

И.Ю. Жилина*

ПОТЕПЛЕНИЕ В АРКТИКЕ: ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ

Аннотация. Рассматриваются динамика и прогнозы климатических изменений в Арктике в результате роста глобальной температуры на планете. Анализируется воздействие климатических изменений на природную среду, некоторые сектора экономики и социальной сферы Арктической зоны России, образ жизни коренных народов Севера.

Ключевые слова: глобальное потепление; Арктика; Россия; Северный морской путь; углеводороды; туризм; рыболовство; окружающая среда; коренные народы Севера.

Для цитирования: Жилина И.Ю. Потепление в Арктике: возможности и риски // Экономические и социальные проблемы России. – Москва, 2021. – № 1. – С. 66–87.

I.Yu. Zhilina
Warming in the Arctic: opportunities and risks

Abstract. The dynamics and forecasts of climate change in the Arctic as a result of global warming on the planet are considered. The article analyzes the influence of climate change on the natural environment, some sectors of the economy and social sphere of the Arctic zone of Russia, and the way of life of the indigenous peoples of the North.

Keywords: global warming; Arctic; Russia; Northern Sea Route; hydrocarbons; tourism; fishing; environment; indigenous population.

For citation: Zhilina I.Yu. Warming in the Arctic: opportunities and risks // Economic and Social Problems of Russia. – Moscow, 2021. – N 1. – C. 66–87.

* Жилина Ирина Юрьевна, канд. истор. наук, старший научный сотрудник Отдела экономики Института научной информации по общественным наукам РАН (ИНИОН РАН).

Zhilina Irina, PhD (Histor. Sci.), Senior Researcher of the Department of Economics, Institute of Scientific Information for Social Sciences, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia).

Введение

В последние годы все регионы мира все чаще сталкиваются с проявлениями изменения климата. Однако попытки международного сообщества урегулировать климатическую проблему на глобальном уровне (Киотский протокол, Парижское соглашение по климату – ПС¹) не принесли значимых результатов. Особенно интенсивно процесс потепления проявляется в Арктической зоне (АЗ)², которую Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) относит к одному из наиболее уязвимых в отношении изменений климата региону.

По прогнозам, в обозримом будущем под влиянием роста температуры приземного воздуха и количества осадков в АЗ продолжатся такие природно-климатические процессы, как сокращение протяженности³ морского льда в Северном Ледовитом океане, деградация многолетней мерзлоты и океанского побережья, таяние Гренландского ледяного щита, смещение на север границ природных зон и ареалов обитания биологических видов.

Многочисленные прямые, косвенные и обратные связи между климатическими, социально-экономическими и экологическими системами Арктики обуславливают разнонаправленность последствий климатических изменений в АЗ. С одной стороны, они открывают новые возмож-

¹ Согласно ст. 2 Парижского соглашения (2015) его участники взяли на себя обязательство удерживать прирост глобальной средней температуры к 2100 г. ниже 2°C и приложить усилия для ограничения ее роста 1,5 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем. По данным на сентябрь 2019 г., участниками Парижского соглашения являются 185 стран и ЕС.

² В географическом плане АЗ – северная полярная область Земли, обычно ограничивающаяся с юга Полярным кругом – 66°33' северной широты или так называемой линией Кёппена, т.е. июльской изотермой 10 °C, севернее которой температура даже в самый теплый месяц года (июль) не превышает это значение. Эта изотерма почти везде совпадает с границей между тайгой и тундрой [Escudé-Joffres, 2019]. К северу от полярного круга располагаются территории восьми государств: Исландии, Канады, Королевства Дании, включая Гренландию, Норвегии, России, США, Финляндии, Швеции.

В российском законодательстве Арктика определяется как «северная полярная область Земли, включающая северные окраины Евразии и Северной Америки (кроме центральной и южной частей полуострова Лабрадор), остров Гренландия (кроме южной части), моря Северного Ледовитого океана (кроме восточной и южной частей Норвежского моря) с островами, а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов» [Указ Президента от 5 марта 2020..., 2020].

³ Протяженность морских льдов (Sea Ice Extent) – мера покрытия океана льдом – ключевой индикатор изменения климата. Протяженность морского льда определяется как площадь, в которой сплошность льда составляет не менее 15%. Гидрометцентр России о погоде из первых рук / MeteoInfo. – 2020. – 23.09. – URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/17514-minimum-morskogo-lida-v-arktike-vtoroj-samyj-nizkij-za-vsyu-istoriyu-nablyudenij> (дата обращения: 03.11.2020).

ности для расширения некоторых видов экономической деятельности, в частности освоения запасов углеводородов и других сырьевых ресурсов¹. С другой – несут в себе многочисленные угрозы для самой полярной экосистемы и для экономической деятельности в Арктике, а также здоровья и традиционного уклада жизни коренных народов.

В этих условиях стремление приполярных государств обеспечить устойчивое развитие региона и защиту окружающей среды (ОС) вполне естественны. В то же время свою заинтересованность в развитии Арктики демонстрируют ЕС и ряд азиатских стран, в частности Китай, Индия, Япония и Южная Корея. К участию в решении арктических проблем их подталкивает сочетание экологического, экономического и торгового факторов [Коллинз, 2017]. Некоторые эксперты полагают, что Арктический регион является новым формирующимся рынком, на котором переплетаются такие фундаментальные современные проблемы, как изменение климата, geopolитическая конкуренция, доступ к природным ресурсам, международное управление и т.д. По прогнозам, к 2040 г. валовый региональный продукт АЗ утроится и превысит символический порог в 1 трлн евро [Mered, 2019].

Нельзя забывать и о том, что ускорение процесса потепления в Арктике может повлиять на стабильность климатической системы не только в северном полушарии, но и во всем мире. Как отмечает В. Катцов, директор ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Войкова»: «Арктика является не только индикатором, но и фактором изменения глобального климата, в том числе и как некий фактор, влияющий на экстремальность погоды за пределами арктического региона» [Арктика – «кухня» погоды», 2019].

¹ По экспертным оценкам, в Арктике содержится около 13% неразведанных мировых запасов нефти и около 30% – природного газа, причем значительная их часть – в Арктической зоне России (АЗРФ). В административном плане ее состав, определяемый законами РФ, неоднократно менялся. Последние изменения внесены Федеральным законом от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_357078/ (дата обращения: 02.11.2020)].

В АЗРФ сосредоточено примерно 13 млрд т нефти и 95 трлн м³ газа [Итоги..., 2019, с. 9], около 10% мировых запасов никеля, около 19% металлов платиновой группы, 10% титана, более 3% цинка, кобальта, золота и серебра, а также крупные месторождения редкоземельных металлов. При этом детальные геологические исследования проведены лишь в небольшой части АЗРФ, большая часть территории которой (около 4 млн км²) труднодоступна и очень слабо изучена [Волков, 2019].

Наблюдаемая динамика и прогнозы климатических изменений в Арктике

Потепление в Арктике происходит быстрее, чем на планете в целом, – повышение температуры в АЗ опережает среднемировые среднегодовые значения в 2 раза [2020 est..., 2020]. По данным Росгидромета, в течение последних тридцати лет (1990–2019) в целом в Арктике рост среднегодовой температуры составил около 2,43 °С, а в районах морей Северного Ледовитого океана – от 2,31 °С (северная часть Гренландского и Норвежского морей) до 4,74 °С (Карское море) [Доклад об особенностях..., 2020, с. 38]. Сходные данные получены международной группой исследователей: температура в Арктике за последние 50 лет повысилась на 2–3 °С по сравнению с общим средним увеличением на 0,8 °С [The polar regions..., 2019].

По прогнозам, при повышении температуры на Земле на 2 °С в Арктике среднегодовое потепление может составить 4 °С, а в зимний период – 7 °С. При существующем режиме экономической деятельности и умеренном смягчении климатических изменений соответственно в АЗ среднегодовое потепление, превышающее базовый уровень 1981–2005 гг. на 2 °С, наступит примерно на 25–50 лет раньше, чем на Земле в целом [The polar regions..., 2019].

Ускоренное потепление в Арктике, или так называемое полярное усиление, в первую очередь связано с более быстрым таянием снега и уменьшением протяженности морского льда в результате повышения средней температуры океана, увеличения площади свободной воды и снижения летнего альбедо (отражательной способности поверхности) [Как меняется..., 2020].

По данным Росгидромета, с 1979 по 2019 г. в сентябре площадь льда в Арктике сокращалась в среднем на 12,9% за десятилетие. С 1958 г. арктический морской ледяной покров стал примерно на две трети тоньше, и в настоящее время 70% морского льда состоит из сезонного льда или льда, который образуется и тает в течение одного года [Доклад о научно-методических..., 2020, с. 30–31]. Рекордные сокращения площади морского льда в Арктике фиксировались в сентябре 2012 и 2020 гг. – 3,39 и 3,74 млн км² соответственно [ВМО..., 2020].

Выявлена линейная зависимость между протяженностью морского льда и кумулятивными выбросами СО₂ в атмосферу. Расчеты показывают, что при нынешних масштабах выбросов СО₂ в 35–40 Гт/год, в течение следующих 20–25 лет площадь морского льда в Арктике в сентябре составит менее 1 млн км², т.е. к 2050 г. Арктика практически станет свободной от морского льда [The polar regions..., 2019; Arctic Sea Ice..., 2020].

Другим важным индикатором и фактором усиления полярности является таяние многолетней мерзлоты. Многолетняя мерзлота покрывает примерно 65% территории России, и это составляет около 30% от общей площади зоны многолетней мерзлоты в мире [Глобальная клима-

тическая..., 2020, с. 44]. Увеличение температуры в зоне ее непрерывного распространения с 2007 по 2016 г. составило $0,39 \pm 0,15$ °С. Наиболее значительное повышение температуры было отмечено в 2008–2009 гг. в северо-западной и северо-восточной Сибири: на 0,93 и 0,90 °С соответственно [Biskaborn, Smith, Lantuit, 2019, р. 2].

В процессе таяния многолетней мерзлоты высвобождаются накопившиеся в замерзшей органике парниковые газы (ПГ), в частности углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4). Причем последний гораздо более агрессивен в плане воздействия на климат. Кроме того, на арктическом шельфе выявлены скопления метана, интенсивно выделяющегося из газогидратов¹ в океанскую воду и атмосферу. С учетом этих факторов к 2100 г. в атмосферу может быть выброшено от 10 до 240 млрд т углерода [Глобальная климатическая..., 2020, с. 44]. В результате глобальная температура может увеличиться на 0,13–0,27 °С к 2100 г. и на 0,42 °С к 2300 г. [Biskaborn, Smith, Lantuit, 2019, р. 2].

Таяние многолетней мерзлоты, скорость которого зависит от структуры берега и колеблется от одного-двух до 30 м в год, разрушает берега Северного Ледовитого океана. Средняя скорость отступания берегов морей Лаптева и Восточно-Сибирского составляет 0,8 м в год. В результате Россия ежегодно теряет 10,7 км² суши [Михаил Железняк..., 2020].

Социально-экономические аспекты потепления в Арктике

Существование людей в Арктике в значительной степени зависит от морских перевозок. Морской путь часто является единственной возможностью доставить населению продовольствие, топливо и другие товары, завезти оборудование на промышленные объекты и вывезти их продукцию. По мере повышения доступности региона в результате сокращения протяженности морского льда и увеличения периода навигации с двух с половиной до трех, а в некоторые годы до пяти месяцев² растет интерес к развитию морских коммерческих операций в Арктике.

Основной морской транспортной артерией в АЗРФ является Северный морской путь (СМП). В советское время пик грузопотока на СМП приходился на конец 1980-х годов. В тот период ежегодно перевозилось около 7 млн т грузов. После распада СССР объем перевозок резко сократился, составив в 1998 г. лишь 1,5 млн т. Его восстановление началось в 2010-е годы: если в 2010 г. по СМП было перевезено немногим более 2 млн т грузов, то в 2019 г. – 31,5 млн т, что на 56,7% больше, чем в 2018 г. В то же время объем международных транзитных перевозок после замет-

¹ Газогидраты – кристаллические соединения газов и воды переменного состава – образуются при контакте газа и воды при определенных температурах и давлении.

² Предполагается, что в летний сезон Северный морской путь будет свободен от сплошного льда через 15–60 лет [Lasserre, 2019].

ного подъема в 2012–2013 гг. (ежегодно перевозилось более 1 млн т грузов) оставался незначительным и в 2019 г. составил 697,2 тыс. т [Lasserre, 2019; «Росатом»: транзит..., 2020].

По СМП в основном перевозятся нефть, сжиженный природный газ (СПГ) и уголь. В ближайшее время, по оценкам экспертов, ситуация не изменится. К 2024 г. планируется нарастить грузопоток по СМП до 80 млн т [Указ Президента РФ от 07.05.2018..., 2018], в том числе за счет развития проектов компаний «НОВАТЭК» «Арктик СПГ-1» и «Арктик СПГ-2».

Россия, имея самый мощный ледокольный флот в мире и постоянно наращивая его мощность¹, еще в 1978 г. перешла к круглогодичной навигации в Западном районе Арктики, параллельно увеличивая продолжительность навигации в Восточном районе. Атомный флот России в 2019 г. провел по СМП 510 кораблей против 400 в предыдущие два года [Lasserre, 2019].

Россия отводит СМП особую роль в освоении АЗРФ, о чем свидетельствует факт включения его развития «в качестве конкурентоспособной на мировом рынке национальной транспортной коммуникации Российской Федерации» в «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» как одного из главных национальных интересов страны [Указ Президента РФ от 05.03.2020..., 2020]. По сути, это означает трансформацию СМП в транспортный коридор мирового значения, используемый для перевозки национальных и международных грузов с Запада на Восток между европейскими портами и портами Азиатско-Тихоокеанского региона и в обратном направлении. СМП короче традиционных путей – через Суэцкий или Панамский каналы. Так, протяженность маршрута от Роттердама до Иокогамы через Суэцкий канал составляет 20,7 тыс. км, а через СМП – 12,7 тыс. км [Baccaro, Des-camps, 2020]. Кроме того, СМП дополняет речные маршруты Юг – Север сибирских рек Оби, Енисея, Лены и Колымы, которые летом также свободны ото льда.

По прогнозам, при круглогодичной навигации СМП может обеспечить до 5% грузооборота международной торговли. Однако судоходные компании могут отложить инвестиции в крупномасштабные операции на СМП до второй половины XXI в., поскольку именно к этому времени, возможно, сформируются условия окупаемости таких перевозок [Alvarez, Yumashev, Whiteman, 2020, р. 411].

Для достижения этой цели планируется комплексное развитие инфраструктуры морских портов и морских судоходных путей в акваториях СМП, Баренцева, Белого и Печорского морей; объединение транспортно-логистических услуг, оказываемых в акватории СМП, на основе цифровой

¹ В октябре 2020 г. введен в строй новейший атомный ледокол «Арктика» проекта 22220. Он будет флагманом атомной ледокольной группы, в которую войдут ледоколы «Сибирь» и «Урал» (проходят испытания), «Якутия» (строится), «Чукотка» (закладывается).

платформы, обеспечивающей безбумажное оформление мультимодальных грузопассажирских перевозок; строительство новых универсальных атомных ледоколов, спасательных, гидрографических и других видов судов для торгового мореплавания и перевозок между морскими и речными портами в АЗ; строительство портов-хабов для обеспечения международных и каботажных перевозок в акватории СМП. К 2035 г. планируется довести объем перевозок по СМП до 130 млн т, в том числе транзитных перевозок – 10 млн т [Указ Президента РФ от 26.10.2020..., 2020].

Однако многие специалисты довольно скептически оценивают возможности значительного расширения международного транзита по СМП, учитывая влияние ряда *погодных* (высокая степень непредсказуемости распространения морского льда от года к году; значительный риск для судоходства из-за изменчивости ледяного покрова, замораживания судов; невозможность соблюдения заранее установленных графиков перевозок контейнерным сектором и сектором автомобильных перевозок из-за быстро меняющихся погодных условий) и *экономических* (значительные страховые взносы из-за высоких рисков; оплата ледокольной и лоцманской проводки) факторов. Кроме того, на расширение международного транзита отрицательно влияют большие расстояния между портами СМП и недостаточно развитая портовая инфраструктура [Lasserre, 2019]. Тем не менее, по оценке экспертов МГЭИК, СМП, уже имеющий определенную инфраструктуру, более жизнеспособен, чем другие арктические маршруты¹ [The ocean..., 2019, р. 3-42].

Одним из направлений экономической деятельности, развитие которого стимулирует потепление в Арктике, является туризм. В определенной степени это объясняется возникновением нишевого рынка круизного туризма, так называемого туризма последнего шанса: люди стремятся увидеть исчезающие ландшафты и морские пейзажи Арктики, познакомиться с ее природным и социальным наследием.

¹ Помимо СМП, существуют еще три арктических международных торговых маршрута. Северо-Западный проход (СЗП) (считается судоходным с 2007 г.), соединяет Атлантический и Тихий океаны через Канадский Арктический архипелаг. Несмотря на некоторое оживление активности в СЗП (рыболовство, обслуживание местных общин, горнодобывающих и нефтегазовых объектов), этот маршрут еще долго останется труднопроходимым, в частности, в силу высокой непредсказуемости ледовой обстановки и ряда других природных факторов [Lasserre, 2019].

Арктический мост – сезонный морской путь от Мурманска до канадского порта Черчилл (Гудзонов залив); трансполярный морской путь (через Северный полюс), соединяющий Северо-Восточную Азию и Европу. Портовая и морская транспортная инфраструктура Арктического моста и трансполярного морского пути в настоящее время весьма ограничены, на них не проведено полное зондирование и гидрографическое картографирование. Для этих маршрутов характерны более сложные ледовые условия и недостаточные поисково-спасательные возможности, усиливающие риски судоходства.

Больше всего круизных пассажиров (более 1 млн) ежегодно привлекает Аляска. Каждый год 40–50 тыс. человек посещают Шпицберген, 20–30 тыс. – Гренландию, 3,5–5 тыс. человек – Арктическую Канаду. По прогнозам МГЭИК, в течение ближайшего десятилетия рост спроса на арктический круизный туризм, вероятнее всего, продолжится [The ocean..., 2019, р. 3-42].

В целом ежегодный мировой поток туристов в Арктику, включая круизный туризм, составляет 10–11 млн человек. По количеству туристов Россию (около 1 млн человек в год, половина из которых – деловые туристы) опережают Норвегия (почти 3 млн), Исландия и Аляска. Самой посещаемой в АЗРФ является Мурманская область (более 400 тыс. человек). За ней следует Архангельская область (свыше 200 тыс.), Карелия и Ямал (170 и 180 тыс. человек соответственно). В летний период организуется несколько круизов к Северному полюсу.

На территории АЗРФ насчитывается 539 гостиниц, действует 126 туроператоров. За два года, предшествующие пандемии коронавирусной инфекции, наблюдалась положительная динамика прироста туристов. Однако развитие туризма в АЗРФ сдерживается, с одной стороны, потребностью в больших инвестициях с длительным сроком окупаемости, с другой – необходимостью ограничить турпоток из-за угрозы негативного антропогенного воздействия на ОС арктической зоны, которая может не выдержать «набегов» большого количества людей [Арктический туризм..., 2020]. Увеличение турпотока приносит краткосрочные и среднесрочные выгоды местному населению и туроператорам, но одновременно наносит ущерб ОС Арктики, усиливая негативные последствия изменения климата.

Большое экономическое и социальное значение для приполярных стран имеет рыболовство. Значительный вылов рыбы (камбалы, сельди, лососевых и др.) ведется у берегов Гренландии, а также в Баренцевом и Беринговом морях. В 2017 г. первоначальная оптовая стоимость коммерческого вылова всех видов рыбы одной Норвегии составила 2,68 млрд долл. в восточной части Берингова моря и около 1 млрд долл. в Баренцевом море [The ocean..., 2019, р. 3-40]. По оценкам, общие доходы сектора к 2050 г. могут увеличиться на 39% по сравнению с 2000 г., что окажет положительный мультипликативный эффект на всю экономику Арктики [Alvarez, Yumashev, Whiteman, 2020, р. 411]. Масштабы рыбного промысла в других арктических регионах относительно невелики, он ведется на местном уровне и ориентирован на ограниченное количество видов.

Перспективы коммерческого морского рыболовства в условиях потепления связаны со сценариями реагирования на него, учитывающими уровень терпимости к риску при управлении морскими ресурсами, достижения в технологиях вылова рыбы и рыночные факторы (местный и глобальный спрос, новые продуктовые линии, конкуренция, эффективность переработки, стоимость энергии) [The ocean..., 2019, р. 3-41].

Потепление внесло весомый вклад в развитие добывающих отраслей в Арктике за счет облегчения доступа к самим месторождениям, обеспечения их снабжения и вывоза готовой продукции. Это способствует реализации проектов нефте- и газодобычи на шельфе¹, а также производству СПГ и хозяйственному освоению прибрежных зон Северного Ледовитого океана. В настоящее время в АЗ РФ добывается 80% российского природного газа и 17% нефти (включая газовый конденсат) [Указ Президента РФ от 26.10.2020..., 2020]; на Арктику приходится 6% российского ВВП и 11% инвестиций в основной капитал [Итоги..., 2019, с. 9].

По прогнозам, в ближайшие годы спрос на углеводороды, особенно СПГ, будет расти. Ожидается, что доля природного газа в мировом энергобалансе вырастет с 23% в 2017 г. до 26% в 2035 г.; доля СПГ в мировой торговле природным газом к 2025 г. составит 51%, а к 2040 г. – 70% [Итоги..., 2019, с. 8]. Как заявил на V Международном арктическом форуме (2019) министр энергетики РФ А. Новак, добываемый в Арктике газ «конкурентоспособен, несмотря на то что он добывается в Арктической зоне», благодаря очень хорошему качеству природных ресурсов [Итоги..., 2019, с. 8]. По словам А. Новака, Россия способна занять 30–40% мирового рынка СПГ² [Итоги..., 2019, с. 8].

Однако некоторые специалисты считают, что разработка месторождений на шельфе оправдана только при цене нефти в 80 долл. за баррель (которая не поднималась до этого уровня с октября 2014 г.) и их относительно небольшой удаленности от суши. Примером может служить судьба Штокмановского месторождения, запасы которого оцениваются в 3,8 трлн м³, расположенного в 600 км к северо-востоку от Мурманска в Баренцевом море. В начале 2000-х Россия неоднократно заявляла, что будет разрабатывать это месторождение, однако в настоящее время работы по его освоению заморожены [Stephen, 2020].

В условиях западных санкций развитие добычи углеводородов в АЗРФ помимо ценового фактора тормозит отсутствие у российских компаний собственных технологий добычи, нехватка морских буровых установок, платформ-судов, другого оборудования, а также программного обеспечения. Тем не менее Россия, вопреки прогнозам западных аналитиков, успешно реализует проект «Ямал СПГ» с объемом производства 16 млн т СПГ в год. Планируемый годовой объем производства СПГ второго проекта – «Арктик СПГ-2» составляет 20 млн т [Lagueulle, 2020, р. 13].

¹ Уникальные по своим характеристикам месторождения углеводородов на континентальном шельфе были открыты в Арктике в конце XX в. Начавшаяся в 2000-е годы разработка отдельных месторождений углеводородов в АЗРФ в определенной степени связана с наметившейся тенденцией к истощению месторождений в Западной Сибири.

² Выступая в Госдуме в качестве кандидата на должность вице-премьера, А. Новак несколько снизил планку, заявив, что «мы должны к 2035 году занять более 20% мирового рынка... Еще в 2019 году Россия вошла в пятерку крупнейших производителей СПГ, но потенциал гораздо выше» [К 2035 году..., 2020].

Достигнутые успехи во многом обусловлены, во-первых, подписанием в обход санкций соглашения с британской группой TechnicFMC, занимающейся обслуживанием и оборудованием нефтяных скважин, и, во-вторых, привлечением вместо западных инвесторов китайских компаний – China National Petroleum Corporation (CNPC) и China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) [Laruelle, 2020, р. 14]. К 2023 г. ожидается завершение третьего проекта – «Обского СПГ», который считается уникальным, поскольку при его реализации используются только российские технологии. Таким образом, западные санкции, замедлив строительство «Обского СПГ», подтолкнули его участников к разработке собственных технологий [Laruelle, 2020, р. 13–14]. Основным участником всех трех проектов является ПАО «НОВАТЭК».

По словам Председателя правления, члена совета директоров «НОВАТЭК» Л. Михельсона, «СПГ-проекты, по нашим оценкам, обес-печат загрузку порядка 800 российских предприятий и позволят создать порядка 80 тысяч рабочих мест по всей России» [Итоги..., 2019, с. 9]. Таким образом, активизация хозяйственной деятельности в АЗ, обусловленная потеплением, способствует развитию неарктических российских регионов и секторов отечественной экономики, в частности судо- и авиа-строения, производства специальной техники и материалов, информа-ционно-коммуникационных технологий (ИКТ) и др.

Для расширения социально-экономического освоения в АЗ весьма актуальны проблемы, вызываемые таянием многолетней мерзлоты. Согласно прогнозам, даже при повышении глобальной температуры воздуха к 2100 г. не более чем на 2 °С деградация слоя многолетней мерзлоты может иметь серьезные последствия для гидрологических систем и целостности инфраструктуры на значительной территории. Это подтверждается рядом исследований. Одним из них является анализ воздействия таяния многолетней мерзлоты на инфраструктуру и жилые объекты в девяти административно-территориальных единицах РФ (Республика Коми, Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Саха, Магаданская область, Чукотский автономный округ, Камчатский край¹, арктическая часть Красноярского края²).

В 2016 г. на исследуемой территории проживали около 5 млн человек, в том числе 4 млн человек в Республике Коми, Ямало-Ненецком

¹ В соответствии с Федеральным законом «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации», Камчатский край, Магаданская область и Ханты-Мансийский автономный округ не входят в АЗ. Зато в нее входят некоторые муниципалитеты Архангельской области и Республики Карелия, а также Мурманская область, в данном исследовании не рассматривающиеся.

² В арктическую часть Красноярского края в настоящее время входят Норильск, Таймырский муниципальный район и Туруханский район, а также 10 поселков Эвенкии [Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ..., 2020].

автономном округе, Ханты-Мансийском автономном округе и Республике Саха. Численность населения нескольких крупных городов (Магадана, Лабытнанги, Надыма, Норильска, Нового Уренгоя, Салехарда, Воркуты и Якутска) составила почти 0,9 млн человек, что сопоставимо с общей численностью населения Аляски и северных провинций Канады. Общая стоимость основных фондов в исследуемом регионе составляла 1,29 трлн долл., том числе нежилых зданий – 140,9 млрд долл., объектов критической инфраструктуры – 884,5 млрд долл. Жилая недвижимость, большая часть которой сосредоточена в Республике Саха, за которой следуют Ямало-Ненецкий автономный округ и арктическая часть Красноярского края, оценивалась в 279,2 млрд долл. [Assessment of climate..., 2019, p. 8].

Относительная доля зданий, построенных в условиях многолетней мерзлоты, наиболее высока в Чукотском автономном округе (92%), за ним следуют Республика Саха (85%) и Ненецкий автономный округ (75%) [Assessment of climate..., 2019, p. 11]. Считается, что изменение климатических условий ведет к существенному снижению несущей способности зданий и сооружений. По оценкам, это затронет 54% всех жилых зданий на многолетней мерзлоте общей стоимостью 20,7 млрд долл. Кроме того, таяние многолетней мерзлоты отрицательно отразится на состоянии 20% коммерческих и промышленных сооружений и 19% критической инфраструктуры общей стоимостью 84,4 млрд долл. Ожидается, что к середине XXI в. деградация многолетней мерзлоты окажет сильное негативное воздействие на инфраструктуру всех российских территорий ее распространения. Финансовая нагрузка, связанная со смягчением этих неблагоприятных последствий, колеблется от менее 0,1% ВРП в Ханты-Мансийском автономном округе и Камчатском крае до более 3% в Ненецком автономном округе, Ямало-Ненецком автономном округе, Республике Саха и Чукотском автономном округе [Assessment of climate..., 2019, p. 13].

В отличие от застройки районов многолетней мерзлоты в Северной Америке и Скандинавии, которая состоит в основном из относительно небольших жилых построек и легких промышленных объектов, в АЗРФ преобладают массивные, тяжеловесные многоквартирные дома и сооружения. Поэтому России, возможно, потребуются разработки уникальных и, вероятно, более дорогостоящих стратегий адаптации и смягчения последствий изменений многолетней мерзлоты. Такие стратегии, по крайней мере, на местном уровне уже создаются, например, в Норильске: существующие фундаменты на многолетней мерзлоте повторно используются для поддержки более легких зданий и сооружений, спроектированных в соответствии с быстро меняющимся тепловым режимом грунта [Assessment of climate..., 2019, p. 14].

Однако авторы исследования признают, что в своих оценках они не учитывают многие прямые и косвенные, а также обратные связи между климатом, многолетней мерзлотой и социально-экономическими системами,

которые могут усилить негативное экономическое воздействие таяния многолетней мерзлоты. Для уточнения оценок необходимы дополнительные исследования в более узких пространственных масштабах [Assessment of climate..., 2019, p. 14].

Для минимизации затрат на смягчение и адаптацию к изменениям, вызванным таянием многолетней мерзлоты, важное значение имеет создание долгосрочной сети ее мониторинга на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Отслеживать состояние многолетней мерзлоты также следовало бы промышленным предприятиям в рамках своей плановой и оперативной деятельности.

Авторы исследования, проведенного в штате Аляска, подчеркивают, что многие из наиболее важных экономических последствий изменения климата, затрагивающих инфраструктуру и условия жизни населения, не привязаны к какому-либо конкретному сектору экономики¹ и обусловлены сочетанием эрозии береговой линии, таяния многолетней мерзлоты, сокращения протяженности морского льда и осенних штормов. Так, было установлено, что из 31 общины, подверженной угрозе эрозии береговой линии, 7 нуждаются в частичном или полном переселении. При этом на защиту инфраструктуры, находящейся под угрозой эрозии, и перемещение общин в более безопасные места требуется 50–100 млн долл. в год [Berman, Schmidt, 2019].

Таяние многолетней мерзлоты наносит большой ущерб и не подверженной риску эрозии общественной инфраструктуре. Экономические последствия этого явления включают сокращение срока полезного использования зданий, дополнительные затраты на их техническое обслуживание, ремонт, реконструкцию и замену оборудования ранее запланированного срока. При разрыве водопроводных и канализационных сетей население дополнительно столкнется с необходимостью временно покинуть свое жилье; у них могут возникнуть и расходы, связанные с состоянием здоровья [Berman, Schmidt, 2019].

В сельской местности Аляски при крайне ограниченной инфраструктуре наземного транспорта недорогой альтернативой для перемещения людей, товаров и тяжелого промышленного оборудования в зимний период являются снег и лед. Но из-за более короткого и мягкого холодного сезона продолжительность использования ледовых дорог сокращается, растет риск движения по речному льду. Экономические последствия сокращения времени сухопутных зимних перевозок проявляются в повышении издержек добывающих отраслей и сельских домохозяйств. К другим последствиям относятся упущенная экономическая активность и повышенный риск зимних путешествий [Berman, Schmidt, 2019].

¹ Основные экономические виды деятельности на Аляске – нефтедобыча, промышленное рыболовство и природный туризм.

В то же время исследование показало, что негативные экономические последствия таяния многолетней мерзлоты и береговой эрозии можно частично компенсировать за счет снижения затрат на отопление помещений в условиях более мягких зим. Потепление за последние несколько десятилетий уже позволило экономить на отоплении домохозяйствам, бизнесу и правительствам по меньшей мере 100 млн долл. в год и, вероятно, позволит экономить столько же в течение следующих 35 лет. За этот же период средние годовые чистые затраты, связанные с потеплением, составят 340–700 млн долл., или 0,6–1,3% ВРП Аляски, т.е. изменение климата окажет на экономику штата относительно скромное негативное воздействие [Berman, Schmidt, 2019].

В то же время авторы подчеркивают, что положительный и отрицательный экономические эффекты таяния многолетней мерзлоты распределяются по территории Аляски неравномерно. Небольшие сельские общины на северном побережье, подверженном береговой эрозии, нестабильной многолетней мерзлоте или и тому и другому одновременно, столкнутся с выбором между дорогостоящими вариантами защиты инфраструктуры от ущерба и переездом на более безопасные территории. Более населенные центральные и южные районы штата, где многолетняя мерзлота в основном отсутствует, а береговая эрозия, как правило, выражена слабее, ощутят положительное влияние более мягкого климата при небольших негативных последствиях для инфраструктуры [Berman, Schmidt, 2019].

Изменение климата создает не только экономические выгоды и потери, но и победителей и проигравших. Поэтому при реализации политики, направленной на уменьшение последствий и облегчение адаптации к изменению климата, необходимо предусмотреть возможность увеличения вклада выигрывающих от изменения климата в финансирование дорогостоящих мер по адаптации проигравших [Berman, Schmidt, 2019].

По оценкам МГЭИК, прогнозируемые совокупные расходы, связанные с ущербом, наносимым климатическими изменениями общественной инфраструктуре штата Аляска, в 2015–2099 гг. при сравнительно высоких выбросах ПГ составят 5,5 млрд долл. Основные потери будут связаны с затоплением дорог в результате увеличения количества осадков и повреждением зданий из-за таяния многолетней мерзлоты. При сокращении выбросов ПГ в глобальном масштабе и более мягким сценарии величина ущерба снизится, а соответствующие расходы за тот же период уменьшатся на 24% (до 4,2 млрд долл.) [The ocean..., 2019, р. 3-76].

Считается, что в АЗ в целом примерно 70% инфраструктуры (жилых, транспортных и промышленных объектов), включая более 1200 населенных пунктов, в том числе примерно 40 поселений с населением более 5 тыс. человек, расположены в районах, где многолетняя мерзлота при сравнительно высоких выбросах ПГ может растаять к 2050 г. Наибольшей опасности подвергаются регионы, находящиеся в зоне неустойчивого

таяния, характеризующиеся относительно высоким содержанием грунтового льда и толстыми морозоустойчивыми отложениями. К 2050 г. в этих зонах будет находиться треть существующей арктической инфраструктуры. В АЗРФ в зоне наибольшей опасности находится 45% эксплуатируемых месторождений нефти и природного газа на суше [The ocean..., 2019, р. 3-76].

Таяние наземных ледников ведет к повышению уровня Мирового океана. Причем этот процесс идет более быстрыми темпами, чем предсказывают современные климатические модели. С начала спутниковых наблюдений в 1990-х годах только за счет таяния Гренландского ледяного щита¹ он поднялся на 10,6 мм. При неблагоприятном развитии ситуации к 2100 г. в результате таяния ледяных щитов Арктики и Антарктики уровень Мирового океана повысится в среднем еще на 179 мм. Однако его повышения на 150 мм достаточно для удвоения частоты штормовых нагонов на западном побережье Северной Америки и в Европе [Slater, Hogg, Mottran, 2020, р. 879]. Это подвергает опасности жизнь миллионов людей, особенно в крупнейших прибрежных городах мира.

Влияние потепления и роста экономической активности в Арктике на окружающую среду

Потепление в Арктике оказывает существенное и часто разнонаправленное воздействие на морские и прилегающие наземные экосистемы. Один из наиболее ярких примеров – сокращение протяженности морского льда. С одной стороны, оно, способствуя росту фитопланктона, который, в свою очередь, повышает концентрацию зоопланктона (мелких рыб и ракообразных), служащего пищей тюленям и китам. В результате расширяет ареал обитания гренландского кита (*Balaena mysticetus*) и других малоподвижных китов, а также ластоногих млекопитающих. С другой стороны, сокращение протяженности морских льдов ускоряет темпы потепления в регионе, что негативно отражается на всех полярных экосистемах.

Сокращение протяженности морских льдов особенно сказывается на перемещении, питании и жизненном цикле арктических морских млекопитающих (АММ). В результате сдвига в сторону более раннего весеннего вскрытия морского льда увеличивается смертность детенышей гренландского тюленя (*Pagophilus groenlandicus*) и кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) [The polar regions..., 2019]. Тихоокеанские моржи (*Odobenus rosmarus divergens*) вынуждены в отсутствие летнего морского льда устраивать лежбища на суше, нередко на скалах. Но прыжки со скал часто оказываются для моржей смертельными. Они не только погибают сами, но и давят

¹ Только в 2019 г. Гренландский ледяной щит потерял рекордные за всю историю измерений 600 млрд т льда [Уласович, 2020].

своих сородичей. Так, на мысе Шмидта на Чукотке осенью 2017 г. была зафиксирована гибель порядка 250 моржей [Ковылин, 2019]. Кроме того, находясь на ограниченных участках суши, моржи из-за большой скученности вытаптывают свое потомство.

Кумулятивное негативное воздействие на АММ оказывает увеличение активности человека в морских и прибрежных зонах Арктики (разработка нефтяных и газовых месторождений на шельфе, трансарктическое судоходство) [The polar regions..., 2019].

За последние десятилетия в Арктике также существенно изменились ареалы распространения ряда видов рыб. Так, с 1997 по 2016 г. общая площадь, занимаемая атлантической скумбрией (*Scomber scombrus*) в период летнего кормления, увеличилась с 0,4 до 2,5 млн км². Мигрирующие с юга быстро растущие хищные рыбы вытесняют мелкие, медленно растущие арктические виды рыб на север и восток. С 1993 г. сокращение ареала арктических видов рыб и расширение ареала субарктических видов наблюдается в Баренцевом и Беринговом морях [The ocean..., 2019, р. 3-71].

Потепление климата и связанные с ним изменения разрушают среду обитания белых медведей (*Ursus maritimus*) и уменьшают их кормовую базу. Все более ограничивающиеся возможности добычи пищи на льду вынуждают белых медведей дольше находиться на суше. При перемещении по более слабому морскому льду или открытой воде у животных повышается потребность в энергии, которую трудно удовлетворить. Они также подвергаются стрессу от летнего голодания. В конечном итоге это приводит к снижению выживаемости и сокращению численности популяции.

На суше АЗ климатические изменения приводят к масштабным пространственным трансформациям, выражаящимся в перемещении границ тундры и бореальных лесов (тайги) к северу и сокращению их площади. По прогнозам, климатические зоны Сибири к концу века сдвинутся к северу на 600 км [Laruelle, 2020, р. 25], а ареал распространения большинства типов тундр уменьшится как минимум на 50% уже к 2050 г. [The ocean..., 2019, р. 3-68]. Параллельно в этих климатических зонах идут процессы «озеленения» (greening), т.е. распространения кустарников и деревьев на ранее безлесные территории тундры, и замещения хвойных пород (в основном ели) на южной окраине тайги широколиственными деревьями и кустарниками¹. Происходит также «потемнение» почвы (browning) в основном в таежной зоне около промышленных городов в результате химических загрязнений, связанных с добывающими и промышленными производствами, транспортной деятельностью, функционированием городского хозяйства [Laruelle, 2020, р. 25].

¹ Тенденция к разрастанию лиственных лесов за счет хвойных уже просматривается в России и на Аляске [The ocean..., 2019, р. 3-68].

При нынешних более теплых и сухих условиях не только в таежной, но и в тундровой зоне, которая веками не испытывала крупномасштабных нарушений, все чаще фиксируются интенсивные пожары, которые приводят к изменениям в составе растительности и ускоряют деградацию многолетней мерзлоты, а также служат источником дополнительных выбросов ПГ в атмосферу. Смена травянистой и осоковой растительности тундры более легковоспламеняющейся кустарниковой и древесной может еще больше увеличить запасы «топлива» для пожаров. Кроме того, потепление способствует распространению насекомых, наносящих вред растительности.

Как показывают фенологические¹ исследования, под влиянием изменения климата во всей АЗ удлинился вегетационный период растений и сократился период их цветения. В итоге нарушается синхронность взаимодействия между видами разного трофического уровня, входящими в одну пищевую цепь. Так, снижение синхронности между вылуплением потомства некоторых гнездящихся в Арктике куликов и пиком доступности кормовых насекомых замедляет рост птенцов. В то же время некоторым видам животных, например овцебыкам (*Ovibos moschatus*), которые обычно дают потомство до появления кормовых растений, более раннее начало вегетационного периода идет на пользу. Изменения времени наступления сезонных высоких и низких температур меняют также характер миграции птиц [The polar regions..., 2019].

В целом ожидается, что потепление в Арктике повлияет на численность и выживаемость одних видов и расширение ареала обитания других, а также на взаимодействие видов в регионе. При этом прогнозируется приток в АЗ субарктических видов и усиление их конкуренции с эндемичными арктическими видами [The polar regions..., 2019]. В европейской части АЗ изменение климата вызывает масштабные структурные трансформации, приводящие к «атлантизации» арктических биологических сообществ [The ocean..., 2019, р. 3-71–3-72].

Влияние потепления на условия жизни коренных народов Севера

В настоящее время в Арктике проживают более 4 млн человек, примерно 10% из которых являются коренными жителями. Доля городского населения в 2016 г. составляла от 80 (Россия) до 26,5% (Фарерские острова), средний уровень урбанизации – 69% [Замятина, Гончаров, 2020, с. 72]. Во всех арктических странах наблюдается отток коренного населения в города. Но в сельской местности коренное население продолжает традиционную деятельность и придерживается сложившегося веками образа

¹ Фенология – наука, изучающая влияние сезонных изменений климатических условий на жизненные циклы растений и животных.

жизни. Он основан на тесной связи с ОС, которая определяет культуру и практики перемещения, охоты, рыболовства и собирательства. Однако изменения климата вынуждают местное население учитывать и, так или иначе, адаптировать традиции к происходящим вокруг переменам.

В условиях Арктики большой культурной и социально-экономической ценностью обладают северные олени. Более позднее установление зимних дорог, переправ и путей миграции оленевых стад вынуждает животных передвигаться по недостаточно промерзшей почве. Это приводит к травмам конечностей оленей и развитию некробактериоза (копытки), который может убить животное [Коренные народы Севера..., 2017].

В периоды зимнего потепления, сопровождающегося сильными дождями со снегом, пастбища покрываются льдом, и олени погибают от голода. Самый крупный зарегистрированный эпизод падежа оленей произошел в 2013–2014 гг. Только на полуострове Ямал, где численность оленей, принадлежащих кочевым оленеводам-ненцам, составляет примерно 340 тыс., погибло около 61 тыс. оленей. В летний период на перемещение людей и оленей по сухе оказывают влияние таяние многолетней мерзлоты, нестабильность ландшафта, пожары и изменение уровня воды [The polar regions..., 2019]. Все это повышает риск получения травм или гибели во время перемещений по региону.

Обеспечение продовольствием северных общин тесно переплетено с природными экосистемами. Изменение среды обитания, а также сокращение популяций диких животных, птиц и рыб серьезно отражается на продовольственной и водной безопасности коренного населения. Так, АММ являются для коренных жителей источником пищи, поэтому сокращение их численности непосредственно затрагивает местные общины [The polar regions..., 2019]. Более продолжительные сезоны открытой воды и ухудшение ледовых условий на озерах влияют на рыболовство и охоту на водоплавающих птиц.

Таяние многолетней мерзлоты снижает ее надежность как естественного «холодильника», что в некоторых случаях приводит к снижению доступа и сокращению потребления местных продуктов. Сочетание изменений климата с процессами глобализации в конечном итоге способствует замене традиционных продуктов питания импортными. В свою очередь, это влечет за собой появление новых, не характерных для местного населения заболеваний [The ocean..., 2019, р. 3-74]. Еще одной проблемой для теплеющей Арктики являются пищевые заболевания, связанные с накоплением загрязняющих веществ в основных видах пищи. Например, гастроэнтерит пищевого происхождения ассоциируется с моллюсками, добываемыми из теплых вод.

Многие северные сообщества берут питьевую воду из прудов, ручьев и озер. Однако изменения в гидрологии могут ухудшить условия водоснабжения, поскольку поверхностные воды уязвимы для термокар-

стовых явлений, а также бактериального загрязнения, риски которого возрастают в связи с повышением температуры грунта и воды.

Экономика АЗ характеризуется сочетанием натурального хозяйства и различных видов деятельности, приносящих денежные доходы. При этом соотношение разнообразных натуральных и рыночных форм хозяйствования весьма изменчиво (высоковариабельно). В результате более или менее точно определить степень и характер воздействия изменения климата на жизнь и возможные направления деятельности (охоту, рыболовство, добычу ресурсов, туризм и транспорт) в Арктике в целом не представляется возможным.

Заключение

Многочисленные исследования показывают, что потепление в Арктике, происходит по крайней мере в 2 раза быстрее, чем на планете в целом. В результате за последние десятилетия значительно ускорились такие процессы, как сокращение протяженности морских льдов в Северном Ледовитом океане, таяние многолетней мерзлоты, пространственная трансформация климатических зон и др. Это влияет на общую стабильность климата как в самой Арктике и северном полушарии, так во всем мире.

Сложность и многообразие связей между социально-экономической системами и ОС предопределяют вероятностный характер прогнозов и оценок трансформаций как каждой из систем, так и взаимодействий между ними. Поэтому к прогнозам относительно развития АЗ следует относиться с большой осторожностью. Достаточно сравнить оценки ежегодных расходов мирового сообщества, связанных с потеплением в Арктике. По одним оценкам, между 2010 и 2100 гг. они составят 7,5–91,3 трлн долл. (разрыв впечатляет). При соблюдении участниками ПС его условий – 67 трлн долл. в течение следующих трех столетий. Согласно одному из наиболее экстремальных сценариев, учитывающему резкий выброс в атмосферу метана из газогидратов (мнения специалистов о самой возможности такого сценария расходятся), потепление в АЗ обойдется мировой экономике примерно в 60 трлн долл. в течение следующих двух столетий [Alvarez, Yumashev, Whiteman, 2020, р. 413–414].

Обусловленная потеплением интенсификация экономического развития Арктики потенциально может привести к трансформации некоторых секторов экономики за счет изменения цен на сырьевые товары, торговых и транспортных моделей. В конечном итоге одни страны мира выиграют от потепления в Арктике, другие проиграют. Масштабы социально-экономических последствий, связанных с климатическими изменениями в Арктике, крайне неопределенны. Однако, учитывая глобальный и системный характер взаимосвязи социально-экономической системы

с климатом АЗ, можно предположить, что экономические издержки потепления в регионе могут перевесить его экономические выгоды.

Кроме того, развитие хозяйственной деятельности в АЗ может усилить ряд негативных экологических последствий потепления (загрязнение Северного Ледовитого океана, прибрежной зоны и атмосферы продуктами человеческой деятельности, в частности черным углеродом¹, промышленными и бытовыми отходами). Это ведет к дальнейшим изменениям арктической биоты, повышению рисков разного рода техногенных аварий, ухудшению условий жизни коренных народов и т.д.

В целом будущее АЗ (как, впрочем, и планеты в целом) во многом зависит от активных коллективных действий международного сообщества, направленных на достижение целей ПС. Именно они могут, если не устраниТЬ, то хотя бы снизить риски и негативные последствия изменений климата.

Список литературы

1. Арктика – «кухня» погоды / Фонд Росконгресс. – 2019. – 09.04. – URL: <https://roscongress.org/news/arktika-%C2%ABkuhnja%C2%BB-pogody/> (дата обращения: 29.08.2020).
2. Арктический туризм – новые вызовы для бизнеса // Коммерсантъ. – 2020. – 04.07. – URL: <https://www.kommersant.ru/conference/645> (дата обращения: 18.11.2020).
3. ВМО: в Арктике из-за потепления значительно уменьшилась площадь морского льда // ТАСС. – 2020. – 24.09. – URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/9537643> (дата обращения: 30.09.2020).
4. Волков А.В. Минеральное богатство Арктики // Go Arctic. – 2019. – 22.08. – URL: <https://goarctic.ru/work/mineralnoe-bogatstvo-arktiki/> (дата обращения: 05.09.2020).
5. Глобальная климатическая угроза и экономика России: в поисках особого пути / Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. – 2020. – 69 с. – URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Clim ate_Primer_RU.pdf (дата обращения: 13.10.2020).
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 97 с. – URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2020/o-klimate-rf-2019.pdf> (дата обращения: 13.10.2020).
7. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). – Санкт-Петербург; Саратов: Амирит, 2020. – 120 с. – URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2020/dokladRGM.pdf> (дата обращения: 01.10.2020).

¹Черный углерод, основным компонентом которого является сажа, образуется при неполном сгорании топлива в дизельных двигателях, при лесных пожарах, сжигании древесины в печах и т.д. Сажа ухудшает качество воздуха, а ее попадание на снег и лед приводит к значительному снижению альбедо покрытых снегом и льдом поверхностей, что способствует усилению их таяния.

8. Замятин Н.Ю., Гончаров Р.В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – Москва, 2020. – № 4. – С. 69–82.
9. Итоги V Международного арктического форума «Арктика – территория диалога» / РОСКОНГРЕСС. – 2019. – 17 с. – URL: https://roscongress.org/upload/medialibrary/f14/itogi-v-mezhdunarodnogo-arkticheskogo-foruma_rus.pdf (дата обращения: 05.09.2020).
10. К 2035 году Россия должна занять более 20% мирового рынка СПГ – Новак // Финам. – 2020. – 10.11. – URL: <https://www.finam.ru/analysis/newsitem/k-2035-godu-rossiya-dolzhna-zanyat-bolee-20-mirovogo-gunka-spg-novak-20201110-140015/> (дата обращения: 15.11.2020).
11. Как меняется климат Арктики? // Научная Россия. – 2020. – 20.01. – URL: <https://scientificrussia.ru/articles/kak-menyaetsya-klimat-arktiki> (дата обращения: 15.08.2020).
12. Ковылин В. Сотни моржей падают со скал на Чукотке из-за глобального потепления // Batrachospermum Magazine. – 2019. – 22.04. – URL: <http://batrachospermum.ru/2019/04/walrus-fall/> (дата обращения: 15.09.2020).
13. Коллинз Дж. Арктика в период геополитических перемен: оценка и рекомендации // Россия в глобальной политике. – 2017. – 06.10. – URL: <https://globalaffairs.ru/articles/arktika-v-period-geopoliticheskikh-peremen-oczenka-i-rekomendacii/> (дата обращения: 29.10.2020).
14. Коренные народы Севера рассказали о проблемах из-за изменения климата // ТГУ. Новости. – 2017. – 14.11. – URL: http://www.tsu.ru/news/korennye-narody-severa-rasskazali-o-slozhnostiakh-/?phrase_id=197913 (дата обращения: 04.11.2020).
15. Михаил Железняк: РФ теряет ежегодно около 11 кв. км суши из-за таяния вечной мерзлоты // ИА Оружие России. – 2020. – 12.08. – URL: <https://www.arms-expo.ru/news/incidents-and-crime/mikhail-zheleznyak-rf-teryaet-ezhegodno-okolo-11-kv-km-sushi-iz-zatayaniya-vechnoy-merzloty/> (дата обращения: 12.10.2020).
16. «Росатом»: транзит по Севморпути вырастет более чем в 4 раза // Деловой Петербург. – 2020. – 26.06. – URL: https://www.dp.ru/a/2020/06/26/Rosatom_tranzit_po_Sevmo (дата обращения: 09.09.2020).
17. Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // КонсультантПлюс. – 2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (дата обращения: 03.11.2020).
18. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // ГАРАНТ. РУ. – 2020. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (дата обращения: 10.10.2020).
19. Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями) // ГАРАНТ.РУ – URL: <http://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 10.10.2020).
20. Уласович К. Скорость таяния Гренландского ледяного щита обогнала скорость прироста массы // N+1. Новости. – 2020. – 14.08. – URL: <https://nplus1.ru/news/2020/08/14/warming-greenland-ice-sheet-passes-point-of-no-ret> (дата обращения: 10.09.2020).

21. Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» // КонсультантПлюс. – 2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_357078/ (дата обращения: 02.11.2020).
22. 2020 est en passe de devenir l'une des trois années les plus chaudes jamais enregistrées / WMO. – 2020. – 02.12. – URL: <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/2020-est-en-passe-de-devenir-l%E2%80%99une-des-trois-ann%C3%A9es-les-plus-chaudes> (дата обращения: 10.12.2020).
23. Alvarez J., Yumashev D., Whiteman G. A framework for assessing the economic impacts of Arctic change // *A j. of the human environment*. – 2020. – Vol. 49, N 2. – P. 407–418. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-019-01211-z> (дата обращения: 30.09.2020).
24. Arctic Sea Ice in CMIP6 / SIMIP Community // *Geophysical Research Letters*. – 2020. – Vol. 47, N 10. – P. 1–11. – URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019GL086749> (дата обращения: 09.10.2020).
25. Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost / Streletskiy D.A., Suter L.J., Shiklomanov N.I., Porfiriev B.N., Eliseev D.O. // *Environmental research letters*. – 2019. – Vol. 14, N 2. – P. 1–15. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaf5e6/pdf> (дата обращения: 13.10.2020).
26. Baccaro S., Descamps Ph. Géopolitique du brise-glace // *Le monde diplomatique*. – P., 2020. – P. 14–15. – URL: <https://www.monde-diplomatique.fr/2020/04/BACCARO/61587> (дата обращения: 21.08.2020).
27. Berman M., Schmidt J.I. Economic effects of climate change in Alaska // *Weather, climate, and society*. – 2019. – Vol. 11. – URL: <https://journals.ametsoc.org/wcas/article/11/2/245/107447/Economic-Effects-of-Climate-Change-in-Alaska> (дата обращения: 14.11.2020).
28. Biskaborn B.K., Smith Sh.L., Lantuit H. Permafrost is warming at a global scale // *Nature communications*. – 2019. – 16.01. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-08240-4> (дата обращения: 12.10.2020).
29. Escudé-Joffres C. Les régions de l'Arctique entre États et sociétés // *Géoconfluences*. – 2019. – URL: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/arctique/articles-scientifiques/regions-arctiques-entre-etats-et-societes> (дата обращения: 21.08.2020).
30. Laruelle M. La politique arctique de la Russie: une stratégie de puissance et ses limites. Note de l'IFRI. Russie. Nei. Visions 117. – P.: IFRI, 2020. – 29 p. – URL: <https://www.ifri.org/fr/publications/notes-de-lifri/russienvisions/politique-arctique-de-russie-une-strategie-de-puissance> (дата обращения: 18.11.2020).
31. Lasserre F. La course à l'appropriation des plateaux continentaux arctiques, un mythe à déconstruire // *Géoconfluences*. – 2019. – 18.09. – URL: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/articles/la-course-a-l-arctique-un-mythe> (дата обращения: 10.10.2020).
32. Mered M. Bonnes feuilles: Arctique, un espace cryogéopolitique? // *The conversation*. – 2019. – 10.12. – URL: <https://theconversation.com/bonnes-feuilles-arctique-un-espace-cryogeopolitique-127526> (дата обращения: 30.08.2020).
33. Slater Th., Hogg A.E., Mottram R. Ice-sheet losses track high-end sea-level rise projections // *Nature Climate Change*. – 2020. – Vol. 10. – P. 879–888. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0893-y> (дата обращения: 31.10.2020).

34. Source apportionment of circum-Arctic atmospheric black carbon from isotopes and modeling / Winiger P., Barrett T.E., Sheesley R.J., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Charkin A., Shakhova N. // *Science Advances*. – 2019. – Vol. 5, N 2. – URL: <https://advances.sciencemag.org/content/5/2/eaau8052> (дата обращения: 07.11.2020).
35. Stephen K. Arctique: la confrontation est-elle inévitable? // *Pour la science*. – 2020. – URL: <https://www.pourlascience.fr/sd/science-societe/arctique-la-confrontation-est-elle-inevitable-18732.php> (дата обращения: 05.11.2020).
36. The ocean and cryosphere in a changing climate / IPCC. – 2019. – 1170 p. – URL: https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf (дата обращения: 01.10.2020).
37. The polar regions in a 2°C warmer world / Post E., Alley R.B., Christensen T.R., Macias-Fauria M., Forbes B.C. // *Science advances*. – 2019. – Vol. 5, N 12. – URL: <https://advances.sciencemag.org/content/5/12/eaaw9883> (дата обращения: 22.08.2020).