НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Для цитирования: Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Специфика трансформации пространственной системы и стратегии переосвоения российской Арктики в условиях изменений климата // Экономика региона. — 2017. — Т. 13, вып. 3. — С. 641-657

doi 10.17059/2017-3-1

УДК 332.142, 338.23, 551.583

В. Н. Лексин^{а, б)}, Б. Н. Порфирьев^{в)}

^{а)} Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН (Москва, Российская Федерация)

^{б)} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

^{в)} Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (Москва, Российская Федерация; e-mail: b_porfiriev@mail.ru)

СПЕЦИФИКА ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ И СТРАТЕГИИ ПЕРЕОСВОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА¹

Исследованиям воздействий климатических изменений на окружающую среду и социально-экономическое развитие территорий посвящено много работ отечественных и зарубежных ученых, причем значительная часть исследований ориентирована на анализ причин и оценку указанных воздействий в зоне их наибольшей активности — в Арктике. В настоящей статье поставлена нетривиальная задача учета влияния фактора климатических изменений в методологии и практике стратегического процесса современного переосвоения российской Арктики. Данная задача осложняется необходимостью ранжирования значимости социально-экономических последствий указанного влияния как приоритетов государственного управления комплексным развитием рассматриваемого макрорегиона, а также отсутствием эффективных механизмов консолидации, требующихся для этого ресурсов. Проведено обобщение результатов отечественных и зарубежных исследований воздействий изменений климата на природную среду, объекты системы расселения и хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации с целью обоснования принятия государственно-управленческих решений. Уточнены методологические положения, касающиеся специфики и роли фактора климатических изменений в принятии таких решений в контексте современных представлений о закономерностях трансформации пространственных систем, потенциале их самоорганизации и адаптации к внешним воздействиям. Выявлены общие закономерности и специфика трансформации Арктической зоны Российской Федерации как пространственной системы и влияния на этот процесс климатического фактора. Особое внимание уделено проблемам адаптации к климатическим изменениям коренного населения Арктической зоны Российской Федерации, которое испытывает повышенные риски для здоровья и хозяйственной деятельности, связанные с высокой интенсивностью указанных изменений. Обоснованы рекомендации по использованию вариативного подхода при обновлении стратегий и программ развития Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, изменения климата, климатический фактор, пространственная система, трансформации системы, адаптация, вариативность, стратегии

1. Постановка проблемы

В последние десятилетия научное сообщество все большее внимание уделяет исследованию причин и воздействий активных кли-

матических изменений на природную среду, политику, экономику и здоровье человека [1, 2]. Особый интерес зарубежных исследователей вызывают такие воздействия на циркулярную арктическую территорию, а отечественных ученых и специалистов — на территорию Арктической зоны Российской Федерации

¹ © Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Текст. 2017.

(АЗРФ) [3–5]. Это закономерно, поскольку Арктика является одним из центров формирования глобального климата, и значение этого центра в начале XXI в. многократно возрастает. Неслучайно бывший Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун назвал Арктику точкой отсчета в изменении климата.¹

Кроме того, именно на этих территориях в последние десятилетия климат изменяется наиболее сильно, их природная среда признается аномально хрупкой, а все созданное человеком на арктических пространствах рассматривается как жестко связанное прямыми и обратными связями с природной средой и ее ресурсным потенциалом. При этом до сих пор интересы научно-экспертного сообщества сосредоточены преимущественно на изучении и прогнозе климатических изменений и их последствий для окружающей среды и экономики, а также на мерах снижения техногенных выбросов парниковых газов с целью ослабления влияния человека на климат [6–10]. Намного меньше внимания уделяется решению сложнейших задач адаптации населения, системы расселения и хозяйственных объектов к новым природно-климатическим условиям.

В данной статье предпринята попытка, во-первых, уточнить представления о сути и роли фактора климатических изменений в государственно-управленческих решениях применительно к стратегии и текущим планам переосвоения российской Арктики; во-вторых, кратко обобщить результаты исследований воздействия изменений климата на природную среду и на объекты системы расселения и хозяйственной деятельности в АЗРФ; в-третьих, дать оценку влияния фактора климатических изменений на общие закономерности трансформации пространственных систем и показать специфику такого влияния в условиях АЗРФ; в-четвертых, представить ряд соображений относительно необходимости, направлений и использования вариативного подхода при обновлении стратегий и программ переосвоения российской Арктики в условиях климатических изменений.

2. Климатический фактор в государственно-управленческих решениях по переосвоению российской Арктики

Несколько лет назад для определения предмета государственной арктической политики

¹ См: Международный форум «Арктика — территория диалога» (Архангельск, 30 марта 2017 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/54149> (дата обращения: 05.04.2017).

нами было предложено понятие «переосвоение», которое характеризовало суть принципиально новой стратегии развития АЗРФ [11, 12]. Ее результатом должно было стать превращение российской Арктики в по-современному обжитой в хозяйственном, инфраструктурном и социальном отношениях макрорегион страны, обеспечивающий эффективную защиту ее национальных интересов и стратегических национальных приоритетов ее развития². Нами были обоснованы предложения по проведению в соответствие с этой целью системы организации и механизмов программно-целевого управления переосвоением Арктики [13–15] с учетом множества воздействующих на него факторов, в том числе климатического.

Под климатическим фактором государственного управления переосвоением Арктики понимается совокупность таких воздействий изменяющегося климата на природную среду, объекты хозяйственной деятельности и систему расселения, которые необходимо учитывать при определении основных направлений и ключевых мер социально-экономической политики в макрорегионе. Самостоятельным и особо важным с учетом климатического фактора компонентами системы государственного управления переосвоением Арктики мы считаем системный мониторинг и государственную экспертизу разработки и реализации различных проектов в этом макрорегионе. Климатический фактор всегда (хотя и в разной степени) принимался во внимание при принятии соответствующих государственных решений. Однако до настоящего времени это происходило преимущественно в форме учета существующих экстремальных условий хозяйственной деятельности и проживания населения в АЗРФ при принятии государственных решений, чаще всего в целях частичной компенсации тягот и неудобств, обусловленных этими условиями.

Так, например, в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, утвержденной Президентом РФ 8 февраля 2013 г., в числе «ключевых факторов, оказывающих влияние на социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»

² Понятия национальных интересов и стратегических национальных приоритетов — в трактовке пп. 30 и 31 Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 31.12.2015 № 683. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40391> (дата обращения: 05.04.2017).

названы: «(а) экстремальные природно-климатические условия, включая низкие температуры воздуха, сильные ветры и наличие ледяного покрова на акватории арктических морей» и «(г) низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий». Соответственно, следствиями этого признаны «отрицательные демографические процессы в большинстве приарктических субъектов Российской Федерации, отток трудовых ресурсов (особенно высококвалифицированных) в южные районы России..., низкое качество жизни коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации, проживающих на территории Арктической зоны Российской Федерации..., издержки северного производства при отсутствии эффективных компенсационных механизмов». Там же указывается, что на эти процессы и явления оказывает воздействие «возрастание техногенной и антропогенной нагрузки на окружающую среду с увеличением вероятности достижения ее предельных значений в некоторых прилегающих к Российской Федерации акваториях Северного Ледовитого океана, а также на отдельных территориях АЗРФ, характеризующихся наличием особо неблагоприятных зон, потенциальных источников радиоактивного загрязнения, высоким уровнем накопленного экологического ущерба».

Все это так, однако интенсивные и масштабные изменения климата последних десятилетий и их последствия требуют переосмысления роли климатического фактора в государственном управлении современными и, особенно, перспективными процессами освоения Арктики, в том числе при реализации приоритетов ее развития, сформулированных в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года — социально-экономического развития территорий, развития науки и технологий, создания современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечения экологической безопасности, развития международного сотрудничества. Кроме уже осуществляемых мер адаптации населения и хозяйственных систем к суровым климатическим условиям АЗРФ (учета привычной экстремальности), в связи с упомянутыми изменениями климата возникла необходимость (а) корректировки уже применяемых мер, (б) выполне-

ния новых требований к управлению рисками и (в) обоснования дополнительных предпочтений и ограничений при организации социально-экономической и хозяйственной деятельности на территории АЗРФ. Последнее требует формирования пакета принципиально новых задач, большинство которых до настоящего времени не имеет стандартных решений.

Наиболее актуальными, по нашему мнению, являются обоснование и научно-техническое обеспечение на территории АЗРФ возможности, во-первых, продолжения прежней хозяйственной деятельности и сохранения существующего социально-экономического уклада в условиях существенных изменений климата, во-вторых, расширения или реструктуризации указанной деятельности и трансформации социально-экономических укладов. Решение таких задач на уровне государственного управления переосвоением АЗРФ во многом зависит от системности принимаемых решений и надежности имеющихся климатических моделей. Современное государственное управление переосвоением АЗРФ должно учитывать сложный состав взаимосвязанных причин и последствий изменения климата как единой климатической системы,¹ с учетом того, что именно в Арктике наличие, взаимодействие и изменения всех компонентов климатической системы проявляются в наиболее концентрированном в пространственном отношении и интенсивном во временном измерении виде.

В связи с этим значительно возрастает значение достоверности знаний о различных видах и взаимосвязи рассматриваемых изменений и обоснованности климатических прогнозов. Практическое обеспечение адаптации природных и социально-экономических систем АЗРФ ко всей совокупности последствий климатических изменений является мегапроектом, затраты на разработку и реализацию которого выходят за пределы сегодняшних возможностей любого приарктического госу-

¹ Указанная система представляет собой взаимодействие атмосферы, воздействующей на перенос к поверхности Земли солнечной радиации, поступающей на ее верхнюю границу и являющейся наиболее изменчивой составляющей климатической системы, океана, поглощающего основную часть поступающей на его поверхность солнечной радиации и представляющего собой, благодаря высокой теплоемкости воды, мощный аккумулятор энергии, суши, включая гидрологическую подсистему (внутренние водоемы, болота и реки) и почву вместе с грунтовыми водами; криосферы (континентальных и морских льдов, горных ледников, снежного покрова и вечной мерзлоты), и биоты — растительности на суше и океане, а также живых организмов в воздухе, море и на суше (включая человека) (см.: [16]).

дарства. Поэтому столь важно оценить реальные масштабы и угрозы таких изменений и определить, к каким из них природная среда, человек и хозяйственные объекты могут адаптироваться самостоятельно, без дополнительных ресурсов и затрат, какие требуют дополнительных усилий в кратко- и среднесрочной перспективе при существующем уровне науки и технологий, а какие представляют реальные или гипотетические угрозы и должны обязательно учитываться в стратегиях долгосрочного развития государством, бизнесом. Здесь одинаково опасны как недоучет возможных последствий климатических изменений, который может привести к нерасчетливому, чреватому значительными ущербом и потерями наращиванию хозяйственного и инфраструктурного потенциала в зонах риска, так и преувеличение указанных последствий, результатом которого могут оказаться, например, неоправданные ожидания возможных катастроф населением и бизнесом, стимулирующие изменение миграционных потоков и сворачивание деловой активности.

3. Обобщенные результаты исследований воздействия изменений климата на природную среду и на объекты системы расселения и хозяйственной деятельности в АЗРФ

Как уже указывалось, факты и прогнозы прямых воздействий изменения климата на природную среду и на объекты системы расселения и хозяйственной деятельности на территории Арктики в последнее время стали предметом сотен отечественных и зарубежных исследований и публикаций. Для целей данной статьи из этого массива ценной информации были выделены работы двух последних десятилетий как системно-аналитического и обобщающего, так и предметно-частного характера [2–7, 17–49], и обобщены наиболее убедительные и наименее противоречивые подтверждения начавшихся воздействий изменения климата на функционирование пространственной системы российской Арктики. При этом не ставилась цель исчерпывающей каталогизации научной информации¹ о сути и последствиях климатических изменений в Арктике, выходящих за пределы и тематики и текстового про-

¹ Это тем более затруднительно, учитывая ограниченность научного потенциала развития АЗРФ, который нуждается во всемерном укреплении и наращивании уже в ближайшие годы, чтобы обеспечить решение задач устойчивого развития и обеспечения национальной безопасности в этом макрорегионе.

странства статьи. Вместо этого предпринята попытка использовать указанную информацию о характере и масштабах климатических изменений и их последствиях для оценки необходимости и возможного обоснования пересмотра или обновления стратегий переосвоения АЗРФ.

Ниже излагаются результаты авторских обобщений применительно к одному из наиболее обсуждаемых направлений климатических изменений, а именно к глобальному потеплению, которое в последние 30 лет на территории Арктики идет в 2,5–3 раза быстрее, чем в среднем на территории северного полушария. Здесь и далее для достижения задач обобщения мы сознательно допускаем округление ряда параметров и упрощения характеристик процессов изменения арктической среды. Так, мы не рассматриваем полемические (по сути дела — взаимоисключающие) воззрения на цикличность потепления (некоторые ученые считают, что его пик приходится на наше время и через 10–20 лет начнется очередное похолодание) или, напротив, на его необратимость, и исходим из реальных фактов современного потепления, которые, по нашему мнению, и следует учитывать в государственной стратегии переосвоения российской Арктики.

Подчеркнем, что прогнозные оценки грядущих климатических изменений, которые уже сегодня следует учитывать при разработке долгосрочных стратегий переосвоения АЗРФ, основываются на фактически наблюдаемых многочисленных общеизвестных природных явлениях, подтверждающих аномально быстрый рост таких изменений. К ним относятся, в частности, стремительное сокращение общей площади льдов и ледовых покрытий Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей (с 500 км² в середине XX в. до 200 тыс. км² в начале XXI в.) при сокращении толщины льда. За последние 30 лет отмечено повышение температуры толщи мерзлоты в европейской части АЗРФ с +0,22 до +1,56 °С при росте числа и толщины подземных талых участков, притом что на территории Колымской низменности, Восточной Чукотки и Большеземельской тундры только за последние 10 лет связанные с этим и с увеличением сезонно-талых слоев мерзлоты просадки грунта возросли на 14–80 %.

Как бы не хотели исследователи климатических изменений быть объективными в оценке положительных и отрицательных последствий арктического потепления, баланс этих последствий все же склоняется в его негативную

часть. Так, при констатации сокращения площади морских льдов примерно на 10 % за десятилетие и открывающихся за счет этого возможностей более свободного передвижения судов по Северному морскому пути¹, таяние вечной мерзлоты, определившей конструктивные особенности практически всех капитальных сооружений в Арктике (здания, газовые и нефтяные скважины, взлетно-посадочные полосы, дороги и пр.), способно вызвать массовое разрушение этих сооружений², а следовательно, и необходимость нахождения дорогостоящих строительных альтернатив.

Сокращение площади морских льдов самым негативным образом будет сказываться (это происходит и в настоящее время) на численности и структуре популяции животных, адаптированных к жизни на льду (белые медведи, тюлени, моржи), а дополнительным негативным фактором их существования станет изменение кормовой базы. Таяние вечной мерзлоты и уменьшение снегозапаса могут быть благоприятными для лесов в достаточно увлажненных зонах, но в иных лесных массивах это может привести к лесной засухе, пожарам и т. п., и в тех и других — к увеличению числа и видов насекомых-вредителей леса. Изменится размещение болот, и ухудшатся условия существования болотной фауны и пресноводных обитателей арктических рек. В прямой связи с этим могут существенно измениться сложившиеся столетиями и видоизмененные в последние десятилетия условия жизни аборигенного и пришлого населения и сама система его расселения.

Прогнозируется, что такие изменения серьезно скажутся на здоровье населения АЗРФ. Как отмечал И. Бобровницкий, руководитель научного направления медицины окружающей среды ФГБУ «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Минздрава РФ, в своем выступлении на международном форуме «Арктика — территория диалога»

¹ Согласно прогнозам, к 2050 г. на Северном морском пути будет наблюдаться 125 дней в году с ледовитостью менее 75 %, что представляет собой благоприятные условия для навигации торговых судов ледового класса.

² Это, в первую очередь, относится к сооружениям на свайных фундаментах с использованием многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований. Потепление привело к тому, что еще в 1992 г. было повреждено 10 % зданий в Норильске, 22 % — в Тикси, 35 % — в Дудинке, — 50 % в Певеке и Амдерме, и 80 % — в Воркуте. В последнем десятилетии XX в. по сравнению с предыдущим число поврежденных сооружений по рассматриваемой причине в том же Норильске возросло на 40 %.

(Архангельск, март 2017 г.), изменения климата в Арктике и антропогенный фактор оказывают большое влияние на жителей арктических регионов. В последние годы отмечается кратное увеличение онкологических заболеваний, и растет число сердечнососудистых заболеваний, что во многом обусловлено тяжелыми условиями труда и жизни.³

Учитывая эти обстоятельства, а также то, что в наше время смертность от переохлаждений вдвое превышает смертность от перегревов, потепление климата в этом отношении, казалось бы, однозначно может считаться благоприятным. Однако оно же способствует распространению новых заболеваний, в том числе инфекционных, вызванных ухудшением качества питьевой воды и продуктов биологического происхождения. Такие заболевания, естественно, можно в значительной степени предотвратить или излечить, но для этого требуется создание принципиально новой организации профилактики и медицинского обслуживания.

Для коренного населения АЗРФ основные проблемы климатических изменений будут связаны преимущественно с их интенсивностью. Адаптация к относительно стабильным экстремальным арктическим условиям проходила в течение столетий, а новый комплекс природно-климатических условий формируется в течение нескольких десятилетий. И если прогнозы таких изменений подтвердятся, то аборигенному населению (при сохранении его приверженности к ведению традиционного хозяйства и соответствующему образу жизни) придется столкнуться с необходимостью использования не только новых методов оленеводства, рыболовства и охоты, но и мест проживания, их обустройства и транспортных связей. Не исключено, что на территории АЗРФ новые адаптационные механизмы могут войти в критическое противоречие с традицией, подобно тому как это происходит в среде канадских эскимосов. Это делает проблему оценки адаптационных возможностей людей (в том числе основанную на изучении адаптационного опыта аборигенного населения) к быстрым и всесторонним последствиям изменения арктического климата одним из актуальных предметов и научных исследований, и управленческой практики.

³ См: Освоение Арктики невозможно без научных исследований. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=0d2117df-00da-4ed3-9043-fbd166b6edfd#content> (дата обращения: 30.03.2017).

Представителям коренных народов, ведущих традиционное хозяйство, придется иметь дело с ненадежным ледяным покровом, с увеличением расстояний до мест охоты и численности ее объектов, а оленеводам — с проблемами прокорма животных (ледяные дожди могут образовать непробиваемую корку над покрытой снегом растительностью); к тому же начавшееся потепление может привести к вытаиванию захоронений прежних эпизоотий и выбросу опасных загрязняющих веществ, а также к увеличению массы кровососущих насекомых. Немалые проблемы возникнут в связи с сокращением периода службы основных транспортных сухопутных магистралей — зимников (раннее таяние, позднее замерзание), и основной объем перевозок (в том числе грузов «северного завоза») придется переносить на самое холодное время года. Отступление ледяного укрепления береговой линии уже сейчас приводит к ее разрушению и в ряде случаев к необходимости переноса прибрежных сооружений.

Изменение климата и его последствия связаны не только прямыми, но и обратными связями. Так, наблюдаемое на ряде территорий АЗРФ увеличение площадей и биологической продуктивности фотосинтезирующих растений уже сейчас приводит к уменьшению ранее покрытых снегом и льдом отражающих поверхностей и изменению характера обмена парниковыми газами между растительными сообществами и атмосферой. Прогнозируются и мультипликативные эффекты. Например, снижение альбедо (отражающей способности) в связи с уменьшением площади льдов и снежного покрова может привести к дальнейшему уменьшению этой площади из-за дополнительного нагревания подстилающей поверхности. То же относится к увеличению выброса в атмосферу соединений углерода из массы оттаявшей вечной мерзлоты: если двуокись углерода будет незначительно участвовать в формировании парникового эффекта (одной из причин таяния мерзлоты), то активизация выделения болотного газа (метана) способна усилить это влияние в 20 раз.

Спектр управленческих и хозяйственных реакций на стремительное изменение арктического климата исключительно широк, что связано и с большими природно-климатическими, ландшафтными и иными различиями территорий АЗРФ, и с разнообразием самих последствий изменения климата. Могут понадобиться принципиально иные, чем в настоящее время, технологии устройства и поддержа-

ния зимников, новые транспортные средства, способные перевозить грузы по неустойчивым льдам и открытой воде, новые системы очистки питьевой воды и водоснабжения, сложные гидротехнические сооружения для защиты от паводков и подъема морской воды и т. д. Должны произойти изменения в обустройстве жилищ, в социально-инфраструктурном обеспечении городского и аборигенного населения. Все это неминуемо приведет к существенным изменениям пространственной системы АЗРФ в соответствии с общими закономерностями трансформации таких систем и со специфическими воздействиями на эти системы климатического фактора.

Количественные макроэкономические оценки последствий изменения климата в разных исследованиях существенно различаются, что, по нашему мнению, связано как с особенностями используемой информации, так и с методологией ее обработки. Было показано, в частности, что негативные последствия экстремальных и опасных природных явлений, подавляющее большинство которых относится к погодно-климатическому типу чрезвычайных ситуаций, еще в конце 1990-х — начале 2000-х гг. были в целом по России причиной среднегодового снижения не менее 0,5 % ВВП при темпах роста ущерба вдвое больших, чем темпы роста ВВП; там же указывалось, что глобальный ущерб экономике от выбросов парниковых газов следует оценивать в несколько раз ниже по сравнению с часто приводимыми величинами, а именно, на уровне 1,9–2,1 % мирового ВВП [25, с. 82; 50].

При прогнозных оценках воздействия климатических изменений на природную среду и на конкретные объекты системы расселения и хозяйственной деятельности следует иметь в виду, что эти воздействия будут происходить в обстановке серьезных перемен в структуре экономики и техническом уровне используемых средств производства и услуг, в социальном обеспечении населения и его мотивациях к проживанию и работе в Арктике, в организации государственного управления процессами переосвоения АЗРФ, в масштабах и результативности международных связей по рассматриваемым вопросам и т. д. В связи с этим учет не только климатических факторов, но и всей совокупности новаций в организации и технологиях переосвоения Арктики должен стать нормой при проведении широкомасштабных, междисциплинарных и системно организованных обоснований вариантов функционирования пространственной системы АЗРФ.

4. Общие закономерности трансформации пространственных систем и воздействие климатического фактора на их состояние

При всей специфичности АЗРФ есть классическая пространственная система специально образованного (государственно-управленческого) макрорегиона [14]. Изменение климата влияет не только на компоненты этой системы, но и, что особенно важно, на их взаимосвязи. Так, состояние сложившейся и относительно консервативной структуры расселения на территории АЗРФ зависит от динамичной пространственной структуры объектов хозяйственной деятельности; демографические характеристики населения — от той же структуры хозяйственных объектов и от национально-этнических и религиозных характеристик; пространственная структура хозяйственных объектов — от структуры и размещения ее природно-ресурсного потенциала, от трудовых и потребительских предпочтений населения, от состояния энергетической и транспортной инфраструктуры и т. д.¹

При прогнозировании последствий влияния климатического фактора на состояние пространственной системы АЗРФ следует учитывать, что таким системам свойственны четыре модели их трансформации:

— эволюционная — упорядоченное и относительно сбалансированное изменение элементов и структуры системы преимущественно за счет факторов внутреннего потенциала саморазвития и согласованных с ними мер внешних регулятивных воздействий;

— кризисная — потеря отдельных элементов и разбалансирование связей, чаще всего под воздействием активного изменения внешних условий, неадекватных прежнему состоянию пространственной системы;

— посткризисная — восстановление нормальных условий функционирования системы за счет нивелирования аномально высоких нарушений баланса ее компонентов с преимущественным использованием мер внешних регулятивных воздействий;

— экстремальная — кардинальная смена состояния системы в условиях преимущественно деструктивных факторов самоорганизации и

требующая использования чрезвычайных мер внешних регулятивных воздействий.

При этом позитивное влияние факторов саморазвития и внешних регулирующих воздействий на состояние таких трансформаций может быть достигнуто только при использовании специальной методологии управления процессами системных преобразований и при наличии условий для ее практического использования. Во всех других случаях общесистемная результативность использования самых различных мер регулирующих воздействий становится практически недостижимой.

Обобщенные выше наиболее явные воздействия аномального изменения климата на элементы и связи пространственной системы АЗРФ будут непосредственным образом участвовать в процессах трансформации этой системы, корректируя (различным образом) все четыре модели таких трансформаций, в том числе провоцируя их возникновение и вызывая ответные реакции самой системы в формате естественных или регулятивно инспирируемых адаптаций. В связи с этим при анализе разбалансирующего влияния климатических изменений на состояние системы необходимо, прежде всего, определиться с тем, какое состояние системы можно считать обеспечивающим ее стабильное функционирование. Последнее в действительности может быть только относительным и кратковременным,² и для его сохранения в форме эволюционной трансформации требуется интеграция факторов саморазвития и управленческих регулятивных воздействий.

Перечень доминантных направлений обеспечения внутрисистемной сбалансированности внутри такой структурно разнородной пространственной системы как АЗРФ, неоднороден. Например, на урбанизированных территориях для городских поселений (особенно крупных и средних городов) особо важен баланс пространственного потенциала и жилищной обеспеченности, селитебных территорий и мест массового приложения труда, состояния окружающей среды и автомобильного транспорта и т. п. Для малонаселенных аркти-

¹ При этом было показано, что относительно постоянные и (что не менее важно) ситуативно-случайные связи элементов внутри арктической пространственной системы могут быть количественно и качественно оценены, а анализ оценок значимости таких связей, сведенных в своеобразную матрицу — стать основанием для выявления реальных проблем функционирования системы и разработки рекомендаций по снятию их остроты.

² Одной из причин этого на арктических территориях является стремление хозяйствующих субъектов к скорейшему изъятию природных ресурсов, особенно невозобновляемых (нефть, газ, твердые полезные ископаемые) и медленно возобновляемых (лес, кормовая растительность и др.). Их сверхинтенсивная и часто хищническая эксплуатация, создающая в течение нескольких лет видимость социально-экономического благополучия, после исчерпания таких ресурсов приводит к разрушительному разбалансированию пространственных систем.

ческих территорий в местах компактного проживания коренных малочисленных народов Севера особо значим баланс воспроизводимых природных ресурсов (пастбища, рыба, пушной зверь и т. п.) и соответствующей хозяйственной деятельности, численности населения и объектов социальной инфраструктуры, структуры населенных пунктов и постоянно действующих видов транспорта и т. д.

Пространственные системы своеобразно реагируют на внешние воздействия, в том числе на фактор климатических изменений, и здесь наглядно проявляется такое имманентное свойство систем, как эквифинальность, то есть способность достигать определенного состояния, которое не зависит ни от времени, ни от начальных условий, а определяется исключительно их свойствами. Это — своеобразная характеристика предельных возможностей самоорганизации пространственных систем и их собственного адаптационного потенциала, противостоящего внешним воздействиям.¹ Последние могут корректировать (стимулировать, уменьшать, временно, постоянно) потенциал самоорганизации, могут действовать с ним в одном направлении и (или) ослаблять друг друга. Эти положения исключительно важны для формирования научных представлений о том, что считать стабильно устойчивым состоянием пространственных систем, и что такое естественные и специально организованные трансформации таких состояний. Последнее, в свою очередь, формирует внутрисистемные и внешние задачи и условия адаптации к климатическим изменениям всех компонентов пространственной системы АЗРФ.

В общем случае адаптация к изменению климата — это приспособляемость природных и социально-экономических систем к новым условиям их функционирования, позволяющая либо нивелировать негативные последствия таких условий (в том числе за счет снижения климатической уязвимости этих компонентов и связей), либо использовать их

благоприятные возможности. Отличительной чертой адаптации таких систем на территории АЗРФ следует считать несоответствие относительно медленных темпов естественно-эволюционных процессов приспособляемости высокоинтенсивным климатическим изменениям. Отсюда — исключительная актуальность проблемы преодоления этого несоответствия, для решения которой могут быть использованы различные механизмы адаптации, что, в свою очередь, выдвигает задачу выявления предпочтительности одного или нескольких из них.

Определение приоритетов механизмов адаптации к климатическим изменениям целесообразно производить на основе концепции и инструментария управления рисками, которые предусматривают варианты (стратегии) исключения, снижения, удержания или передачи риска [25, с. 251–252]. Исключение риска может быть обеспечено только путем устранения самого объекта под риском на конкретной территории АЗРФ, например, отказа от сооружения или ликвидации скотомогильника в вечной мерзлоте, подверженной угрозе таяния вследствие потепления климата, или путем переселения жителей прибрежных поселков по той же причине уязвимых для подъема уровня моря. Снижение риска может быть достигнуто за счет диагностических, профилактических и упреждающих мер технологического, транспортно-инфраструктурного, мелиоративного, санитарно-гигиенического, ветеринарного и селекционного характера, а также путем сооружения (строительства) принципиально новых объектов повышенной устойчивости к климатическим изменениям. Удержание и (или) передача рисков, обусловленных климатическими изменениями, используются при недостаточности вышеуказанных мер и при наличии заранее предусмотренных (гарантийных, страховых и иных) резервов компенсационных выплат населению и хозяйствующим субъектам (примером ранее используемых мер такого характера были «северные надбавки» для работников предприятий в АЗРФ).

Обоснованность выбора и эффективность реализации одной или комбинаций перечисленных стратегий управления рисками, наличие необходимых для этого информации и ресурсов в условиях уже начатой реализации стратегии и программы развития АЗРФ со своими целями и конкретными проектами в решающей мере определяют состояние, в которое перейдет и в котором будет функционировать пространственная система АЗРФ в ходе вышеуказанных эволюционных, кризисных,

¹ Теоретически противодействие каждой пространственной системы внешнему воздействию хорошо описывается известным принципом Ле Шателье (точнее, принципом Ле Шателье — Брауна): «Если существующее равновесие системы подвергается внешнему воздействию, изменяющему какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению». Впоследствии этот принцип был назван универсальным, и создатель теории функциональной организации (один из ее компонентов — «нейтрализация дисфункций») М. И. Сетров в своих работах дал его образное определение: «Целое препятствует нарушению целостности». См. [51, 52].

посткризисных и экстремальных трансформаций. Все это представляет собой управленческую задачу, не имеющую аналогов по сложности и требующую внесения принципиальных корректив в ранее принятые государственные решения.

5. Изменение климата и необходимость вариативного подхода к обновлению стратегии и программ переосвоения российской Арктики

Изменение климата является значимым, но далеко не единственным и не главным фактором, определяющим необходимость обновления принятых стратегических документов о развитии АЗРФ. «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утверждены Президентом РФ 18 сентября 2008 г.), в 2013–2014 гг. переосмысленные и значительно расширенные в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утверждена Президентом РФ 8 февраля 2013 г.) и государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» (утверждена Постановлением Правительства РФ 21 апреля 2014 г.), были приняты в существенно отличной от настоящего времени международной и внутриэкономической обстановке. К тому же, они содержат ряд дискуссионных положений и не вполне отвечают новейшим требованиям к стратегиям и программам.

К сожалению, установленные федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», постановлениями Правительства РФ от 8 августа 2015 г. № 822 «Об утверждении Положения о содержании, составе, порядке разработки и корректировки стратегий социально-экономического развития макрорегионов, от 8 августа 2015 г. № 823 «Об утверждении Правил разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации стратегии социально-экономического развития Российской Федерации», от 20 августа 2015 г. № 870 «О содержании, составе, порядке разработки и утверждения стратегии пространственного развития Российской Федерации, а также порядке осуществления мониторинга и контроля ее реализации» и даже недавним Указом Президента РФ «Об утверждении основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до

2025 г.» от 16 января 2017 г. № 13 требования к сути и содержанию стратегического планирования территориального развития словно бы «прошли мимо» планов развития АЗРФ.

Анализируя в практически всех наших ранее цитированных работах недостатки государственной программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года», мы, в первую очередь, указывали на ее несоответствие современным требованиям к программным инструментам государственного управления. Хотя бы уже потому, что она состоит из набора отдельных и мало связанных между собой проектов ранее принятых федеральных и государственных программ, а также проектов федеральной адресной инвестиционной программ. Это важное обстоятельство, определяющее необходимость коренного обновления программы, было подчеркнуто на Международном арктическом форуме в марте 2017 г. в выступлении Президента РФ В.В. Путин. Он подчеркнул, что указанная программа «носит чисто аналитический характер, является сводом мероприятий других отраслевых госпрограмм и не может служить финансовым инструментом реализации Стратегии развития Арктической зоны и попросил «Правительство Российской Федерации ускорить доработку новой редакции госпрограммы социально-экономического развития Арктической зоны России».¹

Несистемность и нереалистичность стратегии и программы развития АЗРФ, определяющие необходимость их обновления, подтверждается появлением новых управленческих инициатив, принципиально выходящих на рамки вышеуказанных документов. Так, начала реализовываться идея разделения единого предмета государственного управления развитием АЗРФ между несколькими жестко локализованными в пространстве опорными зонами развития, которые понимаются «не только как территории, а в первую очередь как перечень скоординированных, взаимодополняющих друг друга проектов, а также инструментов государственной поддержки».² Соответствующие положения, разработанные Минэкономразвития России, ныне вошли в проект федерального закона «О развитии Арктической зоны РФ», где

¹ Выступление Президента России В. В. Путина на Международном форуме «Арктика — территория диалога» (Архангельск, 30 марта 2017 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/54147> (дата обращения: 05.04.2017).

² Там же.

такие зоны названы территориями «особого государственного управления».

Существенно изменились возможности реализации проектов, входящих в программу «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года». Она включает свыше 150 проектов, инвестиции в которые оцениваются триллионами рублей.¹ Выступая в апреле 2015 г. на первом заседании Государственной комиссии по развитию Арктики, ее глава, заместитель Председателя Правительства РФ Д.О. Рогозин заявил, что проблемы устойчивого развития Арктики решаются «фрагментарно и бессистемно» и что финансирование «арктических программ» на ближайшие пять лет должно составить 222 млрд руб., из них 160 млрд руб. за счет бюджета.

Однако программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» стала единственной государственной программой, не имевшей самостоятельного финансирования, лишь включающей ориентированные на развитие Арктики проекты и задания других программ. Если сокращение финансирования всех программ в проекте федерального бюджета на 2017–2019 гг. в связи с финансовыми трудностями государства составило в среднем 10 %, то программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» там вообще не фигурирует. Проекты других программ, связанных с арктической проблематикой, переформатированы по содержанию (исключено целевое арктическое назначение), а их финансирование сокращено намного значительнее.²

¹ Там же.

² В приложениях 15 и 19 к законопроекту о федеральном бюджете на 2017–2019 гг. фактически нет упоминания Арктики. В составе государственной программы «Развитие транспортной системы РФ» есть проекты «государственной поддержки авиапредприятий, расположенных в районах Крайнего Севера, и приравненных к ним местностей» и «субсидии аэропортам, расположенным в районах Крайнего Севера, и приравненных к ним местностей». В составе программы «Коренные малочисленные народы Российской Федерации» есть «основное мероприятие» — «повышение качества жизни коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации». Бюджетное финансирование госпрограммы «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока», частично покрывающей Арктическую зону РФ (Чукотский автономный округ), в 2017 г. по сравнению с текущим годом предлагается сократить более чем на 40 %, бюджетное финансирование программы «Развития судостроения

Что же касается климатических изменений и их влияния на социально-экономическое развитие АЗРФ, таковые практически не учитывались при разработке стратегических документов, определяющих перспективы освоения российской Арктики. По нашему мнению, не нашел должного отражения климатический фактор и во всей совокупности государственных решений, связанных со стратегическим планированием в целом. В связи с этим обновление стратегии и программы развития АЗРФ должно не только устранить вышеупомянутые проблемы и недостатки подготовки документов стратегического планирования, но и ввести в перечень приоритетов обеспечение защиты природной среды, адаптации населения и хозяйственных объектов, расположенных в АЗРФ, к последствиям климатических изменений.

Такая задача может быть решена лишь при использовании вариативного подхода (вариативности), который подразумевает обоснование различных вариантов решения стратегических задач развития АЗРФ для конкретных природно-климатических зон, населенных пунктов, аборигенного и другого (в том числе временного) населения, а также для различных объектов и проектов с учетом всей совокупности имеющихся и ожидаемых рисков. Результатом использования вариативного подхода в стратегическом планировании развития АЗРФ должно стать постоянно пополняемое досье технических, природоохранных и иных решений, упреждающих или смягчающих негативные последствия рисков. Этим использование вариативного подхода принципиально отличается от разработки ограниченного числа сценариев реализации стратегии и программы развития АЗРФ. Каждое из вышеуказанных решений, с одной стороны, должно стать органической частью конкретных заданий и проектов программы развития АЗРФ, корректируя их направления, сроки, ресурсное обеспечение и состав исполнителей, с другой стороны, представлять своеобразную программу-проект со всеми атрибутами таких документов. По оценкам, таких вариативных решений-программ, касающихся адаптации к изменению климата каждого промышленного центра в АЗРФ, может быть около десяти, а на территориях жизнедеятельности коренных малочисленных народов — не менее пятнадцати.

и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 гг.» сокращено на 30 % и т. д.

6. Рекомендации по обновлению стратегий и программ переосвоения российской Арктики в условиях климатических изменений

Использование вариативного подхода в стратегическом планировании развития АЗРФ с учетом климатического фактора представляется необходимым, но не единственным и не достаточным направлением обновления стратегии переосвоения российской Арктики. Более того, указанный подход может быть результативным только в увязке с другими принципиальными новациями государственно-управленческого характера, которые авторы обосновывали в предыдущих публикациях, посвященных концептуальному переосмыслению задач государственного управления комплексным развитием АЗРФ.¹ Увязка необходима и в отношении самого климатического фактора, прежде всего рисков изменений климата, которые должны учитываться и оцениваться совместно с другими рисками и угрозами для населения, экономики, сил и средств обеспечения национальной безопасности [53–55]. Только при таком системном подходе возможно корректное определение места климатического фактора в ряду приоритетов государственного управления развитием АЗРФ.

Применительно к предмету этой статьи наиболее существенными представляются следующие соображения и рекомендации.

1. Следует в ближайшее время пересмотреть конкретные задания ранее принятых планов переосвоения ресурсного, хозяйственного, социального и инфраструктурного потенциалов АЗРФ с учетом новых реалий в сфере обеспечения национальной безопасности и тенденцией сокращения бюджетно-финансовых и инвестиционных возможностей этого освоения в ближайшей перспективе, а также роли климатического фактора и вариантов адаптации к изменениям регионального климата. При этом особое внимание должно быть обращено на выстраивание новой иерархии приоритетов, целей и задач, на возможности соединения в рамках единой программы долгосрочных и ограниченных по времени задач (так, предполагается, что существование опорных зон с особыми режимами их функционирования будет прекращаться правительством после реализации запланированных проектов) и на оценку предлагаемых решений с позиций задач комплексного развития всей АЗРФ.

¹ См. монографию [15] и серию публикаций авторов данной статьи [11–14].

2. Должна быть подтверждена государственная политика безальтернативности использования программно-целевых механизмов и вариативного подхода в системе государственного управления процессами комплексного развития АЗРФ как единственного условия обеспечения целостности предмета этого управления и системной взаимосвязанности действующих объектов и намеченных к реализации проектов внутри указанной зоны и за ее пределами. В новых условиях главным становится достижение максимально возможной сбалансированности и синхронизации выполнения подпрограмм и проектов в условиях сокращения их ресурсного обеспечения и предлагаемых к использованию механизмов точечной и локализованной государственной поддержки отдельных территориально-производственных и инфраструктурных опорных зон.

3. Решающее значение приобретают разработка и реализация государственных заданий, обеспечивающих информационное и экспертно-аналитическое сопровождение арктической программы и всех ее составляющих с включением непосредственно в структуру программы экспертно-аналитического и информационного обеспечения ее реализации. Прежде всего, для отбора только наиболее результативных проектов (принципиальное требование, учитывая сокращение финансирования программы), содействующих достижению уточненных целей программы, включая адаптацию населения, хозяйственных объектов, сил и средств обеспечения национальной безопасности к изменениям климата.

4. Необходимо качественное развитие нормативно-правового обеспечения реализации программы комплексного переосвоения российской Арктики с отработкой однозначно понимаемого предмета регулирования и соответствующих правовых дефиниций. Особое внимание нужно уделить правовому обоснованию положений указанной программы, учитывающих ее реализацию в исключительно сложной международной обстановке, при снижении цен на арктические углеводороды и уменьшении потребностей в них мирового рынка, при снижении доходов федерального, регионального и муниципального уровней, при значительных климатических и иных рисках проведения всех видов экспортоориентированной хозяйственной деятельности на территории АЗРФ.

Интенсивные изменения климата в Арктике создают дополнительные серьезные проблемы

в организации стратегического планирования социально-экономического развития макрорегиона. Решению этих проблем призваны способствовать осознание необходимости и скоординированные и активные действия по

системному обновлению ранее принятых стратегии и программы этого развития, общие контуры которого (обновления) были намечены в этой статье.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-06-08163а «Оценка и прогноз социально-экономических и экологических последствий изменений Арктического климата».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. — 151 p.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2014. — 1009 с.
3. Polar regions. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects / Larsen, J. N., O. A. Anisimov, A. Constable, A. B. Hollowed, N. Maynard, P. Prestrud, T. D. Prowse, Stone J. M. R. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. — Pp. 1567–1612.
4. Arctic Climate Impact Assessment. ACIA, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005. — 1042 p.
5. Arctic Resilience Report. M. Carson and G. Peterson (eds). Arctic Council, Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Stockholm, 2016. — 218 p.
6. Post E., Forchhammer M. C. et al. Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change // Science. — 2009. — 325. — № 5946. — Pp. 1355–1358.
7. Climate change and Arctic ecosystems: Modeling, paleodata-model comparisons, and future projections / Kaplan J. O., Bigelow N. H., Prentice I. C., Harrison S. P., Bartlein P. J. et al. // Journal of Geophysical Research, — 2003. — 108, D19. — Pp. 8171
8. Hof A. R., Jansson R., Nilsson C. Future of biodiversity in the Barents Region. Denmark: TemaNord, 2015. — 102 p. <http://dx.doi.org/10/6027/TN2015-519>.
9. Cold Comfort: Special Report: the Arctic. The Economist. June 16th 2012.
10. Schaefer K., Lantuit H., Romanovsky V., Schuur E. A. G. Policy Implications of Warming Permafrost. United Nations Environment Programme Special Report. — Nairobi, Kenya, 2012. — 50 p.
11. Ивантер В. В., Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Арктический мегапроект в системе государственных интересов и государственного управления // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. — 2014. — № 6. — С. 6–24.
12. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Переосвоение российской Арктики как предмет системного исследования государственного программно-целевого управления. Вопросы методологии // Экономика региона. — 2015. — № 4. — С. 9–20.
13. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Особенности оценки результативности и эффективности программ развития макрорегионов. На примере Программы развития Арктической зоны РФ // Проблемы теории и практики управления. — 2016. — № 4. — С. 28–36.
14. Leksin V. N., Porfiriev B. N. Evaluation of the Effectiveness of Government Programs of Socioeconomic Development of Regions of Russia // Studies on Russian Economic Development. — 2016. — No 27. — № 4. — Pp. 418–428.
15. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Государственное управление развитием Арктической зоны Российской Федерации. Монография. — М.: Изд-во «Научный консультант», 2016. — 194 с.
16. Dymnikov V. P., Lykosov V. N., Volodin E. M. Modeling climate and its changes: Current problems // Herald of the Russian Academy of Sciences. — 2012. — No 82. — № 2. — Pp. 111–119.
17. Анисимов О. А., Белолуцкая М. А. Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России // Метеорология и гидрология. — 2002. — № 6. — С. 15–22.
18. Влияние изменений климата на вечную мерзлоту в прошлом, настоящем и будущем / Анисимов О. А., Величко А. А., Демченко П. Ф., Елисеев А. В., Мохов И. И., Нечаев В. П. // Физика атмосферы и океана. — 2004 — Т. 38. — № 1. — С. 25–39.
19. Анисимов О. А., Лавров С. А. Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты. Оценка рисков для производственных объектов ТЭК // Технологии ТЭК. — 2004. — № 3. — С. 78–83.
20. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики. / Рук. авт. колл. Ревич Б. А. — М.: Представительство ООН в Российской Федерации, 2008. — 30 с.

21. Воздействие изменения климата на российскую Арктику. Анализ и пути решения проблемы. — М.: WWF России, 2008. — 28 с.
22. Доклад о развитии человека 2007/2008. Борьба с изменениями климата. Человеческая солидарность в разделенном мире: пер. с англ. — М.: Издательство «Весь Мир», 2007. — 400 с.
23. Статистические оценки динамики изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации / Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А., Мяч Л. Т., Шерстюков Б. Г. // *Метеорология и гидрология*. — 2006. — № 5. — С. 27–38.
24. Моделирование эволюции ледяного покрова мирового океана в XX и XXI веках / В. М. Катцов, Г. В. Алексеев, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, Р. В. Бекряев, В. А. Говоркова // *Известия Российской академии наук*. — 2007. — Т. 43. — Вып. 2. — С. 165–181. — (Физика атмосферы и океана)
25. Порфирьев Б. Н. Природа и экономика. Риски взаимодействия. Эколого-экономические очерки. — М.: ООО «Анkil», 2011. — 352 с.
26. Катцов В. М., Павлова Т. В. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха в Арктике в 21-м веке. Результаты расчетов с помощью ансамблей глобальных климатических моделей. СМIP5 и СМIP3 // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова*. — 2015. — Вып. 579. — С. 7–21.
27. Павлова Т. В., Катцов В. М. Ожидаемые изменения осадков и испарения в Арктике в 21-м веке. Результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей. СМIP5 // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова*. — 2015. — Вып. 579. — С. 22–34.
28. Ожидаемые изменения гидрологического режима в Северной Евразии в результате исчезновения многолетнего морского льда в Арктике / Мелешко В. П., Катцов В. М., Байдин А. В., Павлова Т. В., Говоркова В. А. // *Метеорология и гидрология*. — 2016. — № 11. — С. 5–21.
29. Елисеев Д. О. Северный морской путь. Глобальное потепление, экономика и геополитика // *Проблемы теории и практики управления*. — 2016. — № 11. — С. 85–92.
30. Impact of Warming Arctic: Arctic Climate, Impact Assessment. ACIA. — Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004. — 140 p.
31. Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability / Anisimov O. A., Vaughan D. G., Callaghan T.V., Furgal C., Marchant H., Prowse T. D., Vilhjalsson H. and J. E. Walsh // Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, Hanson C. E. Eds. — Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2007. — Pp. 653–685.
32. The changing climate of the Arctic / Barber D. G., Lukovich J. V., Keogak J., Baryluk S., Fortier L., Henry G. H. R. // *Arctic*. 2008. — No 61 (1 Suppl.). — Pp. 7–26.
33. Curtis T., Kvernmo S., Bjerregaard P. Changing living conditions, life style and health // *International Journal of Circumpolar Health*. — 2005. — No 64. — № 5. — Pp. 442–450.
34. Derocher A. E., Lunn N. J., Stirling I. Polar bears in a warming climate // *Integrative and Comparative Biology*. — 2004. — 44. — No 2. — Pp. 163–176.
35. Drinkwater K. F. The influence of climate variability and change on the ecosystems of the Barents Sea and adjacent waters: review and synthesis of recent studies from the NESSAS project // *Progress in Oceanography*. — 2011. — No 90. — Pp. 47–61.
36. On the processes linking climate to ecosystem changes / Drinkwater K. F., Beaugrand G., Kaeriyama M., Kim S., Ottersen G., Perry R. I., Pörtner H.-O., Polovina J. J., Takasuka A. // *Journal of Marine Systems*. — 2010. — No 79. — № 3–4. — Pp. 374–388. — doi: 10.1016/j.jmarsys.2008.12.014.
37. Ellingsen I. H., Dalpadado P., Slagstad D., Loeng H. Impact of climatic change on the biological production in the Barents Sea // *Climatic Change*. — 2008. — 87. — No 1–2. — Pp. 155–175.
38. Forbes B. C. Equity, vulnerability and resilience in social-ecological systems: a contemporary example from the Russian Arctic // *Research in Social Problems and Public Policy*. — 2008. — No 15. — Pp. 203–236.
39. Forbes D. L. (ed.). State of the Arctic Coast 2010: Scientific Review and Outlook. International Arctic Science Committee, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, Arctic Monitoring and Assessment Programme, International Permafrost Association, Helmholtz-Zentrum, Geesthacht, Germany, 2011. — 178 p.
40. Climate, icing, and wild arctic reindeer: past relationships and future prospects / Hansen B. B., Aanes R., Herfindal I., Kohler J., Sæther B.-E., Oli M. K. // *Ecology*. — 2011. — 92. — № 10. — Pp. 1917–1923.
41. Climate Change 2007: Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
42. Arctic sea ice change: a grand challenge of climate science / Kattsov, V., Ryabinin V., Overland J., Serreze M., Visbeck M., Walsh J., Meier W., Zhang X. // *Journal of Glaciology*. — 2010. — 56. — № 200. — Pp. 1115–1121.
43. Arctic amplification: does it impact the polar jet stream? / Meleshko V. P., Johannessen O. M., Baidin A. V., Pavlova T. V., Govorkova V. A. // *Tellus. Series A. Dynamic Meteorology and Oceanography*. — 2016. — No 68. — Pp. 1–11.
44. Mokhov I. I. Contemporary climate changes in the Arctic // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. — 2015. — 85. — № 3. — Pp. 265–271.
45. Revich B. A. Climate change alters human health in Russia // *Studies on Russian Economic Development*. — 2008. — 19. — № 3. — Pp. 311–317.

46. Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia // *Studies on Russian Economic Development*. — 2012. — 23. — № 2. — Pp. 195–207.
47. Revich, B., Tokarevich N., Parkinson A. J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic // *International Journal of Circumpolar Health*. — 2012. — 71. — P. 18792.
48. Changes in Arctic vegetation induce high-latitude warming through the greenhouse effect / Swann, A. L., Fung I. Y., Levis S., Bonan G., Doney S. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2010. — 107. — № 4. — Pp. 1295–1300.
49. *Climate Change and Human Health: Risks and Responses* / Editors: A. J. McMichael et al. WHO, Geneva, 2003. — 322 p.
50. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М. Социально-экономические последствия и адаптация к изменениям климата в России. Оценка и прогноз // *Вопросы экономики*. — 2011. — № 11. — С. 94–121.
51. Сетров М. И. Основы функциональной теории организации. — Л.: Наука, 1972. — 164 с.
52. Принципы организации социальных систем / под ред. М. И Сетрова. — Киев; Одесса: Выща школа; Головное издательство, 1988. — 242 с.
53. Порфирьев Б. Н., Терентьев Н. Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // *Экологический вестник России*. — 2016. — № 1. — С. 44–51.
54. Татаркин А. И., Логинов В. Г., Захарчук Е. А. Социально-экономические проблемы освоения и развития российской Арктической зоны // *Вестник Российской академии наук*. — 2017. — № 2. — С. 99–109.
55. Сценарии развития ключевых отраслей экономики Мурманской области в контексте глобальных изменений в Арктике / Ключникова Е. М., Исаева Л. Г., Маслобоев В. А., Алиева Т. Е., Иванова Л. В., Харитоновна Г. Н. // *Арктика. Экология и экономика*. — 2017. — № 1. — С. 19–31.

Информация об авторах

Лексин Владимир Николаевич — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН; старший научный сотрудник лаборатории, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Scopus Author ID: 55901970800 (Российская Федерация, 117312 Москва, Проспект 60-летия Октября, д. 9; 195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: leksinvn@yandex.ru).

Порфирьев Борис Николаевич — академик РАН, заместитель директора, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; Scopus Author ID: 6603270384 (Российская Федерация, 117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47; e-mail: b_porfiriev@mail.ru).

For citation: Leksin, V. N. & Porfiriev, B. N. (2017). Specificities of Spatial System Transformation and Strategies of the Russian Arctic Redevelopment under the Conditions of Climate Changes. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 13(3), 641-657

V. N. Leksin^{a, b)}, B. N. Porfiriev^{c)}

^{a)} Institute for Systems Analysis of the Federal Research Centre “Informatics and Management” of RAS (Moscow, Russian Federation)

^{b)} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Saint Petersburg, Russian Federation)

^{c)} Institute of Economic Forecasting of RAS (Moscow, Russian Federation; e-mail: b_porfiriev@mail.ru)

Specificities of Spatial System Transformation and Strategies of the Russian Arctic Redevelopment under the Conditions of Climate Changes

A bunch of papers has been published by foreign and Russian researchers on climate change impact on the environment and regional socioeconomic development. The bulk of them is focused on analyzing drivers and impact assessments for the Arctic region characterized by the most intensive climate change worldwide. The paper puts to the fore a nontrivial issue of considering the climate change impact factor within the methodology and practice of the strategic process of the Russian Arctic redevelopment. The issue above is complicated by the imperative of ranking of the salience of the climate change socioeconomic implications as priorities of the governance and public administration of the comprehensive development of the macro-region under consideration. The lack of the effective tools for consolidation of the needed resources further exacerbates it. The summary of the findings of the national and international researchers in the area of climate change impact on environment, settlements and economic activity in the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF) is introduced to substantiate the policy decisions made. We have specified the methodological issues related to peculiarities and role of the climate change factor plays in policy decisions within the context of contemporary knowledge on patterns of spatial systems transformation, their capabilities of self-organization and adaptation to externalities. The authors have revealed the general regularities and specificity of the AZRF transformation as a spatial system and the impact of climate change produced on this process. We have particularly emphasized the issues of adaptation to climate change of the AZRF indigenous population whose health and economic activities experience increased risks associated with high intensiveness of the climatic fluctuations. Recommendations for using scenario (variation) approach to redesigning strategies and programs of AZRF development are substantiated.

Keywords: Arctic Zone of the Russian Federation, climate change, climate change, climate factor, spatial system, system transformation, adaptation, variability, strategies

Acknowledgements

The research has been supported by the grant program from the Russian Fund for Basic Research (Project No. 15-06-08163a «Assessment and forecast of the socioeconomic and environmental implications of the climate change in the Arctic region»).

References

1. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. (2014). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team. In: R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds). IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
2. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [Roshydromet's second assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation]*. (2014). Moscow: Rosgidromet Publ., 1009. (In Russ.)
3. Larsen, J. N., Anisimov, O. A., Constable, A., Hollowed, A. B., Maynard, N., Prestrud, P., Prowse, T. D. & Stone, J. M. R. (2014). *Polar regions*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1567–1612.
4. *Arctic Climate Impact Assessment*. (2005). ACIA, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1042.
5. Carson, M. & Peterson, G. (Eds). (2016). *Arctic Resilience Report*. Arctic Council, Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre. Stockholm, 218.
6. Post, E., Forchhammer, M. C. et al. (2009). Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change. *Science*, 325, 5946, 1355–1358.
7. Kaplan, J. O., Bigelow, N. H., Prentice, I. C., Harrison, S. P., Bartlein, P. J. et al. (2003). Climate change and Arctic ecosystems: Modeling, paleodata-model comparisons, and future projections. *Journal of Geophysical Research*, 108, D19, 8171.
8. Hof, A. R., Jansson, R. & Nilsson, C. (2015). *Future of biodiversity in the Barents Region*. TemaNord, 102.
9. Cold Comfort: Special Report: the Arctic. (2012, June 16th). *The Economist*.
10. Schaefer, K., Lantuit, H., Romanovsky, V. & Schuur, E. A. G. (2012). Policy Implications of Warming Permafrost. *United Nations Environment Programme Special Report*. Nairobi, Kenya, 50.
11. Ivanter, V. V., Leksin, V. N. & Porfiriyev, B. N. (2014). Arkticheskiy megaproekt v sisteme gosudarstvennykh interesov i gosudarstvennogo upravleniya [Arctic megaproject within the complex of national interests and state governance]. *Problemy analiz i gosudarstvenno-upravlencheskoye proektirovanie [Problem Analysis and Public Administration Projection]*, 6, 6–24. (In Russ.)
12. Leksin, V. N. & Porfiriyev, B. N. (2015). Pereosvoyenie rossiyskoy Arktiki kak predmet sistemnogo issledovaniya gosudarstvennogo programmno-tselevogo upravleniya. Voprosy metodologii [Redevelopment of the Arctic Area of Russia as an Objective of Systems Research and Special-Purpose Program Management Methodological Issues]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 4, 9–20. (In Russ.)
13. Leksin, V. N. & Porfiriyev, B. N. (2016). Osobennosti otsenki rezultativnosti i effektivnosti programm razvitiya makroregionov. Na primere Programmy razvitiya Arkticheskoy zony RF [Specificity of Performance Assessment and Efficiency of Macroregions' Development Programs (the case of the RF Arctic zone Development Program)]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya [Theoretical and Practical Aspects of Management]*, 4, 28–36. (In Russ.)
14. Leksin, V. N. & Porfiriyev, B. N. (2016). Evaluation of the Effectiveness of Government Programs of Socioeconomic Development of Regions of Russia. *Studies on Russian Economic Development*, 27(4), 418–428.
15. Leksin, V. N. & Porfiriyev, B. N. (2016). *Gosudarstvennoye upravlenie razvitiem Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. Monografiya [Governing the development of the Arctic Zone of the Russian Federation. Monograph]*. Moscow: Nauchnyy konsultant Publ., 194. (In Russ.)
16. Dymnikov, V. P., Lykosov, V. N. & Volodin, E. M. (2012). Modeling climate and its changes: Current problems. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 82(2), 111–119.
17. Anisimov, O. A. & Belolutsкая, M. A. (2002). Otsenka vliyaniya izmeneniya klimata i degradatsii vechnoy merzloty na infrastrukturu v severnykh regionakh Rossii [Assessment of climate change impacts and permafrost degradation on infrastructure in the north regions of Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*, 6, 15–22. (In Russ.)
18. Anisimov, O. A., Velichko, A. A., Demchenko, P. F., Eliseev, A. V., Mokhov, I. I. & Nechaev, V. P. (2004). Vliyanie izmeneniy klimata na vechnuyu merzlotu v proshlom, nastoyashchem i budushchem [Climate change impacts on permafrost in the past, nowadays and in the future]. *Fizika atmosfery i okeana [Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics]*, 38(1), 25–39. (In Russ.)
19. Anisimov, O. A. & Lavrov, S. A. (2004). Globalnoye poteplenie i tayanie vechnoy merzloty. Otsenka riskov dlya proizvodstvennykh obektov TEK [Global warming and melting of permafrost: risk evaluation for manufacturing entities of the energy sector]. *Tekhnologii TEK [Technologies of the energy sector]*, 3, 78–83. (In Russ.)

20. Revich, B. A. et al (2008). *Vliyaniye globalnykh klimaticheskikh izmeneniy na zdorovye naseleniya rossiyskoy Arktiki [Climate change impact on health of Russian Arctic population]*. Moscow: Predstavitelstvo OON v Rossiyskoy Federatsii Publ., 30. (In Russ.)
21. *Vozdeystvie izmeneniya klimata na rossiyskuyu Arktiku. Analiz i puti resheniya problemy [Climate change impact on Russian Arctic: analysis and directions of mitigation and adaptation]*. (2008). Moscow: WWF Rossii Publ., 28. (In Russ.)
22. *Doklad o razvitiy cheloveka 2007/2008. Borba s izmeneniyami klimata: chelovecheskaya solidarnost v razdelenom mire: per. s angl. [Human Development Report 2007/2008. Fight against climate change: human solidarity in the divided world. Trans. from English]*. (2007). Moscow: Ves Mir Publ., 400. (In Russ.)
23. Izrael, Yu. A., Pavlov, A. V., Anokhin, Yu. A., Myach, L. T. & Sherstyukov, B. G. (2006). Statisticheskie otsenki dinamiki izmeneniya elementov klimata v rayonakh vechnoy merzloty na territorii Rossiyskoy Federatsii [Statistical assessments of climate change dynamics in the regions of permafrost of the Russian Federation]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*, 5, 27–38. (In Russ.)
24. Kattsov, V. M., Alekseev, G. V., Pavlova, T. V., Sporyshev, P. V., Bekryaev, R. V. & Govorkova, V. A. (2007). Modelirovaniye evolyutsii ledyanogo pokrova mirovogo okeana v XX i XXI vekakh [Modeling the evolution of the world ocean ice cover in the 20th and 21st centuries]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana [Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics]*, 43(2), 165–181. (In Russ.)
25. Porfiriev, B. N. (2011). Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya [Nature and economy: risks of interaction]. *Ekologo-ekonomicheskie ocherki [Essays in environmental economics]*. Moscow: Ankil Publ., 352. (In Russ.)
26. Kattsov, V. M. & Pavlova, T. V. (2015). Ozhidaemye izmeneniya prizemnoy temperatury vozdukh v Arktike v 21-m veke. Rezultaty raschetov s pomoshchyu ansambley globalnykh klimaticheskikh modeley. CMIP5 i CMIP3 [Expected Arctic surface air temperature changes through the 21st century: projections with ensembles of global climate models (CMIP5 and CMIP3)]. *Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voeykova [Proceedings of Voeykov Main Geophysical Observatory]*, 579, 7–21. (In Russ.)
27. Pavlova, T. V. & Kattsov, V. M. (2015). Ozhidaemye izmeneniya osadkov i ispareniiya v Arktike v 21-m veke. Rezultaty raschetov s pomoshchyu ansamblya globalnykh klimaticheskikh modeley. CMIP5 [Expected Arctic precipitation and evaporation changes through the 21st century: projections with an ensemble of global climate models (CMIP5)]. *Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voeykova [Proceedings of Voeykov Main Geophysical Observatory]*, 579, 22–34. (In Russ.)
28. Meleshko, V. P., Kattsov, V. M., Baydin, A. V., Pavlova, T. V. & Govorkova, V. A. (2016). Ozhidaemye izmeneniya gidrologicheskogo rezhima v Severnoy Evrazii v rezul'tate ischeznoveniya mnogoletnego morskogo l'da v Arktike [Expected change of hydrologic cycle in Northern Eurasia due to disappearance of multiyear sea ice in the Arctic Ocean]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*, 11, 5–21. (In Russ.)
29. Eliseyev, D. O. (2016). Severnyy morskoy put: globalnoye poteplenie, ekonomika i geopolitika [The Northern Sea Route: Global Warming, Economy and Geopolitics]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya [Theoretical and Practical Aspects of Management]*, 11, 85–92. (In Russ.)
30. *Impact of Warming Arctic: Arctic Climate, Impact Assessment*. ACIA. (2004). Cambridge, UK, Cambridge University Press, 140.
31. Anisimov, O. A., Vaughan, D. G., Callaghan, T. V., Furgal, C., Marchant, H., Prowse, T. D., Vilhjalsson, H. & Walsh, J. E. (2007). *Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson (Eds). Cambridge, UK, Cambridge University Press, 653–685.
32. Barber, D. G., Lukovich, J. V., Keogak, J., Baryluk, S., Fortier, L. & Henry, G. H. R. (2008). The changing climate of the Arctic. *Arctic*, 61, (1 Suppl.), 7–26.
33. Curtis, T., Kvernmo, S. & Bjerregaard, P. (2005). Changing living conditions, life style and health. *International Journal of Circumpolar Health*, 64(5), 442–450.
34. Derocher, A. E., Lunn, N. J. & Stirling, I. (2004). Polar bears in a warming climate. *Integrative and Comparative Biology*, 44(2), 163–176.
35. Drinkwater, K. F. (2011). The influence of climate variability and change on the ecosystems of the Barents Sea and adjacent waters: review and synthesis of recent studies from the NESSAS project. *Progress in Oceanography*, 90, 47–61.
36. Drinkwater, K.F., Beaugrand, G., Kaeriyama, M., Kim, S., Ottersen, G., Perry, R. I., Ptsrtner, H.-O., Polovina, J. J. & Takasuka, A. (2010). On the processes linking climate to ecosystem changes. *Journal of Marine Systems*, 79(3–4), 374–388.
37. Ellingsen, I. H., Dalpadado, P., Slagstad, D. & Loeng, H. (2008). Impact of climatic change on the biological production in the Barents Sea. *Climatic Change*, 87(1–2), 155–175.
38. Forbes, B. C. (2008). Equity, vulnerability and resilience in social-ecological systems: a contemporary example from the Russian Arctic. *Research in Social Problems and Public Policy*, 15, 203–236.
39. Forbes, D. L. (Ed.). *State of the Arctic Coast 2010: Scientific Review and Outlook*. International Arctic Science Committee, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, Arctic Monitoring and Assessment Programme, International Permafrost Association, Helmholtz-Zentrum, Geesthacht, Germany, 178.
40. Hansen, B. B., Aanes, R., Herfindal, I., Kohler, J., Szthter, B.-E. & Oli, M. K. (2011). Climate, icing, and wild arctic reindeer: past relationships and future prospects. *Ecology*, 92(10), 1917–1923.
41. *Climate Change 2007: Adaptation and Vulnerability*. (2007). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Chang, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

42. Kattsov, V., Ryabinin, V., Overland, J., Serreze, M., Visbeck, M., Walsh, J., Meier, W. & Zhang, X. (2010). Arctic sea ice change: a grand challenge of climate science. *Journal of Glaciology*, 56(200), 1115–1121.
43. Meleshko, V. P., Johannessen, O. M., Baidin, A. V., Pavlova, T. V. & Govorkova, V. A. (2016). Arctic amplification: does it impact the polar jet stream? *Tellus. Series A. Dynamic Meteorology and Oceanography*, 68, 1–11.
44. Mokhov, I. I. (2015). Contemporary climate changes in the Arctic. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 85(3), 265–271.
45. Revich, B. A. (2008). Climate change alters human health in Russia. *Studies on Russian Economic Development*, 19(3), 311–317.
46. Revich, B. A. & Shaposhnikov, D. A. (2012). Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia. *Studies on Russian Economic Development*, 23(2), 195–207.
47. Revich, B., Tokarevich, N. & Parkinson, A. J. (2012). Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *International Journal of Circumpolar Health*, 71, 18792.
48. Swann, A. L., Fung, I. Y., Levis, S., Bonan, G. & Doney, S. (2010). Changes in Arctic vegetation induce high-latitude warming through the greenhouse effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(4), 1295–1300.
49. McMichael, A. J. et al. (Eds). (2003). *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*. WHO, Geneva, 322.
50. Porfiriev, B. N. & Kattsov, V. M. (2011). Sotsialno-ekonomicheskie posledstviya i adaptatsiya k izmeneniyam klimata v Rossii. Otsenka i prognoz [Socioeconomic impacts of climate change in Russia and adaptation: assessment and outlook]. *Voprosy ekonomiki [Economic Issues]*, 11, 94–121. (In Russ.)
51. Setrov, M. I. (1972). *Osnovy funktsionalnoy teorii organizatsii [Basics of the functional theory of organization]*. Leningrad: Nauka Publ., 164. (In Russ.)
52. Setrov, M. I. (Ed.). (1988). *Printsipy organizatsii sotsialnykh sistem [Principles of organization of social systems]*. Kiev; Odessa: Vyshcha shkola Publ.; Golovnoye izdatelstvo Publ., 242. (In Russ.)
53. Porfiriev, B. N. & Terentyev, N. E. (2016). Ekologo-klimaticheskie riski sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Environmental and Climatic Risks of Socioeconomic Development of the Arctic Area of the Russian Federation]. *Ekologicheskii vestnik Rossii [Environmental Herald of Russia]*, 1, 44–51. (In Russ.)
54. Tatarin, A. I., Loginov, V. G. & Zakharchuk, E. A. (2017). Sotsialno-ekonomicheskie problemy osvoeniya i razvitiya rossiyskoy Arkticheskoy zony [Socio-economic issues of development and redevelopment of the Russian Arctic Area]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences]*, 2, 99–109. (In Russ.)
55. Klyuchnikova, E. M., Isaeva, L. G., Masloboev, V. A., Alieva, T. E., Ivanova, L. V. & Kharitonova, G. N. (2017). Stsenarii razvitiya klyuchevykh otrasley ekonomiki Murmanskoy oblasti v kontekste globalnykh izmeneniy v Arktike [Future narratives for key sectors of the economy of the murmansk region in the context of global changes in the arctic]. *Arktika. Ekologiya i ekonomika [Arctic: Ecology and Economy]*, 1, 19–31. (In Russ.)

Authors

Vladimir Nikolaevich Laksin — Doctor of Economics, Professor, Chief Research Associate, Institute for Systems Analysis of the Federal Research Centre “Informatics and Management” of RAS; Senior Research Associate, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; Scopus Author ID: 55901970800 (9, 60-let Oktyabrya Ave., Moscow, 117312; 29, Polytechnicheskaya St., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: leksinvn@yandex.ru)

Boris Nikolaevich Porfiriev — Doctor of Economics, Professor, Member of RAS, Deputy Director for Research, Institute of Economic Forecasting of RAS; Scopus Author ID: 6603270384 (47, Nakhimovskiy Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: b_porfiriev@mail.ru).