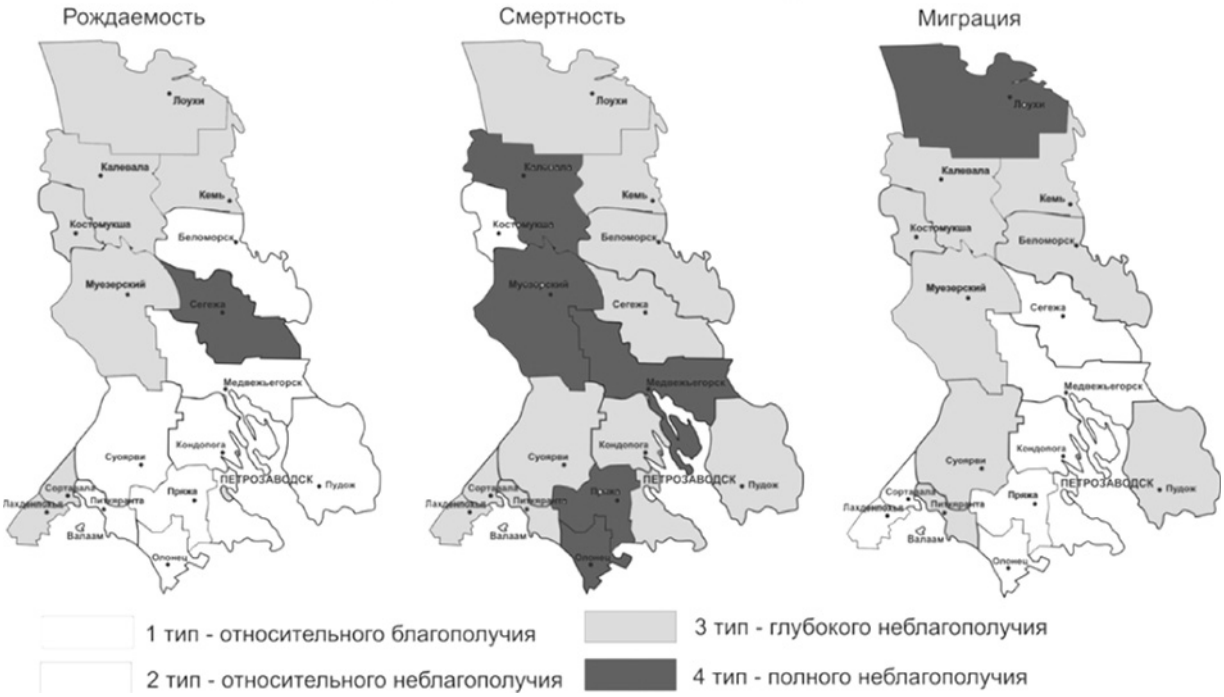


Рис. 3. Типология муниципальных образований РК по демографическому благополучию (1990–2008 гг.)

Большинство муниципальных образований Карелии по основным показателям демографического развития относится к неблагополучному типу разной тяжести. Исключениями являются: по рождаемости – Олонецкий, Прионежский и Пудожский районы; по смертности – «молодой» г. Костомукша; по миграции – Прионежский район и г. Петрозаводск. Наиболее неблагоприятная обстановка сложилась в районах республики по смертности населения – практически везде

данный показатель свидетельствует о глубочайшем кризисе, отражающем слабую эффективность системы здравоохранения и низкий уровень самосохранительного поведения.

На основе вышеизложенного материала о воспроизводстве населения следует перечислить основные последствия депопуляции населения в демографическом, экономическом, социальном и морально-этическом плане: сокращение численности населения: депопуляция и миграционный отток; старение населения; деформация половозрастной структуры; изменение этнического и конфессионального состава; увеличение демографической нагрузки; снижение трудового потенциала региона; рост числа неполных семей; рост девиантного поведения; падение традиционных ценностей; ухудшение медицинских показателей.

Демографическое развитие происходит внутри своего базового института – семьи, именно поэтому управленческое воздействие на демографическое развитие необходимо реализовывать через систему институциональных факторов, фокус которых должен быть направлен на семью как объект демографической политики.

Именно в семье находится возможность полной реализации потенциала демографического развития территории.

Анализ ситуации в сфере браков и разводов следует начать с общего пояснения касательно общей демографической ситуации. Важное значение имеют следующие факты: количество браков имеет тесную корреляцию с половозрастной структурой населения; за последние 10 лет в брачный возраст вступили многочисленные поколения советского «беби-бума», влияние которого прекратится в течение следующих 4–5 лет. Вместе с тем следует отметить и то, что за последние годы вырос и средний возраст вступающих в брак.

На основе представленных выше статистических данных (табл. 2) можно сделать вывод, что количество зарегистрированных браков в расчете на 1000 населения в начале периода и в конце осталось прежним, но с учетом изменения половозрастной структуры населения официальный брак становится более редким явлением. В середине периода, в 1998 г. произошел максимальный спад количества зарегистрированных браков, впрочем, как и разводов. Оба факта, скорее всего, имеют социально-экономические причины, связанные с кризисом 1998 г. и связанное с этим нежелание изменять свой брачный статус.

Таблица 2. Количество браков и разводов в Республике Карелия за 1990–2009 гг. [Республика Карелия, 2010]

Годы	Браки	Разводы	На 1000 населения	
			Браков	Разводов
1990	6621	2623	8,3	3,3
1995	5323	4397	6,9	5,7
2000	4387	3407	5,7	4,5
2005	5018	3071	7,2	4,4
2009	5682	3349	8,3	4,9

Все более распространенным видом семейных взаимоотношений становится сожительство (незарегистрированный брак), средняя доля которых достигает более 10 % по общероссийской статистике, при этом наиболее высокий показатель характерен для граждан до 25 лет: 25,5 % для женщин и 32,2 % для мужчин [Краткие итоги..., 2009]. В таких семьях уровень рождаемости гораздо ниже, нежели в семьях, официально зарегистрированных [Краткие итоги..., 2009]. На протяжении почти всего наблюдаемого периода число разводов превышало половину заключаемых браков соответствующего года. И по истечении периода можно зафиксировать общий рост количества разводов в Республике Карелия.

Главной причиной падения коэффициентов вступающих в брак и роста разводов является аксиологическая трансформация и основанное на ней ослабление традиционных семейных ценностей. Уровень рождаемости отражает современные тенденции репродуктивного поведения. Репродуктивное поведение – система действий и отношений, опосредующих рождение или отказ от рождения ребенка в браке или вне брака [Демография, 2005].

Как и всякое человеческое поведение, репродуктивное поведение ограничено определенными рамками, задающими нижний и верхний пределы его действия. Эти рамки заданы, с одной стороны, физиологически обусловленным на данном историческом этапе потенциалом рождаемости, максимально возможным числом детей, которое может родить женщина в течение своей жизни в определенных условиях (демографические структуры, состояние здоровья, в первую очередь, репродуктивного, уровень смертности, уровень развития здравоохранения и др.). С другой стороны, эти рамки обусловлены системой социального контроля, определяющего, в какой степени в среднем будет реализован этот биологический потенциал рождаемости, какое в среднем число детей будет рождено женщиной на протяжении ее

жизни. Рассмотрение репродуктивного поведения с точки зрения социального контроля имеет две стороны – позитивную и негативную. Позитивная сторона характеризует собственно те действия и отношения, которые связаны со стремлением к рождению определенного числа детей в семье, т. е. к реализации полного репродуктивного цикла: зачатие – рождение живого ребенка. Негативная сторона репродуктивного поведения, напротив, характеризует те действия и отношения, которые связаны с отказом от рождения, которые препятствуют реализации того или иного его звена (методы контрацепции и искусственного прерывания беременности – абортов). Традиционно эта негативная сторона репродуктивного поведения обозначается как регулирование рождаемости, внутрисемейный контроль рождаемости или планирование семьи.

При изучении факторов репродуктивного поведения необходимо учитывать не только внешние факторы, но и внутренние: социально-психологические структуры – ценностные ориентации личности, ее установки, мотивы и потребности. И репродуктивное поведение выражается не только в каких-то внешних поступках, репродуктивных событиях, но и в изменениях этих внутренних структур, убеждений, установок и мотивов, изменение которых также следует рассматривать в качестве его результатов.

Для изучения репродуктивного поведения следует отметить роль соответствующих намерений, которые обусловлены следующими обстоятельствами: возраст женщины и порядок предполагаемого рождения; брачно-партнерское состояние; поселенческие различия; образование; занятость; жилищная обеспеченность; уровень душевых доходов; религиозность и традиционные установки [Семья..., 2009].

Наиболее стабильным элементом структуры репродуктивного поведения является потребность в детях. Человек не может изменять свою сформированную в ходе его социализации потребность в детях, обусловленную бытующими в обществе социокультурными нормами детности. Другие элементы структуры репродуктивного поведения (репродуктивные нормы, репродуктивные установки и мотивы, результаты репродуктивного поведения – элементарные поведенческие акты, шаблоны и линии репродуктивного поведения) могут изменяться спонтанно или благодаря активности личности, в том числе условия жизни, которые человек стремится либо сохранить, либо изменить. Согласование всех действий, образующих линию репродуктивного поведения, осуществляется системой диспозиций, соотношением в ней семейных и внесемейных ценностных ориентаций. Ни потребность в детях, ни условия жизни сами по себе не предопределяют результатов репродуктивного поведения. Эти результаты – итог взаимодействия данных элементов в системе диспозиций личности, которая определяет ситуацию как благоприятную или неблагоприятную для удовлетворения потребности в детях.

Исследователи различают малодетное (1–2 ребенка в семье), среднедетное (3–4 ребенка) и многодетное (5 и более детей в семье) репродуктивное поведение, а в пределах каждого из этих типов – линии репродуктивного поведения, представляющие собой специфическое сочетание результатов репродуктивного поведения, характеризующихся определенной направленностью и устойчивостью. Именно потребность в детях, взаимодействуя в диспозиционной системе с условиями жизни, формирует конкретные линии репродуктивного поведения. Моделирование динамики суммарного коэффициента рождаемости, представленное на рис. 4, наглядно демонстрирует резкий спад рождаемости в начале 1990-х гг., который закрепился на последующий период и стабильно отражает сформировавшиеся линии репродуктивного поведения населения Карелии.

На диаграмме четко заметны невысокие показатели рождаемости на протяжении изучаемого периода. Следует напомнить, что для простого воспроизводства населения, когда одно поколение замещается следующим, суммарный коэффициент рождаемости должен быть на уровне 2,1–2,2 ребенка на одну женщину репродуктивного возраста [Борисов, 2006]. Показатели репродуктивного поведения населения Карелии не сильно отличаются от среднероссийских значений, для него свойственны те же ценности, мотивы, установки и действия, а, следовательно, в основном у населения наблюдается малодетное репродуктивное поведение, реализуемое в семьях с одним ребенком, максимум с двумя, количество среднедетных семей с 3–4 детьми очень мало, а многодетные семьи являются в наше время настоящей редкостью.

Негативным фактором демографического развития является и рост внебрачной рождаемости, который является и показателем роста количества внебрачных сожительств, демографический потенциал которых гораздо ниже, чем в зарегистрированных браках [Белобородов]. Данный показатель по Республике Карелия соответствует среднероссийским значениям.

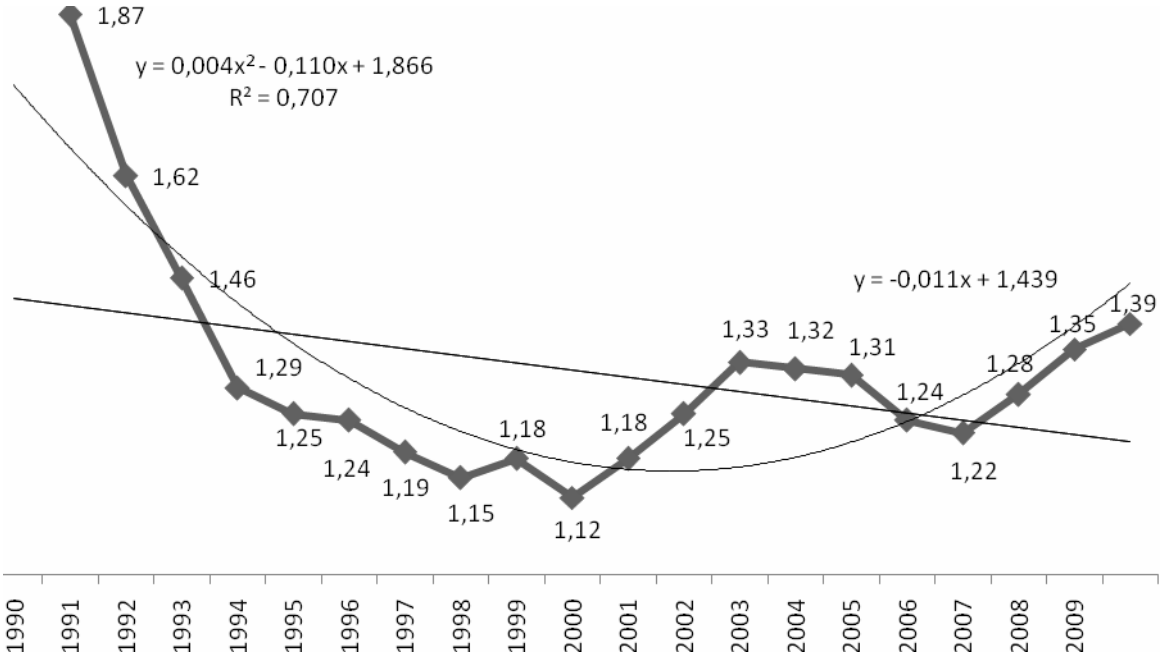


Рис. 4. Моделирование динамики суммарного коэффициента рождаемости в РК (1990–2009 гг.) [Демографический ежегодник..., 2009]

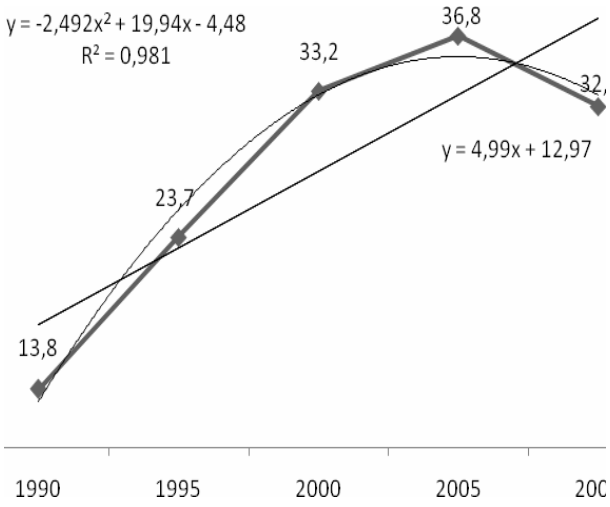


Рис. 5. Моделирование динамики удельного веса детей, рожденных женщинами в незарегистрированном браке, в общем числе родившихся, % [Республика Карелия, 2010]

С 1990 по 2000 гг. произошел скачок в росте внебрачной рождаемости и с тех пор остается на уровне одной трети от всех рожденных детей (рис. 5).

Следующим компонентом неблагоприятного развития демографической ситуации является динамика количества абортов. Несмотря на снижение данного показателя в 1,9 раза с 2000 по 2009 гг., он остается высоким – на каждые 100 родов приходится 86,7 абортов [Выбирают жизнь, 2010]. Учитывая неполноту статистических данных по этому показателю, вызванную совершением абортов в частных клиниках и медикаментозным способом, реальное количество совершаемых абортов может оказаться гораздо выше.

Важным аспектом изучения феномена исторического уменьшения потребности в детях, радикально отличающим его от теории демографического перехода, является убеждение, что в современных условиях не существует никаких механизмов, способных вызвать спонтанное повышение потребности в детях, а, следовательно, и рождаемости хотя бы до уровня, гарантирующего простое воспроизводство населения.

Впрочем, надежда на это может быть связана с очень сильной государственной просемейной политикой, специально ориентированной на возрождение традиционной многодетной семьи и на постепенное формирование у подрастающих поколений потребности в трех-четырех детях и детерминации соответствующего репродуктивного поведения.

Демографический кризис, поразивший Карелию, как и всю страну, вызван в большей степени высокими показателями смертности населения.

Рис. 6 наглядно демонстрирует динамику показателя коэффициентов смертности населения в Карелии. Несмотря на некоторое улучшение, следует оценить ситуацию как крайне неблагоприятную, поскольку показатель находится на очень низком уровне, что вкупе с низким показателем рождаемости населения фор-

мирует высокие демографические риски для развития территории. Действие сильных внешних факторов, обусловливающее скачкообразную динамику показателя смертности населения, сильно ограничивает возможности их моделирования. Особое внимание следует обратить на гендерное различие в показателях смертности трудоспособного населения, к которому в Республике Карелия относится население на 5 лет моложе, чем по России (за исключением других северных регионов и приравненных к ним территорий). Смертность мужчин трудоспособного возраста более чем в три раза превышает смертность женщин, достигая доли в 75 % (рис. 7). Данный факт свидетельствует как о демографическом неблагополучии, так и о социальном. Позитивная динамика отмечается у показателя детской смертности в возрасте до 1 года. За прошедшие 20 лет он сократился более чем в два раза: с 14,0 до 5,8 на 1000 родившихся живых детей.

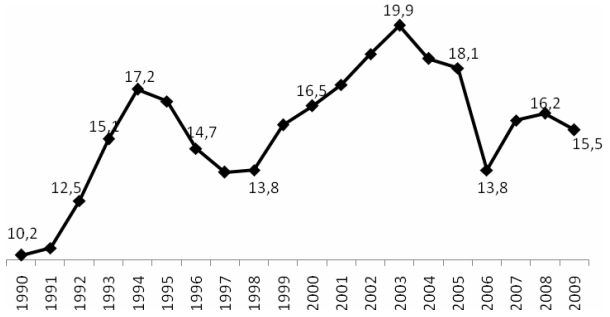


Рис. 6. Динамика коэффициента смертности в РК на 1000 человек (1990–2009 гг.) [Республика Карелия, 2010]



Рис. 7. Смертность мужчин и женщин трудоспособного возраста, человек [Демографический ежегодник..., 2009]

Следующим более важным позитивным достижением стало увеличение средней ожидаемой продолжительности жизни, особенно у мужчин, которая в 2009 г. выросла до 60 лет, тогда как в 2003 г. этот показатель был равен 53,7 годам. Большой вклад в этот результат внесла модернизация здравоохранения при реализации национального проекта «Здоровье». Некоторое снижение уровня смертности повлияло на уменьшение естественной убыли населения. Ситуация с рождаемостью не такая однозначная. Использование закона, вступившего в силу с 1 января 2007 г., о дополнительной поддержке семей, имеющих 2-х и более детей, позволило увеличить рождаемость в 2008 г., однако уже в 2009 и 2010 гг. показатели рождаемости вернулись к прежнему уровню и оказались даже немного ниже. Данный всплеск обусловлен: во-первых, материальным стимулированием отложенных рождений; во-вторых, решением матерей рожать детей, заручившись материальной поддержкой государства. В ближайшей перспективе изменение тайминга рождений не принесет дальнейшего повышения уровня рождаемости, о чем писали многие демографы, прогнозировавшие временный всплеск рождаемости. Но вместе с тем есть вероятность того, что материальное стимулирование окажет влияние на матерей, которые родили первенца после вступления в силу данного закона и в будущем продолжат активное репродуктивное поведение.

Оставив за рамками материальные стимулы оздоровления демографической ситуации, которые среди прочих групп факторов демографического поведения не обладают первостепенным значением, следует продолжить работу с населением по направлению повышения уровня самосохранительного поведения (пропаганда здорового образа жизни), формирования национального самосознания и восстановления традиционных семейно-общественных ценностей, детерминирующих репродуктивное поведение населения.

Работу над повышением показателей демографического развития необходимо проводить с четким пониманием того, что временные горизонты оценки эффективности применяемых мер удалены во времени и обладают мультипликативным эффектом для последующих поколений (в первую очередь, в сфере рождаемости) и для развития сети социально-экономических и образовательных институтов. В то же время, возможности роста демографических показателей жестко заданы предыдущими темпами демографического развития, поэтому при оценке ожидаемых результатов проводимой политики необходимо это учитывать.

Демографическое развитие с точки зрения формальных институтов прямолинейно и понятно: есть проблема – должно быть принято решение. Однако данный подход не мо-

жет быть комплексным решением демографической проблемы. Зачастую действие формальных институтов регулирует один-два аспекта социально-экономической жизни семьи: решение жилищной проблемы, материальная поддержка разного уровня и др. К тому же, зачастую данные дополнительные меры поддержки становятся неактуальными для большого количества семей в силу того, что они не отвечают требованиям предоставления государственной поддержки по запасу собственного материального капитала, возрастным ограничениям, бюрократическим издержкам и др., что делает использование выделенных бюджетных средств низкоэффективным и малопродуктивным [Морозова, Козырева, 2011].

Действие формальных институтов ограничивается их неформальными контрагентами. Развитие и закрепление негативных с точки зрения демографического развития социальных, психологических, нравственных и аксиологических институтов формирует более устойчивую и мощную институциональную среду воспроизводства населения [Михель, Морозова, 2010]. На рис. 8 представлена блок-схема действия институциональных факторов, влияющих на демографическое развитие.

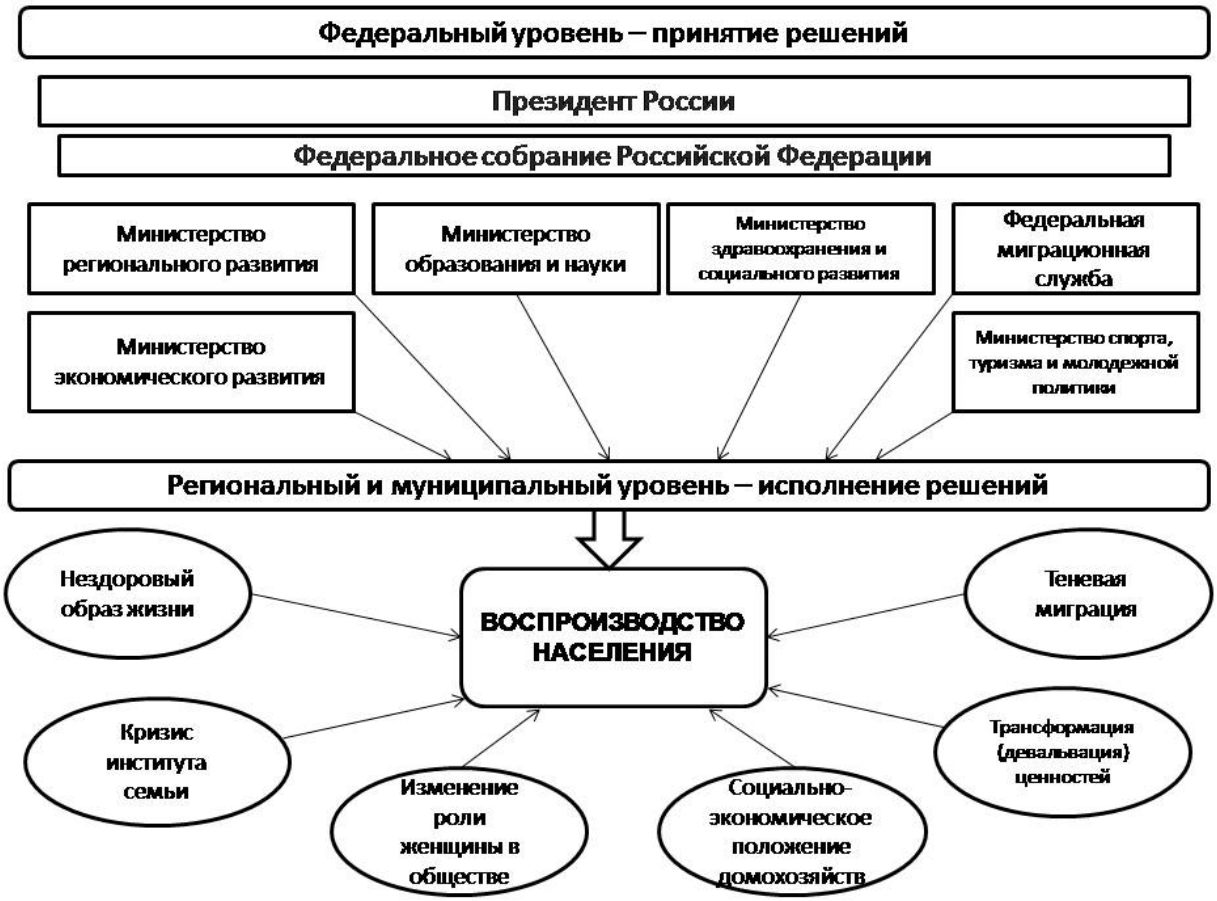


Рис. 8. Институциональная структура демографического развития

Анализируя действие формальных и неформальных институтов, необходимо сделать следующие выводы:

федеральный уровень принятия ключевых решений, при котором региональная исполнительная власть является лишь транслятором принятых решений и, следовательно, не обладает возможностью административного воздействия на развитие соответствующих процессов в регионе. Исходя из этого, необходимо оценить потенциал региональной исполнительной власти в области демографического развития как недостаточный, следовательно – низкоэффективный;

межведомственный характер обсуждения, принятия и исполнения как федеральных, так и региональных законов, стратегий, программ демографического развития, обусловленный высокой сложностью объекта управления. В дополнение к сложному объекту управления необходимо констатировать наличие комплексной системы управления, при которой

очень трудно выделить конкретного субъекта управления в сфере воспроизводства населения со всеми вытекающими последствиями по контролю и корректировке действующих программ и ответственностью за проводимые меры;

наличие устойчивой инерционной системы ценностно-ориентированных неформальных институтов, не способствующих быстрому изменению демографического поведения;

удаленный во времени горизонт оценки эффективности принятия решений, снижающий возможности текущей оценки реализуемых мероприятий. Позитивные или негативные текущие показатели необходимо рассматривать в соответствии с долговременными существующими и прогнозными трендами.

Исходя из изложенного, следует сформулировать предложения по повышению эффективности федеральной и региональной демографической политики. Задача властных и общественных сил заключается в изменении соотношения действующих сил за демографическое благополучие России и Республики Карелия. Наряду с предпринимаемыми традиционными мерами социально-экономического характера следует обратить особое внимание на потенциал неформальных институтов для повышения эффективности управленческих решений:

1. Увеличение доли социальной просемейной рекламы и введение нового стандарта для общей рекламы, которая должна содержать сюжеты, иллюстрирующие полные многодетные семьи;

2. Поправки в трудовой кодекс, позволяющие компенсировать работодателям дополнительные издержки, связанные с рождением и воспитанием детей. Изменение сознания работодателей в отношении работающих женщин детородного возраста;

3. Способствование развитию религиозных институтов, пропагандирующих традиционные семейные ценности и многодетное репродуктивное поведение: размещение социальной рекламы, проведение тематических семинаров в образовательных учреждениях на основе принципа добровольного участия;

4. Пропаганда здорового образа жизни, улучшение материально-технической базы для занятия физической культурой и спортом, повышение доступности спортивной инфраструктуры для широких слоев общества;

5. Повышение уровня социального контроля демографического поведения населения: поощрение здорового образа жизни, крепкой полной многодетной семьи, ухода за престарелыми членами семьи; порицание социальных и семейных девиаций: сожительства, измен, разводов, абортов;

6. Формирование позитивного имиджа жизни на селе через развитие новых хозяйственных практик с использованием института самозанятости, нацеленных на закрепление населения в сельской местности.

Статья подготовлена с использованием материалов исследований, выполненных по грантам РГНФ №11-32-00342а2 «Влияние социально-трудовой мобильности населения на воспроизводство трудового потенциала в ресурсо-ориентированном приграничном регионе», 2011–2013 гг., РГНФ № 12-02-18014е «Организация и проведение экономико-соц. обследования воспроизводства трудового потенциала в Республике Карелия» 2012 г.

Литература

Белобородов И. И. Демографическая ситуация в России в 1992–2010 гг. Два десятилетия депопуляции. [Электронный ресурс]: http://www.demographia.ru/articles_N/index.html?idR=21&idArt=1926

Борисов В. Демографическая ситуация в современной России // Демографические исследования. 2006. № 1.

Выбирают жизнь / Газета Карелия № 88 (2103) за 14.08.2010.

Демографический ежегодник Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. С. 35–36.

Демография. М.: Инфра. М., 2005. С. 265.

Краткие итоги пилотного обследования «Семья и рождаемость». [Режим электронного доступа] http://www.gks.ru/free_doc/2006/demogr.htm

Крутова О. С., Морозова Т. В. Интеллектуальная миграция как ответ на процессы глобализации // Учен. зап. ПетрГУ. Сер. Общественные и гуманитарные науки. Петрозаводск, 2010. № 1. С. 81–88.

Михель Е. А., Крутова О. С. Миграционные процессы в зеркале трансформаций: приграничные регионы России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Вологда: ИСЭРТ, 2011. № 2 (14). С. 86– 96.

Михель Е. А., Морозова Т. В. Институциональный подход к анализу трудовой эмиграции // Учен. зап. ПетрГУ. Сер. Общественные и гуманитарные науки. Петрозаводск, 2010. № 7 (112). С. 88–92.

Морозова Т. В., Козырева Г. Б. Институциональные основы социально-экономического развития региона // Институциональная экономика: развитие, преподавание, приложение / Гл. ред. Г. Б. Клейнер. Материалы Междунар. конф. Вып. 1. М.: ГУУ, 2011. С. 170–177.

Республика Карелия в цифрах 2008. Карелиястат. Петрозаводск, 2009. С. 10.

Республика Карелия // Статистический ежегодник. Карелиястат. Петрозаводск, 2010. С. 44.

Семья в центре социально-демографической политики // Сборник аналитических статей / Отв. ред. О. В. Синявская. М.: Независимый институт социальной политики, 2009. С. 35.

Demographic and migratory trends in Europe and the BSR [Режим электронного доступа]: http://www.bslabour.net/images/stories/final_conference/Downloads/2-1-1.pdf

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Михель Егор Александрович
научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: e-mikhel@mail.ru
тел.: (8142) 572090

Mikhel', Egor
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: e-mikhel@mail.ru
tel.: (8142) 572090

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 95–100

УДК 314.174.(470.22)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

А. Е. Курило

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье проанализированы данные, характеризующие экономически активное население Карелии на региональном уровне и в сравнении с субъектами РФ, входящими в СЗФО. Установлено воздействие различных факторов, оказывающих влияние на экономическую активность населения. Предложены меры по повышению экономической активности населения через управление занятостью и предпринимательской деятельностью населения.

Ключевые слова: экономическая активность населения, занятость, предпринимательская деятельность.

A. E. Kurilo. ECONOMIC ACTIVITY OF THE REPUBLIC OF KARELIA POPULATION

We analyse data on the economically active population of Karelia at the regional level and in comparison with other regions of the Northwestern Federal District of the Russian Federation. The effect of various factors influencing the economic activity of the population has been detected. Measures to promote the economic activity of the population through management of employment and entrepreneurship are suggested.

Key words: economic activity of the population, employment, entrepreneurial activities.

Явление экономической активности как деятельности присуще каждому человеку. В психологии активность является характеристикой живых существ, выражающейся в потребности к освоению внешнего мира и проявляющейся через деятельность, это «деятельное состояние живого существа как условие его существования в мире» [Активность, 2005]. Поскольку человек живет в обществе, его деятельность реализуется в социуме через проявление социальной активности и является сознательной и целенаправленной [Активность социальная, 2006]. И соответственно под экономической активностью можно понимать сознательную деятельность человека по управлению принадлежащими ему экономическими ресурсами с целью получения дохода. В этом смысле к видам экономической активности человека можно отнести трудовую как физическую, так и интеллектуальную деятельность по найму, предпринимательскую деятельность, деятельность в личном подсобном хозяйстве, поскольку она приносит доход в натуральной форме. Экономически активная деятельность – это прерогатива человека, и у каждого из субъектов РФ она имеет свой уровень и обусловлена разными организационными, социальными и природными условиями.

В республике по состоянию на 1 января 2010 г. проживало 684,2 тыс. человек [Регионы Рос-

сии, с. 22][1], что составляет около 0,5 % населения Российской Федерации. Удельный вес городского населения – 76,5 %. Основным источником доходов населения является заработная плата. В 2009 г. в экономике республики было занято 338,1 тыс. человек, что составляет менее половины населения республики (49,4 %). Доля занятого населения в общей численности населения Карелии на протяжении ряда лет выше, чем в среднем по России и Северо-Западному федеральному округу (рис. 1).

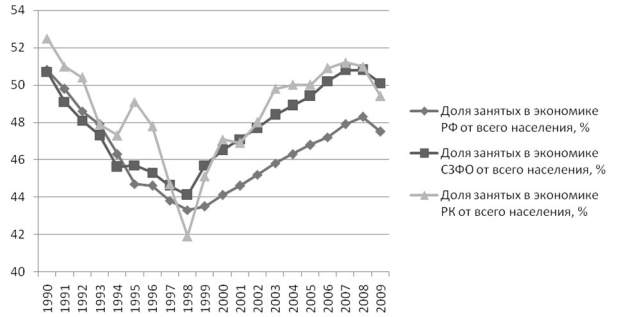


Рис. 1. Изменение доли занятого населения РК по годам

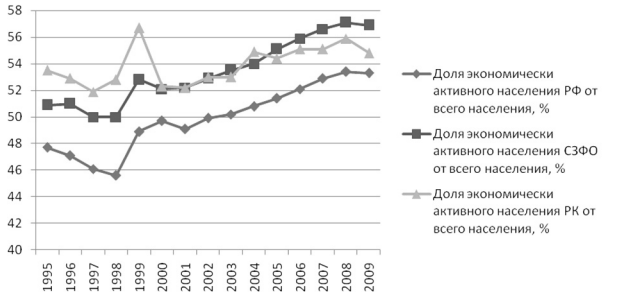


Рис. 2. Доля экономически активного населения

Исключение составляет 1998 г., когда этот показатель упал ниже общероссийского уровня. В 2009 г. в условиях экономического кризиса этот показатель был ниже аналогичного по СЗФО, но выше, чем в Российской Федерации. В республике доля занятого населения изменяется более резко, чем в среднем по СЗФО и России, это происходит за счет достаточно выраженных конъюнктурных колебаний на рынке ресурсов, где реализуют продукцию карельские ресурсодобывающие предприятия.

Численность экономически активного населения в рыночной экономике всегда несколько выше числа занятых, так как к этой категории граждан относятся лица в возрасте 15–72 лет, которые в рассматриваемый период считаются занятыми или безработными. Органы статистики получают эти данные по итогам обследования населения по проблемам занятости. В республике в 2009 г. к этой категории граждан относились 375 тыс. человек (54,8 % от всего населения). Доля экономически активного населения в Карелии выше, чем в РФ, но ниже чем в СЗФО (рис. 2).

Сравнительный анализ статистических данных показывает, что в Карелии с 1992 по 1998 гг. происходит снижение численности экономически активного населения (рис. 3). В 1999 г. (после дефолта) происходит резкое изменение этой тенденции с последующим постепенным приближением численности экономически активного населения к уровню 1992 г. В целом по России численность экономически активного населения начинает расти медленными темпами (хотя в 2001 – спад) и в 2007 г. достигает уровня 1992 г. и далее превосходит его (101 % – 2009 г.). В Северо-Западном федеральном округе после скачка (1999 г.) происходит снижение и далее, начиная с 2001 г., достаточно равномерное увеличение данного показателя, достигая 94,4 % в 2009 от уровня 1992 г. В Республике Карелия наблюдается скачкообразность этого процесса – после подъема 1999 г. – резкое падение в 2000 г. до 87,2 %, к 2009 г. оставаясь на уровне 85,8 % от уровня 1992 г. Это можно объяснить колебаниями спроса на карельскую лесопродукцию и частичной переориентацией зарубежных покупателей на других поставщиков.

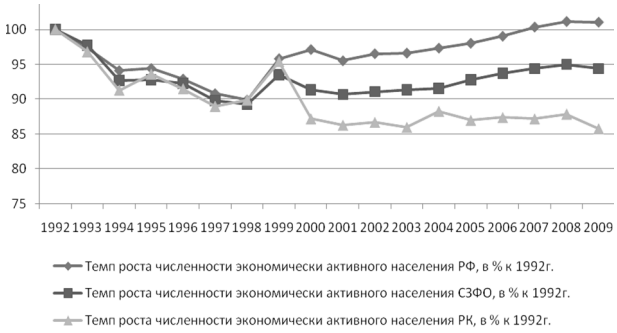


Рис. 3. Динамика темпов роста численности экономически активного населения, в % к 1992 г.

Анализируя изменение численности экономического населения в краткосрочном периоде (по отношению к предыдущему году), можно сказать, что тенденции этого показателя, наблюдаемые в СЗФО, практически повторяют ситуацию в России, с некоторым расхождением в 2000 г. В Карелии наблюдается более активное отклонение показателя от общероссийской траектории (рис. 4).

[1] Здесь и далее данные приведены по источнику [Регионы России, 2001–2010]

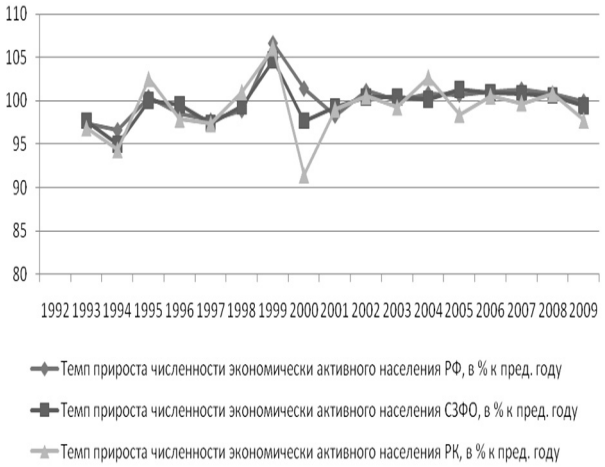


Рис. 4. Темп прироста численности экономически активного населения, в %

Уровень экономической активности населения СЗФО отличается более высокими параметрами по сравнению со среднероссийскими показателями на протяжении ряда лет, например, в 2009 г. превышал его на 3,3 %. Эта особенность характерна для всех субъектов округа, за исключением Архангельской области, где уровень экономической активности имеет такое же значение, как и в Псковской области, где данный показатель ниже российского. Лидируют по уровню экономической активности населения в СЗФО: Мурманская область – с большим отрывом (на 7,2 %) и Санкт-Петербург (на 6,2 %).

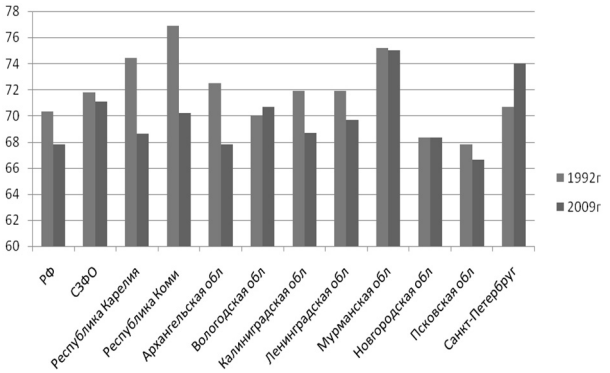


Рис. 5. Уровень экономической активности населения, в %

В Республике Карелия уровень экономической активности населения выше общероссийского на 0,8 % (рис. 5). За период с 1992 по 2009 гг. почти по всем субъектам СЗФО произошло снижение уровня экономической активности. Максимальный показатель снижения за это время наблюдался в Республике Коми – на 6,7 %, далее следует Республика Карелия – на 5,8 %. В Новгородской области показатель остался на том же уровне, вырос в Вологодской области (на 0,7 %) и Санкт-Петербурге (на 3,3 %). Динамика показателя уровня экономической активности приведена на рис. 6. В 2009 г. в республике уровень экономической активности достигает 68,6 %, что выше чем в РФ, но ниже чем в СЗФО.

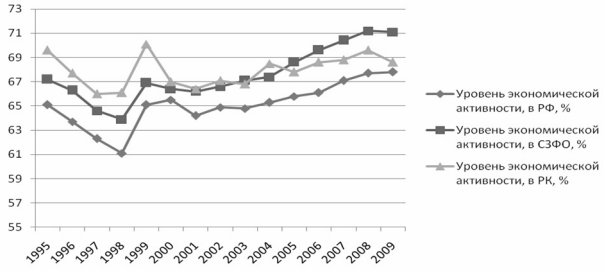


Рис. 6. Динамика уровня экономической активности, %

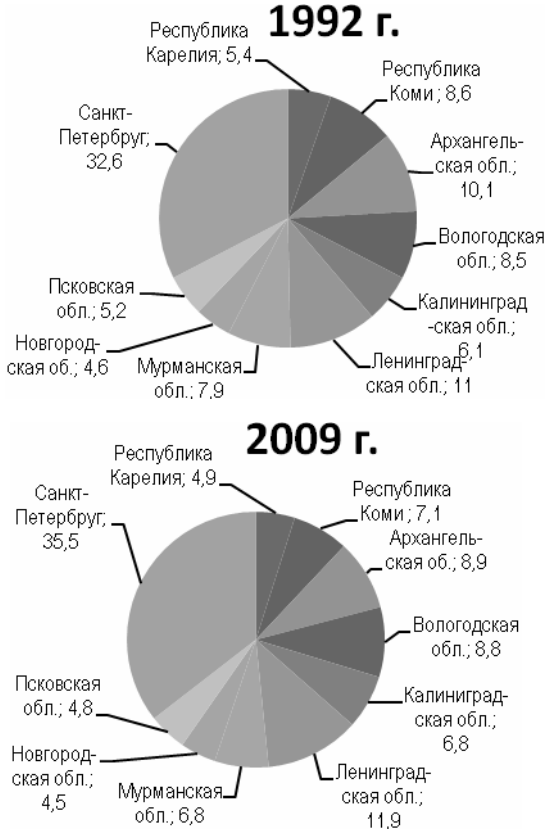


Рис. 7. Распределение экономически активного населения СЗФО по субъектам, %

Распределение экономически активного населения в Северо-Западном федеральном округе по субъектам федерации показывает неоднородность регионов по доле в общей численности. Практически третью часть от общей совокупности составляет доля г. Санкт-Петербурга, доля остальных регионов колеблется в пределах от 5 до 11 % (рис. 7). За период с 1992 по 2009 гг. произошло снижение показателя в шести субъектах, в том числе в Республике Карелия.

Одним из определяющих факторов снижения этого показателя можно считать ухудшение демографической ситуации – снижение численности населения и его старение. Доля экономически активного населения в округе возросла в Вологодской, Калининградской, Ленинградской областях и Санкт-Петербурге.

Доля экономически активного населения тесно связана с показателем уровня экономической активности населения, проживающего на территории, и, в общем, отражает этот уровень (рис. 8).

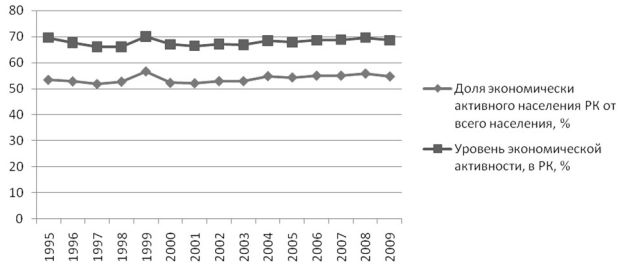


Рис. 8. Динамика уровня экономической активности и доли экономически активного населения РК

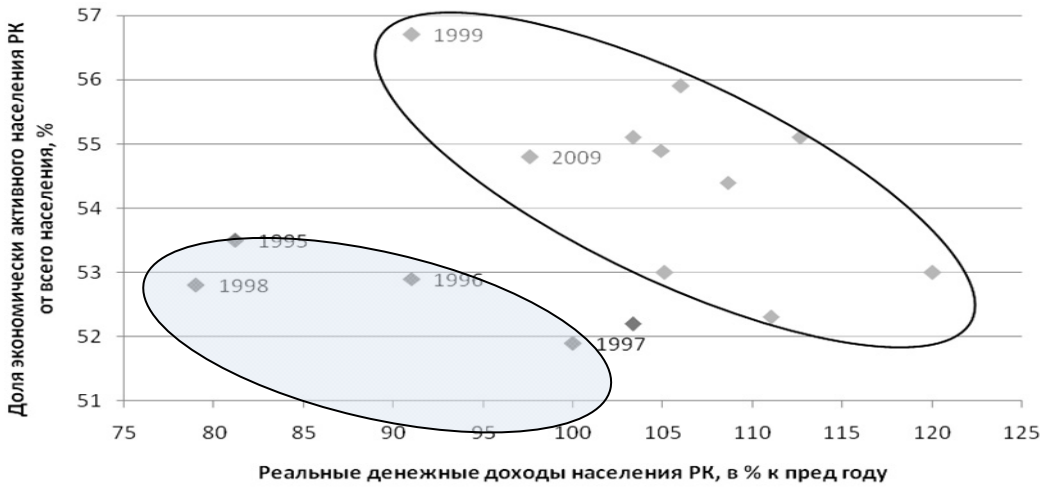


Рис. 9. Взаимосвязь доли экономически активного населения и реальных денежных доходов населения в РК

Уровень экономической активности в разные периоды варьирует. Так, к примеру, с 1995 до 1998 гг. видна слабая зависимость доли экономически активного населения от реальных доходов населения. Но в фазе экономического роста увеличение реальных доходов ведет к снижению экономической активности (рис. 9).

В случае увеличения реальной заработной платы складывается несколько другая ситуация. По мере роста среднемесячной реальной заработной платы, развивается тенденция роста уровня экономической активности населения региона (рис. 10). Такая зависимость наблюдается в республике с 2001 г., исключения составляют 2004 и 2008 (кризисные) гг., когда увеличивается безработица.

Наличие ресурсов в регионе и их активная эксплуатация формирует его ресурсоориентированность, что негативно сказывается на экономической активности населения (рис. 11).

При этом стоит отметить, что стимулирующим фактором роста экономической активности населения служит увеличение на территории доли перерабатывающих отраслей.

Более наукоемкие, высокотехнологичные обрабатывающие производства по сравнению с добывающими, притягивают работоспособное население. Это подтверждается и распределением экономически активного населения республики по муниципальным районам. Данные за 2009 г. (табл.) показывают чрезвычайную неоднородность районов Карелии по этому показателю. Более всего экономически активное население сосредоточено в столице республики – г. Петрозаводске (где сейчас в основном сосредоточена переработка) – это 21,3 % всего населения или 41,3 % экономически активного населения республики. Доля остальных муниципальных образований колеблется в пределах от 0,6 до 4,1 % от всего населения или от 1,1 до 8,0 % от экономически активного населения республики.

Эту же тенденцию подтверждают данные о доле экономически активного населения по Костомукшскому городскому округу, где осуществляют свою деятельность такие компании, как Северсталь, АЕК, ИКЕЯ; Кондопожскому району (Кондопожский ЦБК), Медвежьегорскому (Пиндушский завод по производству волокнисто ориентированных плит), Сегежскому (Сегежский ЦБК), Сортавальскому (деревообработка, приграничный туризм).



Рис. 10. Взаимосвязь уровня экономической активности населения и среднемесячной заработной платы в РК

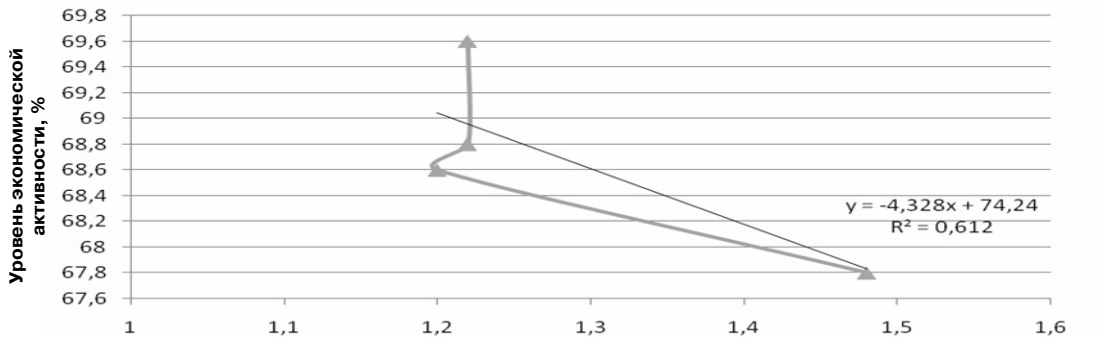


Рис. 11. Зависимость уровня экономической активности населения от степени ресурсообременения экономики региона

Показатели численности населения в муниципальных районах республики в 2009 г. [Муниципальные образования..., 2010]

Муниципальные районы	Численность постоянного населения на конец года, тыс. чел.	Численность экономически активного населения, тыс. чел.	Доля экономически активного населения от всего населения территории, %	Доля экономически активного населения от всего населения РК, %	Доля экономически активного населения от всего населения РК, %
Республика Карелия	684,2	352,2	51,5	51,5	100
Городские округа					
Петрозаводский	270,6	145,6	53,8	21,3	41,3
Костомукшский	30,2	20,8	68,9	3,0	5,9
Муниципальные районы					
Беломорский	21,1	10,8	51,2	1,6	3,1
Калевальский	9,5	3,9*	41,1	0,6	1,1
Кемский	18,6	1,8	58,1	1,6	3,1
Кондопожский	41,8	28,1	67,2	4,1	8,0
Лахденпохский	15,3	7,0	45,8	1,0	2,0
Лоухский	16,8	7,4	44,0	1,1	2,1
Медвежьегорский	34,2	17,6	51,5	2,6	5,0
Муезерский	14,6	3,8	26,0	0,6	1,1
Олонецкий	25,0	10,7	42,8	1,6	3,0
Питкярантский	21,9	10,4	47,5	1,5	3,0
Прионежский	23,2	10,5	45,3	1,5	3,0
Пряжинский	16,9	7,1	42,0	1,0	2,0
Пудожский	24,6	7,7	31,3	1,1	2,2
Сегежский	46,0	25,0	54,3	3,7	7,1
Сортавальский	32,8	17,5	53,4	2,6	5,0
Суоярвский	21,1	10,6	50,2	1,5	3,0



Рис. 12. Зависимость величины среднемесячной заработной платы и доля экономически активного населения за 2009 г.

На рис. 12 показано распределение доли экономически активного населения в общей совокупности населения в зависимости от размера среднемесячной заработной платы, сложившейся в муниципальном районе. Заработная плата выше в тех муниципальных районах, где больше доля экономически активного населения, но это и понятно, там более развито производство.

Таким образом, численность экономически активного населения в республике составляет около половины (54,8 %) населения в возрасте от 15 до 72 лет и имеет устойчивую тенденцию к снижению, его экономическая активность подает и начинает неравномерно концентрироваться по территории республики в местах с развитой обрабатывающей промышленностью.

Для улучшения ситуации, сложившейся в Республике Карелия, целесообразно использовать следующие меры, стимулирующие повышение экономической активности населения через управление занятостью и предпринимательской деятельностью населения [Курило, 2010]:

✓ *оказание содействия предпринимательской деятельности путем предоставления со стороны Министерства труда и занятости населения РК, Министерства финансов и Фонда поддержки предпринимательства РК субсидий для организации собственного дела;*

✓ *создание в городах и районах республики социально-деловых и бизнес-центров, способствующих формированию предпринимательской инициативы у населения;*

✓ *содействие администраций городов и районов развитию самозанятости населения путем обеспечения сбыта и реализации их продукции, оказание помощи в обеспечении их необходимыми ресурсами, создание и поддержки центров по возрождению ремесел и развитию экологически чистого туризма.*

Реализация этих мер позволит расширить предпринимательскую инициативу населения и в целом поднять уровень экономической активности населения, что в конечном итоге будет способствовать совершенствованию экономической региональной системы.

Литература

Активность // Большая российская энциклопедия: в 30 т. Т. 1. М.: Большая российская энциклопедия, 2005.

Активность социальная // Большая энциклопедия: в 62 т. Т. 2. М.: ТЕРРА, 2006.

Курило А. Е. Малое предпринимательство в Карелии: управление развитием. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 290 с.

Муниципальные образования Республики Карелия // Статистический сборник. Карелиястат. Петрозаводск, 2010.

Регионы России. Социально-экономические показатели. Росстат. М., 2001–2010.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Курило Анна Евгеньевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: akurilo@mail.ru
тел.: (8142) 571525

Kurilo, Anna
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: akurilo@mail.ru
tel.: (8142) 571525

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 101–105

УДК 332.122:338.43

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНА (НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН)

О. К. Цапиева, Ю. Н. Сагидов

Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН

В статье обоснованы теоретические вопросы устойчивого развития сельских территорий. Дана характеристика целей и задач устойчивого развития сельской местности. Показаны особенности развития отдельных сельских территорий Дагестана. Разработаны стратегические направления развития сельских территорий в Республике Дагестан.

К л ю ч е в ы е с л о в а : устойчивое развитие, сельские территории, муниципальные образования, кластеры.

O. K. Tsapieva, Yu. N. Sagidov. SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS IN A REGION (EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGHESTAN)

The theoretical dimension of the sustainable development of rural areas is discussed. The objectives and tasks of sustainable rural development are described. Distinctive characteristics of the development of some rural areas in Daghestan are demonstrated. The strategic lines for rural development in Daghestan have been worked out.

K e y w o r d s : sustainable development, rural areas, municipalities, clusters.

Традиционно сельской экономике всегда отводят пассивную, вспомогательную роль в экономическом развитии: стратегии экономического развития обычно ставят в качестве главной задачи рост городов и промышленности, а сельским территориям отводится роль поставщика дешевого продовольствия и рабочей силы. В современных условиях, учитывая малообеспеченность значительной части населения России, сельское хозяйство может стать «локомотивом» развития экономики регионов и страны. Развитие сельского хозяйства сопровождается эффектом мультипликации и способствует модернизации многих отраслей экономики – пищевой промышленности, сельскохозяйственного машиностроения, сервиса и др. Форсированная интенсификация сельскохозяйственного производства, являющаяся классическим путем решения проблем сельской местности, требует существенного обновления. Отраслевой подход в решении проблем сельских территорий может быть дополнен проектами их комплексного развития.

Сельские муниципальные районы в Республике Дагестан являются развивающимися территориальными социально-экономическими системами с нестабильной устойчивостью. В качестве основных проблем развития сельских районов, требующих решения задач устойчивого развития через стратегическое видение, можно обозначить следующие: низкий уровень жизни населения по сравнению с г. Махачкалой – столицей Республики Дагестан и среднероссийским уровнем.

Структурным приоритетом развития экономики сельских территорий является природно-

ресурсный сектор, в максимальной степени адаптированный к формированию и поддержанию внешнего спроса (как внутри республики, так и вне ее) на территориальный продукт. Эксплуатация внешнего спроса как источника экономического развития сельского образования основывается на использовании потенциала экономической специализации и кооперации.

Принципы размещения населения должны быть неизменными, а тип производства и освоения природных ресурсов может быть изменен. Это позволит увеличить эффективность освоения ресурсов и снизить социальную и коммунальную нагрузку сельских муниципальных поселений. Первоначально необходимо на основе использования инвестиционных трансфертов федерального бюджета и республиканского муниципального фонда развития развивать те сельские образования, которые могут обеспечить экономический рост территории. Опираясь на эти центры, остальные населенные пункты также смогут улучшать собственную систему жизнеобеспечения.

Данный вопрос для сельских поселений Дагестана является в настоящее время сложным. Земледелие, сочетаемое со скотоводством, с древнейших времен было основным занятием населения Дагестана. Эти отрасли составляли фундамент, на котором сложились производственные отношения Дагестана. Состояние хозяйства и его отрасли зависели не только от географического окружения поселения, не только от ландшафта конфигурации, но и от юридического права на обладание окрестной территорией, от конфигурации политической карты каждой общины или союза общин, что складывалось исторически и не всегда гармонично.

Общины, обладавшие сравнительно обширной территорией, благоприятной для хозяйственного освоения и эксплуатации, были многолюдными, а общины с относительно незначительной и малопригодной территорией были обречены оставаться малолюдными [Агларов, 1988].

Перспективной задачей стратегии развития сельских территорий Дагестана является создание диверсифицированной экономической структуры. Одним из наиболее действенных инструментов диверсификации является привлечение капитала на создание сети «точек роста» – зон производства товаров и услуг.

Решение проблемы закрепления населения в сельском районе непосредственным образом зависит от преодоления стереотипа, согласно которому, лишь уехав из сельского района, можно приобщиться к «нормальным» стандартам образования, отдыха, лечения, культуры, коммунальных и других услуг.

Ключевыми условиями успеха реализации стратегии развития сельских территорий Дагестана могут стать: формирование социальных сетей взаимодействия между хозяйствующими на территории субъектами власти, бизнеса и населения. В соответствии с контекстом вышеизложенного, принципиальной отличительной особенностью стратегического варианта развития сельских территорий является подход к развитию территории районов через кластерные сети. Подобная деятельность выстраивает технологическую цепочку производств и ее обслуживание, а «фирма считается местной даже в том случае, если штаб-квартира родительской компании находится в другом месте» [Портер, 2002].

Миссия сельской территории – это достижение новых стандартов качества жизни людей при эффективном сочетании экологически чистых производств с уникальным природным комплексом.

Ключевой стратегической ценностью развития территории является качество жизни людей, которое напрямую связано с эффективностью экономики. Сельские территории Дагестана нужно представить как зону эффективного агропромышленного производства с глубокой переработкой природных ресурсов, комплексной туристско-культурной зоной, привлекательной для инвестиций.

Становление многоукладного эффективного агробизнеса, повышение товарности подворий; наращивание темпов в развитии растениеводческой и животноводческой продукции; создание современной социальной инфраструктуры жизнедеятельности в сельских поселениях. Проект создания районных холдингов основан на претворении в жизнь принципов «производство – переработка – реализация» и максимальным вовлечением хозяйствующих субъектов в его деятельность.

Кластер – развитие туристской индустрии. На сельских территориях Дагестана провести полную паспортизацию действующих объектов туризма и отдыха и запроектировать создание новых объектов. Сформировать систему брендов для каждого поселения, для каждой общины. Все это позволит создать сетевую инфраструктуру многофункционального туристско-рекреационного комплекса. Нужен региональный проект развития туризма.

Горно-строительный кластер. Центрами притяжения в структуре кластера могут выступить предприятия, реализующие конечный продукт. Ожидаемые результаты: комплексное

использование месторождений, организация попутных производств; использование инновационных природощадящих технологий; строительство камнеобрабатывающих цехов и заводов; рост объемов производства нерудных строительных материалов; расширение рынков сбыта благодаря выпуску продукции европейского качества; увеличение числа занятых в горно-строительном производстве и обслуживающих его сферах деятельности; рост социальной ответственности бизнеса.

Потенциал сельской территории складывается из экономического, социального, природно-ресурсного и историко-культурного. Оценка потенциала в большей мере зависит от содержания экономического процесса. В качестве критерия количественной оценки отдельные авторы [Чепурных и др., 2006] предлагают оценку социальных и экономических благ, которую может принести социально-экономическая система по отношению к затраченным на них ресурсам

$$EP = \Sigma\,(Ebi/\,Ri)\,,\; SP = \Sigma\,(Sbi/\,Ri)\,, \qquad (1)$$

где *EP* – экономический потенциал; *Ebi* – возможные экономические блага от использования составляющих экономического потенциала, выраженные в стоимостном виде; *SP* – социальный потенциал; *Sbi* – возможные социальные блага от использования составляющих социального потенциала, выраженные в стоимостном виде; *Ri* – ресурсы, затраченные на производство благ, выраженные в натуральном виде.

Данные расчеты дополняют оценкой антропогенной нагрузки сельской территории: коэффициентом абсолютной антропогенной нагрузки (К1), коэффициентом относительной антропогенной нагрузки (К2) и коэффициентом естественной защищенности (К2). Коэффициент К1 показывает отношение площади сильно нарушенных к площади малотронутых или нетронутых хозяйственной деятельностью человека земель. К2 характеризует отношение площади сильно нарушенных земель ко всей площади.

При К2, близком к 1, напряженность эколого-хозяйственного развития территории оказывается уравновешенной по степени антропогенной напряженности и потенциалу устойчивости природы. К3 показывает соотношение суммарной площади земель со средо- и ресурсосберегающими функциями с общей площадью исследуемой территории.

Таблица 1. Основные показатели интегральной оценки потенциала устойчивого развития сельских муниципальных образований Сергокалинского района Республики Дагестан* [Паспорт…]

№ п/п	Наименование муниципальных образований (сельских поселений)	Социальный потенциал **	Производственный потенциал **	К1	К2	К3
1	Сельсовет «Сергоколинский»	1,0000	1,0000	0,17	0,28	0,65
2	Сельсовет «Нижнемулебкинский»	0,5968	0,7900	0,14	0,23	0,8
3	Сельсовет «Миглакасимокинский»	0,5634	0,6701	0,14	0,23	0,8
4	Сельсовет «Урахинский»	0,6660	0,5902	0,13	0,23	0,8
5	Сельсовет «Кичигамринский»	0,8306	0,6129	0,14	0,23	0,8
7	Сельсовет «Новомугринский»	0,2858	0,5924	0,12	0,23	0,9
8	Сельсовет «Бурдекинский»	0,5316	0,6210	0,13	0,23	0,75
9	Сельсовет «Дегвинский»	0,5036	0,3821	0,11	0,23	0,9
10	Сельсовет «Аймаумахинский»	0,2012	0,2741	0,12	0,23	0,9

Примечание. * Рассчитано автором на основе паспорта района и изучения земельного кадастра.
** Нормированный коэффициент.

Автором проведена интегральная оценка потенциала устойчивого развития Сергокалинского района Республики Дагестан, основанная на использовании вышеприведенных критериев (табл. 1). Критерии оценки потенциалов развития Сергокалинского района основываются на имеющейся информации по паспорту района и уточнения отдельных параметров по экспертным опросам.

Показатели социального (0,2012–1,0000) и производственного потенциала (0,2741–1,0000) сельских округов Сергокалинского района свидетельствуют, что необходимо провести ряд программных мероприятий по отдельным территориям для увеличения указанных потенциалов. По проведенным расчетам, коэффициент К1 в целом для Сергокалинского района составляет 0,15. К2 – 0,23, что гораздо ниже 1. Суммарная площадь земель со средо- и ресурсосберегающими функциями составляет 80 % всей площади Сергокалинского муниципального района и коэффициент равен 0,8. Данный коэффициент варьируется по муниципальным образованиям от 0,65 до 0,9. Из показателей антропогенной нагрузки видно, что в целом природно-экологическая ситуация в Сергокалинском муниципальном образовании может быть оценена как достаточно стабильная.

В современных условиях при существенном сужении сферы применения административных

методов управления особенное значение приобретает программно-целевой метод, позволяющий при наличии ограниченных экономических ресурсов целенаправленно воздействовать на наиболее важные сферы устойчивого развития. Как показывает отечественный и мировой опыт, целевые программы могут служить эффективным инструментом реализации государственной экономической и социальной политики.

В зависимости от позиционирования интересов возможных форматов вероятного будущего можно предложить выделить два базовых сценария развития сельских районов на перспективу. Интерпретируя сценарии развития применительно к конкретной территории, в табл. 2 представлены программные сценарии развития конкретного района.

Для сценария **инерционного развития** характерно: сохранение экспортно-сырьевой модели экономики района, сохранение унифицированного подхода к району в части формирования региональной экономической политики, инерционность всех происходящих процессов. Даже при отсутствии целенаправленной политики, стабильный спрос на ресурсы на межрегиональном и международном рынках позволит экономике сельских районов поддерживать положительные темпы роста. Как только темпы сырьевого экспорта из районов снизятся в силу объективных причин, обострятся все накопленные дисбалансы.

Усилится отток населения. При развитии событий по инерционному сценарию муниципальные сельские районы превратятся в очагово-заселенную территорию с малочисленным населением, которые будут жить за счет потребления собственной продукции растениеводческого и животноводческого комплексов. Развитие экономики сельских районов даже при благоприятной внешней конъюнктуре приведет к дальнейшему отставанию от городских территорий Республики Дагестан и Российской Федерации, а, следовательно, и к относительному падению уровня жизни населения и к дальнейшему сужению его жизненного пространства.

В связи с этим важны и отраслевая структура инвестиционных проектов, и ряд других политических и экономических решений, которые позволят создать экономические и институциональные условия, дающие возможность запустить механизмы роста, основанного не только на экзогенных предпосылках.

Таблица 2. Программные сценарии развития сельских территорий

Инерционный сценарий	Стратегический сценарий
Муниципальный район рассматривается как ресурсно-сырьевая территория для нерезидентных компаний	Позиционирование сельского района в системе межрегионального и разделение труда с усилением собственных интересов
Многоотраслевая структура производства, с развитием базовых производств	Диверсифицированная структура экономической деятельности с развитым сервисным туристическим центром, развитие кластерных сетей
Укрепление низового звена в вертикальной структуре цепочки создания ценностей	Создание полной цепочки «сырье–полуфабрикат–товар–услуга» за счет резидентных структур или установленных стратегических связей на основе договорной специализации, формирование конкурентоспособных кластеров в промышленном агропромышленном комплексах, туристическом секторе
Увеличение экспорта сырьевых ресурсов и продуктов с малой долей переработки	Активное внедрение на российские и международные рынки местных продуктов и услуг

Следует ориентироваться не просто на инвестиционные проекты. Необходимы генеральная линия развития района и проекты, соответствующие генеральной цели, а не проекты, отвечающие потребностям и желаниям отдельных экономических субъектов или муниципальных поселений.

Стратегический сценарий связан с реализацией на территории сельских районов ряда инвестиционных проектов и внедрением производственных и управленческих инноваций. В настоящее время существует перечень проектов, которые имеют различную степень разработанности и подготовленности, и поэтому количественная оценка параметров данного сценария затруднена.

Стратегический план развития предполагает решение двух основных проблем:

✓ *сохранить постоянное население посредством повышения уровня и качества его жизни и обеспечить рост производительности труда;*

✓ *реализовать конкурентные преимущества сельской территории за счет диверсификации экономики: развития предприятий обрабатывающих отраслей агробизнеса, комплексного развития территориальной инфраструктуры, посредством привлечения частных* (*включая иностранные*) *и государственных инвестиций.*

В результате решения обозначенных проблем на сельских территориях будут созданы

условия для эффективного развития тех секторов хозяйства и видов экономической деятельности, которые имеют преимущества в рыночных условиях и обеспечения стабильности экономической системы в рамках внутрироссийского (межрегионального) разделения труда с целью создания комфортных условий жизни местного населения, отвечающих общероссийским стандартам.

Литература

Агларов М. А. Сельская община в нагорном Дагестане в XVII – начале XIX веков. М.: Наука, 1988. 240 с.

Паспорт Сергокалинского района Республики Дагестан. Министерство экономики Республики Дагестан. Махачкала, 2011.

Портер М. Конкуренция. М.: Вильямс, 2005. 608 с.

Чепурных Н. В., Новоселов А. Л., Мерзлов А. В. Региональное развитие: сельская местность. М.: Наука, 2006. С. 49.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Цапиева Ольга Константиновна
профессор, д. э. н.
Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН
ул. Ягорского, 75, Махачкала, Республика Дагестан, Россия, 367030
эл. почта: t-ok@rambler.ru
тел./факс: (8722) 624523

Сагидов Юрий Нурмагометович
директор Института социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН, д. э. н.
ул. Ягорского, 75, Махачкала, Республика Дагестан, Россия, 367030
эл. почта: sagidov@iseidnc.ru
тел./факс: (8722) 624523

Tsapieva, Olga
Institute of Socio-Economic Research, Daghestan Research Centre, Russian Academy of Sciences
75 Yagorskogo St., 367030 Mahachkala, Republic of Daghestan, Russia
e-mail: t-ok@rambler.ru
tel./fax: (8722) 624523

Sagidov, Yury
Institute of Socio-Economic Research, Daghestan Research Centre, Russian Academy of Sciences
75 Yagorskogo St., 367030 Mahachkala, Republic of Daghestan, Russia.
e-mail: sagidov@iseidnc.ru
tel./fax: (8722) 624523

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 106–114

УДК 332.142.6

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ[1]

П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье исследуется влияние развития экономики на окружающую среду. Анализируется развитие российских регионов и проверяется их соответствие экологической кривой Кузнеца (ЭКК). Показано, что группа регионов с высокой долей добывающего сектора, имеющая высокий уровень валового регионального продукта (ВРП) на душу населения и воздействия на окружающую среду, существенно смещает оценки параметров. В то же время динамика части регионов в 2000-е гг. соответствует экологической кривой Кузнеца. Для РФ и Республики Карелия (РК) проведено исследование взаимосвязи экономических и экологических показателей и построены модели, описывающие это взаимодействие. Показано влияние модернизации на динамику экологических показателей. Выявлены причины снижения выбросов в атмосферу для РК и их роста для РФ в 2000-е гг.

Ключевые слова: модель, экономика, экологическая кривая Кузнеца, валовой региональный продукт, инвестиции, модернизация, выбросы в атмосферу.

P. V. Druzhinin, G. T. Shkiperova. IMPACT OF ECONOMIC DEVELOPMENT ON THE ENVIRONMENT

The impact of economic development on the environment is researched. The development of Russian regions is analyzed and their compliance with the environmental Kuznets curve is verified. It is shown that the group of regions with high share of the mining sector, which have high per capita gross regional product and environmental impact, significantly shifts the parameter estimates. At the same time, the dynamics of certain regions in the 2000s corresponds to the environmental Kuznets curve. The relationship between economic and environmental indicators is investigated for the Russian Federation and for Republic of Karelia, and models are developed that describe this interaction. The impact of modernization on the dynamics of environmental indices is showed. The causes behind the reduction of emissions into the air in Karelia and their rise in Russia at large in the 2000s are identified.

Key words: model, economy, environmental Kuznets curve, gross regional product, investment, modernization, air emissions.

Развитие экономики, реализация инвестиционных проектов оказывает неоднозначное влияние на состояние окружающей среды, при определенных условиях рост валового внутреннего продукта (ВВП) может приводить к снижению выбросов загрязняющих веществ. Поэтому построение специальных моделей и анализ факторов, влияющих на раз-

[1] Исследования финансируются РФФИ, проект № 11-06-00227а и РГНФ, проект № 12-32-06001а.

личные виды загрязнений, становится все актуальнее.

Была выдвинута гипотеза, что ЭКК, которая представляет перевернутую U-образную кривую, хорошо описывает воздействие экономики на окружающую среду (рис. 1). Фактически предполагается, что с ростом ВВП на душу населения до определенного уровня объем загрязнений на душу населения растет, а затем снижается под воздействием структурных сдвигов и модернизации.

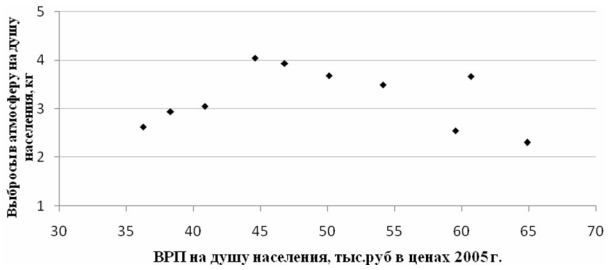


Рис. 1. Изменение выбросов в атмосферу на душу населения Брянской области в 2000–2009 гг. в зависимости от роста ВРП

Для проверки этой гипотезы рассматривались данные по странам или регионам за различные периоды с 1948 г., проводились расчеты по панельным данным, временным рядам для отдельных стран или регионов и за один год для набора стран или регионов [Bai et al., 1992; Grossman, Krueger, 1995]. Изучались различные виды загрязнений, но поскольку наиболее актуальным для развитых стран является анализ изменений климата, то большинство работ посвящено выбросам CO_2. Существенно меньше работ исследовало влияние экономики на выбросы не оказывающих глобального влияния твердых веществ и некоторых газов (CO, SO_2 и др.).

В большинстве работ рассматривались достаточно простые кривые для анализа данных, обычно использовались полиномы второй и третьей степени относительно ВВП, часто с включением дополнительных факторов:

$$Z = A + B_1 \times Y + B_2 \times Y^2 + C \times X \quad (1)$$

$$Z = A + B_1 \times Y + B_2 \times Y^2 + B_3 \times Y^3 + C \times X, \quad (2)$$

где Z – загрязнения (исследуемый экологический показатель), Y – показатель, характеризующий степень развития экономики, X – дополнительный фактор (иногда их несколько), A, B_1, B_2, B_3 и C – константы [Bai et al., 1992]. В первом случае предполагается, что при $B_2 < 0$ существует максимум загрязнений, после достижения которого при дальнейшем росте экономики они будут снижаться. Во втором случае предполагается, что данное снижение будет непродолжительным, и при $B_3 > 0$ загрязнения снова будут возрастать (N-образная кривая). Поскольку полиномы дают очень грубый качественный результат, ведь при дальнейшем росте ВВП прирост загрязнений ускоряется, что противоречит здравому смыслу и полиномы нельзя использовать для прогнозирования (загрязнения не могут быть отрицательными), то использовались также и более сложные функции, построенные на основе функции Вейбулла или подобные следующей:

$$Z = A + \frac{B}{Y^2 - Y + 1}.$$

Гипотеза существования ЭКК не всегда находила подтверждение, исследования часто приводили к тому, что зависимость описывалась функцией без наличия максимума (например, логарифмическая функция) или не удавалось оценить положение максимума с приемлемой точностью [Gürlük, 2009; Kearsley, Riddel, 2010]. Для некоторых видов загрязнений (сточные воды, CO, SO_2) исследования чаще приводили к подтверждению гипотезы существования ЭКК, для других (CO_2) однозначный ответ отсутствует, в отдельных случаях зависимость определяется кубической функцией или логарифмической. В работе [He, Richard, 2010] на временных данных Канады было выявлено, что зависимость есть, но она более сложная, и даже с учетом дополнительных факторов рост выбросов в модели возобновляется с определенной величины доходов.

Надо также отметить, что, возможно, эффект существования ЭКК проявляется менее ярко в последние годы, максимум постепенно размывается [Auci, Becchetti, 2006], кроме того, отдельные исследования привели к выводу, что эффект существования ЭКК наблюдается для развитых стран и практически отсутствует для развивающихся [Galeotti et al., 2006].

Развитие экономики является основным, но не единственным фактором. Среди множества других факторов, влияние которых исследовалось, надо, прежде всего, выделить долю промышленности, долю экспорта и импорта и влияние внешних шоков. Важным фактором является открытость экономики, поскольку ЭКК в определенной степени объясняется переносом производств, значительно влияющих на окружающую среду, из развитых стран в развивающиеся. Надо отметить, что данный фактор присутствует и для регионов, но в меньшей степени. В развитых странах более жесткие экологические ограничения выталки-

вают подобные производства в развивающиеся страны, межрегиональный перенос обычно связан с экономическими факторами (меньшие расходы на рабочую силу и недвижимость в слаборазвитых регионах). Соответственно рост дифференциации регионов по уровню экономического развития и снижение в РФ административных барьеров для бизнеса будут способствовать более активному переносу предприятий и, возможно, приближению к ЭКК по кросс-секшн, и для развитых регионов – по временным рядам.

Используя индекс Дивизиа, можно доказать, что изменение загрязнений зависит от изменения объемов производства, структурных сдвигов и технологических изменений, причем последнее часто является определяющим. Исследования панельных данных по китайским регионам [He, 2010] показали, что за счет изменения технологий выбросы SO_2 выросли менее чем на 30 % при увеличении объемов производства в 2,5 раза. Для Испании модернизация в разной степени компенсировала рост масштабов производства, а для выбросов SO_2 – полностью [Roca, Serrano, 2007]. В работе [Müller-Fürstenberger, Wagner, 2007] была построена аналитическая модель, показывающая, что именно технический прогресс дает эффект снижения выбросов с развитием экономики, что приводит к появлению ЭКК.

ЭКК отражает не только процесс модернизации, но и изменение структуры экономики, которое было значительным в большинстве российских регионов и оказало существенно большее влияние, чем в других странах [Дружинин и др., 2010]. Бурный рост сферы услуг и сокращение доли промышленности, являющейся основным загрязнителем, обеспечили значительную часть снижения нагрузки на окружающую среду в РФ.

Во многих работах было показано, что объяснить изменение выбросов только за счет роста доходов невозможно, существуют структурные и технологические различия, разный уровень цен на топливо и в энергетике. Исследования [Fried, Getzner, 2003] выявили, что форма зависимости загрязнений от ВРП может быть разной и определяется особенностями страны, технологическим прогрессом, активностью структурных сдвигов и воздействием внешних шоков. Расчеты, проведенные в работе [Lantz, Feng, 2006], привели к выводу, что для канадских регионов зависимость загрязнений от ВРП отсутствует, но есть зависимость от численности населения и технологий, а также доли индустрии, доли экспорта, доли импорта, цены сырой нефти и других факторов.

Для исследования влияния отдельных факторов на динамику загрязнений предлагалось множество моделей, из которых надо выделить модели STIRPAT, IPAT [Dietz, Rosa, 1994, 1997; Cramer, 1998; Cole, Neumayer, 2004]. Эволюция используемых моделей от полученной из тождества IPAT привела к модели STIRPAT, которая позволяет оценивать степень влияния различных факторов на уровень загрязнений:

$$Z = A \times N^{\alpha} \times Y^{\beta} \times T^{\gamma} \quad , \qquad (3)$$

где N – численность населения, T – технологический уровень, α, β, γ – константы.

Исходя из данной эволюции, можно сделать следующий шаг и предложить для анализа динамики загрязнений функцию, аналогичную производственной функции, имеющую ясный эколого-экономический смысл.

Методология. Для исследования эколого-экономических процессов в РФ и ее регионах предлагается подход, в значительной степени основанный на работах Ю. П. Иванилова по теории производственных функций. Разработанные в рамках данного подхода модели позволяют анализировать влияние различных факторов, включая динамику инвестиций, что дает возможность исследовать пути управления эколого-экономическими процессами, возможности изменения сложившихся тенденций. Используемые показатели несколько отличаются от принятых в других странах, что связано с отличиями статистической отчетности.

Основное достоинство предлагаемых двухфакторных функций загрязнения (4) и трехфакторных экологических инвестиционных функций (5), связывающих экономические и экологические показатели, состоит в том, что они позволяют исследовать динамику экологической эффективности инвестиций, анализировать влияние изменения структуры инвестиций и экономики и учесть возможность компенсации одного фактора другим [Дружинин и др., 2010]:

$$Z(t) = F(U_1(t), U_2(t), t) , \qquad (4)$$

$$Z(t) = F(U_1(t), U_2(t), U_3(t), t) , \qquad (5)$$

где $U_1(t)$ – фактор, отражающий развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (инвестиции в экономику, инвестиции в новое строительство, ВРП и другие показатели); $U_2(t)$ – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в охрану окружающей среды, текущие затраты на охрану окружающей среды и

другие показатели); $U_3(t)$ – фактор, отражающий изменение действующих производств и, как правило, положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в модернизацию производства и другие показатели); t – год.

Для выявления влияния других факторов вводится понятие нейтрального экологического прогресса, который связан с изменением уровня загрязнения, не зависящим от исследуемых факторов. Основное влияние на нейтральный экологический прогресс оказывают структурные сдвиги и технологические изменения в отдельных секторах экономики. Изменение параметров уравнений для построения сценарных условий обычно определяется через динамику факторных эластичностей и нейтрального экологического прогресса, который вводится через зависимость от времени $A(t) = exp(p \times t)$, где p – темп нейтрального экологического прогресса, или интенсивность модернизации производства [Дружинин и др., 2010].

Расчеты проводились и по сложным функциям с меняющимися факторными эластичностями, и по относительно простым, например, по мультипликативной функции, аналогу производственной функции Кобба-Дугласа, иногда с учетом нейтрального экологического прогресса p, который обычно имеет отрицательное значение. Развитие экономики в основном ведет к количественному росту, большинство проектов оказывает чаще отрицательное воздействие, создание новых производств увеличивает в той или иной степени нагрузку на окружающую среду. В то же время модернизация действующих производств, переход к новым технологиям, инновационные проекты, перепрофилирование производства могут оказать положительное воздействие и существенно снизить нагрузку на окружающую среду.

В некоторых случаях строились функции, где в качестве зависимой переменной рассматривался прирост или темп прироста загрязнений, что позволяло использовать в качестве факторов объем инвестиций за год или за несколько лет, чтобы учесть лаг строительства. Тогда аналогом для мультипликативной функции будет следующая:

$$Z(t)/Z(t-1) = A(t) \times U_1^{\mu}(t) \times U_2^{-\eta}(t) \times U_3^{\gamma}(t), \quad (6)$$

где $U_1(t)$, $U_2(t)$, $U_3(t)$ – инвестиции соответственно в новое строительство, природоохранную деятельность и модернизацию за год t или их сумма за два года t и $t-1$. Надо отметить, что статистические характеристики в данном случае обычно оказывались хуже, чем при расчетах по абсолютным данным.

Данные. В исследованиях в качестве факторов использовались следующие показатели – ВРП и его структура, инвестиции в основной капитал и их структура, инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов и их структура, и другие. Расчеты проводились по РФ, Республике Карелия и другим регионам. Основные проблемы связаны с мультиколлинеарностью, коротким рядом данных и частой сменой методик органами государственной статистики. Также особенностью региональных данных является то, что инвестиции достаточно сильно колеблются. В отдельные годы инвестиции в охрану атмосферного воздуха увеличивались в 4–5 раз или падали в 2–3 раза, а в 2009 г. в Карелии они превышали уровень 1990 г. в 145 раз. Объем водоохранных инвестиций в 2009 г. составлял лишь 13 % к уровню 1990 г.

Получить достоверный результат удавалось лишь после детального и тщательного анализа данных. В Карелии наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают предприятия целлюлозно-бумажной промышленности и металлургии, такие как ОАО «Карельский окатыш», ОАО «Кондопога», ОАО «Сегежский ЦБК», ОАО «ЦЗ Питкяранта» и Надвоицкий алюминиевый завод, которые активно занимались модернизацией. На ОАО «Карельский окатыш» выбросы сернистого ангидрида к уровню 1990 г. сократились в два раза, модернизация обжиговых машин позволила сократить выбросы азота и серы. Начавшаяся в Надвоицах модернизация позволила сократить суммарные выбросы вредных веществ, а содержание фтора в воде стало в пределах нормы. В ОАО «Кондопога» доля повторного и оборотного использования воды выросла на треть и достигла 86 %, выбросы диоксида серы уменьшились и составили 36 % к уровню 1990 г. Модернизация на ОАО «Сегежский ЦБК» и ОАО «ЦЗ Питкяранта» позволила уменьшить выбросы в атмосферу и улучшить очистку воды [Дружинин и др., 2010].

Объем выбросов практически непрерывно снижается, составив в 2009 г. 35 % к уровню 1990 г. Если до 1998 г. тенденция понятна – при снижении ВРП более чем в два раза почти также уменьшились и выбросы, то после девальвации рубля начавшийся экономический рост вскоре стал сопровождаться снижением выбросов в атмосферу. Значит, природоохранные мероприятия, модернизация оборудования и структурные сдвиги в экономике способствовали улучшению экологической ситуации. При использовании двухфакторной функции загрязнения нужно выделять два подпериода, описывае-

мые разными функциями, или вводить дополнительный параметр – нейтральный экологический прогресс, а для трехфакторных экологических инвестиционных функций необходимо вводить специальные переменные, чтобы учесть то, что вложения в модернизацию стали приносить результат только в 2000-х гг. Проведенные расчеты подтвердили данное предположение.

Сброс загрязненных сточных вод в РК не имел определенной тенденции в последние 20 лет и снизился не столь значительно. С падением ВРП вдвое он уменьшается лишь на 36 % к 1996 г., а потом даже немного возрастает, несмотря на продолжающееся падение ВРП. Затем при росте ВРП сброс сточных вод увеличивается примерно на 20 %. Зависимость сброса сточных вод от ВРП достаточно хорошо описывается однофакторной функцией, отклонения от которой невелики, значит, влияние природоохранных инвестиций и модернизации незначительно.

Экологическая кривая Кузнеца российских регионов. Большинство исследований по ЭКК посвящено уровню государств, и небольшая часть рассматривает регионы. Соответственно анализируется влияние несколько иных факторов. В 1990-х гг. во всех регионах наблюдался экономический спад, который сопровождался и снижением нагрузки на окружающую среду в большинстве регионов [Дружинин, 1998; Рюмина, 2000; Глазырина, 2006; Курило и др., 2007]. Подобное поведение показателей было и в высокоразвитых, и в слаборазвитых регионах, поэтому панельные данные и временные ряды не описываются ЭКК, можно рассматривать только кросс-секшн. И для отдельного региона график за последние 20 лет имеет достаточно специфический вид, совсем не похожий на ЭКК [Дружинин и др., 2010].

С 1999 г. начался экономический рост. В некоторых регионах он сопровождался ростом воздействия на окружающую среду, в некоторых – снижением. Например, в 30 российских регионах рост экономики привел и к росту выбросов в атмосферу, в 28 регионах выбросы снижались, и в 16 они немного соответствовали гипотезе ЭКК. И это лишь частично связано с уровнем экономического развития региона.

Часть высокоразвитых с точки зрения ВРП на душу населения регионов в РФ – это регионы с высокой долей добывающих производств и металлургии (в меньшей степени – ЦБП). Эти отрасли характеризуются высоким уровнем загрязнений, их технологический расцвет (наибольшая патентная активность, основные принципиальные технологические решения) связан с XIX и началом XX в., они относятся к первым технологическим укладам.

Эти устаревшие отрасли стали локомотивами развития части восточных и северных регионов и обеспечили высокий уровень ВРП на душу населения. Высокие доходы позволили проводить модернизацию производств, закупать современное оборудование и постепенно приближаться к наиболее современным в этих отраслях технологиям, но уровень производительности труда все равно остается невысоким из-за нерешенности других российских проблем. Высокая доходность этих отраслей также являлась сдерживающим фактором для структурной перестройки экономики региона, развития обрабатывающей промышленности. Соответственно эти регионы выпадают из модели ЭКК. Анализ тенденций динамики загрязнений по регионам показал, что их вид не зависит от уровня ВРП на душу населения, уровень загрязнений может расти или уменьшаться. Но надо отметить, что у добывающих регионов с более высоким уровнем загрязнений они, как правило, выросли за 2000–2009 гг., а у регионов с более низким уровнем – уменьшились.

Анализ выбросов в атмосферу по регионам за один год (кросс-секшн) по формулам (1) и (2) был проведен с учетом факторов, отражающих структуру экономики регионов (доля добывающих, доля обрабатывающей, доля аграрного сектора). Для 2008 г. были получены следующие уравнения:

$$Z = -8.6 + 0.12 \times Y - 0.00009 \times Y^2 + 0.43 \times X_1 + 0.39 \times X_2 - 0.13 \times X_3 \quad (7)$$

$$Z = -15.3 + 0.23 \times Y - 0.0005 \times Y^2 + 0.0000004 \times Y^3 + 0.35 \times X_1 + 0.33 \times X_2 - 0.006 \times X_3 \quad (8)$$

Статистические характеристики оказались невысокие (соответственно R = 0,65, F = 10,7 для первого уравнения и R = 0,65, F = 9 для второго), максимум выбросов по уравнению (7) достигается при более высоком уровне ВРП на душу населения, чем у Москвы. Изменение структуры экономики Москвы привело к очень низкому уровню выбросов в атмосферу на душу населения, который продолжает снижаться. Значит, в данной точке должен быть скорее минимум, чем максимум выбросов. Смещение оценок вызвано тем, что регионы с развитой металлургией и добывающим сектором имеют высокие ВРП на душу населения и выбросы в атмосферу, причем выбросы в десятки раз превышают уровень Москвы. Самые высокие показатели имеет Тюменская область, но даже если проводить расчеты без нее, то статистические характеристики улучшаются незначительно, хотя пик выбросов смещается к более

реальным оценкам (уменьшается примерно на 40 % до уровня ВРП на душу населения Сахалинской области). Панельные данные за 2000–2009 гг. лучше всего описываются полиномом (2) и логарифмической кривой.

Полученный график сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты для Карелии и РФ также не соответствует гипотезе об ЭКК и никак не напоминает перевернутую U-образную кривую.

Результаты. Расчеты, которые проводились по данным Республики Карелия и РФ по предложенным выше функциям (3) и (4), позволили определить несколько зависимостей, которые достаточно хорошо отражают реальность и помогают оценить влияние основных факторов.

Для выбросов в атмосферу Карелии для двухфакторных функций (3) расчеты были возможны лишь при учете нейтрального экологического прогресса. Поскольку влияние модернизации в 2000-х гг. существенно, то присутствует значительный отрицательный темп нейтрального экологического прогресса $p = -0{,}051$. Влияние ВРП Карелии на выбросы в атмосферу постепенно уменьшалось: прирост ВРП на 1 % вызывал рост выбросов в атмосферу на 0,5 % в начале 1990-х гг. и на 0,3 % в конце 2000-х. Прирост природоохранных инвестиций на 1 % вызывал падение выбросов примерно на 0,01 %.

Выявление влияния модернизации потребовало при построении трехфакторных функций (4) введения специальных переменных для учета постепенности проявления эффекта от модернизации. В результате получили, что прирост кумулятивных инвестиций на новое строительство на 1 % увеличивал выбросы на 0,19 %, прирост кумулятивных инвестиций на модернизацию на 1 % уменьшал выбросы на 0,04 %, и прирост кумулятивных инвестиций в охрану воздуха на 1 % уменьшал выбросы на 0,03 %. Несколько иная картина получается для сбросов загрязненных сточных вод. Прирост ВРП Карелии на 1 % приводил к росту сбросов на 0,4 % в начале 1990-х и конце 2000-х гг. и на 0,3 % в середине периода. Вложения в модернизацию предприятий и водоохранные инвестиции не приводили к заметным изменениям сбросов загрязненных сточных вод.

К сожалению, информация по парниковым газам для регионов отсутствует и расчеты проводились только для РФ. Расчеты по функции (4) с выделением инвестиций в модернизацию показали ее значимое положительное влияние и незначимость инвестиций в охрану атмосферного воздуха:

$$Z(t) = e^{2.6} \times X_n^{\,0.304}(t) \times X_m^{\,-0.052}(t) \quad \text{при } R^2 = 0{,}85,$$

где X_n – кумулятивные инвестиции в новое строительство; X_m – кумулятивные инвестиции в модернизацию.

Для выбросов в атмосферу РФ расчеты по двухфакторным функциям показали, что влияние природоохранных инвестиций незначительно. Высокая величина нейтрального экологического прогресса говорит о значительном влиянии неучтенных факторов (доли инвестиций в модернизацию и структурных сдвигов в экономике РФ). Расчеты по темповой мультипликативной функции показывают, что заметнее влияют инвестиции за прошлый год, коэффициенты для нового строительства и модернизации противоположны по знаку и близки по модулю (0,182 и –0,209), влияние природоохранных инвестиций незначительно (–0,0089). Без их учета лучше статистические характеристики и немного меняются коэффициенты (0,178 и –0,204).

Влияние разных производств на окружающую среду значительно отличается, и в ходе анализа данных целесообразно производить агрегирование видов деятельности в несколько секторов по степени воздействия на окружающую среду. В РФ примерно 27 % выбросов в атмосферу дает добывающий сектор, 23 % – энергетика, 23 % – металлургия, существенно меньше другие отрасли промышленности (ЦБП – 1 %) и ничтожное количество большинство отраслей сферы услуг, только транспорт – 13 %. Выделение секторов позволяет исследовать структурную политику и инвестиционную политику, строя сценарии развития экономики при различном распределении инвестиций по секторам и направлениям (новое строительство, модернизация или природоохранная деятельность), оценивать воздействие на окружающую среду. Для объяснения роста выбросов в атмосферу в 2000-х гг. в РФ достаточно посмотреть соотношение динамики производства и выбросов в добывающем секторе, энергетике и транспорте, на которые приходится почти 2/3 выбросов. Рост производства в энергетике за 10 лет примерно на 7 % привел к увеличению выбросов на 11 %, что означает отрицательные структурные сдвиги в отрасли, неэффективность модернизации и природоохранных вложений (рис. 2). Не помогло даже значительное снижение выбросов в металлургии и ЦБП. Но поскольку именно эти отрасли составляют основу карельской эко-

номики, то в республике с ростом ВРП выбросы в атмосферу снижались.

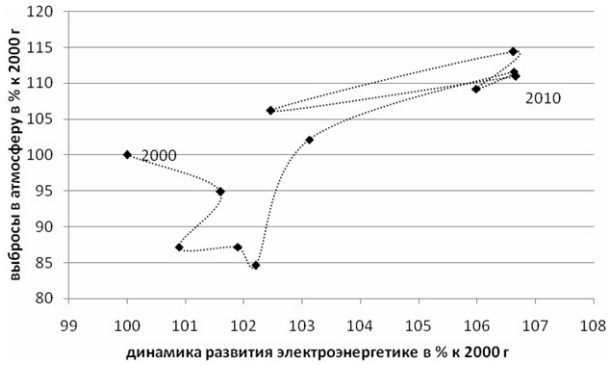


Рис. 2. Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятиями энергетики РФ (2000 г. принят за 100 %) в зависимости от объемов производства

Развитие некоторых отраслей приближенно можно описать ЭКК, например, добывающего сектора, который за счет экспортных доходов имеет возможность вкладывать средства в модернизацию производства и охрану природы, и в результате с ростом производства выбросы в атмосферу в последние годы уменьшаются (рис. 3). Соответствие динамики показателей отдельного региона ЭКК зависит от структуры его экономики и ее изменения. Если велика доля добывающего сектора, как в Тюменской области, то соотношение выбросов в атмосферу и ВРП хорошо описывается ЭКК. Для регионов, в которых воздействие на окружающую среду увеличивается, можно ожидать, что через некоторое время модернизация действующих предприятий и рост доли сферы услуг и высокотехнологичных отраслей промышленности изменит сложившуюся тенденцию и развитие региона за 20- или 30-летний период будет описываться ЭКК.

Анализ возможности использования предложенных функций для прогнозирования проводился на данных трех регионов Беломорья и Республики Карелия [Дружинин и др., 2010]. Сценарные условия брались из Стратегии развития Республики Карелия [Савельев, 2010]. Инновационный сценарий характеризуется ростом ВРП на 75 %, но за счет продолжения модернизации и более активных структурных сдвигов, прежде всего в промышленности, возобновляется тенденция к снижению выбросов в атмосферу после выхода из кризиса.

Для реализации инновационного сценария региональная инвестиционная политика должна быть направлена на привлечение инвестиций в новые отрасли и переход к принципиально новым технологиям на действующих предприятиях. Способствовать этому должен переход к регулированию нагрузки на окружающую среду на основе соответствия показателям наилучших существующих доступных технологий (существующая система слабо подталкивает к реализации водоохранных проектов в целлюлозно-бумажной промышленности и металлургии, составляющих основу экономики Карелии). Этот подход позволяет устанавливать единые технические стандарты и предельно допустимые уровни загрязнения, достижимые при использовании конкретной технологии. В настоящее время предприятия, проводя модернизацию, преодолевают разрыв в технологиях, который образовывался с середины 1960-х гг. Новые технологии приводят к уменьшению воздействия на окружающую среду и данный процесс будет продолжаться и давать эффект в течение 10–15 лет.

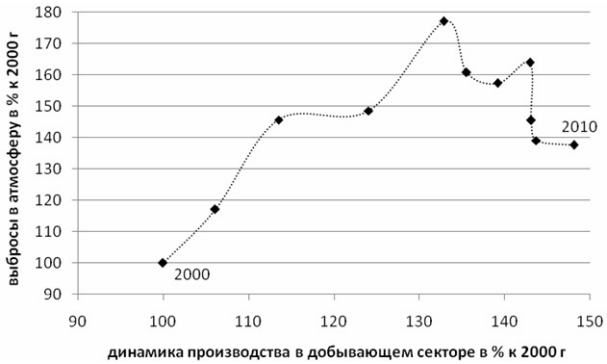


Рис. 3. Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятиями добывающего сектора РФ (2000 г. принят за 100 %) в зависимости от объемов производства (2000 г. принят за 100 %)

Высокая капиталоемкость проектов в металлургии и ЦБП и высокие риски инвестирования в российскую экономику даже в оптимальном сценарии не дадут преодолеть этот разрыв раньше. В дальнейшем основное влияние на выбросы будут оказывать структурные сдвиги в экономике, более быстрое развитие сферы услуг. Именно структурные сдвиги должны повысить экологическую эффективность развития карельской экономики.

В инновационном сценарии вложения в новое строительство к 2020 г. относительно 2010 г. должны увеличиться в три раза, в основном в отрасли, слабо влияющие на окру-

жающую среду. Вложения в модернизацию к 2020 г. должны удвоиться при росте их эффективности, поскольку необходимо более быстрое приближение к наилучшим существующим доступным технологиям. Также должна увеличиться эффективность природоохранных вложений и измениться их структура. Экологическая программа Карелии в большей степени должна быть ориентирована на охрану водных ресурсов и уменьшение отходов.

Наибольшее влияние на окружающую среду РК оказывают металлургия и ЦБП (более ¾ выбросов в атмосферу и ½ сбросов загрязненных вод), соответственно модернизация именно этих отраслей даст наибольший эффект. В настоящее время в основном осуществляется постепенная замена оборудования на действующих предприятиях, в дальнейшем необходима реализация крупных новых проектов, основанных на принципиально новых технологиях, например, как проект «Белый медведь», взамен старых производств, прежде всего в ЦБП. В результате можно сделать вывод, что предложенные модели и разработанная методика позволяют оценить влияние развития экономики территории на состояние окружающей среды, позволяют анализировать проводившуюся ранее политику и принимавшиеся решения по развитию экономики с точки зрения влияния на окружающую среду и могут использоваться для формирования региональной эколого-экономической политики.

Литература

Дружинин П. В. Экономическое развитие Карелии: некоторые итоги и проблемы // Проблемы прогнозирования. 1998. № 1. С. 130–135.

Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Морошкина М. В. Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 119 с.

Глазырина И. П. Исследование качества роста региональной экономики в контексте концепции устойчивого развития // Экономика природопользования. 2006. № 4. С. 21–30.

Курило А. Е., Немкович Е. Г., Сенюшкин Е. Н. Социально-экономические преобразования в Республике Карелия (1990–2005 гг.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 320 с.

Регионы России. Социально-экономические показатели // Статистический сборник. Росстат. М., 2010. 996 с.

Республика Карелия: Статистический ежегодник. Карелиястат. Петрозаводск, 2010. 402 с.

Рюмина Е. В. Анализ эколого-экономических взаимодействий. М.: Наука, 2000. 107 с.

Савельев Ю. В. Управление конкурентоспособностью региона: от теории к практике. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 516 с.

Auci S., Becchetti L. The instability of the adjusted and unadjusted environmental Kuznets curves // Ecological Economics. 2006. Vol. 60. P. 282–298.

Bai J., Jakeman A. J., McAleer M. Estimation and discrimination of alternative air pollution models // Ecological Modeling. 1992. Vol. 64. P. 89–124.

Cole M. A., Neumayer E. Examining the impact of demographic factors on air pollution // Population and Development Review. 2004. Vol. 2 (1). P. 5–21.

Cramer C. J. Population growth and quality in California // Demography. 1998. Vol. 35 (1). P. 45.

Dietz T., Rosa E. A. Rethinking the environmental impact of population, affluence and technology // Human Ecology Review. 1994. Vol. 1. P. 277–300.

Dietz T., Rosa E. A. Effects of population and affluence on CO_2 emissions // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1997. Vol. 94 (1). P. 175–179.

Fried B., Getzner M. Determinants of CO_2 emissions in a small open economy // Ecological Economics. 2003. Vol. 45. P. 133–148.

Galeotti M., Lanza A., Pauli F. Reassessing the environmental Kuznets curve for CO_2 emissions: A robustness exercise // Ecological Economics. 2006. Vol. 57. P. 152–163.

Grossman G., Krueger A. Economic growth and the environment // The Quarterly Journal of Economics. 1995. Vol. 110. P. 353–377.

Gürlük S. Economic growth, industrial pollution and human development in the Mediterranean Region // Ecological Economics. 2009. Vol. 68. P. 2327–2335.

He J. What is the role of openness for China's aggregate industrial SO_2 emission?: A structural analysis on the Divisia decomposition method // Ecological Economics. 2010. Vol. 69. P. 868.

He J., Richard P. Environmental Kuznets curve for CO_2 in Canada // Ecological Economics. 2010. Vol. 69. P. 1083–1093.

Kearsley A., Riddel M. A further inquiry into the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve // Ecological Economics. 2010. Vol. 69. P. 905–919.

Lantz V., Feng Q. Assessing income, population, and technology impacts on CO_2 emissions in Canada: where's the EKC? // Ecological Economics. 2006. Vol. 57. P. 229–238.

Müller-Fürstenberger G., Wagner M. Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems // Ecological Economics. 2007. Vol. 62. P. 648–660.

Roca J., Serrano M. Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input–output approach // Ecological Economics. 2007. Vol. 63. P. 230–242.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дружинин Павел Васильевич
заведующий отделом, д. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 571525

Шкиперова Галина Тимофеевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 571525

Druzhinin, Pavel
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 571525

Shkiperova, Galina
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 571525

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 115–122

УДК 332.12

ПРИГРАНИЧНОСТЬ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Н. Г. Колесников

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Исследуется влияние приграничного положения на социально-экономическое развитие регионов в России и Финляндии. Предлагается определение понятия «приграничность». С помощью аппарата новой экономической географии предлагается методика измерения факторов периферийности и приграничности. Приводится сравнительный анализ трех регионов России по степени периферийности и приграничности. Предлагаются практические рекомендации по снижению периферийности и вовлечению ресурса приграничности в улучшение условий для экономического развития региона.

Ключевые слова: приграничные регионы, трансграничное экономическое взаимодействие, приграничность, периферийность, новая экономическая география, пространственные измерения, социально-экономическое развитие.

N. G. Kolesnikov. BORDERNESS AS A DRIVER OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT

We investigate the effect of borderness on the social and economic development of regions in Russia and Finland. The concept of «borderness» is defined. The tools of new economic geography are employed to measure the compounds of peripherality and borderness. Three border regions in Russia are compared in terms of their peripherality and borderness. Policy recommendations are given for reducing peripherality and utilizing the borderness potential to enhance the region's economic environment.

Key words: border regions, cross-border economic interactions, borderness, peripherality, new economic geography, spatial dimensions, socio-economic development.

На территории субъектов федерации, граничащих с Финляндией, действует более десяти многосторонних пунктов пропуска, многие из которых функционируют в круглосуточном режиме. Официальные лица Финляндии являются в Евросоюзе самыми активными сторонниками отмены визового режима с Россией. В Северной Карелии – одном из регионов Финляндии, граничащих с Россией, – обсуждается вопрос о придании русскому языку статуса официального. В Республике Карелия, по различным оценкам, более 90 % лесозаготовок переведено на технологию заготовки древесины с помощью харвестеров и форвардеров, пришедшей в Россию с финской стороны. Данные факты свидетельствуют об активном трансграничном сотрудничестве России и Финляндии, их взаимопроникновении в различных сферах.

Государственная граница, как правило, разделяет две экономические системы, обладающие различным потенциалом. Потенциал экономической системы при этом является не одно-

мерной величиной: можно выделить весьма широкий набор характеристик, определяющий потенциал системы в различных сферах – финансовый потенциал, трудовые ресурсы, природные ресурсы, интеллектуальный капитал, технологии. Разности потенциалов в тех или иных сферах между двумя соседними государствами неизбежно приводят к стремлению к их перетоку через границу. Там, где разность потенциалов значительна, как, например, на границе между Россией и Финляндией, можно ожидать соответствующий значительный переток.

На переднем крае трансграничного сотрудничества находятся приграничные регионы. В связи с этим будет логично предложить гипотезу, что первым – как по времени, так и по объему перетока потенциалов – бенефициаром трансграничного сотрудничества двух соседних стран являются именно приграничные регионы, которые таким образом в социально-экономическом развитии получают сравнительное преимущество относительно глубинных регионов. Целью настоящей работы является теоретическое обоснование влияния пространственного положения региона относительно границы на его социально-экономическое развитие и проверка предложенной гипотезы на примере приграничных регионов на границе России и Финляндии.

Большинство приграничных регионов в России относятся к категории периферийных, поскольку, как правило, чем регион ближе к внешним границам, тем он дальше от крупных экономических центров. Такое размещение производительных сил относим к наследию советской эпохи, поскольку данная закономерность в целом характерна для закрытых экономик [Пилясов, 2011]. На границе с Финляндией к российским периферийным регионам можно отнести Республику Карелия и Мурманскую область. Ленинградскую область, также занимающую приграничное положение, к периферийным не относим в силу ее непосредственной близости ко второму по величине экономическому центру России – Санкт-Петербургу. На территории Финляндии общую границу с Россией имеют десять административных районов уровня LAU-1[1], в официальной статистике и экономической литературе Финляндии именуемые «экономическими регионами» или «суб-регионами». Степень различия экономических регионов Финляндии по признаку периферийности в целом меньше, чем в России, в силу большей пространственной распределенности экономической активности; однако, согласно общепризнанным результатам исследований, периферийность финляндских регионов возрастает по мере движения с юго-запада на северо-восток (см. [Suorsa, 2007]).

Рассмотрим, как влияет приграничное положение на социально-экономическое положение региона в Финляндии. Статистические данные, представляющие интерес для нашего исследования, в разрезе экономических регионов Финляндии доступны только по показателю «доходы домохозяйств» [Statistics Finland]. Исследуемым периодом были приняты 1995–2009 гг. Поскольку нашей целью является сравнительный анализ финляндских регионов по данному показателю без международных сопоставлений, то временные ряды данных были очищены от общенационального тренда. Для каждого экономического региона Финляндии был вычислен ряд значений среднего дохода одного домохозяйства в регионе, отнесенного к среднему значению в целом по стране в соответствующем году.

Таким образом, были получены ряды статистических данных, демонстрирующие, как изменялись доходы домохозяйств в регионе относительно среднего общенационального уровня. Результаты расчетов проиллюстрированы на карте (рис. 1): темным оттенком обозначены регионы с положительной динамикой изменения доходов домохозяйств относительного общенационального уровня (т. е. богатеющие быстрее среднестатистического финского региона), светлым оттенком обозначены регионы с отрицательной динамикой (т. е. с течением времени все больше отстающие от общенационального уровня).

Регионы Финляндии, граничащие с Россией, относятся к разряду отстающих, при этом их отставание от условного среднестатистического региона с каждым годом увеличивается. В целом, динамика доходов домохозяйств в финляндских регионах подчиняется логике периферийности: чем дальше от юго-запада Финляндии, тем депрессивнее регион; а приграничное с Россией положение не оказывает положительного влияния. Таким образом, относительно приграничных регионов Финляндии гипотеза об их опережающем развитии не подтвердилась. Возможно, трансграничный переток потенциалов между Россией и Финляндией создает сравнительные преимущества для развития приграничным регионам только на российской стороне? Проверим нашу гипотезу для приграничных регионов России.

[1] LAU – англ. Local Administrative Unit, рус. местная административная единица. Регионы уровня LAU-1 в Финляндии занимают промежуточное положение между муниципальными районами и провинциями; общее их количество в стране 71.

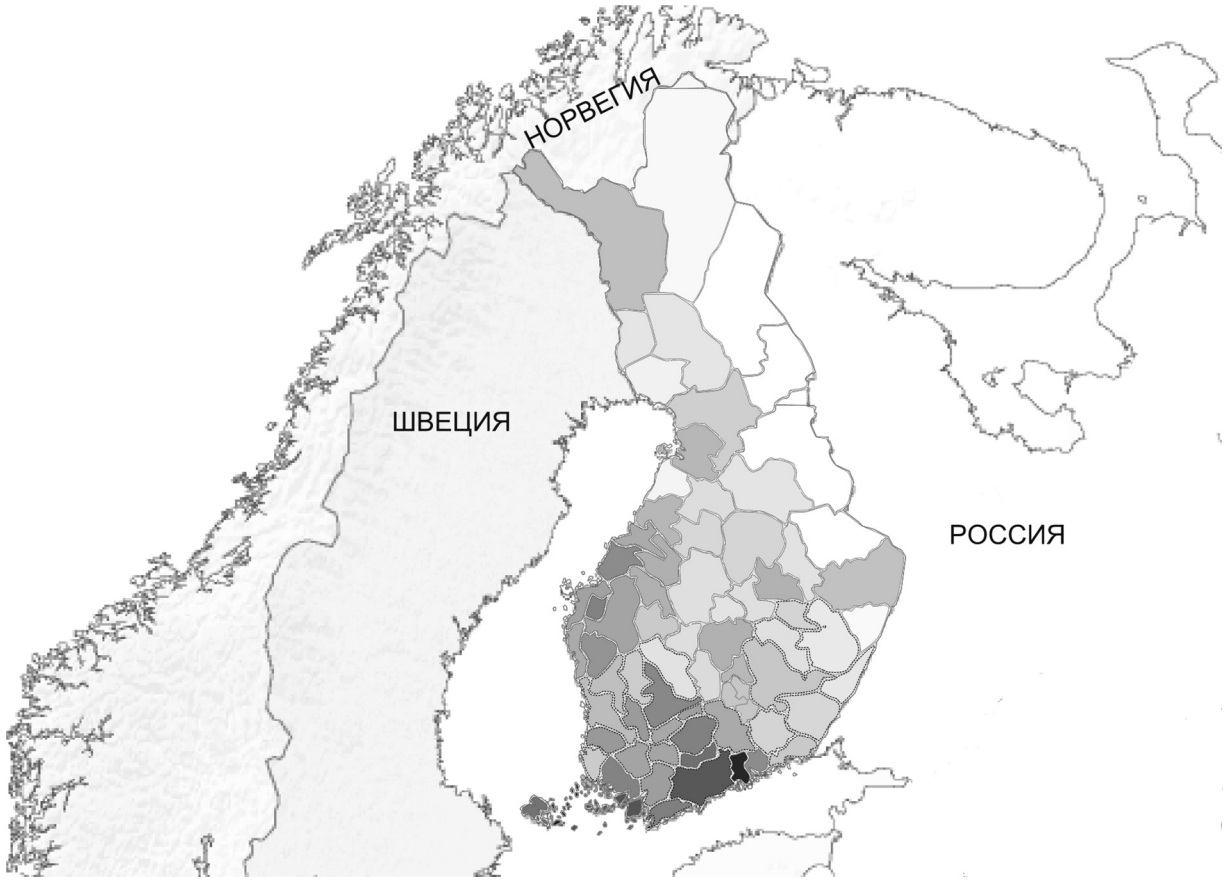


Рис. 1. Динамика доходов домохозяйств в Финляндии в 1995–2009 гг. (источник – Statistics Finland [Statistics Finland]). Темный оттенок – динамика лучше среднего, светлый оттенок – динамика хуже среднего

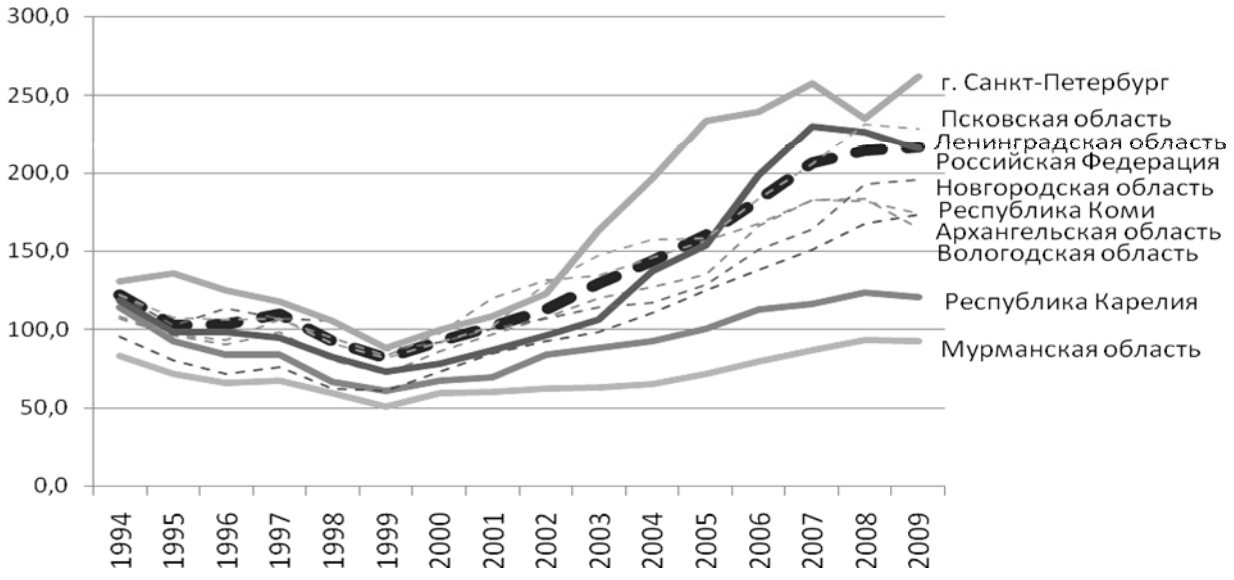


Рис. 2. Реальные денежные доходы населения, в % к уровню 1993 г. (источник – Росстат [Центральная база статистических данных])

На графике (рис. 2) представлена динамика изменения реальных денежных доходов населения в регионах Северо-Западного федерального округа относительно уровня 1993 г. Как видим, Мурманская область и Республика Карелия по доходам населения демонстрируют постоянно нарастающее отставание от общероссийского уровня. Кроме того, наблюда-

ется отставание данных регионов также от соседних регионов, не имеющих общей границы с Финляндией, но расположенных ближе к экономическим центрам страны. Доходы населения в Ленинградской области и Санкт-Петербурге, напротив, растут относительно общероссийского уровня. Таким образом, на российской стороне наблюдается тот же характер развития приграничных регионов, что и в Финляндии: чем периферийнее регион, тем хуже динамика доходов населения, при этом положительное влияние приграничного положения на социально-экономическое развитие региона (по крайней мере, в части доходов населения) не наблюдается.

Наша гипотеза об опережающем развитии приграничных регионов не подтвердилась ни для России, ни для Финляндии. Можно предположить, что барьер на границе столь высок, что разность потенциалов по разные стороны границы не приводит к их трансграничному перетоку, к реальному экономическому взаимодействию; либо барьер низок, но трансграничное взаимодействие осуществляется непосредственно между экономическими центрами двух стран, минуя приграничные регионы. Проверим данное предположение, используя в качестве индикатора трансграничного экономического взаимодействия объем инвестиций.

Пространственное распределение инвестиций из Финляндии в Россию (рис. 3) свидетельствует о том, что они территориально тяготеют к российско-финской границе, а также к поясу регионов между двумя крупнейшими экономическими центрами России – Москвой и Санкт-Петербургом. Остальные регионы России привлекают инвестиции из Финляндии в относительно меньшем объеме, либо не привлекают их вовсе. Более того, согласно исследованиям [Шишкин, Колесников, 2009], инвестиции из Финляндии в приграничных регионах России наиболее диверсифицированы как по объектам (отраслям-реципиентам), так и по субъектам, т. е. осуществляются компаниями различных «типоразмеров» – от малых предприятий до крупных корпораций. Диверсифицированность инвестиций свидетельствует об их устойчивости как явления. Таким образом, приграничное с Финляндией положение региона является его преимуществом относительно глубинных регионов и приносит реальные экономические блага в виде инвестиций. Предположение об отсутствии перетока экономических потенциалов, а также об исключении периферийных приграничных регионов России из трансграничного взаимодействия с Финляндией не подтвердилось.

Обобщим промежуточные выводы. Трансграничное экономическое взаимодействие между Россией и Финляндией осуществляется, и оно наполнено реальным содержанием. Приграничные регионы являются одними из основных бенефициаров трансграничного сотрудничества. Таким образом, приграничные регионы извлекают выгоду из своего пространственного положения, обладая преимуществом, которого лишены глубинные регионы. Однако из двух пространственных факторов – приграничности и периферийности – решающее влияние на социально-экономическое развитие региона оказывает не его положение относительно внешней границы, а степень его периферийности, причем данное утверждение справедливо как для России, так и для Финляндии.

Влияние пространственных факторов на экономическое развитие и, в частности, понятие периферийности глубоко и подробно исследуются в современной научной литературе [Пилясов, 2011]. В соответствии с терминологией, принятой в докладе о мировом развитии Всемирного банка [Доклад..., 2009], посвященном новой экономической географии, экономическое пространство характеризуется по трем признакам («пространственным измерениям»): плотность, расстояние и разобщенность. Данные пространственные измерения применяются для характеристики периферийности региона: периферийность тем выше и, соответственно, условия для развития региона тем хуже, чем меньше концентрация населения в агломерациях (плотность), больше расстояние до крупных экономических центров и выше барьеры на границах региона (разобщенность). Вместе с тем с помощью аппарата новой экономической географии можно оценить приграничность региона.

В экономической литературе нет устоявшегося определения понятия «приграничность», поэтому необходимо привести принятое в рамках данной работы определение.

Приграничность – это предрасположенность региона какой-либо страны к трансграничному экономическому взаимодействию с сопредельными странами. Выявим, как влияют на приграничность указанные пространственные измерения, предложим показатели, выражающие пространственные измерения в измеримых величинах, и проведем краткий сравнительный анализ граничащих с Финляндией регионов России по данным признакам.

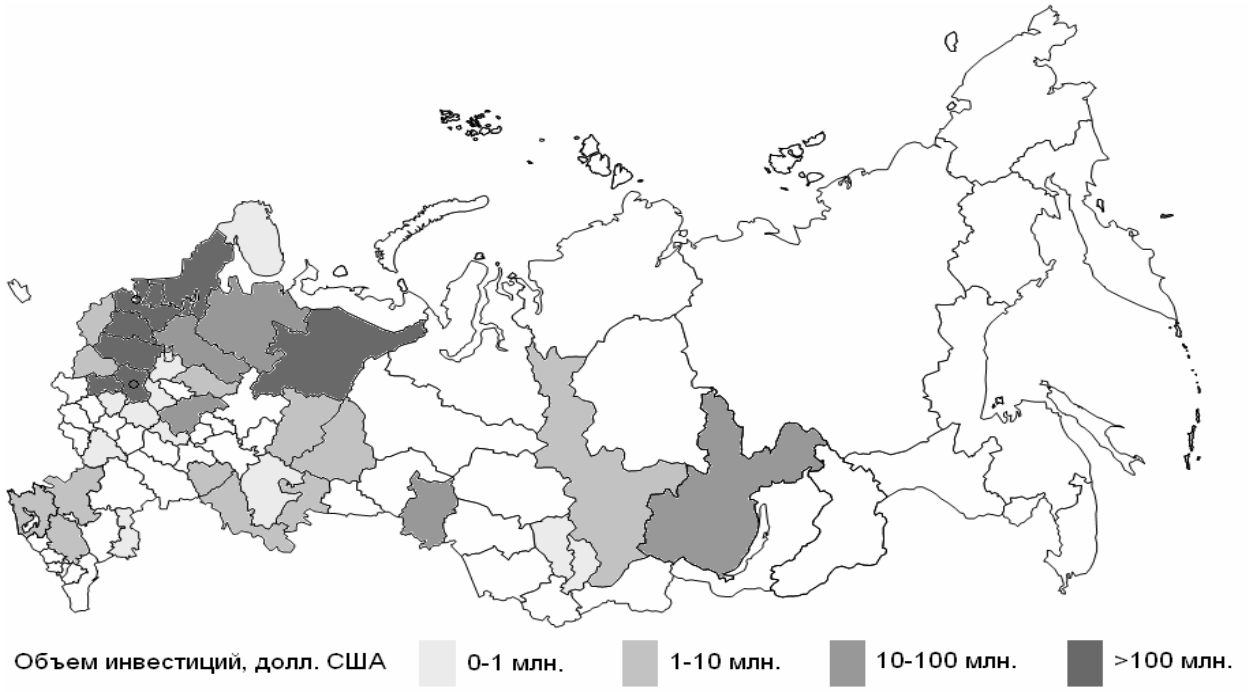


Рис. 3. Инвестиции из Финляндии в 2006–2009 гг. (источник – Росстат [Центральная база статистических данных])

Пространственные факторы приграничности и периферийности

Плотность. Концентрация населения в агломерациях (плотность) свидетельствует о потенциале эндогенного роста в регионе: малая концентрация является причиной слабого эффекта экономии от масштаба или даже его отсутствия и, как следствие, ориентации региона на использование преимущественно природных ресурсов, а не интеллектуального капитала. Таким образом, малая плотность является одним из признаков периферийности региона.

Влияние концентрации населения в агломерациях на приграничность региона не столь очевидно, поскольку не зависит непосредственно от расположения региона относительно государственной границы. Однако поскольку мы определили приграничность как предрасположенность региона к экономическому трансграничному взаимодействию, зависимость между плотностью и приграничностью есть, и она существенна. Действительно, если взять два региона с различной концентрацией населения в агломерациях и прочими равными пространственными характеристиками, то регион с большей концентрацией, во-первых, предоставляет зарубежным инвесторам больше возможностей для инвестирования в создание новых производств за счет большего эффекта экономии от масштаба, во-вторых, предлагает больший объем внутреннего рынка, сосредоточенного в конкретных точках в пространстве. Образно говоря, регион-«цветущий сад» имеет больше возможностей и поводов для трансграничного сотрудничества, чем регион-«пустыня». Следует отметить, что плотность является факультативным признаком приграничности, который следует рассматривать только вкупе с остальными пространственными измерениями.

Традиционный показатель «плотность населения» как количество человек на единицу площади региона не отвечает задачам оценки концентрации населения в агломерациях, поскольку не учитывает пространственное распределение населения внутри региона (субъекта федерации или муниципального района). В связи с этим в настоящей работе была принята оригинальная методика расчета концентрации населения в агломерациях. В соответствии с данной методикой агломерацией принимается совокупность населенных пунктов, расположенных не далее определенного расстояния по транспортным коммуникациям от наиболее крупного населенного пункта в каждой совокупности (центра агломерации); при этом максимально возможная удаленность от центра агломерации принимается такой, чтобы обеспечивалась возможность ежедневной маятниковой миграции. Количественной оценкой степени концентрации населения в агломерациях была определена средневзвешенная численность населения агломерации, рассчитанная по формуле (1):

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i p_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i} \quad , \qquad (1)$$

где n – количество агломераций, p_i – население i-й агломерации.

По расчетам автора, степень концентрации населения в агломерациях наименьшая в

Республике Карелия (средневзвешенная численность населения агломерации меньше 150 тыс. человек), выше в Мурманской области (200–250 тыс. человек) и наибольшая в Санкт-Петербурге с Ленинградской областью (много больше 1 млн человек).

Расстояние. Расстояние до крупных экономических центров является, пожалуй, ключевым показателем периферийности. Для определения приграничности расстояние имеет столь же существенное значение, хотя применение данного пространственного измерения имеет определенную специфику: необходимо учитывать расстояние до экономических центров, расположенных на территории сопредельной страны (или стран).

Количественная оценка пространственного измерения «расстояние» для целей определения приграничности может быть осуществлена несколькими вариантами. Наиболее точную оценку можно получить, определив средневзвешенное расстояние от центров агломераций приграничного региона до экономических центров сопредельной страны. Однако данный вариант весьма трудоемок, так как требует сбора большого объема данных. В связи с этим возможно применение упрощенного варианта расчета данного показателя путем определения расстояния от столичного (или наиболее крупного) города приграничного региона до экономических центров сопредельной страны.

Расстояние до крупных экономических центров определим по наличию и протяженности транспортных коммуникаций между столичными городами рассматриваемых российских регионов – Санкт-Петербургом, Петрозаводском, Мурманском – и крупными экономическими центрами Финляндии – Хельсинки, Тампере и Оулу. На основании результатов экспресс-анализа (табл. 1) делаем вывод, что лучше всех из рассматриваемых регионов с экономическими центрами связана Ленинградская область – имеются все виды транспортных коммуникаций (автомобильное, железнодорожное, авиационное сообщение), расстояние до центров наименьшее. Хуже связаны с экономическими центрами Карелия и Мурманская область – не все виды транспортных коммуникаций доступны, расстояния больше.

Таблица 1. Транспортные коммуникации приграничных регионов

От / До	Ленинградская область, г. Санкт-Петербург	Республика Карелия, г. Петрозаводск	Мурманская область, г. Мурманск
Хельсинки	Автомобильная дорога, время в пути **6,5 часа**. Железнодорожное сообщение ежедневно, время в пути **3,5 часа**. Авиационное сообщение **ежедневно**	Автомобильная дорога, время в пути **11,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет** (возможно грузовое). Авиационное сообщение **3 раза в неделю** (с 19.11.2011)	Автомобильная дорога, время в пути **21,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет**. Авиационное сообщение **в летнее время**
Тампере	Автомобильная дорога, время в пути **8 часов**. Железнодорожное сообщение ежедневно через Хельсинки, время в пути **5,5 часа**. Авиационное сообщение **ежедневно** через Хельсинки	Автомобильная дорога, время в пути **12,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет** (возможно грузовое). Авиационного сообщения **нет**	Автомобильная дорога, время в пути **19,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет**. Авиационного сообщения **нет**
Оулу	Автомобильная дорога, время в пути **12,5 часа**. Железнодорожное сообщение ежедневно через Хельсинки, время в пути **12 часов**. Авиационное сообщение **ежедневно** через Хельсинки	Автомобильная дорога, время в пути **12,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет** (возможно грузовое). Авиационного сообщения **нет**	Автомобильная дорога, время в пути **12,5 часа**. Железнодорожного сообщения **нет**. Авиационного сообщения **нет**

Разобщенность. Экономические барьеры между российскими регионами отсутствуют. Барьеры на государственной границе в части таможенного тарифного регулирования устанавливаются на федеральном уровне и, таким образом, едины для всех рассматриваемых приграничных регионов. Различия между приграничными регионами в степени проницаемости границы заключаются в количестве, пропускной способности и режиме пограничных пунктов пропуска. По данным показателям существенных различий между рассматриваемыми приграничными регионами нет (табл. 2), однако, если провести ранжирование, то на первом месте окажется Ленинградская область (7 постоянных пунктов пропуска), на втором – Республика Карелия (5 постоянных пунктов пропуска) и на третьем – Мурманская область (3 постоянных пункта пропуска, из них один на российско-норвежской границе с выходом на территорию Финляндии).

Таблица 2. Пункты пропуска на границе Россия–Финляндия

Пункты пропуска	Ленинградская область	Республика Карелия	Мурманская область
Автомобильные постоянные	3	3	2 +1 на границе с Норвегией
Железнодорожные постоянные	4	2	0
Автомобильные временные	0	2	0

Примечание. Источник – официальный сайт Росграницы, URL: http://www.rosgranitsa.ru/

Выводы и рекомендации. С точки зрения новой экономической географии лучшей приграничностью и наименьшей периферийностью среди приграничных с Финляндией регионов обладает Ленинградская область – концентрация населения в агломерациях здесь наибольшая, расстояние до экономических центров наименьшее, пограничная инфраструктура наиболее развита. Республика Карелия и Мурманская область значительно отстают от Ленинградской области по концентрации населения в агломерациях, крупные экономические центры с их территории более труднодоступны, сеть пограничных пунктов пропуска развита хуже. Сравнивая Республику Карелия и Мурманскую область по пространственным измерениям, трудно определить, какой из этих регионов имеет более благоприятные условия. С одной стороны, Карелия расположена ближе к экономическим центрам, чем Мурманская область, что позволяет больше экономить на транспортных издержках. С другой стороны, в Мурманской области степень концентрации населения в агломерациях больше, чем в Республике Карелия, что позволяет лучше использовать эффект экономии от масштаба. Пограничная инфраструктура в Карелии развита несколько лучше, чем в Мурманской области. Таким образом, периферийность данных двух регионов примерно одинакова. Оценивая их приграничность, следует учесть, что концентрация населения в агломерациях является факультативным фактором приграничности, а так как параметры расстояния и разобщенности более благоприятны в Карелии, делаем вывод, что Республика Карелия превосходит Мурманскую область по приграничности.

Таким образом, из рассматриваемых регионов «наиболее приграничным» является Ленинградская область, «менее приграничным» Республика Карелия и «наименее приграничным» Мурманская область. Интересно отметить, что распределение инвестиций из Финляндии между данными регионами соответствует степени их приграничности (см. рис. 1).

Обобщая результаты, мы можем составить **«пространственный портрет»** региона. Попробуем составить в общих чертах такой портрет для одного из рассматриваемых регионов – Республики Карелия. Данный регион слабо урбанизирован. Расстояние до крупных экономических центров в среднем небольшое, однако, ограниченный набор средств сообщения значительно удлиняет экономическое расстояние. По совокупности данных признаков Карелию относим к разряду периферийных регионов. Имея наиболее протяженную общую границу с Финляндией, по степени приграничности Карелия, тем не менее, уступает Ленинградской области, но превосходит Мурманскую область.

Для решения проблемы слабой урбанизированности целесообразно развитие рынка земли как под коммерческую, так и под жилую недвижимость. Кроме того, актуальной задачей является сохранение регулярного внутрирегионального пассажирского сообщения для поддержания возможностей маятниковой миграции. С целью сокращения экономического расстояния до крупных центров Финляндии целесообразно возобновление на постоянной основе трансграничного авиационного и пассажирского железнодорожного сообщения, для чего в республике имеется необходимая инфраструктура. Задача развития субширотных транспортных коридоров и формирования мультимодальных транспортных узлов укоренилась в системе стратегических приоритетов развития Республики Карелия достаточно давно [Савельев, Шишкин, 2003], однако ее практическая реализация все еще является актуальной проблемой. Для усиления приграничности региона также необходимо развитие пограничных пунктов пропуска – открытие новых и расширение режима существующих.

Целенаправленная деятельность по улучшению пространственных характеристик позволит снизить периферийность региона, что внесет вклад в создание необходимых условий для перехода к опережающему развитию Республики Карелия.

Работа выполнена в рамках проекта «Потенциал приграничности для социально-экономической модернизации регионов Европейского Севера России» Программы Президиума РАН «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал», руководитель проекта д. т. н. профессор А. И. Шишкин.

Литература

Доклад о мировом развитии 2009: новый взгляд на экономическую географию. М.: Изд-во «Весь мир», 2009. 384 с.

Пилясов А. Н. Новая экономическая география и ее потенциал для изучения размещения производительных сил России // Региональные исследования. 2011. № 1. С. 3–31.

Савельев Ю. В., Шишкин А. И. Современное территориальное стратегическое планирование: состояние, проблемы и организация (опыт Республики Карелия). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. 356 с.

Тарасов С. Б., Межевич Н. М. Приграничное сотрудничество как инновационная стратегия управления социально-экономическим развитием территории // Экономика и управление. 2009. № 2/5. С. 8–14.

Шишкин А. И., Колесников Н. Г. Инвестиции из сопредельных стран в приграничных регионах Северо-Запада России // Экономика и управление. 2009. № 12(50). С. 41–44.

Центральная база статистических данных // URL: http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/

Suorsa, Katri. Regionality, innovation policy and peripheral regions in Finland, Sweden and Norway. Helsinki, 2007. Fennia. Vol. 185, N 1. P. 15–29.

Statistics Finland // URL: http://www.stat.fi

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Колесников Николай Геннадьевич
научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: nk@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Kolesnikov, Nikolai
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nk@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 123–129

УДК 316.752: 338.242.2:316.482(470.22)

УПРАВЛЕНИЕ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ В УСЛОВИЯХ КОНФЛИКТА ИНТЕРЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ «КИЖСКИЙ ПОГОСТ»)

Т. А. Кодолова, Е. Д. Биктимирова

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Социально-экономическая среда социума в современных условиях развития отличается конфликтогенностью, которая проявляется в различных сферах его жизнедеятельности. В настоящее время преодоление противоречий, возникающих относительно сохранения и использования объектов культурного наследия при столкновении субъектных интересов, осуществляется преимущественно административно-правовыми и другими аналогичными мерами. Однако, как свидетельствует практика, проблемы не решаются на должном уровне. Рассматривая спорные ситуации относительно сохранения культурного наследия в наиболее обобщающем виде, следует признать, что разрешить социальные противоречия чрезвычайно сложно. Это и определяет актуальность проблемы как с точки зрения теории, так и практики.

Ключевые слова: план управления объектом Всемирного наследия, конфликт интересов, модель алгоритма управления конфликтами, культурный ресурс регионального развития.

T. A. Kodolova, E. D. Biktimirova. CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT IN A SITUATION OF CONFLICT OF INTERESTS (EXAMPLE OF THE «KIZHI POGOST» WORLD HERITAGE SITE)

The modern socio-economic environment of the society is conflict-prone in its various spheres. Today, the main ways to overcome conflicts around conservation and use of cultural heritage where the interests of various actors collide are through administrative, legal and other similar mechanisms. In practice, however, the problems are not handled properly. Looking at cases of controversies regarding conservation of cultural heritage very generally, one has to admit that social contradictions are extremely difficult to resolve. This fact makes the issue highly topical, in both the theoretic and the practical sense.

Key words: World Heritage Site Management Plan, conflict of interests, conflict management algorithm model, cultural resource of regional development.

Сформировалось два диаметрально противоположных взгляда на значение конфликтов в жизни человека и социума. Согласно одному – конфликты всегда наносят вред и от них необходимо избавляться. Другая точка зрения рассматривает конфликт как сложное социально-психологическое явление, которое в определенных обстоятельствах может иметь прогрессивное влияние и положительную результативность. В результате исследований

аспекта управления конфликтами в проекте «Разработка Плана управления объектом Всемирного наследия „Кижский погост (Россия С 544)“» пришли к выводу, что настоящий вопрос является одним из центральных Плана управления, решение которого необходимо формализовать в виде инструмента решения конфликтов.

План управления объектом представляет собой комплексное планирование и концепцию деятельности, которые определяют цели и меры защиты, сохранения, использования и развития объектов Всемирного наследия (ОВН). В соответствии с Руководством по выполнению Конвенции об охране Всемирного наследия от 1 февраля 2005 г. План управления (ПУ) является обязательным для объектов, включенных в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО [Конвенция..., 1975; Руководство..., 2000]. Документ призван согласовать интересы основных субъектов деятельности с целью снижения или снятия рисков по отношению к ОВН и предложить алгоритм решения спорных ситуаций между ними.

Столкновение разнонаправленных интересов в отношении культурных ценностей требует выработать принципы общественного согласия. Для России разработка Планов управления объектами Всемирного культурного наследия весьма актуальна, так как не для одного из 16 Планы не разработаны (2012 г.), а, следовательно, в свете сложившейся ситуации номинировать новые особо ценные объекты культурного наследия РФ в Список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО становится проблематичным [Руководство (действующее) по выполнению Конвенции..., 2005].

В связи с требованиями международных миссий экспертов ЮНЕСКО по реставрации Преображенской церкви Кижского погоста, как ОВН (Kizhi Pogost, C 544) [Convention..., 1990], возникла потребность начать разработку Плана управления Кижским погостом [Joint UNESCO-ICOMOS..., 8–17 April 2007]. В рамках данного проекта и предложена модель алгоритма решения конфликтов между субъектами [Контракт № 34/11 ... с 2012 по 2022 гг.]

В основу алгоритма легли теоретические положения исследований М. Дойча, Р. Дарендорфа, Л. Козера, Е. Н. Волкова, К. Томаса и др. Процесс возникновения конфликтов и методов их решения рассматривается как инструментарий выявления и решения конфликтов интересов. Следует констатировать, что конфликты в отношении объектов культурного наследия, являясь неотъемлемой частью человеческого общества, могут успешно разрешаться.

Изучение теоретической базы, международной и российской практики, использование результатов исследований Проекта, связанных с определением заинтересованных сторон и их мотиваций в деятельности по отношению к ОВН «Кижский погост» [Отчет по I этапу..., 09.2011 г.], позволило определить основной принцип при разработке модели алгоритма разрешения конфликтных ситуаций относительно объектов культурного наследия. Для каждого объекта Всемирного наследия необходима разработка процедуры для разрешения споров, соответствующая не только международному законодательству и рекомендациям экспертов ЮНЕСКО, но и правовой и институциональной среде в государстве. Каждый объект имеет свои особенности, предопределенные индивидуальностью и месторасположением.

В процессе работы над Планом управления «Кижский погост» проведен SWOT-анализ по выявлению рисков с точки зрения угроз потери его подлинности (целостности) и возможности его эффективного использования. Выявленные факторы ранжированы в соответствии с источниками возникновения рисков, что позволяет определять мероприятия по предотвращению и снижению воздействия негативных факторов на объект. Комплекс мероприятий сформирован с учетом преодоления столкновений интересов субъектов, несущих угрозу для Кижского погоста.

При работе над алгоритмом решения конфликтных ситуаций в условиях России необходимо учитывать следующие моменты, которые могут спровоцировать новые конфликтные ситуации при реализации Планов управления объектами культурного наследия:

1. Надлежит применять только законные методы, вводить практические и технические мероприятия, методы работы на региональном и местном уровнях, а также мероприятия, которые может применять государство, если угрожает или может грозить в будущем опасность объекту Всемирного культурного наследия. Данное положение сложно реализовать в РФ, так как отсутствуют единый федеральный правовой акт и общие регламенты, специально ориентированные на сохранение, использование и управление объектами Всемирного наследия[1]. Следовательно, в российском законо-

[1] В нормативно-правовых актах РФ имеется несколько упоминаний общего характера относительно объектов Всемирного наследия (ФЗ № 73, 2002 г. «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», п. 25 «Основания для включения объекта культурного наследия в Список Всемирного наследия и порядок представления соответствующей документации»; ФЗ № 15, ФЗ № 17 2003, № 19, 2011 «О Музейном фонде Российской Федерации и музеях в Российской Федерации», ст. 18).

дательстве существуют правовые лакуны соответствия международной нормативно-правовой базе в данной сфере (что было бы идеальным), а значит, имеются и возможности для ее адаптации, в том числе на основе опыта разработки Планов управления объектами в России (Ферапонтов монастырь, Вологодская область; Кижский погост, Республика Карелия и др.).

Фактор эволюционного давления. Развитие объектов культурного наследия необходимо рассматривать в контексте общественного, пространственного развития и туристского освоения, так как они являются факторами эволюционного давления. Определяя степень влияния на объект (строительные работы, потоки инвестиций, изменение характера использования и др.), необходимо предусмотреть возникновение и решение возможных спорных ситуаций, связанных с интересами субъектной деятельности. Данный фактор учитывается и при мониторинге выполнения ПУ, так как мониторинг является самым эффективным инструментом контроля состояния ОВН.

2. Решение земельного вопроса – острейшая проблема и причина многочисленных конфликтов, происходящих в отношении объектов Всемирного наследия. В Земельном кодексе РФ земли объектов культурного наследия отнесены к землям историко-культурного назначения, имеющим особый правовой режим (земли объектов Всемирного наследия, особо ценных объектов культурного наследия, объектов археологического наследия и историко-культурных заповедников не могут предоставляться в частную собственность), однако существует правовая неопределенность с установлением состава и границ объектов Всемирного наследия, охранных зон памятников и границ буферных зон (не легитимное понятие) объекта[1]. В целях обеспечения сохранности объекта культурного наследия в его исторической среде на сопряженных с ним территориях определены зоны охраны объекта культурного наследия: охранные зоны памятников культурного наследия, зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности, зона охраняемого природного ландшафта [Об объектах культурного наследия..., ФЗ от 25.06.2002] [2]. По законодательству также в пределах земель историко-культурного назначения, за границами земель населенных пунктов вводится особый правовой режим использования земель, запрещающий деятельность, несовместимую с основным назначением этих земель. Использование земельных участков, не отнесенных к землям историко-культурного назначения и расположенных в указанных зонах охраны, определяется правилами землепользования и застройки, в соответствии с требованиями охраны памятников истории и культуры. Ввиду проживания местных жителей на данных территориях, в том числе и резидентов вследствие процесса приватизации совхозных земель, особой привлекательности этих земель для бизнесменов и иных факторов постоянно возникают конфликтные ситуации, которые, как правило, решаются в судебном порядке и связаны с фактами нецелевого использования земель и мошенничеством. В данном контексте «классическими» и «перманентными» примерами стали конфликты, связанные с застройкой земель Государственного Бородинского военно-исторического музея-заповедника и Государственного военно-исторического и природного музея-заповедника «Куликово поле» [Бородинский удел..., 08.06.2011][3]. В начале 2012 г. департамент государственного контроля и надзора в сфере культурного наследия Министерства культуры РФ принял решение о создании межведомственной рабочей группы (Росреестр, Росимущество, органы региональной и муниципальной исполнительной власти, прокуратура РФ и территориальные органы МВД РФ) по проблеме Бородинского музея-заповедника при Управлении Министерства культуры РФ по ЦФО. Следует также подчеркнуть, что на территории Государственных музеев-заповедников, отнесенных к объектам исторического и культурного наследия федерального значения в соответствии с законодательством, разрешается проводить работы только по сохранению памятника, а также вести хозяйственную деятельность, не нарушающую целостность музея и не создающую угрозу повреждения, разрушения или уничтожения памятника. Од-

---

[1] «Уточнение пообъектного состава и границы территорий комплексных объектов культурного наследия городов Санкт-Петербурга, Великого Новгорода, Ярославля и других городов, включенных ЮНЕСКО в Список Всемирного наследия». Поручение Президента РФ по итогам совещания по проблемам сохранения культурного наследия, Великий Новгород, 2009 г.

[2] Зоны охраны Ансамбля Кижского погоста Постановлением Министерства культуры Российской Федерации определены как зона охраны объекта Всемирного наследия «Кижский погост», 2012 г.

[3] Земли, принадлежащие разным собственникам и пользователям, с различным видом разрешенного использования. Значительную часть составляют земли сельскохозяйственного назначения, находящиеся в разных формах собственности. Собственники земельных участков с целью максимального получения выгоды от использования своих участков проявляют инициативы по изменению вида разрешенного использования, строительства и пр. На законодательном уровне регламентов запрета на строительство или ограничения по видам сельскохозяйственной деятельности не существует.

нако в реальности у большинства музеев-заповедников границы на местности не определены, а значит, имеется почва для эскалации новых конфликтов при решении данного вопроса.

3. Комплексный подход к объектам Всемирного культурного наследия соответствует требованиям международных конвенций [Convention..., 12.01.1989] и закрепляет наиболее прогрессивную форму сохранения культурного ландшафта в России со стороны музеев-заповедников. Комплексный подход в работе по сохранению исторического и культурного наследия определен уставными задачами музеев-заповедников, а соответственно напрямую корреспондируется с сохранением целостности объектов Всемирного наследия с окружающими культурными (археологические, мемориальные и др. виды памятников, исторические городские и сельские поселения) и природными ландшафтами, а также сопровождением воспроизведения исторического уклада жизнедеятельности местных сообществ (ремесла, промыслы, традиционное природо- и землепользование, исторические технологии и др.). Одним из интересных и результативных примеров по комплексному восстановлению природно-исторического ландшафта на научной системной основе в России может служить опыт Государственного музея-заповедника «Куликово поле» [Гриценко..., 2011]. Федеральное бюджетное учреждение культуры «Государственный архитектурный и этнографический музей-заповедник „Кижи“», используя современные наработки в сфере планирования развития и восстановления культурно-исторического ландшафта и ГИС-технологий, разрабатывает План управления ландшафтом музея-заповедника[1]. Архитектурно-пространственная среда о. Кижи при создании музея была нарушена. В связи с особой ценностью Кижского погоста в процессе восстановления композиционного равновесия учитывается не только объем, облик и характер памятников, но и пространственные интервалы между ними, дающие возможность обозревать и окружающую природу, и архитектурные объекты, и их гармоничное расположение в историческом природном ландшафте. Вследствие несовершенства действующего законодательства в отношении таких сложных территорий, музей-заповедник не имеет достаточных организационно-правовых возможностей для выполнения возложенных на него обязанностей, что и становится почвой для возникновения конфликтных ситуаций. Для снижения факторов риска, связанных с нарушением целостности объекта Всемирного наследия с историко-культурной средой и природным окружением, необходимо акцентировать внимание на использовании интегрированного подхода (охрана объектов историко-культурного назначения и природных комплексов) в российском законодательстве.

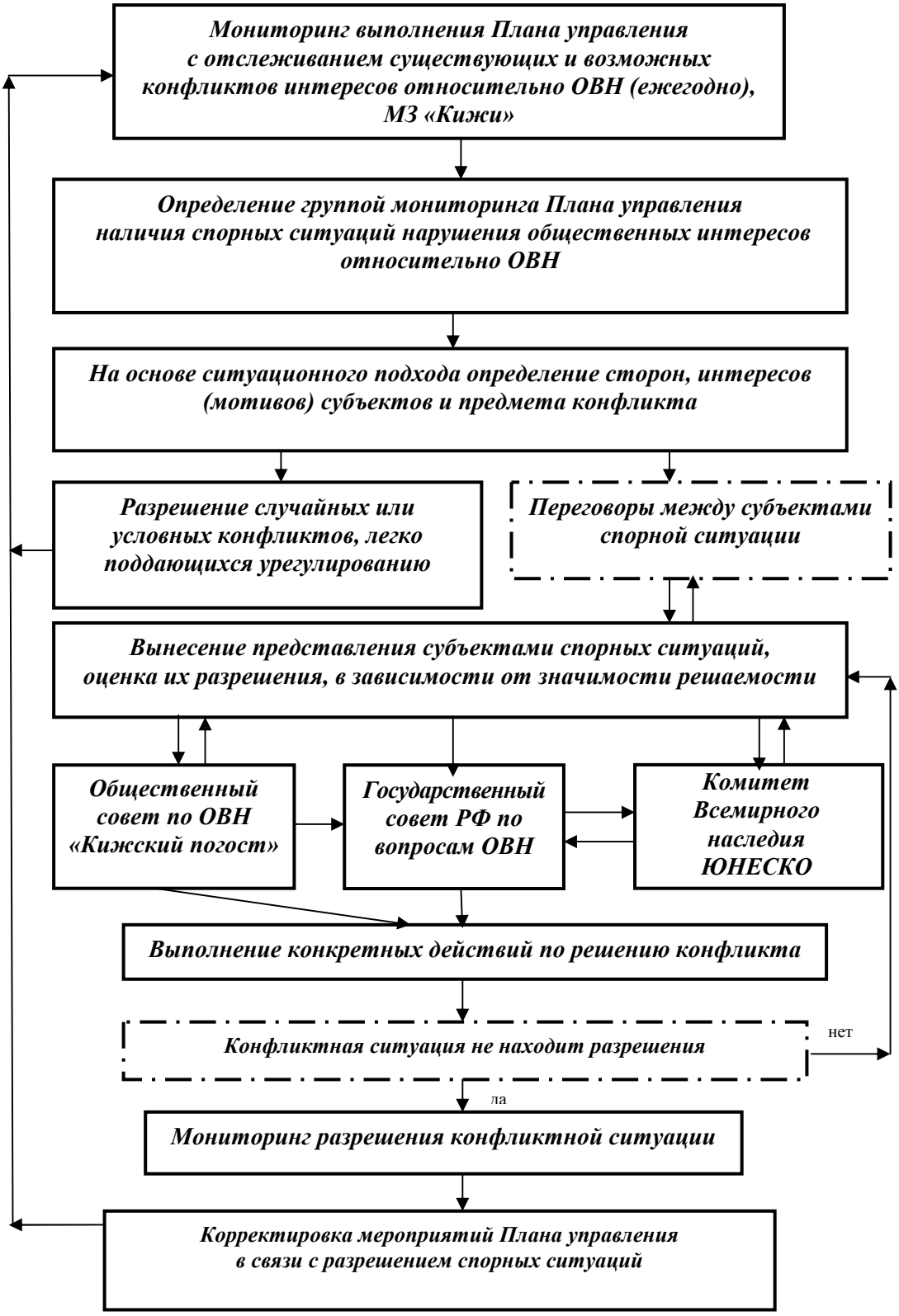
4. Развитие сферы туризма на территориях, где размещаются объекты Всемирного наследия, обусловливает и возможность развития самой территории на основе просвещения членов местного сообщества об исключительности данных объектов в мировой истории культуры народов мира, а также их влияния на экономическое развитие территорий при соблюдении процессов сохранения и эффективного функционирования (использования) объектов. При этом туристская деятельность может оказывать и негативное воздействие на объекты Всемирного наследия, если антропогенное давление превосходит допустимую нагрузку и грозит утратой подлинности и целостности объектов, в том числе и в пространственном аспекте. Поэтому при разработке стратегий перспектив и ограничений в развитии туризма и управления экскурсантами (объем туристского потока, который может принять объект, его обслуживающая инфраструктура, границы для туристского развития и маркетинга и др.) необходимо учитывать интересы всех заинтересованных субъектов данной сферы деятельности для исключения конфликтных ситуаций.

5. Учет международных практик, трансферт и адаптация технологий по разработке и реализации Планов управления объектами Всемирного наследия в России происходит в условиях неравнозначного и равномерного их восприятия субъектами как институциональной среды, так и общества в силу разных социальных, культурных, экономических, правовых, технологических и др. причин. Настоящее провоцирует и определяет конфликты интересов между субъектами деятельности относительно объектов Всемирного наследия.

Таким образом, обозначенные пять моментов необходимо учитывать при разработке алгоритма решения конфликтных ситуаций для конкретных объектов Всемирного культурного наследия, так как они отвечают основному положению теоретических исследований, определяющему, что все конфликты должны решаться в рамках культурного и социального контекста. В ходе исследований была разработана модель алгоритма решения конфликтов на примере объекта Всемирного наследия «Кижский погост» (рис.)[2].

[1] Проект «Разработка Плана управления ландшафтами Федерального бюджетного учреждения культуры „Государственный архитектурный и этнографический музей-заповедник „Кижи“», Ярославская региональная общественно-экологическая организация «Ландшафт».

[2] Пирамида конфликта по [Волков, 2007].



Модель алгоритма решения конфликтов

Следующим шагом, в зависимости от значимости проблемы, является вынесение рассмотрения спорных ситуаций и оценка их разрешения на региональный или федеральный уровень. При решении противоречий, имеющих локальный характер, не требуется вмешательства правительства РФ, вопрос будет находиться в компетенции Общественного совета. Полномочия общественного представительного органа управления в аспекте реализации Плана управления Кижским погостом не означает отмены полномочий музея-заповедника «Кижи», а лишь в рамках существующей институциональной структуры формализуют ту деятельность по отношению к Кижскому погосту, которую субъекты неофициально осуществляли на протяжении ряда поколений.

Решение спорных ситуаций при участии членов Общественного совета должно базироваться на стратегии «компромисса» и «сотрудничества» и не должно опираться на стратегии «приспособление», «подавление» или «ухода» разрешения спорных ситуаций по К. Томосу[1].

В случае отсутствия компромисса в разрешении конфликта Общественным советом полномочия делегируются Государственному совету РФ по вопросам объектов Всемирного наследия. В данной ситуации к решению проблемы подключается Комитет Всемирного наследия ЮНЕСКО на уровне оказания консультативных услуг.

Если спорная ситуация в результате предпринятых действий не находит разрешения, необходимо вернуться к этапу работы с субъектами и повторному рассмотрению конфликта в судебном порядке, согласно теории пирамиды конфликта Е. Н. Волкова[2].

Задача группы мониторинга – отслеживать разрешение конфликтных ситуаций с соблюдением интересов по сохранению объекта Всемирного наследия. Настоящий процесс также сопровождается корректировкой мероприятий Плана управления с учетом появления новых обстоятельств, связанных с урегулированием конфликта (позитивная функция конфликта по Л. Козеру)[3]. Реализация Плана управления объектом Всемирного наследия «Кижский погост» представляет региональный экономический интерес, так как он отвечает экономическим ожиданиям местных сообществ и осуществляется по средствам эффективного использования материальной и нематериальной культуры в виде объекта Всемирного культурного наследия как уникального конкурентоспособного ресурса развития территории.

[1] Модель К. Томаса отражает основные стратегии поведения в конфликте, и на ее основе определяются стратегии, применимые к ситуациям решения конфликтов в соответствии с целесообразностью. Универсальной и предпочтительной является стратегия сотрудничества, поскольку только она позволяет обеим сторонам в полной мере реализовать свои интересы и при этом сохранить хорошие отношения.

[2] В соответствии с пирамидой конфликта Е. Н. Волкова по этапам негативной эскалации конфликта и конструктивного его разрешения определяется, на каком этапе находится конфликт и каким образом можно решить спорную ситуацию. Модель можно использовать и в случаях решения конфликтов, связанных с объектами культурного наследия.

[3] Наиболее существенными выводами (по Л. Козеру) являются положения о том, что конфликт сохраняет устойчивость в обществе; влияет на будущие отношения; четко разграничивает различные группы и их интересы; усиливает социальный контроль; ведет к объединению сил для принятия решений.

Литература

Бородинский удел: в чем истинные причины конфликта вокруг земель Бородинского поля? [электронный ресурс] URL: http://www.borodino2012.net/?p=6106, Дата обращения 08.06.2011

Волков Е. Н. Необходимость конфликта (Конфликт – Проблема – Человек(а). Н. Новгород, 2008. 71 с.

Гриценко В. П. Роль музеев-заповедников в сохранении культурного ландшафта (на примере музея-заповедника «Куликово поле») / О. В. Бурова, В. П. Гриценко // Материалы Междунар. науч.-практ. семинара «Управление Всемирным наследием и глобальные вызовы современности». М., 2011.

Даррендорф Р. Элементы теории социального конфликта // Социологические исследования. 1994. № 5. 60 с.

Дойч М. Разрешение конфликта (Конструктивные и деструктивные процессы) // Социально-политический журнал. 1997. № 1. С. 202–212.

Кодолова Т. А. Методологические подходы разработки Плана управления объектом Всемирного наследия «Кижский погост» как историко-культурной дестинации «Кижи» // Роль туризма в модернизации российских регионов: Сб. науч. статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 8–10 июня 2010 г. Петрозаводск, Кондопога / Отв. ред. А. И. Шишкин, Т. А. Кодолова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 352 с.

Козер Л. Основы конфликтологии: Учебное пособие / Л. Козер. СПб.: Светлячок, 1999. 111 с.

Конвенция об охране Всемирного наследия, 1975 г.

Контракт № 34/11 на выполнение НИР по «Разработке Плана управления объектом Всемирного наследия „Кижский погост (Россия С 544)“ с 2012 по 2022 гг.».

Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 N 73-ФЗ (ред. от 30.11.2011).

Отчет по I этапу Контракта № 34/11 на выполнение НИР по «Разработке Плана управления объектом Всемирного наследия „Кижский погост (Россия С 544)“ с 2012 по 2022 гг.», сентябрь 2011 г.

Руководство по выполнению Конвенции об охране Всемирного наследия, 2000 г.

Руководство (действующее) по выполнению Конвенции об охране Всемирного наследия. 02.02.2005.

Хасан Б. И. Конструктивная психология конфликта / Б. И. Хасан. СПб.: Питер, 2003. 115 с.

Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. Report of the World Heritage Committee. Fourteenth Session. Banff, Alberta, Canada, 7–12 December 1990.

Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. UNESCO (Adopted by the General Conference at its 17th session. Paris). Конвенция об охране Всемирного культурного и природного наследия (для СССР вступила в силу 12.01.1989).

Joint UNESCO-ICOMOS mission, Kizhi Pogost, Russian Federation, 8–17 April 2007 (UNESCO-ICOMOS).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кодолова Татьяна Алексеевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Биктимирова Екатерина Дмитриевна
аспирантка
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Kodolova, Tatyana
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Biktimirova, Ekaterina
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 130–137

*УДК 332.055.4:630*6*

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

Г. Б. Козырева

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проблемами и перспективами формирования новых подходов в лесной политике России. Через лесное законодательство анализируются процессы развития лесных отношений за годы рыночных реформ на основе групп интересов и групп влияния, а также проблемы формирования эффективного собственника в лесном комплексе Республики Карелия.

Ключевые слова: лесная политика, экономика, группы интересов, законодательство, институты, собственность на лес, компенсационный подход, лесная сертификация.

G. B. Kozyreva. INSTITUTIONAL PROBLEMS OF SUSTAINABLE FORESTRY IN MODERN RUSSIA (THE CASE OF REPUBLIC OF KARELIA)

Issues related to the problems and prospects of new approaches in Russian forest policy are discussed. We use forest legislation to approach the analysis of processes in the development of socio-economic relations in the forest sector over the years of market reforms on the basis of interest groups and pressure groups, as well as the problem of formation of an efficient owner in the forest sector of Karelian Republic.

Key words: forest policy, economy, interest groups, legislation, institutions, forest ownership, compensation approach, forest certification.

Богатый исторический опыт формирования и развития лесного хозяйства России восходит к эпохе Петра Великого, который является основателем лесного законодательства, лесной службы и развития лесной науки. Далее были «Лесной департамент», учрежденный Павлом I, «Корпус лесничих», основанный Николаем I, «Лесное учение» Морозова, «Лесоустройство» Орлова. Исторический багаж сформировал фундамент российского лесного хозяйства, основанный на формуле Морозова «рубка леса равна лесовозобновлению», в которой зарождались принципы современной концепции устойчивого развития, отражающей баланс экономической, социальной и экологической составляющих.

Советское государство, реализуя политику индустриализации (1928–1930 гг.), подвергло лесное хозяйство серьезной реформе. Произошло разделение лесного хозяйства и лесной промышленности (*чего никогда не было в западных странах*) и отрицание рыночного подхода в лесопользовании; был осуществлен отказ от наработанной научной базы; отпала востребованность в квалифицированных лесничих. Только к 1970-м гг. лесное хозяйство возвращается на научную платформу [Курамшин, 2010].

За 20 лет рыночных реформ лесные отношения не приобрели оформленного контура[1]. В результате государство не имеет единой хозяйственной системы «лесное хозяйство», объективно объединяющей равноценные, но взаимозависимые и взаимодополняющие друг друга экономические подсистемы – лесовыращивание и лесодобыча. В этом кроется одна из институциональных проблем российской лесной экономики, которая сегодня, по сути, является «мачехой» у бедной «падчерицы», называемой лесное хозяйство.

Практика демонстрирует отсутствие общественного участия в процессе принятия решений по вопросам лесов в России. Правила, регулирующие сегодня отношения в системе лесного хозяйства, не удовлетворяют всех участников этих отношений. Равновесия не устанавливается, это влечет за собой новые эксперименты и непредсказуемые социальные последствия. Ключевые группы интересов включают: лесопромышленников **(крупный бизнес),** региональную **власть** и **местные сообщества** (куда относятся помимо населения местная власть и малый бизнес).

Одним из мощных институциональных факторов, обусловливающих обострение конфликтов между основными группам интересов в системе лесного хозяйства и провоцирующих коррупцию и правонарушения, является несовершенство федерального и регионального законодательств, регулирующих лесные отношения. По мнению экспертов, действующий Лесной кодекс носит рамочный характер, нуждается в уточнениях, в дополнениях. Академик Исаев сказал: «*…до разработки Лесного Кодекса не были допущены специалисты-лесники. Тот же, кто его разрабатывал, с трудом отличает елку от сосны».*

В законе не проработан вопрос о финансировании лесохозяйственных работ, исполнение которых возлагается на лесопользователя, и которые включают не только лесовосстановление, но и защиту леса от вредителей и болезней, а также охрану от пожаров. Финансирование «по умолчанию» возлагается на арендатора. Драматичные последствия лесных пожаров 2010 г. являются той ценой, которую заплатило общество за некачественный закон.

Переход от заключения договоров купли-продажи к договорам аренды участков леса приводит, в конечном итоге, к исчезновению с рынка малых предприятий, которые наиболее эффективны при освоении небольших участков леса, отдаленных от основных мест лесозаготовки. Как отметил специалист ЗАО «Илим Палп Энтерпрайз» Д. Чуйко, *«Минус нового Лесного кодекса состоит в том, что лесные аукционы не выявят самого добросовестного лесопользователя. Они просто отдадут лес в аренду той компании, у которой окажется больше денег»* (из интервью радиостанции Эхо Москвы, 2008 г.).

В законе нарушен основной методологический подход к лесфонду как к неделимому природному комплексу. Произведено разграничение понятий древостоя и лесных земель. При этом смешиваются механизмы лесного, земельного и гражданского права. Искусственное отделение лесного участка от произрастающих на нем насаждений создает прецедент включения такого участка в свободный оборот. То есть в законе завуалирован механизм перевода леса из государственной собственности в частную [Козырева, 2007].

Существует проблема сельских лесов. Земли, на которых находятся сельские леса, активно переводятся из категории лесопокрытой площади в земли сельхозназначения, что позволяет включать их в свободный оборот. Само понятие сельские леса в настоящее время не определено юридически, поэтому может трактоваться с учетом определенных интересов. В связи со спорностью идентификации, под видом сельских лесов порой проходят обычные лесные насаждения, что позволяет местным чиновникам распоряжаться ими по своему усмотрению. Отсюда также произрастают практики огораживания.

Если ст. 11 Лесного кодекса предоставляет гражданам право свободного и бесплатного пребывания в лесах для собственных нужд (сбор ягод, орехов, грибов и др.), то п. 5 этой же статьи ограничивает данные права в целях обеспечения пожарной безопасности и санитарной безопасности в лесах. Таким образом, арендатор или пользователь лесного участка может свободно огородить свой лес забором во избежание его захламления и по соображениям пожарной безопасности. Что, собственно, и происходит с молчаливого согласия власти.

По результатам исследований ИЭ КарНЦ РАН [Исследование…, 2008], новое лесное законодательство ущемляет права местных жителей. *«Уже сегодня, когда еще не разрешена частная собственность на лес, мы наблюдаем глухие заборы, ограды из колючей проволоки, вооруженную охрану и бойцовских собак. Люди не могут собирать грибы и ягоды на своих исконных местах. А что будет, когда частную собственность разрешат?»* (из интервью жителя, Пудожгорский, 2008)

---

[1] Основные принятые законы «Основы лесного законодательства» (1993 г.), Лесной кодекс (1997 г.), а затем Лесной кодекс (2007 г.) не устранили всех последствий реформы 1928–1930-х гг.



Последствия, связанные с введением частной собственности на лес и землю

В российской общественной, профессиональной и научной среде за два года до принятия Лесного кодекса началась острая дискуссия по вопросам частной собственности на лес, которая продолжается до сих пор, набирая новые обороты. На основании принципа ст. 9 Конституции РФ[1], Конституционный суд РФ по делу о проверке конституционности действующего Лесного кодекса дал заключение: «Лесной фонд России ...представляет собой публичное достояние многонационального народа России и как таковой является федеральной собственностью особого рода и имеет специальный правовой режим»[2].

Результаты исследований о перспективах развития отношений собственности на лес в России [Проблемы..., 2008; Исследование..., 2008] показали, что население РК отдает свое предпочтение государственной форме – доля респондентов, поддерживающих ее, росла вместе с увеличением возраста рыночных реформ (1997 г. – 65 %; 2004 г. – 81 %; 2011 г. – 83 %). Такие ответы обосновываются респондентами достаточно вескими причинами (рис.). Подавляющее большинство респондентов (53–61 %) опасаются доступности леса. Больше половины из них считают, что лес будет спилен и распродан, что также влечет за собой негативные последствия, связанные не только с ухудшением экологии, но с потерей последнего шанса на жизнь – сегодня «лесом» кормится почти все население лесосырьевых районов, для некоторых из них лес является единственным источником жизни. Таким образом, результаты исследования показывают, что у населения Карелии произошло отторжение идеи частной собственности на лес, что может быть объяснено ее дискредитацией в обществе.

Сегодня (2012 г.), когда убыточность лесных предприятий снова стала приобретать масштабный характер, среди жителей лесных поселков «зреют» определенные опасения за судьбу не только самих предприятий, но и лесов, в которых они работают. Наиболее остро воспринимаются людьми новые правительственные инициативы в лесной политике, связанные с приватизацией лесов. Именно эти процессы стали наиболее серьезным фактором, определившим их позицию по вопросу собственности на лес в сторону государственной формы. Мнение крупного бизнеса является хотя и неоднозначным, но более осознанным: «*Не важно, какая собственность – частная или государственная, важно, чтобы правила лесопользования были одни для всех*».

Вместе с тем, исследуя ситуацию, связанную с собственностью на природные ресурсы в России, в частности, с собственностью на лес, нужно понимать, что социальная реальность значительно сложнее, чем ее отражение в когнитивных моделях разных социальных групп. У сторонников государственной собственности на лес данная модель ассоциирует с сохранением всех гарантий для общества. При этом люди не учитывают того, что чиновник при решении вопросов, связанных с лесом, действует в первую очередь в собственных, а не общественных интересах. С другой стороны, у сторонников частной собственности свое представление, а зачастую и интерес к этой модели. И этот интерес также основывается не на реальной экономической эффективности, а на тех же перспективах получения социальной ренты. Отсюда вытекают вполне закономерные противоречия, связанные с эффективным собственником в сфере лесного хозяйства и лесной экономики. Частная собственность на лес неэффективна из-за социальной незрелости и оппортунизма крупного бизнеса, государственная – из-за оппортунизма и безответственности чиновника. Вопрос об оптимальной модели остается открытым.

Академик РАН Д. С. Львов считал, что разговор о частной собственности на природные ресурсы (землю, лес, недра) не является принципиальным. «*Важна не сама по себе форма собственности. Важно, чтобы весь спектр прав собственности, включая и право частного владения землей, получил характер свободного рыночного оборота. Можно подобрать такую процедуру, которая, по существу, стирает формальные различия между ними, например, между частной собственностью и бессрочной арендой земли. Эти различия, в частности, вуалируют главную и определяющую причину*

[1] В соответствии с этим принципом, земля, леса и другие природные ресурсы используются и охраняются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории.

[2] При этом Конституция допускает возможность нахождения природных ресурсов в различных формах собственности, но не обязывает к тому, чтобы лесной фонд находился в этих формах собственности.

истинных различий в формах собственности: присвоение рентного дохода, который не является результатом вклада ни одного из факторов производства, кроме природных ресурсов» [Львов, 1999].

Вопросы собственности сегодня сводятся к вопросам власти. Рыночные реформы, ликвидировав государственную монополию на собственность, на первых этапах создали для градообразующих предприятий условия монопольного владения всеми ресурсами (материальными, финансовыми, трудовыми и т. п.) не только своих предприятий, но и локальных территорий, где они функционируют. В советские времена директора градообразующих предприятий отличались авторитарной политикой не только по отношению к своим работникам, но и к местному населению поселков и малых городов. Кроме того, они, как правило, имели тесную, в том числе и родственную связь с местной и региональной властью.

В ситуации высокой неопределенности будущего и в условиях отсутствия защиты прав контрактов «лесные генералы» стали носителями «специальных групп интересов», которые ориентируют производственную деятельность на семейно-родственные отношения, имеющие в значительной степени теневой или криминальный характер. Все это создает почву для ограничения конкуренции и монополизации рынков. Там, где государство не защищает и не специфицирует права собственности, эту функцию начинают выполнять экономические агенты с целью поиска ренты – получение ренты связано с использованием перераспределительной функции государства [Политическая экономия..., 2010].

Приватизация, несмотря на доминирование в структуре собственности доли рабочих и служащих, позволила директорам контролировать собственность своих и смежных предприятий (поставщиков и потребителей) силовыми методами. В последующем акции трудового коллектива были скуплены все теми же силовыми методами (угроза увольнения, невыплата заработной платы и т. п.). В результате в середине 1990-х гг. в лесном комплексе Карелии была создана модель собственности «лесных генералов» по типу феодальной, которые фактически незаконно стали безраздельно владеть лесными, производственными и трудовыми ресурсами локальных территорий. Как сказал М. Делягин: «бизнес развивался за счет захвата чужой собственности и при отсутствии института защиты прав собственности свою собственность гарантировал за счет политических механизмов» [Бузгалин и др., 2005].

Монополисты блокировали идею создания вертикальных структур, объединяющих лесозаготовителей и деревообработчиков, полагая, что будут и дальше контролировать лесной рынок. Приграничное положение (среди монополистов большинство располагалось в приграничье) давало им преимущественный выход на европейские рынки с необработанной древесиной и получения «быстрых денег» без каких-либо инвестиционных нагрузок. Здесь возникает три опасности для региона [Козырева, 2011а,б].

Во-первых, экономика, ориентированная на экспорт сырья, имеет сильную зависимость от колебаний спроса и цен на сырьевые товары европейских рынков и от изменения курса рубля. В ситуации с Карелией в 1990-е гг. эти колебания определили нестабильное социально-экономическое развитие республики – провалы в экономической сфере обусловливали социальную нестабильность.

Во-вторых, близость к границе стала фактором неконкурентоспособности карельской древесины и остается им до сих пор. Ориентация на рынок Финляндии заранее определяет завышенную цену и себестоимость заготовленной в Карелии древесины, так как предприятия заинтересованы продать ее в Европе в 1,5–2 раза дороже, чем на внутреннем рынке. Поэтому значительная часть карельских лесозаготовителей оказалась оттесненной от российского рынка, так как их древесина была слишком дорогой по сравнению, например, с архангельской или костромской [Дружинин, 2000].

В-третьих, сложившаяся ситуация закрепляет «голландскую болезнь». Лесной комплекс, а вместе с ним весь лесной кластер попадает в институциональную ловушку, которая была создана еще в 1990-е гг. Регионы, не имеющие возможности экспортировать лесное сырье и не имеющие финансовых льгот, такие как Карелия (федеральные налоги оставались в республике в специальном инвестиционном фонде), вынуждены были искать пути развития через развитие инновационных проектов в образовании, обрабатывающих производствах, новых отраслях [Дружинин, 2000].

В результате использование монопольного положения создает тройной негативный эффект для республики и ее населения. В таких условиях цель бизнеса – максимизация прибыли – реализовалась в виде получения монопольной прибыли или ренты (по Бьюкенену, рента – доход, получение которого сопровождается нанесением ущерба благосостоянию общества) [Скоробогатов, 2007]. Экономические

показатели лесных отраслей в 1990-е гг. свидетельствуют об их неэффективном развитии, а, следовательно, о неэффективном собственнике. К концу 1990-х гг. в рамках нового лесного законодательства [Лесной кодекс, 1997] региональная власть стала восстанавливать рычаги влияния на лесной бизнес через лесные ресурсы – началось внедрение арендных отношений, лесные ресурсы начали распределяться на конкурсной основе. Эти меры привели к перераспределению «прав собственности» на лес от директоров предприятий к региональным и муниципальным чиновникам, которые также в свою очередь монополизировали собственность на лесные ресурсы. Формально этот процесс проходил в рамках закона, а фактически ренту начали получать представители власти без учета интересов большинства регионального сообщества. Манипулируя лесными конкурсами, распределением прав аренды леса, требованиями к оплате аренды, чиновники действовали по тому же семейно-клановому принципу.

Новый разворот в структуре собственности лесных предприятий произошел с вводом нового Лесного кодекса в 2007 г. Региональные власти заинтересованы в привлечении крупных инвесторов на территорию республики. Именно они делают основной выбор потенциальных собственников леса и лоббируют их победу. За этим просматривается появление сращенного интереса региональной власти и крупного бизнеса.

В настоящее время продолжаются процессы, связанные с закреплением зависимости работников предприятий, жителей поселков и малых городов от политики главного собственника. Новая лесная власть при этом не несет никакой социальной ответственности. У людей отбирается не только право на работу, но и право на жилище, которое на сегодня пришло в негодность, а ремонт или приобретение нового для них практически не подъемно. Крупный бизнес сегодня не заинтересован вкладывать инвестиции в социальную сферу. У него практически нет обязательств (ни социальных, ни моральных) перед местными сообществами. Особенно остро эти вопросы стоят в депрессивных районах Республики Карелия [Проблемы..., 2007].

Кроме того, эффективность лесной экономики Карелии крайне низка – уже в 2007 г., не говоря о настоящем периоде, 90 % лесозаготовительных предприятий были убыточными. Первое десятилетие XXI в. прошло под знаком убытков. Приходится констатировать, что эффективный собственник леса пока остается недосягаемым для таких регионов, как Карелия.

В результате региональный лесной кластер, включающий помимо лесной экономики и лесное хозяйство, и работников предприятий, и так называемые лесные поселки, и условия существования этих поселков [Морозова и др., 2010], не только не развивается, а фактически деградирует. Яркий пример такого поведения – ситуация с Сегежским ЦБК, где местное сообщество стало заложником борьбы крупного капитала за сферы влияния.

В сложившихся условиях от фактических собственников ресурсов (а на сегодня это региональная власть в связке с крупным бизнесом) требуется выстраивание строгих и прозрачных схем взаимодействия с бизнесом, что могло бы способствовать легитимизации и спецификации сформированных прав собственности. При этом население должно участвовать в этой системе взаимодействия через компенсационные механизмы, обеспеченные как государством, так и бизнесом [Козырева, 2011а, б].

В настоящее время назрела необходимость переосмысления процессов, связанных с изучением социально-экономических последствий лесной политики [Проблемы..., 2010]. Республика Карелия, являясь регионом лесосырьевой ориентации, находится в состоянии выбора – продолжить путь сырьевого региона, в результате потеряв не только природные ресурсы, но и человеческий капитал или выйти на инновационные модели развития, ориентированные на поддержание устойчивости социума. В формате происходящих институциональных процессов существенно трансформируется качественная модель региона как социально-экономической системы.

Лесная политика России на протяжении 70 лет способствовала потере практически всего человеческого капитала лесосырьевых регионов. В данном контексте приобретает особый смысл идеология, ориентированная на преимущественное право именно местного населения иметь свою обоснованную долю природной ренты. В настоящее время лесной бизнес может компенсировать часть этой ренты через свою социальную и экологическую политику в местах своего присутствия, и это может быть одним из путей решения проблем лесных поселков. Проблема природно-ресурсной ренты, как показано в трудах академика Д. С. Львова, является одной из ключевых сфер общероссийских народнохозяйственных проблем. Именно она более всего отражает специфику лесосырьевых регионов. На правильном решении этой проблемы может базироваться концепция ресурсной трансформации, т. е. целенаправленного и

эффективного «превращения» природных ресурсов в ресурсы производственные, финансовые и социальные [Россия..., 2004].

Наряду с этим уже более 30 лет назад в мировой практике начала свое активное развитие новая гуманистическая идеология, имеющая под собой реальную основу стать инновационным институтом природопользования – это концепция устойчивого развития. С точки зрения экономической теории идеи устойчивости, или как они более точно звучат в английской версии – сбалансированности, уравновешенности – имеют общие корни с принципами оптимизации или «парето-улучшения», которые были предложены в начале прошлого века итальянским экономистом В. Ф. Парето. Они включают индивидуальную оптимизацию, рыночную эффективность и социальный оптимум. Здесь не хватает только экологической составляющей. В. Ф. Парето развивал идеи **«существования и стабильности равновесия»**, принадлежащие основоположнику классической школы экономики Л. Вальрасу [Компендиум по общей социологии, 2007].

Принцип «парето-оптимизации» дополняется принципом обязательной компенсации Калдора-Хикса (сформулирован в 1938–1939 гг.), согласно которому индивидуум, понесший ущерб при перераспределении, должен получить адекватную компенсацию: «Переход от одного состояния экономики к другому представляет собой улучшение общества, если те индивиды, которые получили повышение благосостояния, компенсируют потери, понесенные другими; при этом должен сохраниться общий уровень благосостояния, по крайней мере, равный исходному» [Хикс, 1999].

Данные положения имеют общие смысловые позиции с принципами концепции устойчивого развития. В представлениях об устойчивом развитии это означает, что последующее поколение, получившее в наследство истощенные природные ресурсы (леса, недра, почвы, др.), должно получить в порядке компенсации и некую накопленную ренту. Концепция УР нацелена на сохранение и развитие человеческого и социального капитала. Именно осознание первостепенной важности решения социальных проблем явилось толчком к созданию Римского клуба и, в конечном счете, к возникновению самой концепции устойчивого развития. «Без справедливого распределения ресурсов и возможностей между всеми членами человеческого общества устойчивое развитие невозможно» [Наше общее будущее, 1989].

В течение последних 20 лет в российской экономике неоднократно менялись «правила игры». Компенсационная идеология крайне медленно входит в российскую законодательную практику.

Во-первых, она была использована для разработки пакета законов о коренных малочисленных народах. В частности, последние наделяются особыми правами при получении квот на рыбную ловлю, прав лесопользования и др. Коренные народы при этом получают натуральную компенсацию от государства.

Во-вторых, компенсационная идеология заложена в национальную политику развития сельских территорий через предоставление сельским жителям права на бесплатное получение леса на корню. Законом [Закон РК, 2007] установлено, что для строительства жилья гражданин имеет право получить на семью один раз в 20 лет до 150 куб. м древесины; для дачного строительства – до 30 куб. м один раз в 25 лет; для отопления жилья, не имеющего централизованного отопления – до 15 куб. м один раз в год на одну печь. К сожалению, в настоящее время эти права обременены многочисленными барьерами.

В-третьих, в российском правовом поле есть основания, предусмотренные действующим федеральным земельным законодательством [Земельный кодекс..., № 136, 2001], позволяющим любому гражданину России один раз в жизни получить на бесплатной основе участок земли под застройку жилого дома. В соответствии с Земельным кодексом РФ основания бесплатного приобретения в собственность граждан земельных участков из государственных или муниципальных земель, также могут устанавливаться законодательством субъектов РФ. Данный закон уже принят в 30 регионах страны, но в Карелии его нет.

В-четвертых, компенсационная идеология латентно заложена в институт лесной сертификации, которую можно рассматривать как адаптацию принципа обязательной компенсации Калдора-Хикса применительно к системе лесопользования. Лесной сертификат является компенсаторным механизмом возврата местному населению доли человеческого капитала, вложенного им в формирование национального богатства страны в прошлые годы. Социальная ответственность бизнеса, являясь основным принципом лесной сертификации, нацелена на возвращение обществу доли ренты от использования природных ресурсов через социальную политику в местах своего функционирования. В данном случае местное

население получает натуральную компенсацию от бизнеса (предоставление рабочих мест, дополнительных социальных услуг, прав на переобучение и др.).

Компенсационная политика должна стать одним из приоритетных направлений государственной политики в отношении лесосырьевых территорий России. Сегодня требуется возврат к имеющимся компенсационным законам, их пересмотр с точки зрения соответствия федеральному уровню и нарушения прав населения лесосырьевых, особенно северных регионов. Также актуализируется региональная политика всесторонней поддержки лесной сертификации через создание благоприятных условий для ее реализации со стороны бизнеса.

Выводы

1. В настоящее время радикальные изменения в подходах государственной лесной политики России привели к негативным последствиям, связанным с разрушением сложившихся институциональных структур, регулирующих жизнедеятельность населенных пунктов – бывших лесных поселков РК.

2. Действующее лесное законодательство закрепляет конфликт групп интересов: бизнеса, власти и местных сообществ.

3. Сформированные отношения собственности демонстрируют неэффективные модели управления и использования лесными ресурсами, препятствующие развитию местного бизнеса и местных сообществ.

4. Экономическая теория предлагает адекватные компенсационные механизмы, позволяющие сглаживать негативные эффекты социально-экономических реформ.

5. Современная мировая лесная политика демонстрирует эффективные образцы реализации компенсационных механизмов применительно к локальным территориям, где функционирует лесной бизнес, и разным социальным группам населения, живущим на этих территориях.

6. В лесной политике отсутствуют институты, позволяющие развивать новые формы социального диалога между государством, бизнесом и местными сообществами.

7. В настоящее время актуализируется пересмотр основных подходов в государственной лесной политике и включение в нее инновационных институтов, базирующихся на принципах устойчивого развития, включающих компенсационные механизмы и подходы.

Литература

Дружинин П. В. Проблемы развития экономики Карелии // Проблемы прогнозирования. 2000. № 4. С. 51–59.

Закон РК от 12.11.2007 г. № 1134–ЗРК «О порядке и нормативах заготовки древесины гражданами для собственных нужд».

Земельный кодекс РФ (от 25.10.2001 № 136-ФЗ). Вводный комментарий к Земельному кодексу Российской Федерации.

Козырева Г. Б. Проблемы формирования современной модели собственности (на примере приграничного сырьевого региона России) // Учен. зап. ПетрГУ. Сер. «Общественные и гуманитарные науки» № 5 (118). Август, 2011а. С. 98–104.

Козырева Г. Б. Инновационные институты устойчивого развития лесосырьевых регионов России // Приложение к Журналу новой экономической ассоциации: [сайт]. [2011б]. URL: http://econorus.org/onim/e.phtml

Курамшин В. Я. Краткая история лесного хозяйства России // http: www.rosleshos.gov.ru/agency/history

Исследование состояния трудовой занятости и определение перспектив развития сельских поселений // Отчет НИР / Госконтракт № 15-08 от 7.04.2008 с Минэкономразвития РК / Науч. рук. Т. В. Морозова.

Лесной кодекс РФ № 200-ФЗ от 4.12.2006.

Львов Д. С. Земельные отношения в современной России // Природные ресурсы – национальное богатство России. Издание Госдумы. М., 1999.

Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / Пер. с англ. М., 1989.

Политическая экономия России: динамика общественного договора в 2000-х гг. Избранные труды Института национального проекта «Общественный договор», 2000–2009 / А. А. Аузан, А. В. Золотов, В. Л. Тамбовцев. М., 2010. С. 384–430.

Проблемы формирования института собственности в условиях переходной экономики. Проект РФФИ № 08–06-10031к, 2006–2008 / Науч. рук. Г. Б. Козырева.

Россия в глобализирующемся мире // Политико-экономические очерки / Отв. ред. Д. С. Львов. М.: Наука, 2004.

Скоробагатов А. С. Современная российская стабильность: предпосылки экономического развития или институциональный склероз? // Постсоветский институционализм. 2007.

Формирование региональных институциональных систем в условиях модернизации экономики северного приграничного региона // Отчет НИР № гос. регистрации 01200807137 Институт экономики Карельский научный центр РАН. Петрозаводск, 2011.

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Гос. контракт № 16.740.11.0418 от 26 ноября 2010 г.

Хикс Д. Р. Четыре излишка потребителя // Вехи экономической мысли / Сост. и общ. ред. В. М. Гальперина. СПб., 1999. С. 190–207.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Козырева Галина Борисовна
заведующая отделом, д. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572090

Kozyreva, Galina
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572090

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 138–142

УДК 332.01

КОРРУПЦИЯ КАК СИСТЕМНОЕ ЯВЛЕНИЕ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

А. М. Цыпук

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье представлены суждения о бюрократической сущности системы государственного управления в современной России. Чиновники и представители законодательной власти совместно образуют олигархический правящий класс, который через коррупционные схемы запускает природные ресурсы страны в рыночный оборот. Единственный способ покончить с коррупцией – продать ресурсы тем, кто владеет средствами обработки их, т. е. капиталистам. От этого выиграют все слои населения, а Россия займет подобающее место в мировом распределении труда.

Ключевые слова: коррупция, бюрократия, государственное управление, олигархия, депутаты, сырьевая направленность экономики.

A. M. Tsypuk. CORRUPTION AS SYSTEMIC PHENOMENON IN PUBLIC ADMINISTRATION IN MODERN RUSSIA

Speculations about the bureaucratic essence of the system of public administration in modern Russia are presented. Representatives of executive and legislative authorities together constitute the ruling oligarchic class, which drives the country's natural resources into the market turnover through corruption pathways. The only way to put an end to corruption is to sell the resources to those who own the means of processing, i. e. to capitalists. All population strata would benefit from that, and Russia will occupy a proper position in global labour distribution.

Key words: corruption, bureaucracy, public administration, oligarchy, parliamentarians, raw-material oriented economy.

Бюрократия (господство канцелярии) – это специфическая форма социальных организаций в обществе, политических, экономических, идеологических и других, в которых центры исполнительной власти практически независимы от большинства членов общества [Советский энциклопедический словарь, 1982]. В современной России, впрочем, как и в доперестроечной, такими центрами являются глава правительства со своей администрацией, министерства, госкомитеты и ведомства. Сотрудники центров исполнительной власти называются государственными служащими, имеют привилегии по сравнению с остальными членами общества, им присваиваются определенные классные чины. Все это дает основания называть участников бюрократии чиновниками, что полностью соответствует энциклопедическому определению и принято общественным сознанием россиян. Переходный период от плановой экономики к рыночным отношениям характерен тем, что внутри страны природные ресурсы остаются в исключительной собственности государства, а средства их переработки в

предметы потребления (заводы и т. п.) перешли в основном в частную собственность и находятся в свободном рыночном обороте, т. е. капитализированы.

По принципу отношения с государственной собственностью (право распределения ресурсов и стабильного присвоения прибавочной стоимости через бюджет, по сути – ренты), чиновники обоснованно считают себя владельцами государства, на что обращал внимание еще К. Маркс. Чиновники становятся таковыми по принципу участия, по сути – олигархическому, так как принимают их на работу другие чиновники. Можно ли на этой основе считать, что представители бюрократической системы являются обособленным классом? Наверное, нет. Представители законодательной власти (депутаты и пр.) в современной России наделены такими же привилегиями, как чиновники и извлекают ренту из своего положения. Депутаты становятся таковыми в результате выборов, которые трудно назвать волеизъявлением большинства народа, даже если просто посмотреть статистику голосований. Почему человек становится депутатом – тайна сия велика есть. Но мало кто сомневается в том, что главное здесь деньги и мнение центров исполнительной власти.

Между чиновниками и депутатами у нас граница очень условная, разве что законодатели еще дальше от остального народа. Депутаты придают устойчивость политической системе общества, создавая видимость демократии. От непосредственного управления государственной собственностью законодатели практически отстранены, что придает им свойства паразитической части в системе государственного управления. Все решают чиновники. Но союз чиновников и депутатов нерушим, пока система государственного управления не подвергнется серьезным испытаниям.

Таким образом, особый, привилегированный, Правящий Класс в современной России создали **чиновники вместе с депутатами.** Чиновники в этом классе представляют движущую силу, а депутаты приняли на себя оплаченные обязанности их обслуживания. Два других класса, составляющих наш общественный строй – это **капиталисты** и **наемные работники.**

Армия, милиция и пр. составляют **особую группу вооруженных людей,** являющуюся непременным атрибутом любого государства.

Используя политэкономический подход, правящий класс в России можно определить как **олигархический,** захвативший собственность на ресурсы государства. Этот класс существует, опираясь на взаимную поддержку его представителей, что называется принципом участия [Советский энциклопедический словарь, 1982], являясь, по сути, круговой порукой. Кстати, отдельные крупные представители современного российского бизнеса олигархами называются ошибочно, так как не образуют сплоченной группы, не имеют центральной руководящей фигуры и практически беззащитны перед правящим классом. Истинная олигархия структурирована, имеет высшие и низшие эшелоны, самовоспроизводится, разрабатывает и поддерживает законодательную базу и силовое обеспечение своего господства. Олигархия обеспечивает представителям своего класса жизненный уровень, соответствующий российским представлениям о богатых людях.

Заметим, что правящий класс в государстве в основном представлен достойными гражданами, отличающимися от остального населения только тем, что они принимают решения относительно так называемой общенародной собственности, включая доходы бюджета.

Владея ресурсами в рамках своих полномочий, **чиновники** могут выбрать для себя один из трех основных сценариев обращения с ними: 1) самостоятельное использование ресурсов; 2) сохранение (консервация) ресурсов; 3) передача ресурсов кому-либо.

Сценарий № 1 для чиновников затруднителен, так как по определению государственные служащие не имеют права заниматься бизнесом. Да и зачем это им, если можно без риска извлекать ренту из своего должностного положения?

Сценарий № 2 означает, что чиновник сидит на ресурсах, как собака на сене. Ресурсы не перерабатываются и соответственно не приносят никому дохода. Наоборот, требуется выделение государственных средств на их охрану. Источник ренты в виде прибавочной стоимости скудеет. Чиновники не богатеют, общество беднеет.

Сценарий № 3, таким образом, остается наиболее приемлемым для чиновников и отвечает интересам всего общества.

В любом обществе, кроме коммунистического, передача любой собственности происходит по схеме «товар–товар», «товар–услуга» или «товар–деньги–товар». Передавая ресурсы владельцу завода или перекупщику, работающему в условиях конкуренции, чиновник получит вознаграждение, даже если его не попросит. Богатея, чиновник приобретает возможность купить более высокое место по служ-

бе, получая доступ к большему объему ресурсов. Лично для чиновника это равносильно расширенному воспроизводству.

Ресурсы, пропорционально коррупции, во всевозрастающем объеме включаются в рыночный оборот, растет производство продукции, общество богатеет. Таким образом, в обществе, где природные ресурсы находятся в исключительной собственности государства, коррупция – это индекс экономического развития!

Сравнивая регионы по уровню коррупции и уровню жизни (всех, в том числе так называемых простых людей), нетрудно установить прямую связь между этими показателями. Например, Москва относится к наиболее богатым регионам, а Карелия – к наиболее бедным. Коррупция как неразрывно присущая чиновнику функция не исключает социальной справедливости, т. е. обеспечения основных прав человека. Например, каждый член общества по законам Божеским и человеческим имеет право на жизнь. Это право обеспечивается доступом к питанию, жилью, услугам (здравоохранение и т. п.). Необходимый минимум жизнеобеспечения обеспечивается зарплатой, пенсией, льготами.

Если простой человек (не чиновник или депутат) живет по минимуму, то он может вообще никогда в жизни не столкнуться с проявлениями коррупции. Чиновники также получают жалованье, обеспечивающее их простое воспроизводство, и если ни на что большее не претендуют, то обходятся без коррупции. Любой человек, который хочет жить выше минимума, должен получить прибавочную стоимость. Но для этого он должен приложить дополнительные усилия.

Рассмотрим пример использования с этой целью такого специфичного ресурса, принадлежащего государству, как дорожный фонд. Любой инспектор ГИБДД на участке, где он контролирует движение, может существенно повлиять на процесс перевозки грузов и пассажиров. Если водитель соблюдает правила движения, то инспектор его не тормозит, и отношения коррупции между ними не возникают. Более того, инспектор бесплатно окажет такому водителю услугу, например, сообщит о наилучшем маршруте движения. Налицо социальная справедливость. Если водитель превысил скорость, то он тем самым получил конкурентные преимущества перед другими участниками движения. Однако за это он заплатит деньги, часть из которых попадет лично инспектору.

Чем больше превышение скорости, тем больше доход инспектору. Но – труд инспектора, который заключается в обеспечении безопасности для всех участников движения, в условиях повышения его интенсивности становится более напряженным, требует повышенной квалификации. Можно ли говорить, что инспектор получает деньги сверх зарплаты ни за что?

В регионах с повышенной коррупцией скорости на дорогах выше, сравним Ленинградскую область и Карелию. Может коррупция – это благо для общества? Коррупция – это страшное зло, похожее по эффекту на действие наркотиков. Проблемы решаются, жизнь становится проще, лучше, веселее, а затем – следует **страшная расплата.**

Причина заключается в том, что чиновникам, занятым распределением (продажей) ресурсов, не хватает времени, сил (и заинтересованности) на выполнение функций, находящихся в возможностях исключительно государственных. Коррупция является неизбежной при переходе собственности из государственного владения в частное владение. Но именно она может разрушить государство. Сырьевая направленность экономики усиливает бюрократию и коррупцию и вызывает рост социальной напряженности в обществе. Чиновники пользуются всеми преимуществами собственников в отношениях присвоения, но при этом не несут личной ответственности за конкретную часть вверенной им собственности на ресурсы. При монополии государства на природные ресурсы в структуре доходов бюджета преобладает экспорт сырья и полуфабрикатов. Природные ресурсы страны интенсивно истощаются, количество чиновников и коррупция возрастают при общем снижении количества и качества населения.

Власть принимает законодательные меры против коррупции в направлении неотвратимости и тяжести наказания коррупционеров. Интернет переполнен рецептами проверенных методов борьбы с коррупцией, среди которых можно выделить известные три шага:

✓ *Освободить от наказания лиц, дающих взятки, если они будут сотрудничать.*

✓ *Привлекать к ответственности взяточников, невзирая на лица.*

✓ *Конфисковать все имущество взяточников и их близких.*

Кроме этого, изобретаются всяческие карательные меры против взяточников, среди которых расстрел не является самым суровым наказанием. Предположим, это подействует, хотя тяжесть наказания никогда не гарантировала от преступлений. При достижении полного успеха в борьбе с взятками будет

подавлен единственный стимул чиновников к распределению ресурсов внутри страны, следовательно, производство будет испытывать в них недостаток, и социально-экономическое развитие России затормозится. Репрессивные меры борьбы с коррупцией входят в антагонистическое противоречие с распределительной функцией чиновников и не адекватны проблеме.

Чтобы искоренить коррупцию, необходимо устранить источники ее возникновения и успешного существования. Пора осознать, что современному государству не нужна монопольная собственность на природные ресурсы, и они должны быть запущены в рыночный оборот (капитализированы) в возможно более сжатые сроки, пока не наступило их полное истощение. Изменение собственности на природные ресурсы неминуемо приведет к приведению государственного строя России к классической капиталистической схеме, соответствующей современному состоянию производительных сил в глобальном масштабе.

Возникает вопрос, как это реально выполнить? Рассмотрим возможный сценарий на примере лесных ресурсов, которые традиционно считаются одним из главных достояний России и общенародной собственностью.

Если предложить свободную продажу лесов на аукционной основе, то можно ожидать следующих нежелательных для государства последствий:

✓ *В результате сговора между капиталистами-покупателями на внутреннем рынке цена лесных земель будет многократно занижена, и государство, представляемое в настоящее время олигархами, не получит достойной компенсации за ущерб в результате отчуждения собственности и потери таким образом классовых позиций.*

✓ *Если предложить лесные земли России на мировой рынок, то можно получить в бюджет* (*а значит в распоряжение олигархов*) *огромные средства. Однако это чревато потерей государственности, а значит и гарантий для бывших олигархов удержать присвоенные в результате такой продажи средства. Какой-нибудь быстренько сформированный международный суд признает их преступниками с вытекающими последствиями.*

Отсюда следует, что государство должно регулировать процесс перехода лесов в собственность таким образом, чтобы хозяевами их стали наиболее перспективные собственники. Это отечественные предприниматели, сумевшие в переходный период составить первоначальный капитал законным путем, обеспечить наполнение бюджета и решение социально-экономических задач в регионах. Государство не потерпит ущерба от перехода лесных земель в частную собственность, так как на этапе пребывания в аренде плату за нее можно установить в пределах, обеспечивающих выполнение доходной части бюджета. Постепенно будет расти общая сумма сборов налогов на прибыль при сохранении постоянного размера их ставки. К моменту выкупа участка эта сумма значительно превысит арендную плату и обеспечит наполнение бюджета, как это наблюдается в государствах классического капитализма.

Что ждет чиновников. Государственные служащие (чиновники), лишенные возможности внерыночного присвоения собственности, будут ликвидированы как класс (станут настоящими государственными служащими) или вольются в другие классы и особые группы:

✓ *Часть чиновников, которые сумели скопить первоначальный капитал, перейдет в категорию капиталистов, т. е. окунется в стихию рынка, связанного с риском обычного предпринимательства.*

✓ *Другая часть составит категорию государственных служащих в прямом смысле этого слова. Такие служащие необходимы любому обществу и являются золотым фондом.*

✓ *Третья часть, имеющая высокую профессиональную квалификацию, пополнит ряды наемных работников с высокой зарплатой.*

✓ *Оставшиеся бывшие чиновники уйдут на заслуженный отдых с пенсией нынешних государственных служащих* (*достаточно хорошей, чтобы не обижаться на государство*).

Что ждет капиталистов. К настоящему периоду в России практически закончен передел собственности в области средств производства, за исключением природных ресурсов. Имеются свободные капиталы, по некоторым оценкам, только в иностранных банках сосредоточены сотни миллиардов $ США, принадлежащие нашим соотечественникам.

Накопленная сумма, вложенная, например, в освоение лесного участка (включая арендную плату), может быть оформлена в период аренды в качестве залога, стимулируя привлечение инвестиций со стороны, в том числе от иностранных инвесторов.

Российский капитал уверенно выйдет на мировой рынок, имея в качестве гарантии богатейшие природные ресурсы страны.

Что ждет наемных работников. Они свободны на рынке труда и являются собственниками своей личной рабочей силы, имеют возможность перемещения, в том числе за

рубеж. В результате капитализации природных ресурсов и расширения глубокой их переработки, наемные работники получат:

✓ *Новые рабочие места.*

✓ *Стимул к росту профессиональной квалификации на реальном рынке труда.*

✓ *Социальное обеспечение на уровне мировых стандартов для нуждающихся за счет увеличенного наполнения бюджета арендными платежами и затем – за счет поступлений от налогов на прибыль.*

✓ *Компактно проживающие группы коренного населения в субъектах Федерации получат в общественную собственность лесные участки, которые помогут экономически, социально и культурно сохранить национальную самобытность.*

✓ *Для всех предприимчивых людей создается перспектива перейти в класс капиталистов, или занять места государственных служащих для тех, кто имеет к этому способности.*

На основании изложенного можно сделать вывод, что капитализация природных ресурсов соответствует интересам всех классов и слоев общества и является единственно правильным направлением в искоренении коррупции как системного явления в государственном управлении современной России.

В заключение выражаю глубокую благодарность моему товарищу и старшему коллеге по работе Анатолию Ивановичу Шишкину, отказавшемуся от авторства, но чье благожелательное участие в обсуждении проблем коррупции привело к написанию данной статьи.

Литература

Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1982. 1600 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Цыпук Александр Максимович
профессор ПетрГУ, старший научный сотрудник, д. т. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Tsypuk, Alexandr
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 143–148

УДК 330.3 : 332.1(470.22)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Е. Г. Немкович, А. Е. Курило

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье дана характеристика элементов региональной инновационной системы – науки, промышленности, высшего образования и инновационной инфраструктуры. Проанализирована современная ситуация в этой сфере, описаны процессы, происходящие в настоящее время. Намечены возможности дальнейшего развития региональной инновационной системы через совершенствование организации и управление процессом коммерциализации научных разработок.

К л ю ч е в ы е с л о в а : инновации, инновационная инфраструктура, региональная инновационная система.

E. G. Nemkovich, A. E. Kurilo. INNOVATIVE PROCESSES IN REPUBLIC OF KARELIA

Components of the regional innovative system – science, industry, higher education, and innovative infrastructure are characterised. Current situation in this sphere is analyzed, ongoing processes are described. The potential for further development of the regional innovative system through organizational improvement and management of the process of commercialization of scientific developments is outlined.

K e y w o r d s : innovations, innovative infrastructure, regional innovative system.

Республика Карелия благодаря выгодному геополитическому положению имеет все условия, для того чтобы стать инновационным «полигоном» для изучения, адаптации и внедрения лучших мировых образцов техники и технологий на Европейском Севере России, обеспечивая перемещение знаний, технологий, товаров и услуг, капитала и рабочей силы с Запада на территорию страны.

Республика в своем развитии ориентируется на опыт Финляндии, которая является главным партнером Карелии. На ее долю приходится 1/3 внешнеторгового оборота республики. Из 300 предприятий с иностранными инвестициями, действующими на территории Карелии, около 200 созданы с участием инвесторов из Финляндии. Более 60 % внешней торговли осуществляется со странами Европейского Союза, а удельный вес Европы в целом составляет около 80 %. Доля инновационной продукции в объеме ВРП составляет 6 % [Бархатов, 2007]. Это достаточно высокий показатель, учитывая, что средний по субъектам РФ составляет менее 3 %.

На долю Карелии приходится около 25,4 % объемов российского производства железорудных окатышей, 25,2 % – производимой в России бумаги, 61,5 % – бумажных мешков, 4,5 % – товарной целлюлозы, 6,8 % – деловой древесины, 10,0 % – проволоки обыкновенной, 3,4 % – пиломатериалов [Экономика…].

Основной потенциал выпуска инновационной продукции в Карелии связан с использованием нового оборудования и трансфертом технологий извне. По этому показателю Карелия занимает одну из лидирующих позиций в Севе-

ро-Западном Федеральном округе. В 2009–2011 гг. внедрено порядка 700 новых технологий на производствах. В основном этим заняты предприятия малого и среднего бизнеса, постепенно наращивающие торговый оборот инновационной продукции. В перечень отгружаемой инновационной продукции из республики входят: продукция предприятий целлюлозно-бумажной, машиностроительной, пищевой, горной отраслей промышленности.

По оценке Национальной ассоциации инноваций и развития информационных технологий Карелия занимает первое место в Северо-Западном Федеральном округе и 18-е место среди субъектов Российской Федерации в рейтинговой группе «среда для развития инноваций» [Карелия...].

Научный потенциал Республики Карелия представлен академической, вузовской и отраслевой наукой. На территории республики действует Карельский научный центр РАН с семью академическими институтами и расположено 19 вузов и их филиалов. Научными исследованиями занято 950 исследователей, работающих в 16 организациях. Среди них четыре члена-корреспондента Российской академии наук, 179 докторов, 417 кандидатов наук и 85 аспирантов. Карельские ученые осуществляют исследования в 15 областях критических технологий, утвержденных Президентом Российской Федерации. Приоритетными областями научных исследований в республике являются: нанотехнологии, электроника, робототехника и использование минерально-сырьевых ресурсов в промышленности.

В сфере критических технологий ведется совершенствование технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов, технологии экологически безопасной разработки месторождений и добычи полезных ископаемых, технологии лесовосстановления и деревообработки, технологии рационального природопользования и других. В частности, разработана новая конструкция генератора холодной плазмы для биомедицинских приложений, разработаны нанопокрытия на жаропрочных сплавах. Ряд тем связан с разработкой научных обоснований для управленческих решений по развитию транспортно-логистической системы РК, формированию туристических потоков в РК и др.

Петрозаводский госуниверситет не только оперативно реагирует на изменение приоритетов развития Карелии, но и упреждает их, формируя благоприятную кадровую среду для их реализации. Здесь готовят специалистов нового типа – инновационных менеджеров, способных обеспечивать процессы коммерциализации и трансферта новых технологий. Университет становится единым учебно-научно-производственным комплексом, нацеленным на построение в приграничном регионе России общества, основанного на знаниях.

На сегодняшний день в Карелии создана материально-техническая база, на основе которой идет формирование региональных информационных ресурсов, необходимых для социально-экономического развития РК и построения региональной инновационной системы республики. Это будет механизм, который объединит усилия власти, ученых, производственников, финансистов, бизнеса с целью ускорения социально-экономического развития республики и роста благосостояния населения. Сфера научно-исследовательской деятельности является звеном современной хозяйственно-экономической системы. В обществе происходит стремительная переоценка роли науки в развитии общества и поиск путей вхождения ее в современную экономику. В постиндустриальной экономике роль знаний меняется, и они выступают как [Рагулина, 2009]: непосредственный продукт деятельности; предмет непосредственного конечного потребления; производственный ресурс, используемый в процессе производства продукции; предмет и средство распределения и/или рыночных трансакций; средство тезаврации (накопления); орудие или инструмент управления; средство консолидации общества.

Несмотря на то, что наука встроена в экономическую систему, пока не выработан механизм и инструментарий для того, чтобы этот совершенно уникальный потенциал знаний запустить в работу в современных условиях хозяйственно-экономической деятельности. Сложилась ситуация, нерациональная для социально-экономического развития, при которой разработанные новшества не превращаются в инновации. Настоящие инновации не идут в экономику, и это объясняется отсутствием инновационного моста между потребителями и производителями знаний.

Перед реальной экономикой на современном этапе стоит задача использования тех знаний, которые в ней создаются и накапливаются. Упрекать наших ученых в том, что они не умеют работать в коммерческих условиях нельзя, они не умеют коммерциализировать свою работу точно так же, как и иностранные. Ученые других стран коммерциализацией практически не занимаются, потому что время у них дорого и потому, что создание знаний и их распространение – это совершенно разные

вещи. Коммерциализацией продукта занимаются специалисты, хорошо знающие рынок. У нас нет таких специалистов, их еще предстоит подготовить. У нас нет венчурных и внедренческих компаний, которые бы занимались поиском коммерческих партнеров. До тех пор, пока не появится необходимая институциональная структура, осуществляющая связь между экономикой и наукой – наука не сможет оперативно продвигать свои разработки.

Тем не менее, «наша наука сохраняет лидерство в пяти стратегически важных направлениях: авиакосмическая техника, ядерная энергетика, энергомашиностроение, спецметаллургия, космические технологии. По ряду направлений лидирующие позиции можно восстановить: нанотехнологии, средства связи, водородная энергетика, лазерные и оптоэлектронные технологии, математическое моделирование, материаловедение, медикаменты. Мы балансируем на точке перелома: отставание можно наверстать, но можно отстать безнадежно» [Министр образования...].

Для развития этих направлений, как показывает опыт, необходимы привлеченные средства предпринимателей. Если бизнес не начнет инвестировать научные исследования, науке, даже с помощью государства, не удастся преодолеть создавшуюся кризисную ситуацию. В то же время наука, со своей стороны, должна научиться сотрудничать с промышленностью, с бизнесом, предлагать коммерчески востребованные разработки.

Исторически сложились два взгляда на науку: фундаментальный по Г. Галилею и прикладной по Ф. Бэкону. Сегодня эти направления в науке реально присутствуют, но наблюдается крен в сторону прикладной науки, вырабатывающей знания для технологического совершенствования реальной жизни. Прикладной характер науки существенно повернул весь уклад науки. В условиях достаточно динамичной трансформации всех элементов в системе общества практическая жизнь ставит перед учеными новые требования и сама объективно идет по другому пути. Специалисты предприятий стали самостоятельно создавать инновационные авторские модели социальных, экономических, технологических, образовательных и других систем для своих производств, фирм, организаций, школ (авторские технологии, авторские методики и т. д.). Эти авторско-заводские технологии, наряду с проектами, программами, становятся ведущей формой организации исследовательско-поисковой деятельности. Возникают новые качественные требования к ученым и специалистам. Для успешной работы и карьеры человеку важно быть не только профессионалом, но быть способным творчески, активно и грамотно включаться во все эти циклы.

В стране, как и во всем мире, основная масса диссертаций защищается практическими работниками, а наличие ученой степени становится показателем уровня профессиональной квалификации специалиста. Все это доказывает, что в современных условиях наука и практика стремительно сближаются, и формируется новая технология инновационной деятельности. И наука и практика берут на вооружение проектную логику организации и управления. Проектный подход позволяет органично соединить научную деятельность (исследования и проектирование), при которой получается новое знание и конкретный результат, нужный для практического применения (реализации) [Шишкин, 2007].

При очевидной положительной тенденции процесса сближения науки и практики возникают опасения возникновения определенных угроз или отрицательных последствий для общественной практики и для науки [Новиков]:

1. Защита большого количества диссертаций по авторским моделям фирм, финансовых структур, производств, сельскохозяйственных ферм, образовательных учреждений, муниципальных и региональных образований требует теоретического осмысления, обобщения, систематизации, чтобы они с пользой вошли в единое русло экономических, педагогических, математических и других теорий. Объем научно-теоретической информации быстро растет и к ее анализу и обобщению ученые пока практически не приступали.

2. В условиях плюрализма мнений многие ученые увлеклись созданием новых направлений в науке. Например, в экономической науке появилось множество «экономик» (переходная, криминальная, информационная, патоэкономика и т. д.), в педагогической науке – «педагогик» («антропоцентрическая педагогика», «витагенная педагогика», «гендерная педагогика» и т. д.). Естественно, исключать необходимость таких поисков совсем нельзя, но при этом происходит некоторое размывание основополагающих научных теорий.

3. В связи со стремительным ростом числа защищаемых диссертаций, разрастаются объемы научных исследований и спектр их направлений. И в условиях нарушения научных коммуникаций (отсутствие средств на командировки, малые тиражи научных журналов, эпизодическое проведение научных конференций и семинаров) и при отсутствии координации науч-

ных работ – поле проводимых исследований во многих отраслях научного знания становится труднообозримым, и ориентироваться в нем становится крайне сложно.

4. Резкий рост количества научных исследований приводит к «размыванию» научных школ. Почти каждый новый доктор наук (а то и кандидат!) набирает себе учеников и создает новую «научную школу», а его ученики, защитившись, также начинают создавать свои «научные школы» без «врастания в подлинно научную среду» и овладения методологической культурой научной работы.

Роль науки значительно трансформировалась. Современная наука представляет собой органически объединенную триаду элементов: наука как знание, наука как деятельность, наука как социальный институт. **Наука как знание** представляет особую форму общественного сознания, содержащую собой некоторую систему знаний, полученных в результате длительной когнитивной деятельности человека. **Наука как деятельность** представляет особую сферу профессионально специализированной деятельности, создающую инструменты и постоянные каналы для практического использования научных знаний, превращения их в непосредственную производительную силу, предопределяющую появление новых отраслей деятельности. **Наука как социальный институт** – это совокупность конкретных учреждений, традиций, норм, ценностей, идеалов и т. п., в которых осуществляется производство и распространение научного знания, разработка средств и методов исследования, воспроизводство ученых и обеспечение выполнения группами ученых своих социально-профессиональных функций.

В современных условиях слаженное взаимодействие этих трех составляющих науки превращает ее в новое качество, она становится социальной силой общества. Наиболее ярко это проявляется в тех многочисленных в наши дни ситуациях, когда возможности науки используются для разработки масштабных планов и программ социального экономического развития. Очень важны функции науки как социальной силы в решении глобальных проблем современности. Являясь социальной силой, наука осуществляет в обществе ряд функций, главными из которых являются:

1) познавательная функция – задана самой сутью науки, главное назначение которой – как раз познание природы, общества и человека, рационально-теоретическое постижение мира, открытие его законов и закономерностей, объяснение самых различных явлений и процессов, осуществление прогностической деятельности, т. е. производство нового научного знания;

2) мировоззренческая функция, безусловно, тесно связана с первой, главная цель ее – разработка научного мировоззрения и научной картины мира, исследование рационалистических аспектов отношения человека к миру, обоснование научного миропонимания: ученые призваны разрабатывать мировоззренческие универсалии и ценностные ориентации, хотя, конечно, ведущую роль в этом деле играет философия;

3) производственная, технико-технологическая функция призвана для внедрения в производство нововведений, новых технологий, форм организации и др. Исследователи говорят и пишут о превращении науки в непосредственную производительную силу общества, о науке как особом «цехе» производства, отнесении ученых к производительным работникам, а все это как раз и характеризует данную функцию науки;

4) культурная, образовательная функция заключается главным образом в том, что наука является феноменом культуры, заметным фактором культурного развития людей и образования.

Афоризм Ф. Бэкона: «Знание – сила» сегодня актуален как никогда. В Республике Карелия созданы основные элементы инновационной инфраструктуры: Региональный инновационный комплекс и IT-парк ПетрГУ, Инновационный центр «Укко» и Карельский центр трансферта технологий и инноваций при КарНЦ РАН, Бизнес-инкубатор РК, факультет технологии и предпринимательства КГПА, существует более 30 инновационно-активных предприятий, функционирует сайт, обеспечивающий двусторонний контакт потребителя и производителя новых технологий.

Республиканская инновационная система создается на базе уже существующих структурных элементов, имеющих необходимый кадровый потенциал. Одной из главных стратегических задач правительство Карелии считает инновационное развитие экономики республики. Для этого в Карелии имеется благоприятная среда, требуется создание условий и для модернизации, и для инноваций [В Карелии...].

В условиях складывающегося информационного общества правительство республики поддерживает проекты по информатизации сферы образования. Информационные технологии в республике постепенно становятся действенным инструментом решения социаль-

ных проблем, связанных с удаленностью и малонаселенностью районов. В настоящее время выход в Интернет имеют все учебные заведения и научные организации республики, более 40 школ, лицеев, гимназий, колледжей, 17 библиотек республики, 16 музеев, более 170 сельских школ.

Созданы инновационно-научно-деловые центры в Сортавале, Костомукше и Беломорске. Ведутся работы по использованию ГИС-технологий в качестве средства информационной поддержки решения проблем в органах государственной власти и местного самоуправления. В целях активной информационной поддержки инновационной деятельности в республике создана серия Web-сайтов, освещающих инновационную деятельность.

При осуществлении производственной деятельности знания становятся не только самостоятельным продуктом и фактором производства, но и средством тезаврации, сохранения накопленных материально-финансовых ценностей [Рагулина, 2009]. Несмотря на все сложности хозяйствования, в ответ на вызовы рынка промышленные предприятия и отдельные НИИ осуществляют внедрение технологических инноваций в целом ряде секторов реального сектора экономики. Примерами такой деятельности в Республике Карелия является успешная деятельность малых инновационных предприятий:

✓ *Научно-производственное предприятие «Прорыв» является разработчиком и производителем испытательного оборудования и средств измерений в области электромагнитной совместимости, а также оборудования для испытаний импульсной электропрочности изоляции.*

✓ *ЗАО «Инженерный центр пожарной робототехники „ЭФЭР“» выпускает около 70 наименований изделий ствольной пожарной техники и пожарных роботов.*

✓ *Научно-производственная фирма ООО «Чистая вода» занимается разработкой современных технологий очистки природных и сточных вод, улавливания и очистки от бензопаров и выбросов на АЗС, обеззараживанием и очисткой промышленных стоков.*

✓ *Предприятие ООО НАК «Карбон-шунгит» ведет научно-технические разработки по использованию шунгитового вещества в различных сферах экономической деятельности.*

✓ *Компания ООО «Энергоресурс» осуществляет разработку конструкций устройств с использованием горной породы талько-хлорита, направленных на экономичное использование тепловой энергии.*

✓ *Центр ПетрГУ-Метсо Систем Автоматизации специализируется в сфере информационных технологий (IT-технологий) и оказывает услуги промышленным предприятиям по разработке предприятиями и технологическими процессами.*

✓ *ООО «Шунгитон» осуществляет производство нового наноструктурированного шунгитового наполнителя композиционных материалов.*

✓ *Предприятие ООО «Нелан-оксид» разрабатывает и производит оксидные покрытия на титане, алюминии и его сплавах, обеспечивающих высокие электроизоляционные свойства.*

В составе успешно работает сеть производственных малых инновационных подразделений: ООО «Инвадек», ООО «Центр костно-суставной патологии», ООО «Деловой софт», ООО НПП «Техностиль», ООО «Промышленная гидроакустика» и др. В инновационном предпринимательстве в основном заняты очень энергичные, высококвалифицированные граждане (каждый третий из них имеет ученую степень кандидата или доктора наук). Это дает основания для организации в Карелии новых высокотехнологичных отраслей производства, основанных на разработках в области нанотехнологий и других инновационных идей.

Все республиканские программы, связанные с развитием республики, разрабатываются при активном участии ученых, инженеров и общественности. Во всех этих документах самое серьезное внимание уделяется вопросам развития инновационной деятельности.

Общий объем государственных затрат на научные исследования и разработки из республиканского бюджета постоянно растет. В 2011 г. инновационным предприятиям было выделено более 15 млн рублей субсидий и грантов [Карелия…].

Республика Карелия является постоянным участником международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» в Санкт-Петербурге. Наши представители регулярно занимают призовые места и удостаиваются золотых и серебряных медалей.

Литература

Бархатов А. Нанотехнологии: перспективы и реальность // Карелия официальная. Официальный портал органов государственной власти Республики Карелия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gov.karelia.ru/gov/News/2007/11/1115_03.html

В Карелии наградили лауреатов международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» // Бюджет.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bujet.ru/article/125134.php

Карелия инновационная – не мечта, а уже реальность // Интернет-газета Карелия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://izdat.karelia.ru/index.php?newsid=6040

Министр образования и науки Андрей Фурсенко: «Нашей науке нужно преодолеть высокомерие» // Известия. 12.10.2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.izvestia.ru/news/316233

Научно-технический и инновационный потенциал // Сайт «Инновационный цент Ассоциации экономического взаимодействия субъектов Северо-Запада России». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://innovator-nw.ru/page.php?page_id=77#top

Новиков А. М. О роли науки в современном обществе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.anovikov.ru/artikle/rol_n.htm

Рагулина Ю. В. Стратегия управления промышленным производством в условиях функционирования экономики знаний и превращения их в основной фактор производства: Автореф. дис. …докт. эконом. наук. М., 2009 / Библиотека авторефератов и тем диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dibase.ru/article/25052009_ragulinauv/3

Шишкин А. И. Роль инноваций в Развитии Карелии // Инновационный путь развития Республики Карелия. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. 162 с.

Экономика Республики Карелия // Республика Карелия для инвестора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kareliainvest.ru/ru/economrk/

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Немкович Евгений Григорьевич
ведущий научный сотрудник, к. т. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: enemkovich@mail.ru
тел.: (8142) 572210

Курило Анна Евгеньевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: akurilo@mail.ru
тел.: (8142) 571525

Nemkovich, Evgeny
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: enemkovich@mail.ru
tel.: (8142) 572210

Kurilo, Anna
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: akurilo@mail.ru
tel.: (8142) 571525

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 149–151

УДК 061.61:37.08+001.895(470.22)

ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

О. В. Поташева, Т. А. Кодолова, С. В. Степанова

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются вопросы организации и перспектив развития научно-образовательного центра Института экономики Карельского НЦ РАН.

Ключевые слова: научно-образовательный центр, интеграция науки и образования, региональная экономика, человеческий капитал, инновационное развитие.

O. V. Potasheva, T. A. Kodolova, S. V. Stepanova. BUILDING UP THE LABOUR POTENTIAL FOR INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE REGION

Issues of the organization and development potential of the Research-&-Education Centre under the Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre of RAS are considered.

Key words: research-&-education center, integration of science and education, regional economy, human capital, innovative development.

Основой современной системы подготовки и привлечения молодежи к творческой исследовательской работе, отвечающей инновационной экономической модели социально-экономического развития России, выступают научно-образовательные центры (НОЦ), как форма организации, объединяющая научную и образовательную деятельности в научно-исследовательских институтах РАН, структурных подразделений высших образовательных учреждений и методических центров общеобразовательной среды регионов.

Эффективность предложенной формы организации процесса научно-образовательной деятельности заключается в структурной модели НОЦа, которая обеспечивает непрерывную систему подготовки кадров высшей квалификации в рамках единого научно-образовательного и инновационного пространства исследовательской работы.

Исходными принципами организации НОЦ выбраны:

1. Основа НОЦ – ведущее образовательное учреждение и/или научно-исследовательский институт (центр), проводящие фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям науки и техники, в том числе по междисциплинарным направлениям.

2. Образовательный процесс в НОЦ связан с подготовкой молодых кадров высшей квалификации и интегрирован в научно-исследовательскую деятельность НОЦ.

3. Научно-образовательный процесс ориентирован на достижение инновационных научных результатов для внедрения или реализации в виде коммерческого продукта, услуги.

Научно-образовательный центр «Региональная экономика и управление» ИЭ КарНЦ РАН (НОЦ ИЭ КарНЦ РАН) был создан в мае 2009 г. с целью исполнения информационной, координационной, интеграционной, научно-образовательной деятельности Института.

Предшествующий опыт Института в организации научной и образовательной деятельности явился основой формирования НОЦ «Региональная экономика и управление» (рис. 1). НОЦ выступил в качестве интеграционной формы взаимодействия ученых, исследователей, преподавателей, органов власти и коллективов образовательных учреждений, для осуществления научной и образовательной деятельности.

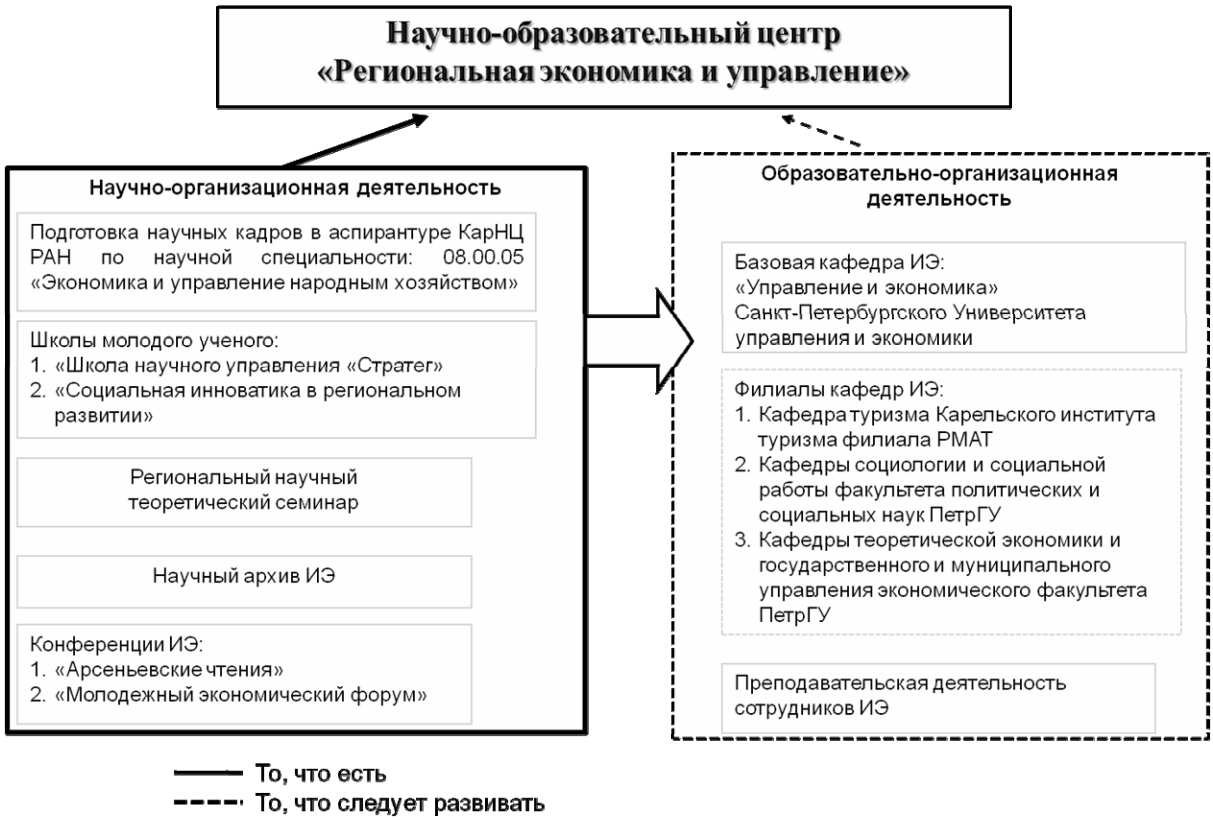


Рис. 1. Структура научно-образовательного центра Института экономики КарНЦ РАН

Главными ресурсами НОЦ явились:

1. В Институте собран и обобщен опыт фундаментальных и прикладных научных исследований по региональной экономике. Создан научный архив работ исследователей с 1998 г. в количестве более 250 единиц (в том числе 65 диссертаций, 42 – отчетов НИР, 95 – научных изданий Института экономики), который является фондовым ресурсом интеллектуального потенциала Института. Динамика изданий научных публикаций за последние десять лет подтверждает целесообразность создания НОЦ (рис. 2).

2. Кадровый состав Института представлен на 96 % остепененным коллективом ученых: 6 докторов наук и 27 кандидатов наук. В результате реформ академической науки в России руководству Института удалось в наблюдаемый период качественно повысить кадровый состав и сохранить максимально возможное количество сотрудников Института в штатном расписании. В 2011 г. показатель среднего возраста научного сотрудника составил 46 лет. Доля молодых ученых в возрасте до 35 лет выросла до 30 % от общей численности сотрудников Института.

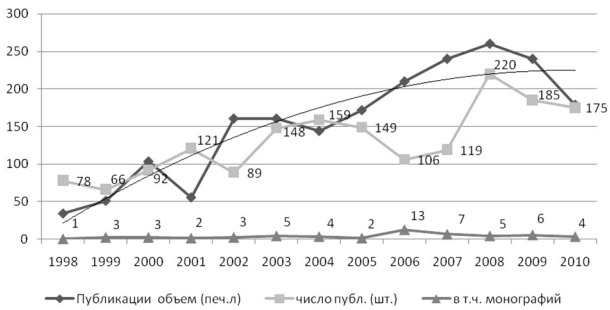


Рис. 2. Динамика показателей публикаций (статистика по паспорту ИЭ, 1998–2011 гг.)

3. Институт в рамках основной деятельности осуществляет подготовку научных кадров высшей квалификации через аспирантуру по специ-

альности «Экономика и управление народным хозяйством» 08.00.05. В период с 1998 по 2011 гг. защищено 38 диссертационных исследований, в том числе 32 кандидатские работы. Из 6 докторов наук, защитившихся на материалах исследований, проводимых в Институте, 3 продолжили темы исследований кандидатских диссертаций с интервалом менее десяти лет. Важными результатами стали: в рамках целевых программ и конкурсов РАН (Государственная стипендия Президиума РАН – Ю. В. Савельев, Э. В. Мантере; победитель седьмого конкурса «Поддержка молодых ученых» – М. В. Морошкина; 5 – получили поддержку по программе «Молодых ученых» в 2006–2007 гг.).

4. В Институте с 1998 г. организован «Региональный теоретический семинар по экономике и управлению». Ежегодно проводится не менее 12–14 семинаров.

5. Сотрудники Института выступают экспертами и консультантами по региональному и муниципальному управлению.

6. Деятельность НОЦ Института экономики КарНЦ РАН осуществляется в активном режиме сотрудничества с партнерами и подразделениями РАН, НОЦ Института экономики выполняет задачи по формированию кадрового потенциала для инновационного развития региона посредством: развития новых форм научно-образовательного процесса (бакалавр – магистр – аспирант – докторант) с обязательным участием молодых в научных исследованиях; выявление способных, заинтересованных и формирование коллектива исследователей НОЦ; разработки новых междисциплинарных курсов и в соответствии с тематикой исследований НОЦ; создания электронных пособий по всем читаемым курсам в НОЦ и каталога НИР Института.

Имеющиеся в Институте архивы и опыт выполнения научно-исследовательских работ обусловливают практическое их применение в новых условиях за счет организации и предоставления услуг по разработке и методологическому сопровождению НИР на основе сотрудничества с научными учреждениями, вузами и развития партнерских отношений с представителями власти, бизнеса и гражданского общества.

Литература

Социальная инноватика в региональном развитии // Сборник материалов шестой и седьмой Школы молодых ученых «Социальная инноватика в региональной развитии». Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 320 с.

Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. утверждена постановлением Правительства РФ 28 июля 2008 г. № 568.

Федеральный закон от 2 августа 2009 г. N 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности».

Школе научного управления «Стратег» 10 лет / Ред. колл.: Т. А. Кодолова, А. И. Шишкин и др. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2009. 60 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Поташева Ольга Вячеславовна
научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 571525

Кодолова Татьяна Алексеевна
старший научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Степанова Светлана Викторовна
научный сотрудник, к. э. н.
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Potasheva, Olga
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 571525

Kodolova, Tatyana
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Stepanova, Svetlana
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 152–156

УДК 332.055.4

ОСОБЕННОСТИ ИНЕРЦИОННОСТИ КАК СВОЙСТВА СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

А. И. Кибиткин, С. В. Петрова

Мурманский государственный технический университет

В статье уточняется категория социо-эколого-экономической системы и определяются некоторые характеристики ее инерционности.

Ключевые слова: социо-эколого-экономическая система, активная адаптация, пассивная адаптация, инерционность.

A. I. Kibitkin, S. V. Petrova. SOME CHARACTERISTICS OF LAG EFFECT AS A FEATURE OF THE SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM OF A FISHING COMPANY

The definition of the social-ecological-economic system is detailed, and some characteristics of its lag effect are determined.

Key words: social-ecological-economic system, active adaptation, passive adaptation, lag effect.

Социо-эколого-экономической системой мы назовем такую систему, которая функционирует на основе единства трех своих подсистем (структурных компонентов): экологической, социальной и экономической, при этом должен соблюдаться принцип Парето эффективности, при реализации которого улучшение функционирования одной из подсистем не должно приводить к ухудшению функционирования двух других. Рассматривая социо-эколого-экономическую систему, мы имеем дело с очень сложной вероятностной системой, имеющей гомеостатическую природу. Миссия социо-эколого-экономической системы – сохранить жизнь людей на Земле на основе глобальных и национальных, региональных и локальных систем устойчивого развития, реализация которых позволит обеспечить экономический рост, социальное развитие и экологическое равновесие [Реус, 2011. С. 34]. Одной из задач функционирования социо-эколого-экономической системы является создание благоприятных условий для устойчивого развития ее элементов: экономической, экологической и социальной подсистем в процессе достижения ее миссии.

Инерционность, являясь универсальной категорией, характерна и для социо-эколого-экономической системы, как свойство ее триединого движения. Раскрытие сущности экономической инерционности необходимо для познания механизмов реализации и прогнозирования социально-экономических процессов. Изучение параметров и свойств экономической инерционности развивает системные знания в сфере экономической динамики, помогает определить закономерности развития экономических систем разных уровней.

Главной чертой каждой функциональной системы является ее динамичность. Именно это свойство систем дает им возможность быть пластичными, внезапно менять свою архитектуру в поисках запрограммированного полезного результата [Анохин, 1973]. Инерционность как свойство сложной социо-эколого-экономической системы характеризует запаздывание, немгновенность реакции системы на силу воздействия [Сиднина, 2003. С. 15]. Инерционность социо-эколого-экономической системы – это свойство системы сохранять свое состояние (характеристики и структуру) и направление движения неизменными, пока определенные силы не изменят состояние системы. Проблему социо-эколого-экономической инерционности можно рассматривать в рамках общих и частных проблем устойчивости и изменчивости.

Процесс функционирования и развития промышленного рыболовства целесообразно рассматривать с точки зрения системного подхода как единство развития всех трех подсистем. Инерционность подсистем, составляющих социо-эколого-экономическую систему предприятия промышленного рыболовства, неодинакова. Наибольшей инерционностью обладает экологическая система, наименьшей – экономическая. На инерционность социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства влияют факторы различной природы. Самый общий набор экологических факторов может быть представлен такими как: общедопустимый улов, видовой состав биоресурсов, изменение климата, выживаемость биоресурсов, характеристики воды, сезонность промысла, загрязнение (антропогенные нагрузки: экстракция, эмиссия и оккупация [Денисов, Фомин, 2011. С. 7]). К факторам социального характера можно отнести уровень занятости, здоровья, образования и мотивации наемных работников и потребителей, специфические характеристики общества, уровень развития социальной инфраструктуры, демографические процессы. Среди экономических факторов следует назвать управленческие навыки, характеристики спроса на продукцию промышленного рыболовства, стоимость пользования биоресурсами, кредитные отношения, уровень доходов потребителей, уровень развития производственной инфраструктуры. Так, например, запаздывание воспроизводства активной части основных фондов предприятий промышленного рыболовства приводит к отставанию темпов роста объемов производства от потенциально возможных. Следовательно, состав и структура основных фондов будут, в том числе, среди факторов, определяющих инерционность социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства.

Социо-эколого-экономическую систему предприятия промышленного рыболовства следует представлять в виде иерархии соподчиненных, взаимодействующих подсистем, основным уровнем которой является экологическая подсистема. Эффективность работы верхнего уровня (экономической подсистемы) зависит и от осуществляемых ею действий, и от соответствующих реакций социальной и экологической подсистем. Поэтому можно сказать, что механизм работы всей социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства обусловливается обратной связью, т. е. реакциями на силу воздействия. Анализ инерционности позволяет сформировать представление о состоянии структуры и развития предприятия промышленного рыболовства, результатом которого будут различные варианты сценариев развития предприятия в течение определенного периода времени.

Инерционность носит противоречивый характер. Инерционность влияет как на параметры устойчивости, так и изменчивости, поскольку, с одной стороны, может проявляться через сохранение существующих положительных параметров движения, с другой стороны, может препятствовать складыванию новых системных отношений и характеристик системы [Барашов и др., 2009. С. 59].

Различают инерционность состояния и динамики системы. Под инерционностью состояния следует понимать сохранение структуры системы. Под инерционностью динамики – сохранение направления движения. Таким образом, инерционность динамики есть степень изменения скорости потоков, т. е. ускорение потоков, при котором система все еще сохраняет направление своего движения.

Одним из возможных способов измерения инерционности социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства будет измерение степени изменения скорости течения производственных, социальных и экологических процессов, выражаемое в динамике значимых параметров данной системы (комплексный показатель). Причем измерять инерционность социо-эколого-экономической системы следует не по одному, а по каждому значимому параметру [Павлов, 2009. С. 58]. Показатель степени инерционности может быть представлен агрегатным индексом инерционности элементов социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства. Силы,

влияющие на инерционность, можно разделить на внешние и внутренние. К внешним относят силы природы и внешнее общественное окружение, к внутренним – силы, возникающие внутри самой социо-эколого-экономической системы или ее подсистемы. Факторы, определяющие проявление инерционности, связаны с особенностями как самой системы, так и ее внешней среды: масштабами экономики, исторической и национальной спецификой, уровнем развития, состоянием переходности или стабильности, особенностями социальной надстройки, деятельностью международного окружения, параметрами взаимодействия с окружающей средой.

Инерционность колебаний, свойственных экономической, социальной и экологической составляющим социо-эколого-экономической системы, определяет продолжительность фаз флуктуаций; переход к следующей фазе сопровождается прерыванием инерционности предыдущей фазы. Так как экономические колебания сопровождаются социальными и экологическими в рамках единой системы, то и инерционные процессы в этих составляющих омической системы взаимовлияют друг на друга и взаимообусловливают друг друга.

В процессе развития системы в антагонистические отношения вступают инновационность и инерционность. Инерционность, с одной стороны, может обусловливать устойчивое и последовательное развитие, а инновационность, имеющая тот же вектор и развивающая существующие тенденции развития составляющих системы, поддерживает сохранение данной инерции. Но революционные инновации прерывают прежнюю инерционность.

Со свойством инерционности системы связано свойство адаптивности. Адаптивность – свойство системы, позволяющее любой системе (в том числе социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства) приспосабливаться к изменению окружающей среды. Это свойство проявляется в процессе взаимодействия системы с окружающей средой и характеризует динамические свойства системы [Новиков, 2003. С. 48–49]. Благодаря адаптации система становится устойчивой и способной выжить в данной среде. Чем меньшие изменения внешней среды приводят к реакции системы, тем выше ее чувствительность и ниже инерционность. Под адаптивностью понимается способность системы изменять свою структуру и выбирать варианты поведения под воздействием факторов внешней среды сообразно с новыми целями системы. Главная задача адаптивности – обеспечение выживания [Крайнюченко, Попов, 2005].

Рассмотрим два варианта поведения системы (рис. 1, 2).

В исходном состоянии 1 на систему влияют разнообразные факторы окружающей среды (например, Д1). При этом система выходит из устойчивого состояния 1 и оказывается в неустойчивом состоянии 2. Время перехода системы из состояния 1 в состояние неустойчивости определяется процессом инерции или пассивной адаптации (t_1). Оно складывается из двух составляющих его периодов:

t'_1 – скрытый период инерционного процесса, невидимый, невоспринимаемый управленческим звеном.

t''_1 – период осмысления, проведения анализа (оценки) и разработка мероприятий, связанных с адаптацией к данному фактору воздействия.

Таким образом, в периоде t_1 проявляется такое свойство системы как пассивная адаптивность. Это свойство системы позволяет ей в неустойчивом состоянии сохранять первичную структуру при новом движении системы (здесь – ухудшении состояния) и направление движения. Время перехода системы из состояния неустойчивости в состояние 1' определяется процессом реализации управленческих решений или активной адаптации (t_2).

t'_2 – период времени, связанный с преодолением ухудшения состояния системы (торможение негативных процессов), в этом периоде тоже наблюдается инерционный процесс, который заставляет сохранять направление движения системы, несмотря на начало реализации управленческих решений.

t''_2 – период улучшения состояния экономической системы, связанный с таким свойством системы как активная адаптивность.

Система 1 снова возвращается в устойчивое состояние. Если она возвратилась в состояние с исходными параметрами, то мы такое состояние назовем сохраненной устойчивостью, если же система пришла к состоянию с улучшенными характеристиками, то такой процесс мы назовем устойчивым развитием.

В отличие от ситуации на рис. 1 в ситуации на рис. 2 система не вернулась ни в исходное состояние, ни в состояние с новыми параметрами (прекратила свое существование). Если система более чувствительна, то период t_1 до банкротства будет значительно меньше, чем

когда она менее чувствительна. Т. е. в этом случае технологические, производственные, экономические и финансовые показатели изменяются (ухудшаются) значительно быстрее, чем в менее чувствительной системе.

Рассмотрим ситуацию, при которой на устойчивость предприятия промышленного рыболовства N повлиял фактор внешней среды. А именно, рефрижераторное судно село на мель в Норвежском море в районе о. Медвежий, что повлекло за собой гибель транспортного средства. Возможность перехода предприятия промышленного рыболовства из области устойчивого состояния 1 в область устойчивого состояния 5 зависит от параметров инерционности предприятия, которые, в свою очередь, будут зависеть от скорости реакции управляющего звена на обстоятельства случившегося и скорости ответной реакции самой системы на управленческие решения.

Так предприятие N предприняло все меры к уменьшению наступивших убытков, перераспределив работы по перевозке продукции на другие имеющиеся средства водного транспорта, чего оказалось недостаточно. Это негативно отразилось на финансовом положении организации и привело к значительному снижению выручки от услуг по перевозке грузов. Руководство компании приняло управленческое решение о приобретении нового судна-аналога.

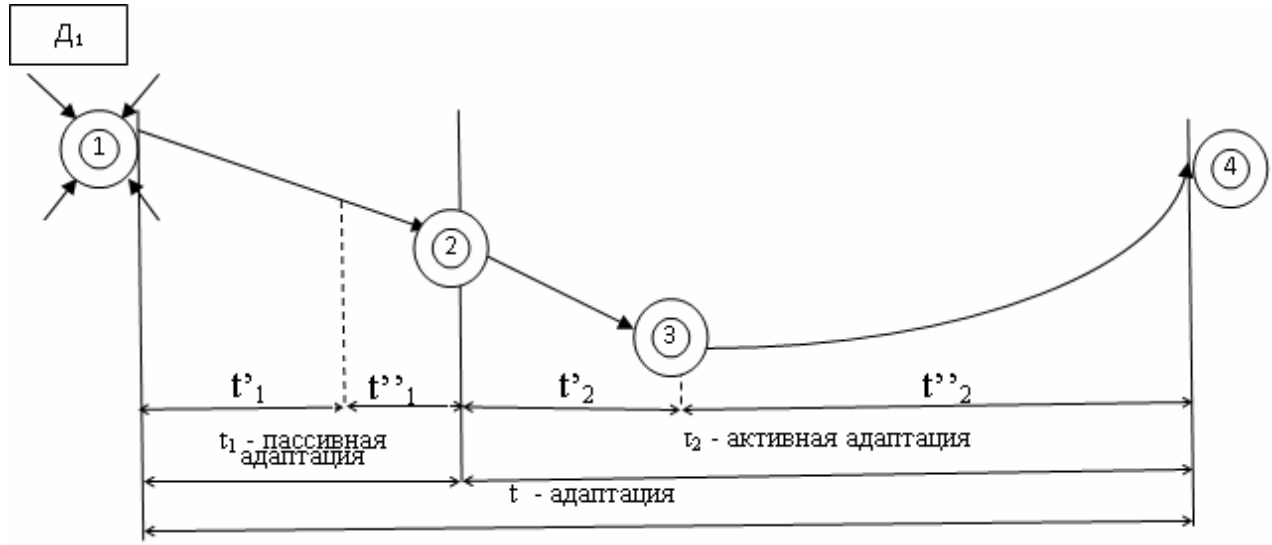


Рис. 1. Поведение системы: 1, 2, 3, 4 – состояния системы; t'_1, t''_1, t'_2, t''_2, t_1, t_2, t – время перехода из одного состояния в другое

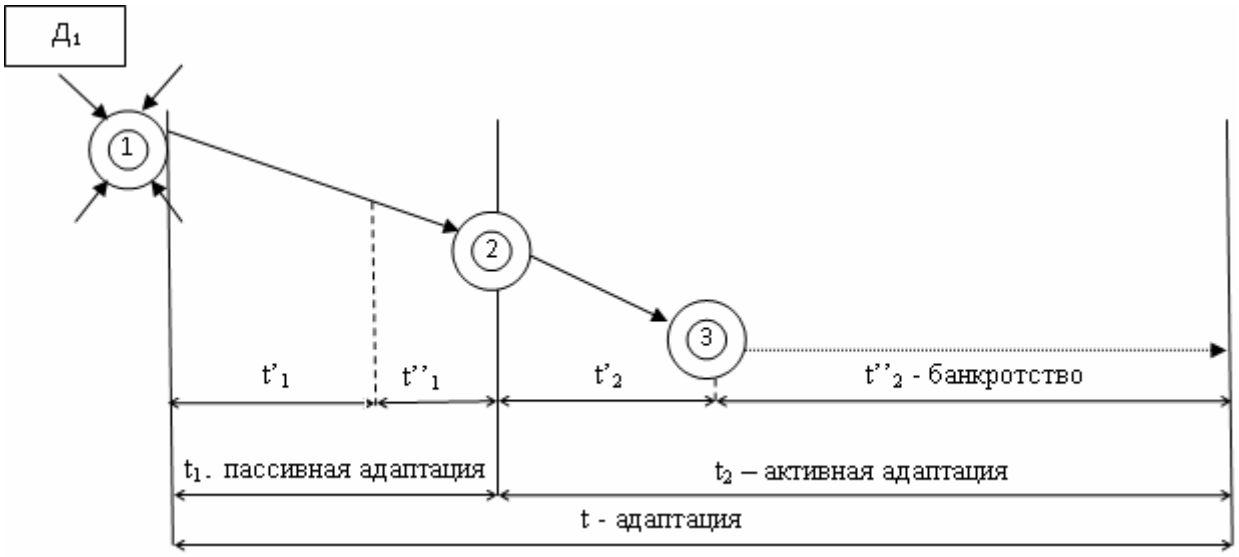


Рис. 2. Поведение системы:1, 2, 3 – состояния системы; t'_1, t''_1, t'_2, t''_2, t_1, t_2, t – время перехода из одного состояния в другое

Однако собственных и заемных средств компании оказалось недостаточно. При условии выплаты страхового возмещения страховой компанией организация N выйдет из состояния 3 и, пройдя состояние 4, перейдет в состояние 5 (устойчивое состояние). При существенной во времени задержке выплат или отказе в выплате страхового возмещения организация промышленного рыболовства, перейдя в состояние 4 и не преодолев негативных процессов, попадет в область банкротства.

Таким образом, мерой устойчивости является единство количественных и качественных характеристик системы, при которых количественные изменения внутри или вне нее не приводят к качественным превращениям. Одной из характеристик устойчивости является адаптивность, а характеристикой адаптивности системы может выступать инерционность. Качество принятия управленческих решений зависит от соответствующей квалификации специалистов предприятия с точки зрения восприятия частотных влияний, количественных характеристик, запаздывания между началом восприятия и началом воздействия фактора.

Инерционность социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства определяется во взаимоотношении факторов различной природы. Для эффективного развития предприятий рыбопромышленного комплекса необходимо знание о параметрах инерционности: каким образом и как быстро изменения в подсистемах и внешние воздействия приведут к изменению структуры и движения всей социо-эколого-экономической системы предприятия промышленного рыболовства. Существует необходимость учета инерционности при реализации экономической политики любого уровня. Успешность ее реализации зависит от точности измерения инерционности, дифференциации позитивных и опасных проявлений инерционности, учета степени инерционности системы-объекта при реализации мероприятий экономической политики, объективной возможности и необходимости преодоления или сохранения инерционных характеристик.

Литература

Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М.: Наука, 1973. http://www.raai.org/library/books/anohin/anohin.htm

Барашов Н. Г., Митяева Н. В., Соколова О. Ю. Значение атрибутивных свойств экономической системы для ее развития // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2009. № 9. С. 57–62.

Денисов В. В., Фомин С. Ю. Комплексное (интегрированное) управление природопользованием на шельфовых морях // Комплексное управление природопользованием на шельфовых морях. Аналитический материал и результаты «круглых столов». М.; Мурманск: Изд-во WWF России, 2011. 82 с.

Крайнюченко И. В., Попов В. П. Системное мировоззрение. Теория и анализ. Учебник для вузов. Пятигорск: ИНЭУ, 2005. 218 с. http://holism.narod.ru/Systems/6.htm

Новиков Ю. В. Адаптивное управление малыми предприятиями. СПб.: СПбГИЭУ, 2003. 119 с.

Павлов К. В. Инерционность социально-экономических и экологических систем // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2007. № 3. С. 4–9.

Реус Н. И. Объективные предпосылки формирования и функционирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства // Рыбное хозяйство. 2011. № 6. С. 32–35.

Сиднина В. Л. Экономическая инерционность: сущность и проблемы измерения // Экономика развития региона: проблемы, поиски, перспективы. Ежегодник. Вып. 3. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. 522 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кибиткин Андрей Иванович
заведующий кафедрой, профессор, д. э. н.
Мурманский государственный технический университет
ул. Спортивная, 13, Мурманск, 183010
эл. почта: ecofin@mstu.edu.ru
тел.: (8152) 231962

Петрова Светлана Валерьевна
старший преподаватель
Мурманский государственный технический университет
ул. Спортивная, 13, Мурманск, 183010
эл. почта: svpetrova@rambler.ru
тел.: (8152) 231962

Kibitkin, Andrey
Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia
13 Sportivnaya St., 183010 Murmansk, Russia
e-mail: ecofin@mstu.edu.ru
tel.: (8152) 231962

Petrova, Svetlana
Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia
13 Sportivnaya St., 183010 Murmansk, Russia
e-mail: svpetrova@rambler.ru
tel.: (8152) 231962

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 157–162

УДК 332.055.4

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РЫБОПРОМЫШЛЕННОЙ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Н. С. Неделько

Мурманский государственный технический университет

В статье описан подход к оценке состояний устойчивости рыбопромышленной социо-эколого-экономической системы Арктического региона на основе качественных показателей чувствительности, указаны основные направления устойчивого развития рассматриваемой системы при нахождении ее в соответствующих областях устойчивости.

Ключевые слова: социо-эколого-экономическая система, чувствительность, устойчивость, Арктический регион.

N. S. Nedel'ko. ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM OF THE FISH INDUSTRY IN THE ARCTIC REGION THROUGH DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF SENSITIVITY

An approach towards assessing the sustainability of the fish industry social-ecological-economic system in the Arctic region using qualitative indicators of sensitivity is described. The main directions for sustainable development of the system within specific sustainability domains are highlighted.

Key words: socio-ecological-economic system, the sensitivity, stability, Arctic region.

Морское промышленное рыболовство является одной из приоритетных отраслей Арктического региона РФ, поэтому актуально проследить за развитием рыбопромышленных предприятий с целью направления их в дальнейшем к устойчивому развитию.

Анализ рыбопромышленной социо-эколого-экономической системы (СЭЭС) региона сопровождается большой степенью неопределенности основных факторов соответствующих подсистем. В связи с этим состояния функционирования рыбопромышленной СЭЭС рассматриваются как множество отличных друг от друга возможных вариантов или сценариев развития. Чувствительность, как один из важнейших критериев, характеризующий реакцию системы на совокупность действующих параметров (социальных, экологических и экономических), позволяет дать описание поведения предприятия в различных областях устойчивости. При помощи чувствительности можно также выявить темпы изменения состояния системы во времени в различных областях устойчивости, проследить последовательность перехода рыбопромышленной СЭЭС из одной области устойчивости в другую, указать направления основных сценариев развития.

С одной стороны, рыбопромышленную СЭЭС можно представить как элемент экономической системы, находящейся во взаимодействии с социальной и экологической системами. С другой стороны, рыбопромышленная СЭЭС представляется в виде иерархии вертикально соподчиненных, взаимодействующих подсистем, основным уровнем которой является экологическая подсистема. При этом в каждой подсистеме происходит осуществление процесса преобразования входных данных в выходные посредством вмешательства и управления. Государство в представленной иерархии является органом, регулирующим взаимоотношения между участниками всех трех подсистем. Взаимодействие происходит не только между соседними уровнями. Непосредственное воздействие вышерасположенных уровней часто носит обязывающий характер для нижележащих уровней (вмешательство), которое проявляется в виде изменения параметров подсистем нижележащего уровня.

Успешность работы экономической подсистемы как верхнего уровня зависит не только от осуществляемых ею действий, но и от суммарного эффекта соответствующих реакций социальной и экологической подсистем. Таким образом, представляя рыбопромышленное предприятие в виде иерархии рассматриваемых подсистем, можно отметить, что качество работы всего предприятия как СЭЭС обеспечивается обратной связью, т. е. реакциями на вмешательство.

При анализе факторов рыбопромышленной СЭЭС прослеживается четкая взаимосвязь между состоянием природной среды (обеспеченность природными ресурсами, качество компонентов среды) и уровнем развития социально-экономической системы.

Большие влияния на структуру и функционирование морских экосистем связаны с изменениями природно-климатических условий, а также с усилением антропогенной нагрузки на моря АЗРФ, к которой относятся последствия различных видов деятельности и факторов воздействия, таких как: удаление сточных вод; аварийные ситуации различного рода; сейсморазведка; удаление отходов буровых и промысловых работ; строительство платформ, терминалов, трубопроводов; модификация экосистем; сбросы приловов; нарушения дна и бентоса при донных тралениях и др.

Экологические и рыбохозяйственные последствия загрязнения проявляются только в относительно локализованных участках акваторий, прилегающих к районам прямого влияния антропогенных воздействий. По ориентировочной оценке, площадь акваторий этих импактных зон не превышает 1 % от общей площади прибрежной зоны морей Арктики, которая в свою очередь занимает не более 10 % от площади арктического шельфа. Максимально возможный рыбохозяйственный ущерб от современного загрязнения Арктики не превышает потери 0,01 % биомассы промысловых видов, обитающих в водах арктических морей России. Такая величина не может быть зафиксирована на фоне высокой природной изменчивости запасов, численности и уловов промысловых организмов [Диагностический анализ..., 2011].

Промышленное рыболовство нужно рассматривать и как отдельную структуру, и во взаимодействии с другими отраслями рыбопромышленного комплекса (такими, как судоремонт, сетеснастное производство), поскольку в результате экономической деятельности предприятия неизбежно изменяются социально-экологические показатели.

Основные сложности, возникающие при построении математической модели и при компьютерной имитации процесса деятельности предприятия, заключаются в невозможности учесть все факторы. Поэтому из всей совокупности факторов, влияющих на состояние рыбопромышленного предприятия, необходимо выделить те, которые главным образом формируют финансовый поток предприятия, для чего целесообразно использовать метод главных компонент. Этот метод позволяет уменьшить пространство влияющих факторов, оставив среди них главные, имеющие большую долю в формировании финансового потока, и отбросить «шум» – факторы, которые составляют незначительное влияние на состояние рыбопромышленного предприятия. При этом необходимо учесть, что отброшенные факторы имеют свойство накапливать незначительные отрицательные возмущения со временем и, согласно теории катастроф, незначительные на первый взгляд возмущения в системе способны привести к развитию в ней необратимых процессов [Камалян, Рубан, 2007].

Определяющим фактором для предприятий промышленного рыболовства является рыбопромысловая обстановка. Промысел по

сравнению с другими видами производства продукта для общественного потребления имеет стохастический характер, поскольку условия, в которых происходит добыча рыбы, характеризуются большой неопределенностью. Общий объем выловов обусловлен размером выделяемой квоты. Среди факторов также следует выделить рыночные цены на рыбопродукцию и топливо, которые увеличивают степень неопределенности оценки состояния предприятия и могут явиться факторами, ведущими предприятия к кризису.

В результате выходной параметр (прибыль) будет случайным, чем шире диапазон изменения факторов предприятия как системы, тем больше чувствительность целевой функции предприятия и тем больше вероятность получить убыток. Анализ чувствительности формирует представление о состоянии предприятия, его развитии, причем результатом будет не конечное состояние системы, а различные варианты поведения рыбопромышленного предприятия через создание сценариев в некотором интервале времени, поскольку экономические системы проходят через множество точек бифуркаций. Сценарии развития учитывают закономерности развития системы, внешние и внутренние факторы, влияющие на ее развитие.

Представим данные о деятельности рыбопромышленного предприятия в виде пространства

$$\boldsymbol{X} = (\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \ldots, \boldsymbol{x}_N), \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{x}_i$ – векторы состояния, характеризующего предприятие при влиянии *i-го* фактора;
N – количество влияющих факторов (*i = 1, 2, 3, ..., N*).

В качестве основных оценок чувствительности используются функции чувствительности [Бесекерский, Попов, 1975], представляющие собой частные производные векторы состояния системы к изменяемому параметру и характеризуют скорость изменения соответствующего элемента вектора состояния x(t) по времени при изменении компоненты вектора параметров p:

$$\upsilon_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j}, \; i = \overline{1,n}, \quad j = \overline{1,k} \qquad (2)$$

Каждая компонента вектора характеризует скорость изменения соответствующего вектора состояния при изменении соответствующего вектора параметров.

Совокупность функций чувствительности для всех состояний предприятия образуют пространство, характеризующее общую чувствительность системы к действию рассматриваемых факторов. Это пространство удобно записать в виде матрицы размерности m*n.

$$\upsilon = \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} & \frac{\partial x_2}{\partial p_1} & \ldots & \frac{\partial x_m}{\partial p_1} \\ \frac{\partial x_1}{\partial p_2} & \frac{\partial x_2}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial x_m}{\partial p_2} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{\partial x_1}{\partial p_n} & \frac{\partial x_2}{\partial p_n} & & \frac{\partial x_m}{\partial p_n} \end{pmatrix} \qquad (3)$$

Еще одной оценкой чувствительности является ускорение вектора состояния системы по времени – вторая частная производная вектора состояния системы, показывающая изменение скорости системы при изменении соответствующего параметра.

$$\boldsymbol{a}_{ij} = \frac{\partial \boldsymbol{\upsilon}_{ij}}{\partial p_j}, \; i = \overline{1,n}, \quad j = \overline{1,k} \qquad (4)$$

В экономике важно физическое понимание производной – производная показывает скорость изменения функции. Знание темпов возрастания или убывания функций (рис. 1) позволяет познать динамику экономических явлений. С точки зрения физики отрицательная скорость показывает направление движения в противоположную сторону (т. е. к началу отсчета), что рассматривается как торможение, замедление. В теории дифференциального исчисления и теории катастроф отрицательная скорость показывает на убывание функции.

Отрицательное ускорение, в отличие от скорости, не всегда означает замедление, а положительное – ускорение движения системы. При положительном ускорении скорость увеличивается в положительном направлении или уменьшается в отрицательном направлении. При отрицательном ускорении скорость увеличивается в отрицательном направлении или уменьшается в положительном направлении.

Разработка механизма чувствительности является одним из важных аспектов при исследовании устойчивости системы морского промышленного рыболовства. Применительно к рыбопромышленной СЭЭС, целесообразно использовать не просто термин «устойчивость», а говорить об устойчивом развитии системы. Устойчивость развития является фундаментальным свойством систем, отличающим их от случайного набора элементов.

Основные характеристики чувствительности позволяют определить состояние рыбопромышленного предприятия, т. е. отнести

экономическое развитие предприятия к одной из областей устойчивости, поскольку первая и вторая производная однозначно определяют поведение функции.

Характеристики чувствительности индивидуальны для каждого предприятия и зависят от местонахождения системы в одной из области устойчивости (рис. 2).

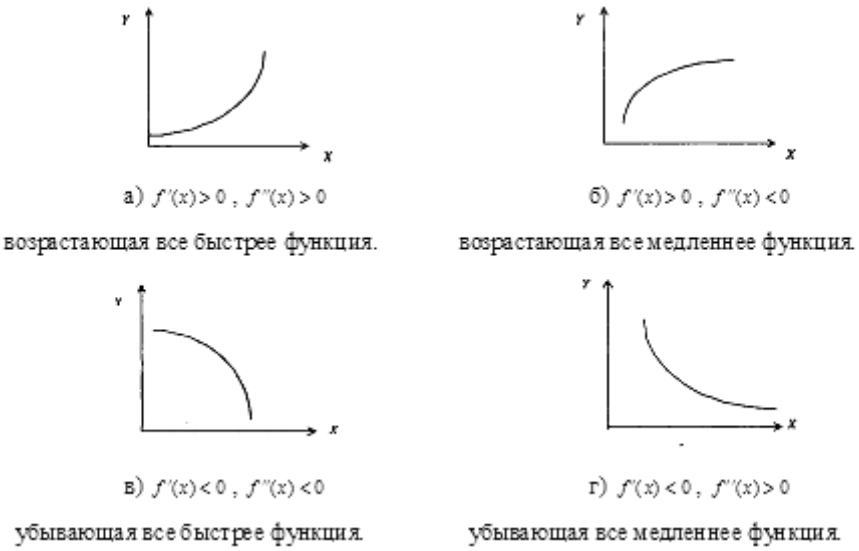


Рис. 1. Темпы возрастания функции



Рис. 2. Области состояния устойчивости предприятия [Кибиткин, Смирнова, 2011]

В состоянии неустойчивости предприятий промышленного рыболовства выделены три подобласти [Кибиткин, Сенецкая, 2009]: «область необратимого банкротства» (ОНБ), «переходная область» (ПО), «область возврата» (ОВ).

Устойчивая область (У) или область накопления экономического потенциала характеризуется устойчивым поведением экономической системы, процессом насыщения, целевой функцией которой является не только удержание состояния рыбопромышленного предприятия в равновесии, но и накопление потенциала для перехода системы на новый, более качественный уровень развития.

Область устойчивого развития характеризуется изменениями, укрепляющими и развивающими будущий потенциал предприятия. К ним относятся инвестирование, научно-техническое развитие, институциональные изменения, рациональная эксплуатация ресурсов, а также согласование этих изменений. В области устойчивого развития предприятий промышленного рыболовства также выделены три подобласти [Кибиткин, Смирнова, 2011]: «область инвестирования» (ОИ), «область устойчивого развития» (УР), «область замедленного роста» (ЗР).

При помощи имитационного моделирования были получены качественные оценки чувствительности (скорость и ускорение изменения финансового потока деятельности рыбопромышленного предприятия), которые были наложены на приведенную схему областей устойчивости (рис. 3).

В результате исследования на графике удалось показать возможные состояния системы, выявить темпы изменения состояния системы во времени в различных областях устойчивости, проследить последовательность перехода рыбопромышленной СЭЭС из одной области устойчивости в другую, указать возможные точки бифуркации системы, а также направления основных сценариев развития.

При нахождении системы в переходной подобласти происходит нарастание хаотических процессов, поэтому чувствительность предприятия промышленного рыболовства к внеш-

ним факторам высока, любое незначительное влияние на систему может повлечь за собой глобальное, скачкообразное изменение. Чувствительность здесь характеризуется отрицательной скоростью и положительным ускорением. Функция убывает все медленнее, поэтому предприятие при действии соответствующих механизмов может иметь шанс скачкообразно перейти в область возврата и успешно выйти из кризиса или перейти в область необратимого банкротства, что повлечет за собой завершение жизненного цикла.

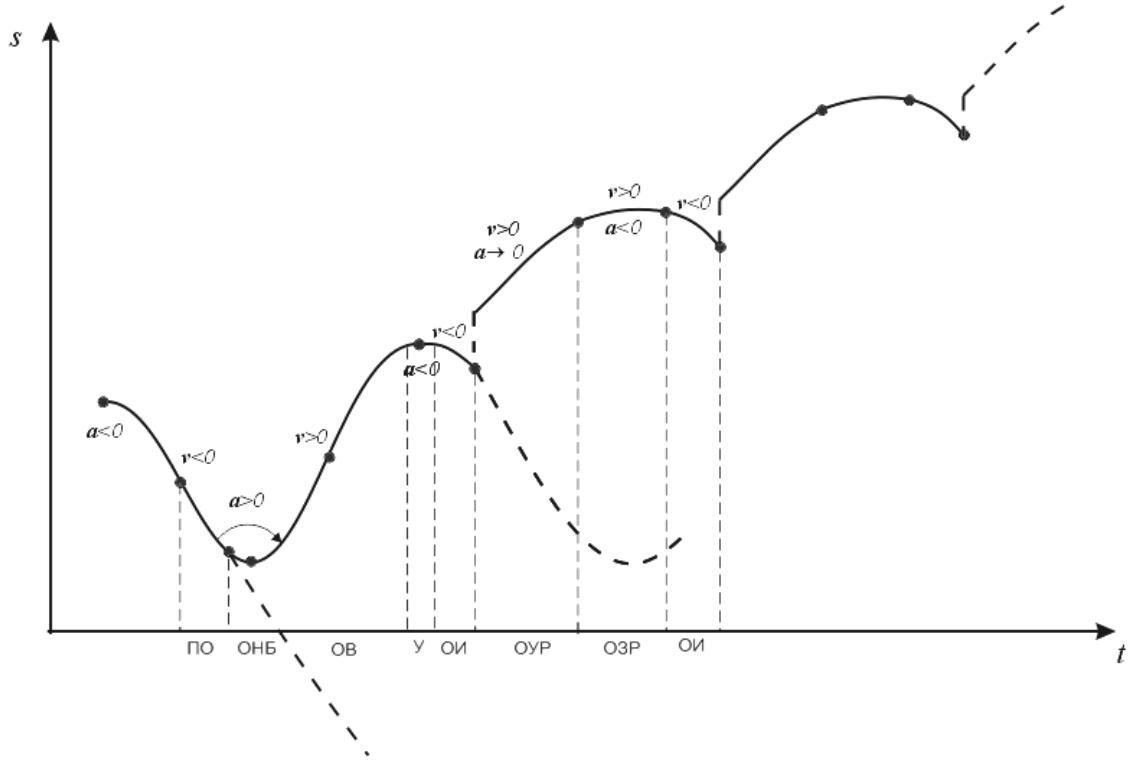


Рис. 3. Возможные состояния СЭЭС в различных областях устойчивости в соответствии с чувствительностью

С переходом в подобласть необратимого банкротства хаотические процессы приводят к систематическому генерированию убытка. Чувствительность здесь характеризуется очень маленькой скоростью, стремящейся к нулю, и значительно большим ускорением, что показывает на хаотичность и необратимость процессов, стремящихся к завершению жизненного цикла предприятия. Функционирование предприятия промышленного рыболовства, находящегося в этой подобласти, нецелесообразно и требуются значительные изменения, способные остановить процесс завершения жизненного цикла предприятия, что практически не представляется вероятным (маловероятно).

В подобласти возврата чувствительность системы характеризуется положительной скоростью и положительным ускорением, близким к нулю. Функция возрастает все быстрее и рыбопромышленное предприятие способно самостоятельно выйти из кризисной ситуации, восстановить нормальное функционирование, характеризующееся стабильным получением прибыли.

В устойчивой области происходит процесс насыщения рыбопромышленной СЭЭС, удержание экономического состояния системы в границах устойчивости, а также накопление потенциала для перехода системы на более качественный уровень развития. Здесь чувствительность характеризуется положительной скоростью, близкой к нулю, и отрицательным ускорением. Функция возрастает все быстрее. Происходит накопление потенциала для перехода системы на более качественный уровень развития. Для перехода в область устойчивого развития предприятию необходимо произвести изменения, которые позволят укрепить и развить будущий потенциал предприятия. Начало таких изменений положено в области инвестиций, в которой предприятие несет затраты, связанные с обслуживанием кредита на покупку или модернизацию судна. Чувствительность характеризуется отрицательной скоростью, близкой к нулю, и отрицательным ускорением, функция убывает все быстрее. В этой подобласти выделена точка бифуркации, проходя через которую система может не справиться со своими обязательст-

вами из-за нехватки потенциала, накопленного в предыдущей области, или, расплатившись с долгом, скачкообразно перейти на новый уровень развития.

В области устойчивого развития судно достаточно новое и не требует высоких затрат на ремонт, поэтому скорость развития системы высокая, а ускорение отрицательно и близко к нулю, система развивается. Продолжительность данной области зависит от удельного веса собственных средств в объеме инвестированных в покупку или модернизацию судна.

Переходя в подобласть замедленного роста, наблюдается снижение скорости финансового потока и отрицательное ускорение, функция продолжает характеризоваться высоким темпом роста, но по сравнению с предыдущей областью, темп ниже. Это связано, в первую очередь, с увеличением затрат на ремонт устаревающих основных фондов. Характер поведения экономической системы в этой подобласти зависит от величины сформировавшегося фонда накопления и так же отмечен точкой бифуркации – либо предприятие готово к переходу на новый качественный уровень развития, либо в область неустойчивого состояния.

Таким образом, согласно теории дифференциального исчисления, совокупность оценок чувствительности рыбопромышленного предприятия как СЭЭС позволяет однозначно определить местонахождение системы в одной из областей устойчивости и, учитывая факторы, характерные для Арктического региона, указать возможные направления изменения состояния рассматриваемой системы, способные привести ее к устойчивому развитию.

Кроме того, нет строгих стандартов сценариев перехода из одной области устойчивости в другую. Сценарии развития системы, в первую очередь, должны удовлетворять экологическим требованиям и возможностям конкретного предприятия, от деятельности которого зависит устойчивое развитие всего региона.

Литература

Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1975. 768 с.

Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации. М.: Научный мир, 2011. http://www.npa-arctic.ru/publications/da_res_ru/index.html

Камалян А. К., Рубан А. А. Модель устойчивости российского рынка кредитных ресурсов // Финансы и кредит. 2007. № 21. С. 2–5.

Кибиткин А. И., Сенецкая Л. Б. Преодоление кризисных состояний предприятий промышленного рыболовства на основе формирования механизма устойчивого развития. СПб.: Изд-во «МКС», 2009.

Кибиткин А. И., Смирнова К. А. Рациональное природопользование в сфере морского промышленного рыболовства в обеспечении устойчивого развития региона Северного бассейна. СПб.: Изд-во «МКС», 2011.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Неделько Наталья Станиславовна
старший преподаватель
Мурманский государственный технический университет
ул. Спортивная, 13, Мурманск, 183010
эл. почта: demotion@yandex.ru
тел.: (8152) 251337

Nedel'ko, Natalia
Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia
13 Sportivnaya St., 183010 Murmansk, Russia
e-mail: demotion@yandex.ru
tel.: (8152) 251337

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 163–171

УДК 338.31:622

ОБОСНОВАНИЕ УРОВНЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ[1]

И. В. Мелик-Гайказов[1], Т. А. Ковырзина[1], Ф. Д. Ларичкин[2], Ю. Г. Глущенко[3], В. Д. Новосельцева[2]

[1] ОАО «Ковдорский ГОК»
[2] ФГБУН Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН
[3] ЗАО «Российские редкие металлы»

Излагаются результаты сравнительного критического анализа точек зрения отечественных и зарубежных исследователей (по которым до настоящего времени не выработано единого мнения) об одинаковой, либо различной рентабельности (к себестоимости) продуктов комбинированной многопродуктовой переработки многокомпонентного минерального сырья. Выявлено, что экономическая эффективность производства конкретного продукта комбинированного производства в ряде случаев сохраняется и при его отрицательной индивидуальной рентабельности.

Ключевые слова: многокомпонентное сырье, комбинированная переработка, одинаковая и различная индивидуальная рентабельность, рентабельность и экономическая эффективность.

I. V. Melik-Gaikazov, T. A. Kovyrzina, F. D. Larichkin, Yu. G. Glushchenko, V. D. Novoseltseva. SUBSTANTIATION OF INDIVIDUAL PROFITABILITY AND EXPEDIENCY LEVELS OF MANUFACTURING THE PRODUCTS OF COMBINED PROCESSING OF MULTI-COMPONENT MINERAL RAW MATERIALS

The article discusses the results of a comparative critical analysis of the opinions among domestic and foreign researchers (in which no consensus has been reached yet) as to equal or different profitability (relative to cost value) of the products of combined multi-product processing of multi-component mineral raw materials. The special conditions under which profitability of all products is equal, and is otherwise different were revealed. We demonstrate that a specific product of combined processing may in a number of cases remain economically efficient even if its individual profitability is negative.

Key words: multi-component raw materials, combined processing, equal and different individual profitability, profitability and economic efficiency.

Уровень себестоимости, рентабельности, соответственно, эффективности производства продукции горнопромышленного предприятия определяется сочетанием совокупности множества переменных внутренних и внешних факторов. Ситуация усложняется при использова-

[1] Исследование выполнено при поддержке РГНФ, проект №12-32-06001 «Российская Арктика: современная парадигма развития».

нии многокомпонентного минерального сырья при комбинированной комплексной его переработке с производством хотя бы двух, а тем более широкой номенклатуры готовых товарных продуктов. Основная проблема заключается в сложности теоретического и практического выбора методологии калькулирования себестоимости каждого из получаемых продуктов. Обоснования распределения общих затрат на добычу, транспортировку и начальные операции подготовки сырья к переработке, на которых особенности ценных компонентов, как правило, не проявляются и не зависят от номенклатуры объема вырабатываемых товарных продуктов.

Любая горная порода содержит гамму ценных для различных потребителей химических элементов в разных концентрациях, технологическая возможность и экономическая эффективность их одновременного или последовательного промышленного извлечения скачкообразно улучшает технико-экономические показатели недропользования. Последнее исключительно важно для эффективного освоения и развития природно-ресурсного комплекса отраслей Крайнего Севера и Арктики, в которых сосредоточена треть минеральных ресурсов планеты, соответственно основной объем природных ресурсов России [Ларичкин, 2004, 2005].

Анализ показывает [Ларичкин, 2003, 2004, 2008], что все известные в отечественной и зарубежной литературе методы калькулирования себестоимости продукции в комбинированных комплексных производствах [NAA..., 1957; Schlatter C. F., Schlatter W. J., 1957; Кузнецов, 1964, 1971; Чумаченко,1971; Лексин, 1976; Slater, Wotton, 1984; Ткач В. И., Ткач М. В., 1994; Дитгер, 1997; Друри, 1998; Методические рекомендации..., 1998, 1999, 2004а, б; Управленческий учет..., 2005 и др.] в зависимости от способа отнесения затрат на вырабатываемую продукцию могут быть объединены в четыре группы, а по сущности применяемого критерия или базы распределения, в шесть групп.

В качестве критериев распределения предложены: непосредственная связь затрат с выработкой определенного продукта; экономические категории – себестоимость, цена, удельные капиталовложения; физические параметры полезных компонентов в сырье и готовых продуктах; различные комбинации перечисленных критериев.

В практической работе предприятий с комплексным характером перерабатываемого сырья применяются, в основном, наиболее простые и доступные из перечисленных в действующих отраслевых инструкциях [Методические рекомендации..., 1998, 1999, 2004а, б] методы: списания попутной продукции и косвенного распределения на основе оптовых цен (в большинстве отраслей), а также, частично, весовой метод (при химической переработке сланцев, в нефтеперерабатывающей промышленности и др. [Кузнецов, 1964, 1971]) и метод прямого учета, хотя в ведомственных инструктивно-методических документах [Методические рекомендации..., 1998, 1999, 2004а, б] упоминаются и другие. Как правило, перечисленные методы применяются в комбинации между собой.

Во всех инструкциях и методических рекомендациях одинаково указывается, что **предприятие в зависимости от специфики само вправе выбирать метод распределения косвенных расходов**, а в некоторых из них еще уточняется: другие методы, т. е. в том числе и не перечисленных в нормативной документации.

Сущность и особенности известных в литературе и применяемых на практике методов калькулирования индивидуальной себестоимости (табл. 1) каждого из получаемых при комбинированной переработке сырья готовых продуктов (ценных компонентов в них) достаточно подробно рассмотрены в работах [Ларичкин, 2003, 2004, 2005]. Один из основных выводов (в целях настоящей статьи) при этом состоит в том, что методы распределения затрат, используемые в зарубежной практике [Чумаченко, 1971; Ткач, 1994; Диггер, 1997; Друри, 1998], в целом, идентичны известным в России, в то же время имеются некоторые особенности, отличия, имеющие принципиальное значение, в том числе в подходах к исследуемой проблеме, кратко рассмотренных ниже.

Опыт США изучил и описал проф. Н. Г. Чумаченко [Чумаченко, 1971]. Характерно, что перед рассмотрением конкретных методов калькулирования себестоимости в комбинированных производствах Н. Г. Чумаченко отмечает, что ряд американских авторов считает безуспешными поиски способов определения обоснованной себестоимости каждого продукта: *«Правильная себестоимость комплексного процесса может быть собрана, но эта себестоимость не может быть точно распределена между несколькими продуктами. Если такое распределение требуется, оно может быть* ***произвольным*** *и настолько приемлемым, насколько это возможно»* [Schlatter C. F., Schlatter W. J., 1957].

Исследуемая проблема была предметом специального изучения Национальной ассоциации бухгалтеров-калькуляторов, которая в

1957 г. опубликовала отчет с рекомендациями [NAA..., 1957]: ***«которые, конечно, не являются обязательными для частных компаний и каждая из них имеет право осуществлять калькуляцию по-своему»(!).*** Поэтому в отчете ассоциации утверждается *«...поскольку метод определения себестоимости продукта выбирается субъективно, одинаковой компетенции бухгалтеры могут подойти к совершенно различной себестоимости одного и того же продукта и совершенно отсутствуют пути доказательства, что одна себестоимость правильнее другой»* [NAA..., 1957].

Таблица 1. Исходные данные для оценки эффективности извлечения отдельных компонентов при комплексном использовании сырья (цифры условные)

Показатели	Ед. изм.	Компоненты			Итого
		свинец	цинк	барит	
Объем добычи и переработки сырья	тыс. т.	–	–	–	100
Содержание в руде	%	4,0	2,5	15,0	
Извлечение в одноименный концентрат	%	82	70	40	
Действующая оптовая цена 1 т компонента в готовой продукции	руб.	520	330	77,8	
Стоимость компонентов в готовой продукции	тыс. руб.	1705,6	577,5	466,8	2749,9
	%	62	21	17	100
Затраты на производство, всего	тыс. руб.				2115
В том числе: – косвенные (комплексные)	тыс. руб.				1600
– прямые	тыс. руб.	140	175	200	515
Прибыль предприятия	тыс. руб.				634,9
Капиталовложения, всего	тыс. руб.				2280
В том числе: – косвенные	тыс. руб.				1400
– прямые	тыс. руб.	230	260	390	880
Коэффициент эффективности капвложений					0,278

Изложенная точка зрения является характерной для многих зарубежных и части российских исследователей, тем не менее, ее не стоит абсолютизировать, поскольку при рассмотрении конкретных методов распределения те же авторы отдают предпочтение некоторым из них, либо предлагают собственные, отвергая прочие, во всяком случае, считают приемлемыми некоторые из методов в одних условиях и не допустимыми в других.

Не конструктивными являются метания от одного метода калькулирования к другому в рамках одного и того же примера, характерные как для конкретных авторов [Друри, 1998], так и в целом для зарубежной практики.

В работе [Чумаченко, 1971] отмечается, что распространенность метода *распределения общих затрат пропорционально рыночной стоимости производимых продуктов* объясняется тем, что в этом случае рентабельность всех видов продукции становится одинаковой. В рамках работы [Чумаченко, 1971], как, впрочем, и во всех других публикациях зарубежных и отечественных авторов, обоснования однозначного вывода о одинаковой или различной рентабельности продуктов комбинированной переработки сырья нет. В качестве варианта рассматриваемого метода в работе [Чумаченко, 1971] описывается широко распространенный случай индивидуальной доработки продуктов разделения многокомпонентного сырья с различной величиной затрат на доработку. При этом вариант имеет две модификации в американской и британской практике [Чумаченко, 1971; Друри, 1998].

Первая модификация основана на вычитании стоимости доработки из рыночной цены и распределении общих косвенных затрат (до разделения) пропорционально разности между рыночными ценами готовых продуктов и индивидуальными затратами на их доработку после разделения. По терминологии, принятой в Великобритании, такой вариант калькулирования называется методом *«чистой стоимости возможной реализации»* [Друри, 1998]. Естественно, что при таком методе калькулирования, рентабельность (условная или «возможная») каждого продукта до разделения будет одинаковой, а после – в общем случае различной. Вероятно, такой результат считается неправильным, неприемлемым, поэтому используется *вторая модификация* рассматриваемого метода.

Во второй модификации «*делается попытка устранить различие в рентабельности*» [Чумаченко, 1971]. И без каких-либо комментариев приводится достаточно длинный многооперационный расчет. Суть и последовательность операций этого расчета сводятся к следующему: а) общая рентабельность производства (к издержкам) распространяется на операции доработки каждого продукта (в примере 66,7 %); б) определяется стоимость доработки

каждого продукта суммированием индивидуальных затрат по доработке и одинаковой доли прибыли к ним (66,7 %); в) рассчитывается «возможная» цена каждого продукта до их разделения за вычетом стоимости доработки (с учетом равной доли прибыли); г) общая сумма косвенных затрат до разделения распределяется пропорционально «возможным» ценам в точке разделения; д) определяется себестоимость единицы каждого продукта до доработки.

Если в результате суммировать полученную себестоимость до разделения с индивидуальными затратами по доработке каждого продукта (эта операция в примере уже не производится), то рентабельность каждого вида продукции становится одинаковой и равной общей рентабельности производства (66,7 %).

Абсолютно тот же результат получается, если сразу суммарные затраты на производство распределить пропорционально рыночным ценам вырабатываемых продуктов. Следовательно, описанная вторая модификация метода оказывается не нужной, излишней.

В учебном пособии 2005 г. по управленческому учету, изданному корпорацией Прагма при поддержке Агентства США по международному развитию [Управленческий учет..., 2005] по теме *«учет издержек комплексного производства и побочного продукта»* приводится только четыре из упомянутых выше (надо полагать из американской практики!) методов распределения косвенных затрат: метод стоимости продаж; метод натуральных показателей (вес, объем и т. п.); метод чистой стоимости реализации; метод постоянной доли валовой прибыли. За тридцать с лишним лет [см. Чумаченко, 1971; Управленческий учет..., 2005] в американской практике распределения косвенных затрат между продуктами комплексной переработки сырья принципиальных изменений не произошло. А в качестве самостоятельного используется «метод постоянной доли валовой прибыли» [Управленческий учет..., 2005] в виде длинного громоздкого варианта, аналогичного вышеописанному [Чумаченко, 1971], хотя он дает точно такие же результаты, как и исключительно простой «метод стоимости продаж».

Особенность методологического подхода и решения в работе [Управленческий учет..., 2005] проявляется в следующем исходном утверждении. *«**Совместно производимые и побочные продукты** характерны для тех отраслей, где производство основного продукта **неизбежно** ведет к производству других. Примерами таких отраслей являются: переработка сельскохозяйственной продукции – молокозавод (молоко, сливки, масло, творог); мясокомбинат (мясо, кожа, жир, кости); химическая промышленность – завод органической химии (этилен, пропилен, бензол)».*

Приведенное утверждение не выдерживает критики: при производстве, например, сливок, не обязательно производство масла или творога. В случае отсутствия спроса на любой из концентратов ОАО «Ковдорский ГОК», он «неизбежно» не будет производиться. И уж тем более на ОАО «Апатит» «неизбежно» не производится нефелиновый, а также титаномагнетитовый, сфеновый, эгириновый концентраты. Кроме того, невозможно считать единым технологический процесс на ОАО «Ковдорский ГОК», состоящий из магнитной сепарации, флотации, гравитации.

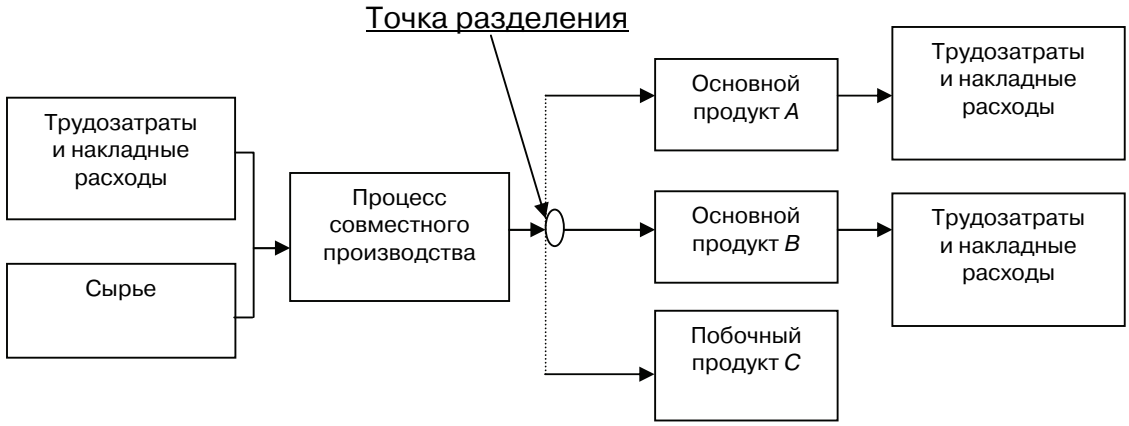
Специфика британского подхода к проблеме изложена К. Друри [1998]: *«Комплексные издержки совместного производства – важная тема в бухгалтерской науке. Они имеют большое значение при распределении накладных расходов, в том числе и в сфере обслуживания, и в бесприбыльных организациях»* [Друри, 1998, с. 230][1]. Широко применяется К. Друри термин «побочная продукция», причем разграничение основной и побочной продукции примерно аналогично российскому подходу. При этом *«...решающим критерием для определения того, является продукт основным или побочным, будет цена реализации в сравнении со стоимостью совместно производимых продуктов. Совместно производимые продукты имеют решающее значение для коммерческой жизнеспособности компании, а побочные продукты носят случайный характер»* [Друри, 1998, с. 231].

Конкретной количественной величины критерия (стоимостного) для отнесения продукта к основному, «совместным» или побочному К. Друри не приводит. В качестве примера отраслей с комплексным характером производства, *«изготавливающих совместно производимые и побочные продукты»* в работе [Друри, 1998] названы химическая, нефтеперерабатывающая, горная, мукомольная и бензиновая промышленность.

Основные особенности британского подхода к комплексным производствам проявляются в приведенной в работе [Друри, 1998] упро-

[1] В работах [Ларичкин, 2004, 2005, 2008] показаны принципиальные отличия в сущности и распределении накладных расходов и косвенных затрат на добычу и первичные стадии переработки сырья в комбинированных многономенклатурных производствах, тем более в сфере обслуживания.

щенной схеме процесса изготовления совместно производимых и побочных продуктов (рис.). В приведенном частном примере в точке разделения появляются продукты *A* и *B* и побочный продукт *C*, хотя в общем случае продукты, как правило, не больше двух, могут разделяться в одном агрегате как одновременно, так и последовательно в различные моменты времени при различных технологических режимах. Полученные продукты могут реализовываться в качестве товарных. Затраты на дополнительную обработку после точки разделения сырья можно отнести на определенный продукт. Для составления внешней отчетности необходимо, чтобы общая оценка материально-производственных запасов (МПЗ). *«Поскольку любое распределение неизбежно будет субъективным и произвольным, то этот процесс требует от бухгалтера принятия решений, которые труднее всего обосновать. Все что можно сделать, это постараться выбрать наиболее рациональный и разумный метод распределения»* [Друри, 1998, с. 232]. Приведенная цитата свидетельствует о прямом отрицании К. Друри теоретической возможности объективного научного подхода к распределению косвенных затрат и, в то же время, содержит явное противоречие, которое косвенно как раз утверждает наличие такого научного решения проблемы. Если правильного решения не существует, то из множества произвольных – нельзя выбрать наиболее рациональное. В силу ограниченности знаний человечество постепенно может приближаться к нему по мере накопления знаний. Анализируя результаты конкретного числового примера метода распределения косвенных затрат на основе натуральных показателей, К. Друри отмечает, что одинаковая себестоимость единицы каждого из продуктов при существенном различии их рыночных цен влечет за собой неверный расчет прибыли, так как для одних продуктов будет показана высокая прибыль, по другим убытки.



Процесс и заготовление основных, совместно производимых и побочного продукта [Друри, 1998]

При анализе метода распределения на основе рыночных цен рассмотрены варианты, которые описаны выше при рассмотрении практики калькулирования в США [Чумаченко, 1971]. А именно, непосредственно на основе рыночных цен, на основе разности между рыночными ценами и прямыми затратами на доработку каждого продукта – этот метод назван *«методом чистой стоимости возможной реализации»* [Друри, 1998, с. 236]. Но, получив разную рентабельность, автор считает более правильным обеспечение одинаковой доли валовой прибыли для каждого продукта и осуществляет примерно такой же расчет, как по *модификации 2 в* США. Получив равную рентабельность по каждому из продуктов, автор начинает сомневаться: *«Однако такое предположение сомнительно, поскольку мы не наблюдаем одинаковой доли валовой прибыли для отдельных продуктов в компаниях, выпускающих множество различных продуктов, затраты на которые разделимы»* [Друри, 1998, с. 237].

Видимо, поэтому и рекомендации К. Друри недостаточно конкретны и последовательны. С одной стороны, он считает, что выбор метода распределения косвенных издержек зависит от цели оценки продуктов, и что «*большинство бухгалтеров предпочтет стоимостные критерии распределения вместо натуральных».* Поэтому в качестве наилучшего он рекомендует *«метод стоимости реализации в точке разделения или метод оценки чистой стоимости возможной реализации»*. Следом за этим пишет, что *«в различных отраслях можно пользоваться различными методами»* [Друри, 1998, с. 237].

В практической деятельности разные типы компаний Великобритании используют, по данным [Slater, Wootton, 1984], различные методы распределения, в том числе нефтеперерабатывающие компании считают, что *«сложность производственных процессов и огромное количество совместно производимых продуктов сделали невозможным какое-либо осмысленное распределение затрат между продуктами»* [Друри, 1998, с. 238].

При рассмотрении особенностей учета побочных продуктов К. Друри отмечает, что главной целью компании является выпуск основных совместно производимых продуктов, поэтому *«есть повод считать, что комплексные издержки должны относиться только на основные продукты, но не на побочные продукты...»* [Друри, 1998, с. 239]. На побочные продукты рекомендуется относить только прямые затраты, связанные с доработкой каждого из них после точки разделения. К. Друри считает, что *«доходы или чистые доходы от величины побочного продукта (величина дохода от реализации побочного продукта минус дополнительные затраты на дальнейшую обработку после точки разделения) должны вычитаться из себестоимости совместно производимых или основных продуктов, выпуск которых позволяет получать побочный продукт»* [Друри, 1998, с. 239]. Остается неясным один из важнейших вопросов: **должны ли продукты комбинированной комплексной переработки многокомпонентного сырья иметь одинаковую или разную рентабельность.** Достаточно обоснованным теоретически представляется мнение многих авторов о том, что **в точке разделения получаемые продукты являются равнорентабельными**, поскольку до этого все ценные компоненты находятся в одном продукте (сырье), их физико-химические особенности никак не проявляются, не используются, не влияют на уровень затрат.

Дальнейшая индивидуальная специфическая финишная доработка каждого из выделенных, как правило, черновых промежуточных продуктов (полупродуктов) до товарного вида может осуществляться с разной эффективностью, так что **рентабельность конечных товарных продуктов комбинированного комплексного производства в общем случае теоретически будет различной.** При этом чем технологически сложнее, «затратнее» индивидуальные процессы доработки, тем различие в рентабельности может увеличиваться. И наоборот, при относительно небольших затратах на доработку по сравнению с общей величиной косвенных расходов, тем менее существенней будет различие в уровне рентабельности конечных продуктов.

Следует особо подчеркнуть, что **в условиях комбинированного комплексного производства показатель индивидуальной рентабельности (или убыточности) каждого из получаемых продуктов нельзя абсолютизировать, поскольку он имеет лишь расчетное иллюстративное (а не оценочное!) значение.**

В работах [Ларичкин, 2001, 2004, 2011] показано, что в отличие от монопродуктового производства, для которого экономическая эффективность обоснованно определяется по принципу окупаемости полной себестоимости продукта выручкой от его реализации, в специфических условиях комбинированного комплексного производства достаточным основанием для экономически обоснованной организации извлечения (производства) нового (в данном случае любого как основного, так и сопутствующего) полезного компонента (продукта) является окупаемость только приращиваемых в этом случае прямых индивидуальных затрат, непосредственно связанных с получением только оцениваемого компонента (продукта), поскольку общие косвенные затраты на добычу и подготовку сырья к многопродуктовой переработке при этом не меняются. Обоснованность этого положения наглядно и убедительно подтверждается теоретически методом графического моделирования со сравнительным анализом эколого-экономических параметров вариантов эксплуатации одного и того же месторождения горнообогатительными предприятиями соответственно: а) монопродуктовыми, б) интегрированным (по типу конгломерата) и в) комбинированным (или комплексным) многопродуктовым в расчете на один и тот же объем производства конечных продуктов по всем вариантам, а также конкретным числовым примером (табл. 1 и 2) [Ларичкин, 2001, 2004, 2011].

Технико-экономические показатели (см. табл. 1) свидетельствуют о высокой общей экономической эффективности комбинированного комплексного использования свинцово-цинково-баритовой руды по технологии простой селективной флотации, требуется определить экономическую эффективность получения каждого ценного компонента. Для простоты эффективность будем оценивать по

прибыли и коэффициенту эффективности капиталовложений.

Результаты оценки эффективности извлечения отдельных ценных компонентов по традиционному методу с учетом прямых и косвенных затрат представлены в табл. 2. При этом прямые затраты отнесены непосредственно на соответствующие выделяемые компоненты, косвенные распределялись пропорционально стоимости извлекаемых компонентов в готовой продукции по оптовым ценам. Выбор конкретного метода распределения меняет рентабельность извлечения отдельных компонентов, но в данном случае принципиального значения не имеет – главное состоит в том, учитываются ли, кроме прямых, косвенные затраты, или нет.

Таблица 2. Результаты оценки эффективности извлечения отдельных компонентов по традиционному методу, тыс. руб. (цифры условные)

Показатели	I этап оценки				II этап оценки			III этап оценки
	Извлекаемые компоненты			Итого	Извлекаемые компоненты		Итого	Извлекаемые компоненты
	свинец	цинк	барит		свинец	цинк		свинец
Затраты на производство:								
прямые	140	175	200	515	140	175	315	140
косвенные	992	336	272	1600	1195,2	404,8	1600	1600
суммарные	1132	511	472	2115	1335,2	579,8	1915	1740
Стоимость продукции	1705,6	577,5	466,8	2749,9	1705,6	577,5	2283,1	1705,6
Прибыль (+), убыток (–)	+573,6	+66,5	–5,2	+634,9	+370,4	–2,3	+368,1	–34,4
Капиталовложения:								
прямые	230	260	390	880	230	260	490	230
косвенные	868	294	238	1400	1045,8	354,2	1400	1400
суммарные	1098	554	628	2280	1275,8	614,2	1890	1630
Коэффициент эффективности капиталовложений	0,522	0,12	–	0,278	0,290	–	0,195	–

Анализ данных табл. 2 показывает, что наряду с высокой эффективностью комплексного использования сырья в целом, извлечение барита экономически нецелесообразно, рентабельность его производства отрицательна. При отказе от его извлечения предыдущие стадии производства и связанные с ними затраты не меняются.

Распределение тех же косвенных затрат между меньшим количеством извлекаемых компонентов повышает их себестоимость и фондоемкость и приводит (табл. 2, II этап оценки) к снижению эффективности использования сырья в целом (хотя она остается еще достаточно высокой) и нерентабельности, неэкономичности извлечения другого полезного компонента – цинка.

Отказ от извлечения цинка приводит (табл. 2, III этап оценки) к неэкономичности извлечения свинца и, следовательно, нерентабельности использования сырья в целом. Парадоксальность этого вывода, его очевидное противоречие с высокими исходными технико-экономическими показателями комбинированного комплексного использования сырья в целом свидетельствуют о недостатках используемого метода оценки.

По предложенному научно обоснованному [Ларичкин, 2001, 2004] методу оценки сопоставление стоимости компонентов готовой продукции с прямыми затратами на их выделение свидетельствует о высокой экономической эффективности организации извлечения каждого из рассматриваемых компонентов в отдельности при условии комплексного использования сырья. Поскольку окупаются не только прямые, но и общая сумма прямых и косвенных затрат, использование рассматриваемого сырья в целом и извлечение каждого из трех его полезных компонентов экономически эффективно (хотя индивидуальная рентабельность производства барита является отрицательной!), т. е. полностью выполняются все необходимые условия экономической эффективности комплексного использования сырья [Ларичкин, 2001, 2004].

Оценка по приростным величинам по своей сущности является производной, частным случаем всеобщей (исходной оценки) на основе полных затрат и эффектов сравниваемых вариантов. При соблюдении принципа методической сопоставимости результат оценки по обоим методам будет одинаковым. Анализ показывает, что по традиционному методу учитываются полные затраты, а эффект лишь частичный – дополнительно полученная продукция. При этом не учитывается то, что организация получения нового компо-

нента из многокомпонентного сырья снижает полные затраты, относимые на уже производимые компоненты, т. е. удешевляет их. Это снижение происходит в результате перераспределения косвенных расходов и общее удешевление продукции по величине как раз соответствует косвенным затратам, относимым на вновь выделяемый компонент (продукт).

Следовательно, если при оценке по первому методу в составе эффекта дополнительно будет учитываться удешевление продукции, количественно равное косвенным затратам, относимым на дополнительно выделяемый компонент, то в результате получим второй метод оценки эффективности извлечения каждого компонента в отдельности из условия окупаемости только прямых дополнительных затрат, связанных с организацией его производства. Тот же результат получим при оценке эффективности получения каждого из продуктов комбинированного производства при сравнении вариантов с извлечением (получением) конкретного компонента (продукта) и при отказе от его производства.

В соответствии с этим, вычисление полных затрат на выделение отдельных компонентов (связанное со сложностями методически обоснованного распределения косвенных расходов и громоздкостью расчетов при большой номенклатуре извлекаемых компонентов и многообразии вариантов технологии переработки сырья) для оценки экономической эффективности извлечения отдельных компонентов при комплексном использовании сырья является совершенно излишним и лишь увеличивает вероятность арифметических ошибок.

Использование рекомендуемого метода оценки по сравнению с традиционным существенно расширяет экономически эффективные границы комплексного использования сырья. Кроме того, в общем случае для правильного определения эффективности извлечения того или иного компонента должны максимально полно учитываться все другие факторы эффективности комбинированного комплексного использования сырья, связанные с получением оцениваемого компонента.

В специфических условиях комбинированных комплексных многопродуктовых производств важнейшим индикатором (параметром) для принятия управленческого решения о целесообразности промышленного извлечения из используемого многокомпонентного сырья любого ценного компонента (продукта) является окупаемость только прямых дополнительных затрат, непосредственно связанных с организацией его производства, а вовсе не его индивидуальная рентабельность, рассчитываемая путем сопоставления полной себестоимости и выручки от его реализации.

Поэтому на всех комбинированных комплексных многопродуктовых предприятиях должен быть налажен учет прямых индивидуальных затрат на производство каждого из вырабатываемых продуктов, поскольку, главным образом, именно от этого показателя зависит экономически обоснованный выбор рациональной номенклатуры извлекаемых из многокомпонентного сырья ценных компонентов (продуктов) и, как показано в работах [Ларичкин, 2001, 2004, 2011], политики ценообразования в динамичных рыночных условиях.

Литература

Друри К. Введение в управленческий и производственный учет: Учебн. пособие для вузов / Пер. с англ. Под ред. Н. Д. Эриашвили. Предисловие проф. П. С. Безруких. 3-е изд., перераб. и доп. М: Аудит, ЮНИТИ, 1998. 783 с.

Кузнецов Г. Д. Калькулирование себестоимости продуктов переработки комплексного сырья. М.: Экономика, 1964.

Кузнецов Д. Т. Распределение затрат и оценка экономической эффективности в комплексных производствах. М.: Экономика, 1971. 124 с.

Ларичкин Ф. Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. 252 с.

Ларичкин Ф. Д. Теория и практика стоимостной оценки полезных компонентов в минеральном сырье и продуктах его комплексной переработки. М.: НП НАЭН, 2008.

Ларичкин Ф. Д. Особенности учета затрат и калькулирования себестоимости продукции в комплексных производствах. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 105 с.

Ларичкин Ф. Д. Оценка экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Учебное пособие для вузов. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. 143 с.

Ларичкин Ф. Д. Проблемы экономического обоснования рациональной номенклатуры извлекаемых компонентов при комплексной переработке редкометалльного сырья // Развитие редкометалльной промышленности в России на базе лопарита. СПб., 2001. С. 159–167.

Ларичкин Ф. Д., Азим Иброхим, Глущенко Ю. Г. и др. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд: Учет специфики комплексного использования сырья при обосновании параметров кондиций // Горный журнал. 2011. № 8. С. 9–72.

Лексин В. Н., Токарева А. Г. Экономика комплексного использования сырья в цветной металлургии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Металлургия, 1976. 224 с.

Методические рекомендации по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) на предприятиях химического комплекса. Минэкономики РФ. М., 1998.

Методические рекомендации (Инструкция) по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесопромышленного комплекса. Минэкономики РФ. М., 1999.

Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг в сельскохозяйственных организациях) Минсельхоз РФ. М., 2004.

Методические рекомендации по планированию, формированию и учету затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг) предприятий металлургического комплекса. Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации. М., 2004.

Ткач В. И., Ткач М. В. Управленческий учет: международный опыт. М.: Финансы и статистика, 1994. 144 с.

Хан Дитгер. Планирование и контроль: концепция контроллинга. М.: Финансы и статистика, 1997. 799 с.

Чумаченко Н. Г. Учет и анализ в промышленном производстве США. М.: Финансы, 1971. 237 с.

Управленческий учет 1. Учебное пособие. Подготовлено корпорацией ПРАГМА при поддержке Агентства США по международному развитию. Бишкек, 2005.

NAA Research Report Series. 1957. N. 31, Costing Joint Products.

Schlatter C. F., Schlatter W. J. Cost Accountinq, 2d ed., New York, John Wiley and Sons, 1957.

Slater K., Wootton C. (1984) Joint and By-product Costing in the UK. Institute of Cost and Management Accountinq.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мелик-Гайказов Игорь Вячеславович
исполнительный директор ОАО «Ковдорский ГОК», к. т. н.
ул. Сухачева, д. 5, г. Ковдор,
Мурманская обл., 164141, Россия
e-mail: Igor.Melik-Gaikazov@eurochem.ru

Melik-Gaikazov, Igor
OJSC «Kovdorskiy Mining and Processing Plant»
5, Sukhachev St., Kovdor, Murmansk Region,
184141, Russia
e-mail: Igor.Melik-Gaikazov@eurochem.ru

Ковырзина Таисия Александровна
директор по финансам и экономике ОАО «Ковдорский ГОК»
ул. Сухачева, д. 5, г. Ковдор,
Мурманская обл., 164141, Россия
e-mail: Finance.Dir_kdr@ eurochem.ru

Kovyrzina, Taisya
OJSC «Kovdorskiy Mining and Processing Plant»
5, Sukhachev St., Kovdor, Murmansk Region,
184141, Russia
e-mail: Finance.Dir_kdr@ eurochem.ru

Ларичкин Федор Дмитриевич
директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, д. э. н., проф.
ул. Ферсмана, д. 24а, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209, Россия
тел.: (81555)79310, 74672
e-mail: lfd@iep.kolasc.net.ru

Larichkin, Fedor
G.P. Luzin Institute of Economic Problems Kola Scientific Centre of RAS
24a, Fersman St., Apatity, Murmansk Region, 184209, Russia
tel.: (81555)79310, 74672
e-mail: lfd@iep.kolasc.net.ru

Глущенко Юрий Григорьевич
генеральный директор ЗАО «Российские редкие металлы», к. ф. н., доцент
Кингисеппское шоссе, д. 55, г. Санкт-Петербург, 198320, Россия
e-mail: zavod@rosredmet.ru

Glushchenko, Yuri
CJSC «Russian Rare Metals»
55, Kingiseppskoe Shosse, St. Peterburg,
198320, Russia
e-mail: zavod@rosredmet.ru

Новосельцева Валентина Дмитриевна
зав. сектором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, к. э. н., доцент
ул. Ферсмана, д. 24а, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209, Россия
e-mail: Novoseltzeva@iep.kolasc.net.ru

Novoseltseva, Valentina
G.P. Luzin Institute of Economic Problems, Kola Scientific Centre of RAS
24a, Fersman St., Apatity, Murmansk Region, 184209, Russia
e-mail: Novoseltzeva@iep.kolasc.net.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 172–181

УДК 622.7.017:2; 622.7:504.064.43

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ РЕЗЕРВНОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

И. В. Мелик-Гайказов[1], Т. А. Ковырзина[1], Ф. Д. Ларичкин[2], В. И. Белобородов[3], В. Н. Переин[4]

[1] ОАО «Ковдорский ГОК»
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН
[3] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт КНЦ РАН
[4] ОАО «Мурманская ГРЭ»

Анализируются технико-экономические показатели и эффективность добычи и переработки хвостов обогащения 1-го поля хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК». На основе опыта геологоразведочных работ в условиях эксплуатируемого хвостохранилища, разработки комбинированной технологии переработки с получением стандартных железорудного, апатитового и бадделеитового концентратов выполнена технико-экономическая оценка эффективности утилизации более бедных хвостов 2-го поля хвостохранилища. В результате работ подготовлена дополнительная долгосрочная сырьевая база предприятия в виде техногенного месторождения в объеме более 115 млн т, кроме того, подсчитаны прогнозные относительно более богатые ресурсы сырья 78,5 млн т в зоне пруда-отстойника, недоступные для ведения геологоразведочных работ.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, отходы обогащения, комбинированная переработка, экономика утилизации отходов, резервная сырьевая база.

I. V. Melik-Gaikazov, T. A. Kovyrzina, F. D. Larichkin, V. I. Beloborodov, V. N. Perein. ECONOMIC EFFICIENCY OF ORE PROCESSING WASTE RECYCLING AND PREPARATION OF RAW MATERIAL RESERVES OF AN ENTERPRISE

We analyse the technical and economic indicators and the efficiency of extraction and processing of concentration wastes from the 1st field of the tailings dump of OJSC “Kovdorskiy Mining and Processing Plant”. On the basis of the experience of geological prospecting at an operating tailings dump, elaboration of an integrated processing technology yielding standard iron ore, apatite and baddeleyite concentrates a technical-economic estimation of the efficiency of recycling poorer tailings from the 2nd field of the dump was carried out. As a result, an additional long-term raw material pool in the form of a man-made deposit of over 115 mln tons was prepared for the company, and inferred relatively richer resources of 78.5 mln tons were estimated to be available in the sump pond area inaccessible for geological prospecting.

Key words: geological prospecting, concentration wastes, combined processing, economy of waste recycling, raw material reserves.

Вопрос о возможности и целесообразности вторичной переработки отходов 1-го поля хвостохранилища для получения апатитового и бадделеитового концентратов возник в связи с решением проблемы рационального использования руд Ковдорского месторождения в 1976 г., поскольку содержание ценных компонентов в заскладированных хвостах 1-го поля (P_2O_5 – 9,6–10,8 %, ZrO_2 – 0,26–0,3 %) существенно выше, чем в добываемой руде (соответственно – 7,1–7,2 и 0,15–0,16 %).

Возможность и целесообразность вторичной переработки отходов обогащения предприятия изучалась и оценивалась Мурманской геологоразведочной экспедицией, «Механобром», Институтами Кольского научного центра РАН, лабораторией обогащения ОАО «Ковдорский ГОК» в несколько этапов на пробах разных участков хвостохранилища, в различных социально-экономических условиях, с перерывами с 1976 по 2008 г. Опытно-промышленная эксплуатация техногенного месторождения в пределах 1-го поля хвостохранилища была начата в сентябре 1995 г., а промышленная в соответствии с проектом ОАО «Гипроруда» и НИПЕЦ «Промгидротехника» по производству горных работ, осушения карьерного поля, транспорта и электроснабжения объектов карьера с 30 декабря 1998 г.

Основные результаты геологического, технологического изучения объекта, опытно-промышленных испытаний, промышленного опыта повторной переработки хвостов 1-го поля хвостохранилища, выявленных проблем и путей их решения изложены в статьях исследователей, проектировщиков и эксплуатационников в специальном выпуске Горного журнала (2002 г.). При снижении спроса на железорудный концентрат и повышенном спросе на апатитовый и бадделеитовый как на внутреннем, так и на внешнем рынках, вовлечение в эксплуатацию рыхлых отходов при сокращении добычи первичной руды, требующей буровзрывных работ и дробления, достаточно высокорентабельное использование техногенного месторождения позволило существенно повысить эффективность функционирования предприятия в целом.

В начальный период сырье техногенного месторождения и руда коренного месторождения перерабатывались раздельно во времени (две декады руда и одна декада в месяц – хвосты) на одних и тех же производственных обогатительных площадях с раздельным учетом технологических и экономических показателей. Причем затраты на обогатительный передел распределялись между разными видами сырья (рудой и хвостами) пропорционально переработанным объемам, т. е. весовым методом. В 2004–2005 гг. в связи с увеличением спроса на железорудный концентрат, хвосты практически не перерабатывались (*переработка хвостов осуществлялась не более месяца в год*), с мая 2006 г. хвосты перерабатывались совместно с рудами коренного месторождения по общей технологической схеме, что практически исключало возможность определения технико-экономических показателей по использованию хвостов. С июля 2007 г. организована переработка хвостов техногенного месторождения на вновь построенной на предприятии, но не полностью еще оборудованной обогатительной Песковой фабрике (ПФ), которую в перспективе планируется использовать для переработки фосфатных апатит-штаффелитовых руд подготавливаемого к эксплуатации месторождения. С 2008 г. на предприятии в полном объеме организован учет и отражение в отчете экономических параметров производства на ПФ апатитового и бадделеитового концентратов, с учетом затрат на доводку чернового бадделеитового концентрата ПФ на АБОФ.

С вводом новой фабрики, специализированной на переработку хвостов, и задачей обеспечения ее сырьем на длительную перспективу было принято решение о геологическом изучении качественного состава, обогатимости и запасов хвостов 2-го поля в объеме, достаточном для технико-экономического обоснования эффективности их промышленного освоения. Использование накопленного предприятием многолетнего положительного опыта, выявленных при этом особенностей, проблем, закономерностей высокорентабельной промышленной эксплуатации техногенного месторождения с производством апатитового и бадделеитового концентратов является необходимым условием объективной оценки возможности и эффективности повторной переработки более бедных отходов (хвостов), накопленных на предприятии в более поздние годы и заскладированных во 2-м поле хвостохранилища.

Второе поле хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК» расположено в долине ручья Можель в 3,5 км южнее г. Ковдор. Оно отделено от первого поля дамбой и представляет собой юго-восточную часть хвостохранилища. Поскольку хвостохранилище расположено в долине ручья с притоками, то низкие части рельефа перегорожены дамбами. Значительную часть площади поля занимает акватория бассейна оборотного водоснабжения, уровень воды в

котором находится на абсолютной отметке +276,2 м. Глубина отстойника в наиболее глубоком месте достигает 16,6 м. Посередине акватории пруда-отстойника (бассейна оборотного водоснабжения) располагается водоспускной колодец, по которому осветленная вода поступает в гидросистему вторичного отстойника. Общая площадь 2-го поля хвостохранилища 667,8 га, длина – 4,0 км, ширина – 2,5 км.

Сопоставление минерального состава хвостов 1-го и 2-го поля показало, что хвосты 2-го поля хвостохранилища в сравнении с хвостами 1-го поля идентичны по минеральному составу, но более бедные по содержанию апатита и содержат большее количество магнетита, форстерита, флогопита. Карбонаты в хвостах обоих полей находятся в равных количествах.

Кроме того, содержание минералов в хвостах 2-го поля колеблется в более узком диапазоне, чем в хвостах 1-го поля. Таким образом, минеральный состав хвостов обогащения 2-го поля хвостохранилища довольно выдержанный и, как следствие этого, химический состав их колеблется также в небольших интервалах.

Сопоставление средневзвешенных содержаний основных химических компонентов в хвостах 1-го и 2-го полей хвостохранилища показало, что значительное изменение химического состава хвостов произошло только по содержанию P_2O_5 и ZrO_2. В хвостах 2-го поля по сравнению с 1-м полем содержание P_2O_5 понизилось с 8–12 % до 3–6 % (на 55 % относительно), а ZrO_2 – с 0,24–0,31 % до 0,19–0,25 % (20 % относительно), что связано с извлечением из руд Ковдорского месторождения апатита и бадделеита после запуска АБОФ.

В результате лабораторных и опытно-промышленных испытаний Горным институтом КНЦ РАН разработана технологическая схема для обогащения хвостов 2-го поля хвостохранилища. При этом в качестве рудоподготовки предложено одностадийное измельчение в замкнутом цикле с классификацией. Необходимость подготовительной операции обусловлена наличием сростков полезных минералов (магнетита, апатита, бадделеита), а также присутствием крупных зерен апатита в граничных флотационных классах крупности +0,2 мм.

Технологическая схема обогащения состоит из переделов, направленных на последовательное получение железорудного, апатитового и чернового бадделеитового концентратов. Для выделения железорудного концентрата предусмотрена двухстадийная мокрая магнитная сепарация. Ввиду низкого содержания магнетита в хвостах выход железорудного концентрата составляет 2,0–2,2 % с содержанием 58–59 % $Fe_{(вал.)}$ при извлечении 30 %. Получение более качественного железорудного концентрата возможно при условии проведения дополнительного более тонкого измельчения с последующей магнитной сепарацией. Получение апатитового концентрата включает: обесшламливание немагнитной фракции сепарации с выводом шламов из процесса, обработку пульпы реагентами и последующую флотацию (основная флотация и 3 перечистных операции). Выход кондиционного апатитового концентрата составляет 3,2–3,8 % при извлечении 27–29 % P_2O_5. Хвосты флотации апатита являются питанием гравитационного передела. В результате обогащения на винтовом шлюзе и концентрационном столе, в ходе опытно-промышленных испытаний, получен черновой бадделеитовый концентрат с содержанием 49–50 % ZrO_2 при извлечении 19–23 % ZrO_2. Для получения качественного бадделеитового концентрата рекомендовано использование технологии обогащения, применяемой в настоящее время на АБОФ ОАО «Ковдорский ГОК».

При подсчете запасов выделены два участка: северо-восточный (I) с предварительно оцененными запасами и юго-западный (II) с прогнозными ресурсами. Граница между предварительно оцененными запасами и прогнозными ресурсами отстроена на поверхности залежи с учетом реализованной сети разведочных скважин и точек интерполяции на расстоянии 100 м от крайней выработки. Расстояние интерполяции 100 м соответствует расстоянию между выработками на профилях. Граница между предварительно оцененными запасами и прогнозными ресурсами, отстроенная на поверхности месторождения, вертикально проецировалась на нижележащие горизонты. В контурах предварительно оцененных запасов в каждом подсчетном сечении (горизонте отработки) оконтурены технологические сорта техногенных отложений (хвостов), выделенных по результатам их технологических исследований, отличающиеся содержанием P_2O_5 и фракции –0,071 мм:

1. Хвосты, отнесенные к 1 технологическому сорту, где среднее содержание в оконтуренном блоке частиц менее 0,071 мм не более 56 %, а содержание P_2O_5 не менее 3 %;

2. Хвосты, отнесенные ко 2 технологическому сорту, где содержание частиц менее 0,071 мм более 56 %, а содержание P_2O_5 не менее 3 %;

3. Хвосты, отнесенные к 3 технологическому сорту, где содержание P_2O_5 менее 3 %, содержание частиц менее 0,071 мм не лимитируется.

Определение площадей в подсчетных блоках выполнялось планиметром ПП-2К с ценой деления 250 на сечениях масштаба 1 : 5000. Количество запасов хвостов определялось произведением объемов на средний объемный вес хвостов в сухом состоянии, равный 1,75 г/см^3, полученный как среднеарифметическое по результатам определения объемного веса полевыми работами «метод кольца» и определением его непосредственно при проведении опытных работ по изучению горнотехнических условий разработки 2-го поля хвостохранилища. Средний объемный вес, принятый при подсчете запасов 1-го поля хвостохранилища – 1,74 г/см^3 – подтвержден данными его разработки.

Исходные данные и результаты расчетов средних показателей содержания компонентов в прогнозных ресурсах приведены в табл. 1. Содержание P_2O_5 в прогнозных ресурсах выше, чем в предварительно оцененных, а содержание $Fe_{(вал.)}$ меньше, при одинаковом содержании ZrO_2. Геолого-экономическая оценка разведанного и технологически изученного техногенного месторождения, показавшего технологическую возможность переработки сырья с производством трех стандартных концентратов, сопряжена с необходимостью выработки и использования особых методологических подходов, учитывающих (в отличии от мономинерального сырья и монопродуктового производства) специфические особенности и закономерности комбинированной переработки многокомпонентного минерального сырья и организации на его основе многопродуктового горнопромышленного производства.

Таблица 1. Результаты расчета средних содержаний компонентов в прогнозных ресурсах 2-го поля хвостохранилища

Наименование показателей	Запасы, тыс. т	Содержания, %		
		P_2O_5	$Fe_{вал}$	ZrO_2
1. Сброшено хвостов на 01.01.2007 г.	194 286,60	5,25	3,48	0,22
2. Подсчитано запасов хвостов по состоянию на 01.01.2007 г.	115 693,07	4,50	4,27	0,21
3. Прогнозные ресурсы	78 593,53	6,35	2,31	0,23

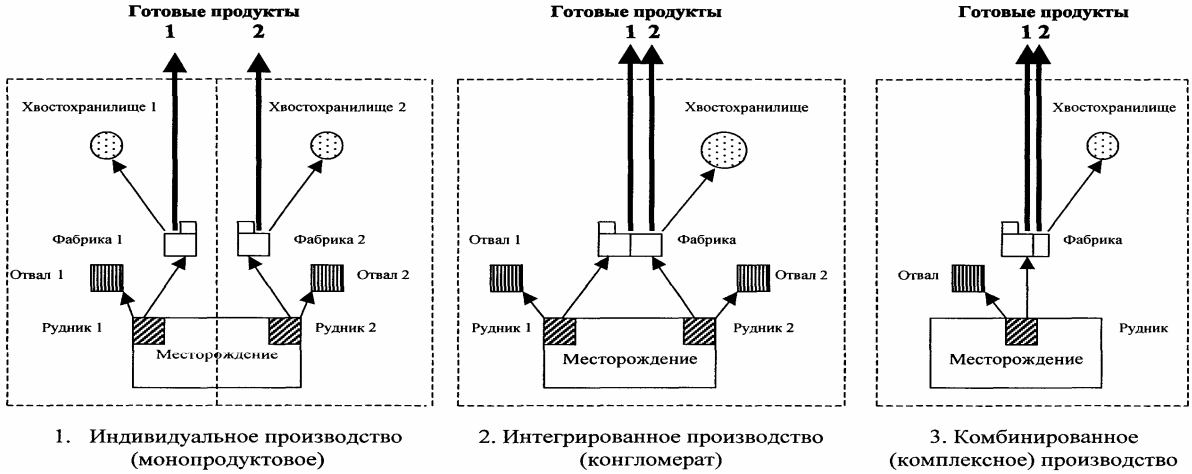
В работах [Ларичкин, 2004, 2005, 2008] показано, что основная специфическая особенность экономики комбинированных многономенклатурных производств заключается в том, что высокая экономическая эффективность комбинированного многопродуктового использования многокомпонентного сырья (минерального, растительного, биологического и т. д.) в целом еще не свидетельствует об эффективности производства каждого из содержащихся в нем и фактически извлекаемых в готовую конечную продукцию ценных составляющих (компонентов) и наоборот. Поэтому необходима не только общая оценка эффективности использования ресурса в целом, но и дифференцированная оценка экономической эффективности получения каждого из ценных составляющих в отдельности, т. е. определение рационального круга ценных компонентов сырья, подлежащих извлечению.

Традиционный подход к решению проблемы основывается на окупаемости полной себестоимости оцениваемого компонента, характерного для монопродуктовых предприятий, т. е. не учитывает специфику комбинированных многономенклатурных производств и на практике приводит к завышению затрат, необходимых для организации производства каждого отдельного компонента, необоснованному резкому сужению экономически эффективных границ комбинированного (комплексного) использования ресурсов. На конкретном числовом примере показана ошибочность такого подхода, приводящая к парадоксальным результатам, когда отказ от производства «убыточного» компонента, вопреки логике, приводит к снижению эффективности производства всех других компонентов [Ларичкин, 2004, 2005].

Кроме того, моделирование возможных вариантов совокупности комбинированных комплексных производств, организуемых на базе одного и того же месторождения многокомпонентного минерального сырья (рис. 1) [Ларичкин, 2004, 2005], позволило выявить и наглядно представить специфические особенности и закономерности комбинированных многономенклатурных комплексных производств, их неоспоримые экологические и экономические преимущества по сравнению с монопродуктовым использованием многокомпонентного сырья.

В результате разработан [Ларичкин, 2004, 2005, 2008] пакет взаимосвязанных и взаимодополняющих методик по решению основных теоретических и практических проблем дифференцированной стоимостной оценки отдельных ценных составляющих на всех стадиях добычи и последующей комплексной многопродуктовой переработки разнообразных природных ресурсов, оценки экономической эффективности производства каждого из ценных составляющих и комплексного использования ресурса в целом. Самый поверх-

ностный анализ рисунка показывает, что расширение номенклатуры извлекаемых полезных компонентов при переработке многокомпонентного сырья сопровождается преобразованием только части перерабатывающих мощностей на стадии переработки. При этом не требуется увеличения объема добычи сырья, соответственно дополнительных инвестиций и текущих затрат, связанных с подготовкой сырьевой базы, добычными работами и начальными стадиями подготовки сырья к переработке. Поэтому достаточным условием для экономической эффективности извлечения из сырья любого ценного составляющего (компонента) является окупаемость только прямых дополнительных затрат, непосредственно связанных (и неизбежно возникающих) с организацией его производства без учета какой-либо части косвенных расходов на добычу и подготовку многокомпонентного сырья к переработке. Комбинированное комплексное использование сырья в целом является экономически оправданным при окупаемости совокупности прямых и косвенных затрат на его добычу и комплексную переработку при учете только тех ценных составляющих, производство которых удовлетворяет выше сформулированному условию.



1. Индивидуальное производство (монопродуктовое)
2. Интегрированное производство (конгломерат)
3. Комбинированное (комплексное) производство

Разновидности моделей производств при использовании многокомпонентного сырья

В соответствии с этим для экономически обоснованного оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного минерального сырья предложено [Ларичкин и др., 2011а, б] в дополнение к минимально-промышленному содержанию условного металла («основного», «профилирующего», «ведущего», «главного» компонента) определять предельные (или браковочные) содержания каждого из ценных компонентов из условия окупаемости только прямых затрат, непосредственно и неизбежно связанных с организацией получения именно данного компонента сырья без учета какой-либо части косвенных расходов, необходимых для производства двух и более (или всех) извлекаемых компонентов.

По своей сути и определению предельные браковочные содержания каждого из ценных компонентов многокомпонентного минерального сырья соответствуют рекомендуемому ГКЗ РФ подходу по аналитическому расчету бортового содержания компонентов [Методические рекомендации..., 2007].

Дополнительно уточнено, что минимально-промышленное содержание условного компонента, рассчитываемое по Методическим указаниям ГКЗ РФ [2007], должно определяться из условия окупаемости общей суммы прямых и косвенных затрат на добычу и многопродуктовую переработку многокомпонентного сырья при учете только тех ценных компонентов (*основных и сопутствующих!*), содержания которых в данном сырье не ниже их предельного (браковочного). Запасы многокомпонентного сырья и отдельных ценных компонентов в нем относятся к промышленным только при условии одновременного выполнения следующих условий: содержания каждого ценного компонента («основных» и «сопутствующих») не ниже соответствующих предельных браковочных, а их суммарное содержание в переводе на условный компонент не ниже минимального промышленного содержания условного компонента.

Таким образом, вместо интуитивного подхода, предложена экономически обоснованная и проверенная на практике [Ларичкин и др., 2011а, б] методика количественного расчета главных параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов много-

компонентного минерального сырья и каждого из ценных компонентов в нем, обеспечивающая максимальную экономическую эффективность комбинированного (комплексного) использования многокомпонентного сырья в целом с учетом рационального перечня его ценных составляющих, подлежащих извлечению при комбинированной переработке.

С помощью специалистов ОАО «Ковдорский ГОК» на основе отчетных данных и обработки данных первичного учета по обогатительному комплексу определены удельные прямые затраты (в расчете на 1 т переработанного исходного сырья 1-го поля хвостохранилища) на производство и реализацию апатитового концентрата по новой Песковой фабрике, на производство и реализацию бадделеитового концентрата ПФ с учетом затрат на его доработку до стандартного качества на АБОФ, а также прямые затраты на производство и реализацию железорудного концентрата (табл. 2) на МОФ в расчете на 1 т исходной первичной руды, поскольку при переработке техногенного сырья 1-го поля жезезорудный концентрат не производится.

Таблица 2. Прямые затраты на производство и реализацию концентратов, в расчете на 1 т переработанных отходов (хвостов) 2-го поля

Наименование показателей	Концентраты		
	Железорудный (из руды)	Апатитовый (из хвостов)	Бадделеитовый (из хвостов)
Прямые затраты:			
– на производство	6,37	6,63	1,46
– на реализацию	4,51	21,78	0,039
Итого:	10,88	28,41	1,50

Следует отметить, что в момент выполнения работ по обоснованию параметров кондиций и оценки экономической эффективности промышленной утилизации хвостов 2-го поля хвостохранилища существенно сократился спрос на железорудный концентрат ОАО «Ковдорский ГОК» и руководством предприятия рекомендовалось не учитывать возможность его получения из хвостов. Но, поскольку для получения из хвостов качественного апатитового концентрата необходима его очистка от железосодержащих примесей, в результате которой получается продукт, обогащенный железом, который вместо сбрасывания в отвал можно при незначительных затратах на перечистку довести до стандартного концентрата, что будет способствовать повышению рентабельности производства. Обоснованность такого решения полностью подтвердилась, поскольку в настоящее время спрос на железорудный концентрат в стране и на мировом рынке существенно повысился, а цена реализации возросла в три раза.

Извлечение P_2O_5 и других компонентов в стандартные концентраты приняты по данным технологических испытаний по обогащению хвостов 2-го поля. Разубоживание отходов при добыче в виду незначительности в расчетах не учитываем.

Поскольку цены апатитового концентрата (как и бадделеитового и железорудного), реализуемых ОАО «Ковдорский ГОК» на внутреннем и внешнем рынках, изменяются в 2008–2009 гг[1]. и на перспективу в достаточно широких пределах, расчеты минимального промышленного содержания основного компонента, как и бортовых браковочных содержаний каждого из ценных компонентов, выполнены в 3-х вариантах: при использовании минимальной, максимальной и средневзвешенной цены (табл. 3).

Переводные коэффициенты содержаний ZrO_2 и $Fe_{вал.}$ к содержанию основного компонента P_2O_5 при этом рассчитаны в соответствии с Методическими указаниями ГКЗ [2007, с. 34].

Рациональные варианты параметров кондиций применительно к категориям и технологическим сортам подсчитанных запасов отходов (хвостов) 2-го поля выявляются по результатам оценки экономической эффективности их промышленного освоения. При расчетах эффективности промышленного освоения отходов 2-го поля хвостохранилища годовой объем добычи и переработки отходов принят 5000 тыс. т в год, на уровне фактически достигнутого ОАО «Ковдорский ГОК» при эксплуатации 1-го поля.

Капиталовложения при освоении отходов 2-го поля приняты равными первоначальной стоимости основных фондов, используемых при добыче и переработке отходов 1-го поля по данным предприятия. Срок строительства объектов по всей цепочке добычи и переработки отходов 2-го поля принят 3 года, год освоения проектной мощности – 4-й от начала реализации проекта.

Оценка экономической эффективности вовлечения в промышленную эксплуатацию хвостов 2-го поля хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК» выполнена также в 3-х вариантах цен на вырабатываемые концентраты.

[1] Период выполнения работы по геолого-экономической оценке техногенного месторождения.

Таблица 3. Расчетные параметры кондиций при использовании цен концентратов разного уровня

Уровень цен концентратов	Минимальное промышленное содержание P_2O_5, %	Бортовое (браковочное) содержание, %		
		P_2O_5	ZrO_2	$Fe_{вал.}$
Минимальный	9,0	1,07	0,0144	3,3
Максимальный	3,18	0,38	0,0100	0,64
Средневзвешенный	5,32	0,63	0,0117	1,8

Вариант оценки с использованием цен на концентраты самого низкого уровня, зафиксированного по отдельным сделкам 2008–2009 гг., применительно к такому бедному сырью, каким являются отходы (хвосты) 2-го поля, не может быть рекомендован к реализации из-за больших убытков.

Отрицательным оказался ЧДД и в варианте отработки запасов отходов только 1 сорта при использовании средневзвешенного уровня цен, поэтому более перспективной является валовая отработка отходов 1-го и 2-го сортов.

Основной из рассмотренных вариантов (табл. 4), предусматривающий отработку запасов отходов 2-го поля (Сорт 1 + Сорт 2) при реализации готовых концентратов по средневзвешенным ценам, хотя и имеет положительный ЧДД – 21,4 млн руб., индекс доходности больше единицы (1,04), но характеризуется длительным сроком окупаемости капиталовложений (простой – 11,5, дисконтированный – 18 лет) и небольшим запасом прочности (внутренняя норма доходности ВНД = 11 %, т. е. чуть больше принятой минимальной нормы ставки дисконтирования – 10 %).

Таблица 4. Основные технико-экономические показатели кондиций (при использовании средневзвешенных цен реализации продукции)

Показатели	Единица измерения	За год	За период эксплуатации
1	2	3	4
1. Геологические запасы, всего	тыс. т		194286,60
в том числе:			
1.1. Предварительно оцененные, всего	"		115693,07
в том числе: Сорт 1			86041,69
Сорт 2	"		23354,70
Сорт 1+2	"		109396,39
Сорт 3	"		6269,68
1.2. Прогнозные ресурсы	"		78593,53
2. Геологические запасы компонентов, всего			
P_2O_5	тыс. т		10200,07
ZrO_2	"		427,43
$Fe_{вал}$	"		6761,17
в том числе: Сорт 1 + Сорт 2			
P_2O_5	"		5032,23
ZrO_2	"		229,73
$Fe_{вал}$	"		4660,28
3. Среднее содержание компонентов в геологических запасах (min - max)			
P_2O_5	%		2,76-6,35
ZrO_2	"		0,20-0,23
$Fe_{вал}$	"		2,31-4,35
4. Промышленные запасы, положенные в обоснование ТЭО	тыс. т		109396,39
5. Промышленные запасы компонентов			
P_2O_5	тыс. т		5032,23
ZrO_2	"		229,73
$Fe_{вал}$	"		4660,28
6. Среднее содержание компонентов в промышленных запасах			
P_2O_5	%		4,60
ZrO_2	"		0,21
$Fe_{вал}$	"		4,26
7. Потери	%		-
8. Разубоживание	%		-
9. Эксплуатационные запасы	тыс. т		109396,39
10. Эксплуатационные запасы компонентов			
P_2O_5	тыс. т		5032,23
ZrO_2	"		229,73
$Fe_{вал}$	"		4660,28

Окончание табл. 4

1	2	3	4
11. Среднее содержание компонентов в эксплуатационных запасах			
P_2O_5	%		4,60
ZrO_2	"		0,21
$Fe_{вал}$	"		4,26
12. Срок обеспеченности предприятия запасами	лет		21,9
13. Горизонт расчета	лет		20
14. Год выхода предприятия на полную производственную мощность	год		4-ый
15. Производственная мощность предприятия по руде	тыс. т	5000	
16. То же, по полезным компонентам			
Апатитовый к-т (38 % P_2O_5)	тыс. т	163,4	
Бадделеитовый к-т (98 % ZrO_2)	"	1,939	
Железорудный к-т (58 % Fe)	"	110,17	
17. Коэффициент вскрыши	$м^3/т$		
18. Горная масса	тыс. т ($м^3$)		
19. Показатели обогащения:			
выход концентратов:			
апатитового	%	3,27	
бадделеитового	"	0,0388	
железорудного	"	2,2	
извлечение в к-т:			
P_2O_5	%	27,0	
ZrO_2	"	19,0	
Fe	"	30,0	
содержание компонента в к-те:			
P_2O_5	%	38,0	
ZrO_2	"	98,0	
Fe	"	58,0	
20. Выпуск конечной товарной продукции:			
Апатитовый к-т (38 % P_2O_5)	тыс. т	163,4	
Бадделеитовый к-т (98 % ZrO_2)	"	1,939	
Железорудный к-т (58 % Fe)	"	110,17	
21. Цена реализации единицы (т) товарной продукции			
Апатитовый к-т (38 % P_2O_5)	руб.	6336,9	
Бадделеитовый к-т	"	66040,5	
Железорудный к-т	"	1182,0	
22. Стоимость товарной продукции, общая и для каждого компонента	млн руб.	1293,72	
Апатитовый к-т	млн руб.	1035,45	
Бадделеитовый к-т	"	128,05	
Железорудный к-т	"	130,22	
23. Капитальные затраты, в том числе:	млн руб.	635,020	
карьер	"	77,129	
участок ПБАПТМ	"	334,101	
участок подготовки питания флотации	"	187,334	
участок флотации	"	36,455	
24. Оборотный капитал	млн руб.	120,0	
25. Удельные капитальные затраты на 1 т годовой добычи	Руб./т	151,0	
26. Эксплуатационные затраты, в том числе:	млн руб.	1197,7	
амортизация	млн руб.	11,76	
НДПИ	млн руб.	–	
27. Затраты на 1 т полезного ископаемого, в том числе:	руб.	239,54	
добыча	руб.	43,34	
передел	"	93,46	
прочее (общехозяйств., непроизводств. и др.)	"	102,74	
28. Валовая прибыль	млн руб.	96,02	
29. Налог на имущество и прочие платежи	млн руб.	13,97	
30. Налогооблагаемая прибыль	млн руб.	82,05	
31. Налог на прибыль	млн руб.	16,41	
32. Чистая прибыль	млн руб.	65,64	
33. Ставка дисконтирования	%	10,0	
34. Чистый дисконтированный доход	млн руб.	21,4	
35. Индекс доходности	доли ед.	1,04	
36. Срок окупаемости капитальных вложений:	лет	11,5	
с дисконтированием	лет	18	
37. Внутренняя норма доходности	%	11,0	

Другой вариант оценки – перспективный, но менее реалистичный, предполагающий реализацию всего объема концентратов по максимально высоким ценам, зафиксированным в 2008–2009 гг. по некоторым контрактам с отдельными потребителями. По этому варианту ЧДД равен 4539,1 млн руб., индекс доходности – 6,0, срок окупаемости капиталовложений, простой – 0,93, дисконтированный – 4,4 года, ВНД = 48 %. Основное значение этого варианта состоит в том, чтобы показать, что при благоприятной рыночной конъюнктуре, касающейся, прежде всего, положительной тенденции в долгосрочной перспективе прироста спроса на фосфатные удобрения и сырье для их производства для решения продовольственной проблемы увеличивающегося населения планеты, эффективность повторной переработки отходов 2-го поля резко повышается.

В этих условиях представляется необходимым дополнительно изучить и оценить эффективность следующих вариантов возможного повышения эффективности повторной отработки отходов (хвостов) 2-го поля хвостохранилища:

1. Выделить из запасов отходов, подсчитанных в геологических границах залежи, более богатую часть на основе обоснованных в настоящей работе параметров кондиций (бортовых браковочных содержаний полезных компонентов и минимального промышленного содержания основного ценного компонента – пентоксида фосфора).

2. Изучить вопрос целесообразности и эффективности использования для отработки рыхлых отходов 2-го поля современных земснарядов, учитывая сложности гидрогеологических условий отработки отходов как 1-го, так и, особенно, 2-го поля хвостохранилища, сложности и большие затраты на осушение действующего карьера на 1-м поле. При работе земснаряда не потребуется работ по осушению залежи, значительную часть шламов можно будет сбрасывать на месте и не транспортировать на обогатительную установку.

Таким образом, техногенные отходы 2-го поля хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК» являются подготовленной дополнительной резервной долгосрочной сырьевой базой предприятия.

Литература

Ларичкин Ф. Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. 252 с.

Ларичкин Ф. Д. Оценка экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Учебное пособие для вузов. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. 143 с.

Ларичкин Ф. Д. Теория и практика стоимостной оценки полезных компонентов в минеральном сырье и продуктах его комплексной переработки. М.: НП НАЭН, 2008.

Ларичкин Ф. Д., Азим Иброхим, Глущенко Ю. Г. и др. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд: Анализ нормативно-методической документации // Горный журнал. 2011а. № 8. С. 6–39.

Ларичкин Ф. Д., Азим Иброхим, Глущенко Ю. Г. и др. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд: Учет специфики комплексного использования сырья при обосновании параметров кондиций // Горный журнал. 2011б. № 8. С. 9–2.

Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. М.: НП НАЭН, 2007. 60 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мелик-Гайказов Игорь Вячеславович
исполнительный директор ОАО «Ковдорский ГОК», к. т. н.
ул. Сухачева, д. 5, г. Ковдор,
Мурманская обл., 164141, Россия
e-mail: Igor.Melik-Gaikazov@eurochem.ru

Ковырзина Таисия Александровна
директор по финансам и экономике ОАО «Ковдорский ГОК»
ул. Сухачева, д. 5, г. Ковдор,
Мурманская обл., Россия, 164141
e-mail: Finance. Dir_kdr@ eurochem.ru

Melik-Gaikazov, Igor
OJSC «Kovdorskiy Mining and Processing Plant»
5, Sukhachev St., Kovdor, Murmansk Region,
184141, Russia
e-mail: Igor.Melik-Gaikazov@eurochem.ru

Kovyrzina, Taisya
OJSC «Kovdorskiy Mining and Processing Plant»
5, Sukhachev St., Kovdor, Murmansk Region,
184141, Russia
e-mail: Finance. Dir_kdr@ eurochem.ru

Ларичкин Федор Дмитриевич
директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, д. э. н., проф.
ул. Ферсмана, д. 24а, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209, Россия
тел.: (81555)79310, 74672
e-mail: lfd@iep.kolasc.net.ru

Белобородов Виктор Иннокентьевич
зав. лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Горного института Кольского научного центра РАН, к. т. н.
ул. Ферсмана, д. 24, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209, Россия
e-mail: vbeloborodov@yandex.ru

Переин Владимир Николаевич
генеральный директор ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция»
ул. Ферсмана, д. 26, г. Апатиты, Мурманская обл., 184200, Россия
e-mail: mgrexp@com.mels.ru

Larichkin, Fedor
G.P. Luzin Institute of Economic Problems Kola Scientific Centre of RAS
24a, Fersman St., Apatity, Murmansk Region, 184209, Russia
tel.: (81555)79310, 74672
e-mail: lfd@iep.kolasc.net.ru

Beloborodov, Viktor
Mining Institute, Kola Scientific Centre of RAS
24a, Fersman St., Apatity, Murmansk Region, 184209, Russia
e-mail: vbeloborodov@yandex.ru

Perein, Vladimir
JSC «Murmansk Geological Prospecting Expedition»
26, Fersman St., Apatity, Murmansk Region, 184200, Russia
e-mail: mgrexp@com.mels.ru

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 182–184

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 334.2

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ

Г. В. Гиенко, А. Г. Гиенко

Петрозаводский государственный университет

В статье рассматриваются актуальные проблемы развития институтов в современной рыночной среде, их роль и место в системе социально-экономических отношений. Особые акценты сделаны на рассмотрение теории и практики неоинституционализма.

Ключевые слова: институт, трансакционные издержки, неоинституционализм, собственность, стимул.

G. V. Gienko, A. G. Gienko. PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC INSTITUTIONS

Article reviews urgent issues on institutions development in the modern market environment, their role in the system of socio-economic relations. Theory and practice of neoinstitutionalism are emphasized.

Key words: institution, transaction costs, neoinstitutionalism, property, stimulus.

Непрекращающиеся дискуссии о возможностях неоинституционального подхода в исследовании социально-экономических явлений и процессов, появление новых публикаций в зарубежных и российских изданиях указывают на существование постоянно растущего интереса к проблемам неоинституциональной школы. Приступая к изучению основных характеристик и свойств институтов, необходимо отметить, что подобный анализ представляется исключительно важным, поскольку способствует выявлению тех ключевых элементов, которые составляют сущность институтов, а также являются фундаментальными и общими для *всех* институтов, действующих в рамках социально-экономической среды.

Институты подвергаются изменениям и развиваются. Поскольку социально-экономическая система находится в состоянии непрерывного развития и усложнения взаимодействий между ее элементами, логично утверждение, что институты, встроенные в социально-экономическую среду и являющиеся ее неотъемлемой составной частью, также должны подвергаться изменениям. По Дж. Ходжсону, «одно из главных расхождений между дарвиновской моделью

эволюции и социально-экономической средой заключается в том, что в первом случае окружающая среда не подвержена столь крупным и быстрым изменениям. Процесс „естественного отбора“ действует медленно, в течение длительного времени, и для того чтобы биологический вид утвердился в устойчивой среде, необходимо проявление превосходства его отличительных качеств в борьбе за выживание. Малые изменения окружающей среды могут обеспечить процветание более приспособленным видам, но крупные явления вроде метеорита, который, как предполагают, неожиданно изменил климат на Земле и стер с ее лица вполне благополучных динозавров, могут полностью свести на нет процесс „естественного отбора“. Социально-экономическая среда, окружающая потребителя, фирму или национальную экономику, претерпевает быстрые и порой внезапные изменения, вызванные колебаниями цен, биржевым бумом или крахом, сменой правительства, разразившейся войной и природным катаклизмом. „Гладкий“ дарвиновский процесс постепенного „естественного отбора“ наиболее приспособленных и рациональных потребителей и эффективных фирм в экономике невозможен. Как у динозавра, у производственной фирмы перспективы выживания в обозримом будущем – во многом вопрос удачи» [Ходжсон, 2003].

«Экономическая эволюция не протекает по классической дарвинистской схеме, при которой изменения происходят медленно, из поколения в поколение, и типичная „равновесная“ форма организма постепенно меняется во времени. Вместо этого она … идет путем следующих один за другим периодов устойчивости и кризиса, видимого равновесия и нарастания нестабильности» [Ходжсон, 2003]. Бесспорно, при анализе развития институциональных структур можно обнаружить механизмы эволюционного типа – главным образом речь идет о системе неформальных правил, привычек, обычаев, которые передают информацию из поколения в поколение, от института к институту.

Обобщение исследований признанных ученых-неоинституционалистов позволяет выделить следующие основные функции институтов.

1. *Обеспечение «исторической устойчивости и воспроизводства социальной целостности»* [Кирдина]. Фуруботн и Рихтер неслучайно ссылаются на определение институтов, данное Густавом фон Шмоллером: «Шмоллер под институтом понимает „определенный порядок совместной жизни, который служит конкретным целям и обладает потенциалом собственной эволюции“. Он закладывает прочную базу для упорядочивания социальных действий на длительный период времени. Например, собственность, рабство, крепостничество, брак, опека, рыночная система, монетная система, свобода торговли [Schmoller, 1900, p. 61]» [Фуруботн, Рихтер, 2005].

2. *Снижение неопределенности.* Отрицать наличие фактора неопределенности невозможно. Эта мысль не вызывает сомнения, если признать, что человеку зачастую свойственно совершение поступков, идущих вразрез с общепризнанными понятиями о рациональности. Ф. Найтом эта проблема была сформулирована следующим образом: «Будущие ситуации, к которым мы приспосабливаем наше поведение, обычно зависят от поведения огромного количества объектов и обусловлены столь большим числом факторов, что мы и не пытаемся все их принять во внимание, а тем более оценить … их индивидуальные значения» [Найт, 1994]. Именно институты играют ключевую роль в ослаблении неопределенности. Как отмечал Д. Норт, «институты уменьшают неопределенность, структурируя повседневную жизнь» [Норт, 1997]. Примитивной и одновременно прекрасной иллюстрацией вышесказанному могут служить раздумья абстрактного сказочного богатыря, оказавшегося на распутье и изучающего надпись на камне – «Направо пойдешь – коня потеряешь, налево пойдешь – голову потеряешь» (и, кстати, вопреки предположениям неоклассиков о рациональности человека, выбирающего дорогу, ведущую налево). Тем не менее, нельзя идеализировать институты, наделяя их способностью обеспечивать осуществление абсолютно предсказуемых сценариев, так как снижение неопределенности не предполагает однозначной детерминированности результатов взаимодействия между участниками социально-экономических отношений.

3. *Сокращение трансакционных издержек* (*минимизация затрат на обеспечение сделок*). Обеспечение экономии трансакционных издержек – одна из ключевых функций институтов. В классических работах под контрактом понимается некое правовое оформление любых экономических трансакций. О. Уильямсон предложил «любую проблему, которую прямо или косвенно можно понимать как контрактную, полезно изучать с точки зрения минимизации трансакционных издержек» [Уильямсон, 1996].

4. *Обеспечение свободы и безопасности действий индивида в определенных рамках через систему стимулов – позитивных* (*вознаграждения за следование определенным правилам*) *и негативных* (*наказания за несоблю-*

дение определенных правил). «Институты – это принятые человеком ограничения, которые структурируют человеческие взаимодействия. Они включают в себя формальные ограничения (правила, законы, конституции), неформальные ограничения (нормы поведения, обычаи, а также навязанные нормы морали) и меры принуждения. Все вместе они определяют структуру стимулов в обществе и, в частности, в экономике» [North]. «Институты формируют структуру стимулов в обществе, а политические и экономические институты являются основным определяющим фактором в экономических процессах» [North]. Система стимулов благодаря институтам встраивается в структуру экономических и социальных взаимоотношений, побуждая своекорыстных индивидов действовать эффективно в условиях ассиметричной информации. Участник экономических отношений может создать *внутреннюю* систему стимулов путем разработки различных схем распределения рисков, ответственности и получаемых выгод.

5. Г. Р. Сингатуллина в статье «Институциональные основы экономики федерализма» [Сингатуллина] опирается на выводы американских ученых В. Каспера и М. Стрейта, которые выделяют следующие функции институтов: *координации, защиты автономии и смягчения и разрешения конфликтов.*

Сегодня с уверенностью можно утверждать, что исключительная роль, которую институты играют в обществе, являясь неотъемлемой его частью на любом историческом этапе развития, и специфические характеристики, свойственные институтам, делают их уникальным и перспективным объектом междисциплинарных исследований в современной науке.

Литература

Вольчик В. В., Бережной И. В. Группы интересов и качество экономических институтов // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2007. Т. 5, № 2.

Кирдина С. Г. Институциональные матрицы и развитие России/http://www.kirdina.ru/book/glava1.shtml#p12

Клейнер Г. Б. Новая институциональная экономика: на пути к «сверхновой» // Российский журнал менеджмента. 2006. Т. 4, № 1.

Найт Ф. Понятия риска и неопределенности // THESIS. 1994. Вып. 5. С. 12.

Норт Д. Институты и экономический рост: историческое введение // THESIS. 1993. Вып. 2.

Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. С. 18.

Полтерович В. М. Трансплантация экономических институтов // Экономическая наука современной России. 2001. № 3.

Сингатуллина Г. Р. Институциональные основы экономики федерализма/ http://www.kazanfed.ru.

Уильямсон О. И. Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая контрактация». СПб.: Лениздат; CEV Press, 1996. С. 88.

Фуруботн Э. Г., Рихтер Р. Институты и экономическая теория: Достижения новой институциональной экономической теории / Пер. с англ. Под ред. В. С. Катькало, Н. П. Дроздовой. СПб.: Издат. дом Санкт-Петерб. гос. ун-та, 2005. С. 9.

Ходжсон Дж. Экономическая теория и институты: Манифест современной институциональной экономической теории / Пер. с англ. М.: Дело, 2003. С. 215–219.

Шаститко А. Е. Новая институциональная экономическая теория. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Экономический факультет МГУ; ТЕИС, 2002.

North D. C. Economic Performance through Time/ http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/1993/north-lecture.html

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гиенко Геннадий Викторович
заведующий кафедрой, доцент, к. э. н.
Петрозаводский государственный университет
ул. Правды, 1, Петрозаводск, Карелия, Россия
эл. почта: gienko@psu.karelia.ru
тел.: (8142) 570141

Гиенко Анна Геннадьевна
аспирантка
Петрозаводский государственный университет
ул. Правды, 1, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
эл. почта: gienko@psu.karelia.ru
тел.: (8142) 570141

Gienko, Guennady
Petrozavodsk State University
1 Pravdy St., Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: gienko@psu.karelia.ru
tel.: (8142) 570141

Gienko, Anna
Petrozavodsk State University
1 Pravdy St., Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: gienko@psu.karelia.ru
tel.: (8142) 570141

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 185–187

УДК 334.7(470.22)

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ ДО 2014 ГОДА»

В. В. Королев

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Развитие малого и среднего предпринимательства относится к числу приоритетных социально-экономических задач, как на федеральном, так и на региональном уровне. В связи с этим было принято решение проанализировать аналитические отчеты, подготовленные по итогам исследований, проведенных в рамках реализации мероприятий региональной программы.

Ключевые слова: малое предпринимательство, власть, региональная программа, Республика Карелия.

V. V. Korolyov. ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE REGIONAL PROGRAMMERS «DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISE IN REPUBLIC OF KARELIA UNTIL YEAR 2014»

Development of small and medium business is one of the major socio-economic tasks, both at the federal and at the regional levels. Therefore, it was decided to analyze the analytical reports on the results of studies carried out within the regional program.

Key words: small business, authorities, regional programmers, Republic of Karelia.

В нестабильных экономических условиях Российской Федерации одной из приоритетных задач является развитие малого и среднего предпринимательства. Предпринимательство – это самый гибкий и динамичный сектор экономики, который быстро перестраивается в связи с запросами покупателей. Предпринимательство способствует снижению уровня безработицы, уровню социальной напряженности в обществе, формированию среднего класса и создает благоприятные условия для оздоровления экономики (развивает конкурентную среду, обеспечивает рост поступлений в бюджет и т. д.). Важность развития предпринимательства подтверждается принятием 24 июля 2007 г. Федерального закона № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации».

В Республике Карелия с 2006 по 2008 гг. осуществлялась государственная поддержка субъектов малого предпринимательства в соответствии с Постановлением правительства Республики Карелия от 16 декабря 2005 г. N 143-П «Об отраслевой целевой программе государственной поддержки малого предпринимательства в Республике Карелия на 2006–2008 гг.».

Постановлением правительства Республики Карелия от 21 февраля 2009 г. N 29-П была утверждена региональная программа «Развитие малого и среднего предпринимательства в Республике Карелия на период до 2014 г.», далее в тексте – Программа.

В результате работы Программы в Республике Карелия предполагается получить:

✓ *рост количества субъектов малого и среднего предпринимательства до 1360 единиц на 100 тыс. человек населения Республики Карелия;*

✓ *увеличение среднесписочной численности работников* (*без внешних совместителей*) *малых* (*включая микропредприятия*) *и средних предприятий до 85,3 тыс. человек;*

✓ *увеличение удельного веса налоговых поступлений по специальным налоговым режимам* (*единый налог на вмененный доход; единый сельскохозяйственный налог; налог, взимаемый в связи с применением упрощенной системы налогообложения*) *в консолидированный бюджет Республики Карелия до 10 процентов.*

На данные цели из бюджета Республики Карелия планируется потратить 115,4 млн рублей, из Федерального бюджета (субсидии) – 243 млн рублей [Постановление…, 2009]. В период с февраля 2009 по 2011 г. были проведены исследования и составлены аналитические отчеты, которые охватили 14 из 18 административных единиц Республики Карелия.

Первое исследование эффективности Программы было проведено в рамках исполнения Государственного контракта № 176 от 05.10.2010 г. фирмой ООО «Аудит и Право», далее в тексте – Госконтракт. Территорией исследования, согласно Техническому заданию к Госконтракту, являлись Кондопожский и Беломорский муниципальные районы. Работы проводились непосредственно в городах Беломорске и Кондопоге. Число респондентов (субъектов малого и среднего предпринимательства) составило не менее 20.

В рамках исследования были проведены опросы следующих двух укрупненных целевых групп: представителей субъектов малого и среднего предпринимательства; сотрудников администраций местного самоуправления, ответственных за поддержку и развитие малого и среднего предпринимательства. Для проведения опроса этих групп были разработаны специальные опросные листы, структурированные по направлениям исследования исходя из целей и задач проводимой работы. Ответы респондентов и сведения, отраженные в опросных листах, подвергались статистической обработке, после чего были сделаны выводы о результатах проведения региональной программы [Аналитический отчет…, 2011].

Второе исследование было проведено в рамках реализации мероприятий региональной программы «Развитие малого и среднего предпринимательства в Республике Карелия на период до 2014 г.». Территорией исследования, согласно Техническому заданию к Госконтракту, являлись Сегежский, Медвежьегорский, Сортавальский и Прионежский муниципальные районы, Пряжинский национальный, а также Петрозаводский и Костомукшский городские округа. Работы проводились непосредственно в следующих населенных пунктах: Сегежа, Медвежьегорск, Сортавала, Пряжа, Петрозаводск, Костомукша. Число субъектов малого и среднего предпринимательства (респондентов исследования) в каждом муниципальном образовании не менее 10 [Аналитический отчет…, 2011].

Третий аналитический отчет подготовлен по итогам исследований, проведенных в рамках исполнения Государственного контракта 05.12.2011 г. Основанием для оказания услуг являлся протокол заседания аукционной комиссии по размещению государственного заказа по закупке товаров (работ, услуг) для государственных нужд (протокол № 570/2011-А-2 от «22» ноября 2011 г.).

Территорией исследования являлись Лахденпохский, Лоухский, Муезерский, Олонецкий и Пудожский муниципальные районы. Работы в рамках исследования проводились в следующих населенных пунктах: городах Петрозаводске, Лахденпохье, Пудоже, Олонце, пгт. Лоухи, пос. городского типа Муезерском. Ссылка на количество опрошенных субъектов малого и среднего предпринимательства в контракте отсутствует [Аналитический отчет…, 2011].

В исследованиях описательного и аналитического плана, цель которых дать всестороннюю характеристику предмета исследования и наметить пути решения социальной проблемы, выборка должна быть строго репрезентативной. Репрезентативность выборки означает, что по выделенным параметрам состав выборочной совокупности должен соответствовать пропорциям генеральной совокупности. Мера подобия выборочной модели структуре генеральной совокупности оценивается ошибкой выборки, а пределы допустимой ошибки зависят от цели исследования. Величина допустимой ошибки определяет надежность результатов выборочного обследования.

Повышенная надежность предполагает ошибку выборки до 3 %, нормальная от 3 до 10 % (чаще всего 5 %), приближенная от 10 до 20 % и ориентировочная от 20 до 40 %.

Если в пилотных и разведывательных исследованиях надежность может быть приближенной и ориентировочной, то в описательных и аналитических исследованиях она должна быть обеспечена, по крайней мере, на нормальном уровне (5 %).

Согласно общепринятым стандартам, при проведении массовых опросов считаются количественные параметры выборочной совокупности, рассчитанные с помощью критерия Стьюдента (статистическое правило проверки гипотез) при заданном уровне ошибки выборки 5 % от 10 000 до 100 000 – 385 субъектов [Аналитический отчет, 2012]. В связи с тем, что на 2009 г. было зарегистрировано 19 292 субъектов малого и среднего предпринимательства [Карелиястат], число опрошенных субъектов должно было быть не ниже чем 385 субъектов. Из двух отчетов следует, что было опрошено всего 86 субъектов предпринимательства. К тому же не все административные единицы Республики Карелия были включены в исследование, в то время как в г. Петрозаводске исследование было проведено дважды. Из вышеизложенного следует, что сделанные выводы не могут достоверно претендовать на отображение реального положения дел.

Прогресс в развитии сектора малого и среднего предпринимательства существует, но сведения о нем противоречивы. Тем не менее, очевидно, что существующие темпы развития малого и среднего предпринимательства в Карелии не соответствуют поставленной цели Региональной программы.

Необходимо проведение независимого статистического исследования в данном направлении, охватывающего не менее 385 респондентов. Это позволит достоверно выявить слабые и сильные стороны действующей программы и на этой базе предложить пути повышения эффективности развития малого и среднего предпринимательства в Республике Карелия.

Литература

Аналитический отчет ООО «Аудит и Право», 2011 – http://msb.karelia.ru/snews/n1103234848.html.

Аналитический отчет, 2011 – http://msb.karelia.ru/snews/analiticheskii_otchet_2011.html.

Аналитический отчет, 2012 – http://msb.karelia.ru/snews/n1203125125.html.

http://www.my-market.ru/market__136.html;

Карелиястат – http://krl.gks.ru/.

Постановление правительства Республики Карелия от 21 февраля 2009 года N 29-П.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Королев Владимир Викторович
аспирант
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: printrk@bk.ru
тел.: (8142) 572210

Korolyov, Vladimir
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: printrk@bk.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 188–192

*УДК 630*6*

ВЛИЯНИЕ СЕКТОРОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА КАРЕЛИИ НА ВАЛОВОЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ

В. В. Костюкевич

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье исследуются финансовые изменения лесного комплекса Республики Карелия на примере объемов отгруженной продукции секторами комплекса в денежном выражении и структуре инвестиций в собственный капитал. Установлены корреляция и соотношение между объемами отгруженной продукции в денежном выражении и валовым региональным продуктом. Сделан приблизительный прогноз этого соотношения на ближайшие годы, предложены рекомендации по улучшению сложившейся ситуации.

Ключевые слова: лесной комплекс, инвестиции, объем отгруженной продукции, валовой региональный продукт, корреляционная зависимость.

V. V. Kostyukevich. EFFECT OF THE FOREST SECTOR INDUSTRIES ON THE GROSS REGIONAL PRODUCT OF KARELIA

We investigate financial changes in the forest sector of Republic of Karelia through product volumes dispatched by individual industries of the sector in money terms, and the structure of investments in own capital. The correlation and ratio between the dispatched volumes in money terms and the gross regional product were determined. A rough short-term prediction of the ratio has been made, and recommendations to improve the situation are suggested.

Key words: forest sector, investments, dispatched volume, gross regional product, correlation.

Основу экономики Республики Карелия составляют лесопромышленный и горнопромышленный комплексы, машиностроение, электроэнергетика и пищевая промышленность. В структуре оборота организаций по видам экономической деятельности Республики Карелия определяющую роль играют обрабатывающие производства (21 %), оптовая и розничная торговля (32 %), производство и распределение электроэнергии, газа и воды (12,1 %), добыча полезных ископаемых (9,5 %). В структуре всего промышленного комплекса Карелии 27 % приходится на долю лесопромышленного комплекса в 2010 г. Продукция лесного комплекса республики занимает значительное место на российском рынке. Карелия сохраняет лидирующее положение по производству бумаги, мешков бумажных, целлюлозы [Шишкин и др., 2000].

За прошедшие пять лет валовой региональный продукт (ВРП) в действующих ценах увеличился с 77,1 млрд руб. в 2005 г. до 130 млрд руб. в 2010 г. или почти на 70 %. В то же время в 2008–2009 гг. в результате негативного влияния последствий мирового экономического кризиса экономика республики снизилась на 16,4 %. Так как 33 % промышленного производства приходится на лесной комплекс (ЛК), то необходимо:

✓ *Исследовать процесс изменения доли ЛК в экономике республики, в частности, определить связь между объемами отгруженной продукции в денежном эквиваленте и валовым региональным продукте;*

✓ *Установить степень влияния финансовых результатов, происходящих в секторах лесного комплекса, на изменения величины ВРП.*

✓ *Исследовать структуру и динамику инвестиций в сектор ЛК как факторов, определяющих его эффективность.*

Исследуя динамику изменения показателей ЛК и ВРП в период с 1995 по 2010 гг., выявили, что еще в середине 1960 гг. 56 % всей промышленной продукции Карелии давали отрасли лесопромышленного комплекса [Вавулинская и др., 2005]. В середине 1990-х гг. этот показатель снизился в 1,4 раза. Это явилось следствием смены командно-административной экономики на рыночную, либерализацией и их последствиями: неэффективная приватизация, неготовность к новым условиям управления, дотационности и ориентация на всесоюзный спрос и т. д. После падения объемов производства в середине 1990 гг. в 1999 г. наметилась тенденция роста выпуска лесобумажной продукции. Впервые после кризиса 1998 г. предприятия лесопромышленного комплекса начали работать рентабельно [Волков и др., 2003]. В эти годы весомое влияние оказал рост курса доллара, поскольку данная экономическая деятельность является экспортно-ориентированной и ближайшими соседями являются иностранные государства, то оказалось очень выгодно продавать продукцию за границу, получая средства на инвестирование собственного капитала [Шишкин и др., 2000].

Однако эффект девальвации рубля со временем затухал, а для поддержания европейского уровня конкурентоспособности требовались не только постоянные, но и дорогостоящие инвестиции. В последнее время только целлюлозно-бумажной промышленности, владеющей сравнительно значительными активами, удается поддерживать положительную рентабельность за счет собственных и заемных средств [Немкович, Громцев, 2006].

Исследование динамики объемов отгруженной продукции лесного комплекса по секторам и валового регионального продукта позволило выявить изменение скорости роста функций трендов по основным факторам ЛПК (рис. 1). Таким образом, на основании коэффициентов перед ***t,*** (скорости роста) выявлено, что валовой региональный продукт (1) опережает производительность целлюлозно-бумажной отрасли (2) более чем в **6 раз,** а деревообрабатывающую (3) наравне в лесозаготовительной – **более чем в 20 раз.** И главное эти тенденции являются достаточно устойчивыми, т. е. позволяют делать прогноз на будущее (как минимум на **3 года** – треть ретроспективы). Понимая, что вышеуказанные коэффициенты (скорости роста), целесообразно исследовать динамику ВРП в этот период.

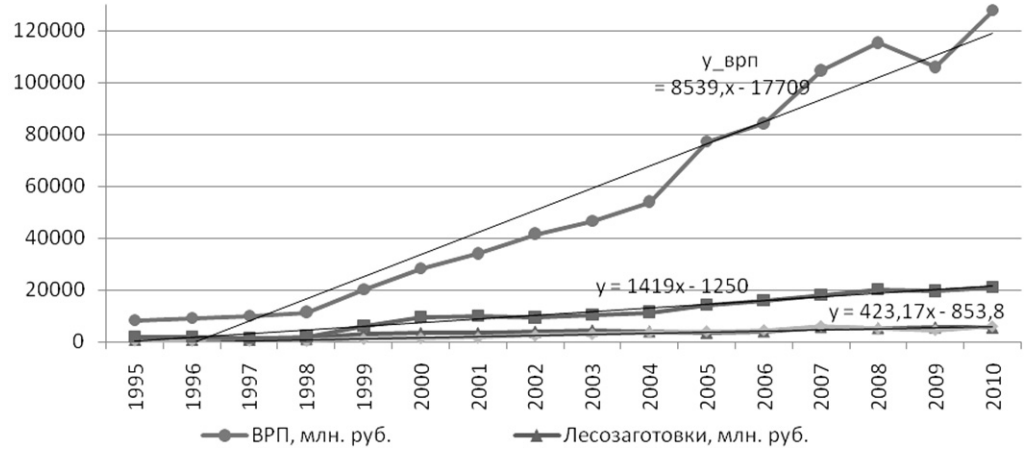


Рис. 1. Валовой региональный продукт и объемы отгруженной продукции[1]

$y_{врп} = 8539t - 17708$ (1)

$y_{цбп} = 1419t - 1250$ (2)

$y_{обр} = 423t - 853,$ (3)

где: $y_{врп}$ – величина валового регионального продукта в млн руб.

$y_{цбп}$ – объем отгруженной продукции целлюлозно-бумажной промышленности в млн руб.

$y_{обр}$ – объем отгруженной продукции деревообрабатывающей промышленности в млн руб.

t – количество лет после 1995 г.

[1] Рассчитано автором на основе: Республика Карелия в цифрах // Статистический сборник / Госкомстат РФ, Гос. ком. Респ. Карелия по статистике. Петрозаводск.

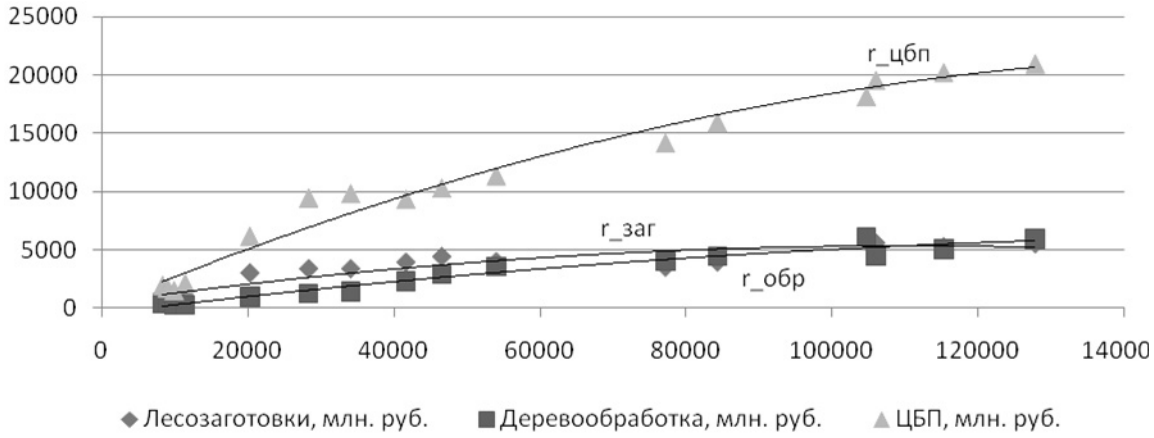


Рис. 2. Корреляция между объемами отгруженной продукции лесного комплекса и валовым региональным продуктом[1]

ВРП в исследуемый период превышал объемы отгруженной продукции ЦБП примерно в **4 раза,** деревообрабатывающей промышленности – в **20 раз,** лесозаготовительной – в 11 раз. Рассмотрим корреляцию между исследуемыми показателями (рис. 2).

Функции трендов с наибольшей степенью аппроксимации к соответствующим графикам (4, 5, 6) имеют полиномиальный вид, что фиксирует уменьшение зависимости в каждой паре исследуемых величин. Более того, сами тренды имеют склонность к снижению скорости («затуханию»), что свидетельствует об увеличивающемся коэффициенте между скоростями роста ВРП и объемами отгруженной продукции лесного комплекса. Например, к 2020 г. ВРП может превысить продукцию ЦБП более чем в **8–10 раз.** Следовательно, промышленность продолжает утрачивать свой приоритет в качестве опоры экономики Республики Карелия начиная с 1990-х гг.

Тренды исследуемых параметров:

$$r_{заг} = -4x10^{-7}t^2 + 0{,}08t + 442 \quad (4)$$

$$r_{обр} = -2x10^{-7}t^2 + 0{,}08t - 456 \quad (5)$$

$$r_{цбп} = -8x10^{-7}t^2 + 0{,}26t + 132, \quad (6)$$

где:

$r_{заг}$ – пара значений ВРП и объема отгруженной продукции лесозаготовительного сектора в млн руб. в год t.

$r_{обр}$ – пара значений ВРП и объема отгруженной продукции деревообрабатывающего сектора в млн руб. в год t.

$r_{цбп}$ – пара значений ВРП и объема отгруженной продукции целлюлозно-бумажного сектора в млн руб. в год t.

Одной из важнейших причин вышеуказанного состояния комплекса является недостаточное финансирование основных фондов. Обратимся к инвестиционной составляющей вопроса. В структуре инвестиций лесозаготовительной отрасли до 2006 г. превалировали собственные инвестиции, полученные от экспорта в постдефолтное время, начиная с 2006 г. проводятся инвестиционные проекты, включающие строительство лесопильных заводов, пополнение технического парка.

С 2007 г. вводятся повышенные пошлины на экспорт круглого леса, вследствие чего вывозить лес за границу становится невыгодно, и он, в убыток лесозаготовительным предприятиям, поставляется на обработку (рис. 3). Деревообрабатывающий сектор, не имеющий собственных средств, вынужден брать займы у сторонних организаций на поддержание своей деятельности (рис. 4). На помощь приходят инвестиционные программы 2006 г., которые вместе с повышенными пошлинами на экспорт, как предполагалось, повысят эффективность отрасли, однако выделенные средства позволили лишь немногим опередить лесозаготовительную промышленность.

Относительно благополучная ситуация сложилась в целлюлозно-бумажной промышленности. Предприятия этой отрасли имеют превосходящие средства, которых в последнее время хватало на поддержание ее в конкурентоспособном состоянии (рис. 5). Кризис 2008 г. в значительной мере ударил по ЦПБ, в результате чего вынудив ее к большему использованию кредитных средств.

[1] Рассчитано автором на основе: Республика Карелия в цифрах // Статистический сборник / Госкомстат РФ, Гос. ком. Респ. Карелия по статистике. Петрозаводск.

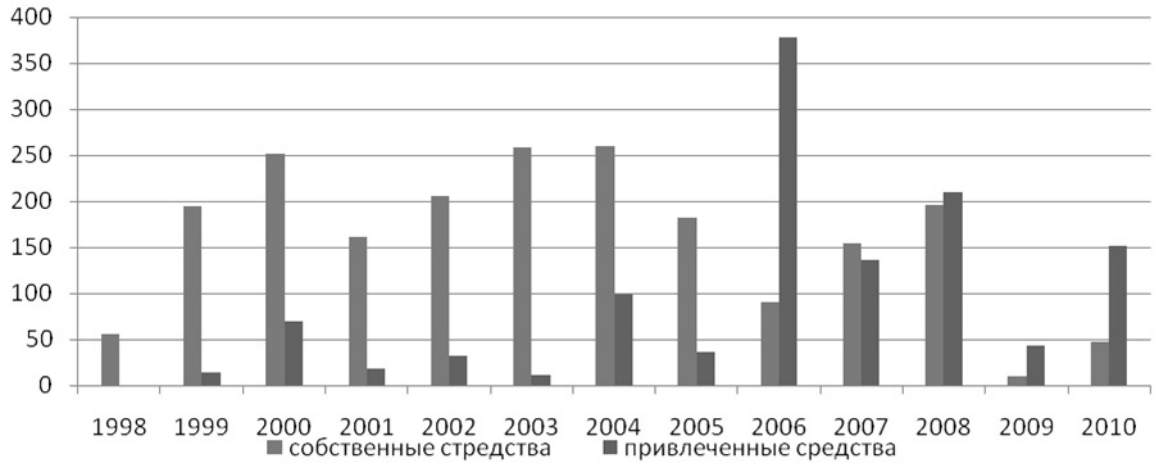


Рис. 3. Структура инвестиций в лесозаготовительном секторе в млн руб.[1]

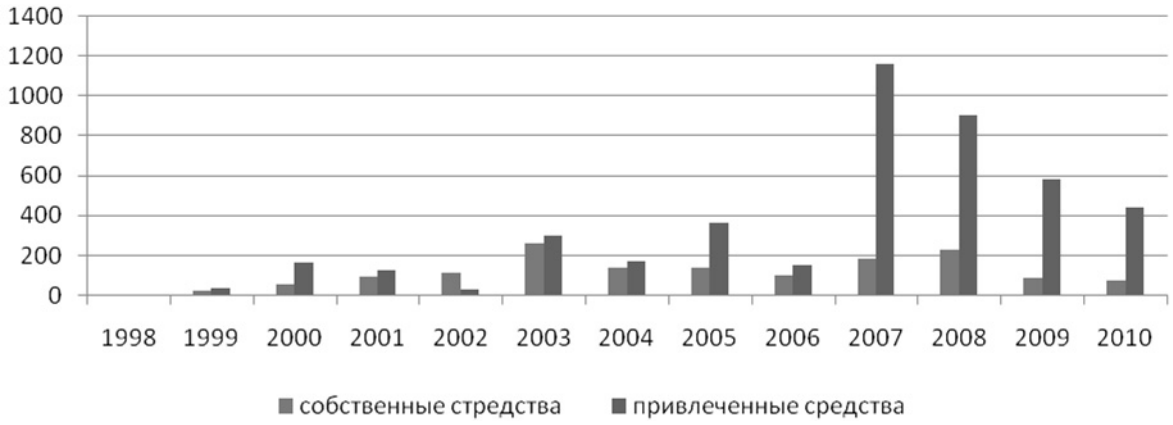


Рис. 4. Структура инвестиций в деревообрабатывающем секторе в млн руб.

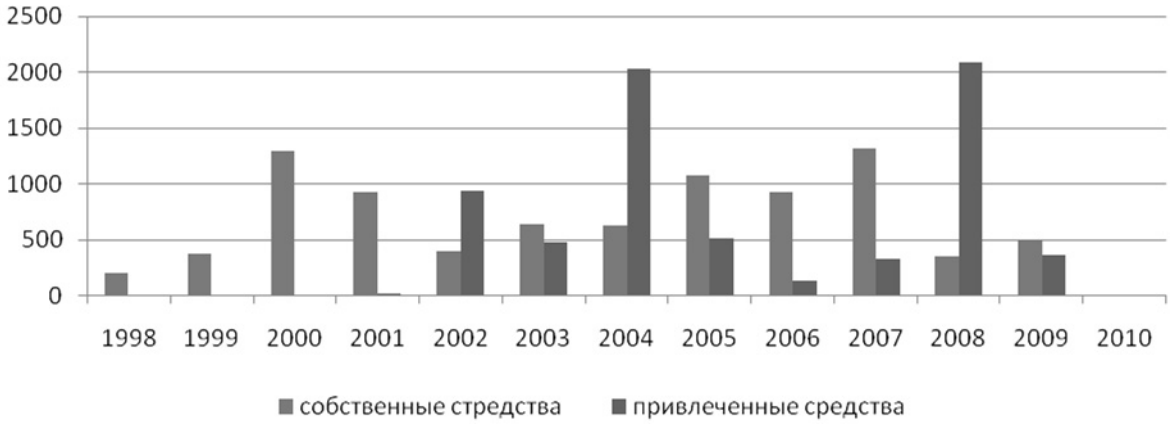


Рис. 5. Структура инвестиций в целлюлозно-бумажном секторе в млн руб. (2010 г. – к)

[1] Рассчитано автором на основе: Лесной комплекс Республики Карелия // Статистический сборник / Госкомстат РФ, Гос. ком. Респ. Карелия по статистике. Петрозаводск.

Исследование динамики позволило установить:

✓ *Лесной комплекс утрачивает свои позиции как в качестве приоритетной отрасли промышленности;*

✓ *Снижаются доля и коэффициенты роста отгруженной продукции относительно валового регионального продукта.*

✓ *Необходимо разрабатывать и внедрять долгосрочные инвестиционные проекты.*

Такая ситуация обусловлена диверсификацией экономики республики другими видами экономической деятельности. Но особо важная задача состоит в эффективном использовании имеющегося природного потенциала. Лес как стратегический ресурс Республики Карелия является неотъемлемой частью экономики. Правительством и на региональном и на федеральном уровне делаются попытки по реабилитации лесного комплекса. Прогноз выявляет негативную тенденцию, стремящуюся к утрате позиций комплекса на общеэкономическом фоне республики. Такой подход обречен на не успех, так как лес – ресурс с долгим сроком воспроизводства – от 90 до 100 лет, предприятия комплекса имеют большие сроки окупаемости, поэтому чтобы охватить весь цикл, необходимы долгосрочные инвестиционные программы и мощная государственная поддержка. Важно понимать, что лесная промышленная отрасль – это связанные между собой технические предприятия разных типов собственности и организационно-правовой структуры, следовательно, и подходить к вопросу надо комплексно.

Литература

Вавулинская Л. И., Веригин С. Г., Илюха О. П., Филимончик С. Н. История экономики Карелии: в 3 кн. Кн. 2. Экономика Карелии советского периода (1917–1991 гг.). Петрозаводск: ПетроПресс, 2005. 246 с.

Волков А. Д., Крутов В. И., Козлов А. Ф., Шишкин А. И. Лесные ресурсы, лесное хозяйство и лесопромышленный комплекс Карелии на рубеже XXI века. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. С. 94.

Лесопромышленный комплекс [электронный ресурс] URL:http://www.kareliainvest.ru/ru/economrk/prom. Дата обращения: 14.04.2012

Немкович Е. Г., Громцев А. Н., Козлов А. Ф. и др. Лесной комплекс Республики Карелия: состояние и пути развития. Петрозаводск, 2006. 170 с.

Немкович Е. Г., *Цыпук А. М., Шишкин А. И.* Лесопромышленный комплекс Республики Карелия (1990–1999 гг.). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2000. 164 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Костюкевич Валентин Вадимович
аспирант
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: valen@onego.ru, valkost@list.ru
тел.: (8142) 563061

Kostyukevich, Valentin
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: valen@onego.ru, valkost@list.ru
tel.: (8142) 563061

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 193–195

*УДК 332.146:630*6 (470.22)*

О СОЗДАНИИ ЛЕСНОГО КЛАСТЕРА В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Е. А. Прокопьев

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Показана значимость лесного комплекса для экономики Республики Карелия. Рассмотрены существующие элементы формирующегося лесного кластера в регионе. Обозначены главные проблемы, препятствующие процессу кластеризации.

К л ю ч е в ы е с л о в а : лесной комплекс, конкурентоспособность, кластер.

E. A. Prokop'ev. ON ESTABLISHMENT OF THE FOREST CLUSTER IN REPUBLIC OF KARELIA

Significance of the forest sector for the economy of Republic of Karelia is demonstrated. The existing elements of the emerging forest cluster in the region are considered. The key hindrances to the clustering process are highlighted.

K e y w o r d s : forest sector, competitiveness, cluster.

Лесной комплекс является одной из ключевых отраслей в Карелии. Сегодня он формирует более 10 % ВРП и обеспечивает рабочими местами около 6 % населения, занятого в экономике. Более половины экспортируемых товаров республики составляет лесопродукция. В 2011 г. налоговые отчисления от предприятий лесного комплекса Карелии в региональный и местные бюджеты составили 274,9 млн руб. Кроме существенного вклада в карельскую экономику лесной сектор обладает и большой социальной значимостью. Предприятия лесного сектора являются градообразующими в 7 из 10 моногородов республики [Чубиева, 2011] с общей численностью населения 113,4 тыс. человек или 16,6 % от всех жителей Карелии. Кроме того, в результате активного освоения лесных ресурсов Карелии в 1950–1970 гг. появилось значительное количество новых населенных пунктов – «лесных поселков». В 1959 г. насчитывалось 347 лесных поселков, в 1998 г. – 126 [Козырева, 2007]. По информации министерства экономического развития, в 2006 г. в лесных поселениях проживало порядка 36 % сельского населения Республики Карелия. В настоящее время предприятия лесного сектора в этих поселениях потеряли свое доминирующее положение, но, тем не менее, они продолжают оказывать сильное воздействие на жизнедеятельность «лесных поселков».

Поэтому проблема повышения конкурентоспособности предприятий лесного комплекса представляется чрезвычайно важной и актуальной. Основными целями проекта «Лесная Карелия» как раз и являются формирование конкурентоспособного бизнеса в лесном секторе и обеспечение в Республике Карелия полного оборота и расширенного воспроизводства корпоративного капитала для формирования современного технологического уклада лесного комплекса [Толстогузов, 2010]. Достижение поставленных целей планируется в рамках новой промышленной политики по созданию лесного кластера. Например, в Финляндии

кластерный подход при разработке промышленной политики страны был применен в 1991–1993 гг. В итоге в настоящее время финский лесной кластер считается одним из ведущих в мире.

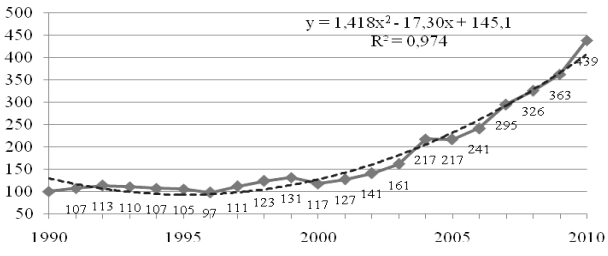
Под кластером понимается сеть независимых производственных и/или сервисных фирм (включая их поставщиков), создателей технологий и ноу-хау (университеты, научно-исследовательские институты, инжиниринговые компании), связующих рыночных институтов (брокеры, консультанты) и потребителей, взаимодействующих друг с другом в рамках единой цепочки создания стоимости [Филиппов, 2003].

Ядром лесного кластера должны стать крупные деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные предприятия, производящие лесопродукцию глубокой степени переработки. В первую очередь, это два целлюлозно-бумажных комбината в Кондопоге и Сегеже. Крупный лесопромышленный центр формируется в Костомукше, где планы по комплексной переработке древесины реализуют ООО «Костомукшская строительная компания» и ООО «Сведвуд Карелия». Появление еще одного крупного лесопромышленного центра в Карелии планируется в 2014 г.: в Пудожском районе инвесторы намерены создать высокотехнологичный комплекс по лесозаготовке и глубокой переработке древесины с годовым объемом потребления 1,7 млн м^3 древесного сырья. В Петрозаводске осенью 2012 г. в рамках реализации проекта ООО «ДОК „Калевала“» будет запущена первая линия в России по производству ориентировано-стружечных плит (OSB). С выходом предприятия на полную мощность комбинат сможет перерабатывать до 1 млн м^3 древесного сырья в год. ООО «ДОК „Калевала“» станет базовым предприятием строительной индустрии для малоэтажного деревянного домостроения.

Система подготовки кадров представляется важной составляющей лесного кластера, так как наряду с наличием лесных ресурсов, наличие квалифицированной рабочей силы является одним из основных условий для привлечения инвестиций в лесной сектор региона. В Карелии работников для лесного сектора готовят Петрозаводский государственный университет, Петрозаводский лесотехнический техникум и Шуйско-Виданская лесотехническая школа. Эти учебные заведения охватывают все отрасли карельского лесного комплекса от лесного хозяйства до целлюлозно-бумажного производства. К тому же Петрозаводский государственный университет – единственное образовательное учреждение в республике, предлагающее высшее лесное и лесотехническое образование с возможностью получения степеней кандидата технических или сельскохозяйственных наук и доктора технических наук.

Современная экономика предъявляет жесткие требования к производителям товаров и услуг. Чтобы выигрывать в конкурентной борьбе, производителю необходимо постоянно обновлять продукцию, внедрять новые технологии, учитывать современные тенденции в обществе (забота об экологии). Поэтому все большее значение придается научным исследованиям и разработкам. Лесной кластер не является исключением. Научный потенциал в республике представлен Карельским научно-исследовательским институтом лесопромышленного комплекса Петрозаводского государственного университета (КарНИИЛПК) и Институтом леса Карельского научного центра Российской академии наук (ИЛ КарНЦ РАН). Научные разработки ИЛ КарНЦ РАН в первую очередь представляют интерес в сфере лесоведения и лесоводства. Деятельность КарНИИЛПК охватывает практически все оставшиеся сферы лесного сектора. С точки зрения сохранения научного потенциала важной составляющей в работе КарНИИЛПК является изобретательская деятельность: в 2010–2011 гг. работниками института в сфере лесного сектора было получено 17 патентов.

Приграничное положение Карелии и заинтересованность мощного финского лесного кластера в карельской древесине привели к распространению в регионе скандинавской технологии заготовки леса [Дружинин, Кухарева, 2012]. В ее основе лежит применение высокопроизводительных машин, харвестера и форвардера, которые до недавнего времени можно было купить только за рубежом. Сегодня в Карелии до 90 % древесины заготавливается именно по скандинавской технологии, что способствует росту производительности труда на лесозаготовках (рис.).



Рост производительности труда на лесозаготовках в РК, в % к 1990 г.

С 2009 г. ООО «Онежский тракторный завод» на основе технологий компании «Silvatec» стал собирать харвестеры. Получить и усовершенствовать навыки работы на этой технике можно с помощью тренажеров фирмы «Ponsse» в IT-парке ПетрГУ. Таким образом, лесозаготовительная отрасль в Карелии по техническому оснащению находится на мировом уровне. Наличие перечисленных элементов лесного кластера в республике создает предпосылки для его создания, но при этом необходимо решить ряд проблем, препятствующих этому процессу. В первую очередь, это отсутствие в Карелии такого системообразующего документа, как стратегии развития лесного сектора [Прокопьев, 2012]. Во-вторых, неразвитая дорожная сеть ограничивает доступность лесных ресурсов и затрудняет мероприятия по их охране. Этот вопрос касается не только строительства новых лесовозных дорог круглогодичного действия, но и строительства и реконструкции существующих дорог общего пользования и мостов, обеспечивающих проезд тяжеловесного автотранспорта. В-третьих, слабое развитие сопутствующих отраслей (малоэтажное домостроение и мебельное производство), которые являются основными потребителями продукции деревообработки.

Литература

Дружинин П. В., Кухарева Т. В. Сотрудничество приграничных регионов: Карельская практика // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 8. С. 2–9.

Козырева Г. Б. Социально-экономические последствия лесной политики современной России. М.: МОНФ, 2007. 248 с.

Прокопьев Е. А. Проблемы развития лесного комплекса Республики Карелия // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 15. С. 55–60.

Толстогузов О. В. Стратегия периферийного региона в условиях ограничения информации: методология, теория, практика. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 488 с.

Филиппов П. Кластеры конкурентоспособности // Эксперт Северо-Запад. 2003. № 43. Электрон. ст. URL: http://expert.ru/northwest/2003/43/42no-sanal (дата обращения: 12.04.2012).

Чубиева И. В. Роль региональных институтов развития в формировании инвестиционной политики моногородов Республики Карелия // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2011. № 3. Электрон. ст. URL: http://region.mcnip.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=210 (дата обращения: 12.04.2012).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Прокопьев Егор Александрович
аспирант, стажер-исследователь
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: e_prokopiev@mail.ru
тел.: (8142) 571525

Prokop'ev, Egor
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: e_prokopiev@mail.ru
tel.: (8142) 571525

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 196–199

УДК 331.5

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ: ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. С. Гучек

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются подходы к способам исследования и оценки самостоятельной занятости населения.

Ключевые слова: самозанятость, неформальная занятость, неформальный сектор экономики, предприятия домашних хозяйств, микропредприятия.

A. S. Guchek. SELF-EMPLOYMENT: STUDY APPROACHES AND METHODS

Approaches to the methods of study and assessment of self-employment are discussed.

Key words: self-employment, informal employment, informal sector of the economy, household businesses, microenterprises.

Способ исследования самозанятого населения полностью зависит от принятой интерпретации понятия и способов идентификации самозанятости среди других видов занятости, форм хозяйствования и смежных понятий. Систематизация существующих практик использования термина позволяет выделить следующие подходы к способам исследования и оценки самозанятости:

1. Определяющий самозанятость как элемент неформального сектора экономики.

2. Основанный на характере занятости (*формальная и неформальная занятость*).

3. Зависящий от рынка труда (*категория «занятые в экономике»*).

4. Функциональный подход (*классификация функций домашних хозяйств*).

5. Зависящий от категории субъекта малого предпринимательства (*микропредприятия*).

Каждый из подходов раскрывает различные характерные особенности самозанятости, которые выделяют современные ученые, а также различные рекомендации статистиков рынка труда и официальные тексты нормативно-правовых актов. На сегодняшний день в научной литературе нет общепринятого определения самозанятости, многие авторы рассматривают его с разных сторон, противопоставляя формальный и неформальный сектор экономики, сравнивая с неформальной занятостью и т. п.

Существует множество определений неформального сектора и неформальной занятости, строящихся на разных концептуальных основаниях и плохо сочетающихся друг с другом, в связи с чем в научных работах данные термины могут обозначать разные виды деятельности, что затрудняет исследование самозанятости в рамках этих понятий.

В настоящее время первый подход является довольно распространенным и используется на международном и национальном уровне. Рассматривая самозанятость как основной элемент неформального сектора экономики, Международная организация труда делит состав самозанятых на предпринимателей (работающих собственников); членов производственных кооперативов; лиц, работающих по самонайму и неоплачиваемых членов семей. Подобная классификация была одобрена 13-й Международной конференцией статистиков труда [Титов, 2008]. Уточнения к данной классификации нашли свое отражение в Резолюции о статистике занятости в неформальном секторе 15-й и 17-й Международных конференций статистиков труда (1993, 2003). Согласно принятым международным нормам в настоящее время непосредственно к самозанятым относят две основные группы: индивидуальных предпринимателей, не привлекающих наемный труд, и предпринимателей некорпоративного бизнеса, привлекающих наемный труд [Resolution…, 1993; Report of the Conference, 2003]. Членов производственных кооперативов и неоплачиваемых членов семей рассматривают отдельно.

Федеральной службой государственной статистики РФ в 2001 г. были разработаны Методологические положения по определению и измерению занятости в неформальном секторе экономики и дано понятие неформального сектора экономики. В соответствии с методологическими положениями по измерению занятости в неформальном секторе в РФ, «неформальный сектор рассматривается как совокупность производственных единиц, составляющих часть сектора домашних хозяйств или некорпоративных предприятий, принадлежащих домашним хозяйствам, которые осуществляют производство товаров и услуг для реализации на рынке и не являются самостоятельными юридическими единицами, созданными отдельно от домашнего хозяйства или его членов, которым они принадлежат» [Рыжикова, 2011].

В качестве критерия определения единиц неформального сектора в России принимается отсутствие государственной регистрации как юридического лица. Необходимо подчеркнуть, что рамки описываемого сектора ограничиваются рыночной деятельностью домашних хозяйств, т. е. производство продукции и услуг для собственных потребительских нужд исключается из понятия неформальности. Изучение самозанятости как элемента неформального сектора экономики заключается в следующем. К неформальному сектору может относиться и занятость с применением постоянного наемного труда. Занятость без применения наемного труда на постоянной основе будет относиться к предприятиям самостоятельно занятых, или самозанятости.

В соответствии с принятыми нормами по измерению самозанятости в неформальном секторе экономики (*отсутствие юридической оформленности*) рассматривается только в неформальном секторе экономики. В то время как деятельность малых предприятий (*с регистрацией юридического лица*) фиксируется в рамках формального сектора экономики. При этом к занятым в неформальном секторе относят:

1. Предпринимательскую деятельность без образования юридического лица или на индивидуальной основе, независимо от того, имеется ли государственная регистрация в качестве предпринимателя без привлечения наемных работников на постоянной основе для реализации продукции на рынке или оказания платных услуг населению;

2. Производство продукции в домашнем хозяйстве, предназначенной для реализации;

3. Ведение фермерского хозяйства (*регистрация или оформление документов отсутствует, регистрация в качестве индивидуального предпринимателя*).

При эмпирическом обследовании занятости в России в неформальном секторе выделяют: неформальную самозанятость и неформальную занятость по найму. Измерение занятости в неформальном секторе экономики в России проводится на основе данных Обследования населения по проблемам занятости (ОНПЗ).

По данным Центра трудовых исследований выявлено, что занятость в неформальном секторе стабильна и постоянно растущая как составляющая российского рынка труда (по сложившимся трендам). Если в 2001 г. занятость в неформальном секторе составляла 12,5 % от общей численности занятого населения, то к 2009 г. она составила 18 %.

В центре **«подхода на основе характера занятости»** находится предположение о том, что характеристика неформальной трудовой деятельности не связана с определенным сектором экономики или формами производственных единиц (производственные единицы не обязательно должны обладать характерными чертами предприятий домашних хозяйств), а строится на основе индивидуальных особенностей занятости.

В рамках принятой трактовки [Синявская, 2005] самозанятость населения рассматривается через исследование неформальной занятости. В рамках данного исследования неформальная занятость была определена как любые виды трудовых отношений (по найму и не по найму), которые «формально не зарегистрированы и, следовательно, не учитываются стати-

стикой предприятий и налоговыми органами, не подлежат регулированию и не защищены существующими правовыми или регулирующими структурами».

Неформальная занятость охватывает недекларируемую, нерегистрируемую занятость в трех секторах: формальном, неформальном и домашних хозяйств (табл.).

Сравнительная характеристика самозанятости

Самозанятость как формальная занятость	Самозанятость как неформальная занятость
1. Собственники и менеджеры малых предприятий (в одном лице) 2. Зарегистрированные предприниматели без образования юридического лица 3. Другие категории самозанятых, имеющие соответствующую регистрацию, патент или лицензию	1. Незарегистрированные индивидуальные предприниматели с наемными работниками и без них 2. Самозанятые без патента или лицензии 3. Неоплачиваемые работники семейных предприятий 4. Лица, занятые в домашнем хозяйстве производством продукции на продажу или для собственного потребления

В соответствии с названными критериями неформальной занятости, самозанятость может находиться в поле как формальной, так и неформальной занятости и обладать характерными чертами, присущими как предпринимательской деятельности без образования юридического лица, так и небольшому малому предприятию, где руководитель является собственником и менеджером в одном лице (см. табл.).

При исследовании самозанятости «от рынка труда» оперируют категорией «занятые в экономике» и классифицируют занятых по статусу и месту работы.

Занятые в экономике классифицируются **по своему статусу** на работающих по найму и работающих не по найму. Работающие не по найму – это лица, которые выполняют работу, определенную как «работа на собственном предприятии, в собственном деле». Это работа, при которой вознаграждение непосредственно зависит от дохода, получаемого от производства товаров и услуг [Социальное положение..., 2011]. Эта группа объединяет работодателей, самостоятельно занятых граждан, членов производственных кооперативов, неоплачиваемых семейных работников. Самозанятые относятся к категории «лицам, работающим не по найму»[1]. По данным официальной статистики, численность самозанятого населения составляет примерно 5 % от численности занятых в экономике [Обследование населения..., 2011]. Самозанятые имеют профессионально-отраслевую специализацию, связанную с сельским хозяйством и сферой услуг.

Занятые в экономике классифицируются и **по основному месту работы:** на предприятии, в организации со статусом юридического лица; в фермерском хозяйстве; по найму у физических лиц, индивидуальных предпринимателей; в сфере предпринимательской деятельности без образования юридического лица; в собственном домашнем хозяйстве по производству продукции сельского, лесного хозяйства, охоты и рыболовства для реализации. Две последние категории можно относить к самостоятельной деятельности.

Использован для исследования **функциональный подход** в исследовании самозанятости населения, предложенный В. М. Жеребиным. Анализируя самозанятость с позиции «домашних хозяйств», автор признает их основным субъектом самозанятости. По мнению Жеребина, собственную производственную и экономическую деятельность домашних хозяйств, осуществляемую на уровне самозанятости, удобно рассматривать в виде определенного набора трудовых производственных и экономических нетрудовых функций, характерных для этих единиц микроэкономического уровня. Отдельные домашние хозяйства могут выполнять некоторые, все из этих функций или не выполнять ни одной из них [Жеребин, Романов, 2010]. К функциям самозанятости домашних хозяйств следует отнести: ведение ЛПХ, индивидуальную трудовую и предпринимательскую деятельность, оказание услуг населению, мелкую розничную самодеятельную торговлю (производственные функции), а также сдачу в аренду недвижимости, предметов длительного пользования и использование банковских вкладов и ценных бумаг (экономические непроизводственные функции).

Интересным представляется подход «от микропредприятия». В научной литературе самозанятость в виде зарегистрированных индивидуальных предпринимателей не рассматривается как субъект малого предпринимательства. С появлением в 2007 г. (ФЗ-209) стало возможным классифицировать индивидуальных предпринимателей по категориям микро-, малого или среднего предпринимательства. Так, в проведенном в 2010 г. «Сплошном федеральном статистическом наблюдении за деятельностью субъектов малого и среднего предпринимательства» впервые была проведена типизация индивидуальных предпри-

[1] Именно к «лицам», а не гражданам – итог развитого социализма (отв. ред. А. И. Шишкин).

нимателей по категориям микро-, малого или среднего предпринимательства. В предварительных итогах говорится, что индивидуальное предпринимательство в России преимущественно представлено микропредприятиями. Они составляют 98,6 % общего количества индивидуальных предпринимателей – малых предприятий. В соответствии с вышесказанным, можно говорить о самозанятых как о микропредпринимателях.

Принимая во внимание то, что самозанятость – широкое многокритериальное понятие, подходы к способам исследования и оценки самозанятости разнообразны. Исследование самозанятости и осуществляемые в ней виды деятельности неразрывно связаны с такими понятиями как неформальный сектор экономики, малое предпринимательство, неформальная и формальная занятость. Особое значение имеют институциональные особенности конкретного региона, накладывающие отпечаток на развитие и характер самозанятости.

Литература

Жеребин В. М., Романов А. Н. Самостоятельная занятость населения: Основные представления и опыт кризисного периода. М.: ИНФРА-М, 2010. 200 с.

Итоги заседания экспертной группы НИУ ВШЭ «Рынок труда, профессиональное образование, миграционная политика», посвященное теме занятости в неформальном секторе экономики, 2012. http://www.hse.ru/news/strategy/29328559.html

Методологические положения по статистике. 2006. Вып. 5. http://www.gks.ru/ bgd/free/B99_10/ Main.htm.

Обследование населения по проблемам занятости 2011 год. http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_30/Main.htm.

Предварительные итоги сплошного наблюдения субъектов малого и среднего предпринимательства. http://www.gks.ru/ freedoc/new_ site/business/ prom small_business/ pred_ itog. htm.

Рыжикова З. А. Методология статистической оценки занятости в неформальном секторе. М.: Госкомстат РФ, 2011. 27 с.

Синявская О. В. Неформальная занятость в современной России: измерение, масштабы, динамика. М.: Поматур, 2005. 56 с.

Социальное положение и уровень жизни населения России 2011 год. http://www. gks.ru/bgd/ regl/b11_44/Main.htm.

Титов В. Н. Неформальная экономика как подсистема рыночного хозяйства. М.: М-Студио, 2008. 456 с.

Report of the Conference, 17th International Conference of Labour Statisticians. Geneva, 2003. http://www.ilo.org/public/english/support/lib/resource/subject/informal.htm

Resolution concerning statistics of employment in the informal sector Adopted by the Fifteenth International Conference of Labour Statisticians (January 1993). http://www.ilo.org/ public/english/ bureau/stat/download/res/infsec.pdf

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Гучек Арина Сергеевна
аспирантка
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572090

Guchek, Arina
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572090

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 0 . . –203

УДК 338.48

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЙ ДЕСТИНАЦИИ

А. В. Васильева

Институт экономики Карельского научного центра РАН

Дестинации, вписанные в общую систему планирования развития туризма на региональном уровне, нуждаются в документах стратегического развития. Обобщение подходов к определению термина дестинация в современной российской и международной практике позволило выделить характерные черты дестинаций. Обозначенная специфика влияет на управление и планирование развития дестинаций. В работе представлена модель дестинации «Кижи» и сформулированы этапы разработки стратегии развития дестинации, связанной с идеей ведения согласованной туристской деятельности и инфраструктурного освоения территории.

Ключевые слова: стратегия развития, дестинация, модель дестинации, планирование развития туризма.

A. V. Vasil'yeva. DEVELOPMENT STRATEGY CREATION FOR CULTURAL AND HISTORICAL DESTINATION

Destinations inscribed into regional tourism development planning system need for strategic development documents. The review of destination definition approaches in modern Russian and international practice makes it possible to define destination characteristics. Marked specific affects on destinations management and development planning. This paper presents a «Kizhi» destination model and distinguishes steps of destination development strategy associated with the idea of harmonious tourism activities and infrastructure development of the territory.

Key words: development strategy, destination, destination model, tourism development planning.

Формирование условий для развития туризма на уровне региона зависит от программных документов развития в сфере туризма [Федеральный закон…, 1995].

Усилия в сфере регионального планирования развития туризма направлены на создание благоприятных условий для комплексного развития туристской системы региона, основанного на успешной деятельности отдельных туристских дестинаций.

Одним из решающих факторов формирования туристского интереса к региону является наличие привлекательных туристских дестинаций. Дестинации в свою очередь нуждаются в адресном управлении, вписанном в общую структуру регионального управления развитием туризма, на основе собственных документов планирования развития (стратегий), которое позволит развиваться и вносить вклад в развитие всего туристского комплекса региона.

Объект Всемирного наследия (ОВН) «Кижи» на сегодняшний день является привлекательным туристским объектом для отечественных и зарубежных посетителей и активно работающим брендом Карелии.

Специалисты «Государственного историко-архитектурного и этнографического музея-заповедника „Кижи“» ведут работу по совершенствованию туристского менеджмента. Результатом этой работы стало повышение туристского потока с 99 тыс. в 2000 г. до 168 тыс. в 2010 г. Однако несмотря на существование различных проектов и отдельных усилий, **стратегии развития туризма в настоящее время не существует.** В случае разработки стратегии развития культурно-исторической дестинации «Кижи», объектом выступает совокупность всех элементов туристской системы, вовлеченных в обслуживание туристов и ее будущее желаемое состояние, а субъектом – музей-заповедник «Кижи», в оперативном управлении которого находится «Кижский погост».

В настоящее время **реализуется проект по разработке Плана управления** объектом Всемирного наследия «Кижский погост». Музей-заповедник «Кижи» выступил инициатором и заказчиком работ по созданию Плана управления, наличие которого является обязательным требованием ЮНЕСКО. Исполнителем этой уникальной для российской практики работы по итогам конкурса стал Институт экономики Карельского НЦ РАН [Контракт…].

План управления рассматривается как инструмент управления объектом, обеспечивающий реализацию определенных целей. В соответствии с этими целями формулируются конкретные задачи Плана управления, одной из которых является **разработка концепции стратегии развития культурно-исторической дестинации «Кижи»,** предусматривающей не только развитие туризма на территории, но и параллельное развитие местного сообщества и всей территории вокруг объекта.

Для разработки стратегии развития необходимо обеспечить ее научное обоснование, основанное на исследовании отечественного и зарубежного опыта исследований развития и управления дестинациями в рамках пространственных моделей развития туризма.

Термин «туристская дестинация» был введен Н. Лейпером в 1980-х гг. на базе английского слова, дословный перевод которого «местонахождение» или «место назначения». Ричард Батлер в своих исследованиях детерминирует дестинацию как место вдали от дома, где туристы планируют провести время [Butler, 1980]. Автор ассоциирует данное географическое пространство и с небольшим автономным центром, с регионом, островом или страной. Купер, Флетчер и др., исследуя вопросы теории и практики туризма, акцентируют внимание на том, что посещение дестинации – это основная цель туристского путешествия [Cooper et al., 2005]. В отечественной практике исследователь И. В. Зорин предложил считать туристской дестинацией всякий объект, входящий в каталог любого туроператора [Зорин, 2010]. Дестинация детерминируется как физическое пространство, где посетитель проводит хотя бы одну ночь, включающее в себя такие туристские продукты как сопутствующие услуги и развлечения.

Обобщение подходов к определению термина позволило выделить характерные черты дестинации. **Дестинация – это конкретная определенная местность, регион, территория, которую сезонно посещают или круглогодично и проводят определенное время с туристскими целями.**

Кроме того, в рамках дестинации предполагается возможность «капитализации» за счет деятельности организаций, компаний, частных и правительственных структур, органов местного самоуправления и местного сообщества в целом, которые предлагают продукты и услуги посетителям, осуществляют деятельность по развитию туризма, а также выискивают естественные или создают новые «искусственные ресурсы» туристкой привлекательности.

Дестинация является и кластерным образованием, центром формирования туристской системы, включающей широкий спектр услуг для удовлетворения разнообразных нужд различных категорий туристов, оказываемых в пределах конкретной территории в соответствии с ее туристской специализацией и диверсифицированным туристским продуктом [Васильева, Кодолова, 2012].

Все перечисленные черты являются характерными и для «Кижей», сформировавшимися вокруг ОВН «Кижский погост» и специализирующимися на развитии культурно-исторического туризма. Более 99 % посетителей становятся потребителями обзорной экскурсии по острову, несмотря на то, что музей-заповедник предлагает широкий спектр услуг, как на острове, так и в г. Петрозаводске.

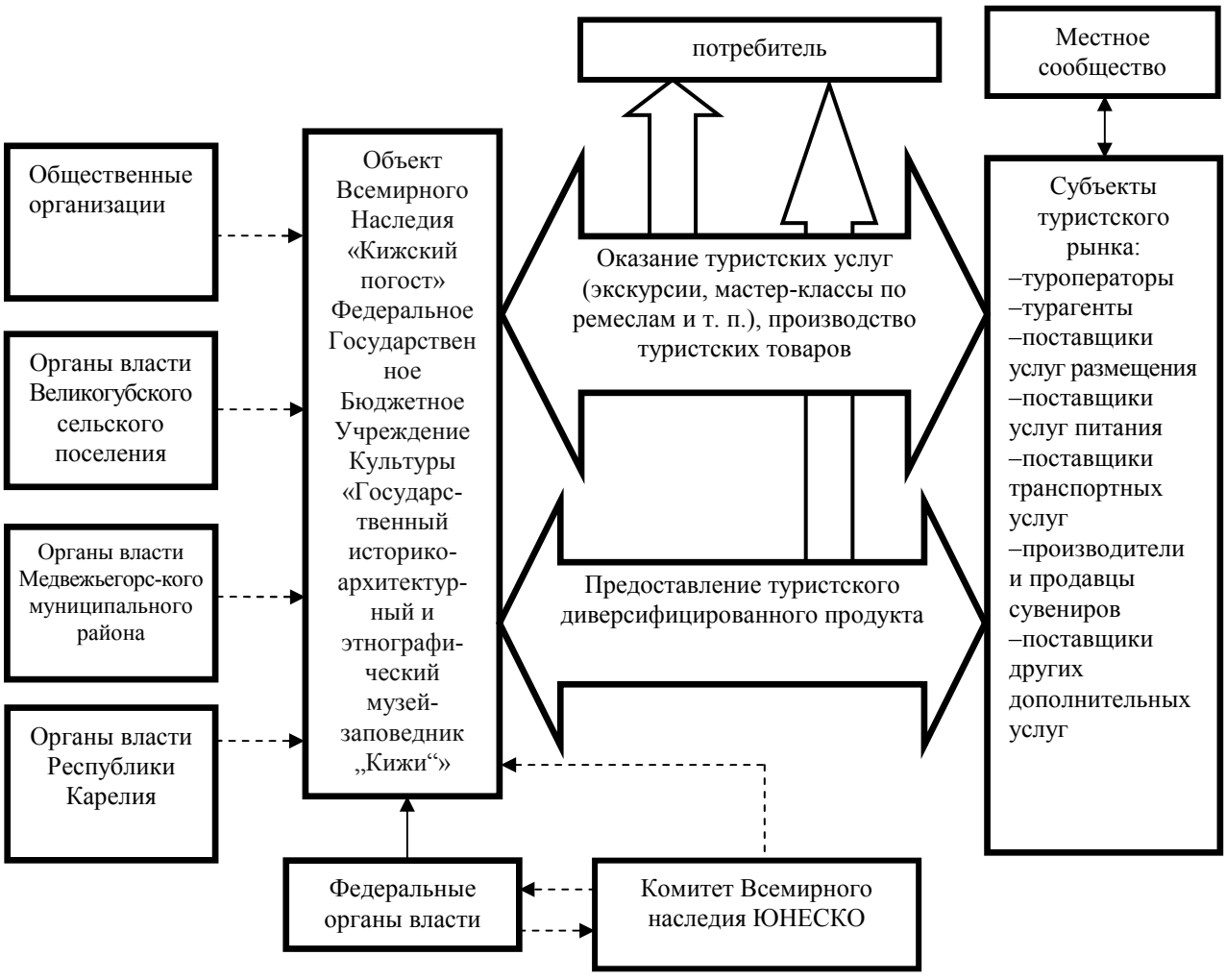
В работе «Управление развитием туризма в регионе. Опыт реализации Стратегии Республики Карелия» представлено исследование жизненного цикла различных видов туризма в Карелии и их позиционирование с использованием матрицы Бостонской консалтинговой группы [Управление…, 2008]. Согласно иссле-

дованию, культурно-исторический туризм был отнесен к группе, характеризующейся высокой долей рынка, низкими темпами развития и невысокими, но стабильными доходами. Для таких групп наиболее предпочтительной является **стратегия диверсификации.**

Разработка стратегии развития дестинации включает в себя основные этапы: оценка ситуации; выявление основных вызовов и проблем; формулировка основных целей и задач; представление сценарных вариантов реализации стратегии; разработка плана мероприятий по достижению целей стратегии; разработка механизмов мониторинга.

Основная цель стратегии – выработать линию планирования и развития туризма в рамках дестинации «Кижи». Стратегия рассматривает туризм, ориентирующийся на «Кижский погост». Окружающая территория с проживающим в поселениях местным населением рассматривается как среда для развития предприятий туристского бизнеса, являющихся поставщиками таких услуг как питание, размещение, транспорт и т. д. Таким образом, будет осуществляться развитие территории, предусматривающее заботу о жителях зоны влияния объекта Всемирного наследия. Стратегия отводит главную координирующую роль в этом процессе музею-заповеднику «Кижи», в оперативном управлении которого находится объект.

Стратегия предполагает гармоничные отношения всех заинтересованных в развитии туризма сторон (рис.). Эффективное сотрудничество этих сторон может стать основой устойчивого развития, обеспечивающей сохранение ОВН, его популяризацию и повышение уровня жизни местного населения за счет эффектов от развития туризма. При разработке модели учитывались интересы заинтересованных сторон, определялись приоритетные направления развития дестинации, учитывались механизмы взаимодействия. Модель предполагает основные направления развития туризма музеем-заповедником.



Модель культурно-исторической дестинации «Кижи» (Т. А. Кодолова, А. В. Васильева)

В соответствии с одним из вариантов музей-заповедник в целях организации процесса развития туризма будет оказывать **отдельные туристские услуги и производить сопутствующие туристские товары,** которые в последующем будут включаться в турпродукт какого-либо оператора. В настоящее время музей-заповедник предлагает потребителю широкий спектр услуг и сопутствующих товаров. Опираясь на имеющиеся природные, архитектурные и культурные ресурсы, творческий и профессиональный потенциал сотрудников, музей-заповедник оказывает экскурсионные услуги, организовывает событийные мероприятия (храмовые, детские и светские праздники), в рамках экспозиций проводят различные мастер-классы, тематические лектории, конкурсы, конференции и семинары. Кроме вышеперечисленных услуг в структуре музея-заповедника функционирует подразделение, занимающееся изготовлением собственной печатной и сувенирной продукции.

Широкий спектр предлагаемых услуг позволяет создавать диверсифицированный туристский продукт, при условии дополнения их другими необходимыми для формирования туристского продукта основными туристскими услугами, такими как проживание, питание и транспортное обеспечение. **Формирование такого диверсифицированного туристского продукта** – это другой путь развития туризма музеем-заповедником. Устав музея-заповедника позволяет осуществлять такие виды деятельности как организация услуг питания и размещения, оказание транспортных услуг. На основе этих услуг возможно формирование туристского продукта, законодательством РФ определяемого как комплекс услуг по перевозке и размещению, оказываемых за общую цену.

Стратегия развития культурно-исторической дестинации «Кижи», основанная на представленных в модели принципах взаимодействия, станет инструментом развития всей территории дестинации. Развитие туризма, как точки роста, способно улучшить социально-экономические условия благодаря формированию новых экономических рынков (труда, туристских товаров и услуг, сопутствующих товаров и услуг), субъектами которых будут в первую очередь выступать местные жители.

Литература

Васильева А. В., Кодолова Т. А. Управление развитием культурно-исторических дестинаций: теоретический аспект // Северные туристские дестинации как доминанта развития туризма Северо-Западного региона. Роль культурного наследия в развитии дестинаций. Труды III Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2012. 236 с.

Зорин И. В. Туристская дестинация // Роль туризма в модернизации экономики российских регионов: Сборник научных статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 8–10 июня 2010 г. Петрозаводск, Кондопога / Отв. ред. А. И. Шишкин, Т. А. Кодолова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. 74 с.

Контракт № 34/11 на выполнение НИР по «Разработке Плана управления объектом Всемирного наследия „Кижский погост (Россия С544)“» с 2012 по 2022 гг.

Управление развитием туризма в регионе. Опыт реализации Стратегии Республики Карелия / Под общ. ред. Ю. В. Савельева, О. В. Толстогузова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 227 с.

Федеральный закон от 20 июля 1995 г. № 115-ФЗ «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» от 23 июня 1995 г.

Butler R. W. The concept of the tourist area life-cycle of evolution: implications for management of resources. Canadian Geographer. 1980. Vol. 24 (1). P. 5–12.

Cooper C., Fletcher J., Gilbert D. et al. Tourism Principles and Practice (3rd ed.). Harlow, UK: Pearson Education. 2005.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Васильева Анастасия Владимировна
аспирантка
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: vasnask@gmail.com
тел.: (8142) 572210

Vasil'yeva, Anastasia
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: vasnask@gmail.com
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 204–207

УДК 338.24:332.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В МОНИТОРИНГЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ РЕГИОНА

Д. Г. Шмуйло

Институт экономики Карельского научного центра РАН

В статье рассматриваются интегральные показатели, которые используются при организации мониторинга реализации стратегических документов в регионе. Предложен измененный интегральный показатель.

Ключевые слова: управление, регион, стратегия, мониторинг, интегральный показатель, система показателей.

D. G. Shmuilo. APPLICATION OF THE INTEGRATED INDEX IN MONITORING STRATEGIC DOCUMENTS OF A REGION

The paper considers the integrated indices used to monitor the implementation of strategic documents in a region. We suggest a modified integrated index.

Key words: management, region, strategy, monitoring, integrated index, set of indicators.

Одним из наиболее распространенных инструментов управления регионом в условиях рыночной экономики является стратегическое планирование. Основными документами системы государственного планирования долгосрочного действия, определившими стратегические ориентиры развития Республики Карелия, являются Концепция социально-экономического развития Республики Карелия на период до 2015 г., утвержденная Постановлением ЗС Республики Карелия от 24 февраля 2011 г. и Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 г. Для разработанных стратегических документов потребовалось создание механизма отслеживания хода реализации этих документов, чтобы выявить, как действия правительства влияют на социально-экономические процессы в республике, в каком направлении проходят преобразования, какие коррективы нужно вносить в принимаемые решения и какое будущее ожидает республику.

В работах многих современных авторов [Сушко, 2009] признается, что в соответствии с одним из основных законов кибернетики – законом обратной связи, все организованные системы являются открытыми, и замкнутость их обеспечивается только через контур прямой и обратной связи. Эффективность функционирования таких систем достигается наличием обратной связи. Все это относится и к экономическим системам, которые находятся под воздействием различных факторов. Поэтому в качестве специфического инструмента «обратной связи» в территориальном управлении, основы для выявления причин отклонений от запланированного хода событий, для принятия решений, коррекции стратегических документов в процессе разработки Стратегии Республики Карелия было предусмот-

рено проведение мониторинга его реализации.

Важность мониторинга стратегических документов осознана мировым сообществом. Наиболее заметные труды в этом направлении были опубликованы американскими учеными Джозефом Хоули, Дэвидом Осборном, Тедом Геблером, Харри Хартли [Белкина, 2009]. В рамках формируемой системы управления Институтом экономики Карельского научного центра РАН с 1999 г. проводилась научно-исследовательская работа по организации и проведению мониторинга реализации этих двух важных для Республики Карелия стратегических документов.

Под мониторингом понимается длительное наблюдение за каким-либо процессом, с целью оценки его состояния по отношению ко времени начала наблюдения и прогноза, о его возможном поведении в будущем. Основное предназначение мониторинга социально-экономических процессов – оценить адекватность региональных социально-экономических процессов с принятой стратегией развития и быть обоснованием для корректировки планов.

Наиболее важной проблемой в организации мониторинга является построение адекватной объекту наблюдения системы частных показателей, охватывающей наиболее важные социально-экономические процессы на уровне республики, которые в дальнейшем объединяются, интегрируются в один обобщающий показатель или интегральный критерий. Интегральные (синтетические, обобщающие) показатели (критерии) по своей сути представляют попытку оценить в целом степень, динамику и направленность социально-экономического развития той или иной системы; дать объективную оценку темпов и уровня развития жизни населения и состояния экономики. Преимуществом интегральных показателей является комплексность получаемой информации, быстрота, простота использования.

В Стратегии социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 г. в качестве основных критериев системной оценки реализации стратегических документов предложены следующие интегральные критерии:

Интегральный критерий развития территории (ИКРТ), созданный группой независимых экспертов в 1998 г. и формируемый на основе частных показателей (демографических, социальных, экономических) и рассчитываемый ежегодно по официальным данным Госкомстата Республики Карелия.

Вариант 1. С учетом значимости, утвержденной ЗС (предложенной группой независимых экспертов в 1999 г.) с акцентом на объемы производственного развития – ИКРТ (рп).

Вариант 2. С учетом значимости, предложенной в 2002 г. группой депутатов с оценкой на качественные изменения: с акцентом на социальное развитие региона – ИКРТ (ср.)



Рис. 1. Расчет интегрального показателя оценки процесса реализации Стратегии

.

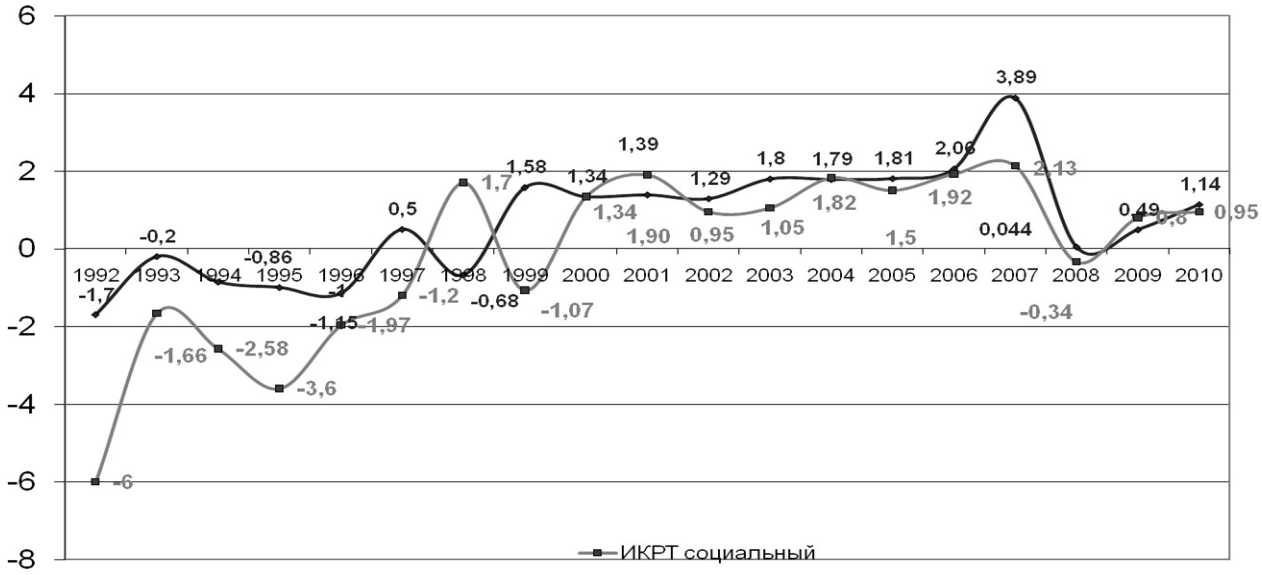


Рис. 2. Динамика оценок интегральных критериев развития Карелии

Ежегодный мониторинг (расчет ИКРТ, рис. 2) за 17 лет позволил выявить то, что идет качественное развитие экономики региона, при этом в большей степени возрастают качественные показатели жизни в Карелии [Шишкин А. И., Шишкин А. А., 2009]. С 2001 г. социально ориентированный ИКРТ (ср) отставал в своей динамике от производственного, в 2004 г. впервые превысил ИКРТ (рп). Резкое снижение интегральных показателей объясняется влиянием кризиса: *социальный* ИКРТ (ср) на 3,8, при падении производственного ИКРТ (рп) на 1,8. Данное падение критериев развития свидетельствует о кризисных явлениях в регионе (в большей степени о предстоящем спаде объемов производства, в первую очередь), сокращением инвестиционной активности бизнеса.

Критерий, оценивающий социальное состояние региона, проявляет большую устойчивость. Социальные процессы сглаживают процессы в бизнесе в основном за счет социальных программ и бюджетного обеспечения региона (как северного в том числе). Прогноз динамики развития данных двух критериев (см. рис. 2) свидетельствует о появлении элементов неустойчивого развития с замедлением роста объемов производства (возможно падение к 2012 г.).

Прогноз динамики роста качества жизни (ИКРТ (ср) наиболее оптимистичен. Социальные процессы возьмут на себя роль своеобразного «буфера». Аналогичная картина была в период с 1995–1998 гг.

Выводы по динамике ИКРТпр и ИКРТср:

1. В целом экономическое развитие Карелии в 2008 г. не проявило достаточной устойчивости особенно в социальной сфере, кризис отразился на развитии и на качестве жизни.

2. Динамика социального развития (*качество жизни*) *имеет значительно большую амплитуду колебаний чем динамика производства, это следствие, прежде всего, внешних факторов* (*цены на топливные ресурсы, монетизация льгот, рост тарифов, реформа МСУ и т. д.*).

3. Одних региональных усилий в 2008 г. было недостаточно для быстрой нейтрализации негативного влияния внешних факторов (*кризис в финансовой сфере*) *и этим объясняется падение социального ИКРТср до –0,34.*

4. Показатель ИКРТ за 2009 и 2010 гг. указывает на тенденцию к росту качества жизни ИКРТср и ИКРТпр.

Проведение последующей научно-исследовательской работы по реализации мониторинга требует совершенствования методики – выделения из ИКРТ двух самостоятельных показателей – показателя, который отражал бы экономическую сторону развития республики, и показателя, который отражал бы социальную сторону развития. Таким образом, будет не один, а три отдельных интегральных показателя. Сама система частных показателей также требует изменения. Предлагается обобщенный интегральный показатель назвать как ИКРТ «Качество жизни» (рис. 3).

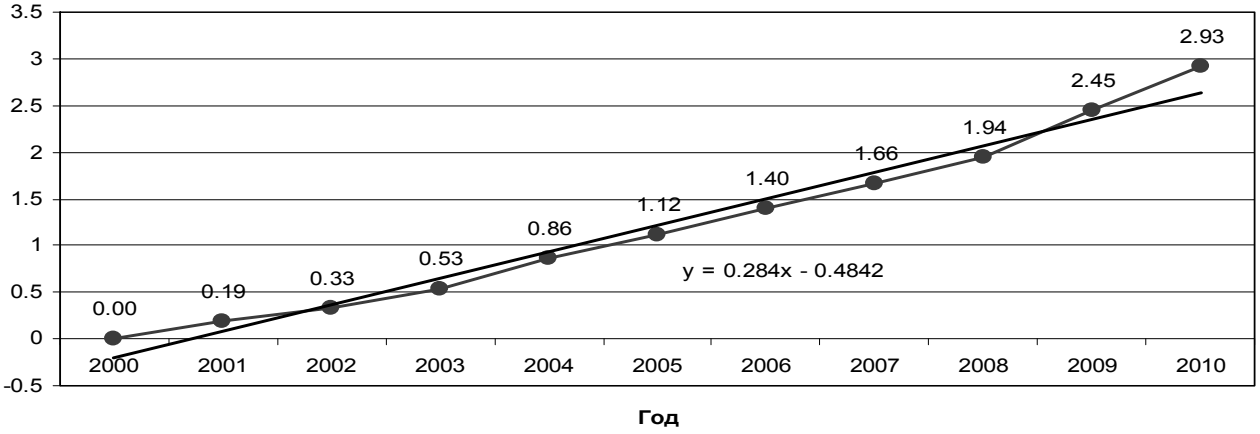


Рис. 3. Интегральный критерий качества жизни РК

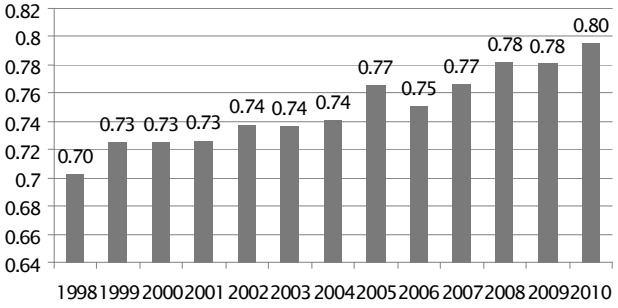


Рис. 4. Индекс развития человеческого потенциала Республики Карелия

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП рис. 4) по методике ООН, применяемой для субъектов РФ. ИРЧП является наиболее удачно агрегированным критерием, который используется мировым сообществом и ежегодно рассчитывается для всех государств. Он является стандартным инструментом при общем сравнении уровня жизни различных стран и регионов. Оценка уровня жизни с использованием ИРЧП строится на минимальном наборе базовых показателей. Каждый из этих показателей количественно представляет важные направления человеческого развития: долголетие, образованность, уровень жизни. Динамика ИРЧП по Республике Карелия на протяжении последних лет имела позитивную направленность (см. рис. 4). Наибольшее влияние на рост индекса развития человеческого потенциала с 1998 г. оказывал размер душевого ВРП с учетом паритета покупательной способности. Это наиболее динамичный показатель из всех, включаемых в состав ИРЧП. Такие показатели как индекс образования и индекс долголетия остаются практически неизменными. Следует отметить небольшое увеличение показателя индекса долголетия за последние два года (см. рис. 4).

Литература

Белкина Т. Д. Мониторинг стратегических планов городского развития // Сборник «Стратегическое планирование в регионах и городах России»: Докл. общерос. форума лидеров стратегического планирования, 20– 21 октября 2008 г. СПб., 2009.

Сушко Е. Д. Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 4. Ч. II / Ю. С. Пивоваров (отв. ред.) и др. М.: ИНИОН РАН, 2009. 716 с.

Махновский Д. Е. Использование индекса развития человеческого потенциала для исследования пространственной экономики: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. ИПРЭ РАН. СПб., 2011. С. 201.

Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 года.

Отчет о научно-исследовательской работе «Организация и проведение мониторинга Концепции социально-экономического развития Республики Карелия на период до 2012 г. Петрозаводск, 2009.

Шишкин А. И., Шишкин А. А. Опыт управления социально-экономическим развитием региона (по итогам реализации концепции «Возрождение Карелии») // Журн. экономика и управление. 2009. № 11(49). С. 31.

Шмуйло Т. П. Методические подходы к мониторингу реализации Концепции социально-экономического развития Республики Карелия в 2006–2012 гг. // Тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. 2007. С. 131–132.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Шмуйло Данил Григорьевич
аспирант
Институт экономики Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: insteco@karelia.ru
тел.: (8142) 572210

Shmuilo, Danil
Institute of Economic Studies, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: insteco@karelia.ru
tel.: (8142) 572210

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 208

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ЕВГЕНИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ НЕМКОВИЧ



В 1992 г. Евгений Григорьевич по предложению председателя Президиума КарНЦ РАН профессора А. Ф. Титова возглавил Отдел экономики.

Накопленный опыт производственной и проектной работы в отраслевой науке позволил Е. Г. Немковичу быстро определить научный потенциал коллектива и реализовать его возможности для развития республики. В результате отраслевые направления исследований КарНЦ РАН в большей степени трансформировались в исследования по региональным проблемам развития, что в дальнейшем и определило научную специализацию и стратегию Института. Восемь лет (1997–2005 гг.) Е. Г. Немкович работал зам. директора Института по науке. В это время он осуществлял научное руководство по разработке программ экономического и социального развития КАССР, г. Петрозаводска, интеграции экономики Карелии в международное разделение труда и адаптации в рыночные условия, по выполнению грантов РГНФ, TACIS, Евро-Азия и «Интеграция». Координировал деятельность по разработке концепций: «Приоритеты в развитии Петрозаводска на 1998–2001 гг.» и «Возрождение Карелии». Е. Г. Немкович опубликовал более 160 научных публикаций. В соавторстве опубликовано 9 монографий. Наиболее интересные: «Карелия в 1991–1998 гг.», «Иностранные инвестиции в экономике приграничного региона», «Лесопромышленный комплекс Республики Карелия. 1990–1999 гг.», «Организационные и социально-экономические аспекты сохранения коренных лесов Карелии», «Экономика и стратегия развития туризма в регионе», «Малый бизнес Карелии». Издано 8 учебно-методических пособий для вузов. Евгений Григорьевич стал организатором в Карелии международных научно-практических конференций «Арсеньевские чтения», посвященных памяти академика и общественного деятеля XIX в. К. И. Арсеньева. Е. Г. Немкович курирует в Институте подготовку аспирантов. Под его научным руководством по специальности «Экономика и управление народным хозяйством» защитились Н. Ю. Гарифулина, Ю. В. Савельев, Г. Т. Шкиперова.

За успехи в научной, производственной и общественной работе Е. Г. Немкович награжден орденом «Знак почета», медалью «Ветеран труда», памятной медалью «90 лет Советских вооруженных сил», Почетными грамотами КАССР и РК, Торгово-промышленной палаты РФ, Президиумов РАН и Карельского научного центра РАН, КГПУ. Присвоено почетное звание «Заслуженный инженер КАССР».

А. И. Шишкин

Труды Карельского научного центра РАН
№ 6. 2012. С. 209–210

ИНСТИТУТУ ЭКОНОМИКИ 15 ЛЕТ[1]

Учитывая необходимость в развитии экономической науки, Президиум Карельского НЦ РАН в 1996 г. выступил с идеей преобразования Отдела экономики в Институт экономики. Это предложение было поддержано Законодательным собранием РК. Решение организационных вопросов было поручено д. э. н. **П. Ф. Михальченко.** Большую заинтересованность в создании института проявил секретарь Отделения экономики РАН академик **С. С. Шаталин.** Он ознакомился с научными результатами деятельности отдела и внес предложение в Президиум РАН о создании Института на базе отдела, отметив, что это **«Карелам аванс на будущее и костюм на вырост».** Президиум РАН постановлением **№ 128 от 02.07.96 г.** создал Институт экономики. Начались исследования особенностей развития республики как приграничного региона. Вышел **первый сборник** научных трудов Института экономики **«Экономические проблемы становления рыночных отношений в РК».** С 1996 г. Институт ведет кадры в аспирантуре по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством». Первыми кандидатами экономических наук стали С. А. Гурова, И. А. Вистбакка, А. Е. Курило.

В апреле 1998 г. в РАН директором Института был избран д. т. н., профессор ПетрГУ А. И. Шишкин. Под его руководством Институт активно включается в решение региональных проблем переходного периода. Участие в развитии ИЭ приняли: академик-секретарь Д. С. Львов, член-корреспондент А. Ф. Титов, доктора Л. А. Аносова, А. А. Румянцев, О. П. Литовко. Научная деятельность ИЭ определилась ООН: исследование динамики экономических и социальных процессов в Карелии. Ученые института сосредоточились на методологии решения проблем формирования экономических отношений между Бизнесом и Властью в условиях свободы Личности, в условиях новых технологических, информационных реалий. Наиболее успешной (ИЭ – лауреат всероссийского конкурса) стала разработка **Концепции социально-экономического развития республики «Возрождение Карелии на 1999–2010 годы и мониторинг ее реализации».**

В Институте функционируют три научно-исследовательских отдела, которые проводят исследования в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН: «Моделирование и прогнозирование региональных инновационных и социо-эколого-экономических процессов»; «Научно-методологические особенности разработки и реализации региональной экономической политики в приграничном регионе»; «Институциональное развитие региональных социально-экономических систем».

Институт выпустил 11 сборников научных трудов, ежегодно печатается более 150 статей, из них в рецензируемых журналах более 25 %, и публикуются 3–5 монографий.

В целом коллективу Института удалось вписать исследования академической науки в решение проблем народного хозяйства республики, сделать их востребованными и содействующими динамичному социально-экономическому развитию республики в рамках общих задач Российской Федерации. Повысился научный потенциал Института. 96 % научных сотрудников имеют научную степень, в том числе: докторов наук – 6, средний возраст научных работников 47 лет. На базе Института успешно работает Республиканский научно-методический семинар, на котором заслушиваются результаты работы ученых по бюджетной тематике и диссертационные работы соискателей. При поддержке грантов работают две научные школы: профессора А. И. Шишкина «Экономики и управления экономическими процессами» «Стратег» и Т. В. Морозовой «Социальная инноватика».

---

[1] Данный скромный исторический экскурс по работе Института автором сделан на основе публикаций по развитию экономической науки в Карелии: Е. Г. Немковича, А. Ф. Козлова, А. Е. Курило.



Коллектив Института экономики КарНЦ РАН (2010 г.)

В Институте осуществляется аналитическая и методологическая работа по изучению экономических и социальных процессов в приграничном ресурсно-ориентированном регионе и ведется подготовка научных кадров высшей квалификации в области экономики и управления.

А. И. Шишкин

ПРИЛОЖЕНИЕ

http://transactions.krc.karelia.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»
серия «Регион: экономика и управление»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды) серия «Регион: экономика и управление» публикуют результаты завершенных оригинальных исследований в области региональной экономики и управления социально-экономическими процессами в регионе: теоретические и обзорные статьи, сообщения, обзоры, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Рецензентом может быть специалист в области исследований, представленных в статье и не работающий в одной организации с автором статьи.

Авторы обязаны учесть замечания рецензентов и внести в статью соответствующие исправления или предоставить мотивированный ответ о несогласии с замечаниями рецензента. Получив статью с замечаниями рецензентов, автор должен вернуть в редакцию исправленную рукопись или ответ о несогласии с замечаниями в течение месяца.

Если автор отказывается принять замечания рецензента, то редакционная коллегия может назначить дополнительное рецензирование.

Окончательное решение об опубликовании или отклонении статьи принимает ответственный редактор серии или тематического выпуска, в случае необходимости он может назначить дополнительного рецензента из состава редколлегии.

В случае отклонения статьи редакция сохраняет у себя один экземпляр и направляет автору мотивированный отказ. Статья и рецензии хранятся в редколлегии в течение 3 лет.

Рецензия может быть анонимной.

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон (8142)780109.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН и другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступна на сайте http://transactions.krc.karelia.ru.

Рукописи принимаются на основании заявления автора (авторов). В заявлении о публикации статьи необходимо указать:

1) фамилию, имя, отчество (полностью) автора (авторов);
2) ученую степень и звание (если они имеются);
3) почтовый адрес, телефон, факс, e-mail;
4) если авторов несколько, указать, с кем из них вести переписку;
5) согласие на опубликование статьи на Интернет-сайте КарНЦ РАН.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии Трудов после рецензирования с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами.

Объем рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) не должен превышать: для обзорных статей – 30 страниц, для оригинальных – 25, для сообщений – 15, для хроники и рецензий – 5–6. Объем рисунков не должен превышать 1/4 объема статьи.

Рукописи присылаются в электронном виде, прилагается один экземпляр, напечатанный на одной стороне листа формата А4 через 1,5 интервала (12 пунктов шрифта типа Times New Roman). Размер полей: сверху, снизу, справа, слева – 2,5 см. Страницы должны иметь сплошную нумерацию. Страницы с рисунками не нумеруются.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке:

УДК курсивом на первой странице, в левом углу.

Название статьи.

Инициалы, фамилия автора (*если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, то следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; звездочкой помечается фамилия автора, на чье имя следует направлять оттиски и другую корреспонденцию*).

Название учреждения, где выполнялась работа, и его почтовый адрес, включая факс и адрес электронной почты.

Аннотация (до 15 строк).

Ключевые слова.

Название статьи на английском языке.

Инициалы, фамилия автора (авторов) на английском языке.

Аннотация на английском языке.

Ключевые слова на английском языке.

Текст статьи.

Благодарности со ссылкой на гранты или отдельные программы, бюджетные или внебюджетные темы.

Литература. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.52008. Библиографическая ссылка. Общие трабования и правила составления (http://www.bookchamber.ru,GOST_P_7.0.5.2008). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом, а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

Таблицы нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте.

Рисунки и подписи к рисункам (на отдельном листе).

ТАБЛИЦЫ. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в примечании, расположенном под ней.

РИСУНКИ. Если иллюстрации исполнены авторами самостоятельно в формате Word или Excel, то не следует заверстывать их в другие программы. Все остальные иллюстрации исполняются в формате TIF, JPG либо PNG с разрешением 300 dpi, вставляются в текст статьи на соответствующее место и дополнительно высылаются отдельными для каждой иллюстрации файлами с указанием в их названии номера, приводимого в тексте.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

Рекомендованное количество иллюстраций в одной статье – не более трех.

Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: [Карху, 1990] (один автор); [Раменская, Андреева, 1982] (два автора); [Крутов и др., 2008] (три автора или более) и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Рыбаков, 1994; Longman, 2001].

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 332.02:332.08

ТРАНСФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГУМАНИТАРНОМ РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА

И. И. ИВАНОВ[1], А. А. ПЕТРОВ[2]

[1] *Институт экономики Энского научного центра РАН*

[2] *Институт культурного наследия Энского научного центра РАН*

В статье раскрываются сущность, содержание и структура процессов трансформации российского общества. Рассмотрены основные направления модернизационной стратегии развития России в долгосрочном периоде. Выделены этапы процесса модернизации и представлен набор конкретных предложений и рекомендаций по совершенствованию основных направлений государственной экономической, научно-технической, налоговой и пространственной политики.

Ключевые слова: трансформация, модернизация, системная модель, долгосрочная стратегия развития России.

I. I. Ivanov, A. A. Petrov. TRANSFORMATION PROCESSES IN HUMANITARIAN DEVELOPMENT OF SOCIETY

Essence, maintenance and structure of system modernization model of Russian's state and society, suggest and opens up in the article. Basic directions of modernization strategy of Russia are considered in a longterm period. The stages of process of modernization are selected and presented specific suggestion and recommendation for perfection of basic directions of public economic, scientific and technical, tax and spatial policy.

K e y w o r d s: modernization, system model, longterm strategy of Russia.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Пункты пропуска на границе Россия–Финляндия

Пункты пропуска	Регион		
	Ленинградская область	Республика Карелия	Мурманская область
МАПП	3	3	2
ЖДПП	4	2	0
ПУП	0	2	0

Примечание. МАПП – многосторонний автомобильный пункт пропуска, ЖДПП – железнодорожный пункт пропуска, ПУП – пункт упрощённого пропуска.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Разновидности моделей производств при использовании многокомпонентного сырья

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

С с ы л к и н а к н и г и

Аршинов В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: Институт философии РАН, 1999. 206 с.
Афанасьев В. Г. Общество: системность, познание и управление. М.: Политиздат, 1981. 432 с.

С с ы л к и н а с т а т ь и

Иванов И. И. Трансформационные процессы социально-экономического пространства России на рубеже веков // Социально-экономический журнал. 2005. Т. 31, № 2. С. 247–255.

С с ы л к и н а а в т о р е ф е р а т ы д и с с е р т а ц и й

Петров И. И. Экономические аспекты гуманитарного развития российского общества в постсоветский период: автореф. дис. ... докт. эконом. наук. М., 2007. 33 с.

С с ы л к и н а д и с с е р т а ц и и

Петров И. И. Экономические аспекты гуманитарного развития российского общества в постсоветский период: дис. ... докт. эконом. наук. М., 2007. С. 45–47.

С с ы л к и н а и н т е р н е т - р е с у р с ы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайновых сервисов // Электрон. б-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: http://www.elbib.ru/2003/PLP/ (дата обращения: 25.11.2006).

Редакция Трудов КарНЦ РАН оставляет за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие правилам оформления.

TABLE OF CONTENTS

From editor 3

SCIENTIFIC RESULTS

A. I. Shishkin. MODERNIZATION OF THE SOCIETY IN THE CONTEXT OF SOCIO-ECONOMIC MANAGEMENT 5

Yu. V. Saveliev, A. F. Titov. TRANSFORMATION OF STATE AND SOCIETY: SYSTEM MODEL OF MODERNIZATION AS THE BASE OF STRATEGY DEVELOPMENT OF RUSSIA 11

O. V. Tolstoguzov. REGION IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION: SPATIAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS 19

M. V. Sukharev. REGIONAL INSTITUTIONAL ENVIRONMENT AND COGNITIVE PROCESSES IN THE LOCAL COMMUNITY 29

A. A. Shishkin. INDIVIDUAL AS AN OBJECT AND SUBJECT OF PUBLIC ADMINISTRATION (THE HUMANITARIAN ASPECT) 34

Heikki Eskelinen, Aku Alanen. MIGRATION FROM RUSSIA TO EASTERN FINLAND 43

Timo Lautanen. UNIVERSITY-BASED ENTREPRENEURSHIP – EVIDENCE FROM EASTERN FINLAND 48

Markku Sippola. FEATURES OF NORDIC CORPORATE CULTURE FOUND IN RUSSIAN FACTORIES 54

T. V. Morozova, S. G. Murina, R. V. Belaya. RECREATIONAL MOBILITY AS A COMPONENT OF THE LIVING STANDARD: MEA URING THE TYPOLOGICAL DIVERSITY 58

M. N. Rudakov. REPUBLIC OF KARELIA LABOUR MARKET: DYNAMICS AND DIFFERENTIATION OF THE MONETARY INCOME OF PEOPLE 68

E. V. Molchanova. MODEL FOR CHOOSING THE OPTIMAL STRATEGY OF MANAGING MEDICAL-DEMOGRAPHIC PROCESSES 77

E. A. Mikhel. INSTITUTIONAL STRUCTURE OF DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT IN KARELIA 85

A. E. Kurilo. ECONOMIC ACTIVITY OF THE REPUBLIC OF KARELIA POPULATION 95

O. K. Tsapieva, Yu. N. Sagidov. SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS IN A REGION (EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGHESTAN) 101

P. V. Druzhinin, G. T. Shkiperova. IMPACT OF ECONOMIC DEVELOPMENT ON THE ENVIRONMENT 106

N. G. Kolesnikov. BORDERNESS AS A DRIVER OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT 115

T. A. Kodolova, E. D. Biktimirova. CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT IN A SITUATION OF CONFLICT OF INTERESTS (EXAMPLE OF THE «KIZHI POGOST» WORLD HERITAGE SITE) 123

G. B. Kozyreva. INSTITUTIONAL PROBLEMS OF SUSTAINABLE FORESTRY IN MODERN RUSSIA (THE CASE OF REPUBLIC OF KARELIA) 130

A. M. Tsypuk. CORRUPTION AS SYSTEMIC PHENOMENON IN PUBLIC ADMINISTRATION IN MODERN RUSSIA 138

E. G. Nemkovich, A. E. Kurilo. INNOVATIVE PROCESSES IN REPUBLIC OF KARELIA 143

O. V. Potasheva, T. A. Kodolova, S. V. Stepanova. BUILDING UP THE LABOUR POTENTIAL FOR INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE REGION 149

A. I. Kibitkin, S. V. Petrova. SOME CHARACTERISTICS OF LAG EFFECT AS A FEATURE OF THE SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM OF A FISHING COMPANY 152

N. S. Nedel'ko. ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM OF THE FISH INDUSTRY IN THE ARCTIC REGION THROUGH DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF SENSITIVITY 157

I. V. Melik-Gaikazov, T. A. Kovyrzina, F. D. Larichkin, Yu. G. Glushchenko, V. D. Novoseltseva. SUBSTANTIATION OF INDIVIDUAL PROFITABILITU AND EXPEDIENCY LEVELS OF MANUFACTURING THE PRODUCTS OF COMBINED PROCESSING OF MULTI-COMPONENT MINERAL RAW MATERIALS. 163

I. V. Melik-Gaikazov, T. A. Kovyrzina, F. D. Larichkin, V. I. Beloborodov, V. N. Perein. ECONOMIC EFFICIENCY OF ORE PROCESSING WASTE RECYCLING AND PREPARATION OF RAW MATERIAL RESERVES OF AN ENTERPRISE 172

SHORT COMMUNICATIONS

G. V. Gienko, A. G. Gienko. PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC INSTITUTIONS 182

V. V. Korolyov. ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE REGIONAL PROGRAMMERS «DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISE IN REPUBLIC OF KARELIA UNTIL YEAR 2014» 185

V. V. Kostyukevich. EFFECT OF THE FOREST SECTOR INDUSTRIES ON THE GROSS REGIONAL PRODUCT OF KARELIA 188

E. A. Prokop'ev. ON ESTABLISHMENT OF THE FOREST CLUSTER IN REPUBLIC OF KARELIA 193

A. S. Guchek. SELF-EMPLOYMENT: STUDY APPROACHES AND METHODS 196

A. V. Vasil'yeva. DEVELOPMENT STRATEGY CREATION FOR CULTURAL AND HISTORICAL DESTINATION 200

D. G. Shmuilo. APPLICATION OF THE INTEGRATED INDEX IN MONITORING STRATEGIC DOCUMENTS OF A REGION 204

DATES AND ANNIVERSARIES

A. I. Shishkin. Nemkovich, Evgeny Grigorievich 208

A. I. Shishkin. 15th Anniversary of the Institute of Economics 209

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 211

Научное издание

Труды Карельского научного центра
Российской академии наук
№ 6, 2012

Серия РЕГИОН: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор М. А. Радостина
Оригинал-макет Е. Е. Насонкова

Подписано в печать 25.12.2012. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 22,3. Усл. печ. л. 25,58.
Тираж 500 экз. Изд. № 312. Заказ 104

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50