

ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Б. Н. Порфирьев, С. А. Воронина, В. В. Семикашев, Н. Е. Терентьев
Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (Москва, Российская Федерация)

Д. О. Елисеев
Российский новый университет (Москва, Российская Федерация)

Ю. В. Наумова
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 8 сентября 2017 г.

Представлены макроэкономические оценки последствий ожидаемых в XXI в. климатических изменений в Арктике для экономического роста и развития отдельных секторов экономики Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Даны оценка и прогноз потенциала использования Северного морского пути в условиях климатических изменений. Проанализировано влияние изменений климата на потребление энергии в АЗРФ и устойчивость объектов энергетической инфраструктуры. Представлены количественные оценки ожидаемых ущербов от изменений климата для зданий, сооружений, транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: изменения климата, Арктическая зона Российской Федерации, Северный морской путь, энергетика, инфраструктура, макроэкономические последствия, природные риски, многолетняя мерзлота, прогноз.

Введение

В последние десятилетия научное сообщество уделяет все больше внимания исследованию причин и воздействий изменений климата на различные стороны хозяйственной деятельности и социально-экономического развития, в том числе в Арктике, где климатические условия меняются значительно более интенсивно, чем в мире в целом. Согласно оценкам и прогнозам в течение ближайших десятилетий под влиянием роста температуры приземного воздуха и количества осадков в Арктике можно ожидать масштабной перестройки природно-климатических условий. Наиболее значимые из них — резкое сокращение площади морского льда в Северном Ледовитом океане (СЛО) вплоть до перспектив его перехода к сезонному режиму, дальнейшая интенсификация процессов деградации многолетней мерзлоты и абразии береговой зоны, активное смещение на север границ природных зон и соответственно ареалов обитания биологических видов (подробнее см. [1—5]).

По мере действия указанных процессов возрастает и их влияние на условия хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), традиционно играющей стратегическую роль в социально-экономическом развитии России. По имеющимся оценкам, на долю АЗРФ приходится порядка 14% ВВП России. Основу арктического производства составляют нефтегазодобывающая промышленность (нефть и газ), энергетика (атомная, гидро-, тепловая генерация), горнодобывающая промышленность (алмазы, медь, никель, апатитовое сырье, золото, уголь, платина, редкоземельные металлы, олово), транспорт (железнодорожный, автомобильный, морской, речной) [6]. Кроме того, российская Арктика в сравнении с зарубежными арктическими территориями является одним из самых населенных регионов: на территории АЗРФ проживает около 2 млн человек. За годы хозяйственного освоения здесь построена значительная социальная инфраструктура (жилье, социальные объекты, дороги).

Россия — единственная страна, имеющая крупные города за Полярным кругом (Норильск, Мурманск, Воркута). Указанные характеристики АЗРФ определяют особую актуальность оценки и прогноза воздействия климатических изменений на экономику России и отдельных секторов хозяйственных и отраслевых комплексов российской Арктики.

Макроэкономические последствия климатических изменений в российской Арктике

Оценка последствий изменений климата для экономики и хозяйственной деятельности человека представляет существенную методологическую трудность [7, с. 48—57]. Во-первых, прогнозы изменений климата, формируемые на основе физико-климатических моделей, строятся на период с горизонтом планирования 50—100 лет, что не соответствует долгосрочным экономическим прогнозам, которые составляются на период, обычно не превышающий 10—20 лет. Во-вторых, современные тенденции климатических исследований в основном фокусируются на «катастрофичности» сценариев глобальных изменений. Соответственно все экономические расчеты рассматривают повышение температуры в Арктике с точки зрения прямого ущерба от происходящих изменений для экономики и социальной сферы мира и отдельных государств. Например, по расчетам ряда зарубежных исследователей, последствия деградации многолетней мерзлоты из-за глобального потепления в Арктике будут стоить человечеству около 160 трлн долл. в период до 2100 г., или в среднем 1,9 трлн долл. в год [8—9]. По нашей оценке¹, это может составить 1,1—1,2% мирового ВВП. По консервативной оценке для России, стоимость полного (прямого и косвенного) ущерба от климатических изменений на период до 2030 г. может составить 2—3% ВВП в год, а на отдельных территориях — 5—6% регионального ВВП [7; 12].

Специфика оценок и прогнозов макроэкономических последствий климатических изменений состоит в том, что большинство исследователей фокусируются на использовании затратного подхода. Несомненно, стоимость предупреждения или ликвидации последствий ущерба разных видов от деградации многолетней мерзлоты, оползней, разливов рек и наводнений, которые являются следствием изменений климата, — важная составляющая, которая в конечном счете учитывается в экономических оценках в виде падения темпов роста ВВП из-за

стихийных бедствий. Однако такой подход не учитывает важные тенденции влияния изменений климата на динамику отраслевых комплексов и народного хозяйства в целом.

В силу перечисленных особенностей основной ущерб от стихийных бедствий, связанных с климатическими изменениями, в среднесрочной перспективе будет нанесен инфраструктурной составляющей российской Арктики (дорогам, трубопроводам, зданиям и сооружениям) в разных отраслях промышленности и социальной сферы². Принимая во внимание приведенные выше прогнозы масштабов ущерба относительно ВВП в период до 2030 г. и темпов роста российской экономики в этот период, стоимость накопленного (суммарного) ущерба можно оценить в 20 трлн руб. (в ценах 2011 г.)³.

Данная оценка, конечно, не означает автоматически, что в отсутствие глобальных климатических изменений и их последствий российская экономика могла бы расти значительно быстрее. Во-первых, климатический фактор не единственный и далеко не главный, определяющий динамику ВВП, особенно на менее чем 15-летнюю перспективу. Во-вторых, сами последствия изменений климата для экономики носят неоднозначный характер: в то время как для одних видов хозяйственной деятельности (секторов экономики) и территорий страны, включая АЗРФ, условия воспроизводства ухудшаются, для других они, напротив, улучшаются. В частности, для российского Севера это связано с обусловленными потеплением климата тенденциями: сокращением отопительного сезона и соответственно потребностей и затрат на топливо и отопление; увеличением продолжительности вегетационного периода, расширением зоны земледелия и, следовательно, ростом сельскохозяйственного производства; увеличением сроков навигации в акваториях Северного Ледовитого океана и соответственно возможностей развития водного транспорта и т. д.

Тем не менее, по нашим прогнозам, совокупный эффект перечисленных благоприятных последствий изменений климата для экономики АЗРФ и страны в целом до 2030 г. будет характеризоваться заметным превышением издержек (включая прежде всего ущерб от опасных природных явлений) над упомянутыми ожидаемыми выгодами. Особенно если учесть, что для получения этих выгод необходимы развитие знаний и умений, технологические инновации, что подразумевает рост затрат на образование и научно-исследовательские и опытно-конструкторские

¹ Данная оценка авторов исходит из прогнозов среднегодовых темпов прироста мирового ВВП, представленных международной консалтинговой компанией «PricewaterhouseCoopers» в исследовании «Мир в 2050 г.», согласно которому в период 2016—2050 гг. эти темпы чуть превысят 3% [10], а также французским экономистом Т. Пикетти, утверждающим в своей известной работе «Капитал в XXI веке», что указанные темпы в 2012—2030 гг. составят 3,5%, в 2030—2050 гг. снизятся до 3,0%, в 2050—2070 гг. — до 1,7%, в 2070—2100 гг. — до 1,4% [11, р. 76, Fig. 2.5].

² Более подробные оценочные расчеты приведены ниже.

³ Расчет базируется на следующих данных: ВВП России в 2016 г. составлял 61 трлн руб. в ценах 2011 г., прогноз среднегодовых темпов роста экономики в различных сценариях составляет от 1,5% до 3% ВВП на период до 2030 г. В расчетах принималась цифра 2% роста ВВП. Если предположить, что суммарный ущерб составляет 2% ВВП ежегодно, то предполагаемый ущерб составляет около 30% накопленного ВВП за период до 2030 г., или 20 трлн руб.

работы. Это же касается и инвестиций в развитие инфраструктуры, высокая степень износа которой обуславливает ее возрастающую уязвимость к воздействию погодно-климатических факторов.

К усилению уязвимости и росту социально-экономического ущерба также приводит частое несоблюдение норм и правил, особенно при строительстве и обустройстве территорий, находящихся в зоне повышенного погодно-климатического риска, к которым относится большая часть территорий АЗРФ. Кроме того, играют свою роль задержки в принятии и исполнении государственных решений по защите населения и территорий от опасных погодно-климатических явлений, которым подвержены и арктический макрорегион страны, и значительная часть ее других территорий. Нельзя также недооценивать значительную неопределенность прогнозов возможных изменений климата, что существенным образом ограничивает точность оценок рисков как в процессе принятия государственных решений в области климатической политики и связанных с долгосрочными масштабными инвестициями в реализацию соответствующих проектов, так и при определении сценариев развития мировой и российской экономики на ближайшие десятилетия XXI в.

В связи с этим прогнозы ряда зарубежных коллег, предполагающие получение Россией в долгосрочной перспективе положительного сальдо влияния изменений климата на экономический рост [13], представляются неоправданно оптимистическими. В то же время игнорирование или недоучет упомянутых выше благоприятных последствий климатических изменений для российской экономики, в том числе для АЗРФ, означали бы перекося программ и мер адаптации к климатическим изменениям исключительно в сторону защитных мер.

Поэтому оценка и прогноз последствий изменений климата на динамику, отраслевую и пространственную структуру экономики России в целом и ее арктического макрорегиона в частности должны учитывать, во-первых, территориальную специфику, которая в российской Арктике выражена очень ярко, и, во-вторых, особенности функционирования отдельных секторов (сфер) экономики АЗРФ в условиях климатических изменений. Они рассматриваются ниже на примере морского транспорта (прежде всего применительно к стратегическому маршруту Северного морского пути — СМП), энергетики (главным образом в контексте оценки климатических рисков энергоснабжения территорий АЗРФ) и инфраструктуры.

Северный морской путь: оценка транспортного потенциала в контексте последствий изменений глобального климата

На протяжении XX в. (с 1920 по 1990 гг.) СМП использовался как внутренняя транспортная и военная артерия, маршрут для «северного завоза» и транспортировки полезных ископаемых, добываемых на

Севере [14]. Такая сугубо внутренняя экономическая ориентация СМП в указанный период нашла отражение и в исторической динамике грузопотоков: даже в период наивысшего расцвета в 1987 г. по СМП перевозилось всего около 6,5 млн т различных грузов [15]. После резкого спада в 1990-х годах (минимальный показатель — менее 1,5 млн т — был зафиксирован в 1998 г.) с начала 2000-х годов транспортировка грузов неуклонно росла, достигнув по итогам 2015 г. 5,4 млн т. При этом следует отметить рост международного транзита по СМП со 111 тыс. т грузов в 2010 г. до 1659 тыс. т в 2014 г., что составило более 41% общего объема грузопотоков по СМП [16].

Наблюдаемая устойчивая тенденция сокращения площади и толщины ледяного покрова СЛО, обусловленная климатическими изменениями, ведет к росту привлекательности транспортировки грузов по данному маршруту, который по оценкам примерно в полтора раза короче основных текущих транспортных маршрутов — Суэцкого и Панамского каналов [6]. Согласно модельным расчетам навигационный период, свободный ото льда, к 2025 г. будет варьировать в диапазоне 90—120 дней, к 2040 г. может превысить 150 дней, а к 2090 г. — превысить 200 дней [17]. В результате уже в среднесрочной перспективе возможный рост объема перевозок может существенно возрасти, достигнув 50 млн т в год. Только прямые доходы от ледовой проводки такого количества грузов могут составить около 30 млрд руб. ежегодно (см., например, [18]). Сопоставимые доходы могут быть получены от портовых и навигационных сервисов по трассе СМП.

В то же время совокупные (народнохозяйственные) выгоды от повышения интенсивности судоходства по СМП для российской экономики значительно превышают упомянутые доходы, если принять во внимание мультипликативные эффекты, которые в полной мере еще предстоит оценить. В частности, расширение грузопотока будет способствовать существенному росту спроса в отечественном судостроении. Эффективная эксплуатация СМП требует значительного количества судов ледового класса, ледоколов различных типов. Только в рамках проекта «Ямал СПГ» уже заказано более 10 судов-газовозов ледового класса стоимостью более 4 млрд долл., что составляет лишь небольшую часть всех потребностей СМП.

Современные исследования показывают, что основной загрузкой СМП могут стать экспортные перевозки углеводородов, добываемых на арктическом шельфе, доступность и экономическая эффективность добычи которых должна в перспективе возрастать благодаря потеплению климата и сокращению ледяного покрова. По оптимистическому сценарию к 2025 г. объем экспорта нефти и сжиженного природного газа (СПГ) может превысить 40 млн т, транзитных грузов — достичь 10 млн т, общий объем перевозок — превысить 50 млн т (табл. 1). Этот сценарий связывает развитие СМП в первую

Таблица 1. Прогнозные оценки перевозок грузов по СМП, млн т [6, с. 370]

№ п/п	Грузопотоки и точки отправки грузов	Пессимистический сценарий		Оптимистический сценарий	
		2020 г.	2025 г.	2020 г.	2025 г.
1	Западный сектор	8,3	14,4	16,1	28,6
1.1	Вывоз нефти: Обская губа и Енисейский залив	3,0	3,5	4,0	5,0
1.2	Экспорт СПГ (западный маршрут): порт Сабетта порт Харасавей	3,0 —	5,0 3,0	6,0 3,0	10,0 10,0
1.3	Северный завоз	1,0	1,5	1,6	2,0
1.4	Порт Дудинка	1,3	1,4	1,5	1,6
2	Восточный сектор	2,8	8,0	7,4	11,7
2.1	Экспорт СПГ (восточный маршрут): порт Сабетта порт Харасавей	2,0 —	5,0 2,0	4,0 2,0	5,0 5,0
2.2	Северный завоз	0,4	0,5	0,6	0,7
2.3	Каботаж (другие грузы)	0,4	0,5	0,8	1,0
3	Транзит	2,0	2,5	5,0	10,0
Всего по СМП		13,1	24,9	28,5	50,3

очередь с российскими грузами, тогда как транзит рассматривается как сопутствующее дополнение.

Вместе с тем использование транспортного потенциала СМП с учетом ожидаемых климатических изменений сопряжено с рядом экономических, технологических и организационных проблем. Прежде всего, несмотря на сокращение ледяного покрова СЛО, в обозримой перспективе сохранится необходимость использования ледокольного флота, существующие возможности которого в настоящее время ограничены. Так, по экспертным оценкам, интенсивность работы атомных ледоколов в современных условиях конкурентного рынка услуг доведена до 40 ледоколо-месяцев. Это означает, что в среднем каждый ледокол должен использоваться 10 месяцев в году. В то же время, например, в 2006 г. интенсивность работы функционировавших тогда шести ледоколов составляла 33—34 ледоколо-месяца, т. е. каждый ледокол работал менее шести месяцев в году [16]. Таким образом, текущие резервы по росту трафика, особенно транзитного, практически исчерпаны. Особенно важным представляется отсутствие значительного количества контейнеровозов ледового класса, притом что именно контейнерные перевозки составляют основу международного, в том числе евро-азиатского транзита. Данная проблема усугубляется более высокой стоимостью судов ледового класса, ограничивающей возможности по наращиванию их парка.

Вариантом решения проблемы могло бы стать создание отдельного арктического флота, который

будет осуществлять перевозки между крайними точками СМП с последующей перегрузкой [19]. Однако, насколько известно, оценки затрат и источников финансирования такого строительства пока весьма неопределенны, хотя оценки потребностей в ледоколах имеются. Так, по мнению специалистов, в соответствии с заявленными операторами проектов мощностями совокупный грузопоток по СМП, генерируемый только арктическими проектами, к 2021 г. должен достичь 38 млн т в год, к 2025 г. — 61 млн т в год, что означает потребность в семи атомных ледоколах, включая атомный ледокол проекта ЛК-120 «Лидер» мощностью около 120 МВт [20]⁴.

Еще одна проблема реализации транспортного потенциала СМП в контексте последствий климатических изменений в российской Арктике обусловлена дефицитом системы мониторинга ледовой обстановки в акватории СМП в режиме реального времени. Как отмечают специалисты, информационную базу такой системы должны составлять данные радарных съемок с космических аппаратов как наиболее информативные и доступные на текущий момент. Отсутствие отечественных аппаратов соответствующего типа диктует необходимость использовать зарубежные спутники, стоимость получения данных с которых составляет около 4 тыс. долл. за одну фотографию высокого разрешения.

⁴ См. также: Ледокол «Лидер» мощностью 120 МВт будет стоить около 70 млрд руб. — URL: <http://tass.ru/ekonomika/4138384>.

При этом не высокая стоимость является определяющим фактором — важна непрерывная, устойчивая связь между эксплуатантами СМП и службами, обеспечивающими предупреждение и готовность к чрезвычайным ситуациям на море. Соответственно разработка, запуск и введение в эксплуатацию российской радарной системы гражданского назначения — насущная задача для создания эффективной и независимой системы мониторинга ледовой обстановки.

Наконец, еще одна трудность реализации транспортно-логистического потенциала СМП в контексте последствий климатических изменений в российской Арктике связана с инфраструктурой этого маршрута. Так, ряд водных путей недостаточно глубок для прохода крупных судов, в том числе нефтяных танкеров и газовозов [20]. В качестве решения проблемы предлагается направлять караваны по более высокоширотным маршрутам с более сложной ледовой обстановкой, что требует соответствующего ледокольного сопровождения со всеми вытекающими проблемами, рассмотренными выше. Что касается других предложений по проведению дноуглубительных работ в проливах, таковые сопряжены со значительными технологическими сложностями и финансовыми затратами.

Узким местом инфраструктуры СМП также является дефицит современных портов, в том числе отсутствие портов с крупными контейнерными терминалами, которые могли бы стать логистическими центрами и способствовать привлекательности маршрута, повышая тем самым его конкурентоспособность, а также нехватка глубоководных морских портов, способных принимать суда повышенной грузоподъемности. Только в последние годы стали вводиться в эксплуатацию порты, ориентированные на прием крупных нефтетанкеров и газовозов (порты Сабетта, Харасавей). В то же время в восточной части СМП глубоководные порты отсутствуют.

Проведенный анализ позволяет дать прогноз конкурентоспособности СМП с учетом фактора климатических изменений и их последствий. Прогноз включает пять вариантов (сценариев) оценки стоимости перевозки грузов по СМП и сравнение их с затратами на транспортировку через Суэцкий канал. Сценарии учитывают экономические особенности обоих маршрутов и долгосрочные климатические тренды, которые могут оказывать существенное влияние на стоимость транспортировки (табл. 2).

Первый сценарий предполагает использование СМП в летне-осенний период (180 дней или 9 перевозок). При этом используются суда обычного ледового класса (ICE 1-3 или Arc4) и ледокольного сопровождения. Этот сценарий в целом соответствует современной специфике транспортировки грузов по СМП.

Второй сценарий рассматривает возможность использования судов усиленного ледового класса без ледокольного сопровождения в летне-осенний навигационный период с учетом влияния климатического фактора (180 дней или 9 перевозок).

В третьем сценарии предполагается круглогодичная навигация по СМП с использованием судов ледового класса Arc6-9 и ледокольного сопровождения в осенне-зимний период.

Четвертый сценарий учитывает масштабные изменения климата в виде значительного потепления, при котором Северный Ледовитый океан в акваториях СМП полностью свободен ото льда в летнее время и ограниченно свободен в зимнее время. В таком случае предполагается использование обычных судов в летнее время с ледокольным сопровождением для предотвращения встречи с «блуждающими» льдами и судов усиленного ледового класса в зимнее время без ледокольного сопровождения (350 дней и 18 перевозок).

Пятый, сугубо гипотетический сценарий является долгосрочной перспективой и предполагает, что Северный Ледовитый океан полностью освободится ото льда. В этом случае имеется возможность круглогодичного транзита без ледокольного сопровождения. Предполагается, что будут использоваться суда усиленного ледового класса, более защищенные в случае встречи с «блуждающими» льдами, которые по экспертным оценкам будут встречаться даже в 2100 г.

Расчеты по всем пяти сценариям доказывают значительный потенциал и конкурентоспособность СМП. При этом если круглогодичная навигация по СМП в обозримой перспективе останется затруднительной из-за достаточно высокого тарифа на проводку судов в осенне-зимний период, то в летний период, а также в случае реализации прогнозов масштабного роста температуры воздуха и океана в Арктике из-за глобальных климатических изменений (четвертый сценарий в табл. 2) СМП становится очень перспективным и конкурентоспособным. В этом случае ледокольная проводка будет иметь очень ограниченное применение, а долгосрочные перспективы развития российского ледокольного флота должны будут подвергнуться переоценке в сторону сокращения.

Энергетика российской Арктики: особенности влияния климатических изменений

Несмотря на то что последствия климатических изменений негативно отражаются на инфраструктуре, часть которой является элементами энергетической инфраструктуры российской Арктики, в целом эти последствия для устойчивого функционирования и развития энергетики в АЗРФ неоднозначны. Это обусловлено спецификой воздействия конкретных погодных-климатических факторов (температуры воздуха, осадков, ветра) и особенностями конкретных сфер и секторов этой отрасли (генерации, передачи и потребления энергии), влияющих на степень их уязвимости к указанному воздействию.

Показателен пример сектора генерации энергии, основу которого в российской Арктике составляют ТЭС, работающие на углеводородном топливе,

Таблица 2. Прогноз стоимости транспортировки грузов по СМП

Показатель	Общая стоимость на навигационный период, тыс. долл.	Стоимость в расчете на один рейс, тыс. долл.
<i>Сценарий 1 (180 дней и 9 перевозок, маршрут Роттердам — Йокогама, летне-осенний период навигации, ледокольное сопровождение, судно класса Arc4, общее количество перевезенного груза — 40 500 контейнеров)</i>		
Капитальные затраты	1 440	160
Операционные затраты	2 418	269
Транспортные затраты	8 095	899
Итого	11 953	1 328
<i>Итого в расчете на один 20-тонный контейнер</i>		<i>0,295</i>
<i>Сценарий 2 (180 дней и 9 поездок, маршрут Роттердам — Йокогама, летне-осенний период навигации, ледокольное сопровождение, судно класса Arc9, общее количество перевезенного груза — 40 500 контейнеров)</i>		
Капитальные затраты	2 120	236
Операционные затраты	2 418	269
Транспортные затраты	3 707	412
Итого	8 245	917
<i>Итого в расчете на один 20-тонный контейнер</i>		<i>0,204</i>
<i>Сценарий 3 (350 дней и 18 поездок, маршрут Роттердам — Йокогама, круглогодичная навигация, ледокольное сопровождение в осенне-зимний период, усиленный ледовый класс Arc9, общее количество перевезенного груза — 81 000 контейнеров)</i>		
Капитальные затраты	4 240	236
Операционные затраты	4 836	269
Транспортные затраты	18 062	1 003
Итого	27 138	1 508
<i>Итого в расчете на один 20-тонный контейнер</i>		<i>0,335</i>
<i>Сценарий 4 (350 дней и 18 поездок, маршрут Роттердам — Йокогама, круглогодичная навигация, ледокольное сопровождение в летне-осенний период — 180 дней и 9 поездок, суда — обычный класс, усиленный ледовый класс Arc9, общее количество перевезенного груза — 81 000 контейнеров)</i>		
Капитальные затраты	3 080	171
Операционные затраты	4 836	269
Транспортные затраты	16 044	891
Итого	23 950	1 331
<i>Итого в расчете на один 20-тонный контейнер</i>		<i>0,296</i>
<i>Сценарий 5 (350 дней и 18 поездок, маршрут Роттердам — Йокогама, круглогодичная навигация, суда усиленного ледового класса Arc9, общее количество перевезенного груза — 81 000 контейнеров)</i>		
Капитальные затраты	4 240	236
Операционные затраты	4 836	269
Транспортные затраты	7 415	412
Итого	16 491	917
<i>Итого в расчете на один 20-тонный контейнер</i>		<i>0,204</i>

Примечание. Расчеты Д. О. Елисеева.

а также ГЭС и АЭС. Для ТЭС повышение среднегодовых температур и связанные с ним снижение расходов на отопление и относительное сокращение затрат на энергетические ресурсы для генерирующих мощностей носят положительный характер. Однако типичные для интенсивных изменений климата резкие колебания температуры воздуха оказывают негативное влияние на эффективность работы газотурбинных установок: рост среднегодовой температуры на 5°C снижает экономичность газотурбинной ТЭЦ на 1,5—2,5%.

Что касается ГЭС, прогнозы свидетельствуют об ожидаемом увеличении водных ресурсов и годового стока рек бассейна СЛО в ближайшие десятилетия. В результате может повыситься приток воды в существующие водохранилища большинства ГЭС, что в основном благоприятно скажется на выработке электроэнергии. В то же время может увеличиться риск затопления и подтопления населенных пунктов, возрастания влажности воздуха, повторяемости туманов и ухудшения видимости в береговой зоне, создавая угрозы безопасности транспорта.

В отношении АЭС в связи с высоким уровнем их защиты риск аварий от ожидаемого потепления и увеличения осадков незначителен. Однако рост повторяемости и интенсивности опасных природных явлений может создать угрозу безопасности для вспомогательных (инфраструктурных) объектов — по аналогии (хотя и не прямой) со сценарием чрезвычайной ситуации на АЭС «Фукусима-1» в Японии, а также зданий и сооружений, в которых используются ядерные или радиационно-опасные технологии. При этом наибольшую угрозу для АЭС и их окружения, принимая во внимание их локализацию

в Мурманской области и на Чукотке, представляют штормы и ураганы [7, с. 148—149].

Что касается особенностей температурных режимов в арктических городах, отопительный период в АЗРФ из-за низкой температуры воздуха продолжается практически круглый год, достигая в настоящее время 350 суток [21, с. 41]. Это, а также промышленная нагрузка предприятий определяют преимущественно теплофикационный режим работы электростанций и преобладание ТЭЦ. В табл. 3 приведены показатели отопительного периода для основных регионов и крупных населенных пунктов АЗРФ.

Согласно табл. 3, продолжительность отопительного периода по сравнению с Москвой в Архангельске и Мурманске больше в 1,1—1,3 раза, а в Нарьян-Маре, Воркуте, Анадыре, Дудинке и Республике Саха (Якутия) — в 1,6—2 раза. В период до 2050 г. благодаря потеплению климата ожидается существенное (на 10—20%) сокращение числа градусо-суток по всем рассматриваемым населенным пунктам. Причем для всех них за исключением Архангельска характерно опережающее сокращение данного показателя по сравнению с Москвой, что отражает упомянутую особенность ускоренного потепления в Арктике. Вместе с тем в абсолютных значениях количество градусо-суток останется весьма высоким. Даже в Архангельске к 2050 г. значение данного показателя будет выше, чем в Москве в 2015 г.: 5900 против 5400 соответственно.

Относительно проблем развития энергетики в российской Арктике в контексте климатических изменений отметим, что в кратко- и среднесрочной перспективе в существующих энергопромышленных узлах, городах и населенных пунктах АЗРФ значительных

Таблица 3. Продолжительность отопительного периода для основных регионов АЗРФ и прогноз до 2050 г. [22]

Регион России	Административный центр	Продолжительность отопительного периода, градусо-сутки (при 22°C внутри помещения)		Соотношение продолжительности отопительного периода в данном населенном пункте и в Москве	
		2015 г.	2050 г.	2015 г.	2050 г.
Мурманская область	Мурманск	6 900	6 100	1,27	1,27
Ненецкий АО	Нарьян-Мар	8 500	7 300	1,57	1,52
Чукотский АО	Анадырь	10 100	8 500	1,87	1,77
Республика Коми	Воркута	9 500	8 100	1,76	1,68
Республика Саха (Якутия)	Якутск	10 900	9 200	2,02	1,92
Красноярский край, Таймырский район	Дудинка	11 000	9 300	2,04	1,94
Архангельская область	Архангельск	6 700	5 900	1,14	1,23
Справочно: Москва	Москва	5 400	4 800	1,00	1,00

изменений в характере их энергоснабжения не ожидается ни в связи с изменением социально-экономической ситуации, ни в связи с прогнозируемыми изменениями климата и их последствиями. Поддержание уровня надежности энергоснабжения и постепенный рост энергокомфортности будет обеспечиваться существующими типами энергосистем. Вызовом может стать развитие новых крупных добывающих или транспортных проектов и рост с их стороны спроса на энергию, однако решение данной проблемы находится в компетенции соответствующих компаний, которые, как показывает опыт, успешно справляются с этим самостоятельно. Со стороны государства необходимо лишь обеспечивать и поддерживать уже существующую инфраструктуру, на которой такие проекты могли бы базироваться.

В большинстве регионов и территорий АЗРФ при относительно стабильной ситуации в сфере электропотребления, которое существенно не сокращается, наблюдается снижение потребления тепловой энергии. Это обусловлено, во-первых, сокращением численности населения, во-вторых, постепенной оптимизацией теплоснабжения (рутинный процесс оптимизации режимов, модернизации оборудования, внедрения новой техники, улучшение характеристик жилых и общественных зданий приводят к сокращению удельных расходов топлива и общего объема потребляемой тепловой энергии), в-третьих, последствиями изменения климата — за рассматриваемый период средние температуры стали на 1—3°C выше [23].

В условиях нарастающего потепления климата можно ожидать дальнейшего сокращения потребления тепловой энергии в АЗРФ. Соответственно одним из важных направлений политики в сфере энергообеспечения населения и экономики этого макрорегиона должна стать перестройка систем теплоснабжения с учетом изменения спроса и снижения продолжительности и температурного режима отопительного периода. Это позволит решить вопрос надежности и качества теплоснабжения и повысит экономическую эффективность данного сектора. Другое направление (прежде всего для территорий АЗРФ с изолированным энергоснабжением) — развитие энергоэффективных систем и возобновляемых источников энергии (ВИЭ)⁵, что позволит снизить климатические

риски для устойчивого роста данного сектора экономики, хозяйственного комплекса в целом за счет как лучшей их адаптации к последствиям климатических изменений, так и сокращения техногенных выбросов парниковых газов, являющихся одним из главных факторов указанных изменений.

Общая оценка последствий изменения климата для объектов строительства и инфраструктуры АЗРФ

Климатические изменения оказывают существенное влияние на состояние зданий и сооружений, а также на объекты инфраструктуры, включая автомобильные и железные дороги, морские, речные порты и аэропорты, производственные трубопроводы и линии электропередач (ЛЭП), коммунально-бытовые системы (водопровод, канализация, ливневые стоки и т. д.). Увеличение среднегодовой температуры в условиях Севера приводит в прибрежной зоне к ускоренной абразии берегов и береговых сооружений, в частности портовой инфраструктуры (в том числе военной), а на суше — к ускоренной деградации многолетней мерзлоты с вытекающими отсюда последствиями для устойчивости зданий, сооружений и конструкций. К неблагоприятным для этих же объектов (особенно жилых и производственных зданий и помещений) последствиям ведет и учащение в течение короткого периода (суток-двух) перехода температуры через отметку 0°C. Усиление ветровых нагрузок резко увеличивает риск падения строительных конструкций (особенно рекламных), порыва проводов ЛЭП и последующего обесточивания жилых и производственных зданий и сооружений, включая особо опасные и критически важные объекты. Увеличение выпадения осадков сопровождается наводнениями, которые ведут не только к затоплению и подтоплению домов, зданий и территорий, но и к размыву и разрушению объектов инфраструктуры, в том числе защитных сооружений, а также к нарушению устойчивого функционирования таких объектов, в частности к переполнению систем водоотвода и канализации, что, в свою очередь, создает угрозу загрязнения воды и инфекционных заболеваний.

Согласно экспертным оценкам наиболее значимым риском для устойчивого функционирования инфраструктуры АЗРФ следует считать последствия потепления климата для ускоренной деградации многолетней мерзлоты, которая занимает почти две трети территории страны. В европейской части российской Арктики в зону многолетней мерзлоты попадают Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми; в Сибири — Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, на Дальнем Востоке — Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Камчатский край, Чукотский АО.

Тенденция постепенного сокращения зоны многолетней мерзлоты в Арктике из-за роста среднегодовой температуры приземного воздуха и в связи с этим самого мерзлого слоя носит устойчивый

⁵ ВИЭ используются на территориях АЗРФ пока весьма ограниченно, в первую очередь в удаленных населенных пунктах, завоз топлива (особенно жидкого) в которые исключительно дорог. Что касается солнечной и ветровой генерации, в большинстве регионов АЗРФ реализуются небольшие, по сути пилотные проекты с целью отработки технологий и схем использования. Так, в Анадырском энергоузле (Чукотский АО) действует небольшой ветропарк мощностью 2,5 МВт. Все остальные энергоустановки солнечной и ветровой генерации имеют существенно меньший масштаб — не более нескольких сотен киловатт. Из других видов генерации на ВИЭ отметим единственную в России Кислогубскую приливную электростанцию мощностью 1,7 МВт, расположенную в Мурманской области, а также ТЭЦ, использующие в качестве ВИЭ древесные отходы, которые распространены в Архангельской области.

Таблица 4. Стоимость основных фондов на территориях АЗРФ с многолетней мерзлотой в 2015 г., млрд руб.

Регион	Здания	Сооружения
Республика Коми	382,9	1292,0
Ненецкий АО	81,1	273,8
Мурманская область	266,8	900,2
Ханты-Мансийский АО	1510,5	5096,7
Ямало-Ненецкий АО	1233,0	4160,3
Красноярский край	423,3	1428,3
Республика Саха (Якутия)	258,5	872,2
Камчатский край	52,9	178,3
Магаданская область	35,3	119,1
Чукотский АО	17,1	57,8
<i>Итого</i>	<i>4261,4</i>	<i>14 378,7</i>

Примечание. Расчеты авторов по данным Росстата.

характер: только за последние 30 лет температура многолетней мерзлоты в России увеличилась в среднем на 0,5—2,0°C при значительном диапазоне изменений — от 0,004°C до 0,05°C в год [24; 25]. При этом наблюдается значительная территориальная неравномерность рассматриваемого процесса. Наиболее интенсивное сокращение слоя и зоны многолетней мерзлоты и соответственно связанные с этим наиболее значимые риски устойчивости объектов строительства и инфраструктуры характерны для европейского Севера России, Западной Сибири, юга Республики Саха (Якутия). Именно там расположены важнейшие предприятия и инфраструктурные объекты, в том числе нефте- и газопроводы, а также здания, сооружения и инфраструктура крупных городов АЗРФ.

По неполным оценкам, только на нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского АО из-за таяния многолетней мерзлоты и деформаций грунта происходит в среднем 1900 аварий в год, а во всей Западной Сибири — около 7400 [26]. Обусловленные этими же причинами разрушения зданий, дорог и трубопроводов, в частности в таких городах, являющихся центрами добычи газа, нефти, угля, как Надым, Сургут и Воркута, заставляют расходовать значительные средства на стабилизацию несущей способности грунтов. По некоторым оценкам, только в Надыме расходы «Газпрома» на указанные цели составляют 1 тыс. долл./м² [27, с. 82]. По другим оценкам, на поддержание работоспособности трубопроводов и ликвидацию механических деформаций, связанных с таянием многолетней мерзлоты, ежегодно тратится до 55 млрд руб., а средний многолетний ущерб от деградации многолетней мерзлоты (наносимый главным

образом зданиям и сооружениям) составляет около 2,5 млрд долл. (150 млрд руб.) [28].

Чтобы оценить в должной мере масштаб ущерба, сопоставим его со стоимостью основных фондов⁶, расположенных в зонах риска деградации многолетней мерзлоты. По данным Росстата, общая стоимость основных фондов в Российской Федерации составила в 2015 г. 160,7 трлн руб. Из них на долю регионов российского Севера с многолетними мерзлыми грунтами приходится около 20%, что в стоимостном выражении составляет 28,9 трлн руб. Таким образом, серьезной деформации и разрушениям подвергаются 0,5% основных фондов российской Арктики.

Казалось бы, не так много. Однако очевидно, что в абсолютных величинах ущерб весьма ощутимый, особенно для экономики на региональном и местном уровнях. Кроме того, данный расчет и его результат не в полной мере отражают степень риска для строительных и инфраструктурных объектов. Они составляют только часть основных фондов, но при этом — в отличие от оборудования, транспортных средств и нематериальных активов, которые составляют 65% основных фондов в Российской Федерации и риск утраты которых более низок, поскольку это мобильные (перемещаемые) типы основных фондов — подверженную наибольшей опасности. Это прежде всего здания и сооружения (в первую очередь объекты инфраструктуры: дороги, трубопроводы, мосты, ЛЭП и т. д.), которые строятся на фундаментах в многолетних мерзлых грунтах. По расчетам авторов, в АЗРФ на территориях с многолетней мерзлотой расположены здания и сооружения стоимостью 12% от основных фондов России, что составляет 18,6 трлн руб. (табл. 4). Это означает увеличение доли указанных объектов, испытывающих ежегодно ущерб от серьезных деформаций и разрушений, в полтора раза.

При этом, чтобы оценить риски в полной мере, нужно иметь в виду еще два обстоятельства. Во-первых, многочисленные мелкие деформации, которые не учтены в приведенных выше макроэкономических оценках ущерба, но ухудшают качество зданий и сооружений и выполняемых ими функций. Накапливаемые таким образом издержки как минимум сопоставимы со стоимостью ущерба от серьезных деформаций и разрушений. Во-вторых, рост интенсивности указанных процессов в связи с увеличением масштабов деградации многолетней мерзлоты вследствие продолжающегося потепления климата на территориях АЗРФ. Если принять эти обстоятельства во внимание, совокупный ущерб только зданиям и сооружениям в российской Арктике от рассматриваемых причин уже сегодня можно консервативно оценить в 200 млрд руб., что составляет 1% стоимости этой категории основных фондов. В то же время это 2,5% внутреннего регионального продукта данного макрорегиона, что

⁶ По методологии Росстата к основным фондам относятся здания, сооружения, оборудование, транспортные средства и иные.

Таблица 5. Количество городов, численность городского населения, площадь фонда в регионах России с многолетними мерзлыми грунтами в 2016 г.

Регион	Количество городов	Население региона, тыс. человек	Городское население, тыс. человек	Жилой фонд, тыс. м ²
Республика Коми	10	856,8	567,9	22 879,5
Ненецкий АО	1	43,8	24,5	1 037,3
Мурманская область	16	762,2	644,1	19 129,7
Ханты-Мансийский АО	16	1 626,8	1323	32 673,7
Ямало-Ненецкий АО	8	534,1	418,7	11 396,2
Красноярский край*	23 (6)	2 866,5	2 024,5 (298,6)	10 602,2
Республика Саха (Якутия)	13	959,7	503,5	20 629,7
Камчатский край	3	316,1	241,6	7 962,2
Магаданская область	2	146,3	97	4 348,1
Чукотский АО	3	50,2	25,1	1 278,7
Итого	78	8 162,5	4 144	254 546,0

* В Красноярском крае только шесть городов расположены на территориях с многолетними мерзлыми грунтами.

Примечание. Расчеты авторов по данным Росстата.

более чем вдвое превосходит аналогичный показатель ущерба от деградации многолетней мерзлоты для мировой экономики, подтверждая особую уязвимость хозяйственного комплекса АЗРФ к последствиям климатических изменений.

Не менее уязвим к этому фактору риска и жилой комплекс на территориях многолетней мерзлоты, охватывающих 78 городов в десяти субъектах Федерации, совокупный жилой фонд которых составляет более 254 млн м² (табл. 5), а его стоимость можно оценить в размере около 9,5 трлн руб.⁷ Например, только в Норильске за последние годы было вынужденно снесено более 300 домов из-за деформации строительных конструкций.

По оценке Д. Стрелецкого и Н. Шикломанова, до 2050 г. в нескольких крупных городах Севера (Норильске, Якутске, Воркуте, Салехарде) потребуется полное обновление жилого фонда [29]. Приняв эту оценку за точку отсчета и учитывая, что совокупный жилой фонд этих городов составляет примерно 10 млн м²⁸, можно оценить потребность в дополнительных инвестициях в жилищное строительство в этих четырех городах в период до 2050 г. в 370 млрд руб., или около 11 млрд руб. в среднем в год.

Совокупный жилой фонд четырех указанных городов составляет 4% всего жилого фонда городов, расположенных в зоне многолетней мерзлоты. С

учетом этого, а также допущения, что за тот же период обновление потребуются порядка трети (консервативная оценка) жилого фонда других городов этой зоны, потребность последних в дополнительных инвестициях в жилищное строительство можно оценить почти в 3 трлн руб., или 87 млрд руб. в среднем в год. В этом случае совокупная потребность в дополнительных инвестициях в жилищное строительство, связанная со смягчением последствий изменений климата в зоне многолетней мерзлоты, во всех городах этой зоны российской Арктики в 2017—2050 гг. составит в среднегодовом выражении порядка 100 млрд руб.

Заключение

Проведенный анализ макроэкономических и секторальных эффектов свидетельствует о существенном и возрастающем влиянии изменений климата на экономический рост и развитие транспортной системы, энергетики, инфраструктуры АЗРФ и России в целом. Изменения климата несут в себе как масштабные угрозы, так и широкие возможности для хозяйственной деятельности в АЗРФ, которые следует учитывать при разработке стратегий адаптации экономики, населения и территорий АЗРФ к климатическим изменениям, что в обозримой перспективе является основной формой реагирования на климатически обусловленные угрозы устойчивому социально-экономическому развитию и обеспечению национальной безопасности в российской Арктике.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-06-08163а «Оценка

⁷ Ориентировочный расчет согласно методическим рекомендациям Минстроя России по стоимости 1 м² жилья – 37 тыс. руб. в 2016 г.

⁸ Расчеты авторов по данным сайта <http://dom.mingkh.ru>.

и прогноз социально-экономических и экологических последствий изменений Арктического климата» и № 15-55-71002 Арктика-а «Климатические изменения Арктики и их воздействие на окружающую среду, инфраструктуру и доступность ресурсов»).

Литература

1. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 2 (6). — С. 66—79.
2. Порфирьев Б. Н., Терентьев Н. Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // Эколог. вестн. России. — 2016. — № 1. — С. 44—51.
3. Павлова Т. В., Катцов В. М. Площадь ледяного покрова Мирового океана в расчетах с помощью моделей СМIP5 // Тр. Гл. геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. — 2013. — Вып. 568. — С. 7—25.
4. 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) // Тр. Гл. геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. — 2015. — Вып. 579. — С. 7—21.
5. 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) // Тр. Гл. геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. — 2015. — Вып. 579. — С. 22—36.
6. Российская Арктика: современная парадигма развития / Под ред. акад. А. И. Татаркина. — СПб.: Нестор-История, 2014. — 844 с.
7. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В. М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. — М.: Д'Арт, 2011. — 252 с.
8. Schaefer K., Lantuit H., Romanovsky V. E. et al. The impact of the permafrost carbon feedback on global climate // Environmental Research Letters. — 2014. — Vol. 9, № 8. — 085003. — DOI: 10.1088/1748-9326/9/8/085003.
9. Hope C., Schaefer K. Economic impacts of carbon dioxide and methane released from thawing permafrost // Nature Climate Change. — 2016. — Vol. 6, № 1. — P. 56—59.
10. The World in 2050: PWC Summary report. — [S. l.], 2017. — 72 p. — URL: <http://www.pwc.com/world2050>.
11. Picketty T. Capital in the 21st Century. — Cambridge: The Belknap Press of Harvard Univ. Press, 2014. — 456 p.
12. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М., Рогинко С. А. Изменения климата и международная безопасность / Отв. ред. А. И. Бедрицкий, В. В. Ивантер. — М.: Д'Арт, 2011. — 290 с.
13. Mendelsohn R., Nordhaus W. D., Shaw D. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis // The American Economic Rev. — 1994. — Vol. 84, № 4. — P. 753—771.
14. Елисеев Д. Северный морской путь в условиях климатических изменений: риски и перспективы развития // Проблемы теории и практики управления. — 2015. — № 10. — С. 18—26.
15. Половинкин В. Н., Фомичев А. Б. Перспективные направления и проблемы развития арктической транспортной системы Российской Федерации в XXI веке // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 3 (7). — С. 74—83.
16. Рукша В. В., Белкин М. С., Смирнов А. А., Арутюнян В. Г. Структура и динамика грузоперевозок по северному морскому пути: история, настоящее и перспективы // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 4 (20). — С. 104—110.
17. Мохов И. И., Хон В. Ч. Продолжительность навигационного периода и ее изменения для Северного морского пути: модельные оценки // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 2 (18). — С. 88—95.
18. Факторный анализ и прогноз грузопотоков Северного морского пути / Науч. ред. В. С. Селин, С. Ю. Козьменко. — Апатиты: КНЦ РАН, 2015. — 335 с.
19. Спириин А. М., Чачин Д. А., Смирнов А. А. Круглогодичная навигация на порт Сабетта // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 3 (19). — С. 88—95.
20. Кашка М. М., Смирнов А. А., Головинский С. А. и др. Перспективы развития атомного ледокольного флота // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 3 (23). — С. 98—107.
21. Лажнецов В. Н. Север России: вопросы пространственного и территориального развития. — Сыктывкар: ИСЭиЭП Севера КНЦ УрО РАН, 2015. — 176 с.
22. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99 / Под ред. В. К. Савина. — М.: НИИ строит. физики РААСН, 2006. — 258 с.
23. Бердин В. Х., Кокорин А. О., Юлкин Г. М., Юлкин М. А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. — М.: Всемир. фонд дикой природы (WWF), 2017. — 80 с.
24. Romanovsky V. E., Osterkamp T. E. Thawing of the active layer on the coastal plain of the Alaskan Arctic // Permafrost and Periglacial Processes. — 1997. — Vol. 8, № 1. — P. 1—22.
25. Romanovsky V. E., Smith S. L., Christiansen H. H. Permafrost thermal state in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007–2009: a Synthesis // Permafrost and Periglacial Processes. — 2010. — 21, № 2. — P. 106—116.
26. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования: Оценочный отчет / Под ред. О. А. Анисимова. — М.: Greenpeace, 2009. — 43 с.
27. Порфирьев Б. Н. Природа и экономика: риски взаимодействия: (Эколого-экономические очерки) / Под ред. академика РАН В. В. Ивантера. — М.: ООО «Ан-кил», 2011. — 352 с.
28. Чеснокова И. В. Оценка ущерба от криогенных процессов и проблема страхования их последствий

для территории РФ // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. — Т. 5: Расширенные тезисы на русском языке. — Тюмень: Печатник, 2012. — 384 с.

29. Стрелецкий Д. А., Шикломанов Н. И., Гребенец В. И. Изменение несущей способности мерзлых грунтов в связи с потеплением климата на севере Западной Сибири // Криосфера Земли. — 2012. — Т. 16, № 1. — С. 22—32.

Информация об авторах

Воронина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория прогнозирования ТЭК, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 47), e-mail: voronina@ecfor.ru.

Елисеев Дмитрий Олегович, кандидат экономических наук, начальник научно-исследовательского центра, Российский новый университет (105005, Россия, Москва, ул. Радио, д. 22), e-mail: elisd@mail.ru.

Наумова Юлия Викторовна, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория «Информатика и диагностика в управлении социальными и экономическими системами», Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2), e-mail: naumovayulia2011@mail.ru.

Порфирьев Борис Николаевич, доктор экономических наук, профессор, академик РАН, заместитель директора, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 47), e-mail: b_porfiriev@mail.ru.

Семикашев Валерий Валерьевич, кандидат экономических наук, заведующий лабораторией прогнозирования ТЭК, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 47), e-mail: vv_semikashev@mail.ru.

Терентьев Николай Евгеньевич, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, лаборатория анализа и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 47), e-mail: ternico@yandex.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Порфирьев Б. Н., Воронина С. А., Семикашев В. В. и др. Последствия изменений климата для экономического роста и развития отдельных секторов экономики российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 4 (28). — С. 4—17. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17.

CLIMATE CHANGE IMPACT ON ECONOMIC GROWTH AND SPECIFIC SECTORS' DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ARCTIC

Porfiriev B. N., Voronina S. A., Semikashev V. V., Terentiev N. E.

Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

Eliseev D. O.

Russian New University (Moscow, Russian Federation)

Naumova Yu. V.

Federal research center "Informatics and management", Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

The research has been supported by the grant program from Russian Fund for Basic Research (Projects no. 15-06-08163a "Assessment and forecast of the socioeconomic and environmental implications of the climate change in the Arctic region" and no. 15-55-71002 Arctic-a "Climate change in the Arctic and its impact on environment and resource availability").

Abstract

Arctic plays a strategic role in the Russian economy and experiences a strong impact from climate change characterized by intensive warming, precipitation increase and more frequent and severe hydrometeorological disasters. The paper contemplates the macroeconomic and economic sectors' impacts produced by climate change both on the Russian Arctic zone and Russia as a whole. Methodological issues of climate change impact assessment at macroeconomic level are considered. It is argued that such impacts produce ambivalent effects on economic growth and economic activity but overall effect on the national economy is likely to be negative. Specificities of climate change impact on the Northern Sea Route are analyzed and its future capacity as an

international transit route is estimated and reckoned highly competitive if current shortcomings (shortages of ice-friendly ships and ice-breakers; lack of deep water ports and infrastructure etc) are resolved. Climate change impacts on energy consumption and resilience of energy infrastructure in the Russian Arctic are considered. It is substantiated that by 2050 climate warming will lead to 10—20% reduction of energy heating period in the region. Constructions, buildings and transport infrastructure resilience to climate related hazards are assessed. As calculations show, potential annual losses from damage to buildings and constructions in the Russian Arctic reach some 200 billion rubles (US\$3,3 billion) which makes up 2,5% of the regional domestic product of the Russian Arctic zone. It is argued that almost 100 billion rubles (US\$1,7 billion) of additional annual investments in the housing sector of the Russian Arctic zone are needed to withstand negative climate change impacts for 2017—2050.

Keywords: *climate change, Russian Arctic zone, Northern Sea Route, energy sector, infrastructure, macroeconomic implications, natural hazards, permafrost, forecast.*

References

1. Kattsov V. M., Porfiryev B. N. Klimaticheskiye izmeneniya v Arktike: posledstviya dlya okruzhayushchey sredy i ekonomiki. [Climate change in the Arctic: impacts on environment and economy]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2012, no. 2 (6), pp. 66—79. (In Russian).
2. Porfiryev B. N., Terentyev N. E. Ekologo-klimaticheskiye riski sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. [Environmental and Climatic Risks of Socioeconomic Development of the Arctic Area of the Russian Federation]. *Ekolog. vestn. Rossii*, 2016, no. 1, pp. 44—51. (In Russian).
3. Pavlova T. V., Kattsov V. M. Ploshchad ledyanogo pokrova Mirovogo okeana v raschetakh s pomoshchyu modeley CMIP5. [World ocean ice cover as simulated with CMIP5 models]. *Tr. Gl. geofiz. observatorii im. A. I. Voyeykova*, 2013, vyp. 568, pp. 7—25. (In Russian).
4. Kattsov V. M., Pavlova T. V. Ozhidayemye izmeneniya prizemnoy temperatury vozdukh v Arktike v 21-m veke: rezultaty raschetov s pomoshchyu ansambley globalnykh klimaticheskikh modeley (CMIP5 i CMIP3) // *Tr. Gl. geofiz. observatorii im. A. I. Voyeykova*, 2015, vyp. 579, pp. 7—21. (In Russian).
5. Pavlova T. V., Kattsov V. M. Ozhidayemye izmeneniya osadkov i ispareniya v Arktike v 21-m veke: rezultaty raschetov s pomoshchyu ansamblya globalnykh klimaticheskikh modeley (CMIP5) // *Tr. Gl. geofiz. observatorii im. A. I. Voyeykova*, 2015, vyp. 579, pp. 22—36. (In Russian).
6. Rossiyskaya Arktika: sovremennaya paradigma razvitiya. [Russian Arctic: contemporary paradigm of development]. *Pod red. akad. A. I. Tatarkina*. St. Petersburg, Nestor-Istoriya, 2014, 844 p. (In Russian).
7. Otsenka makroekonomicheskikh posledstviy izmeneniy klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g. i dalneyshuyu perspektivu. [Assessment of macroeconomic impact of climate change on the territory of the Russian Federation up to 2030 and further period]. *Pod red. V. M. Kattsova. B. N. Porfiryeva*. Moscow, D'Art, 2011, 252 p. (In Russian).
8. Schaefer K., Lantuit H., Romanovsky V. E. et al. The impact of the permafrost carbon feedback on global climate. *Environmental Research Letters*, 2014, vol. 9, no. 8, 085003. DOI: 10.1088/1748-9326/9/8/085003.
9. Hope C., Schaefer K. Economic impacts of carbon dioxide and methane released from thawing permafrost. *Nature Climate Change*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 56—59.
10. The World in 2050: PWC Summary report. [S. l.], 2017, 72 p. Available at: <http://www.pwc.com/world2050>.
11. Picketty T. *Capital in the 21st Century*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard Univ. Press, 2014, 456 p.
12. Porfiryev B. N., Kattsov V. M., Roginko S. A. Izmeneniya klimata i mezhdunarodnaya bezopasnost. [Climate change and international security]. *Otv. red. A. I. Bedritskiy. V. V. Ivanter*. Moscow, D'Art, 2011, 290 p. (In Russian).
13. Mendelsohn R., Nordhaus W. D., Shaw D. *The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis*. *The American Economic Rev*, 1994, vol. 84, no. 4, pp. 753—771.
14. Eliseyev D. Severnyy morskoy put v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy: riski i perspektivy razvitiya. [The North Sea Route under climate change: risks and development prospects]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*, 2015, no. 10, pp. 18—26. (In Russian).
15. Polovinkin V. N., Fomichev A. B. Perspektivnyye napravleniya i problemy razvitiya arkticheskoy transportnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii v XXI veke. [Beneficial directions and issues of the Arctic transport system development in the Russian Federation in the XXI century]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2012, no. 3 (7), pp. 74—83. (In Russian).
16. Ruksha V. V., Belkin M. S., Smirnov A. A., Arutyunyan V. G. Struktura i dinamika gruzoperevozok po severnomu morskoy puti: istoriya, nastoyashcheye i perspektivy. [Structure and dynamics of freight via the North Sea Route: past, current state and the future]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2015, no. 4 (20), pp. 104—110. (In Russian).
17. Mokhov I. I., Khon V. Ch. Prodolzhitelnost navigatsionnogo perioda i eye izmeneniya dlya Severnogo morskogo puti: modelnyye otsenki. [Longevity of navigation period and its variations for the North Sea Route: modeled estimations]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2015, no. 2 (18), pp. 88—95. (In Russian).
18. Faktornyy analiz i prognoz gruzopotokov Severnogo morskogo puti. [Factor analysis and forecast of the North Sea Route freight]. *Nauch. red. V. S. Selin. S. Yu. Kozmenko*. Apatity, KNTs RAN, 2015, 335 p. (In Russian).

19. Spirin A. M., Chachin D. A., Smirnov A. A. Kruglogodichnaya navigatsiya na port Sabetta. [Round year navigation to Sabetta port]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2015, no. 3 (19), pp. 88—95. (In Russian).
20. Kashka M. M., Smirnov A. A., Golovinskiy S. A. et al. Perspektivy razvitiya atomnogo ledokolnogo flota. [Prospects of nuclear ice-breaker fleet development]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2016, no. 3 (23), pp. 98—107. (In Russian).
21. Lazhentsev V. N. Sever Rossii: voprosy prostranstvennogo i territorialnogo razvitiya. [The North of Russia: problems of spatial and territorial development]. Syktyvkar, ISEiEP Severa KNTs UrO RAN, 2015, 176 p. (In Russian).
22. Stroitel'naya klimatologiya: Spravochnoye posobiye k SNIp 23-01-99. [Climatology for construction: handbook for SNIp 23-01-99]. Pod red. V. K. Savina. Moscow, NII stroit. fiziki RAASN, 2006, 258 p. (In Russian).
23. Berdin V. Kh., Kokorin A. O., Yulkin G. M., Yulkin M. A. Vozobnovlyayemye istochniki energii v izolirovannykh naselennykh punktakh Rossiyskoy Arktiki. [Renewable energy resources in isolated settlements of the Russian Arctic]. Moscow, Vsemir. fond dikoy prirody (WWF), 2017, 80 p. (In Russian).
24. Romanovsky V. E., Osterkamp T. E. Thawing of the active layer on the coastal plain of the Alaskan Arctic. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1997, vol. 8, no. 1, pp. 1—22.
25. Romanovsky V. E., Smith S. L., Christiansen H. H. Permafrost thermal state in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007—2009: a Synthesis. *Permafrost and Periglacial Processes*, 2010, 21, no. 2, pp. 106—116.
26. Osnovnyye prirodnyye i sotsialno-ekonomicheskiye posledstviya izmeneniya klimata v rayonakh rasprostraneniya mnogoletnemerzlykh porod: prognoz na osnove sinteza nablyudeniy i modelirovaniya: Otsenochnyy otchet. [Main natural and socio-economic impacts of climate change in the territories of permafrost: forecast using combination of evidence and modeling: assessment report]. Pod red. O. A. Anisimova. Moscow, Greenpeace, 2009, 43 p. (In Russian).
27. Porfiriyev B. N. Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya: (Ekologo-ekonomicheskiye ocherki). [Nature and economy: risks of interaction (essays on environmental economics)]. Pod red. akademika RAN V. V. Ivantera. Moscow, OOO "Ankil", 2011, 352 p. (In Russian).
28. Chesnokova I. V. Otsenka ushcherba ot kriogennykh protsessov i problema strakhovaniya ikh posledstviy dlya territorii RF. [Assessment of damage from cryogenic processes and issue of its impact insurance for the territory of the Russian Federation]. Desyataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po merzlotovedeniyu (TICOP): Resursy i riski regionov s vechnoy merzlotoy v menyayushchemsya mire. Vol. 5: Rasshirennyye tezisy na russkom yazyke. Tyumen, Pechatnik, 2012, 384 p. (In Russian).
29. Streletskiy D. A., Shiklomanov N. I., Grebenets V. I. Izmeneniye nesushchey sposobnosti merzlykh gruntov v svyazi s potepleniym klimata na severe Zapadnoy Sibiri. [Change in carrying capacity of permafrost soil with regard to climate warming on the north of the West Siberia]. *Kriosfera Zemli*, 2012, vol. 16, no. 1, pp. 22—32. (In Russian).

Information about the authors

Voronina Svetlana Alekseevna, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of laboratory of forecasting of energy sector, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117418), e-mail: voronina@ecfor.ru.

Eliseev Dmitriy Olegovich, Candidate of Economics, Head of Research Department, Russian New University (22, Radio str., Russia, 105005), e-mail: elisd@mail.ru.

Naumova Yulia Viktorovna, Candidate of Economics, Leading Researcher of laboratory «Informatics and diagnostics in managing social and economic systems», Federal research center «Informatics and management», Russian Academy of Sciences (44 build. 2, Vavilova str., Moscow, Russia, 119333), e-mail: naumovayulia2011@mail.ru.

Porfiriev Boris Nikolayevich, Academician of RAS, Doctor of Economics, Professor, Deputy Director, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117418), e-mail: b_porfiriev@mail.ru.

Semikashov Valeriy Valeriyevich, Candidate of Economics, Head of laboratory of forecasting of energy sector, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovskiy prosp., Russia, Moscow, 117418), e-mail: vv_semikashov@mail.ru.

Terentiev Nilolay Evgenievich, Candidate of Economics, Senior Researcher of laboratory of analysis and forecasting of natural and technogenic hazards, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117418), e-mail: ternico@yandex.ru.

Bibliographic description

Porfiriev B. N., Voronina S. A., Semikashov V. V. et al. Climate change impact on economic growth and specific sectors' development of the Russian Arctic. *The Arctic: ecology and economy*, 2017, no. 4 (28), pp. 4—17. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17. (In Russian).

© Porfiriev B. N., Voronina S. A., Semikashov V. V., Terentiev N. E., Eliseev D. O., Naumova Yu. V., 2017