

УДК 502/504

ИСТОРИКО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСВОЕНИЯ РУССКОГО СЕВЕРА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА (НА ПРИМЕРЕ КАРГОПОЛЬЯ)¹

© 2019 г. О. Н. Трапезникова^{1,*}, Н. И. Тормосова^{2,**}

¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия
*E-mail: dist@geoenv.ru

²Каргопольский историко-архитектурный и художественный музей,
Октябрьский пр., 50/5, Каргополь, Архангельская обл., 164110 Россия
**E-mail: TormosovaNI@mail.ru

Поступила в редакцию 26.02.2019 г.

В статье рассматривается история сельскохозяйственного освоения лесной зоны Восточно-Европейской равнины с позиций геоэкологической концепции агроландшафта на примере Каргопольского района, где не позднее XII в. сформировался уникальный для среднетаежной зоны крупный агроландшафт. Проанализированы природные условия Каргополья и показано, как они влияют на аграрное развитие и систему сельского расселения. Особое внимание уделено анализу широко распространенных в регионе карстовых процессов и их связи с агроландшафтами. Проведено математическое моделирование пространственной организации элементарных агрогеосистем и связанной с ним системы сельского расселения. Особенность предложенного моделирования – упор на связь природного ландшафта и агроландшафта. В основе моделирования лежит математическая морфология ландшафта (А.С. Викторов), и в частности модель ландшафтного рисунка равнин с развитием карстовых процессов, впервые использованная для анализа не природных, а культурных (антропогенных) ландшафтов.

Ключевые слова: геоэкологическая концепция агроландшафта, карст, математическое моделирование, математическая морфология ландшафта, система сельского расселения.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019352-62>

ВВЕДЕНИЕ¹

На Русском севере сельское хозяйство в основном носило подсобный характер и только в отдельных регионах со специфическими природными условиями сформировались настоящие агроландшафты, где земледелие было основным занятием жителей. К числу таких уникальных регионов относится Каргополье, расположенное на юге Архангельской области. С самого начала славянской колонизации Каргополье формировалось как аграрный регион, несмотря на суровые климатические условия (среднегодовая температура в XX в. +1.5°C).

Вся территория располагается в бассейне верхней Онеги на древнем плато, исходно являющимся первичной структурной равниной палеозоя (рис. 1). В отличие от большей части Восточно-Европейской

равнины, перекрытой довольно мощным чехлом рыхлых четвертичных отложений, их толщина в верховьях Онеги редко превышает 5 м. Под этим тонким слоем рыхлых песчано-глинистых отложений залегает огромная известняковая плита – Центральное карбоновое плато – плоское днище древнего палеозойского моря. Западной границей плато является Карбонный уступ. Большая часть плато сложена каменноугольными известняками и доломитами. Образовавшаяся очень ровная довольно низменная равнина (абсолютная высота 110–115 м над уровнем моря) тем не менее относительно мало заболочена, так как слагающие ее известняковые породы отличаются очень хорошим дренажным эффектом. Помимо большой водопроницаемости залегающие близко к поверхности известняки обеспечивают низкую кислотность грунтовых вод и почв и, как следствие, их высокое плодородие. В то же время эта равнина сильно закарстована, здесь широко развиты различные карстовые формы рельефа, а также карстовые озера и исчезающие реки (р. Холуй). Из

¹ Выполнено в рамках государственного задания по теме № г.р. АААА-А19-119021190077-6.

и далее по р. Онеге². Тогда же в Каргополье окончательно сформировалось два наиболее древних природно-культурных ландшафта: Лачинское поозерье (преимущественно озерно-приречный вариант расселения) и Онежское поречье. Однако, вероятнее всего, в окрестности оз. Лаче к тому времени уже существовало местное угро-финское население, о чем свидетельствуют гидронимы Воже, Лаче, Тихманьга, Ухта.

В процессе крестьянской колонизации древнерусское население освоило также и водораздельные территории, где отсутствуют следы поселений угро-финнов. В результате возник третий, еще более редкий природно-культурный ландшафт Каргопольской суши. Таким образом, в одном сравнительно небольшом регионе отмечено несколько типов исторических агрокультурных ландшафтов, каждый со своими особенностями и спецификой развития.

Для детального изучения структуры агроландшафтов была использована ландшафтная карта региона (см. рис. 3), построенная по результатам дешифрирования космических снимков Spot и Landsat 7 и их полевой заверке на основе ландшафтной карты А.Г. Исаченко [7]. Кроме того, были использованы почвенно-геоботаническое районирование Е.Я. Черниковой [11], Государственная геологическая карта России масштаба 1:200000 и топографические карты региона. Ландшафты региона относятся к умеренно-континентальным ландшафтам средней тайги. Всего в пределах изучаемого региона было выделено 9 видов ландшафта.

Качественный анализ природных и социально-экономических факторов выявил несколько исторически сформировавшихся агроландшафтов, включая водораздельный (Каргопольская сушь), поречье, поозерье и приречно-озерный (см. рис. 3). В значительной мере особенности этих агроландшафтов и соответствующих систем сельского расселения определяются природными условиями территории: геолого-геоморфологическими, почвенными и др., что отражается на их привязке к ландшафтной структуре региона.

В условиях свойственного для северо-западной части Восточно-Европейской равнины избыточного увлажнения карстовые депрессии, широко развитые на известняковом плато, как правило, заняты небольшими озерцами (лягами), к которым естественным образом тяготеют сельские поселе-

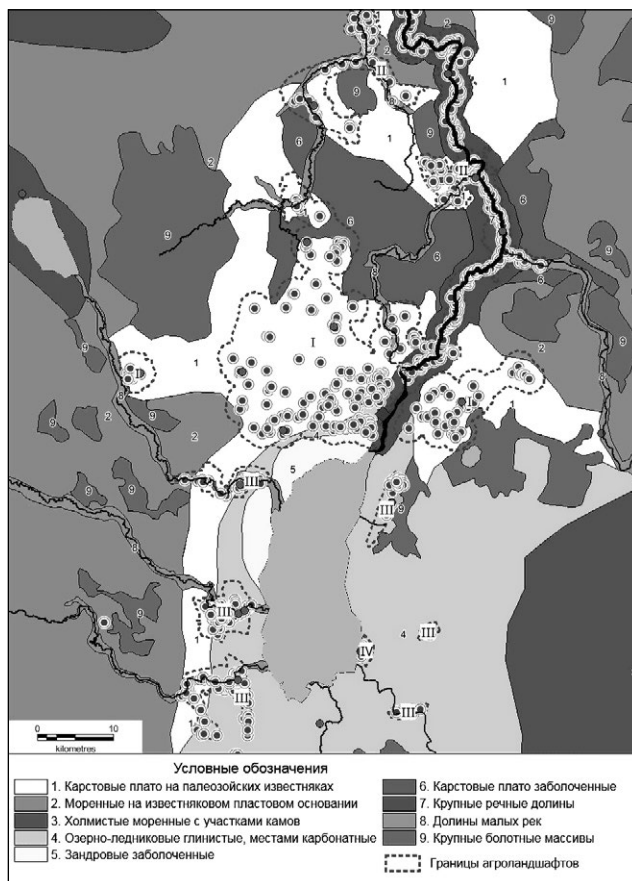


Рис. 3. Ландшафтная карта (полная легенда в табл. 1). Типы агроландшафтов: I – водораздельный (сушь), II – поречье, III – приречно-озерный тип, IV – поозерье.

ния, поскольку на плато мало других источников воды. Тем самым эти депрессии оказались в центре соответствующих элементарных агрогеосистем. Однородные природные условия, плоский фоновый рельеф, хорошие условия дренирования обусловили формирование здесь изолированных элементарных агрогеосистем, форма которых часто приближается к почти правильному кругу. Этот пространственный тип элементарной агрогеосистемы сохранился без изменений практически до конца XX века. Поэтому типичный элементарный агроландшафт Каргопольской суши представляет собой близкую к окружности распаханную территорию, в центре которой находится небольшое озеро (ляга), окруженное одной или несколькими деревнями (см. рис. 2).

Исторически такой куст деревень (деревня) представлял собой отдельную волость или ее часть [10]. Ляги имели большое значение, потому что на карстовом хорошо дренированном плато (суши) они выступали первоначально почти единственными источниками воды. Поэтому они расположены в центре самых древних волостей (деревень) – Лядин, Кучепалды, Ватамановской, Жуковской.

² Археологи считают, что путь из Белого озера через озера Воже и Лаче на р. Онегу был освоен в XI в.: «Все средневековые могильники, исследованные в восточном Прионежье, возникли в XI-XIII вв. Ни один из них не был продолжением более раннего некрополя, появившегося во второй половине I тысячелетия н.э. Это сигнализирует о возникновении в регионе значительного числа новых поселений, не связанных с расселенческими структурами предыдущей эпохи» [3, с. 111].

Таблица 1. Легенда к ландшафтной карте Каргополья (рис. 3)

№	Литогенная основа	Высота, м	Мощность четвертичных отложений, м	УГВ, м	Почвы	Растительность	Сельско-хозяйственное использование
1.	Низменные хорошо дренированные равнины на палеозойских известняках под маломощным чехлом высококарбонатной легко- и среднесуглинистой морены	130-170	0-3	> 15	Дерновые, дерново-карбонатные	Сосновые, еловые и смешанные леса	Значительное, 16,5% площади занято полями
2	Пологоволнистые моренные равнины на известняковом пластовом основании под маломощным чехлом высококарбонатных тяжелоуглинистых моренных отложений	150-190	Более 5	5-15	Дерново-подзолистые	Елово-сосновые, мелко-лиственные и смешанные леса	Незначительное, доля распаханных земель 0,6%
3	Холмистые моренные равнины, сложенные карбонатной тяжелоуглинистой и глинистой мореной с участками камов, сложенных рыхлыми ледниковыми отложениями	160-200	20-50	0.3-5	Дерново-подзолистые	Сосновые, елово-сосновые, мелко-лиственные и смешанные леса	Незначительное, доля распаханных земель 2,2%
4	Плоские низменные равнины, сложенные глинами, местами карбонатными озерно-ледниковыми супесями и суглинками разной мощности	120-160	10-20	0.3-5	Дерново-подзолистые	Сосновые, елово-сосновые, мелко-лиственные и смешанные леса	Значительное, 11,1% площади занято полями
5	Низкие задровые заболоченные равнины, сложенные песчаными и супесчаными флювиогляциальными и озерно-аллювиальными отложениями	120-130	10-20	0.3-2.0	Дерново-подзолистые глеевые и торфяные почвы	Мелколиственные леса	Минимальное, доля распаханных земель 0,5%
6	Низменные заболоченные равнины на палеозойских известняках под маломощным чехлом высококарбонатной средне- и тяжелоуглинистой морены	110-130	0-3	0.3-5	Дерново-глеевые и торфяные	Мелколиственные леса	Незначительное, доля распаханных земель 1,8%
7	Долина р. Онега шириной 1-8 км с поймой 4-5 м высотой, 5-100 м шириной; I надпойменной террасой 15-18 м высотой, шириной до 2 км; II террасой с высотой 25-28 м и шириной до 2 км	100-120	0-5	1-5	Дерновые, дерново-подзолистые, дерново-аллювиальные	Сосновые, еловые, мелко-лиственные и смешанные леса, злаково-разнотравные луга	Максимальное, 42,7% занято сельскохозяйственными угодьями
8	Долины малых рек	100-120	0-5	1-5	Дерновые, дерново-аллювиальные	Значительное, 21,6% площади занято полями	
9	Крупные болотные массивы, низинные и переходные			0-0.3	Торф		Отсутствует

Более того, некоторые деревни так и называются: Красная ляга, Савина ляга, Новгородова ляга, Турова ляга. Таким образом, исторический тип агроландшафта Каргопольской суши представляет собой совокупность таких элементарных агроландшафтов, гнезд деревень (или одной деревни), часто вокруг карстовых озер, окруженных кольцом сельскохозяйственных угодий (рис. 4).

Исключением является наиболее заселенная часть карстового плато, непосредственно примыкающая к Каргополю. Эта территория носит название “Окологород” [10]. Она включает три исторические волости – Волостка Павловская, Волостка Волковская, Волостка Ловзунга. В Павловской волости насчитывалось 57 деревень, в Волковской – 33 деревни, а в Ловзунге – примерно 30 деревень. Появление этих деревней уже не было ориентировано на наличие ляг, так как плотность расселения намного превышала плотность карстовых депрессий, и они более или менее свободно расположились в 5-7-километровой зоне к западу-северо-западу от города.

В Каргополье наглядно проявляется влияние как природных, так и социально-экономических факторов. Если природные факторы определяют агроландшафтную приуроченность поселений,

то социально-экономические факторы отчетливо проявляются при анализе плотности расселения. На однородной по природным условиям Каргопольской суши хорошо заметны структура “центр – периферия” и “квазитюненский ландшафт”, описанные в работе Г.В. Иоффе и Т.Г. Нефедовой [6].

ГИС-АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОГО РАССЕЛЕНИЯ КАРГОПОЛЬЯ

С помощью разработанной авторами исследовательской геоинформационной системы (ГИС) была проанализирована система расселения исторически сложившихся волостей, зафиксированная в материалах Генерального межевания (конец XVIII в.), поскольку, как было показано выше, именно система расселения в пределах конкретного исторического типа агроландшафта является маркером структуры всего агроландшафта в целом.

Особенности системы сельского расселения были оценены с помощью коэффициентов заселенности и общей плотности поселений (табл. 2). Коэффициент заселенности территории представляет собой соотношение плотности поселений жилой и общей части для каждой волости в отдельности. Для этого для каждой волости была рассчитана

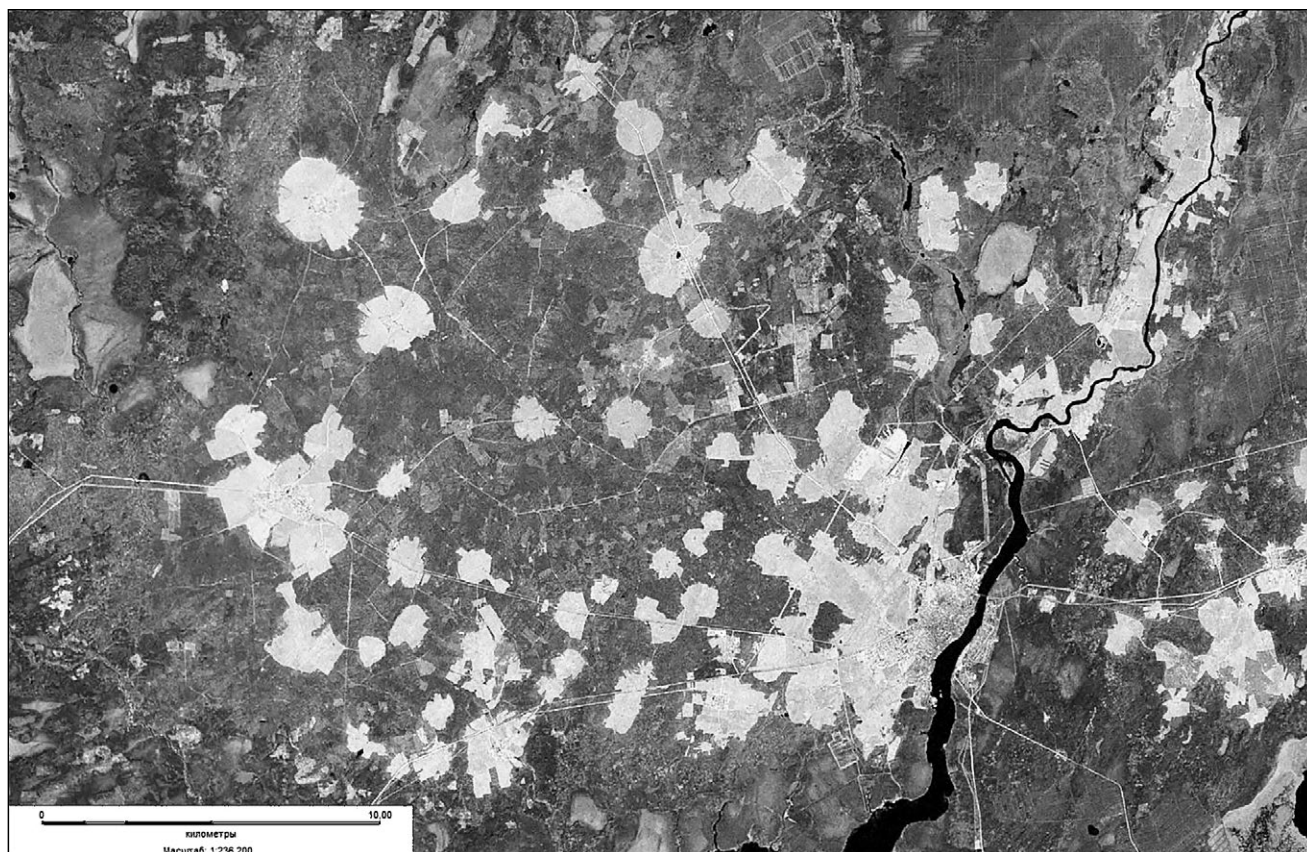


Рис. 4. Каргопольская сушь – (агро) ландшафт на известняковом плато с развитием карстовых депрессий.

общая плотность поселений (отношение числа поселений в волости к ее общей площади) и жилая плотность поселений (отношение числа поселений данной волости к минимальной площади, включающей все поселения волости, определенной с помощью ГИС-операции Convex hull – выпуклая оболочка (см. табл. 2). Коэффициент заселенности был рассчитан как отношение жилой плотности поселений к общей плотности поселений.

Из 19 волостей, которые были включены в рамки анализа, минимальный коэффициент заселенности оказался равным 0.001 (Речно-Георгиевская волость), максимальный – 0.57 (Павловская волость). При этом среднее значение коэффициента заселенности волостей равно 0.18. На основании анализа картограмм распределения исторических волостей Каргополя по общей плотности поселений и коэффициенту заселенности были выделены 4 зоны по степени убывания показателя.

Анализ картограмм волостей по этим двум показателям позволяет более достоверно судить об освоенности территорий, так как соотношение заселенной и общей площади позволяет уточ-

нить характер освоения территории, степень его очаговости. В частности, анализ картограмм показывает, что существует историческая область интенсивной освоенности территории (центр), включающая три волости Окологорода (Павловскую, Саунинскую и Волковскую) и Надпорожье, которые окружают центр всего агроландшафта (г. Каргополь) со стороны Каргопольской суши. При этом Надпорожье, Павловская и Саунинская волости попадают в верхний диапазон значений на всех без исключения картограммах, т.е. они плотно и достаточно равномерно заселены. Волковская волость Окологорода характеризуется максимальной плотностью поселений (0.6), но более низким коэффициентом заселенности (0.4), поэтому она не попадает в верхний диапазон на картограмме распределения волостей по коэффициенту заселенности.

Напротив, периферийные волости, в первую очередь Малошалльская, Речно-Георгиевская и Лядины, попадают в минимальный диапазон на всех картограммах, т.е. характеризуются низкой плотностью поселений в сочетании с их ярко выраженной очаговостью, связанной с привязкой к карстовым

Таблица 2. Параметры плотности заселения Каргополя

Волость	Общая плотность	Жилая плотность	Коэффициент заселенности	Агроландшафт
Павловская	0.4717	0.8270	0.5704	Сушь
Саунинская	0.5381	1.1289	0.4766	Тот же
Надпорожье	0.3735	0.8400	0.4446	Онежское поречье
Волковская	0.5958	1.5827	0.3764	Сушь
Ловзанга	0.2106	0.6348	0.3317	Тот же
Полуборье	0.1188	0.3626	0.3276	- « -
Ошевенская	0.0615	0.2304	0.2669	- « -
Верхняя Чурьегга	0.0945	0.5010	0.1887	- « -
Большешалльская	0.1124	0.8342	0.1347	- « -
Волосовская	0.0882	0.8254	0.1068	Онежское поречье
Печниково	0.0369	0.4100	0.0899	Сушь
Красная Ляга	0.0415	0.4803	0.0864	Тот же
Устьвольская	0.0614	0.8105	0.0758	Онежское поречье
Лекшмо-бор	0.0950	1.5384	0.0618	Приречно-озерный, поречье
Ольховец	0.1335	2.1662	0.0616	Онежское поречье
Ольская	0.0798	1.8799	0.0424	Поозерье
Малошалльская	0.0455	5.7754	0.0079	Сушь
Лядины	0.0208	4.4635	0.0047	Тот же
Ковежская	0.0262	6.0177	0.0044	Приречно-озерный
Нокольская	0.0566	39.6749	0.0014	Поозерье
Речно-Георгиевская	0.0361	26.4311	0.0014	Сушь

депрессиям – лягам, поскольку эти три волости расположены на карстовом плато.

Между этими крайними позициями (центр и дальняя периферия) расположены зоны хорошей и средней освоенности. Зона хорошей освоенности включает все волости, примыкающие к Окологороду, а именно волости Ловзанга, Полуборье, Ольховец, и Большешальская. Эти волости характеризуются значениями выше среднего на большинстве картограмм.

Остальные волости, такие как Верхняя Чурьег, Волосовская, Устьвольская, Ольская, Лекшмобор, Печниково и Красная Ляга, характеризуются средней степенью освоенности. Особняком стоит Ошевенская волость (общая плотность поселений 0.06, коэффициент заселенности 0.27). Она характеризуется периферийным расположением, однако при сравнительно низкой плотности поселений эта волость отличается достаточно равномерным освоением с показателем коэффициента заселенности выше среднего.

Анализ территории по степени аграрной/поселенческой освоенности (рис. 5) показывает, что первая зона интенсивной освоенности вытянута в северо-северо-восточном направлении и распространяется вдоль р. Онеги до Онежских порогов. Таким образом, здесь к системе “квазитюненского ландшафта” (с центром в г. Каргополе) прибавляется влияние р. Онеги как основного транспортного и хозяйственного объекта, а также “организатора” агроландшафта поречья.

Однако следующая за ней зона хорошей освоенности скорее позиционируется по отношению к центру региона (г. Каргополь) и принадлежностью к карстовому плато, поэтому соответственно не имеет сколько-нибудь выраженного преобладающего направления развития. Тем не менее следующая зона средней освоенности снова вытянута вдоль р. Онеги по ее обоим берегам, но кроме того, она охватывает зоны более интенсивной освоенности со всех сторон. Периферия региона занята фрагментарной зоной слабой освоенности.

Сравнение ландшафтной карты региона и характера заселенности показывает, как освоение Каргополя связано с его природными условиями. Зоны интенсивной и хорошей освоенности в основном приурочены к известняковому плато с дерново-карбонатными глинисто-суглинистыми почвами, за исключением Большешальской волости на востоке, где за счет увеличения четвертичных ледниковых отложений образовался моренный ландшафт на известняковом пластом основании, и условия для аграрного освоения также оказались достаточно хорошими. Допол-

нительным фактором является то, что эта волость также расположена недалеко от Каргополя.

Приуроченность карстового плато преимущественно к левому берегу р. Онеги обуславливает развитие Каргополя на запад в большей степени, чем на восток. Расположенные вблизи г. Каргополя волости Волковская и Ловзанга (что увеличивает социально-экономический потенциал их освоения), тем не менее характеризуются средними показателями по коэффициенту заселенности, и это говорит о большей выборочности агроэкосистем в данном ландшафте. Дело в том, что обе эти волости расположены преимущественно не на известняковом плато, а на участке менее дренированной зандровой равнины с легкими, но не очень плодородными подзолистыми почвами. Фактически Волковская волость делится на две примерно равных половины: северную, плотно заселенную, и южную, где поселения отсутствуют. Несомненно, это связано со сменой природных условий.

Таким образом, ГИС-анализ исторической системы расселения Каргополя показал, что в однородных природных условиях (известняковое плато) она подчиняется распределению согласно модели “квазитюненского ландшафта”. Изменения природных условий вносят свои коррективы в это распределение: наличие мощной водной артерии (р. Онега) определяет вытягивание зоны освоенности вдоль долины; напротив, в условиях зандрового ландшафта, даже вблизи центра расселения (г. Каргополь) плотность поселений резко падает.

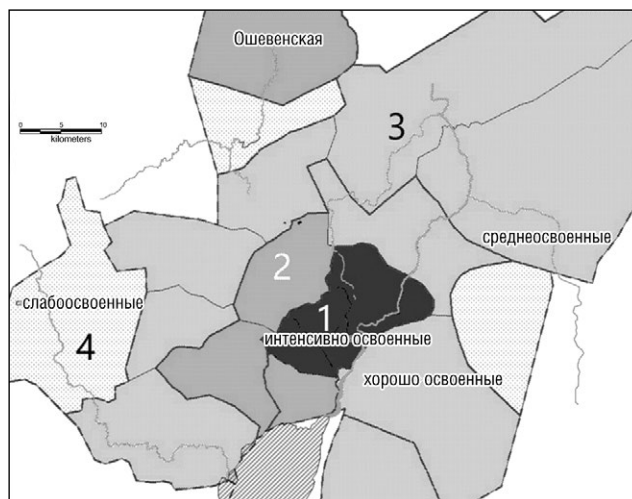


Рис. 5. Зонирование территории Каргополя по степени освоенности территории. Жирные линии – границы зон освоенности, тоном показаны волости с различным коэффициентом заселенности: 1 – интенсивной освоенности, 2 – хорошей освоенности, 3 – средней освоенности, 4 – слабой освоенности.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ КАРГОПОЛЬСКОЙ СУШИ

Анализ и моделирование сетей сельского расселения часто применяются в экономической и социальной географии [1, 8, 12, 16]. Пространственные особенности расселения, в том числе сельского, изучаются с помощью различных видов моделирования, включая стохастические методы [13-15]. Однако, как правило, теоретические модели пространственной организации сельскохозяйственного производства и связанной с ним поселенческой сети принципиально не учитывают природной пространственной дифференциации.

В настоящее время развивается новое направление в количественном анализе пространственной организации геосистем – математическая морфология ландшафта (А.С. Викторов). Основным понятием (ядром) математической морфологии ландшафта является понятие математической модели ландшафтного рисунка природного ландшафта. Математическая модель ландшафтного рисунка представляет собой совокупность математических уравнений, описывающих главные особенности строения и развития морфологических структур природных ландшафтов. Модели строятся на основе теории случайных процессов, наиболее отвечающей стохастической природе процесса формирования ландшафтных рисунков [5].

До сих пор это направление рассматривало только природные ландшафты. Тем не менее мы предположили, что, поскольку в изучаемых нами агроландшафтах природные ограничения проявляются именно в избирательности сельскохозяйственных угодий, т.е. особенностях их пространственной организации, то можно попытаться использовать модели математической морфологии соответствующих природных ландшафтов для количественного анализа пространственной организации (рисунка) агроландшафта. В качестве такого типа территорий выбраны известняковые плато с развитием карстовых депрессий. Качественно такой тип агроландшафта был проанализирован на примере агроландшафта "Каргопольская сушь" (см. рис 4). В условиях избыточного увлажнения депрессии, как правило, заняты небольшими озерами, к которым естественным образом тяготеют сельские поселения, и тем самым карстовые депрессии, т.е. очаги диффузного экзогенного процесса, оказались в центре соответствующих элементарных агрогеосистем. Однородные природные условия, плоский фоновый рельеф, хорошие условия дренирования обусловили изначально формирование здесь изолированных элементарных агрогеосистем, форма которых приближается к почти правильному кру-

гу. Данный тип агроландшафта был использован как эталонный для оценки возможностей количественного анализа и адаптации математических моделей ландшафтного рисунка.

Приведенный выше качественный анализ системы расселения в пределах Каргопольской суши показал, что плотность деревень возрастает с приближением к районному центру – Каргополю, который окружен плотным кольцом пригородных поселений, непосредственно примыкающих к городу, как это и следует из модели И.Г. Тюнена (см. рис. 4, 5). Однако на расстоянии, превышающем 5-10 км от города, его прямое влияние на систему расселения исчезает, и центрами элементарных агроландшафтов/исторических волостей выступают озера карстового происхождения. Была выдвинута гипотеза: поскольку сельские поселения приурочены к озерам, т.е. очагам карстового процесса, то расположение как их самих, так и окружающих их агрогеосистем контролируется расположением очагов карстового процесса, тогда закономерности распределения сельских поселений и центров элементарных агрогеосистем также должны подчиняться математической модели морфологической структуры равнин с господством просадочно-суффозионных и карстовых процессов [5].

Эта гипотеза была проверена эмпирически. Были получены данные по распределению как центров агрогеосистем, так и населенных пунктов, и проведено сравнение с распределениями, предсказываемыми моделью.

Модель морфологической структуры равнин с господством просадочно-суффозионных и карстовых процессов основывается на следующих предположениях [5]:

- процесс появления первичных понижений является вероятностным и идет независимо на непересекающихся площадках и в неперекрывающиеся отрезки времени;
- вероятность возникновения одного понижения на случайно выбранной площадке зависит только от ее площади и величины рассматриваемого временного интервала, и она много больше, чем вероятность возникновения нескольких понижений;
- скорость роста понижения прямо пропорциональна существующим в настоящий момент размерам понижения.

Предположения, лежащие в основе модели, позволили получить основные математические зависимости модели морфологической структуры равнин с развитием карстовых и просадочно-суффозионных процессов:

• вероятностное распределение числа карстовых депрессий (k), появившихся на заданном участке за данный интервал времени (процесс Пуассона):

$$P(k, t) = \frac{(\lambda ts)^k}{k!} e^{-\lambda ts},$$

где λ — среднее число понижений, появляющихся на единице площади за единицу времени; s — размер пробной площадки; t — время;

• вероятностное распределение изменения радиусов карстовых депрессий (винеровский случайный процесс по отношению к логарифмам диаметров):

$$f_r(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x\sqrt{t}}} e^{-\frac{(\ln x - at)^2}{2\sigma^2 t}},$$

где α , σ — параметры распределения, t — возраст депрессии.

Из указанных зависимостей вытекает, что на однородных территориях с развитием карстовых процессов (независимо от климатических, геологических, физико-географических и других условий) пространственное расположение депрессий должно подчиняться распределению Пуассона. С учетом выдвинутой выше гипотезы это означает, что данному распределению также должно отвечать распределение центров поселений с одной стороны, и центров элементарных агрогеосистем — с другой. Проведенная эмпирическая проверка показала, что и центры элементарных агрогеосистем, и центры гнезд поселений порознь распределены по площади по закону Пуассона (рис. 6). Таким образом, изложенная гипотеза подтверждается.

Одновременно было проанализировано наличие связи между расположением центров поселений и геометрических центров соответствующих элементарных агрогеосистем. В случае отсутствия зависимости их взаимного расположения расстояние между центром поселения и ближайшим геометрическим центром элементарной агрогеосистемы подчинялось бы распределению Релея, поскольку сами они (как было показано выше) распределены по закону Пуассона [4]. Однако в действительности распределение Релея для данной величины отсутствует, что является доказательством зависимости расположения центра элементарной агрогеосистемы от расположения центра соответствующего поселения.

Таким образом, наши исследования позволили выявить и математически проанализировать закономерности аграрного развития и сети сельского расселения на территории, подверженной интен-

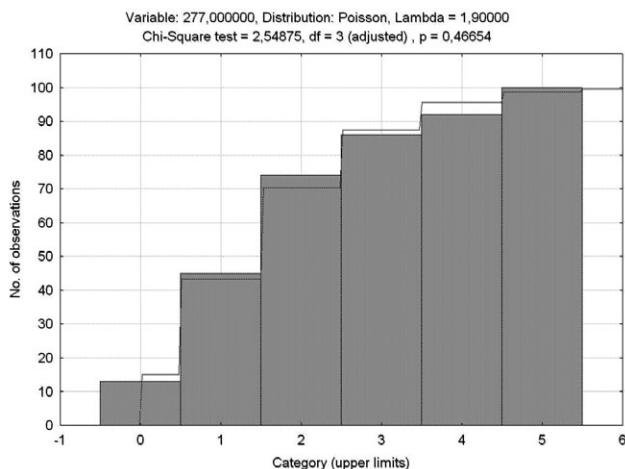


Рис. 6. Соответствие теоретического (Пуассоновского) и эмпирически полученного распределений центров элементарных агрогеосистем Каргопольской суши. По оси x — число центров просадок на пробной площадке, по оси y — накопленные частоты.

сивному карстовому процессу, — Каргопольской суши и примыкающих агроландшафтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов Ю.Р.* Моделирование территориальных систем расселения. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. 121 с.
2. *Девятова Э.И.* К геоморфологии бассейна р. Онеги // Тр. Коми филиала АН СССР. 1960. № 10. С. 145-155.
3. *Макаров Н.А.* Население Русского Севера в XI-XIII вв. М.: Наука, 1990. 216 с.
4. *Викторов А.С.* Количественные закономерности пространственного распределения экосистем суффозионного и карстового генезиса // Экология. 1980. № 2. С. 45-51.
5. *Викторов А.С.* Основные проблемы математической морфологии ландшафта М.: Наука, 2006. 252 с.
6. *Иоффе Г.В., Нефедова Т.Г.* Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // Проблемы прогнозирования. 2001. № 6. С. 100-110.
7. *Исаченко А.Г.* Ландшафты СССР, Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. 320 с.
8. *Медведков Ю.В.* Топологический анализ сетей населенных мест // Вопросы географии. Математика в экономической географии. М.: Мысль, 1968. Т. 77. С. 159-167.
9. *Тормосов Д.В., Тормосова Н.И.* Водораздельный ландшафт как историко-географическая составляющая исторической территории Каргополья // Культура Поонежья X-XXI веков:

общерусские черты и региональные особенности: матер. XI Каргопольской науч. конф. Каргополь, 2011. С. 297-302.

10. Тормосова Н.И. Каргополье: История исчезнувших волостей, Архангельск, 2012. 400 с.
11. Чернихова Е.Я. Формирование почвенно-растительного покрова на различных материнских породах в бассейне верхней Онеги: автореф. дисс. канд. геогр. н., Ленинград, 1970. 24 с.
12. Шупер В.А. Развитие теоретических представлений в области пространственного анализа // Известия РАН. Сер. географическая. 2011. № 3. С. 7-16.
13. Bylund, E. Theoretical Considerations regarding the Distribution of Settlement in Inner North Sweden // *Geografiska Annaler*. 1960. V. 42. N 4. P. 225-231.
14. Haining, R. Describing and Modeling Rural Settlement Maps // *Annals of the Association of American Geographers*. 1982. V. 72. N 2. P. 211-23.
15. Roberts B. K. *Landscapes of Settlement Prehistory to the present*. London and New York Taylor & Francis e-Library, 2003. 206 p.
16. *Socio-Economic Models in Geography (Routledge Revivals)*. Chorley R.J, Haggett P. (ed.). Abingdon: Routledge/Taylor & Francis, 2013. 468 p.

REFERENCES

1. Arkhipov, Yu.R. *Modelirovaniye territorial'nykh sistem rasseleniya* [Simulation of territorial settlement systems]. azan, Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1988, 121 p. (in Russian)
2. Devyatova, E.I. *K geomorfologii basseina r. Onegi* [To the geomorphology of the Onega River basin]. *Trudy Komi filiala AN SSSR* [Proc. of the Komi Branch of the USSR Academy of Sciences]. 1960, no. 10, pp. 145-155. (in Russian)
3. Makarov, N.A. *Naseleniye Russkogo Severa v XI-XIII vv.* [Population of the Russian North in the XI-XIII centuries]. Moscow, 1990. (in Russian)
4. Viktorov, A.S. Quantitative laws of the spatial distribution of ecosystems of suffusion and karst genesis. *Ekologiya*, 1980, no. 2, pp. 45-51. (in Russian)
5. Viktorov, A.S. *Osnovnyye problemy matematicheskoy morfologii landshafta* [The main problems in the mathematical morphology of landscape]. Moscow, Nauka, 2006, 252 p. (in Russian)
6. Ioffe, G.V., Nefedova, T.G. Center and periphery in agriculture of the Russian regions. *Problemy prognozirovaniya*, 2001, no. 6, pp.100-110 (in Russian)
7. Isachenko, A.G. *Landshafty SSSR* [Landscapes of the USSR], Leningrad, Izd-vo Leningr. un-ta, 1985, 320 p. (in Russian)
8. Medvedkov, Yu.V. Topological analysis of networks of populated areas. *Voprosy geografii. Matematika v ekonomicheskoy geografii*. Moscow, Mysl', 1968, vol. 77, pp. 159-167. (in Russian)
9. Tormosov, D.V., Tormosova, N.I. Watershed landscape as a historical and geographical component of the historical territory of Kargopol. *Kul'tura Poon-ezh'ya X - XXI vekov: obshcherusskie cherty i regional'nye osobennosti: materialy XI Kargopol'skoy nauch. konf.* [Culture in the Onega region in the X-XXI centuries. Proc. XI Kargopol' sci. conf.]. Kargopol, 2011. pp. 297-302. (in Russian)
10. Tormosova, N.I. *Kargopol'ye: Istoriya ischeznuvshikh volostey* [Kargopolye: History of Disappeared Volosts], Arkhangelsk, 2012, 400 p. (in Russian)
11. Chernikhova, E.Ya. *Formirovaniye pochvenno-rastitel'nogo pokrova na razlichnykh materinskikh porodakh v basseine verkhney Onegi* [Formation of soil and vegetation cover on various parent rocks in the upper Onega basin]. Extended abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Diss., Leningrad, 1970 24 p. (in Russian)
12. Shuper, V.A. Development of theoretical concepts in the field of spatial analysis. *Izvestiya RAN, seriya geograficheskaya*, 2011, no. 3, pp.7-16 (in Russian)
13. Bylund, E. Theoretical considerations regarding the distribution of settlement in inner North Sweden. *Geografiska Annaler*, 1960, no. 42(4), pp. 225-231.
14. Chorley, R.J, Haggett, P., Eds. *Socio-economic models in geography (Routledge Revivals)*. Abingdon: Routledge/Taylor & Francis, 2013, 468 p.
15. Haining, R. Describing and modeling rural settlement maps. *Annals of the Association of American Geographers* 72, 1982, no. 2, pp. 211-23.
16. Roberts, B. K. *Landscapes of settlement prehistory to the present*. London and New York Taylor & Francis e-Library, 2003, 206 p.

HISTORICAL AND GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN NORTH WITHIN KARST AREAS (BY THE EXAMPLE OF KARGOPOL' REGION)

© 2019 O. N. Trapeznikova^{1,*}, N. I. Tormosova^{2,**}

¹*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences, Ulanskii per., 13, str.2, Moscow, 101000 Russia*

**E-mail: dist@geoenv.ru*

²*Kargopol Historical Architectural and Art museum, Oktyabr'skii pr., 50/5, Kargopol', Arkhangelsk oblast, 164110 Russia*

***E-mail: TormosovaNI@mail.ru*

The paper deals with the history of agrarian development of the East European plain in the frame of the geoenvironment concept of agricultural landscapes, taking Kargopol' region as an example. A large agricultural landscape unique for the middle taiga zone was formed there no later than in the twelve century. We have analyzed the natural environment of the Kargopol' region and its influence on the agrarian development and the rural settlement pattern. We paid particular attention to the karst, which was widespread in the area and its relation with agricultural landscapes. We made mathematical modelling of both elementary agricultural landscape spatial pattern and the corresponding rural settlement pattern. A feature of the proposed modeling is its emphasis on the relationship between the natural landscape and agricultural landscape. The mathematical morphology of landscape (method proposed by A. Victorov) and, in particular, the karst system model is the base of modeling. This model is first used for the analysis of cultural (anthropogenic) rather than natural landscapes.

Keywords: *geoenvironment concept of agricultural landscape, karst, mathematical modeling, the mathematical morphology of landscape, rural settlement pattern.*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019352-62>