

**ШАВЫКИН  
АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ЭКОЛОГО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ  
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА  
(НА ПРИМЕРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ)**

**Специальность 25.00.28 – «океанология»**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

доктора географических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении  
науки Мурманский морской биологический институт Кольского научного  
центра Российской академии наук

**Официальные оппоненты:**

Д.Г.Н. \_\_\_\_\_

Д.Г.Н. \_\_\_\_\_

Д.Т.Н. \_\_\_\_\_

**Ведущая организация:**

\_\_\_\_\_

Защита состоится \_\_\_\_\_ в \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин на заседании  
диссертационного совета Д 002.140.01 Мурманского морского биологическо-  
го института КНЦ РАН по адресу:

18310, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17,

факс: (8152) 25-39-94

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального госу-  
дарственного бюджетного учреждения науки Мурманский морской биологи-  
ческий институт КНЦ РАН

Автореферат разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат географических наук

Е.Э Кириллова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Освоение нефтегазовых ресурсов арктического шельфа – важная народнохозяйственная задача, особенно в связи со снижением запасов углеводородов на суше. При этом с учетом большой уязвимости арктических морей сохранение целостности морских экосистем Арктики приобретает первостепенное значение. Эта проблема должна решаться в рамках экологического сопровождения разработки месторождений шельфа.

*Экологическое сопровождение проекта хозяйственной деятельности* – различные виды работ по обеспечению экологической безопасности при реализации проекта, минимизации экологического ущерба и охране окружающей среды на всех этапах осуществления проекта (предпроектной и проектной стадиях, этапах строительства объекта, его эксплуатации и ликвидации). Задачи экологического сопровождения любого проекта: 1) обоснование возможности его реализации с экологической точки зрения на основе процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), 2) проведение экологического мониторинга и контроля, 3) разработка и осуществление мероприятий по охране окружающей среды (ООС). *Эколого-океанологическое сопровождение* – часть общего экологического сопровождения, главным образом, связанная с морской биотой и морской средой.

Первая из указанных задач экологического сопровождения решается в рамках процедуры ОВОС. Основные факторы воздействующие на морскую биоту: гидроакустическое воздействие (на всех этапах проекта), взвесь (на этапах строительства и обустройства месторождения) и нефть (при ее разливах). Практика выполнения ОВОС различных шельфовых проектов показала, что существует много нерешенных проблем в этой сфере, в том числе и недостаточно разработаны методы экологического сопровождения. Это касается методов оценки воздействия на биоту подводного шума от крупнотоннажных судов, пневмоисточников ... и воздействия взвеси при гидротехнических работах. Имеются проблемы в отношении аварийных разливов нефти. Так, в России не решен вопрос разработки карт уязвимости от нефти для прибрежных и морских акваторий и использования таких карт при ликвидации разливов нефти (ЛРН). При этом картосхемы распределения всех экологических групп (от бактериопланктона до морских млекопитающих и птиц) и их уязвимость к основным видам антропогенного воздействия (не только нефти) должны быть представлены как графический материал результатов инженерно-экологических изысканий [СП 47.13330.2012, 2012]<sup>1</sup>, это также требует единой (пока отсутствующей) российской методики построения таких карт.

Экологический мониторинг (государственный экологический мониторинг, производственный экологический мониторинг и контроль) лежит в основе процедуры ОВОС, разработки мероприятий по охране окружающей среды и всего эколого-океанологического сопровождения любого проекта.

---

<sup>1</sup> Здесь и далее сноски в квадратных скобках [автор/название, год] даются на литературу, приведенную в диссертации, числовые сноски [номер] – ссылки на публикации автора диссертации в конце автореферата.

Без достаточно полной информации экологического мониторинга на всех стадиях проекта невозможны: оценки его воздействия на окружающую среду, корректные расчеты ущербов биоресурсам и размеров компенсационных выплат за неустранимое негативное воздействие, разработка адекватных мероприятий по охране окружающей среды. Вместе с тем в научном обосновании методологии экологического мониторинга, в частности, непрерывных измерений многих гидробиологических параметров, практике проведения и использовании результатов таких измерений, имеется ряд серьезных нерешенных проблем. Это касается многих методов таких измерений почти всех экологических групп (начиная от первичного звена трофической цепи – фитопланктона, до ее высших звеньев – морских млекопитающих и птиц).

В рыночных условиях государственный экологический мониторинг как правило проводят государственные организации или частные по заказу государства, а инженерно-экологические изыскания (ИЭИ) и производственный экологический мониторинг (ПЭМ) – различные организации по заказам частных компании. При этом комплексный, системный подход к экологическому мониторингу при освоении шельфа может быть реализован только совместными усилиями частных компаний и государства. Это должна быть координация и интеграция усилий этих субъектов. Но сейчас все такие работы разобщены, а собираемые данные об экосистеме морей накапливаются в различных базах данных, не связанных между собой.

Таким образом, все вышеизложенное показывает, что разработка многих теоретических и практических вопросов эколого-океанологического сопровождения освоения шельфовых месторождений является актуальной и важной для фундаментальной и прикладной океанологии.

### **Степень разработанности темы исследования**

Первая обобщающая монография по ОВОС освоения шельфовых арктических месторождений была подготовлена в ММБИ [Научно-методические..., 1997]. Полно и подробно общие подходы к решению проблем экологического сопровождения хозяйственного освоения шельфа, в том числе в Арктике, изложен также в ряде других отечественных монографиях [Патин, 1997, 2001; Матишов и др., 2001b; Борисов и др., 2001; Денисов, 2002; Матишов и др., 2009] в диссертационных работах [Сочнев, 1998; Куратов, 2006; Сочнева, 2005; Рабкина, 2005]. Там описаны источники и факторы, действующие на морские экосистемы при освоении месторождений шельфа. Анализ обобщающих публикаций свидетельствует, что из всего перечня источников и факторов можно указать наиболее значимые, которые играют ключевую роль в экологическом сопровождении нефтегазового освоения шельфа. Во многом эти факторы недостаточно исследованы. При безаварийных ситуациях в их число входят – *гидроакустическое воздействие* (близкодействующее – от сейсмоакустических исследований; дальнедействующее – от крупнотоннажных судов) и *воздействие взвеси* (действие на nekton облаков взвеси и засыпка бентоса грунтом и осаждаемой взвесью), при авариях – *действие нефти*.

В ходе экологического мониторинга редко используются методы непрерывного горизонтального профилирования ряда важных параметров – полей распределения планктона (в том числе фитопланктона) и других океанологических параметров. Отсутствие спутниковой информации по хлорофиллу (из-за сложных погодных условий, а в Арктике – из-за малой высоты солнца) не позволяет получать характеристики площадного распределения этого важного параметра, хотя его измерение предусмотрено нормативными документами [РД 51-01-11-85, 1985; СП 47.13330.2012, 2012] и рекомендуется многими специалистами для экологического мониторинга [Патин, 1997; 2001]. Спутниковые данные по концентрации хлорофилла требуют верификации по судовым наблюдениям [Методические рекомендации..., 1989] – по результатам горизонтального и вертикального профилирования [10].

Специалистами России и Норвегии проведена большая работа по исследованию птиц Баренцева и других морей Арктики [Краснов, 1995; Краснов и др., 2002; Состояние популяций..., 2003; Ecosystem Barents Sea, 2009; The Barents Sea, 2011; Гаврило, 2011; Птицы северных..., 2013 и др.]. Однако корректное и полное описание численности и видовой структуры орнитофауны на акватории этих морей, ее сезонное распределение отсутствуют. Нет и полных требований и рекомендаций по систематическому учету птиц. Это отрицательно сказывается на подготовке ОВОС и разделов охраны окружающей среды проектов освоения месторождений. Не делались оценки общей численности птиц над акваториями арктических морей, хотя были выполнены авианаблюдения орнитофауны в Баренцевом и Печорском морях [29].

Имеется много публикаций, посвященных влиянию сейсмоакустических исследований (САИ) на биоту [Матишов 1991; Муравейко и др., 1991; Векилов, Полонский, 2000; Moriyasu et al., 2004; Семенов, 2006; и др.]. Часто при исследованиях на малых глубинах не учитывалось воздействие дна и поверхности воды на распределение поля акустического давления от пневмоисточников (ПИ), что искажает зону воздействия. В ОВОС проектов почти не учитывается воздействие шума судов на морских рыб и млекопитающих (исключение – работы по освоению сахалинского шельфа).

Распространению взвеси при гидротехнических работах, ее воздействию на биоту также посвящено много работ [Айбулатов, Артюхин, 1993; Патин, 2001; Willber, Clark, 2001; Literature review, 2003; ...]. Но в расчетах ущерба от при этом не учитывалось время воздействия взвеси на биоту [13].

Проблема разливов нефти в морских условиях многопланова и обширна [Патин, 2001, 2009; Мансуров и др., 2004; Техника и технологии..., 2008; Oil spill science..., 2011]. Для их ликвидации важное значение имеют карты уязвимости прибрежных и морских зон. Разработаны различные варианты методики построения таких карт [ИМО et al., 2012; МОБ; 2000; Новиков, 2006; Offringa, Lahr, 2007; Погребов, 2010; WWF, 2012 ...]. Эти вопросы исследованы в ряде диссертаций [Блиновская, 2010; Омар, 2005]. Однако для арктических морей нет разномасштабных карт уязвимости акваторий от нефти, нет и единой российской методики построения таких карт [28, 93] и карт уязвимости групп биоты к основным антропогенным воздействиям.

Опыт экологического мониторинга при освоении шельфа обобщается во многих публикациях: Ю.А. Израэль [1979, 1984], [Научно методические..., 1997], О.Я. Сочнев [1998], С.А. Патин [1997; 2001], Матишов и др. [2001], С.Л. Дженюк [2001], В.В. Денисов [2002], Л.И. Лобковский и др. [2005], Н.А. Айбулатов [2005], Савиных и др., [2007], А.П. Хаустов, М.М. Редина [2008] и др.; защищены докторские и кандидатские диссертации [Дженюк, 2002; Субботина, 2005]. Вместе с тем, как показал опыт выполнения ОВОС проектов в арктических морях, в России отсутствуют необходимые исходные данные (или их очень мало) о чувствительности/уязвимости биоты к основным антропогенным воздействиям, многие нормативы допустимых нагрузок на биоту..., то есть отсутствует всесторонний анализ природной среды, о котором писал Ю.А. Израэль [1979, 1984].

Диссертация направлена на восполнение указанных пробелов, развитие теоретических основ и методов эколого-океанологического сопровождения освоения шельфа.

### **Цели и задачи исследования**

*Цель исследования:* разработка теоретических основ и обоснование практических решений по эколого-океанологическому сопровождению хозяйственного освоения шельфа.

*Задачи:*

1. Выявить и обобщить основные проблемы эколого-океанологического сопровождения проектов освоения месторождений нефти и газа на арктическом шельфе, определить направления решения этих проблем.

2. Представить общую схему эколого-океанологического сопровождения проектов, проанализировать российский опыт экологического мониторинга морей.

3. Разработать контактный флуориметрический метод непрерывного судового измерения хлорофилла фитопланктона в воде в приповерхностном горизонте; сформулировать основные положения такой методики измерений.

4. Проанализировать подход (метод Н.Г. Челинцева) по оценке общей численности птиц на обширных акваториях Баренцева моря, основанный на выборочных авианаблюдениях, и сравнить полученные этим методом оценки с результатами наблюдений гнездовых пар. Сформулировать основные задачи и рекомендации по методологии мониторинга авифауны в Баренцевоморском регионе. Провести авиаучеты орнитофауны в прибрежных районах моря.

5. Усовершенствовать метод оценки воздействия на гидробионты сейсмоакустических исследований, проводимых на мелководье арктических морей; оценить зоны гидроакустического воздействия судов и строительства при освоении Штокмановского газоконденсатного месторождения.

6. Оценить воздействие на биоту минеральной взвеси при гидротехнических работах на шельфе, сформулировать рекомендации по учету этого воздействия, в том числе при сильных приливно-отливных течениях.

7. Разработать методику построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от разливов нефти (как одного из видов антропогенного воздействия); построить сезонные картосхемы уязвимости биоты восточной части Баренцева моря и карты уязвимости/чувствительности Кольского залива.

8. Сформулировать концепцию комплексного экосистемного мониторинга как основы эколого-океанологического сопровождения хозяйственного освоения шельфа.

### **Научная новизна исследования**

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные автором лично или совместно с коллегами, позволили разработать новые и усовершенствовать существующие методы мониторинга и оценки основных антропогенных воздействий на морскую среду и биоту, что необходимо для эколого-океанологического сопровождения проектов хозяйственного освоения шельфа.

1. Впервые для крупного арктического проекта освоения шельфового месторождения (Штокмановского ГКМ) создана картографическая база данных для экологического сопровождения проекта, которая может быть использована и для природоохранных целей.

2. Разработан метод непрерывного измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в приповерхностном горизонте, учитывающий основные факторы влияющие на измерения – растворенного органического вещества, освещенности, видового состава фитопланктона. Впервые для отдельных районов Баренцева и Азовского морей для приповерхностного горизонта с разрешением в несколько десятков метров одновременно контактно измерены концентрации хлорофилла, температура и соленость.

3. На основе метода Н.Г. Челинцева (до этого метод использовался только на суше) впервые по данным авиаучета сделаны оценки общей численности наиболее массовых видов птиц на большей части акватории Баренцева моря. Показано, что метод учета в колониях не дает общей численности птиц в регионе. Проведены авиаучеты морских и водоплавающих птиц вдоль побережья Кольского полуострова и о-ва Колгуев, в Белом море.

4. Впервые показано, что при оценке воздействия на биоту сейсмоакустических исследований на малых глубинах необходимо учитывать интерференционные явления и отражение акустических волн от дна и поверхности воды. Впервые для Баренцева моря получены оценки зон гидроакустического воздействия при работах по обустройству Штокмановского месторождения.

5. Сформулированы научно обоснованные рекомендации по количественной оценке воздействия чистой минеральной взвеси на гидробионты, учитывающие время такого воздействия. Впервые показано, что воздействие взвеси на планктон может отсутствовать при гидротехнических работах в заливах и районах с сильным приливно-отливным течением.

6. Разработана методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти. На ее основе построены мелкомасштабные сезонные картосхемы уязвимости биоты от нефти восточной части Баренцева моря и

разномасштабные сезонные карты уязвимости Кольского залива. Выявлены районы «относительной» (по отдельным сезонам) и «абсолютной» (в целом за год) интегральной уязвимости.

7. Сформулирована концепция комплексного экосистемного мониторинга, который является базовой основой эколого-океанологического сопровождения хозяйственного освоения континентального шельфа.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработаны теоретико-методологические основы и практические решения по эколого-океанологическому сопровождению хозяйственного освоения континентального шельфа.

Картографическая база данных Штокмановского проекта должна использоваться для экологического сопровождения этого проекта при его продолжении (моделирования процессов в районе воздействия, разработки программ и проведения инженерно-экологических изысканий и производственного экологического мониторинга) и может служить аналогом баз экологических данных подобных мега проектов.

Методика непрерывного флуориметрического измерения хлорофилла в воде может быть использована в различных гидробиологических исследованиях для изучения мелкомасштабного горизонтального распределения хлорофилла в приповерхностном слое. Эта информация применима для калибровки спутниковых снимков и может использоваться в ходе инженерно-экологических изысканий.

Результаты расчета численности птиц на обширных акваториях Печорского и Баренцева морей важны для ретроспективного анализа учета морской орнитофауны в этих районах. Выводы о возможности использования метода Н.Г. Челинцева для расчета общей численности птиц над большими акваториями и рекомендации по совершенствованию авианаблюдений орнитофауны необходимы для организации ее мониторинга.

Разработанные методы расчета поля акустического давления от группы ПИ были использованы при экологическом сопровождении сейсмоакустических исследований – при подготовке ОВОС и размеров ущербов от таких работ на мелководье арктических морей. Эти методы могут и должны применяться и далее в аналогичных условиях. Оценки зон гидроакустического воздействия при освоении Штокмановского месторождения дают отправную точку для планирования дальнейших исследований в этом направлении.

Выводы и рекомендации по учету воздействия взвеси имеют важное значение для анализа влияния этого фактора на экосистему морей при гидротехнических работах и для расчетов ущербов рыбным запасам. Эти рекомендации были использованы для ОВОС ряда проектов в Кольском заливе.

Предложенная методика построения карт уязвимости от нефти прибрежных и морских зон может служить основой для обсуждения и принятия единой российской методики разработки таких карт. Подобные карты необходимы для планов ликвидации разливов нефти и природоохранных целей. Разработанные картосхемы уязвимости биоты акватории Баренцева моря,



разномасштабные сезонные карты уязвимости Кольского залива могут использоваться для принятия природоохранных мер, что уже сделано Всемирным фондом природы (WWF-Россия). Методика может применяться для построения карт уязвимости от других антропогенных воздействий (подводного шума, взвеси...), что важно с учетом требований СП 47.13330.2012 [2012].

Реализация положений концепции экосистемного мониторинга позволит получать необходимый комплексный объем информации об окружающей природной среде для ОВОС и разработки мероприятий по охране природной среды, более строго обосновывать возможность (или невозможность) осуществления проектов освоения месторождений на арктическом шельфе, а приморским регионам проводить обоснованную природоохранную политику.

### **Методология и методы исследования**

Методологическую и теоретическую основу исследований составили научные труды отечественных и зарубежных исследователей в области экологии морских экосистем, в том числе экологического мониторинга морских экосистем, океанологии, гидрооптики и флуориметрии, труды по учету объектов животного мира, токсикологии взвеси и нефти, по построению карт уязвимости морей. Это работы Г.Г. Матишова, С.А. Патины, Ю.А. Израэля, Ю.В. Краснова, О.Я. Сочнева, В.В. Денисова, С.Л. Дженюка, В.М. Муравейко, С.А. Соколовой, Н.А. Айбулатова, Г.С. Карабашева, Н.Г. Челинцева, Л.О. Белопольского, В.Б. Погребова, Я.Ю. Блиновской, А.И. Веденева, доклады группы авторов ИМО/РПЕСА и другие работы.

Флуориметрический метод непрерывного измерения хлорофилла в воде разработан на основе теоретического анализа и экспериментального учета основных влияющих факторов. Для оценки численности птиц по результатам их авианаблюдений на обширных акваториях использовался статистический метод, предложенный Н.Г. Челинцевым. Методы распространения акустического сигнала в водной среде разработаны на основе известных исходных положений, их анализа, дальнейшего обобщения и развития с учетом сформулированных обоснованных теоретических предпосылок. Для учета влияния взвеси на биоту использовались результаты лабораторных экспериментов с тестовыми объектами. При расчетах и построении карт уязвимости применялась ГИС-технология и метод экспертных оценок.

В работе использованы также методы математического моделирования, методы статистического и спектрального анализа, методы сравнения и аналогий, обобщения, системного анализа.

### **Положения, выносимые на защиту**

На защиту выносятся теоретико-методологические основы и практические решения по эколого-океанологическому сопровождению хозяйственного освоения континентального шельфа:

1. Метод построения картографических баз данных при эколого-океанологическом сопровождении проектов хозяйственного освоения конти-

ментального шельфа на примере разработки базы данных для Штокмановского проекта.

2. Метод непрерывного судового измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в воде, учитывающая основные факторы, влияющие на отношение концентрация хлорофилла/интенсивность его флуоресценции.

3. Оценка общей численности массовых видов птиц на большей части акватории Баренцева и Печорского морей и рекомендации по совершенствованию авиаучетов.

4. Метод учета поля гидроакустического давления, формируемого за счет интерференционных явлений, в том числе при отражении волн от границ водной толщи (дна и поверхности воды) при сейсмоакустических исследованиях, проводимых на небольших глубинах (до 10 м)

5. Модифицированный метод оценки воздействия на биоту гидротехнических работ, учитывающий продолжительность данного воздействия и включающий в себя рекомендации по количественным дозам воздействия чистой минеральной взвеси на биоту. Доказательство отсутствия воздействия данной взвеси на зоопланктон в районе таких работ при сильных приливно-отливных течениях.

6. Метод расчета разномасштабных сезонных карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти и построение соответствующих сезонных картосхем уязвимости от нефти биоты Баренцева моря и сезонных разномасштабных карт уязвимости акватории Кольского залива.

7. Концепция комплексного экосистемного мониторинга морских экосистем при хозяйственном освоении шельфа.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Достоверность полученных результатов базируется, в первую очередь, на использовании стандартных методов обработки данных и общепринятых теоретических положениях.

Проточный флуориметр калибровался по стандартному экстрактному спектрофотометрическому методу и в последующем проводилось сравнение полученных результатов измерения концентрации хлорофилла фитопланктона с данными этого спектрофотометрического метода в других точках.

Достоверность результатов расчета общей численности птиц основывается на корректности проверенного и признанного метода Н.Г. Челинцева.

Разработанный метод воздействия пневмоисточников на компоненты экосистемы при сейсмоакустических исследованиях на малых глубинах базируется на более строгих, чем ранее, подходах. Оценки влияния шума судов на биоту теоретически обоснованы, но требуют уточнения с использованием реальных данных о шумности судов.

В основу рекомендаций по воздействию взвеси на биоту положены экспериментальные данные с тестовыми объектами; использовавшиеся при этом выборки статистически обеспечены. Отсутствие воздействия взвеси на планктон в Кольском заливе при сильных приливно-отливных течениях основано на модельных расчетах и данных, полученных на тестовых объектах.

Для построения карт уязвимости использовались обобщённые достоверные данные распределения биоты; полученные результаты согласуются с теоретическими представлениями и уточняют их.

Основные положения диссертации докладывались на международных конференциях «Нефть и газ арктического шельфа» (г. Мурманск, 2002, 2004, 2006, 2008 гг.), РАО (г. Санкт-Петербург, 2003, 2005, 2007, 2009 гг.), на международной конференции в Ростове-на-Дону (2008 г.), на российско-норвежских семинарах (2004, 2006, 2007 гг. – в Мурманске, 2005 г. – в Москве, в РАН), на заседании российско-норвежской рабочей группы по работам в Арктике (2006, г. Ставангер, Норвегия), на международных конференциях проводимых ММБИ (1995–2010 гг.) и Полярным НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (2009 г.), на мурманских региональных конференциях (2010–2014 гг.). Результаты разработки карт уязвимости морей от нефти обсуждались на семинарах рабочей группы Всемирного фонда природы в г. Мурманске, Москве и Санкт-Петербурге (2008, 2009, 2010, 2011 гг.), на международных конференциях «Шельф России – 2013» (г. Москва, 2013 г.), «ЭкоПечора 2014» (г. Нарьян-Мар), ROOGD-2014 (ОАО «ВНИИ-ГАЗ»), конференции РГО (г. Москва, 2014 г.), «Освоение Арктики: шаг за шагом–2014» (г. Мурманск, 2014 г.) в Комитете по экологии и охраны окружающей среды Мурманской ОблДумы (2012, 2015 гг.).

### **Публикации**

Опубликовано 105 работ, в том числе по теме диссертации – 96 работ, из них: 17 статей в журналах, входящих в список ВАК [1–17], в совместной монографии [28], более чем в десяти главах нескольких монографий [18–27, 29].

### **Благодарности**

Автор благодарит за помощь и ценные советы в период подготовки диссертации академика РАН Г.Г. Матишова, а также коллег из Мурманского морского биологического института КНЦ РАН д.б.н. Ю.В. Краснова, д.г.н. С.Л. Дженюка, д.г.н. В.В. Денисова, д.б.н. В.С. Зензерова, д.б.н. Г.М. Воскобойникова, д.б.н. П.Р. Макаревича, к.г.н. Г.В. Ильина, к.б.н. А.Д. Чинарину, Ю.И. Ивакину, сотрудников лаборатории инженерной экологии А.Н. Карнатова, П.С. Ващенко, О.П. Калинка, Г.Н. Духно, а также д.г.н. С.В. Бердникова (ЮНЦ РАН), д.т.н. О.Ю. Корнеева (ОАО «Севморгео»), д.г.-м.н. А.Е. Рыбалко (ОАО «СЕВМОРГЕО»), д.б.н. В.В. Погребова (ЗАО «Экопроект»), д.г.н. М.Б. Шилина (РГГМУ), сотрудников ЗАО «ЭКОПРОЕКТ».

Совместная работа с д.б.н. Ю.В. Красновым, д.ф.-м.н. А.К. Клеванным, д.ф.-м.н. В.В. Калининским, д.г.н. В.Д. Бойцовым, д.г.н. В.И. Чернооком, к.ф.-м.н. А.И. Веденевым, к.ф.-м.н. К.В. Авиловым, к.г.н. Г.В. Ильиным, к.ф.-м.н. О.Е. Архиповой, к.б.н. М.В. Гаврило, к.г.н. В.В. Сапрыгиным, к.б.н. С.А. Соколовой позволила решить ряд проблем и сформулировать, в том числе, положения, выносимые на защиту. Разработка карт уязвимости выполнена при финансовой поддержке Всемирного фонда природы (WWF-

Россия) и содействии сотрудников WWF О.К. Суткайтиса, В.Г. Краснопольского, А.Ю. Книжникова, а также при поддержке ВОО «Русское географическое общество».

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы и восьми приложений. Рукопись содержит 581 страницу текста (из них 184 – приложения), 75 таблиц (в том числе 47 в приложениях), 134 рисунка (в том числе 38 в приложениях). Список литературы включает 638 названий (из них только в приложениях – 117), в том числе 242 – на иностранных языках.

Во **ВВЕДЕНИИ** показана актуальность рассматриваемых в диссертации проблем и дана общая характеристика работы.

### **ГЛАВА 1 ИСТОЧНИКИ И ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ МОРЯ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ**

Описана экосистема Баренцева моря [28]. Представлены данные о месторождениях углеводородов (УВ) на шельфе Западной Арктики, запасах УВ и планах освоения этих месторождений. Дан анализ основных источников и факторов воздействия на морские экосистемы при освоении месторождений углеводородов на шельфе. Указаны основные этапы экологического сопровождения реализации проектов и наиболее значимые антропогенные факторы воздействия на окружающую природную среду и биоту на разных этапах освоения месторождений: *упругие колебания (САИ и шум судов), взвешенные вещества и сильное (аварийное) нефтяное загрязнение.*

В основе экологического сопровождения проекта хозяйственной деятельности лежит ОВОС, а также разработка и реализация мероприятий по охране окружающей среды (ООС). Все это базируется на материалах полученных и регулярно получаемых в ходе экологического мониторинга: государственного экологического мониторинга (ГЭМ), инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) и в ходе производственного экологического мониторинга (ПЭМ). Основные этапы эколого-океанологического сопровождения: а) экологический мониторинг разного уровня, включая всесторонний анализ природной среды, как базовой основы экологического сопровождения; б) ОВОС и разработка мероприятия по охране окружающей среды; в) постоянный экосистемный мониторинг, объединяющий все исследования в районах возможного воздействия проекта для контроля экологической ситуации (разработка материалов по ООС в диссертации не рассматривается).

В этой главе рассмотрены следующие основные проблемы эколого-океанологического сопровождения шельфовых проектов:

1. Для подготовки ОВОС, мероприятий по ООС, оптимизации экологического мониторинга (ГЭМ, ИЭИ, ПЭМ) важно знать параметры антропогенного воздействия. Параметры факторов воздействия известны не всегда. Для учета антропогенного воздействия на биоту (и построения по итогам

ИЭИ карт уязвимости основных групп биоты согласно СП 47.13330.2012 [2012]) требуется информация о ее распределении (плотность численности или биомассы, видовой состав) и параметры ее чувствительности и уязвимости. Именно всей этой информации крайне мало, она труднодоступна или отсутствует. Поэтому приходится делать допущения, что часто искажает результаты ОВОС, размеры ущербов и общие выводы. Основные причины этого – **отсутствие в полном объеме ГЭМ и его важной составной части – всестороннего анализа природной среды**, координации работ между ГЭМ, с одной стороны, и ИЭИ и ПЭМ с другой (см. главы 2 и 8).

2. В настоящее время в России **отсутствует единая и непротиворечивая нормативная база для экологического сопровождения** морских проектов: большинство нормативных документов относятся в основном к проектам на суше и в малой степени предназначены для нефтегазовых проектов на шельфе, эти документы часто декларативны и противоречивы [83, 85]. Хотя с 2013 г. действуют новые требования Минрегионразвития РФ к инженерно-экологическим изысканиям на шельфе – СП 47.13330.2012 [2012].

3. В ходе инженерно-экологических изысканий и производственного экологического мониторинга **редко или совсем не используются методики непрерывного измерения (горизонтального профилирования) параметров среды и биоты**. Для целей экологического сопровождения освоения шельфа, необходимо собирать информацию не только на отдельных точках – судовых станциях, но и в непрерывном режиме вдоль движения судна или самолета-лаборатории. Точечные наблюдения и контактные измерения не дают полной картины, необходимой для разработки математических моделей, используемых при ОВОС, и для оптимизации объемов и процедур экологического мониторинга, поскольку поля океанологических и гидробиологических параметров сильно неоднородны и изменчивы в пространстве и во времени. В диссертации представлена разработка метода непрерывного измерения одного из важных гидробиологических параметров – концентрации хлорофилла фитопланктона в воде (глава 3) и результаты наблюдений и расчетов численности птиц (наиболее уязвимого от нефтяного воздействия компонента экосистемы) с использованием авианаблюдений и даны рекомендации по их совершенствованию (глава 4).

4. В рамках ОВОС проектов освоения месторождений часто отсутствует или не всегда корректна **оценка гидроакустического воздействия** на экосистему, хотя шум крупнотоннажных судов и сейсмоакустических исследований может оказывать существенное воздействие на биоту моря (глава 5). Все это большей частью связано с тем, что не до конца понятны механизмы гидроакустического воздействия на морские организмы и отсутствуют параметры чувствительности/уязвимости групп/подгрупп/видов биоты к разным видам такого воздействия.

5. Ведомственный подход искажает суть экологических обоснований проектов, что наглядно проявилось **при расчетах ущерба от действия взвеси** на биоту (глава 6). Так, при согласовании ущербов от гидротехнических работ ведомства рекомендовали использовать при расчетах ущерба от дей-

ствия взвеси только концентрацию взвеси, без учета времени ее воздействия. То есть, фактически отсутствовали научно обоснованные рекомендации и методики расчета действия взвеси на гидробионтов.

6. Имеются проблемы в готовности российских организаций к ликвидации разливов нефти (ЛРН) в Арктике. В планах ЛРН практически **не используются карты уязвимости** прибрежных и морских зон от нефти, отсутствуют нормативные требования по включению таких карт в планы ЛРН. **Нет и единой российской методики построения указанных карт.** Отсутствует методика построения карт уязвимости экологических групп от основных антропогенных воздействий (в том числе от нефти), что должно представляться по итогам ИЭИ [СП 47.13330.2012, 2012] (см. главу 7).

7. Собираемая экологическая информация не всегда доступна другим исследователям, и эта **проблема доступности и обмена информацией** (в том числе первичной) – одна из основных в экологическом сопровождении, как и **разобщенность (отсутствие координации) в проведении экологического мониторинга на разных уровнях** (глава 8).

## **ГЛАВА 2 ОБЩАЯ СХЕМА ЭКОЛОГО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Схема экологического сопровождения реализации проектов хозяйственной деятельности в общем виде предполагает выполнение и государственного экологического мониторинга, и работ частных компаний по экологическому мониторингу на всех этапах освоения месторождения. Важная проблема нормативно-правовой базы – отсутствие в ней единых согласованных понятий. В первую очередь это касается экологического мониторинга.

Подробно рассмотрен подход к ГЭМ, предложенный Ю.А. Израэлем [1979; 1984]. Такой подход на наш взгляд должен быть основой ГЭМ и всего экологического мониторинга при освоении шельфа. Это предполагает: 1) *выявление и анализ конкретных антропогенных источников и факторов* воздействия на природную среду, обусловленных различными проектами (реализованными и планируемыми); 2) *всесторонний анализ окружающей природной среды (ВАПС) в районах возможного воздействия*; 3) *собственно экологический мониторинг природных объектов и процессов*, которые подвергаются воздействию, *и техногенных объектов*, функционирование которых и обуславливает такое воздействие. ВАПС предполагает: анализ эффектов антропогенного воздействия на биоту, определение допустимых экологических воздействий и нагрузок, выработку и введения критериев и норм, ограничивающих воздействие, выбросы загрязнений и т.д., осуществление технических мер, направленных на ограничение воздействий и др.

В настоящее время в полном объеме комплексный государственный экологический мониторинг (ГЭМ) арктических морей (Баренцева моря в том числе) не проводится, хотя разработки нефтегазовых месторождений в арктических морях уже начаты (Приразломное месторождение). Выполняется только мониторинг водных биологических ресурсов и частично среды их

обитания (ПИНРО, по заказу ФАР РФ), ведется мониторинг состояния геологической среды в Баренцевом море (ФГУПП «Севморгео» и ДПР «Моргео», по заказу ФАН РФ). Гидрохимический мониторинг Баренцева моря выполняется Мурманским УГМС только для Кольского залива и не каждый год.

В данной главе описаны и проанализированы подходы нескольких авторов и практические разработки нефтегазовых компаний по организации экологического мониторинга при освоении месторождений на шельфе России: работы С.А. Патины, О.Я. Сочнева, Г.Г. Матишова, С.Л. Дженюка, опыт производственного экологического мониторинга ОАО «Лукойл» на Северном Каспии, работы коллектива авторов Института океанологии РАН, нормативные документы ОАО «Газпром», работы В.П. Савиных, В.Ф. Крапивина, И.И. Потапова и др., опыт ПЭМ при освоении сахалинского шельфа, ПЭМ в районе месторождения Д-6. Рассмотрены новые требования к инженерно-экологическим изысканиям и производственному экологическому мониторингу на шельфе [СП 47.13330.2012, 2012].

Представлены результаты разработки картографической базы данных (КБД) Штокмановского проекта [8, 80]. Описано ее применение на различных стадиях освоения месторождения. Такие КБД должны быть созданы для всех крупных проектов освоения шельфовых месторождений (см. главу 8).

### **ГЛАВА 3 МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО СУДОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ВОДЕ ДЛЯ ЭКОЛОГО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ**

Показатели фитопланктона – видовой и количественный состав, концентрация хлорофиллов (КХ) – одни из важных при описании морской экосистемы районов возможного воздействия. Без этих характеристик невозможно математическое моделирование экосистемы, на их основе рассчитывается ущерб рыбным запасам от различных работ. Возможно, также, что фитопланктон при большой концентрации играет важную роль в осаждении нефти на дно (так называемые «морские сопки») при разливах нефти. Для спутникового мониторинга пространственно-временного развития фитопланктона требуется калибровка по судовым измерениям КХ – горизонтального и вертикального профилирования. Обязательное измерение КХ в ходе инженерно-экологических изысканий и производственного экологического мониторинга указывается в нормативных документах [СП 47.13330.2012, 2012] и в рекомендациях специалистов.

Данные о пространственно-временном количественном распределении КХ (по результатам непрерывных судовых и дистанционных наблюдений) важны для ОВОС: для уточнения времени цветения фитопланктона, концентрации фитопланктона и, соответственно, учета этой информации в расчетах гибели рыб-фитофагов. Последнее необходимо для расчетов ущербов от сейсмоакустических исследований и аналогичных расчетов от воздействия взвеси при гидротехнических работах.

*Флуориметрический метод – единственный, позволяющий измерять КХ в непрерывном режиме с дискретностью в несколько десятков метров и*

менее. Но интенсивность нативной (*in vivo*) флуоресценции хлорофилла фитопланктона (ИНФХ) зависит не только от КХ, но и от ряда внешних факторов, что не позволяет напрямую использовать ИНФХ для определения КХ. Основные влияющие факторы: *растворенное в воде органическое вещество (РОВ)* [39], *световое облучение* [Карабашев, 1987], *дисперсность флуоресцирующих частиц, видовой состав фитопланктона* [18, 50].

Для непрерывного измерения КХ использовался двухканальный флуориметр «Квант-7», разработанный совместно с НПО «Химавтоматика» [33, 51, 54]. Этот флуориметр – основной элемент *гидрооптического комплекса*. В последний также входят: система прокачки для подачи воды во флуориметр с приповерхностного горизонта, измеритель облученности, зонд горизонтального профилирования (*in situ*) для измерения температуры и солености, датчик GPS, компьютер. Флуориметр градуировали, используя экстрактивный спектрофотометрический метод [ГОСТ 17.1.04.02.-90, 1990].

В диссертации представлена разработанная автором методика непрерывного измерения КХ в воде в проточном режиме, учитывающая указанные влияющие факторы, сформулированы положения методики [18, 50]:

1. При работах в прибрежных водах морей и океанов, во внутренних водоемах при измерении ИНФХ *необходимо учитывать влияние РОВ* – измерения следует проводить по двум каналам: один – измерение ИНФХ, другой – измерение интенсивности флуоресценции (ИФ) РОВ. По фильтрату анализируемой воды определяют поправочный коэффициент для исключения влияния РОВ на измерения  $C_{хл}$ .

2. Одновременно *проводят измерения освещенности поверхности воды солнечным светом* для учета его возможного (не всегда присутствующего) влияния на отношение ИНФХ/КХ.

3. *Требуется оценивать однородность видового состава фитопланктона для исследуемого района* по соотношению пигментов фитопланктона, используя результаты спектрофотометрических экстрактивных измерений по дискретным пробам и возможно и привлекая данные видового состава фитопланктона.

4. Для учета влияния освещенности  $E$  (при его наличии) и видового состава фитопланктона, рассчитывают градуировочные уравнения  $C_{хл} = f(F_{хл}, E)$ , например, вида  $C_{хл}/F_{хл} = a + b \times E$  для каждого района с характерным примерно однородным видовым составом фитопланктона (где  $C_{хл}$  – КХ  $a$ ). Для случая учета влияния освещенности на отношение ИНФХ/КХ оценены погрешности результатов измерений в Баренцевом море [18, 55, 56].

По этой методике проведены измерения КХ в четырех морях: в Баренцевом море в районе возможного воздействия ШГКМ [19, 40, 49, 50], в Онежском заливе Белого моря [23, 71], в Гданьском заливе Балтийского моря [48, 57, 58], в Таганрогском заливе Азовского моря [10]. Показано, что наблюдается большая пространственно-временная изменчивость полей хлорофилла в приповерхностном горизонте. В диссертации представлены результаты измерений в Баренцевом и Азовском морях.



Учет влияния освещенности на отношение ИНФХ/КХ проводился только для чистых баренцевоморских вод (влияние РОВ отсутствовало), в остальных случаях она не влияла на конечный результат, но требовалось учитывать РОВ. Показана работоспособность методики в любых морях.

Сформулированы рекомендации по корректному использованию данных судовых измерения КХ для калибровки спутниковых снимков. Необходим учет вертикального и горизонтального распределения КХ при таких судовых измерениях [10]. Определены нерешенные проблемы и задачи для реализации флуориметрического метода.

#### **ГЛАВА 4 АВИАМОНИТОРИНГ ОРНИТОФАУНЫ – СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЭКОЛОГО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШЕЛЬФА**

Морские птицы – важный компонент морских экосистем. Большая численность авифауны в Баренцевом море (~ 10 млн. экз.) требует ее учета при экологическом сопровождении проектов на шельфе [СП 47.13330.2012, 2012]. Важен и природоохранный аспект – многие птицы занесены в Красные книги. Поэтому необходим экосистемный мониторинг орнитофауны.

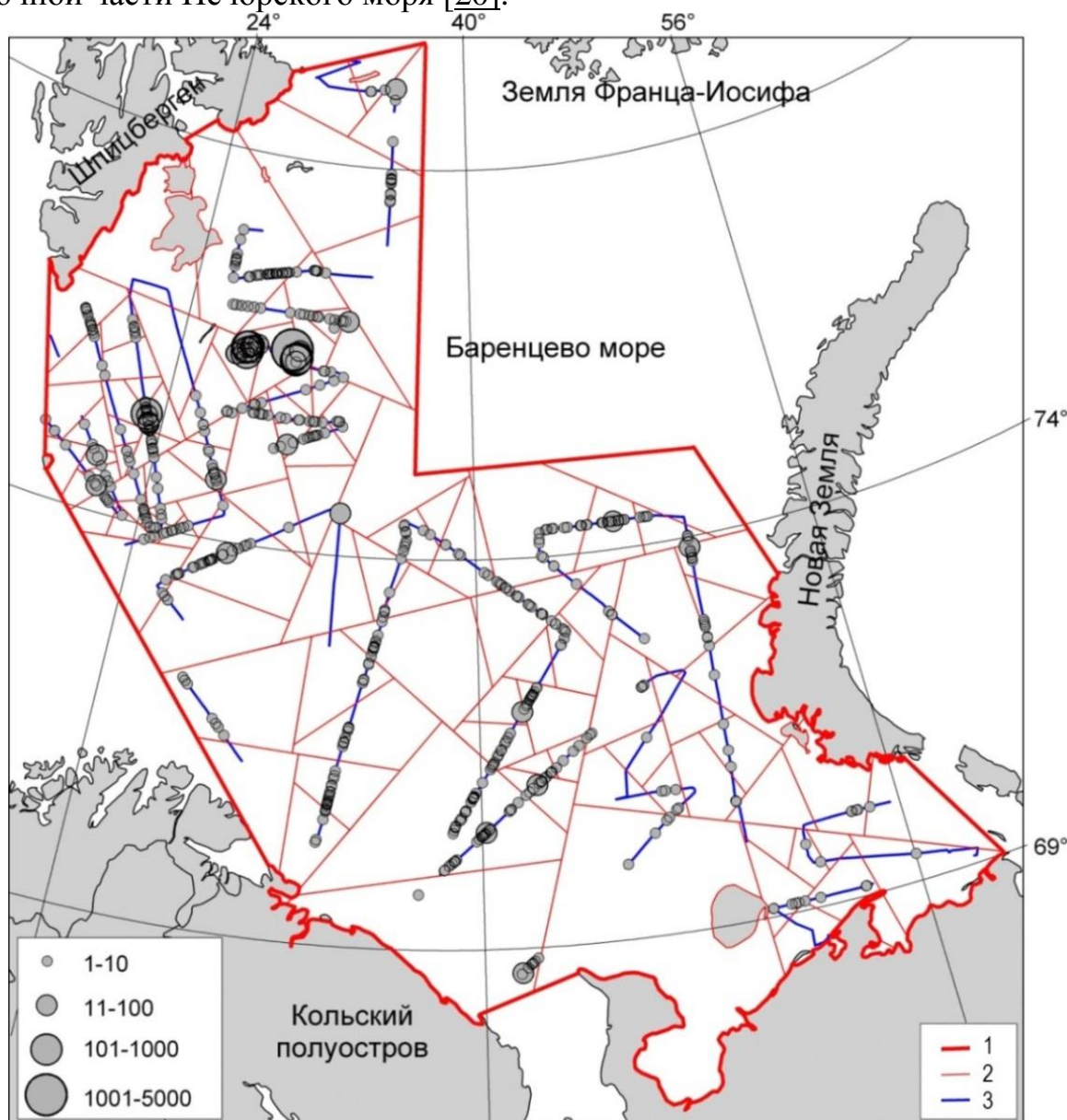
При расширении добычи и транспорта углеводородного сырья с месторождений на арктическом шельфе, нефтяное загрязнение будет основной угрозой для морских птиц региона [66]. Объем и характер мониторинга и научных исследований, выполненных в последние годы, не позволяет контролировать численность морских птиц Баренцева моря и других арктических морей, а значит обеспечить их охрану [70].

Методы мониторинга морских птиц в Баренцевоморском регионе в основном включают наблюдения в береговых колониях (главным образом в местах размножения) и с борта судов, действуют различные программы таких наблюдений. В последние двадцать лет при поддержке норвежских организаций выполнялись авианаблюдения за орнитофауной на акватории Баренцева моря (90-е годы) [Краснов, Баррет, 2000; Краснов и др., 2004 и др.], наблюдения численности авифауны вдоль побережья Кольского п-ва и о. Колгуев (нулевые годы) [41, 43, 46]. Но по их итогам оценок общей численности птиц в регионе сделано не было. В России нет единой базы данных по орнитофауне арктических морей. Отсутствуют простые математические модели ее распределения на акваториях морей.

В главе рассмотрены методические вопросы наблюдений авифауны на открытых акваториях Баренцева моря с борта самолета-лаборатории [4] за короткий промежуток времени. Авианаблюдения дают возможность реализовать на этой основе расчет общей численности птиц на обширных пространствах акваторий (что невозможно сделать иначе) и дополняют учет в колониях. Только комплексные исследования и в колониях, и на акваториях позволят судить об общей численности птиц и их распределении в регионе, что требуется по СП.47.13330.2012 [2012].

Автором на основе метода Н.Г. Челинцева [2000] впервые получены численности наиболее массовых морских птиц в открытой части Баренцева

моря [29] по авианаблюдениям, выполненным специалистами ММБИ и ПИНРО в сентябре 1997 г. (район учета –  $\frac{3}{4}$  акватории моря, рис. 4.1) и в восточной части Печорского моря [20].



1 – границы района работ; 2 – границы полигонов, на которые разделен весь район и на основе которых проводился расчет общей численности птиц; 3 – маршрут полетов  
**Рисунок 4.1** – Распределение численности моевки вдоль маршрута полетов в сентябре 1997 г.; (исходные данные наблюдений предоставлены Ю.В. Красновым). Общая численность моевки в районе – 4.1 млн. экз. [29]

Проведен сравнительный анализ полученных результатов с численностью гнездовых пар: учет в колониях существенно недоучитывает численность моевки и глупыша для всего района моря. Численность этих видов над акваторией моря в сентябре 1997 г. составляла около 4–5 млн. особей каждого. Для кайр при сравнении с численностью гнездящихся пар необходимо учитывать распределение вида во всем Баренцевоморском регионе, включая прилегающие районы Норвежского и Гренландского морей [29]. Представлена также численность морских птиц в восточной части Печорского моря (ис-

следования ПИНРО и ММБИ в октябре 1999 г.): бургомистра, синьги и турпана, кайры. Эти результаты были получены впервые [20]. Дан анализ полученных оценок и сформулированы рекомендации по совершенствованию авиаучета [20]: съемки раз в три года, весной, летом, осенью, каждая – 4–5 полетов; обследуемая акватория – не менее 1–1.5 % учетной площади, расстояние между галсами – 20–25 км, наблюдения – двумя орнитологами [21].

Представлены результаты вертолетных наблюдений птиц вдоль побережья Баренцева моря и в Белом море, в которых автор принимал непосредственное участие [9, 41, 43, 46]. На основе опыта и результатах проведенных авианаблюдений морской орнитофауны, а также предложений по мониторингу, изложенных в норвежско-российской монографии [Состояние популяций..., 2003], обобщены и дополнены рекомендации по мониторингу морских и водоплавающих птиц в Баренцевоморском регионе [29]. Необходимо: 1) создавать единую российскую базу данных мониторинга орнитофауны арктических морей; 2) проводить сбор информации об антропогенных и природных факторах воздействия на морских птиц; 3) разрабатывать математические модели для оценок численности и поведения птиц, воздействия на них различных факторов, корректировки программ мониторинга.

Без авианаблюдений отсутствует информация о распределении орнитофауны в открытых морских районах и в прибрежных районах арктических морей вдали от населенных пунктов. Без этих данных распределение авифауны на картах уязвимости (см. главы 2 и 7) будет основано на грубых оценках этого самого уязвимого от нефти биологического объекта, и карты уязвимости будут некорректными.

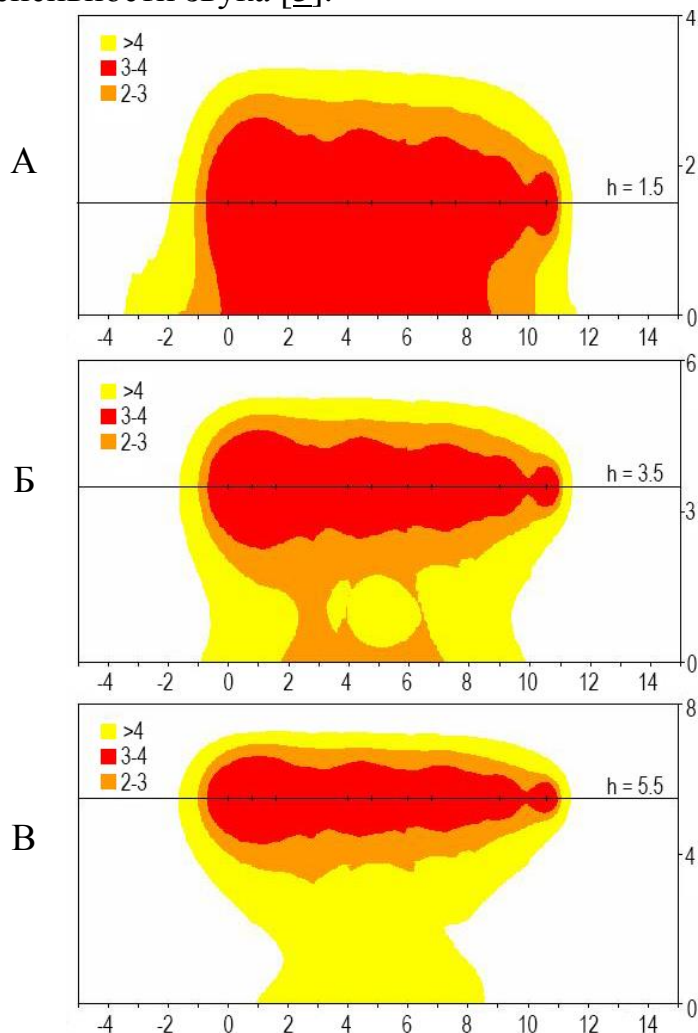
## **ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОТУ**

Антропогенный шум в арктических морях возрастает в связи интенсификацией сейсмоакустических исследований (САИ), ростом грузоперевозок, в том числе нефти, и в связи с освоением шельфовых месторождений. Поэтому крайне важно иметь оценки (которые отсутствовали) воздействия шума, обусловленного освоением месторождений на шельфе Баренцева моря.

**Сейсмоакустические исследования.** Данные об их влиянии на биоту противоречивы. В настоящее время используют несколько подходов к расчету зон воздействия. Первый основан на использовании экспериментальных данных, по которым для отдельных пневмоисточников (ПИ) определяется радиус безопасности [Семенов и др., 2004]. Второй – на использовании различных моделей формирования поля давления. [Балашканд и др., 1980; Исследование пространственно-временных..., 1991]. Еще один метод основан на использовании лучевого метода [Там же]. Во всех подходах не учитывается влияние поверхностей раздела воды с воздухом и дном.

Автором показано, что необходимо учитывать интерференционные явления при взаимодействии полей давления, создаваемых отдельными ПИ, а также учитывать эффекты отражения волны от поверхности водоема и дна [5, 73, 87]. По результатам проведенных работ предложен подход к расчету амплитуды первой волны давления для групповых ПИ при САИ на мелководье

(глубины менее 8–10 м) [87]. Принимается, что степень поражения гидробионтов определяется первой волной давления от ближайшего ПИ с максимальной амплитудой. Воздействие других ПИ в этой точке учитывается сдвигом их импульсов относительно этого. Учитывается и отражение от поверхности раздела с воздухом и от дна. Показано (рис. 5.1), что вблизи поверхности раздела вода – воздух должна существовать зона пониженной интенсивности звука [5].



А) Глубина водоема 4 м, глубина погружения ПИ от дна –  $h = 1.5$  м;

Б) Глубина водоема 6 м, глубина погружения ПИ от дна –  $h = 3.5$  м;

В) Глубина водоема 8 м, глубина погружения ПИ от дна –  $h = 5.5$  м;

по осям координат – метры,

в левом верхнем углу – значения давления в бар на границах зон;

масштаб по осям разный;

штрихи – положение пневмоисточников

**Рисунок 5.1** – Диаграмма распределения амплитуды первой волны давления (бар) от группы 9 ПИ-2.5: 9 пневмоисточников с различными объемами камер разным расстоянием между ПИ [87];

Проведенные нами работы для геологоразведочных компаний показали, что часто для районов проведения САИ вообще отсутствуют данные ГЭМ по биоте (ихтиопланктону, фито- и зоопланктону, бентосу) и материалы других исследований или таких данных не хватает, отсутствуют и результаты всестороннего анализа природной среды (см. главы 2 и 8). Поэтому для ОВОС приходится делать экспертные оценки, что сильно может исказить результат ОВОС и суммы компенсационных выплат. В диссертации приведены примеры расчета воздействия САИ на биоту для участка Тото-Яхинского месторождения в Тазовской губе [11] с малыми (8.5–3 м) и очень малыми (3–1.25 м) глубинами и для района Байдарацкой губы Карского моря [73].

**Шум судов.** Существуют риски негативного гидроакустического воздействия на морских млекопитающих при освоении месторождений (в нашем случае – Штокмановского газоконденсатного месторождения – ШГКМ), т.к.

максимум интенсивности шума от судоходства, строительных и буровых работ находится в частотном диапазоне слуха этих животных. В Баренцевом море встречаются представители отрядов китообразных (зубатые и усатые киты) и ластоногих (моржи и настоящие тюлени). Особую опасность такой шум представляет для видов внесенных в Красный список СМОП, к ним относятся хохлач, кашалот, финвал, сейвал и блювал.

До 1994 г. для всех видов китообразных (в случае неимпульсных сигналов) было рекомендовано применять критерий акустического воздействия на поведение – 120 дБ отн. 1мкПа скз [Malme et al., 1983; 1984]. В настоящее время все большее распространение в исследованиях звукового воздействия приобрела метрика энергетического (дозного) подхода, где подсчитывается принятая кумулятивная энергия акустического воздействия [Southall et al., 2007]. Предложено [Веденев, 2006; IISG, 2006] при акустическом мониторинге нагульного района популяции западных серых китов использовать модифицированный подход к расчету уровня звукового воздействия (УЗВ) и ограничить уровни промышленного шума в зависимости от его продолжительности. При обустройстве морского месторождения, такого, например, как ШГКМ, основной источник шума будет в районе строительства подводного добычного комплекса (ПДК) на лицензионной площадке. Вклад шума поверхности моря и рыбодобывающих судов в шум среды в районе ПДК для мая и сентября для различных глубин мал [91, 92] и им можно пренебречь.

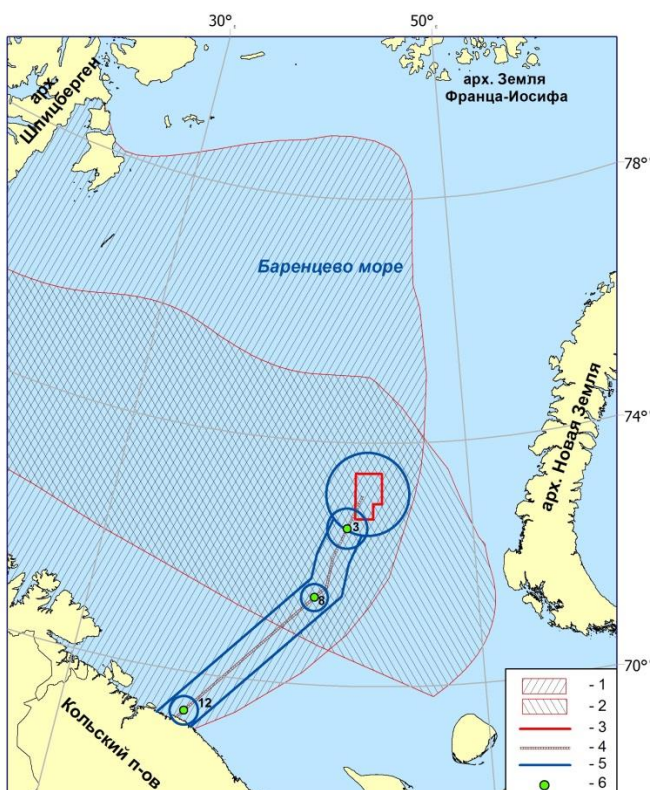
Для оценок гидроакустического воздействия при обустройстве и эксплуатации ШГКМ автором были сформулированы задачи по расчету размеров зон такого воздействия и предложен подход по решению этих задач. При этом учитывалось распределение морских млекопитающих в районе воздействия в соответствующие сезоны.

Результаты расчетов с учетом экспертных оценок шумности судов для 2-х вариантов («а» и «б») состава работающих судов (ордеров) на лицензионной площадке следующие. На поверхности моря размер зоны с уровнем больше 120 дБ отн. 1мкПа составляет: для мая – от 11.4 тыс. км<sup>2</sup> (R≈60 км) до 16.2 тыс. км<sup>2</sup> (R≈71 км) – рис. 5.2; для сентября от 7.2 тыс. км<sup>2</sup> (R≈48 км) до 9.7 тыс. км<sup>2</sup> (R≈56 км) в зависимости от состава судов, работающих на различных площадках ПДК [92]. Один из наихудших сценариев для охраняемых видов (минимальный уровень шума в зоне воздействия ПДК – 120 дБ отн. 1мкПа, максимальное число охраняемых особей одного вида находящихся в этой зоне) – в зоне воздействия летом может находиться около 7 сейвалов при их общей численности в море ~ 700 особей [92].

Аналогично были рассчитаны зоны гидроакустического воздействия для различных глубин приема при работе трубоукладочного судна в различных точках прохождения подводного трубопровода (радиусы зон составляют 18 ÷ 37 км в зависимости от глубины и положения точки расчета на трассе).

В целом, на данном этапе с учетом имеющихся данных гидроакустическое воздействие на морских млекопитающих в Баренцевом море может считаться незначительным, но требуются дополнительные исследования по

оценке такого воздействия на основе реальных данных о шумности судов и более полных данных о распределении морских млекопитающих в этом районе. Необходимо также оценить возможное воздействие подводного шума при обустройстве и эксплуатации ШГКМ на распределение рыбных скоплений и миграцию рыб.



Распространение двух охраняемых видов морских млекопитающих в Баренцевом море в весенний период:

- 1 – горбач (плотность 0.0028 экз/км<sup>2</sup>, общая численность – 200 экз.);
- 2 – блювал (плотность 0.0012 экз/км<sup>2</sup>, общая численность – 50 экз.);
- 3 – границы лицензионной площадки Штокмановского ГКМ;
- 4 – трасса подводного газопровода;
- 5 – границы зон, на которых уровень подводного шума составляет 120 дБ отн. 1 мкПа (для трубопровода – усредненные границы);
- 6 – номера и положение точек расчета (положение трубоукладочного судна)

**Рисунок 5.2** – Зоны акустического воздействия при освоении Штокмановского ГКМ в Баренцевом море и распределение двух охраняемых видов морских млекопитающих (весна)

Критические уровни звука для начала негативного акустического воздействия даны в работе [Tasker et al., 2010]. Эти значения и размеры зон гидроакустического воздействия для ШГКМ – ориентир для оценок такого воздействия на морских млекопитающих при освоении шельфа.

Важно также отметить, что выявлено отсутствие необходимых данных как о параметрах гидроакустического шума судов и САИ, так и об уязвимости биоты (фактически всех групп) к такому воздействию (см. главы 2 и 8).

## **ГЛАВА 6 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ ВЗВЕСИ НА БИОТУ ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТАХ НА ШЕЛЬФЕ**

При бурении, укладке морских трубопроводов, дноуглублении, дампинге неизбежны появления в толще воды облаков и шлейфов взвеси, в которых концентрация минеральных частиц существенно превышает естественный фон. Выполняемые при этом оценки воздействия минеральной взвеси (МВ) и ущерба от этого в материалах ОВОС часто не вполне корректны: 1) уровни воздействия (доля гибели морских организмов) МВ разной концентрации ( $C_{мв}$ ), применяемые при расчетах и требования госорганов, не всегда обоснованы; 2) часто не учитывается время существования облаков взвеси.

*В диссертации сделан анализ времени существования и размеров зон распространения взвеси, обусловленные природными и антропогенными*

ми факторами. Показано, что в различных районах шельфа, в первую очередь в прибрежье, концентрация МВ, обусловленная природными факторами, может достигать больших значений (при шторме – до 10 000 мг/дм<sup>3</sup>). Это сопоставимо с  $C_{мв}$  при гидротехнических работах [12].

Ключевые вопросы учета антропогенного воздействия МВ: а) определение (расчетами с последующей проверкой при мониторинге) значений концентрации МВ в воде, б) оценка времени существования таких облаков и в) определение доли гибели гидробионтов при этом. Различные организации используют разные значения  $C_{мв}$ , вызывающие ту или иную степень гибели гидробионтов. Россельхознадзор [письмо № ФС-ГК-5/4496 от 16.05.2007] рекомендовал принимать 50 % гибели зоопланктона для  $C_{мв} = 20–100$  мг/дм<sup>3</sup>, при 100 мг/дм<sup>3</sup> и выше – 100% гибели. Но при этом не учитывается время воздействия МВ на биоту, что неприемлемо.

Совместный с соавторами анализ данных экспериментов, проведенных в лаборатории эколого-токсикологических исследований (ВНИРО), позволил оценить значения параметров действия облаков взвеси на различные экологические группы (фито-, зоо-, ихтиопланктон, рыб и бентос) [13]. Основное воздействие взвеси на биоту и ущерб рыбным запасам для районов шельфа обусловлен гибелью зоо- и/или фитопланктона от облаков с  $C_{мв} \gg 10$  мг/дм<sup>3</sup> и при условии их существования более 2–5 суток. **Сформулированы рекомендации по использованию значений  $C_{мв}$  при расчетах ущерба в зависимости от времени воздействия взвеси на биоту** (табл. 6.1, [13]).

**Таблица 6.1** – Сводная таблица значений концентраций минеральной взвеси, рекомендуемых для использования при расчете ущерба биоресурсам

Фитопланктон		Зоопланктон	
Концентрация взвеси ( $C_{мв}$ ), мг/дм <sup>3</sup>	Время действия взвеси, сутки	Концентрация взвеси ( $C_{мв}$ ), мг/дм <sup>3</sup>	Время действия взвеси, сутки
EC <sub>50</sub> = 1 000	4.0	LC <sub>50</sub> = 1 000	21
EC <sub>50</sub> = 500	14	LC <sub>40</sub> = 500	21
недействующая концентрация: 100 мг/дм <sup>3</sup> за 14 суток		LC <sub>25</sub> = 100	21
		LC <sub>16</sub> = 50	21
		недействующая концентрация: 10 мг/дм <sup>3</sup> за 21 сутки	

Гибель биоты обусловлена и засыпкой грунтом при различных работах. По результатам экспериментов, проведенным в нашей лаборатории, и обобщения опубликованных данных показано, что **принимаемые практически всегда при ОВОС значения толщины слоя засыпки грунтом (5 мм), приводящие к гибели зообентоса, часто не обоснованы** и должны учитывать видовой состав зообентоса и его способность перемещаться в грунте. Возможны ситуации, когда слой грунта в 10–20 см не будет вызывать гибели 80-90 % бентосных организмов.

В ходе выполнения ОВОС Штокмановского проекта нами были сформулированы задачи по моделированию распространения взвеси при укладке подводного газопровода и проведен анализ полученных данных [6]. Объемы облаков взвеси, образующихся при срезке неровностей дна трубозаглубителем, локализируются вблизи дна, поднимаясь от поверхности дна не более чем на 20–30 м (изолинии  $C_{mv} = 10 \text{ мг/ дм}^3$ ). Облако с повышенным содержанием взвеси может перемещаться на значительные расстояния от места возникновения, проплывая до полутора десятков километров (для поля с  $\min C_{mv} = 10 \text{ мг/ дм}^3$ ). Облака с большей минимальной  $C_{mv}$  перемещаются придонными течениями на меньшие расстояния. Время существования полей повышенной концентрации взвеси при срезке грунта длиной до 250 м для  $C_{mv} > 10$  и  $100 \text{ мг/ дм}^3$  зависит от доли пелита в грунте и составляет соответственно 5–6 суток и 18–40 часов. Для полей, где  $C_{mv} > 1000 \text{ мг/ дм}^3$ , облака МВ существуют 14–16 часов. Сделан вывод, что гибели планктона при этом нет.

Для дноуглубительных работ по реконструкции базы «Газфлот» в Кольском заливе в рамках совместной работы с ООО «Кардинал» проведены расчеты распространения взвеси при дноуглублении и дампинге извлекаемого грунта [14–16]. Анализ результатов показал большую изменчивость объемов облаков МВ, их положения, времени существования,  $C_{mv}$  в них. При дноуглублении земснарядом облака с  $C_{mv} < 700 \text{ мг/ дм}^3$  существуют постоянно, а с большими концентрациями – только при определенных фазах приливоотлива. Максимальные концентрации наблюдаются в моменты полной и малой воды, причем во втором случае они больше чем в первом. Сильные приливоотливные течения и их реверсивный характер приводят к тому, что облака взвеси постоянно изменяют свое местоположение и размер. Не весь зоопланктон с облаком высокой или средней концентрации ВВ, перемещенный течением при отливе к северу (или к югу при приливе), при новом отливе (приливе) окажется по прошествии периода приливоотливного цикла в облаке такой же концентрации МВ. Часть выйдет из зоны воздействия за счет собственного перемещения. Учитывая период обновления вод в южной части залива (около 6 суток вследствие существующего постоянного небольшого течения), непостоянство времени воздействия (не более 5–6 суток) взвеси на планктон, сделан вывод, что не будет гибели зоопланктона от воздействия МВ. В целом, *с учетом времени существования облаков чистой минеральной взвеси в прибрежных водах (заливах и губах) приливоотливных морей ее воздействие на планктон может быть незначительным* и в этом случае нет нарушений в экосистемы из-за гибели планктона. Для случая примесей загрязняющих веществ в извлекаемом грунте требуется дополнительные исследования их воздействия на планктон.

Сделан также вывод, что *при дноуглубительных работах для оценки корректности расчетов распространения взвеси и ОВОС от таких работ необходим экосистемный мониторинг* (см. главу 8). С учетом большой пространственно-временной изменчивости полей МВ в шельфовых районах целью такого мониторинга должна быть проверка результатов модели-



рования в нескольких точках (станциях). И если различие между результатами моделирования и мониторинга не более 10–20 %, то расчеты ОВОС и ущерба по результатам моделирования можно считать корректными.

## **ГЛАВА 7 РАЗРАБОТКА КАРТ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ**

С началом освоением арктического шельфа возрастает угроза нефтяного загрязнения [28]. Важная нерешенная в России проблема, связанная с ликвидацией разливов нефти (ЛРН), – разработка и использование карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти. «Составление и обновление карт уязвимых зон является ключевым моментом процесса планирования» ЛРН [ПРИЕСА, 2000]. *В России на сегодня нет нормативов, предписывающих обязательную подготовку и использование в планах ЛРН карт уязвимости/чувствительности прибрежных акваторий и берегов, отсутствует и утвержденная методика построения таких карт.* Карты уязвимости всех экологических групп (от бактериопланктона до птиц) и природных комплексов (экосистем) к основным ожидаемым воздействиям, а не только нефти, должны быть результатом ИЭИ на шельфе [СП 47. 13330.2012, 2012]. В диссертации проанализированы российские и зарубежные методики построения карт уязвимости.

С учетом проведенного анализа нами разработана методика построения карт уязвимости от нефти и приведены примеры таких карт для районов арктического шельфа [7, 28, 93, 94, 95]. Этот подход может быть положен в основу единой российской методики.

В планы ЛРН предлагается включать: 1) карты «относительной» интегральной уязвимости прибрежных и морских зон; 2) карты чувствительности берегов по индексу ESI [ИМО et al., 2012]; 3) базу фото- и видеоматериалов береговой линии. Карты «относительной» уязвимости показывают уязвимость различных участков в диапазоне min–max уязвимости по сезонам, на них всегда есть участки с рангами уязвимостью 1–3 или 1–5 (в зависимости от принятого числа рангов). По этой методике разрабатывают и карты «абсолютной» уязвимости, предназначенные для природоохранных целей и рационального природопользования (могут включаться в планы ЛРН). Они показывают уязвимость участков в диапазоне min–max уязвимости за год: для конкретного сезона на них могут не присутствовать участки с высокой или низкой уязвимостью. Наборы карт уязвимости акваторий/чувствительности берегов строят 3-х масштабов: стратегические (1:2 000 000 – 1:500 000); тактические (1:250 000 – 1:100 000) и объектные (1:10 000 – 1:50 000).

### **Этапы построения карт интегральной уязвимости.**

#### ***1. Подготовка исходной информации по картографируемому району.***

Определяют перечни учитываемых важных компонентов биоты (ВКБ): групп/подгрупп/видов биоты (g); особо значимых объектов (ОЗО): экологических, социокультурных ресурсов (без биоты), объектов хозяйственной деятельности (с); природоохранных территорий (ПОТ): заповедников..., районов

обитания краснокнижных видов, планируемых ООПТ ( $d$ ). Уточняют границы сезонов ( $s$ ) – периодов года, для которых практически не меняется плотность распределения ВКБ ( $B^{sg}$ ) и видовой состав биоты. Оценивают коэффициенты уязвимости  $V_b^g$  биоты от нефти [Offringa, Lahr, 2007]:  $V_b^g = (S^g \times E^g) / R^g$ , где  $S^g$  – чувствительность групп/подгрупп/видов к нефти,  $R^g$  – восстанавливаемость биоты,  $E^g$  – потенциальное воздействие нефти на нее. Определяют коэффициенты приоритетной защиты для ОЗО –  $V_c^e$ , исходя из их экологической, социокультурной и хозяйственной значимости, и для ПОТ –  $V_d^f$ , их оценивают по природоохранной значимости территории.

## 2. Построение сезонных карт уязвимости ВКБ.

2.1. Первый вариант (данные о биоте есть в полном объеме). Карты сезонного, разномасштабного распределения ВКБ строят в единицах измерения для данной группы: в г/м<sup>2</sup>, т/час траления... и нормируют на *среднегодовые* значения обилия групп ( $P^{gy}$ ) в картографируемом районе:  $B^{sg[y]} = B^{sg} / P^{gy}$ . Выполняют «сложение» карт распределения  $B^{sg[y]}$  с учетом коэффициентов  $V_b^g$ :  $Y_b^s = \sum_g B^{sg[y]} \times V_b^g$ . Полученные карты  $Y_b^s$  нормируют на  $\max Y_b^s$  за сезон и за год и переходят в диапазоны значений  $\min Y_b^{s(s)} \div 100$  или  $\min Y_b^{s(y)} \div 100$  усл. ед. Итог – карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости ВКБ.

2.2. Второй вариант (данных о биоте недостаточно, но возможны экспертные оценки). Карты строят в рангах (например: 1–3 или 1–5). Оценивают сезонные соотношения обилия для учитываемых  $g$ -х групп биоты в районе:  $A^{s1g} : A^{s2g} : A^{s3g} : \dots$  ( $\sum_{s_i} A^{s_i g} = 1$  или  $100$ ). Это необходимо, т.к. между сезонами ранги 1–3 или 1–5 не отражают соотношения обилия между  $g$ -ми группами биоты: оно может меняться на несколько порядков (пример – рис. 7.1) [28].

Рассчитывают распределение уязвимости биоты для каждого сезона:  $Y_b^s = \sum_g A_b^{sg} \times B^{sg} \times V_b^g$ . Выполняют (аналогично п. 2.1) нормировку полученных карт на  $\max Y_b^s$  за сезон или год. Итог – карты распределения «относительной»  $Y_b^{s(s)}$  и «абсолютной»  $Y_b^{s(y)}$  уязвимости ВКБ.

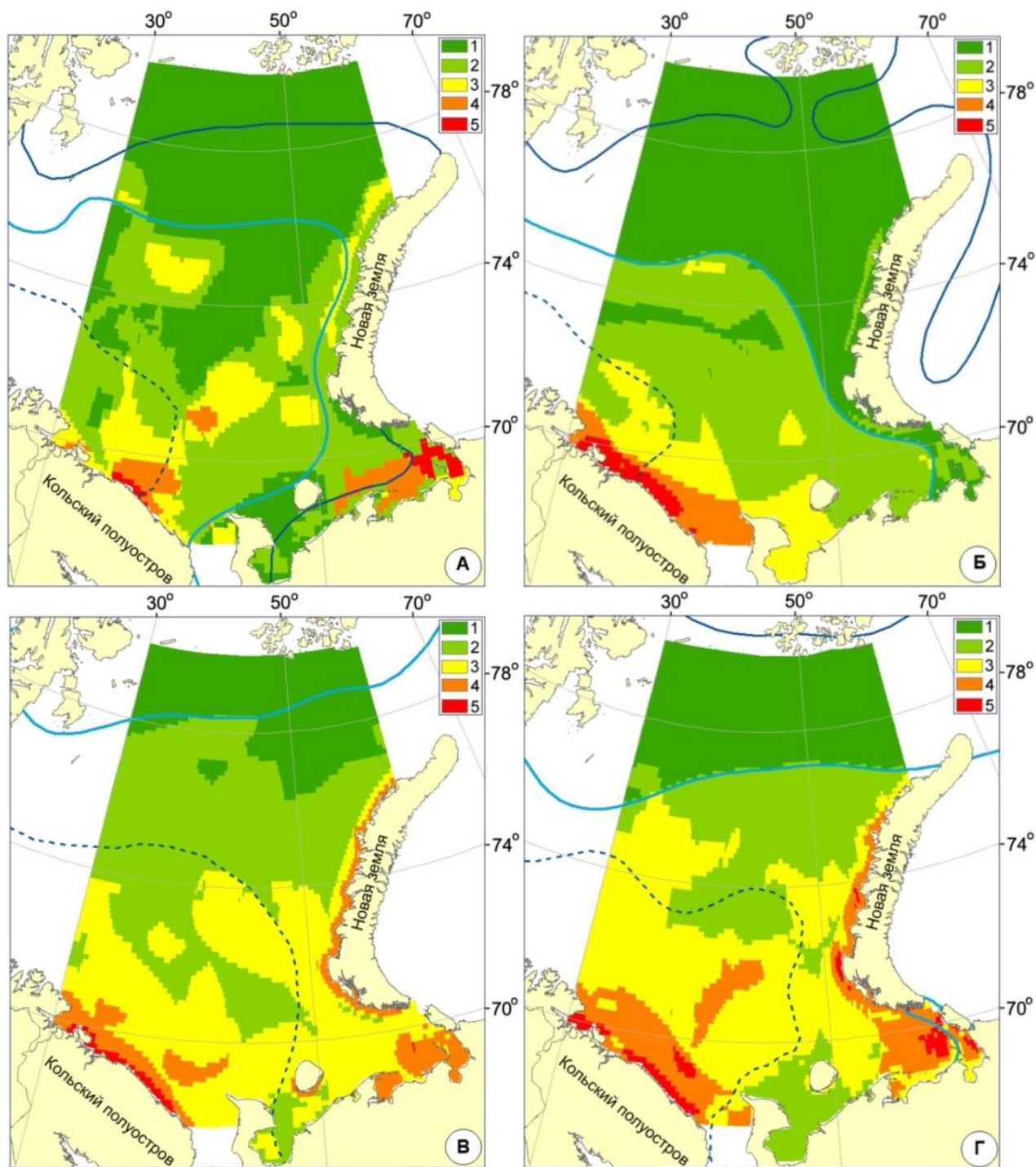
## 3. Построение карт уязвимости особо значимых объектов (ОЗО).

Строят исходные карты расположения ОЗО ( $C^{se}$ ) для  $s$ -ых сезонов:  $C^{se} = 1$  в пределах полигона ОЗО и 0 – вне его. Выполняют для сезонов «сложение» карт ОЗО с учетом коэффициентов  $V_c^e$ :  $Y_c^s = \sum_e C^{es} \times V_c^e$ . Нормируют полученные карты аналогично второй нормировке в варианте 2.1.

4. Построение карт уязвимости природоохранных территорий (ПОТ). Выполняют аналогично п. 3.

## 5. Построение карт интегральной уязвимости.

Проводят «сложение» карт «относительной» уязвимости ВКБ, ОЗО и ПОТ:  $Y_\Sigma^{s(s)} = K_b \times Y_b^{s(s)} + K_c \times Y_c^{s(s)} + K_d \times Y_d^{s(s)}$ . Диапазон значений  $Y_\Sigma^{s(s)}$  для каждого сезона делят на 3–5 равных(!) поддиапазонов. Аналогично получают карты «абсолютной» интегральной уязвимости  $Y_\Sigma^{s(y)} = K_b \times Y_b^{s(y)} + K_c \times Y_c^{s(y)} + K_d \times Y_d^{s(y)}$ .



**Рисунок 7.1** – Картограммы «относительной» интегральной уязвимости биоты Баренцева моря: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Учтено распределение семи компонентов (экологических групп) экосистемы [28]

Участки с высоким рангом (3 или 4–5, в зависимости от числа рангов) – районы приоритетной защиты. Районы с рангами 1 (для шкалы 1–3) или рангами 1–2 (для шкалы 1–5) могут быть «жертвенными» районами. Аналогично получают карты «абсолютной» интегральной уязвимости. Объектные карты строят по варианту 2.1 (в этом случае по району должна быть полная информация о биоте, получаемая в ходе ИЭИ), стратегические и тактические – по варианту 2.1 или 2.2 в зависимости от наличия данных.

## ГЛАВА 8 КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОСИСТЕМНОГО МОНИТОРИНГА КАК ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА

Экологический мониторинг (государственный экологический мониторинг – ГЭМ и производственный экологический мониторинг – ПЭМ в широком смысле) – основа экологического сопровождения при освоении месторождений шельфа. Но для подготовки ОВОС и мероприятий по охране окружающей среды (ООС) часто не хватает исходных данных – характеристик антропогенных источников и факторов воздействия, параметров уязвимости биоты, характеристик ее распределения. *Основные проблемы* экологического мониторинга морской среды: отсутствие в полном объеме ГЭМ, результатов всестороннего анализа морской природной среды, разобщенность информационных потоков ГЭМ и ПЭМ.

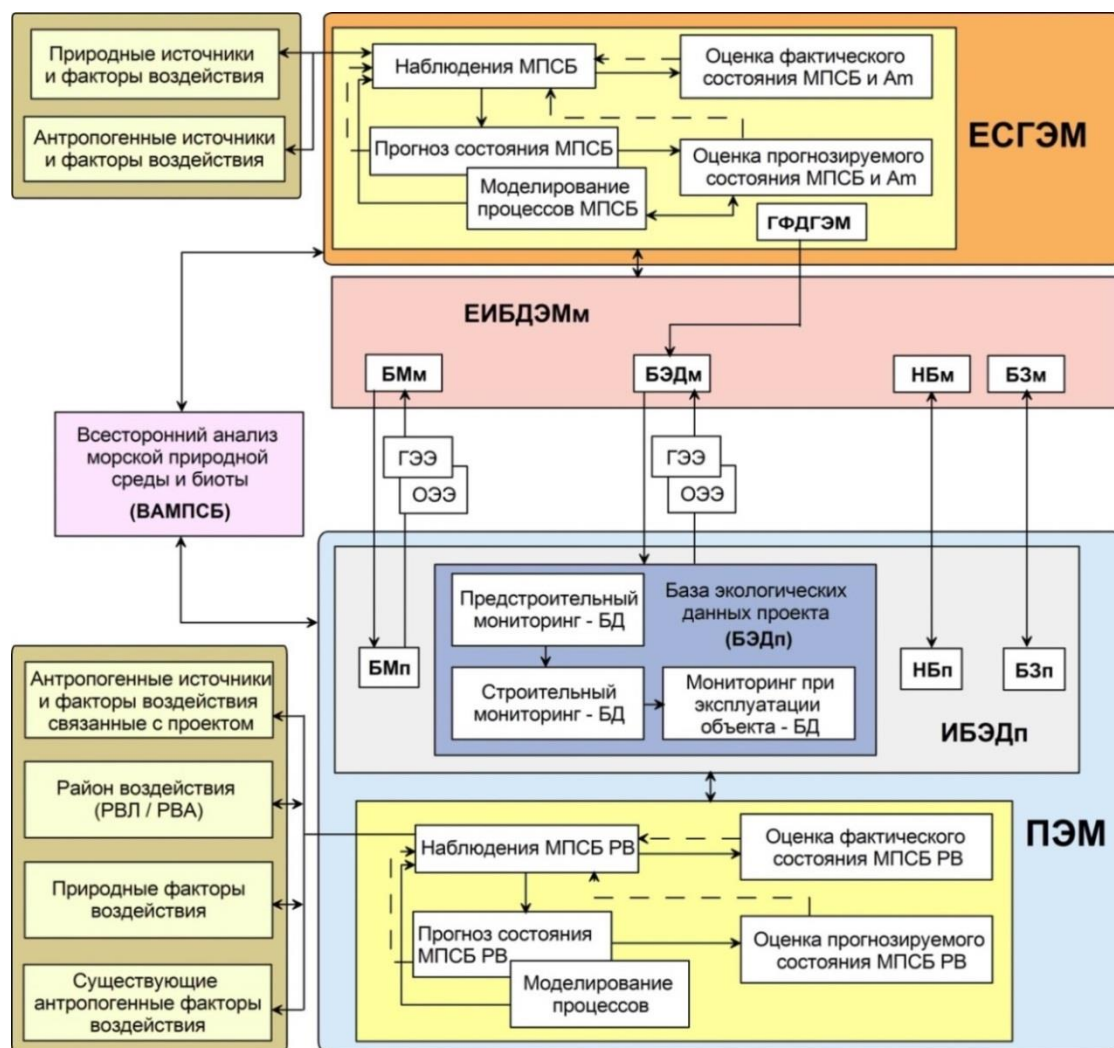
На основе обобщения российского опыта автором предложена концепция комплексного экосистемного мониторинга при освоении шельфовых месторождений. Такой мониторинг на основе предлагаемой концепции определяется как комплексная система экологических исследований морей, проводимых а) государственными организациями или частными компаниями по заказу государства в рамках ГЭМ, б) организациями по заказу частных компаний (осваивающих шельфовые месторождения) в рамках ПЭМ, ИЭИ, ПК, ОВОС, подготовки материалов по ООС ..., в) различными НИИ и фирмами по заказу государства и частных компаний и напрямую не связанными с ГЭМ и освоением месторождений, г) другими организациями, проводящими эколого-океанологические исследования морей (экологические и гидрографические службы ВМФ, дирекции особо охраняемых природных территорий (ООПТ), неправительственные экологические организации...).

*Цель предлагаемой концепции – объединение, интеграция усилий* государственных организаций, действующих в рамках государственного экологического мониторинга, и частных компаний, выполняющих экологические исследования в ходе освоения месторождений шельфа, а также всех других организаций, проводящих эколого-океанологические исследования на шельфе, и *оптимизация процесса экологического мониторинга на различных уровнях для обеспечения сохранения морской природной среды и биоты*, в том числе в арктических морях.

В диссертации описаны задачи экосистемного мониторинга, основные положения концепции, сфера действия, механизм реализации и ожидаемый социально-экономический эффект. Основные положения концепции:

(1) *В полном объеме проводится Государственный экологический мониторинг (ГЭМ) российских морей*, в том числе в районах воздействия проектов. На основе информации, получаемой в рамках ГЭМ, ИЭИ и ПЭМ, проводится всесторонний анализ морской природной среды и биоты (ВАМПСБ) (рис. 8.1) и уточняются допустимые антропогенные воздействия и нагрузки на биоту. Полученные нами оценки воздействия чистой минеральной взвеси на экологические группы биоты и подход к их использованию представлен в главе 6, предварительные оценки уязвимости биоты от подводного шума – в

главе 5, от нефти – в главе 7. Но в этих направлениях требуются дополнительные исследования.



МПСБ – морская природная среда и биота, Ат – ассимиляционная емкость экосистемы, ГФДГЭМ – государственный фонд данных ГЭМ, ГЭЭ – государственная экологическая экспертиза, ОЭЭ – общественная экологическая экспертиза, БМм – база математических моделей морей, БЭДм – база экологических данных морей, НБм – нормативная база морей, БЗм – база знаний морей; РВЛ – район воздействия локальный, РВА – район воздействия аварийный, БМп – база математических моделей проектов, НБп – нормативная база проектов, БЗп – база знаний проектов

**Рисунок 5.1** – Схема комплексного экосистемного мониторинга: общая схема (алгоритм) реализации ГЭМ, общая схема реализации ГЭМ, выполняемого по заказу государства в рамках ЕСГЭМ (единой системы государственного экологического мониторинга) – верхняя часть схемы, и общая схема реализации ПЭМ, выполняемого компанией при реализации проекта освоения шельфового месторождения – нижняя часть схемы

(2) На всех этапах освоения месторождения компания, владеющая лицензией, обеспечивает проведение экологических исследований и мониторинга (ИЭИ, ПЭМ, ПЭК), что должно составлять единую неразрывную последовательность работ для районов воздействия от начала разведочных работ (САИ) до ликвидации проекта, даже при смене владельца лицензии.

(3) В рамках единой системы государственного экологического мониторинга (ЕСГЭМ) *должен развиваться и пополняться Государственный фонд данных ГЭМ (ГФДГЭМ)*, в котором накапливается вся первичная экологическая информация, получаемая в ходе ГЭМ.

(4) Компания-оператор проекта на основе результатов различных экологических исследований *создает свою Информационную Базу Экологических Данных проекта – ИБЭДп* (для локального района воздействия – РВЛ и района воздействия возможных аварийных ситуаций – РВА).

(5) Для каждого российского моря *создается Единая информационная база данных экологического мониторинга морей (ЕИБДЭМм)* – единая государственная БД о природной и техногенной среде морей России. На уровне первичных данных о среде и биоте эта БД есть «объединение» Государственного фонда данных ГЭМ (ГФДГЭМ) и Базы экологических данных морей (БЭДм), входящей в Информационную базу экологических данных проектов (ИБЭДп):  $БЭДм = ГФДГЭМ \cup БЭДп$ . В ходе работ по сопровождению Штокмановского проекта нами была разработана картографическая база данных района воздействия проекта, включающая первичные данные океанологических станций нескольких инеженерно-экологических изысканий [8, 80]. В определенной мере это может быть прототипом для БЭДп (глава 2).

(6, 7, 8) В рамках Единой информационной базы данных экологического мониторинга морей (ЕИБДЭМм) *создаются: База математических моделей морей (БМм)* – моделей экосистем отдельных шельфовых районов и морей в целом и *Нормативно-правовая база документов (НБм)*, относящихся к правовому регулированию действий на акваториях российских морей. Аналогичные базы (*БМп НБп*), создаются компаниями в рамках разработки шельфовых месторождений для районов воздействия проекта. Разрабатываются и *Базы знаний* для моря и для отдельных проектов (*БЗм и БЗп*), которые должны содержать различную опубликованную и не опубликованную информацию от научных статей до отчетов по ОВОС, инженерно-экологических изысканий, заключений госэкспертизы по проектам, планам ЛРН и т.д.

(9) *Пополнение Единой Информационной Базы Данных Экологического Мониторинга морей (ЕИБДЭМм)*. Эта база данных должна постоянно пополняться результатами ГЭМ (данными ГФДГЭМ), получаемыми в ходе выполнения ЕСГЭМ, а также материалами *ИЭИ, ПЭМ*, выполняемых компаниями, обмена информацией на уровне Баз математических Моделей (БМм ↔ БМп), Нормативно правовых Баз (НБм ↔ НБп), Баз Знаний (БЗм ↔ БЗп). Материалы с данными первичных измерений, получаемые от компаний, должны в обязательном порядке проходить государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ), возможно и общественную экологическую экспертизу.

(10) *Доступ к Единой информационной базе данных экологических мониторинга (ЕИБДЭМм)*. Все компании, связанные с освоением шельфовых месторождений, организации, выполняющие океанологические исследования, отдельные специалисты должны иметь доступ и ко всем составляющим

ЕИБДЭМм. Он не может быть совершенно свободным. Одно из его условий – возврат в ЕИБДЭМм всех материалов исследований, выполненных с использованием данных, полученных из ЕИБДЭМм.

(11) *Программы ИЭИ и ПЭМ для районов возможного воздействия проектов.* До начала добычи в районе месторождения должна начать функционировать программа ПЭМ, основанная на информационной базе экологических данных проекта (ИБЭДп). Этот производственный экологический мониторинг должен включать район локального воздействия (РВЛ) и район аварийного воздействия (РВА). В первом районе мониторинг проводится автоматизированной информационно-измерительной системой в непрерывном режиме. Для второго района (в радиусе нескольких десятков километров и более) ПЭМ проводится раз в 1–3 года.

(12) Для районов воздействия проекта *должны быть, согласно [СП 47.13330.2012, 2012] разработаны по единой российской методике карты уязвимости от основных антропогенных факторов (нефти, пластовых вод, взвеси, гидроакустического шума..).* Для района локального воздействия – операционные и тактические, для аварийного – тактические и стратегические: сезонные (или по месяцам), «относительной» и, при необходимости, «абсолютной» уязвимости. Методика разработки и примеры карт – глава 7.

(13, 14) *Определение мест расположения станций отбора донных проб* (отбора проб бентоса, донных осадков) должно решаться на основе выбора характерных репрезентативных точек рельефа дна [Ласточкин, 2002, 2011; Дмитриев и др., 2008]. При этом должен также учитываться тип грунта (твердый, песчаный, илистый), так как он, в том числе, определяет степень накопления различных загрязняющих веществ и бентосное население. Выбор точек для ПЭМ возможен с учетом такого подхода, а не на основе равномерного [Патин, 2001; Программа производственного... 2002; и др.] или логарифмического подхода [Guidelines for monitoring... 1989].

(15, 16) В ходе экологического мониторинга и ИЭИ *должны широко использоваться методы непрерывного измерения (горизонтальное профилирование и вертикальное зондирование водной среды, непрерывные наблюдения биоты с борта самолетов-лабораторий)* основных исследуемых параметров, применяться дистанционные методы, что важно для больших проектов. Пример разработанного нами метода непрерывного судового измерения хлорофилла фитопланктона в воде описан в главе 3. Для оценок распределения морской орнитофауны и общего ее обилия на акватории может использоваться метод авианаблюдения морских птиц с использованием самолетов-лабораторий – глава 4. Перспективным является *биофизический мониторинг* (непрерывный мониторинг окружающей среды с помощью неинвазивного контроля функционального состояния аборигенных беспозвоночных с жестким наружным покровом [Холодкевич, 2006; Гудимов, 2011]).

(17) *Должна быть постоянная координация работ при выполнении инженерно-экологических изысканий, производственного экологического мониторинга компаниями с одной стороны и государственного экологического мониторинга с другой.*

(18) *ОВОС для крупных проектов должен выполняться не один раз, как в настоящее время на стадии подготовки проектной документации, а раз в 5 лет*, если сам проект реализуется 10 и более лет от момента прохождения проектной документацией государственной экологической экспертизы. Компания должна представлять переработанные отчеты об ОВОС с учетом реальных параметров источников и факторов воздействия, а не экспертных оценок в период подготовки проекта к реализации, как это делается сейчас.

(19) На основе государственных программ и планов частных компаний по освоению шельфа, материалов ОВОС проектов, исследований в рамках государственного экологического мониторинга периодически (раз в 10 лет) *по заказу государства должны выполняться разработки стратегической экологической оценке воздействия этих программ и планов на экосистему конкретного моря, как большой морской экосистемы.*

Предлагаемая концепция позволит комплексировать подход к разработке экологической безопасности при освоения шельфа. Она позволит:

а) центрам единой информационной базы экологических данных мониторинга морей (ЕИБЭДМм) аккумулировать абсолютно всю (почти всю) информацию, относящуюся к экологии морей,

б) на основе имеющейся данных и математических моделей специалисты этих центров сами или совместно с различными организациями смогут проводить исследования и давать прогнозы экологической обстановки в различных районах шельфа,

в) компании будут получать исходные данные для проведения инженерно-экологических изысканий, производственного экологического мониторинга, ОВОС, подготовки материалов по охране окружающей среды, исследовательские организации и университеты – для проведения исследований и учебного процесса;

г) будет обеспечен обмен передовым опытом проведения экологического мониторинга морских районов, в том числе, районов освоения месторождений углеводородов;

д) пользователи данных, получающие их из единых информационных баз данных экологического мониторинга море (ЕИБДЭМм), будут пополнять эту базу результатами своих исследований, полученных на ее основе; и эти результаты будут доступны для всех исследователей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе выполненных исследований сформулированы следующие итоги, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы, разработаны теоретико-методологические основы и практические решения по эколого-океанологическому сопровождению хозяйственного освоения континентального шельфа.

1. Сделан обзор основных источников и факторов воздействия на гидробионты при освоении месторождений углеводородов на шельфе. Показаны



наиболее важные проблемы эколого-океанологического сопровождения проектов освоения морских месторождений.

2. Представлены общая схема экологического сопровождения проектов освоения месторождений на шельфе и общий подход к государственному экологическому мониторингу, обязательно включающий всесторонний анализ окружающей природной среды. Описан опыт экологического мониторинга при освоении шельфа России.

Разработана картографическая база данных Штокмановского проекта, которая может служить основой для Информационной базы экологических данных (ИБЭДп) подобных мега проектов.

3. Разработан и проверен на практике контактный флуориметрический метод непрерывного судового измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в воде, сформулированы основные положения методики выполнения измерений с использованием этого метода.

Для приповерхностного горизонта больших районов Баренцева и Азовского морей получены характеристики мелкомасштабной пространственной изменчивости полей хлорофилла, температуры и солености, в том числе для Баренцева моря – спектральные характеристики этих трех параметров.

Методика может быть использована для непрерывного измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в ходе инженерно-экологических изысканий и экологического мониторинга районов воздействия шельфовых проектов (производственного экологического мониторинга), для получения судовых данных, необходимых для калибровки спутниковых снимков, др. целей.

При реализации этой методики важно более точно определить границы ее применимости в части значений измеряемых концентраций хлорофилла «а» и получаемых при этом погрешностей результатов измерения.

4. Показана возможность применения метода выборочного авиаучета для оценок общей численности птиц на обширных морских акваториях. Сделаны оценки численности наиболее массовых видов морских птиц на обширных акваториях Баренцева моря, дано сравнение этих оценок с результатами учета в колониях.

В ходе вертолетных наблюдений в разные сезоны проведены учеты численности морских птиц вдоль побережий Мурмана, о-ва Колгуев и в Белом море.

Обобщены и дополнены рекомендации по мониторингу авифауны в Баренцевоморском регионе и рекомендации по совершенствованию авиаучета, а также оценке общей численности птиц над акваторией моря.

Использование авианаблюдений для исследований авифауны арктических морей требует обязательного представления погрешностей результатов наблюдений, планирования мониторинговых исследований на основе математических моделей распределения птиц над морем, активного применения фото- и видеосъемки, в том числе с беспилотных летательных аппаратов.

5. Показано, что при сейсмоакустических исследованиях на небольших глубинах необходимо учитывать не только воздействие в пределах несколь-

ких метров от ПИ, но и интерференцию акустических волн, отраженных от поверхностей раздела (с дном и атмосферой). При глубине менее 8 – 10 м в результате интерференции вблизи дна образуется зона повышенного давления, вблизи поверхности воды существует зона ослабленного давления. Эти эффекты зависят от глубины места и глубины погружения ПИ.

Впервые для Баренцева моря получены количественные оценки зон гидроакустического воздействия крупнотоннажных судов (зона 120 дБ отн. 1 мкПа) при различных работах по строительству и обустройству Штокмановского газоконденсатного месторождения.

Необходимы дополнительные исследования для учета возможного акустического воздействия на гидробионты (планктон, бентос, рыб, морских млекопитающих), так как пока есть только предварительные данные такого воздействия, что не позволяет корректно проводить ОВОС проектов и выполнять расчеты ущербов для компенсационных выплат. Такие исследования необходимо провести в рамках всестороннего анализа морской природной среды, как составной части государственного экологического мониторинга.

6. Научно обосновано, что при расчетах воздействия на биоту антропогенной взвеси при гидротехнических работах на шельфе необходимо учитывать и концентрацию взвеси, и время ее воздействия. Сформулированы количественные рекомендации по учету доз воздействия взвеси на планктон, что дает основу для корректного расчета ущербов биоте и всей экосистеме района при гидротехнических работах на шельфе.

Показано, что в заливах с сильными приливно-отливными течениями может отсутствовать влияния минеральной взвеси на зоопланктон при гидротехнических работах, что обусловлено комплексом различных факторов.

Учитывая необходимость проведения экологического мониторинга (производственного экологического мониторинга) в ходе проведения гидротехнических работ на шельфе, следует планировать такой мониторинг на основе результатов математического моделирования распространения взвеси. Оценки ущербов от таких работ следует корректировать, если данные мониторинга сильно расходятся с результатами моделирования.

Для учета всех действующих факторов, приводящих к гибели биоты при гидротехнических работах (в том числе загрязняющих веществ в грунте), необходимы дополнительные исследования, чтобы выявить неучтенные факторы и оценить их вклад в этот процесс.

7. Обоснована важность составления и обновления карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти, как ключевого элемента процесса планирования операций по ликвидации разливов нефти (ЛРН) и ориентира в ходе этих операций, показывая, где находятся различные экологически чувствительные/уязвимые зоны. Использование карт позволит минимизировать ущерб при ликвидации разлива нефти и от самих операций ЛРН.

Разработана методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти, на основе которой построены сезонные карты и картосхемы уязвимости биоты и выявлены наиболее уязвимые участки акватории арктических морей.

По результатам построения картосхем получено: наиболее уязвимыми районами Баренцева моря являются прибрежные районы. Это прибрежные районы Мурмана – полоса шириной от 20 км зимой, до 35–160 км весной, 20–70 км летом и до 160 км осенью вдоль побережья Кольского п-ва. Построены разномасштабные сезонные карты уязвимости от нефти Кольского залива. Все эти картосхемы и карты следует использовать при планировании различных природоохранных мероприятий на региональном уровне и для планов ЛРН.

Необходимо обобщение российского опыта построения карт уязвимости от нефти прибрежных и морских зон, принятие единой российской методики построения таких карт и включение в нормативные российские документы положений об использовании карт уязвимости в планах и операциях по ЛРН. Предложенная методика построения карт уязвимости может служить основой при обсуждении единой российской методики, в том числе для карт уязвимости от основных антропогенных воздействий в соответствии с требованиями п. 8.1.14 СП 47.13330.2012 [2012].

8. Предложена концепция комплексного экосистемного мониторинга российских морей (в том числе – арктических) при освоении месторождений шельфа. Показана необходимость обязательного государственного экологического мониторинга морей и выполнения в его рамках всестороннего анализа морской природной среды и биоты. Должна быть координация действий государства и частных компаний при проведении экологического мониторинга шельфа, объединение и совершенствование баз экологических данных государственного и производственного экологических мониторингов, математических моделей морей и отдельных их районов, нормативных баз и баз знаний.

Необходимо разрабатывать программы производственного мониторинга не только для локального района воздействия, но и для значительно большего района возможного аварийного воздействия, что особенно важно для районов, периодически покрываемых ледовыми полями.

Все эти положения важны для выработки государственной политики по экологическому сопровождению освоения шельфовых месторождений и для природоохранных целей.

## **СПИСОК РАБОТ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в журналах ВАК**

1. *Лапшин А.И., Трохан А.М., Шавыкин А.А.* Измерения хемилюминесценции *in situ* в Баренцевом море // Докл. АН СССР. – 1985. – Т. 281, № 1. – С. 154–157.
2. *Шавыкин А.А., Иванов А.А.* Модернизация флуориметра "Квант" для экспрессного определения хлорофилла фитопланктона в воде // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22, № 6. – С. 83–87.
3. *Амбросимов А.К., Хохлов Г.В., Шавыкин А.А.* О типах профилей плотности рыбных скоплений и пятен фитопланктона // Морск. гидрофиз. журн. – 1995. – № 1. – С. 22–26.
4. *Краснов Ю.В., Черноок В.И., Гаврило М.В., Шавыкин А.А., Терещенко В.А.* Использование самолетов-лабораторий для мониторинга морских птиц и мле-

копитающих на акваториях арктических морей // Зоол. журн. – 2004. – Т. 83, № 3. – С. 330–341.

5. *Белянкова Т.И., Анджикович И.Е., Шедаков Д.Н., Шавыкин А.А., Калинин В.В.* К расчету амплитуды первой волны давления морских пневмоизлучателей сейсмических сигналов // Вестн. Южного научн. центра РАН. – 2007. – Т.3, № 2. – С. 3–11.

6. *Клеванный К.А., Шавыкин А.А.* Моделирование распространения и осаждения взвешенных веществ при укладке подводного газопровода Штокмановского месторождения в Баренцевом море // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 6. – С. 20–28.

7. *Шавыкин А.А., Калинин О.П., Духно Г.Н., Сапрыгин В.В., Зырянов С.В.* Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 3. – С. 13–22.

8. *Архипова О.Е., Шавыкин А.А., Шарифуллин М.С.* Картографическая база данных экосистемы Баренцева моря районов освоения и воздействия Штокмановского проекта // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 2. – С. 38–44.

9. *Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Половозрастная структура эндемичной беломорской популяции обыкновенной гаги *Somateria mollissima* // Докл. РАН. – 2010. – Т. 435, № 4. – С. 568–570.

10. *Шавыкин А.А., Бердников С.В., Сапрыгин В.В., Вербицкий Р.Е.* Непрерывные измерения океанологических параметров в приповерхностном слое Тагарогского залива. Определение хлорофилла «а» флуориметрическим методом // Вестник Южного научн. центра РАН. – 2010. – Т.6, №3. – С. 39–48.

11. *Шавыкин А.А., Калинин В.В., Белянкова Т.И., Ващенко П.С., Карнатов А.Н.* Оценка влияния на окружающую среду сейсмоакустических исследований в мелководных районах (на примере Тазовской губы Карского моря) // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 8. – С. 11–17.

12. *Шавыкин А.А., Соколова С.А., Ващенко П.С.* Взвесь при гидротехнических работах на шельфе. I. Время существования и размеры зон распространения // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 2. – С. 8–12.

13. *Шавыкин А.А., Соколова С.А., Ващенко П.С.* Взвесь при гидротехнических работах на шельфе. II. Оценка воздействия на биоту при расчете ущерба рыбным запасам // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 3. – С. 30–35.

14. *Клеванный К.А., Смирнова Е.В., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Распространение взвеси и ее воздействие на биоту при дноуглублении в Кольском заливе (Баренцево море). 1. Исходные данные и используемые модели // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 3. – С. 18–24.

15. *Клеванный К.А., Смирнова Е.В., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Распространение взвеси и ее воздействие на биоту при дноуглублении в Кольском заливе (Баренцево море). 2. Результаты моделирования в районе дноуглубления // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 3. – С. 24–31.

16. *Клеванный К.А., Смирнова Е.В., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Распространение взвеси и ее воздействие на биоту при дноуглублении в Кольском заливе (Баренцево море). 3. Результаты моделирования при дампинге // Защита окруж. среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 3. – С. 31–39.

17. *Краснов Ю. В., Гаврило М. В., Шавыкин А. А.* Состояние, численность и организация мониторинга популяций обыкновенной гаги (*Somateria mollissima*) в Баренцевом и Белом морях // Зоологический журнал. – 2015. – Т. 94, № 1. – С. 62–67.

#### **Монографии и разделы в монографиях**

18. *Шавыкин А.А.* Контактный флуориметрический метод непрерывного измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в воде // Планктон морей Западной Арктики. – Апатиты, 1997. – С. 185–223.

19. Шавыкин А.А., Бойцов В.Д. Характеристики пространственной изменчивости хлорофилла фитопланктона, температуры, солености поверхностного слоя южной части Баренцева моря // Планктон морей Западной Арктики. – Апатиты, 1997. – С. 223–265.

20. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г., Гаврило М.В., Черноок В.И. Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2002. – 164 с.

21. Краснов Ю.В., Шавыкин А.А. Практика мониторинга морских птиц в Баренцевом море. Проблемы и перспективы // Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. – М. : Наука, 2005. – С. 141–156.

22. Матишов Г.Г., Шавыкин А.А., Макаревич П.Р., Духно Г.Н. Опыт проведения инженерно-экологических изысканий на Арктическом шельфе (на примере Штокмановского проекта) // Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. – М. : Наука, 2005. – С. 118–141.

23. Шавыкин А.А., Коваленко В.Н. Пространственная изменчивость океанологических параметров приповерхностного слоя Онежского залива Белого моря // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» федеральной целевой программы «Мировой океан»). – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 2007. – Вып. 2. – С. 173–185.

24. Бердников С.В., Ильин Г.В., Шавыкин А.А., Калинка О.П., Ващенко П.С. Оценка последствий нефтяного загрязнения Кольского залива на основе математического моделирования и картографического анализа // Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. – Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 245–262.

25. Бердников С.В., Шавыкин А.А. Оценка возможного ущерба рыбным запасам при воздействии групповых пневмоисточников // Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. – Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 76–81.

26. Клеванный К.А., Шавыкин А.А. Моделирование распространения и осаждения взвешенных веществ при укладке подводного газопровода // Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. – Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 209–222.

27. Шавыкин А.А. Концепция экологического мониторинга при реализации Штокмановского проекта // Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. – Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 388–404.

28. Шавыкин А.А., Ильин Г.В. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. – Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2010. – 110 с.

29. Шавыкин А.А., Краснов Ю.В. Мониторинг птиц в северных морях // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология. Мурман. мор. биол. ин-т. КНЦ РАН. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2013. – С. 178–209.

#### Авторские свидетельства и патенты

30. А. с. 1193544 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 №21/64. Способ измерения концентрации хлорофилла / И.Л. Кузнецов, А.И. Лапшин, А.А. Шавыкин (СССР). – № 3732181/24–25 ; заявл. 19.03.84 ; опубл. 23.11.85, Бюл. № 43. – 4 с.

31. А. с. 1352292 СССР, МКИЗ G 01 № 1/10. Судовая система непрерывного отбора воды с приповерхностного горизонта / А.А. Шавыкин, Г.И. Шипунов, Н.Л. Селиверстов (СССР). – № 3987023/28-26 ; заявл. 10.10.85 ; опубл. 15.11.87, Бюл. – № 42. – 2 с.

32. А. с. 1315877 СССР МКИ<sup>3</sup> G 01 № 21/64. Способ определения концентрации хлорофилла в природных водах / А.И. Лапшин, С.Б. Степин, А.А. Шавыкин (СССР). – № 3717620/28–25 ; заявл. 02.04.84 ; опубл. 07.06.87, Бюл. № 21. – 4 с.

33. А. с. 1496459 (ДСП) СССР. / В.П. Чиликин, Ю.Л. Кузнецов, В.И. Черноок, А.А. Шавыкин (СССР), – 1989, Бюл. – № 27, – 281 с.

34. А. с. I473518 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 № 21/64. Способ определения концентрации хлорофиллов а, в, с и их феофитинов / Э.И. Зенкевич, А.А. Шавыкин, Т.В. Зенкевич, В.М. Рыжов, Г.И. Несветова (СССР). – № 417548/28–25; заявл. 07.01.87; опубл. 24.01.90, Бюл. № 3. – 7 с.

35. Патент № 2031399 РФ, G 01 N 21/64. Способ анализа хлорофилла фитопланктона в водной среде / Шавыкин А.А., Завьялов Л.Н., Курашвили А.Е., Тимофеев Е.И. (Россия). - № 4454391/25; заявл. 06.07.88; опубл. 20.03.95, Бюл. № 8. - 5 с.

#### Статьи в научных сборниках и журналах, атласы

36. Шавыкин А.А. О методике экспрессного количественного определения хлорофилла "а" в морском фитопланктоне // Исследования биологии, морфологии и физиологии гидробионтов. – Апатиты, 1983. – С. 28–34.

37. Короткевич О.Е., Барышева Л.Ф., Шавыкин А.А., Старун С.С., Черноок В.И. Исследование распределения хлорофилла в Онежском озере с помощью безэкстрактной флуоресцентной методики // Комплексный дистанционный мониторинг озер: Сб. научн. тр. – Л. : Наука, 1987. – С. 123–128.

38. Рыжов В.М., Шавыкин А.А., Бойцов В.Д. Особенности развития фитопланктона в водах различного происхождения на западе Баренцева моря // Комплексные океанографические исследования Баренцева и Белого морей. – Апатиты, 1987. – С. 52–66.

39. Шавыкин А.А., Степин С.Б., Старун С.С., Короткевич О.Е., Шумаков Ф.Т. Некоторые вопросы применения безэкстрактной флуоресцентной методики экспрессного определения хлорофилла во внутренних водоемах // Комплексный дистанционный мониторинг озер: Сб. научн. тр. – Л. : Наука, 1987. – С. 129–139.

40. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Тимофеев С.Ф., Кузнецов Л.Л., Дружков Н.Н., Ларионов В.В., Голубев В.А., Зуев А.Н., Адров Н.М., Денисов В.В., Ильин Г.В., Кузнецов А.В., Денисенко С.Г., Савинов В.М., Шавыкин А.А., Смоляр И., Левитус С., О'Брайан, Баранова О. Биологический атлас морей Арктики 2000: планктон Баренцева и Карского морей : Silver Spring: Мировой центр данных по океанографии, 2000. Международная серия атласов, выпуск 2. – 349 с.

41. Краснов Ю.В., Стрём Х., Гаврило М.В., Шавыкин А.А. Зимовка морских птиц в полыньях у Терского берега Белого моря и на Восточном Мурмане // Орнитология. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – Вып. 31. – С. 51–57.

42. Матишов Г.Г., Шеломенцев А.Г., Шадский И.П., Макаревич П.Р., Шавыкин А.А., Щитов Б.В. Результаты и проблемы инженерно-экологических изысканий в районе освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения // Сб. науч. тр. по результатам научно-технологических работ за 2003 г. – М. : ОАО «ЦНИИТ-Энефтехим» (НК «Роснефть»), 2004. – С. 310–321.

43. Краснов Ю.В., Стрём Х., Гаврило М.В., Шавыкин А.А. Численность и распределение птиц на прибрежных акваториях Кольского полуострова по данным авианаблюдений в поздневесенний период 2003 года // Орнитология. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – Вып. 33. – С. 125–137.

44. Шавыкин А.А., Матишов Г.Г., Жигульский В.А. ОВОС проекта транспортировки газа со Штокмановского месторождения до завода СПГ в губе Ура // НефтьГазПромышленность. – 2006. – № 2(22). – С. 28–31.

45. *Ильин Г.В., Шавыкин А.А.* Освоение северных маршрутов транспортировки нефтегазового сырья и связанные с этим экологические проблемы // Ученые записки МГПУ. Географ. науки. – Мурманск : МГПУ, 2007. – Вып. 2. – С. 72–90.

46. *Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Стём Х., Шавыкин А.А.* О позднелетнем распределении птиц на острове Колгуев и в его прибрежных акваториях // Орнитология. – 2008. – Т. 35. – С. 83–96.

### Препринты

47. *Шавыкин А.А., Рыжов В.М.* Применение судовых флуориметров для изучения фитопланктонных сообществ / 1. Определение хлорофиллов: особенности методов, рекомендации по их применению, оценка результатов, полученных в натуральных условиях : Препринт. – Апатиты, 1989. – 48 с.

48. *Шавыкин А.А., Рыжов В.М., Фишер Я., Стычиньска-Юревич Е.* Исследование сестона в Гданьском заливе оптическими методами (октябрь 1992 г.). : Препринт. – Апатиты, 1994. – 52 с.

49. *Шавыкин А.А.* Особенности распределения хлорофилла фитопланктона в Центральной части Баренцева моря // Экологические исследования зоны промышленного освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения на шельфе Баренцева моря (материалы экспедиционных исследований НИС "Дальние Зеленцы", июнь, 1993 год) : Препр. – Апатиты, 1994. – С. 19–23.

50. *Шавыкин А.А.* Флуориметрический метод непрерывного измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в воде в проточном режиме : Препринт. – Апатиты, 1995. – 54 с.

### Материалы конференции

51. *Черноок В.И., Чиликин В.П., Гегелия Л.И., Шавыкин А.А.* Двухканальный флуориметр // Технические средства и методы исследования океана: Тез. докл. Всесоюз. шк. / Инст-т океанологии им. П.П. Ширшова. – М., 1987. – Т. 2. – С. 14–15.

52. *Ryadow Y.M., Boytsow V.D., Snavykin A.A.* On chlorophyll concentration in the area of the Barents Sea polar front in relation to oceanographic conditions / ICES Symp. – 1987. – Pap. – №. 72. – 14 p.

53. *Шавыкин А.А.* Судовой флуориметрический комплекс в составе система прокачки – флуориметр - ЭВМ // Проблемы комплексной автоматизации гидрофизических исследований: Тез. докл. конф. – Севастополь, 1989. – С. 43–45.

54. *Шавыкин А.А., Черноок В.И., Чиликин В.П., Гегелия Л.И.* Флуориметр "Квант-7" : Технические средства и метода освоения океанов и морей: Тез. докл. Всесоюз. шк. – М., 1989. – Т. I. – 224 с.

55. *Шавыкин А.А.* Вопросы градуировки при непрерывном флуориметрическом измерении концентрации хлорофилла фитопланктона в воде // Метрологическое обеспечение и стандартизация: Тез. докл. XII всеакадем. межд. шк. по проблемам метрологич. обеспеч. и стандартизации, СПб., 23-27 мая 1995 г. – СПб., 1995. – С. 65–70.

56. *Шавыкин А.А.* Оценка погрешности результатов непрерывного флуориметрического измерения концентрации хлорофилла фитопланктона в воде // Метрологическое обеспечение и стандартизация: Тез. докл. XII всеакадем. межд. шк. по проблемам метрологич. обеспеч. и стандартизации, СПб., 23-27 мая 1995 г. – СПб., 1995. – С. 71–75.

57. *Shavykin A.A., Fischer J.* Fluorometrical method for simultaneous measurement of chlorophyll and dissolved organic matter in marine water // Estuarine ecosystems and species. Styczynska-Jurewicz E. (ed.): Proceedings of the 2-nd Intern. Estuary Symp. held in Gdansk, October 18-22, 1993 / Grangon -Issues of the Marine Biology Centre in Gdynia. – Gdynia, 1996. – № 1. – P. 181–188.

58. *Shavykin A.A., Fischer J., Rhyzov W.M., Styczynska-Jurewich E.* Distribution of Chlorophyll, dissolved organic matter and suspended particles in the surface water of the Gulf of Gdansk (Baltic Sea) at fall 1992 // Estuarine ecosystems and species. Styczynska-Jurewich E. (ed.): Proceedings of the 2-nd Intern. Estuary Symp. held in Gdansk, October 18-22, 1993 / Grangon -Issues of the Marine Biology Centre in Gdynia. – Gdynia, 1996. – № 1. – P. 189–201.

59. *Краснов Ю.В., Черноок В.И., Кавцевич Н.Н., Забавников В.Б., Шавыкин А.А.* Авианаблюдения морских птиц и морских млекопитающих как элемент комплексного экологического мониторинга акватории Баренцева моря // Оптимизация использования морских биоресурсов и комплексное управление прибрежной зоной Баренцева моря: Тез. докл. регионал. семинара, посвященного 45-летию Первой научной сессии Мурманской биол. станции, Мурманск, 30 ноября 1999 г. – Мурманск, 1999. – С. 47–49.

60. *Москаленко В.П., Матишов Г.Г., Бойцов В.Д., Денисов В.В., Забавников В.Б., Черноок В.И., Шавыкин А.А.* Мониторинг прибрежных районов Баренцева и Белого морей дистанционными и судовыми методами // Оптимизация использования морских биоресурсов и комплексное управление прибрежной зоной Баренцева моря: Тез. докл. регион. семинара, Мурманск, 10 ноября 1999 г. – Мурманск, 1999. – С. 66–68.

61. *Johannssen O.M., Pettersson L.H., Pozdnyakov D.V., Bobylev L.P., Denisov V.V., Donchenko V.K., Filatov N.N., Kaitala S., Bashmachnikov I.L., Filatov A.N., Khvorostovsky K.S., Lyaskovsky A.V., Neyelov I.A., Shavykin A.A., Terzhevnik A.A.* comprehensive ecologo-socio-economic study aimed at supporting sustainable management of the White Sea living resources through the use of remote sensing, numerical modeling and expert analyses // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Матер. межд. конф. – Архангельск : Изд-во ИЭПС УрО РАН, 2002. – Т. 1. – С. 906–910.

62. *Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л., Макаревич П.Р., Шавыкин А.А., Шадский И.П., Шеломенцев А.Г., Ярыгин Г.А.* Эколого-инженерные изыскания и экологический мониторинг на этапах обустройства и эксплуатации Штокмановского ГКМ // Тр. межд. конф. (РАО-03), Санкт-Петербург, 16-19 сентября 2003 г. – СПб., 2003. – С. 394–397.

63. *Бердников С.В., Ильин Г.В., Шавыкин А.А.* Оценка воздействия возможных аварийных разливов нефти в Кольском заливе на окружающую среду // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17-19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 37–48.

64. *Матишов Г.Г., Шавыкин А.А., Дженюк С.Л., Ярыгин Г.А., Темкин В.М., Долотовская Л.З.* Концепция производственного экологического мониторинга Штокмановского проекта. Мониторинг морской // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17-19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 180–189.

65. *Матишов Г.Г., Шеломенцев А.Г., Шадский И.П., Макаревич П.Р., Шавыкин А.А., Щитов Б.В.* Результаты и проблемы инженерно-экологических изысканий в районе освоения Штокмановского ГКМ // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17-19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 190–197.

66. *Краснов Ю.В., Спиридонов В.А., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г.* Предварительная оценка потенциальных угроз морским птицам Баренцева моря при разработке Штокмановского ГКМ // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17-19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 138–147.



67. *Краснов Ю.В., Шавыкин А.А., Духно Г.Н., Николаева Н.Г.* Практика и перспективы оценки воздействия на авифауну эксплуатации морских месторождений // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17–19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 148–155.
68. *Ярыгин Г.А., Долотовская Л.З., Темкин В.М., Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Шавыкин А.А.* Концепция создания системы производственного экологического мониторинга Штокмановского проекта (морской добычной комплекс и морской газопровод) // Нефть и газ арктического шельфа – 2004: Матер. межд. конф., Мурманск, 17–19 ноября 2004 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 302–309.
69. *Жигульский В.А., Щацаев Ю.А., Шавыкин А.А., Карамушко О.В.* Оценка ущерба животного миру на примере проекта транспортировки газа от Штокмановского месторождения до завода СПГ в губе Ура // Тр. 7-й межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ (РАО-05), Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2005. – СПб., 2005. – С. 468–473.
70. *Краснов Ю.В., Шавыкин А.А., Спиридонов В.А., Николаева Н.Г.* Проблемы охраны морских птиц в условиях освоения углеводородных месторождений на шельфе арктических морей // Тр. 7-й межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа российской Арктики и континентального шельфа СНГ (РАО-2005), Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2005. – СПб., 2005. – С. 513–518.
71. *Коваленко В.Н., Шавыкин А.А.* Концентрация хлорофилла и интенсивность флуоресценции РОВ в поверхностном слое Онежского залива Белого моря // Современные методы и средства океанологических исследований: Матер. IX межд. науч.-техн. конф., Москва, 23–25 ноября 2005 г. – М. : Изд-во ИО РАН, 2005. – С. 131–133.
72. *Матишов Г.Г., Пиотровский А.С., Шавыкин А.А., Жигульский В.А., Макаревич П.Р., Новикова Т.А.* ОВОС проекта транспортировки газа со Штокмановского месторождения до завода СПГ в губе Ура // Тр. 7-й межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ (РАО-05), Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2005. – СПб., 2005. – С. 464–468.
73. *Бердников С.В., Шавыкин А.А., Калинин В.В., Белянкова Т.И.* Оценка воздействия групповых пневмоисточников на гидробионты при проведении сейсморазведочных исследований на шельфе // Нефть и газ арктического шельфа – 2006: Матер. межд. конф., Мурманск, 15–17 ноября 2006 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. – С. 51–60.
74. *Матишов Г.Г., Бердников С.В., Шавыкин А.А., Степаньян О.В., Куратов А.А., Маркитан Л.В.* Модельные экосистемные исследования как элемент программы экологического мониторинга при освоении месторождений углеводородного сырья на шельфе морей // Нефть и газ арктического шельфа – 2006: Матер. межд. конф., Мурманск, 15–17 ноября 2006 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. – С. 177–181.
75. *Матишов Г.Г., Шавыкин А.А., Макаревич П.Р.* Основные результаты работ ММБИ в 2005–2006 гг. по экологическому сопровождению освоения шельфа арктических морей // Нефть и газ арктического шельфа – 2006: Матер. межд. конф., Мурманск, 15–17 ноября 2006 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. – С. 182–190.
76. *Плотицина Н.Ф., Жилин А.Ю., Шавыкин А.А.* Предварительные оценки ущерба гидробионтам Баренцева моря при комплексном освоении Штокмановского месторождения // Нефть и газ арктического шельфа – 2006: Матер. межд. конф., Мурманск, 15–17 ноября 2006 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. – С. 213–220.
77. *Ярыгин Г.А., Равикович В.И., Самойлов О.Ю., Маслобоев В.А., Шавыкин А.А.* Инженерно-экологические изыскания на проектируемых площадках и в зоне влияния завода СПГ в п. Видяево Мурманской области как первый этап создания системы производственного экологического мониторинга // Нефть и газ арктиче-

ского шельфа – 2006: Матер. межд. конф., Мурманск, 15-17 ноября 2006 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2006. – С. 318–321.

78. *Клеванный К.А., Шавыкин А.А.* Расчет распространения взвеси при укладке подводных трубопроводов Штокмановского проекта [Электронный ресурс] : Сб. аннотаций докл. 8-й Межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континент. шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2007), Санкт-Петербург, 11–13 сентября 2007 г. – СПб. : Химиздат, 2007. – № 229. – С. 71.

79. *Шавыкин А.А., Калинин О.П., Духно Г.Н., Сапрыгин В.В.* Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению [Электронный ресурс] : Сб. аннотаций докл. 8-й Межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континент. шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2007), Санкт-Петербург, 11–13 сентября 2007 г. – СПб. : Химиздат, 2007. – № 230. – С. 240.

80. *Архипова О.Е., Шавыкин А.А., Шарифуллин М.С.* Опыт практической реализации картографической базы данных экосистемы Баренцева моря районов освоения и воздействия Штокмановского проекта // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Мат. межд. конф., Мурманск, 12-14 ноября 2008 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2008. – С. 46–54.

81. *Калинка О.П., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Оценка чувствительности берегов Кольского залива к нефтяному загрязнению // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Мат. межд. конф., Мурманск, 12-14 ноября 2008 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2008. – С. 168–173.

82. *Матишов Г.Г., Бердников С.В., Денисов В.В., Дженюк С.Л., Макаревич П.Р., Шавыкин А.А.* Экологические проблемы освоения нефтегазовых месторождений арктических и южных морей России // Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты): Мат. межд. научной конференции, Ростов-на-Дону, 9-11 июня 2008 г. – Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 5–13.

83. *Матишов Г.Г., Денисов В.В., Шавыкин А.А.* Теория и практика экологического сопровождения нефтегазовых разработок на арктическом шельфе (промеж. итоги) // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Мат. межд. конф., Мурманск, 12-14 ноября 2008 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2008. – С. 14–28 (29-36 англ.).

84. *Матишов Г.Г., Шавыкин А.А., Макаревич П.Р.* Деятельность ММБИ в экологическом сопровождении освоения Арктики // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Мат. межд. конф., Мурманск, 12-14 ноября 2008 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2008. – С. 211–217.

85. *Шавыкин А.А., Калинин О.П., Шарифуллин М.С.* Некоторые вопросы экологического сопровождения нефтегазовых проектов в Арктике // Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты): Мат. межд. научной конференции, Ростов-на-Дону, 9-11 июня 2008 г. – Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 269–272.

86. *Шавыкин А.А., Соколова С.А., Ващенко П.С.* Учет времени воздействия взвеси для расчета ущерба водным биоресурсам при гидротехнических работах // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Мат. межд. конф., Мурманск, 12-14 ноября 2008 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2008. – С. 323–327.

87. *Шавыкин А.А., Калинин В.В., Белянкова Т.И., Ващенко П.С., Карнатов А.Н.* Оценка влияния на окружающую среду сейсмоакустических исследований в мелководных районах (на примере Тазовской губы Карского моря) // Труды 9-ой Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Рос-

сийской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2009), Санкт-Петербург, 15-18 сентября 2009 г. – СПб. : Химиздат, 2009. – Т. 2. – С. 106–112.

88. *Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Орнитофауна Белого моря в зимний период (результаты авианаблюдений в марте 2009 г.) // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл., междунар. науч. конф., Мурманск, 10-12 марта 2010 г. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2010. – С. 238–239.

89. *Шавыкин А.А., Ващенко П.С., Карнатов А.Н.* Некоторые проблемы экологического сопровождения освоения шельфа арктических морей // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл., междунар. науч. конф., Мурманск, 10-12 марта 2010 г. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2010. – С. 223–224.

90. *Шавыкин А.А., Ильин Г.В., Калинка О.П., Иванов С.А.* Оценка уязвимости Баренцева моря от разливов нефти // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл., междунар. науч. конф., Мурманск, 10-12 марта 2010 г. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2010. – С. 225–226.

91. *Vedenev A., Avilov K., Shavykin A.* Assessment of zones of the acoustic impact on the Arctic marine mammals at industrial activity in Barents Sea // Information and Ideas Worth Sharing : 26th European Cetacean Society Conference. 26h-28 March 2012, Galway Ireland- P. 285 (Abstracts of Posters – Human Interactions).

92. *Веденев А.И., Авиллов К.В., Шавыкин А.А.* Оценка шумов рыболовства и зон акустического воздействия на морских млекопитающих при строительстве объектов нефтегазового комплекса в Баренцевом море [Электронный ресурс] // Морские млекопитающие Голарктики 2012. Сб. научн. трудов. Том 1 по материалам VII междунар. конф. – Суздаль, 24-28 сентября 2012 г. - РОО «Совет по морским млекопитающим», 2012 г. – Москва, 2012 – С. 144–150.

93. *Шавыкин А.А.* Разработка карт экологической уязвимости от нефти прибрежно-морских зон арктических морей // ЭкоПечора 2014 – Экосистемный подход природопользования в Арктике: преимущества и перспективы – Матер. междунар. конф., г. Нарьян-Мар, Ненец. автон. округ РФ, 16-17 октября 2014 г. – Нарьян-Мар : ООО «Красный город», 2014. – С. 57–66 русск. текст – С. 67–75 англ. текст.

94. *Калинка О.П., Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Разномасштабные сезонные карты уязвимости акватории Кольского залива от нефти // Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток. ROOGD 2014. – Матер. 5-ой междунар. конф. ROOGD 2014, п. Развилка, 29–30 октября 2014 г. – п. Развилка : ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С. 95.

95. *Шавыкин А.А., Ващенко П.С.* Разномасштабные ESI карты чувствительности береговой линии Кольского залива к нефти // Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток. ROOGD 2014. – Матер. 5-ой междунар. конф. ROOGD 2014, п. Развилка, 29–30 октября 2014 г. – п. Развилка : ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С. 96.

#### **Научно исследовательские разработки и отчеты по хоздоговорам**

По вопросам экологического сопровождения нефтегазовых проектов в Арктике - 37 отчетов по хоздоговорам с различными организациями с 2003 по 2011 г., в 9 хоздоговорах *А.А. Шавыкин* – зам. научного руководителя работ, в 28 – научный руководитель работ. Список основных отчетов представлен в диссертации.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВКБ	– важный компонент биоты
ВАМПС	– всесторонний анализ морской природной среды
ГЭМ	– государственный экологический мониторинг
ГЭЭ	– Государственная экологическая экспертиза
ЕГСН	– Единая Государственная Система Наблюдений
ИНФХ, $F_{хл}$	– интенсивность нативной (in vivo) флуоресценции хлорофилла фитопланктона
ИЭИ	– инженерно-экологические изыскания
КБД	– картографическая база данных
КХ, $C_{хл}$	– концентрация хлорофилла фитопланктона в воде
ЛРН	– ликвидация разливов нефти
МВ	– минеральная взвесь
МСОП	– Международный союз охраны природы
ОВОС	– оценка воздействия на окружающую среду
ОЗО	– особо значимый эколого-хозяйственный объект
ООС	– охрана окружающей среды
ПДК	– подводный добычный комплекс (глава 5)
ПДК	– предельно допустимая концентрация (глава 6)
ПИ	– пневмоисточник(и)
ПОТ	– природоохранные территории
ПЭК	– производственно-экологический контроль
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
РВА	– район воздействия аварийный (при аварийных ситуациях)
РВЛ	– район воздействия локальный (при безаварийной работе)
РОВ	– растворенное органическое вещество
САИ	– сейсмоакустические исследования
$C_{мв}$	– концентрация минеральной взвеси в воде
$C_{хл}$ , КХ	– концентрация хлорофилла фитопланктона в воде
ФАН	– Федеральное агентство по недропользованию Минприроды РФ
ФАР	– Федеральное агентство по рыболовству Минсельхоза РФ
ШГКМ	– Штокмановское газоконденсатное месторождение
$EC_{50}$	– концентрация при которой численности клеток фитопланктона изменяется на 50% (эффективная концентрация);
ESI	– environmental sensitivity index (индекс экологической чувствительности);
$F_{хл}$	– см. ИНФХ
ИМО	– The International Marine Organization (Международная морская организация);
ИПЕСА	– International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (Международная ассоциация представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды);
$LC_{50}$	– концентрация (летальная) при которой гибнет 50% организмов;
WWF-Россия	– The World Wide Fund for Nature (Всемирный фонд дикой природы, Российское отделение)