

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*На правах рукописи*

УДК 256.18(268.45)

**Калинка Ольга Петровна**

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ АКВАТОРИИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА  
И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЕГО БЕРЕГОВ  
ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТИ**

Специальность 25.00.28 – Океанология

диссертация на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель  
кандидат технических наук  
Шавыкин Анатолий Александрович

Мурманск, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И РИСКИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Описание экосистемы Кольского залива .....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Берега и динамика вод залива .....	9
1.1.2 Важные компоненты биоты.....	13
1.1.3 Особо значимые объекты.....	34
<b>1.2 Основные источники, формирующие нефтяное загрязнение в Кольском заливе.....</b>	<b>36</b>
<b>1.3 Факторы, определяющие поведение нефти при разливах.....</b>	<b>40</b>
<b>1.4 Необходимость карт уязвимости для планов ЛРН.....</b>	<b>48</b>
<b>ГЛАВА 2. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ/УЯЗВИМОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ И БЕРЕГОВ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1 Российский опыт оценки чувствительности/уязвимости морей и побережий от нефтяного загрязнения.....</b>	<b>51</b>
2.1.1 Методика интегральной оценки уязвимости морской и прибрежной биоты к различным видам антропогенного воздействия (ЗАО «ЭКОПРОЕКТ», СПб) .....	51
2.1.2 Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий на примере Баренцева и Белого морей (ПИНРО, Мурманск). ..	54
<b>2.2 Зарубежный опыт оценки чувствительности/уязвимости морей и побережий от нефтяного загрязнения.....</b>	<b>56</b>
2.2.1 Составление карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти по рекомендациям международных организаций ИМО/ИРЕСА/ОГР .....	56
2.2.2 Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне (МОБ), Норвегия .....	59
2.2.3 Метод построения карт экологической уязвимости (V-map) для исключительной экономической зоны Нидерландов .....	63
2.2.4 Метод построения карт экологической чувствительности для исключительной экономической зоны Австралии .....	66
2.2.5 Картирование уязвимости Литовского побережья Балтийского моря от аварийных разливов нефти.....	69
2.2.6 Выделение морских районов высокого экологического риска (MEHRAs), Великобритания.....	72
2.2.7 Проект плана Германии по аварийной борьбе с загрязнениями (VPS) .....	74
2.2.8 Концепция расчета экологической чувствительности от разливов нефти для Балтийского моря (BRISK) .....	77

<b>ГЛАВА 3. КАРТЫ УЯЗВИМОСТИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....</b>	<b>81</b>
<b>3.1 Определение понятий, критериев и основных положений оценки уязвимости акваторий.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2 Расчет и построение сезонных карт интегральной уязвимости акватории залива.....</b>	<b>86</b>
3.1.1 Важные компоненты биоты и особо значимые объекты.....	87
3.2.2 Оценка уязвимости учитываемых ресурсов .....	87
3.2.3 Определение границ сезонов.....	96
3.2.4 Алгоритм расчета уязвимости биоты и значимых объектов.....	99
3.2.5 Построение сезонных карт интегральной уязвимости (1 : 150 000).....	100
3.2.6 Построение объектных карт интегральной уязвимости (1 : 25 000) .....	106
<b>3.3 Карты чувствительности берегов по ESI .....</b>	<b>106</b>
<b>3.4 Анализ карт интегральной уязвимости акватории Кольского залива от нефтяного загрязнения.....</b>	<b>112</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>117</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>119</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>121</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Сезонное распределение птиц Кольского залива.....</b>	<b>135</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Объектные карты уязвимости масштаба 1 : 25 000.....</b>	<b>154</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее распространенным загрязняющим веществам в Мировом океане, это один из самых опасных в биологическом отношении загрязнителей окружающей среды. Их влиянию подвержены районы нефтедобычи, оживленного судоходства, акватории портов, особенно в высоких широтах, где выполнение любых операций с нефтью сложнее, чем в более южных. Активизация нефтегазовых работ и рост транспортировок на континентальном шельфе Арктики требует серьезного отношения к вопросам экологической безопасности морских и, главным образом, прибрежных акваторий [Матишов и др., 1999], в частности Кольского залива – стратегического объекта интенсивного природопользования [Матишов, 1990б; Кольский залив..., 1997, 2009]. В этой связи неотъемлемой частью планов по ликвидации разливов нефти (ЛРН) должны стать карты экологической уязвимости акватории и чувствительности берегов [Журавель, Вонк, 1996; Погребов, 2010; Шавыкин, Ильин, 2010; Методические подходы..., 2012]. Использование таких карт позволит определить наиболее «ранимые», а также устойчивые к загрязнению участки, что впоследствии облегчит процесс выбора приоритетов при проведении операций по ликвидации разливов нефти, способствуя минимизации ущерба окружающей среде. Однако в России пока нет единой методики и каких-либо нормативных документов, регламентирующих построение карт уязвимости от нефтяного загрязнения для планов ЛРН. Поэтому очевидна необходимость проведения исследований по оценке экологической уязвимости морских экосистем от воздействия нефти и разработке методики построения соответствующих карт. Актуально создание комплексного инструмента - уязвимости акватории и чувствительности берегов Кольского залива к воздействию нефти для включения в планы ЛРН.

**Степень разработанности.** Для оценки степени негативного воздействия нефти на береговую зону в международной практике широко применяется система индексов экологической чувствительности берегов (ESI), разработанная американскими учеными [Gundlach, Hayes, 1978]. В части морских акваторий картографирование ведется по различным методикам, адаптированным к местным условиям: в Великобритании (с 1990 г.), Норвегии (2000 г.), Германии (2005 г.), Нидерландах (2007 г.), Литве (2010 г.), Австралии (2011 г.), а также в рамках международных проектов OILECO (2007 г.), BRISK (2009 г.). С 1994 г. Международной морской организацией (ИМО) в сотрудничестве с Международной ассоциацией представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (ИПЕСА), а с 2012 г. при участии Международной ассоциации производителей нефти и газа (OGP) издана серия совместных докладов рекомендательного характера по составлению карт экологически уязвимых зон (акватории и берегов) при ликвидации разливов нефти.

В России решению вопросов чувствительности побережий дальневосточных морей с использованием индексов ESI посвящены исследования Я.Ю. Блиновской. Существует несколько подходов к оценке и картографированию уязвимости от нефти для морских акваторий. Наиболее широко известны разработки В.Б. Погребова, апробированные на акваториях ряда морей. Собственная методология оценки уязвимости акваторий на примере Баренцева и Белого морей представлена М.А. Новиковым. Общественной организацией WWF-Россия были предприняты попытки создания общепринятых методических подходов к построению таких карт. Но как показывает практика, оценка уязвимости в части акваторий крайне сложный и неоднозначный вопрос. Нет единого мнения, как уязвимость рассчитывать и представлять.

**Цель исследования:** провести районирование акватории Кольского залива по степени уязвимости, а также чувствительности его берегов при нефтяном загрязнении для планов ликвидации разливов нефти и природоохранных целей.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Разработать подход к оценке и картографированию уязвимости акватории Кольского залива, а также чувствительности его береговой линии от возможного негативного воздействия нефти на основе анализа существующего опыта в России и за рубежом.
2. Подготовить карты сезонного распределения важных компонентов биоты (ВКБ) и расположения особо значимых объектов (ОЗО) Кольского залива, обобщив материалы исследований по современному состоянию его среды и биоты.
3. Дать обоснованную оценку уязвимости ВКБ и ОЗО Кольского залива, исходя из потенциального воздействия на них нефти, чувствительности и восстанавливаемости учитываемых биологических ресурсов, а также приоритетности защиты значимых объектов.
4. Выявить районы Кольского залива (на акватории и в береговой зоне) наиболее уязвимые от загрязнения нефтью и требующие приоритетной защиты.

**Научная новизна исследования:**

- Предложен и впервые реализован подход к оценке интегральной уязвимости акватории Кольского залива от нефтяного загрязнения, учитывающий наличие компонентов биоты (группы/подгруппы ВКБ) и объектов среды (типы ОЗО), различный характер возможного негативного воздействия на них нефти. Для биологической составляющей принимается во внимание обилие и вклад каждой из групп/подгрупп в итоговую интегральную уязвимость, а также сезонные соотношения обилия подгрупп внутри группы и их годовая изменчивость.

- Впервые построены разномасштабные сезонные карты интегральной уязвимости акватории Кольского залива от воздействия нефти, соответствующие международным рекомендациям и предназначенные для использования в планах ЛРН, а также природоохранных целей.
- Впервые проведено ранжирование типов берегов Кольского залива по степени их чувствительности к нефти на основе адаптированной системы индексов ESI.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Итоговые карты «относительной» уязвимости акватории и карты чувствительности берегов могут использоваться организациями, занятыми разработкой планов реагирования на разливы нефти, специалистами профессиональных аварийно-спасательных формирований и лицами, принимающими решения при проведении операций по ликвидации нефтеразливов. Карты «абсолютной» уязвимости акватории могут быть полезны для комплексного управления и рационального природопользования прибрежно-морских зон, при реализации поставарийного мониторинга, а также для федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление в области охраны и контроля окружающей среды. Карты уязвимости построены по методике, учитывающей широкий спектр свойств и особенностей биологической составляющей экосистемы, а также ряд характерных экологических и социально-экономических аспектов. Поэтому такие карты могут быть использованы для мониторинговых исследований и выявления возможных районов для сжигания нефти на море. Исходные карты плотности распределения отдельных групп биоты дополняют описанные ранее представления и могут способствовать более точным расчетам ущербов окружающей среде. Сама технология оценки уязвимости от нефтяного загрязнения может применяться для других антропогенных воздействий и различных акваторий с учетом региональной специфики.

#### **Методология и методы исследования:**

1. Определение чувствительности типов берегов проведено в соответствии с рекомендациями международных организаций [ИМО/ИРЕСА/ОГР, 2012]. Материалом служили имеющиеся литературные данные, а также результаты фотосъемки береговой линии Кольского залива за период 2008 – 2012 гг. (около 2000 снимков), полученные в ходе ряда экспедиционных исследований – прибрежные экспедиции летом 2008 г., осенью 2011 г.; береговые экспедиции зимой и весной 2012 г.

2. Расчет и построение карт интегральной уязвимости акватории Кольского залива производились по методике, предложенной специалистами ММБИ. Базовые ее положения разработаны при непосредственном участии диссертанта, на основе анализа существующих

подходов в России и за рубежом, а также собственного опыта построения карт уязвимости Баренцева, Белого и Карского морей.

Современные ГИС технологии (ArcGIS 10.0 компании ESRI) использовались для подготовки и графического представления карт интегральной уязвимости акватории и чувствительности берегов Кольского залива.

В качестве **положений, выносимых на защиту**, представлены:

- Реализация нового подхода к оценке и картографированию интегральной уязвимости акватории Кольского залива от нефтяного загрязнения для планов ликвидации разливов нефти и природоохранных целей.
- Коэффициенты уязвимости для компонентов биоты Кольского залива на основе их чувствительности, восстанавливаемости и потенциального воздействия на них нефти среднего типа.
- Сезонные карты интегральной уязвимости акватории Кольского залива от нефтяного загрязнения масштаба 1:150 000 (тактические), для отдельных его районов - масштаба 1 : 25 000 (объектные), что в целом позволяет выявлять районы приоритетной защиты на разных уровнях планирования природоохранной деятельности.
- Картограммы чувствительности берегов Кольского залива по системе индексов ESI, построенные с учетом рекомендаций международных организаций и региональной специфики.

**Степень достоверности и апробация результатов исследования.** Материалы работы докладывались на Международной конференции по освоению ресурсов нефти и газа российской Арктики и континентального шельфа СНГ (РАО-07, г. Санкт-Петербург, 2007 г.), «Нефть и газ арктического шельфа» (г. Мурманск, 2008 г.), на конференциях молодых ученых ММБИ КНЦ РАН (г. Мурманск, 2007 – 2013 гг.) и МГТУ (г. Мурманск, 2015 г.), на заседаниях Ученого совета ММБИ (г. Мурманск, 2014), на российско-норвежских семинарах в рамках проекта СЕТИА (г. Мурманске, г. Тромсе, 2011 – 2014 гг.), также представлялись на конкурсе научных работ молодых ученых и специалистов Мурманской области, где отмечены дипломом победителя. Диссертант принимал участие в ряде семинаров рабочей группы Всемирного фонда дикой природы (WWF-Россия) «Разработка методики построения карт уязвимости морских акваторий и берегов от разливов нефти» (г. Санкт-Петербург, 2010 – 2012 гг.), а также на Мурманском региональном семинаре МЧС (г. Мурманск, 2012 г.). Результаты исследования были представлены на Первом фестивале Русского Географического Общества (г. Москва, 2014 г.), на IV научно-практической конференции молодых ученых РАН (г. Санкт-Петербург, 2014 г.), школе молодых ученых по морской биологии МГТУ, ММБИ, ПИНРО (г. Мурманск, 2015 г.),

норвежско-российском семинаре по разработке и использованию карт уязвимости/чувствительности для прибрежных и морских областей (Сванховд, 2015 г.)

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 22 научные работы, из них 2 – в рецензируемом журнале из перечня ВАК, 3 статьи в двух коллективных монографиях, 12 тезисов научных докладов на российских и международных конференциях, а также 1 патент и 4 электронных публикации.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, двух приложений. Список литературы содержит 193 наименования, из которых 72 – на иностранных языках. Работа изложена на 164 страницах (из них 30 с. приложений), включает в себя 112 рисунков (из них 82 рис. в приложениях) и 19 таблиц.

**Личный вклад автора.** Разработаны и сформулированы основные положения методики картографирования уязвимости морских акваторий от воздействия нефти при непосредственном участии диссертанта. Лично автором обоснованы коэффициенты уязвимости для важных компонентов биоты и приоритетности защиты особо значимых объектов; под его руководством и личном участии построены карты интегральной уязвимости Кольского залива. На основе анализа фотоматериалов, часть которых диссертантом получена самостоятельно в ходе прибрежных и береговых экспедиционных исследований Кольского залива, предложена адаптированная система индексов ESI и проведено ранжирование типов берегов по степени их чувствительности к нефтяному загрязнению.

**Благодарности.** Автор считает своим долгом выразить глубокую признательность директору Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, академику Г.Г. Матишову и профессору, д.б.н. П.Р. Макаревичу за предоставленную возможность и условия проводить исследования, послужившие основой для написания настоящей работы. Автор благодарит за поддержку и рекомендации научного руководителя к.т.н. А.А. Шавыкина, а также сотрудников лаборатории инженерной экологии А.Н. Карнатова, П.С. Ващенко, за огромную помощь в подготовке картографического материала. Особая благодарность коллегам по гранту РГО, предоставивших исходные данные по распределению групп биоты, к.б.н. С.В. Малавенде, к.б.н. А.А. Фролову, к.б.н. Л.В. Павловой, А.А. Горяевой. Диссертант выражает признательность за внимание к работе, конструктивную критику и ценные советы д.г.н. В.В. Денисову, к.г.н. Г.В. Ильину, д.б.н. Г.М. Воскобойникову, д.г.н. С.Л. Дженюку, к.г.н. Д.В. Моисееву, к.г.н. И.С. Усягиной, к.б.н. Т.И. Широколовой, С.В. Тимофеевой, Г.Н. Духно. Отдельное спасибо зам. председателю Южного научного центра РАН, профессору, д.г.н. С.В. Бердникову и сотруднику лаборатории аридных зон ЮНЦ РАН, к.г.н. Н.А. Яицкой.



# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И РИСКИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В главе приводится краткая характеристика среды и биоты Кольского залива, показаны потенциальные источники загрязнения залива нефтью, описаны факторы, определяющие поведение нефти при разливах. Такая информация важна для понимания биологических эффектов, последствий и рисков воздействия нефти на акватории и у берегов. Обоснована необходимость наличия карт уязвимости для борьбы с разливами нефти.

## 1.1 Описание экосистемы Кольского залива

Понятие физико-географическая характеристика района является очень обширным и поэтому в настоящей работе приведены только те параметры, которые используются для дальнейших расчетов или дополняют представленные в диссертации материалы исследований. Так, для определения чувствительности береговой линии Кольского залива необходимо геоморфологическое описание типов берегов и общее представление динамики вод залива. Для оценки интегральной уязвимости его акватории требуется детальная информация по сезонному обилию (плотность распределения/численность/биомасса) важных для экосистемы компонентов биоты, сведения о наличии особо значимых объектов в районе исследования.

### 1.1.1 Берега и динамика вод залива

Необходимые данные получены из справочных материалов [Люция...,1995, 2006], монографий [Берега, 1991; Кольский залив..., 1997, 2009].

Кольский залив Баренцева моря представляет собой типичный фьорд тектоно-эрозионно-ледникового происхождения [Берега ..., 1991]. В соответствии с особенностями морфометрии акваторию залива подразделяют на три участка: северное, среднее и южное колена (рис. 1.1-1). Глубина залива постепенно убывает от входа в северном колене к вершине залива в южном колене. В берега залива вдаются много губ, в вершину залива впадают реки Тулома и Кола. Координаты вершины залива: 68°52.9' с.ш., 33°00.6' в.д. Протяженность залива по створным линиям составляет 58.7 км, расстояние по прямой от входа до вершины - 51 км. Ширина, без учета боковых ответвлений, постепенно уменьшается от 3.0 - 3.5 км в северном колене до 1.5 - 2.5 км в среднем и 1.0 - 1.5 км в южном. Общая площадь акватории залива около 180 км<sup>2</sup>. В северном и среднем коленах приливные колебания уровня мало изменяют ширину залива (за исключением некоторых участков в боковых губах). В южном колене и, особенно, в его части, прилегающей к устьям Туломы и Колы, осушки становятся важнейшей чертой морфометрии и одним из ведущих экологических факторов. Площадь сплошной осушной полосы у восточного берега в вершине залива (без речного участка) превышает 2 км<sup>2</sup>, всего же

на осушки приходится 16.0 км<sup>2</sup> или 8 % площади залива (рис. 1.1-1). Ширина водного зеркала на отливе уменьшается в вершине залива до 200 - 300 м [Кольский залив..., 1997].

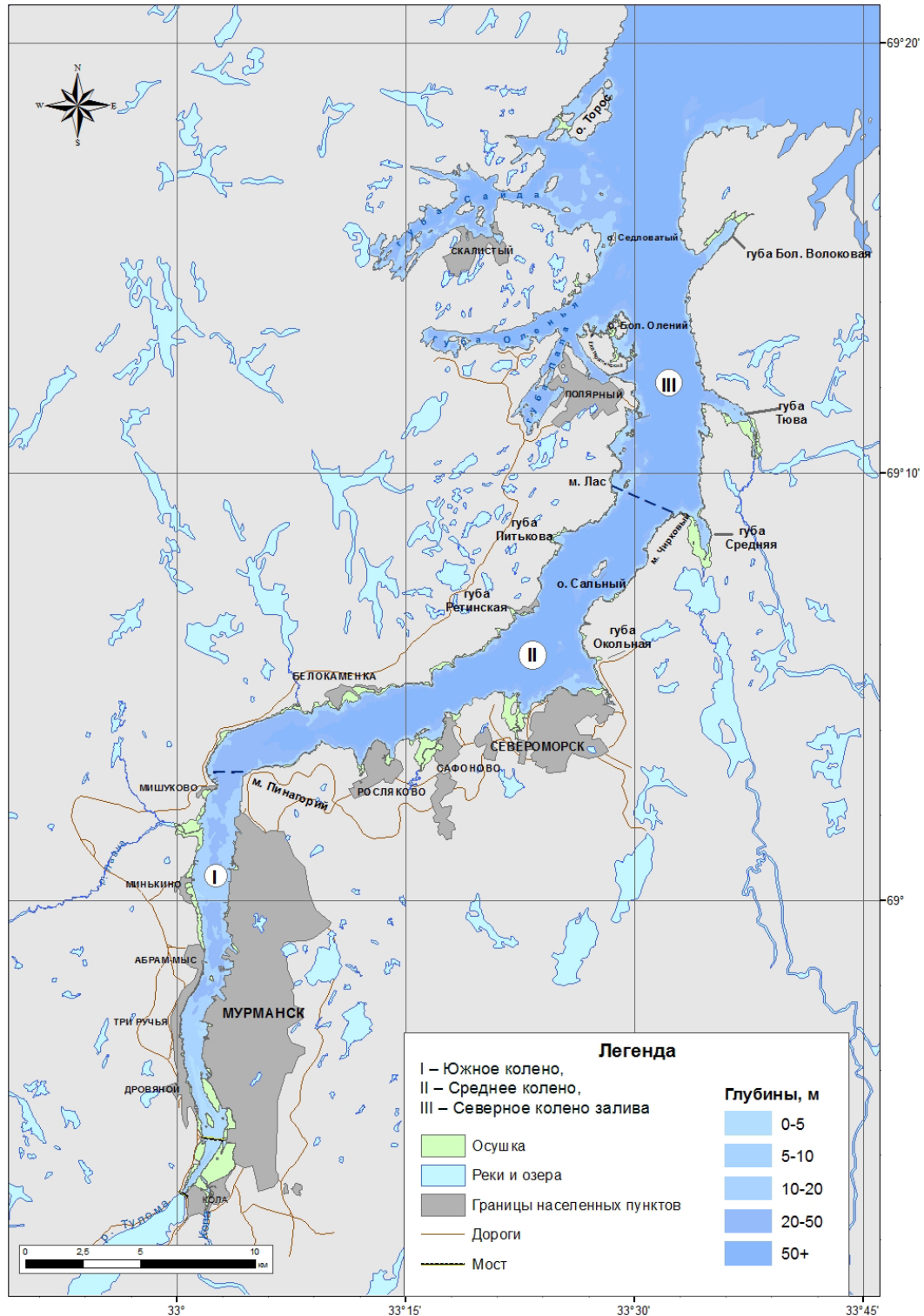


Рисунок 1.1-1. Базовая карта Кольского залива

Океанологические процессы в Кольском заливе являются ведущим фактором жизнедеятельности морской флоры и фауны, особенно на литорали, определяя скорость обновления и самоочищения вод [Кольский залив..., 2009]. Водная масса залива образована

прибрежными мурманскими водами [Матишов и др., 2010], по тому для Кольского залива характерны те же гидрофизические процессы, что и для прилегающей части Баренцева моря – формирование сезонного термоклина, осенне-зимняя конвекция, изменение температуры воды, солености, плотности в приливном цикле. В то же время на гидрологический режим, особенно в южном колене залива, существенно влияют метеорологические условия прилегающей суши и поступление пресных вод. Это приводит к повышенной синоптической изменчивости годового хода гидрологических характеристик и перемещению градиентных зон в горизонтальной и вертикальной плоскостях [Кольский залив..., 2009]. Учет стратификации вод важен при прогнозировании распространения загрязняющих веществ (в том числе нефти) в водной толще. Так, основная масса нефтепродуктов распределяется в верхнем слое вод, над пикноклином, и распространяется течениями [Ильин и др., 2004]. Экологическая ситуация в определенной степени зависит от ветрового волнения и ледовых условий, влияющих на процессы перемешивания в поверхностном слое, перенос загрязняющих веществ [Кольский залив..., 2009]. Кроме того, от ветрового волнения зависят формирование и устойчивость пленок нефтяного загрязнения.

Динамика вод залива складывается из приливных течений и колебаний уровня, в которых преобладает полусуточная составляющая, стоковых течений, особенно отчетливо выраженных в южном колене, и непериодических изменений течений и уровня, вызванных как местным ветром, так и прохождением барических систем над акваторией Баренцева моря [Кольский залив..., 2009]. В Кольском заливе приливы охватывают всю водную толщу до максимальных глубин (200 - 300 м), средняя величина прилива изменяется от 1.7 м в квадратуру до 3.1 м в сизигию. Наиболее сильные приливные течения отмечаются в вершине залива и устье р. Туломы, где их скорость достигает 0.75 м/с. Здесь же возможна и наибольшая скорость стоковых течений (до 0.5 м/с в период паводка). При однонаправленном действии периодической (приливной) и непериодической (ветровой и стоковой) составляющих образуются максимальные по скорости поверхностные течения в сторону моря. Приливные течения имеют реверсивный характер: на приливе они направлены вдоль оси залива от входа к вершине, а на отливе – в противоположном направлении. В среднем и северном коленах скорости поверхностных течений невелики, так как площадь их сечений возрастает, и объем вод при приливах меняется незначительно [Атлас течений..., 1992; Кольский залив..., 1997].

Режим ветрового волнения Кольского залива определяется значительной повторяемостью сильных ветров, сезонной изменчивостью преобладающих направлений ветра, интенсивными течениями в поверхностном слое и сложной конфигурацией береговой линии. Глубины вдоль оси залива и на большей части его акватории не препятствуют развитию

волнения. Трансформация волн под влиянием уменьшения глубины происходит в узкой прибрежной полосе, ограниченной примерно изобатами 10 м в северном и среднем колене, и 5 м - в южном (где высоты и периоды волн значительно меньше). Расчетные значения высот волн Кольского залива для восьми направлений ветра и четырех значений скоростей 10, 15, 20 и 25 м/с свидетельствуют о том, что максимальные высоты волн 9.7, 7.8 и 6.5 м характерны для северного колена при скорости ветра 25 м/с северного, северо-восточного и северо-западного направлений соответственно. Наблюдается закономерное возрастание интенсивности штормового волнения от вершины залива к его северной части, а также сезонная изменчивость волновых условий. В частности, летом значительно возрастает повторяемость северного (наиболее волноопасного) направления ветра, но средние скорости ветра при этом невелики. Поэтому в северном колене в течение всего года сохраняется значительная повторяемость высот волн 1-2 м, тогда как вероятность сильного волнения (3-5 м) от зимы к лету резко уменьшается. В среднем и южном коленах разгоны северного ветра ограничены, поэтому летом здесь преобладают условия, близкие к штилевым, а появление волн высотой более 1 м возможно только в зимние месяцы [Кольский..., 1997, 2009].

Ледовые явления в Кольском заливе претерпевают значительные изменения от суточных до межгодовых. В отдельные годы лед в заливе бывает только в течение февраля-марта, но ежедневно выносится в море. В суровые зимы (например, в 1997, 1999, 2001 гг.) южное и среднее колено полностью покрываются льдом толщиной до 30 см.

При попадании нефти на берег климатические и гидродинамические особенности вод залива, влияющие на поведение нефтяного пятна, являются второстепенными в силу своей изменчивости. Первостепенное значение в таком случае будет иметь геоморфология побережья (структура и тип берега, литология отложений и коренных пород и др.) как консервативный фактор, предопределяющий распространение нефти вглубь берега и просачивание ее по вертикали, способы и технологические особенности ликвидации последствий загрязнения.

Берега Кольского полуострова в геологическом отношении представляет собой часть Балтийского кристаллического щита, и являются возвышенной, расчлененной равниной, обрывающейся к морю. Они преимущественно скалисты, местами образуют высокие уступы. Четко выраженные террасы прослеживаются в южном колене Кольского залива в долинах рек Тулома и Кола. Сложены они валунно-галечными, песчаными, супесчаными и суглинистыми отложениями с обильной морской фауной, мощностью до 20 м [Лаврова, 1947, 1960]. Берега южного колена холмисты. Склоны холмов на западном берегу более отлогие, чем на восточном. Западный берег южного колена почти на всем протяжении окаймлен осыхающей отмелью. У восточного берега в южном колене залива расположены портовые сооружения г. Мурманск,

акватория которого, охватывает все южное колено залива. Берега среднего колена залива изрезаны и приглубы. Более изрезан юго-восточный берег. В северо-западный берег этого колена вдаются небольшие мелководные губы. Северо-западный и частично юго-восточный берег окаймлены осыхающей отмелью, усеянной камнями. Кромка отмели приглуба. Грунт литорали и побережья – камень, местами песок. Западный берег северного колена образован пологими склонами высоких гор. Он более изрезан, чем восточный, в него вдаются много губ. Восточный берег северного колена залива выше, чем западный. Он представляет собой почти непрерывную цепь возвышенностей, круто спускающихся к воде, приглуб. Грунт литорали и побережья - камень, местами песок и мелкий камень [Лоция...,1995, 2006].

### **1.1.2 Важные компоненты биоты**

Организмы, обитающие в Кольском заливе, объединены и рассматриваются, как основные экологические группы. Дополнительно в некоторых группах определены подгруппы, что необходимо для учета различного характера воздействия на них нефти: фитобентос, зообентос (три подгруппы) - макрозообентос, мегабентос мобильный и немобильный, морские и водоплавающие птицы (три подгруппы) – питающиеся у морской поверхности, ныряющие, околоводные.

Для размерно-видовой структуры разных таксономических групп зообентоса, населяющих различные биотопы, в работе принята градация по Л.Л. Численко [1981]:

- макробентос, размерная группа организмов от 1.5 до 30 мм, которая облавливается преимущественно дночерпателем и остается в промывочной сетке со стороной ячеи 1.0 мм.

- мегабентос, размерная группа организмов более 30 мм, к которой относятся крупные беспозвоночные, редко попадающие в дночерпатели, но хорошо облавливаемые тралами и драгами. Причем исследование проводилось отдельно для подгруппы мегазообентоса мобильного (способного передвигаться на большие расстояния, такие как крабы) и не мобильного (прикрепленного, малоподвижного – ежи, звезды, гребешки).

Все виды птиц, встречающиеся на территории Кольского залива, делились на 3 подгруппы по принципу вероятности загрязнения нефтепродуктами, что определяется продолжительностью контакта птиц с морской водой и способом добывания корма [Анкер-Нильсен, 1987; 1994; French-McCaу, 2009]. Так, птицы семейств гагарообразные, веслоногие и гусеобразные в условиях Кольского залива связаны с водной средой в большей степени; значительная часть их активности состоит в плавании на поверхности моря. Плавающая, птицы спят или отдыхают, перемещаются в поисках кормных участков. Общей чертой их поведения является более или менее глубокое ныряние из положения "плавание на поверхности" при

добыче корма, от чего подгруппа получила название ныряющие. Виды птиц, главным образом, чайковые и крачки объединены в подгруппу – питающиеся у морской поверхности. Они больше времени проводят в воздухе, летая над местообитаниями, некоторые ночуют и кормятся на суше и литорали, поэтому вероятность контакта с нефтяным пятном снижается. Околоводные птицы, обитающие вдоль береговой линии, на литорали, не способны к плаванию, таким образом, имеют наименьший контакт с водой.

Остальные фаунистические группы биоты не рассматривались в силу ряда причин. Промысловый лов рыбы в заливе не ведется, поэтому необходимые и достаточные данные о распределении ихтиофауны (включая ихтиопланктон) для Кольского залива отсутствуют. Морские млекопитающие на акватории залива встречаются крайне редко, спорадически и одиночно, не образуя массовых скоплений. Фито- и зоопланктон, как правило, достаточно быстро восстанавливают свою биомассу и численность после нефтяного разлива, поэтому для оценки уязвимости от нефти учитывать их не рекомендуется [ИМО/ИПЕСА/ОГР, 2012].

Для подробного описания современного состояния учитываемых групп/подгрупп биоты и подготовки карт пространственного распределения биомассы и численности для каждой из них по сезонам на всей акватории Кольского залива использовались опубликованные литературные данные, а также экспедиционные и архивные материалы из фондов ММБИ. В районах, не охваченных исследованиями, и где данных недостаточно, делался упор на результаты экспедиции северной части Кольского залива весной 2013 г. в рамках проекта по гранту Российского Географического Общества (РГО) (х/д 26/2013-НЗ от 02.04.2013 г.) и экспертные оценки сотрудников профильных лабораторий ММБИ [Отчет РГО, 2014].

### ***Макрофитобентос***

К настоящему времени изучены главным образом литоральные сообщества макрофитобентоса южной части Кольского залива в связи с их доступностью [Малавенда и др., 2008; Кольский залив..., 2009; Малавенда, Малавенда, 2012, Малавенда и др., 2013; Гончарова, Шошина, 2013]. Поэтому дополнительно для построения карт среднего и северного колен были использованы экспертные оценки к.б.н. Малавенды С.В., основанные на литературных данных и материалах, полученных в ходе экспедиции по Кольскому заливу весной 2013 г. [Отчет РГО, 2014].

Период наиболее активного роста макроводорослей на Мурмане приходится на март-июнь, размножения большинства видов – на июнь-сентябрь. С октября по февраль преобладают процессы деструкции у видов с многолетними талломами, часть видов находится в форме

покоящихся стадий. Однако сезонная динамика биомассы в течение года меняется не значительно. На литорали Кольского залива основную массу растительности составляют виды фукусовых водорослей. Фукоиды произрастают на всем протяжении береговой линии залива, ими покрыта осушенная зона круглогодично, проективное покрытие дна водорослями 50-100%, за исключением скалистых участков устья залива. Ниже пояса фукусовых в сублиторали на твердых грунтах доминируют ламинариевые водоросли. Ламинарии произрастают на всем протяжении береговой линии Кольского залива, за исключением наиболее подверженных прибою участков устья залива и дна с илистыми грунтами. В целом наибольшие биомассы фукоидов отмечены на восточном берегу среднего, а ламинариевых северного колен. Фукоиды сконцентрированы на литорали, а ламинариевые – на глубине около 5 м. На мягких грунтах, распространенных в вершинах губ и заливов, растений обычно мало (рис. 1.1-2). На верхнем горизонте литорали среднего и южного колен макрофиты не формируют покрова. В сублиторали большей части залива (кроме островов западной части северного колена) глубже 10-15 м водоросли-макрофиты не отмечаются. Максимальная биомасса макроводорослей встречается на литорали в районах м. Мишуков ( $7.3 \text{ кг/м}^2$ ) и побережье севернее губы Тюва ( $7.7 \text{ кг/м}^2$ ) в летний период. Можно отметить также, что наименьшая биомасса водорослей во все гидрологические сезоны встречается на илисто-песчаных грунтах в южном колене, что обусловлено совокупностью гидрологических факторов: низкой соленостью, эвтрофированием, ледовым режимом и преобладанием ила и песка. Однако биомассы литоральных фитоценозов залива ниже, чем в сходных биотопах губ Восточного Мурмана [Шошина, Аверинцева, 1994; Кузнецов, Шошина, 2003], что, вероятно, обусловлено антропогенным влиянием. Видовое богатство макрофитов увеличивается от кутовой части к устьевой [Зинова, 1912; Гурьянова и др., 1930].

Южное колено Кольского залива. Грунты илисто-песчаные с отдельными валунами, щебенкой, гравием. Существенная часть района занята портовыми сооружениями, практически весь восточный берег, поэтому макрофиты здесь распространены слабо. На западном побережье залива сообщества фитобентоса распределены равномерно, а биомасса составляет в среднем на литорали  $2-4 \text{ кг/м}^2$ , в сублиторали – менее  $1 \text{ кг/м}^2$ . На отдельных участках суммарная биомасса литоральной растительности может варьировать в зависимости от сезона и наличия твердого субстрата (валунов). В целом в южном колене до глубин 10 м характерны разреженные заросли водорослей, глубже они не обнаружены (условный ноль биомассы), (рис. 1.1-2).

В среднем колене Кольского залива на восточном его берегу вблизи поселков Росляково и Сафоново сублитораль слабо исследована, поэтому дать экспертную оценку данным участкам затруднительно. Эпизодические водолазные наблюдения в районе п. Сафоново свидетельствуют о присутствии разреженных зарослей на глубинах от 4 до 12 м. На

литоральных валунах произрастают фукоиды с биомассой летом около  $6 \text{ кг/м}^2$ . На песчаном грунте от мыса Шавор весной (май-июнь) отмечена растительность на небольшом участке биомассой до  $0.3 \text{ кг/м}^2$ . Наибольшего развития макрофиты достигают лишь на участке от губы Окольная до мыса Чирковый, дающие значения биомассы на литорали  $4.1-6 \text{ кг/м}^2$  и  $2.1-4 \text{ кг/м}^2$  в сублиторали. На западном берегу заросли фукоидов разреженные, но покрывают его повсеместно. На литорали средняя биомасса фитоценоза около  $3 \text{ кг/м}^2$ , в сублиторали пояс ламинариевых до глубин 5 м –  $1.6 \text{ кг/м}^2$ , от 5 до 16 м – пояс красных водорослей с биомассой до  $0.2 \text{ кг/м}^2$ . Глубже 15-16 м отмечены красные известковые водоросли с минимальной биомассой (крайне разрежены) и учету не поддаются (рис. 1.1-2).

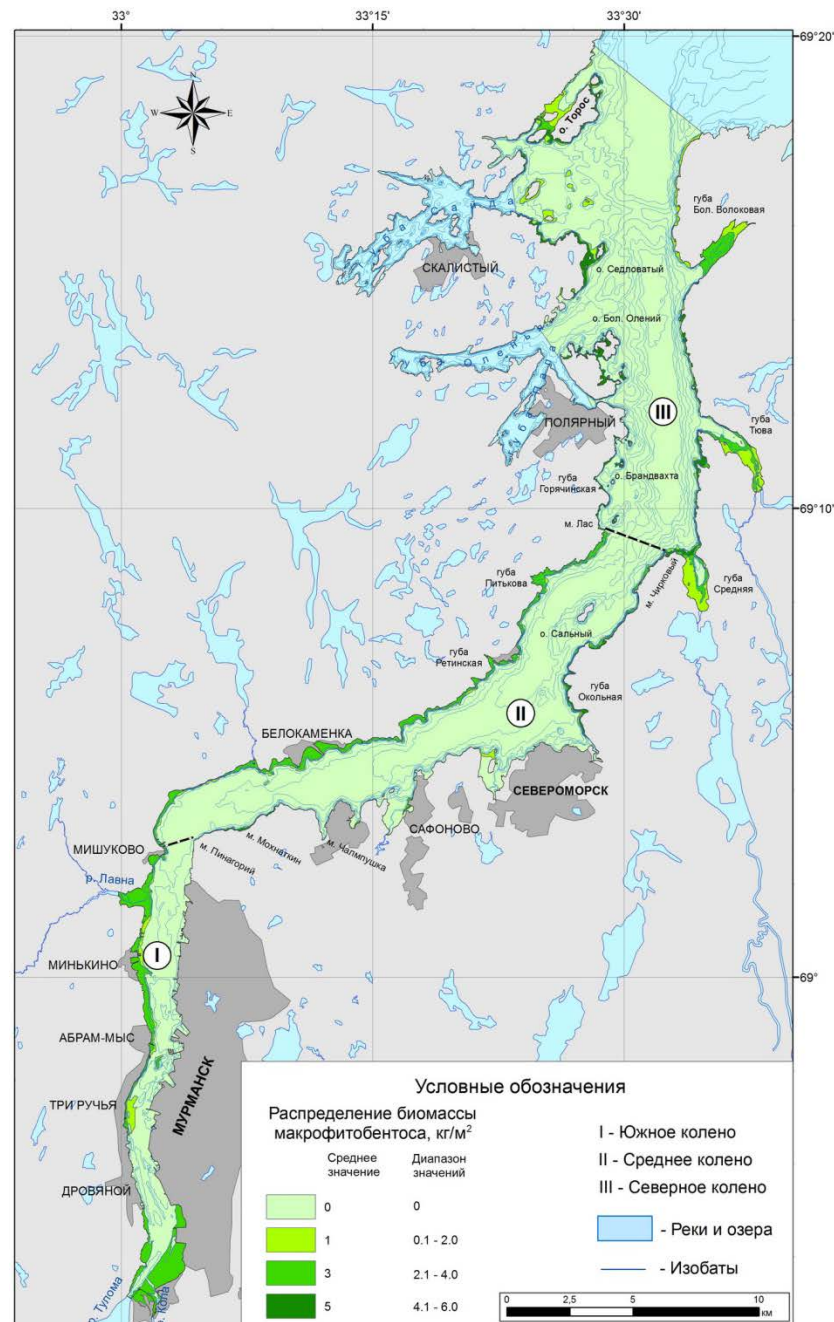


Рисунок 1.1-2. Распределение биомассы макрофитобентоса в Кольском заливе



Северное колено Кольского залива и устье – это участок побережья открытый и слабозащищенный от почти постоянного прибоя. В целом для северного колена залива наблюдается биомасса литоральных фитоценозов на обрывистых скалах до 1.5 кг/м<sup>2</sup>, на валунных осыпях – до 5.0 кг/м<sup>2</sup>. Биомасса в сублиторальном поясе ламинариевых водорослей в среднем 5.6 кг/м<sup>2</sup>, в поясе багрянок менее 1 кг/м<sup>2</sup>. На мягких грунтах, распространенных в вершинах губ Средняя, Тюва, Бол. Волоковая прослеживаются минимальные значения биомассы от 0.1 до 2.0 кг/м<sup>2</sup>, такие же значения характерны для сублиторали вблизи о. Торос на глубине до 15-25 м и на восточном берегу устьевой части Кольского залива, где растительность очень редкая (рис. 1.1-2).

### ***Макрозообентос***

Для описания распределения биомассы макрозообентоса в литорали и сублиторали всего Кольского залива, а также картографирования этих компонентов для районов залива, где проводились исследования с 1995 г. по настоящее время, использованы опубликованные и архивные данные ММБИ. Это главным образом участки сублиторали и литорали южного колена и южной части среднего колена Кольского залива [Гудимов, Фролов, 1997; Фролова и др., 1997; Павлова и др., 2009; Любина и др., 2009; Фролов, 2009]. Для не охваченных исследованиями районов литоральной и сублиторальной зон среднего и северного колена залива, а также осевой части залива на основании анализа грунтов и глубин, общих закономерностей распределения организмов и полученных в ходе экспедиции 2013 г. данных [Отчет РГО, 2014], применялись экспертные оценки к.б.н. Фролова А.А.

Установлено, что биомасса литорального и сублиторального макрозообентоса от кута Кольского залива до выхода в Баренцево море может изменяться в широких пределах от 0.005 г/м<sup>2</sup> до 5295 г/м<sup>2</sup>. Минимальные значения биомассы отмечены преимущественно в верхнем горизонте литорали Кольского залива, включая кутовые части практически всех вдающихся в берег губ залива, а также на сильно загрязненном участке южного колена залива на территории порта. Максимальные значения биомассы приурочены к нижнему горизонту литорали и верхней сублиторали до глубины 5 м. Локальные повышения этой характеристики обилия наблюдаются в различных расщелинах и углублениях в скалах, участках скал и камней, покрытых водорослями, гасящих ударную силу волн, между и под камнями и валунами, где чаще всего доминируют усонogie рачки *Semibalanus balanoides* и двустворчатые моллюски *Mytilus edulis*. В более глубоководной зоне на песчаных грунтах, максимумы биомассы отмечаются, наоборот, на отдельных валунах, камнях или антропогенном мусоре и связаны

либо с крупными (например, *Modiolus modiolus*), либо с мелкими, но массовыми (*Heteranomia squamula*, Hydroidea) формами, приуроченными к твердому субстрату.

Анализ архивных данных ММБИ и оценок профильных специалистов позволяют предположить, что в целом, сообщества большей части акватории Кольского залива характеризуются не высокими значениями биомассы организмов  $10-80 \text{ г/м}^2$  (рис. 1.1-3).

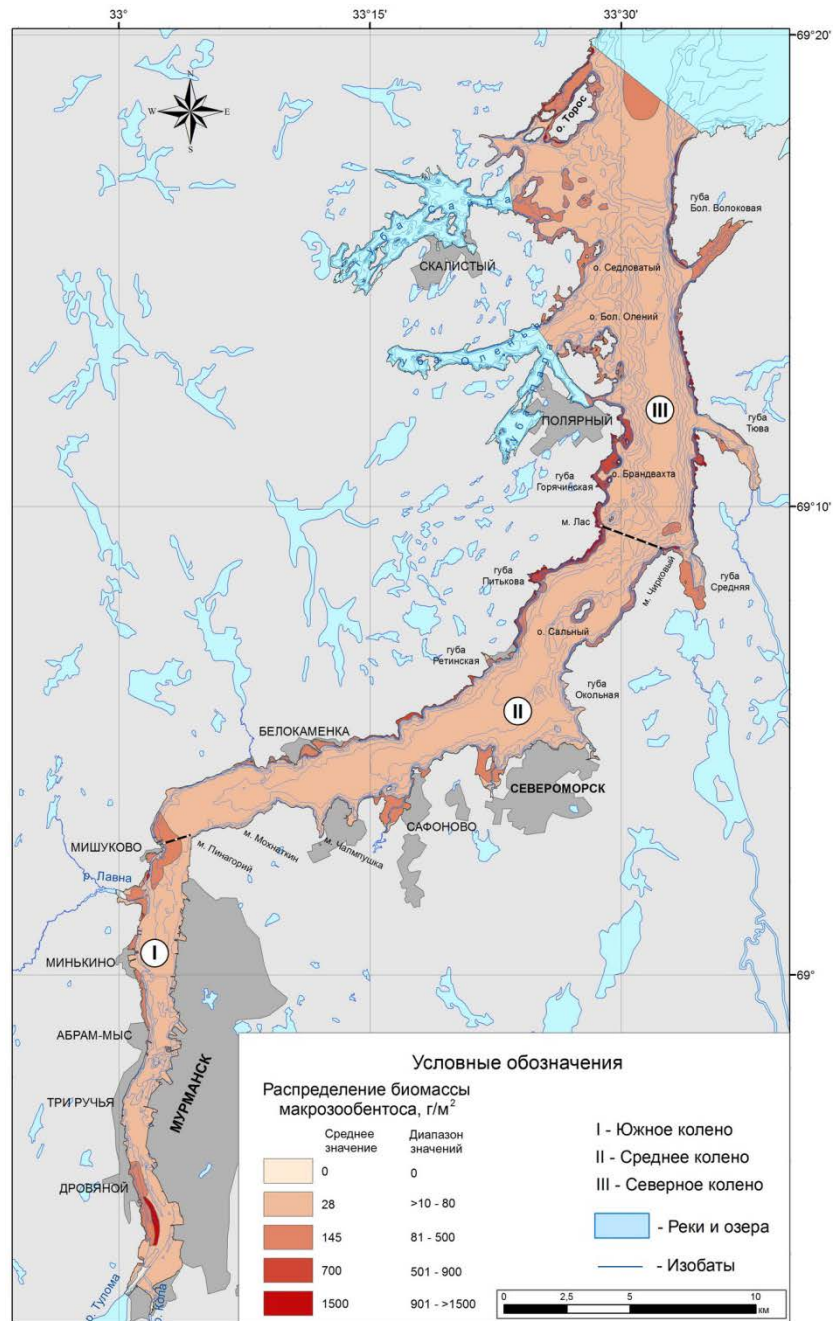


Рисунок 1.1-3. Распределение биомассы макрозообентоса в Кольском заливе

Южное колено Кольского залива. Минимальные количественные характеристики биомассы макрозообентоса (менее  $10 \text{ г/м}^2$ ) отмечаются в сублиторальной зоне, ограниченной изобатой 15 м вдоль всего антропогенно измененного восточного берега залива до

м. Пинагорий. Значения биомассы в диапазоне 10-30 г/м<sup>2</sup> наблюдаются в южном колене в «русловой» части кута залива, сублиторали до глубин 20 м вдоль причалов и промышленных предприятий г. Мурманска. На локальных участках литорали в устьях рек Кола, Тулома, Лавна и на обширных литоральных пляжах в куте залива диапазон биомасс достигает 30-80 г/м<sup>2</sup>. Более высокие значения биомассы 80-120 г/м<sup>2</sup> отмечены на литорали мозаично – на небольшом участке вблизи п. Абрам-мыс и от устьевой зоны р. Лавна до п. Мишуково. Максимальные биомассы более 900 г/м<sup>2</sup> приурочены к гравийным россыпям на илах и песках в нижнем горизонте литорали и в верхней сублиторали до 2-3 м южнее п. Дровяной (рис. 1.1-3).

В среднем колене Кольского залива также преобладает биомасса со значениями до 80 г/м<sup>2</sup> (рис. 1.1-3). Сообщества с более высокими показателями обилия распространены на литорали в районе п. Белокаменка, Ретинское; вокруг о. Сальный на глубине 5-50 м и на восточном берегу от него до входа в губу Средняя на глубине 5-10 м, по западному берегу также на глубине 5-10 м в районе губы Питькова; на широких осыхающих отмелях губ Грязная (п. Сафоново) и Варламова (г. Североморск). Область высоких значений биомассы макрозообентоса приурочена к западному побережью севернее п. Белокаменка. Биомасса донных беспозвоночных в пределах 500-900 г/м<sup>2</sup> встречается в литорали от губы Кулонга до губы Ретинская и в сублиторали (до 10-15 м) от губы Ретинская до о. Екатерининский. Максимальные показатели биомасс более 900 г/м<sup>2</sup> характерны в среднем колене только для нижнего горизонта каменистой литорали губы Ретинская и далее на север с максимальным распространением на участке между губ Питькова и Горячинской (рис. 1.1-3).

В северном колене Кольского залива биомасса донных беспозвоночных более 80 г/м<sup>2</sup> приурочена к прибрежным зонам (рис. 1.1-3). Сообщества макрозообентоса, характеризующиеся показателями обилия от 80 до 500 г/м<sup>2</sup> в губах Средняя, Тюва, Бол. Волоковая и далее на север в литорали небольших бухт среди скал до выхода в море на западном и восточном берегах, а также у о. Торос на глубине 5-20 м. Отмечено, что области повышенной биомассы 500-900 г/м<sup>2</sup> распределены вдоль восточного берега в сублиторали (до 20 м) от губы Средней до губы Тюва; по западному берегу – в сублиторали (до 10-15 м) от границы среднего колена до о. Екатерининский. Максимальные значения биомассы более 900 г/м<sup>2</sup> прослеживаются в нижнем горизонте каменистой литорали западного побережья, оконтуривая о-ва Шуринов, Горячинские и в сублиторали до глубины 20 м на север от губы Горячинская до о. Екатерининский. Вдоль восточного берега такие значения биомассы распространяются в нижнем горизонте литорали и в сублиторали до глубины 5 м от губы Средней до выхода в море. На остальной акватории биомассы донных беспозвоночных колеблются в диапазоне от 10 до 80 г/м<sup>2</sup> (рис. 1.1-3).

### *Мегазообентос*

Для описания и картографирования распределения биомассы мегазообентоса в сублиторали всего Кольского залива, где проводились исследования ММБИ, использованы опубликованные материалы [Павлова, Зуев, 2010аб; Зуев, Павлова, 2011; Зуев, 2012]. Для районов, не охваченных исследованиями, применялись экспертные оценки к.б.н. Павловой Л.В. на основании общих закономерностей распределения организмов по литературным данным [Дерюгин, 1915], анализу грунтов и глубин, а также результатам обработки проб мегазообентоса экспедиции 2013 г. [Отчет РГО, 2014].

#### *Немобильный мегазообентос*

Современное видовое разнообразие и распределение мегабентоса Кольского залива исследовано слабо и только в мелководной зоне. По данным количественных исследований мегабентоса, выполненных в 2005-2009 гг. и охватывающих преимущественно южное и среднее, меньше – северное колена, в верхней сублиторали (0-30 м) Кольского залива [Павлова, Зуев, 2010а; Зуев, Павлова, 2011; Зуев, 2012] данная размерная категория немобильного бентоса обильна в узкой прибрежной полосе, а с глубиной становится редкой и малочисленной. Выявлено весьма высокое видовое разнообразие мегабентоса в южном, наиболее распресненном колене Кольского залива, что отмечал еще К.М. Дерюгин (1915). Прибрежные мелководья южного, среднего и северного колен Кольского залива различаются между собой по профилю дна, типу грунтов, поэтому средние значения биомассы мегазообентоса могут варьировать от менее 10г/м<sup>2</sup> до 800 г/м<sup>2</sup> (рис. 1.1-4).

В южном колене Кольского залива распространение крупных беспозвоночных лимитирует пониженная (менее 17 ‰) соленость и сильные придонные течения. Южнее мыса Дровяного, а также вдоль западного побережья к северу от него до п. Абрам-мыс на глубине от 0 до 8 м сообщества макрозообентоса не встречаются (рис. 1.1-4). Мегабентос начинает появляться на глубинах более 8 м только севернее п. Абрам-мыс. Предположительно, по восточному берегу будет наблюдаться примерно такая же картина [Зуев, Павлова, 2011; Зуев, 2012]. На большей части южного колена залива в пространственном распределении биомассы мегабентоса прослеживается определенная закономерность. На малых глубинах (до 5-7 м) биомасса низкая – в среднем до 15 г/м<sup>2</sup>, с глубиной она увеличивается примерно до 60 г/м<sup>2</sup> [Зуев, 2009, 2012]. На границе южного и среднего колен залива в глубоководной части (20-30 м) биомасса по мере увеличения глубины должна уменьшаться до 10-30 г/м<sup>2</sup> (рис. 1.1-4).

На акватории среднего колена Кольского залива гидрологические условия не оказывают существенного влияния на вертикальное распространение мегабентоса глубже 6-10 м [Зуев, Павлова, 2011; Зуев, 2012]. По экспертной оценке, в глубоководной части среднего колена

залива биомасса мегабентоса не будет превышать  $10 \text{ г/м}^2$  (рис. 1.1-4). Возможно ее незначительное повышение (до  $15\text{-}20 \text{ г/м}^2$ ) на глубоководных участках дна, сложенного твердыми грунтами, за счет развития там эпифаунных видов мегабентоса. На участках западного побережья, где мелководье сложено мягкими грунтами, биомасса мегабентоса может достигать  $20\text{-}50 \text{ г/м}^2$  на границе с литоралью, с глубиной она уменьшается до  $10 \text{ г/м}^2$  и менее (рис. 1.1-4). Если грунт на границе с литоралью твердый, то на глубине 0-3 м биомасса достигает высоких значений. Вдоль восточного берега среднего колена, в принципе, может сохраняться данная закономерность в распределении биомассы. Также можно отметить, что биомасса крупных беспозвоночных на станциях, выполненных по западному берегу исследованной акватории достоверно выше, чем на станциях по восточному берегу (рис. 1.1-4).

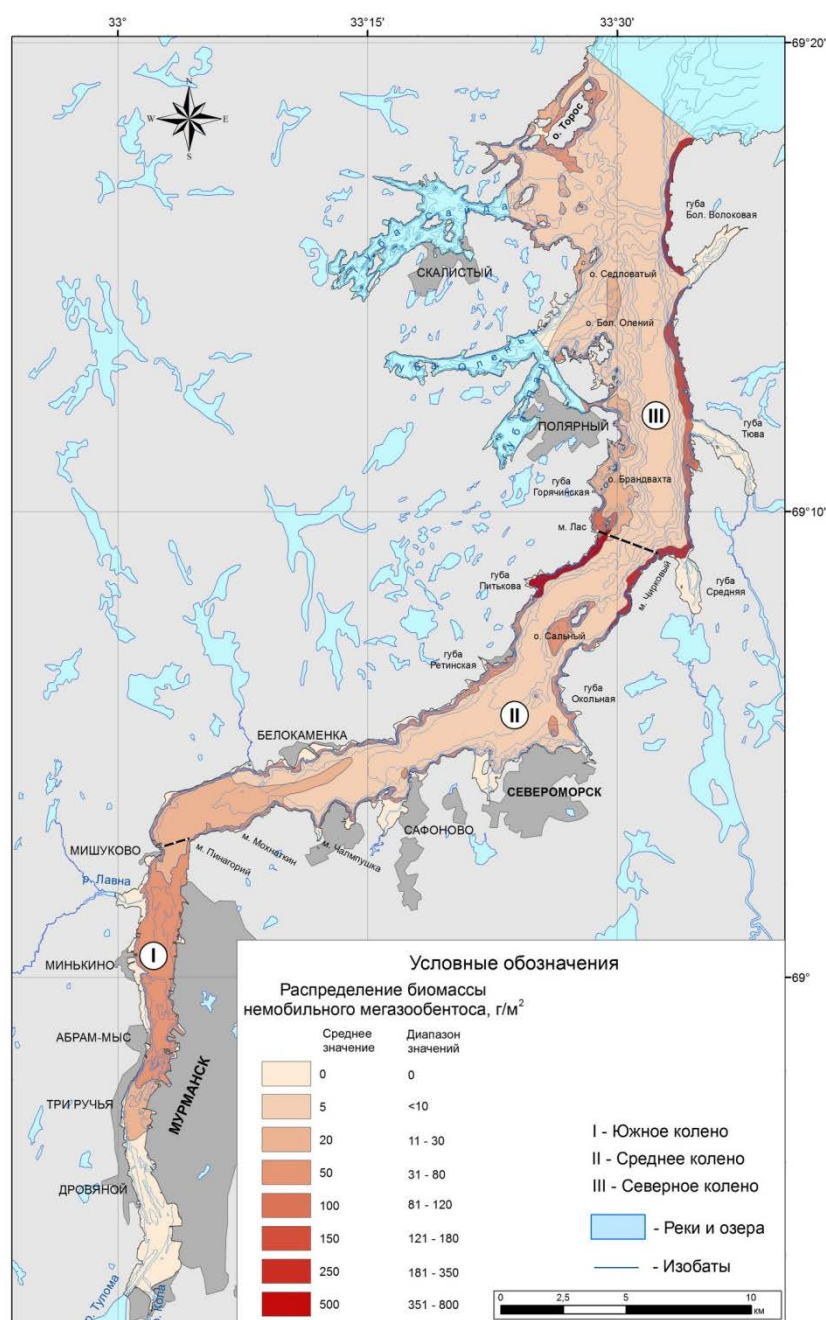


Рисунок 1.1-4. Распределение биомассы немобильного мегазобентоса в Кольском заливе

Для северного колена Кольского залива, в целом, отмечается тенденция возрастания биомассы на прибрежном мелководье (0-10 м) и ее уменьшение с глубиной. Биомасса на глубине до 10 м местами может достигать более  $2 \text{ кг/м}^2$ , но чаще варьирует от 100 до  $500 \text{ г/м}^2$  (рис. 1.1-4). Причем тип грунта при этом особой роли не играет. Следует отметить, что такое изменение обилия характерно для районов, не испытывающих сильное волновое воздействие. В местах с активной гидродинамикой поселения крупных беспозвоночных одинаково бедные и на малых, и на больших глубинах, а биомасса редко превышает  $10 \text{ г/м}^2$  (рис. 1.1-4). Эта закономерность (повышение обилия у границы с берегом и уменьшение с глубиной) нарушается в местах локализации гребешковых банок или массовых поселений крупных моллюсков *Arcticaislandica* (рис. 1.1-4). Такие массовые поселения этих видов могут иметь форму пятна и располагаться на разных глубинах. Неизвестно, образуются ли они глубже 50-100 м, т.к. информация об обилии мегабентоса в глубоководной части северного колена залива на сегодняшний день отсутствует. По мнению профильных специалистов, биомасса мегабентоса в глубоководной зоне этого района низкая – менее  $5-10 \text{ г/м}^2$ . На повышениях дна с каменистым грунтом ожидается повышение биомассы до  $15-20 \text{ г/м}^2$  из-за изменения характера фауны.

#### *Мобильный мегазобентос*

В Кольском заливе численность и биомассу мобильного мегабентоса определяет интродуцированный вид - камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*. Его обилие в верхней сублиторали залива обычно выше в северном колене, чем в среднем и южном, и, кроме того, подвержено сезонным изменениям вследствие сезонных миграций половозрелых камчатских крабов (рис. 1.1-5, 1.1-6). Численность и биомасса трех других видов крабов меняется в течение года не так существенно. Обычными обитателями Кольского залива можно считать крабов *Hyas araneus* и *H. coarctatus*. В настоящее время краб *H. araneus* встречается в Кольском заливе редко, хотя, отмечается во всех коленах залива. Краб *H. coarctatus* является еще более редким видом, он встречен только в среднем и северном колене залива на малых глубинах – менее 30 м. Крабид *L. maja*, по современным данным, очень малочисленный для Кольского залива вид, однако на мелководье он отмечался во всех его коленах [Зуев, Павлова, 2011; Зуев, 2012]. Крабам *Hyas araneus* и *H. Coarctatus* свойственны сезонные миграции [Кузнецов, 1964]. На мелководье первый вид держится с июня (когда у крабов происходит массовая линька) по октябрь, в ноябре–декабре он в основной массе начинает уходить на большую глубину (но не так глубоко, как камчатский краб), чтобы в мае начать движение обратно на мелководье. В отношении *H. coarctatus* сведений о сезонных миграциях не найдено.

Учитывая сезонные миграции и суммарные численность и биомассу мобильного мегабентоса, можно выделить два основных периода для крабов: осенне-зимний (с сентября по январь) и весенне-летний (с февраля по август).

У камчатского краба весь годовой цикл (размножение, сезонные миграции, летний нагул), а также развитие личинок и молоди, может проходить в пределах залива. По данным первых количественных исследований распределения камчатских крабов в северном колене в 2003 г. была установлена их численность 54.2 экз/1000 м<sup>2</sup> [Соколов, Милютин, 2006, 2008]. В южном и среднем коленах залива в разные сезоны по данным сотрудников ММБИ за период 2006-2008 гг. молодь *P. camtschaticus* в мелководной зоне южного и среднего колена Кольского залива обитает постоянно, а взрослые особи появляются преимущественно только в среднем колене с февраля-марта по июнь-июль. В южном колене неполовозрелые крабы не встречались на глубине менее 6-7 м, так как здесь на вертикальное распределение крабов влияет верхний распресненный слой воды [Павлова, Зуев, 2010б]. Средняя плотность распределения неполовозрелых крабов на исследуемой акватории была максимальной в 2006 г. – более 25 экз/1000 м<sup>2</sup>, в 2007 г. она незначительно снизилась до 15 экз/1000 м<sup>2</sup>, а в 2008 г. сократилась в 30-40 раз по сравнению с двумя предыдущими годами. Причем численность молоди краба в среднем колене залива, как правило, была выше, чем в южном. В 2008 г. она была одинаково низкой повсеместно, а количественная съемка в 2009 г. показала еще большее снижение численности. Среднегодовая биомасса молоди *P. camtschaticus* здесь была выше в 2007 г. (1180 г/1000 м<sup>2</sup>), чем в 2006 г. (900 г/1000 м<sup>2</sup>) в основном за счет различий в размерно-возрастном составе крабов. Наиболее высокие значения биомассы в 2006-2007 гг. всегда отмечались в среднем колене залива. Плотность распределения взрослых камчатских крабов в среднем колене Кольского залива обычно не превышала единиц на 1000 м<sup>2</sup> [Павлова, Зуев, 2010б].

Как следует из ранее проведенных исследований распределения камчатских крабов в Кольском заливе, в первой половине 2000-х годов в данном районе численность молоди краба была существенно выше, чем в последующие годы и в 2013 г. Плотность распределения половозрелых особей также снизилась, но не столь существенно. Поэтому на картах (рис. 1.1-5, 1.1-6) биомасса мобильного мегабентоса для прибрежных мелководий южного и среднего колена залива приведена по экспертной оценке. Причины отмеченного уменьшения численности молоди в Кольском заливе до конца не выяснены. Известно, что выживаемость личинок, а затем и мальков краба, может значительно варьировать по районам и годам.

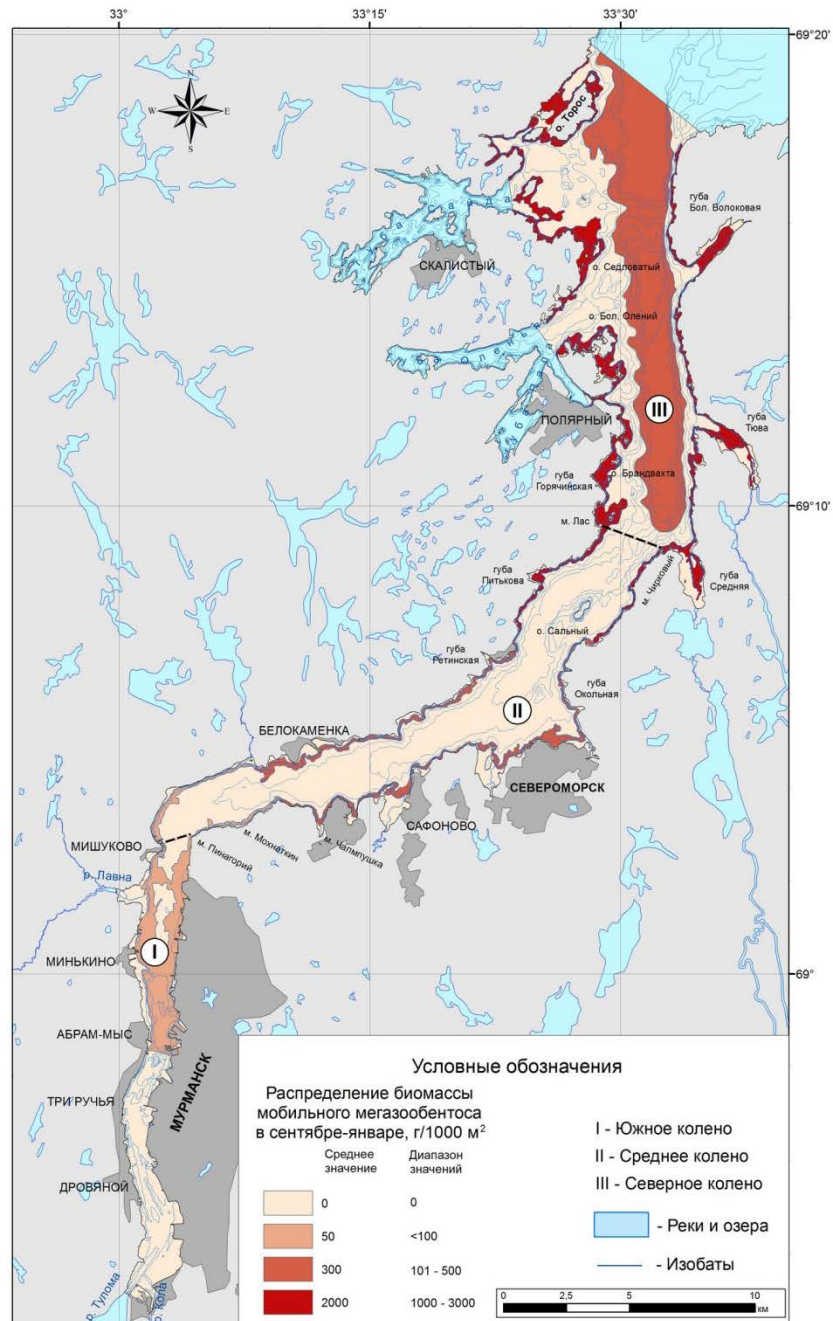


Рисунок 1.1-5. Распределение биомассы мобильного мегазообентоса в Кольском заливе (осень-зима)



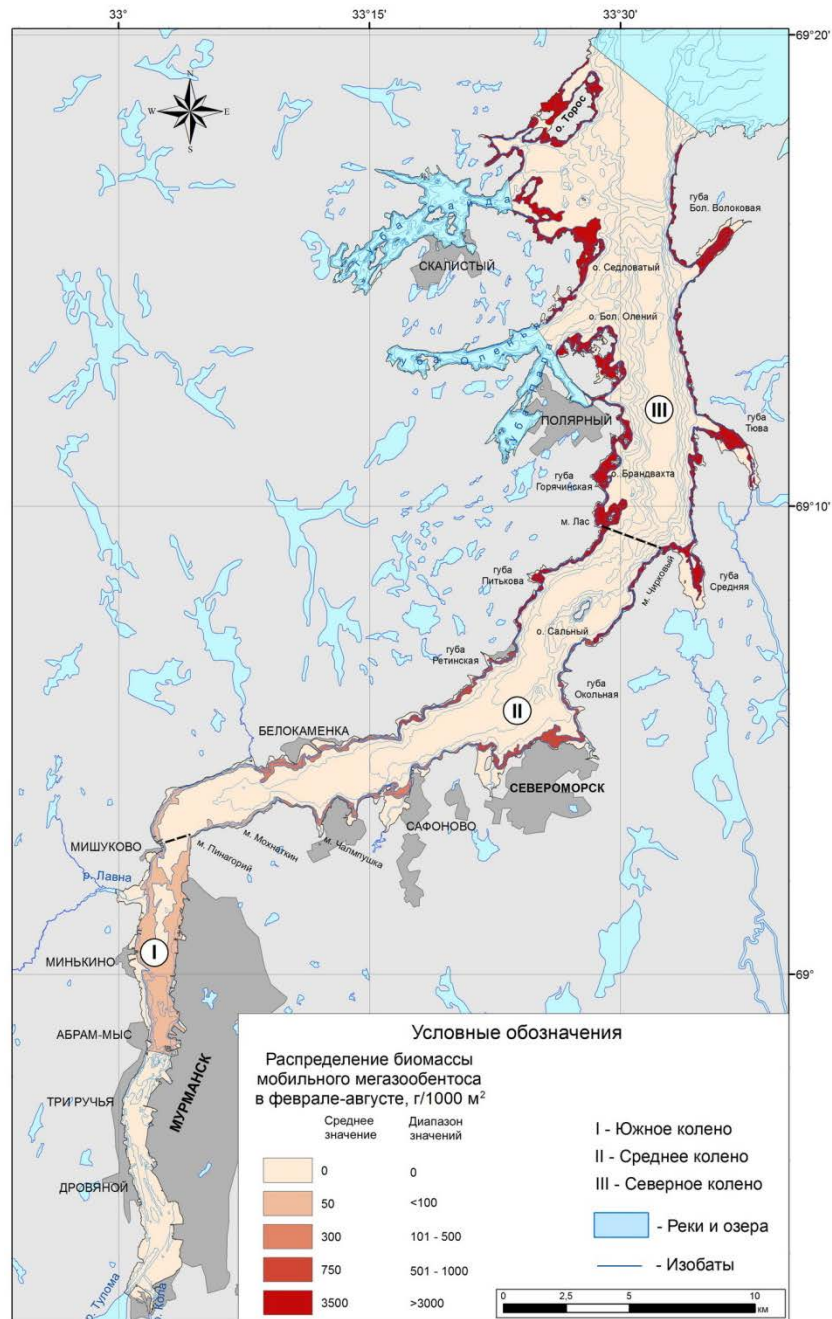


Рисунок 1.1-6. Распределение биомассы мобильного мегазообентоса в Кольском заливе (весна лето)

Следует отметить, что плотность поселения половозрелых камчатских крабов на мелководье может меняться в течение одного года, что связано с присущими этому виду сезонными миграциями взрослых особей на глубину (рис. 1.1-5) и обратно на мелководье (рис. 1.1-6). Половозрелые самцы и самки примерно в январе начинают мигрировать с глубины (100-200 м), где зимуют, на мелководье (0-30 м) в феврале-апреле, когда у них происходит линька и массовое размножение. Еще несколько месяцев они откармливаются на малых глубинах и в июле - августе у них начинается обратная миграция на глубину. В условиях Кольского залива взрослые крабы могут зимовать в глубоких котловинах северной части этого

фьорда, подобно тому, как это происходит в Варангер-фьорде [Тальберг, 2005], т.е. не совершая протяженных миграций. В этой связи в течение года суммарные численность и биомасса мобильного мегабентоса на мелководье Кольского залива могут изменяться. Так, по данным 2013 г., в осенний и зимний периоды (сентябрь - январь) суммарные плотность поселения могут снижаться из-за ушедших в глубоководные районы залива взрослых камчатских крабов до 8.7 экз/1000 м<sup>2</sup>, а биомасса – до 2900 г/1000 м<sup>2</sup> (рис. 1.1-5). При этом обилие мобильной молодежи краба на мелководье в течение года должно оставаться примерно на одном и том же уровне, поскольку данная категория крабов вертикальных миграций не совершает.

### *Орнитофауна*

Кольский залив представляет собой крупный фьорд с гидрологическими и трофическими условиями, способными обеспечить существование большого количества морских птиц. История исследования орнитофауны Кольского залива, обзор соответствующих публикаций, описание сезонной динамики авифауны в целом, особенности распределения, агрегированности, численности для наиболее обычных видов этого района представлены в подробных обзорных работах [Иваненко, 2008; Краснов, Горяев, 2009, 2013]. Однако количественные данные по их распределению показаны на картах точно для отдельных участков побережья. В связи с этим, для построения карт плотности распределения тех или иных видов птиц на всей акватории Кольского залива привлекались экспедиционные данные ММБИ за период 1999 - 2013 гг., в том числе [Отчет..., 2005; Отчет..., 2006а,б; Отчет..., 2007а,б]. Для отдельных районов и видов птиц, не охваченных исследованиями, использовались экспертные оценки средней численности птиц, представленные Горяевой А.А., а также материалы, полученные ей в экспедиции РГО [Отчет РГО, 2014], неопубликованные данные сотрудников ММБИ (Иваненко Н.Ю., Горяева Ю.И., Ежова А.В).

Сезонное распределение орнитофауны характеризуется большой изменчивостью в значениях численности птиц и их видовом составе. Большие скопления птиц образуются во время зимовки, при сезонных миграциях, гнездовании, линьке тех или иных видов. Применительно к решаемым задачам, выделение отдельных сезонов проводилось исходя из относительного постоянства плотности распределения птиц. Так, бо́льшая стабильность характерна для ноября-февраля и второй половины июня-июля, когда миграционная активность птиц почти полностью отсутствует. В эти месяцы численность видов – сезонных резидентов максимальна, а характерные для зимы и лета видовые аспекты перекрываются незначительно. Апрель-май и сентябрь-октябрь – переходные сезоны смены видов, в начале и конце которых численность одного и того же вида может изменяться радикально. Таким образом, сезонность для Кольского

залива принята следующей: зимний период – ноябрь-март, весенний период – апрель-июнь, лето – июль-август, осень – сентябрь-октябрь. Видовой состав выделенных подгрупп и присутствие разных видов птиц на территории Кольского залива в различные сезоны года показано в таблице 1.1-1. Охранный статус этих видов – в таблице 1.1-2.

Таблица 1.1-1

**Присутствие различных видов птиц на акватории Кольского залива в течение года**

	Виды	Периоды			
		Зима XI - III	Весна IV - VI	Лето VII - VIII	Осень IX - X
<b>ПТИЦЫ НЫРЯЮЩИЕ*</b>					
1	Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
2	Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	+(мч)
3	Серошекая поганка <i>Podiceps grisegena</i>	–	+(мч)	+	–
4	Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	+	+	+	+
5	Хохлатый баклан <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	+(мч)	–	–	–
6	Хохлатая чернеть <i>Aythya fuligula</i>	–	+(мч)	+(мч)	+(мч)
7	Морянка <i>Clangula hyemalis</i>	+	+	–	+(мч)
8	Обыкновенный гоголь <i>Vicephala clangula</i>	+(мч)	+(мч)	+	–
9	Обыкновенная гага <i>Somateria mollissima</i>	+	+	+	+
10	Гага-гребенушка <i>Somateria spectabilis</i>	+	+(мч)	–	+(мч)
11	Сибирская гага <i>Polysticta stelleri</i>	+	+	+	+
12	Синьга <i>Melanitta nigra</i>	–	+(мч)	+(мч)	+(мч)
13	Турпан <i>Melanitta fusca</i>	–	+	+(мч)	–
14	Средний (Длинноносый) крохаль <i>Mergus serrator</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	–
15	Большой крохаль <i>Mergus merganser</i>	+(мч)	+(мч)	+	+(мч)
16	Люрик <i>Alle alle</i>	+(мч)	–	–	+(мч)
17	Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge</i>	+(мч)	–	–	+(мч)
18	Голстоклювая кайра <i>Uria lomvia</i>	+	–	–	+(мч)
19	Обыкновенный чистик <i>Cerpphus grylle</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	+(мч)
20	Тупик <i>Fratercula arctica</i>	–	+(мч)	–	–
<b>ПТИЦЫ, ПИТАЮЩИЕСЯ У МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ</b>					
21	Гуменник <i>Anser fabalis</i>	–	+(мч)	–	–
22	Лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i>	–	+	–	+
23	Пеганка <i>Tadorna tadorna</i>	+	+	+	–
24	Кряква <i>Anas platyrhynchos</i>	+	+(мч)	+(мч)	+
25	Чирок-свиистунок <i>Anas crecca</i>	–	+(мч)	–	+(мч)
26	Связь <i>Anas penelope</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
27	Шилохвость <i>Anas acuta</i>	–	+	–	–
28	Лысуха <i>Fulica atra</i>	+(мч)	+(мч)	–	–

	Виды	Периоды			
		Зима XI - III	Весна IV - VI	Лето VII - VIII	Осень IX - X
29	Короткохвостый поморник <i>Stercorarius parasiticus</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
30	Малая чайка <i>Larus minutus</i>	–	–	+(мч)	–
31	Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	–
32	Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i>	+	+	+	+
33	Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	+	+(мч)	+(мч)	+(мч)
34	Морская чайка <i>Larus marinus</i>	+(мч)	+	+(мч)	+
35	Сизая чайка <i>Larus canus</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	+(мч)
36	Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	+	+	+	+(мч)
37	Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
38	Полярная крачка <i>Sterna paradisaea</i>	–	+	+	–
<b>ПТИЦЫ, ОБИТАЮЩИЕ ВДОЛЬ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ (ОКОЛОВОДНЫЕ)</b>					
39	Галстучник <i>Charadrius hiaticula</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
40	Кулик-сорока <i>Haematopus ostralegus</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
41	Большой улит <i>Tringa nebularia</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
42	Травник <i>Tringa totanus</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
43	Щеголь <i>Tringa erythropus</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
44	Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
45	Турухтан <i>Phylomachus pugnax</i>	–	+(мч)	+(мч)	+(мч)
46	Кулик-воробей <i>Calidris minuta</i>	–	+(мч)	–	–
47	Белохвостый песочник <i>Calidris temminckii</i>	–	+(мч)	+(мч)	+(мч)
48	Чернозобик <i>Calidris alpina</i>	–	+(мч)	–	+(мч)
49	Морской песочник <i>Calidris maritima</i>	+	+(мч)	+(мч)	+(мч)
50	Исландский песочник <i>Calidris canutus</i>	+(мч)	+(мч)	+(мч)	–
51	Песчанка <i>Calidris alba</i>	–	+(мч)	–	–
52	Большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
53	Малый веретенник <i>Limosa lapponica</i>	–	+(мч)	+(мч)	–
54	Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>	–	+(мч)	+(мч)	–

Примечание: знаком «+» отмечены встречи птиц, отображенные в литературных источниках и неопубликованных данных сотрудников ММБИ; «–» отмечено отсутствие вида в сезоне; «мч» – малочисленные виды; \*- принцип деления птиц на подгруппы приведен в пункте 1.1.2.

На акватории Кольского залива выявлено более 50 видов птиц. Наиболее обычны и достаточно многочисленны (т.е. являются фоновыми хотя бы для одного сезона) около 10 видов (табл. 1.1-1). Охраняемых и краснокнижных в заливе 9 видов [Красная книга РФ, 2001; Красная книга М.О., 2014; МСОП]. Значительная часть это залетные или редкие, не характерные для залива обитатели морской акватории, а также пресноводных озер, прилежащих к заливу. По результатам экспертной оценки были составлены карты плотности распределения птиц на территории Кольского залива (Приложение А). Индивидуальные карты для отдельного вида

составлялись, в случае если вид имеет особый охранный статус или является относительно многочисленным в данный сезон. Для малочисленных видов («мч» из табл. 1.1-1) составлялись объединенные карты по выделенным подгруппам птиц в каждый сезон (Приложения А.1.7, А.1.13, А.1.15, А.2.6, А.2.12, А.2.14, А.3.7, А.3.12, А.3.14, А.4.4, А.4.8, А.4.9).

Таблица 1.1-2

### Охранный статус видов, обитающих на территории Кольского залива

Вид	Охранный статус видов		
	Международный союз охраны природы (МСОП)	Красная Книга РФ	Красная Книга Мурманской области
Серощекая поганка <i>Podiceps grisegena</i>	LC	-	Редкий
Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	-	Бионадзор
Хохлатый баклан <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	LC	Редкий	Редкий
Обыкновенная гага <i>Somateria mollissima</i>	LC	Бионадзор	восстанавливающийся (поддерживаемый)
Сибирская гага <i>Polysticta stelleri</i>	VU	Бионадзор	Редкий
Турпан <i>Melanitta fusca</i>	EN	-	-
Лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i>	LC	-	Редкий
Пеганка <i>Tadorna tadorna</i>	LC	-	Редкий
Большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i>	NT	-	Редкий

Примечание: LC – вызывающие наименьшее опасение; VU – находящиеся под угрозой исчезновения – (уязвимые); EN - находящиеся под угрозой исчезновения (в опасном состоянии); NT – находящиеся в состоянии близком к угрожающему.

Для большинства морских уток, составляющих подгруппу ныряющих, в течение всего года характерно обитание на мелководье, как правило, в пределах глубин, не превышающих 0.5-20 м (Приложения А.1.1-А.1.7; А.2.1-А.2.6; А.3.1-А.3.7; А.4.1-А.4.4). Многие виды чайковых из числа, питающихся у морской поверхности, используют как пелагические воды, так и литораль, однако наибольшую плотность в любой сезон образуют именно на литорали (Приложения А.1.8-А.1.13; А.2.7-А.2.12; А.3.8-А.3.12; А.4.5-А.4.8). Во время захода в залив скоплений рыбы серебристые, морские чайки и моевки образуют крупные кормовые стаи и в глубоководных частях русла залива, чаще в его северной трети. Эти скопления сравнительно непродолжительны, а численность птиц низкая. Околоводные виды (кулики) обитают в границах литорали до линии отлива, крупные длинноногие виды используют также прилежащие к обсохшей литорали мелководья до 0.2 м глубиной (Приложения А.1.14-А.1.15;

А.2.13-А.2.14; А.3.13-А.3.14; А.4.9). Кроме особенностей стратификации птиц по глубинам, связанной с доступностью кормовых ресурсов и наиболее плотным их скоплением, для всех видов свойственна неравномерность распределения в заливе в зависимости от иных факторов, например, неодинакового качества отдельных районов как кормовых или защитных стаций, степени антропогенного беспокойства, а также различно выраженной социальности [Горяев и др., 2015, неопубликовано]. Зимой не маловажное значение играет ледовая обстановка. Формирование льда в более распресненных южных участках залива «выдавливает» птиц в северные, свободные ото льда акватории [Отчет..., 2007б].

#### Зимний период (ноябрь – март)

Основу авифауны залива в зимний период составляют морские водоплавающие птицы, в первую очередь, обыкновенная гага, а также другие виды уток. Из чайковых птиц зимующим является бургомистр, остальные виды чаек встречаются единично или в небольшом количестве. Из куликов зимует морской песочник.

Птицы ныряющие. Более половины от общего количества особей всех присутствующих в зимний сезон видов подгруппы составляют обыкновенные гаги (Приложение А.1.1), также обычны морянка и сибирская гага (Приложения А.1.2 – А.1.3). Доля прочих птиц в подгруппе (гребенушка, бакланы, крохали и др.) не превышает нескольких процентов (Приложения А.1.4 – А.1.7). В границах обычных стаций обитания часть видов распределена очень неравномерно: так морянка, большой баклан и малочисленные виды встречаются в основном в южном колене, где в отдельных местах их плотность распределения значительно превышает среднюю по заливу (Приложения А.1.2, А.1.4, А.1.7). Обыкновенная гага, гага-гребенушка и хохлатый баклан распределены сравнительно более равномерно. Хотя, обыкновенная гага заметно многочисленнее в среднем и северном коленах (Приложение А.1.1), а гребенушка - в южном и северном (Приложение А.1.5), хохлатый баклан имеет однородно малую численность по всему заливу (Приложение А.1.6). У численно доминирующих видов гусеобразных в зимнее время значительно выражена агрегированность в стаи. Обыкновенная гага в кормных местах, защищенных от ветра, на небольших участках акватории, на продолжительное время сбивается в плотные скопления до 1200 особей, [Иваненко, 2008]. Стаи до 500-1000 особей образуют также стеллерова гага и морянка. Прочие виды распределяются одиночно (большой и длинноносый крохали) или небольшими разреженными скоплениями (большой баклан, гага-гребенушка).

Птицы, питающиеся у морской поверхности. В ноябре-феврале среди крупных чаек доминирует бургомистр (Приложение А.1.8). В первой половине зимы в северных и предустьевых районах залива в небольших количествах обычна моевка, в среднем и южном

колене вид появляется сравнительно реже (Приложение А.1.11). В январе-феврале начинают массово прилетать серебристые чайки в залив на гнездование. Чаще всего они держатся в южной и средней частях залива, наиболее освоенной человеком (Приложение А.1.9). Зимуют также отдельные особи морских, сизых и озерных чаек [Иваненко, 2013], встречается лысуха (табл. 1.1-1; Приложение А.1.13). В марте численное соотношение видов меняется: количество крупных чаек и моевок быстро увеличивается. И с конца марта чайки концентрируются в местах гнездования - на островах, а моевки на акватории средней и северной частей залива. Среди речных уток в Кольском заливе на зимовку остается кряква и краснокнижная пеганка, обитающие в южном и среднем коленах, массово на небольших глубинах в пределах зоны литорали, вблизи населенных пунктов (Приложение А.1.12).

Птицы околотоводные. Единственный многочисленный вид в фауне куликов зимой - морской песочник. Встречается в течение всей зимы повсеместно, на литорали, особенно - в местах хорошего развития фукусных водорослей (Приложение А.1.14). Зимой ведут групповой образ жизни, собираясь в плотные стаи до 100 особей и более. Оценочная численность вида в этот период - не менее 1000 особей, что составляет около 20-25% общего количества, зимующего на побережье Мурмана [Краснов, Гаврило 2009].

Весенний период (апрель - июнь)

Весенний период характеризуется увеличением численности многих видов птиц, за счет их прилета и начала гнездования. Некоторые виды гнездятся на территории Кольского залива, другие – в окрестностях, при этом активно посещают акваторию залива с целью добычи корма.

Птицы ныряющие. Весенняя фауна более разнообразна в сравнении с зимней. Происходит снижение численности зимовавших морянок, гаги обыкновенной и сибирской (Приложения А.2.1 - А.2.3). Однако ее основу по-прежнему составляют гусеобразные и самым многочисленным видом весной остается обыкновенная гага. Ее группировка становится более рассеянной из-за того, что самки распределяются по гнездовым островам, а "гнездовые" самцы и неразмножавшиеся особи обоих полов, остающиеся в заливе для линьки, держатся группами не более 100-200 особей. Одновременно появляются первые собирающиеся на линьку большие крохали и гоголи, прилетают чернозобые гагары, большие бакланы. На пролете через акваторию залива встречаются одиночно или небольшими группами синьга, турпан (Приложения А.2.4 - А.2.6).

Птицы, питающиеся у морской поверхности. В весенний период продолжается рост численности крупных чаек (серебристой, морской), моевки и сизых чаек. Покидают залив бургомистры, прилетают полярные крачки, лебедь-кликун, озерные чайки (табл. 1.1-1; Приложения А.2.7, А.2.8, А.2.10, А.2.11, А.2.12). Численно доминируют серебристые чайки, довольно

многочисленны также моевки, доля прочих видов не превышает нескольких процентов. Очень редко встречается пеганка, охраняемый вид (Приложение А.2.9). Наиболее плотные скопления на акватории в весенний период образуют серебристые чайки во время охоты на рыбу в северной и средней частях залива, скапливаясь в стаи до 1000 и более особей. В отсутствие рыбы чайки этого вида значительную часть времени проводят на литорали, где образуют максимальную плотность распределения (Приложение А.2.7). Сизые и озерные чайки в конце мая образуют довольно плотные кормящиеся на литорали группы до 200 экз. в южной части залива, доля остальных малочисленных видов здесь, главным образом гусеобразных, незначительна (табл. 1.1-1, Приложение А.2.12). Полярные крачки после прилета также могут встречаться во всех районах залива, но с конца апреля перемещаются в районы размножения – среднюю и северную части (Приложение А.2.11).

Птицы околотовные. Информация по околотовным птицам (большая часть куликов) в публикациях практически не отражена. По экспертной оценке их численность не велика. Из группы куликов в апреле-мае появляются малые веретенники, кулики-сороки, травники, турухтан (табл. 1.1-1). В июне неоднократно отмечался краснокнижный вид - большой кроншнеп (неопубликованные данные Н.Ю. Иваненко; Приложение А.2.13). Кулик-сорока и травник гнездятся на побережье или болотистой тундре, прилегающей к нему, литораль залива они используют в течение весны как кормовой биотоп. Оба вида встречаются по всей литорали рассматриваемого района залива, более плотно - на ее отлогих участках. Особи малого веретенника в основном держатся на участках песчано-илистой литорали, прилегающей к местам впадения в залив пресноводных рек в южном колене залива. Турухтан отмечается на пролете, в мае, и также предпочитает отлогие илистые литорали. (Приложение А.2.14).

#### Летний период (июль – август)

В Кольском заливе для гнездового комплекса морских и водоплавающих птиц характерно наличие, главным образом, серебристых чаек и обыкновенной гаги, в меньшей степени – морских чаек, моевок и полярных крачек. Значительная часть этих и других видов морских и водоплавающих птиц представлена не размножающимися особями. Среди околотовных птиц, размножается подавляющее количество куликов.

Птицы ныряющие. Количество видов группы ныряльщиков летом сравнительно бедно и близко к зимнему. Доминируют (численно и номинально) гусеобразные - обыкновенный гоголь, большой крохаль, наиболее многочисленна обыкновенная гага (Приложения А.3.1, А.3.2, А.3.5). В течение июля на акватории постепенно увеличивается численность выводков обыкновенных гаг. Помимо гнездящейся группировки гаг в заливе (за исключением участка южного колена от Абрам-мыса к вершине залива) в течение всего лета обитает группировка



линяющих самцов и самок. Скопления обоих групп приурочены в основном к мелким бухтам, защищенным от волн, и западному берегу среднего колена залива, где хорошо развита литораль (Приложение А.3.1). В отдельные годы обычные виды "речных" уток (хохлатая чернеть, турпан, синьга), в незначительном числе концентрируются в основном в эстуарной части залива (Приложение А.3.7). В июле 2006 г. на отрезке акватории залива Лавна - Мишуково отмечалась серошекая поганка [Отчет..., 2006а], этот вид относится к охраняемым и встречается крайне редко (Приложение А.3.6). Другие два краснокнижных вида (большой баклан и сибирская гага) постоянны на всей акватории залива, но также не многочисленны (Приложения А.3.4, А.3.5).

Птицы, питающиеся у морской поверхности. Обычны в заливе летом основные виды чаек - серебристая, морская, сизая, озерная. [Горяев, Татаринкова 2010; Горяев и др., 2011; Краснов, Горяев, 2013]. В течение сезона численность серебристых и морских чаек продолжает нарастать за счет прилета в залив неполовозрелых особей, взрослых не гнездившихся птиц с побережья, пролета чаек из колоний Мурмана, Финмаркена и Белого моря. В среднем серебристые чайки доминируют по общему количеству особей всех видов подгруппы. В границах обычных стаций обитания (литораль и акватория) серебристые чайки распределены достаточно равномерно, более многочисленны в вершине залива (Приложение А.3.8). Довольно обычны летом моевки, основная часть их колоний располагается на сооружениях порта и доках в южной части залива, совершая также кормовые полеты, небольшими стайками встречаются по всему заливу (Приложение А.3.10). Полярная крачка гнездится в небольших колониях на островах и побережье в средней и северной частях залива, но может быть встречена на всем его протяжении (Приложение А.3.11). Доли прочих видов, включая пеганку (занесенную в Красную книгу), не превышают 1% (Приложения А.3.9, А.3.12).

Птицы околководные. Обычные виды куликов летом - малый веретенник, кулик-сорока, травник и краснокнижный большой кроншнеп. В августе на пролете появляются турухтаны и первые, собирающиеся на зимовку, морские песочники. За исключением малого веретенника, концентрирующегося в вершине залива и устье р. Лавна, прочие виды распределены в пределах обитаемых стаций достаточно равномерно (Приложения А.3.13 - А.3.14).

#### Осенний период (сентябрь - октябрь)

Осенью через акваторию Кольского залива проходит поток мигрирующих морских и водоплавающих птиц. Большинство дальних мигрантов покидают район залива уже в сентябре-октябре.

Птицы ныряющие. В течение сезона возвращаются с мест гнездования на зимовку многие виды, растет численность морянки, гаги-гребенушки, сибирской и обыкновенной гаг [Краснов, Горяев 2009, 2013]. Так, количество обыкновенных гаг к октябрю увеличивается

примерно на 20% от летней численности и приближается к зимнему, составляя значительную часть общей численности ныряющих птиц (Приложение А.4.1). Численность остальных морских уток, прибывающих на зимовку, нарастает значительно медленнее. Поздней осенью залив покидают чернозобые гагары и гоголи; большой и длинноносый крохали встречаются при максимальной (поздне-летней) численности до конца октября. Прочие виды, в том числе охраняемые сибирская гага и большой баклан (Приложения А.4.2 - А.4.3), встречаются поодиночке или группами около 10 экз. распределение которых представлено на суммарной карте малочисленных видов ныряющих птиц (Приложение А.4.4).

Птицы, питающиеся у морской поверхности. В сентябре активно проходит отлет крупных (серебристых и морских) чаек к местам зимовки, однако убыль "местных" особей в значительной мере компенсируется появлением птиц, летящих через залив из других районов ареала. В первой половине октября чайки встречаются на всем протяжении залива, особенно на крупных свалках на побережье, вдоль южной части залива. Здесь птицы проводят светлую часть суток кормясь, а ночью отлетают на близлежащую литораль и акваторию также в основном в южной части залива (Приложение А.4.5). Также в вершине залива (и прилегающей акватории Туломского водохранилища) нередко делают промежуточные остановки небольшие группы лебедя-кликун (Приложение А.4.6). С началом осени появляется кряква, гнездившаяся в прилегающих районах материка (Приложение А.4.7). В сентябре Кольский залив в массе покидают озерные чайки и моевки, и лишь сизые чайки могут задерживаться до ноября и даже частично оставаться на зимовку. В октябре появляются первые кочующие бургомистры из восточных и северных районов Баренцевоморского региона. В среднем для сезона доминируют серебристые чайки, доля остальных немногочисленных видов не велика и пространственно локализована, главным образом, в южной части залива (Приложение А.4.8).

Птицы околородные. Летовавшие в заливе кулики также отлетают к началу сентября, и осенью представлены единственным видом - морским песочником. Общая численность видов этой подгруппы экспертно оценена как незначительная и представлена суммарной картой распределения околородных птиц (Приложение А.4.9).

### **1.1.3 Особо значимые объекты**

В Кольском заливе присутствуют три типа особо значимых объектов: порты и портовые сооружения, устья нерестовых рек семги, районы размножения крабов и развития личинок.

*К портовым сооружениям* отнесены: порт на акватории, примыкающей к г. Мурманску, нефтяные терминалы и причальные сооружения в его окрестностях на восточном берегу; причальные сооружения военно-морского флота в Североморске, ЗАТО Росляково, Сафоново, Полярном; старые причалы в Тюва губе (рис. 1.1-7). Используя навигационные

карты и результаты фотосъемки берегов Кольского залива, контуры выделенных объектов наносились на карту, охватывая расстояние в 150 м от берега.

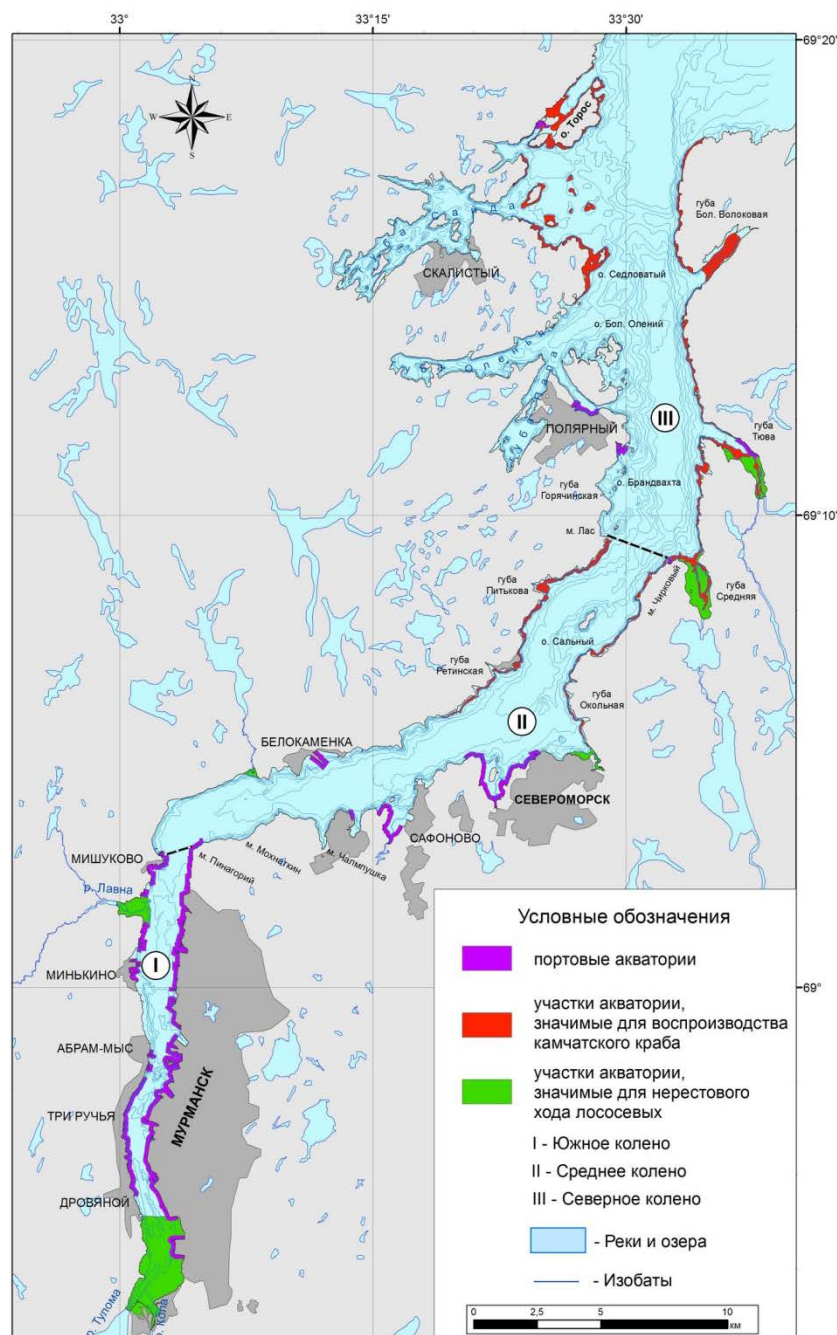


Рисунок 1.1-7. Расположение особо значимых объектов на акватории Кольского залива

**Нерестовыми для семги реки** являются: Кола, Тулома, Лавна, Кулонга, Ваенга, а также реки в губах Средняя и Тюва [Реестр..., 2011]. С апреля по октябрь семга заходит в эти реки для нереста, поэтому мелководные участки в районе устьев перечисленных рек будут особо значимыми в случае загрязнения. На глубинах, ограниченных изобатами 0-5 м, загрязнение будет препятствовать нормальному заходу рыб в реки. Поэтому наиболее мелководные подходы к устьям рек были ограничены и отмечены на карте ОЗО для нерестовых рек семги (рис. 1.1-7).

**Размножение крабов** проходит на мелководье залива и растянуто на несколько месяцев - с февраля по июнь [Матюшкин, 2003]. В период массового выклева планктонные личинки, как правило, удерживаются в пределах залива, здесь же происходит и их оседание. Для оседания подходят участки побережья с развитой эпифауной. По экспертной оценке, в северной половине залива их численность выше, чем в южной [Павлова, Зуев, 2010б]. Т.к. планктонные организмы очень уязвимы к нефтяному загрязнению, то районы их массового скопления выделены как особо значимые. В Кольском заливе к ним относят мелководные районы северной части залива и отмечаются на карте ОЗО по поясу макрофитов до глубин 20 м (рис. 1.1-7).

## **1.2 Основные источники, формирующие нефтяное загрязнение в Кольском заливе**

Общая картина загрязнения мирового океана нефтью и нефтепродуктами может быть охарактеризована следующим образом. Более 20 % нефтяных загрязнений происходят при транспортировке и перевалке, около 5 % приходится на разведку и добычу углеводородов, 15 % составляют естественные излияния нефти, оставшуюся долю образуют многочисленные стоки [Etkin, et al., 1999; Pickering, 1999; Носков, Правдивец, 2004; Блиновская, 2006].

В 2012 г. специалисты ФБУ «Арктическая дирекция по техническому обеспечению надзора на море», используя данные спутникового мониторинга, провели анализ, позволяющий выявить основные источники нефтяного загрязнения акватории Кольского залива (неопубликованные данные из доклада Н.В. Рыбчак, 2012 г):

### 1. Водоохранная зона в районе порта Мурманск:

- ГОУП «Мурманскводоканал»;
- ООО «Первый Мурманский терминал»;
- ОАО «Мурманский Морской Рыбный Порт»;
- ОАО «Мурманская судовой верфь-СДП»;
- ОАО «Мурманский судоремонтный завод Морского флота»;
- ОАО «Мурманский Морской Торговый Порт»;
- 35 СРЗ ОАО «ЦС «Звездочка»;
- ФГУП «Атомфлот».

### 2. Водоохранная зона в районе поселка Росляково:

- ООО «Коммандит Сервис»;
- ФБУ войсковая часть № 96143 (мыс Мохнаткин);
- ООО Нефтяной терминал «Белокаменка»;

- ОАО «82 судоремонтный завод».
- 3. Водоохранная зона в районе поселка Сафоново:
  - Войсковая часть № 90469 (п. Сафоново).
- 4. Водоохранная зона в районе порта Североморск:
  - МУП «Североморскводоканал»;
  - МУП «Североморские теплосети»;
  - Военно-морская база Северного флота России (г. Североморск);
  - Склад ГСМ Северного флота (мыс Шавор).
- 5. Водоохранная зона в районе ЗАТО Александровск:
  - ОАО «Водоканал» г. Полярный;
  - Военно-морская база Северного флота России (г.Полярный);
  - ОАО «10 ордена Трудового Красного знамени судоремонтный завод»;
  - Военно-морская база Северного флота России «Оленья губа»;
  - Головной филиал ОАО «ЦС «Звездочка» «СРЗ «Нерпа».

Наиболее крупные объекты, осуществляющие хозяйственную деятельность, связанную с транспортировкой, перевалкой и хранением нефти и нефтепродуктов, повышают возможные риски возникновения аварийных разливов муниципального, межмуниципального, регионального и федерального значений. Таковыми можно считать предприятия министерства обороны, ряд рейдовых и портовых нефтеперегрузочных комплексов и терминалов, база «Атомфлота» (рис. 1.2-1). По материалам, опубликованным на официальном сайте всемирного фонда дикой природы (WWF, Россия), в настоящее время общая пропускная способность береговых терминалов морского порта Мурманск составляет 23 млн. тонн сухих и нефтеналивных грузов. Кроме этого, мощности действующих рейдовых перегрузочных комплексов (РПК) для перевалки нефти составляют порядка 20 млн. тонн: РПК-1 «Мурманского морского пароходства» на 5 миллионов тонн, РПК-3 «Белокаменка» на 12 млн. тонн, и РПК «Коммандит-Сервис» на 2.5 млн. тонн в год [Бамбуляк, 2011]. Группой компаний «Синтез» планируется построить на западном берегу Кольского залива между устьями рек Лавна и Кулонга комплекс перегрузки нефти мощностью 4.5 млн. тонн, способного принимать танкеры дедвейтом до 300 000 тонн; базу снабжения и нефтеперегрузочный комплекс в устье реки Лавна мощностью до 25 млн. тонн сырой нефти, с причалами для приема судов дедвейтом до 250 000 тонн.

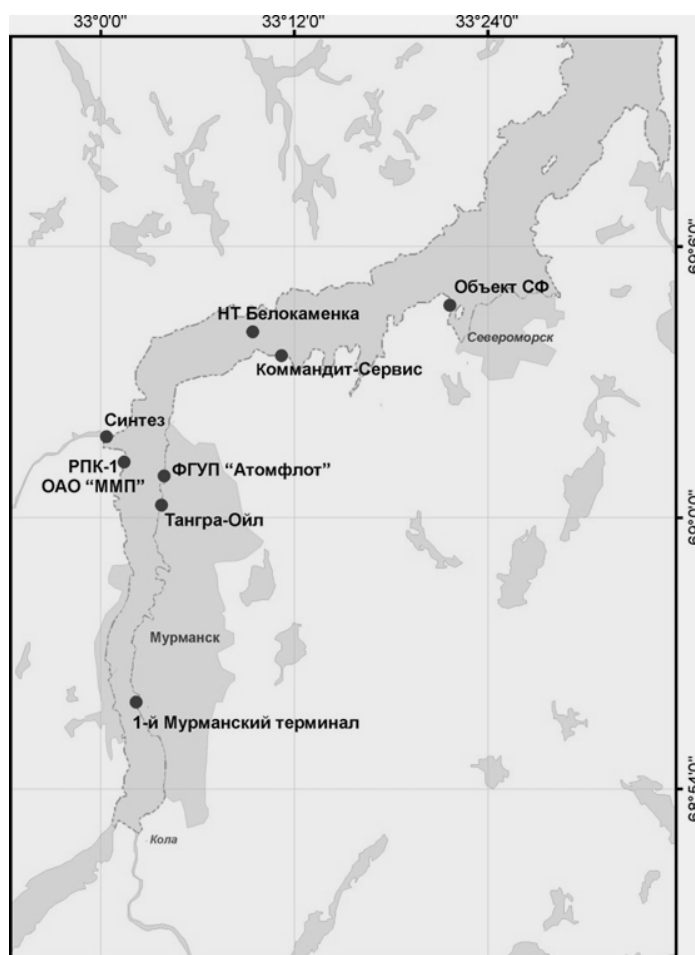


Рисунок 1.2-1. Схема нефтеперегрузочных комплексов Кольского залива [Бахарев, Глазов, 2007]

В Кольском заливе сосредоточен основной транспортный потенциал экспортных перевозок нефти в арктических морях, т.к. здесь находится единственный в Европейской части России глубоководный порт, действующий круглый год и способный принимать супертанкеры. Подавляющее большинство грузов, обрабатываемых в портах Карского, Печорского, Белого и Баренцева морей, переваливается через Кольский залив. В 2010 г. в Мурманском порту было отгружено на экспорт порядка 10 млн. тонн нефти и нефтепродуктов. Ежегодный грузооборот порта Мурманск в последние годы составляет около 25 млн. тонн: 2012 – 23.7; 2013 – 31.4; 2014 – 21.9 млн. тонн. По предварительным оценкам, в ближайшие 5-10 лет общий грузооборот порта должен возрасти в два и более раз с учетом модернизации Мурманского транспортного узла, и увеличения объемов перевалки нефти и нефтепродуктов в связи с освоением арктических нефтегазовых месторождений. Поэтому Кольский залив до 2020 г будет наиболее загруженным участком. Вместе с тем любой танкер, осуществляющий грузовые работы, в процессе движения или стоянки также является потенциальным источником загрязнения водной акватории нефтепродуктами. Наиболее частой причиной разливов нефти на перегрузочных комплексах являются ее переливы при погрузо-разгрузочных работах, утечки

из-за нарушений герметичности грузовых шлангов, соединений и т.п. Их объем невелик, но их количество значительно и поэтому они представляют не меньшую угрозу окружающей среде, чем разливы в результате аварий танкеров [Рыбчак, доклад 2012 г.].

По состоянию на 2012 г. компания "Сканэкс", ведущая мониторинг загрязнений на основе спутниковых снимков, сообщает, что Кольский залив Баренцева моря значительно загрязнен нефтепродуктами. Только во втором полугодии 2011 года на 60% снимков Кольского залива были обнаружены пленочные загрязнения [Кольский залив..., 2012]. В сравнении с данными Мурманского УГМС 15-20 летней давности, интенсивность покрытия акватории Кольского залива нефтяной пленкой составляла 3-4 балла (т.е. 30-40%) [Химические процессы..., 1997]. По результатам спутникового мониторинга Кольского залива компанией "Сканэкс" составлены карты загрязнений акватории (рис. 1.2-2). В 2011-2012 гг. отчетливо выделяются две основные зоны загрязнений: в районе города Североморска и на выходе из Кольского залива [Кольский залив... 2012; Рыбчак, доклад 2012 г.]. В 2013 г. интенсивность наблюдаемых нефтяных slicks на поверхности залива продолжала расти (рис. 1.2-2).

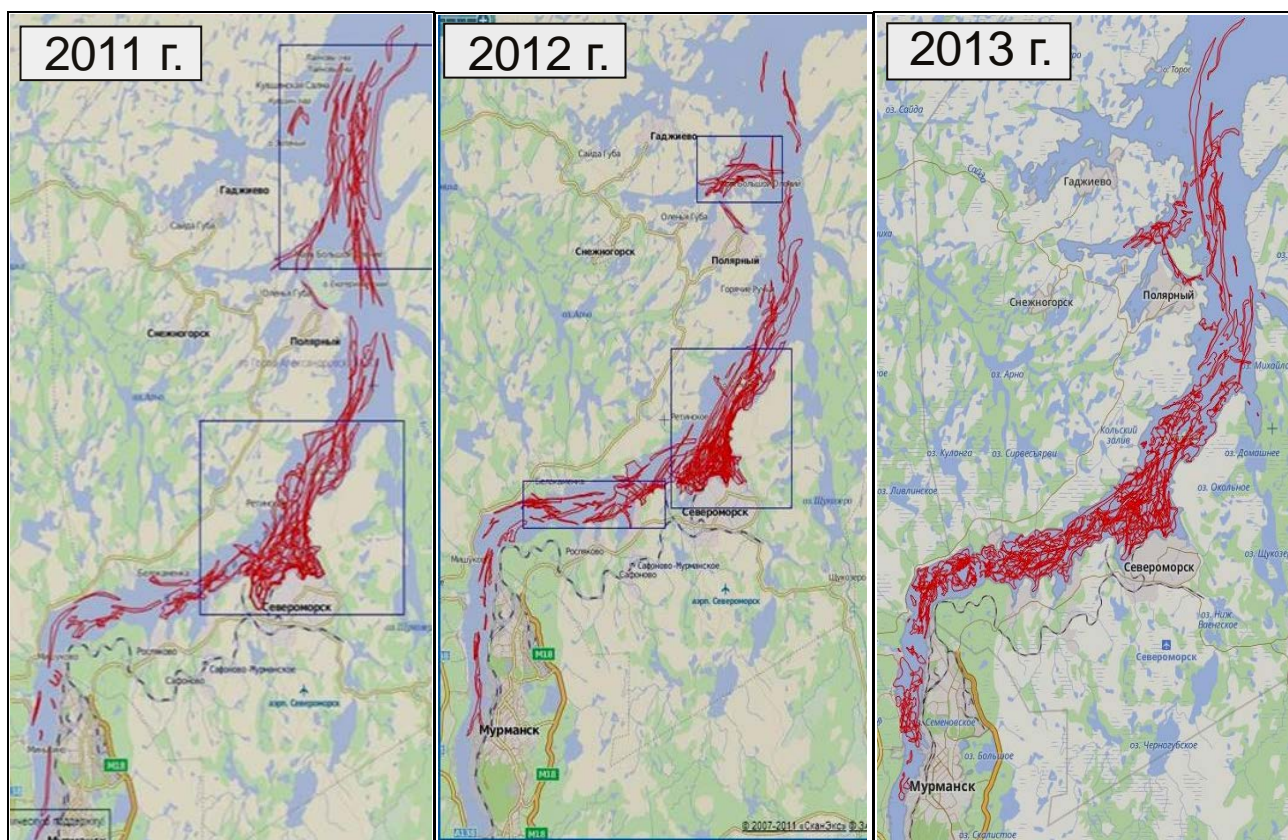


Рисунок 1.2-2. Карты загрязнений Кольского залива по данным спутникового мониторинга за 2011-2013 гг.

Таким образом, транспортная нагрузка и рост объемов операций с нефтью в Кольском заливе, ведут к наглядному увеличению загрязнения его акватории.

### 1.3 Факторы, определяющие поведение нефти при разливах

При анализе и моделировании последствий нефтяных разливов важно учитывать объемы поступающих в море нефти и нефтепродуктов, преобладающие климатические и морские условия (ветер, волнение, течения, температура и соленость воды и др.) и тот факт, остается ли нефть в море или выносится на берег. Здесь также решающую роль играют изначальные физико-химические свойства и состав самой нефти, от которых зависит ее поведение (распределение, перенос, формы нахождения и трансформации) в морской среде, что в свою очередь определяет токсичность нефти, ее устойчивость, а, в конечном счете, биологические эффекты и последствия в море и на берегу [Научно-методические..., 1997; Патин, 2008]. Понимание происходящих процессов и того, каким образом совокупность данных процессов изменяет характер, химический состав и поведение нефти с течением времени, является существенно важным для всех аспектов ликвидации разливов нефти [ИТОРФ, 2011].

После разлива нефти в море начинается цепь ее сложных взаимодействий с морской средой [Патин, 2008]:

- процессы переноса нефти на поверхности и в толще воды (растекание, дрейф, седиментация, затопление);
- процессы выветривания, ведущие к изменению физических и химических свойств нефти со временем (испарение, растворение, диспергирование, эмульгирование, окисление, биodeградация).

Процессы распространения, испарения, дисперсии и эмульгирования играют важную роль на ранних стадиях разлива, в то время как фотоокисление, седиментация и биodeградация являются долгосрочными процессами (рис. 1.3-1), которые определяют окончательный исход нефтяного разлива [ИТОРФ, 2011].

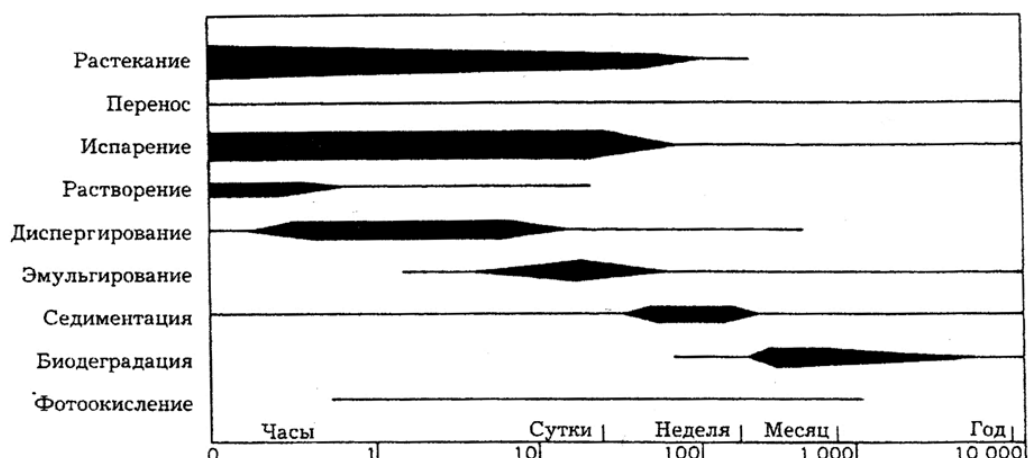


Рисунок 1.3-1. Последовательность и интенсивность процессов переноса и трансформации нефти в морской среде [ИПЕСА, 2000] (длина линий отражает длительность процесса, ширина линий соответствует относительной интенсивности процессов)



Все эти сопряженные процессы приводят к частичному самоочищению моря от нефти и устранению нефтяных пленок с поверхности и остатков нефти с морских берегов [Патин, 2008]. Исключение составляет эмульгирование, в процессе которого нефть становится более стойкой и объем загрязняющего вещества увеличивается [ГОРФ, 2011]. На рисунке 1.3-2 представлена схема подробная схема переноса и трансформации нефти в морской среде.

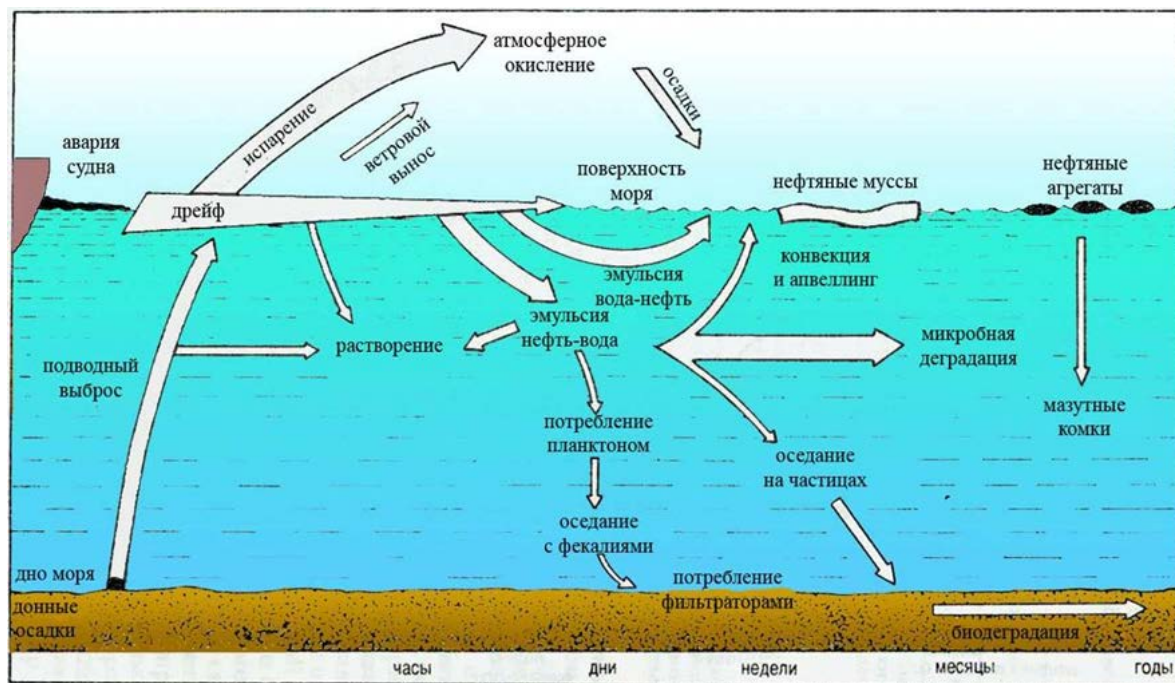


Рисунок 1.3-2. Биогеохимические процессы трансформации и переноса нефти в море [Emerson, 1994; цит. по: Фащук и др., 2003]

*Растекание и дрейф* - доминирующей формой является слик или поверхностная нефтяная пленка. По приблизительным оценкам [Герлах, 1985] скорость перемещения нефтяных сликов составляет 60% скорости течения и 2-4% скорости ветра. При растекании сырой нефти она быстро теряет свои летучие и водорастворимые компоненты, а оставшиеся более вязкие фракции тормозят процесс растекания. При прочих равных условиях легкая нефть растекается быстрее, чем тяжелая. Толщина, цвет и форма пятен нефти при ее растекании по поверхности постоянно меняются под действием метеорологических и гидрологических условий - от темных пятен толщиной более 1 мм до тонких радужных пленок толщиной менее 0.01 мм. По мере утончения пленки и достижения критической толщины (около 0.1 мм) нефтяное пятно разбивается на отдельные фрагменты, приобретая вид узких полос, которые могут переноситься на большие расстояния от места разлива [Патин, 2008].

*Испарение* (улетучивание в атмосферу наиболее легких фракций) компонентов нефти составляет 10-40% от ее первоначального количества при разливе [Нельсон-Смит, 1977] и является главным механизмом самоочищения для легких типов нефти. Разливы таких

нефтепродуктов, как керосин и газолин, могут полностью испаряться за несколько часов, а степень испарения для тяжелых типов нефти (мазут, бункерное топливо) составляет менее 5% [Патин, 2008]. Сильное морское волнение, высокая скорость ветра и высокая температура также ускоряют испарение [ИТОРФ, 2011]. При этом большое значение имеет толщина пленки. Оставшаяся после испарения нефть имеет повышенную плотность и вязкость, что влияет на последующие процессы выветривания. При разливе чрезвычайно летучих нефтей на ограниченной площади может возникать риск возгорания и взрыва, тяжелые топливные нефти могут представлять риск пожара [ИТОРФ, 2011].

*Растворение* углеводородов и других соединений нефти незначительно и не играет существенной роли в удалении нефти из морской среды. По известным опубликованным данным [Baker et al., 1982; GESAMP, 1993; Патин, 1997; NAS, 2003; АМАР, 2007] в растворенное состояние может переходить менее 1% от исходного объема разлитой нефти. Тяжелые компоненты нефти практически нерастворимы в морской воде, легкие ароматические углеводороды (бензол, толуол и др.) имеют высокую растворимость. Общая (суммарная для всех фракций) растворимость разных типов сырой нефти в морской воде колеблется в пределах 3-30 мг/л [NAS, 2003]. В отличие от испарения процесс растворения нефтяных соединений более растянут во времени и в большей степени зависит от гидродинамических и физико-химических условий поверхностных вод [Патин, 2008]. Скорость испарения на два порядка превышает их скорость растворения в морской воде [API, 1999], и это исключает возможность появления в морской воде высоких концентраций наиболее токсичных низкомолекулярных ароматических компонентов нефти. В большинстве случаев их содержание в воде под пленкой разлитой нефти не превышает 1 мг/л на глубинах до 10 м и быстро (в течение нескольких часов) снижается до фоновых уровней [Baker et al., 1982; Патин, 1997].

*Диспергирование* происходит при разрушении нефтяной пленки под действием волновой и турбулентной активности на поверхности моря. В результате чего образуются мелкие нефтяные капли размером до 0.02 мм, которые распределяются в поверхностном слое воды обычно до глубин не более 10 м [Патин, 2008]. Более крупные капли снова поднимаются на поверхность, где они срастаются и повторно образуют пятно, либо растекаются в виде очень тонкой пленки [ИТОРФ, 2011]. Диспергированная нефть, которая остается в толще воды, разбавляется в ней до низких концентраций. А за счет большой удельной поверхности мелких капель, они одновременно распространяются в вертикальном и горизонтальном направлениях и быстро разлагаются в физико-химических и биологических процессах. Повышенная скорость диспергирования характерна для легких типов нефти [Патин, 2008]. При активном

перемешивании и турбулентности пленочная нефть может быть диспергирована в толще воды в течение нескольких суток.

*Эмульгирование* - процесс противоположный диспергированию. Многие виды нефти поглощают воду с образованием стойких водонефтяных эмульсий (типа «вода в нефти»). Содержание воды в них составляет 50-90%, что сильно (вплоть до пятикратного) увеличивает первоначальный объем разлитой нефти. Эмульгирование наряду с испарением является наиболее важным процессом, который предопределяет поведение нефти в море. При сильном волнении моря и низких температурах, а также большой плотности и высокой вязкости нефти в течение суток пленочная нефть может превратиться в устойчивые объемные водонефтяные эмульсии, при этом скорость ветра должна превышать 5 м/с. В результате резко замедляются все процессы самоочищения моря и выветривание нефти (испарение, диспергирование и биodeградация). В солнечную погоду и в условиях спокойного моря, а также при выносе на берег устойчивость эмульсий снижается, и они могут снова распадаться на нефть и воду [Патин, 2008].

*Седиментация* представляет собой один из ключевых долгосрочных процессов, приводящих к тому, что диспергированная нефть сорбируется на частицах минеральной взвеси и выводится из водной среды, осаждаясь на дно. Осаждение большого количества нефти наблюдается чрезвычайно редко, и характерно для прибрежной полосы и мелководья с высоким содержанием взвешенного вещества [Патин, 2008; ИТОРФ, 2011]. В речных и эстуарных водах концентрация нефти в взвеси может достигать до нескольких процентов от взвеси, причем с понижением температуры эта концентрация возрастает [McCourt, Shier, 2001]. Одновременно в прибрежных водах может происходить биоседиментация, т.е. поглощение взвешенной в воде нефти организмами-фильтраторами и осаждение ее на дно вместе с остатками отмирающих организмов. Однако вклад такой седиментации в выведение нефти из водной толщи считается незначительным [NAS, 2003].

*Затопление (осаждение)*, т.е. выведение тяжелой нефти из поверхностного слоя моря сразу после разлива или спустя время в результате выветривания, приводящего к росту плотности, происходит затопление нефти и осаждение ее на дно. Затопление тяжелых типов нефти наблюдается в 20 % случаев [NAS, 1999]. В случаях осаждения средней по плотности нефти за счет ее эмульгирования, она оставалась в подтопленном состоянии и не достигала дна [Baker et al., 1982]. Гравитационное осаждение усиливается при длительной аккумуляции нефти в замкнутых мелководных заливах, бухтах, эстуариях с малыми скоростями течений и водообмена, где время деградации нефти в толще осадков сильно возрастает, исчисляясь месяцами и даже годами [Патин, 1997].

*Химическое окисление и фотолит.* Химические превращения нефти в море носят в основном окислительный характер, в результате которых образуются растворимые вещества или стойкие смолы. Однако в высоких широтах, в зимнее время, при сильной облачности и в штормовую погоду этот процесс не играет никакой роли в поведении и трансформации нефти в море [Патин, 2008].

*Агрегирование.* Одним из конечных продуктов разлива являются затвердевшие нефтяные агрегаты в виде смолисто-мазутных комков и шариков. На их образование уходит от 5 до 30 % первоначально разлившейся в море нефти [Израэль, Цыбань, 1989; GESAMP, 1993, Немировская, 2004]. А дрейфовать по поверхности нефтяные агрегаты могут от месяца до года во внутренних морях и до нескольких лет в открытом океане. После потери плавучести они медленно разрушаются на дне или на берегу [Патин, 2008].

Особенно сложный характер поведения нефти складывается при ее разливах в ледовой обстановке. Лед играет роль задерживающего механизма, защищая нефтяное поле от воздействия волн и не давая нефти растекаться по водной поверхности на обширные пространства [Химические процессы..., 1997]. В этих условиях замедляются процессы самоочищения, т.е. скорость испарения и распада углеводородов резко снижается, но почти полностью подавляется эмульгирование во льдах. В то же время нефть мигрирует с ледовым полем и загрязнения могут переноситься льдом на значительные расстояния [Измайлов, 1999; Патин, 2001]. Нефть не задерживается на поверхности льдины, со временем аккумулируется в его неровностях, прогалинах, трещинах и пустотах, переносится на донную часть ледового покрытия, где оседает и остается почти неизменной до начала таяния льдов. После таяния плавучего льда, слегка выветрившаяся нефть высвобождается. Такой механизм распространения нефти считается одним из основных в Арктике [Химические процессы..., 1997]. Общая схема происходящих при этом процессов отражена на рисунке 1.3-3.

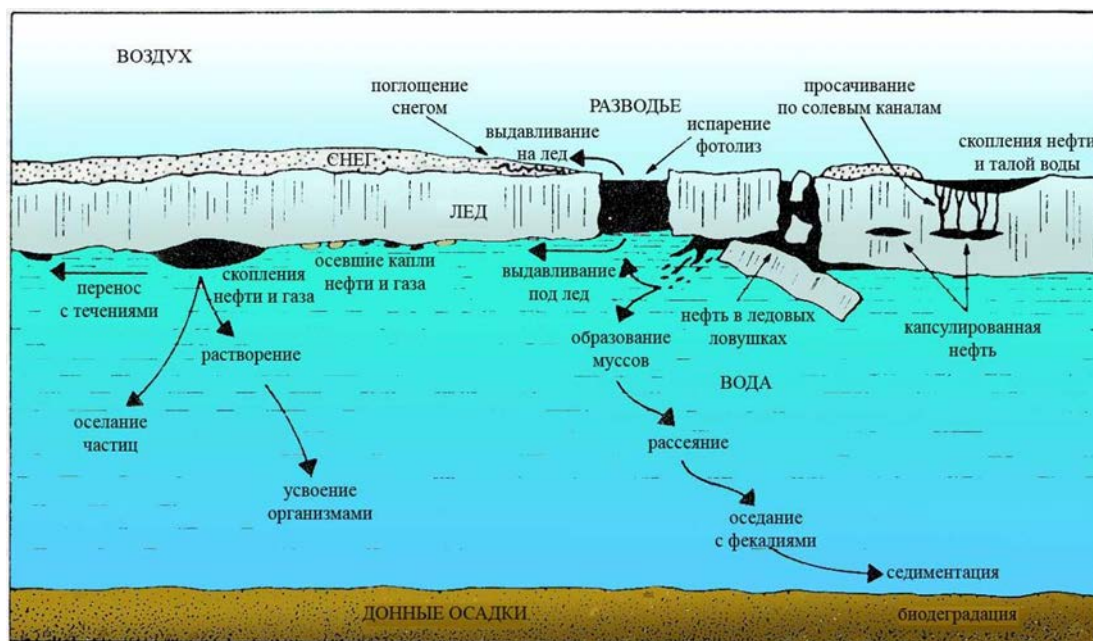


Рисунок 1.3-3. Поведение нефти в море, покрытом льдом [Emerson, 1994; цит. по: Патин, 2001]

Таким образом, при разливах нефти в море ее взаимодействие с окружающей средой, трансформация и перенос представляют собой многофакторный, очень сложный и трудно прогнозируемый процесс. Существующие физико-математические модели различной сложности не всегда могут дать полной картины поведения нефти во времени после ее разлива для различных условий среды. Кроме того, подобные модели, как правило, ориентированы на один водный объект, а не универсальны для всех. Наличие льда еще более усложняет процесс моделирования поведения нефти при разливах. Однако при всем разнообразии сценариев развития событий, основными являются два [Патин, 2001; Бескид, Дурягина, 2014]:

- нефтяное пятно будет находиться в отдалении от берега;
- произойдет контакт разлитой нефти с прибрежными водами и береговой линией.

В первом случае под влиянием ветра, течений, турбулентного перемешивания и других гидродинамических процессов будет происходить перенос нефтяного пятна, и биологические эффекты сведутся к локальным, быстро восстанавливаемым нарушениям на поверхности моря и в пелагиали. Во втором случае последствия для берега и биологических ресурсов района могут быть весьма существенными. Выход нефтяного пятна на берег многократно увеличивает тяжесть последствий. Это объясняется тем, что именно в береговой зоне расположена кормовая база и места размножения большинства промысловых видов морских организмов.

При соприкосновении нефтяного пятна с побережьем основные процессы аккумуляции, перемещения и трансформации нефти будут развиваться в литоральной и сублиторальной

области, подверженной воздействию ветровых волн, штормов, приливов и отливов. Поэтому основное загрязнение природной среды будет возникать до максимальной границы заплеска береговой полосы волнами прибоя. Однако именно эта зона контакта трех сред (атмосферы, воды и донных отложений) – сосредоточение жизни и ее разнообразных проявлений. Воздействию разлитой нефти здесь могут подвергаться практически все основные компоненты морских, прибрежных экосистем и береговой полосы. Последствия воздействия будут зависеть от степени загрязнения нефтью и от продолжительности воздействия. Способность к самоочищению побережья будет зависеть в первую очередь от геоморфологии (изрезанности) берегов, их геологической структуры и литологических характеристик береговых отложений (состав, дисперсность), а также от энергии волновых и приливных процессов. При переходе от открытых каменистых берегов к песчано-гравийным пляжам и закрытым бухтам устойчивость нефти и, следовательно, ее вредное воздействие резко возрастают.

К числу факторов, которые могут повысить скорость природного самоочищения морских берегов при загрязнении нефтяных разливов, следует отнести открытость к морю береговой линии и интенсивное воздействие ветровых волн, штормов, сгонно-нагонных и приливно-отливных процессов, которые способствуют диспергированию и разрушению нефти.

Как следует из статистики разливов, большинство аварийных ситуаций и нефтяных разливов приходится на прибрежную зону. Вероятность выноса нефти на берег в таких случаях зависит от характера разлива (объем, расстояние от берега и пр.) и конкретных гидрометеорологических условий в данном месте и в данное время, в первую очередь от силы ветра и течений. При всей неопределенности прогноза таких событий в большинстве случаев вынос нефтяного пятна на берег достаточно вероятен. При больших разливах существует вероятность обратного смыва вынесенной на берег нефти в сублиторальную зону, где уровни нефтяного загрязнения донных осадков обычно на порядок ниже по сравнению с береговыми и литоральными отложениями.

Для условий Кольского залива, его геоморфологических и гидродинамических особенностей, при разливе нефти любого масштаба, с очень высокой долей вероятности нефтяное загрязнение достигнет берега. Математическое моделирование масштабов загрязнения залива в районе РПК «Белокаменка» [Бердников и др., 2004; Бердников и др., 2009], показывает, что для каждой реализации гидрометеоусловий фиксировался участок касания краем пятна береговой черты. Вероятность загрязнения того или иного участка зависит от повторяемости ветровой ситуации. В целом здесь наблюдается относительно быстрое перемещение slicka к берегу, нефть не успевает существенно рассеиваться и сильно загрязнить водную толщу, достигая берега в консолидированном состоянии. Только при слабых ветрах

северо-восточного румба можно ожидать, что к концу дрейфа пятно будет разделено на отдельные фрагменты. В береговую зону попадет более 80% первоначально разлитой нефти. Часть нефти на последующих стадиях прилива будет выброшена на берег, другая часть будет находиться в прибойной зоне. При этом в зависимости от свойств нефти, может происходить ее миграция (в форме отдельных конгломератов) вдоль берега под действием вдольбереговых течений, зона загрязнения берега будет расширяться [Бердников и др., 2004; Бердников и др., 2009].

Из доклада начальника центра мониторинга и прогнозирования Управления по делам гражданской обороны, защите населения от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности Мурманской области Н.В. Рыбчак [Рыбчак, 2012] на РПК «Белокаменка» в среднем колене Кольском заливе возможны следующие величины максимальных разливов нефти: локального значения ( $77.2 \text{ м}^3$ ); регионального значения ( $4780 \text{ м}^3$ ) и федерального значения ( $40786 \text{ м}^3$ ). На рисунке 1.3-4 показаны границы нефтяного загрязнения при разливе регионального и федерального значений (рис. 1.3-5).

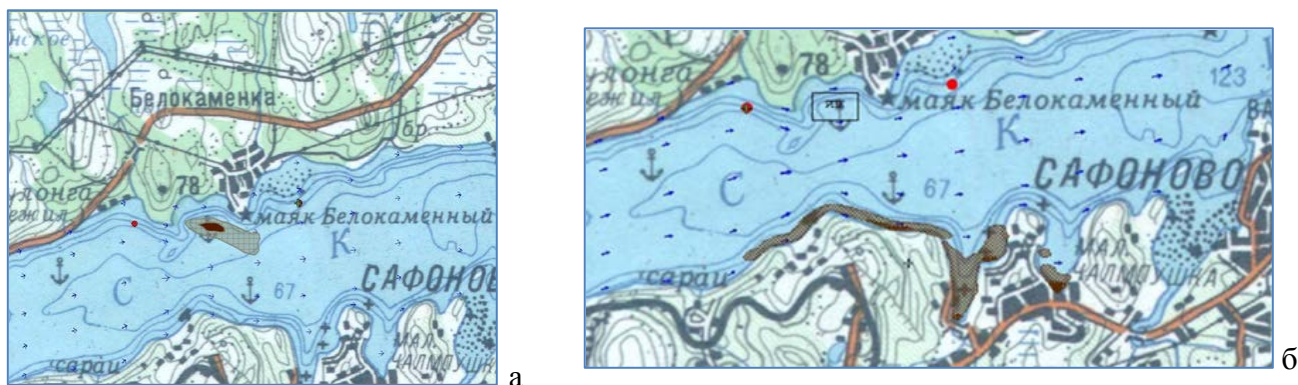


Рисунок 1.3-4. Границы максимального загрязнения при разливе сырой нефти регионального значения  $4780 \text{ м}^3$  на РПК «Белокаменка»: а – через 2 ч после разлива; б – через 8 ч



Рисунок 1.3-5. Границы максимального загрязнения при разливе сырой нефти федерального значения  $40786 \text{ м}^3$  на РПК «Белокаменка» через 8 ч после разлива

Наибольшая протяженность загрязненного побережья наблюдается при северном ветре и при максимальном приливном течении. Объем нефти, который может быть попасть на берег, с учетом процессов испарения и растворения составит около 40 174 м<sup>3</sup> нефти (рис. 1.3-5). Но риск локального загрязнения может распространяться практически на все побережье среднего колена и северную часть южного колена.

Пятно нефти может находиться на акватории (без касания берега) достаточно продолжительное время при ветре северных, северо-восточных, западных и северо-западных румбов в диапазоне скоростей 2 - 9 м/с и северо-восточных и западных румбов при скоростях 10-17 м/с. Процесс поступления нефти из слика на поверхности в воду малозначителен до достижения пленкой толщины 0.5 мм и существенно ускоряется, когда толщина пленки становится менее 0.1 мм. В результате рассеивания капель и растворения окисленных производных нефти концентрация нефтепродуктов под пятном увеличивается, экспотенциально убывая с глубиной [Бердников и др. 2009]. Препятствует перемешиванию пролитой нефти с водой глубинных слоев сезонный пикноклин, выявляемый по данным СТД-профилирования [Химические процессы..., 1997; Кольский залив..., 2009].

#### **1.4 Необходимость карт уязвимости для планов ЛРН**

В мировой практике карты уязвимости к нефтяному загрязнению имеют достаточно широкое распространение [Environmental..., 2014]. Согласно рекомендациям Международной морской организации (ИМО) они должны составляться для всех участков прибрежно-морской зоны, где имеется риск загрязнения нефтью. Результатом сотрудничества ИМО с Международной ассоциацией представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (ИРЕСА) стало появление серии совместных докладов по различным аспектам готовности и ликвидации нефтяных разливов. Первый из докладов посвящен картам уязвимых участков для ликвидации нефтяных разливов, где представлены основные требования к составлению и содержанию таких карт [ИМО/ИРЕСА, 1994]. За последние годы эти требования дополнены и уточнены [ИМО/ИРЕСА/OGP, 2012].

Составление и внесение изменений в карты уязвимых в экологическом отношении зон является ключевым моментом процесса планирования ликвидации аварийного разлива нефти. Такие карты сообщают существенно важную информацию ликвидаторам разлива, показывая, где находятся различные прибрежные ресурсы, и обозначая уязвимые в экологическом отношении зоны [ИМО/ИРЕСА, 1994].



Одной из основных причин создания карт уязвимости является трудность спланировать мероприятия по ликвидации разлива на начальных его стадиях. Карты позволяют оценить сравнительный ущерб и затраты на ликвидацию последствий аварии [Блиновская, 2006].

Обобщенная схема действий при ликвидации разливов нефти (ЛРН) может быть представлена следующим образом (рис. 1.4-1):

- лица, принимающие решения (ЛПР) и осуществляющие руководство операциями по реагированию в случае разлива, оценивают масштабы возможного загрязнения и вероятность контакта нефти с берегом. Далее, в общей стратегии ликвидации разлива на основе карт уязвимости ими выделяются районы приоритетной защиты, чтобы ущерб от разлива нефти и от самих операций по ликвидации разлива был минимальным.

- ликвидаторы, непосредственно занимающиеся ликвидацией нефтяного загрязнения и его последствий в соответствии с рекомендациями ЛПР, используют карты уязвимости на местах. При невозможности охраны или перемещения разлитой нефти на их основе выделяют приоритеты для очистки и районы, которыми можно пожертвовать.

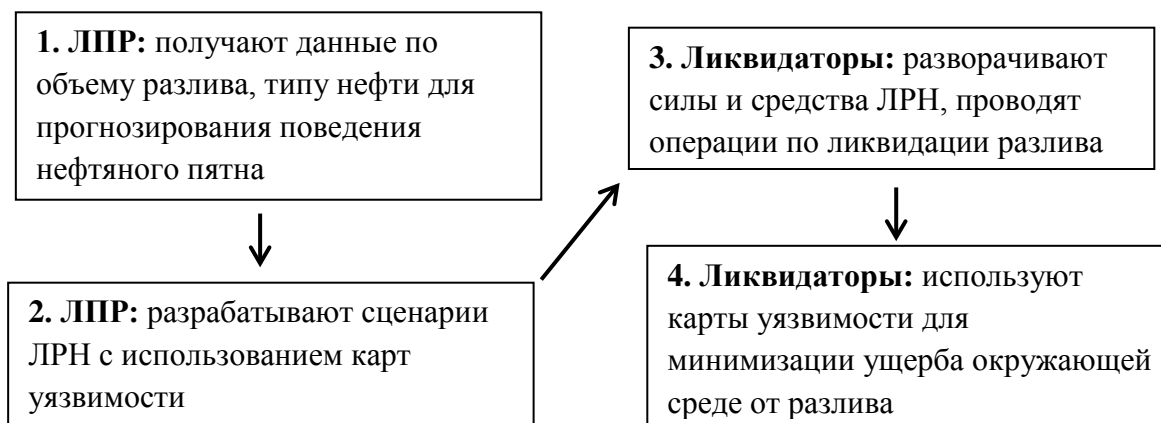


Рисунок 1.4-1. Обобщенная схема действий лиц, принимающих решения (ЛПР) и непосредственно ликвидаторов при разливах нефти

Таким образом, применение карт экологически уязвимых зон простирается от планирования практических мер по защите конкретного участка берега и его очистке до стратегического планирования для обширных отдаленных районов [ИМО/ИРЕСА, 1994; ИМО/ИРЕСА/ОГР, 2012]. При этом перечень задач, решаемых с помощью таких карт, может сводиться к следующему: определение характеристик потенциальных зон риска и приоритетов при планировании мероприятий по борьбе с загрязнением; определение необходимых и достаточных сил и средств для ликвидации загрязнения; способствовать разработке политики использования дисперсантов. Карты уязвимости дают разносторонний и полный обзор прибрежно-морских зон с чувствительными ресурсами в случае аварийного разлива нефти,

позволяя принимать эффективные решения по реагированию в чрезвычайных ситуациях. Кроме того карты уязвимости ориентированы и на многоцелевое использование, они могут являться основой экологического мониторинга, процедуры экологической экспертизы, практической деятельности по освоению ресурсов шельфа, в том числе инженерно-экологических изысканий [СП 47.13330.2012], а также при оценке ущерба окружающей среде [Блиновская, 2006].

Для Кольского залива очень актуально наличие карт уязвимости акватории и чувствительности берегов от воздействия нефти. Так как здесь в прибрежье сосредоточено максимальное распределение биологических, социально-экономических объектов, располагаются основные источники нефтяного загрязнения. В тоже время велик риск разливов нефти с выносом ее на берег и литораль в силу геоморфологии и гидродинамических особенностей Кольского залива, определяющих поведение нефти после ее разлива. Поэтому тяжесть последствий для среды и биоты многократно увеличивается. Вместе с тем, по данным спутникового мониторинга на акватории залива интенсивность наблюдаемых нефтяных slickов постоянно растет.

## **ГЛАВА 2. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ/УЯЗВИМОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ И БЕРЕГОВ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

В настоящей главе приведено подробное описание и анализ существующих в разных странах карт чувствительности/уязвимости от нефти и методик их построения, с целью выявления основополагающих аспектов. С развитием нефтедобычи и транспортировок нефти на море, последствием которых стали многочисленные аварийные разливы и загрязнение нефтью, карты уязвимости от воздействия нефти широко распространены и построены во многих странах по различным методикам. Поэтому рассматриваются наиболее известные из них и детально представленные в открытых источниках.

### **2.1 Российский опыт оценки чувствительности/уязвимости морей и побережий от нефтяного загрязнения**

#### **2.1.1 Методика интегральной оценки уязвимости морской и прибрежной биоты к различным видам антропогенного воздействия (ЗАО «ЭКОПРОЕКТ», СПб)**

В ходе экологического сопровождения проектов по освоению ресурсов побережий и морского шельфа специалистами ЗАО «ЭКОПРОЕКТ» впервые в России разработана оригинальная методика картирования экологической чувствительности акваторий [Погребов, Пузаченко, 2003; Погребов, 2010]. Под экологической уязвимостью понимается совокупность биологических особенностей отдельных видов или групп растений и животных, которые зависят от их чувствительности к видам воздействия и способности восстанавливать исходное обилие и структуру популяций по окончании воздействия (табл. 2.1-1). Экологическая уязвимость акватории в рассматриваемый период определяется пребыванием на ней групп организмов с различной уязвимостью и их обилием.

Методика предполагает проведение дифференцированной оценки по сезонам года. Сроки начала, продолжительности и окончания сезонов определяются по результатам анализа данных, характеризующих основные особенности жизненных циклов организмов (периоды питания, размножения, миграции, линьки и т.п.). Картографируются и представляются в виде отдельных «слоев» в ГИС такие показатели как численность, биомасса и другие продукционные характеристики групп биоты: планктон; макроводоросли и высшая водная растительность; донные животные (главным образом макробентос); рыбообразные; преимущественно промысловые, массовые, редкие, охраняемые виды рыб, птиц, морских и околводных млекопитающих. Также учитываются зоны особой значимости: ООПТ; водоохранная зона; уязвимые местообитания и ареалы обитания редких видов; миграционные пути массовых

видов; участки промыслового лова рыбы; поселения, расположенные на побережье и объекты инфраструктуры; места, важные в культурно-историческом или археологическом аспекте и т.п. В качестве специального «слоя» генерируется регулярная сетка, размеры ячеей которой соответствуют размерам наименьшего из контуров распространения видов. Для объектов, охарактеризованных количественно, информация кодируется в соответствии с градацией легенд исходной карты. Качественные данные приводятся к трехбалльной шкале.

Следующий этап состоит в умножении данных о распространении объекта на коэффициент его уязвимости к виду воздействия и суммировании для каждой ячейки результатов по всем объектам и видам по формуле:

$$IU = W_i \times Y_i \quad (2.1)$$

$IU$  – интегральная уязвимость акватории;

$Y_i$  – уязвимость  $i$ -го объекта, понимаемая как его численность или биомасса;

$W_i$  – относительная уязвимость различных компонентов экосистем к прогнозируемым воздействиям (табл. 2.1-1), которая задается исходя из накопленных знаний и корректируется специалистами с учетом местной специфики.

Таблица 2.1-1

**Относительная уязвимость различных компонентов экосистем к основным видам воздействий в прибрежье (Погребов, Пузаченко, 2003; с изменениями)**

Компонент экосистемы	Коэффициент относительной уязвимости от различных воздействий				
	Пневмо-источники	Взвесь в воде	Дампинг грунта	Нефтяная пленка	Диспергированная нефть
Фитопланктон	1	3	1	1	2
Зоопланктон	2	4	1	2	3
Макроводоросли	1	5	5	2	3
Сосудистые растения	1	1	2	3	2
Бентос	1	3	5	2	3
Ихтиопланктон	5	5	4	4	5
Взрослые рыбы	4	4	3	2	3
Птицы	2	3	2	5	2
Китообразные	3	1	1	4	2
Ластоногие	3	2	1	5	3

Представленная балльная оценка учитывает чувствительность отдельных организмов к различным воздействиям, и потенциал восстановления численности популяций, обусловленный особенностями экологии видов и репродуктивными возможностями разных групп растений и животных.

Таким образом, величина показателя уязвимости определяется числом объектов в границах ячейки и чувствительностью организмов к виду воздействия. Полученные значения уязвимости ранжируются путем перевода их в пятибалльную шкалу с учетом сезонности, чтобы

оценка учитывала изменчивость показателя уязвимости за год. Окончательные результаты работы представляют собой серии карт - по каждому виду воздействия четыре сезона (весна, лето, осень, зима). Интегральная уязвимость региона на картах характеризуется пятью градациями в цветовой гамме от красного – «очень высокая уязвимость», через желтый цвет – «средняя уязвимость», до зеленого – «незначительная уязвимость» (рис. 2.1-1) [Погребов, Пузаченко, 2003].

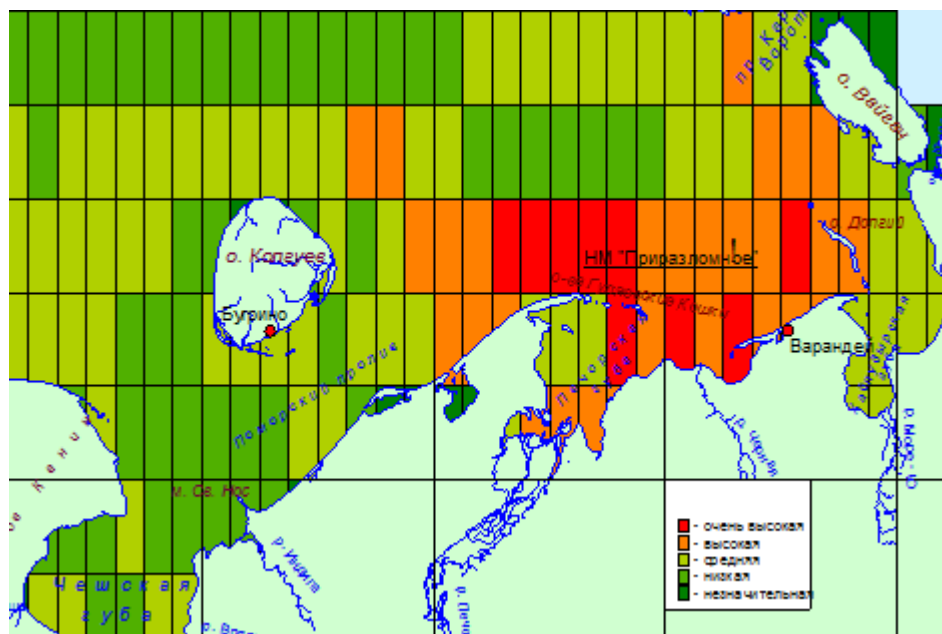


Рисунок 2.1-1. Потенциальная уязвимость Печорского моря к нефтяным разливам по интегральным биологическим характеристикам весной

*Выводы по методике.* ЗАО «Экопроект» построены картосхемы интегральной уязвимости по южной части Баренцева моря (включая Кольский залив в масштабе 1 : 200 000) [Погребов и др., 2004], сегментам Белого, Балтийского, Черного морей и Каспия. Имеются данные для построения аналогичных карт по арктическим и дальневосточным морям России. Но нет разномасштабности для каждого из картографируемых районов. Области, для которых строятся сезонные карты уязвимости, разбиваются на достаточно крупные ячейки, после чего проводится суммирование исходных карт распределения биоты с учетом уязвимости каждой группы биоты. Тем самым искажаются реальные ареалы их обитания и итоговая уязвимость акватории. Не учитывается количество карт для каждой группы биоты, которые используются для расчета уязвимости. В таком случае, если складываются, например, для разных видов рыб десять карт, а для бентоса их одна-две, то всю уязвимость будут определять, в основном рыбы, что вряд ли справедливо. Рангами отражена численность/биомасса биоты, хотя сезонность определяется для отдельных видов, но фактически итоговые карты уязвимости строятся для календарных сезонов года, и как следствие все это снижает точность расчета интегральной уязвимости акватории.

## 2.1.2 Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий на примере Баренцева и Белого морей (ПИНРО, Мурманск).

В ПИНРО с 1998 г. изучается проблема оценки потенциальной уязвимости акватории Баренцева моря к разным видам антропогенного воздействия с точки зрения экологии и рыбного хозяйства. Под уязвимостью акватории понимается ее способность к повреждению в результате внешних воздействий. Степень уязвимости определяется возможными потерями биомассы и продукции гидробионтов или отчуждения акваторий в случае загрязнения, а также их способностью к самоочищению и эколого-токсикологического состояния морской среды [Новиков, 2006, 2013].

На основе накопленного материала в виде комплексного цифрового атласа, проводится построение синтетических оценочных карт, отражающих состояние биоресурсов и степени уязвимости тех или иных акваторий к антропогенному вмешательству. Учитывая существенный вклад долговременных климатических характеристик в распределение биообъектов в Баренцевом и Белом морях, картографирование проведено по так называемым теплым и холодным годам. ГИС-технологии в простом виде были реализованы на основе приложения Microsoft Excel, представляющего собой электронные таблицы.

С использованием гибридной векторно-растровой модели обрабатываются данные по распределению биомассы (бентоса, мезопланктона); плотности скоплений (эвфаузиид, мойвы, тресковых рыб 0-группы, сельди, сайки, камчатского краба и исландского гребешка); интенсивности промысла трески (характеристика запаса) в принятых единицах измерения; а также батиметрии и параметрам течений Баренцева моря.

Статистическая обработка объектов базы данных проводится методами главных компонент, факторного анализа на предмет возможного исключения несущественных или зависимых признаков из последующей процедуры оценки. Далее производится поквартирное «суммирование» предварительно нормированных показателей, относящихся к разным объектам, но расположенным на одной акватории (таблицы с общими полями), по методике, основанной на гипотезе аддитивности индивидуальных вкладов. В результате аддитивной модели (взвешенная сумма) рассчитывается комплексный интегральный показатель по формуле:

$$X_i = \sum_{j=1}^p B_{ij} \times w_j \quad (2.2)$$

где:  $B_{ij}$  - компоненты  $j$ -го вектора из  $p$  исходных показателей выраженных в нормированной шкале,

$w_j$  - весовые коэффициенты, отражающие относительную важность  $j$ -го показателя, задаваемые методами экспертных оценок.

Для нормировки в большинстве случаев за основу берется максимальный показатель обилия морских организмов (численности или биомассы). Его принимают за единицу, а остальные значения рассчитывают, как долю от данной величины. Конкретные значения весовых коэффициентов в работах Новикова М.А. не приводятся.

Перемещение из базы и моделирование цифровых данных (карт), их качественное выполнение и редактирование проводится соответствующими программными картографическими средствами. Пример одной карты приведен на рисунке 2.1-2 [Новиков, 2004].

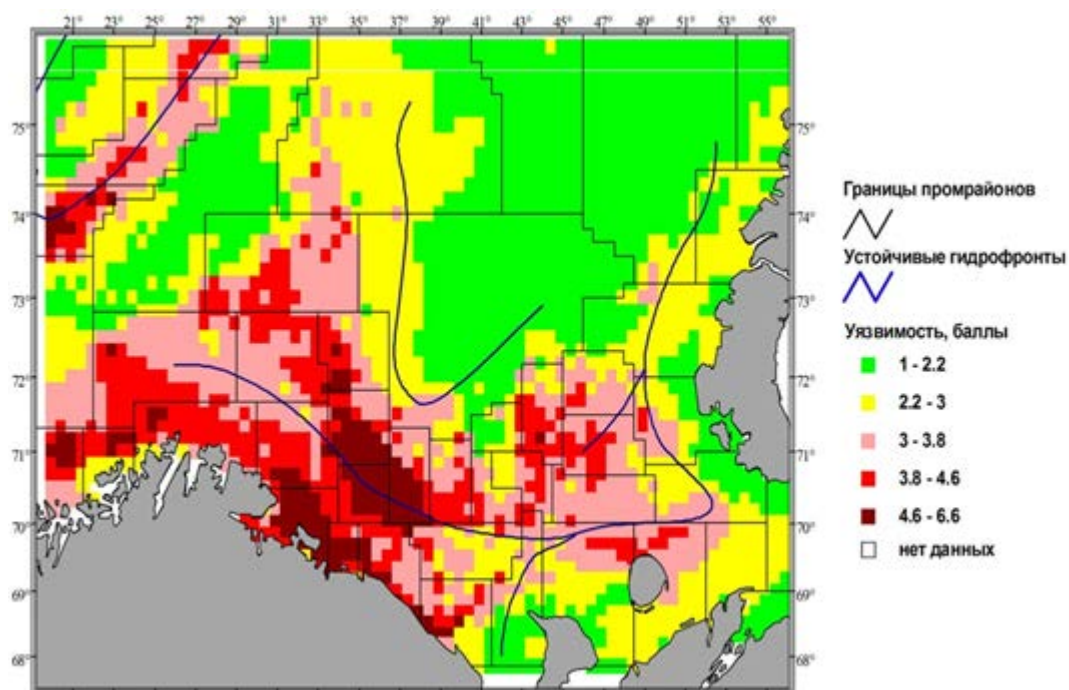


Рисунок 2.1-2. Комплексная карта оценки уязвимости акватории Баренцева моря к антропогенным воздействиям (холодные годы)

*Выводы по методике.* Разработанные ПИНРО карты оценки уязвимости Баренцева моря основаны на программе Excel, а вычисления ведутся по каждому виду биоты отдельно, что с одной стороны дает более точную картину итоговой уязвимости акватории, но значительно усложняется процедура расчетов и снижается ценность самих карт, как если бы ориентация была сделана полностью на ГИС. Также оценка уязвимости рассматривается в основном с точки зрения рыбохозяйственных позиций (без птиц и морских млекопитающих), учитываются только гидробионты и параметры среды, влияющие на распределение этих организмов. Все это сужает комплексность оценки уязвимости акватории Баренцева моря, но показан пример использования океанологических показателей для выявления зависимостей возможного вреда для морской среды. Широкого распространения данная методика не получила.

## 2.2 Зарубежный опыт оценки чувствительности/уязвимости морей и побережий от нефтяного загрязнения

### 2.2.1 Составление карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти по рекомендациям международных организаций ИМО/ИПЕСА/ОГР

Методика ориентирована на классификацию береговой линии по индексам экологической чувствительности (ESI) в сочетании с отображением чувствительных объектов (для природы и человека). Принятый в международном масштабе метод, разработан в сотрудничестве с Международной морской организацией (ИМО), Международной ассоциацией нефтяной промышленности по охране окружающей среды (ИПЕСА), а с недавнего времени и Международной ассоциацией производителей нефти и газа (ОГР). Издается в виде докладов рекомендательного характера [ИМО/ИПЕСА 1994; ИМО/ИПЕСА/ОГР, 2012].

На карты должны быть нанесены следующие виды информации (рис. 2.2-1):

1. *Типы берегов по чувствительности их к действию нефти.* Многие классифицируют береговые линии, используя индекс экологической чувствительности (ESI) как правило, основанный на первоначальном индексе Gundlach, Hayes (1978), где типы берегов ранжируются по 10-ти бальной шкале (табл. 2.2-1). В основе индексов ESI лежат базовые принципы, суть которых в том, что чувствительность к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия волн, проникновения нефти в подстилающий слой почвы, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых организмов. Однако цифры на шкале не представляют собой фактической чувствительности, индекс ESI является удобным способом суммирования информации.

Таблица 2.2-1

**Краткая таблица значений индексов экологической чувствительности ESI и иллюстрирующих фотографий к ним [ИМО/ИПЕСА/ОГР, 2012]**

ESI	Тип берега
1A	Открытые скалистые берега
1B	Техногенные берега с инженерными сооружениями
1C	Открытые скалистые обрывы с гравийно-щебнистым основанием
2A	Открытые волноприбойные платформы в коренных породах или глинистых отложениях
2B	Открытые крутые откосы и склоны на глинистых отложениях
3A	Пляжи, сложенные мелко- и среднезернистым песком
3B	Уступы и крутые склоны в песчаных отложениях
4	Пляжи, сложенные крупнозернистым песком
5	Пляжи, сложенные смешанным песчано-гравийным материалом
6A	Гравийные пляжи (с мелким гравием и галькой)
6B	Каменные наброски и гравийные пляжи (с булыжниками и валунами)
7	Открытые приливно-отливные отмели (осушки)



ESI	Тип берега
8A	Защищенные уступы в коренных породах, глинистых отложениях и защищенные скалистые берега
8B	Защищенные инженерные сооружения
8C	Защищенные отсыпи
8D	Защищенные скалисто-валунные берега
8E	Торфяные берега
9A	Защищенная от волнения приливно-отливная отмель
9B	Отмели, заросшие растительностью
9C	Гипергалинные приливные отмели
10A	Марши в пределах соленых и солоноватых акваторий
10B	Пресноводные марши
10C	Болота
10D	Мангровые заросли
10 E	Затопляемые низменные тундры

2. *Среды обитания ниже приливно-отливной зоны* (коралловые рифы, растительный слой морского дна), которые обычно показывают на картах в виде уязвимых зон. Разработать единый индекс (по типу ESI для берегов) для них оказалось делом невозможным, потому, что на эту уязвимость оказывают значительное влияние конкретные обстоятельства разлива [ИМО/ПРЕСА, 1994].

3. *Чувствительные биологические ресурсы*, в зависимости от их времени восстановления после аварийного разлива нефти. Для ранжирования допускается использовать красные списки разного статуса охраны, списки редких видов, местообитания, находящиеся в опасности и т.д. Также рекомендуется учитывать чувствительность защищаемых районов (места питания, размножения, колоний морских птиц, эстуарии, важные для мигрирующих береговых птиц, лежбища тюленей): (очень) низкая или средняя чувствительность для районов, находящихся под локальной охраной; средняя или высокая чувствительность для районов под национальной охраной и очень высокая чувствительность - для статуса международной охраны. Если в одном и том же районе присутствуют различные чувствительные виды, поддерживается самая высокая из них. Для этого рекомендуется использовать простую матрицу (табл. 2.2-2), чтобы рассмотреть вместе и по каждому району в отдельности чувствительность видов (и важность учитываемого района), а также разнообразие для оценки ранжирования общей чувствительности в районе.

Таблица 2.2-2

### Определение общей чувствительности в районе

Чувствительность вида / района	Очень высокая	<i>Оч. высокая</i>	<i>Оч. высокая</i>	<i>Оч. высокая</i>	<i>Оч. высокая</i>	<i>Оч. высокая</i>
	Высокая	<i>Высокая</i>	<i>Высокая</i>	<i>Высокая</i>	<i>Высокая</i>	<i>Оч. высокая</i>
	Средняя	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>	<i>Высокая</i>	<i>Высокая</i>
	Низкая	<i>Низкая</i>	<i>Низкая</i>	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>
	Очень низкая	<i>Оч. низкая</i>	<i>Низкая</i>	<i>Низкая</i>	<i>Низкая</i>	<i>Средняя</i>
		Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Оч. высокая
Разнообразие чувствительных видов (в одном и том же районе)						

4. *Социально-экономические особенности*, используемые человеком, и деятельность, которая может подвергаться прямо или непрямо воздействию аварийного разлива нефти (промысловое рыболовство, гавани, причалы; промышленные объекты; туристические и спортивные ресурсы; места культурно-исторического и научного значения на берегу или вблизи его). Чувствительность таких районов ранжируется, как и чувствительность биологических ресурсов, но по таким параметрам как важность деятельности, число занятого населения, доход или протяженность прерывания при разных степенях загрязнения.

5. *Особенности ликвидации разлива нефти*, т.к. для целей практической ликвидации разлива полезно знать, где могут быть использованы диспергаторы и где их не следует использовать, где можно развернуть боновые заграждения и места постоянной швартовки бонов, к каким береговым зонам, отличающимся низкой уязвимостью, можно было бы, при необходимости, направить нефтяное пятно для спасения районов высокой экологической чувствительности, и места с пунктами подъезда.

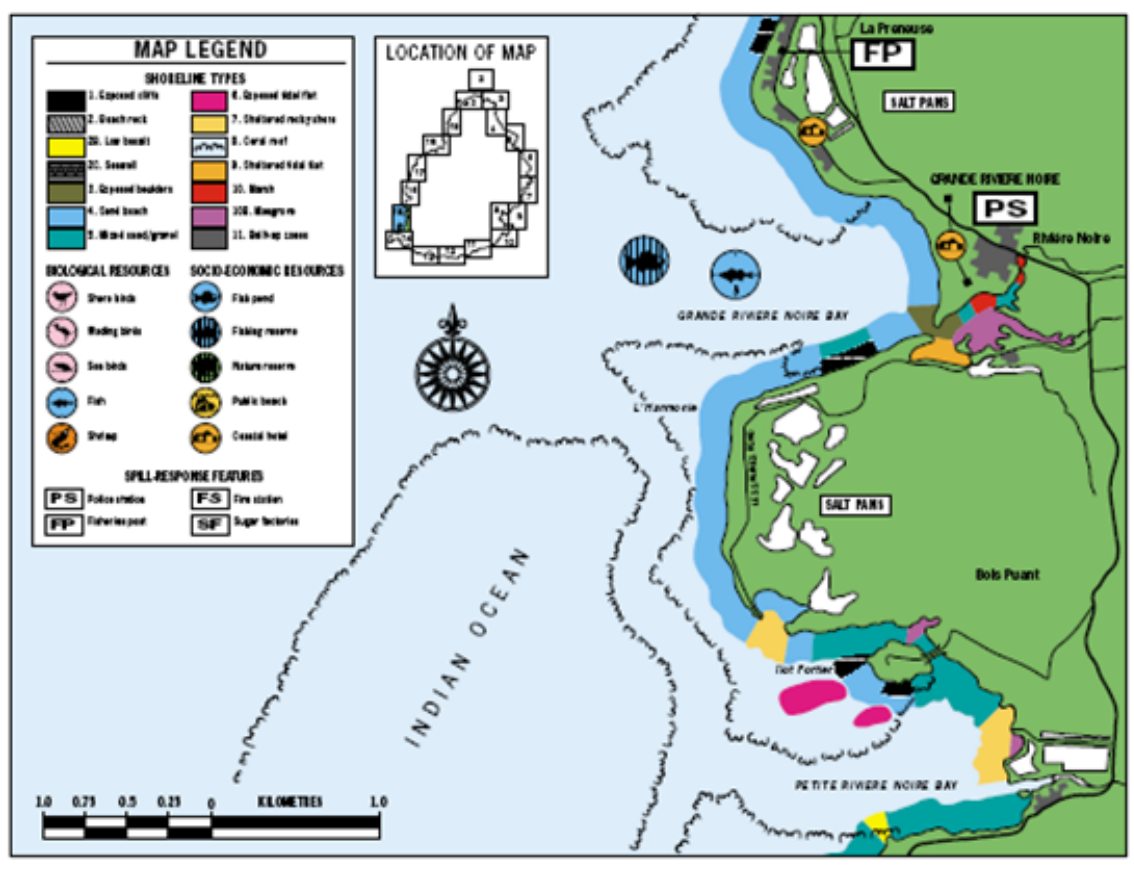


Рисунок 2.2-1. Пример тактической карты из Атласа уязвимых зон о. Маврикий промежуточного масштаба с подробными картами-врезками местности

Разработчики в своем докладе дают ряд практических рекомендаций по подготовке карт. При многоуровневом подходе к ликвидации разлива [IPIECA, 2000] различают 3 типа разлива: небольшие локализованные разливы (1-й уровень); разливы среднего масштаба (2-й уровень);

крупномасштабные катастрофы (3-й уровень). В соответствии с этим разработчики рекомендуют использовать и карты разного масштаба для каждого уровня планирования: карты 1-го уровня, например, для операций по охране или очистке на месте определенного участка побережья, могут иметь масштаб 1:10 000 - 1:25 000; стратегические карты для выявления общей стратегии и начальных этапов ликвидации разливов 3-го уровня могут иметь масштаб 1:1000 000 - 1:200 000; масштаб тактических карт для ликвидации последствий разливов 2-го уровня – промежуточный. Так же отмечают, что использование системы ГИС дает преимущество при разработке карт и планировании действий в чрезвычайной обстановке разлива нефти. В системе ГИС может храниться информация любого масштаба и формата (изображения из космоса, материалы аэрофотосъемки и стандартные картографические материалы).

*Выводы по методике.* Метод ESI, в определенной степени стандартизирован, достаточно прост и не предполагает каких-либо математических вычислений, поэтому широко используется. ESI карты сделаны для всего побережья США, Кувейт, Казахстан, Индонезия, Маврикий, Новая Зеландия, Бразилия и др. Данный метод на основе использования ESI широко применяется также в различных модификациях во многих странах. Рекомендуемый ИМО/ИПЕСА/ОГР метод предназначен, главным образом, для отражения чувствительности прибрежных районов и берегов. Он не учитывает обилия биологических компонентов, а показываются только их ареалы. Для прибрежной акватории поддерживается только самая высокая чувствительность, т.е. не предполагается единого суммарного показателя, как для берегов индексы ESI. Таким образом, без учета действия различных типов нефти на объекты данный подход, как самостоятельный метод, не достаточно эффективен.

### **2.2.2 Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне (МОБ), Норвегия**

Государственные власти по охране окружающей среды разработали руководство для оценки природных ресурсов в связи с нефтяными загрязнениями [SFT, 2004]. Руководство предназначено для планов ЛРН на море и содержит алгоритм системы классификации и оценки природных ресурсов по степени их ценности и чувствительности. Учитываются четыре основных фактора при классификации ресурсов, эти факторы связаны между собой и оценены с точки зрения их важности (табл. 2.2-3).

В системе классификации *естественные и невозместимые* природные ресурсы всегда получают факторную оценку выше для обозначения их приоритетности по сравнению с созданными ресурсами или которые могут быть возмещены. *Ценность* ресурсов определяется их охранным статусом (см. фактор  $V_I - V_{III}$ , табл. 2.2-3).

## Факторные оценки по МОБ

Оценка	Фактор	Факторная оценка ( $V_x$ )			
		3	2	1	0
Естественные ресурсы	$V_I$	-	Да	Нет	-
Возместимые ресурсы	$V_{II}$	-	Нет	Да	-
Охранная ценность (индекс)	$V_{III}$	Национальный / международный	Региональный	Локальный	Нулевой
Степень чувствительности к нефтяному загрязнению	$V_{IV}$	Высокая	Средняя	Низкая	Нулевая

Система классификации ресурсов по степени их чувствительности (фактор  $V_{IV}$ ) основывается на общеизвестных данных о негативном воздействии нефти на морскую среду. Детальная информация представлена только для определенных ресурсов, особо значимых для экосистемы и человека. Учитываются различия в степени чувствительности основных групп ресурсов: морские птицы и среда их обитания (биотопы), морские млекопитающие, рыбы, бентосные сообщества, типы берегов, охраняемые природные территории, рекреационные территории, объекты природопользования. Факторные оценки 0, 1, 2 и 3 означают отсутствие чувствительности, низкую, среднюю и высокую степень чувствительности соответственно (способность к самовосстановлению включена). Каждая из групп классифицируется по степени чувствительности (табл. 2.2-4), учитываются сезонные вариации, деление по территории и экологическим характеристикам.

Таблица 2.2-4

## Классификация чувствительности ресурсов к нефтяному загрязнению по МОБ

Экологическая группа (кол-во видов)	Летние районы				Зимние районы
	гнездования	добывания корма	отдыха	линьки	
<b>МОРСКИЕ ПТИЦЫ</b>					
Морские птицы-ныряльщики	3	3	3	3	3
Морские птицы, питающиеся у морской поверхности	1	2	1	-	2
Прибрежные птицы-ныряльщики	3	3	3	3	3
Прибрежные птицы, питающиеся у морской поверхности	2	1	1	2	1
Падальщики	-	1	-	-	1
Птицы, обитающие вдоль берега	1	1	0	-	1
<b>МОРСКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ</b>					
Вид или группа видов	Район гнездования	Район добывания корма	Район отдыха	Район линьки	
Выдра	2 (3)	2 (3)	0	-	
Белый медведь	-	3	0	-	
Тюлень прибрежный	2 (3)	0	1	1	
Тюлень арктический	1 (2)	0	1	1	
Кит	0 (1)	0 (1)	-	-	

РЫБЫ					
Категория	Сайда	Треска	Сельдь	Мойва	Прочие
Икра и личинки	2	1	0	0	(1)
Прочие стадии	0	0	0	0	0
БЕРЕГА					
Тип берега		Незащищенный	Защищенный		
Устья рек		0	1		
Приливно-отливная зона [осыхающие отмели]		1	2		
Литоральная зона		-	2		
Илистые пляжи		-	2		
Песчаные пляжи		1	1		
Скалистые берега		0	1		
Береговые валунные цепи		0	1		
Глыбовые развалы		0	1		
Береговые скалы		0	0		
ОБЪЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ					
Основной тип	Категория			Факторная оценка	
Рекреационные территории	Общественные пляжи			1-2	
	Общественные пешеходные маршруты			1	
	Окрестности жилых районов			1	
	Окрестности домов отдыха			0	
Рыболовство	Рыбообрабатывающие предприятия			0-1	
	Прибрежное рыболовство			1	
	Промышленное рыболовство			0-2	
Прочие производственные отрасли	Рыбоводческие фермы			1-2	
	Районы добычи водорослей			0-1	
	Рыбопитомники			0-1	
Обслуживающие отрасли	Территории экскурсионных маршрутов			1	
	Окрестности мест для ночевки			1	
	Портовые сооружения			1	

*Примечание:* для бентосных сообществ система классификации устанавливает максимальную степень чувствительности (1), но только при особых условиях, например, на глубинах менее 10-15 м, если глубоководная зона является частью охраняемой зоны.

Для каждого ресурса указывается одна факторная оценка  $V_X$ . На основании факторных оценок вычисляется индекс приоритетности ( $P$ ) по формуле:

$$P = V_I \times V_{II} \times V_{III} \times V_{IV} \quad (2.3)$$

Далее математический результат ( $P$ ) по шкале от 0 до 36 трансформируется в одну из шести категорий приоритетности (А - Е и нулевая приоритетность, табл. 2.2-5). Итоговые 5 категорий приоритетности наносятся на карты чувствительности. При высокой плотности ресурсов, приоритетность категории «Е» не показывается.

Таблица 2.2-5

### Преобразование результатов МОБ (P) в категории приоритетности

	Категории приоритетности				
	А	В	С	Д	Е
«P»	36	24	12	8	2
		(18)	(9)	4	1
				(6)	(3)

В соответствии с приведенными выше расчетами по методике МОБ построены карты чувствительности для всего побережья Норвегии, пример такой карты показан на рисунке 2.2-2.



Рисунок 2.2-2. Пример карты приоритетности защиты ресурсов района Варангер-фьорда для плана ЛАРН

В планах ЛРН карты чувствительности сопровождаются пояснительными таблицами по каждому из выделенных ресурсов. В настоящее время создана база данных учитываемых ресурсов с подробным описанием и набор всех карт чувствительности МОБ, которые находятся в свободном доступе на сайте [www.mrdb.no](http://www.mrdb.no).

*Выводы по методике.* Алгоритм методики прост. Но при этом не учитывается сезонный фактор для карт. Карты приоритетной защиты различных прибрежных ресурсов строятся в основном для всего года с указанием нахождения ресурса в отмеченном районе в тот или иной период. Отсутствие общей интегральной уязвимости района (акватории) на картах районов приоритетной защиты, если районы с разной категорией приоритетности перекрываются. Нет учета обилия биоты в районе распространения ресурса: при различной плотности биоты различные районы должны иметь и разную категорию приоритетной защиты. Хотя следует отметить, что при определении охранной ценности в методике МОБ говорится: «необходимо также учитывать численность ресурса, которая может пострадать в большей степени» [SFT, 2004]. Но при этом не прописан алгоритм такого учета. Не учитывается тип нефти, то есть конкретное (различное) воздействие того или иного типа нефти на конкретные природные ресурсы. По методике МОБ готовятся карты одного масштаба.

### 2.2.3 Метод построения карт экологической уязвимости (V-map) для исключительной экономической зоны Нидерландов

Национальным институтом Прибрежных и морских ресурсов (RIKZ, Гаага) разработан подход к созданию карт для различных сезонов, которые могут регулярно пополняться новыми данными и дополнительной информацией о морских видах и токсичных химических загрязнителях [Offringa, Låhr, 2007]. Плотность или численность видов в каждой ячейке сетки являются основой карт. Под экологической уязвимостью понимается степень, до которой виды на популяционном уровне потенциально могут находиться под влиянием экспозиции к стрессовым условиям как следствия их видоспецифичных экологических и (эко)токсикологических особенностей [Faber et al., 2004], выражаемая формулой:

$$V = (E \times S) / R \quad (2.4)$$

где:  $V$  - уязвимость,  $E$  - потенциальная воздействие;  $S$  – чувствительность;  $R$  - скорость восстановления.

Алгоритм методики представляет собой 6 последовательных этапов:

**Этап 1.** Определяются значимые компоненты экосистемы, на которых будет основываться построение карт уязвимости, в соответствии с их природоохранной и промысловой ценностью. Отобранные компоненты должны представлять все главные группы видов экосистемы (бентические беспозвоночные, морские беспозвоночные, рыба, птицы и млекопитающие) и соответствующие среды обитания. Исключаются случайные виды. Учитываются виды и местообитания, представляющие все вертикальные зоны: у дна моря (бентос), свободно перемещающиеся в толще воды (пелагическая зона) и встречающиеся около поверхности и у берега (литораль). Понимание их поведения (полет, плавание, ныряние, охота) и типичных местообитаний (морское дно, толща воды, морская поверхность, берег) позволяют оценить потенциальную подверженность групп организмов к типу загрязнителя.

**Этап 2.** Идентифицируются загрязняющие вещества или другие действующие факторы. Карты строятся отдельно для какого-либо вещества, но также и для группы веществ с общим/схожим поведением или воздействием. Например, карты чувствительности рассчитываются для плавающих загрязнителей, вызывающих удушье (как нефть), для опускающихся на дно/тонущих веществ, которые аккумулируются в бентической пищевой цепи или для растворяющихся реагентов, которые затрагивают первичных продуцентов (как определенные гербициды). Такие карты для определенных типов загрязнителей более информативны.

**Этап 3.** Характеризуются поведение и потенциальные эффекты загрязняющих веществ. Поведение загрязнителей в окружающей среде классифицировано, следуя Стандартной Европейской Классификации Поведения (SEBC) Боннского Соглашения [SEBC, 1991] на пять основных типов: газ, испаряющиеся, плавающие, растворители, тонущие. Категории эффектов (механизмы) воздействий загрязнителей, основаны на Европейской классификации устойчивости, биоаккумуляции и токсичности [GESAMP, 1993]. Самые важные механизмы: удушье; токсичность; биоаккумуляция; окисление/ощелачивание; нагревание/выделение тепла; снижение прозрачности; кислородное истощение.

**Этап 4.** Рассчитывается уязвимость ( $V$ ) всех учитываемых видов и их местообитаний от выделенных классов загрязняющих веществ. Уязвимость зависит от:

- вещества, с его специфическим поведением и эффектами воздействия, дающими понятие о подверженности компонента к потенциальному воздействию ( $E$ ) загрязнителя,
- индивидуальных свойств видов, таких как его чувствительность к веществу ( $S$ ) и способность восстановления от воздействия ( $R$ ).

Каждый из параметров, определяющих уязвимость ( $E$ ,  $S$ ,  $R$ ), индексируется по ряду факторов в соответствии, с которыми далее их индексы рассчитываются по достаточно сложным формулам:

- потенциальное воздействие ( $E$ ) загрязняющих веществ, представляет собой вероятность соприкосновения выделенных компонентов с веществом, как только оно было разлито. Принимаются во внимание полученные характеристики поведения загрязнителя и местообитания организмов, при оценке индекса потенциального воздействия от загрязнителей после аварий с такими веществами в море.

- чувствительность ( $S$ ) выражает степень подверженности определенного вида к специфическому типу загрязнителя по совокупности различных механизмов, которыми он может на него воздействовать. В соответствии со свойствами и поведением загрязняющих веществ при аварии, а также характером возникающих отрицательных воздействий на виды, рассчитывается их индекс чувствительности к конкретным загрязняющим веществам.

- восстанавливаемость ( $R$ ) показывает способность вида возвращаться в исходное состояние до воздействия на него загрязняющих веществ. Учитываются экологические механизмы восстановления (воспроизводство, подвижность, популяционная тенденция, популяционный статус) и видоспецифичные аспекты каждого из механизмов для расчета индекса восстановления каждого из видов.



В таблице 2.2-5 представлены итоговые значения уязвимости от нефти ( $V$ ), рассчитанные по формуле (2.4) и ранжированные на 4 класса. Результаты расчетов подвергаются нормировке на каждом этапе для корректного сложения величин в разных единицах измерения.

Таблица 2.2-5

**Итоговые значения уязвимости ( $V$ ) ранжированные на 4 класса**

Класс уязвимости	Описание воздействия загрязнителя на учитываемые компоненты	Значение ( $V$ )
Высокий	Очень неблагоприятное влияние, высокая чувствительность и очень длительное восстановление организмов (> 10 или 25 лет).	$\geq 0.1$
Средний	Неблагоприятное влияние, высокая или умеренная чувствительность и длительное восстановление организмов (1 - 10 лет).	0.05-0.1
Низкий	Неблагоприятное влияние, высокая или умеренная чувствительность, но быстрое восстановление организмов (до 1 года).	0.01-0.05
Очень низкий	Неблагоприятное влияние, средняя или низкая чувствительность, очень быстрое восстановление организмов (в течение недели).	$< 0.01$

**Этап 5.** Собирается доступная информация о пространственном распределении обилия (численности, плотности) и сезонности видов, а также расположении других компонентов экосистемы. Проводится нормирование исходных данных обилия видов на максимальное значение конкретного вида, т.к. единицы измерения различны. Результат наносится на карту в виде относительных единиц обилия со значениями между 0 и 1 для каждой ячейки сетки. Так же учитывается фактор международного значения, являющийся мерой пропорции национальных популяций по сравнению с соответствующими международными популяциями.

**Этап 6.** В итоге для отдельных видов в каждой ячейки сетки значение общей уязвимости ( $SV$ ) рассчитано как результат географического распределения их обилия ( $RO$ ) по сезонам, чувствительности видов к фактору воздействия ( $VI$ ) и международному значению видов ( $IIF$ ), полученной на предыдущих этапах по формуле:

$$SV_{ij} = sRO_i \times VI_j \times IIF_j \quad (2.5)$$

Далее значения  $SV$  для отдельных видов суммированы и разделены на общее количество входных данных, используемых для построения карты по формуле 2.6.

$$TRV_{im} = \frac{\sum_{j=1}^p (SV_{ij})}{n \times s \times p} \quad (2.6)$$

Где  $SV$  - это результат числа ячеек сетки на карте ( $n$ ), числа сезонов с доступными данными ( $s$ ) и числа видов ( $p$ ). Параметр, который вычислен таким путем - Полная

Относительная Уязвимость (*TRV*) и его значения показаны в ячейках сетки на итоговых картах (для каждой ячейки сетки и сезона), используя различные цвета (рис. 2.2-3).

*Выводы по методике.* Разработанная в Нидерландах методика V-тар основательно проработана и пошагово обоснована. В методике наиболее полно учитывается и сезонность, и значимость компонентов и всестороннее воздействие различных видов загрязняющих веществ на биоту и местообитания. Однако в практической реализации эта методика оказалась достаточно сложна и, по информации самих авторов, в настоящее время не используется. Вместе с тем, в методике представлен ряд важных положений, которые следует принимать во внимание при оценке уязвимости морских акваторий.

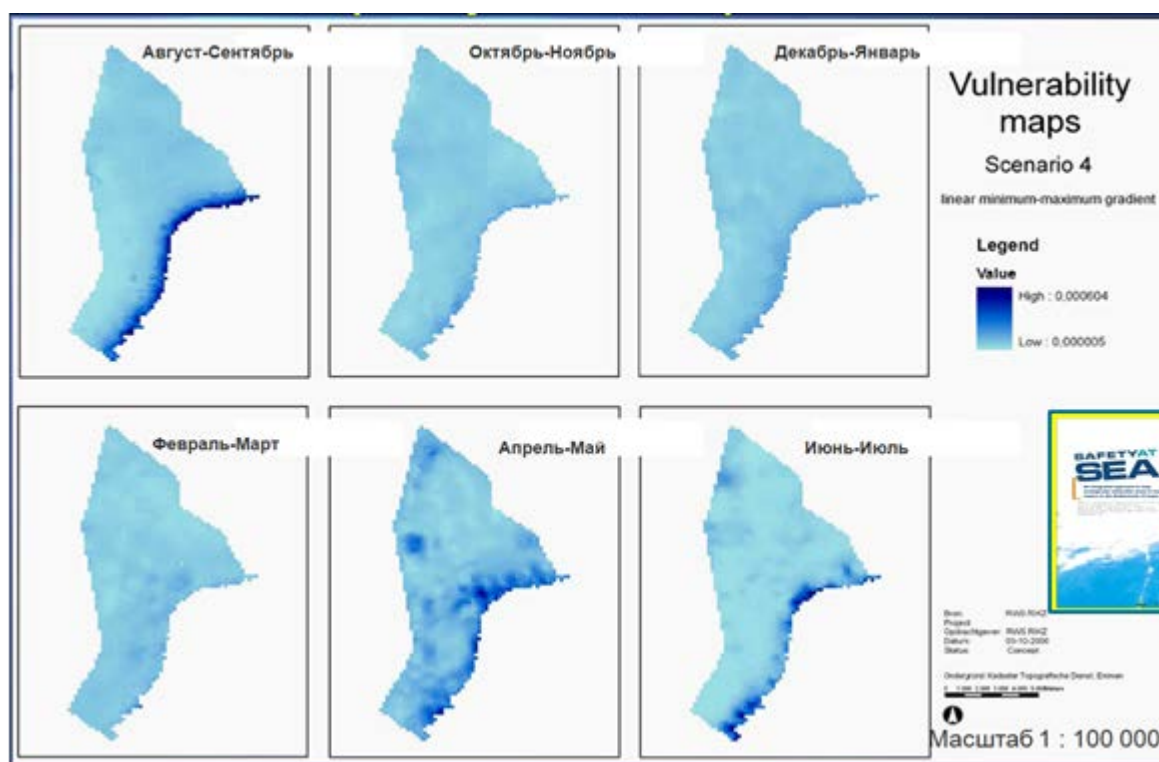


Рисунок 2.2-3. Экологически уязвимые акватории морских вод Голландии

#### 2.2.4 Метод построения карт экологической чувствительности для исключительной экономической зоны Австралии

Для Австралии в ГИС-формате разработан компьютеризированный Атлас по ликвидации Разливов Нефти (OSRA), включающий в себя расчет и картографирование показателя экологической чувствительности - ESI [DNV, 2011]. Весь Австралийский материк, его Исклучительная Экономическая Зона (ИЭЗ), оффшорные территории, австралийские антарктические районы разделен на 40 прибрежных сегментов и 3 зоны по расстоянию (от берега до 200 морских миль). Всего 120 суб-регионов, для каждого из которых рассчитан единый

показатель экологической чувствительности ESI на разливы нефти (рис. 2.2-4). Для различных морских условий ESI выражается как функция отдельных элементов  $ESI = f(PSI, BRI, HRI)$ :

- *физическая чувствительность (PSI)*, включая экологические аспекты, которые влияют на устойчивость нефти и трудности при очистке после разлива (прибрежная топография, чувствительность береговой линии от разливов нефти).

- *биологические ресурсы (BRI)*, рыбные хозяйства, птицы, рыбы, моллюски, морские млекопитающие, рептилии и т.д. в том числе их местообитания;

- *используемые человеком ресурсы (HRI)*, в том числе места отдыха, добычи ресурсов и национальных парков.

Конкретные значения перечисленных элементов определяются исходя из восприимчивости окружающей среды к нефтяному загрязнению, включая места обитания, присутствие видов (особенно редкие или исчезающие), коммерческие ресурсы (например, рыболовство, аквакультура, туризм), а также социально-культурные аспекты, трудность очистки и восстановления после разлива. В какой-то степени учитываемые характеристики (*PSI, BRI, HRI*) перекрываются, и их трудно объединить в один индекс, поэтому они представлены в виде отдельных элементов затрат, которые дают количественную оценку относительной значимости разливов нефти в различных морских условиях, с тем, чтобы конвертировать частоту разливов нефти в показатели экологического риска. От общей стоимости затрат *PSI* составляет 30% фактических расходов по очистке; *BRI* - 50% как оценка ущерба природным ресурсам, причиненного разливом; *HRI* – 20% как коммерческие потери в результате разлива, плюс оценка ущерба социальных ресурсов. Аварийные расходы были получены из разливов нефтяных танкеров по всему миру в течение 1992-97 г.г. [DNV, 2001]. Они включали в себя анализ данных влияния размера разлива, в том числе тяжелые последствия из немногих крупных разливов, а также поправку на эффект отсутствия данных о затратах.

В соответствии с этим итоговый показатель экологической чувствительности рассчитывался по формуле:

$$ESI = 0.3 PSI + 0.5 BRI + 0.2 HRI \quad (2.7)$$

Это позволяет предварительно оценить затраты, используемые для решения сложной проблемы, как количественно оценить ESI в единицах, которые являются значимыми в абсолютном выражении, а не просто как ранжирование различных местообитаний. Так как вычисления по субрегионам велики, каждый индекс выражается как среднее значение по области. Метод усреднения отличается в зависимости от расположения - на побережье или в море. Для прибрежных субрегионов, которые являются длинными тонкими полосами,

прилегающими к береговой линии, показатели усредняются вдоль длинны береговой линии. Для глубоководных субрегионов, это более широкие сегменты в открытом море без береговой линии, индексы усредняются по площади района (от края до края). Итоговая карта экологической чувствительности для вод Австралии представлена на рисунке 2.2-4.

*Выводы по методике.* В каждом морском районе описываются экологические процессы и природоохранные ценности, в том числе картирование мест, имеющих значение для охраняемых видов и сообществ; определение региональных приоритетов для действий сторонников и лиц, принимающих решения только при стратегическом планировании. Количественно рассчитаны риски аварийных разливов и индикаторы физической уязвимости. А ресурсы, биологические и используемые человеком в данном подходе, наделяются лишь субъективными весовыми коэффициентами, причем не различается уязвимость ресурсов в зависимости от типа нефти.

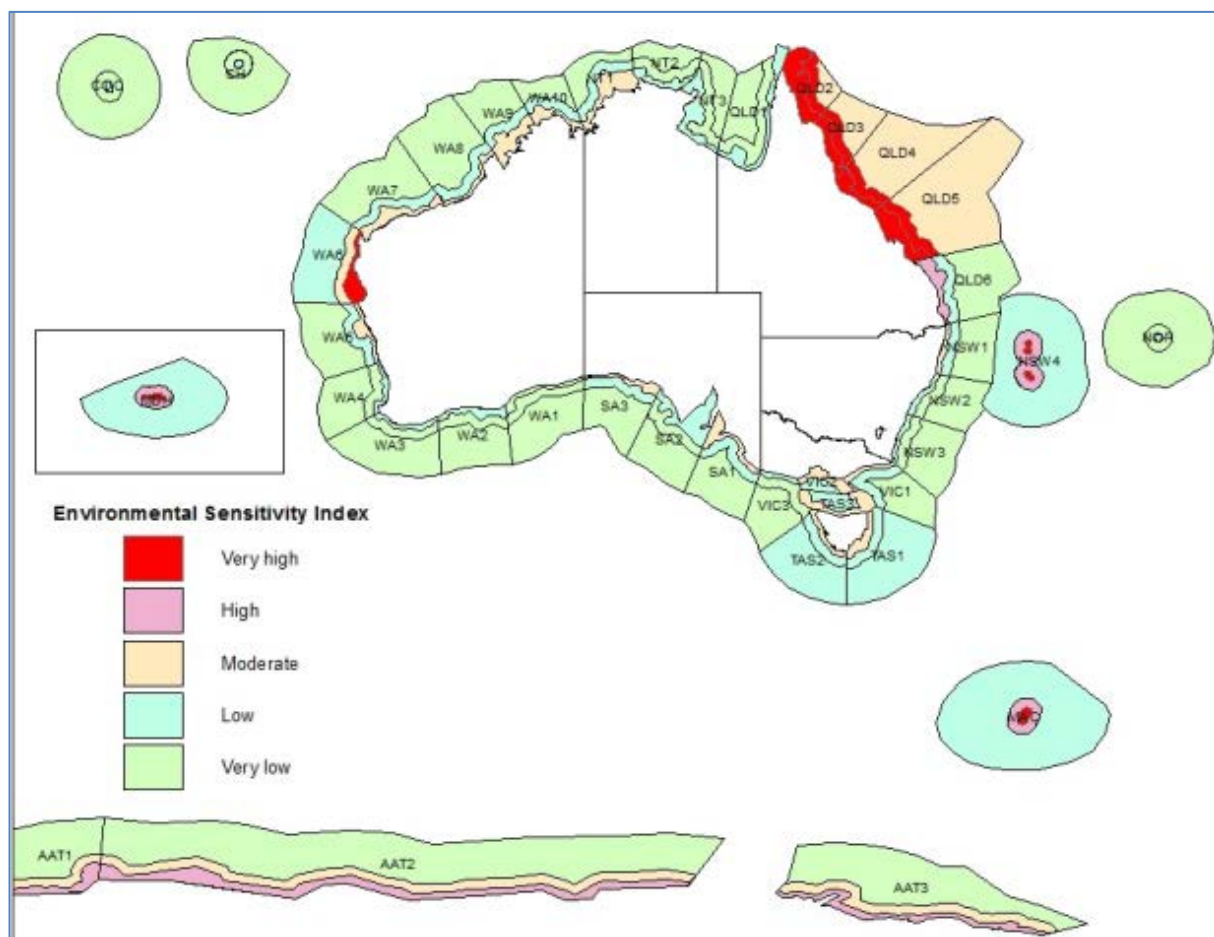


Рисунок 2.2-4. Итоговая карта экологической чувствительности вод Австралии: очень высокая >10; высокая 5 – 10; средняя 2.5 – 5; низкая 1 - 2.5; очень низкая <1

## 2.2.5 Картирование уязвимости Литовского побережья Балтийского моря от аварийных разливов нефти

В данной методике представляется модифицированный подход к картированию индекса чувствительности окружающей среды (ESI) на ГИС основе, для планирования ответных реакций на аварийные разливы нефти в Литовской части побережья Балтийского моря [Depellegrin et al., 2010].

Метод исследования уязвимости Новой Зеландии [Roberts, Crawford, 2004], был выбран как наиболее универсальный методологический подход для данного района Балтийского моря. Разработка карт уязвимости окружающей среды (ESI) требует идентификации 4 наиболее важных прибрежных ресурсов: особенности береговой части- ( $ESI_C$ ), социо - экономические ( $ESI_{SE}$ ), биологические ( $ESI_B$ ) и рыбопромысловые ресурсы ( $ESI_F$ ).

На первом этапе генерировалась регулярная сетка, которая охватывала прибрежную полосу Литовской части морских вод до изобаты 20 м включительно и 300 м по берегу от уреза воды в сторону суши. В результате выделено 87 пространственных «береговых ячеек». Следующий этап - применение системы ранжирования для учета уязвимости выбранных прибрежных ресурсов к аварийным разливам нефти. Ранжирование ресурсов проводилось на основе экспертных оценок (табл. 2.2-6). Профильными экспертами университета Клайпеды, была составлена матрица для весовых коэффициентов ( $WV$ ), и присвоенных значений ( $AV$ ) по каждому ресурсу. Присвоенные значения ( $AV$ ) оценивались в пределах от 2 до 10 баллов. Общий индекс  $ESI_i$  для  $i$ -тых ресурсов побережья рассчитывался по формуле:

$$ESI_i = (AV_1 + AV_2 + AV_3 + \dots + AV_N) \times WV_i \quad (2.8)$$

где:  $AV_i$ - присвоенные значения для «N» параметров, а  $WV_i$ - весовые коэффициенты  $i$ -тых ресурсов побережья. Весовой коэффициент определяет количественно относительную важность 4 прибрежных ресурсов, оцененных либо по социально- экономическому, либо по экологическому значению. Сумма всех  $WV$  составляет 1, учитывая все 100% ресурсов в районе исследования.  $AV$  определяет уязвимость параметров от разлива нефти в диапазоне 1-10, где 10 это максимальная уязвимость [Roberts, Crawford, 2004].

Таблица 2.2-6

Суммарная таблица оценок и ранжирования величин, (Depellegrin et al., 2010)

Прибрежные ресурсы	Параметры	Черты	Единицы	$AV_i$	$WV_i$
Особенности береговой части ( $ESI_C$ )	Размер зернистости, средний диаметр	Смесь песка- гравия	0.5-3.5мм	6	0.2
		Мелкий песок, песок средней зернистости	0.21-0.64мм	3	
	Геодинамический режим	Переходный	-20-+20м <sup>3</sup> / 10, год	10	
		Аккумулятивный	-20-+80м <sup>3</sup> / 10, год	6	

Прибрежные ресурсы	Параметры	Черты	Единицы	AVi	WVi
		Эрозийный	-20--200м <sup>3</sup> / 10, год	3	
	Склон береговой линии (крутизна)	Плоский	tg α<0.05	10	
		Крутой	tgα>0.05	6	
Биологические ресурсы (ESI <sub>B</sub> )	Птицы	Чайки и гагарки	> 30 особей / км <sup>2</sup>	9	0.3
			20-30 особей / км <sup>2</sup>	6	
			10-20 особей / км <sup>2</sup>	3	
		Морские утки	>300 особей / км <sup>2</sup>	9	
			200-300 особей / км <sup>2</sup>	6	
			100-200 особей / км <sup>2</sup>	3	
	Погруженные макрофиты	Присутствие/отсутствие		7	
	Рыба и кормовые ресурсы	Зообентос (г/м <sup>2</sup> )	>2000	7	
			1000-2000	5	
			500-1000	3	
		Нектобентос (г/м <sup>2</sup> )	>100	7	
100-50			5		
10-50			3		
Места обитания растений	Присутствие / отсутствие		4		
Рыбные ресурсы (ESI <sub>F</sub> )	Промышленное рыболовство	Экономическое значение (LTL/ регион)	>400000 LTL	9	0.2
			350000-400000 LTL	6	
			300000-350000 LTL	4	
			<300000 LTL	2	
	Нерестилища		Плотные	9	
			Средние	7	
Социо – экономические ресурсы (ESI <sub>SE</sub> )	Рекреационные районы	Рекреационный потенциал	Тысячи людей находятся одновременно на берегу	9	0.3
	Районы управления	Присутствие/отсутствие		6	
	Поселения людей	Число жителей	Люди	6	

Величина  $ESI_C$  для характеристики берега оценивает потенциальное воздействие разлива нефти, учитывая природную устойчивость нефти на берегу и сложность операций по его очистке. Для оценки уязвимости биологических ресурсов  $ESI_B$  от разливов нефти учитываются птицы, бентос, макрофиты. Рыбы рассматриваются как рыбопромысловые ресурсы  $ESI_F$  (потенциальные уловы и годовой доход). Социо-экономические ресурсы  $ESI_{SE}$  оцениваются по рекреационной ценности прибрежных сегментов. На основании этих данных вычисляется общий индекс чувствительности окружающей среды ( $OES_I$ ). Этот индекс является арифметической суммой 4 оцененных ресурсов:

$$OES_I = ESI_C + ESI_B + ESI_F + ESI_{SE} \quad (2.9)$$

где:  $OES_I$  - интегральная чувствительность для всех прибрежных ресурсов, содержащихся в каждой ячейке регулярной сетки. Для уменьшения неопределенностей в величинах данных принят принцип предосторожности. Такой принцип очень часто

используется при исследовании морского загрязнения. Для определения уязвимости включаются ресурсы, покрывающие как минимум 25% ячеек одного прибрежного участка.

Для отражения уязвимости используется стандартный набор цветов ESI: зеленый - низкая уязвимость; желтый - средняя уязвимость; оранжевый - высокая уязвимость; красный - очень высокая уязвимость (рис. 2.2-5). Карты уязвимости окружающей среды (ESI) стали частью литовского плана борьбы в случае непредвиденных аварийных разливов нефти.

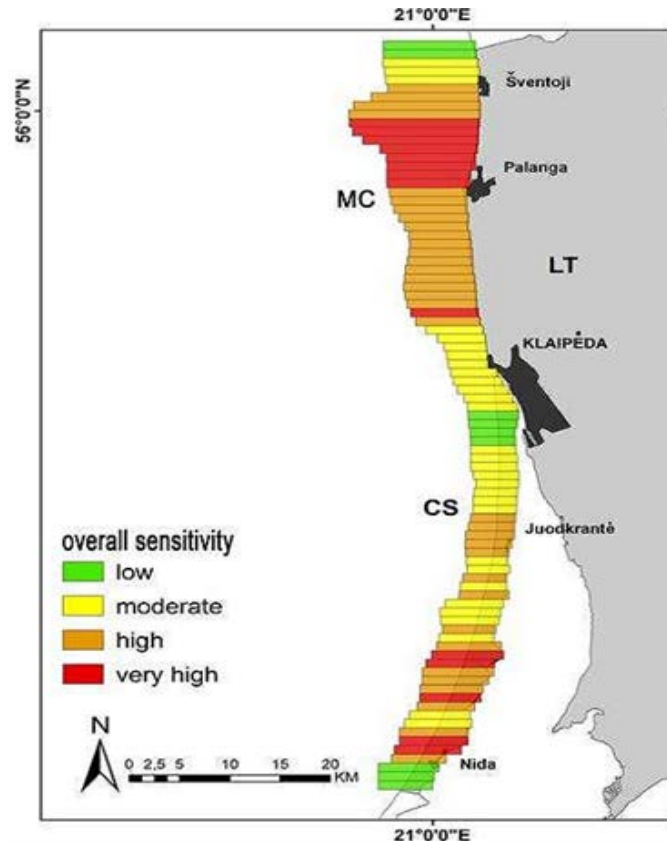


Рисунок 2.2-5. Карта чувствительности Литовского побережья Балтийского моря от аварийных разливов нефти

*Выводы по методике.* В целом методика проста, понятна и подробно описана. В соответствии с рекомендациями международных организаций ИМО/ИРЕСА/ОГР учитываются требуемые ресурсы, а также особенности береговой части. Ранжируются количественные данные учитываемых типов ресурсов, в достаточно широком диапазоне от 1 до 10. Оценка биологических ресурсов охватывает не только ареалы обитания основных групп биоты и редких видов растений, а также показатели их обилия. На карты наносится интегральный показатель, вычисляемый путем арифметического сложения всех оцененных ресурсов, причем для каждого из них определен весовой коэффициент, количественно определяющий их относительную важность для экосистемы и человека. Однако, рассматривается только прибрежно-береговая зона, отдельно уязвимость акватории не рассчитывается. В методике

никак не учитывается тип нефти и ее поведение, нет сезонности, т.е. и карты оцененных прибрежных ресурсов, и итоговая карта чувствительности строятся за весь год. Карты представлены в одном масштабе.

## **2.2.6 Выделение морских районов высокого экологического риска (МЕНРАs), Великобритания**

В Великобритании совместно с Департаментом окружающей среды и Департаментом транспорта была разработана концепция для идентификации и ранжирования морских районов высокого экологического риска (далее методика МЕНРАs) в результате нефтяного загрязнения при судоходстве [MacDonald et al., 1999]. Под высоким риском загрязнения нефтью окружающей среды понимаются морские районы с повышенной чувствительностью, и в то же время находящиеся под большим риском загрязнения вследствие судоходства.

Для целей идентификации МЕНРАs, британское побережье и ближайшие морские акватории на карте были представлены в виде набора прибрежных и морских ячеек. Далее для набора этих прибрежных и морских ячеек были проведены две параллельных классификации:

### *1. Идентификация судоходных рисков.*

- для набора морских ячеек, принимались во внимание данные по судовым маршрутам, размер и тип судна, частота движения судов и анализа прошлых аварий, приводящих к загрязнению от судов.

- ранжирование риска загрязнения прибрежной части на основе прогнозов объема нефти, которая может быть аварийно разлита в каждой ячейке, или дрейфует в прибрежную ячейку в результате разлива в каком-то другом месте. Для этого создана модель, объединяющая меру риска и потенциал нефтеразлива по наихудшему сценарию.

### *2. Идентификация экологической чувствительности.*

Для каждой ячейки указываются объекты дикой природы и их мест обитания; уязвимость морских птиц к нефтяному загрязнению; данные по рыбному промыслу, включая данные о рыбных фермах, участки разведения двустворчатых моллюсков и т.д.; возможности использования/сбережения прибрежных рекреационных районов; ландшафты и геологические особенности, включая места мирового наследия, охраняемые обзорные площадки; статус ООПТ и др. по каждой ячейке. Экологическая чувствительность ячейки рассчитывается на основе числа таких участков в каждой ячейке и их чувствительности к морскому загрязнению.



Уязвимость морских птиц и дикой природы, а также рыбного промысла в каждой прибрежной ячейке ранжируется от 1 (очень низкая уязвимость) до 5 (очень высокая уязвимость). Возможности использования/сбережения районов ранжировались по ограниченному числу категорий, и каждый ранг добавлялся к итоговой величине чувствительности определенной ячейки. Уязвимость ландшафтов ранжировалась от 1 (очень низкая) до 3 (высокая), геологические особенности ранжировались в диапазоне 1-4. Все прибрежные ячейки получили суммарную итоговую величину уязвимости (количество баллов). Теоретически максимальное количество баллов, которое может получить ячейка, составляет 27.

Авторы признают тот факт, что и прочие особенности окружающей среды влияют на уязвимость от нефтяного загрязнения. Прежде всего, оценка чувствительности окружающей среды проводилась для прибрежных ячеек. Частично, оценены имеющиеся в распоряжении и данные по окружающей среде морских ячеек.

На завершающем этапе два набора данных для каждой ячейки (судоходные риски и экологическая чувствительность) перед итоговым ранжированием были переклассифицированы от 1 до 14 и затем объединены. Результаты представлены в таблице 2.2-7.

Таблица 2.2-7

**Итоговые значения рангов высокого экологического риска по МЕНРАs**

Ранг	Цвет на карте	Обозначение	Значения	%
Очень высокий	Черный	НН	более 100	9
Высокий	Красный	Н	70 - 100	23
Средний	Зеленый	М	45 - 70	24
Низкий	Светло синий	L	25 - 45	21
Очень низкий	Желтый	LL	менее 25	24

Ячейки, которые были, в конечном счете, идентифицированы как МЕНРАs, это ячейки с комбинацией высокой чувствительности и высокого уровня риска загрязнения от судоходства. Они представляют приблизительно 9 % британской береговой линии. На рисунке 2.2-6 представлена картосхема ранжирования прибрежных районов Великобритании со значениями высокого экологического риска (МЕНРАs) нефтяного загрязнения при судоходстве.

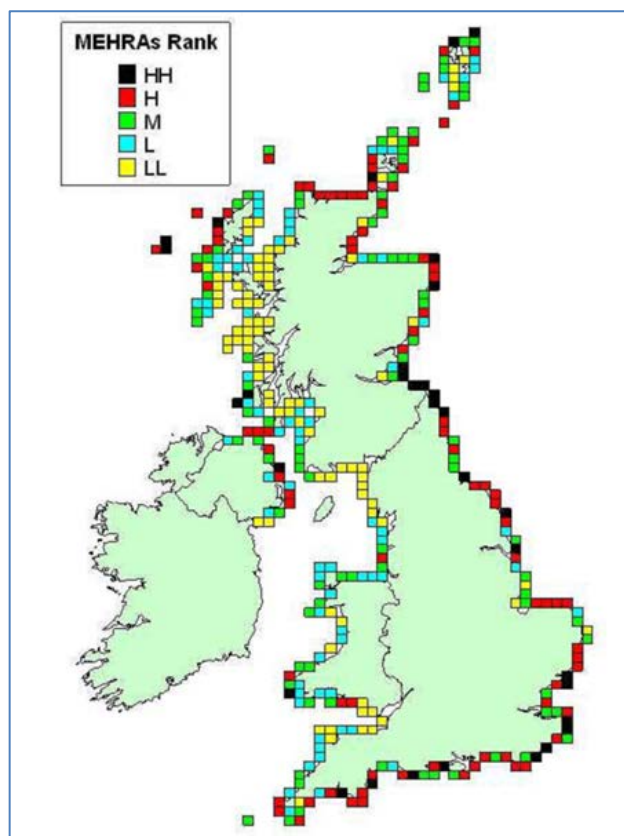


Рисунок 2.2-6. Картограмма степени экологического риска MEHRAs прибрежных районов Великобритании: HH – очень высокая; H – высокая; M – средняя; L – низкая; LL – очень низкая

*Выводы по методике.* При расчетах экологического риска учитывался достаточно широкий спектр критериев, включая моделирование разливов нефти. Однако отсутствует сезонность и нет различия типов нефти. Карты построены для всего побережья Великобритании (мелкомасштабная) и отдельных его районов в более крупном масштабе, но каков масштаб карт не указывается. Карты выполнены в бумажном и электронном виде. Степень экологического риска на картах представлена в виде отдельных квадратов, нанесенных поверх береговой линии, захватывая берег и минимальную часть прибрежной акватории. Хотя изначально были выделены два набора ячеек - прибрежных и морских, но основной упор был сделан на прибрежные районы, так как большая часть имеющихся данных касается прибрежных участков, а не «морских» районов.

### 2.2.7 Проект плана Германии по аварийной борьбе с загрязнениями (VPS)

Институтом прибрежных исследований в сотрудничестве с командованием по морским чрезвычайным ситуациям Германии разработан алгоритм автоматической классификации индекса экологической чувствительности (ESI) и построения соответствующих карт

[Schiller et al., 2005], являющиеся частью официального плана по аварийной борьбе с загрязнениями (сокращение немецкого названия: VPS) для немецкой части Северного и Балтийского морей (<http://www.vps-web.de>).

Применение индексов ESI [ИМО/ИРЕСА, 1994] здесь очень ограничено, в связи с относительной геоморфологической однородностью рассматриваемых районов морей. Поэтому было включено большее число экологических показателей в целях достижения разумной степени пространственной дифференциации в зависимости от разнообразия сред обитания. Они были получены экспертами на основе анализа обширного набора полевых данных, топографических карт побережья и электронных карт морей. Алгоритм автоматической классификации ESI, разработанный в проекте VSP, эмитирует экспертную оценку по ранжированию классов чувствительности. Он дает возможность регулярного обновления ESI-определения, при появлении новых полевых данных, с помощью автоматизированных процедур классификации. После обработки (настройки) параметров алгоритма он создает решения идентичные экспертной оценке примерно в 97% всех испытаний. По мнению авторов, алгоритм представляет крайнюю редкость ошибки при идентификации полевых (первичных) данных.

На первом этапе параметры, характеризующие физическое состояние системы, а также зообентоса и фитобентоса были оценены и классифицированы согласно их уязвимости к загрязнению нефтью. Диапазон измерений набора данных варьирует от бинарных или дискретных до непрерывных значений (табл. 2.2-8).

Таблица 2.2-8

#### Значения переменных для определения экологической чувствительности ESI

Переменные	Ранги	Переменные	Ранги
Physical		Zoobenthos	
Sand (at surface)	0 1	Arenicola marina (abundance classes)	0 1 2 3 4 5
Mud (inspection)	0 1	Lanice conchilega	0 1
Sand on mud	0 1	Mya arenaria	0 1
Sandy mud	0 1	Cerastoderma edule	0 1
Mud on sand	0 1	Mytilus edulis (blue mussel)	0 1
Shell mound	0 1	Small banks of Mytilus	0 1
Sink depth of observers foot [cm]	0...60	Contiguous Mytilus banks	0 1
Phytobenthos		Shell coverage	0 1 2
Coverage by Zostera marina [%]	0...100	Sporadic shell occurrence	0 1 2
Coverage by Zostera noltii [%]	0...100		
Fucus	0 1		

Далее чувствительность каждого района была вычислена, с использованием автоматизированной экспертной системы, основанной на методах нейронных сетей и передовых методах классификации "treefit" из MATLAB "Statistics Toolbox" [Breiman, et al., 1993]. Причем отдельно рассматривается берег и оффшорная зона. Модель

оценки, обрабатывает собранные и готовые исходные данные и преобразует эти данные в четыре различных категории чувствительности (рис. 2.2-8). Каждая категория чувствительности имеет свой цвет: пурпурный - чрезвычайно чувствительна, красный - очень чувствительны, желтый - умеренно чувствительные и зеленый - слабой чувствительностью. Вычисленные чувствительности показывают как для береговой линии (показано линией) так и для оффшорных областей (показано в виде полигонов) по сезонам (рис. 2.2-8).

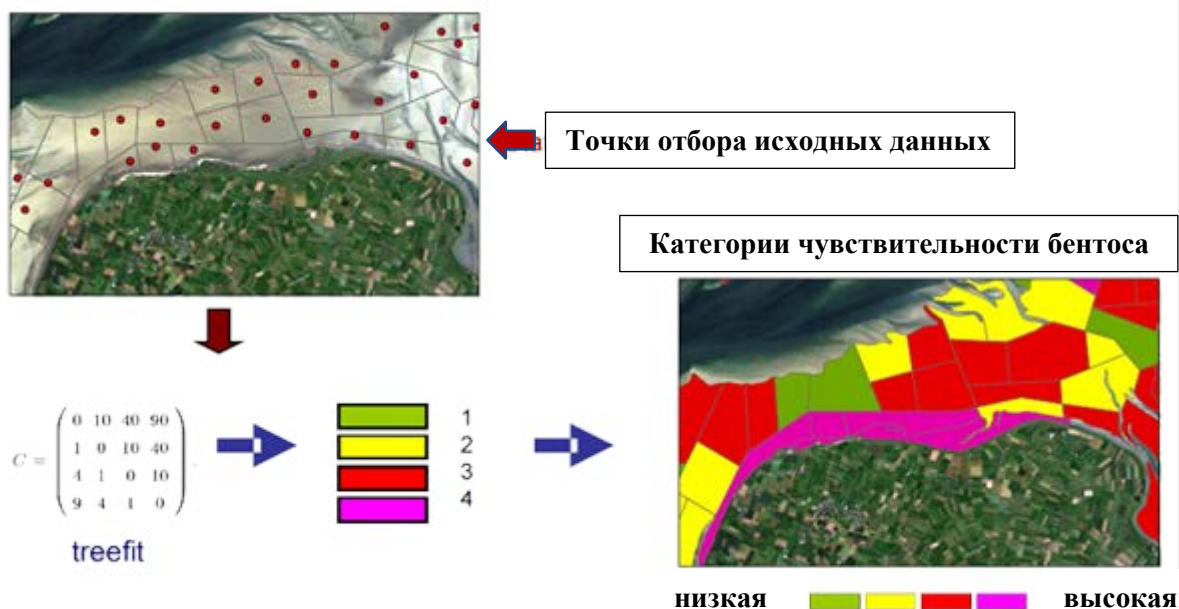


Рисунок 2.2-8. Модель оценки обрабатывает собранные и готовые исходные данные, преобразуя их в четыре различных категории чувствительности

Практические результаты модели оценки представляются в виде цифровых карт и объединяются в существующее программное обеспечение VPS.system, где содержится дополнительные данные по биоте (присутствие водоплавающих птиц, сообществ эстуариевых местообитаний) и информация необходимая ликвидаторам (рис. 2.2-9). Проект этой модели позволяет вычислять пространственно-временную чувствительность областей приливной зоны (в основном донной биоты и берегов) без дальнейшей помощи экспертов.

Масштабы и размеры карт не указываются. Для Северного моря карты чувствительности по календарным сезонам, для Балтийского моря по полугодьям (осень/зима, весна/лето).

*Выводы по методике.* В данной разработке реализована модификация методики индексов ESI. Большим плюсом является автоматизация классификации индексов чувствительности и высокая точность воспроизводства экспертных решений (более чем 97% рассмотренных случаев, остальные решения - вполне приемлемы). Учитываются сезонность, биологические объекты и территории, отдельно оценивается берег и прибрежная зона, давая в итоге интегральный результат. Разработанный подход регионализован и специфичен для

рассматриваемых морей. Всесторонне исследуются берега, донные местообитания и сообщества, другие группы биоты учитываются частично. В части классификации чувствительности не указывается тип нефти.

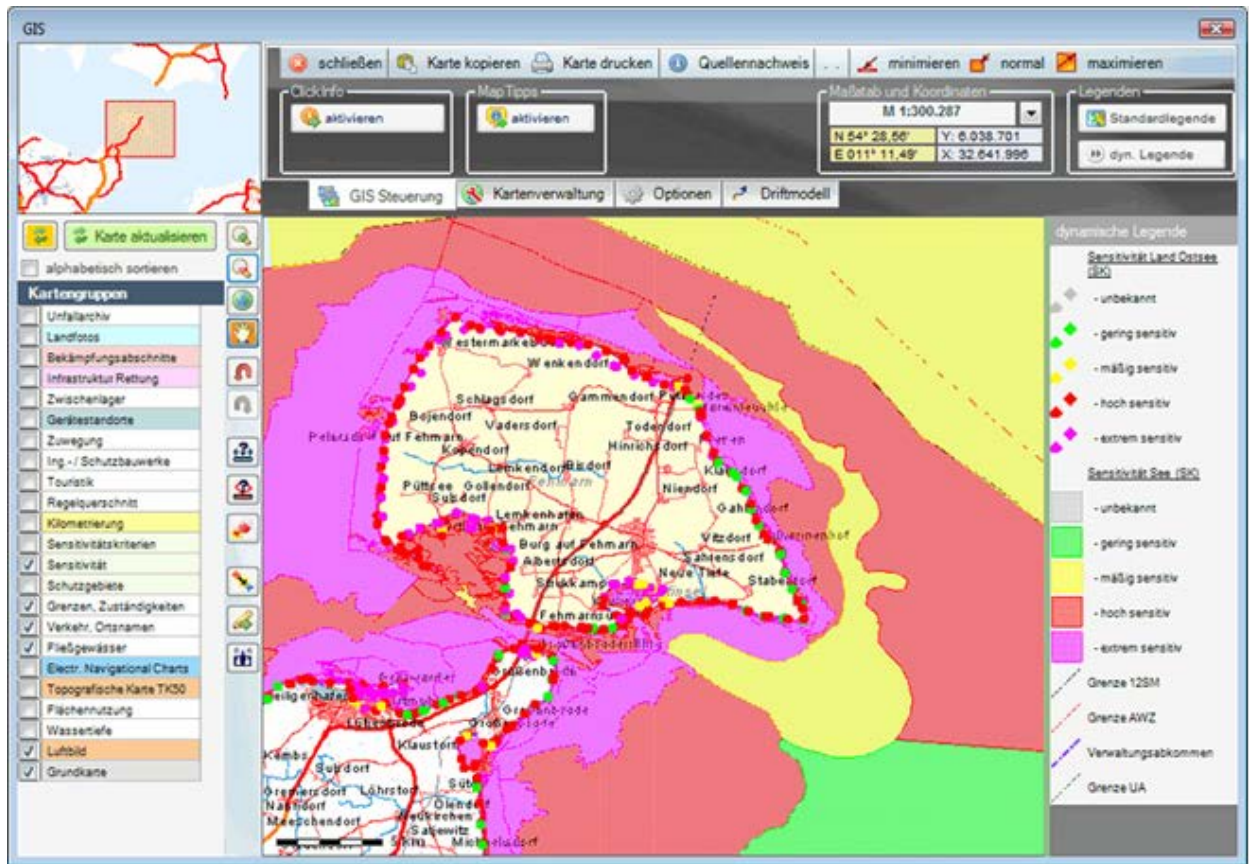


Рисунок 2.2-9. Электронная карта чувствительности для побережья (показано линией) и для оффшорных областей (показано в виде полигонов)

## 2.2.8 Концепция расчета экологической чувствительности от разливов нефти для Балтийского моря (BRISK)

Представители стран Балтийского моря разработали общую методологию расчета экологической чувствительности от разливов нефти для всего Балтийского моря, в рамках проекта BRISK [BRISK, 2009]. Она основана на методах, которые были успешно применены в ходе анализа риска разлива нефти и химических загрязнений в водах Дании [Oil spill DK, 2007] и включает в себя аспекты, необходимые для того, чтобы модель работала для всего Балтийского моря.

Уязвимость морской среды определяется для нефти на поверхности моря, растворенных химических веществ в водной толще и в отношении химических веществ на морском дне для каждого из четырех календарных сезонов (табл. 2.2-9).

**Матрица весов (индексов) уязвимости окружающей среды**

	нефть на поверхности моря				растворенные химические вещества				тяжелые фракции, опускающиеся на дно			
	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
Охраняемые территории	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Марш – и ваттовые морские районы	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Зимовки морских птиц	4	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0
Миграции морских птиц	0	0	4	4	0	1	1	2	0	0	4	4
Гнездования морских птиц	0	4	4	0	0	3	2	0	0	3	3	0
Архипелаги, каменные рифы	4	4	4	4	2	4	4	3	2	4	3	3
Рыбные Фермы	3	3	3	3	4	4	4	4	0	0	0	0
Мелководные Участки (<10)	2	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
Территории городов	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Песчаные Пляжи (рекреации)	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Скалистые Берега	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1
Морские Млекопитающие	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3	3	3
Нерестилища и Питомники	1	3	3	2	2	4	4	3	1	3	3	2

Для расчета уязвимости окружающей среды, выделяется широкий спектр экологических параметров, включая ключевые группы биоты, различные типы местообитаний (районы откорма, размножения, промысла и т.д.), охранные и ценные территории (ООПТ, архипелаги, морские ватты, мелководные области, пляжи), типы берегов, города и значимые социально-экономические ресурсы. Для каждого из выделенных параметров строятся сезонные карты с указанием границ их расположения и распределения, без каких либо количественных значений. Далее выделенным параметрам присваивается их вес (индекс) по уязвимости от 0 до 4, представляющий различную чувствительность к воздействию нефти и относительную ценность отдельно взятого параметра в определенный сезон. Индексы уязвимости по каждому из 4х календарных сезонов определялись для разных типов нефти.

Выбор параметров и видов, а также соответствующие веса (индексы) определяются на основе экспертных оценок. Охраняемые территории включают районы, утвержденные в Директиве по охране птиц, Директиве естественных местообитаний, Рамсарской Конвенции.

Сумма взвешенных параметров окружающей среды (соотнесенных с индексами уязвимости) представляет собой итоговую экологическую уязвимость от воздействия разлива нефти или опасных химических веществ для каждого сезона. Таким образом, были построены интегральные сезонные карты уязвимости Балтийского моря в целом (рис. 2.2-10в) и его отдельных субрегионов (рис. 2.2-10а,б) для каждого воздействия.

*Выводы по методике.* Разработанный подход достаточно прост, рассматривается различие в видах воздействия от нефтяного загрязнения и дифференцируется по сезонам. Принимаются во внимание только ареалы распределения и районы расположения учитываемых ресурсов, их присутствие или отсутствие, без количественных значений в распределении. Поэтому итоговые оценки уязвимости основаны на субъективном мнении экспертов.

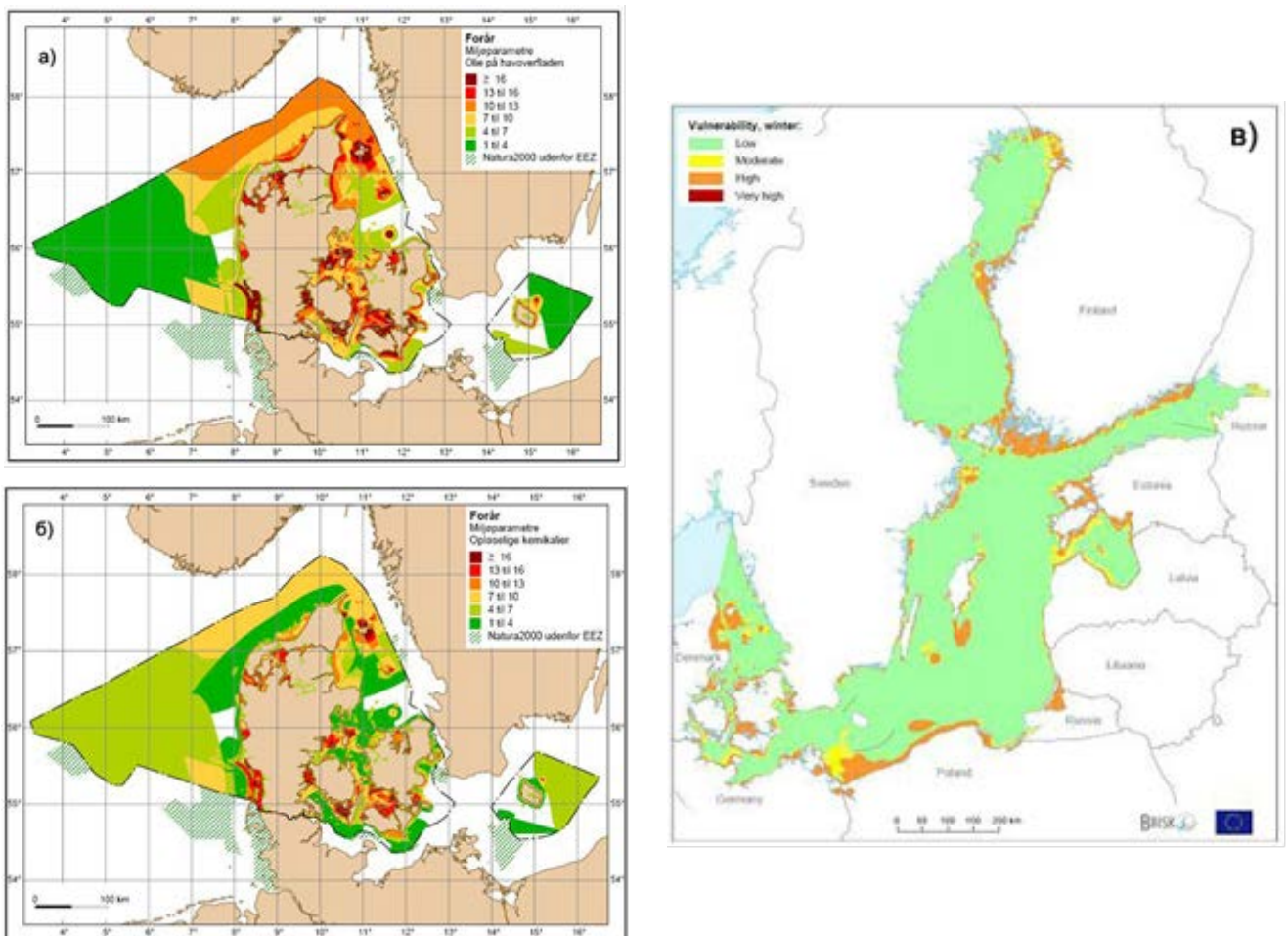


Рисунок 2.2-10. Интегральные сезонные карты уязвимости Балтийского моря от различных воздействий: а). Сезонная карта уязвимости моря Вадден от поверхностного нефтяного загрязнения; б). Сезонная карта уязвимости моря Вадден от растворенных загрязнителей; в). Сезонная карта уязвимости Балтийского моря от поверхностного нефтяного загрязнения

На основании проведенного обзора и анализа методик выявлено, что для картографирования чувствительности берегов Кольского залива от воздействия нефти можно использовать систему индексов ESI, как единственный в какой-то мере стандартизованный подход, рекомендуемый международными организациями ИМО/ИРЕСА/ОГР [2012]. В части расчета уязвимости акваторий нет четкого алгоритма, в рекомендациях ИМО/ИРЕСА/ОГР, присутствуют лишь общие положения, которым существующие в различных странах методики, соответствуют не в полной мере. Таким образом, на сегодняшний день не имеется единого мнения как уязвимость морских акваторий рассчитывать и представлять. Также отсутствует согласованность в трактовке основных понятий (чувствительность, уязвимость и др.), какой из них использовать в качестве интегрального показателя.



## ГЛАВА 3. КАРТЫ УЯЗВИМОСТИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В завершающей главе, являющейся итогом работы, представлены критерии оценки уязвимости, даны понятия основным терминам, подробно описан и реализован предлагаемый алгоритм расчета и картографирования уязвимости акватории от воздействия нефти на примере Кольского залива. Построена картосхема чувствительности его берегов по системе индексов ESI.

### 3.1 Определение понятий, критериев и основных положений оценки уязвимости акваторий

В интерпретации результатов научных исследований зачастую возникают сложности при отсутствии согласованности в терминологии. Применительно к теме данной диссертационной работы основной вопрос состоит в том, какой термин использовать в качестве интегрального показателя состояния морских экосистем (чувствительность, уязвимость или др.), его научное определение и критерии оценки. В исследованиях М.А. Новикова предпринимались попытки развития традиционных представлений о чувствительности, устойчивости и уязвимости в отношении характеристик водных экосистем и выдвинуто обоснованное предложение использовать именно термин «уязвимость» в качестве самостоятельного показателя для подобных целей [Новиков, 2006]. Термины «чувствительность» и «устойчивость» во многом заимствованы из физиологии и медицины, в частности из токсикологии, чего нельзя сказать об уязвимости. Этот термин вошел в обиход и стал широко применяться сравнительно недавно. Основное преимущество понятия уязвимости заключается в его сравнительно малой «нагрузке» в семантическом плане, что открывает большие возможности для его использования широким кругом лиц [Новиков, 2006], но вместе с тем ведет к тому, что пока нет устоявшегося научного определения термину «уязвимость». Поэтому в ряде подходов и методик авторы представляют свое понимание уязвимости, давая собственное определение этому термину, или обозначают его критерии в зависимости от вида воздействия. Другие же приводят итоговый перечень уязвимых ресурсов.

Таким образом, в настоящей работе в качестве интегрального показателя состояния акваторий используется термин «уязвимость». Его значение и критерии определены с учетом формулировок в подходах Б.В. Погребова [2010]; М.А. Новикова [2006]; Offringa, Låhr [2007], а также норвежского доклада правительства Стортингу [Комплексное управление..., 2006].

Под термином *уязвимость* понимается склонность, подверженность к разрушению или нарушению функционирования в результате внешних воздействий.

*Уязвимость биологических организмов от действия нефти* оценивается с учетом их чувствительности к токсиканту, способности восстанавливать исходное обилие и структуру, определяемые биологическими особенностями отдельных групп и видов растений и животных, а так же потенциальным воздействием самой нефти, зависящим от ее свойств и поведения при разливе. Количественно может быть рассчитано по формуле:  $V = (E \times S) / R$ , где  $V$  – уязвимость;  $E$  – величина потенциального воздействия;  $S$  – чувствительность биоты к воздействию;  $R$  – восстанавливаемость биоты после воздействия.

*Уязвимость абиотической составляющей экосистемы* определяется наличием природоохранных прибрежно-морских районов, особо значимых местообитаний и объектов. Степень их уязвимости оценивается исходя из природоохранного статуса, эколого-экономической и социо-культурной значимости присутствующих объектов.

Таким образом, под *уязвимостью морских акваторий от нефтяного загрязнения* понимается свойство природной среды (определенного района моря, подвергнувшегося воздействию) характеризующее результаты возможного негативного воздействия, выражаемое снижением исходного обилия (численности, биомассы) или утраты важных видов или групп биоты, а также отчуждением природных акваторий, местообитаний, значимых объектов. Вследствие чего происходит частичное или полное нарушение структуры и функционирования части экосистемы моря, относящейся к району воздействия, вплоть до потери ее стабильности, и, возможно, нарушение экосистемы всего моря.

Анализ существующих методик и подходов к оценке уязвимости морских акваторий показал, что наиболее комплексной и обоснованной, на наш взгляд, является разработка специалистов из Нидерландов [Offringa, Låhr, 2007]. Принимая во внимание основные их положения, плюсы и недостатки других существующих подходов, а также учитывая российский опыт (ЗАО «Экопроект», ПИНРО), рекомендации международных организаций (ИМО/ИРЕСА/ОГР) и собственные наработки [Калинка и др., 2007; Шавыкин и др., 2008; Калинка, Духно, 2010; Калинка, 2011; Калинка и др., 2013а, 2015; Калинка и др., 2014; Shavykin et al., 2015] специалистами ММБИ с непосредственным участием диссертанта разработан способ оценки и картографирования уязвимости акваторий. Предложенный подход по отдельным моментам принципиально отличается от известных ранее в России и за рубежом, что подтверждено патентом [Шавыкин и др., 2015]. Основные отличительные особенности следующие:

1. Определение перечня важных объектов среды и биоты, разделение их на группы/подгруппы/типы в зависимости от характера воздействия на них нефти. Учет сезонного распределения биоты с численными (абсолютными) значениями их обилия, а также наличие объектов, значимых для экосистемы и человека, как это предусматривает методика

Нидерландов. Но с целью упрощения расчетов для Кольского залива рассматриваются не виды отдельно, а группы и подгруппы видов. Причем точность расчетов не снижается, т.к. принимается во внимание доля обилия каждой из подгрупп в общей биомассе группы биоты за счет заложенной процедуры нормирования исходных данных пространственного распределения их обилия.

2. Определение характера возможного негативного воздействия нефти на выделенные в предыдущем этапе ресурсы выражается соответствующими коэффициентами отдельно для биоты и объектов среды. Общая формула (2.4) также заимствована из методики Нидерландов, но отдельные параметры, определяющие итоговую уязвимость биоты, не рассчитываются по относительно сложным формулам [Offringa, Låhr, 2007], а ранжируются с учетом набора критериев для каждой отдельной группы/подгруппы, в зависимости от типа нефти. Для абиотической составляющей оцениваются коэффициенты приоритетности защиты.

3. Выявление временных периодов года (сезонности) для исследуемого района на основании конкретных (региональных) природных условий и биологической изменчивости рассматриваемой экосистемы. В большинстве методик если сезонность учитывается, то используются календарные сезоны, что не всегда корректно отражает процессы, происходящие в морских экосистемах. Деление года на гидрологические сезоны приемлемо, если рассматриваются только организмы, обитающие в водной толще и на дне. Для групп биоты, таких как птицы и частично морские млекопитающие, зависимость по данному критерию слабая. Поэтому принято использование границ сезонов, с учетом временных периодов относительно постоянного обилия основных групп/подгрупп биоты и присутствия важных объектов среды, а не задаваемых изначально.

4. Представление уязвимости акватории интегральным показателем. Такой подход выглядит более наглядным на картах, но в международных рекомендациях нет четкого алгоритма его расчета. Путем компиляции идей из методик разных стран, интегральная уязвимость складывается из величины показателя обилия биоты, числа объектов в границах исследуемого района и индивидуальной уязвимости организмов к виду воздействия (по Погребову), а также приоритетностью защиты значимых объектов. Принимаются во внимание дополнительные коэффициенты для объектов среды и биоты, как это представлено в методиках Австралии и Литвы.

5. Построение разномасштабных карт интегральной уязвимости: «*относительной*» (диапазон изменчивости уязвимости в конкретный сезон) и «*абсолютной*» (диапазон изменчивости уязвимости в целом за год) для выделенных сезонов, что ранее никем не делалось

в рамках одной методики. Это дифференцирует возможности использования карт и дает более точные результаты.

Общий алгоритм (основные этапы) предложенного подхода и реализация его на примере Кольского залива представлена в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1

### Краткое писание алгоритма оценки уязвимости акваторий от нефтяного загрязнения

Основные этапы	Содержание этапа в общем виде	Содержание этапа для Кольского залива
<b>1. Определение перечня элементов, входящих в следующие группы объектов:</b>	В перечень включают объекты, наиболее важные с точки зрения функционирования экосистемы и использования человеком, подверженные воздействию нефти при ее разливе, и которым может быть нанесен значительный ущерб.	
1.1. Важные компоненты биоты: группы/подгруппы/виды (ВКБ).	Включают группы/подгруппы/виды биоты от макрофитов до морских млекопитающих и птиц (фито- и зоопланктон, как правило, не учитывается).	Не учитываются: - ихтиофауна (ихтиопланктон и рыбы) - данные отсутствуют; - морские млекопитающие, т.к. они крайне редко заходят в залив.
1.2. Типы особо значимые эколого-экономические, и социокультурные объекты (ОЗО).	Рекреационные территории; ключевые местообитания птиц и морских млекопитающих; районы нереста; районы промышленного рыболовства, участки акватории, занятые марикультурой и другими производственными отраслями.	Учитываются только портовые сооружения, устья нерестовых рек, районы размножения крабов и развития их личинок.
1.3. Природоохранные территории (ПОТ).	Заповедники, заказники, национальные парки, памятники природы, проектируемые ООПТ.	Природоохранные территории отсутствуют.
<b>2. Определение временных границ сезонов для картографируемого района.</b>	Границы сезонов и их количество определяются на основе изменчивости природных условий и биологических и абиотических особенностей учитываемых компонентов экосистемы. При достаточном обеспечении данными рекомендуется строить карты по месяцам.	Границы сезонов определены на основе относительно постоянной плотности распределения мобильного мегазообентоса и птиц. Для залива выделено 5 сезонов (табл. 3.2-5).
<b>3. Построение сезонных разномасштабных карт распределения ВКБ, ОЗО, ПОТ.</b>	Разномасштабные карты необходимы для использования на разных уровнях: объектные (1:25 000) и тактические (1:200 000) для ликвидаторов на месте разлива; тактические и стратегические (1:1 000 000) для руководителей операций по ЛРН.	Разномасштабные карты исходного распределения построены для всех объектов ВКБ в масштабах 1:25 000 и 1:150 000, для птиц – 1:150 000. Карты для разных периодов года представлены для

	Все данные приводятся в пределах картографируемого района.	мобильного мезообентоса, птиц, устьев нерестовых рек, районов размножения крабов и развития их личинок (пункт 1.1.2).
<p><b>4. Оценка параметров уязвимости:</b></p> <p>4.1. Расчет коэффициентов уязвимости для ВКБ.</p> <p>4.2. Экспертное определение коэффициентов приоритетной защиты для ОЗО и ПОТ.</p>	<p>Коэффициенты уязвимости ВКБ (<math>V=(E \times S)/R</math>) рассчитывают исходя из вероятности воздействия на них нефти (<math>E</math>); различной чувствительности (<math>S</math>) и восстанавливаемости (<math>R</math>) групп/подгрупп/видов.</p> <p>Коэффициенты приоритетной защиты для ОЗО оцениваются по эколого-экономической (хозяйственной) и социокультурной значимости. Для ПОТ - на основе природоохранного статуса объекта и его значимости в экосистеме.</p>	<p>Среди ВКБ наибольшей уязвимостью в Кольском заливе характеризуются птицы «ныряющие», минимальной - макрофитобентос (табл. 3.2-2).</p> <p>Принято, что в заливе коэффициенты приоритетной защиты минимальны для портовых сооружений, максимальны – для районов размножения крабов и развития их личинок (табл. 3.2-4). ПОТ в заливе отсутствуют.</p>
<p><b>5. Построение для ВКБ, ОЗО и ПОТ нормированных разномасштабных карт уязвимости для отдельных сезонов</b></p>	<p>Карты сезонной уязвимости биоты – «сумма» карт распределения нормированного обилия групп/подгрупп/видов биоты «умноженных» на их коэффициенты уязвимости.</p> <p>Карты сезонной уязвимости ОЗО и ПОТ - «сумма» карт расположения данных типов учитываемых объектов, «умноженных» на их коэффициенты приоритетности защиты.</p> <p>Карты сезонной уязвимости ПОТ - «сумма» карт расположения данных типов учитываемых объектов, «умноженных» на их коэффициенты приоритетности защиты.</p> <p>Нормирование итоговых карт уязвимости ВКБ, ОЗО, ПОТ.</p>	<p>Карты сезонной уязвимости биоты – «сумма» карт распределения нормированного обилия макрофитобентоса, мезообентоса, мезозообентоса (мобильного и немобильного), птиц (питающихся у морской поверхности, ныряющих околосредовых), «умноженных» на их коэффициенты уязвимости.</p> <p>Карты сезонной уязвимости ОЗО - «сумма» карт расположения портовых сооружений, устьев нерестовых рек, районов размножения крабов и развития их личинок, «умноженных» на соответствующие им коэффициенты приоритетности защиты (пункт 3.2.4).</p> <p>Нормирование итоговых карт уязвимости ВКБ, ОЗО (пункт 3.2.4).</p>
<p><b>6. Расчет разномасштабных карт интегральной уязвимости картографируемого</b></p>	<p>Интегральная уязвимость участка акватории – «сумма» карт уязвимости ВКБ, ОЗО и ПОТ. Все карты строятся для выделенных сезонов.</p>	<p>Карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости рассчитаны по сезонам: для всего залива – тактические</p>

района по сезонам	<p>Карты «относительной» уязвимости – диапазон изменчивости уязвимости в каждом сезоне свой – предназначены для принятия решений при аварийных разливах нефти.</p> <p>Карты «абсолютной» уязвимости – диапазон изменчивости уязвимости соответствует всему году – предназначены для природоохранных целей; строят при необходимости.</p>	<p>карты (1 : 150 000). Рисунки 3.2-1, 3.2-2.</p> <p>для трех участков – объектные карты (1 : 25 000). Приложение Б.</p> <p>На всех картах уязвимые районы Кольского залива приурочены к прибрежной полосе.</p>
-------------------	--	---

### 3.2 Расчет и построение сезонных карт интегральной уязвимости акватории залива

В соответствии с вышеизложенным подходом, общий алгоритм сводится к тому, что карты для акватории залива строятся «относительной» и «абсолютной» интегральной уязвимости по сезонам. Карты «относительной» уязвимости показывают уязвимость различных участков акватории за конкретный сезон. Карты «абсолютной» уязвимости выявляют какой из сезонов уязвимее и позволяют сравнивать конкретные участки по их уязвимости от сезона к сезону. Оба набора карт строятся в двух масштабах: тактические карты для всего залива в масштабе 1 : 150 000, для отдельных его районов произведен расчет уязвимости и построены объектные карты в масштабе 1 : 25 000.

Следуя принятому определению *уязвимости акваторий от нефтяного загрязнения*, основу ее картографирования составляют подготовленные карты исходного распределения численности/биомассы важных компонентов биоты (ВКБ) и карты расположения особо значимых объектов (ОЗО), а также их различная подверженность к нефтяному загрязнению:

$$Y = \sum (B^g \times V_b^g + C^e \times V_c^e), \quad (3.1)$$

где:  $Y$  - интегральная уязвимость акватории;  $B$  – численность или биомасса важных компонентов биоты (ВКБ);  $C$  – наличие особо значимых объектов (ОЗО);  $V_b$  - коэффициенты уязвимости ВКБ,  $V_c$  - коэффициенты приоритетности защиты ОЗО.

Расчет интегральной уязвимости предполагает сложение исходных карт ВКБ, на которых представлено распределение групп/подгрупп биоты в различных единицах измерения ( $\text{г/м}^2$ , экз/ $\text{км}^2$ ) и временных границах (сезонов). Поэтому были выбраны единые для Кольского

залива периоды года и произведено нормирование исходных карт распределения ВКБ для приведения их в относительные единицы измерения для возможности дальнейшего сложения.

### 3.1.1 Важные компоненты биоты и особо значимые объекты

На основе собранной информации (пункт 1.1.2) организмы, обитающие в Кольском заливе, подразделены на экологические группы, а при необходимости дополнительно в группах определены подгруппы биоты: фитобентос; зообентос (макрозообентос, мезозообентос, микробиотос и немобильный); птицы (питающиеся у морской поверхности, ныряющие, околоводные). Для каждой из выделенных групп/подгрупп построены сезонные карты исходного распределения численности или биомассы в принятых для них единицах измерения (пункт 1.1.2). Это было реализовано путем картографирования ареалов их обитания в виде полигонов с численными значениями обилия ( $B^g$ , где  $g$  - индекс группы/подгруппы).

Так же на акватории Кольского залива присутствуют три типа особо значимых объектов: порты и портовые сооружения, устья нерестовых рек семги, районы размножения крабов и развития их личинок (пункт 1.1.3). Выполнено картографирование расположения выделенных типов ОЗО, где показано пространственное положение этих районов в виде полигонов  $C^e$ , где  $e$  – индекс типа ОЗО. Всем полигонам присваивают значения 1, остальной акватории – значение 0.

### 3.2.2 Оценка уязвимости учитываемых ресурсов

#### *Коэффициенты уязвимости ВКБ*

*Биологическая уязвимость* ( $V_b^g$  – biological vulnerability) вычисляется по формуле  $V_b^g = (S^g \times E^g) / R^g$ , где  $S^g$  (sensitivity) – чувствительность;  $E^g$  (exposure) - потенциальное воздействие;  $R^g$  (recoverability) – восстанавливаемость  $g$ -ой группы/подгруппы биоты. Конкретные значения параметров, определяющих уязвимость, ранжируются с учетом экспертных оценок и накопленных знаний о биологии организмов и влияния на них различных типов нефти.

Существуют несколько классификации нефти, наиболее широко в России и мировой практике применяется разделение типов нефти по плотности (API, 1999; ГОСТ Р 51858-2002; Воробьев и др., 2005; ИТОРФ, 2004 и др.). В настоящей работе принята классификация по ИТОРФ с объединением легкой и очень легкой нефти в одну группу, конкретные значения по плотности всех типов нефтей представлены в таблице 3.2-1.

**Поведение нефти различных типов в морской воде**

Тип нефти (по плотности)	Свойства нефти			
	Испарение	Плавуемость	Растворение	Погружение
Легкая нефть ( $< 850 \text{ кг/м}^3$ )	быстрое	хорошая	хорошее	нет
Средняя нефть ( $850 - 950 \text{ кг/м}^3$ )	слабое	хорошая	слабое	при определенных условиях
Тяжелая нефть ( $> 950 \text{ кг/м}^3$ )	нет	нет	почти нет	тонет

В соответствии с общими представлениями о поведении нефти после ее разлива (табл. 3.2-1) тяжелая нефть быстро тонет, легкая испаряется, широкий спектр действия будет оказывать нефть среднего типа. Поэтому оценка уязвимости проводится для средней по плотности нефти ( $850 - 950 \text{ кг/м}^3$ ), для нее характерна хорошая плавуемость, слабое испарение и растворение. Погружение на дно возможно при определенных условиях [Sunken, 2009]. Поведение нефти, обусловленное ее свойствами (см. параграф 1.3), влияет на вероятность и степень загрязнения нефтью значимых групп/подгрупп биоты. Так же растворимость нефтяных соединений и их концентрации в морской воде после разлива имеют принципиальное значение для оценки биологических последствий для организмов, обитающих в толще воды и на ее поверхности [Патин, 2008].

Учитывая многочисленность видов составляющих морские экосистемы их индивидуальные и популяционные особенности, а так же различия конкретных условий разлива, его масштаба и продолжительность, очень трудно дать корректные количественные значения (даже в каких-либо относительных единицах на метрической шкале) параметрам уязвимости. В тоже время, явления, протекающие в биологических системах, не всегда можно формализовать, используя такой подход [Матишов, 1990б]. Поэтому в настоящей работе применена система ранжирования учитываемых групп/подгрупп биоты по каждому из параметров, определяющих уязвимость ( $E$ ,  $S$ ,  $R$ ). Рассмотрено воздействие при максимальной продолжительности существования пятна и наибольшей зоне загрязнения.

*Потенциальное воздействие ( $E^s$ )* на группы/подгруппы биоты оценивается исходя из свойств нефти и характера ее поведения после разлива, а так же распространения, поведенческих особенностей живых организмов, их экологической ниши в море. Это определяет вероятность соприкосновения (контакт) биоты с нефтью после ее попадания в морскую среду. Рассматривая потенциальное воздействие нефти среднего типа на биоту, как



описывалось ранее для условий Кольского залива, большая часть нефти скорее всего достигнет береговой зоны или будет растекаться по поверхности воды, чем достигнет дна. В зависимости от динамики вод (волнение, турбулентное перемешивание и др.), а также свойств самих водных масс (в частности, вертикальная стратификация), глубина распространения загрязняющих веществ нефти может быть различной. Но больше всего подвержен риску загрязнения поверхностный слой и водная толща над пикноклином. Известные экспериментальные данные, результаты моделирования и прямые измерения в большинстве случаев показывают, что загрязнение, связанное с растворением нефти, распространяется на глубины до 10-12 м [French-McCay, 2004; Rowe et al., 2007; Патин, 2008; и др.]. Для нефти среднего типа нами принята глубина, на которую будет распространяться загрязнение, до 10-20 м от поверхности, т.к. в прибрежье и мелководных участках при турбулентном перемешивании и взаимодействии с донными осадками есть вероятность осаждения ее на дно [Sunken, 2009]. В результате такого распределения нефти ее вредное биологическое действие при разливах проявляется в основном в приповерхностном слое и на литорали путем прямого физического контакта вязкой нефтяной массы и нефтяных пленок с обитающими здесь организмами [Патин, 2008]. В сублиторальной зоне воздействие на организмы будет опосредованным за счет растворенных и диспергированных фракций нефти более низких концентраций; с глубиной (более 20 м) и в придонном слое оно практически равно нулю.

Для морских млекопитающих и птиц подобная вероятность на основании количества времени, которое животное проводит на водной поверхности или береговой линии, включая все поведенческие реакции избегания нефти, определена в работе French-McCay [2009]. В соответствии с ней максимальна вероятность (99 %) испачкаться у птиц ныряющих, т.к. они большую часть времени находятся в воде, плавая, ныряя для кормления, мало летают и ночуют на воде. По данным экспедиции РГО в Кольском заливе отмечено, что такие виды птиц (гага, гоголь, турпан, синьга, большой крохаль) проводят в контакте с водой 80 - 90% времени. Обобщив имеющиеся материалы, определена в среднем вероятность потенциального воздействия нефти на группу ныряющих птиц - 90%. Меньше вероятность испачкаться (35 %) имеют птицы, питающиеся у морской поверхности или, по French-McCay [2009] летающие прибрежные ныряльщики, в силу того, что они больше времени проводят в воздухе, летая над водной поверхностью. Однако нефтяное пятно может показаться птицам в полете, привлекательным районом посадки по сравнению с рябью на поверхности воды, а также как район нахождения рыбы. Вместе с тем, некоторые из них ночуют и кормятся на суше, поэтому в целом эта подгруппа птиц не так тесно контактируют с водой, как ныряющие. К таким выводам приходят многие авторы [Holmes, Cronshaw, 1977; Malins, 1977; King, Sanger, 1979; Holmes, 1984; Seip et al., 1991; Burger, 1993; Wiese, 2002; Venesjärvi, 2012; Varoujean et al., 2012],

что соответствует и результатам экспедиционных наблюдений в Кольском заливе [Отчет РГО, 2014]. Околоводные птицы приравнены French-McCaу [2009] к летающим прибрежным ныряльщикам. Но основную часть времени околоводные проводят на берегу и вероятность контакта с нефтяным пятном возникает на литорали, где они кормятся и могут испачкать лишь лапы без существенного воздействия на оперение [Szaro, 1977; Jackson, 1993; Wilhelm et al., 2009]. Исходя из этого, была принята вероятность потенциального воздействия на них нефти 20 %, т.е. минимальная по отношению к остальным подгруппам птиц.

Аналогично для макрофитобентоса и подгрупп зообентоса оценена вероятность соприкосновения и потенциальное воздействие на них нефти. Водные растения приурочены к придонной толще воды. На литорали и мелководье макрофиты имеют высокую вероятность контакта с нефтью при ее разливе. Прикрепленные к субстрату растения будут подвергаться воздействию толстых пленок нефти, которая их накроет, например, при отливе, а так же есть вероятность воздействия растворенной в толще нефти под пленкой. Однако макрофиты, особенно бурые водоросли, покрыты слизистой оболочкой, которая предохраняет растительную ткань от налипания нефти [Патин, 2008]. В случае сильного загрязнения, когда нефть обволакивает талломы водорослей, может происходить их обламывание [ИРЕСА, 2004; Патин, 2008], что приводит лишь к частичному повреждению растений. Таким образом, потенциальное воздействие нефти на фитобентос, составит около 70%.

Подгруппы зообентосных организмов обитают на морском дне, поэтому вероятность соприкосновения с нефтью происходит при выносе нефтяного пятна в мелководную прибрежную зону (верхняя сублитораль) и литораль, покрывая их сырой нефтью. Так же нефть может быть перемещена в донные осадки, и там оказывать негативное влияние [Патин, 2008]. Неподвижные формы зообентоса в большей степени подвержены контакту с нефтью [Научно-методические..., 1997], т.к. не в состоянии покинуть загрязненный район. При возможности укрыться в поясе макрофитов, потенциальное воздействие на данный вид зообентоса будет менее значительным, чем на прикрепленные растения. Кроме того подгруппа макрозообентоса включает виды, неподвижные и ведущие малоподвижный образ жизни, способные зарываться или закрываться, укрываясь от загрязнения [Moles, 1998; Robertson, 1998; Venesjärvi, 2012]. Среди немобильного мегазообентоса, малоподвижных видов меньше. Это позволяет сделать вывод, что для макрозообентоса вероятность соприкосновения с нефтью меньше, чем у немобильного мегазообентоса, составляя примерно 40 % и 60 % соответственно, учитывая этот параметр для макрофитов. Известно, что подвижные организмы мегазообентоса (такие как крабы) способны избегать нефтяное загрязнение [Percy, 1976; Percy, Mullin, 1977; NCM, 2007],

поэтому риск соприкосновения и потенциального воздействия на них нефти будет минимальным (30 %) среди донных организмов.

Резюмируя все вышесказанное, учитываемые группы/подгруппы биоты ранжированы по возрастанию риска соприкосновения с нефтью и ее потенциального воздействия: 1 – птицы околородные; 2 – мегазообентос мобильный; 3 – птицы, питающиеся у морской поверхности; 4 – макрозообентос; 5 – мегазообентос немобильный; 6 – макрофитобентос; 7 – птицы ныряющие. Присвоенные ранги фактически определяют потенциальное воздействие ( $E^g$ ) и используются далее для расчета уязвимости (табл. 3.2-2).

Таблица 3.2-2

**Экспертные значения чувствительности, восстанавливаемости, потенциального воздействия для нефти среднего типа и вычисленные коэффициенты уязвимости для каждой g-ой группы организмов**

Группы/подгруппы биоты*	$E^g$	$S^g$	$R^g$	$V_b^g = (S^g \times E^g) / R^g$
Макрофитобентос (до 20 м)	6	1	6	<b>1.0</b>
Макрозообентос (до 20 м)	4	4	5	<b>3.2</b>
Мегазообентос, немобильный (до 20 м)	5	3	4	<b>3.8</b>
Мегазообентос, мобильный (до 20 м)	2	2	3	<b>1.3</b>
Птицы, питающиеся у морской поверхности	3	5	1	<b>15.0</b>
Птицы ныряющие	7	5	2	<b>17.5</b>
Птицы околородные	1	5	1	<b>5.0</b>

Примечание: \* - если виды, относящиеся к какой либо из групп/подгрупп, входят в список краснокнижных, то для них вводится дополнительный коэффициент 2.

Чувствительность групп/подгрупп биоты ( $S^g$ ) можно определить исходя из токсикологического действия на них нефтеуглеродов. Оценивая значения летальных концентраций ( $LC_{50}$ ) нефти для основных групп/подгрупп биоты выявлены различия их чувствительности к воздействию нефти [Шавыкин, Ильин, 2010]. Опубликовано достаточно много обзоров по экологическим вопросам, связанным с нефтегазовой промышленностью и токсикологии углеводородов, воздействию их на морские организмы. Целые симпозиумы были посвящены последствиям воздействий больших, северных разливов [АМАР, 2007]. Однако такие данные по морской токсикологии разнородны и с трудом поддаются унификации. Даже в лабораторных экспериментах разброс показателей токсичности нефтяных углеводородов чрезвычайно велик, поскольку результаты таких экспериментов определяются множеством факторов: вид и стадия организмов, тип и состав нефти, форма ее нахождения, температура и другие условия среды, продолжительность воздействия, а так же физиологические, популяционные и прочие особенности самих гидробионтов [Матишов, 1990а; Патин, 2008]. Во

многих случаях сами методологические процедуры проведения анализа и приемы обработки данных влияют на результирующие значения  $LC_{50}$ . В конечном итоге обнаружено, что рассчитанные и представленные  $LC_{50}$  для сходных видов могут быть очень различны [API, 1995]. Это показывает определенную проблематичность выбора конкретных значений летальных концентраций и степени поражения биоты при нефтяных разливах, особенно если учесть условность экстраполяции данных лабораторных экспериментов на реальные природные условия окружающей среды морских экосистем [Патин, 2008]. Поэтому целесообразно оперировать диапазонами значений  $LC_{50}$  для групп организмов при воздействии определенного типа нефти [NOAA, 1985; Samiullah, 1985; API, 1995; Патин, 2001; O'Sullivan, Jacques, 2001; АМАР, 2007], принимая во внимание и конкретные значения  $LC_{50}$  для отдельных организмов [Миронов, 1972, 1985; Нельсон-Смит, 1977; Экспериментальные..., 1979; Патин, 1979; Riebel, Percu, 1990; Гудимов, Петров, 1997; Gala et al., 2001; French-McCay, 2002, 2009; Степаньян, 2003; Воскобойников и др., 2004; Курапов и др., 2005; Воробьев, 2006; API, 2011 и др.].

Проанализировав сводные данные по диапазонам  $LC_{50}$  представленные в литературе, было отмечено, что организмы группируются в соответствии с их общей моделью поведения, предложенной [Moore et al., 1973; Swedmark et al., 1973]. Вредное биологическое действие сырой нефти в море проявляется двояким образом: во-первых, в результате физического контакта нефтяной пленки с организмами, обитающими у морской поверхности, в донных осадках и на берегу; во-вторых, за счет токсических свойств растворенных в морской воде или аккумулярованных в донных осадках нефтяных фракций, в основном углеводородов. Гибель морских организмов наблюдается обычно на начальных стадиях нефтяного разлива, когда нефть находится на поверхности моря или быстро выносится на литораль и берег. Вероятность летального поражения резко снижается с течением времени по мере выветривания и удаления из морской среды за счет процессов самоочищения либо предпринятых человеком мер. Острая токсичность нефти определяется в основном присутствием в ней летучих моноароматических углеводородов (МАУ), которые хорошо растворимы в воде и способны быстро проникать в клеточные мембраны, разрушая их. После потери МАУ, в составе начинают доминировать устойчивые полиароматические углеводороды (ПАУ), определяющие долговременную токсичность нефтяных остатков [Патин, 2008]. Но так как свойства нефтей, естественные условия и виды биоты, объединенные в группы, очень различны, то представленные в литературе диапазоны значений  $LC_{50}$  перекрываются и отличаются на несколько порядков. Однако многие авторы отмечают, что макрофиты более толерантны к воздействию нефти из всех групп биоты, губительными для них считаются летальные концентрации 100 – 1000 мг/л [Samiullah, 1985; API, 1995; Патин, 1997, 2008; O'Sullivan, Jacques, 2001; Степаньян, 2003; Степаньян, Воскобойников, 2006]. На ступень выше по чувствительности поставлены

бентосные организмы, хотя для них так же определен широкий диапазон значений  $LC_{50}$ . Мелкие виды макрозообентоса без хитинового (твердого) защитного покрова, такие как амфиподы, полихеты являются более чувствительными и действующие на них концентрации 1 – 100 мг/л являются летальными [Samiullah, 1985; O'Sullivan, Jacques, 2001; French-McCay, 2002; Патин, 2008]. Бентосные организмы, имеющие такой защитный покров способны выживать при более высоких концентрациях нефти 10-500 мг/л [Samiullah, 1985; API, 1995; O'Sullivan, Jacques, 2001; Патин, 2008]. Однако мелкие формы двустворчатых моллюсков и гастропод, составляющих в подгруппу макрозообентоса, будут элиминироваться начальными значениями  $LC_{50}$  этого диапазона концентраций. Поэтому на крупные формы малоподвижного бентоса, составляющие подгруппу немобильного мегабентоса, губительное воздействие будут оказывать концентрации более высокого порядка до 500 мг/л. У видов мобильного мегабентоса (крабы и др.) вырабатывается резистентность к нефтяному загрязнению, в связи с их более высоким уровнем биологического развития.

Вне всякого сомнения, морская орнитофауна является наиболее чувствительным компонентом к нефтяному загрязнению. Даже кратковременный контакт с разлитой нефтью резко снижает водоизоляционную способность перьевого покрова, приводит к их переохлаждению, утрате плавучести и способности летать, что заканчивается их быстрой гибелью [Патин, 2008; Птицы..., 2013]. Минимальный (пороговый) уровень пленочный нефти на поверхности моря, который будет воздействовать как смертельная доза для всех видов птиц составляет 10-25 мл/м<sup>2</sup> [Clark, 1984; Jenssen, 1994; Патин, 2008]. Результаты моделирования последствий разливов [French-McCay, 2004], а так же сводные данные о гибели различных групп биоты [Rowe et al., 2007] подтверждают факты, что чаще поражаются нефтью птицы, в силу их повышенной чувствительности к действию нефти.

Резюмируя все вышесказанное, учитываемые группы/подгруппы биоты ранжированы по возрастанию их чувствительности к нефти: 1 – макрофитобентос; 2 – мегазообентос мобильный; 3 – мегазообентос немобильный; 4 – макрозообентос; 5 – все подгруппы птиц. Присвоенные ранги фактически определяют их чувствительность ( $S^s$ ) и используются далее для расчета уязвимости (табл. 3.2-2).

*Восстанавливаемость* ( $R^s$ ) пораженных популяций после воздействия на них нефти и временные рамки для восстановления морской экосистемы в районе аварийного разлива зависят в большой степени от репродуктивных стратегий организмов и их популяционных особенностей [NCM, 2007]. Виды *r*-стратеги характеризуются высоким темпом роста популяции. Такие биологические организмы часто широко распределены или рассеяны, они легко колонизируют новые места обитания (табл. 3.2-3) [Stiling, 1999]. Экосистемы, в которых

наблюдается более плотное население видов *K*-стратегий, требуют большего времени для восстановления после большого аварийного разлива нефти по сравнению с экосистемами, в которых видов *K*-стратегов меньше.

Таблица 3.2-3

**Различия между видами *K*- и *r*-стратегий развития [Stiling, 1999]\***

	<i>r</i> -стратегия	<i>K</i> -стратегия
Характерные признаки	Быстрое развитие	Более медленное развитие
	Высокий репродуктивный темп	Высокая конкурентная способность
	Раннее размножение	Замедленное размножение
	Маленькие размеры тела	Более крупные размеры
	Единственное размножение	Повторное размножение
Продолжительность жизни	Короткая, обычно меньше года	Более продолжительная, больше года
Примеры групп организмов	Большинство видов рыб, бентосная фауна, планктон, зеленые водоросли	Млекопитающие, птицы

\* с изменениями для данного исследования

Таким образом, при прочих равных условиях многочисленные виды с высоким репродуктивным потенциалом (*r*-стратегии) способны быстрее восстанавливать первоначальную численность. Долгоживущие (группа птиц, *K*-стратегии) и малочисленные виды обладают низкой скоростью восстановления [Патин, 2008]. Для природных условий очень сложно определить достоверно сколько времени потребуется на восстановление того или иного вида биоты, практически невозможно проводить экспериментальные исследования для птиц. Восстановление после значительных потерь взрослых особей птиц может быть очень медленным [Samuels, Lanfear, 1982] по сравнению с остальными учитываемыми группами биоты. Причем репродуктивная и поведенческая биология для подгрупп птиц (питающиеся у морской поверхности, околоводных и ныряющих) несколько различается, что влияет на темпы их восстановления. Виды птиц (утки, гуси), входящие в подгруппу «ныряющие» имеют относительно высокий репродуктивный потенциал [Cramp, Simmons, 1977, 1983; Esler et al., 2002]. Они начинают размножаться в возрасте 3х лет и откладывают в среднем в одной кладке 7-8 яиц в год. Виды подгруппы птиц, питающихся у морской поверхности (чайки например) начинают размножаться в возрасте около 5 лет и откладывают 1-3 яйца в год, поэтому у них репродуктивный потенциал несколько ниже, как и у околоводных птиц [Состояние..., 2013].

Большое влияние на восстановление оказывают также внешние факторы - природные условия среды (обилие пищевых ресурсов, доступность местообитаний), время и продолжительность воздействия, насколько сильно поражена популяция, миграционные особенности, стайность и многие другие.

Для бентосных организмов сроки восстановления макро- и мегазообентоса после воздействия тралов представлены в докладе коллектива авторов [Воздействие..., 2013]. Относительное время возможного восстановления полностью разрушенных видовых ассоциаций макрозообентоса до исходного состояния в Баренцевом море оценивалось исходя из их общей продукции, биомассы и информационного биоразнообразия. Методика основана на предположении о том, что пострадавшая часть сообщества свободно заселяется молодью и личинками с соседних неповрежденных участков, а сроки восстановления сообщества определяются средней продолжительностью жизни самого долгоживущего в составе сообщества вида. Т.е. сообщество может считаться полностью восстановленным не ранее того, как самый долгоживущий член завершит свой жизненный цикл. В результате проведенных расчетов и на основе оригинальных материалов по распределению мегазообентоса и макрозообентоса в Баренцевом море, были построены карты длительности восстановления сообществ этих организмов. В среднем по морю сообщества зообентоса восстановятся не ранее чем через 5 лет [Воздействие..., 2013] и зависит от многих факторов окружающей среды, а так же биологии конкретных видов. Виды макрозообентоса имеют более высокий репродуктивный потенциал, чем виды мегазообентоса, т.к. в среднем у них небольшая продолжительность жизни, раньше наступает половозрелость и более многочисленное потомство [Кузнецов, 1964; Анисимова, 2000; Баканев, 2003; Иллюстрированный атлас..., 2006; Наумов, 2006]. Поэтому восстановление их будет проходить быстрее.

Скорость восстановления фитоценозов после разливов нефти и нефтепродуктов также определяется комплексом условий и индивидуальна в каждом случае. Экспериментальные изучение данных процессов позволило определить, что на Мурмане полное восстановление биомассы фукоидов и массовых видов макрофитов на литоральной площадке 1 м<sup>2</sup> происходит за 4 года [Макаров и др., 2007]. Данную цифру можно использовать как минимальную для защищенных от прибоя участках. На открытом берегу скорость восстановления фитоценозов существенно снижается [Vadas et al., 1990]. Еще одно исследование макрофитов в Кольском заливе [Степаньян, 2003] свидетельствует о том, что если катастрофа произойдет весной и приведет к частичной гибели фукусовых водорослей, то уже осенью могут появиться проростки фукусовых, которые образовались из зигот оставшихся фертильных талломов. Ламинария тоже способна быстро занять освободившиеся субстраты. Вероятно, в этом случае период

восстановления литорали займет 1 год. В случае разлива нефти в конце августа – начале сентября, когда происходят репродуктивные процессы у большинства водорослей, ущерб будет значительным. В этом случае восстановление займет 2-3 года.

Резюмируя все вышесказанное, учитываемые группы/подгруппы биоты ранжированы по возрастанию их скорости восстановления: 1 – подгруппы птиц, питающихся у морской поверхности и околородные; 2 – ныряющие птицы; 3 – мезообентос мобильный; 4 – мезообентос немобильный; 5 – макрозообентос; 6 – макрофитобентос. Присвоенные ранги фактически определяют их восстанавливаемость ( $R^s$ ) и используются далее для расчета уязвимости (табл. 3.2-2).

### **Коэффициенты приоритетности защиты ОЗО**

Приоритетность защиты ( $V_c^e$ ) экологических, социо-культурных ресурсов и объектов хозяйственной деятельности определяется соответственно их значимости для экосистемы, ценности для человека и хозяйственного использования. Коэффициент тем выше, чем выше значимость объекта для функционирования экосистемы и больше важность для человека (табл. 3.2-4). Минимальная уязвимость присвоена инженерно-техническим конструкциям, таким как портовые сооружения. Районы и участки, связанные с различными биологическими ресурсами имеют повышенную уязвимость, причем при ранжировании учитывается тип биоты, с которым связан тот или иной ОЗО. Известно, что биологические организмы на ранних стадиях развития наиболее уязвимы [Патин, 2008], поэтому районам размножения крабов и развития их личинок присвоена максимальная значимость, средними по значимости ОЗО являются устья нерестовых рек семги (табл. 3.2-4).

Таблица 3.2-4

### **Коэффициенты приоритетности защиты ОЗО**

Тип ОЗО	$V_c^e$
Порты и портовые сооружения	1
Устья нерестовых рек семги	2
Районы размножения крабов и развития личинок	3

### **3.2.3 Определение границ сезонов**

Временные границы сезонов Кольского залива определялись исходя из биологических особенностей развития и поведения учитываемых экологических групп/подгрупп биоты в заливе, так, чтобы в пределах выбранных временных границ плотность распределения групп/подгрупп биоты оставалась в основном постоянной. В соответствии с описанием пространственного распределения биоты (см. пункт 1.1.1), были выделены 5 «сезонов»,



которые отличаются от календарных, но условно обозначены как: З – зима; Р– ранняя весна; В – весна, Л – лето; О – осень (табл. 3.2-5). Они имеют различную продолжительность в зависимости от характера динамики распределения отдельных групп/подгрупп биоты в течение года и присутствия типов ОЗО.

Таблица 3.2-5

**Деление года на временные периоды (сезоны) для Кольского залива при расчетах уязвимости**

Учитываемые компоненты	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Группы/подгруппы ВКБ</i>												
Фитобентос	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Макрозообентос	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мегазообентос (не моб.)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мегазообентос (мобильн.)	ОЗ	ВЛ	ВЛ	ВЛ	ВЛ	ВЛ	ВЛ	ВЛ	ОЗ	ОЗ	ОЗ	ОЗ
Птицы	З	З	З	В	В	В	Л	Л	О	О	З	З
<i>Типы ОЗО</i>												
Портовые сооружения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Устья нерестовых рек семги	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Районы размножения крабов и развития их личинок	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Выделенные периоды</i>	<b>Зима</b>	<b>Ранняя весна</b>	<b>Весна</b>			<b>Лето</b>			<b>Осень</b>		<b>Зима</b>	

Примечание: «+» объект присутствует, сезонная динамика выражена слабо; «-» объекта нет; О, З, В, Л – отражение сезонной динамики у присутствующих объектов

*Макрозоо- и фитобентос.* Для определения степени уязвимости видов к нефтяному загрязнению необходима информация об их жизненных циклах, в частности о сроках размножения. Наибольшая восприимчивость организма к неблагоприятному влиянию наблюдается на первых стадиях онтогенеза. В случае с донными беспозвоночными, наибольшая чувствительность организмов к факторам среды, а особенно к антропогенному воздействию отмечена на личиночной стадии. Особенно важна информация об уязвимости доминирующих видов, так как при их элиминации, происходит коренная перестройка структуры сообщества, изменяется характер взаимоотношений между видами. Анализ литературных данных показал, что наибольшее количество личинок доминирующих видов беспозвоночных в сублиторальных сообществах наблюдается в летний период, однако сроки личиночной стадии в планктоне указанных видов значительно растянуты во времени. Выход в планктон личинок доминирующих видов в литоральных сообществах ограничен периодом с марта до ноября. С

учетом сезонной динамики биомассы макрозообентоса, которая, как и у фитобентоса, изменяется незначительно в течение года, деление года на сезоны по данному показателю не проводилось.

*Немобильный мегазообентос.* Большинство из обитающих в северном колене Кольского залива представителей мегазообентоса имеют плавающую личинку, а выход ее в планктон происходит у них как в весенние, так и в летние или осенние, или даже в зимние месяцы. В Кольском заливе, как и на всем побережье Баренцева моря, нельзя четко выделить сезоны размножения у крупных видов беспозвоночных, поскольку, во-первых, им присущи растянутые сроки размножения в популяциях, а во-вторых, у разных видов массовый вымет личинок происходит в разные календарные сезоны. Биомасса немобильного мегабентоса в течение года так же изменяется незначительно, поэтому было условно принято, что сезонного деления не требуется.

*Мобильный мегазообентос (крабы).* Учитывая сезонные миграции и суммарные численность и биомассу мобильного мегабентоса, можно выделить два основных периода для крабов: осенне-зимний (с сентября по январь) и весенне-летний (февраль-август). Суммарные плотность поселения могут снижаться из-за ушедших в глубоководные районы залива взрослых камчатских крабов с сентября по январь. С середины февраля по март для крабов это период повышенной уязвимости, когда происходит размножение крабов и развитие их планктонных личинок, поэтому эти два месяца выделяются в отдельный сезон – ранневесенний.

*Птицы.* Сезонное распределение орнитофауны характеризуется большой изменчивостью в значениях численности птиц и их видовом составе. Большие скопления птиц образуются во время зимовки, миграционной активности, гнездования, линьки тех или иных видов. В зависимости от наибольших всплесков численности и от характера пребывания птиц на акватории залива деление на сезоны определено следующим образом: зимний период – ноябрь-март, весенний период – апрель-июнь, летний период – июль-август, осенний период – сентябрь-октябрь.

*Портовые сооружения* присутствуют постоянно. *Устья нерестовых рек семги* будут особо значимыми в случае загрязнения с апреля по октябрь, когда семга заходит в эти реки для нереста. *Районы размножения крабов и развития их личинок* значимы с февраля по июнь, в период размножения крабов и массового выклева их планктонных личинок.

### 3.2.4 Алгоритм расчета уязвимости биоты и значимых объектов

Используя исходные карты сезонного распределения групп биоты проведена процедура их нормировки. Карты нормируют на среднегодовое значение обилия соответствующей группы в картографируемом районе в каждый конкретный сезон независимо от наличия в группе числа подгрупп:

$$B^{g[y]} = B^g / P^{gy} \quad (3.2)$$

где:  $B^{g[y]}$  - нормированная плотность обилия группы/подгруппы, т.е. доля сезонного обилия группы/подгруппы биоты относительно года в картографируемом районе, приходящаяся на единицу площади в пределах полигонов этого района;

$B^g$  – значение исходной численности на единицу площади или плотность биомассы g-ой группы/подгруппы биоты на отдельных полигонах, представленных на карте в исходных единицах измерения ( $г/м^2$ , экз/км<sup>2</sup>);

$P^{gy}$  – среднегодовое обилие (общая численность или биомасса) соответствующей g-ой экологической группы на картографируемой акватории. Усреднение за год выполнено с учетом разной длительности сезонов.

Отношение обилия конкретной группы/подгруппы биоты (например, в единицах  $г/м^2$ ) к среднегодовому обилию соответствующей группы в картографируемом районе (в граммах) дает долю обилия на единицу площади ( $1/м^2$ ) в конкретный сезон с учетом годовой динамики обилия данной группы/подгруппы. Для фитобентоса нормирование производилось внутри группы. Для птиц и зообентоса - в каждой из выделенных подгрупп, что бы учесть их вклад в общую уязвимость соответствующей группы биоты. В отдельную подгруппу отнесены краснокнижные виды птиц в виду их повышенной уязвимости. В результате нормировки было получено обилие каждой из групп/подгрупп биоты в относительных единицах.

Далее эти значения обилия групп/подгрупп биоты умножаются на соответствующие им коэффициенты уязвимости ( $V_b^g$ ) и посезонно «складываются» для расчета общей (суммарной) уязвимости ВКБ ( $Y_b^y$ ). Данная процедура выполняется в ArcGIS 10.0 с применением специального модуля, разработанного специалистами ЮНЦ РАН, математически представляя собой суммирование нормированных значений показателей обилия, присвоенных полигонам в каждой конкретной точке (пикселе) карты, умноженных на коэффициенты уязвимости  $V_b^g$ :

$$Y_b^y = \sum_{g=1}^n B^{g[y]} \times V_b^g \quad (3.3)$$

где:  $Y_b^y$  – суммарная уязвимость ВКБ от нефти в картографируемом районе в относительных единицах (от минимального ( $\min$ ) до максимального значения ( $\max$ )) по сезонам;

$B^{g[y]}$  – нормированные значения обилия каждой из групп/подгрупп биоты в относительных единицах за конкретный сезон с учетом их годовой изменчивости (см. 3.2);

$V_b^g$  ( $V_b^1, V_b^{2_1}, V_b^{2_2}, V_b^3, V_b^{3(1)}, \dots$ ) – коэффициенты относительной уязвимости от нефти для каждой  $g$ -й группы/подгруппы биоты ( $g = 1, 2_1, 2_2, 3, 3(1)\dots$  – для примера здесь вторая группа содержит две подгруппы, а в третьей группе выделен один краснокнижный вид);

По аналогии была рассчитана уязвимость для участков акватории Кольского залива в районах нахождения особо значимых объектов (ОЗО) по формуле:

$$Y_c = \sum_{e=1}^n C^e \times V_c^e \quad (3.4)$$

где:  $Y_c$  – суммарная уязвимость ОЗО от нефти в картографируемом районе в относительных единицах (от минимального ( $\min Y_c$ )) до максимального значения ( $\max Y_c$ )) по сезонам;

$C^e$  – значения полигонов пространственного расположения ОЗО, не нормированные, т.к. изначально они были заданы в относительных единицах измерения (1 – присутствие объекта или 0 – его отсутствие);

$V_c^e$  – коэффициенты приоритетности защиты для  $e$ -го типа ОЗО.

### 3.2.5 Построение сезонных карт интегральной уязвимости (1 : 150 000)

Итоговые карты уязвимости ВКБ и ОЗО переводят в диапазон  $\min Y^s \div 100$  усл. ед. (для карт «относительной» уязвимости) и  $\min Y^y \div 100$  усл. ед. (для карт «абсолютной» уязвимости), где  $Y^s$  и  $Y^y$  – значение минимальной уязвимости за конкретный сезон и за год, соответственно. Такая процедура проведена для возможности суммирования подготовленных карт уязвимости среды (ОЗО) и биоты (ВКБ) и вычисления интегральной уязвимости акватории Кольского залива  $Y_\Sigma$ :

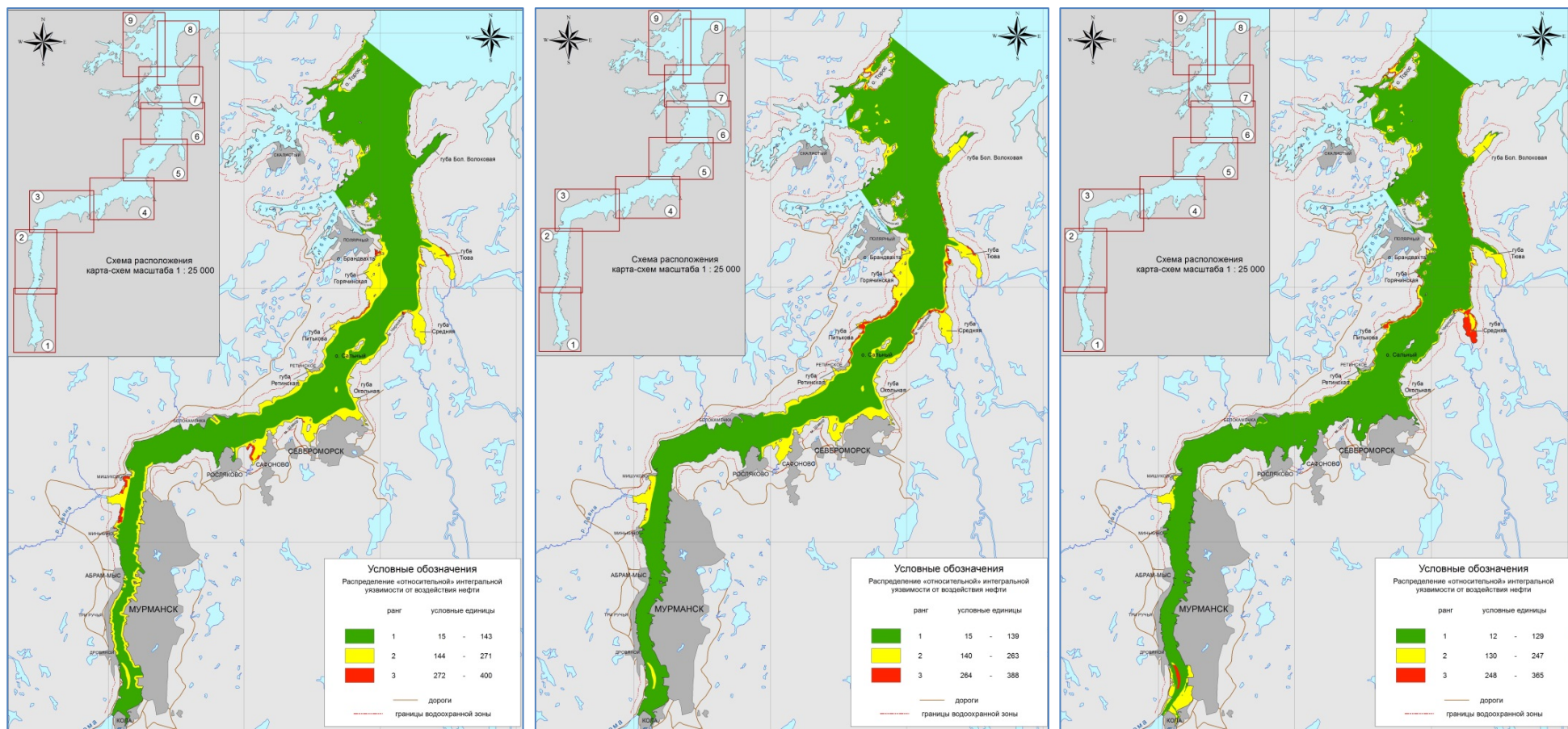
$$\text{- для «относительных» карт по ф-ле} \quad Y_\Sigma^s = k_b \times Y_b^s + k_c \times Y_c^s \quad (3.5)$$

$$\text{- для «абсолютных» карт по ф-ле} \quad Y_\Sigma^y = k_b \times Y_b^y + k_c \times Y_c^y \quad (3.6)$$

где:  $k_b$ ,  $k_c$  - дополнительные коэффициенты для ВКБ и ОЗО соответственно. Эти коэффициенты ( $k_b$ ,  $k_c$ ) выбирают исходя из роли важных компонентов биоты, особо значимых объектов для нормального функционирования экосистемы и поддержания устойчивого развития экономики региона. В настоящей работе принято, что биологические ресурсы имеют более высокую важность, чем коммерческие потери и социальный ущерб и при расчетах карт уязвимости Кольского залива были использованы для ВКБ дополнительный коэффициент  $k_b=0.3$ , для ОЗО  $k_c=0.1$ .

Итоговый диапазон полученных значений уязвимости  $Y_{\Sigma}^s$  и  $Y_{\Sigma}^y$  для каждого сезона делится на 3 ранга методом равных интервалов. Именно равные поддиапазоны рангов необходимы для корректной оценки и сравнения уязвимости разных участков акватории. Причем для карт «относительной» уязвимости приводится к трехранговой шкале диапазон значений, присутствующий на картах в каждый конкретный сезон  $Y_{\Sigma}^s$ . Поэтому все три ранга уязвимости всегда будут присутствовать в каждом из сезонов, но со своими значениями минимумов и максимумов (рис. 3.2-1). Для «абсолютных» карт итоговые сезонные значения уязвимости приводятся к единой трехранговой шкале от минимальной до максимальной величины за год, и поддиапазоны уязвимости для каждого ранга одинаковы во все сезоны (рис. 3.2-2). Поддиапазонам с максимальной интегральной уязвимостью присваивают ранг 3, с минимальной уязвимостью – ранг 1. Полигоны с разными значениями рангов отмечают на итоговых картах светофорной палитрой, например, от зеленого (ранг 1) к красному (ранг 3). В легенде к карте показываются выбранные цвета полигонов с соответствующими им номерами рангов, а в скобках - диапазоны интегральной уязвимости для каждого ранга.

На рисунках 3.2-1, 3.2-2 представлены итоговые карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости Кольского залива от нефти в масштабе 1:150 000 по сезонам, относящиеся к категории тактических.

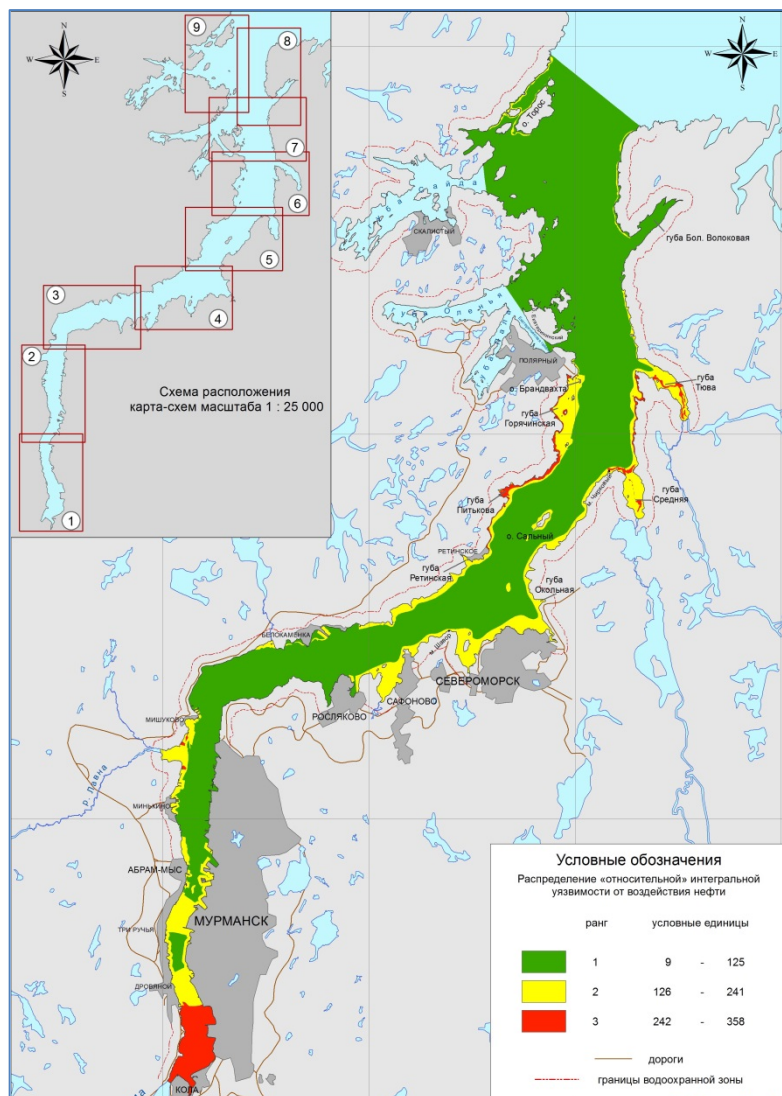


а – зима (ноябрь-январь)

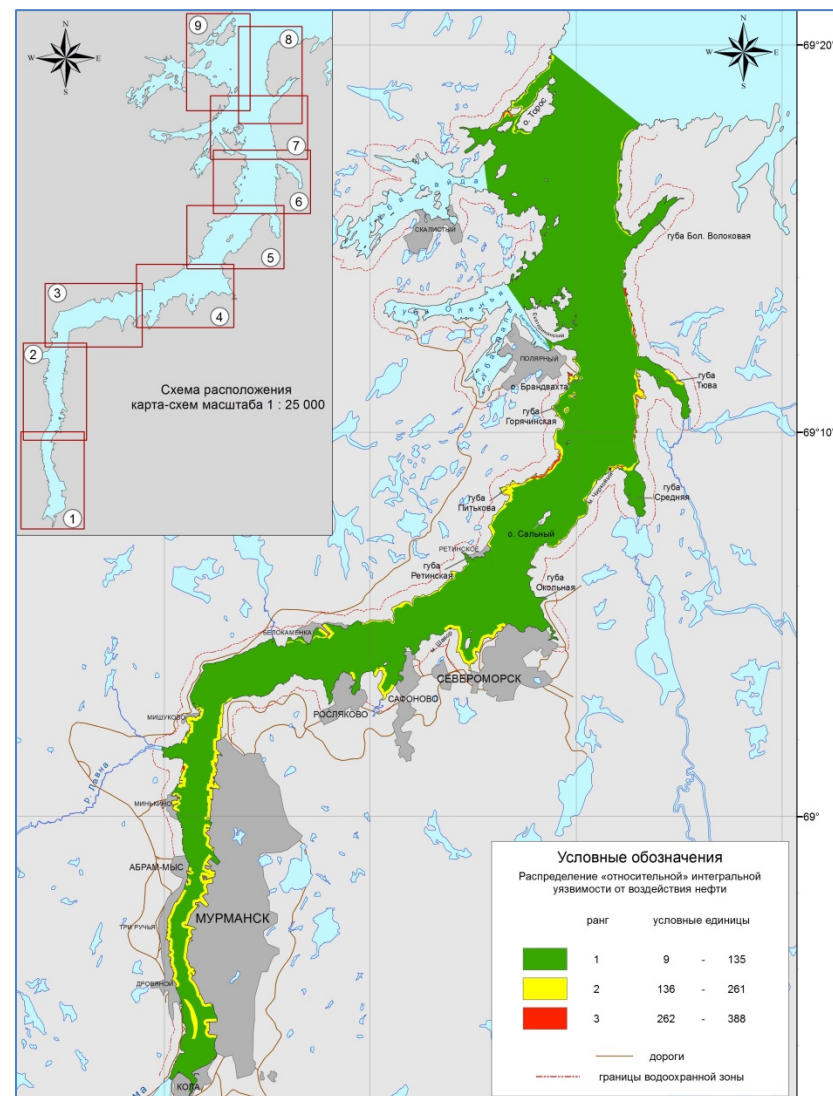
б – ранняя весна (февраль-март)

в – весна (апрель-июнь)

Рисунок 3.2-1. Итоговые карты «относительной» уязвимости Кольского залива от воздействия нефти для зимы (а), ранней весны (б), весны (в). Масштаб 1:150 000

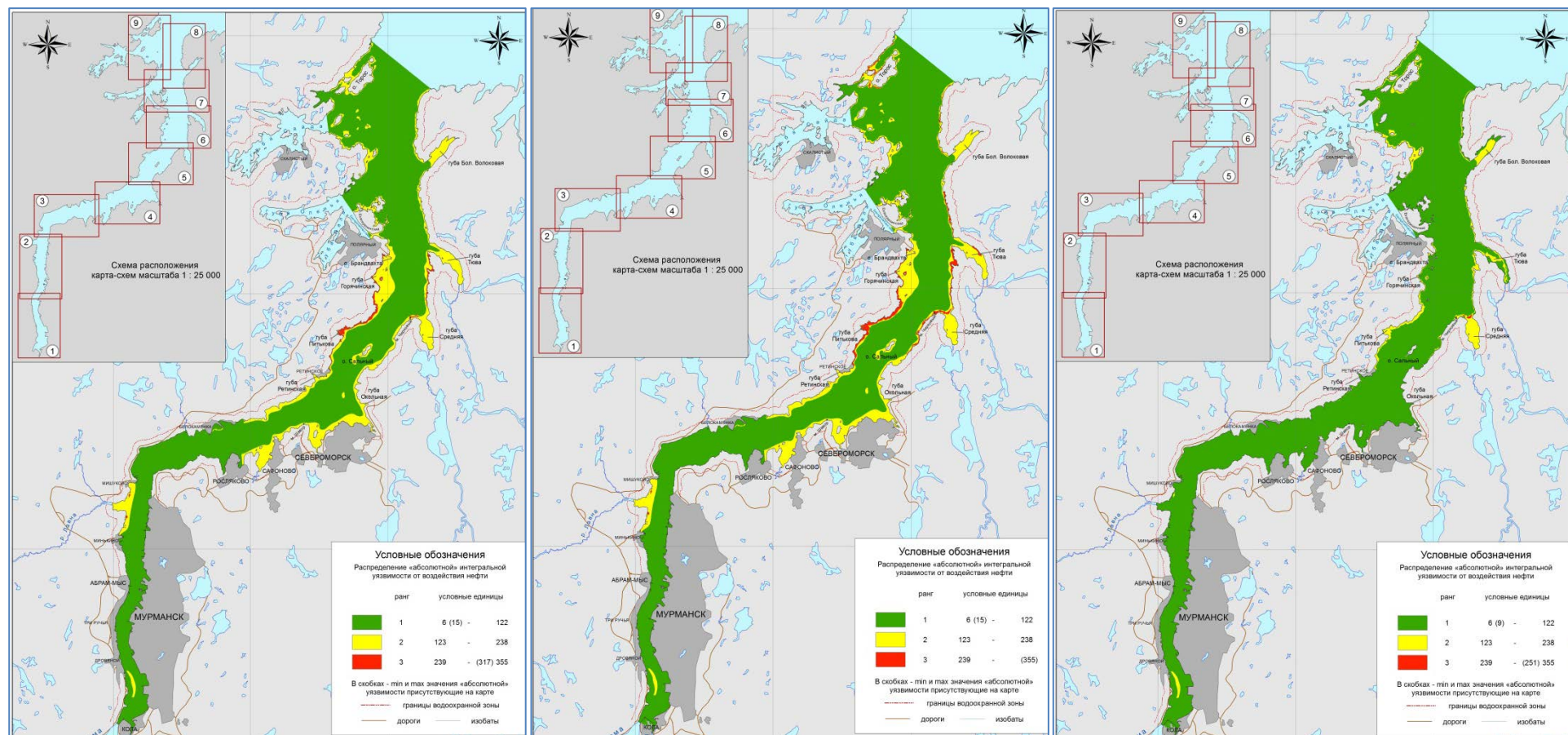


г – лето (июль-август)



д – осень (сентябрь-октябрь)

Рисунок 3.2-1 (окончание). Итоговые карты «относительной» уязвимости Кольского залива от воздействия нефти для лета (г), осени (д). Масштаб 1:150 000



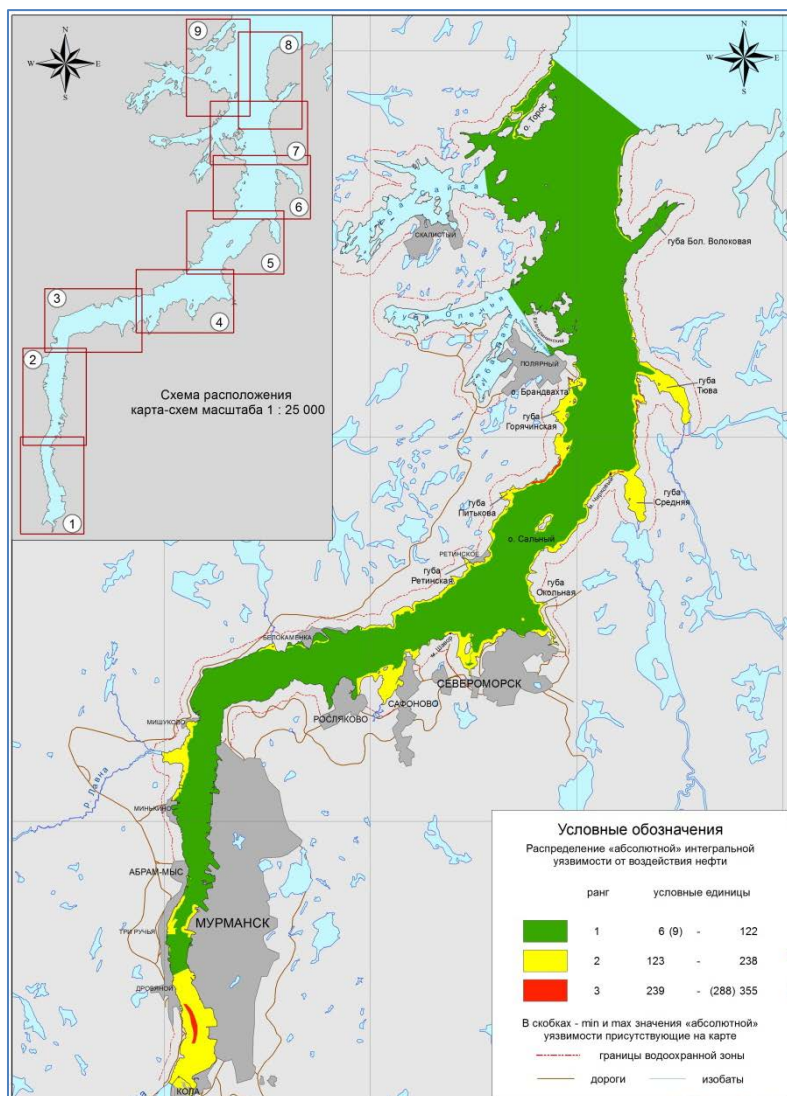
а – зима (ноябрь-январь)

б – ранняя весна (февраль-март)

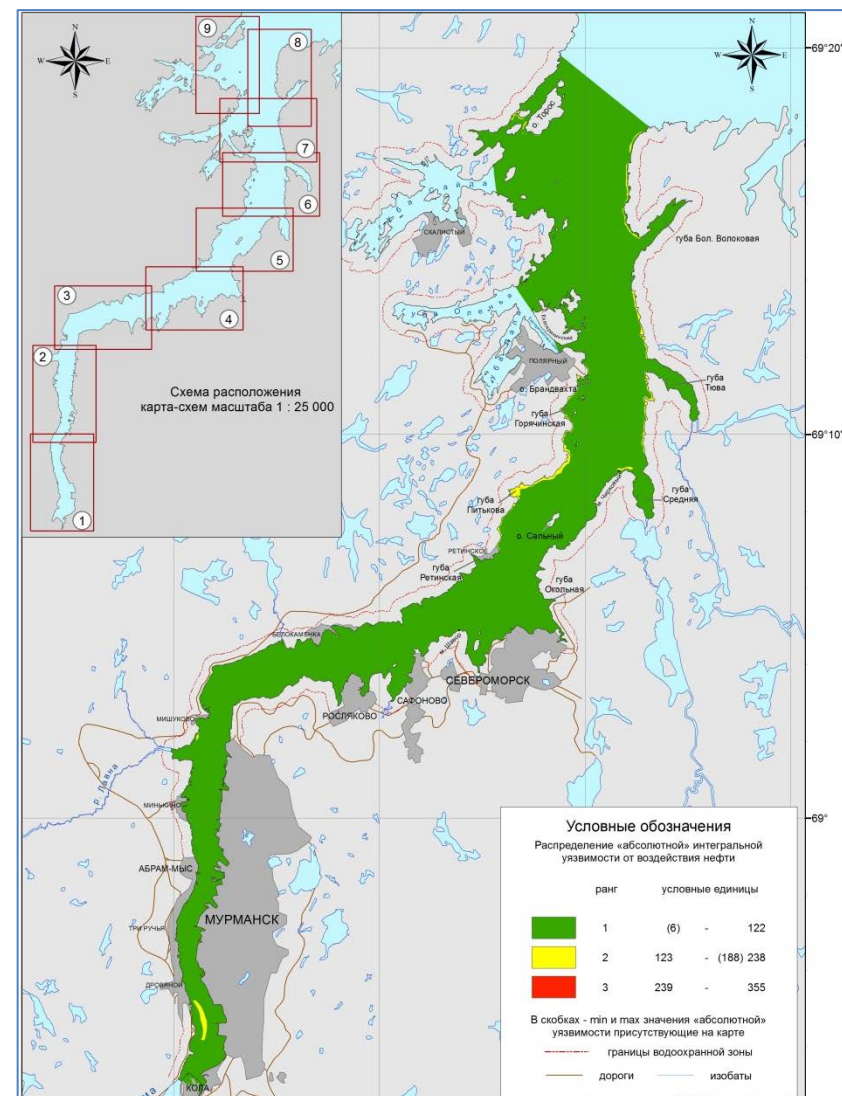
в – весна (апрель-июнь)

Рисунок 3.2-2. Итоговые карты «абсолютной» уязвимости Кольского залива от воздействия нефти для зимы (а), ранней весны (б), весны (в). Масштаб 1:150 000





г – лето (июль-август)



д – осень (сентябрь-октябрь)

Рисунок 3.2-2 (окончание). Итоговые карты «абсолютной» уязвимости Кольского залива от воздействия нефти для лета (г), осени (д). Масштаб 1:150 000

### **3.2.6 Построение объектных карт интегральной уязвимости (1 : 25 000)**

Для того, чтобы показать уязвимость Кольского залива в масштабе 1:25 000 и построить объектные карты, залив разбит на девять отдельных районов. Схема деления на эти районы показана в верхнем левом углу каждой карты масштаба 1:150 000. Объектные карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости построены для трех районов залива:

- № 3, где находится (до ноября 2015 г. находился) стратегический объект «Белокаменка», источник максимального риска аварийного разлива;

- № 4, который по результатам спутникового мониторинга (рис. 1.2-2) является самым загрязненным участком, и находится в районе города Североморска, где базируется Северный ВМФ;

- № 6, как показал анализ карт уязвимости масштаба 1:150 000, оказался наиболее уязвимым.

Для каждого из участков строятся карты исходного распределения групп биоты в масштабе 1:25 000. Далее производится нормирование обилия ВКБ в пределах картографируемого района, а не на всю акваторию залива в целом. Учитываются присутствующие в заданном районе типы ОЗО. В остальном процедура расчета и построения карт интегральной уязвимости по сезонам повторяет таковую для карт масштаба 1 : 150 000. В Приложении Б представлены итоговые объектные карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости по сезонам для выделенных районов в масштабе 1:25 000. На объектных картах картина изменения уязвимости в пределах каждого конкретного района отличается картины уязвимости тех же районов на тактических картах. Это объясняется различной нормировкой.

### **3.3 Карты чувствительности берегов по ESI**

Для оценки степени негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону в международной практике применяется индекс ESI (Environmental Sensitivity Index) [NOAA, 2002]. Данный индекс характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению, а также трудности его очистки от нефти. Система индексов ESI впервые была предложена американскими специалистами в 1978 году [Gundlach, Hayes, 1978]. Опираясь на рекомендации международных организаций [ИМО/ИПЕСА, 1994; ИМО/ИПЕСА/ОГР, 2012; NOAA, 2002] построены картосхемы чувствительности побережья Кольского залива по системе индексов ESI.

Система индексов ESI достаточно многогранна, учитывает ранжирование берегов морей, озер, рек, эстуарных водоемов и охватывает биоценозы от тундровых до экваториальных. В основе ранжирования лежит качественная и количественная характеристика побережья, отражающая связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег. Всего выделяется 10 индексов чувствительности, в каждом возможно наличие двух - трех подтипов [NOAA, 2002]. В Кольском заливе отсутствует такое многообразие типов берегов, поэтому была разработана адаптированная к местным условиям система индексов ESI для эстуарных водоемов, к которым относится исследуемый залив [Калинка и др., 2008].

Параметры, определяющие величину индекса чувствительности: геоморфологическая характеристика побережья; ветро-волновая нагруженность побережья; климатические показатели; условия и длительность естественного сохранения нефти; степень проникновения нефти по вертикали и вглубь пород слагающих берег; возможность естественного захоронения нефти и перемещения грунта; условия естественной биodeградации нефти; техническая сложность уборки нефти с береговой черты. Используя сочетание перечисленных параметров, каждому участку побережья присваивается базовый индекс чувствительности (ESI) к нефтяному загрязнению, который варьирует от 1 до 10, индексу 10 соответствуют самые уязвимые участки береговой зоны:

Индекс 1: искусственные конструкции и портовые сооружения

Индекс 2: скально-глыбовые развалы, выходы трещиноватых пород

Индекс 3: мелкопесчаные пляжи

Индекс 4: крупнопесчаные пляжи

Индекс 5: песчано-галечные пляжи

Индекс 6: гравийные и щебнистые пляжи; каменная осыпь

Индекс 7: осыхающие отмели

Индекс 8: плоские гравийно-песчаные пляжи с крупными валами водорослей и трав

Индекс 9: защищенный осыхающий берег

Индекс 10: зарастающие, заболоченные земли.

В период с 2008 по 2013 годы в ходе ряда экспедиций была проведена фотосъемка береговой линии вдоль всего Кольского залива. В общей сложности объем собранного материала составляет более 2000 фотографий, с привязкой к координатам и направлению съемки. Фиксирование положения точек съемки осуществлялось при помощи GPS-приемника, что позволило спроецировать фотоснимки к положению на карте Кольского залива в ArcGIS для дальнейшей их камеральной обработки и идентификации типов берегов.

В морских экспедициях с борта судна летом 2008, осенью 2011 гг. непрерывная съемка береговой линии производилась по единой схеме. Велось исследование того берега, вдоль которого осуществлялось движение. Съемка проводилась как в направлении перпендикулярном берегу, так и вдоль направления движения. Снимки, выполненные перпендикулярно, служили для определения положения конкретных объектов (например, искусственных конструкций и портовых сооружений, окруженных песчано-галечными пляжами), путем проецирования координат съемки на береговую линию на карте. Снимки, выполненные вдоль направления движения, использовались для подтверждения единообразия типа береговой линии между двумя снимками, выполненными перпендикулярно направлению движения. Съемка производилась при визуальном обнаружении изменения характера береговой линии.

Дополнительное использование спутниковых снимков дает так же возможность уточнить общую картину географического положения, форм и протяженность элементов береговой линии и других объектов (например, затопленных судов). Спутниковые снимки охватывают единовременно значительную площадь (длина стороны квадрата одного снимка составляет 10-20 км) и обладают большой наглядностью [Калинка, Иванов, 2009]. Высокая разрешающая способность космоснимков позволяет распознавать геоморфологические особенности пляжей и литологический состав их отложений, что иногда невозможно сделать по фотоснимку с борта судна при большой его удаленности от берега. В силу пространственного расположения объектива камеры, когда съемка ведется сверху, могут быть отчетливо идентифицированы ширина и формы отмелей, пляжей, частично зернистость и состав отложений. В то же время выявление обрывистых берегов (вертикальных формы рельефа) достовернее с борта судна.

В ходе береговых экспедиций в феврале и апреле 2012 были исследованы широкие литоральные зоны южного колена залива в районе губы Белокаменка, м. Мишуково и Абрам-мыса. Проводилась последовательная фотосъемка максимально видимой площади литорали (посредством панорамного способа съемки) в период наибольшего отлива (малой воды).

Фотосъемкой охвачено более 130 км береговой линии на всей протяженности Кольского залива за исключением закрытых губ Сайда, Оленья и Пала на западном берегу северного колена, используемых Министерством обороны РФ. На основе полученных результатов, а также имеющихся литературных материалов [Лоция..., 1995, 2006], было произведено районирование береговой зоны залива в соответствии с принятой системой индексов ESI (рис. 3.3-1), и построена картосхема чувствительности берегов к воздействию нефти (рис. 3.3-2).

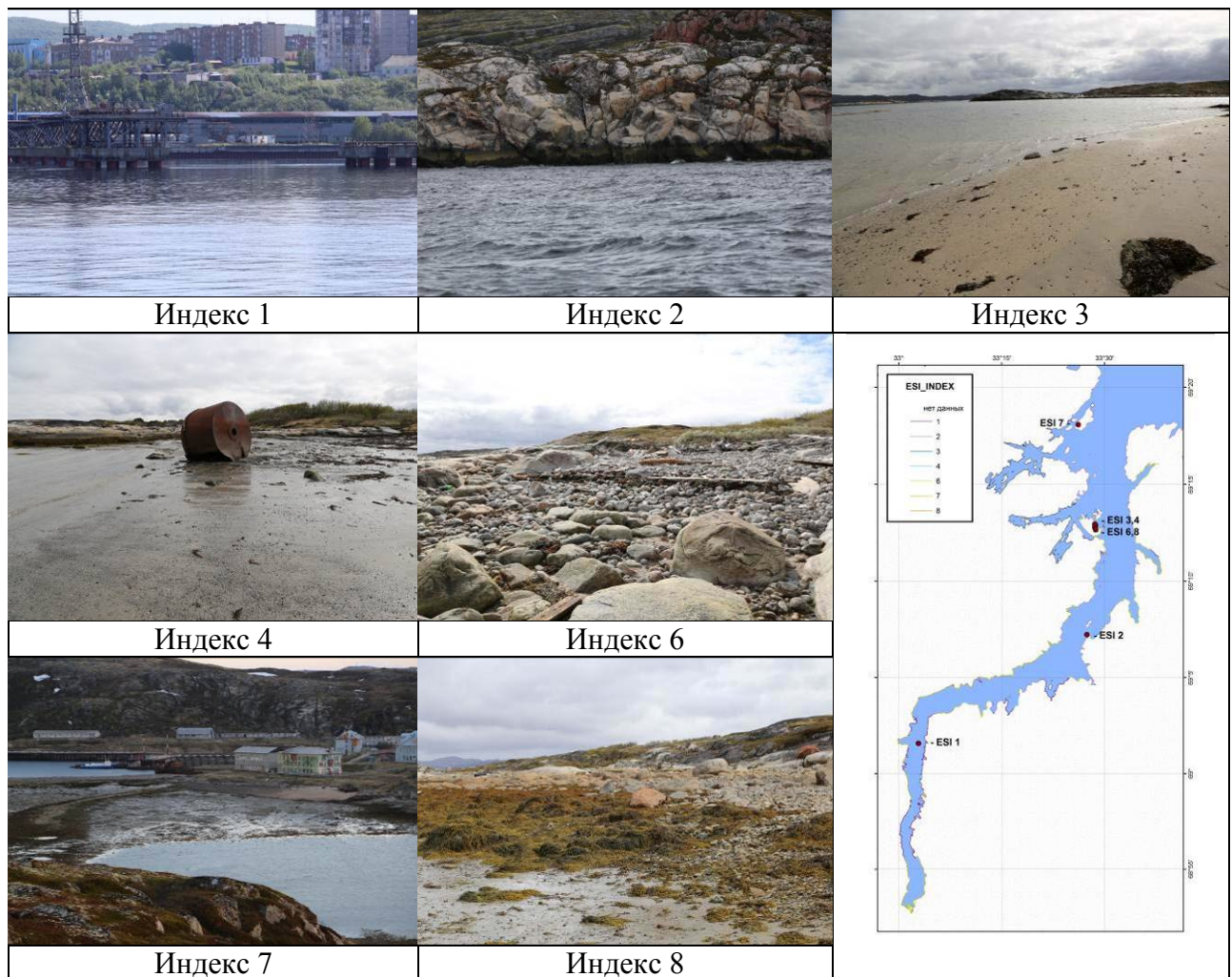


Рисунок 3.3-1. Примеры снимков берегов Кольского залива с индексами 1 – 8. Точками на картосхеме показано положение проведения съемки данных фотоснимков

Участки побережья, отнесенные к определенному индексу, на карте обозначены соответствующей цветом, что позволяет наглядно определять наиболее ранимые и более устойчивые участки береговой зоны (рис. 3.3-2).

Результаты, полученные в процессе работы, показывают, что в южном колене Кольского залива восточный его берег до м. Пинагорий относится к индексу чувствительности 1. Это акватория порта и при разливе нефти воздействие на берег будет минимальным. Вдоль черты г. Мурманска на противоположном берегу также находятся портовые сооружения от п. Дровяное до Абрам-мыса, в районе п. Минькино и Мишуково. К индексу повышенной чувствительности ( $ESI = 7$ ) относятся мелководья в кутовой части залива и устье р. Лавна, а также западное побережье в районе Абрам-мыса и п. Минькино из-за наличия осушек. Далее на север этот тип берега окаймляет все западное побережье среднего колена залива, с редкими включениями скалистых берегов ( $ESI = 2$ ), примыкающих к губе Питькова. На восточном же

берегу среднего колена такие скалистые берега наоборот преобладают, характеризуясь не высокой чувствительностью, как и портовые сооружения в районе г. Североморска и п. Сафоново. Повышенной чувствительностью с индексом  $ESI = 6$  обладают тут каменные осыпи, которые распространены вдоль побережья от м. Мохнаткин до м. Чалмпушка. Небольшой открытый участок восточного побережья на самом юге среднего колена, а также во вдающихся далеко вглубь берега мелководных районах, отмечается наличие осыхающих отмелей ( $ESI = 7$ ). Плоские пляжи с зарослями водорослей и трав (индекс  $ESI = 8$ ) являются максимально уязвимыми в Кольском заливе и встречаются здесь только на непротяженном участке берега, близ о. Сальный. На обоих берегах северного колена преобладают выходы трещиноватых пород и скально-глыбовые развалы на открытых участках ( $ESI = 2$ ). В губах Средняя, Тюва и Большая Волоковая восточного побережья, а так же немногочисленных маленьких бухточках на западном берегу распространены каменные осыпи ( $ESI = 6$ ). Присутствие осушек отмечено тут в губе Средняя, Тюва и у м. Лас ( $ESI = 7$ ). На восточном побережье имеются небольшие мелкопесчаные пляжи с соответствующим им индексом чувствительности 3 (рис. 3.3-2).

Подавляющее большинство островов в заливе характеризуется индексом чувствительности 2, сюда относятся в первую очередь о. Торос (в юго-западной части острова имеется небольшой участок с индексом 7), о. Сальный, о. Медвежий, о. Зеленый и ряд более мелких островов. Чувствительность береговой линии о. Екатерининский значительно отличается от остальных островов. Здесь имеются как участки с низкой чувствительностью с индексом 2, так и протяженные участки в южной части острова, а так же бухта в северной части острова с индексом 6.

Для оценки общей уязвимости Кольского залива был оценен вклад каждого из типов побережья по  $ESI$  в общую протяженность береговой линии Кольского залива. Распределение чувствительности береговой линии следующее: берега с индексом 1 – 23.6% (главным образом в южном колене), с индексом 2 – 34.2 % (преимущественно в северном колене), с индексом 3 – 0.5 %, с индексом 4 – 1.0 %, с индексом 6 – 14.0 %, с индексом 7 – 26.1 % (с максимальной протяженностью на западном берегу среднего колена), с индексом 8 – 0.3 %. Берега с индексами 5, 9 и 10 на картосхеме чувствительности Кольского залива отсутствуют (т.к. на фотоснимках данных типов берега выявлено не было). Таким образом, наиболее чувствительными являются берега западного побережья Кольского залива в южном и особенно среднем колене, где преобладают осушки, поэтому они требуют приоритетной защиты в случае нефтяного загрязнения.

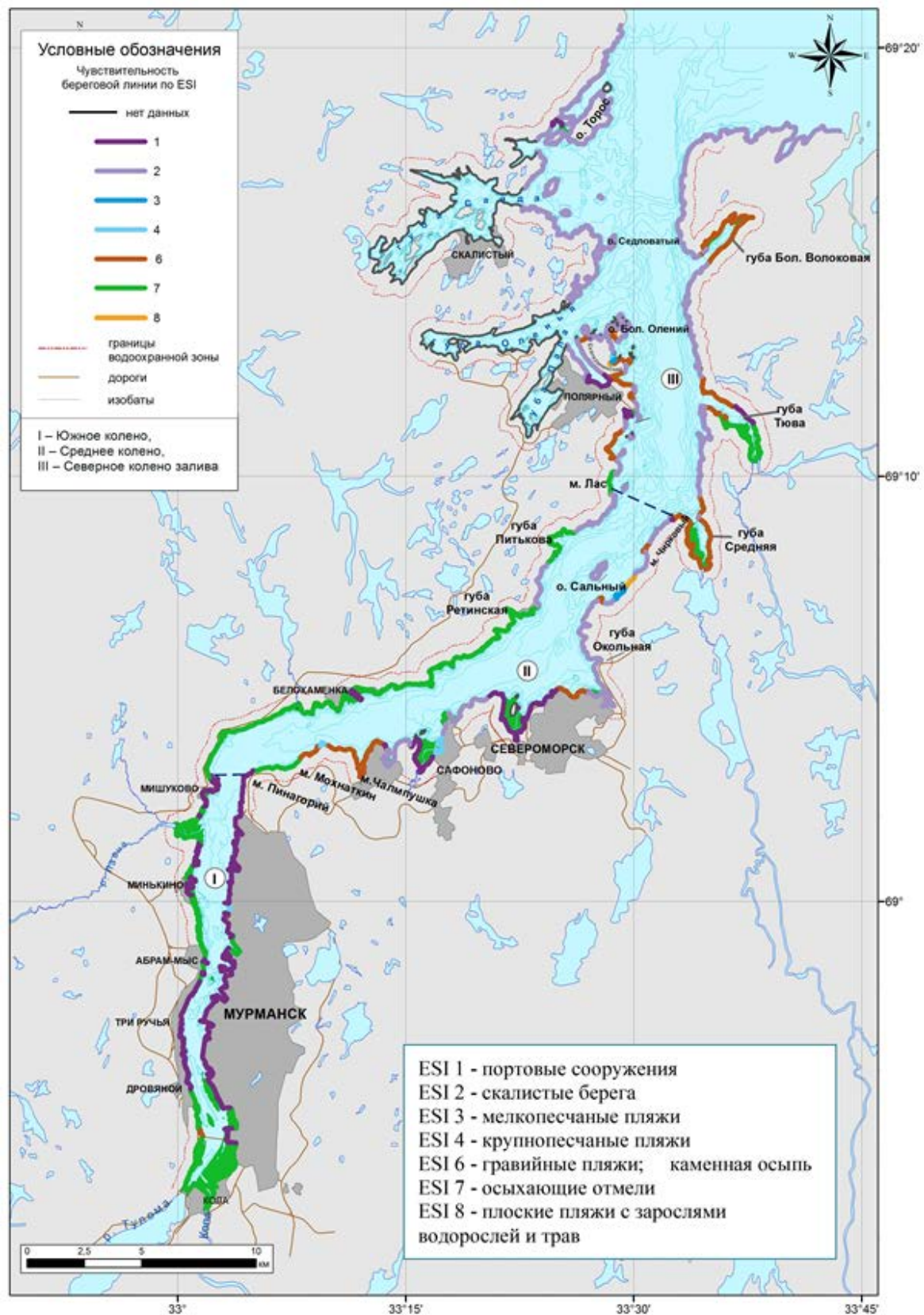


Рисунок 3.3-2. Картограмма чувствительности берегов Кольского залива к воздействию нефти

### **3.4 Анализ карт интегральной уязвимости акватории Кольского залива от нефтяного загрязнения**

Результатом проведенного исследования явились итоговые карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости всей акватории Кольского залива от нефти в масштабе 1:150 000 (тактические) для выделенных пяти сезонов (рис. 3.2-1, 3.2-2). Для отдельных участков акватории (районы № 3, № 4, № 6) построены подобные карты в масштабе 1:25 000 (объектные) (см. пункт 3.2.6; Приложение Б). С учетом разных уровней планирования при ЛРН следует строить три набора карт – стратегические, тактические и объектные [ИМО/ИРЕСА/OGP, 2012]. Поскольку Кольский залив укладывается в масштаб тактических карт, то для него строить стратегические карты нет необходимости. Однако основной алгоритм предложенного подхода был отработан для построения таких карт на более крупных морских акваториях – Баренцева [Калинка и др., 2007], Белого морей [Калинка и др., 2013б] и всего северо-западного сектора Арктики [Калинка и др., 2012]. Примеры итоговых карт и сама методика их построения размещена в открытом доступе для свободного ознакомления и использования на сайте профильного Центра компетенции по ликвидации разливов нефти в Арктике <http://osr-arctic.ru> [Карты экологической чувствительности..., 2015].

Ниже дан анализ полученных карт уязвимости акватории Кольского залива. На всех картах наиболее уязвимые участки имеют ранг 3, и именно эти участки следует защищать в первую очередь при ликвидации разлива нефти (ЛРН). Участки с рангом 1 – наименее уязвимы и при необходимости ими можно «жертвовать» при операциях по ЛРН.

*Интегральные карты масштаба 1:150 000. «Относительная» уязвимость.* Карты «относительной» уязвимости данного масштаба предназначены для общего планирования операций по ЛРН и применяются лицами, принимающими решения, специалистами среднего и низшего звеньев для действий непосредственно в ходе таких операций. Карты «относительной» уязвимости показывают уязвимость отдельных участков в каждый конкретный сезон, т.к. присутствующие на них минимальные и максимальные значения относительной уязвимости приводятся к трехранговой шкале. Поэтому все три ранга уязвимости всегда будут присутствовать в каждом из сезонов, но со своими значениями минимумов и максимумов, которые для Кольского залива отличаются незначительно. Во все сезоны характерно преобладание невысокой уязвимости с рангом 1. Для всего залива выделяется лишь несколько районов с максимальной уязвимостью (ранг 3). Это все западное побережье района 6 (район, ограниченный картой масштаба 1:25 000) во все сезоны, и восточное побережье во все сезоны, исключая осень (см. рис. 3.2-1). Причем наибольшую площадь такие уязвимые участки в районе



севернее и южнее губы Питькова имеют место в ранневесенний сезон (рис. 3.2-1б) и весной (рис. 3.2-1в). Такие же уязвимые участки с рангом 3 присутствуют вблизи устья реки Лавна, с наибольшей площадью – в зимний сезон (рис. 3.2-1а), и в кутовой части залива весной и особенно летом (рис. 3.2-1в, г). Кроме того, они отмечаются между о. Торос и материковой частью во все сезоны, кроме летнего (рис. 3.2-1).

*Интегральные карты масштаба 1:150 000. «Абсолютная» уязвимость.* Карты «абсолютной» уязвимости предназначены в первую очередь для природоохранных и научных целей. Они показывают, как меняется ситуация с уязвимостью отдельных районов от сезона к сезону и позволяет их сравнивать в разные сезоны. Такая уязвимость для всего Кольского залива представлена на рисунке 3.2-2. Выявлено, что наиболее уязвимым является ранневесенний сезон, наименее уязвим Кольский залив осенью, и их значения уязвимости отличаются почти вдвое. Минимальные значения «абсолютной» уязвимости меняются от 6 усл. ед. осенью, до 15 усл. ед. зимой и ранней весной, максимальная «абсолютная» уязвимость - от 188 усл. ед. осенью, до 355 усл. ед. ранней весной (рис. 3.2-2). Все итоговые сезонные значения уязвимости для «абсолютных» карт приводятся к единой трехранговой шкале от минимальной величины (осенью) до максимальной (весной) с равными интервалами. Поэтому осенью уязвимость всей акватории представлена только рангами пониженной уязвимости 1 - 2 и практически вся акватория «зеленая», т.к. участки с рангом 2 занимают очень незначительную площадь (рис. 3.2-2 г). В остальные сезоны присутствуют все три ранга уязвимости, но, как и на картах «относительной» уязвимости повсеместно преобладает ранг 1 (рис. 3.2-2).

Тактические карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости показывают, что наиболее уязвимыми являются прибрежные участки, а также самая кутовая часть залива и отдельные губы и бухты. Это означает, что при операциях по ЛРН особое внимание следует обращать на участки вблизи берега (для всего залива), и только для самой южной (кутовой) части залива уязвимой является значительная часть акватории. Более детальную картину могут дать только крупномасштабные карты уязвимости – объектные, масштаба 1:25 000 и больше. Именно они позволяют непосредственно на месте скоординировать действия в районе загрязнения и облегчить процесс выбора приоритетов при проведении операций по ликвидации разливов нефти, способствуя минимизации ущерба окружающей среде.

*Район 6. «Относительная» уязвимость.* На картах «относительной» уязвимости (Приложения Б.1.3, Б.2.3, Б.3.3, Б.4.3, Б.5.3,) картина, отличная от таковой для этого района на тактических картах (рис. 3.2-1). Это обусловлено тем фактом, что присутствует элемент генерализации при построении разномасштабных карт исходного распределения групп биоты.

На объектных картах такое распределение представлено более подробно и нормируется далее на конкретный картографируемый район, а не на весь залив в целом. Таким образом, для каждого сезона детализируются максимально уязвимые участки. Например, на карте масштаба 1:150 000 участки с рангом 3 занимали почти всю прибрежную зону западного и восточного берегов залива практически во все сезоны (рис. 3.2-1). На объектной же карте зимой и осенью (Приложения Б.1.3, Б.5.3) это небольшой участок в губе Тюва, губа напротив о. Брандвахта, небольшие участки в южной части этого района (участки южнее м. Лас). Летом исчезает ранг 3 на участке губы у о. Брандвахта (Приложение Б.4.3). Ранней весной и весной максимально уязвимыми являются только в южной части этого района 6 для объектных карт (Приложения Б.2.3, Б.3.3) и для тактических (рис. 3.2-1б, в, г). В меньшей степени такое различие выявлено для осени: распределение наиболее уязвимых участков сходно для объектных и тактических карт в данном районе 6 (Приложение Б.5.3, рис. 3.2-1д). Поэтому именно эти участки с рангом уязвимости 3 требуют особой защиты.

Таким образом, с учетом максимальной уязвимости на тактических картах (масштаб 1:150 000) для района 6 при ЛРН следует ориентироваться на то, чтобы отвести нефть в менее уязвимые районы севернее (район 7) или южнее (район 5). В случае невозможности реализовать это, объектные карты «относительной» уязвимости (карты масштаба 1:25 000) детализируют информацию о наиболее уязвимых районах и позволяют выделить «жертвенные» участки, то есть участки для этого района 6, куда можно было бы первоначально с помощью боновых заграждений направить нефтяные пятна для последующего сбора на литорали, если собрать всю нефть на акватории сразу не представляется возможным. Для района 6 это могут быть губа Горячинская и небольшая губа между м. Лас и губой Горячинской для западного побережья, а для восточного – устье губы Тюва и губа Антонова.

*Район 6. «Абсолютная» уязвимость.* Для объектных карт района 6 в масштабе 1:25 000 (Приложение Б) распределение уязвимости также отличается от ситуации на тактических картах в рассматриваемом районе (рис. 3.2-2). Участки высокой уязвимости более локализованы, но общая тенденция сезонной изменчивости уязвимости в течение года сохраняется. Наиболее уязвимым является ранневесенний сезон (Приложение Б.7.3), минимальной уязвимостью характеризуется данный район Кольского залива осенью (Приложение Б.7.10.3), и их значения уязвимости отличаются значительно. Большая часть прибрежных участков района имеет «зеленый» и «желтый» цвет, то есть низкую и среднюю уязвимость (ранги 1 и 2). Осенью для этого района участки с рангом 3 отсутствуют совсем. Зимой и летом у м. Лас западного побережья прослеживается небольшой участок высокой

уязвимости (Приложения Б.6.3, Б.9.3). Весной площадь участка с рангом 3 увеличивается там, и появляется еще один небольшой участок на противоположном берегу у м. Чирковый (Приложения Б.7.3, Б.8.3).

*Районы 3 и 4. Карты «относительной» уязвимости.* На тактических картах «относительной» уязвимости масштаба 1:150 000 рассматриваемые районы 3 и 4 менее уязвимы, чем район 6. Здесь участки с высокой уязвимостью (ранг 3) присутствуют только ранней весной (рис. 3.2-1б) и имеют при этом очень малую площадь у западного берега залива (район 4) и осенью в губе Белокаменная также с крайне незначительной площадью (район 3, рис. 3.2-1д). Для района 3 в целом на сезонных картах масштаба 1:150 000 характерна в основном низкая уязвимость (ранг 1) с незначительными участками средней уязвимости (ранг 2) побережья во все сезоны кроме осени (рис. 3.2-1). Примерно такая картина, в общем, сохраняется для него и на объектных картах, за исключением осеннего периода, где так же присутствуют ранг 2 и 3 (Приложения Б.1.1, Б.2.1, Б.3.1, Б.4.1, Б.5.1). В районе 4 на тактических картах так же, как и на объектных преобладает акватория, относящаяся к рангу низкой уязвимости, однако в побережье отличия существенны. Так на тактических картах во все сезоны кроме весенних участков, примыкающие к берегу, характеризуются средней уязвимостью (ранг 2) – см. рис. 3.2-1. На картах объектных локализуется так же максимальная уязвимость (ранг 3) и общая площадь акватории, с повышенными рангами уязвимости увеличивается (Приложения Б.1.2, Б.2.2, Б.3.2, Б.4.2, Б.5.2). Узкая полоса акватории, примыкающей к западному берегу, характеризуется высокой уязвимостью во все сезоны. На восточной стороне залива такие участки наблюдаются зимой, летом и осенью в губах Грязная, Варламова и на север от губы Ваенга. Ранней весной и в весенний период участок с рангом 3 сохраняется в самой северной его части, остальная часть побережья имеет только среднюю уязвимость, причем весной значительно меньшей площади (Приложения Б.2.2, Б.3.2). Таким образом, при крайней необходимости и невозможности быстро собрать нефть на акватории вдали от берегов, то следует направлять ее в район 3, т.к. там побережье малоуязвимо (Приложения Б.1.1, Б.2.1, Б.3.1, Б.4.1, Б.5.1). Если загрязнение распространено в районе 4, то «жертвенным» может быть выбран участок между губами Грязная и Варламова (Приложения Б.1.2, Б.2.2, Б.3.2, Б.4.2, Б.5.2).

*Районы 3 и 4. Карты «абсолютной» уязвимости.* Для объектных карт района 3 (Приложения Б.6.1, Б.7.1, Б.8.1, Б.9.1, Б.10.1) распределение уязвимости практически сходно с таковым на картах тактических, где практически вся акватория окрашена в зеленый цвет низкой уязвимости (рис. 3.2-2). На картах района 4 отличие выявлено для зимы и ранней весны, когда в

прибрежной полосе к рангу средней уязвимости добавляется ранг 3 (Приложения Б.6.2, Б.7.2) на участках сходных с таковыми на картах «относительной» уязвимости в эти сезоны (Приложения Б.1.2, Б.2.2). Однако на тактических и объектных картах рассматриваемых районов полностью сохраняется тенденция сезонной изменчивости уязвимости в течение года. Наиболее уязвимым является ранневесенний сезон, минимальной уязвимостью характеризуются данные районы Кольского залива осенью (Приложения Б.6.1 – Б.10.3).

Присутствуют некоторые «нестыковки» объектных карт соседних районов между собой и с тактическими картами. Как уже отмечалось выше, объектные карты (масштаб 1:25 000) уязвимости отдельных районов не повторяют уязвимость тактических карт (масштаб 1:150 000). Это является неизбежным следствием нормирования исходных данных – значений распределения подгрупп/видов биоты - на общее обилие групп биоты в каждом конкретном районе. Но при ином подходе трудно ориентироваться и сравнивать уязвимость соседних участков на одной карте. А в данном случае каждая карта интегральной уязвимости того или иного масштаба позволяет это делать в пределах границ карты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика построения карт «относительной» и «абсолютной» уязвимости прибрежно-морских акваторий, учитывающая сезонное распределение биоты (макрофитобентос, макрзообентоса, мегазообентоса, орнитофауны), а также расположение особо значимых (эколого-экономических) объектов в Кольском заливе. Учтен различный характер возможного негативного воздействия нефти среднего типа на рассматриваемые ресурсы. На этой основе построены тактические (масштаба 1:150 000) карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости всего залива, а также карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости трех районов Кольского залива: южной части среднего колена (районы 3 и 4) и северного колена (район 6).

Для планов ЛРН необходимо использовать карты «относительной» уязвимости – тактические и объектные. Тактические карты – для планирования операций по ЛРН для сравнительно больших районов, объектные карты – для планирования действий по ЛРН в конкретных небольших районах. Такие карты наглядно показывают самые уязвимые участки (с рангом 3), где сосредоточено максимальное биоразнообразие и повышенные значения обилия биоты, а также скопление значимых или особо уязвимых объектов в пределах всего Кольского залива и в рассматриваемом районе в определенный сезон. Это способствует выявлению зон приоритетной защиты и «жертвенных» районов (с рангом 1), снижая негативные последствия для окружающей среды после нефтеразлива.

Карты «абсолютной» уязвимости могут быть использованы для различных природоохранных целей, давая важную информацию, где и в какой сезон необходимо ограничить какую-либо деятельность (районы с рангом 3) или в первую очередь требуется проводить поставарийные и мониторинговые наблюдения (районы с рангами 2 – 3).

Для береговой зоны Кольского залива проведено ранжирование типов его берегов по адаптированной к местным условиям системе индексов ESI, учитывающих восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению, а также трудности очистки от нефти. Опираясь на рекомендации международных организаций, построена картосхема чувствительности берегов всего залива, за исключением закрытых губ северного колена.

В перспективе для повышения точности оценки уязвимости акватории Кольского залива к воздействию нефти необходимо проведение дополнительных экспедиционных исследований и получение более детальной информации по пространственному распределению учитываемых компонентов биоты (высокая обеспеченность данными по месяцам), а также ихтиопланктона и

рыб, что в силу разных причин невозможно было выполнить в настоящей работе. Рекомендуется дальнейшее изучение особенностей экологии и восприимчивости биоты к токсиканту в натуральных условиях и на основе сопоставимых экспериментальных данных. Важно компьютерное моделирование поведения разных типов нефти при разливе. Вследствие всего этого возможно будет дать количественные (не ранговые или относительные) значения параметрам уязвимости различных групп/подгрупп/видов биоты, а также построить карты для тяжелой и легкой нефтей.

Требуются мониторинговые наблюдения в закрытых губах северного колена Кольского залива (не охваченных данным исследованием) и построения карт распределения биоты, особо значимых объектов и карт уязвимости, а также фотосъемка берегов для определения их чувствительности по ESI.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм оценки интегральной уязвимости акваторий от нефтяного загрязнения, предполагающий суммарный учет показателей среды и биоты на основе сезонных карт плотности распределения важных компонентов биоты и расположения особо значимых объектов. Для биологической составляющей принимается во внимание вклад каждого из учитываемых компонентов в итоговую уязвимость, а также их сезонная и годовая изменчивость. Этим достигается большая точность расчетов. Построены разномасштабные карты «относительной» и «абсолютной» интегральной уязвимости акватории Кольского залива для применения их в планах ликвидации разливов нефти и природоохранных целей. Для берегов залива проведено ранжирование степени их чувствительности к нефти по адаптированной системе индексов ESI.

2. Дана оценка уязвимости важных компонентов биоты и определена приоритетность защиты особо значимых объектов в Кольском заливе от воздействия средней по плотности нефти. Наиболее уязвимыми для биоты являются птицы, т.к. минимальные концентрации нефти становятся для них летальными, а восстановление популяций птиц до исходного состояния, при прочих равных условиях занимает длительный срок в связи с их низким репродуктивным потенциалом. Тот факт, что риск соприкосновения с нефтью у подгруппы ныряющих птиц очень велик и обусловлен их поведенческими особенностями, это делает их максимально уязвимыми при разливах нефти. Для особо значимых объектов наибольшая приоритетность защиты присвоена районам размножения крабов и развития их личинок, т.к. организмы на ранних стадиях развития характеризуются высокой степенью уязвимости.

3. Подготовленные карты «относительной» уязвимости Кольского залива показывают районирование уязвимости его акватории от загрязнения нефтью в каждый конкретный сезон. Максимально уязвима кутовая часть залива весной и летом (апрель - август), западное и восточное побережье на севере среднего колена во все сезоны. Карты «абсолютной» уязвимости позволяют сравнивать уязвимость акватории залива в разные сезоны. Выявлено, что наиболее уязвимым является ранневесенний сезон (февраль - март), наименее уязвим Кольский залив осенью (сентябрь – октябрь). На всех картах прослеживается тенденция приуроченности уязвимых районов Кольского залива к прибрежной полосе, где сосредоточено максимальное биоразнообразие и повышенные значения обилия биоты, а также скопление значимых или особо уязвимых объектов.

Для берегов Кольского залива наиболее чувствительными по ESI являются осыхающие

отмели, где велика степень проникновения и длительность естественного сохранения там нефти, что ведет к риску вторичного загрязнения. Это протяженные литорали в кутовой части залива, на западном берегу южного и среднего колен, а также побережья крупных губ Тюва и Средняя, защищенных от сильного волнения.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимова Н.А. Иглокожие (*Echinodermata*) Баренцева моря // Современный бентос Баренцева и Карского морей. Апатиты : КНЦ РАН. 2000. – С. 228-347.
- Анкер-Нильссен Т. Классификация природных ресурсов по степени их чувствительности к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне и в районе архипелага Шпицберген. НИНА, Доклад №310. 1994. – С. 1-18.
- Анкер-Нильссен Т. Методы анализа последствий воздействия нефтяного загрязнения на морских птиц. Доклад №44. 1987. – С. 1-114.
- Атлас течений Кольского залива. ГУНиО МО СССР, 1992. – 122 с.
- Баканев С.В. Плодовитость и некоторые другие репродуктивные параметры камчатского краба в Баренцевом море // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Мурманск : Изд-во ПИНРО. 2003. – С. 78–88.
- Бамбуляк А.Н. Прогноз развития морских грузоперевозок в границах акваторий Баренцева, Белого и Карского морей для разработки мероприятий по защите уязвимых участков моря и берегов от негативного воздействия судоходства / Отчет WWF 000388. – Мурманск. 2011. – 23 с.
- Бахарев В.И., Глазов А.Л. Проблемные вопросы экологической безопасности Мурманской области при транспортировке и перевалке нефти и нефтепродуктов. Мурманск, 2007. – 40 с.
- 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: Материалы международной конференции. Мурманск, 17-19 ноября. Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 37 – 42.
- 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 / [Отв. Ред. Г.Г. Матишов]; ММБИ КНЦ РАН. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 245-262.
- Берега / Каплин П. А., Леонтьев О. К., Лукьянова С. А., Никифоров Л. Г. Издание: Мысль, 1991. (Сер. «Природа мира»). – 479 с.
- Бескид П.П., Дурягина Е.Г. Влияние нефтеразливов на морскую среду и ее обитателей. – РГГМУ, 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.baltprint.ru/index.php/novosti/ekologiya> (Дата обращения: 15.09.2015).
- Блиновская Я.Ю. Информационное обеспечение экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений на шельфе. Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2006. – 232 с.
- Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий [Электронный ресурс]. – Мурманск : WWF, 2013. – 52 с. – URL: <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/868> (Дата обращения: 15.09.2014).

- Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. – Т. 309. № 3. – С. 42-45.
- Воробьев Ю.Л., Акимов В.А. Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Ин-октаво, 2005. – 368 с.
- Воскобойников Г.М., Матишов Г.Г., Быков О.Д., Маслова Т.Г., Шерстнева О.А., Усов А.И. Об устойчивости морских макрофитов к нефтяному загрязнению // Доклады академии наук. 2004. –Т. 397. № 6. – С. 842-844.
- Герлах А.Г. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 263с.
- Гончарова О.В., Шошина Е.В. морфофункциональные параметры *Fucus vesiculosus* в условиях Кольского залива // Вестник МГТУ, 2013. – Т. 16, № 3. – С. 437-448.
- Горяев Ю.И., Горяева А.А., Татаринкова И.П. Крупные чайки в антропогенных ландшафтах Западного Мурмана (Кольский полуостров) // Беркут.– Т. 20, вып. 1-2, 2011. – С. 90-110.
- Горяев Ю.И., Краснов Ю.В., Карнатов А.Н., Шавыкин А.А. Горяева А.А. Авифауна Кольского залива, как объект нефтяного загрязнения. Численность и сезонное распределение гагарообразных, веслоногих, гусеобразных и ржанкообразных. 2015 г. Неопубликовано.
- Горяев Ю.И., Татаринкова И.П. К оценке синантропных тенденций некоторых видов чаек рода *Larus* на Мурмане в условиях депрессии их кормовой базы // Проблемы региональной экологии. 2010. № 5. – С. 138-144.
- ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. – Введ. 2002.01.08. – М. : Госстандарт России, 2002. – 12 с.
- Гудимов А.В., Петров В.С. Распределение и динамика бентоса в сублиторали губы Белокаменная: оценка влияния нефтяного загрязнения в полевом эксперименте // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 133-144.
- Гудимов А.В., Фролов А.А. Литоральные донные сообщества эстуария р. Тулома и кута залива // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 123-133.
- Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г, Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. Часть III // Тр. Ленингр. общ. естествоиспыт. 1930. – Т. 60. Вып. 2. – С. 17-107.
- Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования // Записки Императорской Академии Наук. Петроград, 1915. – Т.34. № 1. – 929 с.
- Журавель В.И., Вонк П. Проблема учета чувствительности акваторий и побережий Арктики к аварийным нефтяным загрязнениям // Тезисы докладов междунар. научно-практич. еонф. «Методология и процедура оценки воздействия морской нефтегазовой индустрии на окружающую среду Арктики», 1996. – ММБИ КНЦ РАН. – С.33-37.
- Зинова Е.С. Водоросли Мурмана. Введение. Зеленые и красные водоросли. Тр. СПб. об-ва естествоиспыт., 1912. – Т. 23. вып. 23, ч. 1. – С.170-343.

- Зуев Ю.А. Мегабентос верхней сублиторали Кольского залива Баренцева моря. Автореф. ... дисс. канд. биол. наук (25.00.28 – океанология). Мурманск, 2012. – 27 с.
- Зуев Ю.А. Подводные ландшафты верхней сублиторали // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв.ред. Матишов Г.Г. М. : Наука, 2009. С. 130-142.
- Зуев Ю.А., Павлова Л.В. Особенности распределения мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива (Баренцево море) // ДАН. 2011. – Т. 439. № 5. – С. 713-717.
- Иваненко Н.Ю. 2013. Орнитофауна Западного Мурмана на примере губы Печенга и Айновых островов 2013. // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология. / [Отв. ред. П.Р. Макаревич]; ММБИ КНЦ РАН. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН 2013. – С. 64-102.
- Иваненко Н.Ю. Авифауна Кольского залива в марте 2007 г. // Материалы XXVI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, проводимой в рамках Международного полярного года (г. Мурманск, май 2008 г.). Мурманск : Мурм. полиграф. компания, 2008. – С. 58-64.
- Измайлов В.В. Перенос и трансформация нефтяного загрязнения Северного Ледовитого океана. СПб. : Гидрометеиздат, 1999. – 139 с.
- Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 527 с.
- Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря / Под общ. ред. Н.Н. Морфенина. – М. : Т-во научных изданий КМК, 2006. – 312 с.
- Ильин Г.В., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Химическое загрязнение и накопление радионуклидов в элементах экосистемы Баренцева и Белого морей // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 1. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. – 557 с.
- Калинка О.П. Предложения к единой методике картирования уязвимости морских акваторий и побережий для планов ЛРН // Материалы XXIX конференции молодых ученых ММБИ, посвященной 140-летию со дня рождения Г.А. Ключе (г. Мурманск, май 2011 г.) – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2011. – С. 95-101.
- Калинка О.П., Ващенко П.С., Карнатов А.Н. Оценка уязвимости окружающей среды Северо-Западного Сектора Арктики от прогнозируемых воздействий // Материалы XXX юбилейной конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 150-летию со дня рождения Н.М. Книповича «Проблемы океанографии, биологии и освоения биоресурсов морей российской Арктики» (г. Мурманск, май 2012). - Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2012. – С. 72-79
- Калинка О.П., Духно Г.Н. Рекомендации по созданию карт чувствительности Баренцева моря для планов ликвидации аварийных разливов нефти // Материалы XXVI конференции молодых ученых ММБИ (г. Мурманск, май 2008 г.) – Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН. 2008. – С. 67-74.
- Калинка О.П., Духно Г.Н. Рекомендации по созданию карт чувствительности (уязвимости) Баренцева моря для планов ЛРН / Шавыкин А.А., Ильин Г.В. Оценка интегральной

- уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2010. – С. 80-83.
- Калинка О.П., Духно Г.Н., Сапрыгин В.В. Оценка уязвимости Баренцева моря к нефтяному загрязнению // XXV юбилейная конференция молодых ученых Мурманского морского биологического института (г. Мурманск, май 2007 г.) – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2007. – С. 63 - 71
- Калинка О.П., Иванов С.А., Анализ судовой съемки и данных дистанционного зондирования берегов Кольского залива // Материалы XXVII конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (г. Мурманск, май 2009). – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2009. – С.75-82.
- Калинка О.П., Карнатов А.Н., Ващенко П.С. Карты уязвимости акватории и прибрежной зоны Кольского залива для планов ликвидации разливов нефти // Материалы XXXI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 135-летию со дня рождения Дерюгина (г. Мурманск, май 2013) – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2013а. – С. 102-108.
- Калинка О.П., Карнатов А.Н., Ващенко П.С. Оценка экологической уязвимости к нефтяному загрязнению на примере Белого моря // Сб. материалов XII Международной конференции с элементами школы для молодых ученых и аспирантов «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013б. – С. 139 – 143.
- Калинка О.П., Карнатов А.Н., Ващенко П.С. Разработка карт экологической уязвимости прибрежных и морских зон арктических морей от нефти на примере Кольского залива // Тез. Докл. междунар. науч. конф. (г. Мурманск, 1-3 апреля 2015 г.); ММБИ КНЦ РАН. – Апатиты : КНЦ РАН, 2015. – С. 95 – 97.
- 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): тезисы докладов V Международной конференции 29–30 октября 2014 г. – М. : Газпром ВНИИГАЗ, 2014. – С. 95.
- Калинка О.П., Шавыкин А.А., Ващенко П.С. Оценка чувствительности берегов Кольского залива к нефтяному загрязнению // Материалы международной конференции «Нефть и газ арктического шельфа» (г. Мурманск, 12-14 ноября 2008 г.). – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН. 2008. – С. 168-173.
- Карты экологической чувствительности/уязвимости [Электронный ресурс]. – Центр компетенции по разливам нефти в Арктике, 2015. – URL: <http://osr-arctic.ru/ru/matrica-kompetencii-resursy/karty-ekologicheskoy-chuvstvitelnosti> (Дата обращения: 27.12.2015).
- Кольский залив (Мурманская область) сильно загрязнен нефтепродуктами [Электронный ресурс]. Новости компании СканЭкс, 2012. – URL: [http://www.scanex.ru/ru/news/News\\_Preview.asp?id=n412543](http://www.scanex.ru/ru/news/News_Preview.asp?id=n412543) (Дата обращения: 19.10.2015).

- Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты / Коллектив авторов. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. – 265 с.
- Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / [отв. ред. Г.Г. Матишов] ; ММБИ КНЦ РАН. – М. : Наука, 2009. – 381 с.
- Комплексное управление морской средой Баренцева моря и морских районов, прилегающих к Лофотенским островам (план управления). [Электронный ресурс] Доклад правительства Стортингу № 8. 2005-2006. – Осло (Норвегия), 2006. – 178 с. – URL: <http://www.regjeringen.no/upload/MD/Vedlegg/Svalbard%20og%20polaromraadene/Forvaltningsplan%20Barentshavet/Stm0080506-russisk-TS.pdf> (Дата обращения: 08.08.2014).
- Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / отв. ред. Н.А. Константинова, А.С. Корякин, О.А. Макарова, В.В. Бианки. – Кемерово: «Азия-принт», 2014. 1-584 с.
- Красная книга Российской Федерации (животные) / РАН; Гл. редкол.: В. И. Данилов-Данильян и др. — М.: АСТ: Астрель, 2001. — 862 с.
- Краснов Ю.В., Гаврило М.В. О зимовке морского песочника *Calidris maritima* на побережьях Кольского полуострова // Кулики Северной Евразии: экология, миграция и охрана: Тез. докл. VIII Междунар. науч. конф. (10-12 ноября 2009 г., Ростов-на-Дону). Ростов н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2009. – С. 79-80.
- Краснов Ю.В., Горяев Ю.И. Птицы северных и южных морей России: фауна, экология. / [Отв. ред. П.Р. Макаревич]; ММБИ КНЦ РАН. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН 2013. – С. 38-64.
- Краснов Ю.В., Горяев Ю.И. Фауна морских и водоплавающих птиц // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М. : Наука, 2009. – С. 264-284.
- Кузнецов В.В. Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей. М.–Л. : Наука, 1964. – 242 с.
- Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2003. – 307 с.
- Курапов А.А., Кармюк М.И., Катунин Д.Н., Монахов С.К. Эколого-рыбохозяйственное районирование и охрана биологических ресурсов Северного Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. – № 7. – С. 81-88.
- Лаврова М.А. Основные этапы четвертичной истории Кольского полуострова // Изв. Всесоюз. Геогр. Общ., 1947. – Т.79, вып. 1. – С. 45-51.
- Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова // Изв. АН СССР. М.–Л. : 1960. – 230 с.
- Лоция Баренцева моря, часть 2 (№1112). СПб: ГУНиО, 1995. – 463 с.
- Лоция Баренцева моря, часть 2. От реки Ворьема до пролива Карские ворота и западные берега островов Новая земля (№1112). СПб: ГУНиО, 2006. – С. 112-163.
- Любина О.С., Ахметчина О.Ю., Фролова Е.А., Фролов А.А., Дикаева Д.Р., Гарбуль Е.А. Зообентос литорали и сублиторали. Количественное распределение, пространственно-

- временная изменчивость // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв. ред. Матишов Г.Г. – М. : Наука, 2009. – С. 161-182.
- Макаров М.В., Рыжик И.В., Воскобойников Г.М. Восстановление зарослей фукусовых водорослей на литорали Баренцева моря // Труды ВНИРО. 2007. – Т. 147. – С. 376-380.
- Малавенда С.В., Комракова Д.Г., Малавенда С.С. Изменение структуры литоральных фитоценозов Мурмана при антропогенном воздействии // Вестник МГТУ. 2013. – Т. 16. № 3. – С. 486-492.
- Малавенда С.С., Кравец П.П., Шошина Е.В. Исследование фитобентосных сообществ губы Тюва Кольского залива // Рыбное хозяйство. 2008. – № 2. – С. 105-107.
- Малавенда С.С., Малавенда С.В. Черты деградации в фитоценозах южного и среднего колен Кольского залива Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2012. – Т. 15. № 4. – С. 794-802.
- Матишов Г.Г. Жичкин А.П., Моисеев Д.В. Схема циркуляции вод и положения климатических фронтальных зон в Баренцевом море. Мурманск. ММБИ, 2010.
- Матишов Г.Г. Кризис экосистемы Баренцева моря. Причины дестабилизации. Апатиты, 1990а. Препринт-1. – 64 с.
- Матишов Г.Г. Кризис экосистемы Баренцева моря. Пути восстановления. Апатиты, 1990б. Препринт-2. – 47 с.
- Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Экологический мониторинг прибрежной зоны Баренцева и Карского морей // Известия АН. Серия географическая. – М. : Наука. 1999. – № 3. – С. 69-76.
- Матюшкин В.Б. Особенности размножения камчатского краба во фьордовых водах Западного Мурмана // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2003. – С. 88-100.
- Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов. – Мурманск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012. – 60 с.
- Мионов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. М. : Пищепромиздат, 1972. – 105 с.
- Мионов О.Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. Л., Гидрометеиздат, 1985. – 127 с.
- Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. – СПб., 2006. – 367 с.
- Научно-методические подходы к оценке воздействия газонефтедобычи на экосистемы морей Арктики (на примере Штокмановского проекта) / Под ред. Г.Г. Матишова и Б.А. Никитина. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. – 393 с.
- Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря / Пер. с англ. С.И. Бакума, Б.М. Затучной. – М. : Прогресс, 1977. – 303 с.

- Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) М.: Научный мир, 2004. – 328 с.
- Новиков М.А. Интегрированная оценка эколого-рыбохозяйственной уязвимости морских акваторий: от теории к практике. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2013. – 124 с.
- Новиков М.А. Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей). – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2006. – 250 с.
- Новиков М.А. Оценочное эколого-рыбохозяйственное районирование морских акваторий // Водные ресурсы. 2004. – Т.31, № 2. – С.199-208.
- Носков Б.Д., Правдивец Ю.П. Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 280 с.
- Отчет о береговой экспедиции 23-24 августа 2005 г. – Горяева А.А. Архив ММБИ, 2005.
- Отчет о проведении судовых наблюдений за птицами и морскими млекопитающими в рамках экспедиции на НИС “Дальние Зеленцы” Кольский залив – Варангер-фьорд 1-4 марта 2007 г. – Иваненко Н.Ю. Архив ММБИ, 2007а.
- Отчет об экспедиции “Инженерно-экологические изыскания для ТЭО “Портовые комплексы для угля и генеральных грузов в составе Мурманского портового транспортного узла” 12-15 июля 2006 г. – Иваненко Н.Ю. Архив ММБИ, 2006а.
- Отчет об экспедиции на теплоходе “Клавдия Еланская” 28-30 апреля 2006 г. – Горяев Ю.И., Иваненко Н.Ю. Архив ММБИ, 2006б.
- Отчет РГО. Исследования прибрежья и береговой зоны северной части Кольского залива и разработка карт уязвимости всего залива от нефти. 4 книги: Заказчик ВОО «Русское географическое общество»: хоз. договор № 26/2013-НЗ от 02.04.2013 / рук. Шавыкин А.А. – Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2014. – 798 с.
- Отчет экспедиции на а/л “Арктика” и т/х “Иван Богун” в Баренцево, Белое и Карское моря в марте 2007 г. – Ежов А.В. Архив ММБИ, 2007б.
- Павлова Л.В., Зуев Ю.А. Видовой состав и распределение иглокожих (*Echinodermata*) в верхней сублиторали Кольского залива (Баренцево море) // Биология моря. 2010а. – Т. 36. № 2. – С. 79-87.
- Павлова Л.В., Зуев Ю.А. Распределение, динамика численности и размерно-возрастного состава камчатского краба в Кольском заливе в 2006–2008 гг. // Рыбное хозяйство. 2010б. – № 6. С. 66-69.
- Павлова Л.В., Зуев Ю.А., Фролов А.А. Особенности биоценозов верхней сублиторали // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М. : Наука, 2009. – С. 142-161.
- Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. – М. : Пищ. пром-ть. 1979. – 304 с.
- Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М. : Изд-во ВНИРО, 2001. – 247 с.

- Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. – М. : Изд-во ВНИРО, 2008. – 507 с.
- Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М. : Изд-во ВНИРО, 1997. – 350 с.
- Погребов В.Б. Интегральная оценка экологической чувствительности биоресурсов береговой зоны к антропогенным воздействиям // Основные концепции современного берегопользования. – СПб : Изд-во РГГМУ, 2010. – Т. 2. – С. 43-85.
- Погребов В.Б., Кийко О.А., Чернова Н.В., Дмитриев Н.В., Гаврило М.В., Галактионов К.В. Экологическая чувствительность прибрежной зоны Кольского полуострова к аварийным разливам нефти // Международная научно-практическая конференция "Экологическая безопасность: природа и общество": Тез. докл. СПб, 2004. – С. 80-82.
- Погребов В.Б., Пузаченко А.Ю. Интегральная чувствительность морских экосистем к нефтяному загрязнению // Материалы V научного семинара "Чтения памяти К.М. Дерюгина". – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2003. – С. 5-22.
- Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря. – Мурманск : Изд-во ПИРО, 2011. – 344 с.
- Рыбчак Н.В. Мониторинг акватории Кольского и Кандалакшского заливов в целях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера // Доклад по нефтеразливам, областная Дума, Мурманск 16.10.2012.
- Соколов В.И., Милютин Д.М. Распределение, численность и размерный состав камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в верхней сублиторали Кольского п-ва Баренцева моря в летний период // Зоол. Ж. 2006. – Т. 85. № 2. – С. 158-170.
- Соколов В.И., Милютин Д.М. Современное состояние популяции камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*, Decapoda, Lithodidae) в Баренцевом море // Зоол. Ж. 2008. – Т. 87. № 2. – С. 141-155.
- Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря. – Норвежский полярный ин-т. 2013. – 216 с.
- СП 47.13330.2012. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Издание официальное.– М. : Министерство регионального развития Российской Федерации, 2012. – 117 с.
- Степаньян О.В. Морфо–функциональные перестройки у водорослей–макрофитов Баренцева моря под воздействием нефти и нефтепродуктов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 25.00.28 / Степаньян Олег Владимирович. – Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2003. – 29 с.
- Степаньян О.В., Воскобойников Г.М. Влияние нефти и нефтепродуктов на морфофункциональные особенности морских макроводорослей // Биология моря. 2006. Т. 32. № 4. – С. 241-248.
- Тальберг Н.Б. Сравнительная характеристика особенностей миграции камчатского краба на прибрежных акваториях Баренцева и Охотского морей // Прибрежные гидробиологические исследования: Тр. ВНИРО. [Отв. ред. М.В. Переладов], 2005. – С. 91-101.



- Фащук Д.Я., Овсиенко С.Н., Леонов А.В., Егоров А.П., Зацева С.Н., Ивченко А.А. Геоэкологические последствия аварийных морских разливов нефти // Изв. РАН. Сер. Географ., 2003. – № 5. – С. 57-73.
- Фролов А.А. Двустворчатые моллюски верхней сублиторали среднего и южного колен залива // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М. : Наука, 2009. – С. 182-202.
- Фролова Е.А., Митина Е.Г., Гудимов А.В., Сикорский А.В. Донная фауна сублиторали // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 101-123.
- Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, Г.В. Ильин, Т.Л. Щекатурина, О.Г. Миронов, В.С. Петров, (отв. ред. И.А. Шпарковский). – Апатиты: КНЦ РАН, 1997. – 404 с.
- Численко Л.Л. 1981. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. – М., Изд-во Моск. ун-та. – 208 с.
- Шавыкин А.А. Калинка О.П. Ващенко П.С. Карнатов А.Н. (Россия). Способ оценки уязвимости прибрежно-морских зон от нефти, нефтепродуктов и других химических веществ и построения соответствующих карт уязвимости // Патент на изобретение № 2563549. Российская Федерация, G01V 99/00 (2009/01).– Заявка 2014113844/28, 08.04.2014.опубл. 2-09.2015. Бюл. № 26. 4 л.
- Шавыкин А.А., Ильин Г.В. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2010. – 110 с.
- Шавыкин А.А., Калинка О.П., Духно Г.Н., Сапрыгин В.В., Зырянов С.В. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, № 3, 2008 г., М. : ОАО «ВНИИОЭНГ». – С. 13-22.
- Шошина Е.В., Аверинцева С.Г. Распределение водорослей в губе Ярнышной Баренцева моря. Гидробиол. иссл-ния в заливах и бухтах северных морей России. – Апатиты: КНЦ РАН, 1994. – С. 38-61.
- Экспериментальные исследования влияния загрязнителей на водные организмы / [отв. редактор Барашков Г.К.]. – Апатиты, 1979. – С. 168.
- AMAP (the Arctic Monitoring and Assessment Programme) Assessment 2007: Oil and gas activities in the Arctic – effects and potential effects. Volume 2. – Norway, Oslo : AMAP, 2007. – 277 p.
- API (American Petroleum Institute). A critical review of toxicity values and evaluation of the persistence of petroleum products for use in natural resource damage assessments. – USA, Wilmington : American Petroleum Institute, 1995. – Publication № 4594.
- API (American Petroleum Institute). Crude Oil Category. Category Assessment Document. – USA : American Petroleum Institute, 2011. – Publication № 201-16852B. – 108 p.
- API (American Petroleum Institute). Fate of spilled oil in marine waters. An information booklet for decision-makers. – Health and Environmental Science Department. – Publication No. 4691, 1999. – 42 p.

- Baker C.S., Herman L.M., Bays B.G., Stifel W.F. The impact of vessel traffic on the behavior of humpback whales in southeast Alaska. Report to the National Marine Mammal Laboratory – Seattle, 1982. – 78 p.
- Breiman L., Friedman J., Olshen R., Stone C.J. Classification and Regression Trees. – Chapman and Hall. New York, 1993.
- BRISK (Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea). Method note. Document no. P- 070618-1-01. – Admiral Danish Fleet HQ, National Operations, Maritime Environment. 2009. – Ver. 0.2. – 42 p. – URL: [http://meeting.helcom.fi/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=83433&folderId=504938&name=DLFE-38440.pdf](http://meeting.helcom.fi/c/document_library/get_file?p_l_id=83433&folderId=504938&name=DLFE-38440.pdf) (Дата обращения: 15.09.2014).
- Burger A.E. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: Effects of spill volume // Marine Pollution Bulletin. 1993. – Vol. 26, № 3. – P. 141-143.
- Clark R.B. Impact of Oil Pollution on Seabirds // Environmental Pollution. 1984. – Series A, 33. – P. 1-22.
- Cramp S., Simmons K.E.L. The Birds of the Western Palearctic. – New York, Oxford : Oxford University Press, 1977. – Vol. I. – 722 p.
- Cramp S., Simmons K.E.L. The Birds of the Western Palearctic. – New York, Oxford : Oxford University Press, 1983. – Vol. III. – 913 p.
- Depellegrin D., Blažauskas N., de Groot R. Mapping of sensitivity to oil spills in the Lithuanian Baltic Sea coast. – Baltica, Vilnius. 2010. – Vol. 23, issue 2. – P. 91-100.
- DNV (Det Norske Veritas). Assessment of the Risk of Pollution from Marine Oil Spills in Australian Ports and Waters [Электронный ресурс]. Final Report, 2011. – 50 p. – URL: [http://www.amsa.gov.au/forms-and-publications/environment/publications/Other-Reports/documents/DNV\\_Final\\_Report.pdf](http://www.amsa.gov.au/forms-and-publications/environment/publications/Other-Reports/documents/DNV_Final_Report.pdf) (Дата обращения: 21.02.2014).
- DNV (Det Norske Veritas). Formal safety assessment of tankers for oil. – Confidential Internal Report : DNV Project 383184/4, June 2001.
- Emerson R. Oil spill risk analysis // Environmental risk assessment for oil and gas development on the continental shelf of the Russian Far East (Seminar Presentation, February 1994, Magadan). – 1994. – P. 34-40.
- Environmental Sensitivity Index (ESI) Experience. 2014. Oil-Spill-Info.com (E-Tech International Inc.). Accessed on the Internet at: [http://www.oil-spill-info.com/sum\\_esi.html](http://www.oil-spill-info.com/sum_esi.html) on 15.10.2015.
- Esler D., Bowman T.D., Trust K.A., Ballachey B.E., Dean T.A., Jewett S.C., O'Clair C.E. Harlequin duck population recovery following the Exxon Valdez oil spill: progress, process and constraints // Mar Ecol-Prog Ser. 2002. – Vol. 241. – P. 271-286.
- Etkin D.S., Nauke M., Koefoed J., Johnston P., Wells P., Campbell J., Meyer T., Grey C. Estimates of oil entering the marine environment in the past decade: GESAMP Working Group 32 Project // Proceedings of the 1999 International Oil Spill Conference. – Washington D.C. : API. 1999. – P. 25-30.

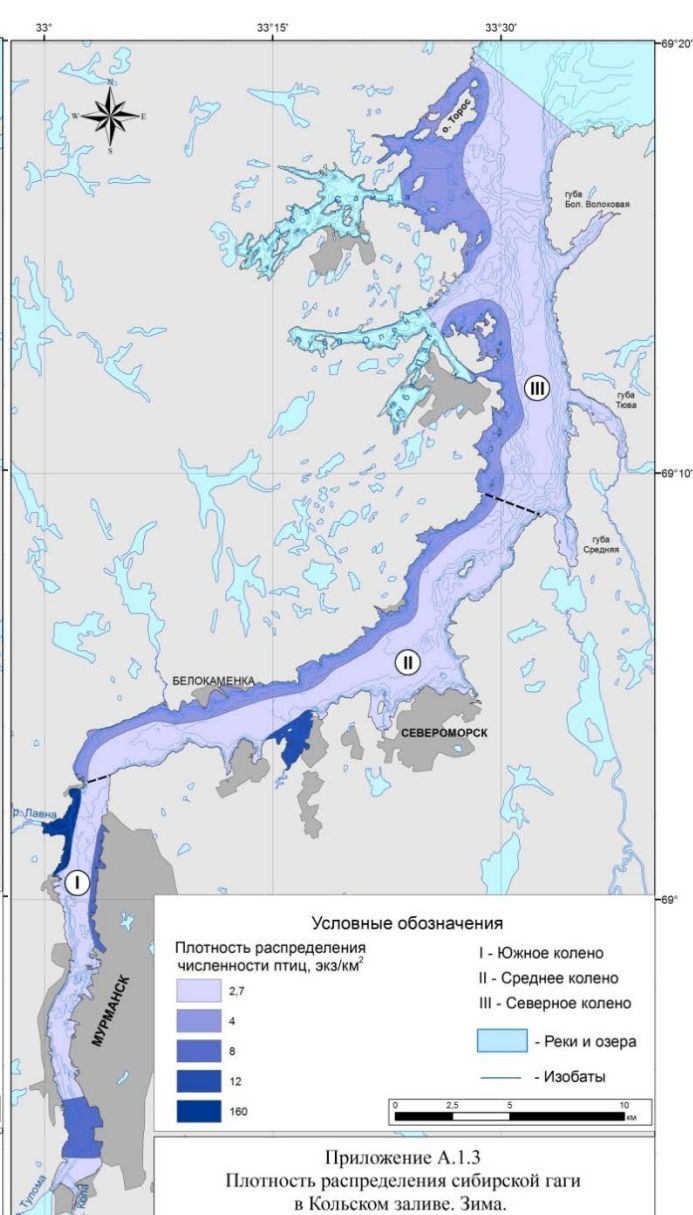
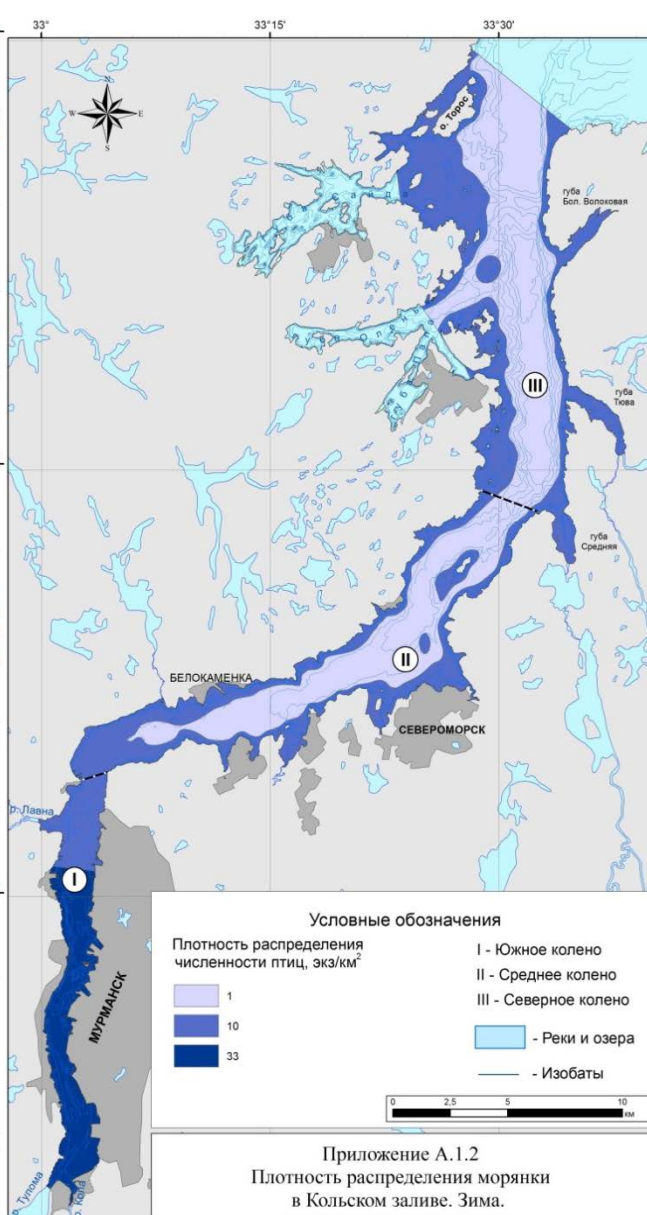
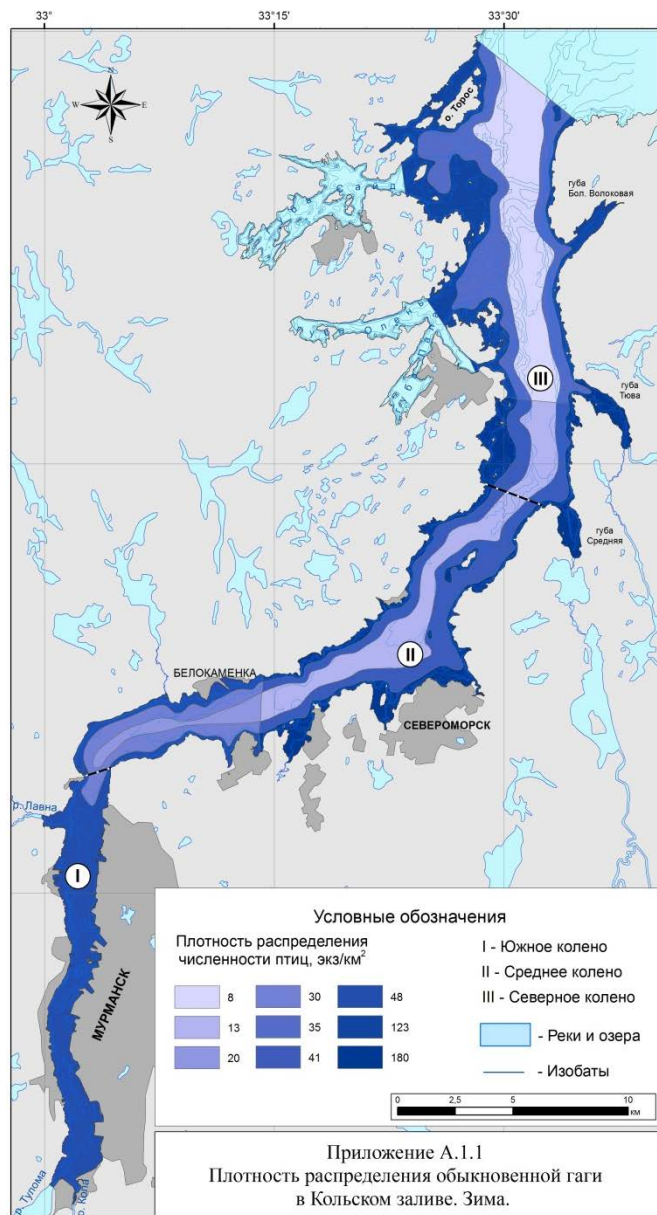
- Faber, J.H., van der Pol J.J.C., Klok T.C., Römken P.F.A.M., Låhr J., Wessels Y., van de Leemkule M.A., Spaan K., de Ruiter H.R.G., de Jong J.H. Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems // Van eco(toxico)logische expertise naar een beslissingsondersteunend systeem (een pilot studie): Report no. 906. – Alterra, Wageningen. 2004. – 87 p.
- French-McCay D. State-of-the-art and research needs for oil spill impact assessment modeling // Proceedings of the 32nd AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response, Emergencies Science Division. – Canada, Ottawa : Environment Canada, 2009. – P. 601-653.
- French-McCay D.P. Development and application of an oil toxicity and exposure model, oiltorex // Environmental toxicology and chemistry. 2002. – Vol. 21, №10. – P. 2080-2094.
- French-McCay D.P. Oil spill impact modeling: development and validation // Environmental toxicology and chemistry. 2004. – Vol. 23, № 10. – P. 2441-2456.
- Gala W.R., Rausina G.A., Ammann M.J., Harvey E.A. Predicting the toxicity of crude oils // Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference. – Washington, D.C. : API. 2001. – P. 935-940.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment // GESAMP Reports and Studies. 1993. – № 50. – 180 p.
- Gundlach, E.R., Hayes, M.O. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts (Уязвимость окружающей среды берегов к воздействиям нефтяного разлива) // Mar. Tech. Soc. Jour. 1978. – № 12. – P. 18-27.
- Holmes W.N. Petroleum pollutants in the marine environment and their effects on sea-birds // Environmental Toxicology. Reviews. [I.E. Hodgson (ed.)]. – Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1984. – P. 251-317.
- Holmes, W.N. and J. Cronshaw. Biological Effects of Petroleum on Marine Birds // Effect of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Environments and Organisms. Vol. II. Biological Effects. – D.C. Malins (ed.), Academic Press, New York, 1977. – P. 359-398.
- ИМО/ИПЕСА. Составление карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти. Т. 1. Лондон: ИПЕСА, 1994. 26 с. (URL: [http://www.caspianenvironment.org/newsite/OSPRI/Other%20Reports/Russian/IMO\\_Vol1\\_ru.pdf](http://www.caspianenvironment.org/newsite/OSPRI/Other%20Reports/Russian/IMO_Vol1_ru.pdf) дата обращения: 2012.04.10). Sensitivity Mapping for Oil Spill Response / ИМО/ИПЕСА Oil Spill Report Series, 1994. – Vol. 1. – 25 p.
- ИМО/ИПЕСА/ОГР. Sensitivity mapping for oil spill response. – London, 2012. – 39 p. – URL: <http://www.ipieca.org/publication/sensitivity-mapping-oil-spill-response-0> (Дата обращения: 12.09.2014).
- ИПЕСА (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association) The main directions of the biological impacts of oil pollution. ИПЕСА report series. – London : ИПЕСА. 2004. – Vol. 1. – 24 p.

- IPIECA. Sensitivity mapping for oil spill response. A guide to contingency planning for oil spill on water (2nd edition). – London : IPIECA, 2000. – Vol. 1. – 30 p.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation). Oil spill effects on fisheries // Technical information paper. – London: ITOPF, 2004. – № 3. – 8p.
- ITOPF. Fate of marine oil spills. Technical information paper 2. – London : ITOPF, 2011. – 12 p. – URL : <http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-2-fate-of-marine-oil-spills/> (Дата обращения 20.10.2015).
- Jackson S. The effects of oil pollution on seabirds // Penguin conservation. Vol. 6, no 3. 1993. P. 4-9.
- Jenssen B.M. Review article: effects of oil pollution, chemically treated oil, and cleaning on the thermal balance of birds // Environmental Pollution. 1994. – Vol. 86 (2). – P. 207-215.
- King J.G., Sanger G.A. Oil vulnerability index for marine oriented birds // Conservation of marine birds of Northern North America. U.S. Fish and Wildlife Service. Wildlife Research Report 11. – Washington, DC, 1979. – P. 227-239.
- MacDonald, A., McGeechan C., Cain M., Beattie J., Holt H., Zhou R., Farquhar D. Identification of Marine Environmental High Risk Areas (MEHRA's) in the UK. In commission of the (UK) Department of Energy, Transport and the Regions. – Norway. 1999. – URL: MEHRAs.<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/pgr/shippingports/shipping/elc/secmehras/pdfmehras> (Дата обращения: 15.09.2015).
- Malins, D. C. Effects of petroleum on arctic and subarctic marine environments and organisms. V. 2: Biological effects. Academic Press, New York, San Francisco, London. [Ed.], 1977. – 500 p.
- McCourt J., Shier L., Preliminary findings of oil-solid interaction in eight Alaskan rivers // Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference. – Washington, D.C. : API 2001. – P. 845-849.
- Moles, A. Sensitivity of 10 aquatic species to long-term crude oil exposure. // Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1998. – № 61. – P. 102-107.
- Moore S.F., Dwyer R.L., Katz A.M. A preliminary assessment of the environmental vulnerability of Machies Bay, Maine, to Oil Supertankers. TR № 162, – USA : Massachusetts Institute of Technology, 1973. – 162 p.
- NAS (National Academy of Sciences). Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. – Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. – 265 p.
- NAS (National Academy of Sciences). Spills of nonfloating oils: Risk and response. National Research Council. – Washington, D.C.: The National Academies Press, 1999 – 65 p.
- NCM (Nordic Council of Ministers). Short- and long-term effects of accidental oil pollution in waters of the Nordic Countries. – Copenhagen : Nordic Council of Ministers, 2007. – 69 p.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Environmental Sensitivity index guidelines. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11. Version 3.0. – USA, Seattle: NOAA, 2002. – 192 p.

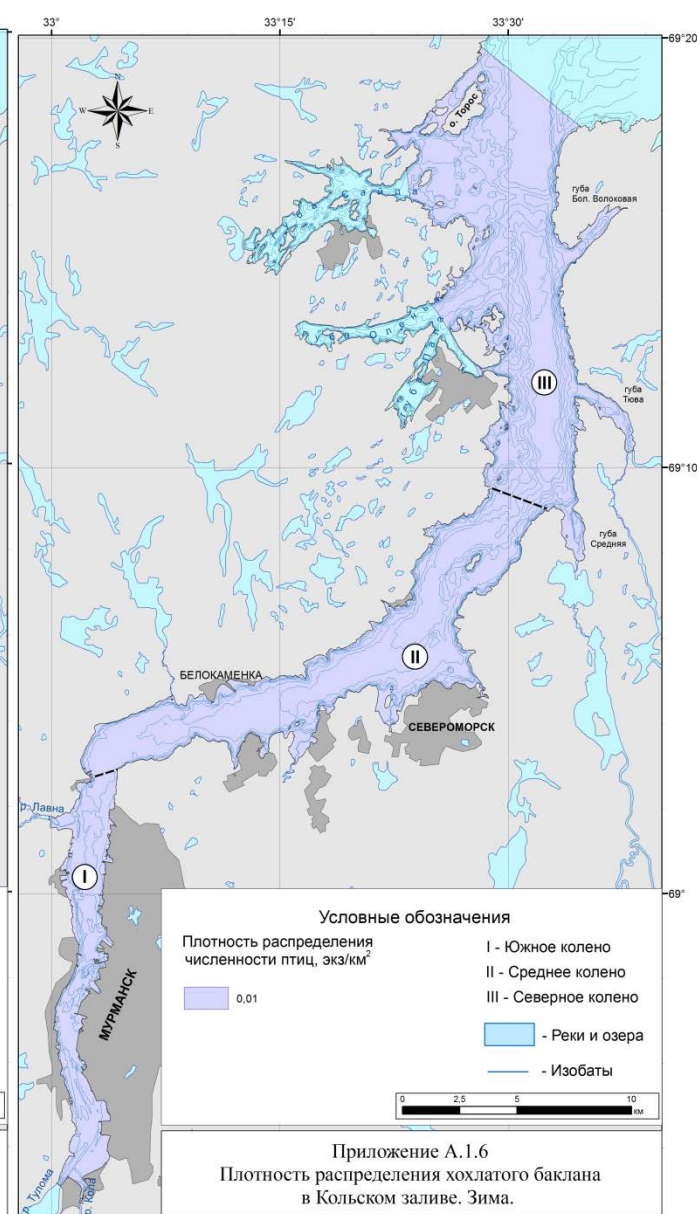
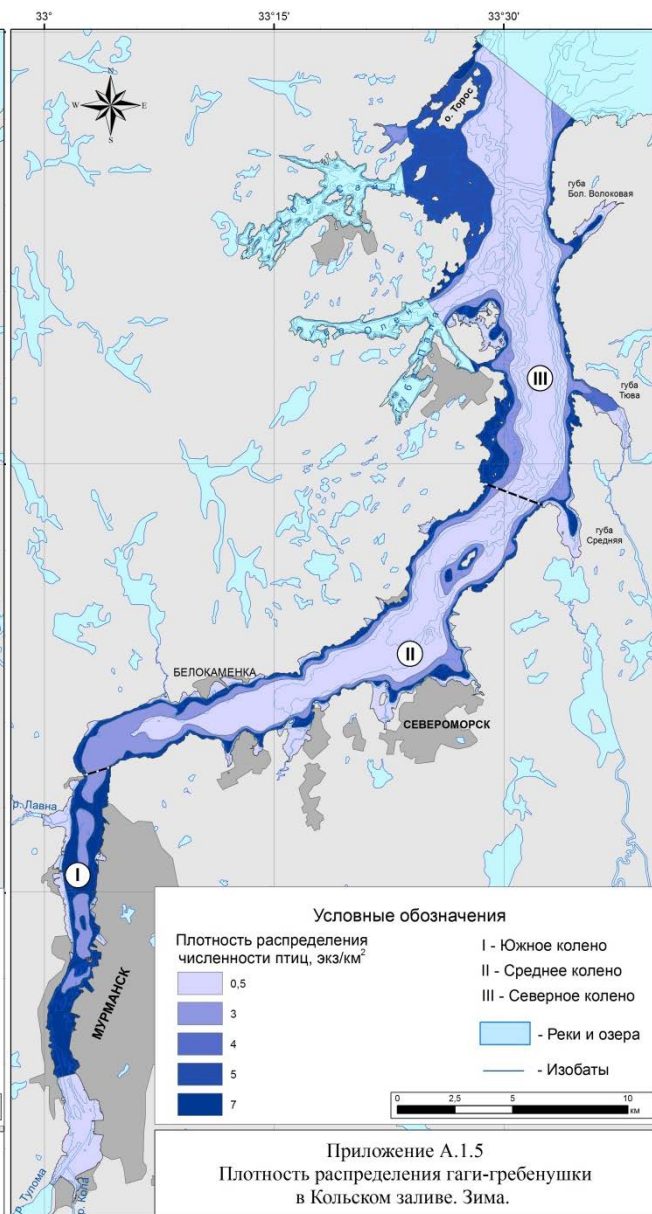
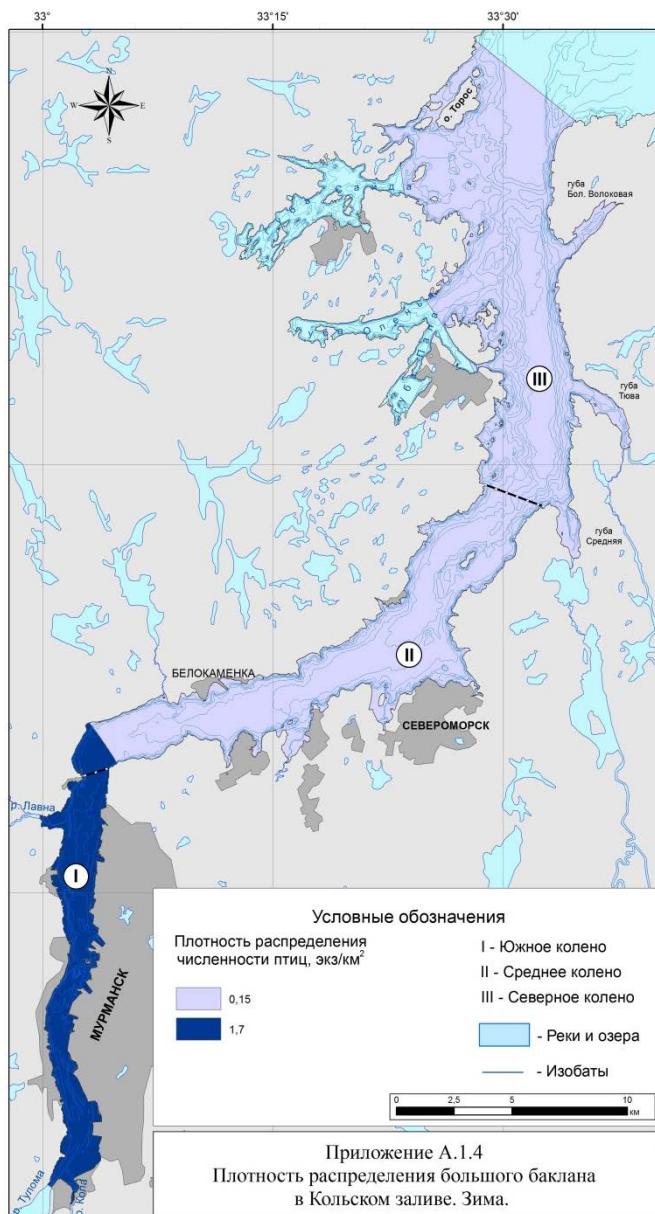
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Outer continental shelf environmental assessment program (OCSEAP) // Final reports of principal investigators. – Vol.36. Part 1 of 2. – USA, Seattle : NOAA, 1985.
- Offringa H., Låhr J. SafetyatSea. An integrated approach to map ecologically vulnerable areas in marine waters in the Netherlands (V-maps). Report № A09. Revision No 4. – Centre for Ecosystem Studies, 2007. – 93 p.
- Oil spill DK, 2007. Risikoanalyse: Olie- og kemikaliefurening i danske farvande (Risk analysis: Oil and chemicals pollution in Danish waters), prepared for Danish Ministry of Defence by COWI. – COWI report 63743-1-01, October 2007.
- O'Sullivan A.J., Jacques T.G. Impact reference system. Effects of Oil in the Marine Environment: Impact of Hydrocarbons on Fauna and Flora. – Belgium : European Commission, 2001. – 79 p.
- Percy J.A. Responses of Arctic marine crustaceans to crude oil and oil-tainted food // Environ. Poll. 1976. – Vol. 10. – P. 155-162.
- Percy J.A., Mullin T.S. Effects of crude oils on the locomotory activity of Arctic marine invertebrates // Mar. Poll. Bull. 1977. – Vol. 2, №.2. – P. 35-39.
- Pickering H. A new era for the offshore oil and gas industry on UK continental shelf // Marine Policy, 1999. – Vol. 23. № 4-5. – P. 329-346.
- Riebel P.N., Percy J.A. Acute toxicity of petroleum hydrocarbons to the arctic shallow-water mysid, *Mysis oculata (fabricius)* // A Nordic journal of marine biology Sarsia. – Bergen. 1990. – Vol. 75, № 3. – P. 223-232.
- Roberts, J., Crawford, D. Developing a framework for assessing oil spill consequences; the application of oil spill sensitivity analysis in New Zealand [Разработка рамочной работы для оценки последствий аварийного разлива нефти; применение анализа уязвимости к аварийному разливу нефти в Новой Зеландии] // Partnership in Practice : Spillcon, 2004. – P. 1-16.
- Robertson, A., Petroleum hydrocarbons. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues [In: Wilson S.J., Murray J.L., Huntington H.P. (eds.)]. – Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1998. – P. 661-701.
- Rowe J. McCay D.F., Whittier N. Estimation of natural resource damages for 23 Florida cases using physical fates and biological modeling [Электронный ресурс] // Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy. 2007. – Vol. 12, Article 34. – URL: <http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol12/iss1/34> (Дата обращения: 15.09.2014).
- Samiullah Y. Biological effects of marine oil pollution // Petrochemical Pollution. – England : Elsevier Applied Science Publishers Ltd. 1985.– Vol. 2, №.4. – P. 235-264.
- Samuels W.B., Lanfear K.J. Simulations of seabird damage and recovery from oil spills in the Northern Gulf Of Alaska // Journal of Environmental Management. 1982. – Vol. 15(2). – P. 169-182.
- Schiller H., Bernen C., Krasemann H.L. Automated classification of an environmental sensitivity index // Environmental Monitoring and Assessment. – Vol. 110, Issue 1-3. 2005. – P. 291-299.

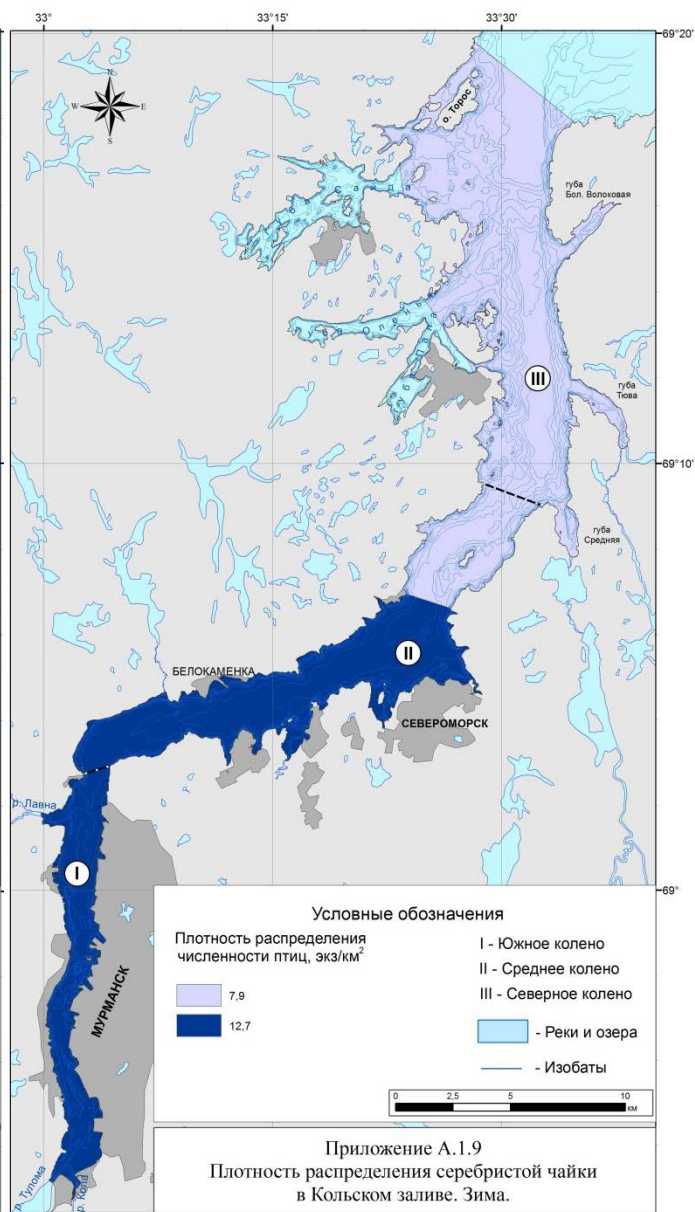
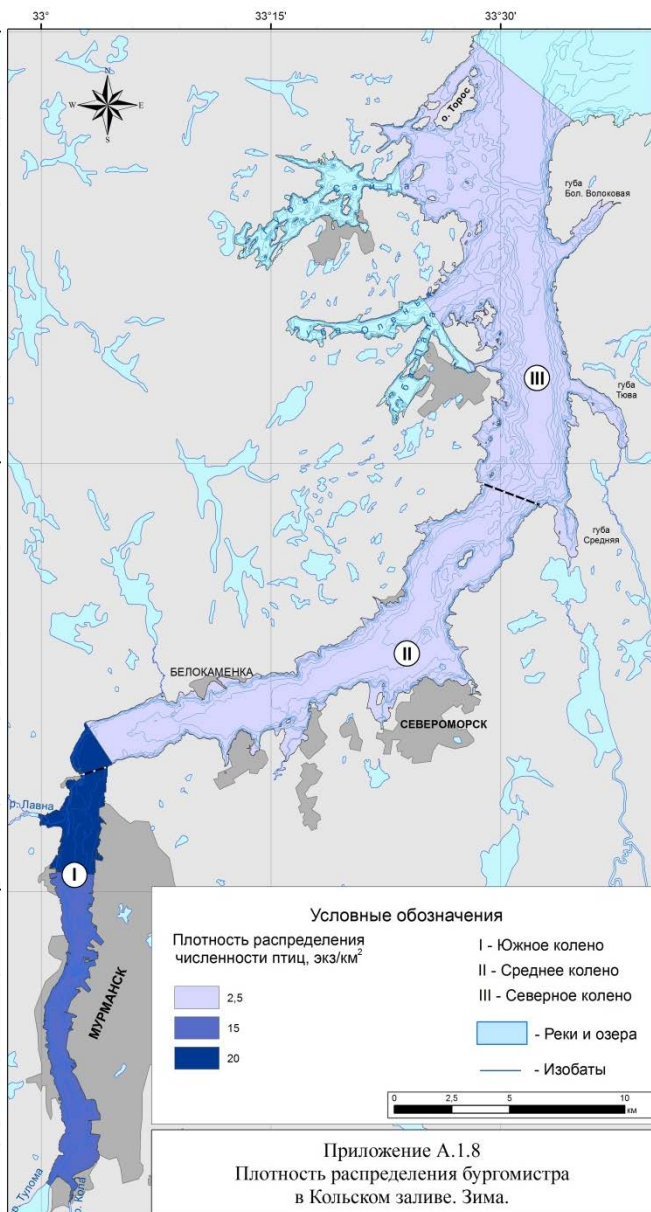
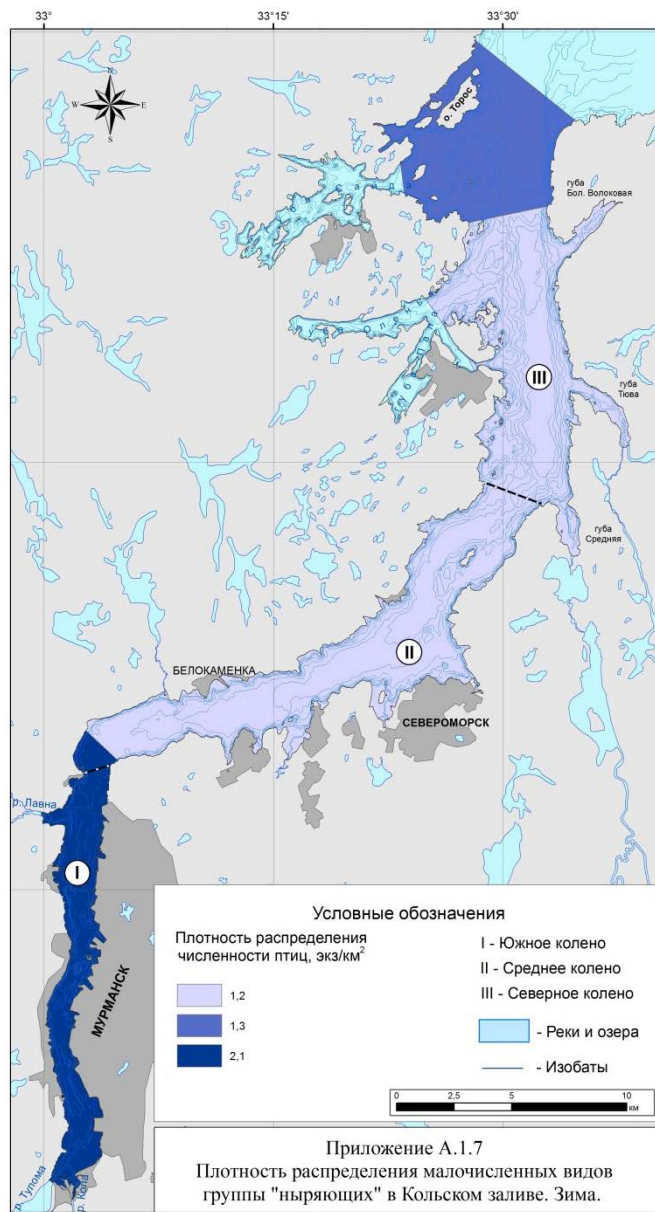
- SEBC (Standard European Behaviour Classification) System // Bonn Agreement : Counter Pollution Manual, 1991. – Vol. 2, Chapter 25. – P. 1-8.
- Seip K.L., Sandersen E., Mehlum F., Ryssdel J. Damages to seabirds from oil spills: comparing simulation results and vulnerability indexes // *Ecological Modelling*. 1991. – Vol. 53. – P. 39-59.
- SFT (Statens forurensningstilsyn). Beredskap mot akutt forurensning. Modell for prioritering av miljøressurser ved akutte oljeutslipp langs kysten. TA-nummer 1765/2000. – Oslo : Statens forurensningstilsyn, 2004. – 16 p. [Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне. – Осло: Государственное управление по контролю загрязнения окружающей среды, 2004. – 27 с.].
- Shavykin A.A.,Vashchenko P.S., Kalinka O.P., Karnatov A.N. MMBI's methodology of coastline sensitivity and water area vulnerability mapping for oil contingency, response and other natural protection purposes // *Symposium proceedings. Assessing Vulnerability of Flora and Fauna in Polar areas. Brief Report Series no. 032* [D. Vongraven (ed.)], Tromsø, Norway. 2015. – P. 68-75.
- Stiling P. *Ecology: theories and applications*. 3ed. – New Jersey, Upper Saddle River : Prentice Hall, 1999. – 638 p.
- Sunken and submerged oils – behavior and response. A report for the maritime and coastguard agency RP595 by Rymell Matthew (ed). – Ontario : Cordah Limited, 2009. – 149 p.
- Swedmark M., Granmo A., Kollberg S. Effects of oil dispersants and emulsifiers on ma-rine animals // *Water Res.* 1973. – Vol. 7. – P. 1649-1672.
- Szaro Robert C. Effect of petroleum on birds // *Transactions of 42<sup>nd</sup> North American wildlife and natural resources conference*. Washington D.C., 1977. P. 374 – 381.
- Vadas R.L., Wright W.A., Miller S.L. Recruitment of *Ascophyllum nodosum*: wave action as a source of mortality // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1990. –Vol. 61. – P. 263-272.
- Varoujean D.H., Baltz D.M., Allen B., Power D., Schroeder D.A., Kempner K.M. Seabird-oil spill behavior study. – Portland : Nero and Associates Inc, 1983. – 365 p.
- Venesjärvi R. The effects of oil spills on the marine environment // *Environmental administration guidelines : The ecological effects of oil spills in the Baltic Sea – the national action plan of Finland*. – Helsinki. 2012. – P. 27-28.
- Wiese F.K. Estimation and impacts of seabirds mortality from chronic marine oil pollution off the coast of Newfoundland. PhD thesis. – Canada, Newfoundland, 2002. – 321 p. – URL: [research.library.mun.ca/1153/3/Wiese\\_FrancisK.pdf](http://research.library.mun.ca/1153/3/Wiese_FrancisK.pdf) (Дата обращения: 10.03.2014).
- Wilhelm S.I., Robertson G.J., Ryan P.C., Tobin S.F., Elliot R.D. Re-evaluating the use of beached bird oiling rates to assess long-term trends in chronic oil pollution // *Marine Pollution Bulletin*. 2009. – Vol. 58. – P. 249-255.

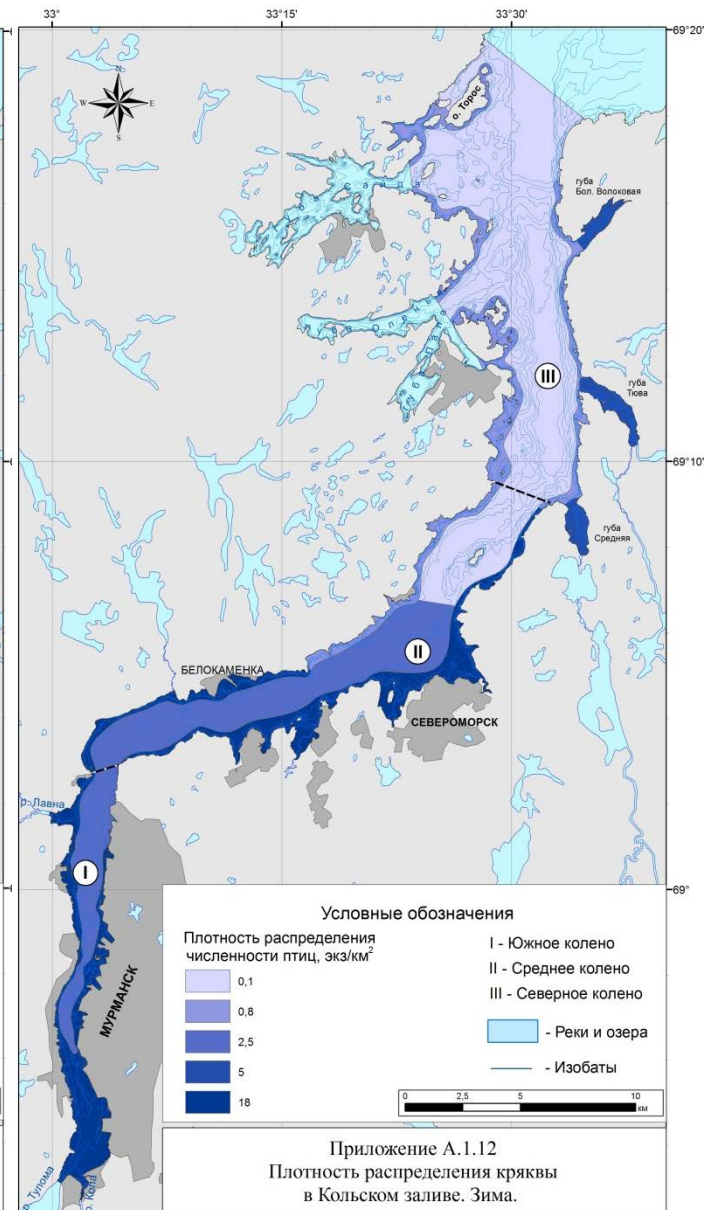
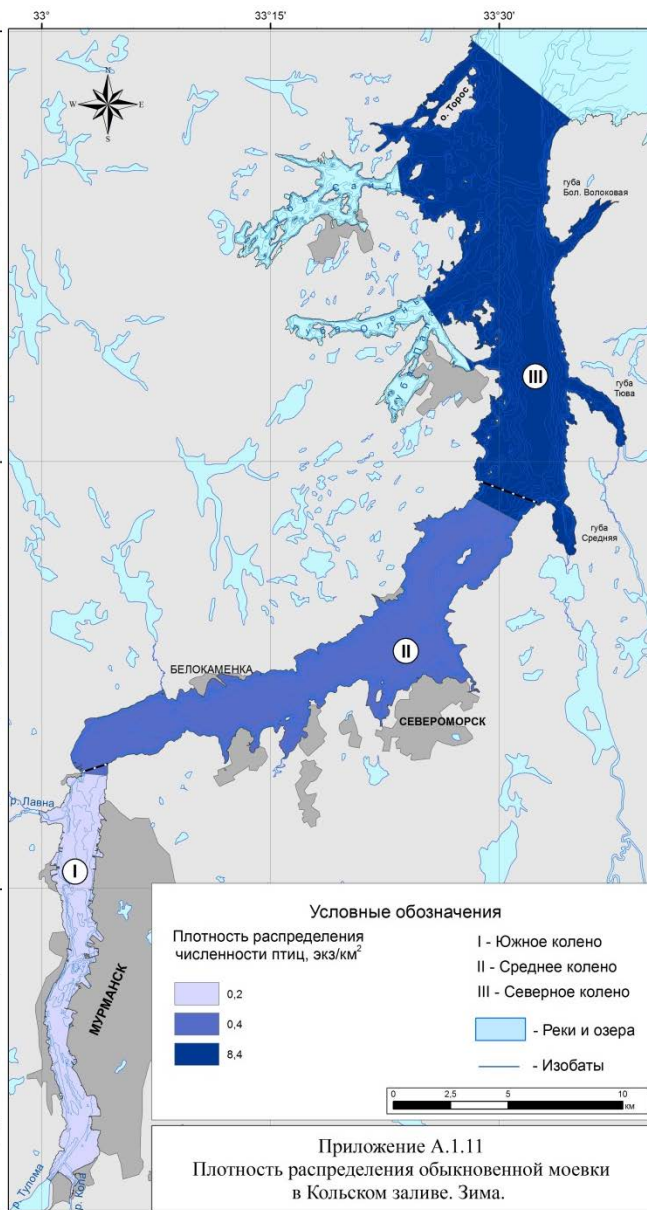
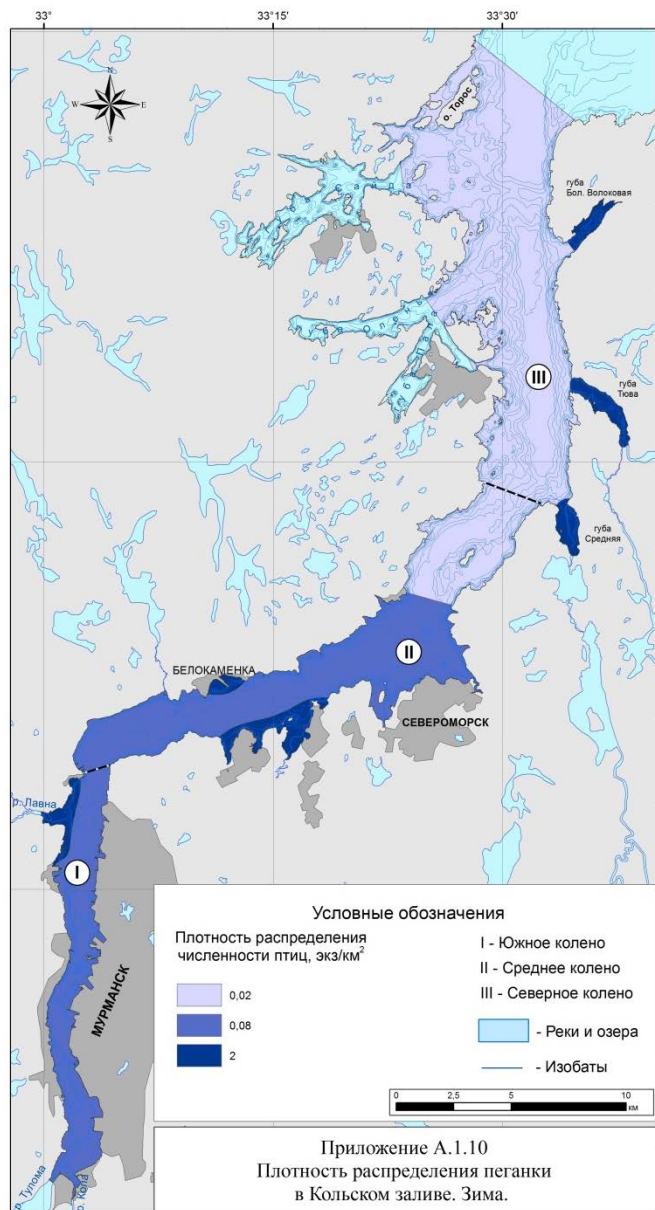
**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПТИЦ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА**

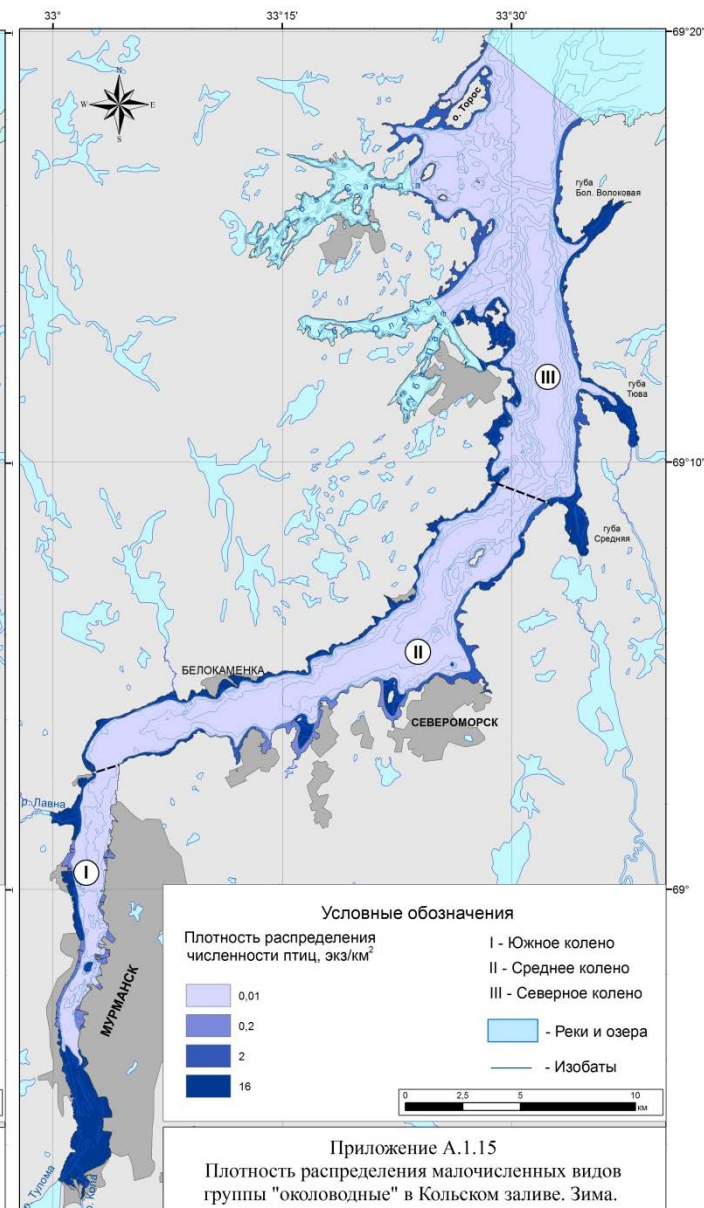
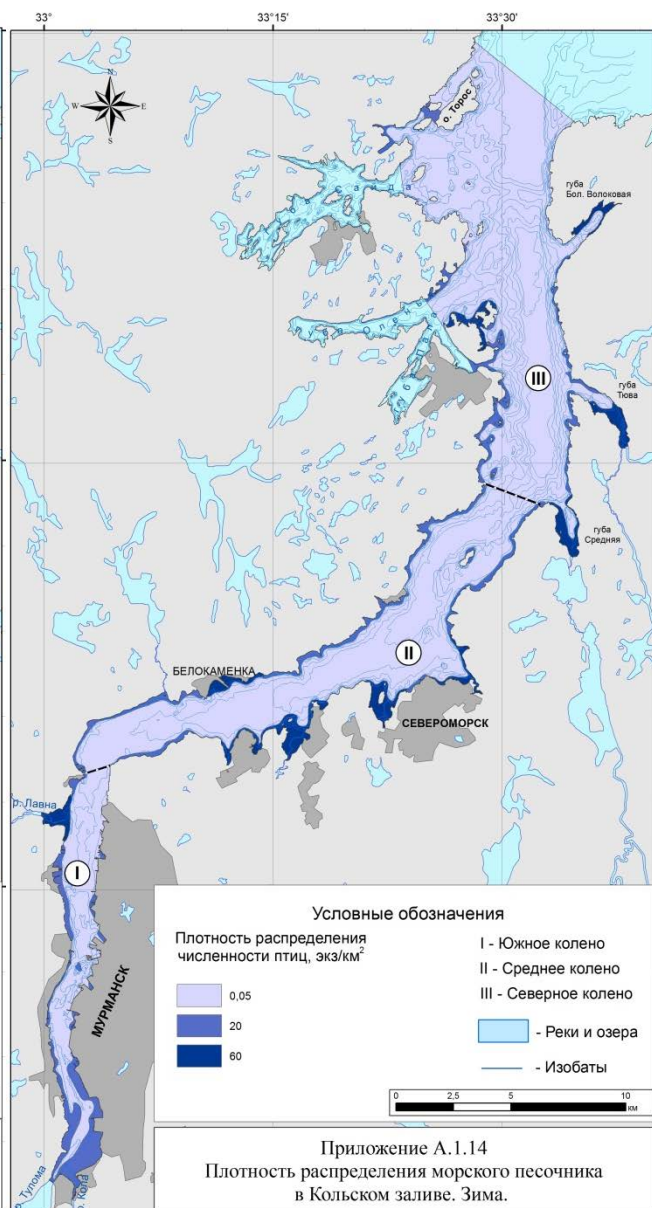
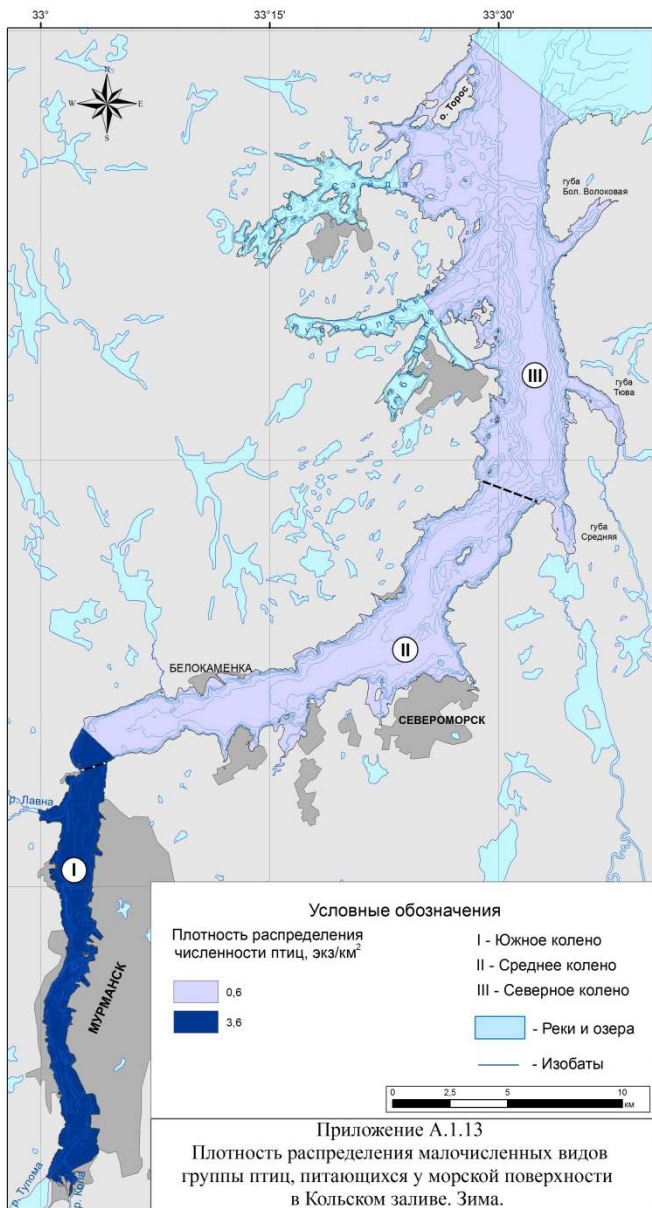


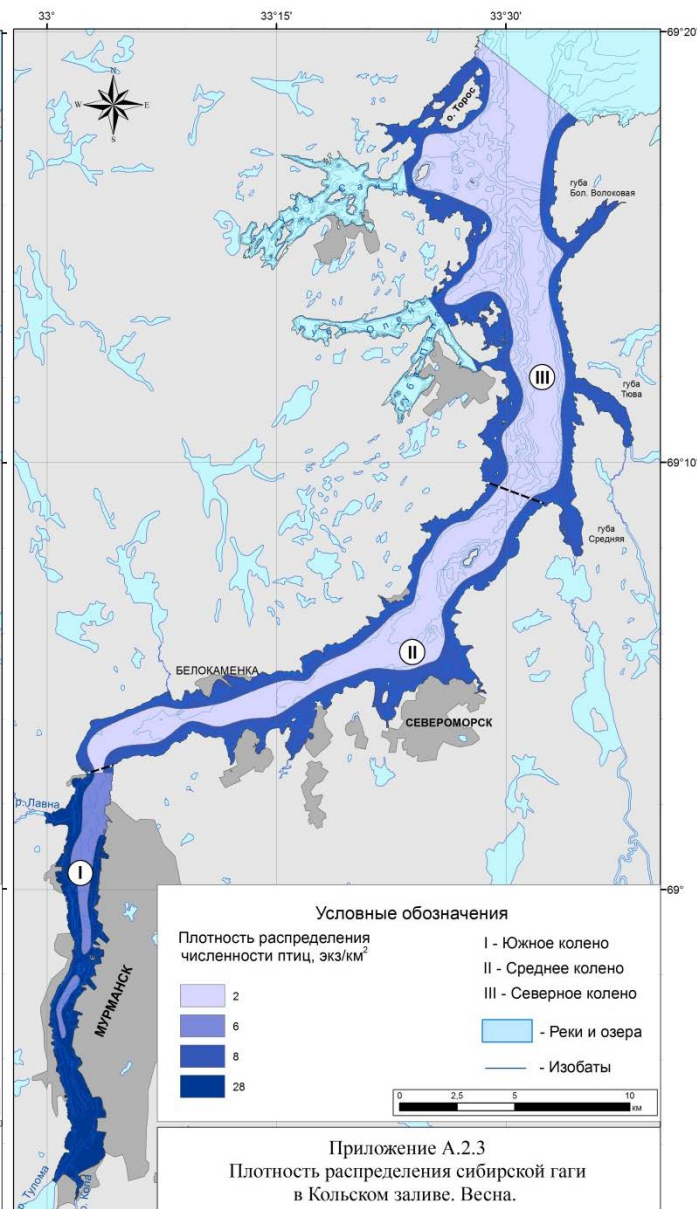
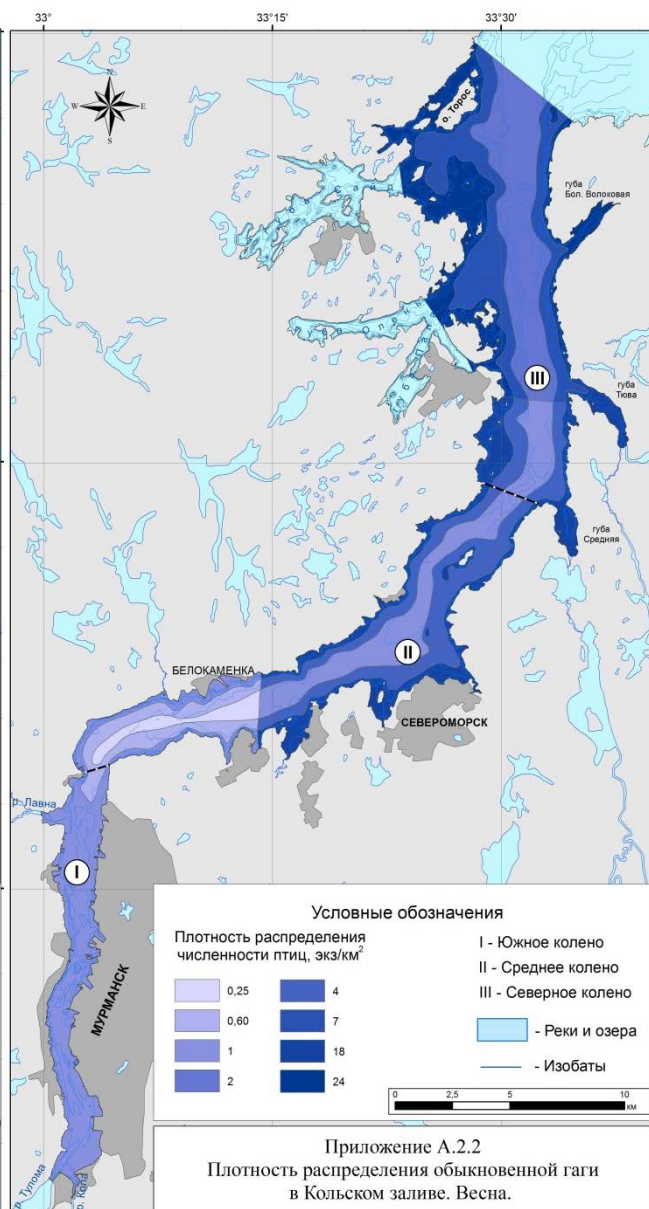
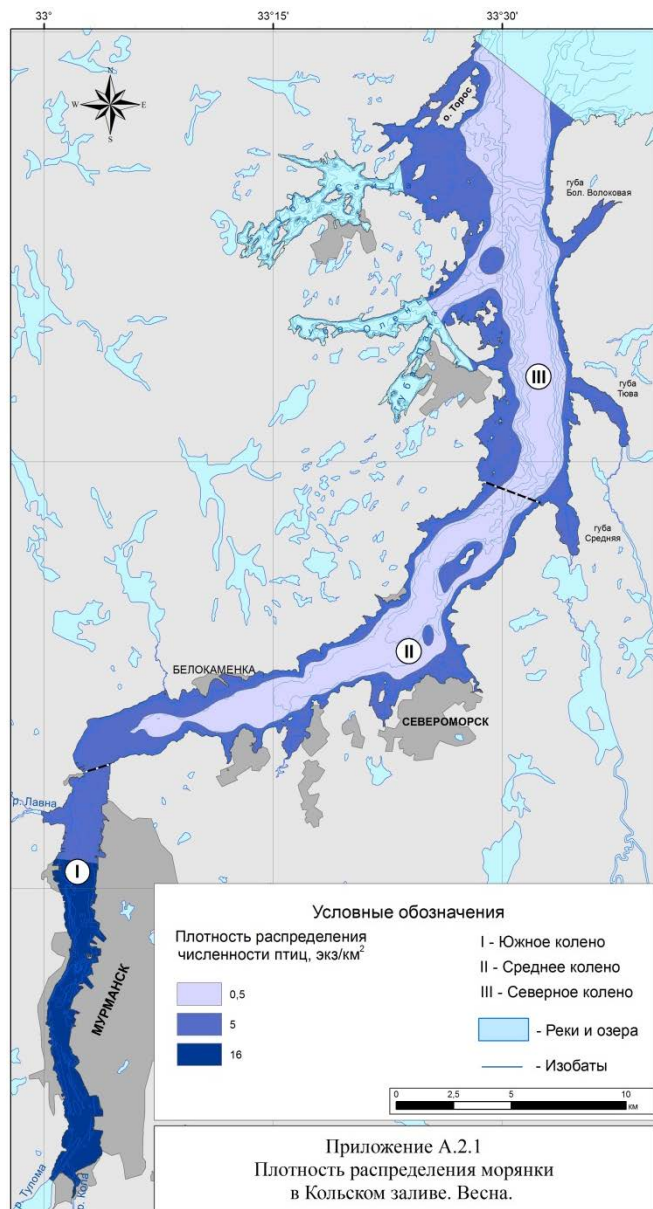


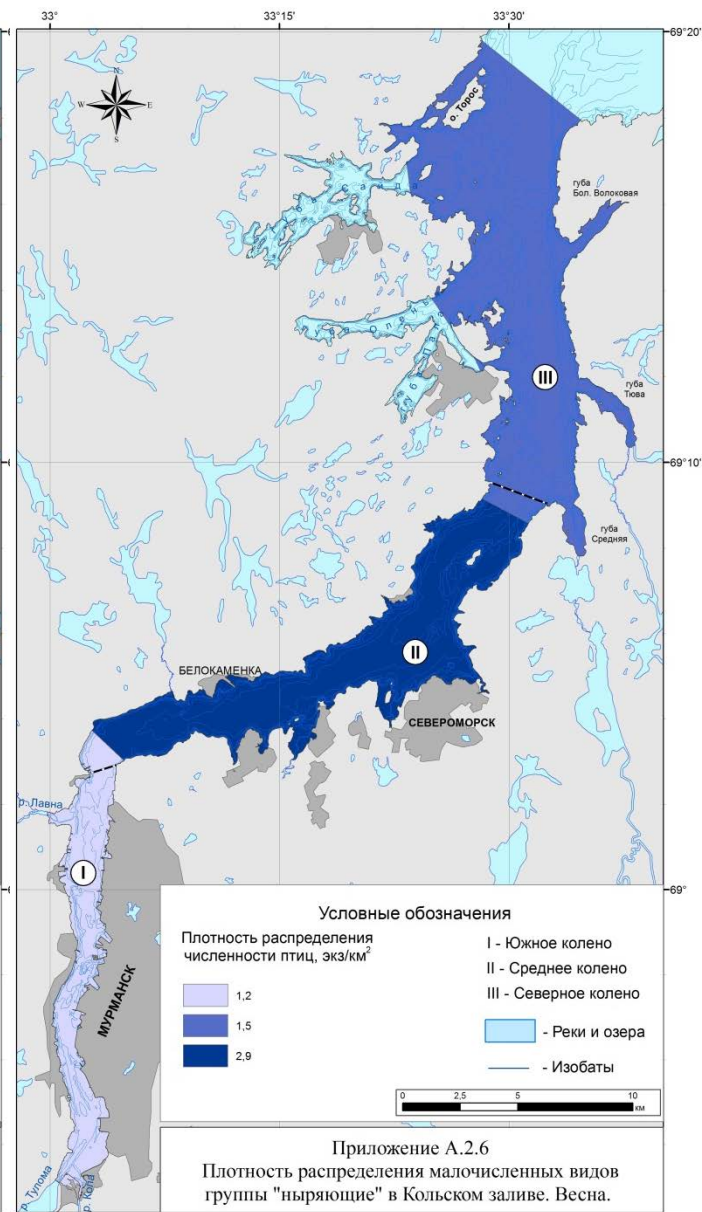
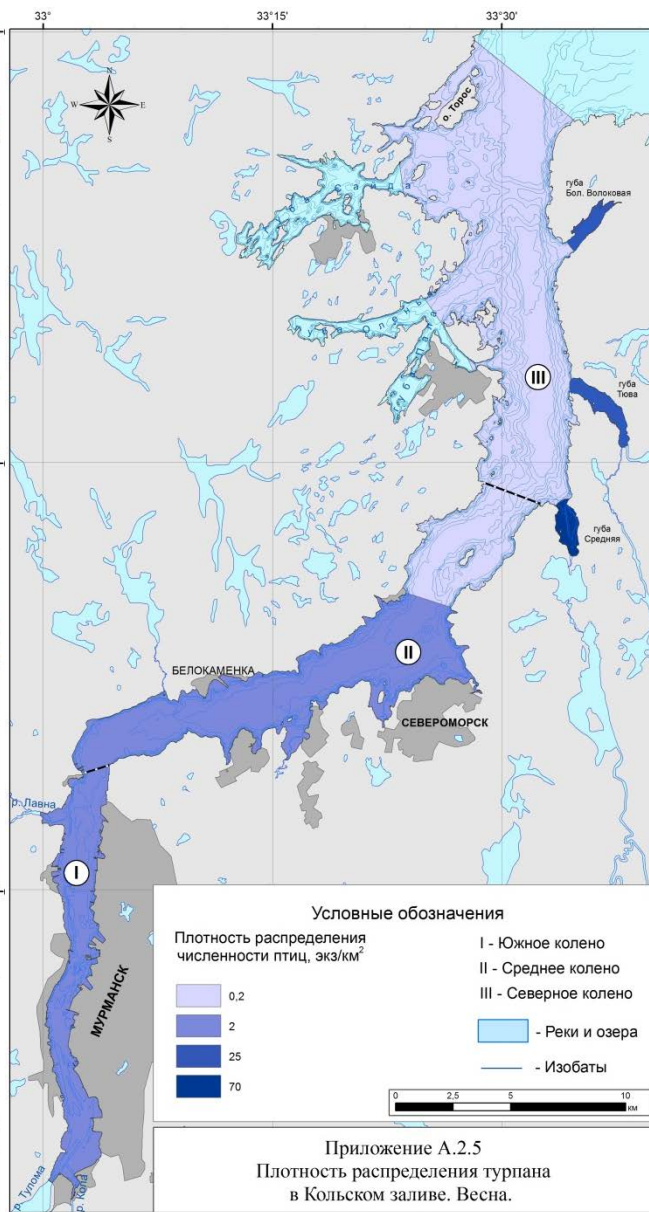
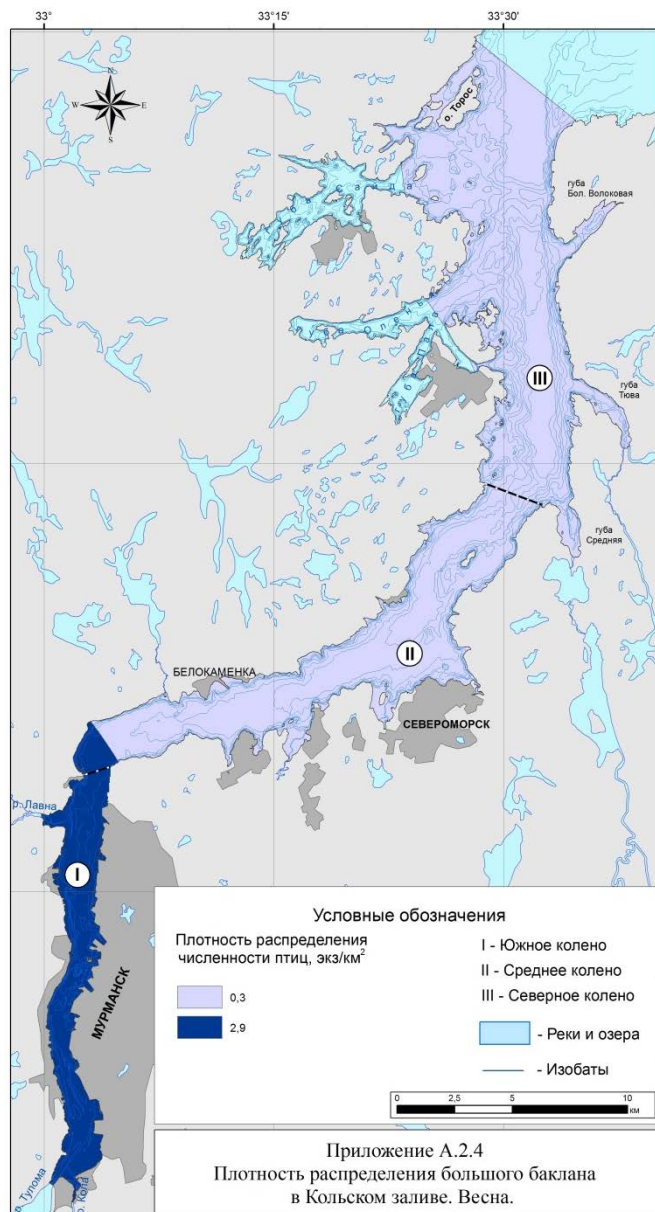


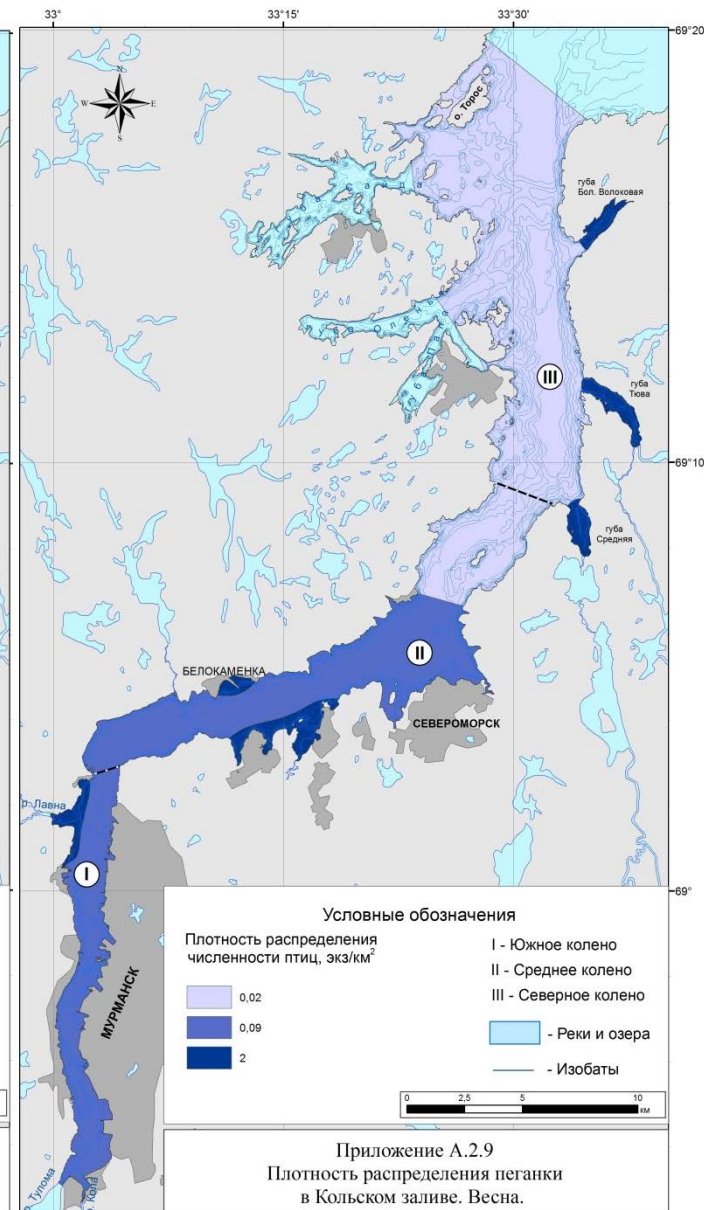
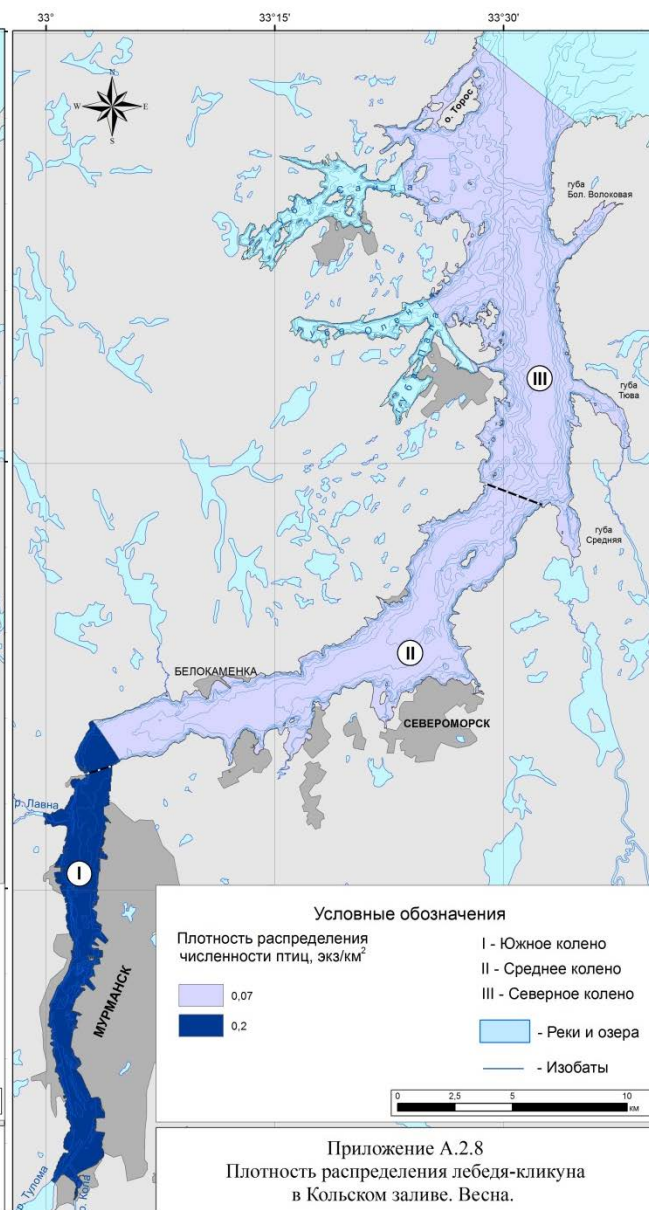
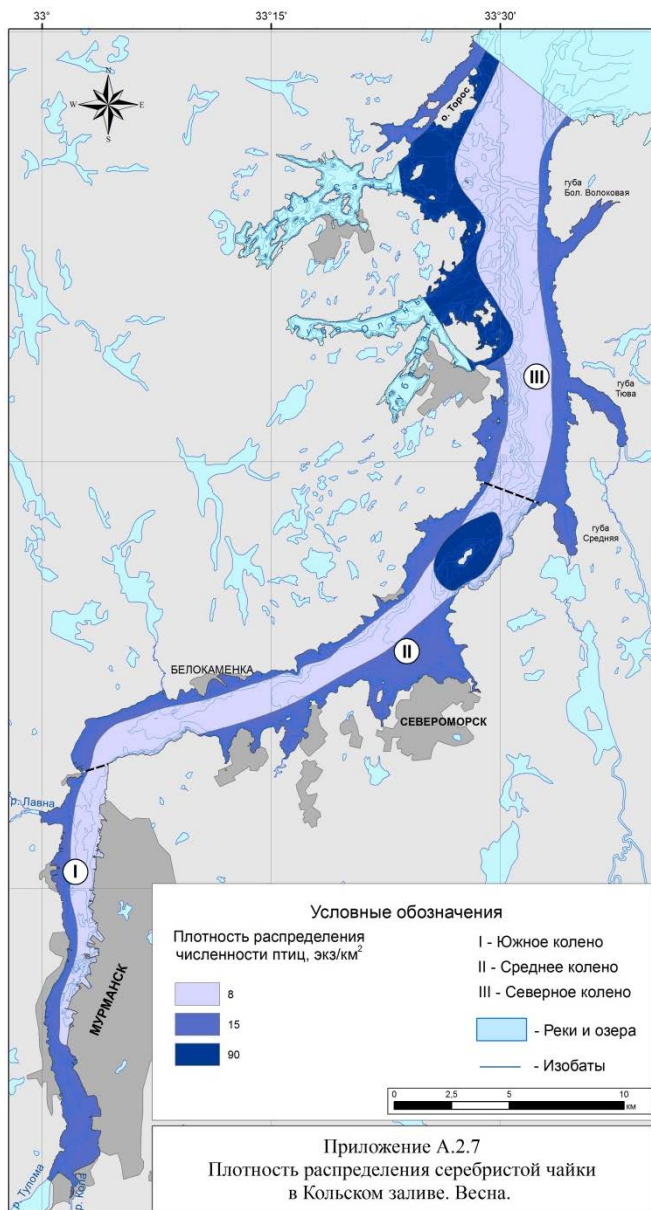


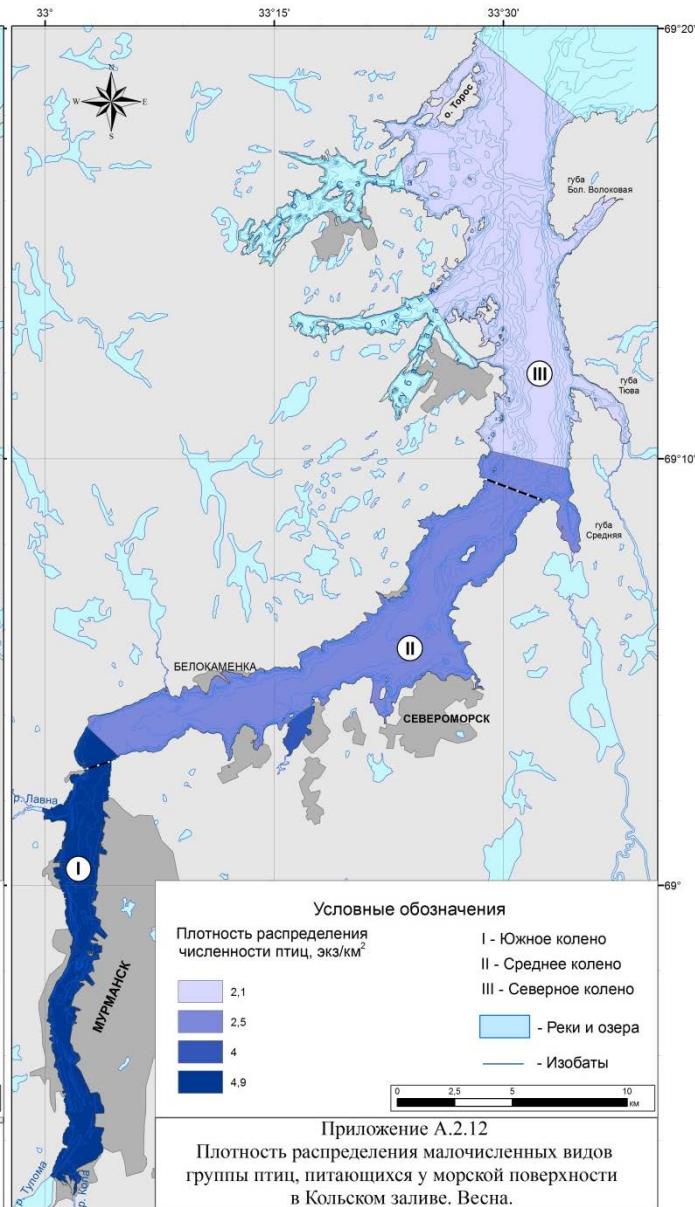
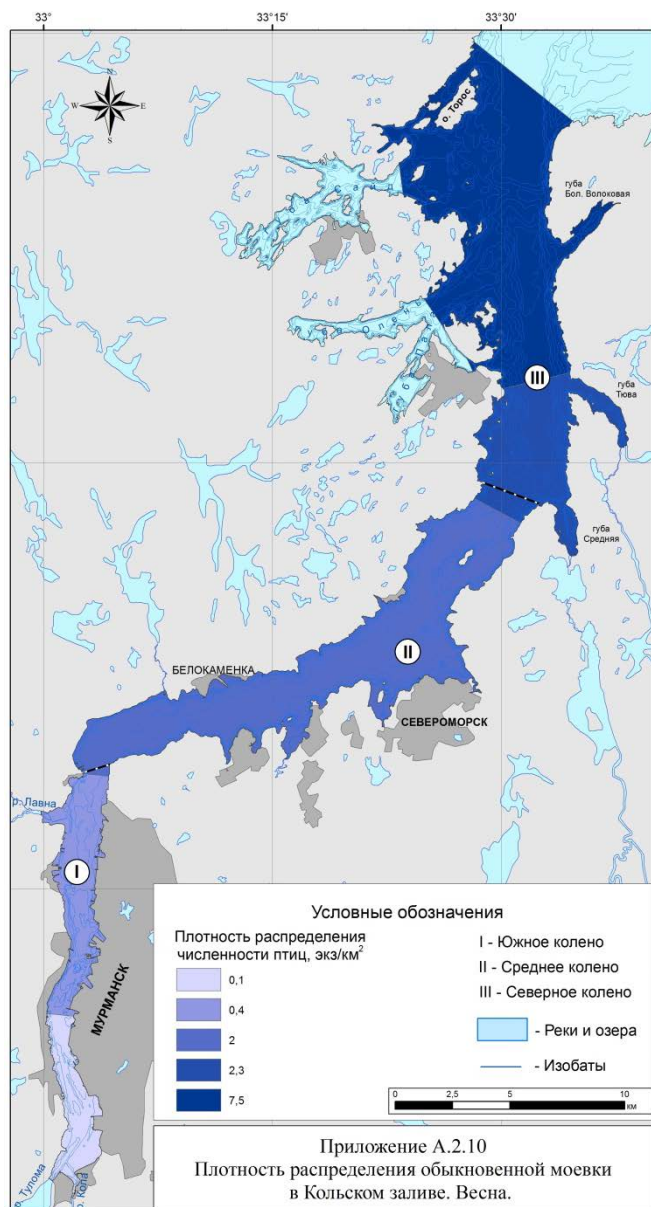




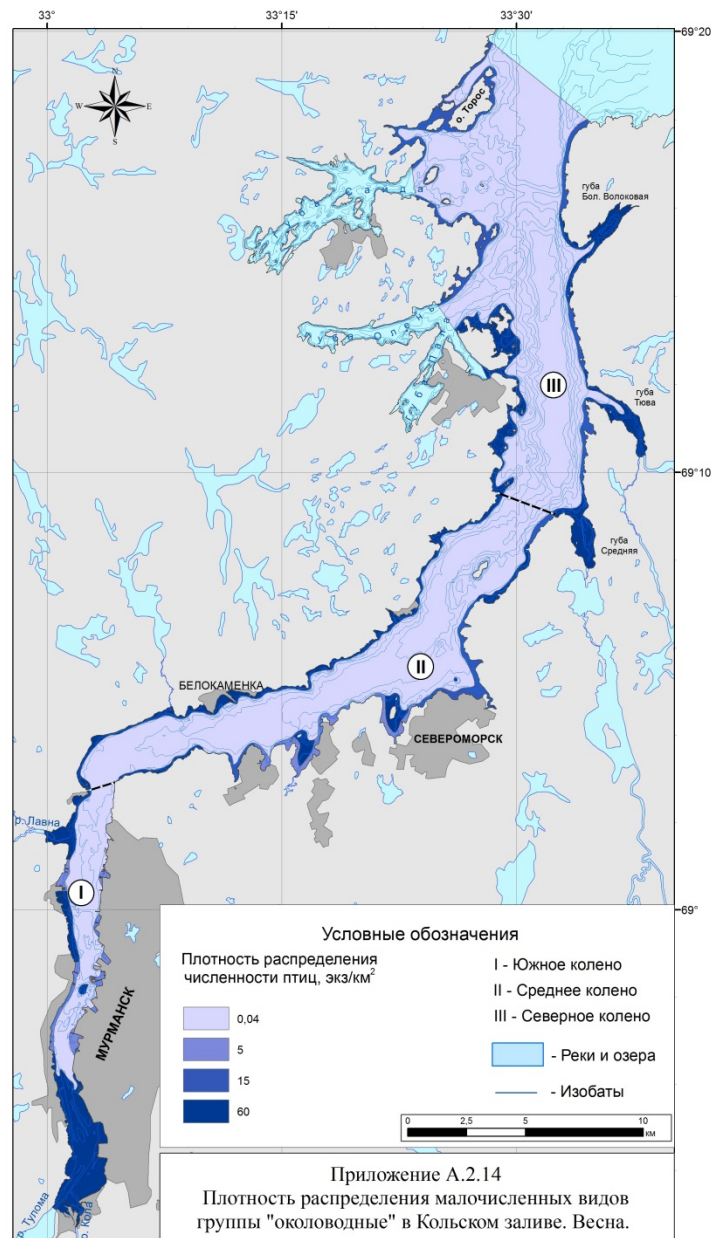
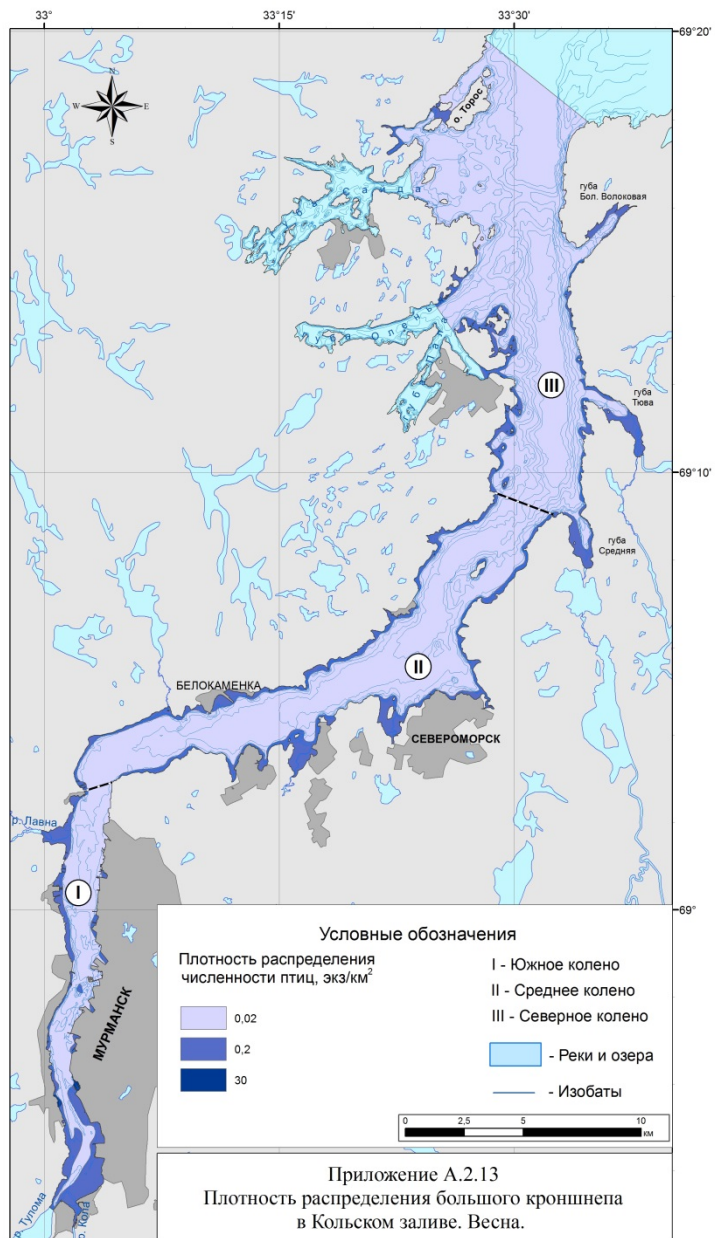


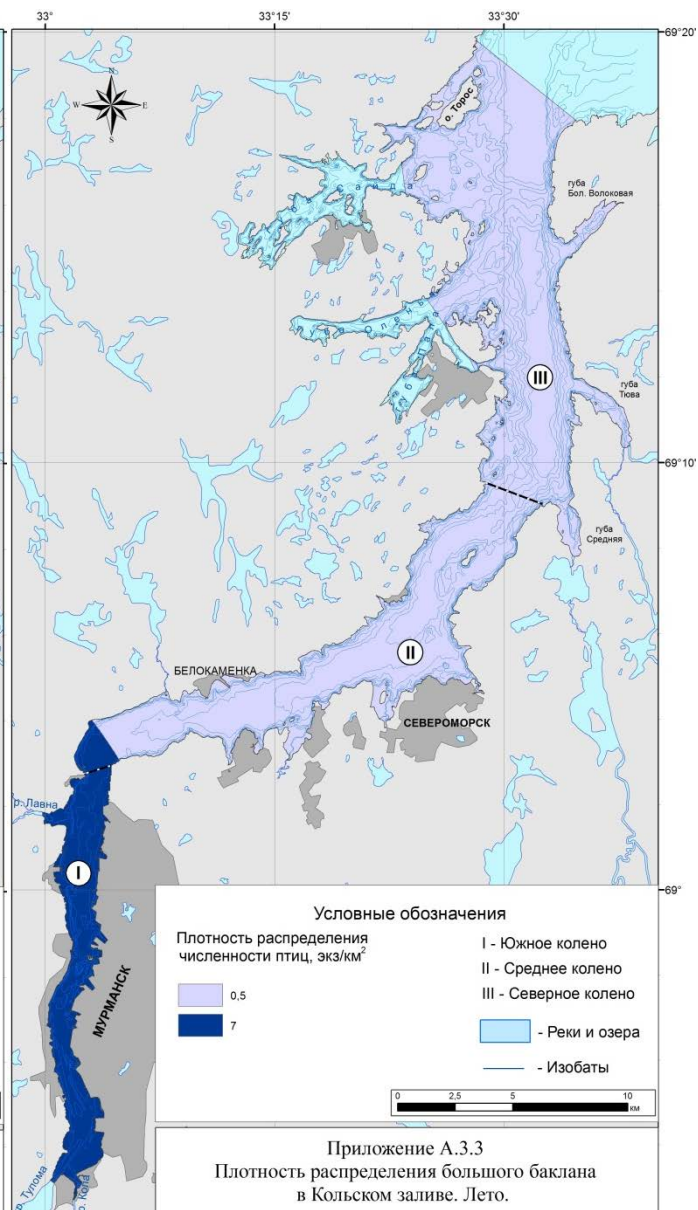
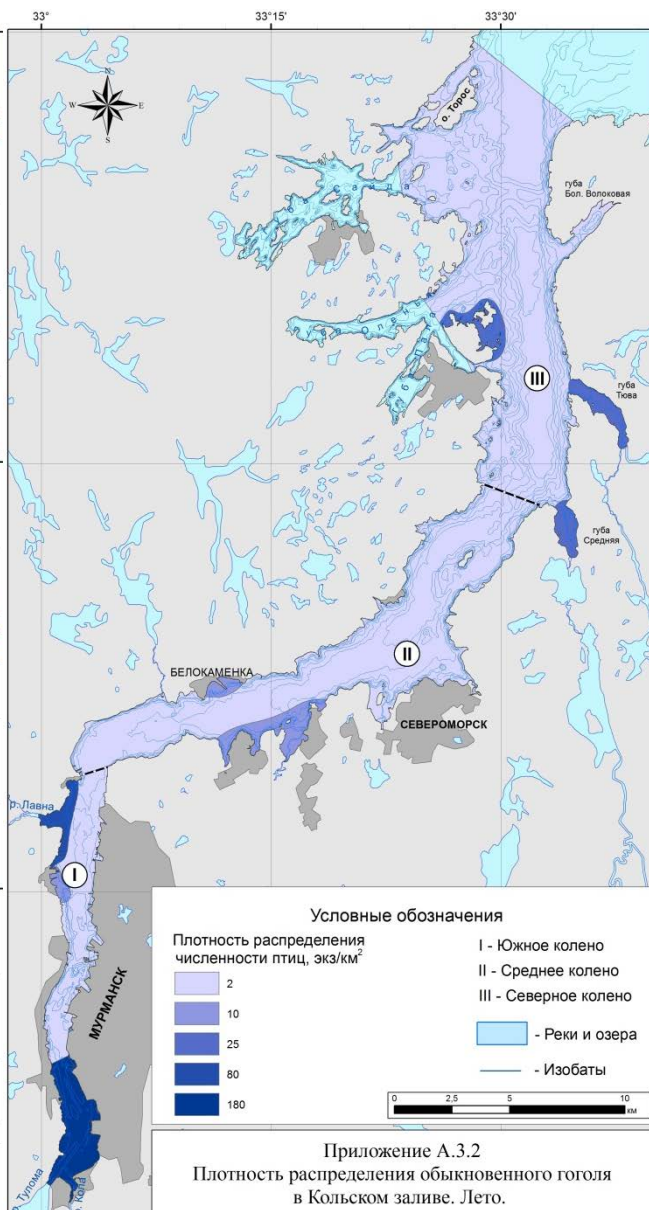
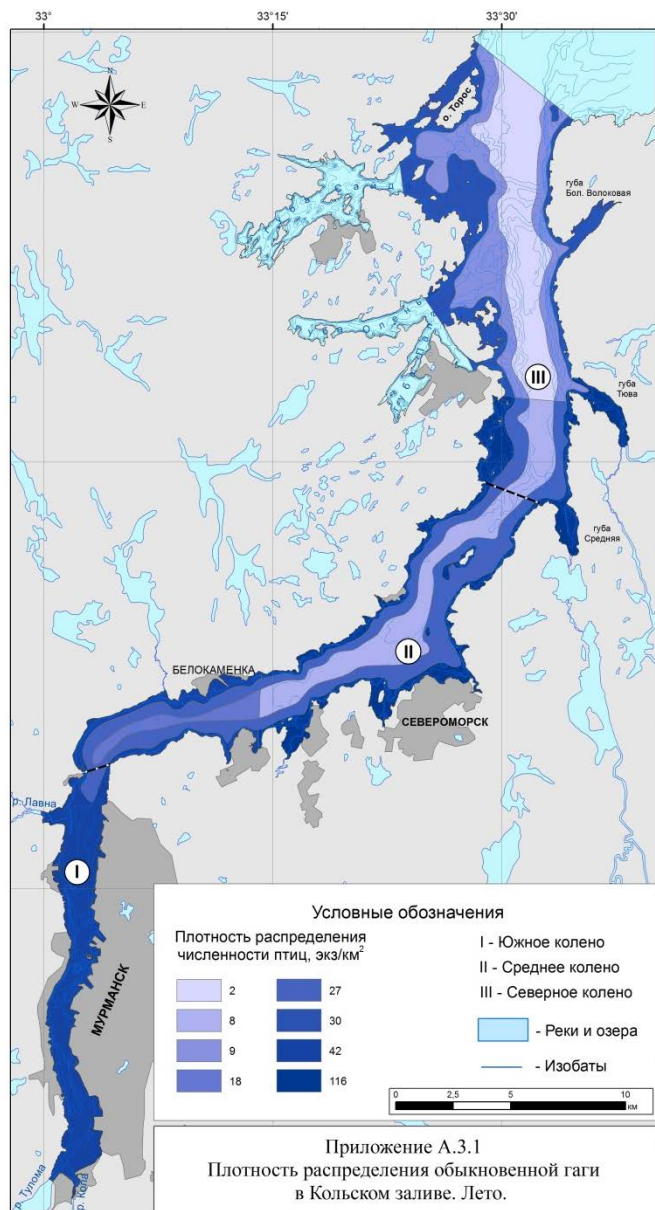


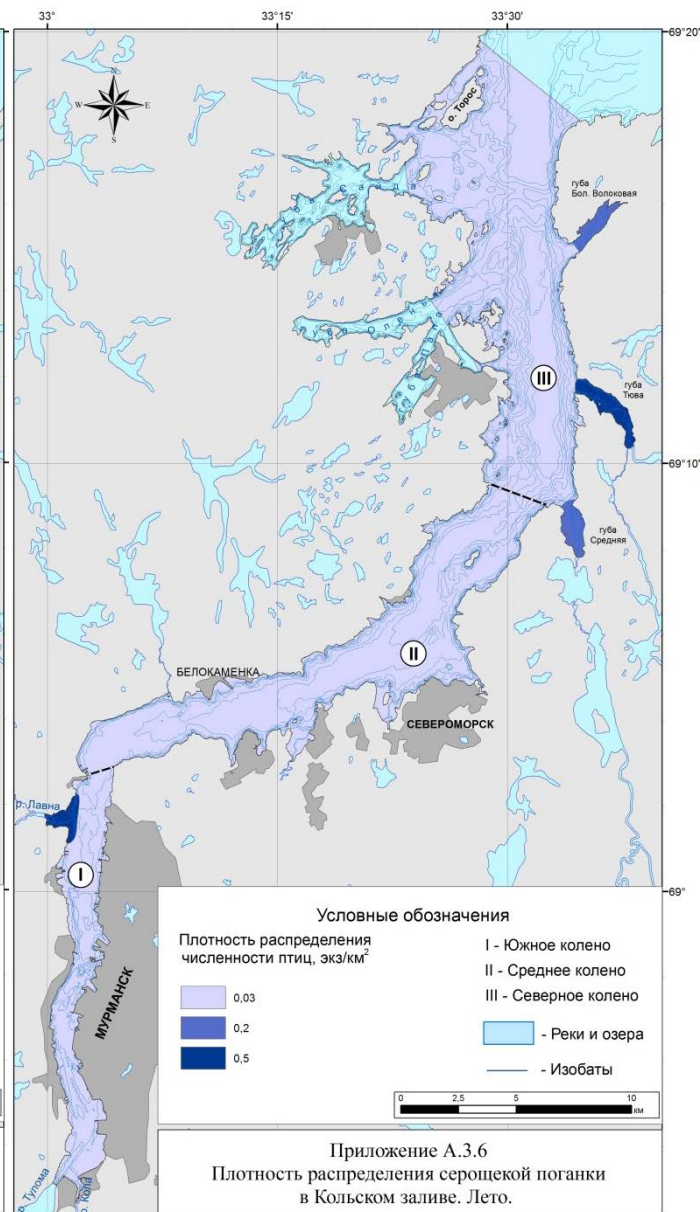
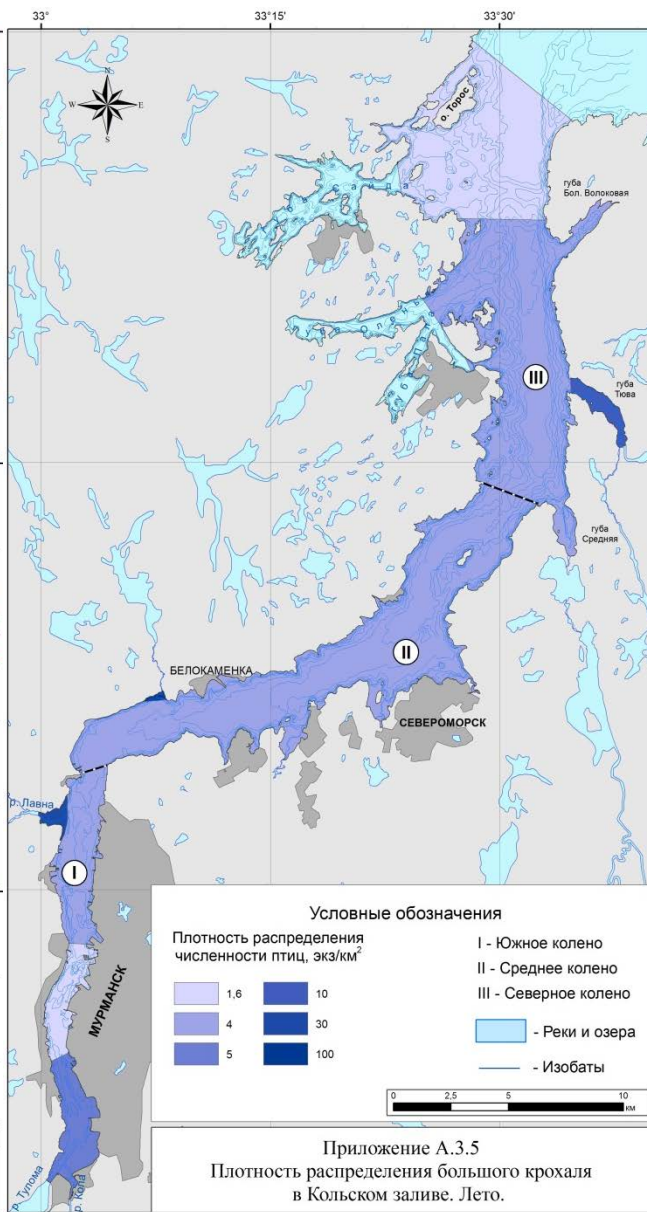
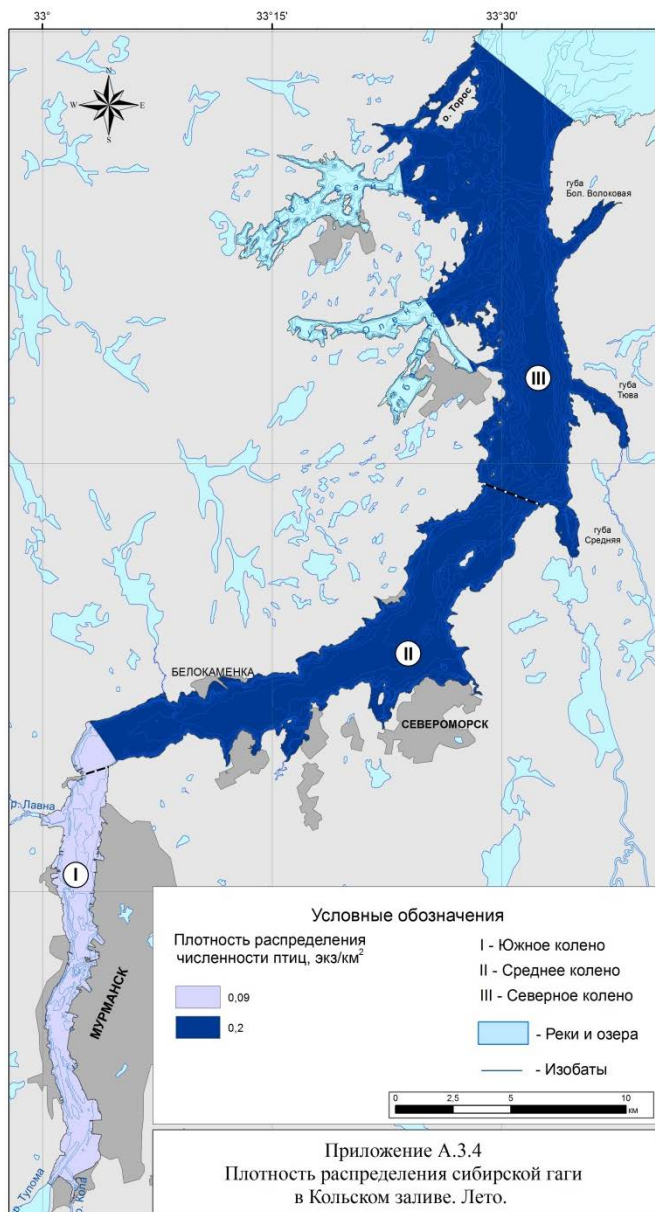


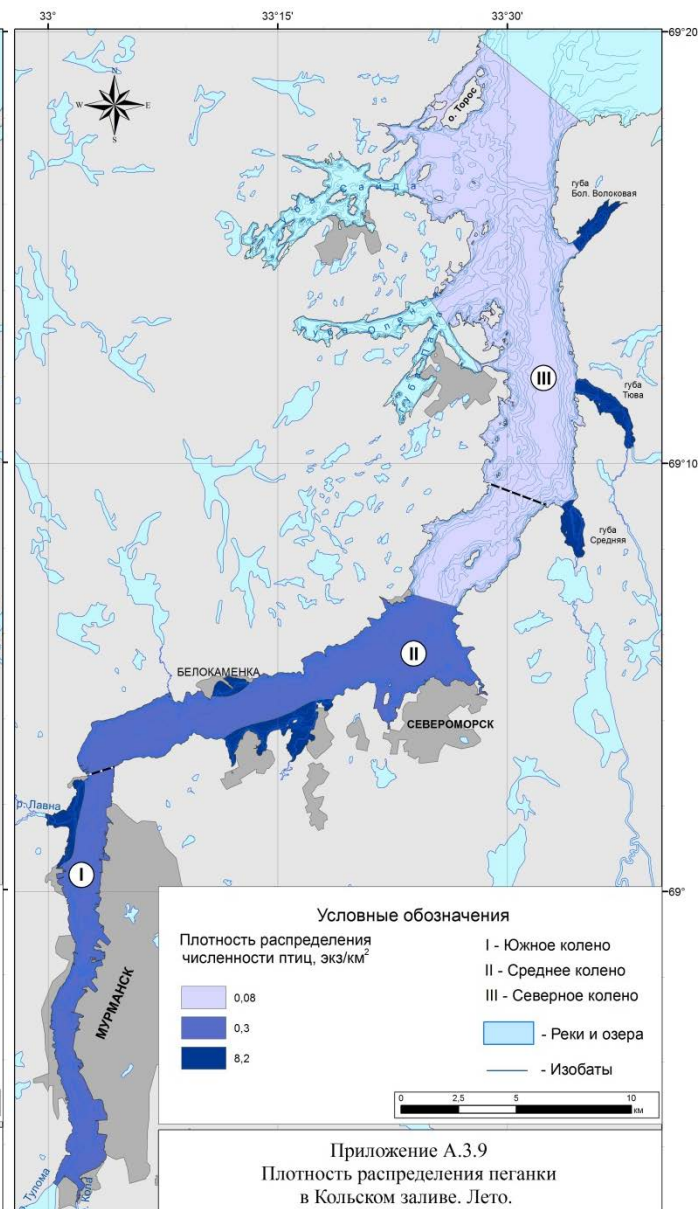
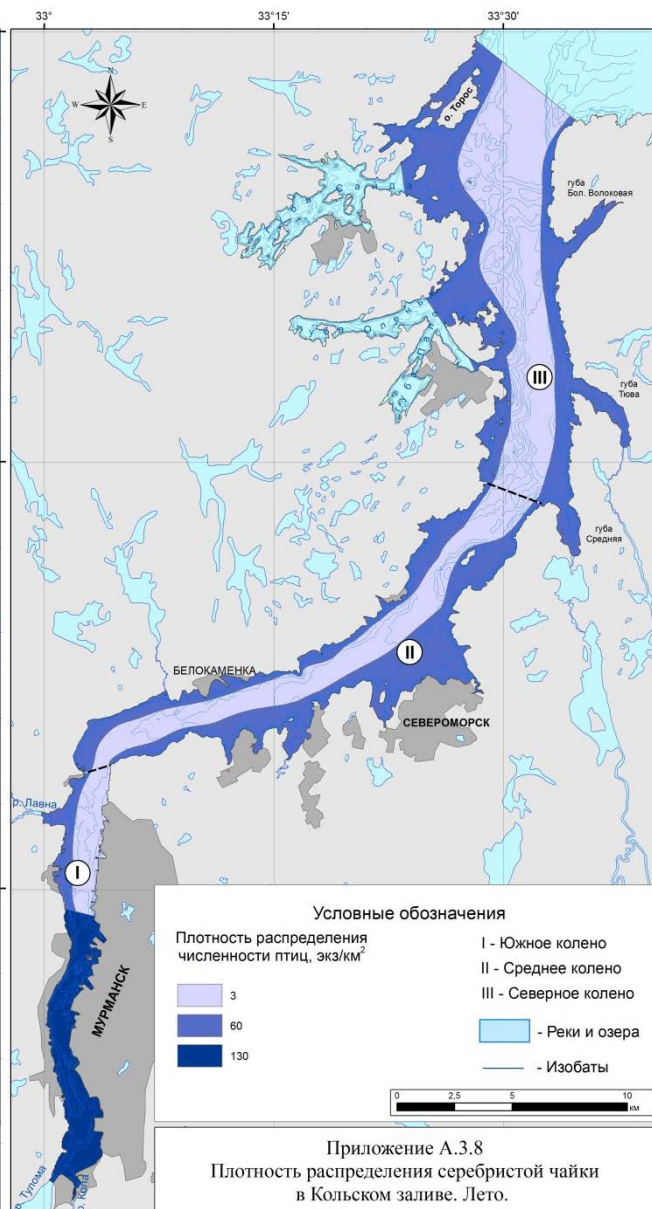
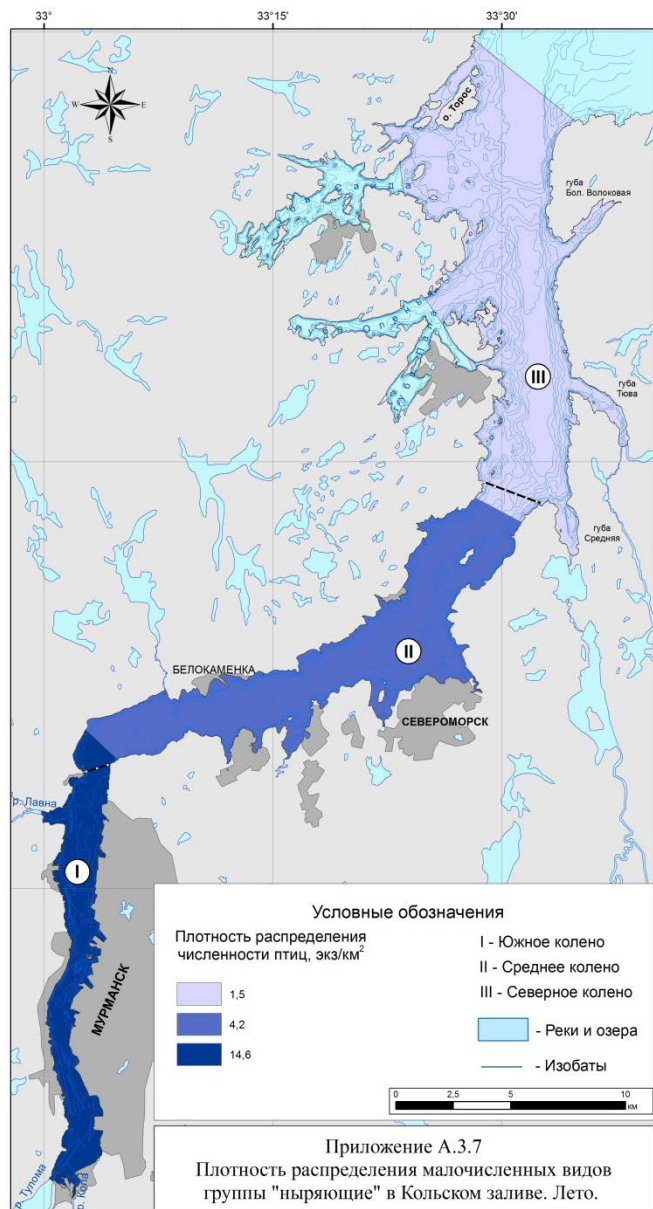


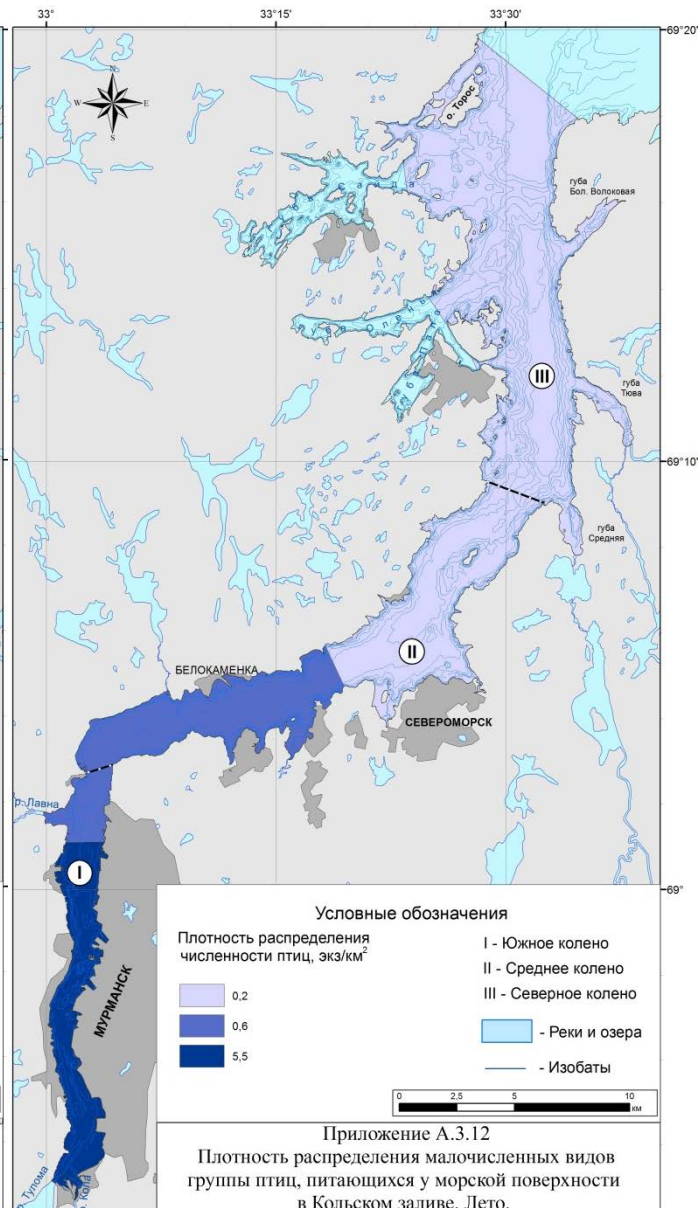
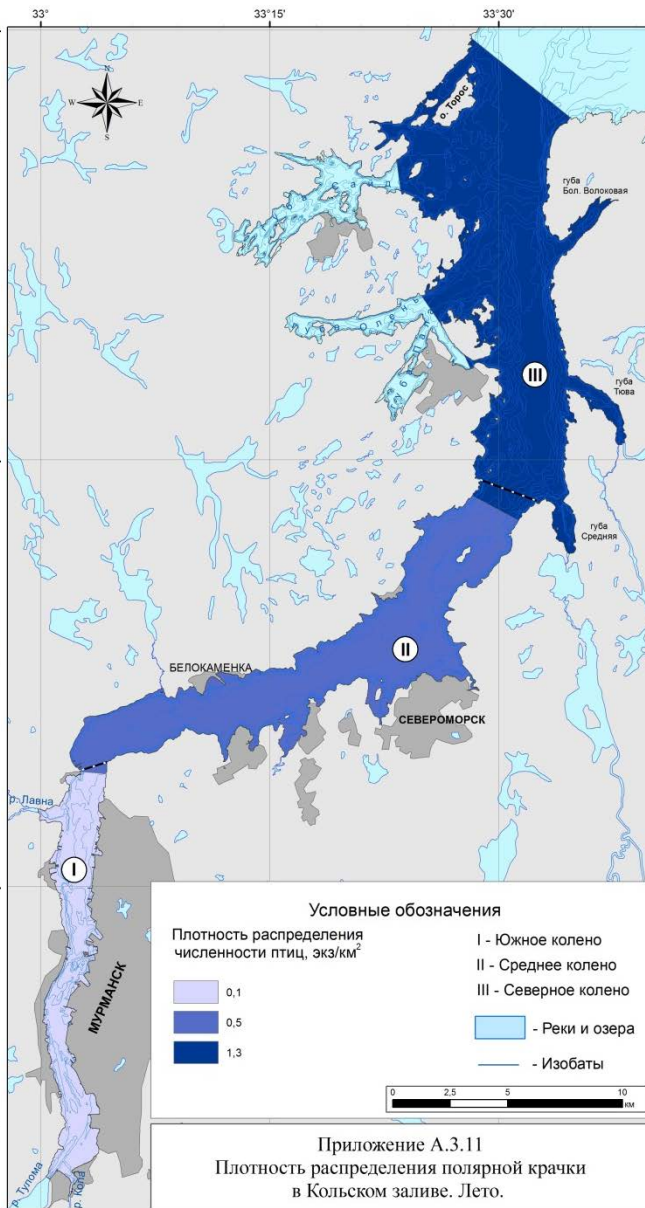
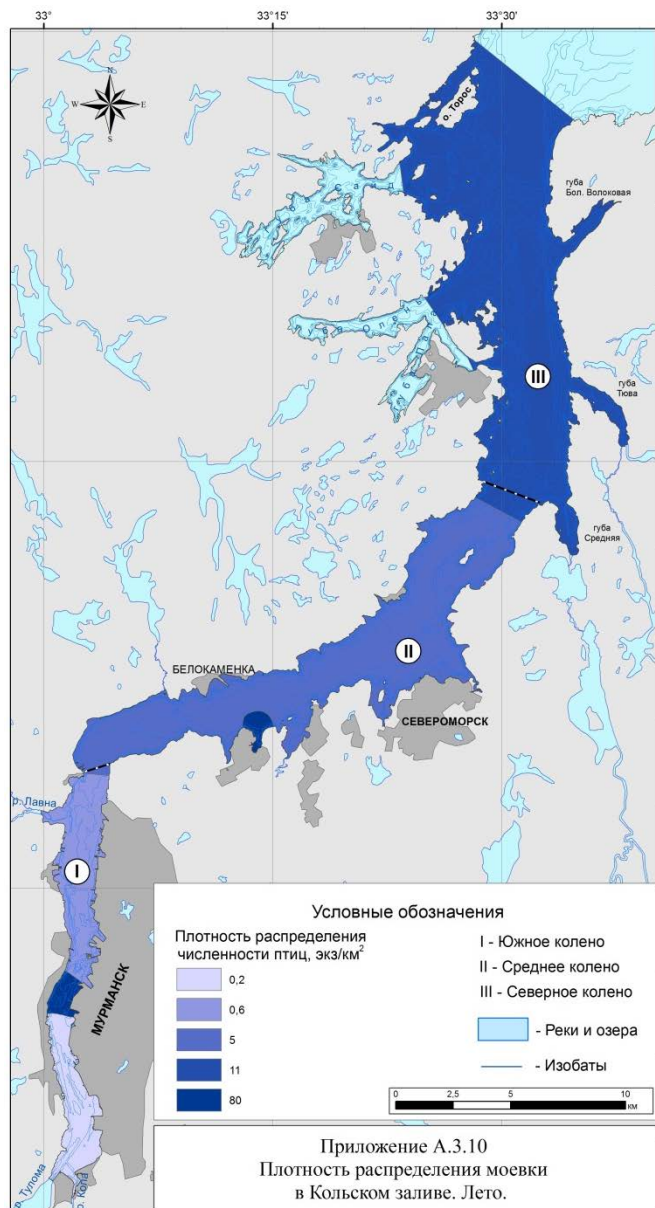


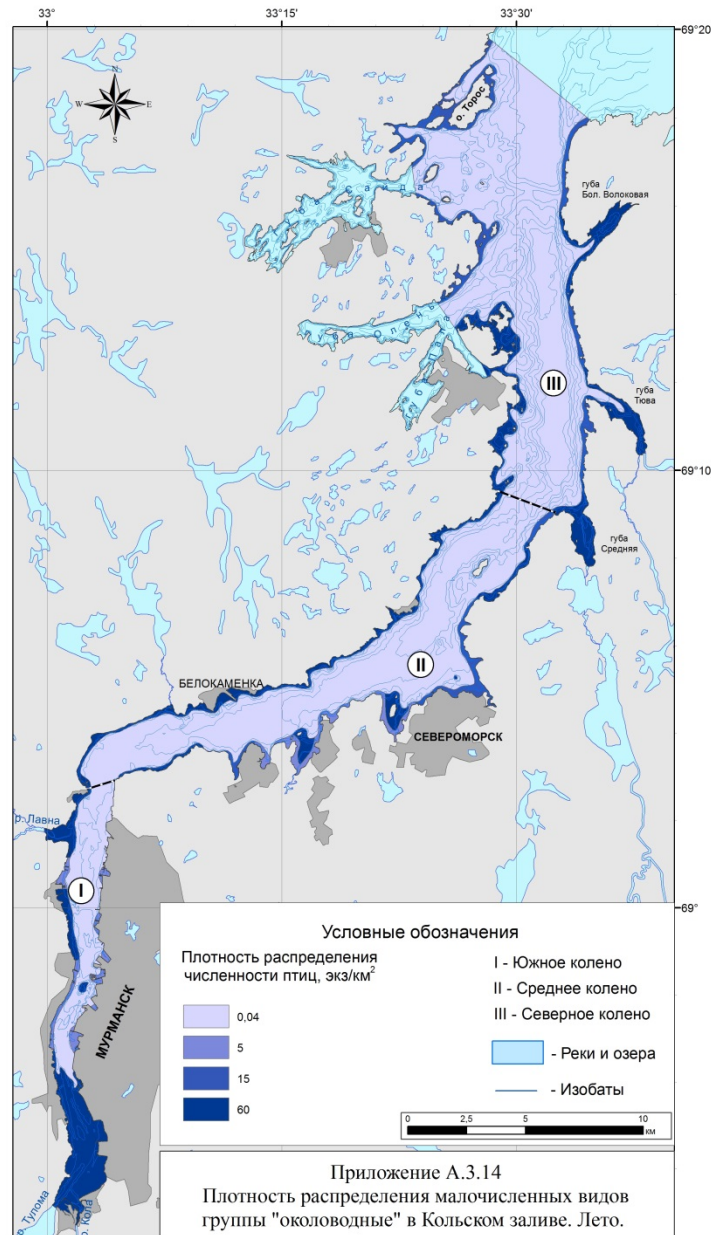
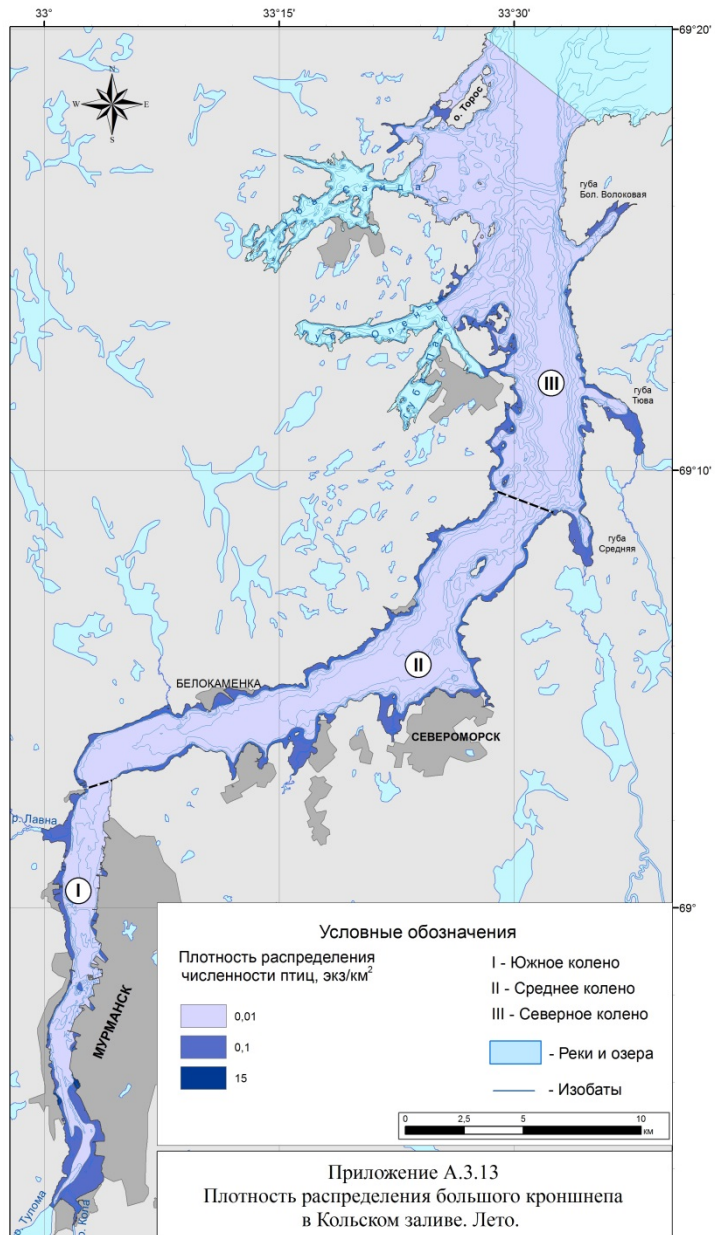


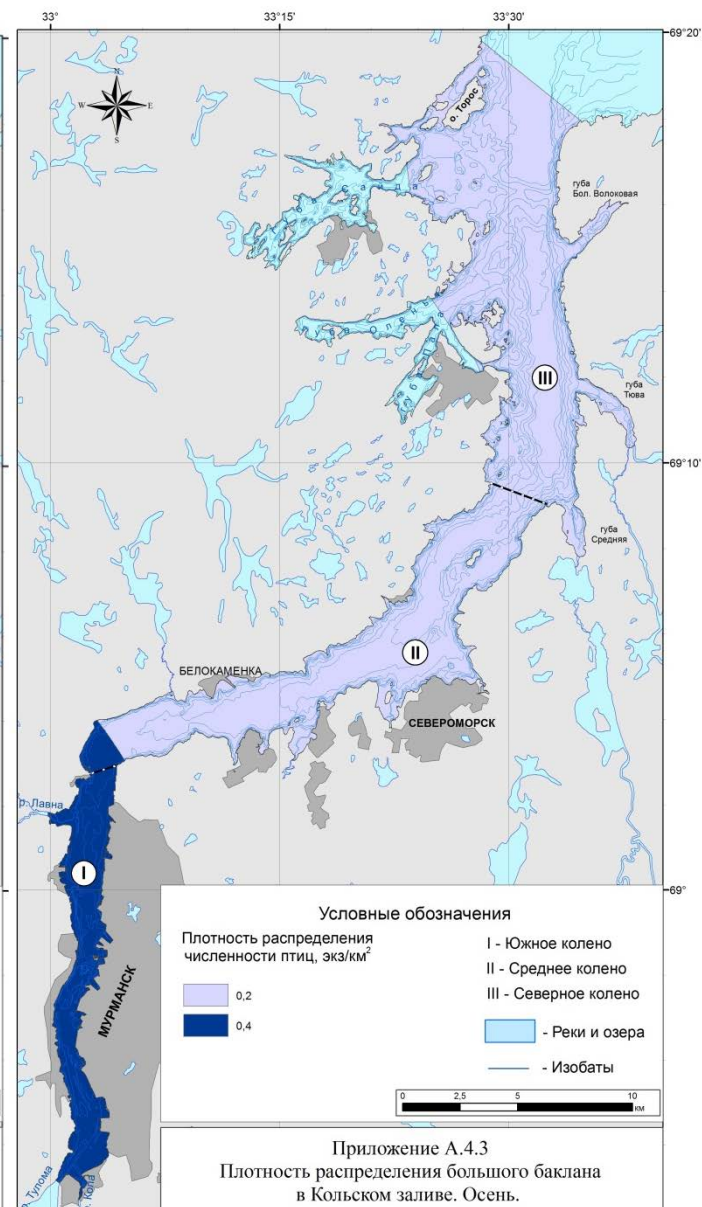
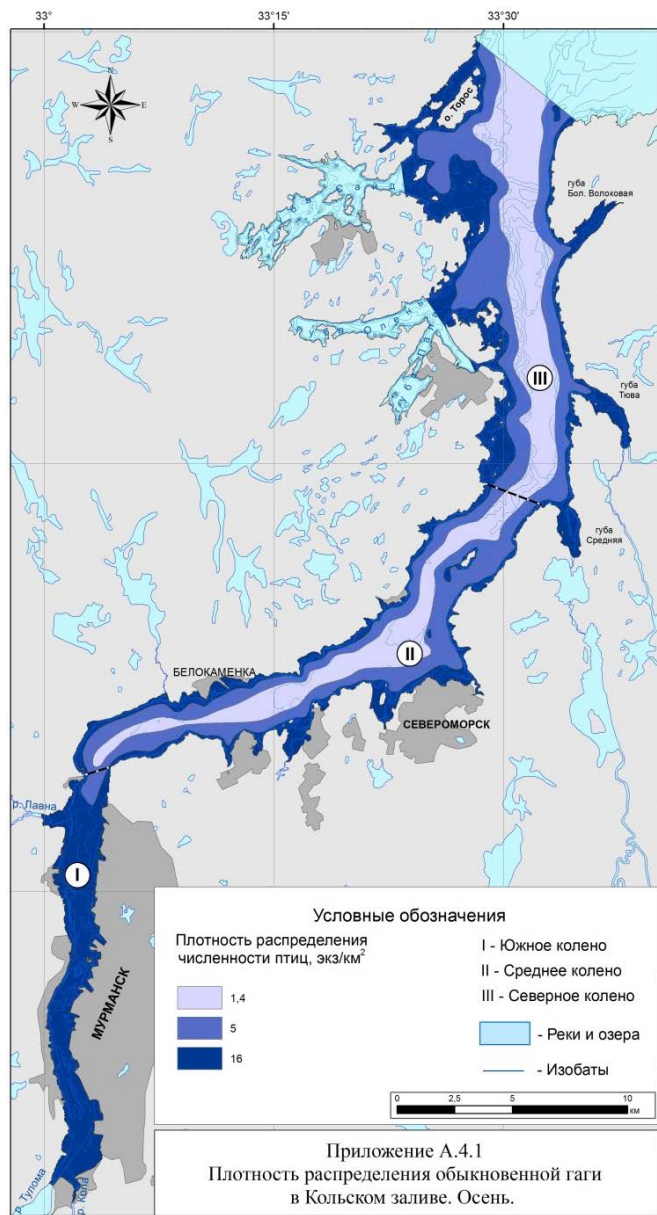


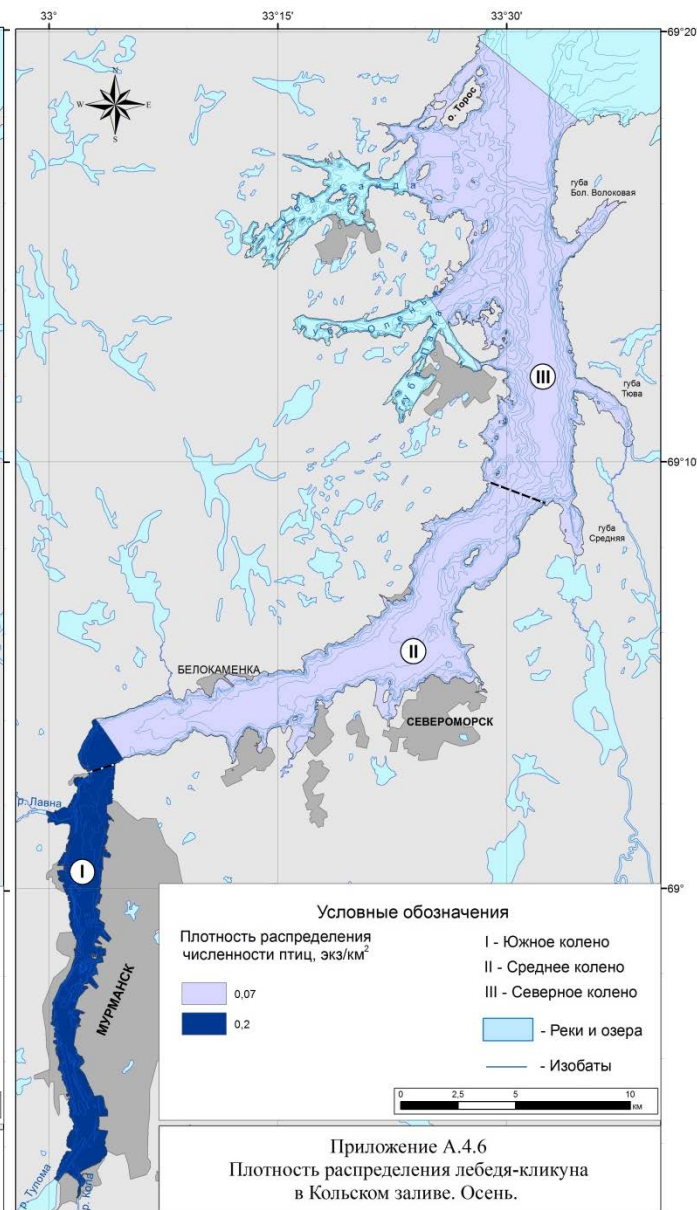
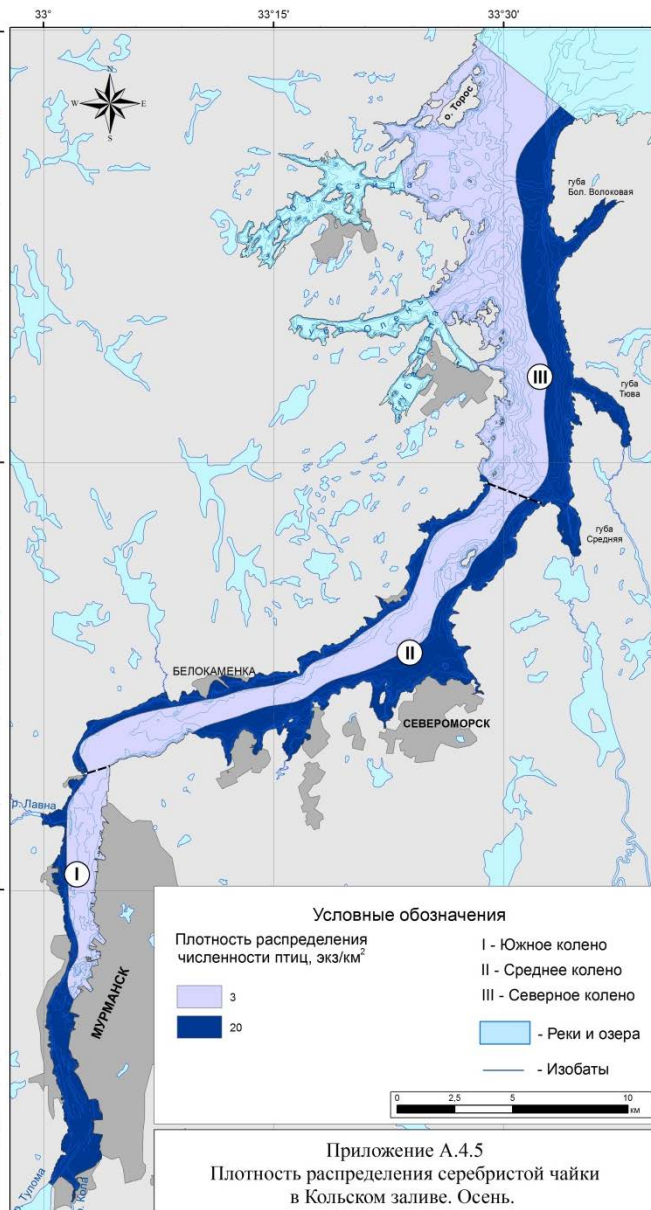
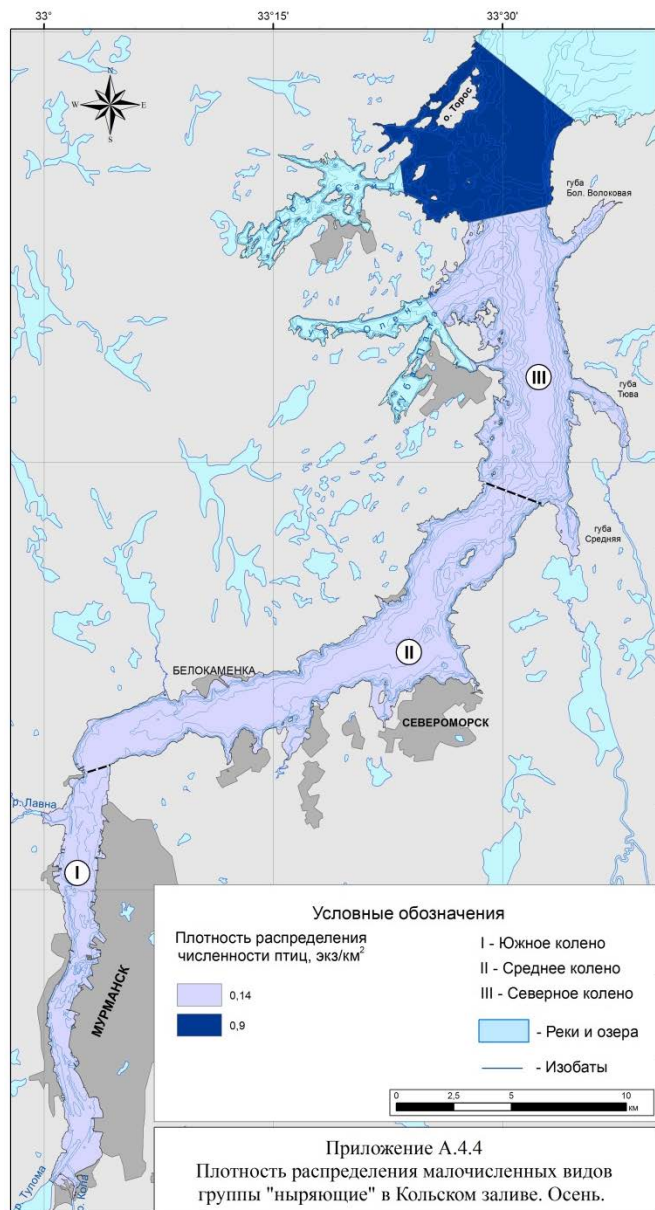




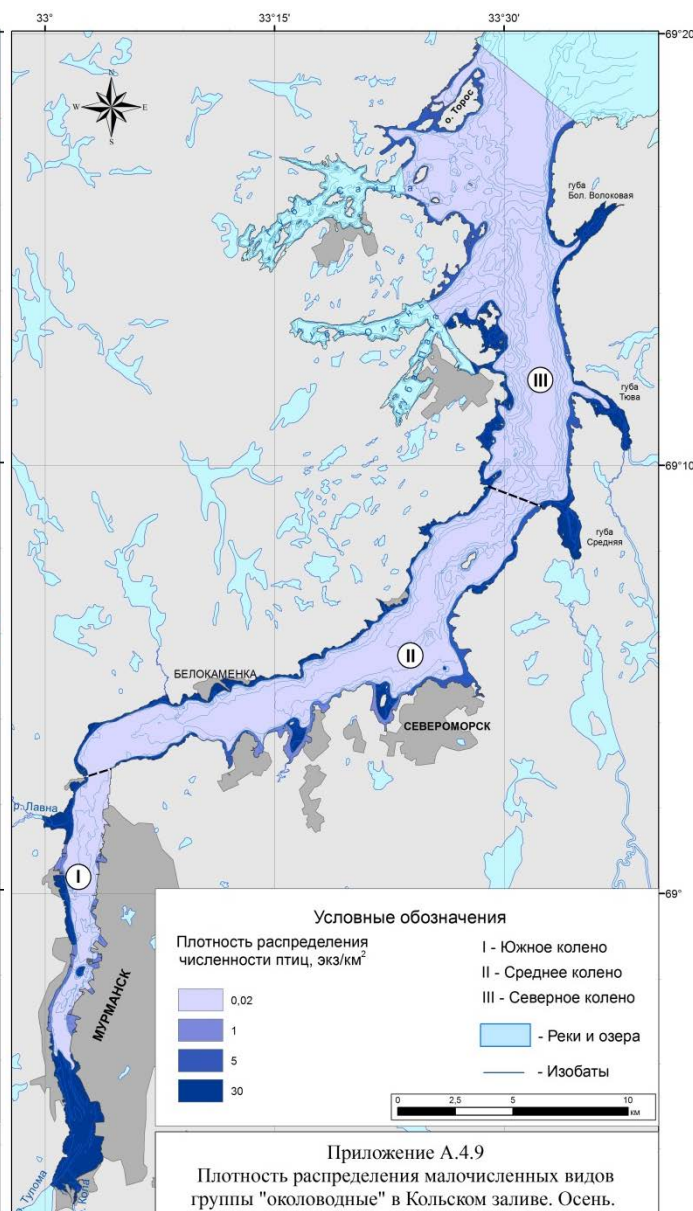
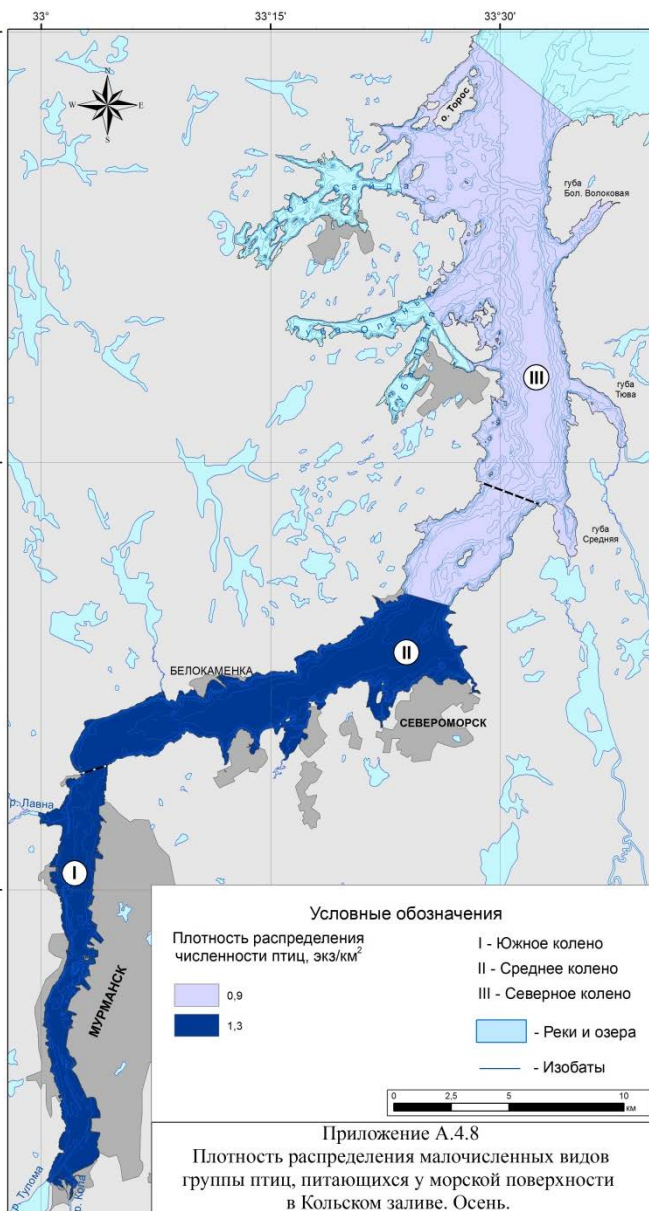
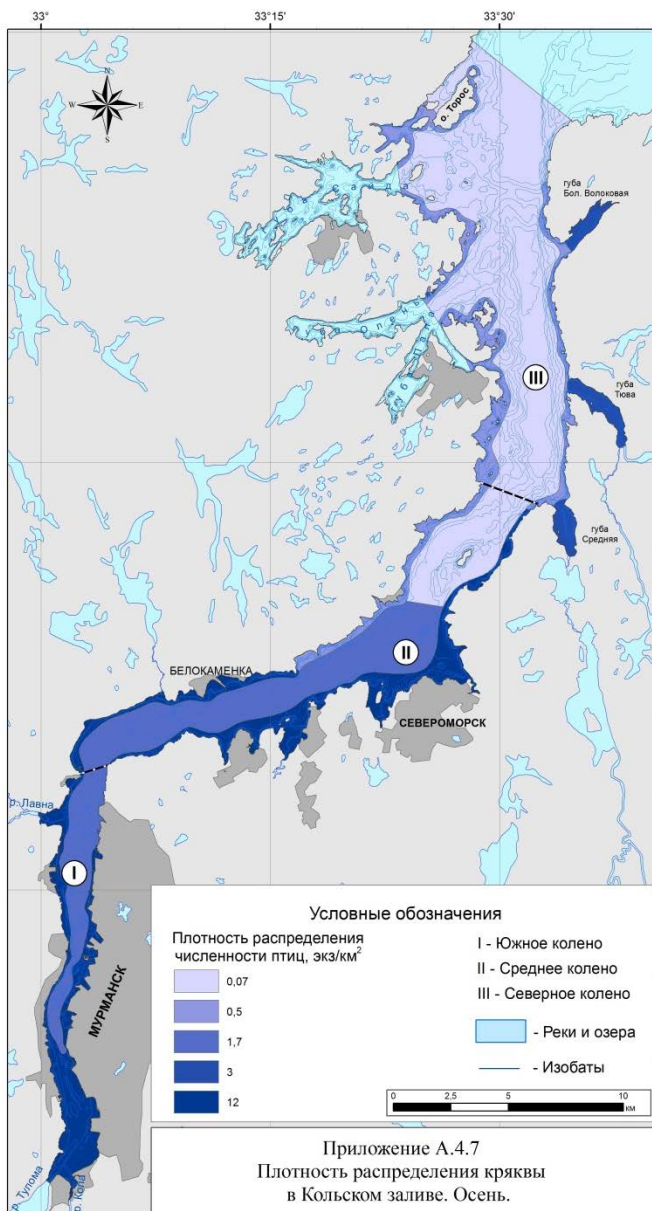




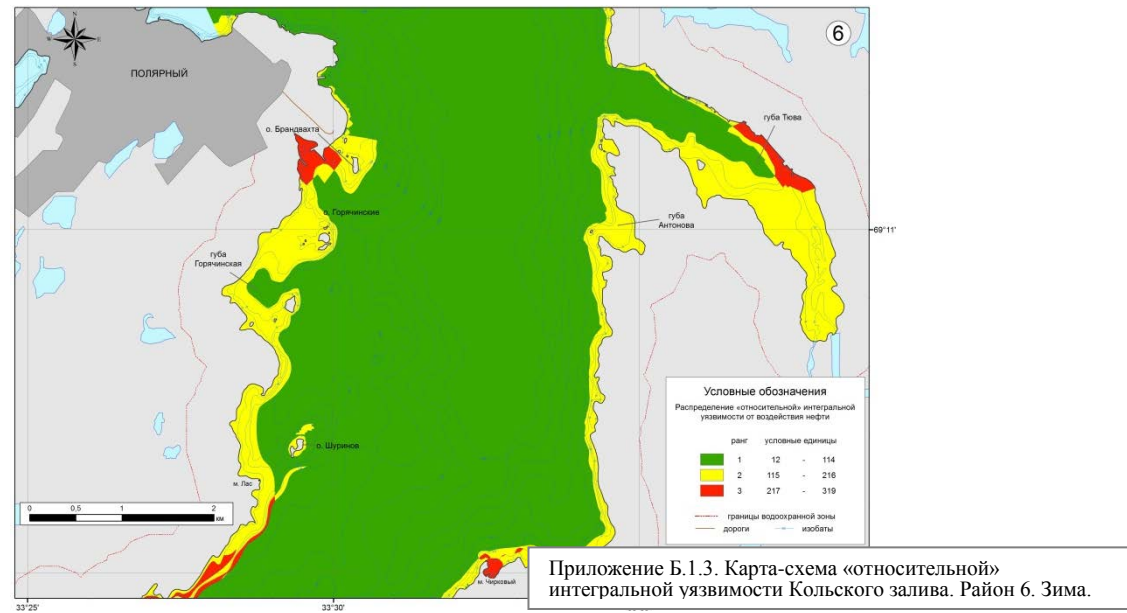


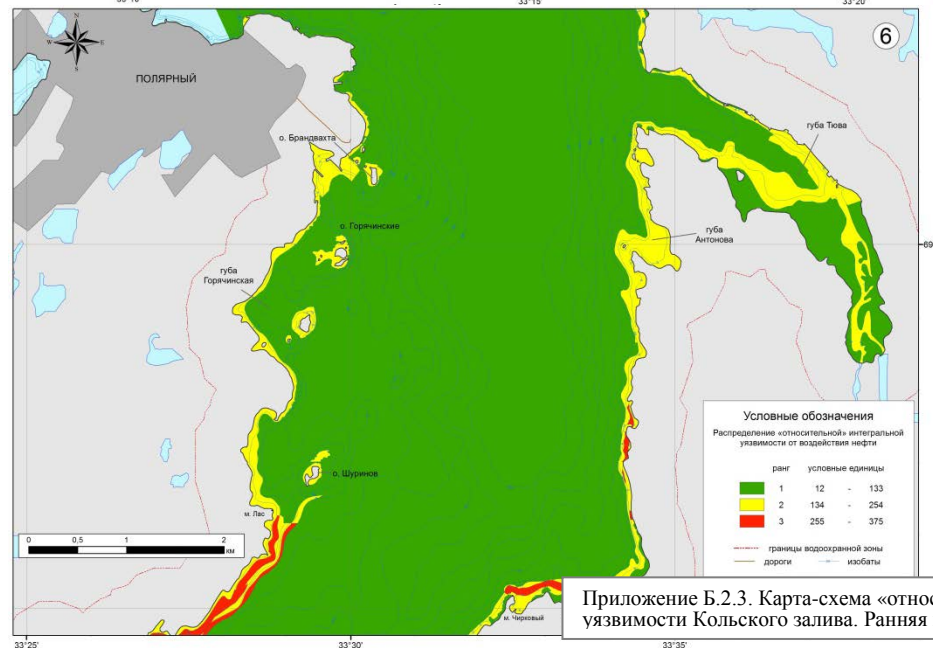
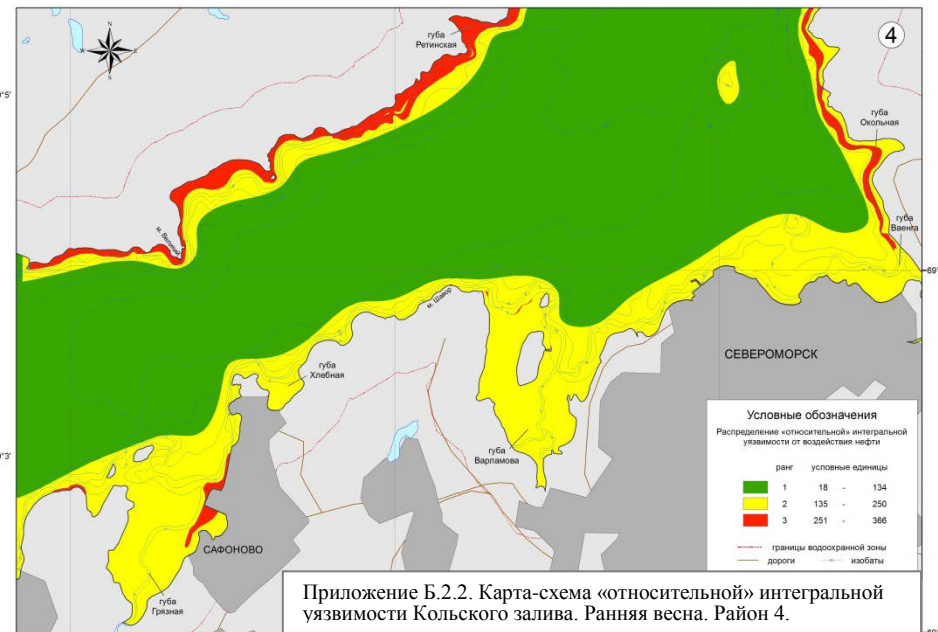
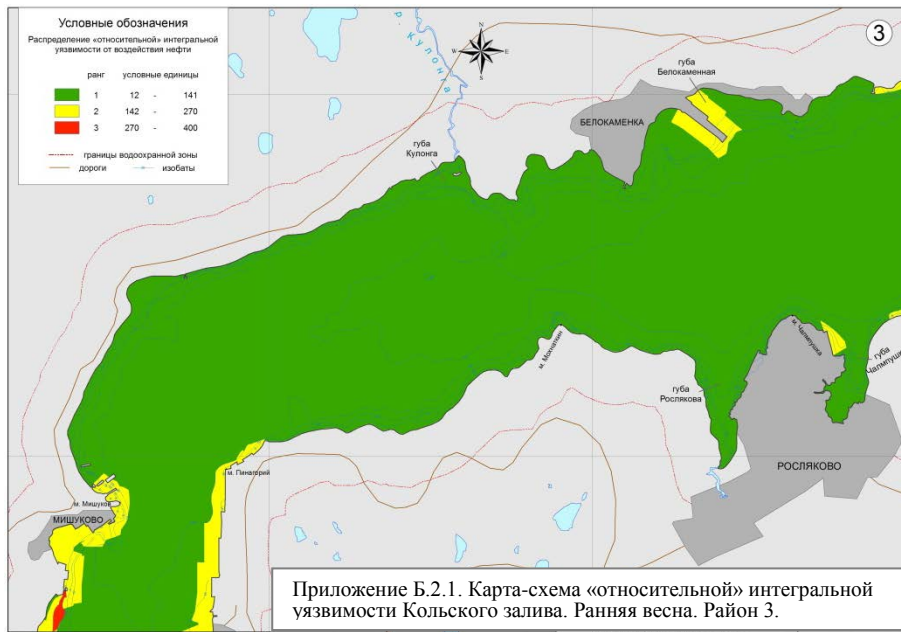


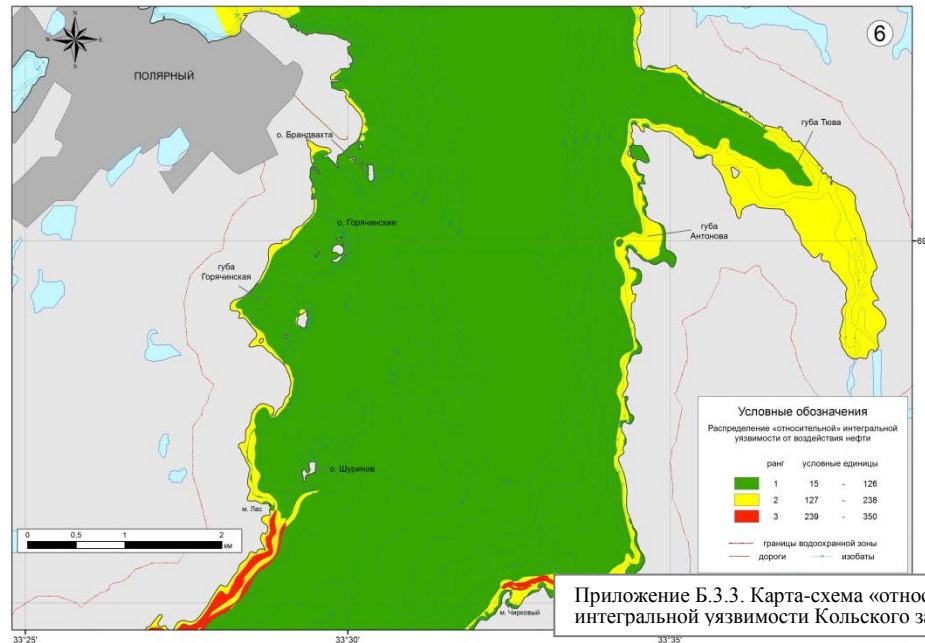
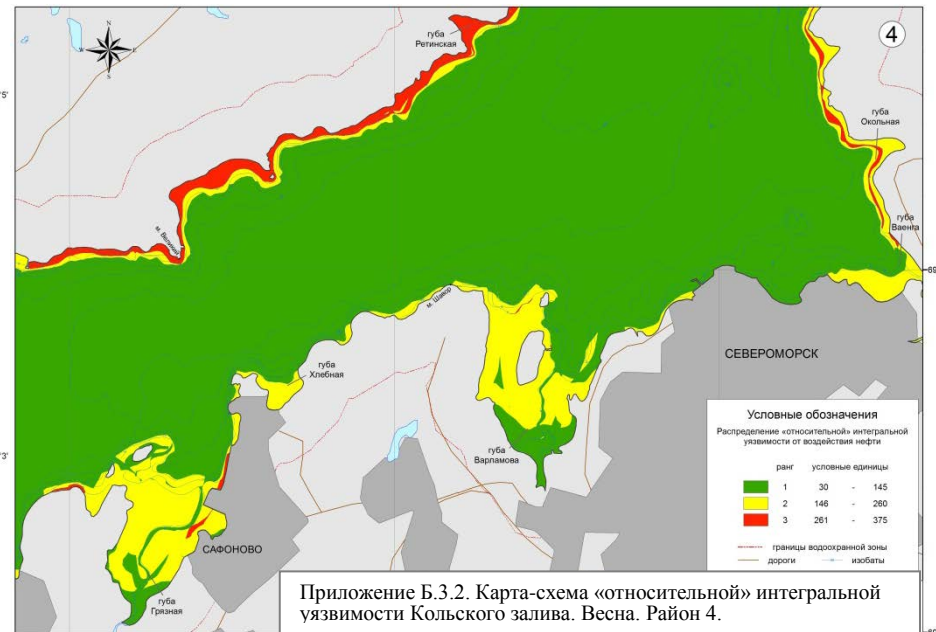
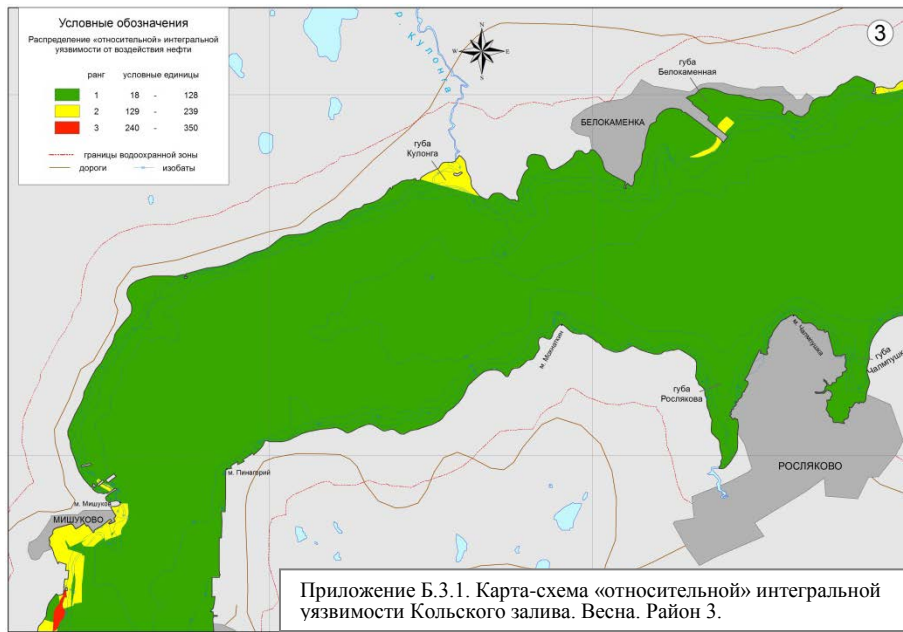


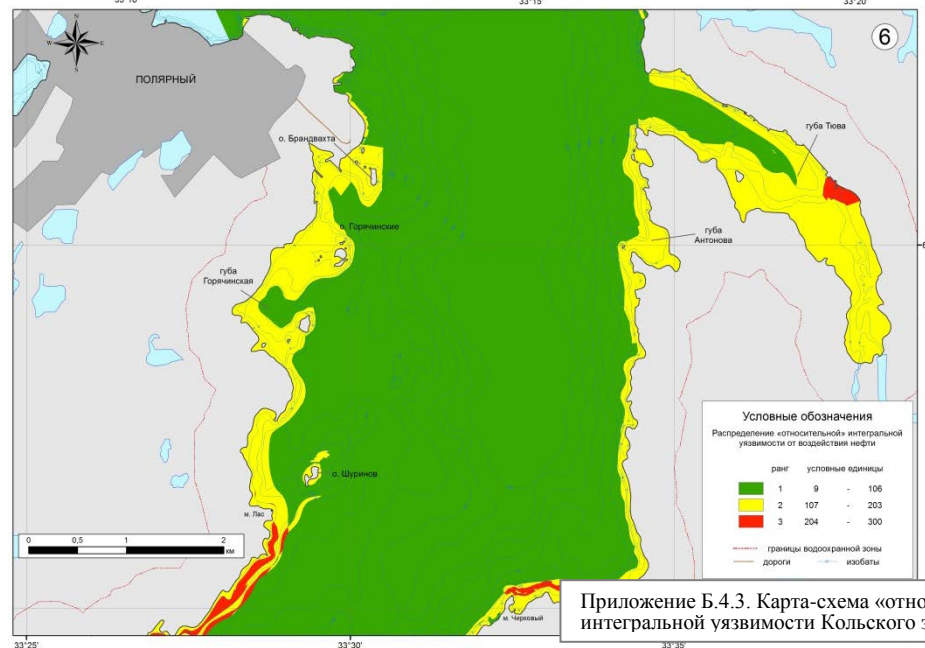
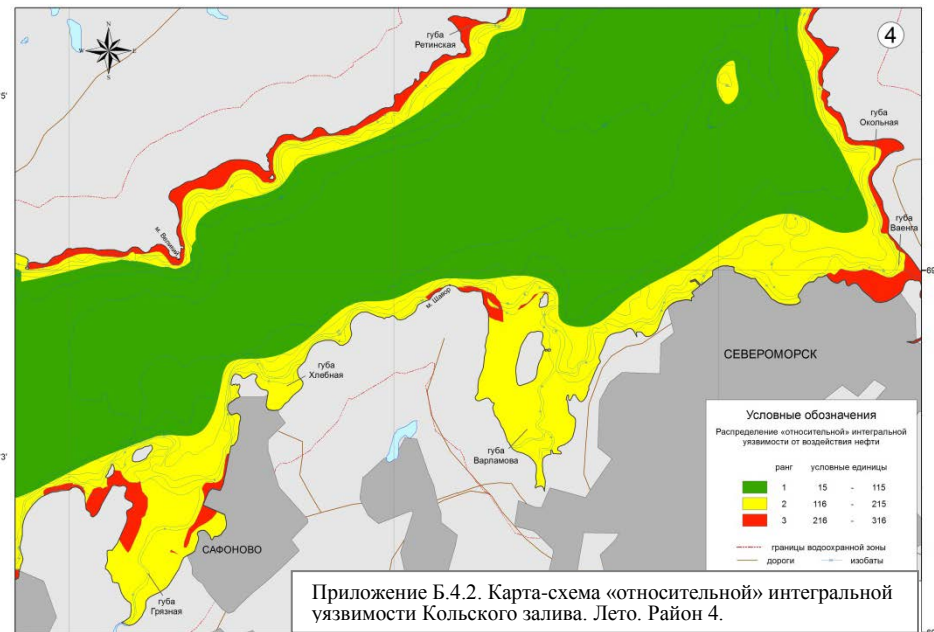
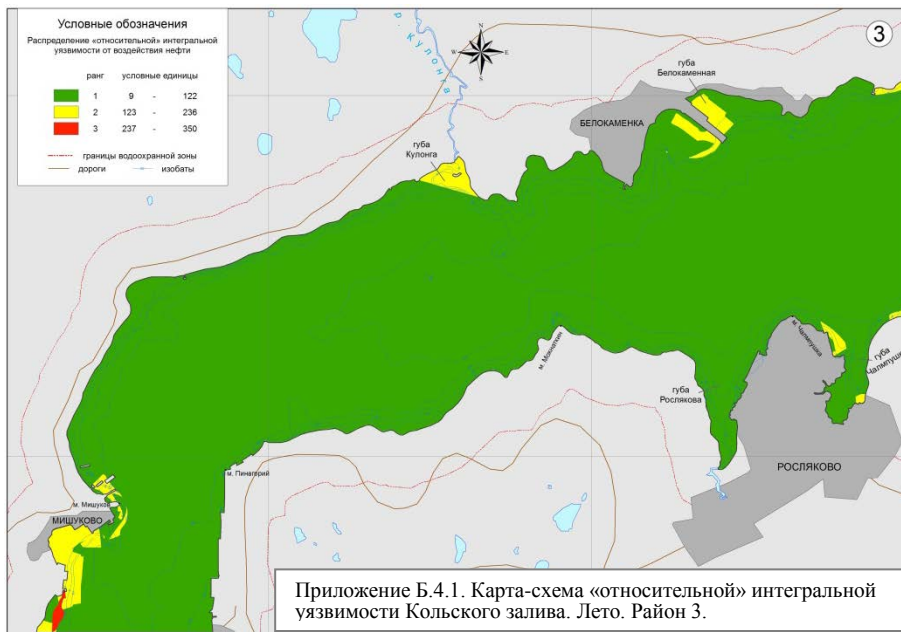


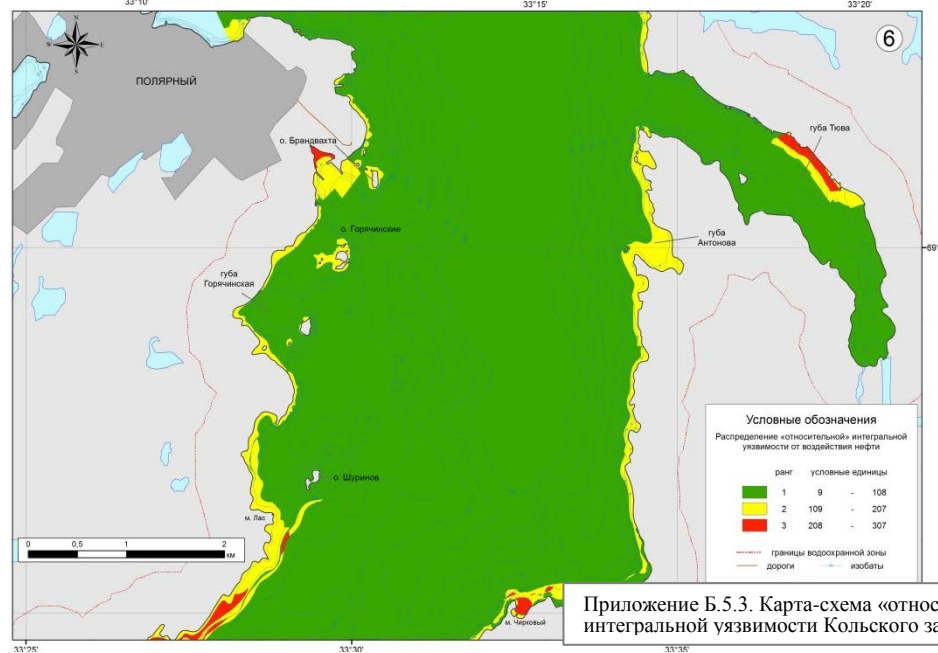
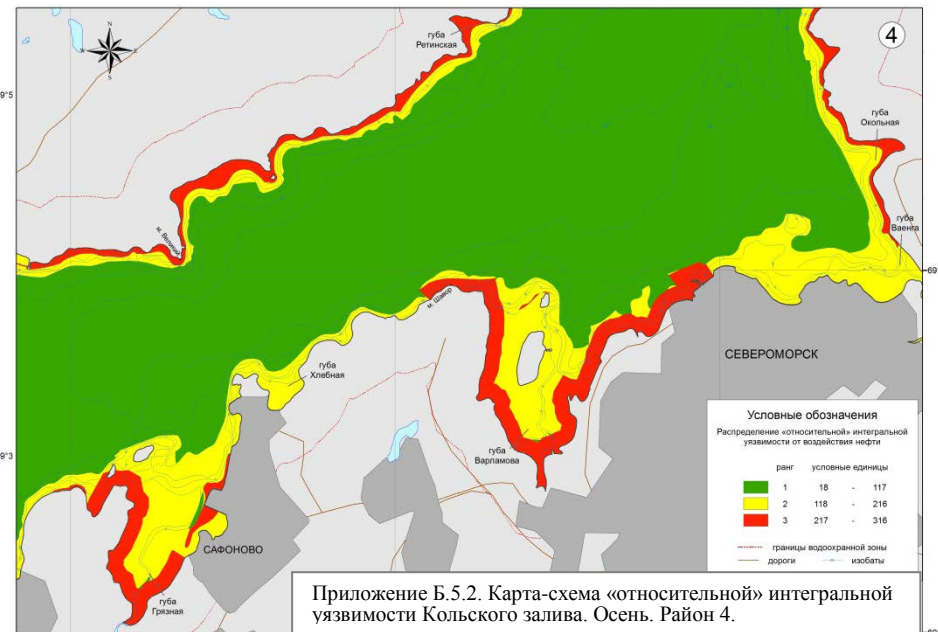
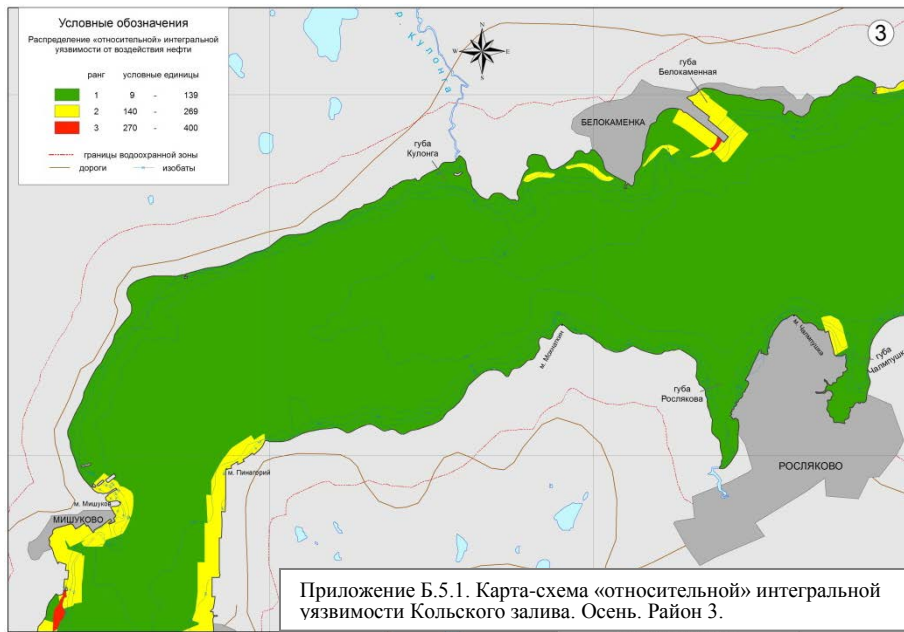
**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**ОБЪЕКТНЫЕ КАРТЫ УЯЗВИМОСТИ МАСШТАБА 1 : 25 000**

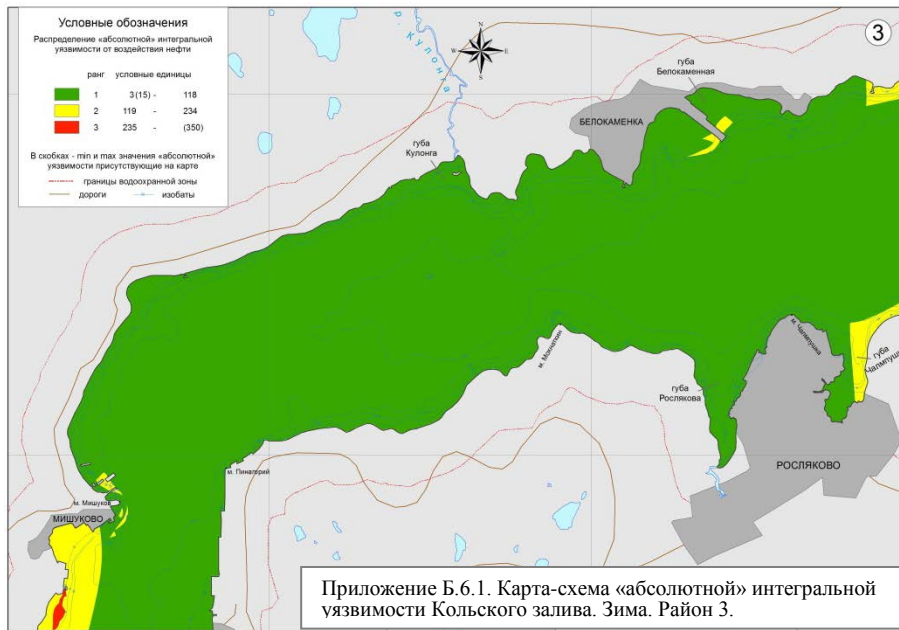




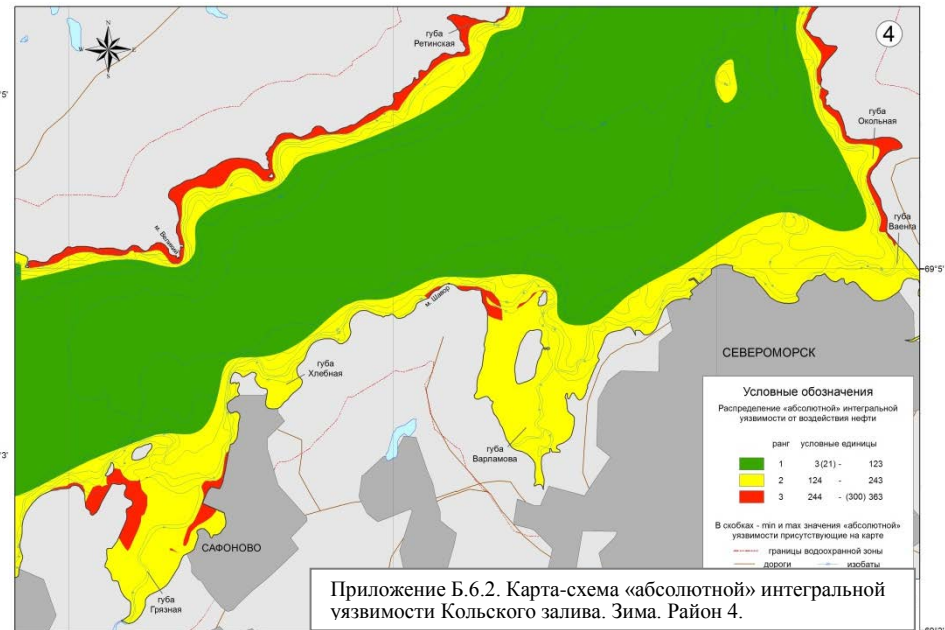




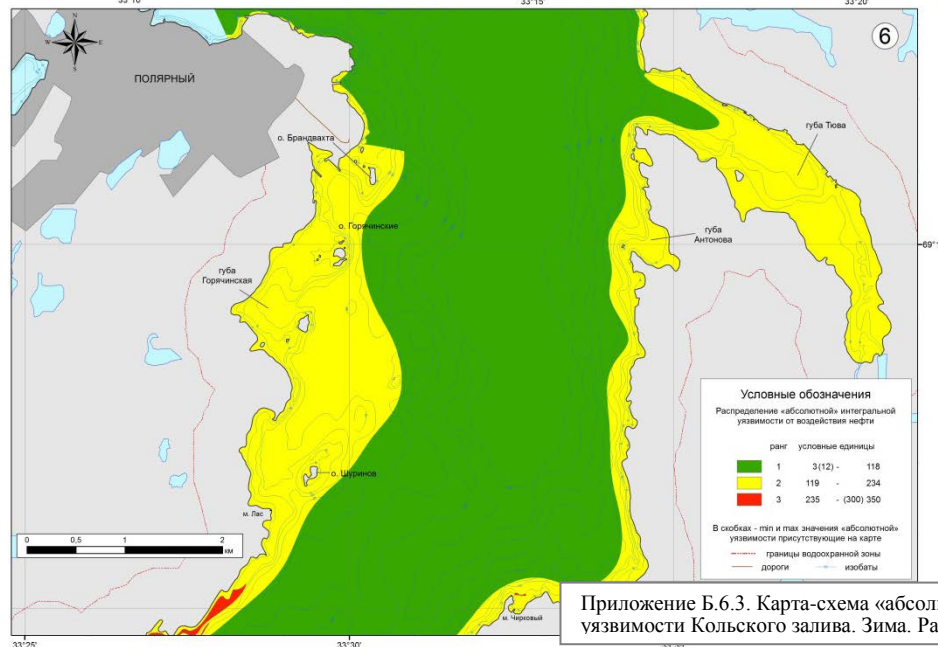




Приложение Б.6.1. Карта-схема «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива. Зима. Район 3.



Приложение Б.6.2. Карта-схема «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива. Зима. Район 4.



Приложение Б.6.3. Карта-схема «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива. Зима. Район 6.



