

ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИКЕ

канд. физ.-мат. наук Д.В.КОВАЛЕВСКИЙ^{1,2,3}, д-р геогр. наук Г.В.АЛЕКСЕЕВ⁴,
канд. физ.-мат. наук Л.П.БОБЫЛЕВ^{1,3}, канд. физ.-мат. наук А.И.ДАНИЛОВ⁴

¹ – Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена (Фонд «Нансен-центр»), Санкт-Петербург, e-mail: dmitry.kovalevsky@niersc.spb.ru, leonid.bobylev@niersc.spb.ru

² – Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

³ – Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена (NERSC), Берген, Норвегия

⁴ – ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: alexgv@aari.ru, aid@aari.ru

Обсуждаются последствия ожидаемых изменений климата для ряда видов хозяйственной деятельности в Арктике (морские перевозки, добыча нефти и газа на арктическом шельфе, рыболовство). Обосновывается необходимость широкого применения сценарного подхода для оценки возможного влияния изменений климата на социально-экономическую сферу в Арктике.

Ключевые слова: изменения климата, Арктика, морской лед, Северный морской путь, морские перевозки, рыболовство, добыча нефти и газа, континентальный шельф.

ВВЕДЕНИЕ

Наблюдаемые в настоящее время изменения глобального климата протекают с наибольшей интенсивностью в арктическом регионе [Arctic Climate Impact Assessment, 2004]. Наиболее ярким региональным откликом на развивающиеся процессы глобального потепления является сокращение протяженности и толщины арктических морских льдов. В свою очередь, изменение ледовых условий в Северном Ледовитом океане может оказать сильное влияние как на окружающую среду (в первую очередь, на морские экосистемы), так и на хозяйственную деятельность в регионе [Катцов, Порфирьев, 2011; Фролов и др., 2008; Arctic Marine Shipping Assessment, 2009; Bobylev et al. eds., 2003].

Общепризнанно, что Арктика характеризуется крайней уязвимостью к происходящим в настоящее время и ожидаемым в будущем изменениям климата. Авторы четвертого оценочного доклада МГЭИК, в согласии с принятой в докладе методологией сопоставления вероятностей (в качественной градации) на основании экспертных оценок, заключают: «В арктическом регионе (с высокой степенью вероятности) происходящие перемены будут иметь серьезные социальные и экономические последствия» [Anisimov et al., 2007]. При этом, ввиду разнообразия природно-климатических и социально-экономических условий, ожидаемые экономические последствия (как положительные, так и отрицательные) будут существенно различаться в разных регионах Арктики [Arctic Climate Impact Assessment, 2004].

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И МОРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ

Ожидается, что сокращение летних морских льдов улучшит условия для судоходства на Северном морском пути (СМП), а также в Северо-Западном проходе (СЗП). И в России, и за рубежом оживление транзита по Северному морскому пути считают вполне реальным, особенно в ожидании дальнейшего изменения климата [Селин, Васильев, 2011; Тулупов, 2012].

Один из ключевых выводов фундаментального отчета The Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) [ACIA, 2004] заключается в том, что «... весьма вероятно, что сокращение морского льда интенсифицирует морские перевозки и увеличит доступ к ресурсам». Последующий отчет [Arctic Marine Shipping Assessment (AMSA), 2009], подготовленный в развитие предыдущего, уточняет: «Весьма вероятно, что будет иметь место более открытый морской доступ в Арктику и более продолжительные сезоны навигации, – за исключением, возможно, зимнего периода, – но при этом не обязательно менее сложные ледовые условия для морских операций».

Климатические модели уверенно предсказывают увеличение продолжительности навигации на СМП к концу XXI в., однако аналогичные выводы относительно СЗП являются более спорными: действительно, как утверждают авторы AMSA, глобальные климатические модели неадекватно рассчитывают ледовые условия в регионе СЗП в силу сложной географии Канадского Арктического архипелага и грубости пространственного разрешения существующих моделей.

Авторы работ [Хон, Мохов, 2010; Khon et al., 2010], сопоставляя воспроизводимую климатическими моделями протяженность арктического морского льда в 1979–2007 гг. с данными спутниковых наблюдений за тот же период, отбирают пять «наилучших» моделей и строят средние по полученному ансамблю проекции продолжительности навигации на СМП в 2080–2099 гг. Результирующая оценка (134 ± 38 дней) находится в хорошем согласии с оценками официального доклада Climate Change Risk Assessment (CCRA) [Pinnegar et al., 2012], опубликованного в Великобритании в 2012 г.

В настоящее время широко обсуждается вопрос о перспективности СМП как альтернативного морского маршрута, связывающего Европу и Азию, в сравнении с традиционными маршрутами через Суэцкий и Панамский каналы. Так, в работе [Liu, Kronbak, 2010] оцениваются затраты на контейнерные перевозки по СМП и через Суэцкий канал в зависимости от сценариев ожидаемого улучшения условий навигации на СМП, режима регулирования перевозок на СМП и т.д. Экономические расчеты велись для следующей альтернативы: 1) судно ледового класса совершает рейсы через Суэцкий канал в течение всего года; 2) судно ледового класса совершает рейсы по СМП в сезон навигации и через Суэцкий канал – в остальное время года. В ходе расчетов было выявлено, что, помимо ожидаемого улучшения навигационной обстановки на СМП, двумя другими важнейшими факторами, определяющими преимущества того или иного маршрута, являются ледокольный сбор на СМП и бункерные цены. В частности, было показано, что при сокращении ледокольного сбора на 50 % СМП становится прибыльным при длительности навигационного сезона 3–6 месяцев и низких бункерных ценах, однако не может конкурировать с Суэцким каналом. При сокращении ледокольного сбора на 85 % и низких бункерных ценах оба маршрута становятся в равной степени привлекательными при длительности навигационного сезона 3 месяца; при более продолжительном сезоне навигации транзит по СМП становится более выгодным. Наконец, при полном отсутствии ледокольного сбора СМП становится конкурентоспособным во всех сценариях.

Авторы работы [Verny, Grigentin, 2009] на основании выполненных ими модельных расчетов относительных затрат на контейнерные перевозки между Шанхаем и Гамбургом по различным маршрутам в климатических условиях современной эпохи приходят к более консервативным оценкам: согласно их результатам, маршрут через Суэцкий канал остается существенно менее затратным, однако СМП в качестве «второго наилучшего» (по терминологии современной экономической теории) уже сегодня может быть примерно эквивалентным Транссибирской магистрали.

Как отмечается в работе [Но, 2010], помимо ожидаемого вследствие глобального потепления улучшения ледовой обстановки, для достижения большей коммерческой привлекательности СМП необходимы существенные инвестиции в региональную инфраструктуру, а также серьезные усилия международного сообщества по обеспечению мер, необходимых для безопасных транзитных перевозок и минимизации возможного отрицательного влияния на уязвимую арктическую окружающую среду.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Одной из наиболее важных причин, обуславливающей непрерывно возрастающий интерес к Арктике как арктических, так и неарктических стран, является наличие в регионе огромных запасов нефти, природного газа и минеральных ресурсов [Huebert et al., 2012]. Согласно оценкам Геологической службы США (the United States Geological Survey), опубликованным в 2008 г., за полярным кругом находится порядка 412,2 млрд барр. неоткрытых возможных запасов нефти и нефтяного эквивалента, что составляет около 25 % мировых запасов углеводородов. Около 2/3 этих запасов (46 трлн м³) составляет природный газ (порядка 30 % мировых неоткрытых запасов газа). Потенциальные запасы нефти Арктики составляют 90 млрд барр. (13 % мировых неоткрытых запасов нефти). В арктической зоне в настоящее время сосредоточено 90 % всех извлекаемых ресурсов углеводородов России [Кашин, 2008; Павленко, Глухарева, 2010; Arctic Opening: Opportunity and Risk at the High North, 2012].

Для Российской Федерации необходимость освоения запасов нефти и газа арктического региона обусловлена прежде всего сокращением запасов углеводородов в других регионах. Различные экспертные оценки запасов нефти в России лежат в пределах 60–120 млрд барр., тяготея к нижнему пределу диапазона [Kjærstgad, Johnsson, 2009]. Крупнейшие месторождения нефти в России, по мнению экспертов, уже миновали период пиковой добычи и находятся в стадии затухания. В силу этого в самом ближайшем будущем спад (или, в лучшем случае, стагнация – при условии разработки новых месторождений) в секторе добычи нефти представляется неизбежным [Селин, Башмакова, 2010; Benedictow et al., 2010; Konończuk, 2012].

Разработка нефтяных и газовых месторождений на российском арктическом шельфе открывает большие перспективы. Прогноз ВНИГРИ, сделанный в 2004 г., оценивает добычный потенциал арктических морей к 2020 г. следующим образом: по нефти – 23–40 млн. т (главным образом, за счет ресурсов Печорского моря), по газу – около 150 млрд м³ (за счет ресурсов Баренцева и Карского морей). Суммарный же объем углеводородов, извлеченных за период 2006–2020 гг. этот же прогноз оценивает в 180–275 млн т по нефти и 890 млрд м³ по газу [Назаров, Калист, 2011].

Важнейшие факторы, лимитирующие техническую доступность углеводородных ресурсов на акваториях арктических морей, – это глубина моря и природно-климатические условия (в первую очередь – ледовая обстановка). Если поиски и разведка морских ме-

сторождений нефти и газа в настоящее время могут успешно проводиться практически в любых природно-климатических условиях шельфа, то для разработки значительной части месторождений углеводородов арктических морей в условиях более чем метровых по толщине, подвижных льдов технических средств пока не существует [Назаров, Калист, 2011]. Существенно осложнить условия добычи нефти и газа на шельфе может и опасность, обусловленная айсбергами [Наумов и др., 2003; Селин, Васильев, 2011].

Наиболее очевидным ожидаемым последствием сокращения протяженности морских льдов для нефтегазовой отрасли в Арктике является более легкий доступ как к морским портам и береговой инфраструктуре, так и к перспективным участкам шельфа, что расширит возможности добычи нефти и газа. Однако ожидаются и последствия другой направленности, которые могут в перспективе оказать тормозящее воздействие на развитие данного сектора арктической экономики. Так, в соответствии с вышесказанным, сезон навигации удлинится, в том числе и для танкеров, но изменения в пространственном распределении льдов способны создать новые проблемы [Arctic Oil and Gas, 2007]. На свободной ото льдов морской поверхности будет развиваться более сильное волнение. В связи с этим ожидается усиление береговой эрозии. Береговые сооружения и конструкции на шельфе должны будут проектироваться с учетом усиления волновых нагрузок. Интенсификация образования айсбергов также может представлять дополнительную опасность для танкеров и буровых платформ.

Изменения климата могут оказать на нефтегазовую отрасль и «эффекты второго порядка». Так, климатические изменения поставят под угрозу ряд видов животных, что может повлечь за собой принятие соответствующих природоохранных мер, в том числе затрагивающих функционирование нефтегазовой отрасли. Изменение маршрутов миграции промысловых рыб может изменить географию арктического рыболовства с возможным последующим конфликтом интересов двух ключевых секторов арктической экономики (коммерческого рыболовства и добычи углеводородов).

Каков же будет результирующий знак воздействия ожидаемых изменений климата в Арктике на нефтегазовую отрасль? В целом прогнозируемые изменения регионального климата существенно расширят возможность добычи нефти и газа на арктическом шельфе. Неуклонное истощение невозобновляемых источников энергии в других частях земного шара может привести к развертыванию широкомасштабной добычи углеводородов в Северном Ледовитом океане при условии достаточно высоких цен на нефть на мировых рынках*. Однако этого может и не произойти в силу возможного противодействующего влияния иных глобальных социально-экономических факторов. Вот почему, оценивая перспективы добычи нефти и газа на арктическом шельфе, необходимо применять сценарный подход, рассматривающий региональную проблему в более широком контексте.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РЫБОЛОВСТВО

Суммарный вылов рыбы в Арктике составляет в настоящее время, по одним оценкам, около 5 % мирового улова [Arctic Opening: Opportunity and Risk at the High

* Себестоимость арктической нефти оценивается в \$35–\$100 за барр., в то время как аналогичный показатель для ближневосточной нефти на нижнем пределе может достигать до \$5 за барр. [Arctic Opening: Opportunity and Risk at the High North, 2012].

North, 2012], по другим, – около 10 % [Eskeland, Flottorp, 2006], при этом многие моря Арктики и Субарктики являются наиболее продуктивными регионами в мире [Sakshaug, 2003]. На Берингово море приходится почти 50 % общего вылова США, а для Норвегии продукция рыболовства – вторая по значимости статья экспорта (более 3,0 млрд €) [Селин, Башмакова, 2010].

С расширением площади открытой воды увеличится первичная и вторичная продуктивность морских экосистем, благоприятная для наиболее коммерчески значимых видов рыб в арктических и субарктических морях. В то же время некоторые холодолюбивые виды могут потерять свои традиционные места обитания.

Климатические изменения морской среды могут оказать решающее влияние на миграции промысловых рыб и, как следствие, на географию рыбного промысла [Ковалевский и др., 2012].

Современный уровень исследований не позволяет достоверно определить степень общей негативности/позитивности ожидаемых изменений климата для коммерческого рыболовства в Арктике. Помимо сложности учета многообразия ключевых социально-экономических и политических факторов, влияющих на рыболовство, – в частности, особенностей рыболовной политики, – серьезные затруднения возникают уже на уровне попыток количественного прогнозирования изменений продуктивности промысловых видов и их кормовой базы при повышении температуры океанских вод. Так, для Баренцева моря различные оценки изменения запасов рыбы, обусловлено-го изменениями климата, лежат в диапазоне –25...+25 % [Johannessen, Miles, 2010].

По мнению экспертов МГЭИК, влияние изменений климата на рыболовство в Арктике будет различным в разных регионах – с некоторыми преимуществами для одних и потерями для других промыслов [Anisimov et al., 2007]. Норвежские эксперты в обзорной работе [Eskeland, Flottorp, 2006] делают сходный вывод: «Вероятно, позитивные эффекты для рыболовства в одних районах будут сочетаться с негативными эффектами в тех же или иных районах. Возможно, что суммарный эффект для рыболовства будет отрицательным даже при учете ожидаемой тенденции улучшения условий роста [рыб] в арктических водах».

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ЭКОНОМИКО-КЛИМАТИЧЕСКОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

Специалисты по моделированию глобального и регионального климата достаточно давно осознали плодотворность (и вместе с тем неизбежность) использования сценарных подходов для построения проекций изменений климата. Так, в Четвертом оценочном докладе МГЭИК в качестве входной информации для расчетов по ансамблю климатических моделей использовался пакет сценариев эмиссии парниковых газов в атмосферу SRES. Каждый сценарий данного пакета рассчитывался исходя из определенных представлений о возможной траектории развития мировой экономики, роста населения и экономики в различных регионах. И хотя в Пятом оценочном докладе МГЭИК будет принята иная методология, основанная на концепции «репрезентативных траекторий концентраций [парниковых газов]» (RCPs – Representative Concentration Pathways) [Moss et al., 2010], специалисты уже обсуждают необходимость параллельной разработки «репрезентативных социально-экономических траекторий» (Representative Socioeconomic Pathways).

При переходе от глобального уровня к региональному оценка последствий предстоящих изменений климата для природопользования, хозяйственной деятель-

ности, секторов экономики и здоровья населения становится еще более сложной. Общеизвестно, что современные климатические модели демонстрируют меньшие успехи в воспроизведении регионального климата, нежели глобального; соответственно, и надежность региональных климатических проекций оказывается меньше, чем глобальных. Однако можно с уверенностью сказать, что неопределенность климатических проекций составляет лишь малую часть неопределенности возможной траектории исследуемой региональной экономико-климатической системы. Гораздо большую неопределенность привносит «человеческий фактор», или, более формально, социально-экономический компонент экономико-климатической системы. Поэтому оценка последствий изменений климата на региональном уровне требует еще более широкого использования сценарного подхода.

Некоторые примеры применения сценарного подхода для арктического региона были приведены выше в связи с обсуждениями перспектив транзитных перевозок по СМП. Ярким примером более крупномасштабных сценариев является программная работа [Brigham, 2009], в которой предложены четыре комплексных сценария для Арктики на период до 2040 г., при этом основные «координаты» пространства сценариев следующие: 1) глобальные изменения климата; 2) транспортные системы; 3) развитие ресурсной базы; 4) положение коренных северных народов; 5) деградация региональной окружающей среды; 6) политика Арктического совета (the Arctic Council) и других международных организаций; 7) общая геополитическая ситуация. Разработанные сценарии получили названия «Глобализованный рубеж» (Globalized Frontier), «Адаптивный рубеж» (Adaptive Frontier), «Рубеж – крепостная стена» (Fortress Frontier) и «Рубеж справедливости» (Equitable Frontier). Как оказалось, при общей для всех сценариев тенденции к сокращению протяженности арктических морских льдов, социально-экономические и политические факторы играют столь фундаментальную роль, что могут изменять общую направленность процесса (например, интенсификация/свертывание добычи нефти и газа на шельфе).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подавляющее большинство публикаций по наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата в Арктике подтверждает вывод о том, что глобальное потепление, уже сейчас проявляясь в указанном регионе сильнее, и далее будет развиваться за полярным кругом более интенсивно, чем в более низких широтах. Вместе с тем необходимо дальнейшее совершенствование глобальных и региональных климатических моделей для построения более обоснованных региональных проекций ожидаемых изменений климата в Арктике и, в частности, региональной динамики изменений ледового покрова в арктических морях.

Еще более сложной задачей является оценка последствий предстоящих изменений климата для природопользования, хозяйственной деятельности, секторов экономики и здоровья населения в Арктике. При всей неоспоримой важности климатических изменений, они являются лишь одним из факторов среди множества комплексных причинно-следственных связей в интегрированной системе «климат–окружающая среда–социум–экономика–политика». Поэтому проекции социально-экономических последствий изменения климата в Арктике (как и в любом другом регионе земного шара) должны строиться в контексте междисциплинарных глобальных и региональных сценариев. Попытки количественных оценок последствий климатических изменений для секторов арктической экономики на сегодняшний

день остаются немногочисленными, что открывает широкое поле для исследований на стыке естественных и общественных наук [Østreng, 2010].

Работа выполнена в рамках проекта № 2011-16-420-1-002 «Исследование влияния глобальных изменений климата на процессы в океане и атмосфере Арктики и оценка их последствий для природопользования и окружающей среды» подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан» и проекта № 4/2011 «Морской лед в Арктике: прошлое, настоящее, будущее» (Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена, Берген, Норвегия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу (резюме доклада) // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И.Воейкова. 2011. Вып. 563. С. 7–59.

Кашин В. Арктическая кладовая // Ведомости. 2008. 25 июля. № 137.

Ковалевский Д.В., Алексеев Г.В., Кузьмина С.И. Изменения климата Арктики и их последствия для рыболовства и морских перевозок: Сборн. докл. Международной научно-практической конференции «Стратегические проекты освоения водных ресурсов Сибири и Арктики в XXI веке: концептуальное мышление и идентификация личности», Тюмень, 23.03.2012. Тюмень, 2012. Т. 1. С. 167–170.

Назаров В.И., Калист Л.В. Экономический потенциал углеводородных ресурсов арктического шельфа и проблемы его освоения: Материалы международной конференции «Нефть и газ арктического шельфа – 2004». URL: <http://helion-ltd.ru/eco-pot-13/> [дата обращения: 11.09.2011].

Наумов А.К., Зубакин Г.К., Гудошников Ю.П., Бузин И.В., Скутин А.А. Льды и айсберги в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения // Труды РАО-03. Санкт-Петербург, 16–19.09.2003. СПб., 2003. С. 120–131.

Павленко В.И., Глухарева Е.К. Влияние изменений окружающей среды на экономическое развитие регионов Российской Арктики // Проблемы прогнозирования. 2010. № 2 (интернет-версия). URL: <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=2010/2/05> [дата обращения: 11.09.2011].

Селин В.С., Баймакова Е.П. Значение северных и арктических регионов в новых геоэкономических условиях развития России // Регион: экономика и социология. 2010. № 3. С. 23–29.

Селин В.С., Васильев В.В. Тенденции и риски хозяйственной деятельности в Арктике в условиях долговременных климатических изменений // Арктика и Север. 2011. № 1. С. 125–133.

Тулупов Д. Потенциал Северного морского пути // Российский Совет по международным делам. URL: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=589 [дата обращения 10.09.2012]

Фролов И.Е., Цыбань А.В., Алексеев Г.В., Баринаева С.П., Володкович Ю.Л., Гудкович З.М., Карклин В.П., Лупачев Ю.В., Умбрумянц И.О., Фролов С.В., Щука Т.А., Левич А.П. Северные моря // Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменений климата. М.: Росгидромет, 2008. С. 264–268.

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.

Anisimov O.A., Vaughan D.G., Callaghan T.V., Furgal C., Marchant H., Prowse T.D., Vilhjalsson H., Walsh J.E. Polar regions (Arctic and Antarctic) // Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. P. 653–685.

Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). The Arctic Council, 2004. 1042 p.

- Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report (AMSA). The Arctic Council, April 2009. 187 p.
- Arctic Oil and Gas 2007. AMAP: Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo, 2007. 57 p.
- Arctic Opening: Opportunity and Risk at the High North. Lloyd's, 2012. URL: http://www.lloyds.com/~media/Files/News%20and%20Insight/360%20Risk%20Insight/Arctic_Risk_Report_20120412.pdf [дата обращения: 27.09.2012]
- Benedictow A., Fjærtoft D., Løfsnæs O.* Oil dependency of the Russian economy: An econometric analysis. Statistics Norway, Research Department. Discussion Papers № 617. May 2010. URL: <http://www.ssb.no/publikasjoner/pdf/dp617.pdf> [дата обращения: 16.03.2011].
- Bobylev L.P., Kondratyev K.Ya., Johannessen O.M.* Arctic Environment Variability in the Context of Global Change. Chichester: Springer–Praxis Publishing, 2003. 470 p.
- Brigham L.W.* Thinking about the Arctic's Future: Scenarios for 2040 // *The Futurist*. 2007. Vol. 41. № 5. P. 27–34.
- Eskeland G.S., Flottorp L.S.* Climate change in the Arctic: A discussion of the impact on economic activity // *The Economy of the North*. S. Glomsrød and I. Aslaksen., Eds. Oslo–Kongsvinger: Statistics Norway, 2006. P. 81–94.
- Ho J.* The implications of Arctic sea ice decline on shipping // *Marine Policy*. 2010. Vol. 34. P. 713–715.
- Huebert R., Exner-Pirot H., Lajeunesse A., Gulledege J.* Climate change & international security: The Arctic as a Bellwether. Arlington, Virginia: Center for Climate and Energy Solutions. 2012. URL: <http://www.c2es.org/publications/climate-change-international-arctic-security/> [дата обращения: 12.09.2012]
- Johannessen O.M., Miles M.W.* Critical vulnerabilities of marine and sea ice-based ecosystems in the high Arctic // *Regional Environmental Change*. 2010. DOI 10.1007/s10113-010-0186-5.
- Johannessen O.M., Pettersson L.H.* Arctic climate and shipping // *High North – High Stakes*. Eds: R. Gottemoeller and R. Tamnes. Oslo: Fagbokforlaget, November 2008. P. 95–114.
- Johannessen O.M., Shalina E.V., Miles M.* Satellite evidence for an Arctic sea ice cover in transformation // *Science*. 1999. Vol. 286. P. 1937–1939.
- Khon V.C., Mokhov I.I., Latif M., Semenov V.A., Park W.* Perspectives of Northern Sea Route and Northwest Passage in the twenty-first century // *Climatic Change*. 2010. Vol. 100. P. 757–768.
- Kjärstgad J., Johnsson F.* Resources and future supply of oil // *Energy Policy*. 2009. Vol. 37. P. 441–464.
- Konończuk W.* Russia's best ally: The situation of the Russian oil sector and forecasts for its future. OSW Studies. No. 39 Warsaw, April 2012. URL: http://www.osw.waw.pl/sites/default/files/PRACE_39_en.pdf [дата обращения: 20.08.2012]
- Konończuk W.* The fragile foundations of the Russian oil sector. 11 June 2012. URL: <http://www.europeanenergyreview.eu/site/pagina.php?id=3739&print=1> [дата обращения: 20.08.2012]
- Liu M., Kronbak J.* The potential economic viability of using the Northern Sea Route (NSR) as an alternative route between Asia and Europe // *Journal of Transport Geography*. 2010. Vol. 18. P. 434–444.
- Moss R.H., Edmonds J., Hibbard K., Manning M., Rose S., van Vuuren D.P., Carter T.R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G., Mitchell J., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S., Stouffer R.J., Thomson A., Weyant J., Wilbanks T.* The next generation of scenarios for climate research and assessment // *Nature*. 2010. Vol. 463. P. 747–756.
- Østreg W.* Science without boundaries. Interdisciplinarity in research, society, and politics. Lanham: University Press of America, 2010. 312 p.
- Pinnegar J., Watt T., Kennedy K.* Climate Change Risk Assessment for the Marine and Fisheries Sector // *UK Climate Change Risk Assessment 2012*. DEFRA, UK, 2012. 222 p.
- Sakshaug E.* Primary and secondary production in Arctic seas // *The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean*. R. Stein and R.W. Macdonald, Eds. Berlin: Springer, 2003. P. 57–81.

D.V.KOVALEVSKY, G.V.ALEKSEEV, L.P.BOBYLEV, A.I.DANILOV

IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON CERTAIN ECONOMIC ACTIVITIES IN THE ARCTIC

The impacts of projected climate change on a number of economic activities in the Arctic (shipping, offshore oil and gas industry, fisheries) are discussed. The necessity of broad application of scenario approach to assessment of socioeconomic impacts of Arctic climate change is justified.

Keywords: risk, climate change, the Arctic, sea ice, Northern Sea Route, marine transportation, fisheries, oil and gas industry, continental shelf.