

## К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, ПРОИСХОДЯЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ, В СРЕДНЕСРОЧНОЙ И ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Изменения климата Арктики в начале XXI столетия и их связь с глобальными изменениями привлекают особое внимание. Глобальное потепление, начавшееся в конце 1980-х гг., в Арктике в последние годы значительно усилилось. Площадь морского арктического льда в конце летнего периода, сокращающаяся в течение двух последних десятилетий, в 2012 г. достигла абсолютного минимума. Сохраняется обширная положительная аномалия температуры воды атлантического происхождения в подповерхностном слое Арктического бассейна, сформировавшаяся в начале 1990-х гг. и свидетельствующая о продолжении увеличенного поступления теплой и соленой воды из Северной Атлантики. Наблюдается рост приповерхностной температуры воздуха в большинстве арктических регионов. Летом 2012 г. отмечен ее максимум над областью морской Арктики.

Непосредственная причина усиления глобально потепления в Арктике связана с увеличением направленного в Арктику атмосферного переноса тепла и влаги из низких широт. Увеличение переноса в свою очередь приводит в действие обратные связи в арктической климатической системе. Это рост поглощения тепла от Солнца в результате увеличения пространства открытой воды, рост притока длинноволновой радиации к поверхности вследствие возрастания концентрации водяного пара в атмосфере и др.

Сохранение наблюдаемых в последнее десятилетие темпов сокращения площади морского льда летом может привести к почти полному его исчезновению в конце лета к середине 2030-х гг. Это означает, что морской лед в Арктике может стать сезонным льдом, подобно льду на поверхности неарктических морей. Расчеты на глобальных климатических моделях с учетом антропогенного влияния указывают на дальнейшее развитие потепления вплоть до конца столетия. Хотя однозначного ответа на вопрос, каким будет климат в Арктике в XXI веке, пока нет, ясно, что его изменения влияют на хозяйственную деятельность в регионе, на уклад жизни коренных народов Севера.

Изменения климата могут затронуть интересы многих стран, ведущих активную деятельность в полярных областях Земли. Все это придает особую актуальность мониторингу происходящих изменений в климатической системе Арктики и оценке возможных последствий для природопользования в арктическом регионе России.

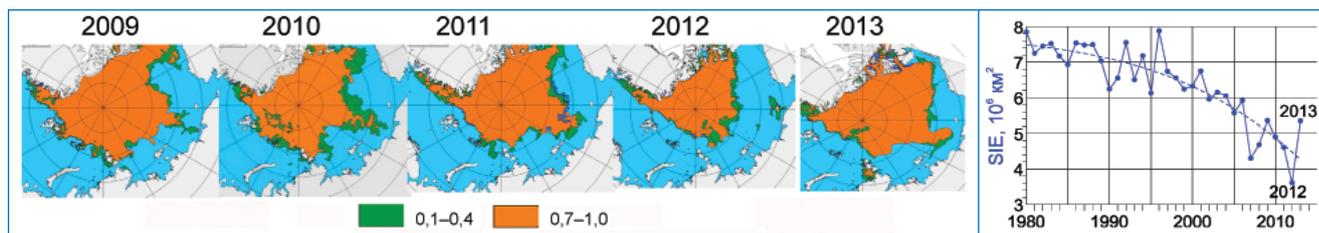
### 1. В среднесрочной перспективе до 2020 г.

#### 1.1. Арктическая морская транспортная система

Продолжительность ледового периода на трассах Северного морского пути (СМП) от пролива Карские Ворота к востоку будет превышать шесть месяцев в году. Тем самым сохранятся основания для полного суверенитета России над СМП в соответствии со статьей 234 Конвенции ООН по морскому праву. Поэтому останется в силе пункт правил об обеспечении безопасности плавания по СМП ледокольным сопровождением, поскольку ледяной покров будет наблюдаться на трассе СМП более шести месяцев в году. Останется и плата за ледокольную проводку судов, так называемый ледовый сбор, который зависит от вместимости и ледового класса судна, расстояния проводки судна и периода навигации. Этот сбор удорожает перевозки по СМП, однако поддерживает необходимое ледокольное обеспечение безопасности плавания. В настоящее время восстанавливаются транзитные перевозки грузов по СМП, которые практически были прекращены в 1990-х гг. Объемы перевозок по трассам СМП в пределах действующих границ за последние 26 лет колебались от максимального в 1987 г. (6,6 млн т) до минимального в 2000 г. (1,6 млн т). В 2011 г. он составил 2,6 млн т. и в этот год по СМП был выполнен 41 транзитный рейс. К 2020 г. объем грузоперевозок по СМП может составить 60–65 млн т в год. Стратегические планы развития арктического судостроения не учитывают возможные в будущем климатические изменения в Арктике и ориентируются на ледовые условия XX – начала XXI века, поскольку рассчитаны на использование судов в высокоширотных районах в зимний период, когда ледовые условия останутся весьма сложными. Тем не менее потепление климата в Арктике, сопровождающееся изменением свойств ледяного покрова, существенно повлияет на тактику плавания, на выбор оптимальных трасс, на продолжительность навигации.

Эти изменения свойств ледяного покрова в Российской Арктике можно кратко суммировать следующим образом:

- средняя толщина ледяного покрова уменьшится, главным образом вследствие практически полного исчезновения двухлетних льдов (в определенной степени за счет некоторого уменьшения толщины однолетнего льда). Однако толщины однолетних льдов локально будут достигать в отдельные годы значений, близких к современным;



Арктический лед в сентябре 2009–2013 гг.: протяженность и сплоченность.

– вследствие незначительного опреснения верхнего слоя океана можно ожидать несущественных изменений прочностных свойств морского льда;

– сохранится, а возможно, и несколько возрастет вследствие усиления ветров вероятность сильных сжатий льда, особенно в прибрежных зонах и ледяных массивах;

– вероятно увеличение торосистости ледяного покрова вследствие усиления ветровой активности. Основные морфометрические параметры торосов и стамух изменятся незначительно;

– сохранится вероятность появления айсбергов в северных частях арктических морей.

Таким образом, в связи с ледяным покровом, наиболее существенными изменениями для плавания по трассам СМП будут изменение пространственного распределения льдов и отступление их все дальше от берегов сибирской Арктики в летний период, а также расширение временных рамок навигационного периода.

## 1.2. Освоение ресурсов арктического шельфа

Разработка нефтяных и газовых месторождений на российском арктическом шельфе имеет большие перспективы. Прогноз, подготовленный во Всероссийском нефтяном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ВНИГРИ) в 2004 г., оценивает добычный потенциал на шельфе 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 м<sup>3</sup> (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 м<sup>3</sup> по газу.

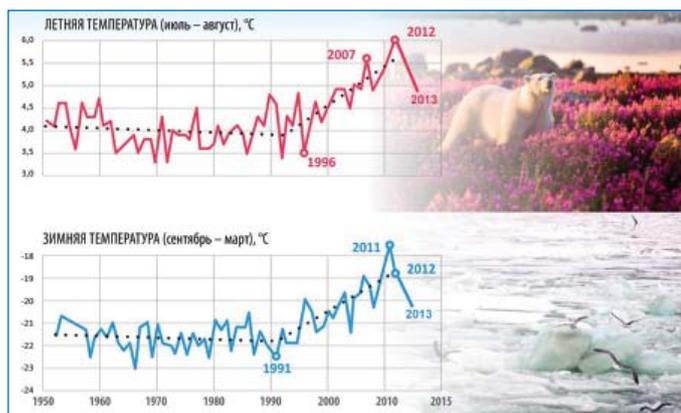
Проекты по освоению арктического шельфа включают надводные и подводные добычные комплексы, отгрузочные терминалы, подводные трубопроводы, терминалы для обслуживания вертолетов, а также прибрежную инфраструктуру (накопители, портовые сооружения и пр.). Сложные природно-климатические

условия арктического шельфа создают высокие природные риски для безопасности морской инфраструктуры, увеличивают стоимость проектов. Это неблагоприятные метеорологические условия: низкие температуры, вероятность сильных ветров, плохая видимость, атмосферное обледенение. Из гидрологических

неблагоприятных условий следует выделить морское волнение, значительные колебания уровня моря вследствие приливов и штормовых нагонов, сильные течения.

Наиболее серьезные риски обусловлены ледовыми явлениями: сильные ледовые сжатия, воздействия льда на сооружения в виде крупных и гигантских ледяных полей и айсбергов, торосов и стамух, навалы льда на берег, ледовая экзарация дна, раннее ледообразование и ряд других явлений. Из инженерно-геологических условий, подверженных климатическим воздействиям, следует выделить многолетнемерзлые грунты и берега, деградация и разрушение которых может создавать дополнительные риски. Параметры окружающей среды, существенные для проектирования и эксплуатации морских сооружений, включаются во Временные локальные технические условия (ВЛТУ) по метеорологии, гидрологии, морскому льду, инженерно-геологическим условиям.

Сценарии будущих климатических изменений в Арктике включают циклические колебания и тренд на потепление климата. Это означает, что при общей вековой тенденции к возрастанию температуры в масштабе последних двух десятилетий возможны замедления ее роста и далее временные понижения температуры. Поэтому наиболее серьезные природные риски для морских сооружений в Арктике в ближайшие два десятилетия будут связаны с ледовыми условиями, что существенно повлияет на экономическую эффективность проектов. Ледовые нагрузки на сооружения зависят от массы воздействующего ледяного образования, его



Изменения летней и зимней температуры воздуха Арктики.



Айсберги – главная угроза для высокоширотных проектов по освоению арктического шельфа в XXI веке.

прочности и скорости движения. Существенна также продолжительность воздействия и возможные мультипликативные воздействия, например сильное волнение при наличии разреженного льда (ледовый шторм). Продолжившееся сокращение доли многолетних, наиболее толстых льдов приведет к доминированию однолетних льдов на российском шельфе, что снизит силы воздействия ледяных полей. Морфометрия торосов и стамух не претерпит существенных изменений. Рост ветровой активности может усилить торосение в локальных и относительно мелководных районах, но не следует ожидать вследствие этого значительных изменений размеров торосов и стамух.

### 2. В долгосрочной перспективе до 2100 г.

#### 2.1. Арктическая морская транспортная система

При переходе от среднесрочной к долгосрочной перспективе оценка последствий предстоящих изменений климата для природопользования, хозяйственной деятельности, секторов экономики и здоровья населения становится еще более сложной, неопределенность увеличивается. Причем неопределенность оценок климата будущего составляет лишь малую часть неопределенности возможной траектории региональной экономической 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.

Сценарный подход для долгосрочных перспектив транзитных перевозок по СМП при общей тенденции к сокращению протяженности арктических морских льдов показывает, что социально-экономические и политические факторы играют столь фундаментальную роль, что могут изменять общую направленность процесса перевозок (например, под влиянием интенсификации или свертывания добычи нефти и газа на шельфе).

Безусловно, дальнейшее потепление климата в Арктике и изменение свойств ледяного покрова повлияет на тактику плавания по СМП, приведет к использованию новых высокоширотных трасс, увеличит продолжительность навигационного периода, будет способствовать, в случае востребованности, круглогодичной навигации на трассах СМП. Очень вероятным в долгосрочной перспективе является полное очищение большей части морской Арктики ото льда в теплый период года. В этой связи представляют интерес оценки зарубежных специалистов, показавшие, 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 вариантах. Некоторые специалисты полагают ожидания развития арктического судоходства слишком оптимистическими и проблематичными в плане получения экономической и коммерческой выгоды, если оно не будет регулярным и круглогодичным. По оценке группы американских и канадских экспертов, к 2050 г. через Арктику будет, возможно, проходить примерно 5 % судов от уровня современного международного судоходства.

#### 2.2 Освоение ресурсов арктического шельфа

Продолжение роста приземной температуры воздуха вплоть до конца столетия скажется на различных компонентах природной среды. Повышение летних температур воды в поверхностном слое и на относительно мелководных участках шельфа глубиной несколько десятков метров повлияет на подводную многолетнюю мерзлоту и, следовательно, на устойчивость нефтегазодобывающих платформ. Сохранится наблюдаемый рост среднего уровня моря, что будет усиливать эффект штормовых нагонов в прибрежных зонах и воздействие моря на берега. Следует также ожидать некоторого увеличения высот ветровых волн различной обеспеченности, что усилит волновые нагрузки на морские и прибрежные сооружения. В то же время сократится время

воздействия льдов на сооружения, что снизит риски возникновения неблагоприятных ситуаций. В среднем облегчится доступ к морским месторождениям российского шельфа, включая высокоширотные районы. Однако повышение уровня моря, рост числа и интенсивности штормов, увеличение продолжительности безледного периода в прибрежной зоне будут способствовать более интенсивному разрушению берегов, сложенных рыхлыми и льдистыми породами, и будут угрожать прибрежной инфраструктуре.



Нефтедобывающая платформа «Приразломная».

В условиях продолжающегося потепления можно рекомендовать проводить более тщательные прогнозные оценки по учету указанных неблагоприятных тенденций при проектировании инфраструктурных объектов и их эксплуатации. Целесообразно включить подобные рекомендации в нормативные документы, регламентирующие подготовку данных о параметрах окружающей среды для проектов по освоению арктического шельфа.

В целом прогнозируемые изменения регионального климата существенно расширяют 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 на арктическом шельфе при условии достаточно высоких цен на нефть на мировых рынках.

*Г.В.Алексеев, А.И.Данилов,  
А.В.Клепиков (ААНИИ)*