

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК 551.46

Овсянников Александр Андреевич

**МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОНДОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ АЙСБЕРГАХ
ПРИ СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ ОСВОЕНИЯ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Специальность: 25.00.08 – океанология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург - 2009

Работа выполнена на кафедре промышленной океанологии и охраны природных вод
Российского государственного гидрометеорологического университета

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор
Карлин Лев Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор
Смирнов Николай Павлович

кандидат географических наук
Данилов Александр Иванович

Ведущая организация: ФГУНПП «Севморгео»

Защита состоится «8» октября 2009 г. в 15 час. на заседании диссертационного
совета Д 212.197.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при
Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196,
Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного
гидрометеорологического университета

Автореферат разослан «8» сентября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук



В.Н. Воробьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Выбор темы диссертации обусловлен актуальностью проблемы повышения эффективности и безопасности освоения ресурсов континентального шельфа России, в том числе за счет информационно-аналитического обеспечения в области опасных природных явлений при разработке государственных стратегических программ и планов практических мероприятий, а также программ и обоснования принятия решений нефтегазовыми компаниями на стадии стратегического планирования. Тема диссертации тесно связана с плановыми НИР, выполняемыми в Минприроде России. Автор диссертации принимает активное участие в указанных исследованиях с 2003 г.

Достижение максимального эффекта от освоения ресурсов нефтегазовых месторождений Баренцева моря и от вкладываемых бюджетных средств требует системной последовательности в планировании и осуществлении комплекса практических мероприятий, включающих в себя проведение геологоразведочных работ и создание инфраструктуры, обеспечивающей стабильность и безопасность добычи и транспортировки углеводородного сырья морских месторождений недропользователями. Информационно-аналитическое обеспечение об опасных природных явлениях, в том числе об айсбергах, является важнейшим элементом планирования. Основными источниками информации об айсбергах могут быть специально проводимые изыскания, а также фондовая информация. С учетом высоких затрат, требуемой продолжительностью наблюдений, а также эпизодичностью появления айсбергов на акваториях морских месторождений, приоритетным источником информации при стратегическом планировании являются фондовые материалы. Однако обоснованный в научном и методическом отношении порядок сбора, обработки и использования фондовой информации об айсбергах в Баренцевом море в целях стратегического планирования освоения нефтегазовых месторождений в настоящее время отсутствует.

Цель работы - разработка метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений российского сектора Баренцева моря.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие **задачи**:

- 1) анализ перспективы освоения морских нефтегазовых месторождений на российском шельфе в целом и в Баренцевом море в частности;
- 2) комплексный анализ существующих представлений об айсберговых рисках для добывающих комплексов (ДК) в Баренцевом море, включая сбор и анализ фондовых данных по наблюдениям за айсбергами в Баренцевом море;

- 3) разработка метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений российского сектора Баренцева моря;
- 4) верификация исходной базы данных и результатов исследований;
- 5) разработка рекомендаций по применению разработанного метода.

Методы исследования. В ходе выполнения исследований автором используются базовые знания в области океанологии, гидрометеорологии, гляциологии, в том числе и в региональном аспекте. Автором выполнен комплексный анализ фондовых материалов, посвященных описанию географических факторов, потенциально определяющих пространственно-временную структуру айсберговой опасности для ДК в Баренцевом море.

Характер изучаемого явления и анализируемых натуральных данных обуславливает применяемые методы научных исследований: моделирование движений айсбергов, теория случайных функций и полей, ГИС-технологии и т.п.

Объектом айсберговых рисков является сложная техническая система, что требует применения базовых принципов комплексной безопасности технических объектов. Выработка экономически обоснованных рекомендаций по управлению айсберговыми рисками для ДК в Баренцевом море требует применения положений риск-менеджмента, в том числе и методов управления экологическими и экологическими рисками.

Натурные данные. В работе использована база данных по наблюдениям за айсбергами в центральной части Баренцева моря, предоставленная Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом (АНИИ). Также использованы опубликованные материалы исследований по наблюдениям за айсбергами в Баренцевом море.

На защиту выносятся:

1. Метод использования фондовой океанологической информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений российского сектора Баренцева моря.
2. Результаты исследований айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря.
3. Рекомендации по применению разработанного метода.

Научная новизна работы. Основные результаты диссертации, обладающие научной новизной, можно сформулировать следующим образом:

1. Впервые разработан метод использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений центральной части Баренцева моря.
2. Выявлена структура айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря во времени и в пространстве.

3. Выявлена структура айсберговой угрозы для добывающих комплексов Штокмановского газоконденсатного месторождения (ДК ШГКМ) в пространственно-временных масштабах.

Практическая значимость работы. Полученные в диссертации научные результаты имеют важное практическое значение для обоснования системы управления айсберговыми рисками на стадии стратегического планирования изучения и освоения нефтегазовых месторождений российского сектора Баренцева моря. Разработаны и внедрены рекомендации по следующим направлениям:

- определение очередности (ранжирование) освоения месторождений с учетом фондовой информации об айсбергах;
- планирование специальных натурных наблюдений за айсбергами при освоении нефтегазовых месторождений в центральной части Баренцева моря;
- выбор варианта противоайсбергового регламента при стратегическом планировании освоения нефтегазового месторождения в центральной части Баренцева моря.

Область исследования диссертации относится к разделу океанологии, в котором рассматриваются научно-методические вопросы, связанные с основами хозяйственной деятельности в Мировом океане, в том числе в областях опасных океанологических процессов в соответствии с п.14 паспорта специальности 25.00.28-океанология.

Реализация результатов работы. Основные результаты работы реализованы и отражены в отчетах по НИР, выполненных по заказу Минприроды России, Росприроднадзора:

- при разработке программы геологического изучения нефтегазоносности и лицензирования недр континентального шельфа РФ на период до 2020 г., одобренной директивой правительства Номер ИС-П9-44 от 1.07.08;
- при разработке концептуальных основ и программы создания подсистемы Комплексной системы безопасности (КСБ) при Минприроды России.

Личный вклад автора. Все основные теоретические и практические результаты диссертации получены автором лично или в соавторстве, о чем имеются соответствующие ссылки. При этом автор **лично** выполнил следующие исследования:

- анализ концептуальных взглядов на перспективы освоения морских нефтегазовых месторождений на российском шельфе в целом и в Баренцевом море в частности;
- комплексный анализ существующих представлений об айсберговых рисках для добывающих комплексов (ДК) в Баренцевом море;
- сбор и анализ фондовых данных по наблюдениям за айсбергами в Баренцевом море;

- разработка, верификация и апробация метода использования фондовой океанологической информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря;
- выявление пространственно-временной структуры айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря;
- разработка рекомендаций по применению метода при стратегическом планировании освоения нефтегазового месторождения в центральной части Баренцева моря.

Апробация работы. Диссертационная работа является итогом научных исследований, выполненных автором в период с 2003 по 2009 г. Основные результаты диссертации доложены на Итоговых научных сессиях Ученого Совета РГГМУ (2004 – 2009 гг.), различных семинарах, коллоквиумах, а также на трех международных конференциях: Международная конференция в рамках III Международного полярного года (12 – 13 ноября 2008 г., С.-Петербург); 7-я Международная научно-практическая конференция «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (28-30 апреля 2009 г., Санкт-Петербург); 5-я Международная конференция «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (7-9 июля 2009 г., Санкт-Петербург).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 4 в соавторстве, в том числе статья в журнале «Океанология», рекомендованном ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 97 наименований, из которых 30 иностранных. Объем работы составляет 145 страниц, включая 9 рисунков и 10 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, сформулирована цель исследования, описаны задачи исследования, дана характеристика применяемым методам исследований.

В первой главе проанализированы перспективы разработки морских нефтегазовых месторождений России.

В 1.1 рассмотрена геологическая изученность и перспективы разработки морских нефтегазовых месторождений России. Показано, что баренцевоморские нефтегазовые месторождения находятся на первом месте по подтвержденным запасам (41,74% от общих запасов) и на втором месте по изученности (после сахалинских). В Баренцевом море располагается самое крупное Штокмановское газоконденсатное месторождение (ШГКМ) с

запасами свыше 3,2 млрд. т нефтяного эквивалента. Отмечено, что задачей государства является обеспечение оптимальных условий для освоения ресурсов. В перечень направлений такого обеспечения обычно включаются:

- геологическое изучение континентального шельфа;
- создание фонда распределяемых лицензионных участков;
- создание основ транспортной инфраструктуры, навигационного обеспечения и обеспечения безопасности морской нефтегазодобычи в целом.

В 1.2 рассмотрены состояние и перспективы проведения лицензионных аукционов по нефтегазовым месторождениям в Баренцевом море. Описано положение лицензионных участков в Баренцевом море, предусмотренных Государственной стратегией изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа Российской Федерации (далее Стратегия) и комплексным планом по ее реализации (далее План) по состоянию на 2005 г.

В 1.3 рассмотрена Комплексная система безопасности (КСБ) как часть Государственной стратегии геологического изучения нефтегазоносности и лицензирования недр континентального шельфа России до 2020 г. Анализ опасных природных явлений, представляющих угрозу для работы добывающих комплексов на перспективных участках, показал, что среди них особое место занимают айсберги. Даже с учетом климатических изменений, известных под названием «потепление Арктики», на фоне уменьшения общей деловитости возможно увеличение числа случаев выхода айсбергов южнее 75° с.ш., где расположены лицензионные участки.

Во второй главе рассмотрено современное состояние проблемы использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря.

В 2.1 приведено краткое описание гидрологического режима Баренцева моря. Оно выполнено с точки зрения влияния гидрологического режима на закономерности распространения айсбергов от мест их генерации к выделенным лицензионным участкам нефтегазовых месторождений Баренцева моря.

В 2.2 излагаются современные представления об айсбергах в Баренцевом море как источнике опасности для добывающих комплексов. Анализ предшествующих исследований айсберговой опасности в Баренцевом море показал следующее:

- источниками образования баренцевоморских айсбергов являются Шпицберген, Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Возможно проникновение айсбергов из Карского моря и Северного Ледовитого океана;
- большая часть собственно баренцевоморских айсбергов разрушается непосредственно у мест образования;

- дрейфующие айсберги редко проникают на юг далее 75° с.ш., южнее которой находятся рассматриваемые месторождения.

До конца восьмидесятых годов прошлого века наблюдения за айсбергами в Баренцевом море не были связаны с задачами освоения морских нефтегазовых месторождений и поэтому не содержали всей необходимой информации (размеры, массы, скорости дрейфа и т.п.).

В период 1987 – 1992 гг. в рамках проекта ICEBASE и программы IDAP (Ice Data Acquisition Program) норвежскими учеными были выполнены специальные исследования по изучению влияния айсбергов на перспективы освоения морских нефтегазовых месторождений в норвежском секторе Баренцева моря. Айсберги изучались у восточного побережья Шпицбергена и у Земли Франца-Иосифа, гораздо севернее районов месторождений. В проведении исследований у Земли Франца-Иосифа участвовали и советские специалисты из ААНИИ. Результаты этих исследований подробно описаны в многочисленных публикациях.

Наблюдения за айсбергами в СССР, а затем и в Российской Федерации ведутся много десятилетий. Накопленные данные включены в базу ААНИИ. Натурные исследования по айсберговой опасности в интересах освоения нефтегазовых месторождений проводились лишь в отношении ШГКМ уже в XXI веке. Они проводились примерно по такой же схеме, что ICEBASE и IDAP. В результате этих целенаправленных исследований в мае 2003 г. значительная группа айсбергов была обнаружена в зоне ШГКМ. Результаты российских исследований изложены в многочисленных публикациях. Наиболее современные публикации обобщающего характера вышли в 2008 г. в журнале «Проблемы Арктики и Антарктики» и в рамках коллективной монографии «Ледовые образования Западной Арктики» под редакцией Г.К. Зубакина (ААНИИ, 2006 г.).

Таким образом, характеристики айсбергов в высоких широтах Баренцева моря можно считать достаточно изученными. Однако закономерности их проникновения на акватории предполагаемых к разработке морских месторождений, особенно в зону ШГКМ, остались не выясненными. Данное обстоятельство негативно сказывается на научно-методическом обеспечении решения задач по стратегическому планированию изучения и освоения месторождений в центральной части Баренцева моря. Оказалось, что все планируемые к освоению месторождения располагаются в центральной части Баренцева моря, южнее 75° с.ш. Поэтому в диссертации айсберговая опасность рассматривается именно в центральной части Баренцева моря, и основное внимание уделяется акваториям южнее 75° с.ш.

В 2.3 рассматривается современное состояние айсбергового менеджмента при разработке морских нефтегазовых месторождений. Сделан вывод о том, что система

айсбергового менеджмента при разработке морских нефтегазовых месторождений Баренцева моря находится в стадии начальных исследований и характеризуется высокой степенью неопределенности как в вопросах мониторинга айсберговой опасности, так и в вопросах применяемых противоайсберговых регламентов.

В третьей главе излагаются результаты исследований, выполненных автором при разработке метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря.

В 3.1 излагается постановка задачи. Разрабатываемый метод должен учитывать, что объектом исследований является редкое событие, имеющее характер аномалии. С точки зрения управления рисками, связанными с такими событиями, традиционные статистические методы оказываются мало применимыми. Метод должен иметь прогностическое значение. Основным методическим принципом в таком случае является разделение всего интервала времени, на котором существует и отбирается фондовая информация на независимые периоды. Внутри этих периодов фондовая информация используется в принципиально различных режимах: идентификационном и верификационном. В диссертации интервал, на котором отбирается фондовая информация об айсбергах, рассматривается от времени опубликования первых фондовых материалов (1881 г.) по настоящее время, т.е. более 127 лет. Автором были рассмотрены и проанализированы практически все доступные в открытой печати фондовые материалы по айсбергам в Баренцевом море за этот интервал.

Идентификационный период выбирался из условия наличия наиболее полных, максимально сплоченных фондовых данных, пригодных для выполнения идентификационных процедур. Этот период выбран с 1950 по 1990 г. включительно. Основу фондовых материалов на идентификационном периоде составляет база данных ААНИИ, содержащая за указанный период данные фиксаций айсбергов в центральной части Баренцева моря по результатам регулярных авиаразведок. Она дополняется научными публикациями и открытыми отчетами по НИР, относящимися к этому периоду. Данные фондовых источников, приходящиеся на другие временные периоды, использованы в диссертации для верификации результатов исследований.

В 3.2 излагаются результаты разработки метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря. Автором введен в рассмотрение фазовый принцип нарастания айсберговой опасности. Предложено считать, что по мере приближения айсберга к ДК степень его опасности скачкообразно изменяется при его вхождении в заранее утвержденные буферные зоны. При попадании айсберга в конкретную буферную зону также скачкообразно меняется и противоайсберговый регламент. В диссертации предложены три буферные зоны

(внутренняя, промежуточная и внешняя) и примерные противоайсберговые регламенты в них.

Внутренняя буферная зона, внутри которой находится ДК, названа зоной айсберговой атаки. При нахождении в ней айсберг классифицируется как атакующий ДК. До потенциального столкновения с ДК остается всего несколько часов. Осуществляются мероприятия по остановке технологических процессов и эвакуации персонала. Применяются мероприятия по предотвращению столкновения (буксировка айсберга, отклонения его с курса атаки, отшвартовка ДК, отклонение ДК с курса атаки и т.п.). В зоне в момент айсберговой атаки обязательно должны присутствовать суда-буксировщики в предусмотренном регламентом количестве. Массогабаритные характеристики айсберга в этой зоне должны быть определены в ходе противоайсберговых регламентов во внешних зонах. Радиус зоны определяется скоростью движения айсберга и временем на остановку технологических процессов, подготовку и осуществление эвакуации, отшвартовку и подготовку ДК к маневрированию, само маневрирование.

Промежуточная буферная зона названы зоной айсберговой угрозы. Внутри зоны применяются активные методы айсбергового менеджмента (буксировка, отклонения). Вхождение айсберга в эту зону должно обнаруживаться с вероятностью, близкой к единице. В дальнейшем его перемещения должны отслеживаться с высокой надежностью. Определяются массогабаритные характеристики айсберга, скорости и направления его дрейфа. Осуществляется кратковременный прогноз дрейфа айсберга под воздействием внешних сил. Радиус зоны определяется скоростью движения айсберга и временем подхода судов буксировщиков от мест базирования.

Самая внешняя буферная зона названа зоной айсберговой опасности. Она может быть единой для группы месторождений в центральной части Баренцева моря. До пересечения ее внешней граница считается, что айсберг не представляет опасности для конкретного месторождения (группы месторождений). Противоайсберговый регламент носит пассивный характер. Основным мероприятием для данной зоны является обнаружение момента вторжения и установление надежного наблюдения за опасным айсбергом. Радиус зоны определяется максимальной скоростью дрейфа айсберга требуемой заблаговременностью обнаружения, стоимостью систем обнаружения.

Для выделенных буферных зон определяется структура айсберговой опасности, угроз и атак во временном, пространственном и видовом аспектах. Методы определения структуры раскрыты в 3.3 и 3.4. Далее на основании анализа результатов определения структуры айсберговой опасности, угроз и атак разрабатываются на вариантной основе регламенты противоайсберговых мероприятий с привлечением ресурсно-стоимостной оценки,

разрабатываемых вариантов противоайсберговых регламентов, а также рекомендаций по стратегическому планированию управления айсберговыми рисками

Таким образом, разработанный метод использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря представляет собой следующую последовательность действий:

1. Для отобранных на ресурсной основе участков месторождений проводится физико-географический анализ фондовой информации на наличие айсберговой опасности
2. Вокруг потенциально опасных в айсберговом отношении участков задаются буферные зоны с учетом регламентных требований по безопасности эксплуатации буровых и добывающих комплексов.
3. По базе ААНИИ определяются фиксации айсбергов, попадающих в заданные буферные зоны для каждого рассматриваемого участка
4. Определяется пространственно-временная структура айсберговой опасности, угрозы и айсберговых атак для каждого оцениваемого участка месторождений.
5. На основании анализа результатов п.4 разрабатываются на вариантной основе регламенты противоайсберговых мероприятий с привлечением ресурсно-стоимостной оценки разрабатываемых вариантов противоайсберговых регламентов.
6. Разрабатываются рекомендации по стратегическому планированию управления айсберговыми рисками при изучении и освоении отобранных участков по направлениям:
 - рекомендации по выбору варианта противоайсберговых регламентов для каждого участка;
 - рекомендации по планированию специальных натуральных наблюдений за айсбергами на различных регламентных этапах изучения и освоения для каждого рассматриваемого участка с учетом п.4;
 - рекомендации по очередности (ранжированию) изучения и освоения рассматриваемых участков с учетом выявленной пространственно-временной структуры айсберговой опасности, айсберговых угроз и айсберговых атак.

В 3.3 описано исследование структуры айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря. Структура айсберговой опасности рассматривается во временном и пространственном аспектах. Исследования выполнены по базе ААНИИ, охватывающей идентификационный период. В базе содержатся данные о наблюдениях айсбергов на акватории, ограниченной дугой радиусом 350 морских миль от точки с координатами условного центра ШГКМ ($73^{\circ} 22,5'$ с.ш. и $43^{\circ} 30'$ в.д.) и береговыми линиями, попадающими во внутрь образующейся окружности. Сделано предположение, что эта акватория, относящаяся к центральной части Баренцева моря, может рассматриваться как единая внешняя буферная зона для всей группы рассматриваемых в диссертации месторождений.

Для определения временной структуры айсберговой опасности введено ключевое понятие: «эпизод наблюдений». Под ним понимается акт проведения наблюдений в определенный день, в ходе которого был зафиксирован хотя бы один айсберг. Оказалось, что исходная база данных содержит 498 эпизодов наблюдений айсбергов, т.е. на интервале в 41 год за 498 дней зафиксировано 2565 айсбергов.

Временная структура зафиксированных наблюдений айсбергов в центральной части Баренцева моря каждого календарного года наблюдений характеризуется следующими величинами:

- количество зафиксированных наблюдений айсбергов в году (A),
- количество месяцев, в которых зафиксированы эпизоды наблюдений (M),
- количество эпизодов (\mathcal{E}), определяемых датами проведения наблюдений, в ходе которых фиксировались айсберги;
- расчетная величина $D = A/\mathcal{E}$, определяющая среднее за данный год количество фиксаций айсбергов за один эпизод наблюдений.

Оказалось, что айсберги на рассматриваемой акватории наблюдались каждый год. Наименьшее количество айсбергов (всего 3) зафиксировано в 1970 г. за 2 эпизода наблюдений. Наибольшее количество фиксаций айсбергов (560) пришлось на 1989 г., ставший также рекордным и по количеству эпизодов наблюдений (64).

Можно сказать, годы отличаются друг от друга айсберговой активностью. Понятие айсберговой активности введено диссертантом впервые. Предложено численно выражать айсберговую активность в календарном году с помощью параметров \mathcal{E} (айсберговая активность) и D (интенсивность эпизодов).

Автором предложены градационные характеристики айсберговой активности по параметрам \mathcal{E} и D . Для этого интервалы изменчивости этих параметров \mathcal{E} и D на идентификационном интервале методом экспертных оценок разбиты на четыре градации. Далее, календарные годы из базы ААНИИ были подвергнуты двухмерной группировке по выделенным градациям, результаты которой приведены в таблице.

Оказалось, что годы с высокой и аномальной айсберговой активностью смыкаются в достаточно короткие периоды по два-три года (1967-1968, 1971-1972, 1987-1989). Между периодами высокой и аномальной активности могут наблюдаться достаточно длительные периоды малой и нормальной активности (1950-1966, 1973 – 1986), превышающие 10 лет.

Объединенное подмножество с признаками «норма и меньше нормы по величинам \mathcal{E} и D » содержит 34 года, или 82,92% периода наблюдений. Оставшиеся 7 лет можно считать аномальными, причем 6 из них связаны с аномалиями айсберговой активности и только один год – с аномалией интенсивности эпизодов.

Исследования пространственной структуры айсберговой опасности показали, что основная часть фиксаций айсбергов сосредоточена выше 75° с.ш., где отмечены 2234 фиксации, что составляет около 87,4% от общего их числа.

Двухмерная группировка календарных лет наблюдений за айсбергами в центральной части Баренцева моря

	Малая айсберговая активность, $\mathcal{E} \leq 5$	Нормальная айсберговая активность, $5 < \mathcal{E} \leq 18$	Высокая айсберговая активность, $18 < \mathcal{E} \leq 24$	Аномальная айсберговая активность, $\mathcal{E} > 24$
Малая интенсивность эпизодов, $D < 3$	1951, 1952, 1957, 1970, 1974	1965, 1966, 1973, 1975, 1979, 1983		
Нормальная интенсивность эпизодов, $3 \leq D < 9$	1950	1953-1956, 1958, 1959, 1961-1964, 1969, 1976-1978, 1980-1982, 1984, 1985-1987	1967, 1971, 1972, 1990	1968
Высокая интенсивность эпизодов $9 \leq D < 15$			1988	1989
Аномальная интенсивность эпизодов, $D \geq 15$		1960		

Результаты определения видовой структуры айсберговой опасности на основании анализа кодов формы айсбергов показали, что большая часть зафиксированных айсбергов вообще не идентифицирована по форме (более 70% фиксаций). Среди идентифицированных форм первое место занимают обломки айсбергов. Второе место с большим отрывом занимают столовые айсберги, представляющие наибольшую опасность для рассматриваемых месторождений. Столовые айсберги стали идентифицироваться только с 1968 г., т.е. чуть более половины идентификационного периода.

Выявленная структура айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря во временном, пространственном и видовом аспектах является важной для стратегического планирования системы мониторинга айсбергов при разработке нефтегазовых месторождений в центральной части Баренцева моря, предназначенной для своевременного обнаружения и дальнейшего отслеживания айсбергов, присутствующих на этой акватории.

В 3.4 описано применение разработанного метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения.

Выявлено, что фаза айсберговой угрозы для ШГКМ может рассматриваться в виде случайного, резко перемежающегося, процесса. За идентификационный период айсберговая

угроза для ШГКМ возникала всего 29 раз. Все 29 эпизодов вторжения в промежуточную буферную зону приурочены к 10 годам (из 41 года идентификационного периода). Наибольший период между последовательными айсберговыми угрозами составил более 8 лет и 10 месяцев (с 27 мая 1958 г. по 3 марта 1967 г.). В 1972 г. за период с 18 по 30 мая в ходе шести последовательных эпизодов айсберговых угроз зафиксировано 15 наблюдений айсбергов в промежуточной буферной зоне. Этот период оказался самым интенсивным с точки зрения генерации айсберговых угроз. Наибольшее количество эпизодов айсберговых угроз за календарный год наблюдалось в 1989 г. (8 эпизодов, 74 фиксации айсбергов). Самое большое количество айсбергов за один эпизод вторжения на идентификационном периоде (21 фиксация) наблюдалось 11 января 1989 г., относящегося к группе «аномальная айсберговая активность, высокая интенсивность эпизодов».

Установлена связь между частотой генерации айсберговых угроз и принадлежностью календарного года к определенной группе по айсберговой активности. Для года, принадлежащего к объединенной группе «малая айсберговая активность», частота появления айсберговой угрозы оказалась равной нулю. Для объединенной группы «аномальная айсберговая активность» аналогичная частота оказалась равной единице. Для промежуточных групп соответствующая частота вторжения монотонно возрастает по мере увеличения айсберговой активности и не проявляет однозначной зависимости от интенсивности эпизодов.

Оказалось, что айсберговые угрозы для ШГКМ генерируются только в пределах календарного периода, названного в диссертации ледово-айсберговым сезоном для ШГКМ. Установлена его продолжительность (с декабря по июль включительно). Установлено, что айсберговые угрозы наиболее вероятны в мае-июне.

Выявлена значительная пространственная неоднородность генерации айсберговых угроз. Вторжения в рассматриваемую зону происходят преимущественно с северо-запада (38% случаев) и северо-востока (24% случаев), иногда с запада (10% случаев) и востока (6% случаев), очень редко с севера (3% случаев) и никогда с южных направлений.

Анализ видовой структуры айсберговых угроз для ШГКМ показал, что почти в половине количестве случаев (около 48%) форма айсбергов не была установлена. В значительных количествах идентифицировались обломки айсбергов (около 44,6%). Редко идентифицировались столообразные айсберги (менее 2,7%) и осколки айсбергов (менее 4,5%). Установлено, что процент зафиксированных и идентифицированных столообразных айсбергов в центральной части Баренцева моря и в промежуточной буферной зоне ШГКМ практически совпадает (около 2,6%). Данное обстоятельство позволяет сделать предположения о том, что с 1977 г. эти айсберги уверенно идентифицировались методами

ледовой разведки. Поэтому можно предположить, что, по крайней мере, с 1977 г. вторжения столообразных айсбергов в зону ШГКМ обнаруживались достаточно уверенно. Дополнительные исследования показали, что все три случая вторжения столообразных айсбергов в рассматриваемую зону ШГКМ произошли с северо-запада.

Айсберговые атаки ШГКМ являются чрезвычайно редким явлением, они сопровождаются резко аномальным поведением гидрометеорологических факторов, обуславливающих дрейф айсбергов в рассматриваемой части Баренцева моря. На идентификационном периоде зафиксирована всего одна атака (10 апреля 1987 г.) группой из пяти обломков айсбергов. Оказалось, что в течение двух суток айсберги этой группы синхронно перемещались против достаточно сильного в климатическом плане Новоземельского течения, преодолев более 100 км в юго-западном направлении. Отметим, что на верификационном периоде зафиксирована еще одна атака большой группой айсбергов (май 2003 г.), описанная в литературе.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что система оперативного управления айсберговыми рисками при освоении и эксплуатации ШГКМ должна будет функционировать в сложнейшем временном режиме. Длительные периоды «холостых» наблюдений во внешней буферной зоне (до 8-10 лет) будут перемежаться стремительными вторжениями групп айсбергов в промежуточную буферную зону, приводящими к объявлению айсберговой угрозы. Эти вторжения тесно связаны с фазами ледового года. Ранние вторжения приурочены к зимнему периоду (декабрь – февраль), а поздние – к летнему периоду (июль). Наиболее вероятны вторжения в мае – июне. Существует абсолютно безопасный в айсберговом отношении период с августа по декабрь, в который вторжения не наблюдались никогда. Вторжения следует ожидать преимущественно с северо-западного и северо-восточного направлений. Южные направления являются относительно безопасными. Среди вторгающихся айсбергов следует ожидать преимущественно обломки айсбергов (код формы 10). Частота появления особо опасных столообразных айсбергов достаточно мала: около 3% от общего числа вторгшихся айсбергов. Их следует ожидать в первую очередь с северо-западного направления. Вероятность вторжения айсбергов в рассматриваемую зону тесно связана с типом года. В годы, принадлежащие подмножеству «аномально высокая айсберговая активность, высокая интенсивность эпизодов», вероятность появления айсберговой угрозы практически равна единице. В годы с малой айсберговой активностью вторжения никогда не наблюдались.

В четвертой главе излагаются результаты верификации результатов исследований и разработки рекомендаций по применению метода использования фондовой информации об

айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря.

В 4.1 описана верификация достоверности исходной базы данных по наблюдениям за айсбергами. Верификация проводилась на предмет выявления грубых ошибок. Их количество оказалось крайне незначительным, менее 2% от общего числа фиксаций. Это дает возможность уверенно опираться на базу данных ААНИИ как на рабочий инструмент для использования в рамках разработанного метода.

В 4.2 излагается верификация результатов исследований структуры айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря. Нашли свое подтверждение результаты апробации разработанного метода в отношении ШГКМ. Как указывалось выше, исследователями ААНИИ в мае 2003 г. был зафиксирован выход самой большой за всю историю группы айсбергов на акваторию ШГКМ, который можно квалифицировать как айсберговую атаку. Атака состоялась в пределах ледово-айсбергового года в период наибольшей вероятности генерации айсберговых угроз. После 2003 г. айсберговые угрозы и атаки на ШГКМ более не наблюдались, хотя прошло уже более 6 лет. Тем самым подтверждается вывод о резкой перемежаемости этих фаз айсберговой опасности для данного месторождения. Основные выводы, полученные для ШГКМ с помощью разработанного метода, оказались верными и по настоящее время.

В 4.3 изложены результаты разработки рекомендаций по применению метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений Баренцева моря.

В диссертации рассмотрена задача о повышении эффективности планирования затрат на судно аварийно-спасательного дежурства и на судно противоайсберговой защиты на стадии стратегического планирования освоения ШГКМ за счет использования фондовой информации об айсбергах и результатов исследований, полученных в настоящей диссертации. Разработаны рекомендации по повышению экономической эффективности планирования за счет правильного выбора размеров буферных зон и мест базирования судов противоайсберговой защиты. Показано, что затраты по рекомендованному варианту использования стандартного аварийно-спасательного судна и противоайсбергового ледокольного судна в порту базирования на 70% меньше альтернативного варианта совмещения аварийно-спасательных и противоайсберговых функций одним ледокольным судном, располагающимся постоянно у ДК.

Разработанный в диссертации метод был использован при разработке Программы геологического изучения нефтегазоносности и лицензирования недр континентального шельфа РФ на период до 2020 г. С его помощью были разработаны рекомендации по

ранжированию порядка освоения перспективных месторождений. Отбор перспективных участков осуществлялся как с позиции ресурсной оценки, так и с позиции минимизации рисков, в том числе по айсберговой опасности, для каждого месторождения. Учитывались существующая инфраструктура обеспечения, а также оценки влияния айсберговой опасности, угроз и атак, полученные с помощью разработанного метода. Ряд участков был отнесен на долгосрочную перспективу, после 2020 г., из-за слишком высокой стоимости адекватных противоайсберговых регламентов. В этот список попали Лудловское и Ледовое месторождения, обладающие значительной ресурсной оценкой. Применение метода позволило решить задачу стратегического планирования по ранжированию порядка изучения и освоения месторождений с учетом фактора айсберговой опасности и ресурсно-стоимостной оценки противоайсберговых регламентов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основные выводы и результаты диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. Выполнен комплексный анализ перспектив освоения нефтегазовых месторождений в центральной части Баренцева моря. Он показал необходимость учета айсберговых рисков на стадии стратегического планирования наряду с ресурсными оценками месторождений.
2. Разработан метод использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений центральной части Баренцева моря.
3. Выявлена структура айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря во времени и пространстве.
4. Введено понятие айсберговой активности как характеристики, определяющей опасность в каждом в календарном году, предложены параметры и градации для ее численного описания.
5. Выявлены нормальные и аномальные по айсберговой активности календарные годы на идентификационном временном интервале.
6. Выявлена структура айсберговой угрозы для добывающих комплексов Штокмановского газоконденсатного месторождения (ДК ШГКМ) во времени и пространстве.
7. Выявлена зависимость вероятности реализации айсберговой угрозы для ДК ШГКМ от типа календарного года по айсберговой активности в центральной части Баренцева моря.
8. Выполнена верификация результатов исследований на независимом материале, которая полностью их подтвердила.

9. Даны рекомендации по практическому применению разработанного метода использования фондовой информации об айсбергах при стратегическом планировании освоения нефтегазовых месторождений центральной части Баренцева моря.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Овсянников А.А. Ретроспективный анализ айсберговой активности в центральной части Баренцева моря. – Рук. деп. в ВИНТИ, №638 – В2008 от 23.07.2008.
2. Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Овсянников А.А. О структуре айсберговой опасности в окрестности Штокмановского газоконденсатного месторождения // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2008. №8. С. 98 – 109.
3. Овсянников А.А. О проявлениях айсберговой активности в буферных зонах Штокмановского газоконденсатного месторождения. / Сб. тр. междунар. конф. в рамках III Международного полярного года. 12 – 13 ноября 2008 г. СПб.: 2008. С. 34 – 36.
4. Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А. О физическом механизме формирования айсберговой угрозы для Штокмановского газоконденсатного месторождения. / Сб. тр. междунар. конф. в рамках III Международного полярного года. 12 – 13 ноября 2008 г. СПб.: 2008. С. 37 – 39.
5. Овсянников А.А. О пространственно-временной структуре айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря / В сб. трудов 7-й междунар. науч.-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 28 – 30 апреля 2009 г. – СПб.: СПбГТУ, 2009. – С.381 – 382.
6. Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Левина, А.И., Овсянников А.А. К вопросу об управлении айсберговыми рисками при освоении Штокмановского газоконденсатного месторождения // Сб. трудов 7-й междунар. науч.-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 28 – 30 апреля 2009 г. – СПб.: СПбГТУ, 2009. – С.383 – 384.
7. Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А. Временная структура айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря // Океанология. 2009. Т.49. №3. С. 355 – 358.
8. Овсянников А.А. Об айсберговой активности в зоне Штокмановского газоконденсатного месторождения // Сб. трудов 5-й междунар. конф. «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». 7-9 июля 2009 г. – СПб.: РГГМУ, 2009. – С.135 – 136.