

УДК 911 (985)

А. К. ЧЕРКАШИН

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

**ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АРКТИКИ**

*Процесс освоения Арктики и северных территорий России предполагает использование новых подходов в осмыслении ожидаемых результатов и методов их оценки. В их основе лежит представление о географической среде как многоуровневой окружающей среде разных объектов, находящихся в тесном контакте или при слабом взаимодействии со средой. Такие системы жизнедеятельности расслаивают многообразие арктической среды, формируя новую среду большей размерности. Все слои (модули) структурно и функционально взаимосвязаны, образуют территориальную или иную пространственную организацию объектов и знаний о них. Показано, как в рамках данного подхода трактуются географические явления освоения Арктики, предлагаются модели количественного анализа зональных и азональных закономерностей изменения ресурсов геосреды с выделением эквивалентных позиций в пространственных и временных системах разного рода (широтное изменение структуры высотной поясности, рост издержек производства сырья, демографической реакции северных моногородов на изменение природных и социально-экономических условий). Разнокачественное расслоение пространства предполагаемой деятельности на базе географической среды — это и реальный процесс, и процесс познания, прогнозирования, планирования и проектирования. Такой универсальный метод интерпретации территориальных закономерностей полезен при проведении географической экспертизы, технологического аудита, реализации общего средового подхода и в геоинформационной логистике. Структурное и функциональное расслоение — общий логический и конструктивный принцип арктического использования географической среды и ее ресурсов, предполагающий создание автономных модулей (слоев), только локально и терминально контактирующих со средой, причем многоуровневая модульная автономизация, учитывающая экстремальные свойства арктической среды, становится основной целью инноваций.*

*Ключевые слова: географическая среда и ресурсы, территориальная организация, интегральные геосистемы, терминальные пункты, арктические инновации, автономные модули хозяйственной деятельности.*

*The process of development of Russia's Arctic and northern territories involves using novel approaches in interpreting the expected results and methods to assess them. They are built upon the concept of geographical environment as a multilevel environment of different objects which make a close contact or interact weakly with the environment. Such livelihoods systems stratify the diversity of Arctic environment to produce a new environment of larger dimensions. All layers (modules) are structurally and functionally interconnected to form a territorial or some other spatial organization of objects and of relevant knowledge. It is shown how this approach is used in interpreting the geographical phenomena related to development of the Arctic, suggesting models for quantitative analysis of the zonal and azonal regularities of change in the resources of geoenvironment by singling out the equivalent positions in spatial and temporal systems of a different kind (latitudinal changes in the structure of altitudinal zonality, an increase in expenditures connected with production of raw materials, and the demographic response of the northern mono-cities to change in natural and socioeconomic conditions). A different-quality stratification of the space of the anticipated activity on the basis of the geographical environment is, in fact, a realistic process, and the process of understanding, forecasting, planning and designing. Such a universal method of interpreting the territorial regularities is useful in carrying out a geographical examination, in making a technological audit and in implementing the general environmental approach as well as in geoinformation-based logistics. Structural and functional stratification is a general logical and constructive principle of Arctic-specific utilization of the geographical environment and its resources that involves creating autonomous modules (layers) which only locally and terminally makes contact with the environment where the multilevel modular autonomization taking into account the extreme properties of the arctic environment becomes the primary goal of innovations.*

*Keywords: geographical environment and resources, territorial organization, integral geosystems, terminal points, arctic innovations, autonomous modules of economic activity.*

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Решение геополитических, транспортных, ресурсно-сырьевых и ряда других географически значимых проблем заставляет включать в промышленный оборот территории и акватории Крайнего Севера и Заполярья. Условия хозяйственного освоения арктических пространств характеризуются суровым климатом и в целом крайней ограниченностью благоприятных факторов жизнедеятельности, определяемых географической средой. Намечающиеся изменения связаны с продолжающимся потеплением климата и созданием новых технологий производства. Арктические земли мало обжиты и слабо развиты в транспортном и инфраструктурном отношении, их освоение требует длительной подготовки территории и больших финансовых, материальных, капитальных и трудовых затрат. Сам факт включения в состав

Российской Федерации арктических пространств заставляет извлекать выгоду из этого особого географического и исторического положения и идти на необходимые издержки, опираясь на опыт предыдущих исследований и хозяйственной жизни в Арктике и на субарктических широтах.

В публикациях А. Н. Пилясова [1–3] по вопросам северной футурологии выделяется ряд научных проблем освоения арктической зоны. Прежде всего необходимо учитывать особенности северного географического положения, выраженные в периферийности размещения, климатической дискомфортности и транспортной недоступности. Учет широтно-зональных факторов и условий освоения требует разработки зонально-чувствительных статистических индикаторов. Северная футурология основывается на опережающем развитии знания, на его включении в процессы технологических и экономических преобразований. Ее можно назвать пространственным прогнозированием, базирующимся на объединяющей парадигме будущего Севера и Арктики. Превращение бывшей глобальной периферии в новый фронт освоения требует инновационного развития северной экономики, основанной на концепции эндогенного экономического роста в условиях повышения мирового спроса на ресурсы Севера при исчерпании их в южных широтах. Возможны быстрые природные и социально-экономические изменения, и возникает особая необходимость учета риска для развития территории в условиях неопределенности.

Для решения таких задач учеными Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН накоплены новые знания, основанные на результатах долговременных стационарных исследований геосистем северной, средней и южной тайги, картографирования территорий ближнего Севера, математического моделирования эколого-экономических систем северных районов Иркутской области, теоретического и практического изучения процессов нового освоения территорий [4].

Главный вопрос — создание приемлемой географической среды для успешного хозяйственного освоения с преодолением существующих противоречий в осмыслении достоинств и недостатков арктических пространств. Реализация арктического мегапроекта территориального развития по-новому ставит многие проблемы организации жизнедеятельности и требует решений, основанных на метазнаниях.

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МОДЕЛИ

Во множестве базовых терминов географической и исторической наук важное место занимает понятие «географическая среда». В обобщенном смысле среда включает всю совокупность объектов, изменение свойств которых влияет на данную систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются под воздействием преобразования системы. Иными словами, это весь мир за вычетом данной системы, поэтому среда является относительным параметром, так как рассматривается по отношению к той системе, с которой взаимодействует. Справедливо и обратное утверждение, что система существует относительно своей среды и ее свойства определяются средовыми факторами. В сумме всякая система и ее среда соответствуют миру в целом — универсальной системе, общей для всех систем.

Окружающая среда непосредственного воздействия охватывает объекты разноудаленного окружения системы, т. е. обладает пространственной иерархией, представленной разными уровнями вложения окружающих сред. Географическая среда — окружающая среда систем, связанных с поверхностью планеты, образующая иерархию среды от глобального до локального уровня включительно. Основной вопрос географической науки — вопрос о связи системы и ее географической среды.

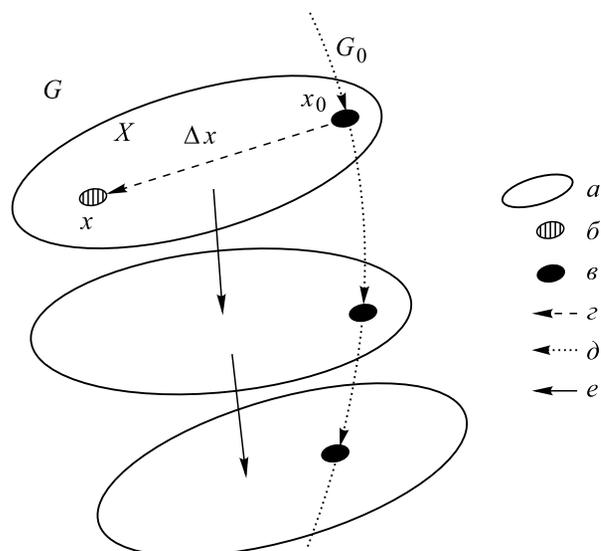
Многоуровневая географическая среда системы определяется ее географическим положением так, что более удаленные объекты среды в меньшей степени влияют на систему, чем близкие. Среда ближайшего окружения, т. е. более низкого уровня иерархии, точнее детерминирует свойства системы, чем среды высокого масштабного уровня. Среда низкого уровня сами определяются средами высокого ранга, которым принадлежат как составные части.

Система и ее окружающая географическая среда образуют геосистему — инвариантное образование для всех элементов и компонентов этой геосистемы. В итоге получается, что геосистема больше, чем соответствующая окружающая географическая среда, равная геосистеме за вычетом парцеллярной системы конкретного компонента. Частные системы погружены в геосистемы — геомеры, соответствующие разновидностям географической среды. Гомогенные геосистемы типа геомеров — варианты проявления географической среды разного уровня с границами их ареалов, фиксируемых на ландшафтно-типологических картах [5, 6].

Рассмотрим (рис. 1) некоторое пространство геосистем  $G$ , выраженное в виде территориальных образований или наборов характеристик разных местоположений с последовательностями  $G_0$  взаимо-

Рис. 1. Схема пространственной организации слоев деятельности.

$a$  — слои деятельности  $X$  со множеством однородных позиций  $x$  ( $b$ ) и терминальными пунктами  $x_0$  ( $e$ ) контакта с элементами инфраструктуры  $G_0$  географического пространства  $G$ ;  $z$  — связи однородных позиций с терминальными пунктами;  $d$  — логистические (потокосвые) связи инфраструктурных пунктов;  $e$  — организационные связи слоев. Остальные пояснения см. в тексте.



связанных пунктов — элементов географической среды или ее показателей. В соответствии с перечисленными положениями определим комплексную характеристику геосистемы конкретного уровня через  $x \in X$ , а через  $x_0 \in G_0$  — характеристику соответствующей среды. Символом  $\Delta x$  обозначим собственную характеристику частной системы в геосистеме (отклонение от показателей среды). Тогда  $x_0 = x - \Delta x$  характеризует окружающую географическую среду так, что состояние геосистемы  $x = \Delta x + x_0$  складывается из состояния системы и ее среды, и этот суммарный показатель общий для частных систем разного рода, присутствующих в геосистеме. Геосистема — это полная система и полная среда систем, локальный инвариант частных (парцеллярных) систем разного рода. Полные системы (геосистемы) для всех систем одного местоположения и периода времени не различаются. Непосредственно наблюдается полная система  $x \in X$ , т. е. система с учетом влияющей на нее среды, из которой вычленяется частная система  $\Delta x$  — операционный объект, для изменения которого предлагаются соответствующие уравнения  $L(\Delta x) = 0$ .

Из изложенного следует, что геосистемы верхнего уровня не являются средой для конкретной геосистемы: географическая среда возникает как разность между характеристиками геосистем высокого и нижестоящего рангов, и эта среда различна для подчиненных геосистем, чем подчеркивается индивидуальность их географического положения. Социально-экономические составляющие интегральных геосистем в качестве географической среды имеют природную среду, но отдельные части этих геосистем испытывают воздействие как природных, так и социально-экономических средовых факторов.

Геосистемы разных местоположений  $x$  различаются так, что одинаковые хозяйственные объекты  $\Delta x$ , включенные в их структуру, имеют среды разной силы давления  $x_0 = x - \Delta x$ . Для сохранения одинаковой эффективности  $\Delta x = x - x_0 = \text{const}$  в худших условиях  $x$  необходимо снижать средовое давление  $x_0$  за счет дополнительных хозяйственных мероприятий:  $\Delta x_0 = \Delta x - (x - x_0)$ . В арктических условиях геосистемный потенциал  $x \rightarrow 0$ , т. е.  $\Delta x = -x_0$  — необходимо полностью формировать хозяйственную среду.

Выделяются два варианта взаимодействия системы со средой. В первом случае новый хозяйственный объект  $\Delta x$  добавляется к геосистеме  $x$  так, что формируется новое единство — интегральная геосистема  $x_1 = x + \Delta x$ , в которой прежняя геосистема  $x_{01} = x$  выступает в качестве среды  $x_{01} = x_1 - \Delta x$ . Интегральная геосистема функционирует как целое  $L(\Delta x) = L(x_1 - x_0) = 0$ , когда изменение системы соответствует изменению среды  $L(x_1) = L(x_{01})$ . Во втором варианте система  $\Delta x$  работает автономно, изолированно от среды  $L(\Delta x) = 0$ , эндогенно замыкается на себя (см. рис. 1). Таким образом, выделяются как контактные пункты  $x_0$  (узлы, базы) освоения, в совокупности формирующие инфраструктурную основу территории  $G_0$  — части географической среды, так и бесконтактные зоны — слои пространства жизнедеятельности, существующие в режиме невмешательства, сохраняющие географическую среду, в том числе обычаи местного населения. Каждый слой имеет терминальный пункт  $x_0$  контакта с инфраструктурой, где концентрируются интересы и ресурсы. Во взаимодействии слои деятельности формируют на инфраструктуре территориальную организацию, со временем перерастающую в новую географическую среду. Слои деятельности отражают новое, инновационное качество интегральных геосистем, вырастающее из свойств терминалов и распространяющееся на окружающее земное пространство. Инновации — это новый слой деятельности, возникающий из особенностей и потребностей терминальных пунктов, и в этом смысле они близки к пониманию концепции развития — инновационной идеи, вырастающей из предыстории и потребностей конкретного социума.

Наглядным примером территориальной структуры могут быть инфраструктурные транспортные сети магистральных трубопроводов, задача наполнения которых сырьем решается за счет добычи ресурсов, сбора, подготовки, хранения и транспортировки углеводородов по промышленным сетям трубопроводов. Промысловая деятельность должна быть максимально изолирована от природной среды, должна исключать разливы нефти и выбросы газа, загрязнение воды и воздуха. Особенно это важно при создании морских нефтяных промыслов на арктических континентальных шельфах. На нефтяных месторождениях формируются системы-слои  $x \in X$  сбора сырья, в которых продукция скважин по выкидным линиям сначала поступает на групповую замерную установку для измерения дебитов отдельных скважин, а затем в газонасыщенном состоянии направляется по трубопроводу на центральный пункт сбора для сепарации нефти и газа, обезвоживания, обессоливания и стабилизации нефти, а также для очистки пластовых и других сточных вод и возврата их на сооружения для поддержания пластового давления. На последних ступенях сепарации происходит окончательное разделение нефти и газа перед поступлением их в резервуары или буферные емкости — накопители, рассматриваемые здесь в качестве терминалов  $x_0$  инфраструктурного слоя  $x \in X$  системы сбора, учета и подготовки нефти, газа и воды к местному использованию и транспорту по магистральным трубопроводам  $G_0$ .

Технологические слои  $X$  имеет смысл рассматривать в качестве автономных модулей хозяйственной деятельности — конструктивно и функционально замкнутых систем, способных самостоятельно решать определенный набор задач и взаимодействовать через терминальные пункты и сети с другими модулями. Модульный подход при проектировании и строительстве способствует стандартизации производства, воспроизводству лучших качеств и введению инноваций. Структурно и функционально подобные однотипные и разнотипные модули гомотопически упорядочиваются в производственные комплексы относительно инфраструктурных сетей. Наглядно это должно проявиться при создании технологии подводного (подледного) освоения месторождений полезных ископаемых арктических морей, где предполагается использовать автономные многомодульные комплексы с полным производственным циклом. Получается, что многоуровневая модульная автономизация — основная задача арктических инноваций. Современный пример — инновационный российский проект «Умка», город с искусственным климатом и полностью замкнутым циклом жизнеобеспечения, планируемый к реализации в районе Новосибирских островов [7].

Системный модульный слой, формирующийся вокруг и вырастающий из терминальных центров, может рассматриваться в широком смысле на разных уровнях пространственной организации. Например, постепенно выстраивается транспортная инфраструктура Северного морского пути с портами-терминалами, обеспечивающими как первичную переработку и погрузку сырья, так и транспортно-логистический процесс перемещения грузов вдоль арктического побережья  $G_0$ . Понятно, что движение должно осуществляться в пространственном слое  $X$ , базирующемся на портах обеспечения  $x_0$  без возможности снабжения в автономном плаванье от порта к порту. Кроме того порты становятся базой территориального развития прилегающих районов в направлении север—юг, альтернативных развитию по направлению юг—север, базирующихся на инфраструктуре Транссибирской железнодорожной магистрали, связывающей европейскую часть и Дальний Восток России. Это два научно-производственных полюса, на которых основывается освоение Арктики. Сопоставление этих двойственных процессов, обусловленных коренным различием географических условий жизнедеятельности, представляет интерес для сравнительного географического анализа, что потребует соответствующего геоинформационного обеспечения и средств количественного анализа данных.

### ОЦЕНКА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Понятие «географические ресурсы» (ГР) сейчас используется в основном в аспекте информационного обеспечения географической информацией. Обладая соответствующими знаниями, можно оценить качество жизни и эффективность хозяйственной деятельности в соответствующей географической среде [8, 9]. По этой причине ГР в широком смысле определяют выгоду географического положения: дополнительный доход или снижение издержек. К числу оценок ГР относятся природная рента, риски природопользования, увеличение прожиточного уровня, северные надбавки к зарплате и др. Географические ресурсы выявляются в сравнении с лучшими или худшими условиями жизнедеятельности, например в сопоставлении с величиной замыкающих затрат — предельно допустимых с народно-хозяйственной точки зрения удельных затрат на прирост продукции, которые в нефтегазовой отрасли состоят

из затрат на разведку и разработку наименее экономичных месторождений, транспортировку нефти и газа и переработку нефти на заводах. Предельные издержки добычи нефти составляли в 2014 г. в России внутри континента около 18 долл., а в арктической зоне — 120 долл. за баррель [10]. При таком соотношении расходов и существующей низкой цене на нефть эксплуатация арктических месторождений становится нерентабельной.

В этой ситуации в модели «система—среда» система  $x$  характеризуется рыночной ценой ресурса  $x$ , независимой от расположения месторождения. Цена складывается из индивидуальных затрат  $x_0$  и прибыли  $\Delta x$ :  $x = x_0 + \Delta x$ . Для показателей разных условий производства  $x_{01} = 18$  долл. и  $x_0 = 120$  долл. различие доходов при одинаковой цене определяется разностью условий производства  $\Delta x - \Delta x_1 = x_{01} - x_0 = 102$  долл., что характеризует дополнительный ГР континентальных условий нефтедобычи по сравнению с работой в арктической зоне.

Такая сравнительная оценка проводится в линейном масштабе в размерных единицах исчисления, индивидуальных для разных отраслей производства. Удобнее исследование проводить в относительных показателях  $P_{12} = x_{01}/x_0$ , удовлетворяющих формуле [11]

$$x_{01}(y_1, y_0) = x_0 \exp[-\alpha(y_1 - y_0)], \quad p_1 = -\ln P_1(y_1, y_0) = \alpha(y_1 - y_0),$$

где  $y_1, y_0$  — линеаризованные реальные и номинальные параметры геосистемы;  $\alpha$  — коэффициент ослабления влияния среды;  $p_1$  — интегрированная опасность, разность своеобразной энергии ГР между рассматриваемым значением  $x_{01}$  и базой сравнения  $x_0$  (экстремумом). В данном случае действие  $L(\Delta x)$  на систему описывается уравнением  $L(\Delta x, \Delta y) = \Delta x + \alpha \Delta y = 0$ ,  $\Delta x = \ln x_{01} - \ln x_0$ ,  $\Delta y = y_1 - y_0$ .

В силу вероятностного содержания безразмерная величина  $p_1$  изменяется от 0 до 1, что ограничивает область допустимых отклонений от экстремума  $\Delta y_1 = y_1 - y_0$  величиной  $\Delta y_1 = 1/\alpha$ . В рассматриваемом случае  $p_1 = -\ln(18/120) = 1,9 > 1$ , т. е. континентальные условия нефтедобычи в России лежат за пределами зоны неблагополучия, нормированной арктическими условиями. Согласно расчетам, граница Севера в этой области хозяйственной деятельности сейчас проходит по изолинии 44 долл. за баррель, что соответствует, в частности, предельным издержкам добычи нефти в Северном море.

При расчете реальных параметров по исходным данным  $y_1$  задаются номинальное значение  $y_0$ , например  $y_0 = 0$  баллов, и коэффициент  $\alpha$ , например  $\alpha = 1$ , или  $\alpha$  вычисляется на основе рядов данных, а затем нормируется к 1. В рассматриваемом случае при  $p_1 = 1,9$  получаем  $y_1 = p_1/\alpha + y_0 = 1,9$  балла. Для сравнения: качество условий добычи в Ираке при затратах  $x_{01} = 6$  долл. в предлагаемой шкале оценивается в  $y_1 = 3$  балла. Балльность увеличивается при росте базового значения, например при потеплении климата, комплексном освоении территории для получения кумулятивного эффекта и в связи с внедрением новых технологий производства, и понижается при росте коэффициента  $\alpha$ , т. е. при повышении широтного контраста географической среды. Многие комплексные факторы, которые считаются отрицательно действующими, такие как северность, ледовитость, мерзлотность, при использовании современной техники переработки углеводородов дают положительный эффект. В частности, производство сжиженного природного газа в Арктике из-за наличия ресурсов естественного холода обходится примерно на 20 % дешевле, чем в южных странах [12]. Сглаживание контрастов проявляется хотя бы в том, что изменение климата быстрее сказывается на социально-экономическом развитии северных и арктических территорий, чем других природных зон.

В уравнении и расчетах реализуется та же модель «система—среда», где реальное значение  $y_1$  параметризует состояние геосистемы в информационном слое с номинальным центром  $y_0$  — средовым эталоном сравнения. При этом приходится рассматривать Арктику как замыкающую в хозяйственном смысле природную зону, характеризующуюся предельно допустимым уровнем приведенных затрат при вовлечении ресурсов в эксплуатацию. Кроме того, здесь принимается во внимание, что Арктика для нашей планеты — важная природоформирующая терминальная геосистема, влияющая на климат Земли, уровень Мирового океана, воспроизводство биоресурсов и др. Величина  $\Delta y_1 = y_1 - y_0$  отражает дополнительный ГР, существующий в остальных широтных зонах. В целом такой подход целесообразно использовать для нормализации данных из различных источников.

В первом приближении в качестве индикатора ГР можно использовать азональный признак — высоту расположения снеговой линии в горах, которая снижается с широтой и в Заполярье встречается на уровне океана. За пределами этой линии находится зона вечных снегов и ледяных пустынь с минимальными запасами географических ресурсов. В Северном полушарии максимальная высота  $x_0$ , равная 4,7 км

над ур. моря, приходится на  $35^\circ$  с. ш., что соответствует зоне тропических лесов и пустынь. Георесурсный показатель — в данном случае  $p_1 = -\ln(x_{01}/4,7)$  — растет с широтой:  $p_1 = 0,048\varphi - 1,64$ ,  $r = 0,99$  в интервале  $\varphi = 36-70^\circ$  с. ш. (до полярного круга). Существование линейной зависимости позволяет использовать широту  $\varphi$  в качестве реального показателя георесурсов. Коэффициент ослабления зональной дифференциации в данном случае равен  $\alpha = 0,048$ . Вариант  $\alpha = 1$  достигается, если показатель широты уменьшить в  $1/\alpha = 22,1$  раза. Тогда  $p_1 = y_{01} - y_0$ ,  $y_{01} = \alpha\varphi_1 - 1,64$ ,  $y_0 = 0$ ; зависимость приведена к стандартному виду, где экстремальной среде тропической зоны соответствует показатель  $y_0 = 0$ . Тропический ресурс в основном будет исчерпан на линии  $58,5^\circ$  с. ш., что соответствует северной границе комфортного проживания. Арктический ресурс рассчитывается как дополнительная величина к тропическому  $z_{01} = 2,42 - y_{01} = 4,06 - \alpha\varphi_1$ , где сравнение производится с условиями Северного полюса:  $\varphi_1 = 90^\circ$  с. ш. и  $y_{01} = 2,42$ . Граница устойчивого влияния Севера  $z_{01} = 1$ , по расчетам, находится на широте Северного полярного круга — примерно  $66^\circ$  с. ш. Если в качестве южной границы Севера принять северную границу юга ( $58,5^\circ$  с. ш.), эталонные условия Севера сместятся на широту  $80,6^\circ$  с. ш., что соответствует  $y_0 = 2$ . Эта широта — примерно северный предел распространения островной суши в Северном Ледовитом океане ( $81^\circ 50'$  с. ш. — мыс Флигели, Земля Франца-Иосифа, Архангельская область России).

Терминальными базами (контактными системами) экономического развития северных территорий являются монопрофильные города, формирование которых в прошлом и существование в настоящее время выгодно отличают российский Север от арктических и приарктических зон других стран. В процессе социально-экономических реформ и изменения рыночной конъюнктуры снизилось благополучие северных городов, что выразилось в уменьшении численности населения по сравнению с прежним, до-реформенным уровнем на 30 %, за исключением моногородов Ямало-Ненецкого автономного округа, градообразующие предприятия которых относятся к нефтегазовой промышленности [13]. В Мурманской области г. Мончегорск — самый крупный по численности населения моногород (43,5 тыс. чел. в 2014 г.). Местное градообразующее предприятие, образованное в 1998 г., — ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (КГМК), входящее в холдинговую группу компаний «Норильский никель». Работа компании связана с транспортировкой сырья (файнштейна) по Северному морскому пути из Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский никель»», расположенного на Таймырском полуострове. Окружности Мончегорска в XX в. сильно пострадали в результате выбросов комбината «Североникель»: окружающие ландшафты превратились в техногенную пустошь. В последнее десятилетие деятельность КГМК на мончегорской промышленной площадке укладывается в нормативы предельно допустимых выбросов, что обеспечивает минимизацию антропогенных воздействий и постепенное естественное и искусственное восстановление растительности территории.

Несмотря на производственные и финансовые успехи КГМК, численность населения Мончегорска по разным причинам снизилась с 68,2 тыс. чел. в 1992 г. до современного уровня 43,5 тыс. чел. Это соответствует величине потери ГР  $p_1 = -\ln(43,5/68,2) = 0,64 < 1$ , что указывает на достаточно высокий уровень опасности для благосостояния города. Зависимость  $p_1(t)$  от времени  $t$  за период реформ (с 1992 г.) линейная:  $p_1 = 0,020t + 0,033$ ,  $r = 0,99$  (рис. 2). Следовательно, критическое значение деградации  $p_1 = 1$  будет достигнуто через 50 лет после начала процесса — в 2040 г. — при численности  $68,2 \cdot \exp(-1) = 25,1$  тыс. чел. Противодействие данной негативной тенденции подразумевает диверсификацию хозяйства, повышение качества жизни населения и комфортности городской среды, а также техническую, технологическую и

организационную модернизацию градообразующего предприятия. Проведение намеченных мероприятий должно привести к снижению коэффициента деградации, депрессивно-

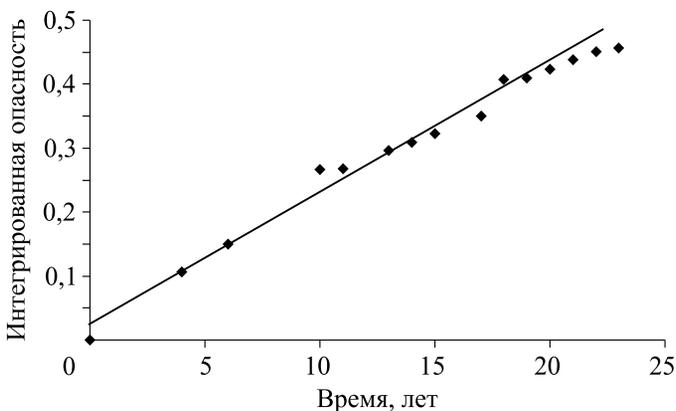


Рис. 2. Зависимость величины интегрированной опасности для жизнедеятельности от времени в г. Мончегорске за годы реформ.

Точки — результаты расчета величины интегрированной опасности по данным изменения численности населения; линия — аппроксимация зависимости по формуле  $y_{01} = 0,020t + 0,033$ .

го развития  $\alpha$  и переводу его в область отрицательных значений, указывающих на развитие. Судя по графику (см. рис. 2), в последние годы так и происходит: величина  $\alpha = 0,025$  в начале 1990-х гг. снизилась до  $\alpha = 0,011$  в настоящее время. Значение  $\alpha$  в этом смысле — простой и наглядный индикатор для мониторинга и прогнозирования социально-экономической ситуации в городе в контексте северной футурологии.

В данном случае переход к обобщенным переменным осуществляется по формуле  $y_{01} = 0,020t + 0,033$ ,  $y_0 = 0$ . Иными словами, во всех случаях значение интегрированной опасности отклонения от экстремального средового состояния  $p_1$  и величина снижения энергии среды  $y_{01}$  эквивалентны, т. е. можно выделить эквивалентные географические явления, занимающие одинаковую позицию относительно терминальной ситуации (точки) в разных геосистемах. Например, при критической величине  $y_{01} = 1$  эквивалентными становятся явления с оценкой предельных издержек добычи нефти 44 долл. за баррель в Северном море, высота размещения снеговой линии 1,7 км над ур. моря на севере Средней Сибири или минимально допустимая численность населения 25,1 тыс. чел. в Мончегорске Мурманской области.

Все сопоставления имеют смысл при сравнении характеристик с соответствующим терминальным значением (позицией) и с учетом особенностей деградации экстремального потенциала географической среды (минимума или максимума), выраженной коэффициентом  $\alpha$ . Смещение терминального пункта или значения изменяет позицию элементов в геосистеме, поэтому всякую проблему и оценку справедливо рассматривать с альтернативных точек зрения, например относительно максимумов суровости арктического климата или благоприятности климата тропической зоны. Задача всегда может быть инвертирована, когда «южные» закономерности превращаются в «северные» зависимости. Существуют разнообразные полюсы планеты, как в пространственно-географическом, так и в количественном параметрическом выражении. Эти полюсы дополнительные, двойственные, взаимозаменяемы и допускают сравнение в показателях отклонения интегрированной опасности от нуля.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

С позиций соотношения системы и ее среды интересно давнее рассмотрение географом К. Риттером природы как субстрата общества. Он, видимо, одним из первых писал о пространственных ресурсах, а также об изменении значения природных условий по мере развития общества. В частности, изменение значения разных типов неблагоприятной географической среды (горных, арктических, пустынных) он увязывал с успехами цивилизации по рациональной организации пространства. Последовательно И. Кант, К. Риттер и А. Геттнер в рамках хорологической концепции связывали географию с изучением заполнения земного пространства субстанциями разного качества с определенным типом взаимодействия между ними [14]. Н. Н. Баранский [15] по аналогии считал освоение земель процессом хозяйственного заполнения территории. К. П. Космачёв [16, 17] рассматривал освоение как географический поступательный процесс с этапами, формами и направлениями движения. По этой причине в процессе освоения особую роль играют трассы освоения, образующие каркас экономической жизни территории. Значение имеет также технология освоения как последовательность действий по включению района в глобальную и региональную сеть географического разделения труда и в систему обеспечения межотраслевых пространственных связей.

Порядок заполнения пространства регламентируется каркасно-сетевыми закономерностями В. Кристаллера, А. Лёша, Н. Н. Баранского, Б. Б. Родомана и др., особенно в части формирования экономических и поляризованных ландшафтов, опорных каркасов территории [18, 19]. Объекты заполнения описываются в виде нуклеарных систем А. Ю. Ретеюма [20] — сложных материальных и идеальных образований с общим концентрическим планом строения в виде центрального ядра и периферии (оболочки), сопряженных последовательностями причинно-следственных связей. Появление таких образований имеет смысл интерпретировать в терминах касательного расслоения многообразий связей географической среды и знаний об этой среде [21], когда выделяется зона контакта (касания) и бесконтактная область, как бы «оторванная от земли». Наглядный пример — явление азональности, обусловленное энергией земных недр (эндогенных процессов). Азональность геосистем существует в некотором смысле автономно от зональных проявлений и модифицирует их за счет действия местных факторов и условий. Хозяйственная деятельность, особенно в отраслях, производящих продукцию глубокого передела для конечных потребителей, является азональной. Реальные расслоения происходят везде и всегда, заполняя простран-

ство географической среды новыми формами автономного существования, увеличивая размерность этого пространства и повышая его качество. В этом заключается сущность процессов расслоения как выражения географического метазнания, необходимого для понимания процесса заполнения пространства Севера и Арктики новыми явлениями, идущими вразрез с местной средой, конструирующими новую, альтернативную среду жизнедеятельности с собственной инфраструктурной основой.

Расслоение среды — это не только реальный процесс, но и процесс познания, прогнозирования, планирования и проектирования. Такой подход может быть полезен в области: 1) географической экспертизы — научного направления (и вида деятельности), которое специализируется на проверке объективного отображения в решениях закономерностей развития интегральных систем типа население—хозяйство—природа для увеличения эффективности территориальной организации; 2) технологического аудита — аналитической или экспертной оценки действующих или проектируемых технологических решений производств и отраслей для выявления их технологического потенциала, повышения эффективности работы предприятия в данных или изменяющихся обстоятельствах; 3) реализации средового подхода — всестороннего многоуровневого и структурированного изучения всего набора сред и их значимых элементов во взаимодействии с объектом изучения; 4) в геологистике — науке и практической деятельности по планированию, организации, контролю и регулированию движения материальных, энергетических и информационных потоков в пространстве и геоинформационном картографировании с созданием тематических карт разного содержания на основе пространственной информации.

Структурное и функциональное расслоение — общий логический и конструктивный принцип арктического использования географической среды и ее ресурсов, предполагающий создание автономных модулей (слоев), только локально и терминально контактирующих со средой. Остальная деятельность должна быть максимально изолирована от среды. Такая особенность инновационного подхода обусловлена экстремальными свойствами арктической среды, расслоение которой расширяет пространство возможностей через создание оригинальных форм территориальной организации как новой географической среды жизнедеятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пилясов А. Н.** И последние станут первыми. Северная периферия на пути к экономике знания. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 544 с.
2. **Пилясов А. Н.** Северная футурология: следующие двадцать лет // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 3. — С. 62–71.
3. **Пилясов А. Н.** Северная футурология: следующие двадцать лет // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4. — С. 3–101.
4. **География** и природные ресурсы. — 2007. — № 3 [Электронный ресурс]. — [http://www.izdatgeo.ru/journal.php?action=output&id=3&lang\\_num=1&id\\_dop=130](http://www.izdatgeo.ru/journal.php?action=output&id=3&lang_num=1&id_dop=130) (дата обращения 01.04.2015).
5. **Ландшафтно-интерпретационное** картографирование / Ред. А. К. Черкашин. — Новосибирск: Наука, 2005. — 424 с.
6. **Кузнецова Т. И., Лопаткин Д. А.** Структура геоинформационной системы «ландшафтно-экологическая среда бассейна озера Байкал» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2015. — № 1. — С. 83–90.
7. **Россия** планирует строительство города будущего в Арктике [Электронный ресурс]. — <http://www.iksinfo.ru/stati/nauka-i-tehnika/item/955-goroda-budushchego.html> (дата обращения 17.04.2015).
8. **Мисевич К. Н.** Географическая среда и условия жизни населения Сибири. — Новосибирск: Наука, 1988. — 120 с.
9. **Экономика** Сибири в разрезе широтных зон / Ред. А. Г. Гранберг. — Новосибирск: Наука, 1985. — 255 с.
10. **Chernyshev D.** Cost of Oil Production by Country [Электронный ресурс]. — <http://knoema.ru/vyronoe/cost-of-oil-production-by-country> (дата обращения 17.04.2015).
11. **Черкашин А. К., Красноштанова Н. Е.** Модели оценки рисков в природно-технических системах // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 2. — С. 149–160.
12. **Пономарев В.** Вцепились в Арктику // Expert Online [Электронный ресурс]. — <http://expert.ru/2015/02/18/vtsepilis-v-arktiku/> (дата обращения 18.02.2015).
13. **Дидык В. В., Рябова Л. А.** Моногорода Российской Арктики: стратегии развития (на примере Мурманской области) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2014. — № 4 (34). — С. 84–99.
14. **История** географии [Электронный ресурс]. — <http://vseprostrany.ru/index.php/2011-12-03-17-28-44/2012-01-22-11-53-01/580-2012-01-22-11-01-11.html> (дата обращения 10.04.2015).

15. **Баранский Н. Н.** Краткий курс экономической географии. Вып. 1: Общие понятия. Очерк мирового хозяйства. — М.; Л.: Госиздат, 1930. — 238 с.
16. **Космачёв К. П.** Процесс хозяйственного освоения территории как объект экономико-географических исследований // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. — Иркутск, 1969. — Вып. 24. — С. 65–75.
17. **Космачёв К. П.** Пионерное освоение тайги. — Новосибирск: Наука, 1974. — 174 с.
18. **Лаппо Г. М.** Концепция опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение // Изв. АН СССР. Сер. геогр. — 1983. — № 5. — С. 16–28.
19. **Родоман Б. Б.** Территориальные ареалы и сети: Очерки теоретической географии. — Смоленск: Ойкумена, 1999. — 256 с.
20. **Ретеюм А. Ю.** Земные миры. — М.: Мысль, 1988. — 272 с.
21. **Черкашин А. К.** Полисистемные исследования и развитие теоретической географии // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 27–37.

*Поступила в редакцию 5 июня 2015 г.*