

Раздел 6

**СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,
СОХРАНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИМИ
РЕСУРСАМИ В АРКТИКЕ**

В. Г. Дмитриев

Актуальные задачи международного экологического сотрудничества в Арктике: научные аспекты

Научные аспекты международного экологического сотрудничества

Решение острых экологических проблем глобального характера входит в число общих интересов России и интересов других государств по многим проблемам международной безопасности. Сохранение и оздоровление окружающей среды относится к национальным интересам России в экологической сфере [Концепция национальной безопасности, 2000].

Стратегическим приоритетом государственной политики в Арктике Россия считает укрепление на двусторонней основе и в рамках региональных организаций, в том числе Арктического совета и Совета Баренцева/Евроарктического региона, добрососедских отношений России с приарктическими государствами, активизацию экономического, научно-технического, культурного взаимодействия, а также приграничного сотрудничества, в том числе в области эффективного освоения природных ресурсов и сохранения окружающей природной среды в Арктике [Основы, 2008].

Обеспечение экологической безопасности как компоненты устойчивого развития на всех уровнях требует, безусловно, междисциплинарного подхода, объединяющего природные, антропогенные, природно-хозяйственные, эколого-экономические, производственные, социальные, общественные территориальные системы и структуры на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях, а также государственное планирование, контроль, мониторинг, экспертизу экологических составляющих всех форм хозяйственной деятельности, образование, просвещение и здоровье населения, демографические процессы и др.

Рациональное использование природных ресурсов, воспитание экологической культуры населения, предотвращение загрязнения природной среды за счет повышения степени безопасности технологий, связанных с захоронением и утилизацией токсичных промышленных и бытовых отходов, создание и внедрение безопасных производств, поиск способов практического использования экологически чистых источников энергии, принятие неотложных природоохранных мер в экологически опасных регионах Российской Федерации как основные направления инновационной модели экономического роста должны опираться на строгий научный фундамент.

Применительно к Арктике следует подчеркнуть, что необходимость научных исследований и разработка принципов и методов, направленных на снижение экологической нагрузки на акватории Мирового океана, внутренних морских вод Российской Федерации отмечена в действующей редакции Морской доктрины Российской Федерации как необходимое условие обеспечения реализации и защиты национальных интересов Российской Федерации в области морской деятельности достижениями отечественной морской науки, фундаментальными и прикладными исследованиями и разработками, связанными с морской деятельностью в Мировом океане [Морская доктрина, 2001].

В проекте новой редакции Морской доктрины вопросам экологической безопасности уделено еще больше внимания: проведение комплексных морских научных исследований Российской Федерации, развитие систем мониторинга за экологическим состоянием приморских территорий и морской природной среды прибрежных акваторий и использование экосистемного подхода, рассматривающего морскую среду как единое целое, а происходящие в ней процессы во взаимосвязи, сформулированы как принципы национальной морской политики.

Научные организации, как правило, проводят исследования по широкому кругу вопросов — от состояния окружающей природной среды до условий жизнедеятельности населения полярных стран. Активно действует принцип междисциплинарности исследований. Основным потребителем результатов научной деятельности выступают государственные органы управления, используя полученные рекомендации при принятии решений в сфере управления природными ресурсами и регулирования международных отношений. Потребителями результатов научной деятельности выступают также и хозяйствующие субъекты в различных отраслях экономики.

Институты и другие организации полярных стран уделяют большое внимание ознакомлению широких слоев своего населения с проблемами полярных территорий, способствуя повышению общественного понимания значимости полярных наук. Активная позиция стран в области исследований Арктики повышает их международную роль как циркумполярных наций. Большой объем работ проводится в интересах сбора и накопления первичных данных, разрабатываются технологии управления данными.

Серьезное внимание уделяется вопросам координации политики и конкретных программ в области проблем окружающей среды в интересах федеральных правительств, участию в международных исследовательских программах. Значительный объем работ связан с проведением экспедиций и оказанием логистических услуг с учетом необходимости использования судов, авиации, специального наземного транспорта.

Определенный интерес проявляется к сочетанию проблем образования, искусства, науки и технологий. Большое внимание уделяется поддержке молодых ученых и подготовке научных кадров.

Целями научных исследований служат увеличение объема знаний и понимания Арктики как внутри региона, так и во взаимодействии с неарктическими районами и поддержка системы принятия решений и устойчивого развития Арктики (выработка компетентных рекомендаций по вопросам развития и политики в области проблем окружающей природной среды). Исследования носят как фундаментальный, так и прикладной характер.

Международная координация научных исследований Арктики может осуществляться по следующим основным направлениям:

- гидрометеорологические и геофизические условия арктических областей;
- геологическая история и литосфера арктических районов;
- проблемы наблюдательной сети и управление данными;
- геодезические и картографические работы;
- наземные и морские льды Арктики;
- наземные и морские экосистемы Арктики;
- народы и социально-экономическое развитие арктических регионов.

В состав научных задач, в соответствии с [Некипелов, 2011], входят:

- оценка последствий климатических изменений для Арктической зоны России с целью адаптации к этим изменениям и рационального использования Северного морского пути;

- оценка и прогнозирование состояния и качества морских вод, морского ледяного покрова, вод суши Арктического бассейна в условиях климатических изменений и интенсификации антропогенной нагрузки;
- разработка научных основ мониторинга акватории и территории Арктики, особенно шельфа, с целью своевременного выявления гидрометеорологических и экологических опасностей;
- оценка и прогноз риска и угроз таяния вечномёрзлых грунтов для природных экосистем, населенных пунктов и инженерных сооружений. Оценка эмиссии парниковых газов, подготовка рекомендаций по ее снижению в регионах;
- оценка инженерно-геологических условий возведения и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса в условиях Арктики.

Международный полярный год 2007/08: уникальный опыт международного экологического сотрудничества

Беспрецедентным по масштабам примером международного сотрудничества в Арктике в начале XXI в. стал Международный полярный год, проведенный в период с 1 марта 2007 г. по 1 марта 2009 г. (МПП 2007/08).

Эта крупнейшая научная программа современности (в ней принимало участие около 50 тыс. специалистов из 63 стран [Итоги МПП 2007/08, 2013]) включала следующие задачи: оценить и понять изменения окружающей среды и состояния народонаселения в полярных регионах в прошлом, настоящем и будущем; улучшить понимание связей и взаимодействия во всех масштабах между полярными регионами и остальной частью планеты; исследовать новые рубежи науки в полярных регионах; использовать уникальное положение полярных регионов и улучшить сеть научных полярных станций, изучающих процессы, происходящие на Земле, на Солнце и в космосе; изучить культурные, исторические и социальные процессы, формирующие устойчивость циркумполярных человеческих сообществ, и определить их уникальный вклад в разнообразие общечеловеческой культуры и общества.

Основной целью проведения МПП 2007/08 было определение современного состояния и возможностей прогнозирования буду-

щих изменений климата и окружающей среды полярных районов и их влияния на социально-экономическое развитие. МПГ был направлен на получение новых данных о характере процессов на суше, в океане, атмосфере и околоземном космическом пространстве полярных областей Земли. Для этого были организованы синхронные наблюдения на больших пространствах океана, прилегающей суши и в атмосфере высоких широт. Впервые в программу МПГ были включены социальные и гуманитарные исследования по изучению качества жизни населения Арктического региона и его зависимости от изменений климата и окружающей среды.

Проведение МПГ 2007/08 было необходимо в связи с настоятельной потребностью всесторонней оценки протекающих в современный период в полярных областях природных и техногенных процессов и их влияния на климатическую систему Земли, что возможно только при кооперации заинтересованных государств, с использованием современных наблюдательных технологий и с привлечением ведущих научных коллективов. Российские интересы в проведении МПГ определялись, в первую очередь, необходимостью экономического развития Арктического региона, освоения новых запасов ресурсного потенциала, рационального природопользования и решения проблем коренных народов Крайнего Севера.

Впервые в истории Международных полярных лет в программу МПГ 2007/08 были включены исследования и работы социальной направленности по обследованию окружающей среды, оказывающей влияние на качество жизни населения Арктического региона.

В период проведения работ по проектам и программам МПГ особое внимание уделялось вопросам загрязнения окружающей природной среды полярных регионов и его влияния на экосистемы полярных районов. Проводились обширные экспедиционные работы по изучению состояния популяций и их реакции на климатические и антропогенные изменения в экосистемах полярных районов.

Широкий спектр работ в области исследования наземных и морских экосистем включал, в частности, изучение загрязнения полярной атмосферы в приполюсных районах, поступления стойких техногенных токсикантов в окружающую среду и распределения их по трофическим цепям. Проводилось изучение численности и ареалов животных и растений в полярных областях в условиях меняющегося климата и хозяйственного освоения Севера, изуче-

ние процессов переноса и накопления радиоактивных и стабильных загрязнителей в ландшафтах Кольского региона, в водах и донных осадках прибрежной зоны Баренцева моря с целью оценки воздействия на окружающую среду ядерно-радиационных объектов, связанных с деятельностью атомного флота, геохимические и биотические критерии устойчивости полярных ландшафтов.

Исследования современных тенденций изменения биоты Арктики в условиях меняющегося климата и окружающей среды представляют особую ценность как для науки в целом, так и для решения многих насущных природохозяйственных задач страны.

В программах МПГ большое место занимали работы по оценке социально-экономических последствий изменений состояния окружающей природной среды полярных регионов, прежде всего влияющих на жизнедеятельность коренных народов Арктики, для обеспечения рационального природопользования и других видов деятельности и выработки рекомендаций по учету условий меняющегося климата и состояний окружающей природной среды в интересах устойчивого социально-экономического развития в Арктике.

Итоги научных исследований Международного полярного года 2007/08 в части улучшения качества жизни населения убедительно показали необходимость строго дифференцированного подхода к вопросам качества жизни в различных регионах страны и, в частности, к организации здравоохранения.

Основные результаты исследований периода МПГ 2007/08 в области экологии отражены в работах [Наземные и морские экосистемы, 2011; Проблемы здравоохранения, 2011; Krupnik, 2011].

Во многом благодаря МПГ в нашей стране приняты важные стратегические решения по развитию деятельности России в высоких широтах, включая Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу, Стратегию деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 г. (с учетом аспектов изменения климата), Климатическую доктрину Российской Федерации на период до 2020 г. и др.

Экологические инициативы Арктического совета

К сфере активности Арктического совета относится и деятельность Рабочей группы по реализации Программы арктиче-

ского мониторинга и оценки (ПАМО), целью которой в настоящее время является «предоставление достоверной и достаточной информации о состоянии арктической среды и стоящими перед ней угрозами, а также предоставление научных рекомендаций по поводу действий, которые необходимо предпринять в целях поддержки правительств арктических стран в их усилиях по очистке среды от загрязнителей и предотвращении загрязнения» [Рабочая группа].

ПАМО отвечает за измерение уровней и оценку воздействия антропогенных загрязнителей на все элементы арктической среды, включая человека; документирование тенденций загрязнения; документирование источников и путей загрязнения; изучение воздействия загрязнения на арктическую флору и фауну, особенно используемых коренными народами; составление докладов о состоянии арктической среды и рекомендаций министрам по приоритетным действиям, которые необходимо предпринять для улучшения состояния Арктики.

Группой подготовлен доклад «Загрязнение Арктики ртутью — 2011», выполнен проект «Снег, вода, лед и вечная мерзлота в Арктике» и технический отчет о саже в Арктике. Ближайшим отчетом ПАМО будет оценочный доклад по закислению Северного Ледовитого океана.

Как отмечено в [Цатуров, 2012], проект «Снег, вода, лед и вечная мерзлота в Арктике» подтвердил важность изменений в снежном покрове, морском и материковом льде Арктики, вызванных климатическим воздействием, и их глубоких последствий для местного, регионального и мирового сообщества. Совокупность влияния изменяющейся криосферы, изменений климата и быстрого освоения Арктики создает политические вызовы для арктических сообществ, а также для мирового сообщества. Традиционный уклад жизни наиболее уязвим при изменениях в криосфере. Необходимо сотрудничество и скоординированные усилия на всех уровнях для реагирования на изменения и повышения способности к адаптации экосистем и населения Арктики.

Деятельность ПАМО являет собой яркий пример активного международного сотрудничества. Так, в последнем опубликованном обзоре изменений климата в Арктике с оценкой возможных последствий принимало участие более 220 специалистов из 8 стран, из них более 30 — из России [АМАР, 2012].

Морская деятельность

Особо следует отметить, что Стратегией развития морской деятельности России к области экологического риска отнесено возрастающее антропогенное загрязнение морских акваторий [Стратегия развития морской деятельности, 2010].

Стабильное функционирование морских объектов в Арктике зависит от многочисленных опасностей и связанных с ними опасных событий, источником которых, в первую очередь, выступают экстремальные природные явления (дрейфующий лед, айсберги, брызговое обледенение) и климатические аномалии.

Морской транспорт всегда был одним из существенных источников экономического и социального развития страны. При осуществлении морских транспортных операций, включая поисково-спасательные и судоподъемные операции, имеют значение два фактора: безопасность и экономическая эффективность, которые, в значительной степени, зависят от характера погоды и состояния поверхности моря. Подсчитано, что около 30% всех судов несут потери из-за погодных условий.

Суда, выполняющие рейсы различного назначения в морях и океанах, всегда были и будут уязвимы к неблагоприятным условиям погоды и состоянию поверхности морей и океанов. Морские суда наиболее чувствительны к ветроволновым условиям. Экстремальные значения скорости ветра и высот волн увеличивают риск для судов и экипажа.

Менее экстремальные условия ветра и волнения хотя и не содержат прямой угрозы судну, однако снижают экономические показатели флота за счет увеличения расхода топлива и приносимого вреда грузам и судну.

Степень неблагоприятных последствий от опасного явления (масштабы бедствия) связана, при прочих равных условиях, с экономическими и социальными факторами, с информированностью населения о возможных опасных явлениях и инцидентах, наличием или отсутствием системы защиты, с оперативностью мер по преодолению последствий происшедшего явления.

Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации в целях эффективного использования и развития ресурсной базы АЗРФ [Стратегия развития Арктической зоны, 2013] предусматривается развитие в целях обеспечения проектов освоения месторождений углеводородов на континентальном шельфе Рос-

сийской Федерации наукоемкого морского сервисного комплекса, включая использование средств обеспечения гидрометеорологической и экологической безопасности.

К долгосрочным задачам в сфере деятельности морского транспорта отнесены формирование системы обязательного экологического страхования рисков при осуществлении морской деятельности и повышение уровня защиты окружающей природной среды за счет реализации экологических требований в составе инвестиционных проектов морского транспорта, строительства новых и реконструкции действующих сооружений по очистке сточных вод, переработке и обезвреживанию судовых отходов.

Климатические изменения как природный фактор экологического риска

Экологическая безопасность не может рассматриваться в отрыве от состояния окружающей природной среды и тенденций изменения гидрометеорологических условий как природного фактора экологического риска.

Арктика является частью глобальной климатической системы, где естественные и обусловленные антропогенным влиянием флуктуации характеристик климата наиболее ярко выражены как следствие межширотного адвективного обмена, внутреннего взаимодействия между компонентами арктической климатической системы и глобальных изменений. Две важнейшие проблемы стимулируют в настоящее время огромный интерес мирового сообщества к изучению Северного Ледовитого океана (СЛО): большая чувствительность Арктики к вариациям климата и необходимость создания моделей для получения количественных оценок изменений климата с учетом процессов, происходящих в СЛО; ранимость природной среды Арктики и оценка роли СЛО в переносе и трансформации веществ, включая загрязняющие компоненты и радионуклиды, и, как следствие, необходимость создания основы для моделей расчета и прогноза экологического состояния региона и отдельных его частей.

В последние десятилетия в Арктике произошли существенные изменения. Стало отмечаться значительное увеличение частоты прохождения и интенсивности циклонов, приведшее в итоге к повышению температуры воздуха. На фоне потепления чаще стала

проявляться экстремальность погодных явлений. Экстремальное усиление циклонической составляющей полярной завихренности и повышение температуры воздуха привело к уменьшению толщины льда и сокращению площади арктических льдов, сопровождающееся экстремальными межгодовыми колебаниями ледовитости СЛО.

В результате усиленного потепления последних десятилетий сентябрьская площадь арктического морского льда (МЛ) сократилась почти в два раза с 2000 г. Одновременно сокращалась толщина морского льда, прежде всего вследствие уменьшения количества многолетнего льда [Фролов и др., 2009].

Потепление климата и сокращение морского ледяного покрова обеспечивает более открытый морской доступ в Арктику и продолжительные сезоны навигации, что увеличивает интерес к Арктике вследствие огромных запасов нефти, природного газа и минеральных ресурсов. Но изменения в пространственном распределении льдов способны создать и новые проблемы. На свободной ото льдов морской поверхности будет развиваться более сильное волнение. В связи с этим ожидается усиление береговой эрозии. Интенсификация образования айсбергов также может представлять дополнительную опасность для танкеров и буровых платформ [AMSA, 2009]. Развитие судоходства в Арктике по мере потепления климата и дальнейшего отступления морского льда от берегов имеет и негативное последствие в виде загрязнения морской и воздушной среды в районах плавания судов [Dalsøren, 2007].

На суше область распространения многолетне-мерзлых грунтов (криолитозона) занимает значительную часть Арктики. Все природные и технические системы криолитозоны зависят от состояния вечной мерзлоты, а именно их степени сомкнутости и температуры, а также мощности сезонно-талого слоя [Анисимов и Жильцова, 2012]. Эти параметры подвержены влиянию климата, и их прогнозируемые изменения в XXI в. могут вызвать каскадную реакцию многих природных систем и процессов на Крайнем Севере, что в конечном итоге обострит существующие и приведет к возникновению новых экологических рисков [Стрелецкий и др., 2012].

Наибольшую опасность представляют техногенные аварии, сопутствующие нарушению условий надежной эксплуатации инфраструктуры и разрушению ее элементов (трубопроводов, водозаборных и водоочистных сооружений). В результате возникает

экологический ущерб и риск для здоровья населения за счет ухудшения качества воды, повышенной опасности заражения инфекционными заболеваниями при разрушении скотомогильников и хранилищ радиационных отходов на мерзлоте и т.п.

Серьезным фактором риска является подъем уровня Мирового океана, который будет сохраняться в долгосрочной перспективе. Возникшее подтопление низких прибрежных территорий, активизацию разрушения берегов морей следует обязательно учитывать в перспективных планах социально-экономического развития регионов.

Одной из важных мер по уменьшению или предотвращению риска серьезных неблагоприятных последствий опасных явлений может быть учет исторического опыта. Применительно к комплексу гидрометеорологических характеристик природной среды это означает использование климатической информации как при превентивной оценке рисков за счет гидрометеорологических факторов, так и при устранении последствий произошедшего опасного явления.

Это особенно важно в районах с экстремальными погодными условиями на протяжении большей части года, к каковым, несомненно, относится и Арктика. В настоящее время гидрометеорологическая информация используется только на этапе проектирования тех или иных промышленных сооружений. Причем эта информация носит режимный характер, т.е. используется набор статистических характеристик, характеризующих погодные условия хотя и за достаточно большой, но предшествующий период их наблюдений. В условиях меняющегося климата этого может оказаться недостаточно для того, чтобы с большей или меньшей степенью уверенности прогнозировать поведение сложных технических устройств и систем при изменившихся — возможно, и значительно, — внешних условиях среды.

Даже беглый анализ влияния климатических изменений на природные, хозяйственные и социальные системы показывает исключительную сложность и неоднозначность ожидаемых последствий, роль которых для населения и экономики может быть кардинальной.

Так, согласно [Катцов, 2012], потепление климата и, в частности, уменьшение ледяного покрова арктических морей может способствовать увеличению продолжительности летней навигации и развитию в связи с этим морского судоходства, включая морские

перевозки грузов, созданию благоприятных условий для доступа по морю к природным ресурсам Арктики, включая месторождения энергоносителей на шельфе Северного Ледовитого океана.

С другой стороны, тот же природный фактор может привести к усилению разрушительного воздействия штормов на береговую зону, ущербу расположенным в ней хозяйственным объектам, прежде всего инфраструктуре, и угрозам жизни проживающих там людей, резкому ухудшению условий и среды обитания некоторых видов фауны, сокращению, исчезновению, миграции существующих видов растительных и живых организмов, вторжению новых видов растений, насекомых, микроорганизмов и т.п.

Может ожидать развитие некоторых рыбных промыслов, но новые сроки таяния и восстановления ледяного покрова существенно увеличат риск и снизят эффективность охоты коренных жителей региона. Вполне вероятно увеличение продуктивности северных экосистем, но рост количества айсбергов, затрудняющих доступ судов в Северный Ледовитый океан (более подробно см. [Катцов, 2012] и цитированную в этой работе литературу).

Как указывает автор работы [Соловьянов, 2011], деятельность Швеции, Норвегии, Исландии, Дании, Финляндии и Канады, направленная на минимизацию негативных последствий ожидаемых изменений климата, связана прежде всего с изучением уязвимости к ним отраслей экономики, экосистем и населения, а также с улучшением осведомленности лиц, принимающих решения, о возможных последствиях этих изменений. Очевидно, опыт этих стран может быть использован для формирования тематики научного международного экологического взаимодействия.

В начале 2012 г. британская правительственная организация *DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs)* опубликовала обширный Доклад об оценке рисков от изменений климата [Summary, 2012]. Доклад посвящен последствиям изменения климата для экосистем, здоровья населения и экономики, включая морские перевозки. В обзоре [Wang, 2004] обсуждаются новейшие технологии оценки рисков в этом секторе экономики. В работе [Dell, 2010] указывается, что изменение ледовой обстановки в Арктике создаст как новые возможности, так и новые риски для нефтегазовой отрасли. Повышение частоты штормов в Арктике может составить серьезный риск для добычи нефти на шельфе [Burkett, 2011]. Отечественные исследования по проблеме безопасности морской деятельности в Арктике первостепенное внимание уделяют воз-

действиям со стороны морского ледяного покрова [Миронов, 2010; Скороходов, 2010; Хон, 2010].

Быстрые изменения климата влияют и на морские арктические экосистемы и биоресурсы. В работе [Арктика, 2012] отмечено, что «быстрое изменение климата представляет угрозу для биологического разнообразия Арктики, ее уникальных и уязвимых экосистем. В результате таяния морского льда и сокращения его поверхности исчезают уникальные места обитания арктической флоры и фауны. Сокращаются популяции арктических видов животных и птиц. Древесная растительность начинает замещать традиционные экосистемы тундры. Климатические изменения влияют на условия жизни и экономической деятельности. Нарушается стабильность транспортной и социальной инфраструктуры. Таяние многолетней мерзлоты ведет к повреждению и разрушению зданий и сооружений, трубопроводов, автомобильных и железных дорог, аэродромов и вертолетных площадок. Все более частыми становятся стихийные бедствия. Повышение уровня арктических морей ведет к затоплению побережья. Усиливается эрозия берега. Нарушаются традиционный жизненный уклад и условия хозяйственной деятельности коренного населения».

Так, согласно [Stirling, 2006], имеются сведения о сокращении территорий, пригодной для успешной охоты белых медведей, что, в частности, уже привело к сокращению популяции медведей западной части Гудзонова залива почти на 22% [Regehr, 2007]. Сокращение численности и уменьшение потомства отмечено у тюленей-хохлачей в Северо-Восточной Атлантике и гренландских тюленей в Белом море [Kovacs, 2011]. Как указано в работе [Hop and Pavlova, 2008], долгоживущие ракообразные, такие как гаммарус Вилькицкого (*Gammarus wilkitzkii*), нуждаются в своем жизненном цикле круглогодичного присутствия льда, таким образом, с увеличением площади только сезонного наличия морского льда, сокращается ареал этого вида.

Другим примером необходимости учета влияния климата и состояния атмосферы может служить задача оценки распространения радионуклидов в случае аварии в Евроарктическом регионе с выходом радиоактивных веществ в окружающую среду, поставленная в совместном проекте Финляндии, Норвегии и России «СЕЕРРА» (<http://www.ceerpa.eu/>). Проект ориентирован на установление сети взаимодействия, усиление зарубежного сотрудничества властей, проведение ключевых исследований организа-

циями и заинтересованными сторонами в Арктическом и Субарктическом регионах в Финляндии, России и Норвегии, а также на повышение всеобщей осведомленности о проблемах ядерной безопасности, готовности к чрезвычайным ситуациям и радиоактивности окружающей среды. В рамках проекта создается методика оценки риска при потенциальной ядерной аварии с учетом изменений, происходящих в вечной мерзлоте, выпадения осадков и экстремальных погодных явлений.

Сказанное означает, что климатический фактор должен рассматриваться как базовая часть проблемы обеспечения экологической безопасности. Мониторинг изменений в состоянии морских льдов, океана и атмосферы, их связи с процессами в арктической климатической системе и с глобальными изменениями климата является весьма актуальной задачей.

Расширение международного сотрудничества в области адаптации к глобальным изменениям климата, прежде всего в рамках Арктического совета, будет способствовать предотвращению и минимизации негативных последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также глобальных изменений климата [Диагностический анализ, 2011].

Некоторые проблемы экологического мониторинга

Приморские территории и прибрежные акватории Арктики представляет собой обширную зону, обладающую существенными запасами возобновляемых минерально-сырьевых, водных и биологических ресурсов, что требует проведения природоохранных и ресурсосберегающих мероприятий, направленных на устойчивое развитие этого региона.

Здесь расположены морские и речные порты, через которые осуществляется товарооборот России с другими государствами, расположенными на других континентах. С другой стороны, баровые районы, расположенные на устьевых взморьях рек, являются препятствием для крупнотоннажного судоходства, что, в свою очередь, требует проведения большого объема дноуглубительных работ, оказывающих отрицательное воздействие на природную среду, в том числе и на экосистемы.

Вопросы экологической безопасности, которая зачастую ставится во главу и может быть препятствием в освоении ресурсов арктического шельфа, индуцируют необходимость разработки

методов оценки экологических рисков от неблагоприятных воздействий природной среды и разработки рекомендаций по обеспечению экологической безопасности, что в свою очередь требует развития систем мониторинга окружающей среды Арктики.

Как отмечено в [ГЭП-5, 2012], «отсутствие надежных и согласованных временных рядов данных о состоянии окружающей среды является одним из важнейших препятствий для повышения эффективности политики и программ. Кроме того, не проводятся систематические наблюдения за многими важнейшими факторами, обуславливающими изменения окружающей среды, или хотя бы за их последствиями. Всем странам следует осуществлять мониторинг и оценку своей окружающей среды и обеспечивать интеграцию социальной, экономической и экологической информации для учета в процессе выработки решений». В первую очередь к важнейшим факторам, обуславливающим изменения окружающей среды, авторы работы [ГЭП-5, 2012] относят экологически обоснованное регулирование химических веществ и опасных отходов и технический потенциал, включая финансы, технологии и инфраструктуру.

Развитие системы мониторинга окружающей среды Арктики предусматривает перманентное решение следующих целевых задач.

В части наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха:

- проведение регулярных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха и их оптимизация путем увеличения частоты наблюдений, расширения перечня определяемых вредных примесей с учетом выбросов в атмосферу от источников загрязнения, выделением и прогнозированием периодов неблагоприятных метеоусловий, способствующих накоплению вредных примесей в приземном слое воздуха, оказывающих негативное влияние на здоровье населения в соответствии с государственными стандартами;
- проведение регулярных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха по перечню параметров, соответствующих международным требованиям, в городах с населением свыше 100 тыс. жителей и в крупных промышленных центрах;
- поэтапное внедрение автоматизированных систем непрерывного измерения содержания основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов;

- завершение формирования сети пунктов наблюдений за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в соответствии с международными соглашениями.

В части наблюдений за качеством поверхностных вод:

- организация регулярных наблюдений на наиболее важных в природоохранном, рыбохозяйственном и рекреационном отношении морях, а также оптимизация существующей сети пунктов наблюдений на водных объектах Арктики с учетом изменившейся антропогенной нагрузки;
- развитие мониторинга поверхностных морских и пресных вод на трансграничных участках в соответствии с международными соглашениями Российской Федерации в области охраны и использования трансграничных вод, организация наблюдений за расходом воды для оценки трансграничного массопереноса загрязняющих веществ.

В части мониторинга почв:

- создание единой сети пунктов наблюдений комплексного мониторинга почв, включающего химические, эколого-токсикологические, радиоэкологические обследования почв, оценку деградационных процессов;
- модернизация сети пунктов наблюдений за загрязнением почв в местах влияния наиболее существенных источников загрязнения в рамках локального мониторинга окружающей среды.

В части мониторинга морской среды:

- океанографический и гидрохимический мониторинг прибрежных акваторий и прилегающих морских акваторий.

Составными частями комплексного мониторинга могут стать:

- наблюдения за экологическим состоянием территории Арктики, ее речной системы и прилегающих морских акваторий;
- радиационный мониторинг окружающей природной среды;
- наблюдения за загрязнением природной среды;
- мониторинг состояния атмосферы, включая ее газовый состав и составляющие радиационного баланса;
- мониторинг водных объектов суши, включая реки, озера и болота.

Средствами осуществления поставленных задач должны стать:

- сеть наземных обитаемых и автоматических станций;
- экспедиционные исследования, носящие комплексный характер;
- система космических наблюдений, включающая искусственные спутники Земли, пункты приема и обработки спутниковой информации;
- базы данных и специализированной информации, средства и методы доведения и представления информации пользователям.

Перечисленные задачи реализуются разными странами (в первую очередь членами Арктического совета) в различной степени. Мониторинг окружающей среды Арктики прямо или косвенно осуществляется государственными службами (агентствами), национальными научными и общественными организациями (в первую очередь Дании, Исландии, Канады, Норвегии, России, США, Швеции и Финляндии), международными организациями и программами (в их число входят Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Глобальный экологический фонд (ГЭФ), Всемирный союз охраны природы (МСОП), программы Арктического совета Рабочая группа Арктического совета по сохранению арктической флоры и фауны (КАФФ), Рабочая группа Арктического совета по защите арктической морской среды (ПАМЕ), План действий Арктического совета по борьбе с загрязнением Арктики (АКАП), Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ)), межгосударственные и межправительственные организации (программа «Северное измерение» (в том числе Природоохранное партнерство Северного измерения), программы Арктического совета Устойчивое развитие Арктики (СДП), Арктический мониторинг и оценка (ПАМО), Предотвращение чрезвычайных ситуаций, готовности к ним и ликвидации их последствий (ЕППР), Оценка последствий изменения климата для Арктики (АСИА), Совет Баренцева/Евроарктического региона (СБЕР), международные неправительственные организации (Всемирный фонд дикой природы (ВВФ)) и др.

Примечательно, что в последние годы в рамках программ и групп Арктического совета стали активно разрабатываться международные и национальные проекты по созданию интегрирован-

ных сетей циркумполярного мониторинга. Началась реализация крупнейшего проекта, нацеленного на создание Сети арктических опорных наблюдений (CAON — *Sustained Arctic Observation Network*). Одной из задач CAON, этой интегральной междисциплинарной международной наблюдательной сети, является активное включение сетей социального мониторинга.

Примером интеграции социальной, экономической и экологической информации для учета в процессе выработки решений может служить проект, направленный на создание Интегральной арктической социально ориентированной системы наблюдений (ИАСОС), который являлся одним из основных блоков междисциплинарного кластера МПГ 2007/08 «*PPS Arctic*» [Проблемы здравоохранения, 2011]. Активными участниками проекта выступают Дания, Исландия, Канада, Норвегия, Россия, США и Финляндия.

Система экологического мониторинга в российской Арктике

«Развитие единой государственной системы экологического мониторинга на всей территории страны, включая мониторинг биотических и абиотических компонентов природной среды» отнесено Экологической доктриной [Экологическая доктрина, 2002] России к основной задаче обеспечения государственных и муниципальных органов, юридических лиц и граждан достоверной информацией о состоянии окружающей среды и ее возможных неблагоприятных изменениях, однако единая государственная система экологического мониторинга в российской Арктике в настоящее время отсутствует, мониторинговые экологические исследования проводятся лишь в отдельных ведомствах и не носят систематического характера.

В Арктике в основном проводятся оценки состояния и загрязнения атмосферы, суши (в первую очередь криолитозоны), прибрежных территорий и арктических морей России, наблюдения за гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим режимом водных объектов (включая мониторинг состояния и качества поверхностных и подземных вод), локальный мониторинг состояния биоразнообразия и природных экосистем Арктики, эпизодический социально-экономический мониторинг.

Очевидным представляется доминирование наблюдений за физическим и химическим составом окружающей среды, в то время

как усилиям по получению окончательного результата — оценки и прогноза экологического состояния не придается системного характера. Отчасти это объясняется чрезвычайной сложностью самой задачи, методологические проблемы и правовая обеспеченность которой еще далеки от решения.

Как отмечено в [Питулько, 2011], система экологического мониторинга должна осуществлять мониторинг изменений состояния природной среды, идентификацию источников и параметров опасных природных явлений, оценку и прогноз состояния здоровья населения и технологического персонала в регионе (мониторинг состояния среды обитания) и оперативный контроль природной среды. В расширенный спектр наблюдений можно включить имеющиеся и потенциальные источники экологической угрозы техногенного характера, зоны экологических уязвимостей, социально-экономическое состояние региона (на макро- и микроуровнях), причем все данные должны быть синхронизированы по времени и иметь достаточно точную пространственную привязку. Результатом функционирования системы должны быть оценки экологических рисков, оперативные обзоры и прогнозы экологической обстановки различной заблаговременности.

Для создания единой государственной системы экологического мониторинга в российской Арктике необходима кооперация различных министерств и ведомств, что предопределяет возможность решения этой задачи только в рамках государственных программ. Система экологического мониторинга в безусловном порядке должна опираться на уже существующие и создаваемые наблюдательные сети, обсерватории, стационары, учебные базы и особо охраняемые территории.

Создание такой системы требует разработки научно-методического обеспечения, технико-технологических проработок и совершенствования нормативно-правовой базы (особенно для преодоления межведомственных барьеров).

Наблюдательная сеть Росгидромета

Основой гидрометеорологического обеспечения является система наблюдений, включающая гидрометеорологические станции, автоматические средства наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), авиационные и космические аппараты, научные суда.

Наблюдательная сеть Росгидромета — это система стационарных и подвижных пунктов наблюдений, в том числе постов, станций, лабораторий, центров, бюро, обсерваторий, предназначенных для наблюдений за физическими и химическими процессами, происходящими в окружающей природной среде, определения ее гидрометеорологических, агрометеорологических и гелиогеофизических характеристик, а также для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, в том числе по гидробиологическим показателям, и околоземного космического пространства [Положение, 2003].

Российская арктическая сеть наблюдений включает 68 обслуживаемых морских гидрометеорологических станций, расположенных в прибрежных районах и островах арктических морей, дрейфующую станцию «Северный полюс»; дрейфующие и заякоренные буи, 4 научно-исследовательских судна Росгидромета. Стационарная сеть полярных станций является основным источником гидрометеорологической информации, необходимой для изучения природы северной полярной области. В Арктике функционируют 25 станций — корреспондентов Всемирной метеорологической организации.

Кроме того, функционирует геофизическая сеть, осуществляющая мониторинг ионосферы и магнитосферы.

Стационарная сеть российских полярных станций является основным источником гидрометеорологической информации, необходимой для изучения природы северной полярной области. Российский вклад в развитие системы представлен в виде совместных инициатив с зарубежными научно-исследовательскими институтами. Российские ученые и специалисты принимают участие в развитии мониторинга Арктики при помощи буйковых комплексов.

Важная роль в организации экспедиционных исследований в морской части Арктики принадлежит Высокоширотной арктической экспедиции. Необходимо и далее развивать научные исследования окружающей природной среды Арктики, которые в конечном итоге помогают решать актуальные вопросы морской деятельности.

Спутниковые средства наблюдений являются основным, а в подавляющем большинстве случаев единственным источником информации о состоянии арктического ледяного покрова. Федеральная космическая программа России предусматривает создание к 2015 г. и дальнейшее постоянное поддержание на орбите россий-

ской группировки спутников наблюдения Земли МКС «Арктика». Особое место в новой космической группировке занимают первые два спутника высокоэллиптической гидрометеорологической космической системы «Арктика», обеспечивающей мониторинг ледовой обстановки, повышение точности прогнозов погоды по всему северному полушарию, решение задач связи, вещания, безопасности кроссполярных перелетов, навигации на трассах Северного морского пути (СМП), хозяйственной деятельности на арктическом шельфе.

В целом в настоящее время система наблюдений удовлетворяет текущие потребности морских отраслей, обеспечивая запросы пользователей СМП. Росгидромет прилагает большие усилия по восстановлению и модернизации сети прибрежных и островных станций, ведется работа по внедрению автоматических и автономных средств наблюдения.

Примером международного сотрудничества в области гидрометеорологических наблюдений служит создание гидрометеорологической исследовательской обсерватории на базе гидрометеорологической станции Тикси, оснащенной современными средствами наблюдений и связи, системой энергоснабжения, лабораторными и офисными помещениями, на которой будет проводиться сбор качественных данных о составе атмосферы и атмосферных процессах, а также о сопутствующих параметрах суши для целей изучения погоды и климата [Итоги МПГ, 2013]. В создании обсерватории приняли участие Россия, США и Финляндия.

Совместные платформы мониторинга состояния Арктики

Ввиду необходимости стандартизированных подходов к сбору данных следует укреплять международное сотрудничество. Также необходимо совершенствовать доступ к информации [ГЭП-5, 2012].

МПГ 2007/08 высветил наиболее острые научные проблемы, стало ясно, какие направления надо развивать в первую очередь. Именно сейчас, в период климатических изменений, наиболее актуальна необходимость продолжения мониторинга состояния арктической климатической системы для постоянной оценки устойчивости и масштабов наметившихся изменений.

Результаты научных наблюдений, полученные в высокоширотных исследованиях на дрейфующих научно-исследовательских

станциях «Северный Полюс» (СП), высокоширотных воздушных экспедициях, в судовых высокоширотных исследованиях с участием специалистов различных стран (в качестве примера можно указать экспедиции «Арктика», «Чукотка», «Лена», «Енисей», «Таймыр», «Берингия», «NABOS», «RUSALCA» и др. [Итоги МПГ, 2013]) внесли основной вклад в познание закономерностей природных процессов центральной части Арктического бассейна и арктических морей, создание системы научно-оперативного обеспечения безопасности мореплавания по высокоширотным и традиционным трассам Северного морского пути.

Дрейфующие станции были и остаются в настоящее время уникальным средством исследования Центральной Арктики. СП организуются на дрейфующих льдах в глубоководной части Северного Ледовитого океана и выполняют программы комплексных круглогодичных исследований в области океанологии, ледоведения (физики и динамики льдов), метеорологии, аэрологии, геофизики (наблюдения в ионосферном и магнитном полях), гидрохимии, гидрофизики, а также в области биологии моря. С возобновлением регулярных работ на дрейфующих станциях в Северном Ледовитом океане мировая система гидрометеорологической информации пополнилась важнейшей научной обсерваторией, продолжающей и развивающей комплекс исследований природной среды высокоширотной Арктики в наши дни.

Большую роль в реализации международного экологического сотрудничества в Арктике играет российский и зарубежный научный флот (российские научно-экспедиционные суда «Академик Федоров», «Михаил Сомов» и «Академик Трешников», научно-исследовательские суда «Виктор Буйницкий», «Академик Мстислав Келдыш», «Фритъоф Нансен», «Иван Петров», «Север», ледокол «Капитан Драницын», французская яхта «Тара», германский научно-исследовательский ледокол «Полярштерн», шведский ледокол «Оден», американский ледокол «Хили», канадский ледокол «Амундсен», польское научно-исследовательское судно «Океания», норвежское судно «Ян-Майен» и др.), обсерватории, научные центры и станции (на российской территории — Российский научный центр на Шпицбергене, гидрометеорологическая обсерватория в поселке Тикси, научно-исследовательская станция «Остров Самойловский» и др.).

Использование совместных научных платформ будет содействовать выполнению крупных международных проектов и программ

исследований климата и окружающей среды полярных районов, проводимых Всемирной метеорологической организацией и другими международными организациями, необходимых для решения экологических и инфраструктурных задач развития Арктики.

Приоритеты научной и научно-технической деятельности

К приоритетным видам научной и научно-технической деятельности в полярных областях Земли, направленным на реализацию стратегических решений по развитию деятельности России в высоких широтах с учетом международного опыта экологического сотрудничества и тенденций развития мировой науки, следует отнести [Итоги МПГ, 2013]:

— развитие и создание новых глобальных и, особенно, региональных прогностических моделей состояния атмосферы, океана и гидросферы/криосферы для высоких широт Северного и Южного полушария. Система моделей должна быть ориентирована, в первую очередь, на обслуживание и предоставление прогнозов с временными масштабами от суток до десятилетий и, возможно, на более длительные сроки. Разработку моделей необходимо проводить в режиме согласования с мероприятиями ВМО по созданию Глобальной интегрированной полярной прогностической системы. Подобная система моделей составляет основу как для стратегического прогнозирования климатических изменений, так и для решения прикладных задач, связанных с обеспечением безопасности деятельности и охраны природной среды в полярных регионах (поддержка действий по поиску и спасанию терпящих бедствия, предотвращение и ликвидация последствий разливов нефтепродуктов и т.д.);

— анализ рисков, обусловленных природными факторами; развитие и создание новых моделей функционирования и развития отраслей промышленности и других видов экономической и иной деятельности в Арктике с учетом влияния изменений климата как основы для формирования адаптационных мероприятий стратегического и оперативного характера;

— развитие и совершенствование наблюдательных сетей в высоких широтах, интегрирование национальных сетей в международные сети, в частности, в рамках инициативы ВМО по созданию

Глобальной службы криосферы, проектов Арктического совета по созданию Сети арктических опорных наблюдений и Программы мониторинга и оценки Арктики (www.amap.no), инициативы Университета Аляски (<http://www.uaf.edu/>) по созданию Международной сети по прогнозированию арктического ледяного покрова [Eicken, 2009]. Данные наблюдений в высоких широтах составляют основу для информационного обеспечения безопасности и эффективности всех видов деятельности в полярных районах и служат базой для глобального климатического мониторинга;

— развитие и совершенствование комплексной системы обеспечения гидрометеорологической и экологической безопасности в Арктике, придание системе адекватного статуса в рамках Соглашения о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике [Соглашение о сотрудничестве..., 2011] и решений Рабочей группы Арктического совета по предупреждению, готовности и ликвидации чрезвычайных ситуаций (<http://www.arctic-council.org>);

— изучение геологического строения и истории геологического развития полярных регионов, повышение уровня, масштабов и степени геолого-геофизической изученности арктических морей и прилегающей суши, проведение геолого-разведочных и других работ в области геологического изучения недр и сырьевых ресурсов Арктики, исследование сырьевых ресурсов минеральных и углеводородных месторождений континентального шельфа;

— научную деятельность в области охраны окружающей среды, защиты морской арктической системы, снижения экологических рисков и обеспечения устойчивого развития приполярных районов; мониторинг загрязнения природной среды, исследование отрицательного воздействия факторов различной природы на здоровье населения, окружающую среду и полярные экосистемы, анализ характеристик источников загрязнения, основных характеристик загрязнителей и специфики распространения, уязвимости сообществ коренных народов и биоразнообразия;

— гармонизацию социально-экономического сектора деятельности в Арктике, комплексное планирование развития арктических территорий, мониторинг состояния населения Арктики, анализ и развитие систем здравоохранения, вовлечение коренных народов в индустриальные процессы в свете рекомендаций Рабочей группы Арктического совета по устойчивому развитию, социально-экономическое и культурное развитие коренных народов Арктики на основе традиционных форм хозяйствования;

— разработку и внедрение новых технологий в промышленности, транспорте, связи, сельском хозяйстве, обеспечении жизнедеятельности, здравоохранении, защите окружающей среды и других областях, адаптированных к условиям высокоширотных районов с учетом новой парадигмы «зеленого вектора» развития [Будущее, которого мы хотим..., 2012];

— деятельность в области образования, повышение уровня образовательного и научного потенциала в области полярных исследований, распространение знаний среди широкой общественности.

В заключение отметим, что решение столь сложных задач обеспечения экологической безопасности возможно лишь при условии тесного международного сотрудничества. Экологические задачи неотделимы от задач контроля текущего состояния природных сред и климатических изменений.

Для адекватной оценки экологических рисков в Арктике необходимы согласованные по пространству и времени консолидированные данные о состоянии природной среды, данные о состоянии биоценозов и социально-экономические данные.

Проблемы экологической безопасности непосредственно связаны с освоением минерально-сырьевых ресурсов Арктической зоны (в первую очередь — ресурсов арктического континентального шельфа), развитием арктической транспортной системы и транспортной инфраструктуры (СМП, морская транспортировка природного газа, газо- и нефтепроводы, наземный транспорт), промышленным рыболовством и рыбохозяйственной деятельностью, добычей морских млекопитающих и других морских животных, развитием марикультуры, энергообеспечением морской техники и прибрежных территорий, военной и иными видами деятельности в регионе. Многомерность информационного пространства определяется органической взаимосвязью условий жизни и деятельности в суровых условиях Арктики.

Решение экологических задач входит в одну из важнейших частей системы управления морской деятельностью и территориями Арктической зоны, особенно в части предотвращения и реагирования на чрезвычайные ситуации в Арктике (поиск, спасание людей, ликвидация последствий техногенных катастроф).

Сотрудничество в области охраны окружающей среды, сохранения и рационального управления биологическими ресурсами в Арктике и обеспечения экологической безопасности актуально в аспектах предотвращения и/или снижения угроз окружающей

среде и восстановления нарушенной окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации, в том числе обеспечения экологически безопасного использования природных ресурсов, поддержания экологической безопасности на объектах экономики и социальной сферы, оборонного и военно-промышленного комплексов, обеспечения сохранности природных систем, снижения риска возникновения опасных природно-техногенных явлений в связи с изменением природно-климатических условий.

Деятельность по развитию международного экологического сотрудничества актуальна и в аспектах концентрации и координации полярных исследований в рамках мероприятий планируемой Международной полярной инициативы [Draft concept, 2012] для обеспечения дальнейшего развития систем мониторинга и изучения критических изменений в полярных областях Земли, влияющих на климатическую систему планеты, экосистемы и качество жизни населения, и выработки рекомендаций для правительственных и неправительственных организаций, осуществляющих деятельность в Арктике в интересах предупреждения и предотвращения климатических катастроф, повышения качества жизни населения Арктического региона.

Для реализации комплексного подхода к обеспечению экологической безопасности и «зеленого» вектора развития арктических стран имеются все условия, включая научно-технический потенциал арктических стран и добрую волю к сотрудничеству.

Примечания

Автор выражает глубокую признательность Г. В. Алексееву и М. В. Гаврило за оказанную помощь и любезно предоставленные материалы.

Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Ренева С. А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2011. № 11. С. 31 – 42.

Арктика. Предложения к дорожной карте международного сотрудничества. М.: Изд-во «Спецкнига», 2012.

Будущее, которого мы хотим. Итоговый документ Конференции РИО+20. Рио-де-Жанейро, Бразилия. 2012. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.stakeholderforum.org/fileadmin/files/FWWRussian.pdf>.

ГЭП-5: Резюме для политиков. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде. 2012.

Диагностический анализ состояния окружающей среды арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме) / ГЭФ ПРООН. М.: Научный мир, 2011.

Итоги МПГ 2007/08 и перспективы российских полярных исследований (2013) / Под ред. А. Н. Чилингарова, А. И. Бедрицкого, В. Г. Дмитриева. В серии: Вклад России в Международный полярный год 2007/08. М.: Paulsen.

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.

Концепция национальной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 17 декабря 1997 г. № 1300 в редакции Указа Президента РФ от 10 января 2000 г. № 24.

Мионов Е. У. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике. СПб.: ААНИИ, 2010. 320 с.

Морская доктрина РФ на период до 2020 г. Утверждена Президентом Российской Федерации 27 июля 2001 г. Пр-1387.

Наземные и морские экосистемы (2011) / Под ред. Г. Г. Матишова и А. А. Тишкова. В серии: Вклад России в Международный полярный год 2007/08. М.: Paulsen.

Некипелов А. Д., Макоско А. А. Перспективы фундаментальных научных исследований в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2011. № 4. С. 14 – 21.

Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (2008) / Утверждены 18 сентября 2008 г., Пр-1969.

Питулько В. М., Донченко В. К. Опорная сеть обсерваторий экологической безопасности в российской Арктике // Арктика: экология и экономика. 2011. № 2. С. 48 – 57.

Положение о государственной наблюдательной сети. РД 52.04.567-2003. М.: Росгидромет, 2003.

Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России (2011) / Под ред. Г. Н. Дегтевой. В серии: Вклад России в Международный полярный год 2007/08. М.: Paulsen.

Рабочая группа по реализации Программы арктического мониторинга и оценки (АМАР). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.arctic-council.org/index.php/ru/amar-2>.

Скорыхов Д. А., Борисова Л. Ф., Борисов З. Д. Нормирование показателей безопасности мореплавания и рисков потерь // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13. Вып. 4. С. 868 – 876.

Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике (2011). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://arctic-council.npolar.no/accms/export/sites/default/en/meetings/2011-nuuk-ministerial/docs/Arctic_SAR_Agreement_RUS_FINAL_for_signataure_21-Apr-2011.pdf.

Соловьянов А. А. О сохранении природной среды Арктической зоны Российской Федерации // Арктика. Экология и экономика. 2011. № 1. С. 94 – 103.

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. Утверждена Президентом Российской Федерации 20 февраля 2013 г.

Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2010 г. № 2205-р.

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. XVI. № 1. С. 22 – 32.

Фролов С. В., Федеяков В. Е., Третьяков В. Ю., Клейн А. Э., Алексеев Г. В. Новые данные об изменении толщины льда в Арктическом бассейне. Доклады РАН, 2009. Т. 425. № 1.

Хон В. Ч., Мохов И. И. Климатические изменения в Арктике и возможные условия Арктической морской навигации в XXI веке // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 1. С. 19 – 25.

Цатуров Ю. С., Клепиков А. В. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета // Арктика: экология и экономика. 2012. № 4 (8). С. 76 – 81.

Ширина Д. А. Международное сотрудничество: к новому мышлению в Арктике // Современная Арктика: опыт изучения и проблемы. Якутск: Изд-во СО РАН, Якут. фил., 2005. С. 7 – 33.

Экологическая доктрина Российской Федерации. Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р.

AMAP, 2012. Arctic Climate Issues 2011: Changes in Arctic Snow, Water, Ice and Permafrost. SWIPA 2011 Overview Report.

AMSA (2009). Arctic Marine Shipping Assessment Report 2009. Arctic Council. URL: http://pame.arcticportal.org/images/stories/PDF_Files/AMSA_2009_Report_2nd_print.pdf.

Burkett V. Global climate change implications for coastal and offshore oil and gas development // Energy Policy. 2011. Vol. 39. P. 7719 – 7725.

Dalsøren S.B., Endresen Ø., Isaksen I. S. A., Gravir G., Sørgård E., 2007. Environmental impacts of the expected increase in sea transportation, with a particular focus on oil and gas scenarios for Norway and northwest Russia. Journal of Geophysical Research — Atmosphere, 112, D02310.

Dell J. J., Pasteris P. Adaptation in the oil and gas industry to projected impacts of climate change // Proceedings of the SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, 12 – 14 April 2010, Rio de Janeiro, Brazil.

Draft concept of a potential long-term International cooperative initiative in the polar regions / IPI Concept, ver. 5, 21 December 2012.

Eicken H., Lovcraft A., Druckenmiller M. (2009). Sea-Ice System Services: A Framework to Help Identify and Meet Information Needs Relevant for Arctic Observing Networks // Arctic, 2. P. 119 – 136.

Hop H., and Pavlova O. 2008. Distribution and biomass transport of ice amphipods in drifting sea ice around Svalbard. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* 55 (20 – 21): 2292 – 2307.

Kovacs K. M., Lydersen C., Overland J. E., and Moore S. E. 2011. Impacts of changing sea-ice conditions on Arctic marine mammals. *Marine Biodiversity* 41: 181 – 194.

Krupnik I., et al. (2011). *Understanding Earth's Polar Challenges: International Polar Year 2007 – 2008*. University of the Arctic, Rovaniemi, Finland/CCI Press (Printed Version), Edmonton, Alberta, Canada and ICSU/WMO Joint Committee for International Polar Year 2007 – 2008.

Regehr E. V., Lunn N. J., Amstrup S. C., and Stirling, I. (2007). Effects of Earlier Sea Ice Breakup on Survival and Population Size of Polar Bears in Western Hudson Bay // *The Journal of Wildlife Management*. 71: 2673 – 2683. doi: 10.2193/2006-180.

Stirling I., Parkinson C. L. Possible effects of climate warming on selected populations of polar bears (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic // *Arctic*. Sept. 2006. Vol. 59. No 3. P. 261 – 275.

Summary of the Key Findings from the UK Climate Change Risk Assessment 2012. DEFRA, UK, 2012.

URL: http://www.internationalpolarinitiative.org/IPI_Concept_v.5-21.12.12.pdf.

Wang J., Sii H., Yang J. B., Pillay A., Yu D., Liu J., Maistralis E., Saajedi A. Use of advances in technology for maritime risk assessment // *Risk analysis*. 2004. Vol. 24. P. 1041 – 1063.

*Г. В. Алексеев, В. Ф. Рагионов,
Е. И. Александров, Н. Е. Иванов,
Н. Е. Харланенкова*

Климатические изменения в Арктике и северной полярной области*

Арктика составляет важную часть климатической системы Земли, связанную с другими ее частями переносами тепла, влаги, соли и воды в системах циркуляций атмосферы и океана. Здесь формируются усиленные этими взаимосвязями изменения климата, слежение за которыми является необходимой частью мониторинга глобальных климатических изменений. Изменения климата Арктики составляют одно из актуальнейших направлений современных климатических исследований. В них видное место занимает судьба морских льдов в Северном Ледовитом океане, поскольку криосфера, частью которой они являются, особенно остро реагирует на изменения климата и может как ускорить, так и замедлить их развитие. В то же время Арктика является одним из районов, для которых пока не удается получить хорошего согласия между глобальными моделями и наблюдениями в воспроизведении происходящих изменений климата. Необходимы дальнейшие исследования на основе данных мониторинга за изменениями состояния основных частей арктической климатической системы и результатов натурных исследований арктических процессов. Большой вклад в этом направлении внесли исследования по программе Международного полярного года 2007/08.

В статье анализируются изменения некоторых репрезентативных климатических характеристик состояния атмосферы, морских льдов и океана в Арктике и северной полярной области за период инструментальных наблюдений по 2009 г. с использованием дан-

* Алексеев Г. В., Рагионов В. Ф., Александров Е. И., Иванов Н. Е., Харланенкова Н. Е. Климатические изменения в Арктике и Северной полярной области // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 1.

Исследования проводились в рамках кластера проектов ААНИИ по программе МПГ2007/08, целевой научно-технической программы Росгидромета на 2008—2010 гг. и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

ных, собранных в период МПГ 2007/08. Также проводится сравнение с изменениями в других областях и с оценками климатических изменений по расчетам на глобальных моделях климата.

Температура воздуха

Изменения температуры воздуха за период 1936 – 2009 гг. рассматриваются на основе данных стандартных метеорологических наблюдений на территории северной полярной области (СПО) [3, 20, 22]. Основным методом получения пространственно осредненных аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения [8, 9].

Оценки аномалий средних за сезон и год температур воздуха были получены относительно стандартного периода 1961 – 1990 гг. В качестве сезонов рассматривались календарные сезоны, за год принимался период с декабря предыдущего года по ноябрь последующего.

На рис. 1 показаны временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха широтных зон: 60 – 85, 70 – 85 и 60 – 70° с.ш. Как видно из рис. 1, с середины 1960-х годов температура в СПО повышалась. При этом повышение среднегодовой температуры вплоть до конца прошлого столетия было обусловлено, главным образом, изменениями температуры зимнего и весеннего сезонов. В конце прошлого и начале нынешнего столетия существенный вклад в повышение среднегодовой температуры воздуха был внесен изменениями температуры летнего и осеннего сезонов [1].

В середине 2000-х годов значения аномалий среднегодовой температуры воздуха СПО достигли наибольших величин из всего временного ряда. Наиболее теплыми годами стали 2005 и 2007 гг. с аномалией температуры 1,8 °С [3, 6]. Надо отметить, что в 2005 и 2007 гг. положительные аномалии среднегодовой температуры воздуха наблюдались почти на всех станциях земного шара. В Северном полушарии эти годы оказались также наиболее теплыми с аномалиями температуры соответственно 0,72 и 0,71 °С [21].

Величина положительного линейного тренда среднегодовой температуры воздуха СПО за период 1936 – 2009 гг. статистически значима в целом для СПО и для широтной зоны 60 – 70° с.ш. Повышение температуры воздуха за 74 года соответственно составило 0,6 и 0,8 °С.

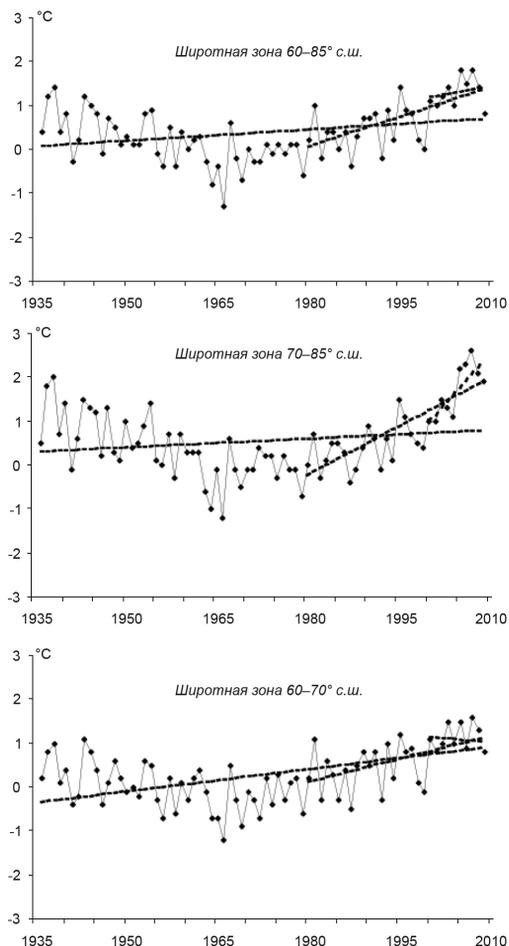


Рис. 1. Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха

За последние 30 лет (1980–2009 гг.) статистически значимые положительные тренды температуры наблюдались практически везде в СПО во все сезоны и в целом за год (табл. 1). Повышение среднегодовой температуры воздуха за 30 лет на территории северной полярной области составило около 1,3 °С. При этом скорость потепления в широтной зоне к северу от 70° с.ш. (0,72 °С/10 лет) была больше, чем в широтной зоне 60–70° с.ш. (0,35 °С/10 лет). По-

вышение температуры за 30 лет в этих зонах составило 2,2 и 1,1 °С соответственно.

В последнем десятилетии (2000–2009 гг.) отмечены наиболее высокие температуры воздуха как на территории Северного полушария, так и северной полярной области. Вместе с тем тенденции изменений аномалий температуры к северу и югу от 70° с.ш. в текущем десятилетии стали противоположными: к северу от 70° с.ш. температурный тренд положителен, а к югу от 70° с.ш. весной, летом и в целом за год появилась отрицательная тенденция изменения температуры (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и среднегодовой температуры воздуха отдельных широтных зон

Широтная зона	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
1936–2009 гг.					
60–70° с.ш.	0,15	0,15	0,10	0,05	0,11
70–85° с.ш.	0,00	0,13	0,08	0,02	0,06
60–85° с.ш.	0,08	0,14	0,09	0,04	0,08
1980–2009 гг.					
60–70° с.ш.	0,21	0,36	0,34	0,54	0,35
70–85° с.ш.	0,74	0,68	0,45	0,99	0,72
60–85° с.ш.	0,37	0,46	0,37	0,69	0,44
2000–2009 гг.					
60–70° с.ш.	0,61	–0,79	–0,12	0,58	–0,12
70–85° с.ш.	2,70	1,18	0,59	1,21	1,38
60–85° с.ш.	0,99	–0,15	0,01	0,75	0,20

Примечание. Значение линейного тренда в °С/10 лет; жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды.

Таблица 2

Аномалии (Т) и нормированные аномалии (Т/σ) среднемесячной температуры воздуха на дрейфующих станциях СП-1, СП-32 — СП-37 и судне «Фрам»

Год	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СП-1													
1937	ΔТ						0,2	0,4	0,5	-2,8	-1,4	3,5	5,8
	ΔТ/σ						0,3	2,0	0,6	-1,4	-0,5	1,3	1,7
1938	ΔТ	6,4											
	ΔТ/σ	2,0											

Окончание табл. 2

Год	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СП-32													
2003	ΔT						1,1	0,2	0,9	3,3	1,2	5,2	-2,5
	$\Delta T/\sigma$						1,4	1,0	1,1	1,6	0,4	1,9	-0,7
2004	ΔT	1,0	2,2										
	$\Delta T/\sigma$	0,3	0,7										
СП-33													
2004	ΔT									-0,2	2,3	0,2	4,1
	$\Delta T/\sigma$									-0,1	0,8	0,1	1,2
2005	ΔT	5,9	6,1	-1,3	1,4	5,5	1,3	0,3	-0,2				
	$\Delta T/\sigma$	1,8	2,0	-0,4	0,6	3,4	1,6	1,5	-0,3				
СП-34													
2005	ΔT									2,3	3,4	2,5	7,8
	$\Delta T/\sigma$									1,1	1,2	0,9	2,3
2006	ΔT	16,1	3,6										
	$\Delta T/\sigma$	5,0	1,2										
СП-35													
2007	ΔT										9,5	7,1	4,2
	$\Delta T/\sigma$										3,4	2,5	1,2
2008	ΔT	2,1	5,2	1,4	6,1	1,1	1,0						
	$\Delta T/\sigma$	0,7	1,7	0,5	2,5	0,7	1,3						
СП-36													
2008	ΔT									5,2	4,8	7,5	3,5
	$\Delta T/\sigma$									2,6	1,7	2,7	1,0
2009	ΔT	5,4	2,9	-2,0	-0,9	3,7	0,3	0,0	0,0				
	$\Delta T/\sigma$	1,7	1,0	-0,7	-0,4	2,3	0,4	0,0	0,0				
СП-37													
2009	ΔT									2,7	5,5	5,2	3,3
	$\Delta T/\sigma$									1,4	2,0	1,9	1,0
2010	ΔT	0,0											
	$\Delta T/\sigma$	0,0											
«Фрам»													
1895	ΔT	-0,7	-2,2	-1,7	-2,6	0,4	0,8	0,2	-0,5	-0,3	-1,9	-3,4	-2,1
	$\Delta T/\sigma$	-0,2	-0,7	-0,6	-1,1	0,3	1,0	1,0	-0,6	-0,2	-0,7	-1,2	-0,6

Примечание. Выделены нормированные аномалии, превышающие удвоенное стандартное отклонение.

Новые данные метеорологических наблюдений на дрейфующих станциях СП-32 — СП-37 позволяют уточнить современные параметры метеорологического режима в околополюсном районе

и сравнить их с наблюдавшимися более 70 лет назад на СП-1 и более 100 лет назад на находившемся в дрейфе судне «Фрам». Величины аномалий среднемесячной температуры воздуха относительно нормы за 1954 – 1988 гг. [2, 11] и их нормированные на стандартное отклонение значения на дрейфовавших в 2003 – 2009 гг. станциях «Северный полюс» приведены в табл. 2. Аномалии в большинстве случаев положительны. Наиболее крупные аномалии (более 3) были отмечены в мае 2005 г. на СП-33, в январе 2006 г. на СП-34 и октябре 2007 г. на СП-35. Надо отметить, что для северной полярной области 2005 г. стал наиболее теплым годом в широтной зоне 60 – 85° с.ш. за весь период инструментальных наблюдений. Здесь же в табл. 2 приведены аномалии среднемесячных температур воздуха в период дрейфа судна «Фрам» в 1895 г. относительно месячных норм за тот же самый период 1954 – 1988 гг. в пределах той же околополюсной области севернее 85° с.ш. Видно, что, за исключением мая – июля, они отрицательны. Нормированные значения как отрицательных, так и положительных аномалий невелики – около или менее 1. Сопоставление результатов наблюдений на «Фраме» с результатами на дрейфующих станциях в 1950 – 1990-х и в 2000-х годах [10] позволяет сделать вывод о большей устойчивости термического режима в околополюсном районе по сравнению с остальной частью северной полярной области. Увеличение температуры здесь происходит, однако эти изменения протекают медленнее, чем ожидалось по оценкам различных моделей климата [20]. Вместе с тем следует отметить появление новых, существенно увеличенных относительно нормы значений среднемесячных температур воздуха в околополюсном районе в осеннем сезоне.

Атмосферные осадки

Оценка многолетних изменений количества осадков в СПО проводилась по следующей методике. Месячные суммы измеренных осадков скорректированы по методике, описанной в [17]. Были рассчитаны месячные, сезонные и годовые нормы осадков за период 1961 – 1990 гг. для каждой из станций и рассматриваемых широтных зон СПО. На всех станциях для каждого года наблюдений рассчитывались аномалии сумм осадков относительно имеющихся норм, затем рассчитывались средние аномалии в пределах широтной зоны (арифметическое среднее по данным всех станций в рассматриваемой широтной зоне). За величину месячной (сезонной, годовой) суммы осадков в конкретный год в рассматриваемой широтной зоне

принималось значение, равное алгебраической сумме нормы месячного (сезонного, годового) количества осадков и рассчитанной для этого года аномалии соответствующей суммы осадков.

Таблица 3

Параметры линейного тренда сезонных и годовых сумм осадков за период 1936–2009 гг.

Широтная зона	Холодный период		Теплый период		Год	
	V_x	% от нормы	V_x	% от нормы	V_x	% от нормы
1936 – 2009 гг.						
60 – 70° с.ш.	6,16	15,2	–0,26	–0,9	5,99	8,5
70 – 85° с.ш.	0,80	4,3	–0,94	–6,2	–0,14	–0,4
60 – 85° с.ш.	4,03	12,2	–0,71	–2,9	3,32	5,7
1980 – 2009 гг.						
60 – 70° с.ш.	–0,81	–2,4	0,72	2,2	–0,09	–0,3
70 – 85° с.ш.	7,86	23,6	–0,82	–2,5	7,04	21,1
60 – 85° с.ш.	1,80	5,4	–0,26	–0,8	1,54	4,6

Примечание. Первый столбец V_x — значение линейного тренда в мм/10 лет; второй столбец — изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 74 года и 30 лет; жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды.

На рис. 2 показаны временные ряды годовых сумм осадков для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш. и в целом для СПО. Осадки в СПО с 1936 г. увеличились примерно на 6 % от многолетней нормы, но это результат их роста примерно на 8 % в широтной зоне к югу от 70 с.ш. (табл. 3). Весь прирост годовых сумм осадков вызван увеличением осадков холодного периода (с октября по май). Осадки теплого периода (с июня по сентябрь) в целом за 74 года уменьшились. Это уменьшение сильнее выражено в широтной зоне к северу от 70° с.ш.

Особый интерес представляют изменения сумм осадков в последние десятилетия, в которые происходило увеличение температуры воздуха. Межгодовые изменения количества атмосферных осадков отличаются от межгодовых изменений температуры воздуха большей степенью изменчивости. За последние 30 лет (1980 – 2009 гг.) к северу от 70° с.ш. твердые осадки увеличились примерно на 24% (табл. 3). Это увеличение было более интенсивным в конце 30-летнего периода, когда наблюдался наибольший рост температуры воздуха (см. рис. 1 и 2). Количество жидких осадков в эти годы уменьшалось.

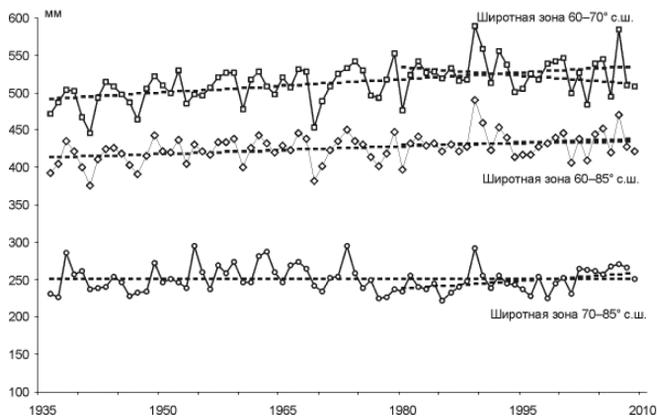


Рис. 2. Многолетняя изменчивость годовых сумм осадков в различных широтных зонах, мм

К югу от 70° с.ш. статистически значимого тренда не обнаруживается как в годовых суммах осадков, так и в суммах осадков холодного и теплого сезонов. В холодный период и в целом за год появилась тенденция к уменьшению сумм осадков.

Климатические изменения в морской Арктике

Потепление в Арктике, начавшееся в конце 1980-х гг., усилилось с середины 1990-х годов, достигнув максимального развития к 2007 г. В морской Арктике в этот период происходило резкое сокращение площади, занимаемой морскими льдами в конце летнего периода. В Арктическом бассейне распространялась обширная положительная аномалия температуры в подповерхностном слое воды атлантического происхождения (АВ) и изменилось распределение пресной воды в верхнем слое. На этот климатический сдвиг пришлось возрождение арктических экспедиционных исследований, увенчавшееся проведением Международного полярного года 2007/08. Благодаря полученным за последние два десятилетия данным о состоянии водных масс, морских льдов и атмосферы оказалось возможным проследить развитие климатического феномена конца 1990-х — начала 2000-х годов в морской Арктике, его связь с изменениями глобального климата и сравнить с потеплением в 1930—1940-х годах.

Изменения температуры воздуха над областью морской Арктики, включающей покрытую льдами в зимний период акваторию Северного Ледовитого океана, представляют особый интерес. Изменения температуры в этой области в первую очередь влияют на зимнее разрастание и летнее таяние ледяного покрова. С этой точки зрения оценим изменения положительных летних температур как индикатора летнего теплового воздействия на лед и отрицательных температур за холодный период года, влияющих на максимальное увеличение объема льда зимой. Для этого выбраны 38 станций, расположенных на островах и побережье Северного Ледовитого океана, откуда начинается летнее отступление морских арктических льдов. Средние зимние и летние приповерхностные температуры воздуха (ПТВ) на этих станциях начиная с 1951 г. показаны на рис. 3, из которого видно быстрое убывание отрицательных температур после 1991 г. и быстрый рост положительных температур после 1996 г. с абсолютным рекордом в 2007 г. и понижением в 2008 г. При этом зимние температуры до 1991 г. и летние до 1996 г. имели слабые отрицательные тренды, которые сменились на значимые положительные тренды.

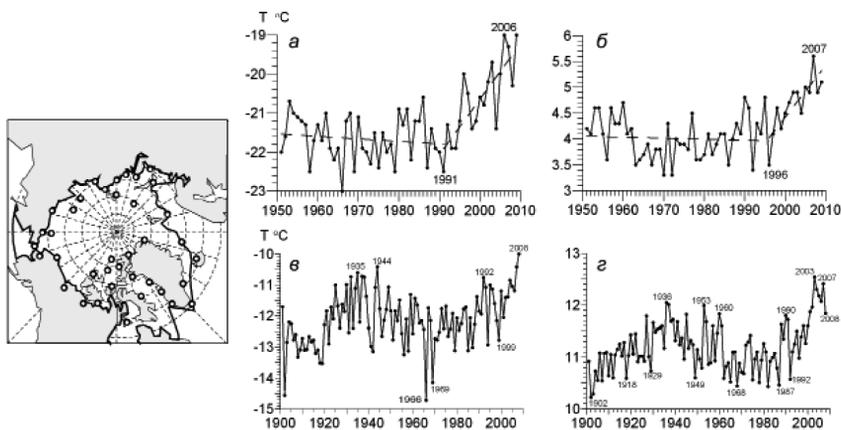


Рис. 3. Средние зимние (XI—III) — а и летние (VI—VIII) — б ПТВ на 38 станциях в морской Арктике в 1951—2008 гг. (положение станций в морской Арктике показано на карте; пунктир — линейный тренд); в — средняя за ноябрь—март; г — за июнь—август температура воздуха в области к северу от 60° с.ш. по данным 30 метеостанций

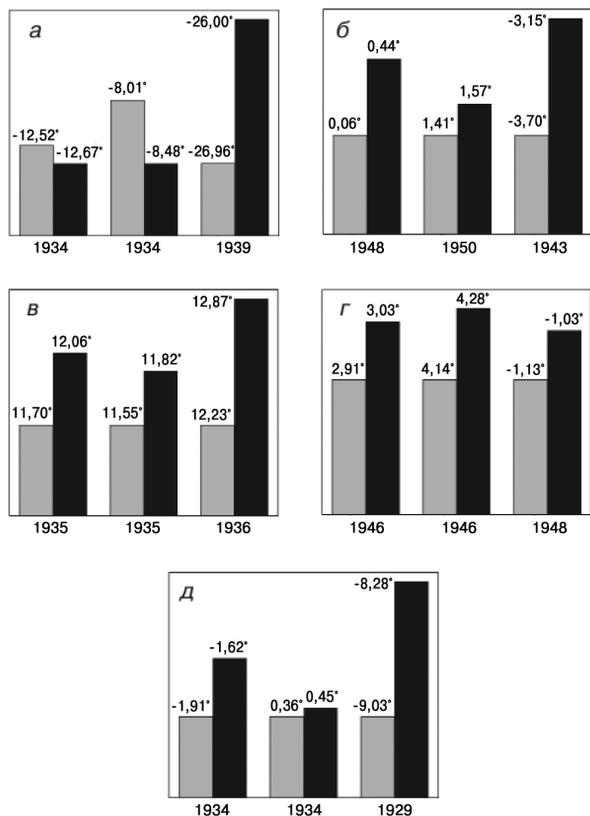


Рис. 4. Средняя ПТВ в самое теплое десятилетие в первом потеплении (серый столбик) и в 1998—2007 гг. (черный столбик) в разные сезоны (а — зима; б — весна; в — лето; г — осень; д — год) во всей области, в приатлантической и притихоокеанской ее половинах (соответственно первая, вторая и третья пара столбиков в каждом сезоне)

Чтобы сравнить развитие потепления в 1930—1940-х и в 1990—2000-х годах, приходится рассматривать изменения температуры воздуха и за пределами морской Арктики, поскольку число станций в этой области до 1950 г. было незначительным. Как и в предыдущем разделе, рассмотрим область к северу от 60° с.ш., в которой начиная с 1900 г. действуют 30 метеостанций. Средние за зиму и лето

температуры воздуха в этой области за 1907–2007 гг. представлены на рис. 3в, г. Видно, что максимальная зимняя температура была выше во время первого потепления, а летняя — во время потепления 1990–2000 гг. Также заметно отсутствие значимого положительного тренда температуры до середины 1990-х годов. Скорость развития потепления в оба периода можно оценить коэффициентами линейного тренда за 19 лет, соответственно за 1920–1938 и за 1990–2008 гг. За первый период коэффициенты сезонных трендов в пределах $0,49–0,60^{\circ}\text{C}/\text{год}$, во второй $0,34–0,81^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а для средних за год тренды соответственно $0,054$ и $0,069^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Таким образом, второе потепление развивается быстрее, чем первое, за исключением весны.

Сравнение средней температуры за самое теплое десятилетие в каждом сезоне первого потепления и средней температуры последнего потепления (рис. 4) показывает, что все сезоны, за исключением зимнего, теплее в последнее десятилетие, так же как и в среднем за год. Можно также отметить большую разность между десятилетиями в тихоокеанской половине области, что подтверждает усиление здесь последнего потепления, и сравнительно небольшую разность между обоими потеплениями осенью (сентябрь–октябрь) во всех районах.

Во взаимодействии между Арктикой и остальной частью глобальной климатической системы важная роль принадлежит морскому ледяному покрову, который в то же время является индикатором изменений арктического климата. Наблюдаемое с начала 1980-х годов постепенное сокращение летней площади морского льда (ПМЛ) в Арктике резко ускорилося в конце 1990-х годов и достигло абсолютного минимума в сентябре 2007 г. ($4,30$ млн км^2). В сентябре 2008 г. ПМЛ возросла до $4,70$ млн км^2 , а в сентябре 2009 г. до $5,20$ млн км^2 (рис. 5).

В сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) ПМЛ в сентябре сокращалась еще более быстрыми темпами, но в 2007–2009 гг. дальнейшего сокращения не происходило (рис. 5б). В целом за десятилетие с 1997 по 2007 г. площадь морских льдов сократилась на 26% во всей Арктике и на 79% в сибирских морях.

Из результатов расчетов площади льдов по данным ансамбля глобальных моделей СМIP3 видно значительное отставание сокращения площади льдов в моделях по сравнению с наблюдаемым сокращением (рис. 5в).

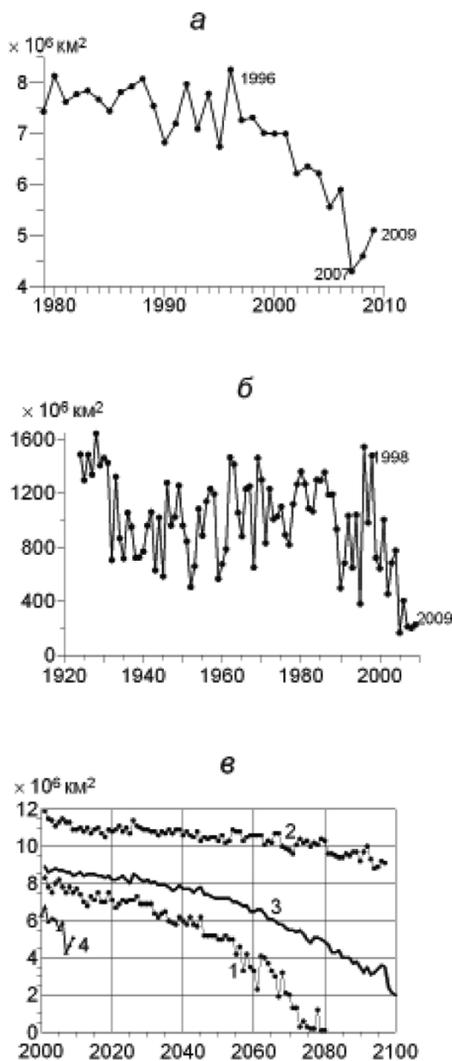


Рис. 5. Площадь льдов:

а — сентябрьская в Арктике (1979—2009 гг., данные NSIDC); *б* — в сибирских арктических морях (1924—2009 гг., данные ААНИИ); *в* — в Арктике по ансамблю модельных расчетов СМIP3 (1, 2 — крайние реализации из ансамбля, 3 — среднее по 16 реализациям и 4 — по данным NSIDC за 2000—2009 гг.)

Очевидно, что причина столь резкого сокращения количества арктических льдов в конце летнего периода связана с потеплением климата. Корреляция между аномалиями ПТВ и ПМЛ в разные месяцы года указывает на связь между ними в июне [4, 18]. Эта связь остается 95%-значимой и после исключения тренда из обоих рядов. Аномалии ПМЛ в июне влияют также на аномалии ПМЛ в зимние месяцы последующего года.

Второй максимум корреляции между ПТВ в северной полярной области и ПМЛ обнаруживается в сентябре, когда ПМЛ сокращается до климатического минимума. Связь между изменениями ПМЛ в сентябре и летней (средней за июнь—август) температурой воздуха усиливается по мере развития потепления и характеризуется наибольшей корреляцией $-0,85$ для ряда ПМЛ за 1979—2007 гг. Корреляция между суммой отрицательных зимних температур воздуха и ПМЛ в марте слабее, поскольку разрастание площади льдов зимой ограничено областью распространения слоя опресненной воды в высоких и умеренных широтах Северного полушария [7].

Основная причина расхождений в оценке изменений площади льда между моделями и наблюдениями в том, что модели значительно занижают летнюю температуру воздуха вследствие, по-видимому, недостаточной чувствительности к изменениям радиационного воздействия и с занижением собственной изменчивости климатической системы в Арктике.

Расчеты на модели морского льда СЛО, разработанной в ААНИИ, с форсингом по данным *NCEP* показали значительно лучшее согласие изменений ледяного покрова в последнее десятилетие с данными наблюдений по сравнению с глобальными моделями [16]. Эксперименты с этой моделью по оценке роли динамики льда и притоков тепла из атмосферы показали решающее воздействие второго фактора в формировании аномального сокращения площади льда в сентябре 2007 г.

Другой важный параметр морского ледяного покрова — его толщина, как показали измерения с борта атомных ледоколов, выполненные сотрудниками ААНИИ в 1977—2009 гг., также уменьшился [15]. Причем эти изменения произошли после 1987 г. за счет сокращения количества многолетних льдов (табл. 4).

Для формирования климата морской Арктики важным процессом является поступление теплой и соленой воды из Северной Атлантики. Приток атлантической воды (АВ) в Арктику составляет часть глобального океанического конвейера, связывающего океа-

ны транспортом тепла, соли и пресной воды. Поступая из Северной Атлантики, АВ распространяются по акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей и проникают в Арктический бассейн, где занимают промежуточный слой на глубинах от 100 до 800 м [12, 13]. Атлантическая вода является важным источником тепла в приатлантическом секторе Арктики и источником соли для арктических вод, подвергающихся постоянному опреснению. Постоянный приток тепла от слоя АВ в верхний слой Арктического бассейна ограничивает зимнее нарастание льда. Все это указывает на то, что поступление АВ является важным климатообразующим процессом в арктической климатической системе и его мониторинг должен быть составной частью слежения за изменениями климата [5, 6, 19].

Таблица 4

Количество и средняя толщина льдов различного возраста на пути плавания а/л «Арктика» в августе 1977 г. и НЭС «Академик Федоров» в августе 2005 г.

Лед	1977 г.		2005 г.	
	Кол-во, %	Толщина, см	Кол-во, %	Толщина, см
Однолетний	44	120	74	119
Многолетний	56	238	26	225
Вместе	100	186	100	142

Поток атлантической воды на протяжении от пролива Фрама до моря Лаптевых включительно сконцентрирован в узкой зоне вдоль материкового склона и доступен для мониторинга с помощью современных судов ледокольного типа и небольшого числа длительных заякоренных подводных (и подледных) измерителей течений, температуры и солености воды. Обобщение океанографических данных, собранных в Арктическом бассейне с начала наблюдений, позволило выбрать районы, наиболее освещенные наблюдениями, и сформировать климатические ряды характеристик АВ по 2009 г. включительно. Одной из таких характеристик является максимальная температура в слое АВ в шести районах Арктического бассейна (рис. 6).

Приведенные на рисунке изменения максимальной температуры АВ показывают начало современного повышения температуры АВ в проливе Фрама в 1987 г., которое разделяется на два этапа. Второй этап повышения температуры начался в 1997 г. Его начало прослеживается и в других рассматриваемых районах с запады-

ванием до 8 лет в районе Северного полюса. В последние годы повышенные значения температуры АВ сохраняются, однако наметилась тенденция к их уменьшению.

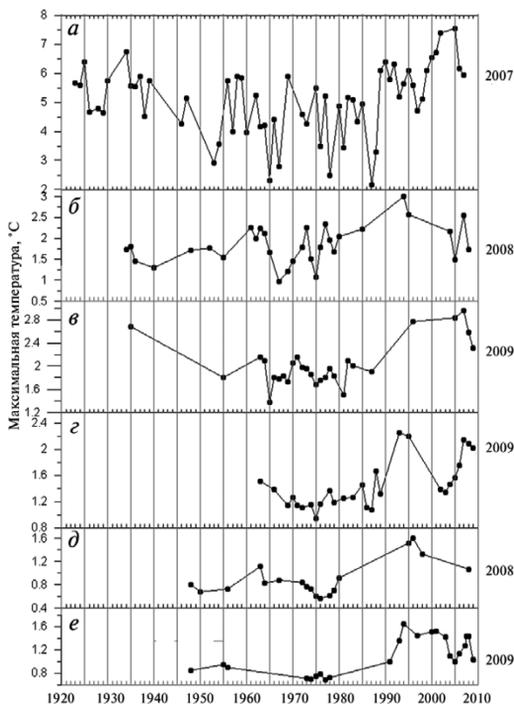


Рис. 6. Изменения максимальной температуры в слое АВ по данным измерений в шести районах Арктического бассейна в 1920 – 2009 гг.:

a — пролив Фрама; *б* — желоб Св. Анны; *в* — точка с координатами 83° с.ш., 90° в.д.; *г* — точка с координатами 80° с.ш., 120° в.д.; *д* — точка с координатами 81° с.ш., 150° в.д.; *е* — Северный полюс

Сопоставление изменений температуры АВ в Арктическом бассейне и в Северной Атлантике, начиная от тропической области (рис. 7), показывает присутствие во всех рассматриваемых рядах сходных междесятилетних изменений с преобладанием роста температуры в последние 30 лет. Исключение составляет район 40 – 60° с.ш., где имеет место оппозиция аномалий температуры между восточной и западной частями района.

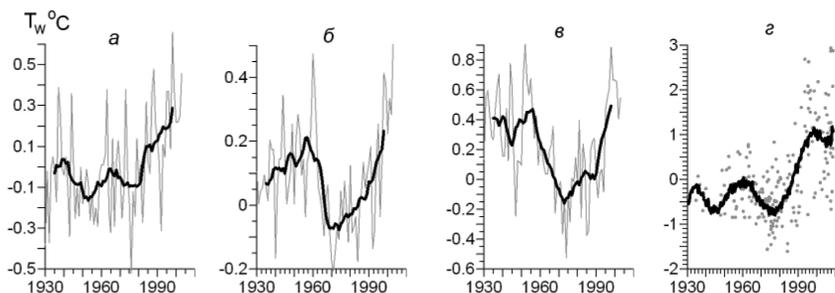


Рис. 7. Аномалии среднегодовой температуры воды на поверхности Северной Атлантики (слева направо: 10° ю.ш. — 10° с.ш., 20° — 40° с.ш., 40° — 60° с.ш.) по данным массива HadSST [23] и нормированные аномалии максимальной температуры АВ во всех рассмотренных выше районах Арктического бассейна. Жирные линии — сглаженные по 11 лет, а для АВ аппроксимированные полиномом

Расчеты взаимных корреляций между исходными и сглаженными рядами показывают запаздывание изменений температуры на поверхности Северо-Европейского бассейна относительно тропиков 26 лет и 2–3 года относительно района 20° — 40° с.ш. Начало потепления в Северной Атлантике приходится на 1970-е годы, в проливе Фрама — на конец 1980-х годов, а в Арктическом бассейне на начало 1990-х годов.

Наиболее значительные климатические изменения в морской Арктике произошли в основном за последние 15 лет, что не согласуется с представлением о постепенном развитии потепления начиная с 1970-х годов. Особенно это заметно в изменении площади морских льдов, которая сокращалась особенно быстро с конца 1990-х годов. Изменения в Арктическом бассейне стали заметными с конца 1980-х — начала 1990-х годов. В развитии потепления в атмосфере и океане выделяются два этапа — в начале 1990-х и в 2000-х годов, которым соответствуют такие же особенности в развитии потепления в области 0° — 30° с.ш. Северного полушария. Согласованы и междесятилетние изменения температуры АВ в Арктическом бассейне и в Северной Атлантике от тропиков до умеренных широт.

Сравнение части отмеченных изменений с результатами расчетов по ансамблю глобальных моделей климата показало существенную недооценку моделями наблюдаемого летнего сокращения площади морских льдов и занижение летней температуры воздуха

в Арктике. Причина этих расхождений связана, по-видимому, с недостаточной чувствительностью моделей к изменениям радиационного воздействия и с занижением собственной изменчивости климатической системы. Важная роль в формировании этой части изменчивости климата принадлежит циркуляции атмосферы и океана. Подтверждением является связь климатических аномалий в высоких и низких широтах и сильная обратная зависимость между аномалиями средней температуры воздуха и пространственными контрастами температуры в Северном полушарии [14]. Колебания атмосферной циркуляции усиливают или ослабляют обогрев холодных областей Земли. Важная роль в этом принадлежит океану, обеспечивающему расходование летнего притока тепла на зимний обогрев высоких и умеренных широт.

Литература

1. Александров Е. И., Брызгин Н. Н., Дементьев А. А., Рагионов В. Ф. Мониторинг климата приземной атмосферы северной полярной области // Тр. ААНИИ. 2001. Т. 441. С. 18 – 32.
2. Александров Е. И., Брызгин Н. Н., Дементьев А. А., Рагионов В. Ф. Метеорологический режим Арктического бассейна (по данным дрейфующих станций). Т. II. Климат приледного слоя атмосферы Арктического бассейна. СПб.: Гидрометеоздат, 2004.
3. Александров Е. И., Дементьев А. А. База приземных метеорологических данных полярных районов и ее использование // Формирование базы данных по морским льдам и гидрометеорологии. СПб.: Гидрометеоздат, 1995. С. 61 – 15.
4. Алексеев Г. В., Данилов А. И., Катцов В. М., Кузьмина С. И., Иванов Н. Е. Морские льды Северного полушария в связи с изменениями климата в XX и XXI веках по данным наблюдений и моделирования // Известия АН. Сер. ФАО. 2009. Т. 45. № 6. С. 123 – 135.
5. Алексеев Г. В., Пнюшков А. В., Иванов Н. Е., Ашик И. М., Соколов В. Т. Комплексная оценка климатических изменений в морской Арктике с использованием данных МПГ 2001/08 // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1 (81). С. 1 – 14.
6. Алексеев Г. В., Фролов И. Е., Соколов В. Т. Наблюдения в Арктике не подтверждают ослабление термохалинной циркуляции в Северной Атлантике // ДАН. 2001. Т. 413. № 2. С. 211 – 280.
7. Захаров В. Ф. Морские льды в климатической системе. СПб.: Гидрометеоздат, 1996.
8. Каган Р. А. Осреднение метеорологических полей. Л.: Гидрометеоздат, 1919.
9. Лугина К. М., Сперанская Н. А. Изменчивость средней годовой приземной температуры воздуха в высоких широтах Северного полушария // Тр. ГГИ. 1984. № 295. С. 81 – 91.

10. *Радионо́в В. Ф., Алекса́ндров Е. И., Брызги́н Н. Н.* Метеорологические условия в околополюсном районе Северного Ледовитого океана (по данным наблюдений на дрейфующих станциях «Северный полюс-32, 33, 34» // Проблемы Арктики и Антарктики. 2001. № 15. С. 50 – 63.
11. *Радионо́в В. Ф., Алекса́ндров Е. И., Арутюно́в А. В.* Метеорологические условия в период дрейфа станции «Северный полюс—32» // Метеорология и гидрология. 2004. № 11. С. 90 – 96.
12. *Тимофе́ев В. Т.* Водные массы Арктического бассейна. Л.: Гидрометеоиздат, 1960.
13. *Трещи́ков А. Ф., Бара́нов Г. И.* Структура циркуляции вод в Арктическом бассейне. Л.: Гидрометеоиздат, 1912.
14. Формирование и динамика современного климата Арктики / Под ред. проф. Г. В. Алексеева. СПб.: Гидрометеоиздат, 2004.
15. *Фролов С. В., Фе́дяков В. Е., Третьяко́в В. Ю., Клейн А. Э., Алексе́ев Г. В.* Новые данные об изменении толщины льда в Арктическом бассейне // Доклады АН. 2009. Т. 425. № 1. С. 104 – 108.
16. *Шути́лин С. В., Ма́кштас А. П., Алексе́ев Г. В.* Модельные оценки ожидаемых изменений ледяного покрова СЛО при антропогенном потеплении в XXI веке // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 2 (19). С. 101 – 110.
17. *Aleksandrov Ye. I., Bryazgin N. N., Forland E. J., Radionov V. F., Svyaschennikov P. N.* Seasonal, interannual and long-term variability of precipitation and snow depth in the region of the Barents and Kara seas // Polar Research. 2005. № 24 (1 – 2). P. 69 – 85.
18. *Alekseev G. V., Kuzmina S. I., Nagurny A. P., Ivanov N. E.* Arctic sea ice data sets in the context of the climate change during the 20th century // Ornate variability and extremes during the past 100 years. Series: Advances in Global Change Research. 2001. Vol. 33. P. 41 – 63.
19. *Alekseev G. V., Johannessen O. M., Korablev A. A., Proshutinsky A. Y.* Ocean and sea ice // Arctic Environment Variability in the Context of the Global Change / Ed. by L. P. Bobylev, K. Ya. Kondratyev and O. M. Johannessen. Springer-Praxis, 2003. P. 101 – 236.
20. Arctic Climatology Project. 2000. Environmental Working Group Arctic Meteorology and Climate Atlas / Ed. by F. Fetterer and V. Radionov. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. CD-ROM.
21. Climate of 2009. Annual Report. 15.01.10. National Climatic Data Center.
22. National Snow and Ice Data Center. 2003. Meteorological Data from the Russian Arctic, 1961 – 2000. V. Radionov, compiler. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. Digital media. URL: <http://nsidc.org/data/g02141.html> [дата посещения 29.01.10].
23. *Rayner N. A., Brohan P., Parker D. E., Folland C. K., Kennedy J. J., Vanicek M., Ansell T., Tett S. F. B.* Improved analyses of changes and uncertainties in marine temperature measured in situ since the mid-nineteenth century: the HadSST2 dataset // J. Climate. 2006. Vol. 19. P. 446 – 469.

А. А. Соловьянов

О сохранении природной среды Арктической зоны Российской Федерации*

Введение

К Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) относится около трети всей площади Арктики. В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике», одобренными Правительством Российской Федерации (протокол № 24 от 14 июня 2001 г.), и «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу», утвержденными Президентом Российской Федерации Дмитрием Медведевым 18 сентября 2008 г., в АЗРФ входят:

- полностью или частично территории Республики Саха (Якутия), Мурманской и Архангельской областей, Красноярского края, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов (южная граница АЗРФ определена решением Государственной комиссии при Совете Министров СССР по делам Арктики от 22 апреля 1989 г.);
- земли и острова, указанные в Постановлении Президиума Центрального Исполнительного Комитета СССР от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территорией СССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане»;
- прилегающие к указанным территориям, землям и островам Российской Федерации внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф.

* Соловьянов А. А. О сохранении природной среды Арктической зоны Российской Федерации // Арктика. Экология и экономика. 2011. № 1.

По материалам исследования Целевой рабочей группы Проекта ЮНЕП/ГЭФ: Российская Федерация — поддержка Национального плана действий по защите арктической морской среды. Детальную информацию о Проекте НПА-Арктика можно получить на сайте: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: пра-arctic.ru.

При этом границы АЗРФ могут уточняться в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также с нормами международных договоров и соглашений, участницей которых является Российская Федерация.

АЗРФ характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями, наличием разнообразных и значительных по запасам минерально-сырьевых и других природных ресурсов; сосредоточением объектов экономики и социальной сферы на ограниченных территориях, удаленностью и транспортной труднодоступностью; чрезвычайной уязвимостью и медленной восстановимостью природных экосистем.

В результате интенсивной хозяйственной деятельности в АЗРФ и на соседних территориях арктическая природная среда подвергается интенсивному воздействию (в том числе за счет поступления загрязняющих веществ при трансграничном переносе), следствием чего является развивающаяся деградация арктических экосистем. Усилению этих негативных явлений способствуют также возникновение и развитие опасных гидрометеорологических, мерзлотно-геоморфологических, ледовых и других неблагоприятных природных процессов, связанных с изменениями климата.

Особую проблему составляет потенциальное загрязнение территории АЗРФ техногенными радионуклидами. В регионе находятся крупные объекты ядерного наследия, связанные с деятельностью военного и гражданского атомных флотов, а также другие радиационно-опасные объекты.

И в то же время, несмотря на сложные природно-климатические условия АЗРФ, социально-экономическое развитие Российской Федерации в среднесрочной и отдаленной перспективе будет тесно связано с освоением природных богатств Арктики. В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу» использование АЗРФ в качестве стратегической ресурсной базы относится к числу основных национальных интересов страны. При этом освоение природных ресурсов в АЗРФ не должно приводить к ухудшению экологической обстановки. Более того, намечаемая деятельность должна сопровождаться ликвидацией накопленного экологического ущерба, реабилитацией деградированных экосистем. В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу» к основным национальным интересам

России в АЗРФ относится «сбережение уникальных экологических систем Арктики». Одной же из главных целей государственной политики Российской Федерации в Арктике является «сохранение и обеспечение защиты природной среды Арктики, ликвидация экологических последствий хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата». Наконец, «основными мерами по реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности в Арктической зоне Российской Федерации являются: установление особых режимов природопользования и охраны окружающей природной среды в Арктической зоне Российской Федерации, включая мониторинг ее загрязнения, рекультивация природных ландшафтов, утилизация токсичных промышленных отходов, обеспечение химической безопасности, в первую очередь в местах компактного проживания населения...».



Рис. 1. Антропогенный ландшафт в районе бухты Северная*

Для содействия Российской Федерации в решении природоохранных проблем в АЗРФ в рамках проекта Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) / Глобального экологического фонда (ГЭФ) «Российская Федерация — Поддержка Национального плана действий по защите арктической морской среды» подготовле-

* Здесь и далее фотографии С. Б. Тамбиева.

на «Стратегическая программа действий по охране окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации» (СПД-Арктика), одобренная Морской коллегией при Правительстве Российской Федерации (протокол совещания от 19 июня 2009 г. № 2 (11), раздел I, пункт 2) и опубликованная на сайте Проекта НПД-Арктика. Сфера действия СПД-Арктика охватывает АЗРФ, а также территории Республики Коми и Ханты-Мансийского автономного округа, на которых находятся источники загрязнения, существенно влияющие на состояние окружающей среды в Арктике.

О совершенствовании механизмов охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в АЗРФ

Существующую на сегодняшний день национальную природоохранную нормативно-правовую базу составляют около 40 федеральных законов, около 1200 постановлений и распоряжений Правительства Российской Федерации, приказов министерств и ведомств. Их действие распространяется на всю территорию Российской Федерации, включая АЗРФ. Поэтому недостаточная эффективность системы управления охраной окружающей среды и экологической безопасностью в АЗРФ изначально является следствием недостатков этих документов. Однако для АЗРФ такое положение усугубляется еще и тем, что большинство из этих документов не учитывает специфику ее природно-климатических условий. Как следствие, для хозяйственной деятельности в АЗРФ установлены практически такие же природоохранные требования, как для других территорий, гораздо менее уязвимых к антропогенному воздействию и значительно более легко компенсирующих наносимый вред.

Демонстрацией серьезного отношения руководства страны к проблемам, существующим в АЗРФ, является принятие ряда стратегических документов, среди которых «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу», «Концепция государственной поддержки экономического и социального развития районов Севера» и «Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 г.». К сожалению, заложенные в них директивы и требования к хозяйственной деятельности практически не реализованы в конкретных нормативно-правовых актах. До настоящего времени:



Рис. 2. Антропогенный пейзаж на о. Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа

- не разработаны подходы к определению допустимого антропогенного воздействия на арктические экосистемы, что не позволяет устанавливать обоснованные требования к деятельности хозяйствующих субъектов в АЗРФ и контролировать их выполнение;
- экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду не распространяется на все проекты намечаемой хозяйственной деятельности в АЗРФ, позволяя тем самым реализовать решения, неблагоприятные для арктических экосистем;
- не предусмотрен учет особых природно-климатических условий в технических регламентах для продукции, которая может производиться или потребляться в АЗРФ;
- не предусмотрены требования об обязательном применении наилучших доступных технологий на новых промышленных объектах, создаваемых на территории АЗРФ.

Для устранения перечисленных изъянов и создания полноценной организационно-правовой базы, способной обеспечить решение экологических проблем АЗРФ без ущерба экономическим интересам России, необходима целенаправленная и последовательная работа как по совершенствованию действующего законодательства, так и по разработке новых нормативных правовых актов.

Весомым подтверждением стратегических интересов России в АЗРФ, ее обязательств по сохранению природной среды этого региона и стремления реализовать в АЗРФ принципы устойчивого развития могло бы быть принятие специального федерального закона с условным названием «Об особых режимах природопользования и охраны окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации».

Разработка и принятие такого закона позволило бы урегулировать (хотя бы применительно к территории АЗРФ) некоторые важные отношения в сфере природопользования и охраны окружающей среды, ныне выпадающие по тем или иным причинам из сферы регулирования действующих федеральных законов. В любом случае в рамках одного федерального закона или через поправки к другим законодательным актам следовало бы решить как минимум следующее:

- разработать и утвердить перечень приоритетных загрязняющих веществ, нормативы для которых должны быть адаптированы к условиям АЗРФ;
- включить требования об учете природно-климатических особенностей территории АЗРФ при разработке экологических нормативов;
- разработать технические (технологические) нормативы загрязняющих веществ, ориентированные на наилучшие доступные технологии и учитывающие природно-климатические особенности АЗРФ;
- разработать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду (нормативы выбросов и сбросов микроорганизмов, физического воздействия, изъятия компонентов окружающей среды и комплексной антропогенной нагрузки на окружающую среду), учитывающие природно-климатические особенности АЗРФ; разработать принципы и концепцию развития особо охраняемых природных территорий федерального и регионального значения в АЗРФ;
- включить требования по проведению стратегической экологической оценки и государственной экспертизы документов территориального планирования на уровне субъектов Федерации, входящих в АЗРФ;
- разработать инструктивно-методические документы, регламентирующие проведение оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в отношении различных видов

хозяйственной деятельности в природно-климатических условиях АЗРФ; разработать критерии определения видов деятельности, подлежащих обязательному лицензированию, исходя из их влияния на окружающую среду АЗРФ, сформировать и утвердить соответствующий перечень лицензируемых видов деятельности;

- предусмотреть обязательность экологического аудита для видов деятельности, особо опасных для природной среды АЗРФ; разработать механизм обязательного страхования экологических рисков при осуществлении хозяйственной деятельности в АЗРФ;
- сформировать критерии отнесения объектов, подлежащих государственному экологическому контролю органами власти различного уровня в субъектах Федерации, входящих в АЗРФ, предусмотреть передачу части контрольных функций на уровень муниципальных образований субъектов Федерации, входящих в АЗРФ;
- разработать перечень подлежащих разработке или переработке методик расчета экологического ущерба, а также разработать сами методики в соответствии с утвержденным перечнем.

О развитии экологического мониторинга в АЗРФ

Система мониторинга окружающей среды (экологического мониторинга) в Российской Федерации имеет ведомственную структуру, в рамках которой наблюдения за различными количественными и качественными параметрами окружающей среды, характеризующими ее состояние, осуществляют соответствующие подразделения и территориальные органы различных министерств и ведомств. Ее составляющими являются:

- наблюдательная сеть Росгидромета;
- система государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- система государственного мониторинга геологической среды;
- система государственного мониторинга водных объектов.

Некоторые другие ведомственные и корпоративные системы экологического мониторинга (производственного экологического контроля) и системы наблюдения субъектов Федерации.

Осуществление государственного экологического мониторинга регулируется достаточно развитой нормативно-правовой базой, при этом отдельные системы функционируют практически автономно, что резко снижает эффективность и надежность системы в целом. В результате разобщенности систем мониторинга отсутствуют:

- единая нормативно-методическая база, что приводит к несопоставимости результатов измерений и противоречиям в оценке состояния окружающей среды, затруднениям в практическом использовании имеющихся данных и невозможности корректно производить комплексную оценку экологической обстановки на конкретной территории или в регионе;
- эффективный обмен экологической информацией между различными ведомствами;
- возможность предоставления хозяйствующим субъектам, органам исполнительной власти надежной экологической информации;
- надежная база для принятия эффективных решений в сфере охраны окружающей среды, учитывающих все особенности состояния природных комплексов, экосистем и урбанизированных территорий.

В конце 1990-х годов в Российской Федерации функционировала федеральная целевая программа «Единая государственная система экологического мониторинга» (ЕГСЭМ), которая реализовалась с участием всех заинтересованных ведомств и субъектов Федерации и управлялась специальной Дирекцией. Одной из важнейших целей Программы было установление взаимодействия между системами наблюдения различных ведомств, выработка единых методических подходов при проведении измерений, разработка форматов представления экологической информации на все уровни принятия решений.

Аналогичная федеральная целевая программа «Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки» со своей управляющей Дирекцией была направлена на получение объективной информации о радиационной обстановке в регионах размещения различных радиационно и ядерно опасных объектов.

Существует настоятельная необходимость возобновления деятельности этих программ с выделением специальных подпрограмм,

охватывающих АЗРФ. Конкретные задачи для экологического мониторинга в Арктическом регионе могли бы быть прописаны в федеральном законе «Об особых условиях природопользования в Арктической зоне Российской Федерации».

В 1990-х годах из-за уменьшения финансирования произошло значительное сокращение государственных сетей наблюдения, а на существующих постах и станциях большая часть приборов и оборудования морально и физически устарела, что не позволяет получать сведения о состоянии окружающей среды, соответствующие современным требованиям к информационному обеспечению системы принятия решений в сфере экологической безопасности. В рамках упомянутых ранее программ, исходя из установленных приоритетов, могли бы решаться и вопросы обеспечения системы необходимым оборудованием, методической и иной интеллектуальной продукцией.

Еще одной задачей экологического мониторинга предупредительного плана является прогнозирование изменений в окружающей среде на среднесрочную и отдаленную перспективу, для чего необходима разработка разнообразных моделей, описывающих транспорт и трансформацию загрязняющих веществ, динамику биогеоценозов и др. Эта проблема также могла бы решаться в рамках упомянутых программ и в кооперации с другими арктическими государствами, тем более что опыт международного сотрудничества в этой сфере уже имеется.

К вопросам, которые необходимо урегулировать в ближайшее время, относится разработка и утверждение порядка организации и ведения мониторинга объектов негативного воздействия на окружающую среду, в том числе при осуществлении хозяйственной деятельности на особо экологически уязвимых территориях.

О предотвращении загрязнения арктической морской среды нефтью и нефтепродуктами

В законодательстве об охране вод в Российской Федерации применительно к АЗРФ наиболее важную роль помимо Закона об охране окружающей среды играют Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ, Федеральный закон от 31 июля 1998 г. № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации» и Федеральный

закон от 30 ноября 1995 г. № 187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации». Однако эти нормативно-правовые акты направлены преимущественно на предотвращение загрязнения морских вод неочищенными сточными водами и отходами.

С другой стороны, когда речь идет о загрязнении вод нефтяными углеводородами, то проблемы его предотвращения решаются в рамках законодательства о чрезвычайных ситуациях. Поэтому деятельность организаций, осуществляющих добычу, переработку и транспортировку нефти и нефтепродуктов в море, органов государственной власти и аварийно-спасательных формирований по ликвидации разливов нефти регулируется в соответствии с нормативно-правовыми актами в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Однако в этих актах отсутствуют положения, определяющие готовность специальных служб и организаций к реагированию на разливы нефти в АЗРФ.

На международном уровне для снижения опасности загрязнения морских вод нефтью и нефтепродуктами используются такие международные документы, как:

- Международная конвенция по борьбе с нефтяными загрязнениями и сотрудничеству (БЗНС 90);
- Международная конвенция относительно вмешательства в открытом море в случаях аварий, приводящих к загрязнению нефтью;
- Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью;
- Международная конвенция о создании международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью;
- Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения бункерным топливом.

Являясь участником всех этих конвенций, за исключением БЗНС 90, Россия следует их положениям, но тем не менее страна не располагает нормативными актами по оценке риска разливов нефти, оценке готовности специальных формирований, предназначенных для ликвидации разливов нефти, и руководств ими по проведению операций по ликвидации разливов нефти в АЗРФ. В то же время в области реагирования на разливы нефти в Арктике имеется ряд международных региональных документов. К ним относятся:

- Полевое руководство по борьбе с разливами нефти в Арктике (в русском варианте «Руководство по реагированию на разливы нефти на морях, реках и озерах»);

- Арктическое руководство по оценке технологий очистки берегов;
- карты арктических ресурсов, находящихся под угрозой загрязнения нефтью;
- Руководство по проведению морских работ по нефти и газу в Арктике.

Все эти руководства носят рекомендательный характер, но из-за отсутствия национальных руководств и, имея в силу того, что они разработаны на базе нормативных документов Канады и США — стран, имеющих значительный опыт работы в этой области — им следует придать статус национальных нормативных документов.

Меры по предотвращению загрязнения вод при эксплуатации речного транспорта устанавливаются «Водным кодексом Российской Федерации», «Кодексом внутреннего водного транспорта Российской Федерации», «Кодексом торгового мореплавания», «Правилами плавания по внутренним водным путям Российской Федерации», а также рядом отраслевых документов — «Правилами Российского речного регистра», «Правилами технической эксплуатации речного транспорта», «Наставлением по предотвращению загрязнения внутренних водных путей», СанПин 2.5.2-703-98 «Санитарные нормы и правила. Водный транспорт. Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания», «Рекомендациями по действиям экипажей судов в аварийных ситуациях». Они содержат требования об исключении загрязнения рек с судов нефтью, нефтепродуктами, сточными водами, подсланевыми нефтесодержащими водами и отходами, образующимися в процессе эксплуатации судна.

В указанных документах предусмотрено также, что при выходе судна в морские воды оно должно выполнять требования Конвенции МАРПОЛ73/78, «Наставления по предотвращению загрязнения с судов» (РД 31.04.23-94) и «Правил регистрации операций с нефтью, нефтепродуктами и другими веществами, вредными для здоровья людей или живых ресурсов моря и их смесями, перевозимыми на судах и других плавучих средствах» (РД 31.04.17-97).

В целом требования по предотвращению загрязнения вод с судов в перечисленных документах можно оценить как всеобъемлющие, однако и это касается всех отраслевых документов, они не распространяются на суда, обладающие определенными техническими характеристиками. При определенных условиях под исключения могут попасть до 80% судов, эксплуатируемых на реках

АЗРФ. Этот недостаток должен быть устранен путем пересмотра нормативно-правовой базы.

Об обеспечении экологической безопасности при эксплуатации Северного морского пути

Северный морской путь (СМП) — главная судоходная магистраль России в Арктике. В основе принятых нормативных правовых актов, регулирующих судоходство по СМП («Правил плавания по трассам Северного морского пути» 1991 г., «Руководства для сквозного плавания судов по СМП» 1995 г. и «Требований к конструкции, оборудованию и снабжению судов, следующих по Северному морскому пути» 1995 г.), лежат нормы международного права и соответствующие права и обязанности прибрежных государств обеспечивать безопасность мореплавания и принимать меры по предотвращению, сокращению и сохранению под контролем загрязнения морской среды с судов.

Нарастающая антропогенная нагрузка на природную среду АЗРФ, в том числе в районах прохождения трасс СМП, ставит задачу создания надлежащей правовой основы для обеспечения безопасного и эффективного судоходства как с навигационной и технической, так и с экологической точки зрения.

В этих целях представляется целесообразным подтвердить статус СМП (в специально посвященном СМП законодательном акте или в Федеральном законе «Об особых условиях природопользования в Арктической зоне Российской Федерации») как исторически сложившейся национальной российской транспортной коммуникации в Арктике.

Именно на уровне федерального закона необходимо определить основные требования к допуску судов для плавания по СМП, особенности плавания судов по трассам СМП, способы и приемы, предусматривающие предотвращение загрязнения морской среды с судов в покрытых льдом районах. При этом должны быть учтены требования по защите морской среды от загрязнения, содержащиеся в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., согласно которым (ст. 211, 234, 235) прибрежное государство принимает законы и правила для предотвращения и сохранения под контролем загрязнения морской среды, а также Международной конвенции об ответственности и компенсации ущерба в связи с перевозкой морем опасных и вредных веществ 1996 г. в части обязательного наличия свиде-

тельств о финансовом обеспечении гражданской ответственности владельца судна за ущерб от загрязнения морской среды.

Инспекторы администрации СМП в соответствии с Федеральным законом «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации» (и новым законодательным актом, определяющим статус СМП) должны иметь право производить контрольные осмотры судов, а при наличии достаточных оснований — выводить суда, нарушившие природоохранные требования, с трассы СМП и инициировать судебное преследование нарушителей.

Подобные меры по повышению экологической безопасности при эксплуатации СМП могут быть разработаны с привлечением опыта Канады, регулирующей судоходство и охрану морской среды в Северо-Западном проходе и принявшей необходимые законодательные акты.

О проблемах ликвидации в АЗРФ накопленного экологического вреда (ущерб)

Одной из основных экологических проблем Арктики является необходимость ликвидации так называемого «накопленного экологического вреда (ущерб)», в частности, в районах расположения бывших военных объектов. К числу первоочередных задач относятся:

- закрепление правового механизма ликвидации накопленного экологического вреда в специальном законе «Об особых условиях природопользования в Арктической зоне Российской Федерации»;
- очистка акваторий арктических морей и рек от брошенных и затопленных объектов, мешающих судоходству и создающих риски возникновения чрезвычайных экологических ситуаций, а также очистка акваторий от особо опасных загрязняющих веществ;
- подготовка, вывоз и утилизация опустошенной бочкотары из-под нефтепродуктов и других опасных веществ;
- демонтаж, вывоз и утилизация устаревших и утраченных радиоизотопных термоэлектрических генераторов;
- обезвреживание источников особо опасного загрязнения (устаревших и запрещенных к использованию дизлектрических жидкостей, пестицидов и других химических веществ из группы токсичных стойких загрязнителей);

- удаление и утилизация ртутьсодержащих отходов;
- ликвидация нефтяного загрязнения и рекультивация загрязненных нефтью участков территорий и акваторий на основе современных биотехнологий и др.

В российском законодательстве отсутствует правовой механизм ликвидации накопленного экологического вреда (ущерба), разграничивающий обязанности в этой сфере государства (в лице Российской Федерации, субъектов Российской Федерации) и субъектов хозяйственной деятельности и способствующий привлечению внебюджетных источников финансирования. Для повышения уровня экологической безопасности пострадавших территорий, в том числе АЗРФ, существующие пробелы следует устранить, для чего законодательным путем должен быть решен весь комплекс нормативно-правовых, финансово-экономических, организационно-технических и научно-методических вопросов.

Ввиду сложности и масштабов проблемы оптимальным представляется ее решение в рамках федерального закона, при этом возможно:

- введение в действующий Федеральный закон «Об охране окружающей среды» необходимого понятийного аппарата, а также соответствующих глав (или статей), прямо закрепляющих все необходимые элементы правового механизма ликвидации накопленного экологического вреда;
- принятие специального федерального закона, содержащего необходимый понятийный аппарат и регулирующего весь комплекс отношений по ликвидации прошлого экологического вреда; закрепление применительно к АЗРФ правового механизма ликвидации накопленного экологического вреда в специальном Федеральном законе «Об особых условиях природопользования в Арктической зоне Российской Федерации».

Об адаптации АЗРФ к негативным изменениям климата

По данным IV Национальных сообщений (2006 г.) стран Арктического региона и других северных стран (Швеции, Норвегии, Исландии, Дании, Финляндии и Канады), их деятельность, направленная на минимизацию негативных последствий ожидаемых из-



Рис 3. Антропогенный пейзаж на о. Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа

менений климата, связана прежде всего с изучением уязвимости к ним отраслей экономики, экосистем и населения, а также с улучшением осведомленности лиц, принимающих решения, о возможных последствиях этих изменений.

Деятельность Российской Федерации в данной сфере должна, по всей видимости, идти в согласии с указанными подходами. При этом нет необходимости вносить какие-либо принципиальные изменения в действующее законодательство. В то же время на период с 2009 по 2012 гг. в рамках существующего законодательства и нормативно-правового регулирования необходимо в первую очередь:

- в развитие национальной Климатической доктрины разработать Национальную стратегию (программу, план действий) по адаптации к изменению климата, включая мероприятия в АЗРФ, как территории, наиболее уязвимой от изменений климата;
- расширить научные исследования, направленные на установление возможного влияния изменений климата на различные секторы экономики, население, природные комплексы и экосистемы, в первую очередь на территории АЗРФ;

- разработать и внедрить дополнительные параметры, связанные с ожидаемым изменением климата, в строительные нормы и правила (технические регламенты);
- в дополнение к существующей практике компенсации государством ущерба гражданам, пострадавшим от природных катастроф и стихийных бедствий, начать разработку механизмов и форм индивидуального, коллективного (для страховых компаний) и государственно-частного партнерства по страхованию ущерба, связанного с изменением климата;
- сформировать российский Национальный адаптационный фонд;
- подготовить и реализовать один или несколько пилотных (экспериментальных) проектов по адаптации к изменению климата в АЗРФ.

О возможности использования законодательного опыта арктических государств для совершенствования механизмов охраны природной среды АЗРФ

В природоохранном законодательстве зарубежных арктических и приполярных стран задачи предотвращения загрязнения морской среды, морских побережий арктических морей и наземных арктических экосистем являются приоритетными. Многие проблемы в этой сфере решаются с помощью международных конвенций: Конвенции ООН по морскому праву [*Law of the Sea* 1994], Женевской конвенции о трансграничном переносе загрязняющих веществ на большие расстояния [*Geneva Convention* 1979], Международной конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики [*OSPAR Convention* 1992], а также национальных законов, например, Закона Канады о предотвращении загрязнения арктических вод [*AWPPA* 1985], Закона США о чистом воздухе [*CAA* 2004], Закона Канады о сохранении национальных морских территорий [*CNMCAA* 2002], Закона США о федеральном контроле загрязнения вод [*CWA* 2002], Закона США о защите морских животных [*MMPA* 1972], Закона Исландии о сохранении природы [*The Nature Conservation Act* 1999], Закона США о контроле над токсическими веществами [*TSCA* 1976 – 2002].

В упомянутых зарубежных странах природоохранная нормативно-правовая база имеет несколько особенностей, что отличает ее от аналогичной российской базы.

Во-первых, она, как правило, напрямую адресована гражданам страны и параллельно (но не последовательно) — административным структурам государства и бизнеса.

Во-вторых, сама процедура принятия решений на всех уровнях не является чисто административной (мажоритарной). Решения принимаются на основе консенсуса со всеми заинтересованными сторонами, в том числе с представителями бизнеса и общественности.

В-третьих, реализация принимаемых решений осуществляется с участием партнеров за пределами государственных институтов власти, например, университетов и частных компаний, работающих на принципах частно-государственного партнерства по договорам с правительственными структурами.

В-четвертых, в большинстве арктических государств охрана окружающей среды является прерогативой административных единиц (штатов, провинций и др.), а не государства в целом, что в ряде случаев закрепляется соответствующими законами или специальными соглашениями. Кроме того, при сходном с Россией административном устройстве (США, Канада) в этих странах развито региональное законодательство, адресованное конкретным проблемам территорий. Это позволяет принимать решения, которые намного лучше учитывают местные условия и проблемы.

Таким образом, сама система подготовки и принятия решений является очень «прозрачной» и содержит минимальное число административных барьеров.

В целом опыт арктических государств по охране природной среды может быть реализован в российском законодательстве либо в виде дополнений и поправок к существующим нормативным актам, либо в виде новых актов. Наиболее целесообразными новациями могут быть следующие позиции:

- по аналогии с положениями закона США о национальной политике в области окружающей среды и закона Канады о живой природе передать субъектам Федерации максимум полномочий по всем вопросам охраны окружающей среды при условии, что основная ответственность за реализацию экологической политики должна возлагаться на органы

власти субъектов Федерации и муниципальных образований на территории АЗРФ;

- по аналогии с положениями закона США о национальной политике в области окружающей среды, закона Канады об экологической оценке и Датского природоохранного законодательства усилить статус оценки воздействия на окружающую среду как процедуры, обязательной для всех видов хозяйственной деятельности, особенно намечаемой для реализации в АЗРФ;
- по аналогии с положениями закона Канады о предотвращении загрязнения арктических вод, закона США о разработке нефтяных ресурсов, закона США о загрязнении нефтью и закона Канады о сохранении национальных морских площадей принять концептуальный документ, устанавливающий основные требования по предотвращению загрязнения морских вод АЗРФ всеми видами загрязнения, особенно нефтяными углеводородами;
- по аналогии с положениями общего закона США о мерах по восстановлению окружающей среды, компенсации и ответственности (закона о Суперфонде) установить обязательную ответственность виновных и заинтересованных лиц за реабилитацию территорий, пострадавших в результате химического и радиоактивного загрязнения, независимо от срока давности;
- по аналогии с положениями закона Канады о развитии рыболовства создать специальные наблюдательные советы в субъектах Федерации с правами и обязанностями в области комплексного управления арктическими биоресурсами, в том числе совершенствования правил рыболовства, сохранения популяций рыб и охраны их местообитаний в АЗРФ;
- по аналогии с положениями закона Канады об освоении океанов и об установлении особо охраняемых районов арктических морей, закона США о разработке нефтяных ресурсов, закона Норвегии об охране природы и в развитие «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» сформировать принципы экосистемного подхода к управлению на территории АЗРФ;
- по аналогии с законами США о видах, находящихся под угрозой исчезновения, и о защите морских млекопитающих

США ввести запрет на разработку нефти и газа в местах миграции соответствующих видов.

Эти предложения могут быть использованы при подготовке специального закона «Об особых условиях природопользования в Арктической зоне Российской Федерации».

Об усилении защиты исконной среды обитания, традиционного образа жизни и интересов коренных малочисленных народов Севера

7 мая 2001 г. был принят Федеральный закон № 49-ФЗ «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации», в котором было введено понятие территории традиционного природопользования (ТТП) как категории особо охраняемой природной территории, образуемой для ведения традиционного природопользования и традиционного образа жизни коренными малочисленными народами, призванной защищать исконную среду обитания и традиционный образ жизни малочисленных народов, сохранять биологическое разнообразие на этих территориях и самобытную культуру этих народов.

При всей своей прогрессивности указанный закон имел много недостатков. Так, в Законе была заложена достаточно сложная процедура образования ТТП. Правовой режим ТТП не был обеспечен нормами, исключающими или существенно ограничивающими использование земельных участков на территориях традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности для изыскательных работ или их изъятие для государственных и муниципальных нужд, а также нормами, устанавливающими возможность изменения размеров и границ ТТП. Не был предусмотрен механизм возмещения ущерба за нарушение законодательства о ТТП. Не обеспечен механизм использования этнологической экспертизы при принятии решений о создании ТТП и изменении их границ. Кроме того, реализация Закона не была обеспечена необходимым комплектом подзаконных актов.

В результате на сегодняшний день в России не создано ни одной ТТП федерального значения. Региональных и местных территорий очень мало, а их создание не всегда отвечает требованиям закона в части обеспечения особого природоохранного режима ТТП.

Для устранения имеющихся недостатков, а также в соответствии с Поручением Президента Российской Федерации от 16 октября 2008 г. № ПР-2191, Поручением Правительства Российской Федерации от 14 апреля 2009 г. ДК-П16-2033, «Концепцией устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации», утвержденной Правительством Российской Федерации в феврале 2009 г., и Планом мероприятий по реализации этой концепции, утвержденным в августе 2009 г., и с учетом предложений VI Съезда коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации. Следует дополнить Федеральный закон «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации» положениями:

- о совершенствовании порядка образования ТТП и об уточнении видов зон (частей) ТТП;
- об управлении и контроле в области организации и функционирования ТТП;
- об участии в управлении ТТП лиц, относящихся к коренным малочисленным народам, их общин и иных объединений этих народов;
- о порядке возмещения ущерба, причиненного ТТП в результате деятельности субъектов хозяйственного права.

А. Л. Свечников

Экологические проблемы Арктического региона*

В физико-географическом отношении Арктика является северной полярной областью Земли, включающей Северный Ледовитый океан и его моря: Гренландское, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское и Бофорта, а также море Баффина, залив Фокс-Бейсин, многочисленные проливы и заливы Канадского Арктического архипелага, северные части Тихого и Атлантического океанов; Канадский Арктический архипелаг, Гренландию, Шпицберген, Землю Франца-Иосифа, Новую Землю, Северную Землю, Новосибирские острова и остров Врангеля, северные побережья материков Евразия и Северная Америка.

Как правило, границу Арктики проводят по Северному полярному кругу (66°33' с.ш.). Однако в ряде случаев арктические условия проявляются в значительно более южных районах.

Северный полярный круг является границей, севернее которой солнце не поднимается над горизонтом во время зимнего солнцестояния (21 декабря) и не заходит за горизонт во время летнего солнцестояния (21 июня). К северу продолжительность полярного дня и полярной ночи возрастает, достигая на Северном полюсе в каждом случае полугода. Так, в Мурманске полярная ночь длится 40 суток, полярный день — 58; на мысе Челюскина — самой северной точке материка — продолжительность полярной ночи 107 суток, полярного дня — 123. Во время полярной ночи свет исходит только от Луны и полярных сияний.

Климат арктических регионов весьма разнообразен: от сравнительно мягкого и влажного на западном побережье Норвегии до климата полярных пустынь во внутренних районах Гренландии со средними годовыми температурами около -30°C . Среднемесячные температуры воздуха в Арктике в течение зимы меняются в зависимости от влияния холодных и теплых морских течений.

* Свечников А. Л. Экологические проблемы Арктического региона // «Новая» Арктика и интересы России. М.: Красная звезда, 2012. С. 100 — 125.

Северный Ледовитый океан является наименьшим из океанов Земли, его площадь составляет 14,75 млн кв. км. Он расположен между Евразией и Северной Америкой. Граничит с Атлантическим (в районе Девисова и Датского проливов, а также Норвежского моря) и Тихим океаном (в районе Берингова пролива). Северный Ледовитый океан является естественной, природной границей Российской Федерации с севера.

Главная природная особенность океана состоит в наличии морского льда. Благодаря своему географическому положению Северный Ледовитый океан получает гораздо меньше солнечной энергии, чем другие океаны, расположенные в более низких широтах. Следствием этого является настолько низкая температура его поверхностных вод, что, исключая районы у берегов Норвегии и Мурманского побережья, океан круглый год почти полностью покрыт льдом.

В конце лета (сентябрь) ледовитость в Центральной Арктике все еще очень высока, однако прибрежные акватории Канады, Аляски и России на значительных площадях почти свободны ото льда; сплоченный лед сохраняется только у берегов северной половины Гренландии. Центральная часть Северного Ледовитого океана всегда покрыта льдом, который находится в постоянном движении.

Одной из важнейших особенностей Арктического бассейна является сильная опресненность поверхностного слоя, связанная в первую очередь с большими объемами стока северных рек. Ледовитость океана велика также и вследствие опресненности (чем выше соленость воды, тем ниже температура ее замерзания).

Морской лед является важнейшей океанографической характеристикой полярных широт, поскольку является терморегулятором процессов взаимодействия водной поверхности с атмосферой, тем самым оказывая влияние на тепловой баланс этих двух сред и климат, а также на экосистемы и некоторые виды хозяйственной деятельности¹.

Рельеф островов и арктических побережий материков отличается разнообразием. Однако примерно $\frac{4}{5}$ Гренландии покрыто ледниковым покровом мощностью до 3500 м. Многочисленные ледники спускаются от ледникового покрова к побережью, где происходит образование айсбергов.

Почти повсеместно в Арктике распространена вечная мерзлота (многолетне-мерзлые породы).

Экосистемы более 90% территории Арктики находятся в нарушенном состоянии (за исключением ряда территорий, где численность стад домашнего оленя достигла предела и зимние пастбища стравлены на больших площадях), а протекающие экологические процессы носят естественно-природный характер. Это связано с крайне низкой плотностью населения в регионе.

Однако арктические экосистемы отличаются неустойчивостью и легко подвергаются трансформации. При этом процессы их восстановления в исходное состояние протекают крайне медленно. Но, несмотря на то что для Арктики характерна относительная видовая бедность как конкретных сообществ, так и фауны с флорой в целом, генетическое разнообразие сравнительно велико за счет внутривидовой географической изменчивости и связанной с ней популяционной мозаики. В регионе имеется большое количество эндемиков, хорошо адаптированных к его условиям².

В Арктике, занимающей примерно 4% площади Земли, обитает лишь около 1% видов организмов. Вместе с тем задача сохранения флоры и фауны Арктики является ключевой для сохранения глобального биоразнообразия, поскольку многие таксоны животных и растений наиболее полно представлены именно в арктической биоте. Например, на территории Арктики обитают все виды птиц отряда гагарообразных, 25% видов отряда лососеобразных рыб, 10% видов лишайников, 6% видов мхов.

Важнейшей особенностью арктической биоты является преобладание (особенно в самой суровой высокоширотной полосе) группы организмов особо чувствительных по отношению к экстраординарным, в том числе антропогенным воздействиям. Примерами таких групп могут служить камнеломки и лишайники, играющие огромную роль в сложении тундровых фитоценозов, лососеобразные, составляющие основу рыбного пресноводного промысла в Заполярье.

Характерной чертой арктической биоты является также резкое снижение видового разнообразия в пределах самого региона. Так, на Таймыре от лесотундры до северной границы тундровой зоны (на протяжении всего около 700 км) число видов сосудистых растений сокращается в 4 раза, птиц — в 7 раз, жуков — в 15 раз и т.д. В связи с этим понятно, что сохранение биологического разнообразия в условиях Арктики приобретает особую актуальность.

В Арктике круглый год живут белые медведи, проводящие большую часть времени на дрейфующих льдинах, песцы, зайцы, лем-

минги, полевки, бурозубки и достаточно широкий спектр видов наземных, морских, околородных птиц. Полярные моря осваиваются ластроногими и китообразными: тюленями, моржами, белухами, нарвалами.

Для приатлантической части океана характерны разнообразие и обилие организмов, в том числе громадные (преимущественно в летний период) скопления североатлантических рыб: сельдь, треска, пикша, морской окунь, сайда и др. В Северном Ледовитом океане обитают несколько видов китов (преимущественно полосатики и гренландский кит).

Арктика является одной из самых хрупких экологических систем планеты. Однако внимание мирового сообщества к экологическим проблемам Арктики объясняется еще и тем, что в силу ее природно-географических особенностей они с большой вероятностью способны сказаться на глобальных показателях.

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) выделяет следующие основные экологические проблемы Арктического региона:

- изменение климата и таяние арктических льдов;
- загрязнение вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом;
- сокращение популяции арктических животных и изменение их среды обитания³.

Изменение климата и таяние арктических льдов

В течение ряда последних десятилетий температура приповерхностного слоя атмосферы в Арктике повышалась примерно в два раза быстрее по сравнению с глобальным уровнем потепления. Среднее повышение температуры в области, расположенной севернее 60° с.ш., составило 1–2°С после минимума, отмеченного в 60-х и 70-х годах XX в.⁴

В процессе обсуждения происходящих явлений некоторые специалисты высказывают точку зрения, согласно которой Арктический регион находится на начальном этапе перемен, порождаемых значительным поступлением в атмосферу парниковых газов антропогенного происхождения. Такое заключение основывается на довольно низком уровне проявления влияния парниковых газов в моделях, описывающих природные процессы в XX и начале XXI в.

Недавнее потепление в Арктике, являющееся одним из наиболее значительных за период наблюдений и относящееся к 80-м

годам XX в., составляет примерно 1°C в десятилетие. Оно фиксируется в зимне-весенний период, оставаясь практически осенью. Его проявления чаще отмечаются на территории северной части Евразии (преимущественно в азиатской части) и северо-западной части Северной Америки. В этих регионах в течение последних нескольких десятилетий особенно заметны (в сравнении с другими регионами планеты) признаки потепления.

Имеются данные относительно происходившего в течение последних 100 лет увеличения количества осадков в Арктике. Однако уровень прироста осадков крайне мал, составляя около 1% за десятилетие.

Процесс повышения приповерхностной температуры в Арктике уже обусловил сокращение территории распространения ледников на суше и морских льдов, периода стояния льда на реках и озерах на территории практически всей Субарктики, начавшееся в 80-х годах XX в. таяние многолетней мерзлоты.

Произошедшие изменения в составе растительных сообществ фиксируются в североамериканском секторе Арктики и других местах. Получаемые со спутников изображения земной поверхности Арктического региона свидетельствуют об увеличении усредненного индекса растительного покрова, определяющего фотосинтетическую активность биомассы. Это связано с увеличением вегетационного периода и с изменениями содержания CO_2 в атмосфере.

Многие виды, населяющие полярные и приполярные регионы, адаптированы к обитанию в жестких условиях низких температур и ограниченности солнечного света, что обуславливает их повышенную уязвимость к последствиям изменения климата. Это снижает их конкурентные способности в отношениях с потенциальными мигрантами из регионов с более мягкими условиями среды обитания. Другим видам требуются особые условия обитания, например, наличие зимнего снежного покрова. Растения и животные в полярных районах чувствительны к воздействию вредителей и паразитов, которые быстрее размножаются в более теплых и влажных условиях. Следует принимать во внимание и то, что многие наземные полярные экосистемы уязвимы ввиду низкого видового богатства. Потеря же ключевых видов (например, леммингов) способна вызвать каскадный эффект гибели всей экосистемы.

В Северной Фенноскандии к настоящему времени популяционные циклы мышевидных грызунов и леммингов стали существенно

сглаженными по сравнению с 80-ми годами XX в.⁵ Предположительно, это происходит в результате снижения весенних пиков их численности и плотности расселения, что в свою очередь связано с низкой выживаемостью в зимний период за счет изменений в снежном покрове.

Весьма заметно сократилась численность песцов и рогатого жаворонка, в то время как отмечается продвижение в северном направлении лосей, лисицы, некоторых южных видов птиц. Однако надо указать, что конкретная роль изменения климатических условий в перечисленных процессах неизвестна.

В противоположность этому численность размножающихся в Арктике гусей, все активнее кормящихся в зимний период на полях с возделываемыми или необработанными зерновыми культурами в Европе и Северной Америке, увеличивается в геометрической прогрессии. В результате гуси летом интенсивно кормятся в прибрежных арктических экосистемах, вызывая их истощение, сокращение растительного покрова и связанное с этим распространение засоленных грунтов.

В некоторых местах популяции таких жизненно важных для местного населения животных, как северные олени, сокращаются. Это происходит преимущественно в силу действия социальных и культурных факторов, хотя изменение климатических условий также оказывает воздействие на популяции. Образование ледяной корки в теплые зимы, которая ограничивает доступ к растительности, воздействовало на некоторые популяции северного оленя и овцебыка.

Накапливаются данные относительно происходящих изменений растительного покрова. Аэрофотосъемка показывает расширение зарослей кустарников на 70% в 200 местах на Аляске. Вдоль границы распространения арктических и субарктических типов растительности отмечается продвижение лесов в северном направлении примерно на 10 км.

В последнее время появились свидетельства увеличения продолжительности вегетационного периода и продуктивности растительных сообществ. Анализ спутниковых данных указывает на увеличение продолжительности вегетационного периода на Аляске на 3 дня за 10 лет; в Северной Евразии на 1 день за 10 лет.

Некоторые моря Арктики и Субарктики относятся к числу наиболее продуктивных регионов мира. В них вылавливается около 7 млн т рыбы в год, что приносит доход до 15 млрд долл. в год. Ре-

зультаты проведенных исследований показывают, что рост температуры поверхностных слоев вод Северо-Восточной Атлантики сопровождается увеличением численности наиболее крупных видов в холодных регионах, при одновременном сокращении их представительства в более теплых регионах.

Многолетней (вечной) мерзлотой называют приповерхностные грунты, имеющие температуру 0°C и ниже, сохраняющиеся в течение двух или более лет, распространенные в Арктике, Субарктике, высокогорных регионах и некоторых незначительных по площади, лишенных постоянного ледового покрова частях Антарктиды.

Результаты наблюдений за многолетней мерзлотой свидетельствуют о том, что ее температура за последние 50 лет заметно повысилась. Быстрое потепление происходило на Аляске, в Канаде, в Европе и в Сибири.

Прогнозируется, что в перспективе изменение климата в Арктике обусловит появление ряда последствий глобального характера.

К числу важнейших из них относятся:

- изменение отражающей способности снега, льда и растительного покрова. При этом следует учитывать, что отражающая способность снега, льда и растительного покрова играет определяющую роль в формировании глобального климата за счет альбеда (отражения) и поглощения приходящего на землю солнечного излучения разными типами подстилающей поверхности;
- сокращение ледников в горах и ледяного покрова суши, изменение речного стока, повышение уровня океанов и изменение циркуляции в морях и океанах. Между тем, сокращение ледников в Арктике и ускорение таяния краев ледяного панциря Гренландии (вместе с наблюдаемым увеличением речного стока в регионе) являются важнейшим фактором, влияющим на объемы поступления пресных вод в Северный Ледовитый океан. Развитие данных процессов может оказать влияние на глобальную систему океанических течений;
- проявления нестабильности углеродного круговорота в Арктике. Вероятно, что увеличение эмиссии парниковых газов, освобождающихся в процессе таяния многолетней мерзлоты, приведет к активизации процесса изменения климата. Однако важно учитывать, в каком виде газы будут попадать в атмосферу — в виде двуокиси углерода (CO_2) или в виде метана (CH_4), поскольку на молекулярном уров-

не активность метана в процессе влияния на климат в 20 раз выше по сравнению с двуокисью углерода;

- изменение характера миграции живых организмов. Виды животных и птиц, ежегодно мигрирующие на летний сезон из более низких (умеренных) широт в приполярные регионы, находятся в зависимости от специфических существующих в полярных широтах условий. Изменение этих условий окажет воздействие на сложившиеся сообщества живых организмов и пищевые цепи далеко за пределами полярных регионов. Местообитания сезонно мигрирующих видов могут подвергнуться прямому влиянию изменения климата — например, за счет пересыхания водоемов и заболоченных территорий, изменения в землепользовании, режиме охоты, рыболовстве и т.д.;
- в зоне арктического континентального шельфа в осадочных породах содержится значительное количество гидратов метана. В случае потепления эти запасы метана и других парниковых газов могут поступить в атмосферу, усилив процесс изменения климата⁶.

Что касается непосредственно Арктического региона, то здесь также ожидаются значительные перемены.

Так, согласно имеющимся оценкам, к 2100 г. усредненные уровни потепления в Арктике, в зависимости от применяемой модели и рассматриваемого сценария, составят от 2° до 9°С. Наиболее заметное потепление произойдет в осенне-зимний период над ледяными областями приполярных океанов. Над территорией суши прогнозируются меньшие сезонные колебания температур.

В течение XXI в. в регионе произойдет глобальное увеличение количества осадков на 10—20%. При этом сезонность и пространственное распространение осадков в результатах различных моделей варьирует. Пропорция снега и дождя в выпадающих осадках в результате потепления климата также изменится. Это повлияет на гидрологический режим поверхностных водотоков, наземные экосистемы и структуру снежного покрова. Доля дождя по отношению к доле снега особенно увеличится в тех регионах Субарктики и в те сезоны, когда температура атмосферы приближается к точке заморзания (0°С).

Разница между количеством осадков и испарением, которая в многолетнем масштабе эквивалентна речному стоку, в течение XXI в. также предположительно будет возрастать. К 2080 г. ожида-

ется увеличение речного стока на 10–30%. Наибольшее увеличение стока прогнозируется для бассейна реки Лена.

Последние исследования прогнозируют сокращение средней многолетней площади распространения плавучих льдов в Арктике к 2080–2100 гг. на 22–33%. Сокращение ареала плавучих льдов в Арктике приведет к изменению увлажнения северных прибрежных регионов, что окажет влияние на скорость фрагментации ледников. На открывшихся ото льда акваториях усилится ветровая циркуляция вод.

Продолжающееся сокращение (таяние) арктических ледников окажет влияние на уровень Мирового океана. Можно ожидать увеличения мощности ледникового щита Гренландии за счет возросшего количества осадков при одновременном сокращении и истончении береговой части ледников в ответ на усиление летнего таяния и ускорение стока многих приморских ледников. В то же время анализ имеющихся данных позволяет предположить, что в целом будет происходить сокращение массы ледникового щита.

В связи с ожидаемым изменением климата в Арктике особое значение приобретает проблема таяния многолетней мерзлоты, поскольку данный процесс способен оказать негативное влияние на состояние инфраструктуры, возведенной на мерзлых грунтах, а также воздействовать на эмиссию парниковых газов. Согласно имеющимся прогнозам, в XXI в. следует ожидать сокращения ареала многолетней мерзлоты. Результаты моделирования процессов свидетельствуют о том, что Северное полушарие к середине XXI в. потеряет от 20 до 35% многолетней мерзлоты — преимущественно за счет ее таяния вдоль южной границы распространения, где мерзлота имеется лишь местами; но также следует ожидать сокращения ее ареала в местах многолетнего залегания.

Прогнозируемое увеличение глубины оттаивания мерзлоты будет неодинаковым в различных районах Арктики. Но в течение трех ближайших десятилетий можно ожидать увеличения глубины сезонного оттаивания многолетней мерзлоты на 10–15%; к середине XXI в. эта величина может возрасти до 15–25% (до 50% и более в некоторых местах); а к 2080 г. — до 30–50% и более в пределах всего ареала многолетней мерзлоты.

Часть пресноводных систем Арктики целиком находится в пределах региона, другие получают питание из регионов, располагающихся южнее. Из числа последних пять речных систем входят в число крупнейших мировых водостоков, обеспечивающих дви-

жение вод, перенос тепла, осадков, питательных веществ, транспорт биологических видов и загрязняющих веществ из других регионов в Арктику. Любые перемены в масштабах всего бассейна этих речных систем приведут к значительным воздействиям на Арктический регион.

Для этих речных систем наиболее вероятным последствием изменения климата станет изменение режима стока — произойдет его увеличение в зимний период и сокращение в летний, что будет способствовать росту сезонной изменчивости. Для таких крупных северных российских рек, как Обь и Енисей, уже отмечены сезонные изменения режима со снижением зимнего стока, что считается результатом климатических изменений. С другой стороны, зимний сток еще одной крупной северной реки — Лены увеличился в результате потепления и увеличения осадков.

Поскольку реки Арктики являются основным источником поступления пресных вод в систему как самого Северного Ледовитого океана, так и Северной Атлантики, изменение объемов пресноводного стока способно оказать влияние на глубоководную циркуляцию. Согласно имеющимся сценариям изменения климата, под влиянием роста концентрации парниковых газов в атмосфере, к концу XXI в. годовой речной сток в бассейне Северного Ледовитого океана увеличится на 10 — 30%. Дополнительным источником поступления пресных вод станет таяние ледников и ледяных щитов, преимущественно в Гренландии.

Предсказывается сокращение ледового покрова рек и озер под влиянием происходящего потепления, что отразится как на термальных процессах в водоемах, так и на качественном и количественном составе местных пресноводных экосистем. Это увеличит силу и продолжительность наводнений за счет возникновения ледяных заторов.

Ожидаемые изменения в состоянии многолетней мерзлоты, растительного покрова и объемов речного стока могут оказать заметное воздействие на морфологию рек, дестабилизируя берега, увеличивая эрозию речного ложа и перенос осадков. Геологические исследования и результаты моделирования указывают на возможное увеличение риска наводнений — особенно в период оттаивания многолетней мерзлоты.

Изменения в гидрологии Арктики могут оказать влияние на содержание загрязняющих веществ (таких как стойкие органические соединения и ртуть), которые попадут в арктические водные

системы благодаря процессам смены или недостатку растворяющих веществ.

Предполагаемое изменение в режиме речного стока и в ледовом режиме пресноводных водоемов, в сезонном и многолетнем водном балансе, в температурных характеристиках приведет к изменению в биоразнообразии и продуктивности пресноводных систем. Заметные перемены ожидаются в плотности популяций и географическом распространении водных организмов — в первую очередь рыб⁷.

Загрязнение вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом

Основными источниками загрязнения вод Арктики являются:

- суда речного и морского флотов;
- материковый сток;
- добыча полезных ископаемых на шельфе;
- дальний перенос загрязняющих веществ морскими течениями;
- перенос загрязняющих веществ атмосферными потоками;
- захоронения радиоактивных отходов и ядерных реакторов⁸.

При этом необходимо учитывать, что природные условия акватории Северного Ледовитого океана являются важным фактором распределения и накопления загрязняющих веществ. Такие гидрологические особенности океана, как глубина, скорость и направление течений, температура, соленость, стратификация вод, речной сток и общий водный баланс, способствуют существенному разбавлению стоков и интенсивному осаждению загрязняющих веществ, надолго сохраняющихся в морских экосистемах. Западный перенос атмосферных масс (вместе с Гольфстримом) способствуют транспортировке загрязняющих веществ из Западной Европы в западный сектор Российской Арктики. Топография дна океана, скорость осадконакопления определяют характер распределения загрязняющих веществ в донных отложениях.

Наиболее опасными загрязнителями морей Арктики являются тяжелые металлы (ТМ), нефтяные углеводороды (НУ), хлорорганические соединения, детергенты, радионуклиды, полиароматические углеводороды (ПАУ).

В группу тяжелых металлов входит большое число химических элементов, удельная плотность которых больше 5 г/куб. см. Тяжелые металлы обладают биологической активностью. Попадая в результате антропогенной деятельности в природные среды, многие из них могут накапливаться в живых организмах до концентрации, способной оказывать на них токсическое воздействие. К числу наиболее токсичных для биоты тяжелых металлов относятся свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, медь, цинк, ванадий, кобальт, хром и др.

Источники поступления тяжелых металлов в арктические моря могут быть природного или антропогенного происхождения.

К первым относится речной сток. Химические элементы попадают в воду в растворенном и взвешенном виде в результате химического и физического выветривания пород и почв водосбора; со стоком подземных вод; атмосферными выпадениями; при эрозии берегов и дна, за счет поступления богатых металлами иловых вод из донных отложений, а также при водообмене с другими водоемами.

Антропогенными источниками поступления тяжелых металлов в арктические моря являются разработки месторождений руд, нефти, газа, промышленные, перерабатывающие и ремонтные предприятия (особенно металлургические заводы), автомобильный, авиационный и морской транспорт, сельское хозяйство, морские порты, муниципальные стоки городов, санаторно-курортные комплексы и т.д. Особенно заметные и разнообразные антропогенные воздействия испытывают экосистемы Белого, Баренцева и Карского морей.

Существенный вклад в загрязнение моря нефтью вносят аварийные разливы топлива, периодически имеющие место в различных регионах Арктики. Только на Норвежском шельфе в течение одного 1994 г. было зарегистрировано 365 случаев утечки нефти, а общее количество вылившейся нефти составило 55 т⁹.

В морской воде нефть существует в виде поверхностных пленок, истинных и коллоидных растворов, эмульсий, нефтяных агрегатов. Предельно допустимая концентрация (ПДК) НУ в морской воде составляет 0,05 мг/л. Следует особо отметить, что отрицательные биологические эффекты нефтяного и иного загрязнения наиболее ощутимы в полярных экосистемах. Это обусловлено тем, что низкие температуры воды и воздуха тормозят естественные процессы химического, биохимического и микробиологического окисления углеводородов даже в летний период¹⁰.

До начала реализации крупномасштабных проектов разведки углеводородного сырья на шельфе Баренцева и Карского морей прямое поступление сырой нефти на морские акватории имело крайне ограниченный характер. Оно не может рассматриваться как фактор, существенно осложняющий экологическую обстановку в регионе, так как действующие районы нефтедобычи и трассы магистральных нефтепроводов находятся значительно южнее. Исключение составляют верхнее течение реки Печора и район полуострова Тазовский, где ведется активная разработка нефтяных месторождений.

Однако необходимо учитывать, что освоение месторождений углеводородного сырья в Арктическом регионе в последний период стало важным элементом государственной стратегии развития многих стран мира.

Возникающие в связи с этим потенциальные источники загрязнения условно делятся на три группы:

1. Технологические загрязнения при бурении скважин, обустройстве месторождений, погрузке-разгрузке сырья, эксплуатации трубопроводов, танкерного и вспомогательного флота и т.д. Интенсивность загрязнений будет зависеть от технического состояния оборудования и культуры производства.

2. Разливы нефти и конденсата в аварийных ситуациях при бурении поисково-разведочных скважин, при эксплуатации ледостойких платформ, при транспортировке сырья трубопроводами и танкерами и т.д. Сложность ситуации на арктических морях России, вследствие наличия дрейфующего ледяного покрова, айсбергов, значительно выше, чем, например, на безледовой акватории Северного моря.

3. Поступление нефтепродуктов в морскую воду вследствие нарушений геологической среды, связанных с работами по нефти и газу. Сюда относятся как выделения природных компонентов из недр (например, разгрузка залежей газовых гидратов при изменении термобарических условий), так и техногенные выделения, связанные с авариями донных сооружений вследствие геологических причин (подводное оползание, термокарстовые явления, вымывание грунтов и т.д.)¹¹.

С учетом этого становится очевидной необходимость заблаговременной подготовки сил и средств для ликвидации возможных разливов нефти в процессе освоения морских месторождений. Готовность к использованию современных технических средств ликвидации нефтяного загрязнения в арктических морях важна еще

и потому, что исследователями зафиксирован факт замедления бактериального разложения нефтяных углеводородов при низких температурах водной среды.

Неспособность морских организмов справляться с нефтяными углеводородами по мере их поступления в морскую среду приводит к накоплению данных загрязнителей и, как следствие, к деградации или гибели арктических сообществ. Одновременно с этим было замечено, что активность некоторых полярных углеводородоокисляющих бактерий увеличивается с повышением уровня загрязнения. Подобная реакция наиболее очевидна для бактерий вида *Rhodococcus erythropolis* (в загрязненной акватории их численность может достигать 80–100% от общего количества углеводородоокисляющих микроорганизмов). Ведущая роль родококков в загрязненных экосистемах связана с высокой способностью этих бактерий к окислению углеводородов, а также с их феноменальной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды.

Однако наличие родококков может служить надежным индикатором нефтяного загрязнения. Учитывая высокую степень устойчивости данных микроорганизмов к экстремальным факторам внешней среды, можно предположить возможность их использования в качестве нефтеокисляющих препаратов, уменьшая, тем самым, границы применения искусственно синтезированных соединений, которые часто наносят большой вред морским экосистемам (особенно полярным), чем сама нефть¹².

Помимо нефтедобывающего комплекса, значительный вклад в загрязнение арктических морей вносят речной сток и перенос морскими течениями. Загрязнение рек Сибири, начиная с 1970-х годов, возросло на 50%, что сказалось на уровне загрязнения арктических морей России. Это касается хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорбифенилов (ПХБ), основная масса которых привносится в арктическую морскую среду речным и материковым стоком, морскими течениями из других акваторий (например, Гольфстримом — в Баренцево море), а также из атмосферы. ПДК большинства ХОП, в том числе ДДТ и его метаболитов ДДД и ДДЭ, ГХЦГ (гексахлорциклогексан) составляют 0,01 мкг/л.

Наиболее опасным для арктических акваторий считается химическое нефтяное загрязнение, поскольку низкие температуры окружающей среды способствуют замедлению процесса деградации нефти и как следствие — накоплению нефтяных углеводородов в морских организмах. При контакте нефти со льдом еще более за-

трудняется процесс ее разложения. Фотохимическое и бактериальное разложение нефти подо льдом идет медленнее ввиду ограниченного притока кислорода и низкой (отрицательной) температуры.

Сокращение популяции арктических животных и изменение их среды обитания

Выводы специалистов указывают на то, что прогнозируемое изменение климата окажет влияние также на биоразнообразие, биопродуктивность и зонирование растительности Арктики.

В тех местах, где почвы пригодны для экспансии лесов, вероятно увеличение видового разнообразия и замещение тундровой растительности лесами. Некоторые виды, популяции которых поддерживаются в изолированных местообитаниях далеко к северу от основного ареала, с высокой вероятностью быстро расширят область своего распространения. Виды растений, за исключением наиболее северных и высокоширотных арктических, продвинулись в своем распространении к северу. Узкая прибрежная полоса тундры (преимущественно в европейской части российской Арктики) будет полностью замещена лесными сообществами, которые достигнут Северного Ледовитого океана. Предположительно к 2080 г. тундра заместит от 15 до 25% полярных пустынь, где чистая первичная продукция органического углерода увеличится на 70% (с 2,8 до 4,9 млрд т в год).

В связи с тем, что трофическая структура в Арктике не отличается сложностью, вероятно, что снижение численности ключевых видов в Арктике приведет к каскадным эффектам: обрушению численности хищников, исчезновению источников пищи и т.д. Арктические животные, очевидно, наиболее уязвимы к увеличению сухости, изменениям в снежном покрове и в циклах замерзания — таяния, которые влияют на доступность пищи и защищенность от хищников.

И сейчас южные виды постоянно достигают Арктики, но приживаются там немногие. В результате прогнозируемых климатических изменений возможность обосноваться в новых местообитаниях увеличится, и некоторые виды станут инвазивными¹³. Временные интервалы и пути миграций птиц с высокой вероятностью изменятся, поскольку соответствующие арктические местообитания станут менее доступными.

Изменение климата в сторону потепления увеличит активность вредителей, паразитов и частоту различных заболеваний, которые вызывают, например, легочные гельминты у овцебыков и круглые черви у северных оленей. Кроме того, в бореальных (таежных) лесах по мере усиления потепления увеличится частота крупных пожаров и распространение убивающих деревья насекомых-вредителей, что приведет к расширению площади лесотундр.

Уменьшение толщины льда и сокращение площади ледового покрова существенно изменят характеристики экосистем, связанных с морским льдом. Например, нерпы нуждаются в морском льде для размножения, линьки и отдыха, питаются обитающими у нижней поверхности льда амфиподами и сайкой. Более раннее разрушение льда может не только привести к высокой смертности детенышей тюленей, но и вызвать поведенческие изменения в их популяциях. Разрушительные последствия произойдут на южной границе распространения белых медведей, где раннее таяние и позднее замерзание увеличат период, в течение которого медведи вынуждены жить на суше, где их возможности добыть пищу ограничены.

Сокращение ледовитости может также отрицательно сказаться на других арктических морских зверях, таких как морж, который использует лед как площадку для отдыха, обитает в узком диапазоне условий и отличается ограниченной способностью к переселению. Также нарвал и гренландский кит зависят от приледовой биоты для своего питания и полыней для дыхания. Раннее таяние льда может привести к значительному несовпадению сезонных циклов этих животных и вторичной продукции, что тяжело отразится на популяциях морских млекопитающих.

В настоящее время продвижение теплолюбивых видов в Арктический регион ограничено температурным режимом и краткосрочностью цикла размножения. В случае усиления внешней экспансии многие из вновь пришедших видов — в первую очередь рыбы — могут получить конкурентные преимущества или начать выедать виды, населяющие арктические водоемы. Такие важные для хозяйственной деятельности человека виды рыб, как чир, омуль, арктический голец, нельма, хариус, могут сократить свою численность или локально исчезнуть в результате невозможности размножения, возросшей конкуренции и поедания вновь появившимися хищниками.

Экологические проблемы российского Арктического сектора

Площадь Арктического региона составляет 18% территории Российской Федерации (3,1 млн кв. км). Площадь континентального шельфа Арктической зоны России составляет около 70% всего континентального шельфа Российской Федерации (более 4,0 млн кв. км). 20 тыс. км государственной границы проходит по Северному Ледовитому океану. Здесь расположены базы Северного флота и атомного ледокольного флота России. Арктическая зона Российской Федерации имеет особое значение, как наиболее открытая в плане прямого контроля полоса государственной границы и передовая линия системы обороны территории государства. В ее пределах дислоцируются оборонные объекты различного назначения, пограничные заставы, гидрометеорологические и иные научные станции и посты.

В регионе производится продукция, обеспечивающая около 11% национального дохода России и до 22% объема общероссийского экспорта. К настоящему времени там создана многопрофильная производственная и социальная инфраструктура преимущественно сырьевых отраслей экономики. Большинство видов профильной продукции Севера безальтернативно с точки зрения их возможного производства в других регионах страны или закупки по импорту. Фактически ни одна отрасль экономики и социальной сферы России не может функционировать без топливно-энергетических и других ресурсов, добываемых и производимых в северных регионах¹⁴.

Вследствие исключительной важности Арктического региона для Российской Федерации связанные с ним проблемы, в том числе и экологического плана, обладают повышенной актуальностью.

В целом для российского сектора Арктики характерны те же экологические проблемы, что и для всего региона. Однако особую значимость здесь приобретают вопросы экологии морского компонента природной среды в условиях растущей антропогенной нагрузки, воздействие глобального изменения климата на состояние многолетне-мерзлых грунтов.

Баренцево море является крупнейшим шельфовым водоемом нашей страны. Открытая часть Баренцева моря характеризуется как «чистая». Вместе с тем в районах активного судоходства море стабильно загрязнено нефтяной пленкой (5 – 7 ПДК). Высокую степень загрязнения имеют заливы: Кольский, Териберский, Мотов-

ский (концентрации фенолов и нефтепродуктов 6 – 12 ПДК). Общий объем сбросов загрязненных вод составляет около 150 млн куб. м. Грунты активно накапливают загрязняющие вещества (концентрации фенолов — до 5 мг/г, нефтепродуктов — до 3,5 мг/г, ПХБ — 40 – 60 мкг/г) и могут служить источником вторичного загрязнения вод.

Важнейшими источниками загрязнения вод и осадков Баренцева моря являются горнодобывающие и металлургические производства в бассейне моря, особенно на территории Кольского полуострова; городские стоки Мурманска и других городов побережья; речной сток; атмосферные выпадения; рыбопромысловый и транспортный флот; Нордкапское течение, несущее атлантические воды с загрязнениями из Атлантики и Северной Европы.

Металлургические комбинаты «Североникель» и «Печенганикель», а также Кандалакшский алюминиевый завод сбрасывают стоки в поверхностные воды и загрязняют территорию водосбора моря аэротехногенным путем. Мощные горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия АО «Апатит», Оленегорский железорудный комбинат, Ловозерский горно-обогащительный комбинат и другие предприятия складывают «хвосты обогащения», откачивают шахтные и карьерные воды в локальные понижения рельефа.

Основной рекой бассейна Баренцева моря является Печора, выносящая в море ежегодно 131 куб. км воды и 13,5 млн т взвеси. Воды Атлантического океана, переносимые течением Гольфстрим, могут приносить в Баренцево море различные загрязняющие вещества. В первую очередь это относится к радиоактивным загрязнениям.

Через акваторию Баренцева моря пролегают важнейшие судозодные трассы и, в частности, Северный морской путь. В последние десятилетия все более отрицательный эффект создает деятельность тысяч крупных судов, рыболовных, торговых, транспортных, военных и прочих флотов многих государств, включая суда стран НАТО. Эти суда бороздят главным образом южную, самую теплую и биопродуктивную часть водоема. Именно эта часть в основном подвержена влиянию прогрессирующего отравления промышленными и бытовыми стоками побережья, загрязнителями, привнесенными Гольфстримом.

Опасность для экосистем баренцевоморского шельфа представляет надвигающаяся перспектива добычи нефти. Из практики проведения таких работ известно, что поступление в морскую среду НУ происходит при планомерном технологическом сбросе нефтесодержащих вод, а также при возникновении аварийных ситуаций.

НУ поступают в Баренцево море с речным стоком, сточными водами, из атмосферы, из горла Белого моря, через Карские Ворота. Однако в настоящее время основной источник НУ — это их перенос атлантическими водами через западные границы моря со стороны промышленно развитых районов Европы, США, районов добычи нефти и активного судоходства.

В открытой части Баренцева моря содержание нефтепродуктов в воде в среднем варьируется от 0,03 до 0,20 мг/л. В прибрежных водах моря их концентрация гораздо выше — от 0,6 до 7,5 мг/л, что во много раз (иногда на порядки) превышает ПДК.

В Баренцевом море, акватория которого зимой на $\frac{2}{3}$ покрыта дрейфующими или паковыми льдами, разливы нефти опасны и тем, что лед интенсивно накапливает в себе эти вещества. Во время весеннего таяния морского льда НУ и другие токсиканты в концентрированном виде будут поступать в морскую среду.

По характеру расположения юго-восточная часть Баренцева моря наиболее подвержена влиянию загрязненных вод, поступающих с речным стоком, главным образом со стоком реки Печора, принимающим отработанные воды с предприятий нефтедобывающей промышленности. К тому же, в этом районе намечается добыча углеводородов на шельфе, что может еще более осложнить экологическую ситуацию в регионе.

Промышленными стоками (прежде всего, нефтью) сверх меры загрязнен Кольский залив. Это относится не только к воде, но и к донным осадкам, которые в вершине и средней части залива превратились в источники вторичного загрязнения. Ввиду беспорядочной индустриальной застройки побережья загрязнение Кольского залива приобретает все большие масштабы. Городские сточные воды и промышленные отходы сбрасываются прямо в залив. Практически не сокращаются объемы сброса мусора и нефтепродуктов со всех классов судов, которых в портах залива обычно одновременно находится свыше трехсот.

Самым загрязненным является южное колено Кольского залива. Наблюдения показывают почти постоянное наличие нефтяной пленки по поверхности залива, причем наибольшей интенсивности пленка достигала вблизи городов Североморска, Полярного, поселка Росляково.

Очевидно, что для Кольского залива основным источником загрязнения НУ является внутренний источник — Мурманский торговый порт, Североморская база и т.д.

Данные исследований, проведенных в последнее время в Белом море, свидетельствуют о том, что его экосистемы пока заметно не изменились под влиянием антропогенного воздействия. Поэтому оно относится к одному из наиболее чистых морей европейской части России. Однако и этот водоем получает значительное количество загрязняющих веществ, что сказывается на состоянии его отдельных заливов.

К числу основных загрязняющих море веществ относятся нефтепродукты, азотные соединения, медь, специфические вещества целлюлозно-бумажной промышленности (формальдегид, метанол, танин). Наиболее загрязненным районом является Двинский залив, где концентрация фенолов достигает 2 ПДК, нефтепродуктов — 0,03 мг/л, детергентов — 0,04 мг/л.

Важными источниками поступления металлов в Белое море являются стоки рек Северная Двина (водный сток 110 куб. км/год, твердый сток — 3,8–106 т/год), Мезень (27,2 куб. км/год, 0,9–106 т/год), Онега (15,9 куб. км/год, 0,3–106 т/год). В бассейне Белого моря, особенно на Кольском полуострове, сосредоточены многие полезные ископаемые и геохимические провинции с промышленным содержанием редких элементов. Здесь же располагаются крупные горнорудные и металлургические компании: «Апатит» с рудником и обогатительными фабриками; комбинат «Североникель», включающий плавильный комплекс по получению меди, никеля, кобальта, а также попутных металлов — золота, серебра, платины и селена; Оленегорский горно-обогатительный комбинат, занятый добычей и обогащением железной руды; крупный металлургический комбинат «Печенганикель».

Кроме того, металлы поступают в море вместе с атмосферными выпадениями. Показано, что аэрозоли над акваториями Белого моря и других морей Российской Арктики значительно обогащены многими металлами, особенно никелем и медью, что является результатом деятельности указанных выше горнодобывающих и металлургических производств. Свой вклад в возможное загрязнение Белого моря тяжелыми металлами вносят и крупные города-порты на берегу моря — Архангельск, Северодвинск и др.

На долю Карского моря приходится в среднем около 55% общего речного стока во все моря сибирской Арктики. Почти 40% его находится под влиянием материковых вод. Прибрежные воды характеризуются как умеренно загрязненные, особенно вблизи поселков Амдерма, Диксон. Концентрации нефтяных углеводородов

в районе Амдермы достигают 13 ПДК, СПАВ — 7 ПДК, фенолов — 10 ПДК. Отмечается стабильное загрязнение нефтепродуктами по трассе морского судоходства.

Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов в Карском море приурочены к зонам выноса рек Оби и Енисея, причем отмечается тенденция к росту содержания практически всех контролируемых металлов — свинца, цинка, железа, меди, олова, марганца и др. По микробиологическим показателям воды заливов Карского моря относятся к умеренно загрязненным.

Основным источником поступления осадочного растворенного и взвешенного материала в Карское море являются, в первую очередь, стоки крупнейших рек Арктики Оби и Енисея. Они ежегодно выносят в море 1049 куб. км пресной воды и 22,4.106 т взвеси, что составляет 71 и 67% соответственно от полного водного и твердого стока в море. Другой важный источник поступления аэрозольного материала в акваторию моря и эстуарии Оби и Енисея — металлургическое производство в Норильске¹⁵.

Донные осадки Карского моря отличаются от эстуарных осадков более тонкозернистым составом и тенденцией повышения содержания тяжелых металлов.

Таким образом, распределение группы тяжелых металлов в воде, взвеси и донных осадках эстуарных зон Оби и Енисея и прилегающей части Карского моря определяется главным образом природными процессами, антропогенное загрязнение в целом незначительно и носит локальный характер. Сильное загрязнение вод малых рек и озер вблизи Норильска никак не обнаруживается в Енисейском заливе, что свидетельствует о способности реки и ее эстуария к самоочищению от избыточных концентраций тяжелых металлов.

Прибрежные воды моря Лаптевых наиболее сильно загрязнены фенолами, высокие концентрации которых объясняются огромным количеством затонувшей древесины. Содержание фенолов в районе взморья рек Яны и Лены достигает 5 ПДК, в Янском заливе — 60 ПДК, в губе Буор-Хая — 65 ПДК, Булункан — 22 ПДК. Воды залива Неелова характеризуются как грязные, бухт Тикси и Буор-Хая как загрязненные. В заливе Булункан концентрации нефтяных углеводородов — 20 ПДК, в заливе Буор-Хая — 12 ПДК. Высокое содержание нефтепродуктов характерно для трассы морского судоходства. Загрязнению прибрежных вод способствуют сбросы неочищенных стоков Тикси. Состояние залива Булункан характеризуется как катастрофическое.

Главным источником поступления тяжелых металлов в море Лаптевых являются стоки рек Лена, Хатанга и Яна, которые вместе выносят 645 куб. км пресной воды, 22,8.106 т взвеси, 69,106 т растворенных солей, что составляет соответственно 86,5; 90,8 и 90,5% от общего речного стока в море. Большое значение имеют атмосферные выпадения на акваторию моря и морские льды, транспортирующие осадочный материал.

В целом содержания тяжелых металлов в море подобны тем, которые встречаются в незагрязненных почвах и прибрежных илах, что указывает на фоновый уровень тяжелых металлов в осадках моря Лаптевых. Этот вывод подтверждают и результаты изучения распределения тяжелых металлов в осадках моря. Как правило, изменения тяжелых металлов по глубине осадков очень незначительны, нигде не встречено характерного для загрязненных осадков морских водоемов повышения содержания свинца, кадмия, цинка, меди в поверхностных слоях и их снижения с глубиной.

В Чукотском море концентрация растворенной меди колебалась в диапазоне 0,02–0,49, кадмия — 0,01–0,13, цинка — 0,01–2,13, свинца — 0,07–2,34 мкг/л. Сравнение с фоновыми концентрациями этих металлов в морской воде показывает, что только по свинцу заметно превышение фонового уровня. Среднее содержание ТМ в поверхностном слое донных осадков Чукотского моря в 1996 г. составляло: для свинца — 13, меди — 24, кадмия — 0,17, хрома — 73, цинка — 87, ванадия — 114 мкг/г.

Наиболее крупные реки в бассейне Берингова моря — Анадырь и Камчатка — выносят в море ежегодно соответственно 67,9 и 32,6 куб. км воды и 3,6 и 3,1 млн т взвеси. В воде Анадырского залива концентрации растворенной меди крайне низки — 0,01–0,09 мкг/л, то же относится к марганцу — 0,01 и цинку — 0,12–0,39 мкг/л. В открытых поверхностных и глубинных (до 100 м) водах моря разброс концентраций значительно больше: меди — 0,01–0,68, кадмия — 0,02–0,65, марганца — 0,01–0,40, цинка — 0,15–3,67 и свинца — 0,02–2,5 мкг/л.

По уровню загрязненности воды Восточно-Сибирского моря являются чистыми, за исключением бухты Певек, состояние вод которой удовлетворительное. Концентрации нефтяных углеводородов в Чаунской губе составляли 1 ПДК¹⁶.

Одной из наиболее актуальных экологических проблем арктических морей является радиоактивное загрязнение их акватории. На Новой Земле в течение 1954–1962 гг. были проведены 83 воз-

душных, 1 приземный, 3 подземных, 3 подводных ядерных взрыва. В период 1965 — 1991 гг. в Арктике было осуществлено 48 подземных ядерных взрывов, приводивших в ряде случаев к кратковременному увеличению фона на ограниченной площади суши и в морской среде.

Практика захоронения радиоактивных отходов в северных морях берет свое начало в 1964 г. Основным местом захоронения является восточная часть шельфа Новой Земли, где в восьми районах на глубинах от 12 до 380 м затоплены отходы, по активности составляющие 70% от объема морских захоронений СССР. Большую часть из них составляют высокоактивные отходы, представляющие предмет наибольшей экологической опасности. В первую очередь — это реакторы атомных подводных лодок и экранная сборка ледокола «Ленин», содержащие отработавшее ядерное топливо.

В процессе эксплуатации Северным флотом кораблей с ядерными энергетическими установками ежегодно образуется 6–7 тыс. куб. м жидких радиоактивных отходов (ЖРО): 30% в районе Белого моря и 70% — в районе Баренцева моря. Объем твердых радиоактивных отходов (РАО) составляет около 4,5 тыс. куб. м в год. Суммарная активность сброшенных ЖРО составила: Белое море — 100 Ки, Баренцево море — 12 153 Ки, Карское море — 8500 Ки.

Проблемой является и утилизация выходящих из строя атомных подводных лодок (АПЛ). На Северном флоте в 1995 г. числилось 87 АПЛ, выведенных из эксплуатации и стоящих у причалов. Из них 50 — с неразгруженными реакторами (в том числе 8 — в г. Северодвинске). В Северодвинске хранилось 50 атомных реакторов с АПЛ. Имевшиеся в тот период хранилища не отвечали требованиям ядерной и экологической безопасности, на флотах отсутствовали перевалочные базы для отработанного ядерного топлива, что не обеспечивало необходимый режим их вывоза. В результате дефицитного финансирования в 1992–1994 гг. (10% от запланированного объема) недостаточно активно проводились работы по осуществлению правительственной программы по захоронению и утилизации ядерных отсеков. В Баренцевом и Карском морях имели место случаи затопления плавсредств с РАО.

В Баренцевом море (в 300 км от берегов Норвегии) на глубине 1680 м лежит затонувшая после аварии АПЛ «Комсомолец» с активностью реакторной зоны 150 тыс. Ки и двумя торпедами с ядерными боеголовками (6,4 кг плутония-239).

Сток радионуклидов с радиохимических заводов в Селлафилде (Великобритания) играл заметную роль (преимущественно для Баренцева моря) в 1970–1980-х годах, но сейчас его значение менее существенно.

В настоящее время наибольшую потенциальную опасность представляют сброшенные в 1965–1988 гг. в мелководных заливах Баренцева и Карского морей (у архипелага Новая Земля, острова Колгуев) 17 реакторов атомного ледокола «Ленин», в том числе 7 — с невыгруженным ядерным топливом, 11 тыс. контейнеров с РАО. Контрольные измерения показывают, что пока уровень радиоактивности в названных пунктах не превышает естественного фона, но эти объекты в перспективе остаются источниками радиоактивного загрязнения Арктики.

Однако дополнительную угрозу может составлять разгерметизация затопленных объектов вследствие истирающей деятельности льда в мелководных фьордах. Как известно, вспахивание морского дна льдом в Евразийской Арктике отмечено до глубин 26–43 м. В прибрежье Новой Земли в 6 районах из 8 фактические захоронения осуществлены на меньших глубинах.

В рамках международных проектов предпринимались попытки оценить общее количество радиоактивных материалов в затопленных реакторах. Российские оценки были опубликованы в 1993 г. в Белой книге. Позднейшие исследования показывают, что приведенные в Белой книге оценки активности в реакторном отсеке ледокола «Ленин» оказались заниженными, а по суммарной активности реакторов АПЛ с учетом распавшегося топлива — завышены более чем в три раза¹⁷.

Многолетняя мерзлота — необычное явление природы. Она сформировалась на территории России в течение последних 20 тыс. лет. Первые научные исследования мерзлоты были проведены в середине XIX в. во время экспедиции на север и восток Сибири. Во второй половине XIX в. и начале XX в. мерзлота изучалась попутно с изыскательскими работами геологами и горными инженерами. В Советском Союзе, а также в современной России проводятся серьезные специальные исследования многолетней мерзлоты.

Область распространения многолетней мерзлоты (криолитозона) в России занимает около 11 млн кв. км, что составляет почти 65% территории страны.

Ее южная граница проходит по центральной части Кольского полуострова, пересекает Восточно-Европейскую равнину близ По-

лярного круга, по Уралу отклоняется к югу почти до 60° с.ш., а вдоль Оби — к северу до устья Северной Сосьвы, далее проходит по южному склону Сибирских Увалов к Енисею в районе Подкаменной Тунгуски. Здесь граница круто поворачивает к югу, проходит вдоль Енисея, идет по склонам Западного Саяна, Тувы и Алтая к границе с Казахстаном. На Дальнем Востоке граница мерзлоты идет от Амура к устью Селемджи (левого притока Зеи), затем по подножию гор левобережья Амура к его устью. Мерзлота отсутствует на Сахалине и в прибрежных районах южной половины Камчатки. Пятна мерзлоты встречаются южнее границы ее распространения в горах Сихотэ-Алиня и в высокогорьях Кавказа.

Хозяйственное значение зоны вечной мерзлоты трудно переоценить. В ней сосредоточено более 30% разведанных запасов всей нефти страны, около 60% природного газа, неисчислимые залежи каменного угля и торфа, большая часть гидроэнергоресурсов, запасов цветных металлов, золота и алмазов, огромные запасы древесины и пресной воды. Значительная часть этих природных богатств уже вовлечена в хозяйственный оборот. Создана дорогостоящая и уязвимая инфраструктура: нефтегазопромысловые объекты, магистральные нефте- и газопроводы протяженностью в тысячи километров, шахты и карьеры, гидроэлектростанции, возведены города и поселки, построены автомобильные и железные дороги, аэродромы и порты. На вечной мерзлоте стоят Магадан, Анадырь, Якутск, Мирный, Норильск, Игарка, Надым, Воркута, даже в границах Читы имеются острова вечной мерзлоты.

В настоящее время разработаны надежные методы прогнозирования последствий строительства зданий и сооружений на вечной мерзлоте. Однако мерзлотные условия меняются не только в результате деятельности человека. В больших масштабах на мерзлые толщи способно повлиять изменение климата.

Как свидетельствуют результаты исследований Росгидромета России, на большей части территории вдоль Арктического побережья страны отмечается увеличение мощности сезонно-талого слоя (СТС) в начале XXI в. по сравнению с серединой 1990-х годов. В 2009 г. мощность СТС оказалась до 25% ниже, чем в предыдущем, и до 20% ниже, чем в среднем за десятилетие¹⁸.

Дальнейшее оттаивание многолетне-мерзлых пород неизбежно будет сопровождаться просадками земной поверхности и развитием опасных мерзлотных геологических процессов. Целые регионы с низкими абсолютными отметками поверхности окажутся затоп-

ленными морем. Возникнет угроза разрушения зданий и инженерных сооружений, возведенных с сохранением мерзлого основания. Как справедливо отмечают специалисты, такие последствия потепления климата обусловят возникновение весьма значительных экономических издержек¹⁹.

По данным российских исследователей, вероятно, что через 25 — 30 лет практически все объекты севера Западной Сибири, возведенные к настоящему времени с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований на весь период строительства и эксплуатации, разрушатся. По их оценкам, в настоящее время деформировано почти 60% зданий и сооружений в Игарке, Диксоне, Вилюйске, фактически 100% в национальных поселках Таймырского округа, около 40% в Воркуте. Они подчеркивают, что деформации нефте-, газо-, продуктопроводов, а также различных производств (особенно химических и металлургических) могут привести к колоссальным выбросам техногенных загрязнителей в окружающую среду²⁰.

Необходимость пристального внимания к экологическим проблемам Арктики обусловлена не только ее исключительной ролью в мировых природных процессах, но и тем, что в регионе проживает около 4 млн человек.

В XX в. под влиянием миграции в демографическом составе населения Арктики произошли значительные перемены, в результате которых коренные жители составляют не более 10% общей численности населения. Это стало причиной серьезных социальных, культурных и экономических сдвигов в укладе и образе жизни северных народов.

В большинстве стран Арктического региона значительная часть населения сохраняет кочевой образ жизни, и лишь немногие проживают в малочисленных северных поселках.

Отчасти жители северных поселений уже адаптировались к изменяющимся условиям окружающей среды — как за счет изменения системы природопользования, так и за счет изменения собственного поведения (например, локализации определенных видов деятельности) — и сохраняют значительную способность к адаптации. Эта способность связана с гибкостью экономической организации, детальным местным знанием и навыками, взаимовыручкой и горизонтальными социальными связями, которые обеспечивают своевременную поддержку. В то же время для некоторых арктических народов переход к оседлости вместе с изменением повседневного образа жизни и утратой части культуры снижает возмож-

ности адаптации, поскольку оседлый образ жизни способствует сокращению числа людей, способных добывать пропитание традиционным образом в естественных условиях.

Местные ресурсы являются одним из основных источников существования и традиционного образа жизни для жителей Арктики. Например, потребление пищевых продуктов, добытых из дикой природы жителями сельской местности Аляски, составляет 465 г в день, 16% из них составляют продукты, даваемые наземными млекопитающими, и 10% — растительная пища; для городского населения это потребление составляет только 60 г в день. Стоимость добываемых в условиях дикой природы пищевых продуктов (в масштабах всего штата Аляска) оценивается в 200 млн долл.

Ресурсы наземных экосистем включают северных оленей, овцебыков, перелетных птиц и их яйца, растения и ягоды. Дикие и одомашненные олени особенно важны для коренного населения Арктики, поскольку они обеспечивают пищу, материал для укрытий, одежду, инструменты, транспорт. Древесина, дерн, торф и уголь на Севере продолжают повсеместно использоваться в качестве топлива.

В последние годы происходит постепенное замещение этих ресурсов в результате изменения образа жизни, культурных, социальных, экономических и политических условий. Под давлением климатических факторов такие изменения будут продолжаться, меняя состояние наземных экосистем и тем самым сокращая возможности местных жителей к сохранению привычного образа жизни.

Между тем необходимо принимать во внимание, что, по оценкам специалистов, климатические изменения в Арктике и их влияние на жизнь и здоровье местного населения можно рассматривать как упреждающие показатели значимости глобального потепления для окружающей среды и общества в масштабе всей планеты.

Основные наиболее общие последствия этих изменений, которые уже сказываются на различных природных объектах, на животных и птицах, на целых экосистемах Арктики, на самочувствии и здоровье людей, проживающих в регионе, постепенно начнут проявляться и в более низких широтах. Возможно, они будут обладать рядом региональных особенностей, но наиболее общие черты и пути этих воздействий можно обнаружить уже сейчас в северных странах и территориях²¹.

Вместе с тем при рассмотрении последствий глобального изменения климата для населения Арктики целесообразно учитывать

и его положительный аспект. В существующих природных условиях сельскохозяйственная деятельность в южных районах Арктики ограничена коротким и прохладным вегетационным периодом, отсутствием соответствующей инфраструктуры, низкой плотностью населения, слабостью внутреннего рынка и удаленностью от крупных рынков. К середине XXI в. происходящее потепление может сдвинуть границу пригодных для сельскохозяйственной деятельности территорий на несколько сотен километров севернее в большинстве районов Сибири и в среднем до 100 км в целом по России. Это создаст предпосылки для расширения сельского и лесного хозяйства в тех регионах, где имеются инфраструктура и традиционно сложившиеся рынки.

Весьма вероятно, что уже в ближайшей перспективе начнется реализация масштабных планов хозяйственного освоения Арктики, что неизбежно будет способствовать появлению новых экологических вызовов в регионе. Представляется, что мировое сообщество имеет все возможности для того, чтобы им противостоять.

Уже сегодня проблема защиты окружающей среды Арктики обрела интернациональный характер. Для сохранения экосистемы Арктического региона государства заключают огромное количество международных договоров, непосредственно регулирующих отношения по природопользованию и охране окружающей среды. В их числе: Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (1973), Соглашение об охране полярных (белых) медведей (1973), Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (1987), Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992) с Киотским протоколом (1997), Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях 2001 г. и др.

Сотрудничество государств по вопросам охраны окружающей среды Арктического региона осуществляется по различным направлениям. Одним из них является разработка экологических стандартов. Так, Киотский протокол определяет обязательства государств по количественным показателям сокращения эмиссии парниковых газов в атмосферу с 2008 по 2012 г.

Другим направлением сотрудничества государств является мониторинг состояния окружающей среды, осуществляемый Всемирной метеорологической организацией (ВМО) ООН. Кроме того, мониторинг организуют отдельные страны. Например, в России работы по проведению национальных инвентаризаций выбро-

сов парниковых газов реализуются в рамках соответствующей федеральной целевой программы.

Активно развивается научно-техническое сотрудничество государств в решении экологических проблем Арктики. Создаются совместные научные лаборатории, экспедиции, осуществляется обмен информацией и публикациями научных исследований и оценок, которые проводятся под эгидой Международного арктического научного комитета.

Примечания

¹ Бойцов В. Д. Сезонная и межгодовая динамика ледовитости Баренцева моря // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тезисы докладов Международной научной конференции (г. Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mmbi.info/files1.pdf>.

² Эндемики — виды, роды, семейства и другие таксоны (систематические категории) растений и животных, ограниченные в своем распространении относительно небольшой областью. — *Прим. автора*.

³ Программа ООН по окружающей среде. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.npa-arctic.ru/presentation_stc1/pamphlet_final.pdf.

⁴ См. об этом подробнее: Воздействие изменения климата на российскую Арктику: анализ и пути решения проблемы. М., 2008. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.wwf.ru/data/climate/wwf-arctica_rus.pdf.

⁵ Фенноскандия — физико-географическая страна на севере Европы, охватывающая территорию Скандинавского и Кольского полуостровов, Финляндии и части Карелии. — *Прим. автора*.

⁶ Полярные регионы (Арктика и Антарктика). Изменение климата и его последствия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.wwf.ru/data/climate/ipcc_arctic.pdf.

⁷ Там же.

⁸ См.: Экология Арктики. Русское географическое общество. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rgo.ru/2010/04/ekologiya-arctiki/>.

⁹ Загрязнение природной среды Арктики // Вестник института биологии. 1999. № 16. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/99-16/12-16.html>.

¹⁰ Разливы нефти (проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в арктических морях). М., 2007. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.wwf.ru/data/pub/260/oil_spill.pdf.

¹¹ Материалы международной конференции «Нефть и газ арктического шельфа». 2004. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.helionltdr.go-way.ru/oil-and-gas-2004>.

¹² Выбор наиболее эффективных мер ликвидации нефтяного загрязнения арктических морей России, применяемых без нанесения ущерба окружающей среде // Neftegaz.ru. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.neftegaz.ru/science/view/238/>.

¹³ *Инвазия в экологию* — вторжение в какую-либо местность нехарактерного для нее вида живого. — *Прим. автора*.

¹⁴ Арктика: перспективы развития. Интернет-ресурс «Перспективы». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.perspektivy.info/rus/ekob/arktika_perspektivy_razvitija_2009-04-24.htm.

¹⁵ *Эстуариями* называют открытые или воронкообразные устья рек, приуроченные к берегам морей с сильно выраженными приливами. Вверх по таким рекам дважды в сутки заходит приливная волна, подпруживая и увлекая за собой речную воду. Затем, во время отлива, громадная масса морских и подпруженных приливом речных вод со скоростью иногда до 20 км/ч устремляется обратно и выносит из приустьевых участков все рыхлые отложения, образуя эстуарии. — *Прим. автора*.

¹⁶ По этому вопросу см. подробнее: Загрязнение арктических морей. Арктика сегодня. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.arctictoday.ru/region/ecology/658.html>.

¹⁷ См. Национальное интернет-издание о Российских арктических территориях. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://severnash.ru/index.php?newsid=86>; Загрязнение радионуклидами арктических морей России. Арктика сегодня. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.arctictoday.ru/region/ecology/721.html>.

¹⁸ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2009 год. М., 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/default.aspx>.

¹⁹ Оценочный отчет «Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://viktorvoksanaev.narod.ru/4607490.pdf>.

²⁰ *Гребенец В. И.* Негативные последствия деградации мерзлоты // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2007. № 3. С. 18–21.

²¹ *Гинзбург А. С., Виноградова А. А.* Пути воздействия загрязнения атмосферы и изменения климата на здоровье населения. Гидрометцентр России. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://meteoinfo.ru/meteo-med-ginzburg>.

В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев

Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики *

Арктика — один из наиболее климатически уязвимых регионов мира

В современных исследованиях изменчивости и предсказуемости глобальной климатической системы Арктика занимает все более заметное место. Интерес к ней в последнее время заметно повысился благодаря происходящим в этом регионе быстрым изменениям климата, а также прогнозам, указывающим на так называемое полярное усиление [21] глобального потепления на протяжении всего XXI в. Наблюдаемые и прогнозируемые изменения образуют в целом непротиворечивую картину [48].

Арктика — один из четырех регионов мира, отнесенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) к наиболее уязвимым к изменениям климата (наряду с малыми островными государствами, Африкой и мегадельтами африканских и азиатских рек [23]). Происходящие и, особенно, ожидаемые воздействия этих изменений на природную среду Арктики велики и, в отличие от многих других регионов планеты, в том числе от других наиболее уязвимых к изменениям климата регионов мира, способны оказывать значительные обратные воздействия на глобальный климат, что означает глобальную значимость климатических изменений в Арктике.

Арктика является средоточием многочисленных и до сих пор недостаточно изученных климатически значимых процессов и обратных связей, действующих в климатической системе [24]. Значи-

* Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2.

Настоящая работа выполнена в рамках ЦНТП-3 Росгидромета, а также при поддержке РФФИ (гранты № 11-05-00734 и 09-05-00814), а также РГНФ (грант № 12-32-06001).

тельная часть климатических обратных связей привносится в высокие широты криосферой, в частности — морским льдом со всей присущей ему сложностью динамических и термодинамических процессов. Наряду с криосферой, особенности формирования облачности и атмосферного пограничного слоя, низкое влагосодержание воздуха, необычная стратификация Северного Ледовитого океана, специфическая роль субарктических морей Северной Атлантики в глобальной термохалинной циркуляции (создаваемой градиентами плотности вследствие неоднородности распределения температуры и солености вод океана) и другие особенности делают Арктику чрезвычайно сложным объектом с точки зрения физико-математического моделирования, прогнозирования [27] и построения климатических сценариев¹.

Признание мировым сообществом важности и актуальности вышеупомянутых научных проблем в последние годы нашло свое отражение в целом ряде широкомасштабных инициатив по изучению климата Арктики и его изменений — как на национальном, так и на международном уровне. Изменения климата в Арктике и их последствия анализируются в оценочных докладах, одним из наиболее всеобъемлющих и детальных из которых на сегодняшний день остается доклад «Оценка климатических воздействий в Арктике» (ACIA), опубликованный в 2005 г. [19]. В нем представлены оценки наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Арктики, а также их воздействий на экосистемы, технические объекты и население.

Оценки Рабочей группы Арктического совета по сохранению арктической флоры и фауны (CAFF), опубликованные в 2010 г. [25], подтверждают выводы вышеупомянутого доклада². Согласно этим оценкам изменения климата становятся наиболее существенным долгосрочным стрессором для биоразнообразия Арктики. В течение последних десятилетий продолжается исчезновение некоторых уникальных мест обитания арктической флоры и фауны: в частности, в связи с таянием и сокращением площади морского льда, играющего столь важную роль в жизнедеятельности ряда видов животных и птиц, отмечается начало тенденции к снижению численности их популяции. То же происходит и на суше: динамика индекса трендов арктических видов (*Arctic Species Trend Index, ASTI*) показывает, что за последние три с половиной десятилетия популяция позвоночных сократилась на 10%. Численность таких видов, как северный олень и карibu (северный канадский олень), — на треть всего за десятилетие, притом что популяция большинства видов, исследуемых CAFF, остается устойчивой или даже растет. На

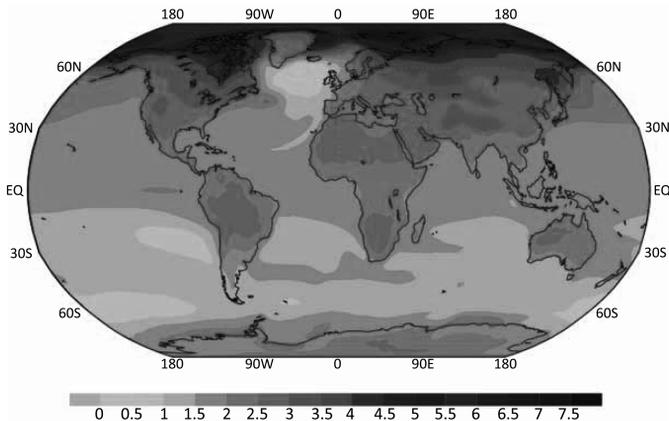


Рис. 1. Географическое распределение среднегодового приземного потепления в конце XXI в.

Приведены результаты осреднения расчетов с помощью ансамбля из 21 климатической модели СМIP5, использующихся в подготовке 5-го оценочного доклада МГЭИК (публикация намечена на 2013 г.) для сценария RCP4.5. Показаны изменения температуры к 2080 – 2099 гг. по отношению к периоду 1980 – 1999 гг.

суше отмечается наступление древесной растительности на традиционные экосистемы тундры, в том числе трав, мхов, лишайников, площадь которых сокращается [32].

Выводы этих и некоторых других исследований и оценочных докладов, касающиеся происходящих и ожидаемых в XXI в. изменений климата Арктики и их последствий [1; 20; 29; 33; 39], фиксируют высокую вероятность сохранения тенденции ускоренного потепления Арктического региона по сравнению с планетой в целом. Далее, природная и техногенная среды Арктики, а также ее население очень уязвимы к изменениям климата. Наконец, как отмечалось выше, Арктика является не только объектом и индикатором, но и важным фактором изменения глобального климата.

Арктический регион является ярким примером трансформации научных проблем в политические. Наблюдаемые в последние десятилетия быстрые изменения климата Арктики и еще большие изменения, ожидаемые в XXI в., могут радикально усугубить существующие или породить новые межгосударственные проблемы, связанные с поиском и добычей энергоносителей, использованием морских транспортных путей и биоресурсов, делимитацией кон-

тинентального шельфа, состоянием окружающей среды и т.п. Они также могут стать фактором дестабилизации морской (включая военно-морскую) деятельности в этом регионе.

Изменения климата Арктики в контексте глобального потепления

Согласно данным наблюдений, в течение последних полутора веков происходит глобальное потепление климата, а примерно с середины прошлого XX в. — его заметное ускорение на фоне межгодовой и внутривековой изменчивости. По данным Всемирной метеорологической организации, 2010 г. оказался рекордно теплым за 160 лет инструментальных наблюдений, позволяющих оценить среднюю глобальную температуру [51]. Минувший 2011 г. занял 11-е место в этом ряду.

В Арктике в последние десятилетия изменение климата, прежде всего его потепление, происходило быстрее и масштабнее, чем на остальной части земного шара, на фоне значительных колебаний. Согласно данным Гидрометцентра России [2], в 2011 г. среднегодовая температура в Арктике достигла абсолютного максимума (за период с 1891 г.). При этом, насколько можно судить по данным наблюдений, а также косвенным данным, позволяющим на основе анализа и применения моделей с разной степенью достоверности восстанавливать некоторые климатические характеристики далекого прошлого [26], климату Арктики всегда была присуща интенсивная естественная изменчивость.

В этом контексте особенно примечательны дискуссии вокруг двух крупномасштабных эпизодов потепления в Арктике в XX в., одно из которых наблюдалось в первой половине века; второе (продолжающееся до сих пор и уже превысившее по величине первое) началось в 1970-х годах. Предлагаются различные механизмы, объясняющие первое арктическое потепление [22; 46]. Однако не вызывает сомнений, что оно было обусловлено естественными причинами. Во втором потеплении некоторые исследователи также не усматривают ничего, кроме естественной изменчивости, в то время как другие считают, что, по крайней мере отчасти, это потепление связано с антропогенным воздействием в виде роста концентрации парниковых газов в атмосфере [17; 50]. Если это так, то, с точки зрения предсказуемости или, точнее, воспроизводимости в модельных расчетах, эти два эпизода потепления в Арктике принципиально различны.

Согласно расчетам физико-математических моделей климата *СМIP3* (эти модели создали основу для 4-го оценочного доклада МГЭИК [31]), в XXI в. рост температуры в Арктике будет более чем вдвое превосходить среднее глобальное потепление. Например, в случае реализации «умеренного» сценария A1B (подробнее о сценариях этой группы, рассматривавшихся в [31], см. [43]), в конце XXI в., по сравнению с концом XX в., средняя глобальная температура может увеличиться на 2,8°C, при этом на большей части суши — примерно на 3,5°C, тогда как в Арктике — на 7°C.

Заслуживает упоминания то обстоятельство, что географическое распределение ожидаемых изменений температуры качественно не меняется на протяжении всей истории применения глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана для различных сценариев антропогенного воздействия в виде выбросов парниковых газов в атмосферу. Эта картина, с присущими ей более сильным потеплением суши по сравнению с океаном, а также максимальным потеплением в Арктике, сохраняется и в самых последних расчетах — для новых сценариев эмиссий (т.н. *RCP*, см. [41]) и с новыми моделями *СМIP5*, которые будут использоваться в 5-м оценочном докладе МГЭИК (публикация намечена на 2013 г.) (рис. 1). Что касается ожидаемых изменений атмосферных осадков, то Арктика относится к числу регионов мира, где их относительное усиление в текущем столетии максимально. Все современные физико-математические модели прогнозируют рост выпадения осадков на протяжении XXI в., по крайней мере, на большей части территории Арктики [12]. Модели указывают также на понижение атмосферного давления в Арктике в XXI в.

Особую тревогу вызывает скорость таяния ледяного покрова Северного Ледовитого океана. Рекордный минимум за тридцатилетие спутниковых наблюдений был достигнут в 2007 г.; показатель 2011 г. (4,33 млн кв. км) — второй в этом ряду рекордов³.

На сегодняшний день остаются открытыми многие важные вопросы [4; 36; 44], в том числе: каковы механизмы, ответственные за столь быстрое таяние льда в Арктике? Каков относительный вклад естественных и антропогенных факторов в наблюдаемом ускорении? Наконец, с какой интенсивностью будет продолжаться таяние арктического льда и, главное, когда и к каким последствиям приведут эти изменения? Существующие научно обоснованные оценки будущих изменений морского льда в Арктике согласуются качественно, однако разброс их значителен.

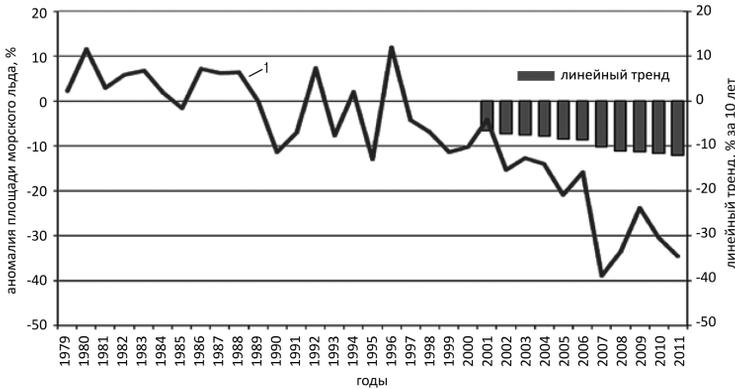


Рис. 2. Аномалии площади морского льда в сентябре в Северном полушарии (в % от среднего значения за 1979–2000 гг.) (линия 1) и величина линейного тренда (в % за десятилетие) за нарастающий период: 1979–2001 гг., 1979–2002 гг., ..., 1979–2011 гг. (По данным NSIDC)

Одной из широко обсуждавшихся в научной литературе особенностей климатических моделей *CMIP3*, использовавшихся в 4-м Оценочном докладе МГЭИК [31], была их предположительная «консервативность», с точки зрения воспроизведения значительного тренда площади льда в Северном полушарии (особенно его сентябрьского минимума). Действительно, за период спутниковых, т.е. наиболее надежных, наблюдений за ледяным покровом Мирового океана площадь сентябрьского льда в Северном Ледовитом океане сокращается с ускорением — к 2011 г. скорость этого сокращения по отношению к периоду 1979–2000 гг. превысила 12% за десятилетие (рис. 2). В то же время модели *CMIP3* в среднем по ансамблю показывали существенно меньшее значение.

В работе [36] обсуждаются возможные причины указанной «консервативности» моделей *CMIP3*. В числе прочих затрагивается вопрос о том, насколько от моделей в принципе следует ожидать воспроизведения времени быстрого сокращения площади морского льда, коль скоро соотношение внешнего воздействия (антропогенного потепления) и собственной изменчивости климатической системы в этом случае не оценено. При этом отдельные модели *CMIP3* демонстрируют способность генерировать значительную изменчивость ледяного покрова океана, включая

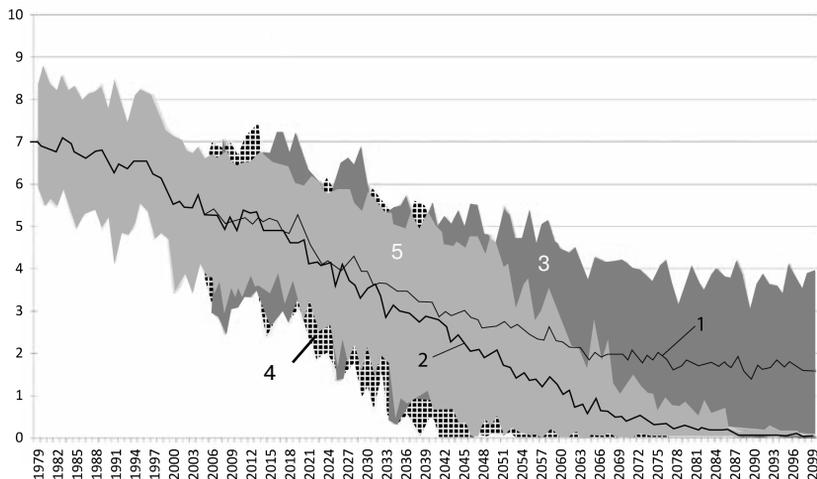


Рис. 3. Площадь морского льда (млн кв. км) в сентябре в Северном полушарии для двух сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему: средняя по ансамблю 17 моделей *CMIP5* — для сценария *RCP4.5* (линия 1) и для сценария *RCP8.5* (линия 2), а также межмодельный разброс в пределах 10-й и 90-й перцентилей (3 и 4 штриховки соответственно). Штриховка 5 показывает области пересечения межмодельных разбросов для двух сценариев

эпизоды резкого сокращения морского льда. Новая генерация климатических моделей *CMIP5* в среднем по ансамблю уже довольно точно воспроизводит наблюдаемый в последние десятилетия тренд сентябрьской площади морского льда в Северном полушарии, так что говорить о «консервативности» моделей теперь не приходится [13]. При этом исчезновение многолетнего морского льда в Арктике во многих моделях происходит уже в первой половине XXI в. (рис. 3).

Еще одним важным следствием и одновременно фактором изменения климата является деградация вечной мерзлоты. На северной территории России, на многих ее участках, с конца XX в. происходило увеличение температуры многолетней мерзлоты и глубины протаивания. В Сибири за последние 30 лет произошло смещение зоны активной деградации мерзлоты в восточном направлении — «заозеренность» Западной Сибири сократилась, а Восточной Си-

бири — выросла. В то же время состояние мерзлоты в восточном секторе Арктики можно считать пока стабильным [3].

Помимо разнообразных воздействий на разные секторы экономики (прежде всего России, но не только ее), ожидаемые изменения вечной мерзлоты некоторые исследователи связывают с опасностью резкого увеличения потока в атмосферу парниковых газов естественного происхождения, содержащегося в вечной мерзлоте, что должно способствовать усилению парникового эффекта. Оценки положительной обратной связи между глобальным потеплением и указанными выбросами парниковых газов варьируют от пренебрежимо малых до катастрофических [35]. Неопределенность усугубляется недостаточным пониманием роли арктических экосистем в глобальном углеродном цикле [3; 40].

Глобальный характер присущ еще двум последствиям изменений климата в Арктике. Во-первых, возможным изменениям крупномасштабной циркуляции Мирового океана в результате увеличения экспорта пресной воды из Арктики в Северную Атлантику (в частности, возможно ослабление меридионального переноса тепла в Северной Атлантике из низких в высокие широты с соответствующими последствиями для климата в Европе). Во-вторых, росту уровня Мирового океана вследствие таяния Гренландского ледникового щита, который содержит достаточно воды для подъема уровня до 7 м. При потеплении в интервале 2—5°C это таяние может происходить медленно — многие сотни и даже тысячи лет. Однако неучитываемые в современных климатических моделях динамические процессы в ледниковом щите, по мнению ряда экспертов, могут существенно ускорить поступление массы льда и воды в океан. Количественные оценки указанных факторов в настоящее время весьма затруднены.

Перечисленные научные проблемы, без сомнения, исключительно серьезны и важны, прежде всего, как факторы значительной неопределенности в оценках будущих изменений климата разных пространственных и временных масштабов. В том числе: будущего арктического льда (десятилетия?); судьбы углерода, содержащегося в вечной мерзлоте (десятилетия, столетия?); глобальных последствий изменений пресноводного бюджета Северного Ледовитого океана (от десятилетий до тысячелетия?); роли динамики ледниковых щитов в подъеме уровня океана (столетия, тысячелетия?).

Этот список вызовов современной климатологии венчает собой фундаментальная проблема предсказуемости климата Арктики.

Особенно сложный ее аспект представляет собой предсказуемость на временных масштабах от сезона до десятилетия, т.е. для интервалов времени, в пределах которых антропогенный сигнал слабее естественной изменчивости климата Арктики [42; 49].

Климатические воздействия на окружающую среду и экономику российской Арктики

Изменения климата уже оказывают серьезные воздействия на природные, хозяйственные и социальные системы российской Арктики. Вероятность усугубления этих воздействий высока; ряд ожидаемых последствий — крайне негативен. В то же время, потепление климата повлечет за собой увеличение части так называемых климатических ресурсов⁴ Арктического региона и улучшение климатических условий его развития, хотя сам регион останется в числе территорий с наиболее суровыми погодно-климатическими условиями. Все эти предполагаемые и уже происходящие перемены в условиях хозяйствования имеют огромное значение, учитывая геополитическую и геоэкономическую роль российской Арктики; в частности, то, что именно в этом регионе сосредоточено 60% добычи российской меди, 80% — природного газа, более 90% никеля, кобальта и платиноидов.

Вероятные последствия *изменений ледяного покрова Северного Ледовитого океана* важны как для экосистем, так и для экономики, социальной сферы и национальной безопасности Российской Федерации [6; 15]. Наиболее существенными представляются следующие последствия, вероятность которых достаточно высока. Прежде всего, увеличение продолжительности летней навигации и развитие в связи с этим морского судоходства [38], включая морские перевозки грузов, а также туризма (включая экотуризм), в первую очередь по Северному морскому пути. При этом высокая степень изменчивости ледовой обстановки может затруднять многие виды морских операций.

Кроме того, облегчится доступ по морю к природным ресурсам Арктики, включая месторождения энергоносителей на шельфе Северного Ледовитого океана, на который, по некоторым оценкам, приходится до 13% мировых запасов нефти [28]. Это откроет новые возможности для развития экономики, создания новых рабочих мест, но одновременно породит дополнительные проблемы

для окружающей среды и хозяйственной деятельности. В частности, уменьшение ледяного покрова арктических морей, особенно ранней осенью, усиливает разрушительное воздействие штормов на береговую зону, ущерб расположенным в ней хозяйственным объектам, прежде всего инфраструктуре, и угрозу жизни проживающих там людей. Кроме того, более ранние сроки таяния и более поздние сроки восстановления ледяного покрова делают его более хрупким, существенно увеличивая риск, сокращая сроки и эффективность охоты коренных жителей региона [45].

Потепление климата может привести к развитию некоторых рыбных промыслов, включая вылов сельди и трески, при этом районы обитания и пути миграции многих видов рыбы изменятся. В то же время, ожидаемые изменения ледяного покрова Северного Ледовитого океана могут резко ухудшить условия и среду обитания некоторых видов фауны, таких, например, как белый медведь.

Одной из важнейших экономических проблем, возникающих в связи с ожидаемыми изменениями ледяного покрова Мирового океана (не только в Северном Ледовитом, но и в Южном океане), является будущее ледокольного флота. Согласно выводам доклада Национального исследовательского совета США, подготовленного в 2005 г. для Комитета по оценке роли и будущих потребностей полярных ледоколов Береговой охраны США и других ведомств этой страны [47], а также исследований, выполненных в 2007 – 2008 гг. в России Советом по изучению производительных сил Минэкономразвития России, необходимо не только не сокращать, но, напротив, развивать ледокольный флот, включая использование больших ледоколов. В условиях теплеющей Арктики ожидается, с одной стороны, облегчение доступа судов в высокие широты и увеличение экономической и другой активности в этом регионе; с другой — сохранение, по меньшей мере, сезонного ледяного покрова (хоть и меньшей толщины, сплоченности и протяженности), а также рост количества айсбергов, затрудняющих доступ судов в Северный Ледовитый океан. Ледоколы призваны помочь решать возрастающий круг задач, обеспечивая постоянное присутствие исследовательских и других судов в Арктическом регионе.

Под влиянием потепления климата будет происходить *degradация вечной мерзлоты*, включая увеличение толщины сезонно-талого слоя (рис. 4) и отрыв замерзающей части этого слоя от глубинных толщ вечной мерзлоты [14]. Тундровые ландшафты отличаются высокой уязвимостью к внешним воздействиям,

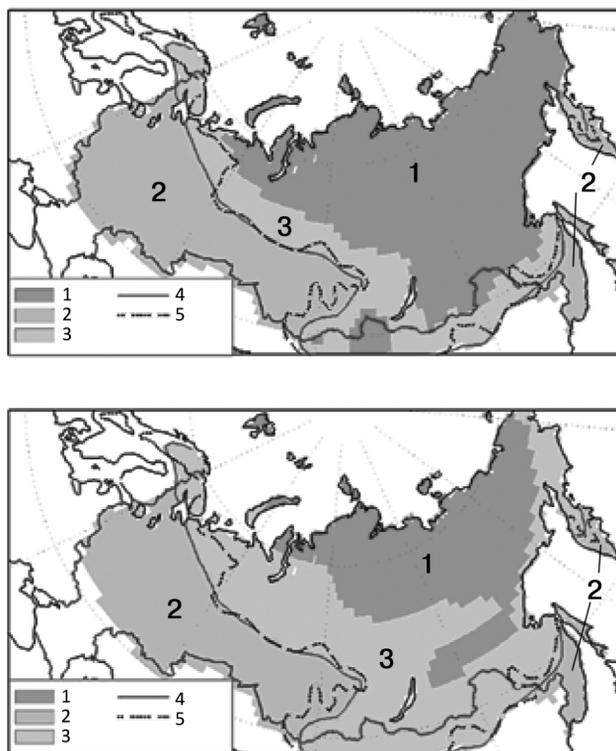


Рис. 4. Деградация вечной мерзлоты на территории России к середине XXI в. для сценария RCP8.5

Показаны рассчитанные с помощью ансамбля климатических моделей CMIP5 зоны сезонного протаивания (1) и сезонного промерзания (2) в середине (вверху) и в конце (внизу) XXI в. для суглинистых почв; (3) — зона перехода от режима сезонного протаивания к режиму сезонного промерзания в верхнем 3-метровом слое грунта; (4) — положение границы зоны вечной мерзлоты по модельным расчетам, определяемое как положение нулевой изотермы на глубине 3 м; (5) — современная наблюдаемая граница зоны вечной мерзлоты.

и протаивание многолетне-мерзлых грунтов будет сопровождаться их просадками и уменьшением прочностных характеристик, обводнением или обсыханием территории. Это влечет за собой угрозу надежности и устойчивости строительных конструкций и инженерных сооружений, не говоря уже об ухудшении условий

для традиционного сохранения продуктов в погребах домашних хозяйств. Главные риски касаются объектов хозяйственной инфраструктуры и магистральных трубопроводов, что особенно важно для территории севера Западной Сибири, учитывая низинный и равнинный характер местности с преобладанием грунтов органического происхождения, а также наличие в этом районе крупнейшей газоносной провинции, являющейся основным источником ресурсов газа России.

Более значительному протаиванию подвержены песчаные грунты. Поскольку преобладание таких грунтов в северной части Западной Сибири характерно для русел рек, постольку наиболее уязвимыми из многочисленных видов инженерных сооружений будут портовые объекты и другие сооружения инфраструктуры водного транспорта. Песчаные грунты также преобладают на территории полуострова Ямал, на месторождениях которого в ближайшие годы планируется начать добычу газа.

Наиболее значимым и разрушительным по своим возможным последствиям по отношению к сооружениям является полный отрыв верхней кромки многолетне-мерзлых грунтов от толщ реликтовой мерзлоты, расположенных ниже. В этом случае появляется слой талых грунтов, не промерзающих зимой, и свойства многолетне-мерзлых грунтов не будут отличаться от обычных условий, характерных, например, для умеренной климатической зоны европейской части территории России. При таком развитии процессов вечная мерзлота сохраняется лишь на больших глубинах, превышающих толщины грунтов, затрагиваемых при инженерно-строительной деятельности. Но в первые десятилетия XXI в. подобные явления наметятся лишь в крайних южных районах зоны вечной мерзлоты, которые сейчас характеризуются как районы островной мерзлоты. Как показывают расчеты, изменение многолетне-мерзлых грунтов в Западной Сибири явится существенным фактором, который окажет воздействие на работу топливно-энергетического комплекса в XXI в.

Ожидаемые изменения гидрологического режима сопряжены с *ростом риска наводнений* в устьях некоторых из рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Как известно, на водосборах в средних широтах максимальный сток наблюдается весной — в период интенсивного таяния снега.

Результаты расчетов показывают, что на водосборе Оби на протяжении XXI в. сокращение массы снега к началу весны (март) пре-

вышает уменьшение такой массы к концу весны (в мае), тогда как на водосборах Енисея и Лены прогнозируется иная ситуация — заметное увеличение накопленной за зиму массы снега (март) и уменьшение массы снега в мае (т.е. большее количество снега тает за более короткое время). Таким образом, вероятность крупных весенних паводков на этих водосборах на протяжении XXI в. существенно возрастает [11; 34; 37].

Другие примеры прямых воздействий изменяющегося климата на окружающую среду и население Арктики включают:

- ускоренную *эрозию берегов* в результате штормовой активности и даже утрату территорий, в том числе в результате таяния вечной мерзлоты (по некоторым оценкам, уже потерянная часть суши на побережье Северного Ледовитого океана измеряется квадратными километрами);
- общую тенденцию *увеличения продуктивности северных экосистем* в течение последних десятилетий при существенной неоднородности этого процесса: если в одних районах продуктивность растет, то в других — снижается [30];
- *сокращение или исчезновение и/или миграцию* существующих видов растительных и живых организмов. Так, сокращение ледового периода ведет к уменьшению популяции организмов, в частности отдельных видов фитопланктона, жизнедеятельность которого неразрывно связана с наличием ледяных полей, таких как криль, являющийся основой питания практически всех морских птиц и млекопитающих, благополучие и сама жизнь которых также оказывается под угрозой. В то же время, в последние годы из-за ускоренного сокращения площади ледяного покрова отмечается миграция тысяч особей моржей на берег как в России, так и в США (Аляска) [45];
- согласно некоторым оценкам [3], при сохранении современных тенденций изменений климата к концу XXI в. около 20% современной площади тундры и полярных пустынь будут замещены другими типами растительности. Другие изменения касаются замещения некоторых традиционных биологических видов и экосистем пресных и морских вод [3], в том числе в связи с *инвазией* (вторжением) новых видов растений, насекомых, микроорганизмов, угрожающих некоторым традиционным биологическим видам и экосистемам суши, пресных и морских вод Арктики, а также со-

здающих риски и угрозы здоровью и жизни людей, работающих или несущих службу в этом регионе;

- новые *угрозы здоровью* коренного населения, в том числе из-за изменений жизненного уклада, структуры питания и занятости. В Арктическом регионе социальные последствия климатических изменений, в том числе для здоровья населения, наиболее ощутимы, что связано, в первую очередь, с тем, что здесь находятся районы проживания коренных малочисленных народов Севера, многие из которых по-прежнему занимаются традиционным ведением хозяйства. Эти районы характеризуются, с одной стороны, дефицитом квалифицированной медицинской помощи, с другой стороны, как уже отмечалось выше, возможностью проникновения с юга новых инфекционных заболеваний и активизацией старых инфекций в результате изменения ареала возбудителей и многих других причин.

Особо следует отметить опасность усиления *системного (синергического) эффекта совокупности воздействий*. Примером является усугубление антропогенных рисков и угроз хрупким экосистемам Арктики в результате облегчения доступа и интенсификации освоения Арктики, включая загрязнение окружающей среды и уничтожение видов флоры и фауны. При этом специфика российской Арктики — по сравнению с Аляской, севером Канады, Гренландией, арктическими территориями Скандинавских стран — заключается в повышенной значимости социальных рисков (по сравнению с природно-экологическими), учитывая значительно бóльшую численность населения. В российской части Арктики расположены 46 городов и поселков с населением в пять и более тысяч жителей, а также крупнейшие в мире металлургические производства, рудники, горно-обогачительные комбинаты, угольные шахты, полигоны испытаний ядерного оружия, места захоронения радиоактивных отходов и другие экологически опасные объекты.

Изменения климата и устойчивое развитие российской Арктики

Для обеспечения устойчивого развития российской Арктики с учетом фактора изменений климата необходим переход к стратегическому типу планирования, сочетающему долгосрочную пер-

спективу с системным подходом к разработке и реализации экономических программ и отдельных проектов и «встраивающему» указанный фактор в планы развития территорий и производственных комплексов региона. Такая увязка призвана обеспечить снижение негативных последствий и максимальное использование благоприятных возможностей, которые открываются благодаря климатическим изменениям, как непосредственно, так и опосредованно (через внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий). Кроме того, она должна способствовать укреплению безопасности в Арктическом регионе (например, путем развития систем мониторинга и раннего оповещения об опасных явлениях, программы адресной работы с коренными народами и другими особо уязвимыми группами населения Арктики и т.д.) и национальной безопасности России в целом.

Стратегию развития Арктического региона необходимо гармонизировать с Комплексным планом реализации Климатической доктрины Российской Федерации⁵ — во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. Необходимо разработать программные меры по смягчению последствий и адаптации к наблюдаемым и прогнозируемым изменениям климата в российской Арктике, включая создание финансовых и институциональных механизмов, а также технологий снижения климатических рисков, развитие исследований климата и анализа и оценки эффективности различных мер адаптации.

Большинство краткосрочных мер не требует значительных инвестиций и может быть интегрировано в уже существующие или разрабатываемые региональные стратегии социально-экономического развития. Для реализации дальнейших шагов потребуются более существенные финансовые вложения, а также вовлечение большего числа сторон на федеральном, региональном и местном уровнях. В то же время, предусматриваемые стратегией долгосрочного развития страны модернизация экономики и переход на инновационный путь развития, вероятно, позволят снизить затраты и сократят сроки осуществления этих задач в будущем.

На всех этапах важная роль должна отводиться просветительской деятельности, а также развитию и укреплению сотрудничества между регионами Арктической зоны России и зарубежных стран. Следует учесть, что многие подходы в области смягчения последствий изменения климата и адаптации уже успешно опробованы в других странах. Также представляется целесообразным ис-

пользовать опыт и потенциал международных организаций, таких как ПРООН, ЮНЕП, ОЭСР, Всемирный банк и др.

Будущее Арктики как вызов климатической науке

Как отмечается в работах [8; 16], после впечатляющих достижений мировой климатической науки, включая успех докладов МГЭИК, оцененных в 2007 г. Нобелевской премией мира, некоторые политические и общественные деятели поспешили заключить, что климатическая наука, в основном, выполнила свои задачи. По их мнению, задачи, стоящие перед наукой о климате, в целом решены, и остается уточнить лишь некоторые детали, уже не столь важные для процесса принятия решений.

Другие политики, ухватившись за отдельные (впрочем, крайне немногочисленные) неточности указанных докладов, напротив, подвергли все и вся сомнению, вплоть до полного обесценивания проделанной большой и полезной работы.

Обе крайности представляются абсолютно неприемлемыми. Первая — потому, что означает игнорирование сохраняющихся лакун в научном знании, особенно в понимании причин и последствий изменений климата, в прояснении которых дальнейшие исследования (в том числе Арктики) невозможно переоценить. Вторая — потому, что современный уровень научных знаний вполне позволяет говорить о неотложности действий как в части адаптации к текущим и ожидаемым изменениям климата (в том числе в Арктике), так и в части смягчения воздействия человека на климатическую систему (и окружающую среду в целом). Пробелы в понимании происходящего связаны с недостатком данных наблюдений, а также с проблемами моделирования климата. Восполнение этих пробелов является необходимым условием уточнения оценок будущих изменений климата и их последствий, в частности, в Арктике, которые, в свою очередь, являются необходимой предпосылкой для принятия эффективных решений, как в сфере экономики, так и экологии, включая охрану природы.

Выполнение этой предпосылки снижает, но не устраняет неопределенность оценок будущих изменений климата. Каков бы ни был прогресс в наблюдениях и моделировании, хаотическая природа климатической системы всегда будет влиять на точность

и надежность этих оценок, обуславливая, таким образом, их вероятностный характер. Поэтому принятие решений всегда будет носить характер поиска «второго наилучшего» (*second best*) и будет связано с рисками просчетов в планировании и реализации мер по смягчению последствий изменений климата, прежде всего, мер упреждающей адаптации наиболее уязвимых регионов, таких как Арктика, к указанным изменениям. Цена таких ошибок может быть очень высока. Поэтому в целях снижения рисков инвестирование в научные исследования (в частности и в особенности, Арктики) является одновременно необходимым и экономически целесообразным, позволяя уменьшить неопределенность региональных прогнозов и оценок изменений климата и, соответственно, последствий этих изменений.

Важно отметить, что альтернативы науке здесь попросту не существует и, в связи с этим, следует обратить особое внимание на существующий в России недостаток знаний фундаментального и прикладного характера, ее отставание в области исследований климата от наиболее развитых стран. Последнее усугубляет зависимость России от получения современных данных и знаний о происходящих переменах и оценок будущих изменений климата и их последствий от зарубежных исследовательских центров.

Объективная оценка сложившейся ситуации дана в решении созданного Росгидрометом в 2009 г. VI Всероссийского метеорологического съезда [7; 18]: «В последние десятилетия XX в., по мере перехода мировой метеорологической науки в “высокотехнологическую” фазу, наша страна проигрывала в соревновании компьютерных технологий. Смена государственной системы и экономического уклада в начале 1990-х годов привела к общему кризису отечественной науки, который не преодолен до сих пор. Российская наука потеряла целое поколение исследователей. Начиная с 1990-х годов российская метеорологическая наука жила, в основном, достижениями предшествующих десятилетий. К началу XXI в. Россия утратила лидирующие позиции в мировой метеорологической науке. На мировом или близком к мировому уровню остаются лишь отдельные направления. Научное сообщество малочисленно и разобщено. Понизился уровень научной экспертизы. Процветает дилетантизм. Как следствие, авторитет науки в обществе и у руководства страны невысок, что снижает возможности науки с должной эффективностью влиять на развитие страны и тем са-

мым усугубляет экономические и другие проблемы российского общества». Угроза дилетантизма, угроза дезориентации руководства России в отношении проблемы изменения климата до настоящего времени остается весьма актуальной.

Снижение перечисленных выше рисков и угроз требует конкретных мер со стороны государства, которое лишь недавно всерьез занялось формированием приоритетов своей политики в отношении проблемы изменений климата в целом и в Арктике в частности. Это нашло свое отражение в Климатической доктрине Российской Федерации. Ее научный фундамент заложен профессиональными исследованиями, проводимыми отечественными и зарубежными климатологами. В самой доктрине особое внимание уделяется научному обеспечению политики Российской Федерации в области климата, включая обеспечение соответствия национальных климатических исследований мировому уровню. Доктрина, помимо прочего, предписывает разработку и реализацию соответствующей государственной стратегии и, на ее основе, федеральных, региональных и отраслевых программ и планов действий, в том числе в отношении Арктики.

Основой этих документов должны стать результаты масштабных научных исследований, которые сами по себе являются объектом планирования, причем приоритетным. С этой точки зрения трудно переоценить разработку Комплексного плана научных исследований погоды и климата до 2020 г., выполненную Росгидрометом совместно с Российской академией наук, Министерством образования и науки России, Министерством экономического развития России, МЧС России и другими ведомствами в соответствии с решением Совета Безопасности от 17 марта 2010 г. (подробнее см. [5; 9]).

Реализация Комплексного плана научных исследований погоды и климата, а также создание и функционирование Климатического центра Российской Федерации, предусмотренные вышеупомянутым распоряжением Правительства «Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года» (от 25 апреля 2011 г.), являются важнейшими шагами в разработке государственной политики, а также научно-технических разработок и технологических решений в области адаптации населения, хозяйственных систем и системы обеспечения национальной безопасности России, включая и арктическое направление, к изменениям климата.

Благодарности

Авторы благодарят В. А. Говоркову и Т. В. Павлову за проведенные расчеты и подготовленные рисунки к настоящей статье. Авторы признательны международному сообществу разработчиков климатических моделей за предоставление данных для анализа; участникам Программы диагноза и сравнения климатических моделей (*PCMDI*) — за сбор и хранение модельных данных *CMIP3* и *CMIP5*; Рабочей группе по объединенным моделям (*WGCM*) Всемирной программы исследований климата (*WCRP*) — за организацию деятельности по анализу модельных расчетов. Архив данных *WCRP CMIP3* и *CMIP5* поддерживается управлением науки Министерства энергетики США.

Примечания

¹ Под климатическим сценарием, вслед за определением МГЭИК, здесь понимается правдоподобная (или вероятная) эволюция климата в будущем, согласующаяся с предположениями о будущих эмиссиях (сценариями эмиссий) парниковых газов и других атмосферных примесей, например, сульфатного аэрозоля, и с существующими представлениями о воздействии изменений концентрации этих примесей на климат. Соответственно, под сценарием изменения климата подразумевается разница между климатическим сценарием и современным состоянием климата. Поскольку сценарии эмиссий основываются на тех или иных предположениях о будущем экономическом, технологическом, демографическом и т.п. развитии человечества, климатические сценарии, равно как и сценарии изменения климата, не следует рассматривать как прогноз, но лишь как внутренне не противоречивые картины возможных в будущем состояний климатической системы. Обсуждение других, не связанных с антропогенными воздействиями, возможных причин изменений климата Арктики можно найти в [17].

² Полностью исследование *CAFF* и подготовка соответствующего доклада будут завершены в 2013 г.

³ National Snow and IceDataCenter (NSIDC), University of Colorado, Boulder, USA.

⁴ Одно из распространенных определений понятия «климатические ресурсы» таково: «Климатическими ресурсами называются запасы вещества, энергии и информации в климатической системе, которые используются или могут быть использованы для решения конкретной задачи в экономике или социальной сфере» [10].

⁵ Климатическая доктрина Российской Федерации утверждена Президентом Российской Федерации 17 декабря 2009 г.

Литература

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: В 2 т. / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Росгидромет, 2008.

2. Бирман Б. А. и Бережная Т. В. Основные погодно-климатические особенности Северного полушария Земли. 2011 год. Аналитический обзор. Гидрометцентр России, 2012.

3. Букварева Е. Н. Роль наземных экосистем в регуляции климата и место России в посткиотском процессе. М., 2011. С. 63.

4. Катцов В. М., Алексеев Г. В., Павлова Т. В., Спорышев П. В., Бекряев Р. В., Говоркова В. А. Эволюция ледяного покрова Мирового океана в XX и XXI веках в расчетах с глобальными климатическими моделями нового поколения // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43. № 2. С. 1 – 17.

5. Катцов В. М., Кобышева Н. В., Мелешко В. П., Порфирьев Б. Н., Ревич Б. А., Сиротенко О. Д., Стагник В. В., Хлебникова Е. И., Чичерин С. С., Шальгин А. Л. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу / Под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева. Росгидромет, 2011. С. 251.

6. Катцов В. М., Мелешко В. П., Чичерин С. С. Изменение климата и национальная безопасность Российской Федерации // Право и безопасность. 2007. № 1 – 2. С. 29 – 37.

7. Катцов В. М. и Мохов И. И. Приоритеты российских исследований в области метеорологии. Труды 6-го всероссийского метеорологического съезда. Росгидромет. СПб., 2011. С. 27 – 35.

8. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Арктика: изменения климата и их воздействия на окружающую среду // Евроатлантическое пространство безопасности [Дынкин А. А. и Иванов И. С., ред. М., 2011а. С. 350 – 358.

9. Катцов В. М. и Порфирьев Б. Н. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (Резюме) // Труды ГГО. 2011б. № 563. С. 7 – 59.

10. Энциклопедия климатических ресурсов / Под ред. Н. В. Кобышевой и К. Ш. Хайруллина. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005.

11. Мелешко В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Малевский-Малевич С. П., Нагёжина Е. Д., Спорышев П. В. Антропогенные изменения климата в XXI веке в северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2004. № 7. С. 5 – 26.

12. Мелешко В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Нагёжина Е. Д., Павлова Т. В., Спорышев П. В., Школьник И. М., Шнееров Б. Е. Изменения климата России в XXI веке. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: В 2 т. / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Росгидромет, 2008. Т. 1. С. 174 – 213.

13. Павлова Т. В., Катцов В. М., Говоркова В. А. Морской лед в моделях СМIP5: ближе к реальности? // Труды ГГО. 2011. № 564. С. 7 – 18.

14. Павлова Т. В., Катцов В. М., Нагёжина Е. Д., Спорышев П. В., Говоркова В. А. Расчет эволюции криосферы в XX и XXI веках с использованием глобальных климатических моделей нового поколения // Криосфера Земли. 2007. № 2. С. 3 – 13.

15. Порфирьев Б. Н. Глобальные изменения климата: угроза или фактор международной безопасности? // Проблемы экономической безопасности Евроатлантического региона. Материалы ситуационного анализа в рамках проекта Евроатлантическая инициатива в области безопасности (EASI). (Москва, 29 июня 2010 г.). М: ИМЭМО РАН, 2010. С. 40 – 43.

16. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М., Рогинко С. А. Изменения климата и международная безопасность. Российская академия наук, 2011.

17. Спорышев П. В., Мирвис В. М., Катцов В. М., Мелешко В. П., Ранькова Э. Я. Антропогенный вклад в изменение климата. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Росгидромет, 2008. С. 152 – 173.

18. Труды VI Всероссийского метеорологического съезда. Обнинск — ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.

19. ACIA, 2005: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press. 1042 pp.

20. AMAP, 2011. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii + 538 pp.

21. Bekryaev R. V., Polyakov I. V., Alexeev V. A., 2010: Role of Polar Amplification in Long-Term Surface Air Temperature Variations and Modern Arctic Warming. J. Climate, 23, 3888—3906. doi: 10.1175/2010JCLI3297.1.

22. Bengtsson L., Semenov V. A., Johannessen O. M. 2004: The Early Twentieth-Century Warming in the Arctic — a Possible Mechanism. J. Climate, 17, 4045 – 4057.

23. Bernstein L., Bosch P., Canziani O., Chen Zh., Christ R., Davidson O., Hare W., Huq S., Karoly D., Kattsov V., Kundzewicz Z., Liu J., Lohmann U., Manning M., Matsuno T., Menne B., Metz B., Mirza M., Nicholls N., Nurse L., Pachauri R., Palutikof J., Parry M., Qin D., Ravindranath N., Reisinger A., Ren J., Riahi K., Rosenzweig C., Rusticucci M., Schneider S., Sokona Y., Solomon S., Stott P., Stouffer R., Sugiyama T., Swart R., Tirpak D., Vogel C., Yohe G., 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

24. Bony S., Colman R., Kattsov V., Allan R., Bretherton C., Dufrense J.-L., Hall A., Hallegatte S., Holland M., Ingram W., Randall D., Soden B., Tselioudis G., Webb M., 2006: How Well do we Understand and Evaluate Climate Change Feedback Processes? Climate J., 19, 3445 – 3482.

25. CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna), 2010: Arctic Biodiversity Trends 2010 — Selected indicators of change, CAFF International Secretariat, Akureyri, Iceland, May 2010.

26. CCSP, 2009: Past Climate Variability and Change in the Arctic and at High Latitudes. A report by the U. S. Climate Change Science Program and Subcommittee on Global Change Research [Alley, R. B., J. Brigham-Grette, G. H. Miller, L. Polyak, and J. W. C. White (coordinating lead authors)]. U. S. Geological Survey, Reston, VA, 257 pp.

27. Frolov A. V., Kattsov V. M., 2009: Predicting arctic climate: knowledge gaps and uncertainties. Proceedings of the international experts meeting «Climate Change and Arctic Sustainable Development: scientific, social, cultural and educational challenges», Monaco, 3 – 6 March 2009, 292 – 302.

28. Gautier D. L., Bird K. J., Charpentier R. R., Grantz A., Houseknecht D. W., Klett T. R., Moore T. E., Pitman J. K., Schenk C. J., Schuenemeyer J. H., Sorensen K., Tennyson M. E., Valin Z. C. and Wandrey C. J. 2009: Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic. *Science* 324 (5931): 1175 – 1179.

29. Glomsrod S., and Aslaksen I. (eds.), 2009: The economy of the North 2008. Statistics Norway, 102 p.

30. Goetz S. J., Mack M. C., Gurney K. R., Randerson J. T., Houghton R. A. 2007: Ecosystem responses to recent climate change and fire disturbance at northern high latitudes: observations and model results contrasting northern Eurasia and North America, *Environ. Res. Lett.*, doi:10.1088/1748-9326/2/4/045031.

31. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.

32. Johnsen K. I., Alfthan B., Hislop L., Skaalvik J. F. (eds.). 2010. Protecting Arctic Biodiversity, United Nations Environment Program (UNEP), GRID-Arendal. Oslo: Birkeland Trykkeri AS, P. 20 – 22.

33. Karl T. R., Melillo J. M., Peterson T. C. (eds.). 2009: Global Climate Change Impacts in the United States, Cambridge Univ. Press, 189 p.

34. Kattsov V., Govorkova V., Pavlova T., Sporyshev P. 2008: Arctic river runoff in the context of global warming: Projections with state-of-the-art global climate models. *CliC Ice and Climate News*, No. 11, 8 – 10.

35. Kattsov V., Hibbard K., Rinke A., Romanovsky V., Verseghey D., Christensen T. R., Kuhry P., Lawrence D., McGuire, 2009: Terrestrial permafrost carbon in the changing climate. *CliC/WCRP and AIMES/IGBP White paper*. www.climate-cryosphere.org/documents/doc6_CAPER_WP_final.pdf.

36. Kattsov V., Ryabinin V., Overland J., Serreze M., Visbeck M., Walsh J., Meier W. and Zhang X. 2010: Arctic sea ice change: a grand challenge of climate science. *Journal of Glaciology*, 56, No. 200, 1115 – 1121.

37. Kattsov V. M., Walsh J. E., Chapman W. L., Govorkova V. A., Pavlova T. V. and Zhang X. 2007: Simulation and Projection of Arctic Freshwater Budget Components by the IPCC AR4 Global Climate Models. *J. Hydrometeorology*, 8, 571 – 589.

38. Khon V. C., Mokhov I. I., Latif M., Semenov V. A., Park W. 2010: Perspectives of Northern Sea Route and Northwest Passage in the twenty-first century, *Climatic Change*, doi: 10.1007/s10584-009-9683-2.

39. Lemmen D. S., Warren F. J., Lacroix J. and Bush E. (eds.). 2008: From Impacts to Adaptation: Canada in a Changing Climate 2007; Government of Canada, Ottawa, ON, 448 p.

40. McGuire A. D., Anderson L., Christensen T. R., Dallimore S., Guo L., Hayes D., Heimann M., Lorenson T., Macdonald R. and Roulet N. 2009: Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic climate change. *Ecological Monographs*, 79 (4), 523 – 555.

41. Moss R. H., Edmonds J. A., Hibbard K. A., Manning M. R., Rose S. K., Vuuren D. P. van, Carter T. R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G. A., Mitchell J. F. B., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S. J., Stouffer R. J., Thomson A. M., Weyant J. P. and Wilbanks T. J. 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463: 747 – 756.

42. Murphy J., Kattsov V., Keenlyside N., Kimoto M., Meehl J., Mehta V., Pohlmann H., Scaife A., Smith D. 2010: Towards Prediction of Decadal Climate Variability and Change. *Procedia Environmental Sciences* 1, 287 – 304, doi:10.1016/j.proenv.2010.09.018.

43. Nakicenovic N., Alcamo J., Davis G., Vries B. de, Fenhann J., Gaffin S., Gregory K., Grubler A., Jung T. Y., Kram T., La Rovere E. L., Michaelis L., Mori S., Morita T., Pepper W., Pitcher H., Price L., Raihi K., Roehrl A., Rogner H.-H., Sankovski A., Schlesinger M., Shukla P., Smith S., Swart R., Rooijen S. van, Victor N., Dadi Z. 2000: IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.

44. National Research Council of the National Academies, 2003: Understanding climate change feedbacks. Washington D. C., National Academies Press, 152 p.

45. National Research Council of the National Academies, 2011: Frontiers in Understanding Climate Change and Polar Ecosystems: Summary of a Workshop. Washington D. C., National Academies Press, 78 p.

46. Overland J. E., Spillane M. C., Percival D. B., Wang M., Mofjeld H. O. 2004: Seasonal and regional variation of Pan-Arctic air temperature over the instrumental record. *J. Climate*, 17, 3263 – 3282.

47. Polar Icebreaker Roles and U. S. Future Needs: A Preliminary Assessment. Committee on the Assessment of U. S. Coast Guard Polar Icebreaker Roles and Future Needs, Polar Research Board Division on Earth and Life Studies, Marine Board, Transportation Research Board. National Research Council of the National Academies. The National Academies Press, Washington, D. C., 2005, 42 p.

48. Serreze M. C., Francis J. A. 2006: The arctic amplification debate. *Climatic Change*, doi:10. 1007/ s10584-005-9017-y.

49. Shepherd T. G., Arblaster J. M., Bitz C. M., Furevik T., Goosse H., Kattsov V. M., Marshall J., Ryabinin V., Walsh J. E. 2011: Report on WCRP Workshop on Seasonal to Multi-Decadal Predictability of Polar Climate (Bergen, Norway, 25 – 29 October 2010). SPARC Newsletter No. 36, January 2011, 11 – 19.

50. Wang M., Overland J. E., Kattsov V., Walsh J. E., Zhang X., Pavlova T. 2007: Intrinsic versus forced variation in coupled climate model simulations over the Arctic during the 20th Century. *J. Climate*, 20, 1084 – 1098.

51. WMO, 2012: WMO statement on the status of the global climate in 2011. WMO-No. 1085, 21 p.

А. М. Фадеев

Международное экологическое сотрудничество в Арктике*

В настоящее время Арктика рассматривается многими государствами как стратегический регион в связи с колоссальными запасами углеводородных ресурсов и усилением роли факторов и условий, лежащих в основе политической и энергетической безопасности ведущих индустриально развитых стран мира. Промышленное освоение Арктики предполагает интенсивную эксплуатацию углеводородных ресурсов, развитие транспорта, добычу биологических ресурсов. Особая уязвимость суровой арктической природы обуславливает необходимость международной кооперации, изучения и решения проблем максимального сохранения естественной среды обитания, разработки и реализации рациональной многопродуктовой экологосбалансированной модели устойчивого природопользования.

Современное состояние окружающей среды в Арктике

Экосистема Арктики в высшей степени чувствительна к антропогенному воздействию и очень медленно восстанавливается после неразумного вмешательства. Интерес к экологическим проблемам Арктики высок. Здесь открываются уникальные перспективы освоения энергетических ресурсов, несмотря на то что Арктика характеризуется суровым климатом — с экстремальными колебаниями освещенности и температуры, коротким летом, снежной и ледовой зимой, обширными территориями вечной мерзлоты. Часть арктической флоры и фауны приспособилась к таким условиям, однако эта адаптация в ряде случаев сделала их более чувствительными к деятельности человека.

* *Фадеев А. М.* Международное экологическое сотрудничество в Арктике // Интернет-портал РСМД. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://russiancouncil.ru/inner/index.php?id_4=877#top.

Климатические и гидрологические особенности акватории Северного Ледовитого океана — глубина, скорость и направление течений, температура, соленость, стратификация вод, речной сток и общий водный баланс — способствуют существенному разбавлению загрязненных стоков и интенсивному осаждению вредных веществ, надолго сохраняющихся в морских экосистемах. Кроме того, загрязняющие вещества из Западной Европы приносят в Арктику атмосферные массы и течение Гольфстрим.

Исследования показали, что Арктика может оказать сильное влияние на потепление климата. Сибирские торфяные болота, образовавшиеся около 11 тыс. лет назад, после окончания ледникового периода, все время выделяют метан, который удерживается вечной мерзлотой или откладывается в ней в виде метангидратов (в твердой льдообразной форме), а при таянии попадает в атмосферу. Совместные исследования Томского и Оксфордского университетов показали, что в последние годы эмиссия метана ускорилась. Конечно, полное высвобождение связанного метана может занять сотни лет, однако парниковый эффект от него в 21 раз больше, чем от углекислоты. Таким образом, метан из сибирских болот окажет на потепление такое же влияние, как 10–25% того количества углекислоты, которое сегодня выбрасывает в атмосферу вся мировая энергетика.

Одним из последствий изменения климата Западной Арктики может стать увеличение числа айсбергов, которых сегодня в Баренцевом море практически нет. Это означает, что при освоении месторождений углеводородов на российском арктическом шельфе придется создавать специальную систему слежения за ними.

Исследования, проведенные в последние годы, показывают, что площади ледников постоянно сокращаются в связи с глобальным потеплением. По данным специалистов Метеорологического управления Великобритании, площадь ледяного покрова Северного Ледовитого океана уменьшилась с 1950-х годов до настоящего времени на 20%, а средняя толщина льда в зимний период сократилась с 1970 г. на 40%. По мнению ученых, «ледяная шапка» на Северном полюсе может исчезнуть уже через 80 лет. По данным американских исследователей, нынешние темпы исчезновения ледников составляют 8% за 10 лет. Если эта тенденция сохранится, то уже летом 2060 г. льда в Арктике может не остаться вовсе.

Возможное повышение средней температуры воздуха на 3–4°C к 2050 г. приведет к сокращению площади вечной мерзлоты на 12–

15%. В России южная ее граница сместится к северо-востоку на 150–200 км. Глубина летнего протаивания возрастет на 20–30%. Это может вызвать многочисленные деформации сооружений — нефте- и газопроводов, гидроэлектростанций, городов и поселков, автомобильных и железных дорог, аэродромов и портов. В целом это скажется на долговечности зданий — к 2015 г. срок их эксплуатации без ремонта сократится вдвое. По имеющимся оценкам, более четверти жилых пятиэтажных зданий, построенных в 1950–1970-х годах в Якутске, Воркуте и Тикси, могут стать непригодными к эксплуатации уже в ближайшие 10–20 лет. Позднее их доля (например, в Воркуте) вырастет до 80%¹.

Экологическое загрязнение российской Арктики началось еще в 1970-х годах, со времени освоения Северного морского пути, когда порты стали служить базой освоения региона. Негативное влияние на экологию оказали испытания ядерного оружия на архипелаге Новая Земля, сибирские химические комбинаты, деятельность Северного флота ВМФ России, ледокольного флота Мурманского морского пароходства.

В отличие, например, от Канады, где природные ресурсы северных регионов изначально осваивались вахтовым методом, СССР принял стратегию заселения ресурсных районов на постоянной основе. Помимо выжженных пятен вокруг городов и комбинатов, российский Арктический сектор сильно пострадал от загрязнения мусором, образовавшимся в результате работы научных и геологических миссий и военных объектов. В условиях низких температур местная природа не в состоянии его переработать даже за сотни лет.

В этом отношении особенно пострадали Баренцево и Карское моря, на дне которых находятся огромные «запасы» токсичных и радиоактивных отходов. Их утилизация представляет собой проблему, решение которой может растянуться на многие годы.

Пореформенный период экономики России серьезно повлиял на инфраструктурный потенциал арктических регионов. Арктической зоне совершенно необходима модернизация на основе новейших технологий. Продолжающаяся интенсивная эксплуатация инфраструктуры приарктических регионов без какой-либо модернизации привела к дальнейшему ухудшению экологической ситуации. Многие острова и порты превращены в масштабные свалки мусора и отходов хозяйственной деятельности. Для решения этой задачи требуется скоординированная общегосударственная про-

грамма, в рамках которой государство и частный бизнес объединяют свои усилия в форме государственно-частного партнерства.

Сегодня в Арктическом регионе производится продукция, обеспечивающая около 11% национального дохода России (при доле проживающего здесь населения в 1%) и составляющая до 22% объема общероссийского экспорта. В регионе создана многопрофильная производственная и социальная инфраструктура преимущественно сырьевых отраслей экономики, а также военно-промышленного и транспортного (Северный морской путь — СМП) комплексов.

Большинство видов профильной продукции Севера безальтернативно с точки зрения возможного производства в других регионах страны или закупки по импорту. Фактически ни одна отрасль экономики и социальной сферы России не может функционировать без топливно-энергетических и других ресурсов, добываемых и производимых в северных регионах. В то же время освоение месторождений Арктики ставит множество проблем и требует значительных инвестиций. Кроме того, требуются новые технологии добычи и транспортировки, гарантирующие сохранение окружающей среды Заполярья.

В российской зоне Арктики выделяют 27 районов (11 — на суше, 16 — в морях и прибрежной зоне), получивших наименование «импактных». Четыре главных очага напряженности — это Мурманская область (10% суммарного выброса загрязняющих веществ), Норильский регион (более 30%), районы освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири (более 30%) и Архангельская область (высокая степень загрязнения специфическими веществами).

В указанных регионах негативные экологические процессы уже привели к сильнейшей трансформации естественного геохимического фона, загрязнению атмосферы, деградации растительного покрова, почвы и грунтов, внедрению вредных веществ в цепи питания, повышенной заболеваемости населения².

Крайне острой для Арктической зоны является проблема утилизации промышленных отходов, которые в огромном количестве скапливаются вокруг промышленных предприятий. Так, только ОАО «Апатит» ежегодно складировает около 30 млн т отходов. Всего же в хранилищах этого предприятия скопилось около 400 млн т отходов³.

Значительные риски таит в себе и предстоящее освоение арктического шельфа, располагающего колоссальным энергетическим потенциалом (табл. 1).

Таблица 1

Экологические риски, связанные с добычей углеводородных ресурсов на шельфе Арктики

Вид деятельности / Экологический риск	Возможные последствия
Бурение скважин	Выброс загрязняющих веществ в атмосферу и морскую среду, сброс пластовых вод
Аварийные разливы нефти	Залповые выбросы жидких и газообразных углеводородов из скважины в процессе бурения
Сжигание нефтяного попутного газа (НПГ)	Образование на морской поверхности тонких неустойчивых пленок вокруг платформ
Выбросы парниковых газов	Изменение климата посредством выброса большого количества таких парниковых газов, как CO_2 и CH_4 , а также NO_x
Выбросы nmVOCs (летучие органические углероды неметанового ряда) в результате испарения сырой нефти при ее хранении или перегрузке на терминалы	Повышение концентрации озона в приземном слое может нанести вред здоровью людей, растительности, строениям
Длительная эксплуатация месторождений	Существенное повышение уровня сейсмологической опасности региона в связи с проседанием пород на огромных территориях
Танкерная транспортировка углеводородов	Разливы при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и бункеровочных операций, при аварийных ситуациях
Транспортировка по трубопроводной системе	Разливы из-за аварийных ситуаций
Аварийность на морских платформах	Экологическая катастрофа, связанная с человеческими жертвами, загрязнением морской акватории, уничтожением морской и прибрежной флоры и фауны

Даже незначительная утечка добываемых углеводородов, особенно на шельфе, большую часть года покрытом льдами значительной толщины, приведет к непоправимому экологическому ущербу, а также потребует колоссальных штрафных выплат. Так, в 1989 г. на Аляске крушение танкера «*Exxon Valdez*», заполненного нефтью, привело к одной из крупнейших в истории экологических катастроф на море. В результате разлива произошло резкое умень-

шение популяций рыб, в том числе горбуши, а на восстановление некоторых ареалов чувствительной природы Арктики потребуется не менее тридцати лет. Суд обязал компанию *Exxon* выплатить компенсацию в размере 4,5 млрд долл.

Отличительной особенностью аварий на морских объектах является скоротечность развития аварийных процессов, связанных с выбросом углеводородов и их горением в условиях плотного размещения оборудования.

В мировой истории освоения континентального шельфа (в том числе и в северных морях) зафиксирован ряд аварий с катастрофическими последствиями, которые возникли вследствие недостаточного внимания к мерам по выявлению и смягчению угроз безопасности.

Ниже приведены наиболее крупные аварии, произошедшие на буровых судах и платформах различного типа (полупогружных, погружных, передвижных, стационарных) за период 1979–2005 гг. (табл. 2⁴).

Таблица 2

Наиболее крупные аварии на морских буровых судах и платформах в 1979–2005 гг.

Дата и место	Вид аварии	Краткое описание аварии и основные причины	Число пострадавших, ущерб
25.11.1979 Желтое море	Затопление платформы	Во время буксировки в открытом море буровая платформа попала в шторм (10 баллов), в результате затопления насосного помещения перевернулась и затонула	Погибло 72 чел., ущерб — стоимость платформы
02.10.1980 Красное море	Неконтролируемый выброс нефти	Во время бурения на платформе « <i>Ron Tarrtauer</i> » произошел неконтролируемый нефтяной выброс с последующим взрывом. Выброс в море нефти (~150 тыс. т) и мешков с сыпучими реагентами	Погибло 19 чел., экологический ущерб — до 800 тыс. долл.
15.02.1982 Побережье Канады	Затопление платформы	В штормовых условиях опрокинулась и затонула самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) « <i>Ocean Ranger</i> ». Причины — недостатки конструкции, неподготовленность и неправильные действия экипажа, недостаточное количество спасательных средств	Погибло 84 чел., ущерб — стоимость платформы

Дата и место	Вид аварии	Краткое описание аварии и основные причины	Число пострадавших, ущерб
27.03.1983 Северное море	Разрушение платформы, пожар, взрыв	В штормовых условиях произошло разрушение опор платформы « <i>Alexander Kielland</i> » с последующим взрывом и пожаром. Причина гибели персонала — повреждение спасательных средств	Погибло 123 чел., ущерб — стоимость платформы
25.10.1983 Китайское море	Затопление платформы	Во время прохождения тропического тайфуна буровое судно « <i>Glomar Java Sea</i> » сорвало с якорей и перевернуло, вследствие чего оно затонуло	Погиб 81 чел., ущерб — стоимость платформы
06.07.1988 Северное море	Взрыв, пожар, разрушение платформы	При эксплуатации газового месторождения на производственной палубе платформы « <i>Piper Alpha</i> » произошел ряд взрывов, возник пожар, в результате платформа разрушилась	Погибло 164 чел., ущерб — стоимость платформы
15.03.2001 Атлантический океан, побережье Бразилии	Взрыв, разрушение платформы	В результате серии мощных взрывов произошло повреждение одного из понтонов основания нефтедобывающей платформы компании « <i>Petrobras</i> ». Платформа затонула. В океан попало 125 тыс. т нефти	Погибло 10 чел.
27.07.2005 Индийский океан	Столкновение с судном, пожар и разрушение платформы	Прибойная волна ударила в стоявшее рядом с платформой вспомогательное судно, в результате чего оно врезалось в конструкцию платформы	Погибло 49 чел.
22.04.2010 Мексиканский залив	Взрыв и пожар на платформе	Управляемая компанией <i>British Petroleum</i> платформа « <i>Deepwater Horizon</i> » затонула у побережья штата Луизиана. Масштабная экологическая катастрофа, ущерб штатам Луизиана, Алабама, Миссисипи	Ущерб — около 40 млрд долл.

Очевидно, что возникновение подобных инцидентов в Арктической зоне может привести к непоправимым последствиям в силу удаленности мест проведения работ и чувствительности экосистемы региона.

Правовые основы международного сотрудничества в Арктике

Арктику необходимо исследовать как важную составляющую глобальной климатической системы, связанную с другими ее элементами — переносами тепла, влаги, соли и воды за счет циркуляции атмосферы и океана. Многие проблемы Арктики имеют циркумполярный характер, и в их решении большую роль должна играть международная кооперация. Это направление сотрудничества начало интенсивно развиваться с начала 1990-х годов.

В 1989 г. Финляндия, Канада, Дания (Гренландия), Исландия, Норвегия, Швеция, СССР и США начали совместную работу по охране окружающей среды в этом регионе. В июне 1991 г. в г. Рованиеми (Финляндия) состоялась встреча министров окружающей среды восьми стран, на которой была подписана Декларация по охране окружающей среды в Арктике (*Rovaniemi Declaration*) и одобрена Стратегия охраны окружающей среды в Арктике (*Arctic Environment Prevention Strategy, AEPS*). Основная цель Стратегии — выявление, ограничение и, в конечном счете, запрещение загрязнения региона.

Международные организации, участвующие в арктической политике, весьма многочисленны и разнородны по своим функциям, полномочиям и характеру деятельности. Наиболее влиятельны четыре организации — Арктический совет (АС), Совет Баренцева/Евроарктического региона (СБЕР), Европейский союз и НАТО⁵.

Арктический совет (*Arctic Council*) был создан в сентябре 1996 г. в Оттаве (Канада). Главное его внимание сосредоточено на охране окружающей среды Арктики, обеспечении устойчивого развития как средства улучшения экономического, социального и культурного благосостояния народов Севера. Совет собирается на министерском уровне ежегодно.

По мнению экспертов, формат международных организаций создает для России серьезные возможности в плане развития кооперации в Арктике: от экологии до взаимодействия в поисково-спасательных операциях. Единственным исключением можно

считать НАТО, чье внимание формально сосредоточено на экологических последствиях глобального потепления климата и человеческой деятельности в Арктике, риске возникновения экологических и техногенных катастроф. Наряду с этим очевидно, что один из важнейших приоритетов присутствия НАТО в Арктике — борьба за энергоресурсы в глобальном масштабе.

Наиболее благоприятные перспективы для сотрудничества связаны с Арктическим советом. Для России в качестве международного института полезен также СБЕР, который способствует улучшению многостороннего сотрудничества и развитию российской Арктической зоны.

Формы международной кооперации в сфере обеспечения природоохранной безопасности

Одним из примеров практического международного сотрудничества в Арктической зоне можно назвать трансграничные учения «Баренц Рескью», которые проводятся раз в два года по инициативе СБЕР поочередно в каждом из четырех государств Баренцева региона.

Первые учения состоялись в 2001 г. в Швеции. Тогда силы четырех стран отрабатывали навыки устранения аварии на атомной станции. В 2005 и 2007 гг. учения прошли поочередно в Норвегии и в Финляндии. В 2009 г. за три дня учений, проводившихся на этот раз в Мурманской области, спасатели отработали пять различных сценариев, в том числе действия в условиях радиоактивного заражения окружающей среды и разлива нефтепродуктов. В сентябре 2011 г. крупномасштабные международные учения спасательных служб «Баренц Рескью» вновь состоялись на территории Швеции с участием более 2 тыс. спасателей.

Еще одним примером международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и безопасности в Арктике является создание Центра навигационных исследований в г. Варде (Норвегия), где уже имеется Центр мониторинга судоходства по Северной Норвегии. Центр мониторинга судоходства береговой администрации отвечает за отслеживание и проводку морских судов у побережья Северной Норвегии. Он играет ключевую роль в российско-норвежском сотрудничестве по вопросам безопасности мореплавания и разработки сценариев борьбы с нефтяными разливами. Между двумя странами заключено соглашение о фор-

мировании совместной информационной системы управления движением судов «*Barents VTMIS*».

В 2000-х годах в Мурманской области вела свою деятельность рабочая группа по гуманитарным аспектам проблем радиэкологической безопасности, утилизации атомных подводных лодок, обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. Данная группа была создана на основе опыта работы по контракту, который был заключен между Шведским международным проектом по ядерной безопасности (*SIP*, сегодня Шведский инспекторат по ядерной безопасности — *SKI-ICP*), правительством Мурманской области и федеральным государственным унитарным предприятием «СевРАО» по проекту поддержки Программы связей с общественностью по проблемам губы Андреева.

В рамках данного проекта были проведены несколько совместных акций — съемка фильмов о проблемах реабилитации объекта «СевРАО» в губе Андреева, социологическое исследование с последующей разработкой программы работы с общественностью по этой проблематике, семинары.

Важным шагом в повышении уровня экологической безопасности в Арктике стало создание информационного центра на атомном ледоколе «Ленин» в Мурманске. Центр получает информацию обо всех радиационных объектах на территории Мурманской области и занимается распространением сведений о радиационной обстановке в регионе. Создавался центр с участием голландских специалистов. В 2006 г. Евросоюз выделил на создание центра 1 млн 300 тыс. евро.

Одним из инструментов международного сотрудничества в Арктике, направленным на повышение уровня экологической безопасности, может стать эффективная система управления морским природопользованием. В настоящее время формирование такой системы рассматривается в качестве важнейшей предпосылки успешного развития любой страны, имеющей береговую линию.

Шельфовые моря, будучи природными образованиями, организованы системно. Если говорить о хозяйственной деятельности, осуществляемой в их пределах, то отдельные отрасли (транспорт, рыболовство, нефтегазодобыча и др.) сейчас не образуют единую системную общность. Их совокупность (набор связей и взаимоотношений) пока не имеет такого характера взаимодействия, которое было бы направлено на получение интегрального фокусированного полезного результата. Другими словами, комплексность мор-

ской хозяйственной деятельности в Арктике — это еще не результат, а лишь процесс в освоении морских пространств и ресурсов. Не случайно существуют понятия рыбохозяйственного комплекса, судоремонтного комплекса, нефтегазового комплекса и т.д.

Методология комплексного управления требует разработки единой стратегии и программы действий для всех отраслей (природопользователей). Экологические принципы выступают при этом основным критерием оценки такой деятельности.

Концепция комплексного управления морским природопользованием, отличающая его от обычной управленческой деятельности, основана на управлении всего и вся, кто или что имеет отношение к данной морской экосистеме и к прибрежной зоне. При этом интегральное морское природопользование должно предусматривать каналы обратной связи и механизмы опережающего воздействия для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду с целью наиболее эффективного обеспечения деятельности различных природопользователей в Арктике. Наиболее полно идеи рационального комплексного природопользования нашли свое отражение в трудах академика Г. Матишова⁶.

Ниже представлена принципиальная схема комплексного интегрированного управления природопользованием.



Принципиальная схема комплексного интегрированного управления природопользованием

Комплексное управление подразумевает воздействие не на процессы, происходящие в природе, а на человеческую деятельность, которая должна быть организована таким образом, чтобы находиться в гармонии с природой.

* * *

Важно понимать, что планируемое расширение поиска и добычи углеводородного сырья, усиление военного присутствия в Арктике повлекут за собой усиление давления на арктические экосистемы. При отсутствии эффективных механизмов борьбы за экологическую чистоту это может еще больше обострить экологические проблемы, особенно на континентальном шельфе Баренцева, Печорского и Карского морей. Серьезность экологических проблем требует от государства повышения должного внимания к их решению.

Успешное решение задачи комплексного природопользования позволит на долгие годы сохранить хрупкую экосистему Арктики, которая призвана стать гарантом энергетической безопасности для человечества на многие десятилетия.

Очевидно, что решение данного вопроса невозможно без эффективной международной кооперации и всемерной консолидации политических и экономических ресурсов.

Справочная информация

В настоящее время действует ряд международно-правовых документов, касающихся добычи нефти и газа в море, в том числе:

- международная Конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения моря нефтью (1969 г.);
- международная Конвенция о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью (1971 г.);
- Протоколы об изменении международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения моря нефтью 1969 г. и об изменении международной конвенции о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью 1971 г. (1992 г.);
- Лондонская конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (1972 г.);
- Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов МАРПОЛ 73/78;
- Конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью в результате разведки и разработки минеральных ресурсов морского дна (1976 г.);

- Конвенция ООН по морскому праву (1982 г.);
- Международная конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству (1990 г.).

Примечания

¹ *Кокорин А. О., Сафонов Г. В.* Что будет после Киотского протокола? Международное соглашение об ограничении выбросов парниковых газов после 2012 г. М.: ЛЛЛ/Р России, СОР, 2007. С. 24.

² *Моргунов Б. А.* Методология учета экологического фактора в процессе выработки стратегии устойчивого развития арктической зоны России. Автореф. дис. ... д-ра географ. наук. СПб., 2006.

³ *Бекетов Н. В.* Экологизация инвестиционной политики в Арктике // Проблемы современной экономики. 2002. № 1 (5).

⁴ *Лисанов М.* и др. Аварийность на морских нефтегазовых объектах // Oil & Gas. 2010. № 5 (39). С. 50.

⁵ *Коньшев В. Н., Сергунин А. А.* Международные организации и сотрудничество в Арктике // Вестник международных организаций. 2011. № 3 (34).

⁶ *Матишов Г. Г., Никитин Б. А., Сочнев О. Я.* Экологическая безопасность и мониторинг при освоении месторождений углеводородов на арктическом шельфе. М.: Газоил пресс, 2001.