

Российская академия наук  
Кольский научный центр  
Мурманский морской биологический институт

Всемирный фонд дикой природы  
Баренцевоморское отделение

А. А. Шавыкин, Г. В. Ильин

**ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ УЯЗВИМОСТИ  
БАРЕНЦЕВА МОРЯ  
ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Мурманск  
2010

**Шавыкин А.А., Ильин Г.В.**

**Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения.** – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2010. – 110 с.

Разработан и предложен подход к оценке уязвимости морских акваторий от нефтяного загрязнения. Показана актуальность проблемы уязвимости баренцевоморской экосистемы от нефтяных разливов. Кратко рассмотрено поведение нефти при разливах на морской акватории. Описаны структура и цикличность функционирования баренцевоморской экосистемы, как большой морской экосистемы. С учетом сезонных изменений рассчитаны оценки уязвимости различных групп гидробионтов (от планктона до морских млекопитающих и птиц) и построены карты интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения.

Печатается по решению Ученого совета  
Учреждения Российской академии наук  
Мурманского морского биологического института  
Кольского научного центра РАН

Рецензенты: доктор географических наук *С.Л. Дженюк*  
кандидат биологических наук *Е.Н. Луппова*

Издание осуществлено  
при финансовой поддержке  
Баренцевоморского отделения Всемирного фонда дикой природы

- © Коллектив авторов, 2010
- © Учреждение Российской академии наук Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2010
- © Всемирный фонд дикой природы, Баренцевоморское отделение, 2010

Russian Academy of Sciences  
Kola Science Center  
Murmansk Marine Biological Institute

WWF-Russia  
Barents Sea Regional Office

A. A. Shavykin, G. V. Ilyin

**AN ASSESSMENT OF THE INTEGRAL VULNERABILITY  
OF THE BARENTS SEA  
FROM OIL CONTAMINATION**

Murmansk  
2010

UDC 502.36

**Shavykin A.A., Ilyin G.V.**

**An assessment of the integral vulnerability of the Barents Sea from oil contamination.** - Murmansk: MMBI KSC RAS, 2010. – 110 p.

An approach to assessment of water areas vulnerability from oil contamination was developed and suggested. The relevance of the problem of the Barents Sea ecosystem vulnerability from oil spills was shown. The behavior of oil spills at sea was considered briefly. The structure and cyclicity of the Barents Sea ecosystem as a large marine ecosystem were described. An assessment of the vulnerability of different groups of hydrocoles (from plankton to marine mammals and birds) was given and integral vulnerability of the Barents Sea from oil contamination was mapped with regard to seasonal changes.

Published by the Decision of the Academic Council of  
Institution of the Russian Academy of Sciences  
Murmansk Marine Biological Institute  
of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences

Reviewers: S.L. Dzhenyuk, Dr. of geography,  
E.N. Luppova, Cand. of biology

Publication is carried out at the financial support of  
the Barents Sea Ecoregional Office WWF Russia

© Collective of authors, 2010  
© Institution of Russian Academy of Sciences  
Murmansk Marine Biological Institute of KSC RAS, 2010  
© Barents Sea Ecoregional Office WWF Russia, 2010  
© Translation by Yu.V. Shudegova, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
Глава 1. Проблема оценки уязвимости моря от нефтяных разливов .....	9
Глава 2. Годовая цикличность в функционировании экосистемы Баренцева моря по различным показателям.....	12
Глава 3. Гидрометеорологические условия Баренцева моря .....	16
Глава 4. Поведение нефти и нефтепродуктов при разливах на акватории Баренцева моря .....	18
Глава 5. Уязвимость биоты при разливах нефти.....	24
Глава 6. Структура и современное функционирование баренцевоморской экосистемы.....	27
Глава 7. Особо охраняемые природные территории Баренцева моря .....	44
Глава 8. Транспортировка нефти и судоходство как источники риска загрязнения.....	50
Глава 9. Риск аварийных разливов нефти на морской акватории .....	59
Глава 10. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря.....	67
Глава 11. Рекомендации по созданию карт чувствительности (уязвимости) Баренцева моря для планов ЛРН .....	80
Заключение .....	84
Литература .....	86
Приложение I. Морские и проходные рыбы в Баренцевом море .....	94
Приложение II. Морские млекопитающие в Баренцевом море.....	103
Приложение III. Результаты расчета карт интегральной уязвимости Баренцева моря	107



## ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море сохраняет статус чистой морской экосистемы, мало затронутой антропогенной деятельностью. Высокая продуктивность водоема является той основой, на которой развивается богатое видовое разнообразие морских организмов. Климатические условия, короткие и малоразветвленные пищевые цепи делают морскую экосистему Баренцева моря особенно уязвимой и чувствительной к техногенному загрязнению.

В настоящее время активизируется хозяйственная деятельность по освоению нефтегазовых ресурсов шельфа Арктики, в том числе шельфа Баренцева моря. Развивается транспортировка нефти и нефтепродуктов из портов, расположенных на побережье Баренцева, Белого и Карского морей. В этой связи актуально получение научно обоснованных представлений об уязвимости отдельных звеньев баренцевоморской экосистемы и всей акватории Баренцева моря от разливов нефти. Такие знания позволят оценивать последствия деятельности нефтегазодобывающих компаний, а также принимать меры по предотвращению или уменьшению негативного воздействия на морские биоресурсы и охране биологического разнообразия.

В 2006–2007 годах для Всемирного фонда природы Баренцевоморского обособленного подразделения (WWF-Россия) были выполнены исследования по оценке интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Эта работа выполнялась специалистами Мурманского морского биологического института (ММБИ КНЦ РАН) и Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО).

В 2007 году специалистами ММБИ, при участии сотрудников Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону), был подготовлен отчет по хоздоговору № 22/2006 от 25.11.2006. 13–14 февраля 2008 года Мурманское отделение Всемирного фонда дикой природы провело в ММБИ рабочее совещание по обсуждению указанного отчета и поступивших на него рецензий. На совещании был принят ряд решений, касающихся дальнейшего развития проекта.

Настоящая работа выполнена на основании принятых экспертных замечаний и рекомендаций для дальнейших исследований в развитии Проекта. В основу работы положены отчетные материалы ММБИ и ПИНРО, подготовленные на предыдущих этапах исследований в рамках заданий Всемирного фонда дикой природы:

- 1) отчет ПИНРО “Расчет интегрированной оценки уязвимости акватории российской экономической зоны Баренцева моря к нефтяному загрязнению” по договору № 22/2006 ПИНРО–WWF-Россия. Руководитель проекта В.Н. Шибанов. 113 с.;
- 2) отчет ММБИ “Расчет интегрированной оценки уязвимости акватории российской экономической зоны Баренцева моря к нефтяному загрязнению” по договору № 22/2006 от 25 ноября 2006 г. WWF-Россия–ММБИ. Руководитель работ А.А. Шавыкин. 137 с.;
- 3) отчет ММБИ “Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению” по договору Всемирного фонда дикой природы № 000109 от 12 мая 2008 г. WWF-Россия–ММБИ. Руководитель работ А.А. Шавыкин. 120 с.

Настоящая публикация является сокращенным вариантом отчета, подготовленного по договору с Всемирным фондом дикой природы № 000325 (Договор оказания услуг от 12.01.2009) и по гранту Всемирного фонда дикой природы 452/RU011101D-09/GLM (письмо № 452 от 01.04.2009) “Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению”; научный руководитель и координатор работ – зав. лаб. инженерной экологии ММБИ КНЦ РАН, к.т.н. А.А. Шавыкин.

*Благодарности.* Авторы благодарны сотрудникам ММБИ (С.А. Иванову, А.П. Жичкину, В.В. Ларионову, В.А. Дворецкому, О.В. Карамушко, Е.И. Дружковой, Ю.И. Горяеву, Ю.В. Краснову, П.Р. Макаревичу, Д.В. Моисееву, Е.Г. Берестовскому) и ПИНРО (Н.А. Анисимовой, А.А. Грекову, К.В. Древетняку, Ю.Е. Жаку, П.Н. Золотареву, С.В. Зырянову, П.А. Любину, И.Е. Манушину, В.А. Неличику, В.Д. Прозоркевичу, И.В. Самохвалову, А.М. Соколову, К.М. Соколову, В.А. Терещенко, Н.Г. Ушакову) принимавшим участие в подготовке полных отчетов по данной теме и предоставившим исходные данные по распределению биоты в Баренцевом море; сотруднику ЮНЦ В.В. Сапрыгину за помощь в разработке программы, на основе которой проводились расчеты; сотруднику ММБИ Г.Н. Духно за редактирование и подготовку карт.



## ГЛАВА 1

### ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ МОРЯ ОТ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ

**Цель и задачи исследования.** В последнее время активизировались работы по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе арктических морей. В ближайших планах – добыча нефти на Приразломном месторождении, добыча газа и газоконденсата на Штокмановском ГКМ. В портах Баренцева и Белого морей функционируют и вводятся в строй перегрузочные комплексы по перевалке нефти; растет число танкерных перевозок нефти и нефтепродуктов из портов и через порты Баренцева моря. В этой связи актуальна задача оценки возможных последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в Баренцевом море, в том числе воздействие таких разливов на экосистему Баренцева моря в целом и/или на отдельные его районы. Важно иметь представление о степени уязвимости тех или иных районов (участков) моря в различные сезоны года, с учетом наличия обитающих в них гидробионтов. Это позволит более обоснованно определять стратегию охраны Баренцева моря в целом и разрабатывать планы освоения шельфа.

Цель настоящей работы — оценить уязвимость Баренцева моря (в основном российской экономической зоны) от нефтяного загрязнения с учетом сезонной изменчивости экосистемы, построить сезонные карты интегральной уязвимости моря.

При этом не ставилась задача расчета экономического ущерба от аварийных разливов. Подход, реализованный в настоящей работе, состоит в оценке уязвимости отдельных районов моря, исходя из разветвленности функционирующих биоценозов (от фитопланктона до морских млекопитающих и птиц) и с позиций уязвимости гидробионтов от действия нефти или нефтепродуктов.

Существует несколько различных подходов к оценке уязвимости. Так, оцениваются возможные последствия аварийных разливов нефти при действии нефти на побережье, выделяются районы приоритетной защиты на основе карт экологической ценности различных районов моря и побережья (уязвимые участки, жертвенные участки и районы особой охраны). Рассматривается уязвимость акватории моря, пелагиали и (в определенной степени) донных сообществ. В работе воздействие нефти на берег не анализируется (это должно быть предметом отдельного исследования).

На данном этапе исследований нами были решены следующие задачи, связанные с технологией качественных и количественных оценок уязвимости и с уточнением отдельных терминов. Так было уточнено, что понимается под уязвимостью акватории моря или его участка. При этом была рассмотрена и количественно оценена уязвимость районов моря от разливов нефти и проведено их сравнение для различных периодов года (в определенной степени однородных по рассматриваемым показателям). Это могут быть месяцы или сезоны года. Карты уязвимости, в соответствии с требованиями международных организаций (Sensitivity ..., 1996), желательно иметь по каждому месяцу. В нашем случае (на данном этапе) для Баренцева моря это практически невозможно, так как много биологической информации (в основном по орнитофауне, морским млекопитающим, частично – по планктону) просто отсутствует. Поэтому реша-

лась задача по оценке интегральной уязвимости исследуемой части Баренцева моря для четырех сезонов года, выбор которых требовал определенного обоснования.

От гидрометеорологической обстановки в исследуемом районе зависит поведение нефти в воде и возможность ликвидации последствий разлива. Учитывая, что существуют подробные работы по данной теме, описание гидрометеорологической обстановки в Баренцевом море дано очень кратко. Описано поведение нефти при ее разливе в море (на открытой воде, у берега, во льдах).

Для построения карт уязвимости от воздействия нефти и нефтепродуктов необходимо иметь количественные данные о таковой уязвимости основных компонентов экосистемы моря. На основе обобщения данных о летальных концентрациях нефти оценены коэффициенты уязвимости для основных групп организмов: фито-, зоо-, ихтиопланктона, зообентоса, ихтиофауны, морских млекопитающих и птиц. Полученные коэффициенты уязвимости (в логарифмическом масштабе) использовали далее для расчета карт уязвимости моря.

Описаны карты распределения основных компонентов экосистемы моря и дано общее описание ее структуры, в том числе показано функционирование большой баренцевоморской экосистемы. Кратко описаны существующие и предлагаемые особо охраняемые природные территории.

Рассмотрены транспортные потоки в Баренцевом море, определена интенсивность движения судов в различных районах моря. Дан краткий анализ рисков возникновения аварий в Баренцевом море, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов.

С учетом распределения основных компонентов экосистемы моря и их уязвимости от действия нефти рассчитаны сезонные карты уязвимости Баренцева моря и дан анализ полученных результатов.

Сформулированы рекомендации по созданию карт экологической уязвимости Баренцева моря для планов по ликвидации разливов нефти (ЛРН).

**Определение понятия “уязвимость морской природной среды”.** С учетом мнения некоторых авторов к понятию “уязвимость от разливов нефти” (Новиков, 2006; Доклад ..., 2006), определим это понятие.

**Уязвимость** района моря (природной среды участка моря и обитающей в нем биоты) – свойство, относящееся к определенному району моря (акватории, водной толще и дну или их совокупности), которое характеризует общие, суммарные результаты возможного, главным образом, антропогенного воздействия на среду и биоту, в большей части именно в этом районе, которое приводит:

во-первых, к нарушению нормального функционирования отдельных видов и/или целых экологических групп в этом районе вплоть до частичной или полной потери численности (биомассы) этих видов/экологических групп;

во-вторых, к нарушению естественных условий мест обитания биоты в районе воздействия, что сказывается на нормальном функционировании биоты (биоценоза) непосредственно в момент воздействия и/или в дальнейшем как на биоту, постоянно обитающую в этом районе, так и на биоту, которая может появиться в нем позднее;

и в совокупности имеет следствием:

частичное или полное нарушение структуры и функций части экосистемы моря, относящейся к району воздействия, вплоть до потери ее стабильности;

и, возможно, нарушение структуры и функции экосистемы всего моря.

В данном случае под антропогенным воздействием мы будем рассматривать воздействие на морскую природную среду разливов нефти, нефтепродуктов и любых других углеводородов, соответственно уязвимость среды относится в нашем случае к аварийным разливам углеводородов. Как показывает анализ крупных аварий, связан-

ных с разливами нефти и нефтепродуктов, при этом не происходит полное изъятие (уничтожение) экологических групп (планктон, бентос и др.) из экосистемы всего моря, хотя могут погибнуть малочисленные популяции отдельных биологических видов, нарушается функционирование экологических групп в районе воздействия, могут существенно изменяться природные условия обитания биоты в таком районе.

## ГЛАВА 2

### ГОДОВАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЭКОСИСТЕМЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО РАЗЛИЧНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

При рассмотрении уязвимости Баренцева моря от разливов нефти необходимо учитывать периодические изменения, происходящие в течение года во всей экосистеме моря, в его различных районах и в отдельных компонентах экосистемы. В абиотических компонентах это касается освещенности, температуры воздуха и водной среды, волнения и др. В биотических — это распределение биомассы/численности фито-, зоо-, ихтиопланктона, ихтиофауны, бентоса, морских млекопитающих и птиц. Полная информация о периодической изменчивости состояния всех компонентов экосистемы может быть получена из непрерывных измерений интересующих нас параметров или в результате помесечного осреднения значений этих параметров. Однако для исследуемого района Баренцева моря (как и для всего моря в целом) такой информации нет. Поэтому, исходя из общей практики исследований, целесообразно структурировать годовую цикличность изменчивости по периодам (этапам) наиболее выраженных состояний экосистемы. Самые значимые изменения в состоянии абиотических и биотических компонентов определяются как сезонные изменения. А период времени, в течение которого те или иные показатели экосистемы (температура, численность, продукция и др.) остаются относительно устойчивыми или равномерно варьируют в сравнительно узком постоянном интервале значений, называют сезоном. Обычно выделяют следующие сезоны: календарные, астрономические, климатические, гидрологические, биологические и др.

Анализ годовых циклов параметров большой баренцевоморской экосистемы показывает, что временные рамки сезонной изменчивости различных компонентов даже в пределах изучаемого района не совпадают с границами какого-либо одного сезона. В рамках нашего исследования уязвимости различных участков баренцевоморской экосистемы от разливов нефти сформулируем условия, которым, на наш взгляд, должны удовлетворять выделенные периоды (сезоны):

1) в определенной степени (хотя и не вполне строго) они должны совпадать с климатическими, гидрологическими и биологическими сезонами;

2) это должны быть временные интервалы, которые описываются календарными месяцами, так как вся используемая первичная информация в различных источниках усреднена, как правило, по месяцам;

3) указанные периоды должны иметь примерно равную длительность, в нашем случае, это соответствует трем месяцам.

Как известно, **календарные сезоны** определяются следующим образом: *зима* — декабрь, январь, февраль; *весна* — март, апрель, май; *лето* — июнь, июль, август; *осень* — сентябрь, октябрь, ноябрь. Условная схема деления года на календарные и все остальные, рассматриваемые далее сезоны, показана в таблице 2.1.

**Астрономические сезоны** — зима, весна, лето, осень — разграничиваются сроками равноденствия и солнцестояния. Начало основных астрономических сезонов года:

весна – 20 марта, лето – 21 июня, осень – 22 сентября, зима – 21 декабря. Даты весны и осени — это дни соответствующего равноденствия, зима — день зимнего солнцестояния, лето — день летнего солнцестояния (Большой ..., 2005; табл. 2.1).

**Климатические сезоны** года характеризуются определенными соотношениями климатообразующих факторов: радиационных и циркуляционных процессов, состояния подстилающей поверхности и др. Распределение очагов тепла и холода способствует возникновению определенной формы атмосферной циркуляции, соответствующей сезону.

Для определения границ естественных климатических сезонов в Баренцевом море используют различные критерии. Атмосферное давление определяет физическое состояние всей толщи атмосферы, обуславливает возникновение определенных ветровых потоков. Поэтому наиболее обоснованным для деления года на сезоны, с точки зрения климатических изменений, является изменение циркуляции атмосферы. По этим признакам в Баренцевом море выделяют зиму, весну, лето, осень. Условно принята следующая структура климатических сезонов Баренцева моря — зима (ноябрь–апрель), весна (май–июнь), лето (июль–август), осень (сентябрь–октябрь) (Гидрометеорология..., 1990; табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Временные границы различных сезонов в Баренцевом море**

Сезоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Календарные	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Астрономические	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Климатические <sup>x</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Гидрологические <sup>x</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Гидрохимические <sup>xx</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Биологические <sup>xxx</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Биологические <sup>xx</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
По балансу тепла <sup>x</sup>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ПРИНЯТЫЕ для дальнейшего анализа	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сезоны	ЗИМА (I кв.)			ВЕСНА (II кв.)			ЛЕТО (III кв.)			ОСЕНЬ (IV кв.)		

<sup>x</sup> По: Гидрометеорология ..., 1990,

<sup>xx</sup> По: Несветова, 2002,

<sup>xxx</sup> По: Биологический атлас ..., 2000.

**Гидрологический сезон** – это часть года, выделяемая по комплексу гидрологических признаков. Внутри каждого сезона должна существовать свойственная только этой части года тенденция изменений параметров водной среды и обуславливающих их

физических процессов. Поскольку факторы, определяющие естественные гидрологические сезоны, имеют межгодовую изменчивость, их параметры варьируют от года к году (Булатов, Панфилова, 1995; цит. по: Бойцов, 2006).

Для Баренцева моря наиболее важными физическими факторами являются изменения вертикальной структуры вод и ледового покрова (Гидрометеорология..., 1990). В годовой динамике избранных интегральных показателей выделено четыре сезона: зима, весна, лето, осень.

Основным отличием гидрологического режима летом является существование пикноклина и верхнего квазиоднородного слоя, который наиболее отчетливо выражен в июле–августе практически на всей акватории моря. Для осени характерны процессы ветрового и конвективного перемешивания, разрушение квазиоднородного слоя, перестройка структуры вод и циркуляции атмосферы, что сопровождается быстрым продвижением кромки льда к югу и западу с сентября по ноябрь, в последующие месяцы продвижение замедляется. Зимний режим устанавливается с декабря по апрель, для него характерны конвективное перемешивание вод до глубинных слоев, медленное выхолаживание вод и вертикальная однородность гидрологических характеристик. Весенний прогрев, вследствие большой инерционности гидрологических и ледовых условий, намного запаздывает по отношению к астрономической весне и приходится в основном на май–июнь. В зависимости от района моря и специфики тех или иных элементов режима границы сезонов могут отличаться от указанных выше.

Гидрологические сезоны в целом для Баренцева моря таковы. Зима — декабрь–апрель, весна — май–июнь, лето — июль–август, осень — сентябрь–ноябрь (Гидрометеорология..., 1990; табл. 2.1).

**Гидрохимические сезоны** выделены в Баренцевом море Г.И. Несветовой (2002) на основе анализа годовой динамики основных гидрохимических показателей (содержания в воде кислорода и фосфатов). В ее работе проведен анализ указанных параметров и использован аппарат кластерного анализа. Изменчивость гидрохимических характеристик вод Баренцева моря в течение года по сезонам позволяет выявить их точные границы. Декабрь, январь, февраль и март в Баренцевом море однозначно являются зимними месяцами; апрель – месяц весенний; июнь, июль, август – летние месяцы; октябрь – осенний. Май следует считать переходным месяцем от весны к лету, в 50 % случаев он относится к весеннему сезону, в 50 % — к летнему. Такая же ситуация отмечена в сентябре, этот месяц является переходным от летнего сезона к осеннему, а ноябрь – промежуточный период между осенью и зимой (Несветова, 2002). Четких границ сезонов, интегрирующих изменчивость обоих гидрохимических показателей, не выделено (табл. 2.1).

**Биологические сезоны.** Сроки начала и развития биологических сезонов определяются, с одной стороны, внутренними биологическими причинами (физиологическим состоянием, количественными и качественными изменениями биоценозов и др.) и с другой — сезонными явлениями, происходящими в окружающей среде (освещенностью, температурной, плотностной структурой вод и др.). Поэтому сроки наступления и продолжительность биологических сезонов не связывают с конкретными датами, а соотносят с наступлением характерных сезонных явлений. Существуют лишь примерные границы смены биологических сезонов, варьирующие из года в год и различающиеся для различных групп организмов.

По характерным изменениям в жизненном цикле фитопланктона на протяжении года, биологические сезоны определяются как: весна – середина марта–начало июня; лето – конец июня–конец августа; осень – середина сентября–начало ноября; зима – начало ноября–середина марта (Биологический атлас..., 2000; табл. 2.1).

Другая схема биологических сезонов рассчитана по изменчивости гидрохимических параметров в верхнем продукционном слое (Несветова, 2002). В основу такого деления положен анализ вертикальной сезонной динамики фосфатов в различных районах Баренцева моря. На основе этого анализа сделан вывод, что в большинстве районов Баренцева моря весенний период длится с апреля по июль, летний – с июля по август, осенний – с сентября по ноябрь, зимний – с декабря по март (табл. 2.1).

**Сезоны по тепловому балансу моря.** Колебания температуры воды во времени имеют сложный характер. Они определяются соотношением приходящей на морскую поверхность тепловой энергии и ее потерями в атмосферу, а также интенсивностью перераспределения тепла в результате горизонтальной и вертикальной циркуляции (Малинин, Гордеева, 2003; Бойцов, 2006).

Тепловой баланс поверхности моря (результатирующий поток тепла через морскую поверхность)  $B$  представляет собой алгебраическую сумму радиационного баланса  $R$ , турбулентного потока тепла (с поверхности моря)  $H_T$  и затрат тепла на испарения  $LE$  ( $B = R + H_T + LE$ ). Здесь радиационный баланс  $R$  определяется как разность между поглощенной солнечной радиацией и эффективным излучением поверхности моря; турбулентный теплообмен  $H_T$  зависит от плотности воздуха, теплоемкости воздуха при постоянном давлении, коэффициента теплообмена, разности температур поверхности моря и воздуха, а также скорости ветра.

Зимой (январь–март) отрицательный теплообмен  $B$  превышает адвекцию  $A_{0-200}$ , что приводит к понижению теплосодержания водных масс моря  $Q_{T,0-200}$ . Весной (апрель–июнь) на морскую поверхность поступает значительно больше тепловой энергии, чем ее уходит в атмосферу ( $B > 0$ ), наблюдается увеличение температуры воды в верхнем слое и рост теплосодержания водных масс ( $Q_{T,0-200} > 0$ ). Летом (июль–сентябрь) продолжается увеличение температуры воды, главным образом за счет увеличения адвекции (летом  $A_{0-200} >$  чем  $A_{0-200}$  весной), поскольку тепловой поток  $B$  на морскую поверхность поступает уже меньше чем весной. Осенью (октябрь–декабрь) адвекция вносит определенный вклад в увеличение теплового баланса водных масс, однако их более интенсивная теплоотдача в атмосферу вызывает уменьшение теплосодержания вод ( $Q_{T,0-200} < 0$ , так как тепловой поток  $B$  везде отрицателен и превосходит по абсолютной величине адвекцию  $A_{0-200}$ ) (Бойцов, 2006). Объединение сделано с учетом соотношения значений этих величин по отдельным месяцам (Гирдюк, 1992).

На основании вышеизложенного можно утверждать, что выделение сезонных циклов по динамике теплового баланса в наибольшей степени соответствует сформулированным нами условиям и примерно согласуется с сезонной структурой годового цикла других важных параметров экосистемы (табл. 2.1). Для удобства дальнейших исследований, унификации периодов расчета и осреднения показателей целесообразно принять следующую сезонную структуру года:

Зима (I квартал) — январь–март  
Лето (III квартал) — июль–сентябрь

Весна (II квартал) — апрель–июнь  
Осень (IV квартал) — октябрь–декабрь.

### ГЛАВА 3

#### ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Поведение нефтяного пятна (слика), образовавшегося в результате разлива на поверхности моря, его трансформация и пространственный перенос определяются в первую очередь гидрометеорологическим состоянием морской среды в районе разлива.

Распределение температуры воздуха над акваторией Баренцева моря связано с балансом тепла, формирование которого во многом зависит от потоков теплых атлантических воздушных и водных масс, холодных арктических водных и воздушных потоков. Зимой средняя температура воздуха изменяется от  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  в мористой части до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в прибрежных районах. Летом ее изменения находятся в диапазоне  $0\text{--}9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Термический режим вод Баренцева моря складывается под влиянием радиационных факторов и адвекции. В течение года максимальная среднемноголетняя температура поверхностного слоя воды (ТПС) наблюдается в юго-западной части моря, и климатический градиент температуры направлен примерно перпендикулярно к среднему положению кромки льда. Но в летние месяцы и в начале осени (июль–сентябрь) область максимума ТПС распространяется и на акваторию юго-восточной части моря. Наиболее холодным месяцем является апрель. В этом месяце “теплый сектор” поля температур, очерченный изотермой  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , “сжимается” до  $74^{\circ}30'\text{--}75^{\circ}$  с.ш. и до  $40\text{--}42^{\circ}$  в.д.

Вертикальная термохалинная структура вод Баренцева моря складывается под воздействием гидрологических процессов. Для Баренцева моря свойственны два типа структурирования вод. В атлантической водной массе изменения плотности следуют главным образом за изменениями температуры воды. Сезонные изменения солёности в формировании плотностной структуры имеют второстепенный характер. Лишь в весенние и летние месяцы понижение солёности верхнего слоя вод приводит к дополнительному понижению плотности этого слоя. В юго-восточной части моря преобладающий вклад в плотностную стратификацию вносит изменение солёности. В трансформированных арктических водах в северной части моря вклады температуры и солёности в летнее понижение плотности примерно равны (Гидрометеорология ..., 1990; Ившин, 2004).

Динамика плотностных течений Баренцева моря характеризуется в основном притоком теплых солёных атлантических вод из Норвежского моря и проникновением с севера и северо-востока холодных полярных вод, входящих в Баренцево море с поверхностным слоем. Наиболее широко используемым прикладным пособием по течениям Баренцева моря является схема поверхностных течений А.И. Танцюры (1959, 1973). Скорость поверхностных плотностных течений изменяется в пределах значений от менее 0.1 до 1.0 узла ( $5\text{--}50\text{ см/с}$ ) или немногим больше. Высокие скорости течений характерны центральным струям, минимальные (низкие) скорости наблюдаются на периферии потоков.



В зимний период в Баренцевом море формируется глубокая ложбина, простирающаяся от исландского минимума. Она образована в результате того, что акваторию моря пересекают преобладающие траектории прохождения циклонов. Следствием этого является доминирование более высоких по скорости ветров, большей продолжительностью, чем в летний период. Средняя величина скорости ветра изменяется в пределах 6–10 м/с, а у побережья Кольского полуострова и архипелага Новая Земля — до 13 м/с. Летом пределы изменчивости скорости ветра несколько уже и составляют 5–6 м/с. Учитывая низкую повторяемость штилевых условий, ветер и ветровое волнение будут определяющими факторами распространения нефти в море. Ветровое воздействие оказывает влияние на испарение нефти, определяет результирующий перенос нефтяного сгустка (Зуев, Ильин, 1996; Патин, 2001).

В летний период на акватории Баренцева моря преобладают волны высотой 1–1.6 м (50 %-я повторяемость), повторяемость 10 % характерна для волнения высотой от 2.5 до 4 м, для волн от 4.5 до 6.5 м – 1 %. В летние месяцы наиболее высокие волны (до 7–8.5 м) на всей акватории моря развиваются с повторяемостью 0.1 %. Зимой наибольшая обеспеченность (50 %) соответствует развитию волн высотой 2–2.5 м на всей акватории моря. Развитие волн до 5–6 м также отмечается зимой, обеспеченность таких волн составляет 10 %. Более высокие волны (до 10–13 м) имеют низкую обеспеченность – 1.0–0.1 % (Атлас океанов ..., 1980; Гидрометеорология ..., 1990). Повторяемость штилевого состояния поверхности моря мала, варьирует от 1 % в зимние месяцы до 5–6 % в летние месяцы.

Максимальная ледовитость в Баренцевом море отмечена во второй декаде апреля. В холодные зимы примерно 90 % акватории покрывается льдом. Минимальная ледовитость наступает в конце августа–первой половине сентября. В этот период в теплые годы море полностью очищается от льда. В Баренцевом море обычно преобладают льды, образовавшиеся в пределах водоема. Старые льды из Арктического бассейна поступают в море в отдельные годы. Дрейф льдов определяется ветровым полем и возникающими течениями. Для северной и западной частей моря преобладающим направлением дрейфа льдов является южное и западное с повторяемостью 74 %, а для юго-восточной — почти одинакова повторяемость восточного (42 %) и западного (31 %) направлений. При месячном осреднении преобладающими являются скорости дрейфа льдов до 10 см/с (Атлас океанов ..., 1980).

Более подробное описание гидрометеорологических условий, определяющих поведение нефти при ее разливе в Баренцевом море, дано в главе 3 отчета (Оценка ..., 2009а). Очевидно, что в открытом море на безледных участках акватории процедура ликвидации будет затруднена практически постоянным волнением поверхности и дрейфом деконсолидированных нефтяных пятен по сложным траекториям. Сильный ветер и интенсивное волнение в определенной мере активизируют процесс естественной диссипации нефти через испарение и перераспределение нефтяных остатков в слое ветрового перемешивания. Дрейфующий ледовый покров и припайный лед (в прибрежье) будут являться существенным препятствием ликвидации нефтеразливов. Дрейфующий лед может быть фактором самоочищения северных акваторий и загрязнения южных частей Баренцева моря.

## ГЛАВА 4

### ПОВЕДЕНИЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ РАЗЛИВАХ НА АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространёнными загрязнителями в Мировом океане. Несмотря на принимаемые меры безопасности, ни один из способов добычи и перевозки нефти, к сожалению, не исключает аварийные случаи, когда нефтяному загрязнению могут быть подвергнуты обширные районы моря.

**Трансформация и перенос нефти на открытой воде.** В первые часы существования слика в среде преобладают физико-химические процессы. Позже, с течением времени, значимость приобретает микробная деструкция (Израэль, Цыбань, 1989). Образование равномерных пленок определяется содержанием высокомолекулярных соединений, которые слабо изменяются под воздействием внешних факторов. При содержании асфальтенов более 1 % нефть плохо растекается по поверхности (Немировская, 2004). Легкая нефть растекается быстрее, чем тяжелая. Например, 1 т сырой иранской нефти за 10 мин образует пятно диаметром 48 м и толщиной 0.1 мм (Герлах, 1985). Специалистами компании “British Petroleum” для подобных оценок была получена эмпирическая формула, результаты расчетов по ней даны в табл. 4.1 (Можаровский, 1974).

Таблица 4.1

**Толщина нефтяных пленок при разливе 100 м<sup>3</sup> различных сортов нефти**

Сорт нефти	Время растекания нефти		
	2 мин	20 мин	2 ч
Брега	2.04	0.44	0.14
Иранская тяжелая	2.99	0.64	0.20
Кувейтская	1.90	0.41	0.12
Североиракская	2.38	0.51	0.16
Тиа Хуана (средняя)	2.33	0.50	0.15

Распространение разлитой на поверхности моря нефти происходит вначале под действием сил тяжести, а затем контролируется ее вязкостью и силами поверхностного натяжения (Геоэкологические последствия ..., 2003). В процессе растекания сырой нефти по морской поверхности идет интенсивное испарение ее летучих фракций (рис. 4.1). Оставшиеся более вязкие составляющие тормозят распространение пятна. Уже через полчаса после разлива на поверхности моря не остается летучих соединений (исчезает запах нефти). Далее, в течение первых нескольких суток, испаряется до 75, 40 и 5–10 % легкой, средней и тяжелой нефти соответственно.

Параллельно с испарением, но более медленно, происходит также растворение нефти в морской воде. Растворению подвержены около 15–30 % нефти, в основном низкомолекулярные ароматические соединения — бензол, толуол, ксилол (GESAMP ..., 1993; Геоэкологические последствия ..., 2003). Наряду с этим, некоторые

авторы (Natural ..., 1991; Патин, 1997, 2001) считают, что в растворенную фазу переходит не более 1 % всего объема нефти. Максимальная концентрация растворенных углеводородов под нефтяной пленкой (0.5–1.0 м) может достигать, в зависимости от состава нефти, от 0.1 мг/л до 0.3–0.4 мг/л (Патин, 1997). В условиях арктических морей, и Баренцева моря в частности, можно предположить, что по причине преобладания низкой температуры воды растворимость нефти в воде минимальна.

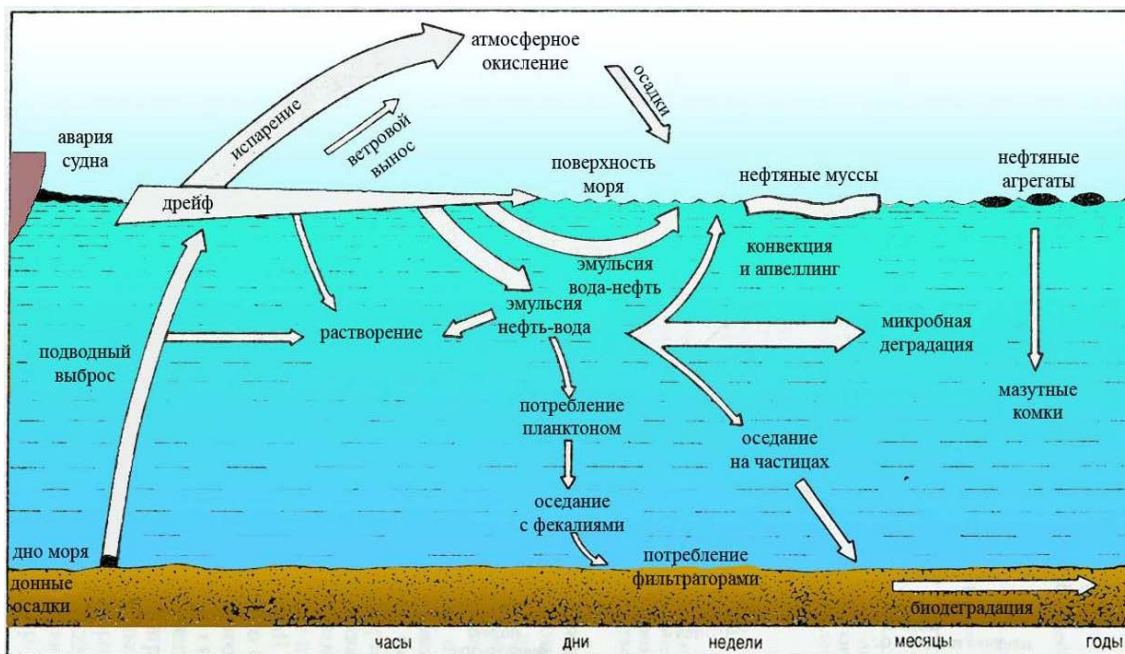


Рис. 4.1. Биогеохимические процессы трансформации и переноса нефти в море (Emerson, 1994; цит. по: Геоэкологические последствия ..., 2003)

В случае, если разлив нефти происходит во время интенсивного волнения или разлив превышает 1000 т, протекает также процесс ее эмульгирования (Natural ..., 1991; Патин, 2001; Геоэкологические последствия ..., 2003), в результате которого образуются устойчивые эмульсии “вода в нефти”, на 30–80 % состоящие из воды – “муссы”. Концентрации нефтеуглеводородов в этом случае в нижележащих слоях воды значительно выше (до 5–10 мг/л) по причине пребывания нефти в слое 0–10 м в эмульгированной форме (Natural ..., 1991; Патин, 2001), но время их существования не превышает нескольких часов. Обратные, менее устойчивые эмульсии, типа “нефть в воде”, представляют собой суспендированные в воде капельки нефти (Патин, 1997).

Не менее важную роль в судьбе нефти, оказавшейся в морской воде, играет еще один физический процесс — седиментация (осаждение сорбированных на частичках взвеси нефтепродуктов на морское дно). Наиболее интенсивно он протекает в прибрежных водах, богатых взвесью и активно перемешивающихся. Таким образом, на морском дне на долгие годы (до 20–25 лет) консервируется от 10 до 30 % общего количества пролитых нефтепродуктов (Матишов, Ильин, 2001; Геоэкологические последствия ..., 2003). В более глубоких и удаленных от берега районах седиментация нефти происходит крайне медленно, за исключением тяжелых нефтей (Патин, 1997).

К описанным физическим процессам подключается химическое окисление и деструкция, включающие фотохимические реакции под воздействием ультрафиолетовой части солнечного спектра (Геоэкологические последствия ..., 2003).

Определенная доля нефтепродуктов, оказавшись в море, метаболизируется морскими организмами. Планктонные виды-фильтраторы, например, поглощая эмульгированную нефть, поддерживают процесс биоседиментации — осаждения ее на дно в со-

ставе своих остатков с продуктами жизнедеятельности, в том числе с пеллетами (Геоэкологические последствия ..., 2003).

Одновременно с трансформацией нефти происходит ее перенос под воздействием плотностных и приливоотливных течений, ветра и волнения. При этом в зависимости от взаимонаправленности векторов скорости ветра, волнения и течений скорость смещения нефтяного slicka будет определяться их суммой. Если ветровое воздействие является определяющим в переносе нефти, то эмпирически доказано, что скорость смещения нефтяного slicka составит 3–4 % (1/30) от скорости ветра (Можаровский, 1974). При штилевой или маловетреной погоде, нефтяной slick будет перемещаться со скоростью и направлением поверхностных течений (Монин, Войтов, 1984).

**Поведение нефти при разливах во льдах.** Распространение нефти в ледовых условиях (рис. 4.2) носит сложный и малопредсказуемый характер, а разложение нефти ввиду низких температур воды и воздуха и образования снежно-нефтяных смесей происходит значительно медленнее. Загрязнения могут переноситься льдом на значительные расстояния (Измайлов, 1988; Природные..., 1997; Патин, 2001; Цукерман, 2007).

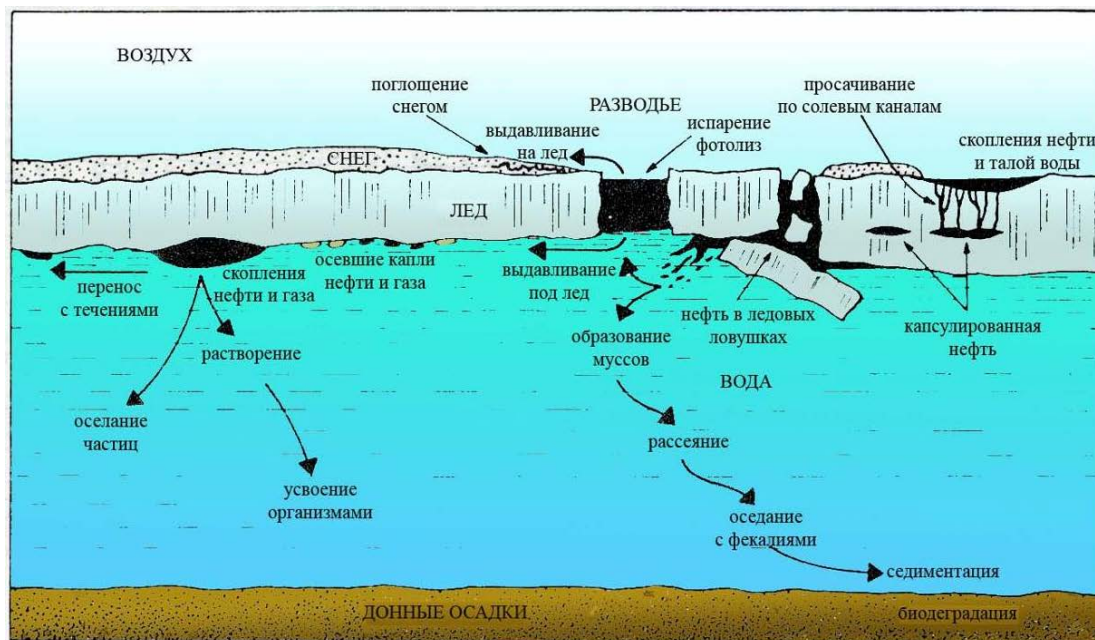


Рис. 4.2. Поведение нефти в море, покрытом льдом (Emerson, 1994; цит. по: Патин, 2001)

Важным условием поведения нефти при разливе в ледовых условиях является то, где произошел разлив — под льдом, во льдах или на его поверхности (Математическое моделирование ..., 2001; рис. 4.2).

**Распространение нефти в разломанном льду.** В разломанном льду нефтяные разливы имеют тенденцию растекаться гораздо меньше и скапливаться более толстой пленкой (слоем), чем в свободных от льда водах (Математическое моделирование ..., 2001). В случае дрейфа разломанного льда разлитая нефть будет двигаться вместе с ним. Слой нефти, заключенный внутри сужающихся полыней, будет утолщаться с увеличением сплоченности льда; в критических случаях быстрое сжатие может вытолкнуть часть нефти под лед или на поверхность льда. Большая часть нефти, которая находилась на поверхности воды или в снежниках между льдинами до сжатия, будет включена в торосы (Математическое моделирование ..., 2001).

**Распространение нефти под льдом.** Нефть под льдом, не прилипая к нему, скапливается в его подводных неровностях, иногда перемещаясь под действием течения (в случае их наличия). Если разлив произошел в динамически спокойный период,

то нефть без значительных изменений может находиться под льдом длительное время (до нескольких месяцев). Зимние подледные течения в большинстве арктических прибрежных областей недостаточны для распространения разливов нефти на большие расстояния от точки разлива (Математическое моделирование ..., 2001). Исключительные ситуации могут быть в районах фьордов с сильными приливоотливными течениями.

От начала становления льда до середины зимы, когда ледовый покров интенсивно охлаждается и быстро растет, имеется очень немного путей для проникновения нефти. Вертикальное перемещение нефти в этот период ограничено несколькими сантиметрами начального проникновения через пористый скелетный слой (новые ледяные кристаллы) на границе “лед–вода”. При увеличении температуры льда, морская вода, заключенная между колоночными ледяными кристаллами, начинает проникать внутрь льда, оставляя вертикальные каналы (проходы) для диффузии нефти. В конечном итоге нефть может подняться к поверхности льдины (Математическое моделирование ..., 2001).

Весной 1978 г. на станции “Северный полюс-22” проводились эксперименты по изучению вертикального переноса нефти и дизельного топлива в ледовой толще (Измайлов, 1988). Зафиксированная в эксперименте скорость перемещения нефтепродуктов изменялась от 2 см/сут. весной до 8 см/сут. летом. Максимальная скорость – 49 см/сут. – наблюдалась в случае с многолетним льдом.

**Распространение нефти на поверхности льдов.** Скорость распространения нефти на льду, подобно распространению нефти на земле или снеге, определяется плотностью и вязкостью нефти. Площадь загрязненной области зависит от поверхностной шероховатости льда. Нефть на льду распространяется намного медленнее, чем на поверхности воды, и покрывает меньшую площадь (Математическое моделирование ..., 2001).

**Классификация разливов нефти по объему для планов ЛРН.** Международная морская организация (ИМО) при разработке мероприятий по обеспечению готовности к ликвидации разливов нефти рекомендует (Цукерман, 2007) разделять разливы нефти на три категории:

1-й уровень — разлив нефти, ликвидация которого может быть проведена силами и средствами, имеющимися у виновника разлива, например на буровой платформе, или одной специализированной службы. Обычно это разлив нефти не превышающий 500 т;

2-й уровень — разлив, ликвидация которого потребует привлечения сил и средств, имеющихся в близлежащих районах и регионе. Объем разлива не превышает 5000 т;

3-й уровень — разлив, для ликвидации которого требуется привлечение сил и средств из других районов, в том числе и из сопредельных государств.

При существующих в настоящее время объемах перевозок нефти в Арктике (Цукерман, 2007) могут происходить разливы нефти 2-го уровня. Однако в ближайшем будущем, при организации добычи нефти на шельфе, будут возможны и разливы 3-го уровня. Исходя из этого должна строиться система готовности к их ликвидации. Основными причинами разливов, как малых, так и больших, являются повреждения трубопроводов при погрузо-разгрузочных работах и аварии (столкновения, посадки на мель) танкеров, перевозящих нефть. В ближайшем будущем к ним добавятся аварии на буровых платформах и трубопроводах, подающих нефть к терминалам (ледовые и волновые нагрузки, аварии и падение на платформы вертолетов, фонтанирование, аварии при наливке танкеров, разрывы подводных нефтепроводов).

**Моделирование разливов нефти в море.** Существует большое количество физико-математических, гидродинамических и параметрических моделей, описывающих сложные механизмы переноса загрязнений нефтеуглеводородами.

Адекватность физико-математических моделей и точность соответствия результатов моделирования реальному распространению загрязнения зависит от уровня знаний характера распределения гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических параметров в исследуемом районе (Геоэкологические последствия ..., 2003). В простом виде распространение пятна нефти (траекторию перемещения его центра) можно представить в виде полуэмпирической зависимости в конечно-разностной форме (формула Фэя по схеме переменных ускорений; (Fay, 1971; Waimsley, Meilhot, 1983; цит. по: Зуев, Ильин, 1996)). Фактически расчет сводится к суммированию векторов скорости течения и ветра. Использование такого алгоритма может дать лишь самый приблизительный оценочный результат в условиях открытого моря.

Более сложной, но учитывающей механизмы распространения нефти детально, является модель растекания нефтяных пятен Лагранжа (Козий, Мадерич, 2000). В то же время и она может давать ошибки в расчетах по причине своей универсальности и неучета некоторых характерных климатических, морфологических или гидродинамических особенностей исследуемого района. Кроме этого, она так же, как и приведенная в предыдущем примере, не учитывает свойства сорта нефти, интенсивности ее испарения, растворения, эмульгирования и пр. Поэтому широкое распространение в стратегическом планировании борьбы с загрязнениями получили модели не только описывающие механизмы распространения нефти наиболее полно и учитывающие свойства ее сортов, но и ориентированные на отдельные географические объекты (водоемы).

Коллективом авторов (Математическое моделирование ..., 2001) из Вычислительного центра РАН была разработана модель переноса нефти. При ее использовании учитываются ветер, течения, гравитационные и инерционные силы, силы поверхностного натяжения и вязкости. На основании результатов вычисления можно получить информацию об испарении, эмульсификации, диспергировании и растворении нефти в воде и траектории переноса центра ее пятна. По причине непредсказуемости распространения нефти в ледовых условиях авторы не включили эту часть в модель, но дали описание и выдвинули соответствующие гипотезы.

В 2004 году была реализована экологическая программа комплексного спутникового мониторинга юго-восточной части Балтийского моря разливов нефти (Спутниковый мониторинг ..., 2004). Кроме интерпретации снимков со спутника и обнаружения нефтяных разливов на акватории моря были также применены и физико-математические модели для оценки траекторий переноса загрязнений. В этой работе использованы алгоритмы (Seatrack Web Model), разработанные Шведским институтом метеорологии и гидрологии (SMHI; [www.smhi.se](http://www.smhi.se)).

В мировой практике используются наиболее известные следующие модели (Геоэкологические последствия ..., 2003): американские OILMAP-WOSM (Worldwide Oil Spill Model), ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills) и GNOME (General NOAA Oil Modelling Environment); американско-норвежская COZOIL (Coastal Zone Oil Spill Model); английская OSIS (Oil Spill Information System) и российская SPILLMOD (Oil Spill Modelling).

Модель OILMAP-WOSM создавалась по заказу американских нефтяных компаний и используется ими (Геоэкологические последствия ..., 2003). При расчетах в параметризованном виде учитываются процессы растекания, испарения и диспергирования нефти. Модель COZOIL является усовершенствованным аналогом OILMAP, она разработана совместными усилиями американских и норвежских специалистов, ей свой-

ственно сложная архитектура, так как предполагает использование блока расчетов прибрежной волновой динамики, знание морфологических особенностей береговой зоны и прибрежной полосы. Модель OSIS отличается от двух вышеупомянутых способом математического описания распространения нефти, которая в этой модели представляется в виде совокупности капель разного размера (Геоэкологические последствия ..., 2003).

Особенностью российской модели SPILLMOD является вычислительная технология, которая дает возможность рассчитывать изменение конфигурации нефтяного пятна и его свойств в области с произвольной геометрией контактных границ (Геоэкологические последствия ..., 2003). Расчетные алгоритмы позволяют учитывать практически все известные процессы трансформации нефтяного разлива, а также моделировать действия средств механической уборки нефти с поверхности моря, применение химических диспергентов, локализации нефти с помощью боновых заграждений, ее сжигания.

Примеры расчета распространения нефтяного разлива в Печорском море и южной части Баренцева моря приведены нами в главе 9.

Таким образом, при разливах нефти в море взаимодействие ее с окружающей средой, трансформация и перенос представляется многофакторным, очень сложным и трудно прогнозируемым явлением. В настоящее время разработано множество физико-математических моделей различной сложности и, как следствие, точности результирующих расчетов. Но даже самые сложные из них не могут дать полной оправдываемости результатов разлива нефти для различных условий среды. Кроме того, эти модели, как правило, ориентированы на один водный объект, а не универсальны для всех. Наличие льда еще более усложняет процесс моделирования поведения нефти при разливах.

При разливе нефти в воде интенсивность ее трансформации и отдельные составляющие этого процесса (испарение, растворение, эмульгирование) в значительной степени зависят от объемов разлива и свойств конкретного сорта нефти. В случае разлива высоколетучей нефти большая ее часть (до 80 %) может испариться в первые же часы. Растворимость всех углеводородов (метан, нефть и др.) в воде очень низка (от 1–3 до 15–30 %). Она возрастает при увеличении объема разлитой нефти, в основном под влиянием процессов эмульгирования и под воздействием ветрового волнения. Относительно высокие концентрации углеводородов под пленкой, представляющие собой эмульсию типа “нефть в воде”, кратковременны и рассеиваются в течение нескольких часов.

## ГЛАВА 5

### УЯЗВИМОСТЬ БИОТЫ ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТИ

**Действие нефти на биотические компоненты экосистемы.** Токсичность нефтяных углеводородов различна и связана с их растворимостью в морской воде. Наиболее растворимы и токсичны ароматические углеводороды (ПАУ), хотя их в сырой нефти мало (Немировская, 2004). Недостатком публикуемых данных о токсическом воздействии нефти остается то, что эксперименты по токсическому воздействию нефти в большинстве случаев проводятся с отдельными фракциями, а не с сырой нефтью. И чаще всего токсичность среды связывают с концентрацией ПАУ (Патин, 1997). Однако в морской среде основная часть ПАУ имеет все же техногенное происхождение.

Биологические эффекты воздействия нефти на организм гидробионтов многообразны и определяются концентрацией нефтяных углеводородов (НУ) в среде и временем воздействия на организм. Обобщенная схема зависимости биологических эффектов, ранжированная по концентрации растворенных НУ, показана на рис. 5.1. При многообразии видов, составляющих биоценозы, следует отметить, что диапазоны концентраций растворенной нефти, определяющие тот или иной биологический эффект, относительно широки и перекрывают друг друга. Повышенной уязвимостью от воздействия нефти обладают животные на ранних стадиях развития. Токсические концентрации, вызывающие гибель и необратимые нарушения функций, для икры, личинок и молоди морских животных значительно ниже ( $10^{-2}$ – $10^{-1}$  мг/л), чем для взрослых особей (Нельсон-Смит, 1977; Nyland, Schneider, 1978; Патин, 1997, 2001).

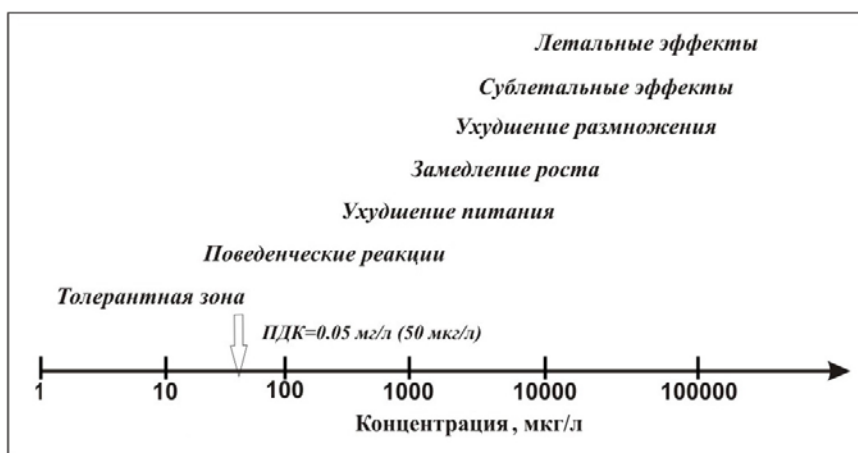


Рис. 5.1. Основные биологические эффекты, наблюдаемые у гидробионтов в зависимости от концентрации растворенных в морской воде НУ (Патин, 2001)

Неопределенность токсикологического эффекта и ширина диапазонов “эффективных” концентраций порождается многокомпонентностью нефти. Токсичность нефтяных углеводородов возрастает по мере усложнения структуры молекул и роста молекулярного веса (Миронов, 1972). В большей части НУ имеют биогенное происхождение, и легко включаются в метаболизм, особенно углеводороды парафинового ряда. Ароматические углеводороды в большинстве имеют диагенетическое или пиро-



лизное происхождение. Поэтому соединения нафталинового ряда и многокомпонентные ПАУ более опасны для гидробионтов. Летальное и мутагенное действие канцерогенных ПАУ может проявляться уже при низкой концентрации этих соединений (Патин, 1997).

Интенсивность биоаккумуляции НУ зависит от гидрофобных и липофильных свойств этих соединений и не зависит от принадлежности организма к тому или иному трофическому уровню. Полиароматические углеводороды лучше других нефтяных соединений растворяются в воде и аккумулируются организмами. Их концентрация в жиродержащих тканях гидробионтов может существенно (на 3–4 порядка) превышать их содержание в воде. Концентрация парафинов в тканях гидробионтов существенно выше, чем концентрация ПАУ, но закономерности их бионакопления изучены слабо (Ильин, 2001).

Несмотря на противоречивость многочисленных сведений об уязвимости организмов от содержания углеводородов нефти в воде и донных осадках, оказывается возможным ранжирование пороговых эффектов в биотических сообществах: порог чувствительности, обратимых реакций, летальных концентраций (табл. 5.1).

Таблица 5.1

**Шкала пороговых концентраций НУ, ранжирующих смену качественных эффектов функционирования морских гидробионтов, мг/л**

Гидробионты	Концентрации углеводородов нефти			
	Не эффективные	Обратимые эффекты	Сублетальные эффекты (СЛК)	Летальные эффекты (ЛК)
Фитопланктон	< 0.05	0.05	10.0	100.0
Зоопланктон	< 0.05	1.0	5.0	10.0
Ихтиопланктон	< 0.01	0.1	0.5	1.0
Зообентос	< 0.5	1.0	10.0	25.0
Рыбы	< 0.5	50.0	500.0	1500.0
Птицы	< 0.05	0.05	0.5	1.0
Морские млекопитающие:				
китообразные	< 500.0	500.0	1500.0	20*
тюлени	< 500.0	500.0	1500.0	20*
морж	< 10.0	10.0	25.0	20*

\* Летальная концентрация в процентах.

В отличие от обратимых и сублетальных концентраций, летальные концентрации более достоверно регистрируются и вызывают самые серьезные нарушения биоценозов, проявляющиеся в гибели значительной доли организмов. Поэтому при оценке интегральной уязвимости моря, определение частных коэффициентов уязвимости целесообразно проводить на сопоставлении летальных концентраций (ЛК). Подробное обоснование коэффициентов табл. 5.1 дано в отчете (Оценка ..., 2009а), кратким изложением которого является настоящая публикация.

Наибольшей уязвимостью от нефтяного загрязнения характеризуются икринки и личиночные стадии развития гидробионтов. Очень уязвимы к нефтяному загрязнению вод птицы в холодных климатических условиях, наименее — морские млекопитающие, имеющие высокую степень защиты от внешней среды и высокоорганизованную нервную систему, позволяющую избегать загрязненных участков.

Возможно, отдельные оценки приведены здесь с большими допущениями, но с учетом больших неопределенностей в исходных данных и сложности задачи, сделанные на данном этапе оценки вполне приемлемы.

**Оценка коэффициентов уязвимости основных групп морских гидробионтов от действия нефти и нефтепродуктов.** Расчет интегральной уязвимости локальных участков Баренцева моря выполняется на основе уязвимости биоценозов, развивающихся в том или ином районе моря. Учитывая неоднородность (неравномерность) качественных и количественных показателей морской экосистемы, значение каждого биоценоза может быть учтено через “коэффициент уязвимости” основных экологических групп. Наиболее приемлемой основой для расчета таких коэффициентов является показатель летальной концентрации (ЛК) нефтяных углеводородов, который был указан для каждого из биоценозов в табл. 5.1. Расчет коэффициентов уязвимости, выполненный на основе ЛК для этих экологических групп, приведен в табл. 5.2. Расчет коэффициентов уязвимости основан на соотношении летальных концентраций. К примеру, концентрация НУ, летальная для фитопланктона (100 мг/л), способна вызвать десятикратную гибель зоопланктона в том же районе или вызвать гибель зоопланктона в районе в 10 раз более обширном. По отношению к ихтиопланктону кратность летального эффекта данной концентрации и, соответственно, уязвимость ихтиопланктона, увеличивается до 100 (табл. 5.2). Подобные соотношения ЛК, а следовательно, уязвимости можно рассчитать для любых комбинаций биоценологических групп. Вместе с тем, использование коэффициентов различающихся более чем на пять порядков крайне неудобно. Лучше всего воспользоваться при их исчислении логарифмическим масштабом (столбец 3, табл. 5.2) и перейти к нормированной шкале, приведенной (рассчитанной) по одному экстремальному показателю летального эффекта. В частности, наименее уязвимому компоненту (наиболее высокая ЛК) присваивается коэффициент уязвимости равный 1. Тогда максимально уязвимый компонент (самая низкая ЛК) принимает максимальный коэффициент уязвимости. Расчет нормированного коэффициента уязвимости на основе  $\lg$  (ЛК) приведен в столбце 4 (табл. 5.2).

Таблица 5.2

**Расчет коэффициентов уязвимости  $W$ , выполненный с учетом летальных концентраций НУ и поведения основных экологических групп гидробионтов**

Группа гидробионтов	ЛК, мг/л	$\lg$ (ЛК)	$W = \max \lg(\text{ЛК}) + [1 - \lg(\text{ЛК})]$
Фитопланктон	100	2	$5.3 + (1 - 2) = 4.3$
Зоопланктон	10	1	$5.3 + (1 - 1) = 5.3$
Ихтиопланктон	1	0	$5.3 + (1 - 0) = 6.3$
Зообентос	25	1.4	$5.3 + (1 - 1.4) = 4.9$
Ихтиофауна	1500	3.2	$5.3 + (1 - 3.2) = 3.1$
Птицы	1	0	$5.3 + (1 - 0) = 6.3$
Морские млекопитающие	$2 \cdot 10^5$	5.3	$5.3 + (1 - 5.3) = 1.0$

В итоге, наименее уязвимыми являются морские млекопитающие ( $W = 1$ ) и рыбы ( $W = 3.1$ ), наиболее уязвимыми — птицы ( $W = 6.3$ ) и ихтиопланктон ( $W = 6.3$ ), что в самых общих чертах согласуется с экспертными оценками, приведенными в более ранних работах (Погребов, Пузаченко, 2003; Оценка ..., 2008).

Таким образом, на основе шкалы пороговых концентраций нефтяных углеводородов получены обоснованные оценки коэффициентов уязвимости для основных групп гидробионтов Баренцева моря. Это позволяет производить расчет интегральных карт уязвимости районов Баренцева моря при разливах нефти.

## ГЛАВА 6

### СТРУКТУРА И СОВРЕМЕННОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

**Условия функционирования баренцевоморской экосистемы.** Баренцево море представляет собой шельфовый мелководный водоем, средняя глубина которого 230 м. Наиболее мелководна юго-восточная периферия, называемая Печорским морем. Максимальные глубины (примерно 400 м) свойственны впадине, расположенной в центральной части бассейна – Центральному желобу. От Арктического бассейна и соседних арктических морей водоем отделен архипелагами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля. С запада водоем открыт для свободного водообмена с другими морями. Система желобов в мелководном рельефе определяет направленность основных ветвей теплых течений в южной и северной перифериях моря (рис. 6.1).

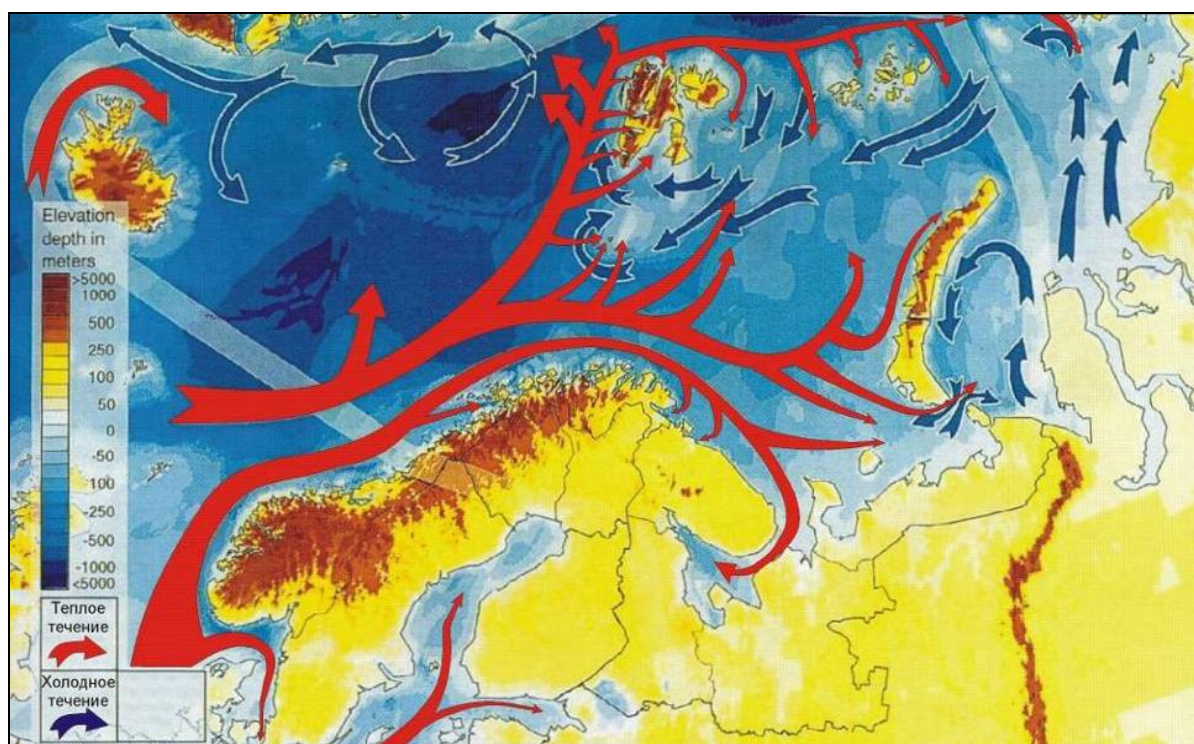


Рис. 6.1. Схема переноса теплых атлантических и холодных арктических вод в Баренцевом море (Matishov, Denisov, 2000)

По многообразию взаимосвязей абиотической и биотической компонентов, обширности географических границ, баренцевоморская экосистема классифицируется как большая морская экосистема (БМЭ) (Large Marine ..., 1990; Matishov, Denisov, 2000; Matishov et al., 2003).

Поступающая теплая атлантическая вода формирует климатические условия водной среды бассейна (баланс тепла и солей), переносит биогенные соли и бореальные

виды пелагических организмов: микроводоросли, зоопланктон, включая икру и личинки рыб и бентосных беспозвоночных. Адвекция атлантических вод создает предпосылки высокой биологической продуктивности баренцевоморской БМЭ. Зимняя вертикальная конвекция определяет благоприятный режим вентиляции водной толщи и обеспечивает кислородом глубинные слои (Жизнь ..., 1985). Обобщенное представление баренцевоморской БМЭ дает упрощенная схема, представленная на рис. 6.2.

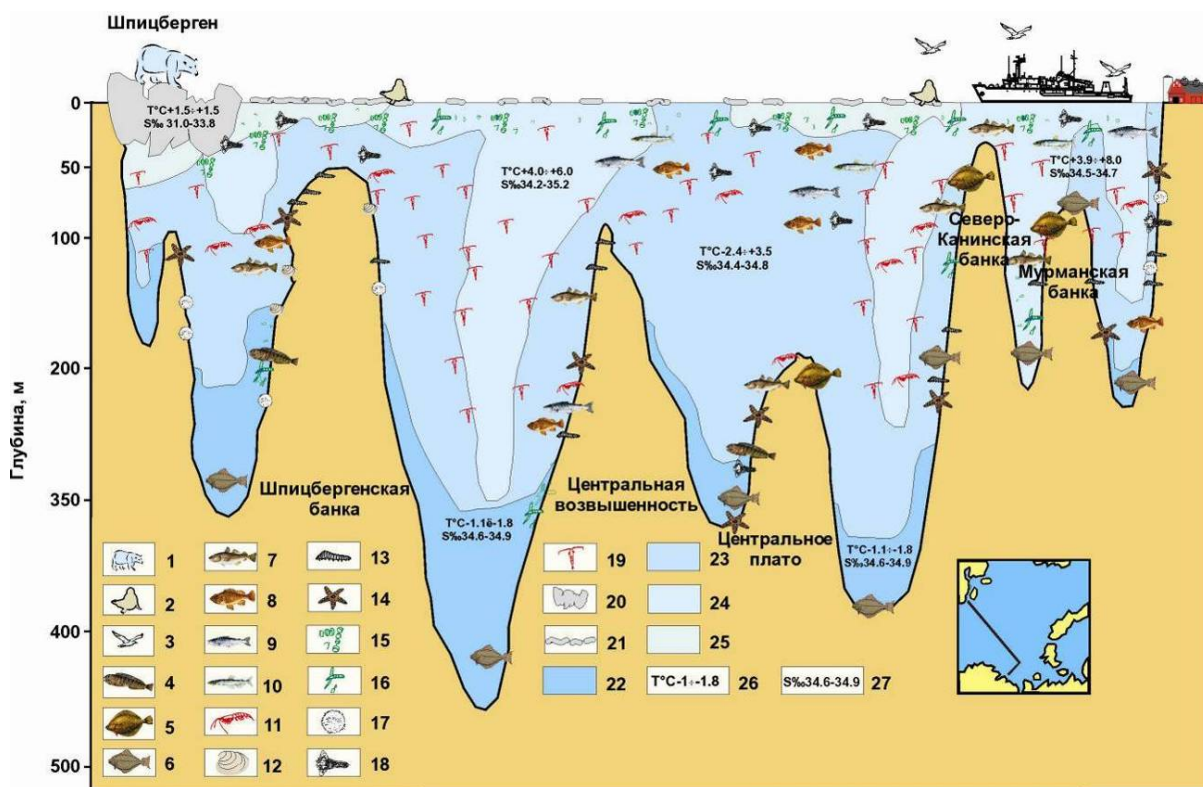


Рис. 6.2. Структура экосистемы Баренцева моря (Матишов, 1989). Структурный “срез” экосистемы проходит через основные морфологические участки моря (на врезке). Ареалы обитания: 1 – медведей, 2 – морских зверей, 3 – птиц, 4 – зубаток, 5 – камбал, 6 – палтуса, 7 – трески, 8 – окуня, 9 – семги, 10 – мойвы, 11 – креветок, 12 – морского гребешка, 13 – многощетинковых червей, 14 – морских звезд и офиур, 15–16 – диатомовых и жгутиковых водорослей, 17 – морских ежей, 18 – крылоногих моллюсков, 19 – калянуса и других веслоногих раков; характеристики природной среды: 20 – айсберги, 21 – морские льды, 22 – придонные баренцевоморские воды, 23 – прибрежные воды, 24 – атлантические воды, 25 – арктические воды, 26 – температура воды, 27 – соленость воды

Важным системообразующим компонентом является ледовый покров, определяющий сезонность сукцессии пелагических биоценозов на акватории открытого моря. Морской лед и окружающая его водная масса могут идентифицироваться как локальная экосистема. В этой локальной экосистеме создаются специфические физические условия – галоклин и распресненный слой вод, граница раздела твердой и жидкой фазы, и биологические условия – смешение пелагических и криоценозов. Сезонная динамика кромки льда обеспечивает перманентное продвижение с апреля по сентябрь продуктивной весенней фазы сукцессии в обогащенные биогенными веществами северные области (рис. 6.3).

Важным функциональным звеном баренцевоморской БМЭ является взаимодействие генетически разнородных водных масс. Контуры взаимодействия вод идентифицируются как фронтальные разделы различного пространственно-временного масштаба. Наиболее значим и экологически важен так называемый полярный фронт и полярная

фронтальная зона (ПФЗ), относящаяся к типу квазистационарных климатических фронтов (Агеноров, 1944; Федоров, 1983; Ожигин, 1989).

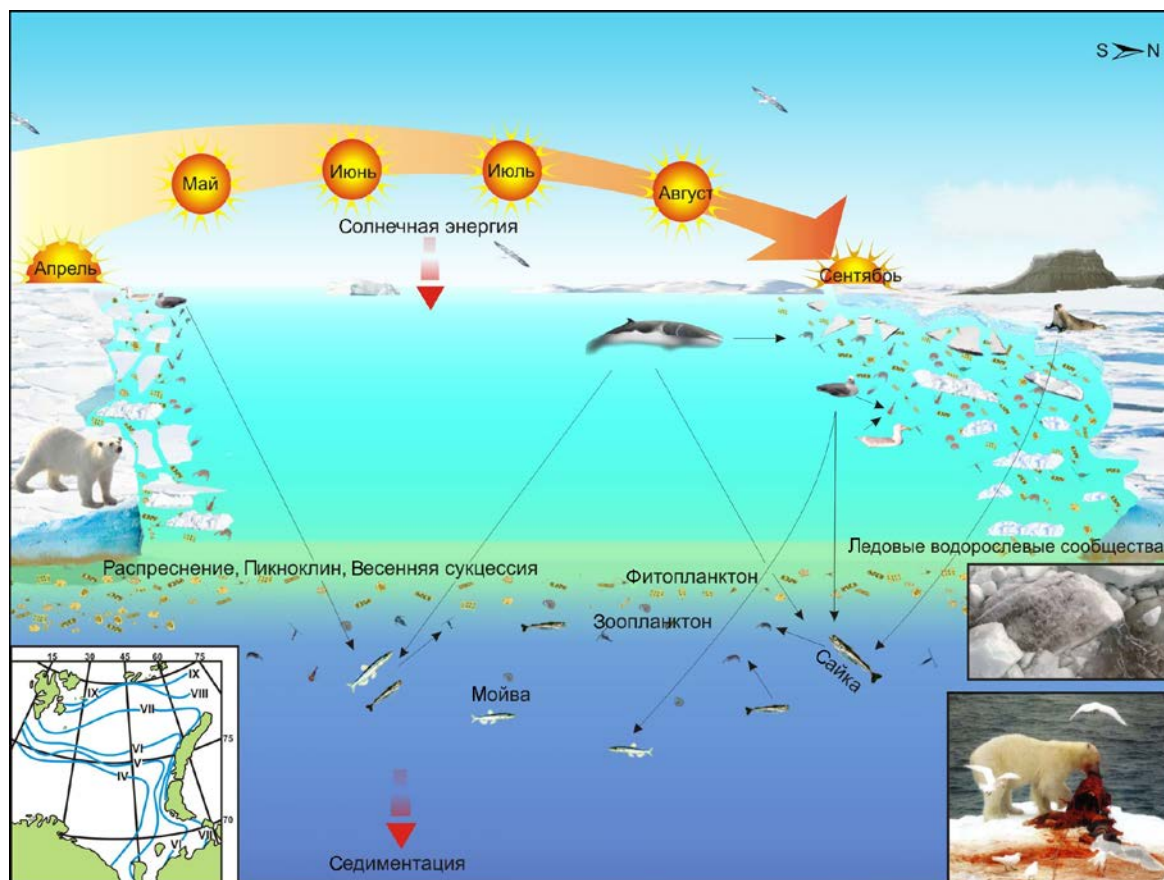


Рис. 6.3. Функционирование пелагических сообществ в зоне ледовой кромки. На врезке слева показана динамика ледовой кромки в весенне-летний период (Гидрометеорология..., 1990)

Антропогенное загрязнение морской среды обусловлено, главным образом, дальними переносами в атмосфере, океане и речных бассейнах. Другими антропогенными факторами, роль которых, по-видимому, со временем будет возрастать, являются морской транспорт и добыча нефти и газа на шельфе. Баренцево море может быть квалифицировано как чистый морской регион. Вариации содержания поллютантов в воде и донных осадках, связанные с превышением ПДК, временами отмечаются на участках полярного гидрофронта и прибрежной зоны. В основном это нефтепродукты и некоторые тяжелые металлы (Химические..., 1997; Environmental..., 2003; Матишов, Ильин, 2006).

В зоне полярного фронта за счет гидродинамических процессов поддерживаются высокие биопродуктивность и биоразнообразие, создается кормовая база для крупных популяций морских птиц и млекопитающих. Весной, летом и осенью на продуктивных участках ПФЗ держатся нагульные скопления глупыша, тонкоклювой и толстоклювой кайр, моевки, линные скопления чистиковых птиц. На участках дна в районе ПФЗ повышены биопродуктивность и обилие донной фауны (Ильин, 1989; Атлас ..., 1996; Доклад..., 2006).

**Структура баренцевоморской экосистемы.** Абиотический подход к структуре баренцевоморской БМЭ позволяет выделить в ее границах несколько локальных разномасштабных экосистем. В них, как в отдельных модулях, преобладают один или несколько специфических факторов, влияние которых ограничено в пространстве

(рис. 6.2). Ими могут быть ветви квазипостоянных течений, полярная фронтальная зона, морфологические разности морского дна (желоба и банки) и др. Существование локальных экосистем обеспечено разнообразием биотопов и биоценозов в пределах большой экосистемы, функционирующей по общим закономерностям, определяемым географическим положением водоема. Различия системообразующих факторов позволяют выделить в пространственной структуре БМЭ в качестве крупных структурных модулей несколько локальных экосистем:

- пелагиали,
- донные (бентические),
- атлантических и арктических вод,
- фронтальных зон,
- морских льдов и ледовой кромки,
- прибрежные (включая экосистемы крупных губ и заливов).

Локальные экосистемы не имеют четко очерченных пространственно-временных границ в соответствии с изменением границ действия системообразующих признаков (распространение прибрежных или атлантических вод, движение льдов и др.).

**Функциональная (трофическая) структура** баренцевоморской БМЭ представлена на блок-схеме пелагической пищевой сети (рис. 6.4), в которой циркулируют основные массо- и энергопотоки и на упрощенной модели пищевой сети (рис. 6.5). Основу пищевой пирамиды (автотрофы) и второй ее уровень (зоопланктон) создают организмы бореальной и арктической биогеографических групп.

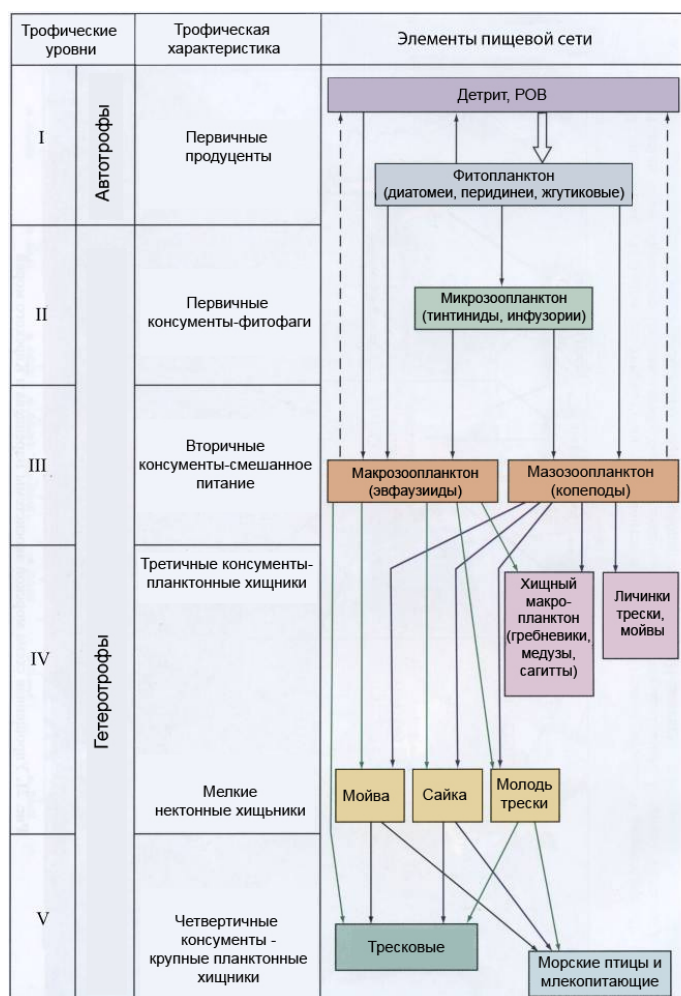


Рис. 6.4. Блок-схема пищевой цепи в пелагиали Баренцева моря (Макаревич, Дружкова, 2007)

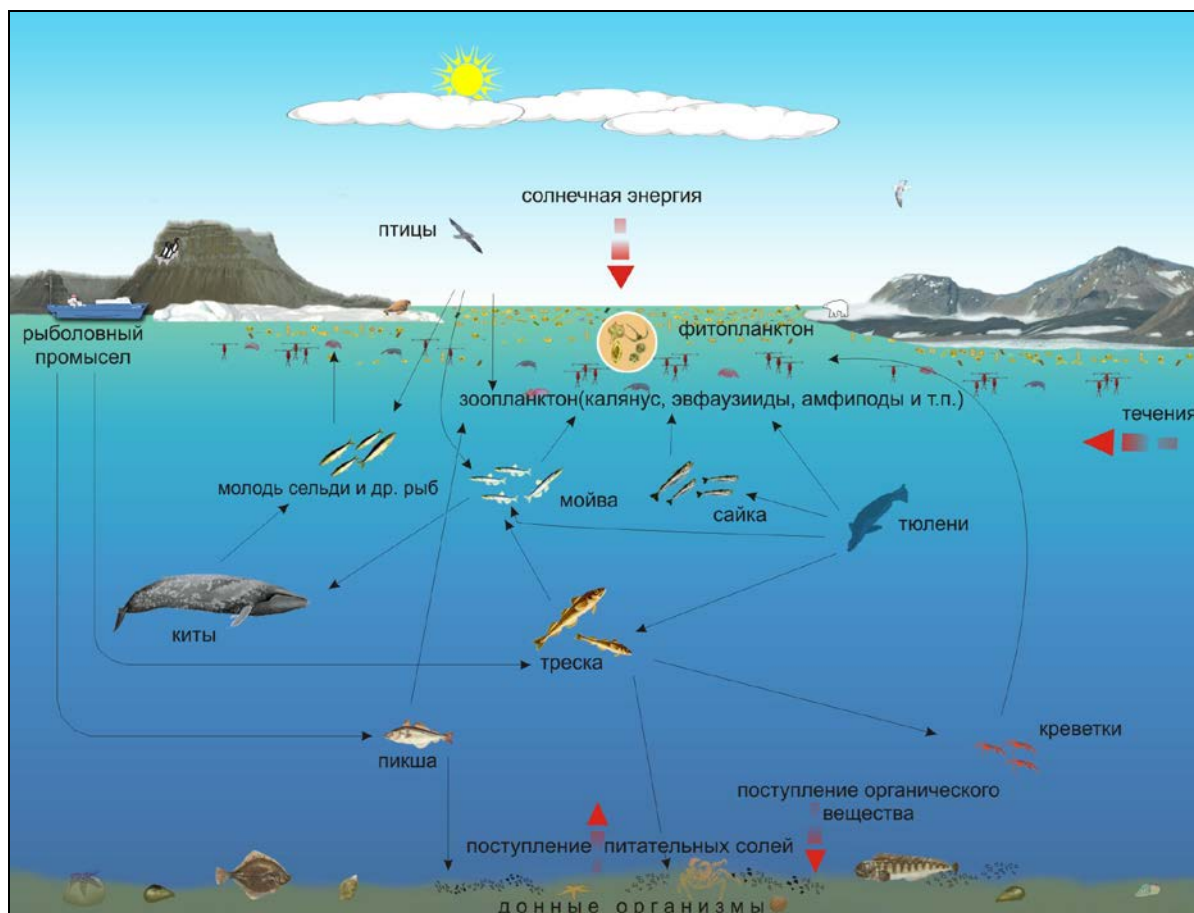


Рис. 6.5. Упрощенная модель пищевой сети Баренцева моря (Доклад..., 2006)

В пелагиали выделено пять трофических уровней, последовательно связывающих автотрофов и гетеротрофов и обеспечивающих передачу энергии по пелагической пищевой сети (рис. 6.4).

Благодаря небольшой глубине и интенсивной конвекции синтезированное органическое вещество из эвфотического слоя быстро передается на уровень донных биоценозов — в VI трофический уровень. Этот уровень объединяет консументов пятой группы — сестонофагов, детритофагов, хищников и трупоедов, донных рыб. В то же время в бентали существует и I трофический уровень. Это водоросли-макрофиты, создающие в литоральной зоне прибрежных экосистем фрагментированный продуктивный пояс.

На модели (рис. 6.5) показаны трофические связи между животными разных трофических уровней. Ихтиофауна представлена типичными видами основных экологических групп: пелагическими планктофагами (молодь разных видов, мойва, сайка), донно-пелагическими хищниками (треска, пикша), донными хищниками (камбаловые, зубатки).

В отличие от глубоководных морей бентофауна Баренцева моря не обособливается в цикле массо- и энергообмена внутри глубинных биотопов. Она быстро интегрируется в пищевые цепочки с консументами высшего трофического уровня: в прибрежной зоне – околотовными и колониальными птицами, млекопитающими; в открытых глубоких районах моря цепочка передачи энергии и массы, накопленной зообентосом, на верхние уровни пищевой пирамиды удлиняется и опосредуется донными и донно-пелагическими рыбами.

Функциональная роль бентических сообществ выражена на всей акватории моря через конвекционное перемешивание вод и вертикальные потоки вещества. Примерно 20 % находящегося в фотическом слое взвешенного органического вещества утилизируется донными организмами. Восстановленные минеральные соединения возвращаются в эвфотический слой в результате зимней вертикальной конвекции (Химические ..., 1997).

**Биотическая структура экосистемы.** Только абиотическое и функциональное структурирование экосистемы не показывают ее разнородность и недостаточно для решения поставленной задачи. Целесообразно рассмотреть биотическую структуру баренцевоморской БМЭ, выделяя разнообразие систематических и экологических групп гидробионтов и обилие видов.

**Фитопланктон.** В пелагическом альгоценозе Баренцева моря зарегистрировано 307 видов микроводорослей, из которых 7 видов относятся к золотистым водорослям, 148 – к диатомовым, 123 – к динофитовым, 5 – к зеленым, 4 – к отделу Haptophyta, 8 – к отделу Prasinophyta, и по 6 видов – к эвгленовым и криптофитовым водорослям. По экологической принадлежности 49 видов (16 % от общего числа) относятся к океаническим, 178 (58 %) – к неритическим, 39 (12.7 %) – к панталассным видам. 17 видов (5.5 %) идентифицируются как пресноводные. Однако они типичны для пелагической альгофлоры и в массовом количестве встречаются в эстуарных зонах и в открытых акваториях. 14 видов (4.6 %) относятся к сообществу микрофитобентоса, но регулярно регистрируются в пелагиали прибрежной зоны. Остальные виды не имеют точной экологической принадлежности. По фитогеографической принадлежности 119 видов (38.8 %) относятся к арктическим, 67 (21.8 %) – к бореальным, 91 (29.6 %) является видом-космополитом. Для некоторых видов географическая принадлежность не выяснена (Biological Atlas ..., 2000).

Диапазон изменчивости показателей количественного развития пелагических водорослей Баренцева моря достаточно широк: от 20 кл/л (при биомассе 0.5 мкг/л) в январе–феврале до 1 млн 600 тыс. кл/л (при биомассе 3700 мкг/л) в мае (Biological Atlas ..., 2000). С учетом этих данных для построения карт сезонного распределения и дальнейшего их анализа было произведено сезонное ранжирование биомассы фитопланктона (табл. 6.1, рис. 6.6).

**Зоопланктон.** В пелагической фауне Баренцева моря насчитывается более 200 видов зоопланктона. Основным видом является веслоногий рачок *Calanus finmarchicus*, составляющий до 99 % биомассы зоопланктона. В северном секторе моря обитает другой вид калянид – *C. glacialis*, способный размножаться при низкой температуре воды. В макропланктоне наиболее многочисленны эвфаузииды, среди них доминируют арктобореальные неритические виды *Thysanoessa inermis* и *Th. raschii*. Вид *Th. inermis* более распространен в теплых водах. Арктическо-бореальный вид *Meganycitophanes norvegica* появляется в Баренцевом море в теплые годы, он заносится атлантическими течениями. Восточнее Кольского меридиана (33°30' с.ш.) более 70 % зоопланктона составляют автохтонные виды. Атлантические и прибрежные воды почти в 6 раз продуктивнее арктических (Зеликман, 1977; Павштикс, 1980; Матишов и др., 2007).

Динамика видового состава и распределения биомассы по районам зависят от интенсивности притока атлантических вод и поступления с этими водами *C. finmarchicus*. Весенне-летний зоопланктон включает личиночные стадии бентосных организмов с пелагическим развитием. В различных участках акватории содержание ларватона в зоопланктоне может составлять от 5–6 до 50 %. Летом качественный состав зоопланктона становится разнообразнее за счет развития веслоногих рачков *Pseudocalanus*, *Oithona*, оболочников *Fritillaria* и *Oikopleura*, к которым в августе–



сентябре прибавляются хищные мелкие медузы (*Rathkea*, *Obelia*, *Aglantha digitata*, *Tiaropsis multicirrata*) и гребневики (*Bolinopsis*, *Pleurobrachia*) (Тимофеев, 1997, 2001; Матишов и др., 2007).

Таблица 6.1

**Сезонное ранжирование биомассы фитопланктона (мкг/л) в Баренцевом море (среднее для фотического слоя)**

Сезон	Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3
Зима (январь–март)	<20	20–40	>40
Весна (апрель–июнь)	<1500	1500–2500	>2500
Лето (июль–сентябрь)	<50	50–100	>100
Осень (октябрь–декабрь)	<100	100–400	>400

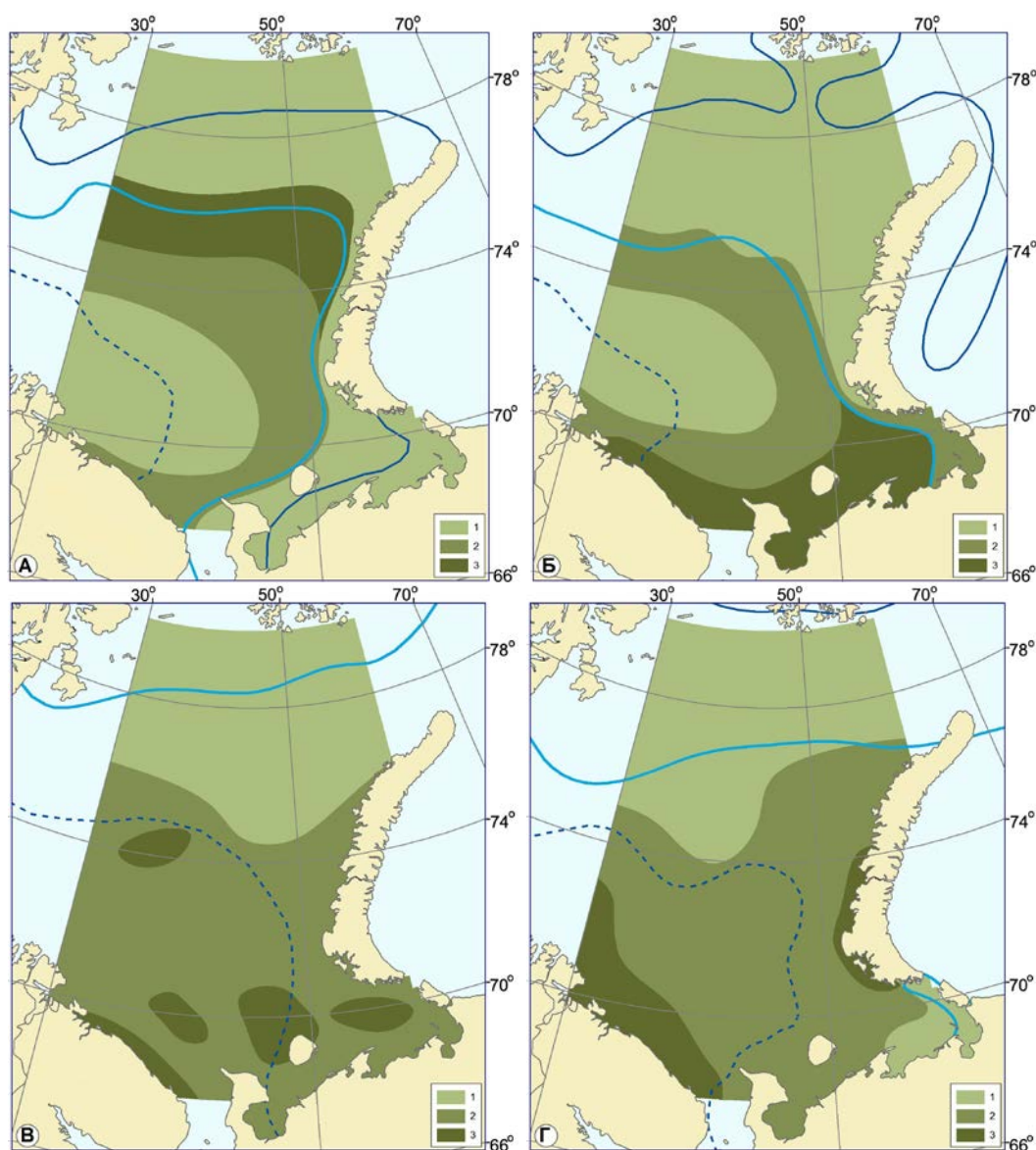


Рис. 6.6. Ранжированное распределение биомассы фитопланктона Баренцева моря по сезонам: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Здесь и далее на рисунках 6.7, 6.8, 6.10, 6.12, 6.13 показано положение ледовой кромки: - - - - граница наибольшего распространения плавучего льда, — граница распространения плавучего льда, — граница наименьшего распространения плавучего льда; 1–3 – ранги по табл. 6.1

В Баренцевом море имеется ряд сезонных особенностей в развитии зоопланктона. Биомасса зоопланктона в открытых районах моря сильно варьирует в зависимости от приспособленности видов к условиям среды, количества пищи, физико-химических параметров среды. Флуктуации биомассы зоопланктона в губах и заливах во многом обусловлены особенностями рельефа, гидрометеорологическими факторами, а также формой береговой линии. Имеющиеся публикации по локализации зоопланктона в Баренцевом море и архивные данные ММБИ позволяют построить усредненную картину распределения биомассы зоопланктона на протяжении года с использованием сезонного ранжирования (табл. 6.2, рис. 6.7).

Таблица 6.2

**Сезонное ранжирование биомассы зоопланктона (мкг/л) в Баренцевом море**

Сезон	Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3
Зима (январь–март)	<20	20–50	–
Весна (апрель–июнь)	<150	150–300	>300
Лето (июль–сентябрь)	<200	200–400	>400
Осень (октябрь–декабрь)	<100	100–200	>200

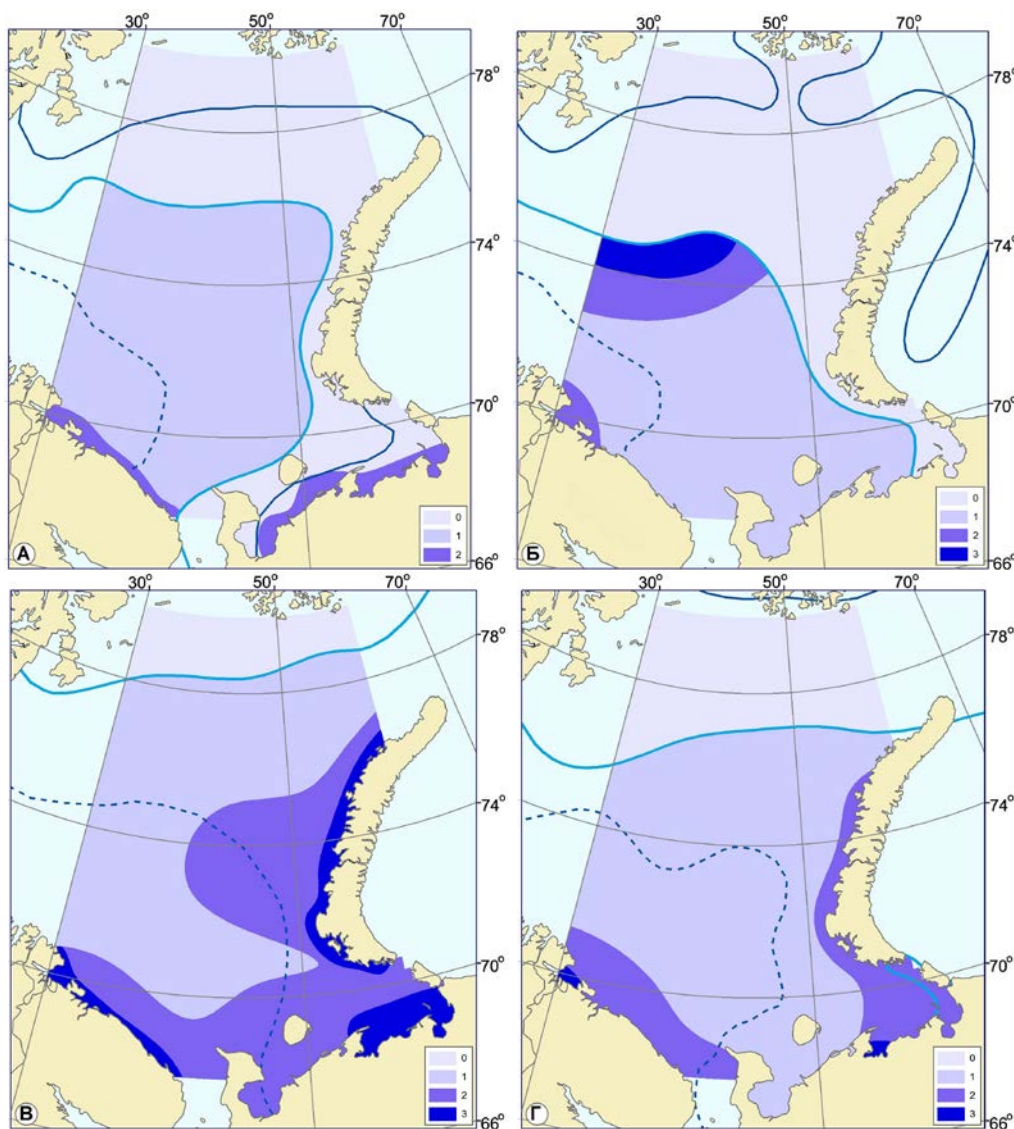


Рис. 6.7. Ранжированное распределение биомассы зоопланктона Баренцева моря по сезонам: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). 0–3 – ранги по табл. 6.2

**Ихтиопланктон.** В Баренцевом море наибольшие концентрации ихтиопланктона наблюдаются у побережий юго-западной части акватории моря (рис. 6.8). В водах открытого моря биомасса ихтиопланктона снижается, разносимая потоками основных прибрежных течений в северном и восточном направлении, достигая берегов Новой Земли, и распространяется, главным образом, в южной части Баренцева моря. Максимальная площадь распределения ихтиопланктонных сообществ наблюдается в весенний и летний период, минимальная — зимой, осенью ихтиопланктон отсутствует.

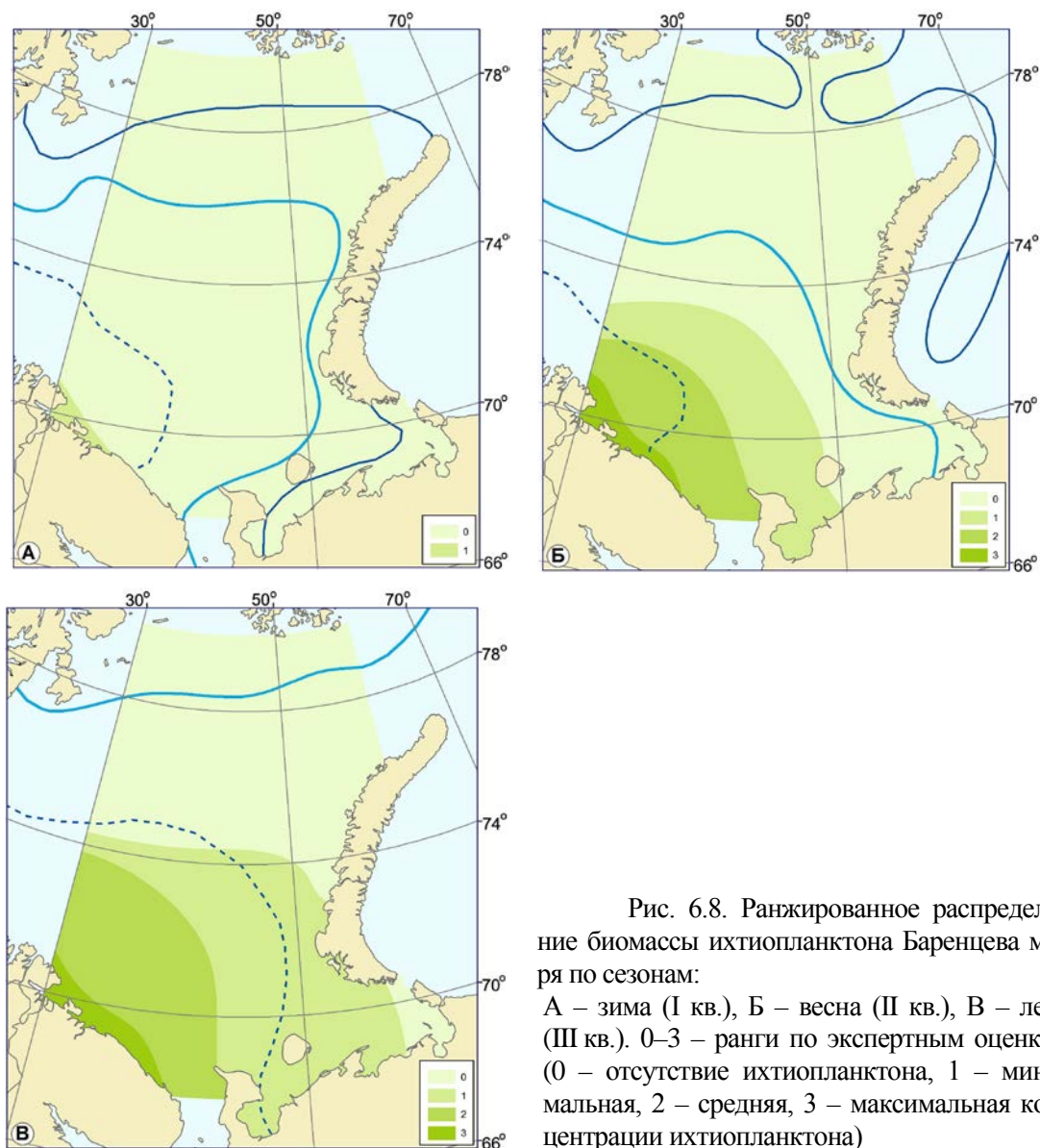


Рис. 6.8. Ранжированное распределение биомассы ихтиопланктона Баренцева моря по сезонам:

А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.). 0–3 – ранги по экспертным оценкам (0 – отсутствие ихтиопланктона, 1 – минимальная, 2 – средняя, 3 – максимальная концентрации ихтиопланктона)

Следует отметить, что плотность распределения икры и личинок могут существенно различаться между годами, а также месяцами, что определяется в основном интенсивностью нереста, положением основных нерестилищ, адвекцией водных масс. Поэтому оценить современное состояние воспроизводства рыб невозможно из-за отсутствия за последние 15 лет целенаправленных ихтиопланктонных исследований.

В открытой части южной части Баренцева моря, в районах соприкосновения теплых вод Новоземельского течения и холодных вод Центрального желоба и течения Литке, общая плотность распределения личинок существенно колеблется между районами от 0.0019 до 0.045 экз/м<sup>3</sup> (ОВОС ..., 2005).

В области холодных вод Центрального желоба общая плотность распределения личинок составляла 0.0019–0.0261 экз/м<sup>3</sup> (ОВОС..., 2005).

Карты ранжированного сезонного распределения ихтиопланктона основных промысловых видов рыб, таких как треска, мойва, пикша, камбала-ерш и сайка, на акватории Баренцева моря построены на основе экспертных оценок специалистов ММБИ и дополнены литературными данными (рис. 6.8).

**Ихтиофауна.** За весь исторический период наблюдений в Баренцевом море отмечено 182 вида и подвида рыб, относящихся к 59 семействам, 28 отрядам, 5 классам. Реальное же число рыб, постоянно обитающих или проводящих на данной акватории часть жизненного цикла не превышает 126 видов и подвидов. Несмотря на высокоширотное местоположение Баренцева моря большинство видов и подвидов относятся к бореальному комплексу (59.3 %), встречаются в основном в придонных слоях (56.6 %), более половины питаются донными и придонными беспозвоночными (52.2 %) и по статусу являются промысловыми видами (52.7 %). Рыбы арктического комплекса (арктические, преимущественно арктические) в ихтиофауне Баренцева моря представлены 51 видом (28.0 %), а собственно арктических встречается только 44 вида (24.2 %), крайне мало арктическо-бореальных видов (2.2 %). Промысловый статус в Баренцевом море имеют 21 вид и подвид, соотношение которых в уловах зависит от интегрального воздействия природных и антропогенных факторов. В арктической зоне Баренцева моря доля непромысловых видов по биомассе составляет 1.18 %, в бореальной – 0.26 %, в Печорском море – 10.6 % (Карамушко, 2008).

Разнообразие рыб в Баренцевом море уменьшается с запада на восток и с юга на север. В южной части Баренцева моря могут встречаться 106 видов и подвидов рыб, относящихся к бореальному и арктическому зоогеографическим комплексам. В центральном районе одновременно может встречаться не более 50 видов и подвидов рыб. Другие виды заходят в район в определенный период времени или наблюдаются в отдельных экземплярах (Некоторые аспекты ..., 2001). Соотношение арктических и бореальных видов имеет сезонную и многолетнюю динамику, что связано с тепловыми условиями в море (рис. 6.9).

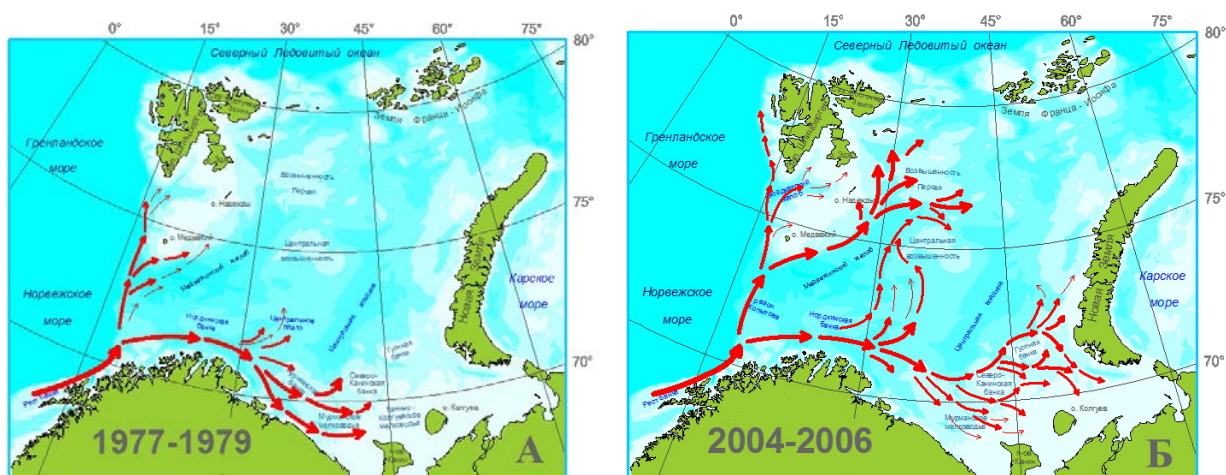


Рис. 6.9. Направления миграций трески в холодные (А) и теплые (Б) годы (Жичкин, 2008)

Биомасса рыбной части сообществ Баренцева моря формируется за счет ограниченного числа видов, поэтому из 96 промысловых видов и подвидов, встречающихся в Баренцевом море, только 21 вид и подвид имеют промысловый статус. Из них наиболее важны треска, пикша, сайда, мойва, синяя и пятнистая зубатки, камбала-ерш, морская камбала, гренландский черный палтус. В отдельные годы в промысловых количе-

ствах встречается также атлантическая сельдь. Эти виды представляют основной интерес для оценки биологического состояния ихтиофауны и для оценки экологической опасности антропогенного воздействия (Матишов и др., 2007).

Карты суммарного ранжированного распределения основных видов рыб Баренцева моря по сезонам (рис. 6.10) построены путем “сложения” для каждого сезона карт распределения 8 основных морских и 6 проходных видов рыб (Приложение I). При этом весовой коэффициент для каждого вида принимался равным единице. Всего выделено 5 рангов (от 1 до 5). Подробнее методика “сложения” карт изложена в главе 10 настоящей публикации и в главе 11 отчета (Оценка ..., 2009а). В качестве исходных данных использовались материалы промысловой статистики, предоставленные ПИНРО, которые были дополнены экспертными оценками специалистов ММБИ. Сезонное ранжирование биомассы основных видов рыб и их ранги приведены в таблицах 1–3 Приложения I.

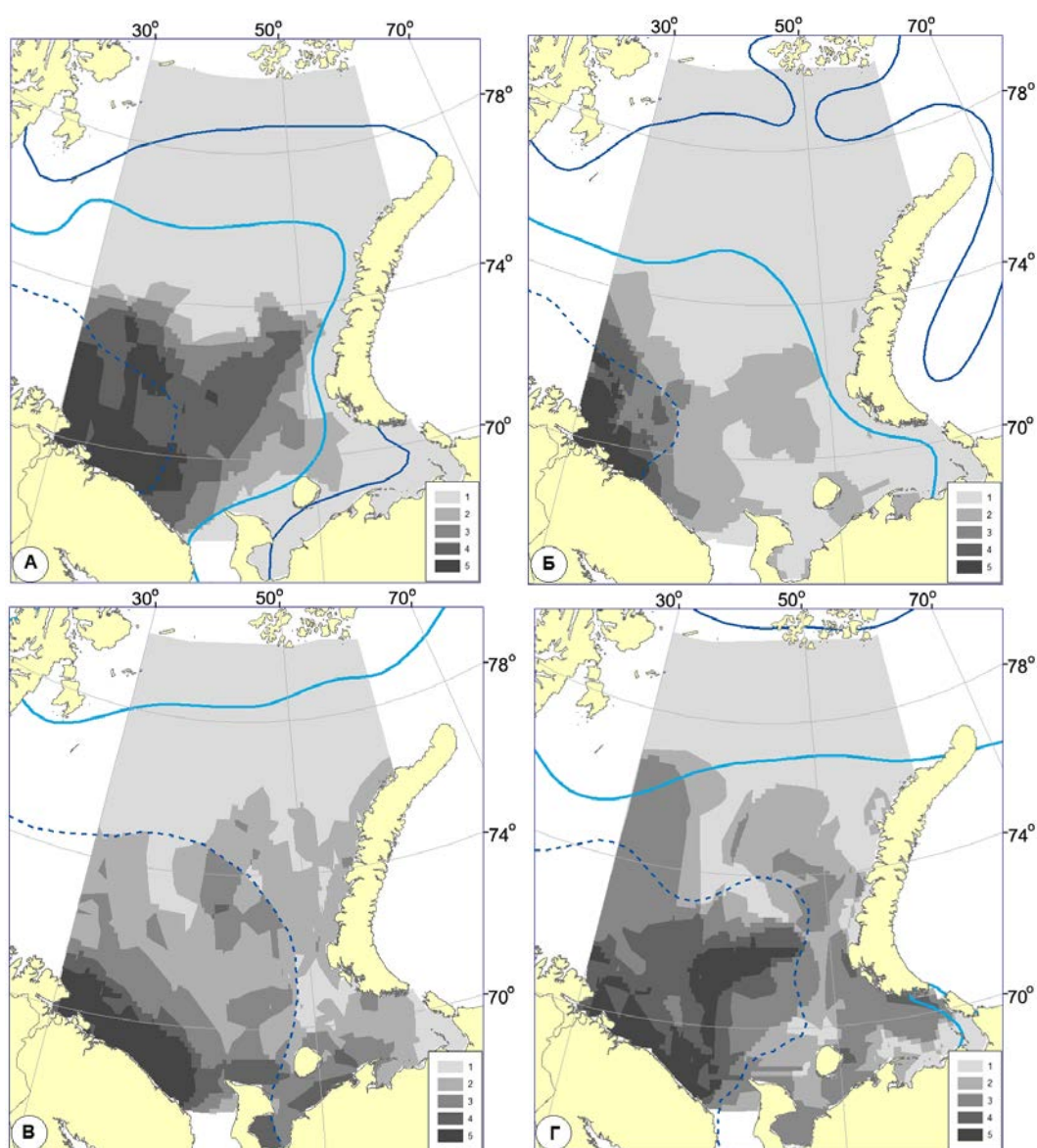


Рис. 6.10. “Суммарное” ранжированное распределение основных видов рыб Баренцева моря по сезонам:

А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.); 1–5 – ранги

Указанные в данном обзоре проходные виды рыб проводят в акватории Баренцева моря определенный период своей жизни (табл. 3, Приложение I).

**Зообентос.** Бентофауна баренцевоморской БМЭ насчитывает примерно 2500 свободноживущих и прикрепленных видов (List ..., 2001; Денисенко, 2007). Динамика видового состава и численности видов, границы ареалов определяются в основном притоком атлантических вод. Преобладают иглокожие, двустворчатые моллюски, полихеты и ракообразные (Матишов и др., 2007).

Наибольшие скопления двустворчатых моллюсков отмечены вдоль побережья Новой Земли и в Печорском море. Основные скопления иглокожих приурочены к западной и центральной частям моря (30–50 % биомассы), к склонам Медвежинского мелководья, а полихет — к халистатическим областям и мягким грунтам (Зенкевич, 1947).

Трофическую структуру бентоса составляют неподвижные и подвижные сестонофаги, собирающие и безвыборочно заглатывающие грунт детритофаги и плотоядные (Кузнецов, 1976, 1980).

Ценозы неподвижных сестонофагов (эпифауна) наиболее развиты у берегов, в районах со сложным гидродинамическим режимом и наличием твердых субстратов — у берегов южного Шпицбергена, у о. Медвежий и у берегов мыса Нордкап. В эту группу входят различные виды губок, мшанок, усоногих рачков рода *Balanus*, плеченогие *Waldheimia cranium*, двустворчатые моллюски *Mytilus edulis*, *Saxicava arctica* и др. Подвижные сестонофаги также обитают в районах с интенсивной гидродинамикой, но поселяются обычно на песчаных осадках. Эта группа представлена преимущественно двустворчатыми моллюсками *Astarte crenata*, *A. elliptica*, *A. borealis*, *Cardinium ciliatum*, *Area glacialis*, *Mya truncata*. Они заселяют мелководья Печорского моря, подводные склоны Мурманского берега и банки.

Собирающие детритофаги многочисленны. Среди них полихеты, виды семейств Ampharetidae и Terebellidae, двустворчатые моллюски *Portlandia*, *Macoma calcarea*, *Nucula tennis*, офиуры и др. Они обитают на участках дна с ослабленной динамикой вод.

Грунтоеды населяют мелкозернистые осадки с большим содержанием органического вещества (1.5–2.0 %). Их фауна представлена полихетами семейства Meladanidae, сипункулидами рода *Phascolosoma*, голотуриями *Trochastoma borealis*, *Myriotrochus rinkii*, ежами *Brisaster fragilis* и звездами *Ctenodiscus crispatus*. Благоприятные для их обитания участки — это желоба Западный, Норвежский, Приновоземельский, Центральная и Северо-Восточная котловины.

В контексте данной работы под бентосом понимается совокупность беспозвоночных животных с максимальным размером более 1 мм (макробентос), обитающих в грунте (инфауна), передвигающихся по его поверхности (онфауна), прикрепленных к субстрату (эпифауна) и плавающих вблизи дна (нектобентос). Для построения карт распределения бентосных организмов в Баренцевом море и дальнейшего их анализа было выполнено ранжирование среднегодовой биомассы ( $г/м^2$ ) бентоса:

Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3
<50	50–300	>300.

Среди бентосных организмов сезонная динамика количественных характеристик (численности и биомассы) проявляется лишь у камчатского краба и северной креветки. Однако сезонная динамика этих видов слабо влияет на общую картину сезонного распределения бентоса Баренцева моря (рис. 6.11).

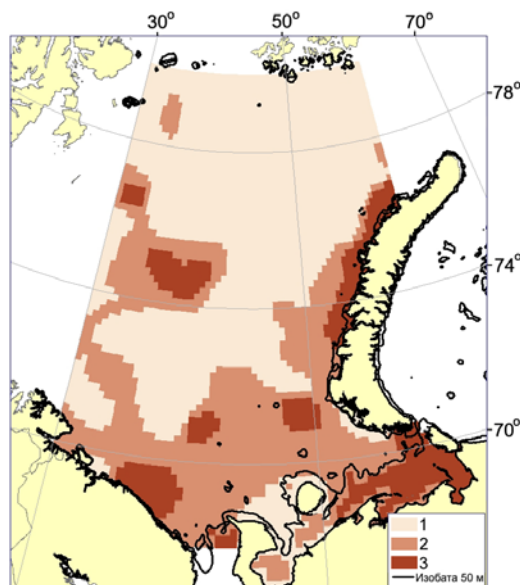


Рис. 6.11. Ранжированное среднегодовое распределение биомассы бентосного сообщества в Баренцевом море. Ранги 1–3 см. в тексте

**Морские млекопитающие.** На акватории Баренцева моря обитает примерно 20 видов морских млекопитающих. Большинство из них являются редкими или охраняемыми и занесены в Красные книги РФ и Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Сезонная динамика ледового покрытия определяет непостоянство фауны морских млекопитающих. Лишь морской заяц *Erignathus barbatus* и гренландский тюлень *Pagophilus groenlandicus* встречаются в течение всего года. Основным фактором, определяющим обилие морских млекопитающих являются значительные межгодовые и сезонные колебания биомассы кормовых ресурсов, определяемые масштабом адвекции теплых атлантических вод.

В губах и прилегающих водах встречаются 11 видов морских млекопитающих, из которых 6 занесены в Красные книги РФ и МСОП. В течение всего года в прибрежье обитают белуха, морской заяц, кольчатая нерпа, гренландский тюлень, серый тюлень, обыкновенный (пятнистый) тюлень. В летний период в губы могут заходить морская свинья, малый полосатик, косатка. Большинство китообразных, в том числе охраняемые виды, предпочитают открытые воды, численность зверей невысока и подходы к берегу чрезвычайно редки. На северной и восточной перифериях моря обитают наземные хищники – белый медведь и его спутник песец (Атлас ..., 1980; Матишов и др., 2007).

Для анализа были обработаны материалы по 11 видам морских млекопитающих, принадлежащих к отрядам китообразных, ластоногих и хищных. Как и для рыб, карты суммарного ранжированного распределения основных видов морских млекопитающих Баренцева моря по сезонам (рис. 6.12), построены путем “сложения” карт распределения отдельных видов. При этом для карт отдельных видов использовались следующие ранги:

1	2	3
Концентрации низкой плотности	Концентрации средней плотности	Концентрации высокой плотности, залежки и колонии.

Указанные карты распределения отдельных видов были представлены специалистами ПИНРО и в незначительной степени откорректированы в ММБИ (Ю.И. Горяевым).

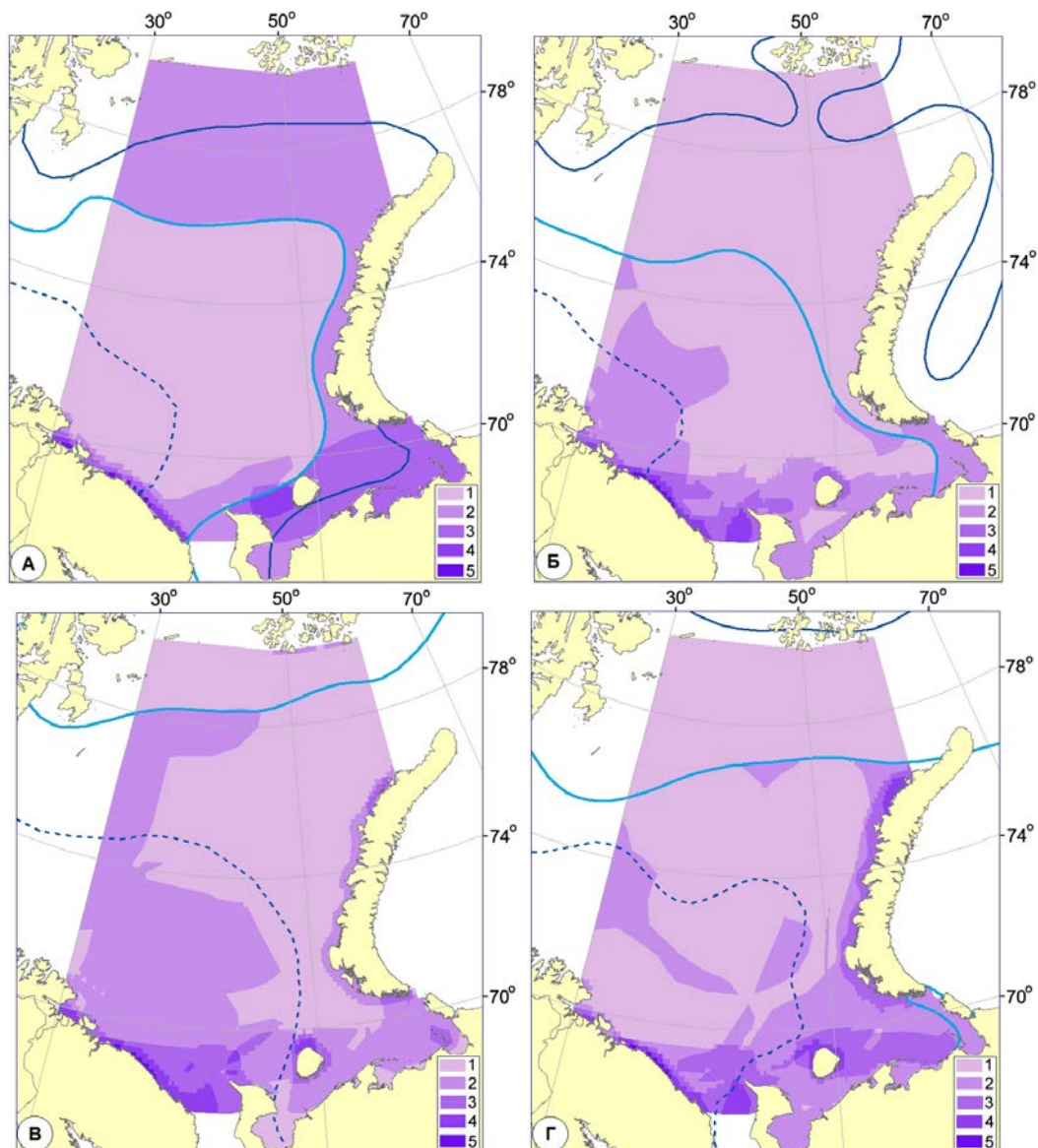


Рис. 6.12. “Суммарное” ранжированное распределение морских млекопитающих Баренцева моря по сезонам:

А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.); 1–5 – ранги

*Морские и водоплавающие птицы.* Видовой и численный состав морских птиц территориально дифференцирован. В открытых районах бассейна регулярно встречается 16 видов морских колониальных птиц, в том числе чайковые птицы (9 видов), включая 4 вида поморников. В западной их части комплекс морских птиц наиболее разнообразен. Основу авифауны открытых районов моря составляют два вида морских птиц — глупыш и моевка. Их численность во много раз больше численности других видов, особенно летом. В центральных районах Баренцева моря могут встречаться скопления тупика *Fratercula arctica*. Основу авифауны открытых районов восточной части моря составляют глупыш *Fulmarus glacialis*, моевка *Rissa tridactyla* и толстоклювая кайра *Uria lomvia* (Краснов, Николаева, 1996).

На особенности распределения и численность этих видов птиц оказывают влияние сезонные трофические условия районов. Существует тесная связь между скоплениями мойвы и моевками, между скоплениями зоопланктона и глупышами. Максималь-



ный уровень распределения глупыша (1403 экз/км<sup>2</sup>) и моевки (816.7 экз/км<sup>2</sup>) был зарегистрирован в июне 1993 г. (Краснов, Николаева, 1996).

Сезонный рост численности морских птиц в Баренцевом море начинается в феврале, достигает максимума весной – в апреле. Рост связан с миграционным возвратом птиц в колонии западного побережья Новой Земли. Перед гнездованием птицы откармливаются у кромки льда и полыньях. В этих районах отмечены скопления толстоклювой кайры, чистика *Sepphus grylle*, люрика *Alle alle* и моевки.

Летом в открытых районах моря встречаются главным образом неразмножающиеся особи (старые, неполовозрелые или пропускающие данный сезон). Массовые кочевки птиц начинаются в начале июля.

Осенью численность глупышей, моевок, тонноклювых и толстоклювых кайр резко падает в результате миграции птиц в районы зимовки за пределами Баренцева моря. Планомерные наблюдения за авифауной Баренцева моря в зимний период не проводились. По отдельным наблюдениям последних лет в декабре–январе общая численность морских колониальных птиц в открытых районах Баренцева моря очень мала (Матишов и др., 2007).

Морские водоплавающие птицы в Баренцевом море представлены несколькими видами. В основном это морские утки. Районы их обитания — узкая прибрежная зона моря. Максимальные скопления характерны для Печорского моря. Летом и в период миграций общая численность водоплавающих птиц у побережья Кольского полуострова и в Печорском море может достигать до 2 млн особей. Зимующие скопления водоплавающих птиц (в основном, гаги) локализованы в полыньях у Терского берега и в прибрежье Западного Мурмана (Атлас ..., 2002).

Снижение ресурсов мойвы в прибрежье Кольского полуострова в результате климатических изменений и перелова, привело к существенному уменьшению численности морских колониальных птиц. Напротив, эти же климатические изменения улучшили кормовую базу (зообентос) для морских уток, популяции которых находятся в режиме благополучия (Ежов, 2009).

Распределение морских колониальных и водоплавающих птиц в летний период резко меняется в июле и сентябре. Поэтому в работе представлены карты ранжированного распределения данных видов птиц отдельно для этих двух месяцев с указанием направлений их миграций в Баренцевом море (рис. 6.13).

Для построения карт сезонного распределения морских птиц в Баренцевом море (рис. 6.13) и дальнейшего их анализа было произведено ранжирование плотности распределения морских птиц:

Ранг 0	Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3
Птиц нет	Концентрации низкой плотности	Концентрации средней плотности	Концентрации высокой плотности, колонии.

Итак, распространение основных биотических компонентов экосистемы Баренцева моря имеет ряд особенностей и сезонных закономерностей. На представленных картах ранжированного распределения видно, что максимальная биомасса и численность зоо-, фито-, ихтиопланктона, бентоса, рыб, птиц и морских млекопитающих приурочена главным образом к прибрежным и прикромочным районам. Более подробное описание распределения биотических компонентов и всей экосистемы Баренцева моря приведено в главах 6 и 7 отчета (Оценка ..., 2009а).

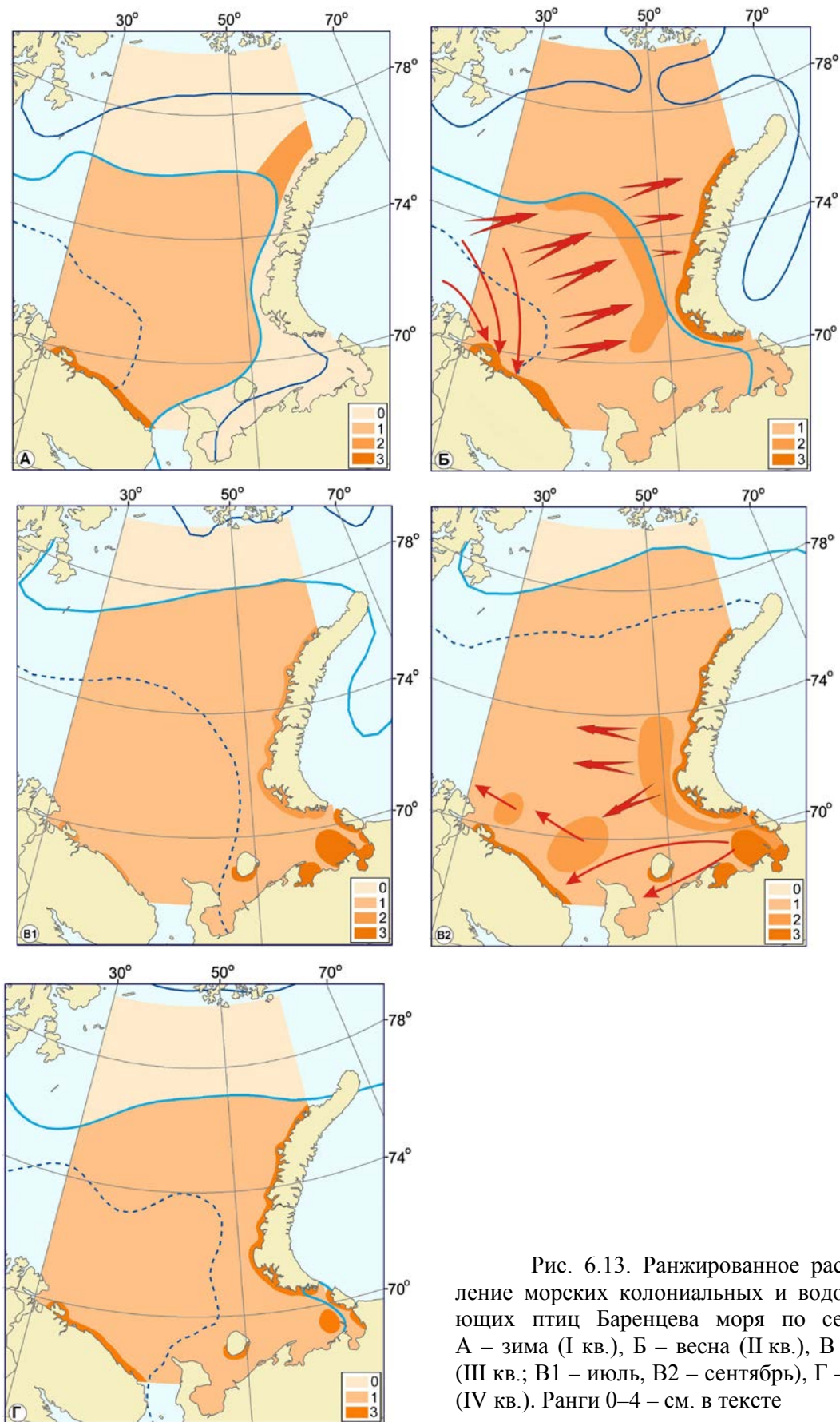


Рис. 6.13. Ранжированное распределение морских колониальных и водоплавающих птиц Баренцева моря по сезонам: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.; В1 – июль, В2 – сентябрь), Г – осень (IV кв.). Ранги 0–4 – см. в тексте

**Функционирование баренцевоморской экосистемы.** Баренцевоморская экосистема, как и экосистемы других бореальных и арктических морей, характеризуется сезонной цикличностью стадий сукцессии. Наиболее динамичная смена сукцессионных стадий происходит в весенне-летний период — от середины марта до сентября, что обеспечивается климатической периодичностью поступления световой (лучистой) энергии в экосистему. Начало массового развития микроводорослей связано со стратификацией водной толщи и с формированием пикноклина в верхних слоях воды (Ильин, 1991). В сентябре–октябре в разных участках БМЭ начинается стадия покоя.

Основными продуцирующими организмами в баренцевоморской экосистеме являются пелагический фитопланктон, криофлора, макрофиты и микрофитобентос. Однако весь комплекс первичных продуцентов функционирует лишь в относительно узкой прибрежной полосе, где сохраняются условия достаточной освещенности для эффективного продуцирования у водорослей-макрофитов и бентосных микрофитов. На мелководьях Печорского моря также отмечена деятельность донных микрофитов (Ильин, 1996). В пелагиали Баренцева моря за счет фитопланктона создается примерно 77 млн т органического углерода, а за счет фитобентоса в прибрежье только 0.4 млн т (Биогеохимия ..., 1982).

Положение криосистемы в течение весны и лета смещается вместе с кромкой льдов на север, увеличивая зону высокой продуктивности экосистемы в целом. В узкой полосе (20–50 км) у кромки льда создается высокая концентрация организмов всех трофических уровней, что делает этот участок экосистемы уязвимым при разливе нефти в продуктивный период года.

Одна из форм связи между автотрофами и гетеротрофами обеспечивается через детрит (ВОВ) и растворенное органическое вещество (РОВ). Агрегаты детрита, в том числе образовавшиеся из РОВ, включающие в себя микроорганизмы, формируют источник питания для многочисленных фильтраторов пелагических и донных биотопов. Бактерии выполняют в экосистеме важнейшую функцию непрерывного восполнения запасов минеральных биогенных солей для продолжения продукционного цикла.

Движущим механизмом изменения баренцевоморской БМЭ является тепло, поступающее с солнечной энергией и с водами теплых североатлантических течений. Климатические флуктуации баланса “атлантического тепла” и “арктического холода” идентифицируются как “теплые” и “холодные” аномалии и определяют изменчивость структуры биоценозов. “Потепление” Арктики способствует продвижению на север и восток теплолюбивых гидробионтов, а “похолодание” — продвижению на юг и на запад холодолюбивых форм.

Климатические изменения надежно прослеживаются на бентосных сообществах, связанных с донными биотопами и имеющих относительно постоянные контуры (Зенкевич, 1977; Антипова, 1978а, 1978б; Галкин, 1987). По сравнению с 1920-ми годами к началу 1970-х годов в результате похолодания и отчасти вследствие отрицательного влияния тралового промысла в большинстве открытых районов моря биомасса бентоса уменьшилась в 1.5–3 раза. Произошла смена доминантов за счет сокращения численности и биомассы бореальных и бореально-арктических видов и замещения их холодноводными формами. Климатически обусловленные вариации зообентоса прослежены и в юго-восточной периферии моря, где пресс тралового рыбного промысла незначителен (Matishov, Denisov, 2000; Денисенко, 2007).

Пластичность экосистемы по отношению к вариациям состояния тех или иных звеньев определяется биоразнообразием. Биоразнообразие позволяет перераспределять потоки вещества и энергии между разветвленными звеньями экосистемы и замещать неблагоприятные звенья, не снижая ее продуктивности в целом. Важным условием пластичности баренцевоморской БМЭ является то, что эта экосистема развивается по типу пограничной (или смешанной) между бореальной (атлантической) и арктической системами (Матишов и др., 2007).

## ГЛАВА 7

### ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ\*

На акватории Баренцева моря выделяют 14 действующих и предполагаемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (рис. 7.1).

**Кандалакшский государственный природный заповедник.** Территория заповедника расположена на островах и побережье Белого и Баренцева морей в пределах Кандалакшского, Терского, Североморского, Печенгского районов Мурманской области и Лоухского района Республики Карелия. Приведем краткую характеристику участков заповедника, расположенных на побережье Баренцева моря (Особо охраняемые..., 2003).

Общая площадь Кандалакшского государственного природного заповедника – 70.5 тыс. га (16.3 тыс. га приходится на территорию Айновых островов, архипелагов “Гавриловские острова” и “Семь Островов”, из которых 12.4 тыс. га — морская акватория и литораль).

**Айновы острова.** Наиболее многочисленны здесь большая морская и серебристая чайки, обыкновенная гага, тупики. Гнездятся в небольшом количестве речные утки, гуси, кулики и некоторые виды воробьиных птиц (Карпович, 1984). На о. Малый Айнов (рисунки 7.1, 7.2А) находятся крупные колонии больших и хохлатых бакланов, видов, занесенных в Красные книги Мурманской области и Российской Федерации, соответственно. В Красную книгу Мурманской области внесены еще три вида птиц, живущие на островах — большой поморник, пеганка, обыкновенная гага.

Териофауна района представлена морскими млекопитающими. Так в ноябре–декабре здесь размножаются несколько сотен серых тюленей. Этот вид включен в Красную книгу РФ, а острова являются важнейшим районом щенки серого тюленя (Карпович, 1984). В весенний период (март–май) на островах располагаются линные залежки половозрелых серых тюленей.

**Гавриловские острова.** Наиболее массовыми птицами являются моевка, морская и серебристая чайки. Помимо этих видов на Гавриловских островах (рисунки 7.1, 7.2Б) гнездятся сизая чайка, кулик-сорока, полярная крачка, тонкоклювая и толстоклювая кайры, хохлатый и большой бакланы, кречет и некоторые виды воробьиных птиц (Заповедники..., 1988). К птицам, занесенным в Красную книгу Мурманской области, относятся большой баклан, хохлатый баклан, сибирская гага, хрустан, грязовик, большой поморник, обыкновенная гага.

Из млекопитающих на Гавриловских островах встречаются кольчатая нерпа и занесенные в Красную книгу Мурманской области (Заповедники..., 1988): обыкновенный тюлень, серый тюлень.

**Семь Островов.** На островах этого архипелага (рисунки 7.1, 7.2В) гнездится большое количество моевок, создающих колонии на скалах на высоте от 2 м и выше над землей или урезом воды. Помимо моевок на Семиостровье создают колонии сереб-

---

\* Глава написана совместно с А.Н. Карнатовым

ристые и морские чайки, сизые чайки, полярные крачки, тонкоклювые и толстоклювые кайры, чистики. Встречаются на Семи Островах кулики-сороки, некоторые виды ржанкообразных и воробьиных (Заповедники..., 1988). К птицам, занесенным в Красную книгу Мурманской области и обитающим на этом архипелаге, относятся северная олуша; обыкновенная гага; большой баклан; хохлатый баклан; сибирская гага; хрустан; грязовик; большой поморник; кречет.

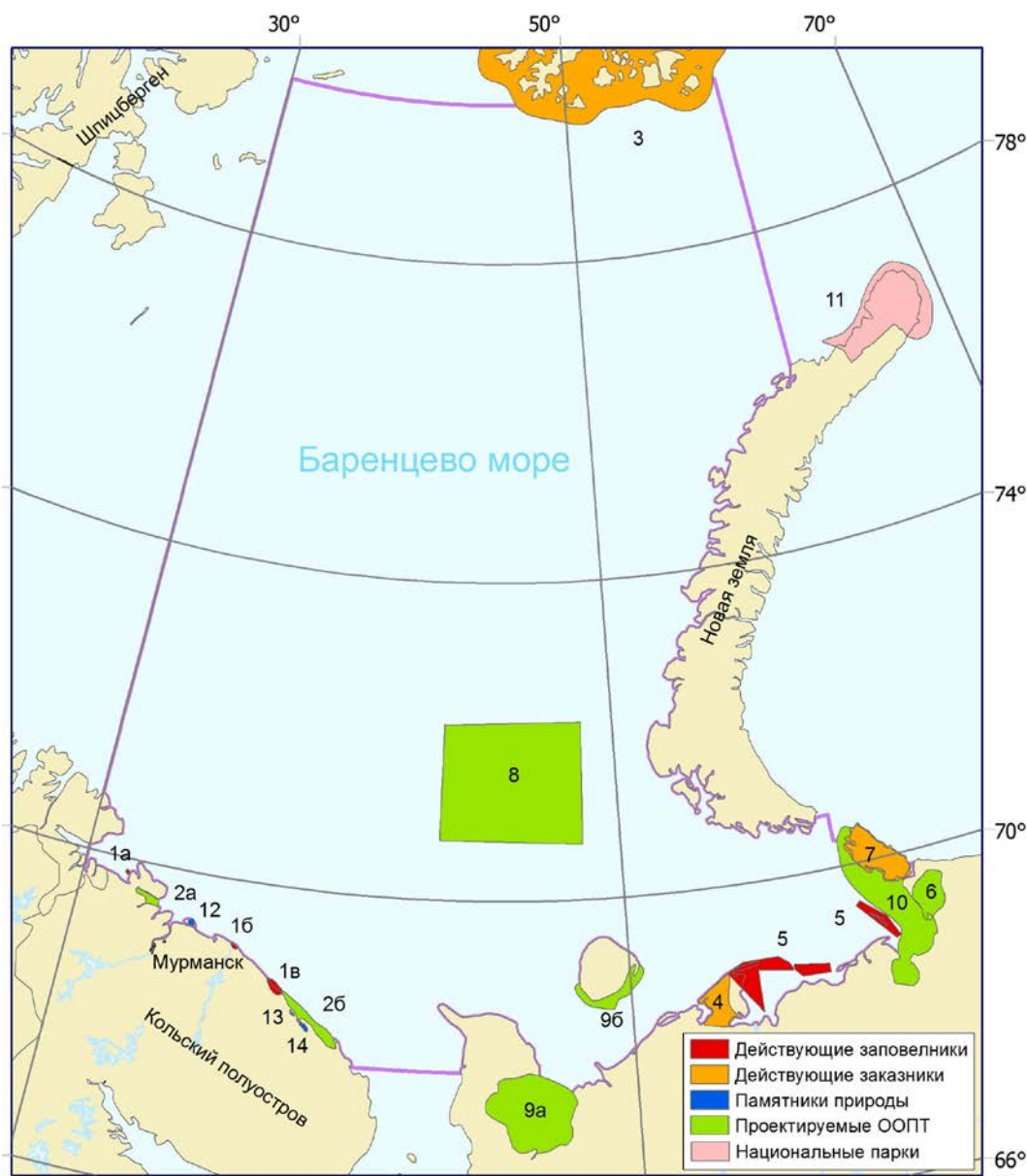


Рис. 7.1. Действующие и предполагаемые особо охраняемые природные территории в Баренцевом море:

1а – Айновы о-ва, 1б – Гавриловские о-ва, 1в – “Семь Островов” (Кандалакшский заповедник); 2а – морской заказник Западного Мурмана; 2б – морской заказник Восточного Мурмана; 3 – заказник “Земля Франца-Иосифа”; 4 – Ненецкий заказник; 5 – Ненецкий заповедник; 6 – Большеземельский заповедник; 7 – заказник “Вайгач”; 8 – морской заказник “Гусиная банка”; 9а – морской заказник “Чешская губа”; 9б – морской заказник “Остров Колгуев”; 10 – биосферный полигон Ненецкого заповедника; 11 – национальный парк “Русская Арктика”; 12 – памятник природы “Озеро Могильное”; 13 – памятник природы “Птичьи базары губы Дворовая”; 14 – памятник природы “губа Ивановская”

Среди морских млекопитающих на Семи Островах встречаются кольчатая нерпа, морской заяц и занесенные в Красную книгу Мурманской области обыкновенный тюлень и серый тюлень.

Иногда в акватории архипелагов “Гавриловские острова” и “Семь Островов” заходят китообразные. Белуха иногда встречается стадами по несколько десятков, а то и сотен особей, морские свиньи и косатки по одиночке или группами по 2–3 зверя (Заповедники..., 1988).

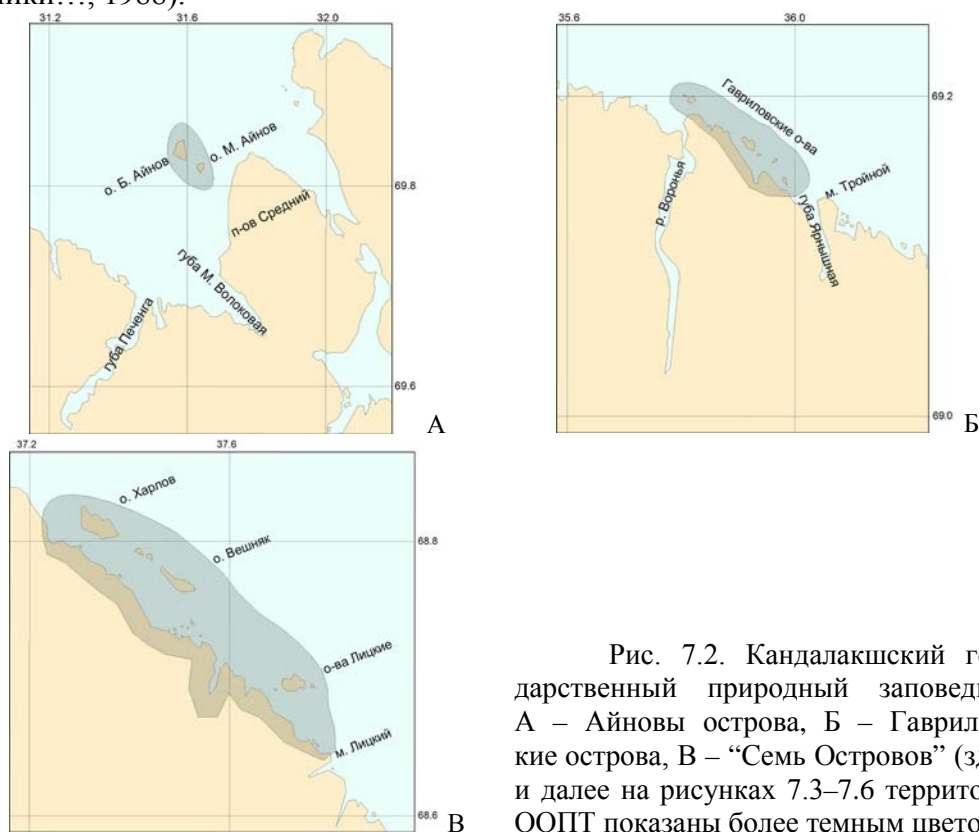


Рис. 7.2. Кандалакшский государственный природный заповедник: А – Айновы острова, Б – Гавриловские острова, В – “Семь Островов” (здесь и далее на рисунках 7.3–7.6 территории ООПТ показаны более темным цветом)

**Ненецкий государственный природный заповедник.** Занимает северо-восточную оконечность Малоземельской тундры, акваторию и острова Баренцева моря (рисунки 7.1, 7.3). Площадь охранной зоны — 286 тыс. га.

Острова служат местом выведения и линьки птиц, включая редких и исчезающих — малого лебедя, белошею казарку, пискульки, белоклювой гагары. Ежегодно с июня по сентябрь постоянно кормятся в прибрежной части более 200 тыс. морских птиц. Основные виды — гага обыкновенная, гага-гребенушка, синьга, турпан, крохаль, морянка. В Красную книгу Российской Федерации включены следующие виды птиц, встречающиеся в Печорском море: белоклювая гагара, тундровый лебедь, белая чайка. В Красную книгу Ненецкого национального округа занесены морская чайка и гагарка, встречающиеся на акватории Печорского моря.

На южной оконечности о. Долгий находится береговая залежка атлантического моржа. Ежегодно на островах появляется белый медведь. Из редких китообразных отмечен нарвал, возможны заходы высоколобого бутылконоса, северного финвала. Иногда встречается серый тюлень. Численность морских млекопитающих изменяется по временам года. Так, наибольшая концентрация в прибрежной зоне отмечена в июле–сентябре (по данным авиаучета 2002–2004 гг.): нерпа – более 1000, морской заяц – более 300, атлантический морж – более 200 особей. Из морских млекопитающих в Красную книгу РФ занесены: белый медведь, атлантический морж, обыкновенный тюлень,

серый тюлень, горбатый кит, финвал, беломордый дельфин, белобокий дельфин, морская свинья.



Рис. 7.3. Ненецкий государственный природный заповедник (восточнее Захарьина берега; ■■■) и Ненецкий государственный природный заказник (западнее Захарьина берега; ■■■): 1 – о. Матвеев, 2 – о. Долгий, 3 – Болванская губа, 4 – Коровинская губа, 5 – Захребетная губа, 6 – Кузнецкая губа

**Ненецкий государственный природный заказник** расположен на северо-восточной оконечности Малоземельской тундры и в акватории Баренцева моря, на территории Ненецкого автономного округа Архангельской области (рисунки 7.1, 7.3).

На территории Ненецкого заказника благоприятные места для обитания лебедя-кликлуна, а также малого лебедя и орлана-белохвоста, занесенных в Красную книгу РФ (Ненецкий заказник ..., 2009; Приказ ..., 2009). Здесь охраняются также места массового гнездования многих видов водоплавающих птиц (гуси гуменник и белолобый, шилохвость, свиязь, морская чернеть, морянка, синьга, турпан и др.).

**Государственный природный заказник “Земля Франца-Иосифа”** занимает весь архипелаг Земля Франца-Иосифа и прилегающую акваторию Баренцева моря и Северного Ледовитого океана (рисунки 7.1, 7.4).

В пределах архипелага располагаются многочисленные колонии морских птиц, таких как люрики, моевки и толстоклювые кайры, среди которых и самые большие колонии белой чайки.

Между островами архипелага и с подветренной стороны открыто несколько полей. Они являются важным местом зимовки и нагула морских млекопитающих, кормовыми участками и местами зимовки крупных скоплений морских птиц.

В настоящее время здесь обитают популяции кольчатой нерпы, морского зайца, гренландского тюленя, моржа, белого медведя и белухи. В районе отмечена одна из самых высоких в регионе численность гренландского кита (Распоряжение..., 1994; Особо охраняемые..., 2009).

**Государственный региональный комплексный природный заказник регионального значения “Вайгач”.** Остров Вайгач (рис. 7.1) является местом уникального скопления редких и исчезающих видов. На Вайгаче находится одно из самых массовых гнездований водоплавающих птиц в западном секторе Российской Арктики. У берегов

острова обитают атлантический подвид моржа, серый тюлень, морская свинья, заходят для откорма (охоты) высоколобый бутылконос, кит-горбач, северный синий кит, северный финвал и сейвал. Численность многих этих видов на данный момент минимальна и характеризуется высокой нестабильностью в последние годы (Постановление..., 2007; В Ненецком..., 2009).



Рис. 7.4. Государственный природный заказник “Земля Франца-Иосифа”

**Национальный парк “Русская Арктика”** располагается в северной части архипелага Новая Земля (рисунки 7.1, 7.5). Площадь участка составляет 1 426 000 га, из них 794 000 га – акватория (Распоряжение..., 2009).

Авифауне архипелага свойственно очень высокое для арктических широт видовое разнообразие (около 40 видов птиц на северном острове). На Новой Земле размножается большое количество водоплавающих птиц.

На северо-восточном берегу Северного острова размножается белый медведь. Вдоль западного и северного берегов отмечены шесть лежбищ моржей. По акватории парка проходит путь миграции белух из мест летнего нагула в Карском море к местам зимовки в Баренцевом море. Этот же путь используют и другие морские млекопитающие, например, моржи.

На Новой Земле отмечено несколько редких и находящихся под угрозой видов, таких, как сапсан, белая чайка, белоклювая гагара, пискулька, стеллерова гага, тундровый лебедь, морж, белый медведь (Оценка ..., 2009б).

**Государственные памятники природы федерального значения. “Озеро Могильное”.** Озеро расположено на о. Кильдин в Баренцевом море, у побережья Кольского полуострова (рис. 7.1). Это реликтовый водоем, бывший когда-то частью моря и образовавшийся в результате поднятия берегов. Озеро уникально тем, что здесь за тысячелетия установилось такое своеобразное равновесие пресной и морской воды, которое создало возможность одновременного развития морских, солоновато-водных и пресноводных организмов (Особо охраняемые ..., 2003).

**Государственные памятники природы регионального значения. “Птичьи базары губы Дворовая”.** Памятник природы расположен в Мурманской области (Ловозерский район) (рисунки 7.1, 7.6). Территория памятника природы представляет собой скалистый берег Баренцева моря, на котором располагается один из крупнейших птичьих базаров Восточного Мурмана, и непосредственно прилегающий участок побережья. Птичьи базары такого типа характерны лишь для западных районов Северной Ат-



лантики. Это не только одно из крупнейших на Мурмане поселений моевки (превышающее по своей численности знаменитые колонии Семи Островов), но и самая восточная, в южной части Баренцева моря, колония тонкоклювых кайр. Численность размножающихся здесь моевок варьирует от 32 до 37 тыс. пар, а численность тонкоклювых кайр (примерно 1 тыс. особей в 2003 г.) катастрофически сокращается (только в 2003–2005 гг. – на 36 %). Здесь же, в районе губы и мыса Дворовой, существует поселение хохлатого баклана, что позволяет контролировать процессы изменения восточной границы гнездового ареала данного вида, включенного в Красную книгу РФ и в пределах России гнездящегося лишь на Мурмане (Мурманская область..., 2009).



Рис. 7.5. Национальный парк «Русская Арктика»

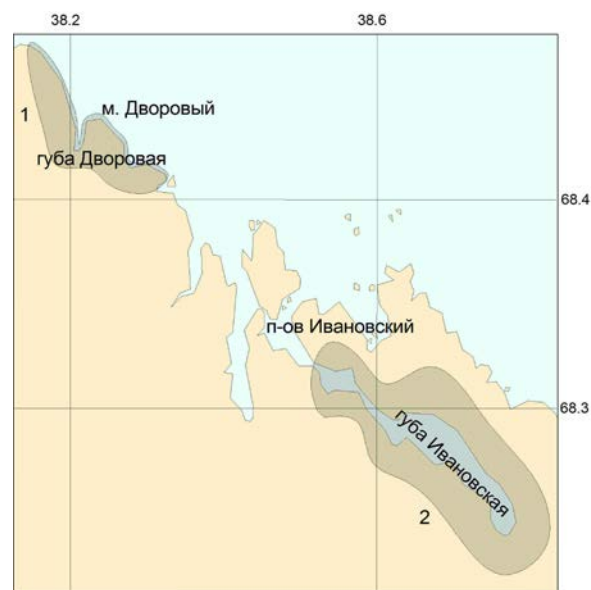


Рис. 7.6. Государственные памятники природы федерального значения: 1 – «Птичьи базары губы Дворовая», 2 – «Губа Ивановская»

**«Губа Ивановская».** Памятник природы расположен в Мурманской области (Ловозерский район) (рисунки 7.1, 7.6). Территория памятника природы представляет собой окрестности губы Ивановская. На территории расположена колония больших бакланов (на северном берегу губы Ивановская; в 2005 году примерно 30 пар), гнездовой участок орлана-белохвоста, летние залежки обыкновенного тюленя. В губе в летнее время постоянно держатся лебеди, в том числе лебедь-шипун. Отмечено примерно 70 видов птиц и 12 – млекопитающих, 1 – земноводных, 1 – пресмыкающихся; часть отмеченных видов занесена в Красные книги разных рангов (Мурманская область..., 2009).

**Предполагаемые ООПТ.** На акватории Баренцева моря наряду с действующими ООПТ (заказники, заповедники и т.д.) выделяют и проектируемые ООПТ (рис. 7.1). К ним в частности относятся: морской заказник Западного и Восточного Мурмана, морской заказник «Гусиная банка», морские заказники «Чешская губа» и «Остров Колгуев», биосферный полигон Ненецкого заповедника, Большеземельский заповедник. Наличие уникальных природных комплексов, особые биологические характеристики, их социальная, культурная и экономическая значимость позволяют выделить данные территории для организации будущих ООПТ.

*В тексте не описан и не показан на карте Государственный природный заказник регионального значения «Шоинский» (северо-западная часть п-ва Канин, между речью Шойны и Торны), т.к. он расположен на акватории Белого моря.*

## ГЛАВА 8

### ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ И СУДОХОДСТВО КАК ИСТОЧНИКИ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**Инфраструктура нефтеперевозок.** С 2002 года наблюдался резкий рост объема перевозок нефти и нефтепродуктов через порты Баренцева, Белого и Карского морей (рис. 8.1), что обусловлено включением северных морских маршрутов в схему экспортных поставок российской нефти на Запад. К 2004 году объем перевозимой нефти возрос до 12 млн т и с некоторыми колебаниями оставался на уровне 9.5–11.6 млн т по 2008 г. включительно. Прогнозируется очередной рост объемов перевозки нефти и нефтепродуктов по Баренцеву морю. С введением в строй нового морского перегрузочного терминала “Варандей” в Печорском море поток российской нефти на западные рынки увеличится до 15 млн т в год.

Каботажные перевозки нефти и готовых светлых и темных нефтепродуктов – внутренние перевалки между терминалами и перевозки для снабжения горюче-смазочными материалами северных территорий России – составят около 2.5 млн т. Примерно 5 млн т сжиженного газа будет перевозиться от введенного в эксплуатацию в 2008 г. норвежского газового месторождения “Snohvit” (Журавель и др., 2006; Ильин, Шавыкин, 2007; Vambulyak, Frantzen, 2009). Транспорт углеводородного сырья у берегов Норвегии также таит потенциальную опасность загрязнения Баренцева моря по системе ветвей Нордкапского и прибрежного течений, ориентированных на восток.

Сырая и очищенная нефть, нефтепродукты и газоконденсат для морской транспортировки поступают на береговые и морские терминалы от месторождений Тимано-Печорской, Волго-Вятской, Западно-Сибирской нефтегазовых провинций, от нефтеперегонных заводов по трубопроводам, по железной дороге и по речным маршрутам. Современные и перспективные объемы экспортных перевозок нефти и нефтепродуктов, исходя из статистических сводок, планов добывающих и транспортирующих компаний, показаны в табл. 8.1 (источники указаны ниже по тексту).

Структура перевозки российских нефтепродуктов приблизительно выглядит так: сырая нефть – 42 %; газоконденсат – 21 %; мазут – 5 %; бензин – 32 %. Береговые перегрузочные терминалы специализируются в основном на перегрузке светлых и темных нефтепродуктов, а морские — на перевалке сырой нефти и газоконденсата.

Развитие нефтегазового комплекса Российской Федерации предполагает рост добычи нефти на месторождениях Тимано-Печорской провинции, включая шельф Печорского моря, на месторождениях в Западной Сибири, в том числе на месторождениях в Обской губе. Растущие в связи с этим поставки нефти и нефтепродуктов на экспорт определяют расширение пропускной способности наземной и морской транспортной инфраструктуры и в первую очередь перегрузочных терминалов в Белом и Баренцевом морях (Журавель и др., 2006). Схема расположения планируемых и действующих терминалов показана на рис. 8.2. Стационарные и плавучие перегрузочные комплексы включают в себя накопители сырья и элементы портовой инфраструктуры, в том числе наземные железнодорожные и трубопроводные магистрали.



### Объемы нефтеперевозок и нефтегрузовых операций в портах западно-арктических морей

Терминал	Характеристика операций	Объемы, тыс. т/год		
		2008 г.	2010 г.	2015 г.
Порты в Кольском заливе, включая всю сеть действующих терминалов	Перевалка нефти по схемам: железная дорога–накопитель–морской танкер; танкер–челнок–накопитель–морской танкер	4 431.7	6 000	13 000
“Варандей”	Погрузка нефти на танкеры через морские нефтепроводы	1 900	10 000	12 500
О. Колгуев	Погрузка нефти на танкеры через морские трубопроводы	50	50	70
Обская губа	Перевалка нефти по схемам: речной транспорт–накопитель–танкер–челнок	240	350	3 000
Архангельск (порт “Талаги”)	Перевалка нефтепродуктов с железнодорожного транспорта на морские танкеры	2 100	4 500	12 000
Порт “Витино”	Перевалка нефти и газоконденсата с железнодорожного транспорта на морские танкеры	4 400	6 000	12 000
Приразломное	Погрузка нефти на танкеры с добывающей платформы	–	–	4 500

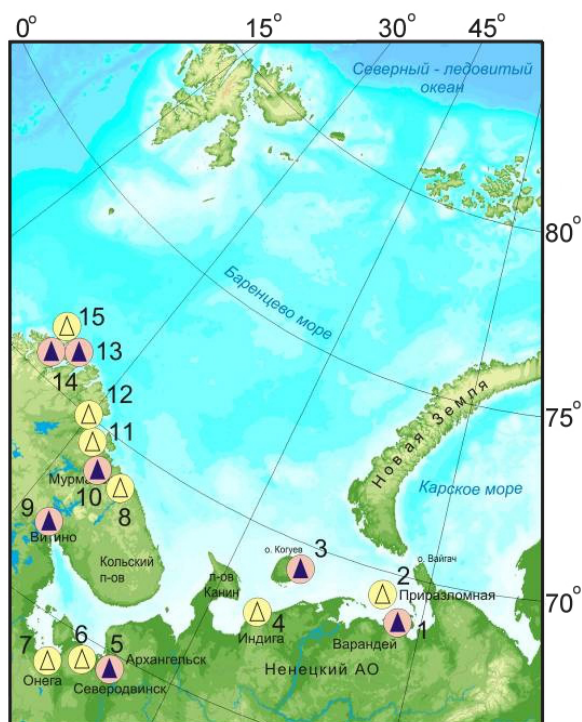


Рис. 8.2. Расположение действующих и проектируемых терминалов, обеспечивающих транспортировку нефти и нефтепродуктов через Баренцево море:

1 – “Варандей”, 2 – “Приразломное”, 3 – “Колгуев”, 4 – “Индига”, 5 – “Талаги” (Архангельск), 6 – “Северодвинск”, 7 – в Онежской губе, 8 – порт “Териберка”, 9 – порт “Витино”, 10 – в Кольском заливе, 11 – “Бекфьорд” (г. Киркенес), 12 – порт “Вадсё”, 13 – “Сарнесфьорд” (мыс Нордкап), 14 – Квалсуд, Мелкейя и Серайя (г. Хаммерфест), 15 – месторождение “Goliat”

**Морская транспортировка нефти с сибирских месторождений.** Восточное плечо баренцевоморских маршрутов перевозки углеводородов включает пункты отгрузки нефти в портах “Тикси”, “Дудинка” и “Диксон”. Нефть Талаканского и группы Ванкорских месторождений с 2001 г. поставлялась в Роттердам морскими танкерами по Севморпути. В 2006–2008 годах этот поток направлен по нефтепроводу к Тихоокеанскому побережью (Виноградова, 2004; Vambulyak, Frantzen, 2009). Однако, после

развития береговой инфраструктуры и высоких объемов добычи в 2009 г. на группе месторождений Ванкор морская транспортировка в западном направлении может быть возобновлена (Grigoriev, 2008; Donskoy, 2009; Vambulyak, Frantzen, 2009).

Нефть и нефтепродукты западно-сибирских месторождений переваливается на морские танкеры-челноки из накопителя в устье Обской губы. Танкерами-челноками дедевейтом 20 000 т нефть транспортируется по Севморпути к рейдовому перегрузочному комплексу “Белокаменка” (РПК) в Кольском заливе. В 2007 и 2008 годах Российской инновационной топливно-энергетической компанией при поддержке Мурманского морского пароходства ежегодно перевозилось по 240 тыс. т нефти. С месторождений полуостровов Ямал и Гыданский на экспорт вывозится газоконденсат в объеме примерно 35 тыс. т (Концепция..., 2005; Grigoriev, 2008; Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Нефтяной терминал “Варандей”.** Морской прибрежный терминал “Варандей” переваливает на морские танкеры-челноки нефть Варандейских месторождений Тимано-Печорской провинции с 2000 г. Материковые нефтяные месторождения куста Варандей с общим запасом примерно 558 млн т соединены внутренним нефтепроводом. Инфраструктура нового терминала “Варандей” объединяет морской ледостойкий перегрузочный комплекс FOIROT (рисунки 8.3; 8.4), две линии подводного нефтепровода длиной 22.6 км, береговой склад-накопитель вместимостью 325 тыс. м<sup>3</sup>. Нефть перевозится от терминала в круглогодичном режиме танкерами-челноками ледового класса дедевейтом 20 000 т на РПК 1 и РПК 3 “Белокаменка” в Кольский залив. В 2008 году на терминале “Варандей” отгружено 1.9 млн т нефти, из которых 1.6 млн т было перегружено на РПК 3 “Белокаменка”, а 0.3 млн т экспортировано напрямую. В 2009 году отгружено примерно 8 млн т. Перевозку будут осуществлять три танкера ледового класса дедевейтом 70 000 т на РПК 3 “Белокаменка” и непосредственно на западный рынок (Vambulyak, Frantzen, 2009).



Рис. 8.3. Морской прибрежный терминал “Варандей”. Вступил в эксплуатацию в 2008 г; отгрузочная способность 12.5 млн т в год (Денисов, Ильин, 2009)



Рис. 8.4. Танкер-челнок под загрузкой у нового терминала “Варандей” (Архив ..., 2009)

**Песчано-Озерский терминал на о. Колгуев.** Запасы Песчаноозерского месторождения составляют 4.3 млн т нефти и 0.8 млрд м<sup>3</sup> газа. Перевалка добываемой нефти обеспечивается прибрежным терминалом по схеме: нефтехранилище – подводный дюкер – танкеры-челноки дедевейтом до 20 000 т. Нефть транспортируется к терминалу РПК 3 “Белокаменка” или отправляется непосредственно на западный рынок. Вследствие истощения запасов добыча и объемы транспортировки нефти с месторождения Песчаноозерское сократились

в 2008 г. до 50 тыс. т. В будущем объемы отгрузки могут возрасти незначительно. Навигационный период транспортировки нефти от о. Колгуев длится примерно 6 мес. (Францен, Бамбуляк, 2003; Григорьев, 2004; Bambulyak, Frantzen, 2009).

**Перегрузочный терминал “Приразломное” (проект).** Приразломное нефтяное месторождение одно из наиболее крупных на шельфе Печорского моря, подготовленное к разработке. Начало разработки компанией “Севморнефтегаз” ожидается в 2011 г. Совокупная добыча сырья составит 76 млн т. Расчетный срок эксплуатации месторождения – 23 года. Максимальная производительность добычи составит 7.5 млн т/год (Donskoy, 2009). Разработка месторождения будет вестись с ледостойкой платформы с накопителями сырья на 110 тыс. м<sup>3</sup>. Экспортная схема предусматривает отгрузку нефти на танкеры-челноки ледового класса дедвейтом по 20–70 тыс. т, доставляющие нефть на перегрузочные терминалы в незамерзающей части Баренцева моря (Нефтегазовые проекты..., 2004; Приразломное, 2004; Чернов, 2004; Grigoriev, 2008).

**Перегрузочный терминал “Индига” (проект).** Сооружение морского терминала планируется в районе пос. Индига в Чешской губе. Глубина моря позволяет принимать танкеры грузоподъемностью более 100 тыс. т. По проекту терминал будет обслуживать нефтепровод “Северный” (протяженностью 395 км), проложенный от месторождения Харьяга до мыса Святой Нос. Комплекс “Индига” проектируется на перегрузку 12 млн т нефти в год (Ильин, Шавыкин, 2007; Grigoriev, 2008). Пока решение по строительству терминала “Индига” не принято.

**Архангельский порт (терминал “Талаги”, нефтебаза).** С 2002 года нефтебаза “Талаги” Архангельского порта вовлечена в перевалку тяжелой нефти Тимано-Печорской провинции. В транспортную схему доставки нефти к морскому терминалу включен железнодорожный терминал “Приводино” (близ г. Котласа), который переваливает нефть из нефтепровода “Уса-Ухта-Ярославль” на железнодорожный транспорт. После реконструкции портовой инфраструктуры, проведенной в 2005–2006 гг., терминал “Талаги” перегружает с железнодорожного транспорта на морские танкеры-челноки 4.2 млн т сырой нефти и 1.8 млн т легких нефтепродуктов ежегодно (Кравец, 2004). Танкерами-челноками дедвейтом 30 тыс. т нефть доставляется на РПК 3 “Белокаменка” (1.5 млн т). К 2008 году объем перевозимой нефти сократился до 2.1 млн т. В перспективе ожидается увеличение объемов до 12 млн т в год. Перевозка осуществляется в круглогодичном режиме (Grigoriev, 2008; Bambulyak, Frantzen, 2009).

**Морской терминал “Северодвинск” (проект).** Навигационный канал порта “Северодвинск” позволяет обслуживать танкеры дедвейтом 40 000 т. В 2003 году компании “Татнефть” и “АРМ-Нефтесервис” заявили о намерении построить в Северодвинске для отгрузки нефти терминал с хранилищем до 5 млн т. Нефть и нефтепродукты должны поступать на терминал по Северной железной дороге, подобно транспортной схеме Архангельского порта. Решение по этому проекту отложено (Bambulyak, Frantzen, 2009).

**Перегрузочный терминал в Онежском заливе (проект).** Онежский залив Белого моря использовался для операций с нефтепродуктами в летнюю навигацию 2003 г. Перевозчиком нефтеналивных грузов в порту “Онега” стала судоходная компания “Волгатанкер”. Транспортная схема маршрута предусматривает поставку нефти и нефтепродуктов танкерами типа “река-море” по Беломоро-Балтийскому каналу и перегрузку сырья на РПК. Танкер-накопитель дедвейтом 40 тыс. т устанавливается на РПК в Онежском заливе у о. Осинки. Транспортная схема может обеспечить перевалку 1.5 млн. т нефти в год. Однако после аварии и разлива мазута власти приостановили перевалку нефтеналивных грузов в Онежском заливе (Ильин, Шавыкин, 2007).

**Морской терминал “Витино”.** Морской порт “Витино” — старейший и до недавнего времени крупнейший терминал Северо-Запада России (Морской порт ..., 2009).

Он проводит операции по хранению и перевалке нефти, мазута и стабилизированного газового конденсата. С 2002 года осуществляется круглогодичная транспортировка нефти (Чесноков, 2004). Портовый терминал “Витино” располагает четырьмя причалами: один глубоководный причал принимает морские танкеры дедвейтом 80 тыс. т, три причала предназначены для судов дедвейтом 2 500 т. Комплекс включает железнодорожный терминал на станции Бакланка (Вологодская обл.) для перегрузки на железнодорожный транспорт нефти из нефтепровода “Уса-Ухта-Ярославль”. В 2008 году через терминал “Витино” экспортировано 4.4 млн т нефтепродуктов, включая 0.7 млн т сырой нефти и более 2 млн т газоконденсата. Сырье доставляется морскими танкерами непосредственно на западный рынок или танкерами-челноками на РПК в Баренцевом море. В 2005–2008 годах оффшорные перегрузочные операции выполнялись на норвежских терминалах в Бокфьорде и Сорнесфьорде (Феофанова, 2005; Журавель и др., 2006; Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Терминалы в пос. Териберка (проект).** Строительство завода по сжижению природного газа, терминала по отгрузке сжиженного газа и газоконденсата планируется в месте выхода на берег подводного трубопровода от Штокмановского газоконденсатного месторождения. Производство сжиженного газа планируется начать в 2014 г., его доставка газозавозами будет осуществляться на западные рынки через Баренцево море. После освоения месторождение будет давать 70 млрд м<sup>3</sup> природного газа и 0.6 млн т газового конденсата ежегодно. Завод по очистке конденсата и нефти месторождений “Приразломное” и “Долгинское” ОАО “Газпром” планирует соорудить в пос. Териберка. Производительность завода составит 5 млн т в год (Мурманской области..., 2009; Leus, 2006; Madeo, 2009; цит по Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Терминалы Мурманского торгового порта.** Мурманский порт — единственный в европейской части России глубоководный, способный принимать супертанкеры. В Кольском заливе сосредоточен основной транспортный потенциал экспортных перевозок нефти в арктических морях (рис. 8.5). В заливе действуют несколько береговых перегрузочных терминалов и рейдовых (оффшорных) перегрузочных комплексов. По генеральной схеме развития Мурманского транспортного узла в 2010–2015 гг. грузооборот нефти и нефтепродуктов возрастет до 27 млн т (Селин и др., 2004; Leus, 2006; Мурманской области..., 2009; Madeo, 2009).

**Терминал Мурманского рыбного порта (Мурманская нефтебаза).** Операции по перегрузке с железнодорожного транспорта на морские танкеры экспортной нефти и нефтепродуктов на терминале нефтебазы рыбного порта начаты в 2003 г. Нефть и легкие нефтепродукты перегружаются в танкеры дедвейтом 15 000 т и транспортируются к РПК 1 в Кольском заливе. В 2007 году терминал освоил 900 тыс. т, но в 2008 году объем снижен до 340 тыс. т (Селин и др., 2004; Leus, 2006).

**Терминал ФГУП «35 СРЗ» МО РФ»** специализирован на перегрузку нефти и тяжелого топлива – мазута марок Ф-5, Ф-12, М-40, М-100. В 2008 году объем составил 60 тыс. т. Перевалка осуществлялась по схемам: железнодорожный транспорт – наземные хранилища; железнодорожный транспорт – танкер-накопитель “Trader” дедвейтом 127 тыс. т. Экспортный груз поставлялся на рынок танкерами дедвейтом 100 тыс. т. С февраля 2008 г. терминал приостановил свою деятельность (Ильин, Шавыкин, 2007; Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Терминал в губе Мохнаткина пахта (Кольский залив)** создан для перевалки тяжелого горючего с железнодорожного транспорта в танкер-накопитель и отправку топлива на рынок танкерами дедвейтом 50–60 тыс. т. В качестве накопителя используется танкер “Кольский залив” дедвейтом 61 тыс. т. В 2007 году через терминал “Мохнаткина пахта” экспортировано 980 тыс. т мазута; в 2008 г. эксплуатация терминала была

приостановлена; в январе 2009 г. терминалом отгружено на экспорт 360 тыс. т нефтепродуктов (Ильин, Шавыкин, 2007; Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Рейдовые (оффшорные) перегрузочные комплексы в Кольском заливе.** РПК 1 расположен южнее мыса Мишуков, введен в эксплуатацию в 2002 г. Собственник – ОАО “Мурманское морское пароходство”. Он предназначен для перекачки нефти из танкеров-челноков (дедвейт 20–60 тыс. т) на танкеры-перевозчики (дедвейт 150 тыс. т) по варианту “танкер–танкер”. Комплекс переваливал нефть и нефтепродукты от танкеров-челноков с терминалов “Варандей”, “Витино”, “Мурманский рыбный порт”, “35 СРЗ”. В 2005 году РПК 1 приостановил регулярные операции. В 2008 году РПК 1 перегрузил по схеме танкер–танкер 50 тыс. т газоконденсата (Ильин, Шавыкин, 2007; Vambulyak, Frantzen, 2009).

РПК 2 в районе пос. Мишуково построен в 2003 г., но в настоящее время не функционирует. При круглогодичной эксплуатации рейдовый причал способен обеспечивать перевалку по схеме танкер–танкер до 2.5–3 млн т нефтепродуктов в год (Ильин, Шавыкин, 2007).

РПК 3 “Белокаменка” (собственник «Нефтяная компания “Роснефть”») предназначен для перевалки нефти из танкеров-челноков дедвейтом 20–80 тыс. т на танкеры-перевозчики дедвейтом от 100 до 250 тыс. т через танкер-накопитель (рис. 8.6). Это ключевой терминал в экспортном нефтяном канале в Баренцевом море, он действует с марта 2004 г. Накопителем является самый крупный танкер в России “Белокаменка” дедвейтом 360 тыс. т. Танкер имеет четыре сегрегации на 124, 129, 43 и 45 тыс. т нефти и нефтепродуктов (Нефть ..., 2004). Комплекс переваливает нефть, доставляемую с месторождений Тимано-Печорской провинции, Западной и Восточной Сибири (Ванкорские месторождения), с терминалов портов Витино и Архангельска. В 2008 году РПК 3 экспортировал 3.7 млн т сырой нефти, половину объема составила нефть Варандейских месторождений (Григорьев, 2004; Vambulyak, Frantzen, 2009).

**Терминалы норвежского побережья.** Нефтеперегрузочные терминалы в норвежской части региона рассматриваются в связи с тем, что они используются не только для отгрузки углеводородного сырья с месторождений “Snøhvit” и “Goliat”, но и для перевалки российской нефти (рис. 8.2). Потенциальный риск загрязнения от этих терминалов в южной части Баренцева моря определяется переносом вод в восточном направлении.

Рейдовый перегрузочный комплекс “Бекфьорд” создан в 2005 г., действует в течение зимнего сезона. На период 2007–2009 гг. РПК имеет лицензию на осуществление 40 операций в сезон (октябрь–май – для конденсата, октябрь–апрель – для тяжелого топлива (мазута)). Схема транспортных операций с тяжелым топливом такова: танкер-поставщик – танкер-накопитель – танкер-экспортер. Производительность терминала – 11 млн т тяжелых нефтепродуктов и 3 млн т конденсата. Однако по факту РПК “Бекфьорд” перегружает примерно 600 тыс. т нефтепродуктов (Vambulyak, Frantzen, 2009).

Рейдовый перегрузочный комплекс “Сарнесфьорд”, действующий по схеме танкер–танкер, базируется во фьорде у мыса Нордкап близ г. Киркенеса. Он предназначен для перевалки в зимний период российского газоконденсата, транспортируемого с терминала “Витино”, и других нефтепродуктов. В 2007–2008 годах на нем перегружался только газоконденсат, в 2008 г. отправлено на западный рынок 500 тыс. т (Vambulyak, Frantzen, 2009).

Проект терминала порта “Вадсё” рассчитан на перегрузку российской нефти, транспортируемой от терминалов портов Витино и Архангельска. Предусматривается две схемы перегрузки нефти: а) танкер – танкер; б) танкер – наземные хранилища – танкер. Расчетная производительность терминала 500 тыс. т нефти (Vambulyak, Frantzen, 2009).



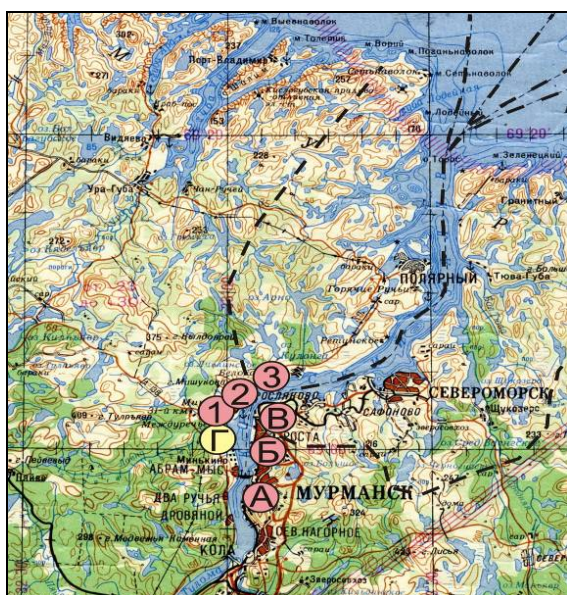


Рис. 8.5. Расположение береговых и рейдовых нефтяных терминалов в Кольском заливе: *Рейдовые перегрузочные комплексы*: 1 – РПК 1, 2 – РПК 2, 3 – РПК 3 “Белокаменка”; *береговые терминалы*: А – терминал рыбного порта, Б – терминал “35 СРЗ”, В – терминал “Мохнаткина пахта”; Г – терминал “Лавна” (по проекту развития Мурманского торгового порта) (Vambulyak, Frantzen, 2009)



Рис. 8.6. Рейдовый перегрузочный комплекс “Белокаменка” (фото: А. Кроль)

Терминалы и оффшорные *перегрузочные комплексы* “Квалсуд”, “Серейя” и “Мелкейя” (вблизи г. Хаммерфест) со схемой подземного хранения нефти и газа в скальных выработках создается для перевалки норвежской нефти месторождения “Goliat”, российской нефти и конденсата (“Квалсуд, Серейя”), газа с месторождения “Snøhvit” (“Мелкейя”). По экспертным прогнозам на 2009–2013 гг. отгрузка СПГ должна составить примерно 4.5 млн т, а газоконденсата – 220 млн т (Vambulyak, Frantzen, 2009).

В оффшорный добычный комплекс “Goliat” включены терминалы добычи, хранения и отгрузки углеводородного сырья. Начало добычи нефти и газа планируется на 2013 г. Газ добытый на месторождении “Goliat” будет транспортироваться на терминал “Мелкейя”, нефть — на терминалы “Квалсуд”, “Серейя” и непосредственно на международный рынок. Максимальная годовая добыча нефти составит примерно 5 млн т (2014 г.), срок эксплуатации – 15–20 лет (Vambulyak, Frantzen, 2009).

Таким образом, добыча, перегрузка и маршруты транспортировки нефти и нефтепродуктов в морях Западной Арктики в конечном итоге замыкаются в Баренцевом море и географически тяготеют к его южной прибрежной части. Транспортная нагрузка, рост объемов добычи углеводородов и объемов нефтеперевозок повышают экологические риски в его самой продуктивной и насыщенной биоресурсами части.

**Рыболовное судоходство.** Основная активность рыболовного судоходства проявляется в районах промысла и на транспортных линиях, связывающих их с главными портами (Мурманск, Киркенес, Вардё, Берлинок и др.). Массовыми объектами лова, влияющими на перераспределение рыболовной активности судов, являются треска, креветка и мойва.

На протяжении всего года рыбный промысел охватывает значительную часть моря — западный, южный и центральный секторы (рис. 8.1). Фактором сезонных про-

странственных ограничений рыболовства является плавучий ледовый покров. Зимой рыболовная активность ограничивается на востоке и в центральной части моря Мурманским мелководьем. Летом промысел перераспределяется к востоку и юго-востоку — до мыса Канин Нос и склонов Гусиной банки (Некоторые аспекты ..., 2001; Жичкин, 2008). Активность промысла в зимний и летний месяцы 2008 г. показана на рис. 8.7.

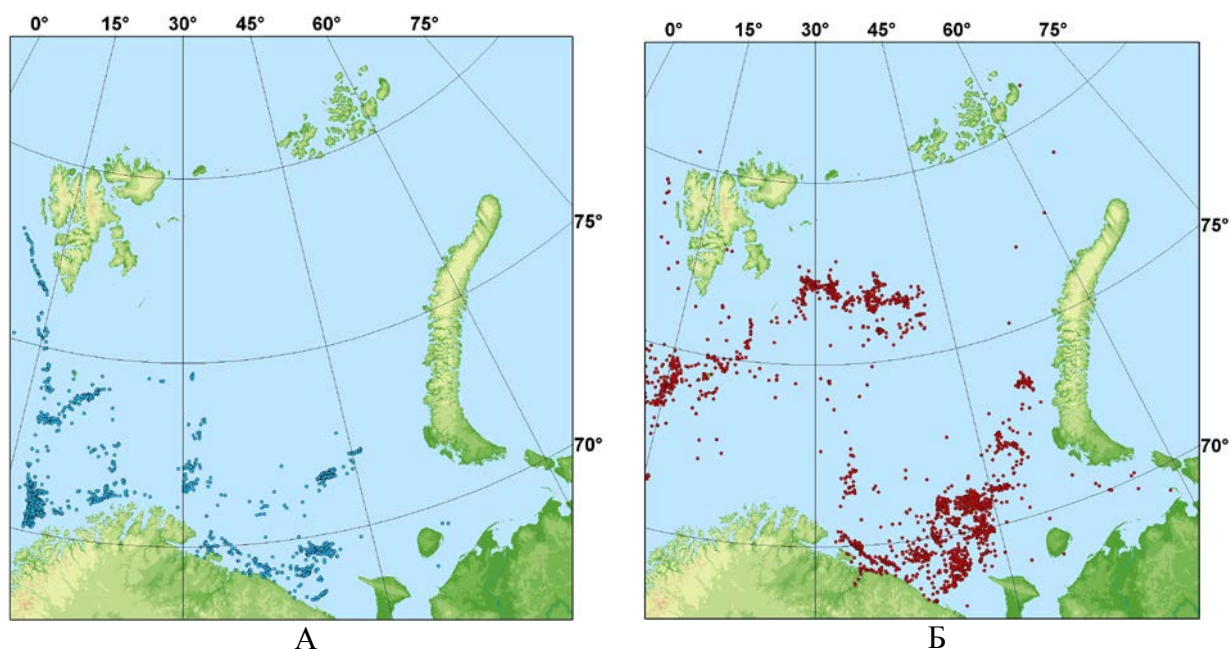


Рис. 8.7. Схема промысловой судовой активности в течение суток в январе (А; в среднем 40 судов) и в августе (Б; в среднем 70 судов) 2008 г. (по данным НПК “МОРИНФО”)

Многолетние изменения рыбопромысловой активности связаны с изменениями климатических условий в бассейне и теплового состояния вод. В период похолоданий (1977–1988 гг.) рыболовная активность круглогодично наблюдается в южной и юго-западной частях моря. В теплый период (1990-е гг.–настоящее время) район рыболовной активности расширяется в северном и восточном направлениях до возвышенности Персея и побережья Новой Земли. В аномально теплые 2004–2006 гг. расширение границ рыбопромысловой активности было максимальным (Жичкин, 2008).

В качестве показателя интенсивности рыболовного судоходства с определенными допущениями можно рассматривать количество судов, находящихся на промысле. По данным мониторинга участвующих в промысле судов, любезно предоставленным научно-производственной компанией “Морская информатика” (НПК МОРИНФО), ежедневная численность промысловых судов в Баренцевом море варьирует в пределах 50–80 единиц. Максимум характерен для летне-осеннего периода. В зимний период (декабрь–февраль) численность работающих судов сокращается до 40–50. Во второй половине декабря–начале января количество судов резко сокращается до 10–20.

Таким образом, рыболовство составляет значительную часть транспортных потоков в Баренцевом море на протяжении года. Основная доля транспортной активности характерна для южного и юго-западного секторов моря и увеличивает риск судоходства на оживленных маршрутах нефтеперевозок и аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Интенсивность судоходства на акватории моря определяется непрерывным движением 50–100 промысловых и вспомогательных судов в сутки.

## ГЛАВА 9

### РИСК АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

**Факторы риска аварий и разливов нефти.** Несмотря на обновление танкерного флота и технологий перевалки сырья, риск чрезвычайных экологических ситуаций возрастает адекватно росту объемов перевозок и добычи, оснащенности флота. Однако интенсивность судоходства в Баренцевом море, в том числе нефтетранспортного судоходства остается мало исследованной.

По данным регионального штаба Северной Норвегии (RHQNN), в 2008 г. зарегистрировано 237 проходов транзитных танкеров вдоль побережья Северной Норвегии, из них 44 танкера перевозили газ с терминала “Мелкейя”. По данным Мурманского таможенного управления, зарегистрирован выход с российской экспортной нефтью 184 танкеров. С учетом прямых экспортных маршрутов из Архангельского порта в южной части Баренцева моря ежегодно российскую нефть транспортируют примерно 190 крупнотоннажных танкера. Кроме этого, от 50 до 80 рыболовных судов курсируют в рыболовных районах моря, часто совпадающих с транспортными маршрутами.

Танкерный флот, занятый в экспорте российской нефти и нефтепродуктов, согласно данным регионального штаба Северной Норвегии за 2008 г., обеспечен новыми танкерами. Так 53 % из них имеют период эксплуатации 4 года и меньше, 29 % — 9 лет и меньше. Только два танкера не имеют двойного корпуса. На внутренних перевозках между терминалами и месторождениями в арктических морях работают танкеры ледового класса (Vambulyak, Frantzen, 2009).

Аварийные разливы нефти и загрязнение морской среды могут иметь природную, техногенную и антропогенную основу. Суть последней более точно передает термин “человеческий фактор”. Арктические моря характеризуются чрезвычайно суровыми природно-климатическими условиями и предъявляют высокие требования к технологиям безопасной добычи и транспортировки углеводородов. Техногенная основа рисков (в рамках аварийных разливов) связывается с самим процессом производства и с отказами технических средств, занятых в производстве. Часто отказы технических средств вызваны несоблюдением технологической дисциплины. “Человеческий фактор” рисков может быть охарактеризован как вольное или невольное пренебрежение технологической дисциплиной и ошибкой в принятии управляющих решений, т. е. неадекватными действиями человека, контролирующего технологический процесс. “Человеческий фактор” определяет от 50 до 90 % разного рода аварийных инцидентов (Экологическая безопасность ..., 2005).

Совмещение природно-климатических и техногенных факторов риска чаще всего называют неблагоприятным стечением обстоятельств. Такие ситуации приводят к крупным авариям. Примерами служат катастрофа судна “Rocknes” у берегов Северной Норвегии в 2004 г. и инцидент в 2001 г. с танкером “Калининград”. В первом случае судно после поломки двигателя налетело на скалы и затонуло, загрязнив нефтью 45 км береговой линии. Во втором случае двигатель танкера вышел из строя во время шторма. Экипаж смог устранить неисправность и уйти на расстояние 200 м от при-

брежных скал Северной Норвегии. Танкер имел загрузку 20 тыс. т нефти (Vambulyak, Frantzen, 2005, 2009).

В числе причин аварийных ситуаций наиболее значимы погрузочно-разгрузочные операции, столкновения и навалы, посадка на мель (рис. 9.1) (Экологическая безопасность ..., 2005).



Рис. 9.1. Повторяемость причин аварийных разливов нефти при танкерных перевозках

**Риски аварий и разливов нефти при танкерных перевозках.** Нарастание общего объема транспортных операций в Баренцевом море при реализации отдельных проектов определяет уровень риска аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Обобщение мировых статистических сведений по авариям танкеров с разливами нефти за 30-летний период (1974–2004 гг.) показано в табл. 9.1 (Экологическая безопасность ..., 2005).

Таблица 9.1

**Статистика инцидентов с разливами нефти при танкерных перевозках, количество инцидентов**

Ситуации	Объемы разлива, т			Всего
	< 7	7-700	> 700	
<b>Грузовые:</b>				
погрузка-разгрузка	2 817	327	30	3 174
бункеровка	548	26	0	574
другие	1 177	55	1	1 233
<b>Аварийные:</b>				
столкновения	167	283	95	545
посадка на мель	232	214	117	563
повреждение корпуса	573	88	43	704
пожары и взрывы	85	14	30	129
другие	2 176	144	24	2 344
Итого	7 775	1 151	340	9 266

Основное количество инцидентов связано с относительно мелкими разливами при операциях погрузки-разгрузки танкеров и бункеровки судов. Именно эти виды разливов наиболее характерны при перевалке нефтепродуктов малотоннажными танкерами с частой перегрузкой на терминалах и бункеровкой топливом. Столкновения и посадки на мель определяют количество средних и крупных разливов.

**Оценка риска аварийных разливов.** При оценке риска аварий можно опираться на имеющуюся мировую статистику и соотнести с ней условия перевозок в Баренцевом море, на акватории которого сходятся все танкерные маршруты Баренцева, Белого и Карского морей и развита сеть рейдовых перегрузочных комплексов (Журавель и др., 2005):

относительно небольшая средняя длина маршрутов перевозок (менее 1000 км при средней мировой дальности более 4.5 тыс. км);

большое число грузовых операций: погрузка-разгрузка челночных танкеров, перевалка с терминалов и РПК на экспортные танкеры, выгрузка в порту назначения;

различия в водоизмещении используемых танкеров (от 10 до 10 тыс. т и более).

Результаты расчетов частоты возникновения аварийных разливов нефти в Баренцевом море на основе характерных для бассейна статистических параметров нефтеперевозок приведены в табл. 9.2 (Журавель и др., 2005). Очевидно, что аварийные разливы нефти на объектах транспортной системы и маршрутах перевозки оцениваются как достаточно частые (вероятные) события, требующие обеспечения высокой готовности объектов аварийно-спасательных служб и региональной системы ЛРН.

**Объемы разливов нефти.** Нормативный объем разлива для расчета средств ЛРН равен объему двух танков. При использовании танкеров дедвейтом 70 тыс. т это составляет более 12 тыс. т. Например, в США аналогичный норматив наиболее опасного разлива (worst case discharge) принимается равным полному объему перевозимой нефти (Oil ..., 2004; Журавель и др., 2005; Экологическая безопасность ..., 2005). Оценка объема разливов нефти при авариях, выполненная в соответствии с Правилами Марпол 73/78 (Правила 22 и 23 Приложения I) по усредненным типовым данным танкерного флота, работающего в Баренцевом море, приведена в табл. 9.3 (Журавель и др., 2005; A Guide..., 2000).

Таблица 9.2

**Оценки риска аварийных разливов в Баренцевом море, количество случаев в год**

Характеристика разливов	2005 г.	2010 г.
Оценка по грузообороту транспортной системы		
Объем 7 т и выше	$1.05 \cdot 10^{-2}$	$3.12 \cdot 10^{-2}$
Объем 700 т и выше	$2.21 \cdot 10^{-3}$	$6.55 \cdot 10^{-3}$
Оценка по объему вывоза нефти с учетом перевалки		
Объем более 153 м <sup>3</sup>	$5.87 \cdot 10^{-2}$	$1.71 \cdot 10^{-1}$
Разливы в портах и на терминалах объемом более 153 м <sup>3</sup>	$3.87 \cdot 10^{-2}$	$1.13 \cdot 10^{-1}$
Оценка по числу отгрузок в портах и на терминалах		
Объем более 1 т	$9.40 \cdot 10^{-2}$	$2.28 \cdot 10^{-1}$
Объем более 10 т	$1.88 \cdot 10^{-2}$	$4.56 \cdot 10^{-2}$
Объем более 100 т	$3.58 \cdot 10^{-3}$	$8.68 \cdot 10^{-3}$

Таблица 9.3

**Ориентировочный объем разлива нефти при аварии танкера, м<sup>3</sup>**

Характеристика танкера	Повреждение днища	Повреждение борта
Дейдвейт 20 000 т (16 танков)	93	1 769
Дейдвейт 70 000 т (20 танков)	122	3 697

Использование танкеров с двойным корпусом дейдвейтом до 100 тыс. т с центральной перегородкой снижает объем и частоту возможных разливов до следующих характеристик (Potential Oil ..., 1990; Экологическая безопасность ..., 2005):

столкновения и посадки танкеров приводят к аварийным разливам нефти не более чем в 20 % случаев;

средняя величина разлива составляет не более 2 % объема груза;

максимальная величина разлива не превышает 20 % объема груза.

Приведенные оценки должны уточняться с учетом особенностей мореплавания в регионе.

**Опасность последствий разливов.** Нефть, как и поверхностная вода, дрейфует со скоростью, равной нескольким процентам от скорости ветра, что позволяет предсказать ее дрейф. По приблизительным оценкам (Герлах, 1985; Environmental ..., 1994), скорость перемещения пятен нефти составляет 60 % от скорости течения и 2–4 % скорости ветра.

Диссипация и траектория дрейфа нефтяного пятна рассчитаны для условий разлива нефти на Приразломном месторождении на основе данных натурных экспериментов, проведенных ММБИ КНЦ РАН в 1995 г. Расчет сделан для крупного разлива нефти (10 тыс. м<sup>3</sup>) в безледный период по реальным гидрометеорологическим данным за 6 лет (май 1988 г.–май 1994 г.) (Зуев, Ильин, 1996; Zuev, Ilyin, 2001). Гипотетический разлив выполнялся ежесуточно в точке Приразломного месторождения в течение всего периода расчета и прослеживался до полного распада пятна. Траектории дрейфа нефтяного пятна до его полного распада представляет собой картину спутанных петлеобразных движений, проходящих практически по всей акватории Печорского моря (рис. 9.2А). Максимальное расстояние, на которое может распространиться пятно до исчезновения, равно 400 км. Реальное расстояние переноса обычно значительно меньше из-за извилистости траектории. По траекторным полям рассчитаны вероятности выноса пятна нефти в различные районы моря (рис. 9.2Б). Разлив нефти объемом 10 тыс. м<sup>3</sup> в районе Приразломного месторождения с различной вероятностью может привести к загрязнению любого района юго-восточной части Баренцева моря. Максимальная площадь пятна составит 300–350 км<sup>2</sup>. Вероятность выброса нефти на ближай-

шие к месту гипотетического разлива участки побережья – острова Гуляевские Кошки, Вайгач, Долгий – не превышает 5–7 %. Минимальный промежуток времени от момента разлива до момента выброса на берег при соответствующем ветровом режиме составит примерно 1 сут., с вероятностью 3–5 % (Zuev, Пуин, 2001).

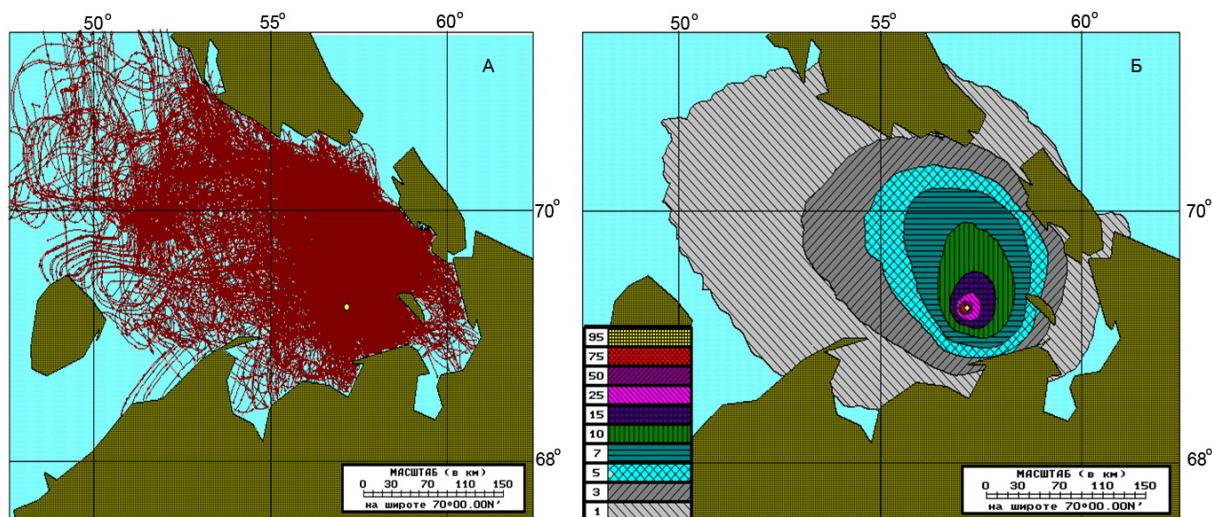


Рис. 9.2. Траектории переноса нефтяных пятен (А) и вероятность (%) выноса нефти в различные участки моря (Б) при разливе в районе Приразломного месторождения

Согласно проведенным оценкам экологического риска разливов на основе модели ГОИН (НМИЦ “Информатика риска”, 2000 г.) и модели OSCAR (проект ARCOP, HSVA и SINTEF, 2005 г.), на основных маршрутах транспортировки и перегрузки нефти в разных районах моря совокупность возможных частных разливов подвергает риску загрязнения акваторию площадью до 100 000 км<sup>2</sup> (рис. 9.3). Риску загрязнения могут быть подвержены побережья Скандинавского и Кольского полуостровов, Белого моря, Большеземельской тундры и Новой Земли общей протяженностью более 4000 км (рис. 9.4) (Simulations ..., 2005; Журавель и др., 2005; 2006).

Несмотря на некоторые различия в маршрутах перевозок, представленные данные отражают масштаб опасных экологических последствий нефтеразливов при несвоевременном или неэффективном реагировании. Смещение морских трасс к югу с высокой вероятностью приводит к загрязнению обширных участков побережья. Используя опыт некоторых стран, например Норвегии, следовало бы регламентировать коридор танкерных маршрутов в южной части Баренцева моря и ограничить условия использования устаревших не соответствующих необходимому ледовому классу танкеров и т. п.

В соответствии с напряженностью судоходства и сложностью навигационной обстановки на акватории Баренцева моря выделено несколько районов повышенного риска аварий, связанных с разливом нефти (рис. 9.5). Эти районы включены в план ЛРН Мурманского бассейнового аварийно-спасательного управления (МБАСУ).

Снижение рисков загрязнения акваторий и береговой линии подразумевает выполнение мероприятий по предотвращению нефтяных разливов и мероприятий по смягчению последствий разливов. Максимальные риски чрезвычайных ситуаций различного масштаба, как это показано в таблицах 9.1 и 9.2 свойственны операциям перегрузки нефти и бункеровки судов. Безопасность таких операций обеспечивают соответствующие специализированные ведомственные и региональные службы.

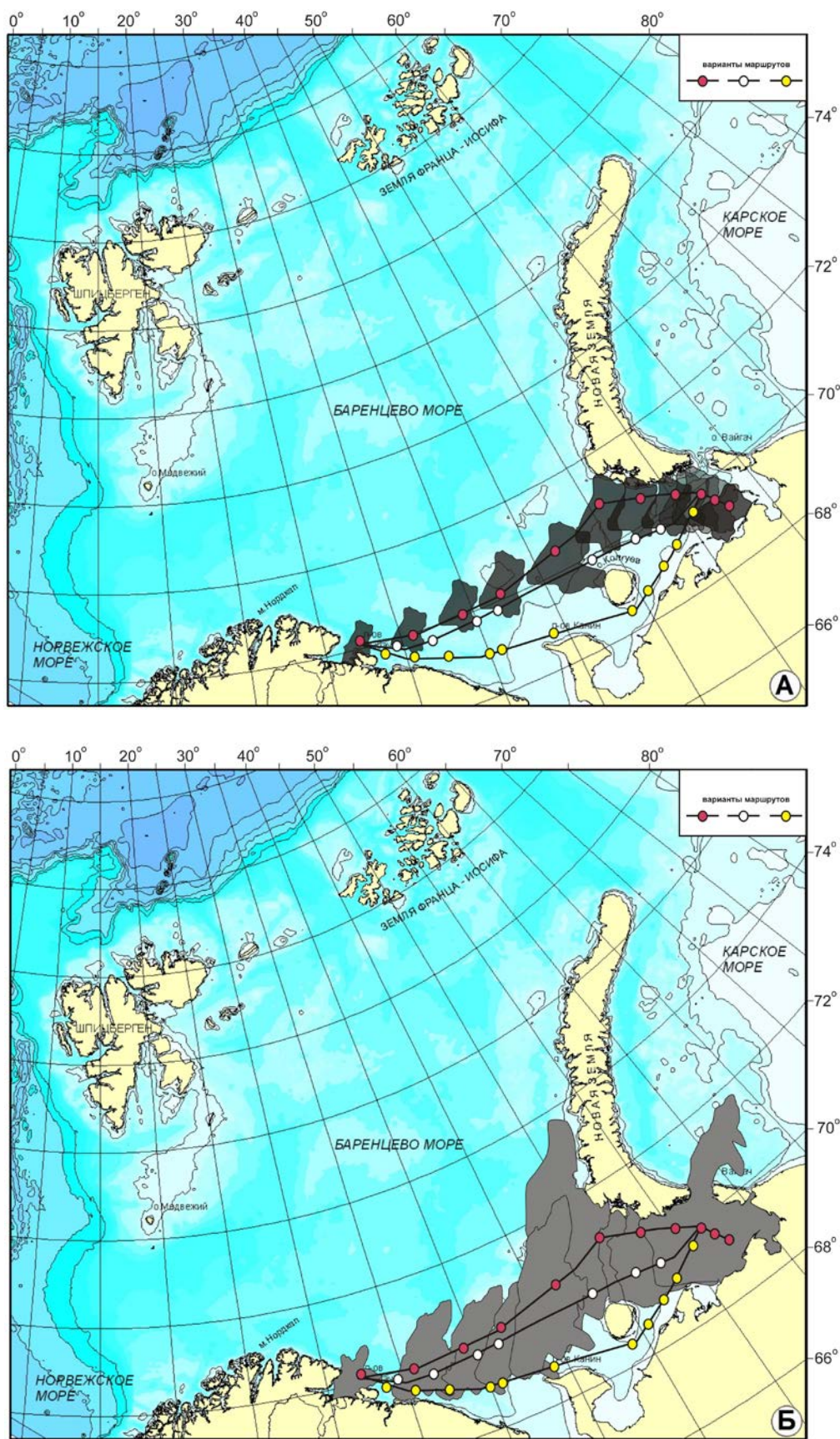


Рис. 9.3. Зоны возможного распространения нефти за 3 сут. (А) и 10 сут. (Б) при аварии танкера в весенний период (рассчитано по модели ГОИН, 2000)



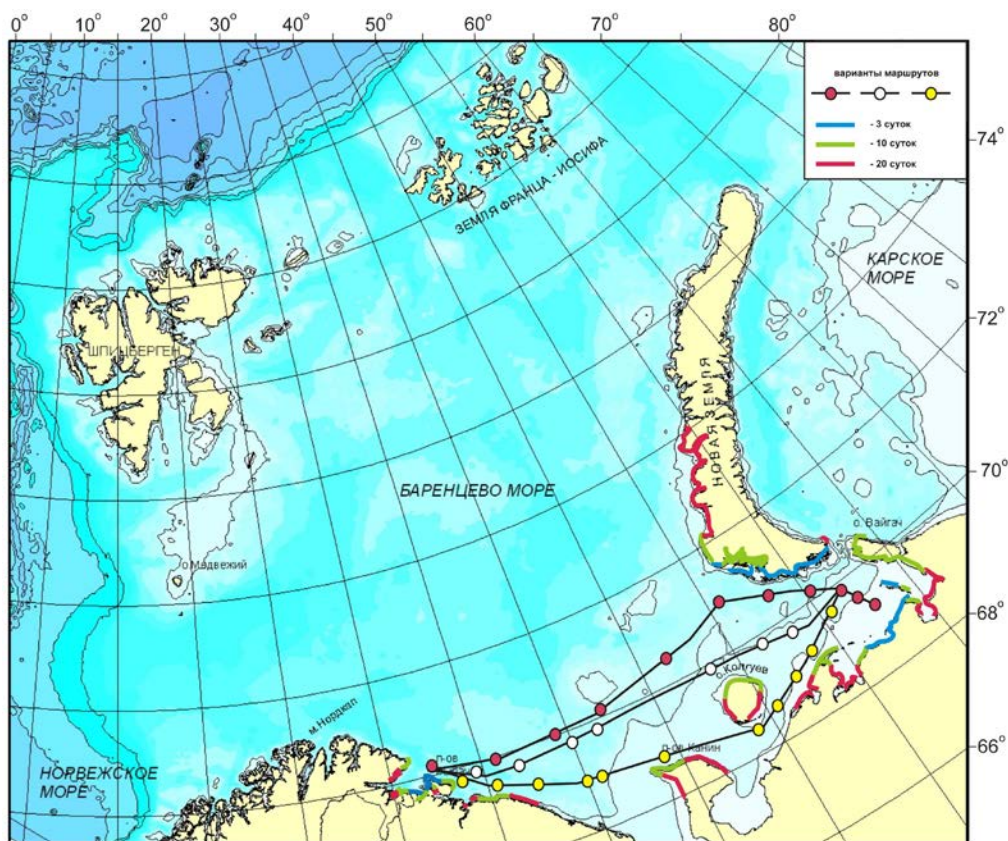


Рис. 9.4. Риск загрязнения побережья при авариях танкеров в весенний период (расчитано по модели OSCAR)

На восточном плече транспортных маршрутов комплекс мероприятий по предотвращению и ликвидации разливов обеспечивают Мурманское бассейновое управление аварийно-спасательной службы и Региональный центр аварийно-экологических операций Ямало-Ненецкого автономного округа. На перегрузочных оффшорных терминалах в Печорском море (“Варандей” и о. Колгуев) экологическую безопасность перегрузочных операций и снижение рисков обеспечивает МБАСУ. В Печорском море летом в качестве дежурного судна каждую отгрузку сопровождает специализированное судно “Агат”, а в зимнее время – ледокол “Капитан Николаев” (Vambulyak, Frantzen, 2009). В Кольском заливе безопасность перегрузочных работ на береговых и рейдовых перегрузочных комплексах обеспечивают МБАСУ и специализированная служба Мурманского рыбного порта, на терминалах порта Витино – специализированная служба порта (Vambulyak, Frantzen, 2005; 2009).

Основным координатором мероприятий по предотвращению аварийных разливов у побережья Норвегии является ее Береговая служба, наделенная государственными полномочиями и взаимодействующая с соответствующими службами компаний, перевозящих нефть. Международной основой снижения экологических рисков на транспортных маршрутах стало двухстороннее российско-норвежское “Соглашение о сотрудничестве в борьбе с загрязнением нефтью в Баренцевом море”, подписанное в 1994 г. Наиболее важными мерами в области снижения рисков нефтяных разливов в рамках данного соглашения стало создание “Системы мониторинга судоходства в Баренцевом море”, развитие средств технического обеспечения борьбы с нефтеразливами, проведение специальных учений по ликвидации разливов нефти на акватории и на береговой линии.

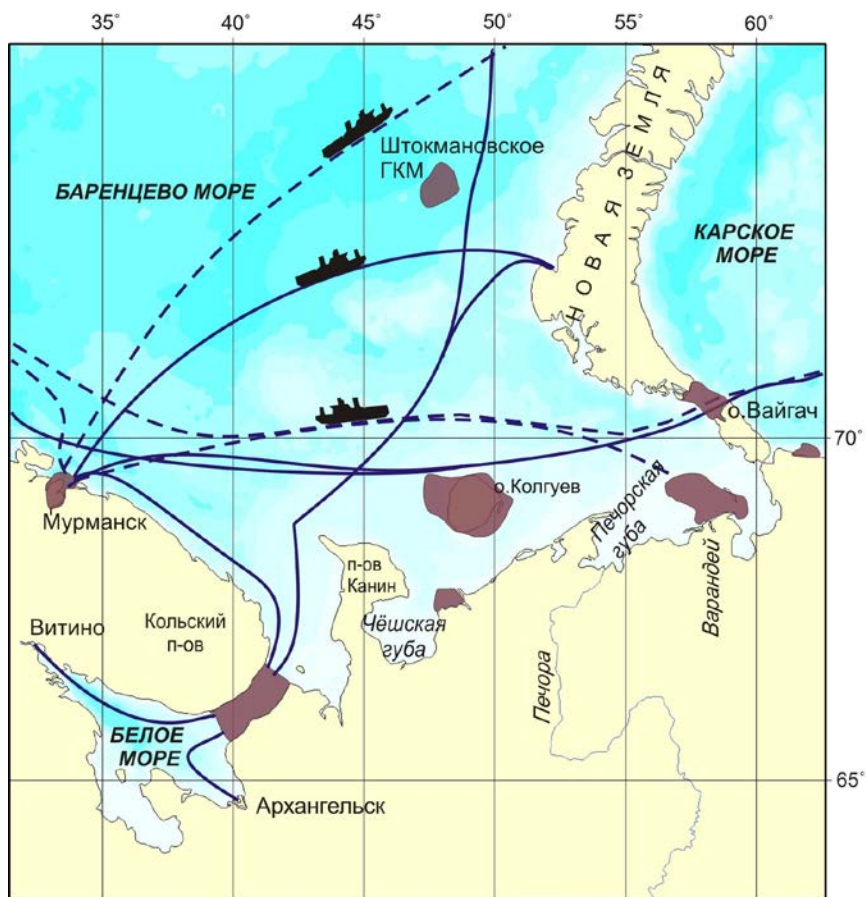


Рис. 9.5. Схема основных районов повышенного риска аварийных разливов нефти в Баренцевом море согласно действующему плану ЛРН МБАСУ. ■ – районы повышенного риска аварийных разливов (Экологические ..., 2009)

Таким образом очевидно, что риск аварийных разливов нефти на объектах нефтетранспортной системы и маршрутах транспортировки в Баренцевом море пока невысок, но вполне реален. Инциденты с разномасштабными разливами в период развития морских перевозок нефти в регионе (2000–2008 гг.) уже имели место. Наибольшая вероятность таких событий свойственна для перегрузочных операций на терминалах и РПК. Основными факторами определяющими риски аварии судов и разливов нефти являются природно-климатические условия (включая сложность навигации во фьордах) и “человеческий фактор”. Факторы, ослабляющие риски — развитие ведомственных и государственных специализированных служб (аварийно-спасательных служб, региональной системы ЛРН), модернизация танкерного флота. Оценка риска масштабных или мелких разливов нефти в целом лишь весьма приближенно соответствует экологической опасности инцидента, так как даже малый разлив нефти в насыщенном биоресурсами участке акватории в определенное время может иметь значительные последствия для экосистемы.

## ГЛАВА 10

### ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ УЯЗВИМОСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ\*

Существующие методики расчета карт интегральной уязвимости моря от разливов нефти. *Методика интегральной оценки уязвимости морской акватории (ЗАО “Экопроект”)* разработана для интегральной оценки уязвимости морской и прибрежной биоты от различных видов антропогенного воздействия (Интегральная оценка ..., 1999; Погребов, Пузаченко, 2000, 2003; Pogrebov, Puzachenko, 2001).

Объекты оценки — бактерио-, фито- и зоопланктон, бактерио-, фито- и зообентос, виды рыб, птиц и морских млекопитающих. Картируемые показатели — численность, биомасса и продукционные характеристики организмов, места концентрации и миграционные пути массовых животных, ареалы обитания редких видов. В методике посредством приложений геоинформационной системы (ГИС) производится умножение данных о распространении объекта на коэффициент его уязвимости от вида воздействия и суммирование по всем объектам и видам. Таким образом, величина показателя уязвимости определяется числом объектов в границах ячейки и уязвимостью организмов от вида воздействия. Итоговые карты ранжируются путем перевода их в пятибалльную равномерную шкалу с учетом распределения значений уязвимости: 1 – незначительная, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – высокая и 5 – очень высокая.

*Методология оценочного эколого-рыбохозяйственного картографирования морских акваторий (ПИНРО)*. Основное внимание уделено методическим подходам к интегральной оценке морских акваторий. Авторами сформулированы основные этапы общей схемы эколого-рыбохозяйственного оценочного картографирования морских акваторий на основе ГИС-технологий: 1) выделение географического района, в пределах которого будет проводиться оценка акватории моря; 2) выбор географической основы (базовой карты); 3) организация базы данных по исходным признакам-показателям (организация тематических слоев) для последующей оценки акватории и представление оцифрованного материала в виде карт приемлемого типа (картограммы в среде Excel и т. п.); 4) статистическая обработка базы данных методами главных компонент, факторного анализа на предмет возможного исключения несущественных или зависимых признаков из последующей процедуры оценки; 5) выбор алгоритма расчетов интегрирующего показателя – оценки; 6) разделение исходного географического района (акватории) на оценочные группы (таксоны); 7) перемещение из базы и моделирование цифровых данных (карт) (Новиков, 2004).

*Принципы создания карт чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью (Институт защиты моря)*. В общем случае систему защиты морских акваторий и прибрежных зон от загрязнения нефтью можно представить в виде некой организационной структуры, опирающейся на три базовых блока: 1) научно-методическое обеспечение; 2) нормативная база; 3) ресурсная база. Основа информационного продукта разработана в среде ArcInfo 8.01. Информационная система

\* Глава написана совместно с О.П. Калинка, А.Н. Карнатовым, П.С. Ващенко

структуры ГИС включает слои, содержащие следующие данные: базовые карты, климатические и гидрологические условия, геоморфология побережья, биологическое разнообразие и продуктивность участков побережья, объекты природопользования (Блиновская, 2002).

Таким образом, карты чувствительности побережья от нефтяного загрязнения представляют собой информационную систему, позволяющую оперативно определять приоритеты при ликвидации разливов, моделировать и прогнозировать процесс, связанный с разливами нефти, а также оценивать предварительный ущерб, нанесенный в результате выбросов нефти на побережье.

**Составление карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти по рекомендациям международных организаций ИМО и ИРИЕСА.** Рекомендуется использовать многоуровневый подход к ликвидации разлива (ИРИЕСА, 1991), различая три типа разлива: 1) небольшие локализованные разливы; 2) разливы среднего масштаба; 3) крупномасштабные происшествия. В соответствии с этим разработчики рекомендуют использовать и различные типы карт: для ликвидационных мер первого типа масштаб может быть 1:10 000, тогда как стратегические карты для начального этапа ликвидации разливов третьего типа могут иметь масштаб 1:1 000 000. Масштаб промежуточных карт может превышать или быть меньше 1:100 000. То есть, разница между диапазоном масштаба одного типа карт и другого составляет примерно один порядок.

На карты должны быть нанесены: 1) типы берегов по их уязвимости от действия нефти; 2) среда обитания ниже приливоотливной зоны (коралловые рифы, растительный слой морского дна, слой бурых водорослей); 3) дикая природа и защищенные районы, где на картах должны быть показаны зоны наивысшей уязвимости видов; 4) рыбы, рыболовство, моллюски и аквакультура (следует учитывать интересы промышленного рыболовства); 5) социально-экономические особенности; 6) особенности ликвидации разлива нефти.

Разработчики в своем докладе дают ряд практических рекомендаций по оформлению карт и отмечают, что использование системы ГИС дает преимущество при разработке карт и планировании действий в чрезвычайной обстановке разлива нефти (Sensitivity..., 1996).

**Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне (МОБ)** (Методика ..., 2004). Методика построена по принципу унификации ограниченного и упрощенного ряда сгруппированных по количеству оценок. В соответствии с данной методикой природные ресурсы рассматриваются как биологические, географические, физические (химические) компоненты природной среды. Для оценки по методике используется информация только для определенных ресурсов: морских птиц и среды их обитания (биотопов), морских млекопитающих, рыб, бентосных сообществ, типов берегов, охраняемых природных территорий, рекреационных территорий, объектов природопользования. Для них в МОБ осуществляется классификация по четырем основным факторам: 1) естественность, 2) восстановление, 3) ценность, 4) чувствительность.

На основании этого вычисляется индекс приоритетности Р или индекс методики классификации – математический результат (по шкале от 0 до 36), который и трансформируется в одну из шести категорий приоритетности от А до Е, с учетом нулевой приоритетности. Руководство содержит так же основные принципы нанесения ресурсов на карту чувствительности по степени их приоритетности для участков береговой черты (Методика ..., 2004).

**Построение карт интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения.** Для расчета и построения карт интегральной уязвимости Баренцева моря применена методика, изложенная ниже. Она основывается и частично повторяет положения методики ЗАО “Экопроект”.

**Расчет карт без учета сезонных различий количественных показателей основных групп гидробионтов (I этап).** На данном этапе при построении карт уязвимости (расчет карт производился без учета сезонных количественных различий в распределении гидробионтов) учитывается сезонное ранжированное распределение биотических компонентов экосистемы (глава 6) и их специфическая уязвимость при действии нефти (глава 5).

Интегральная уязвимость участка определяется как результат суммирования произведений ранжированной численности (биомассы) компонента биоты в конкретный сезон на коэффициент уязвимости этого компонента от действия нефти. Соответственно, карты интегральной уязвимости исследуемого района Баренцева моря для каждого сезона строятся на основе данных о пространственном распределении общей (интегральной) уязвимости.

В качестве инструмента для расчета интегральной уязвимости (ИУ) Баренцева моря в среде ArcGIS 9 на языке программирования Visual Basic for Applications был создан программный модуль, позволяющий производить “суммирование” карт распределения различных параметров с использованием следующей формулы:

$$ИУ = W_p \cdot Y_p + W_z \cdot Y_z + W_i \cdot Y_i + W_b \cdot Y_b + W_f \cdot Y_f + W_m \cdot Y_m + W_o \cdot Y_o \quad (10.1)$$

где  $Y_p, Y_z, Y_i, Y_b, Y_f, Y_m, Y_o$  – ранжированная численность или биомасса объекта (компонента экосистемы); значения рангов от 0 до 3 для фито- (p), зоо- (z), ихтиопланктона (i), бентоса (b), орнитофауны (птиц) (o); от 0 до 5 для рыб (ихтиофауны) (f) и морских млекопитающих (m);  $W_p, W_z, W_i, W_b, W_f, W_m, W_o$  – установленные в главе 5 весовые коэффициенты (коэффициенты относительной уязвимости) для каждого из анализируемых компонентов экосистемы в зависимости от степени воздействия на них нефти (табл. 10.1).

Таблица 10.1

**Коэффициенты относительной уязвимости основных групп гидробионтов при нефтяном загрязнении Баренцева моря**

Группа гидробионтов	Индекс	Исходный	Скорректированный с учетом числа рангов	Итоговый
Фитопланктон	p	4.3	4.3	43
Зоопланктон	z	5.3	5.3	53
Ихтиопланктон	i	6.3	6.3	63
Бентос < 50 м > 50 м	b	4.9	4.9	49
		4.9	$4.9:2 = 2.4$	24
Рыбы	f	3.1	$3.1 \cdot (3:5) = 1.9$	19
Морские млекопитающие	m	1.0	$1.0 \cdot (3:5) = 0.6$	6
Птицы	o	6.3	6.3	63

Относительная уязвимость различных компонентов экосистемы ( $W$ ) от прогнозируемых воздействий задается исходя из определения понятия “уязвимость” (глава 1) с учетом приведенных в главе 5 исходных данных о действии на них нефти и нефтепродуктов (табл. 5.2). Дробные коэффициенты для удобства вычислений переведены в целые числа умножением на 10 (столбец 5 в табл. 10.1). Учитывалось, что для ихтиофауны и морских млекопитающих приняты ранги 0, 1–5, а для остальных компонентов 0, 1–3. Поэтому при использовании формулы (10.1) произведение ранжированной численности (биомассы) объекта и весового коэффициента для рыб ( $W_f \cdot Y_f$ ) и морских млекопитающих ( $W_m \cdot Y_m$ ) дополнительно умножалось на (3:5), чтобы вклад всех компонентов примерно соответствовал начальным исходным данным и вклад в итоговую карту уязвимости определялся только рангом компонентов и их коэффициентом уязвимости.

В программе для расчета ИУ Баренцева моря исходные карты для обработки представляются в виде полигональных шейп-файлов, на картах заданы области (полигоны) ранжированного распределения численности (биомассы) каждого компонента биоты.

Полигональные карты преобразуются в растровый формат ESRI GRID с заданным размером ячейки в единицах карты. Затем карты рангового распределения биомассы (численности) отдельных групп гидробионтов (p, z, i, b, f, m, o) (более корректно – значения ячеек отдельных карт) в программе перемножаются на соответствующие им весовые коэффициенты и суммируются по формуле 10.1.

Полученные в результате суммирования интегральные карты показаны на рис. 10.1 для пяти диапазонов уязвимости (более подробные карты для десяти диапазонов уязвимости см. Приложение III, рис. 1). Значения гридкода (GRIDCODE), получаемые при “суммировании” карт, интерпретируется как значения интегральной уязвимости (ИУ) района в безразмерных (условных) единицах. Далее мы будем называть эти значения интегральной уязвимостью (ИУ) района или участка. Промежуточные и конечные результаты расчетов могут иметь большие значения ИУ, поскольку при расчетах проводятся различные операции по умножению и сложению исходных значений. Эти значения уязвимости, ранжируются по 5- или 10-ранговой шкале и картируются в значениях рангов. Можно проводить анализ полученных данных как по абсолютным значениям уязвимости (значениям гридкода), так и по значениям рангов соответствующей шкалы. Для анализа важны и ранги, и значения границ рангов (интервалов). Все карты представляются в одной географической проекции. Размер выходной ячейки равен  $0.13^\circ$  по широте и долготе, но при необходимости может быть изменен. Это соответствует следующим значениям площади такой ячейки на разной широте:  $68-69^\circ$  с.ш. –  $77.2 \text{ км}^2$ ,  $78-79^\circ$  с.ш. –  $42.0 \text{ км}^2$ .

В дальнейшем мы в основном будем ориентироваться на карты, построенные по 5-шаговой шкале значений интегральной уязвимости, соответственно имеющих пять цветовых градаций. При расчетах учитывались все семь компонентов экосистемы. Береговые марши не учитывались, так как на данном этапе трудно сопоставить коэффициент уязвимости маршей с коэффициентом уязвимости гидробионтов.

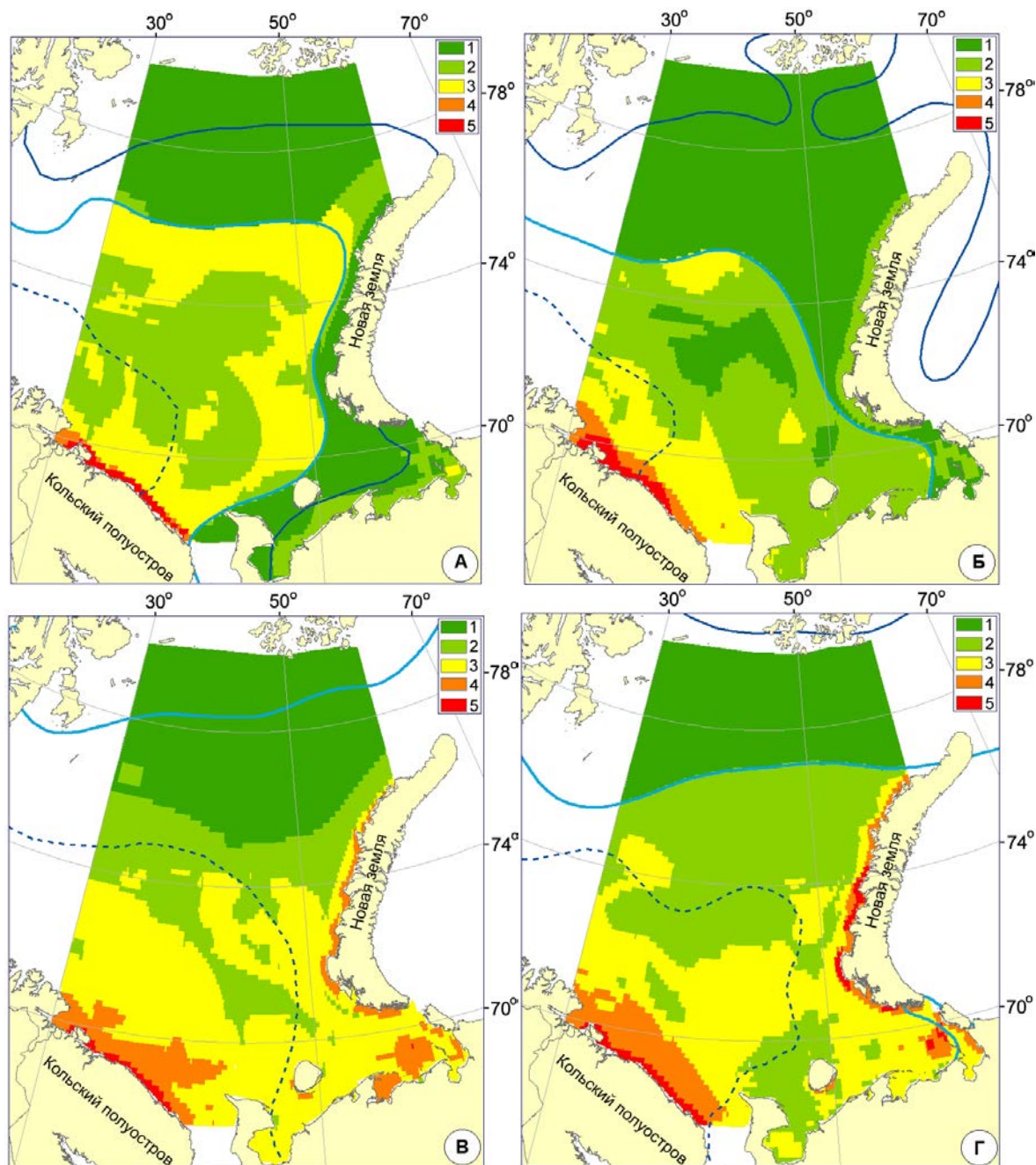


Рис. 10.1. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря по сезонам без учета сезонных различий в распределении гидробионтов: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Распределение представлено для 5 рангов. Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы. Использовались коэффициенты табл. 10.1 (столбец 5 – итоговый коэффициент; размер ячейки 0.13°)

**Расчет карт уязвимости с учетом сезонных количественных различий в распределении гидробионтов (II этап).** При анализе результатов, представленных на рис. 10.1 и в табл. 10.2, можно отметить, что различия показателей интегральной уязвимости районов моря для разных сезонов малы. Так, среднее значение уязвимости для всего района составляет летом 319 усл. ед. (максимальное значение для всех сезонов), а зимой – 211 усл. ед. (минимальное значение для всех сезонов). Показатели различаются примерно в 1.5 раза. Для отдельных небольших участков (полигонов) максимальные значения уязвимости летом и зимой различаются в 1.5 раза (табл. 10.2). Это неадекватно отражает реальные

сезонные различия и вызвано необходимостью применения удобного математического подхода для вычислений, в частности, использования пошагового ранжирования исходных данных по биомассе (численности) на небольшое число рангов (0, 1–3; глава 6) независимо от диапазона значений биомассы (численности) групп гидробионтов. Для более корректного сравнения уязвимости Баренцева моря между сезонами необходимо ввести дополнительный “сезонный коэффициент” компонента биоты в каждом сезоне, отражающий соотношение численности (биомассы) каждой группы гидробионтов в каждом сезоне. Поэтому в дальнейших расчетах на основе экспертных оценок для основных биологических объектов экосистемы Баренцева моря в районе исследования были приняты соотношения их численности (биомассы) по сезонам (табл. 10.3).

Таблица 10.2

**Результаты статистики классификации ячеек карты (рис. 10.1), усл. ед. ИУ**

Сезон	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение	Максимальное значение	Минимальное значение
Зима (I кв.)	211	95	581	98
Весна (II кв.)	258	116	768	155
Лето (III кв.)	319	148	863	92
Осень (IV кв.)	244	116	632	92

Таблица 10.3

**Сезонные коэффициенты соотношения биомассы и численности основных компонентов экосистемы Баренцева моря (экспертные оценки)**

Компонент экосистемы	Зима (I кв.)	Весна (II кв.)	Лето (III кв.)	Осень (IV кв.)	Эксперт, организация
Фитопланктон	10	1000	200	90	В.В. Ларионов, ММБИ
Зоопланктон	2	50	100	50	В.В. Дворецкий, ММБИ
Ихтиопланктон	3	29	18	0	О.В. Карамушко, ММБИ
Бентос	12	12	14	12	–
Пелагические рыбы	2	10	4	8	О.В. Карамушко, ММБИ
Донные рыбы	1	2	10	9	
Проходные рыбы	0	3	10	5	Е.Г. Берестовский, ММБИ
Морские млекопитающие	2	15	30	3	С.В. Зырянов, ПИПРО; Ю.И. Горяев, ММБИ
Птицы	2	16	26	6	Ю. В. Краснов, ММБИ

Умножение слагаемых в формуле 10.1 на коэффициенты табл. 10.3 привело бы к большим диспропорциям; поэтому было проведено нормирование коэффициентов табл. 10.3 для того, чтобы сумма сезонных коэффициентов для каждого компонента была равна за год одному и тому же условно выбранному численному значению (в нашем случае – 500). При этом коэффициенты для пелагических и донных рыб табл. 10.3 рассматривались как единое целое и их сумма (24+22) полностью переводилась в 500 единиц. Полученные нормированные сезонные коэффициенты приведены в табл. 10.4.

В результате были построены сезонные карты интегральной уязвимости Баренцева моря (рис. 10.2; Приложение III, рис. 2). При этих расчетах в программе использовались коэффициенты, приведенные в табл. 10.5, полученные умножением коэффициентов относительной уязвимости основных компонент экосистемы (табл. 10.1, столбец 4) на нормированные сезонные коэффициенты (НСК) для этих компонентов (табл. 10.4).



Таблица 10.4

**Нормированные сезонные коэффициенты для сравнения интегральной уязвимости Баренцева моря между сезонами (с учетом экспертных оценок)**

Компонент экосистемы	Зима (I кв.)	Весна (II кв.)	Лето (III кв.)	Осень (IV кв.)
Фитопланктон	4	384	77	35
Зоопланктон	5	124	247	124
Ихтиопланктон	30	290	180	0
Бентос	120	120	140	120
Пелагические рыбы	22	109	43	87
Донные рыбы	11	22	108	98
Проходные рыбы	0	0	0	0
Морские млекопитающие	20	150	300	30
Птицы	20	160	260	60

Карты, построенные по сумме семи компонентов с учетом сезонных различий (5 градаций) являются итоговыми для каждого сезона (рис. 10.2; Приложение III, рис. 2). Чтобы наглядно проводить сравнение сезонных различий, эти карты следует построить в одной и той же ранговой шкале с одинаковыми численными значениями границ интервалов рангов. Для этого по всем четырем сезонам были построены карты по шкале интегральной уязвимости, разделенной на пять равных интервалов от минимального значения гридкода зимой (3 501) до максимального весной (164 828) (рис. 10.3, табл. 10.7).

Таблица 10.5

**Результаты умножения нормированных сезонных коэффициентов (табл. 10.1) на коэффициенты относительной уязвимости (табл. 10.4) для сравнения интегральной уязвимости районов Баренцева моря между сезонами**

Компонент экосистемы	Зима (I кв.)	Весна (II кв.)	Лето (III кв.)	Осень (IV кв.)
Фитопланктон	172	16 512	3 311	1 505
Зоопланктон	265	6 572	13 091	6 572
Ихтиопланктон	1 890	18 270	11 340	0
Бентос*	2 880	2 880	3 360	2 880
Пелагические рыбы	418	2 071	817	1 653
Донные рыбы	209	418	2 052	1 862
Проходные рыбы	0	0	0	0
Морские млекопитающие	120	900	1 800	180
Птицы	1 260	10 080	16 380	3 780

\* Коэффициенты табл. 10.5 для бентоса умножались на 24 (а не на 49 и 24), так как на карте распределения бентоса для полигонов, где глубина 50 м и менее, изначально присвоены удвоенные значения рангов (2, 4, 6).

При дальнейшем анализе полученных данных и результатов статистики классификации (таблицы 10.2, 10.6 и 10.7) необходимо иметь в виду, что ячейки, которые анализирует программа, представляют собой трапеции на сфере (на геоиде) и имеют площадь, зависящую от широты места (см. выше). Однако это существенно при рассмотрении разных районов моря на одной карте. При сопоставлении двух карт (количество ячеек на карте всегда постоянно), анализ на этой основе в определенной степени можно считать адекватным. Параметры средние значения и средние квадратические отклонения не являются абсолютно строго отражающими реальную ситуацию, но в качестве первого приближения их можно использовать, чтобы ориентироваться в полученных данных.

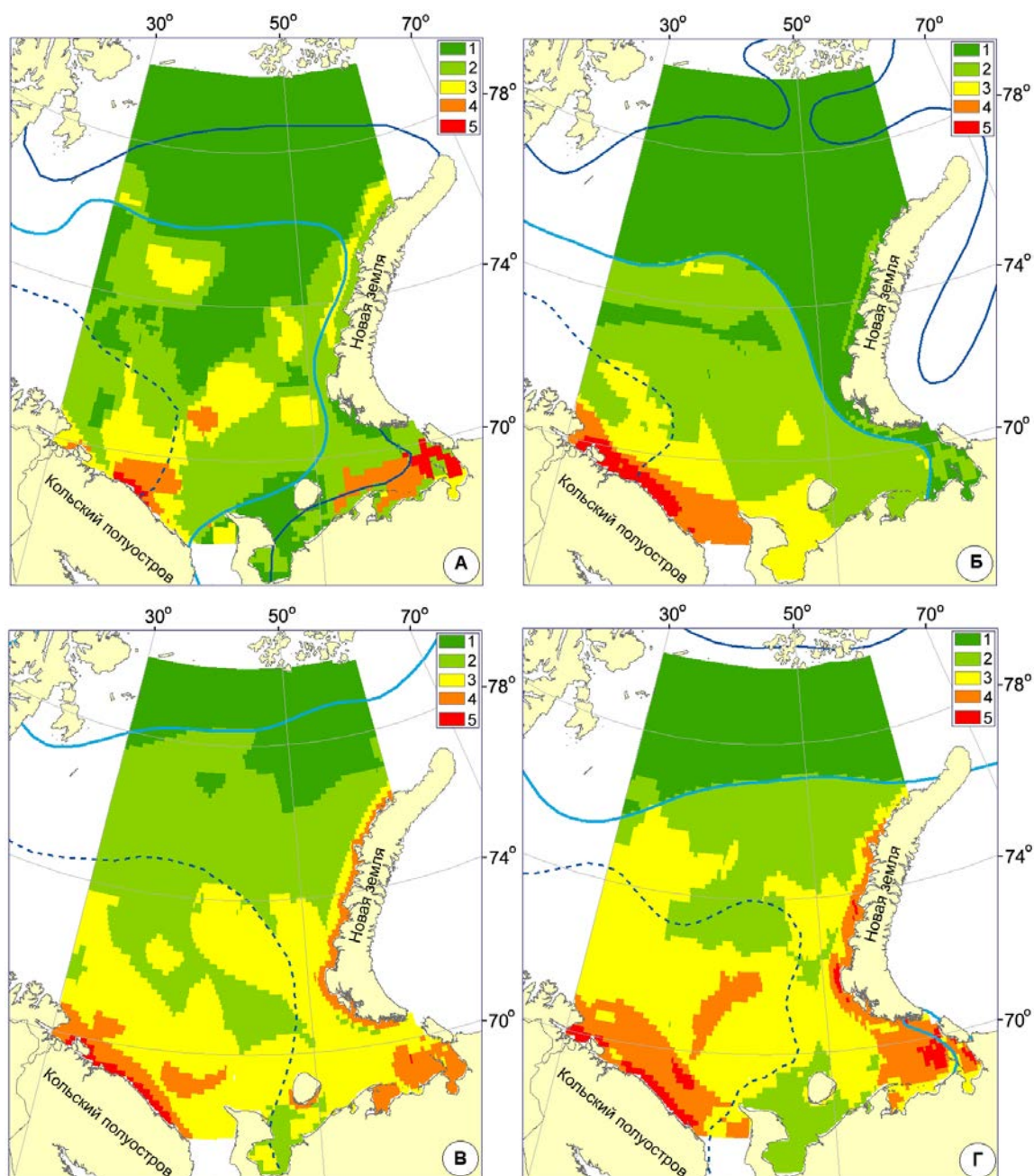


Рис. 10.2. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом сезонных различий в количественных показателях распределения гидробионтов: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1), использованы коэффициенты табл. 10.5 (размер ячейки 0.13°)

Таблица 10.6

**Результаты статистики классификации ячеек карты (рис. 10.2), усл. ед. ИУ**

Сезон	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение	Максимальное значение	Минимальное значение
Зима (I кв.)	6 502	2 927	18 551	3 501
Весна (II кв.)	54 018	26 443	164 828	30 790
Лето (III кв.)	58 199	27 807	164 157	10 523
Осень (IV кв.)	21 211	10 605	52 103	6 427

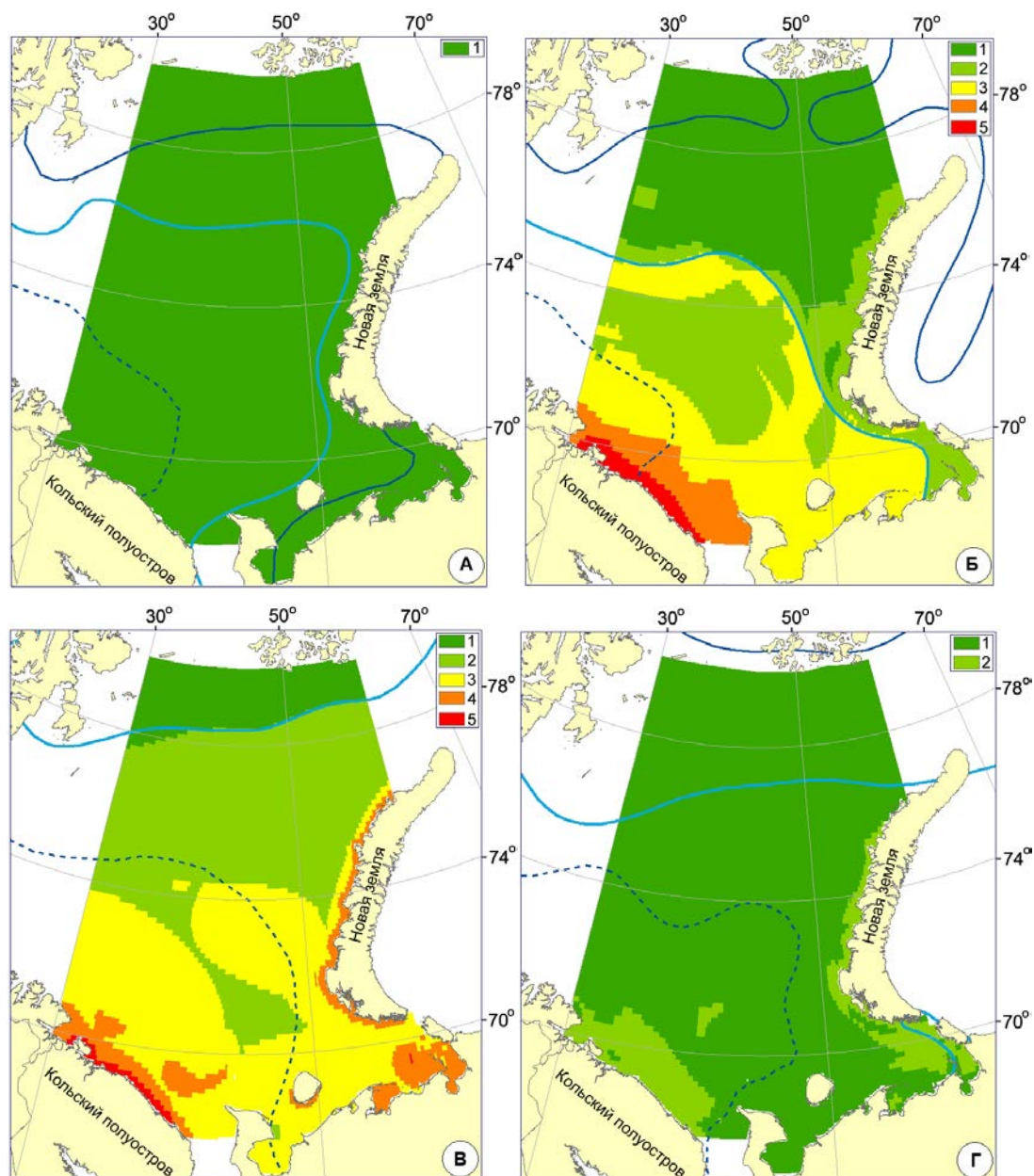


Рис. 10.3. Карты “абсолютной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом сезонных различий в количественных показателях распределения гидробионтов: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1). Для всех сезонов приняты равные интервалы значений шкалы ранжирования ИУ Баренцева моря в диапазоне минимальное значение (3 501 – для зимы) – максимальное значение (164 828 – для весны). Использовались коэффициенты табл. 10.5 (размер ячейки 0.13°)

Результаты статистики классификации ячеек карты (рис. 10.3), усл. ед. ИУ Таблица 10.7

Сезон	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение	Максимальное значение	Минимальное значение
Зима (I кв.)	6 502	2 927	18 551	3 501
Весна (II кв.)	54 018	26 443	164 828	30 790
Лето (III кв.)	58 199	27 807	164 157	10 523
Осень (IV кв.)	21 211	10 605	52 103	6 427

Совмещение карт интегральной уязвимости Баренцева моря и существующих и планируемых ООПТ показано на рис. 10.4. Видно, что большинство ООПТ расположено в районах наибольшей уязвимости акватории от разливов нефти.

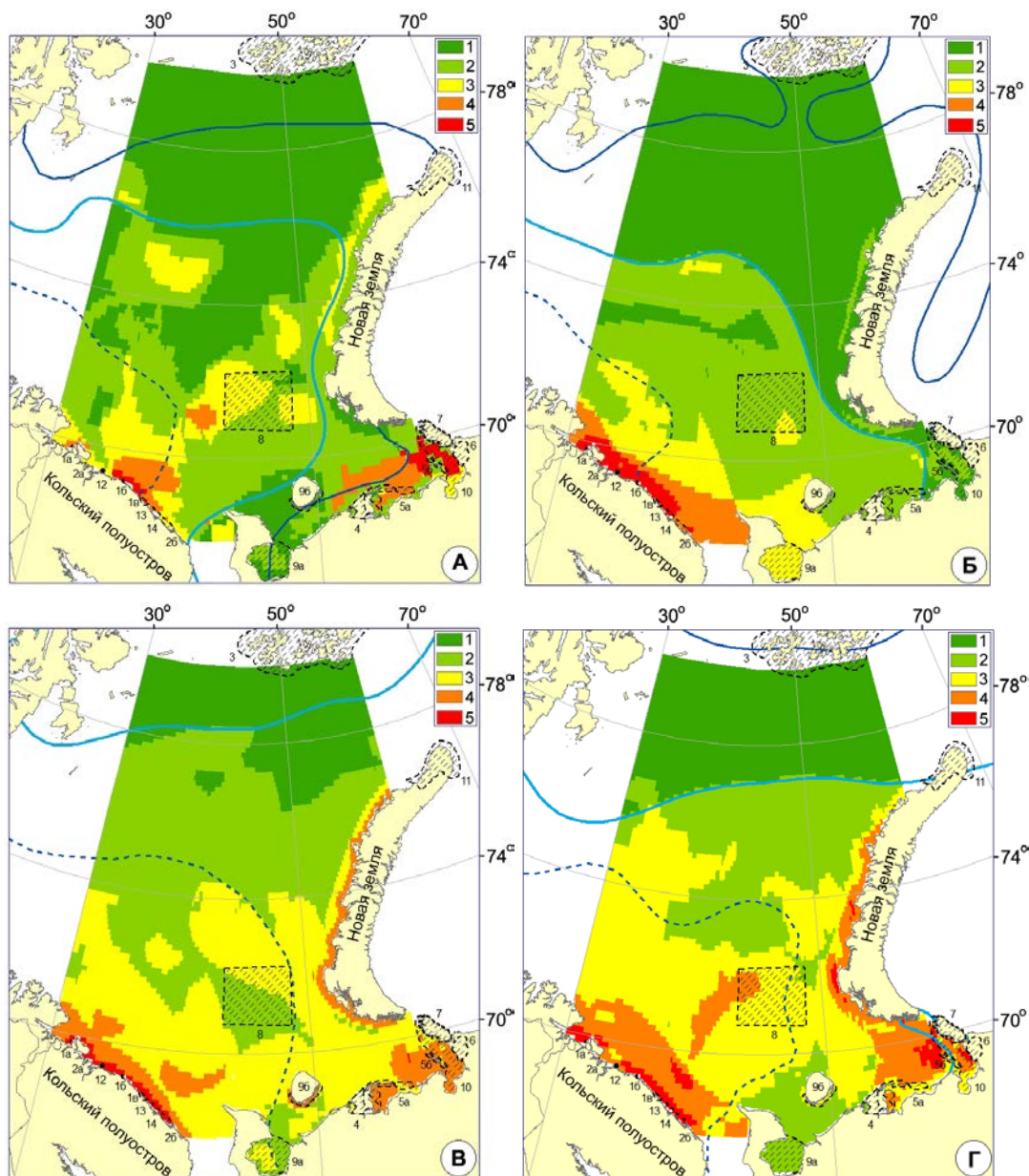


Рис. 10.4. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом сезонных различий в количественных показателях распределения гидробионтов: А – зима (I кв.), Б – весна (II кв.), В – лето (III кв.), Г – осень (IV кв.). Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1). Используются коэффициенты табл. 10.5. Штриховой линией показано положение ООПТ на акватории Баренцева моря (размер ячейки 0.13°)

**Обсуждение полученных результатов по уязвимости Баренцева моря.** Описанный выше подход к построению карт предполагает: суммирование карт распределения основных групп гидробионтов (формула 10.1); учет разной уязвимости гидробионтов от воздействия нефтяных углеводородов (табл. 10.1); учет сезонных изменений биоты (таблицы 10.3 и 10.5).

При построении карт были сделаны некоторые упрощения и допущения, наиболее существенным из которых являются следующие:

не учитываются свойства разных типов нефти;

учитывается только среднее (среднемноголетнее) распределение компонентов биоты. Для отдельных компонентов из-за отсутствия достаточных сведений распределение принято по экспертным оценкам;

в полной мере не учитывается влияние гидрометеорологических факторов (волнение, течения, температура), так как они трудно поддаются формализации, хотя в некоторых случаях эти факторы существенно определяют степень воздействия нефти на гидробионты.

Вместе с тем, полученные результаты позволяют сделать ряд важных общих выводов об уязвимости Баренцева моря. Полученные варианты карт близки между собой по содержанию, но отличаются возможностью сравнения, а следовательно анализа, необходимого для решения на их основе тех или иных задач.

1. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря без учета количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.1; Приложение III, рис. 1). По ним фактически сложно проводить сравнение между сезонами, но можно в определенной степени сравнивать районы моря по уязвимости внутри каждого сезона отдельно. Можно сказать, что это промежуточный вариант расчета.

2. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.2; Приложение III, рис. 2). По ним можно сравнивать районы моря друг с другом по уязвимости между сезонами уже более строго (особенно, если учитывать границы рангов), так как исходные ранги нормированы сезонными коэффициентами (табл. 10.3), что позволяет уже более корректно учесть вклад разных компонентов в уязвимость моря. Но не имеет смысла проводить объективное сравнение различных районов моря в разные сезоны в отношении уязвимости только по рангам, так как границы, в которых проводится ранжирование (равномерное деление на пять и десять диапазонов), для каждого сезона свои.

3. Карты “абсолютной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.3; Приложение III, рис. 3). По этим картам можно было бы сравнивать различные районы моря как между собой внутри сезонов, так и (это главное) сравнивать одни и те же районы моря по уязвимости между сезонами. Однако, как будет видно в дальнейшем из анализа рис. 10.3 (предварительно это уже следует из самих карт уязвимости на этом рисунке), такой “прямой” подход, т. е. использование только рис. 10.3, может привести к тому, что один или два сезона будут представлены одним-двумя рангами и соответственно одним-двумя цветами (рис. 10.3), что не позволит выделить наиболее уязвимые районы при сравнении этих сезонов.

Здесь и далее говорится об “относительной” интегральной уязвимости, когда делается анализ и проводится сравнение отдельных районов (участков) Баренцева моря в пределах одного сезона. При сравнении уязвимости отдельных районов между сезонами используем понятие “абсолютной” уязвимости.

Основной результат содержится в картах “относительной” и “абсолютной” уязвимости моря, построенных с учетом сезонных количественных различий. Для возможного использования в дальнейшем и для наглядности все описанные карты приведены и для 10 рангов (Приложение III). Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

**“Относительная” интегральная уязвимость районов моря без учета количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.1).** Наиболее

уязвимыми относительно других районов моря в каждом сезоне, рассматриваемом отдельно, являются прибрежные районы Баренцева моря в южной его части вблизи Кольского полуострова (на протяжении всего года, независимо от сезона), а также прибрежные районы Новой Земли и районы в восточной части Печорского моря (на протяжении двух сезонов – летом и осенью) (рис. 10.1; Приложение III, рис. 1).

Уязвимость (“относительная” интегральная уязвимость) центральной части моря во все сезоны растет с севера на юг. Уровень уязвимости пространственно неоднороден, имеет пятнистый характер распределения. Максимальные ранги 4 и 5 единиц характерны для районов у побережья Мурмана на протяжении всего года, у Новой Земли – летом и осенью, для восточной части Печорского моря – также летом и осенью. Зона максимальной уязвимости вдоль побережья Мурмана получает наибольшее развитие летом (III кв.) и осенью (IV кв.). Зона среднего уровня уязвимости (ранг 3) пространственно наиболее развита также в летний и осенний сезоны и охватывает в основном акваторию южнее  $74^{\circ}$  с.ш.

Очевидно, что при построении аналогичных карт для 10 интервалов (рангов), мы получим практически такую же картину распределения уязвимости районов моря, только более пятнистую (Приложение III, рис. 1).

**“Относительная” интегральная уязвимость районов моря с учетом количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.2).** Наиболее уязвимыми (ранг уязвимости – 4 и 5) являются районы вблизи побережья Кольского полуострова – небольшой участок вдоль побережья Мурмана шириной 120 км зимой, 35–160 км весной, 20–70 км летом и 110–160 км осенью (рис. 10.2; Приложение III, рис. 2). Дополнительно отмечается узкая (до 40 км) полоса повышенной уязвимости (ранги 4 и 5) вдоль западного побережья Новой Земли (летом и осенью).

Количественные различия между районами весьма существенны (рис. 10.2, табл. 10.6). Можно отметить, что среднее значение уязвимости для всего исследуемого района летом и весной примерно в 8–9 раз больше, чем зимой (без учета НСК это различие было 1.2–1.5 раза) и в 2.5–2.7 раза больше чем осенью. Различие же между средней уязвимостью исследуемого района моря летом и весной незначимо (для лета среднее значение равно 58 199, среднеквадратическое отклонение – 27 801; для весны 54 018 и 26 443 соответственно; табл. 10.6, рис. 10.2). Различие между минимальными значениями уязвимости для отдельных участков моря (для ячеек) доходит до 10 крат (для зимы и весны), а различие максимальных значений составляет примерно 8 крат (для зимы – 18 551 и для весны и лета соответственно 164 828 и 164 157 усл. ед. уязвимости; табл. 10.6). Минимальное значение соответствует зиме – 3 501 усл. ед. Различие максимального значения уязвимости отдельных участков моря (ячеек) весной (164 828) и минимального значения зимой (3 501) доходит почти до 50 крат.

**“Абсолютная” интегральная уязвимость районов моря с учетом количественных сезонных различий в распределении гидробионтов (рис. 10.3).** При сравнении уязвимости исследуемого района Баренцева моря в разные сезоны важно учитывать граничные значения выбранных диапазонов рангов. Карты уязвимости Баренцева моря для всех четырех сезонов были также построены исходя из максимальных значений коэффициентов уязвимости в определенный сезон (в нашем случае – для весны) и минимальных значений, возможно, в другой сезон (в нашем случае – для зимы). Эти карты представлены на рис. 10.3. Фактически, с учетом уязвимости биоты от нефтяного загрязнения и с учетом сезонных количественных различий распределения гидробионтов в исследуемом районе моря максимальная “абсолютная” уязвимость (при принятых значениях рангов 1–5) отдельных участков имеет место весной и летом (рис. 10.3, табл. 10.7). Следующий по уязвимости сезон – весна (II кв.; рис. 10.3Б). Но значимого

различия между уязвимостью (средней уязвимостью) всей исследуемой акватории моря весной и летом нет (табл. 10.7). Еще менее уязвима акватория Баренцева моря в осенний сезон (IV кв.; рис. 10.3Г), для которого вся исследуемая акватория характеризуется двумя рангами уязвимости (1 и 2). Наименьшую уязвимость имеет зимний сезон (I кв.; рис. 10.3А), когда вся акватория исследуемой части моря имеет при принятых условиях ранг уязвимости равный 1. При этом значения уязвимости зимой, осенью и летом и весной различаются значимо. Карты на рис. 10.3 наглядно показывают соотношение между различными районами моря в любой сезон. Но также очевидно, что выявить наиболее уязвимые районы для зимы и осени по этим картам невозможно, так как зима в этом случае характеризуется одним рангом с диапазоном 3 501–18 551 усл. ед., а осень – двумя рангами 6 427–35 766 и 35 766–52 103 усл. ед.

Вместе с тем, необходимо отметить, что зимний сезон характеризуется наиболее сильными ветрами и волнением (глава 3). Близок по этим показателям и осенний период. Кроме этого, для зимы (в конце осени и начале зимы для нашего случая) характерно самое темное время – на широте Мурманска и севернее наблюдается полярная ночь. Все это позволяет утверждать, что наиболее опасным с точки зрения рисков аварийных ситуаций и с учетом неблагоприятных условий ликвидации разливов нефти, являются осенний и зимний сезоны, хотя с точки зрения уязвимости зимний сезон наименее опасен для биоты (рис. 10.3; Приложение III, рис. 3). Осенний сезон имеет более высокую, чем зимой, но более низкую, чем летом и весной уязвимость.

Общий вывод, который можно сделать на основе проведенного анализа, состоит в следующем. Наиболее уязвимыми районами Баренцева моря (ранги 5 и 4) являются прибрежные районы. В первую очередь, это прибрежные районы Мурманска – полоса шириной от 20 км зимой, до 35–160 км весной, 20–70 км летом и до 160 км осенью вдоль побережья Кольского полуострова. Уязвима также прибрежная полоса шириной до 30–40 км вдоль западного побережья архипелага Новая Земля (“относительная” уязвимость в рамках конкретного сезона – летом и осенью). Уязвимыми являются и восточные районы Печорского моря (также летом и осенью). Остальные районы Баренцева моря имеют меньшую уязвимость относительно указанных районов для каждого сезона.

При сделанных предположениях весь исследуемый район Баренцева моря (включая и районы покрытые льдом) в летний и весенний сезоны примерно в 8–9 раз более уязвим, чем в зимний и более чем в 2.5 раза более уязвим, чем осенью. Летом средней уязвимостью характеризуется южный район Баренцева моря до 74° с.ш. (“абсолютная” уязвимость, ранг 3), весной – примерно до 71°–72° с.ш. и в отдельных районах у кромки льда (также “абсолютная” уязвимость, ранг 3). В целом, самые уязвимые сезоны – весна и лето, причем различие в уязвимости между ними не значимо. Наименее уязвим зимний сезон, хотя с точки зрения рисков аварийных разливов именно зима и осень – наиболее опасные сезоны.

Представленные результаты дают обобщенную оценку последствий аварийных разливов для Баренцева моря в целом. При интенсификации промышленного освоения ресурсов Баренцева моря необходимо создание детализированного атласа карт уязвимости, дополненного картами отдельных районов моря. Как показывает мировой опыт ликвидации разливов нефти, наиболее важным при этом являются действия вблизи берегов и защита тех или иных береговых участков. Поэтому и для Баренцева моря актуальна задача создания таких карт, что в свою очередь требует детального исследования береговой линии, литорали и сублиторали соответствующих районов, прилегающих к берегу.

## ГЛАВА 11

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ КАРТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ (УЯЗВИМОСТИ) БАРЕНЦЕВА МОРЯ ДЛЯ ПЛАНОВ ЛРН\*

В соответствии с Постановлениями Правительства РФ (№ 613 от 21.08.2000 г.; № 240 от 15.04.2002 г.; № 794 от 30.12.2003 г.), а также международными рекомендациями (Gundlach, Hayes, 1978; Sensitivity ..., 1996) составной частью любого плана по ликвидации разлива нефти является выделение районов приоритетной защиты на основе карт экологической ценности, уязвимости (чувствительности) районов, которые могут быть загрязнены при разливах нефти. В России не существует национальных и региональных требований, нормативов или руководящих документов, регламентирующих структуру, содержание и порядок разработки карт чувствительности.

**Рекомендации международных организаций.** В мировой практике карты чувствительности морских акваторий к нефтяному загрязнению имеют достаточно широкое распространение (Sensitivity..., 1996). Руководства по созданию карт экологической чувствительности (уязвимости) морей были предложены различными организациями.

Основные положения руководств по составлению карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти можно свести к следующему.

Карты должны давать четкую и наглядную информацию ликвидаторам разлива. Они должны сообщать мгновенную информацию и не требовать слишком больших специальных знаний для понимания этой информации. Используемый масштаб карт должен обеспечивать необходимую точность содержащихся данных и включать в себя карту местности, чтобы установить связь между локальным участком и всем районом.

Карты экологической чувствительности должны содержать комплексную характеристику структуры побережья и его морфологических особенностей, выраженных индексом чувствительности к разливам нефти, а также биологическое разнообразие, продуктивность и объекты хозяйственного природопользования прибрежных и морских акваторий. Необходимо различать информацию по уязвимым ресурсам и информацию по ликвидации разлива и очистке (Sensitivity ..., 1996).

Рекомендуется строить черно-белые карты в формате А4 для возможности их копирования и передачи по факсу. Различные типы побережья должны отмечаться условными обозначениями. Следует пользоваться условными обозначениями общего назначения, не создающих противоречий и не вводящих в заблуждение. На карты уязвимых зон не рекомендуется наносить большое количество условных знаков (например, обозначающие различные виды рыб), их следует размещать в более подробных ресурсных картах.

Практическую информацию, важную с точки зрения ликвидации разлива (районы, где можно или нельзя использовать диспергенты и др.), необходимо согласовывать между соответствующими природоохранными организациями, прежде чем наносить на карту.

---

\* Глава написана совместно с О.П. Калинка, Г.Н. Духно



**Обзор российского опыта.** В России первые карты чувствительности были составлены для побережья о. Сахалин в связи с реализацией проекта “Сахалин-1” в 1990-е годы (Проект ..., 1998). Первый опыт создания электронных карт чувствительности и соответствующей информационно-аналитической системы был осуществлен в Институте защиты моря Морского государственного университета им. Г.И. Невельского (г. Владивосток) для залива Посъета (Японское море) (Блиновская, 2001). Эта и последующие работы основаны на адаптированных рекомендациях NOAA и IMO и обращают в первую очередь внимание на прибрежные зоны риска и приоритеты при реагировании на чрезвычайную ситуацию.

В ходе экологического сопровождения проектов по строительству портов и разработке шельфовых месторождений в компании ЗАО “Экопроект” (г. Санкт-Петербург) разработана методика интегральной оценки уязвимости морской и прибрежной биоты от различных видов антропогенного воздействия (Pogrebov, Puzachenko, 2001; Погребов, Пузаченко, 2003). На основе данного подхода были построены сезонные карты-схемы экологической чувствительности (уязвимости) побережья Баренцева моря, которые использовались в региональном плане ликвидации аварийных разливов нефти в западном секторе Арктики (Экологическая чувствительность ..., 2004).

В Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (г. Мурманск) проводились исследования по разработке методологии оценочного эколого-рыбохозяйственного картографирования морских акваторий на примере Баренцева и Белого морей (Новиков, 2002; 2004). Основное внимание было уделено методическому подходу к интегральной оценке уязвимости морских акваторий. Были построены синтетические оценочные карты, отражающие состояние биоресурсов и степень уязвимости тех или иных акваторий от антропогенного воздействия. Учитывался существенный вклад долговременных климатических характеристик в распределении биологических объектов в Баренцевом море, картографирование производилось по так называемым теплым и холодным годам отдельно (Новиков, 2002).

**Рекомендации к созданию карт экологической чувствительности (уязвимости) Баренцева моря.** В соответствии с многоуровневым подходом к ликвидации разливов (Sensitivity ..., 1996; Постановления Правительства РФ № 613 от 21.08.2000 г., № 240 от 15.04.2002 г., № 794 от 30.12.2003 г.) необходим комплект карт:

крупномасштабные карты первого уровня (тактические карты), масштаб 1:25 000, (1:50 000);

среднемасштабные карты второго уровня (оперативные карты), масштаб 1:250 000;

мелкомасштабные карты третьего уровня (стратегические карты), масштаб 1:2 500 000.

Мелкомасштабная карта должна представлять собой базовую карту всей акватории Баренцева моря и включать абрис береговой линии, изобаты, изогипсы, положение ледовой кромки, отражать гидрологические условия и рыбопромысловые районы, пути миграций морской биоты. На картах такого масштаба необходимо показать основные маршруты транспортировки нефти и нефтепродуктов, действующие и планируемые терминалы и трубопроводы.

На первом этапе работы должны быть построены мелкомасштабные карты для четырех биологических сезонов, а не календарных. В дальнейшем крайне важно составить карты по месяцам, возможно не для всей акватории Баренцева моря, а только для наиболее уязвимых побережий Мурмана и Печорского моря. Фактически основой таких карт и являются карты уязвимости, приведенные в главе 10 и Приложении III. Но

к этим картам должна быть добавлена информация о типах берегов и наиболее уязвимых прибрежных районах (достаточно общая, так как для детальной информации используются карты более крупного масштаба).

Если для всей акватории Баренцева моря достаточно 4–6 мелкомасштабных карт, то для прибрежно-морской зоны и береговой полосы необходимо подготовить серию среднемасштабных карт (для Кольского полуострова, архипелага Новая Земля, островов Вайгач и Колгуев) и детализированных крупномасштабных карт (для прибрежий Мурмана и Печорского моря) в связи с высокой концентрацией уязвимых объектов и высоким риском разлива нефти и нефтепродуктов (рис. 11.1).

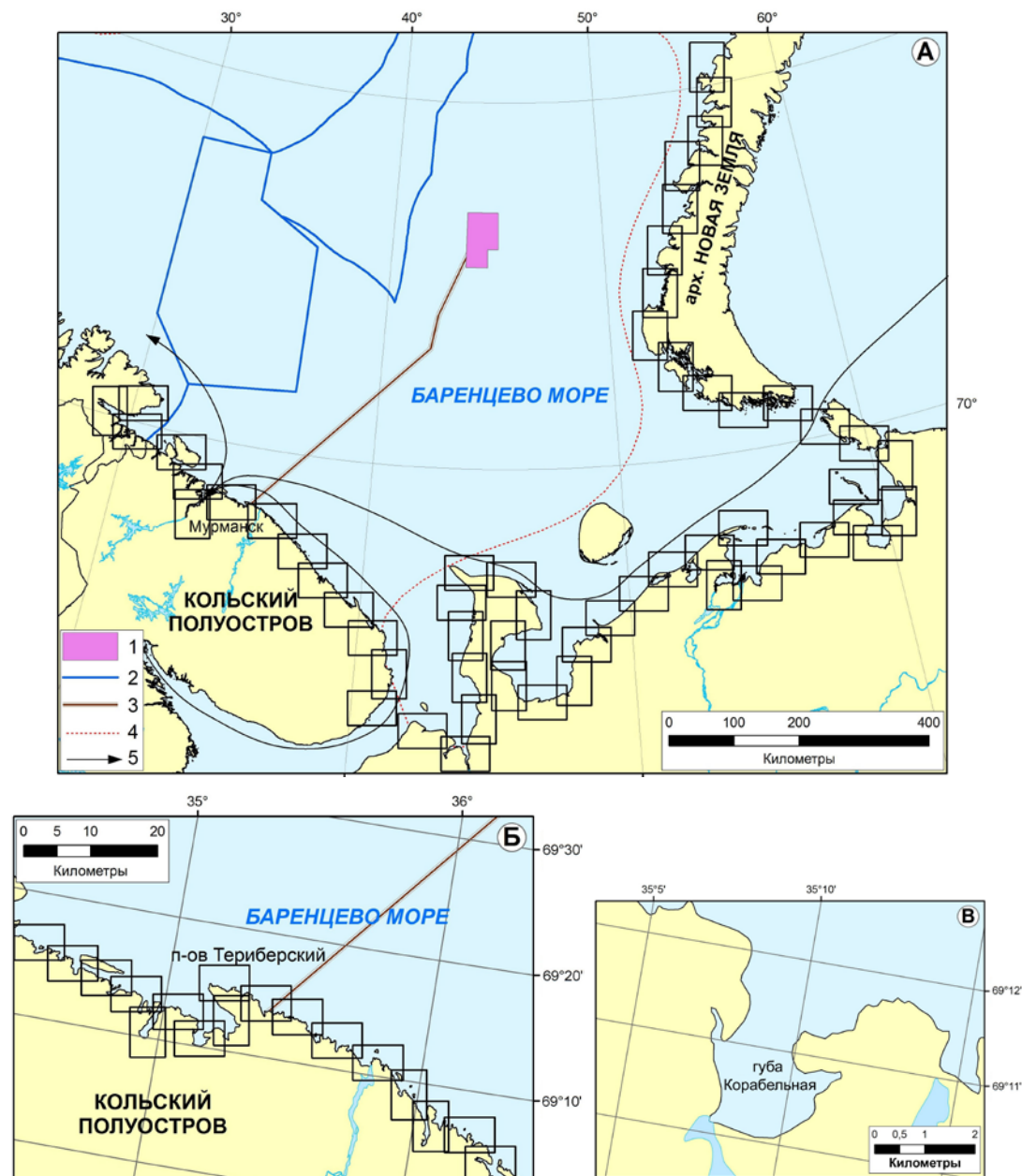


Рис. 11.1. Рекомендуемый набор карт для акватории Баренцева моря, его прибрежно-морских зон и береговой полосы:

А – мелкий, Б – средний, В – крупный масштаб; 1 – лицензионная площадка ШГКМ, 2 – границы экономических зон в Баренцевом море, 3 – трасса планируемого трубопровода от ШГКМ до выхода на берег, 4 – граница среднегодового распространения кромки льда, 5 – маршруты транспортировки нефтепродуктов через Баренцево море

На средне- и крупномасштабных картах должны быть отражены характерные типы берегов с указанием индексов экологической чувствительности (ESI). Рекомендуется использовать ранжированные от 1 до 10 индексы экологической чувствительности побережий к загрязнению нефтью, предложенные в 1978 г. Е. Гундлахом и М. Хейсом (Gundlach, Hayes, 1978). Индексы чувствительности должны быть адаптированы к условиям Арктического региона. Для этого необходимо подготовить не столько литературный обзор, сколько провести детальные экспедиционные исследования (как морские, так и береговые).

На средне- и крупномасштабных картах следует показать биопродуктивность прибрежных акваторий и береговой полосы, а также местообитания и пути миграций птиц и морских млекопитающих, особо охраняемые природные территории, ключевые орнитологические территории, лайды. Кроме этого, на данных картах побережье и береговую полосу следует ранжировать по степени их уязвимости с точки зрения концентрации биоты на берегу.

На средне- и крупномасштабных картах должны быть нанесены объекты хозяйственного природопользования (портовые сооружения, военно-морские объекты, базы технического обслуживания, рейдовые перегрузочные комплексы, промышленные объекты, предприятия мари- и аквакультуры и т. д.), рекреационные ресурсы, места культурно-исторического и научного значения на берегу и вблизи него. На таких картах следует указать подъездные дороги и береговая инфраструктура для полосы в 1–2 км подробно (на крупномасштабных картах) и до 20–50 км в общем виде (на среднемасштабных картах), а также граница водоохранной зоны для Баренцева моря на территории Мурманской области (ширина 500 м).

На средне- и крупномасштабных картах должна быть показана среда обитания ниже приливоотливной зоны (растительный слой дна литорали и сублиторали, слой бурых водорослей, произрастающих на основании некоторых береговых скал). Также следует наносить зоны прибрежной рыбной ловли на мелководье (в том числе крабов, креветок и др.), места сбора морских водорослей, банки моллюсков в приливной зоне или на мелководье у берегов, зоны разведения рыб и ракообразных, реки, впадающие в море (важные для миграции лососевых) и т. д.

Для целей практической ликвидации разлива на средне- и крупномасштабных картах должны быть указаны места, где могут быть использованы диспергенты и где их не следует использовать, где можно развернуть боновые заграждения и места постоянной швартовки бонов. Следует показать “жертвенные зоны”, отличающиеся низкой уязвимостью, куда можно было бы при необходимости направить нефтяное пятно для спасения районов высокой экологической чувствительности (уязвимости), и места с пунктами подъезда.

Подробные карты, имеющиеся в действующем плане ЛРН для Баренцева моря (Региональный план ..., 2002), соответствуют примерно не более чем половине изложенных требований.

Необходимо разработать карты уязвимости для Баренцева моря с тем, чтобы обеспечить выполнение соответствующих международных рекомендаций и использовать эти карты в планах ЛРН. Следует провести серию морских и береговых экспедиций по детальному изучению типов и морфологических особенностей берегов и степени уязвимости экосистемы от загрязнения нефтью. Важным практическим аспектом при подготовке таких карт является сотрудничество с организациями, осуществляющими планирование и контроль ликвидаций разливов нефти, а также участвующих в операциях по устранению аварийных разливов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований сделана оценка уязвимости Баренцева моря (в основном российской экономической зоны) от нефтяного загрязнения и построены сезонные карты интегральной уязвимости Баренцева моря.

Сформулировано определение уязвимости района моря (природной среды участка моря и обитающей в нем биоты). Уязвимость — это свойство природной среды (в первую очередь и главным образом определенного района моря, подвергнувшегося воздействию), характеризующее последствия возможного негативного воздействия, выражаемое прямой потерей численности или биомассы отдельных видов или даже целых экологических групп сразу после него и продолжающегося сравнительно длительное время.

Описана структура годовой цикличности различных компонентов экосистемы Баренцева моря. Анализ годовых циклов этих компонентов показывает, что временные рамки их сезонной изменчивости не совпадают с границами какого-либо одного типа структуризации года. Дано обоснование выбора границ сезонов, принятых для дальнейшего анализа: зима (I квартал) – январь–март, весна (II квартал) – апрель–июнь, лето (III квартал) – июль–сентябрь, осень (IV квартал) – октябрь–декабрь. Кратко описаны гидрометеорологические условия Баренцева моря, которые в той или иной степени определяют или могут определять поведение нефтепродуктов в море.

Описаны общие закономерности трансформации и переноса нефти на открытой воде, поведение нефти при разливах во льдах, поведение нефти в разломанном льду, распространение нефти под льдом и на поверхности льда, опасность разливов нефти вблизи берега.

В основу оценки уязвимости биоты от разливов нефти положены обоснованные критерии воздействия нефти на основные компоненты экосистемы. Расчет коэффициентов уязвимости компонентов экосистемы (фито-, зоо-, ихтиопланктона, зообентоса, ихтиофауны, морских млекопитающих и птиц) опирается на результаты анализа воздействия нефтепродуктов на определенные виды биоты, обитающие в Баренцевом море или в сходных условиях. Наибольшей уязвимостью от нефтяного загрязнения характеризуется ихтиопланктон – икринки и ранние (личиночные) стадии развития гидробионтов, также уязвимы птицы в холодных климатических условиях. Наименее уязвимы – морские млекопитающие, имеющие высокую степень защиты от внешней среды и высокоорганизованную нервную систему, позволяющую избегать загрязненных участков, или собирающие корм на обширных территориях. Степень уязвимости фито-, зоопланктона, зообентоса и рыб в данных условиях является промежуточной.

Описано сезонное ранжированное распределение биомассы (численности) основных компонентов экосистемы в районе исследований, приведены карты соответствующих распределений по сезонам, которые в дальнейшем использовались при оценке интегральной уязвимости. Показана структура и современное функционирование баренцевоморской экосистемы.

Кратко описаны существующие и проектируемые особо охраняемые территории Баренцева моря. Большинство ООПТ расположены вдоль морского побережья – у побережья Кольского полуострова и архипелага Новая Земля, а также вблизи берегов в Печорском море.

Транспортировка нефти и рыболовное судоходство является источником риска загрязнения экосистемы Баренцева моря. Показано, что перегрузка и маршруты транспортировки нефти и нефтепродуктов в арктических морях в конечном итоге замыкаются в Баренцевом море и географически тяготеют к его южной прибрежной части. Рыболовное судоходство составляет значительную часть транспортных потоков в Баренцевом море на протяжении всего года. Ежедневная интенсивность судоходства на акватории моря определяется непрерывным движением 50–100 промысловых и вспомогательных судов.

Риск аварийных разливов нефти на объектах нефтетранспортной системы и маршрутах транспортировки в Баренцевом море пока невысок, но вполне реален, а инциденты с разномасштабными разливами в период развития морских перевозок нефти в регионе (2000–2008 гг.) уже были. Наибольшая вероятность таких событий имеет место для перегрузочных операций на терминалах и РПК. Основными факторами, определяющими риски аварии судов и разливов нефти, являются природно-климатические условия (включая сложность навигации во фьордах) и “человеческий фактор”.

Описана методика построения карт интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Получены сезонные карты интегральной уязвимости Баренцева моря без учета и с учетом сезонных различий в количественном распределении гидробионтов. Карты построены в формате 5 и 10 рангов (наиболее уязвимые районы соответственно имеют ранги 5 и 10, наименее уязвимые – ранг 1). На основе анализа этих карт сделаны следующие выводы:

*Наиболее уязвимыми районами Баренцева моря (ранги 5 и 4) являются прибрежные. В первую очередь, это прибрежные районы Мурмана – полоса шириной от 20 км зимой, до 35–160 км весной, 20–70 км летом и до 160 км осенью (вдоль побережья Кольского полуострова). Уязвима также прибрежная полоса шириной до 30–40 км вдоль западного побережья архипелага Новая Земля (“относительная” уязвимость в рамках конкретного сезона – летом и осенью). Уязвимыми являются и восточные районы Печорского моря (также летом и осенью). Остальные районы Баренцева моря имеют меньшую уязвимость относительно указанных районов для каждого сезона.*

*При сделанных предположениях весь исследуемый район Баренцева моря (включая и районы покрытые льдом) в летний и весенний сезоны примерно в 8–9 раз более уязвим, чем в зимний, и более чем в 2.5 раза – чем осенью. Летом средней уязвимостью характеризуется южный район Баренцева моря до 74° с.ш. (“абсолютная” уязвимость, ранг 3), весной – примерно до 71°–72° с.ш. и в отдельных районах у кромки льда (также “абсолютная” уязвимость, ранг 3). В целом, “самые уязвимые” сезоны – весна и лето, причем различие в уязвимости между ними не значимо, наименее – зимний сезон, хотя с точки зрения рисков аварийных разливов именно зима и осень – наиболее опасные сезоны.*

Сделан обзор рекомендаций российских и международных организаций по созданию карт уязвимости моря для планов ЛРН. Сформулированы рекомендации по созданию карт экологической уязвимости для планов ЛРН в Баренцевом море. Необходимо как можно скорее приступить к созданию таких карт, чтобы обеспечить выполнение соответствующих международных рекомендаций при реализации планов ЛРН.

## ЛИТЕРАТУРА

*Агеноров В.К.* Об основных водных массах в гидросфере, о поверхностях и зонах, их разделяющих // Изв. АН СССР. 1944. Т. 8, № 6. С. 359–379.

*Антипова Т.В.* Распределение двустворчатых моллюсков в южной части Карского моря. М.: 1978а. 12 с. Деп. в ЦНИИТЭИРХ, № 181.

*Антипова Т.В.* Географическое распространение моллюсков Баренцева и Карского морей. М.: 1978б. 64 с. Деп. в ЦНИИТЭИРХ, № 183.

Архив новостей промышленного и производственного комплекса [Электронный ресурс] // Международный промышленный портал: [web-сайт]. URL: <http://www.promvest.info/news/newsarhiv/?page=237> (Дата обращения: 01.06.2009).

Атлас морских млекопитающих / Под ред. А. Земского. М.: Пищ. пром-сть, 1980. С. 46–51.

Атлас океанов. Северный Ледовитый океан / Под ред. адмирала флота СССР С.П. Горшкова. Л.: Изд-во ВМФ СССР, 1980. 184 с.

Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны. Ю.В. *Краснов*, Ю.И. *Горяев*, А.А. *Шавыкин* и др. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 164 с.

Биогенные элементы и режим кислорода / Г.В. *Ильин*, Г.И. *Несветова*, В.С. *Петров*, Л.К. *Цехоцкая* // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1985. С. 46–63.

Биогеохимия органического вещества арктических морей / Е.А. *Романкевич*, А.И. *Данюшевская*, А.Н. *Беляев*, В.П. *Русанова*. М.: Наука, 1982. 240 с.

Биологический атлас морей Арктики 2000: планктон Баренцева и Карского морей / Г. Матишов, П. Макаревич, С. Тимофеев и др. Мурманск; Вашингтон: SilverSpring, 2000. 348 с.

*Блиновская Я.Ю.* Ландшафтная характеристика и оптимизация природопользования в прибрежно-морской зоне залива Посъета (Японское море): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 2001. 27 с.

*Блиновская Я.Ю.* Оценка чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2002. С. 208–210.

*Бойцов В.Д.* Изменчивость температуры воды Баренцева моря и ее прогнозирование. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. 292 с.

Большой новейший справочник необходимых знаний. М.: РИПОЛклассик, 2005. 1088 с.

В Ненецком АО создадут новый заказник “Вайгач” [Электронный ресурс] // Агентство национальных новостей [web-сайт]. URL: <http://www.annews.ru/news/detail.php?ID=107713> (Дата обращения: 01.06.2009).

*Виноградова О.* Таймырские сценарии // Нефтегазовая вертикаль. 2004. № 12. С. 42–44.

Галкин Ю.И. Колебания климата и многолетние изменения биомассы бентоса в Баренцевом море (на примере моллюска *Lepeta caeca*) // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М., 1987. С. 90–121.

Геоэкологические последствия аварийных морских разливов нефти / Д.Я. Фащук, С.Н. Овсиенко, А.В. Леонов и др. // Изв. РАН. Сер. Географ., 2003. № 5. С. 57–73.

Герлах А.Г. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 163 с.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Ф. С. Терзиева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.

Гирдюк Г.В. Оценка межсуточной изменчивости гидрометеорологических элементов и составляющих теплового баланса поверхности Баренцева моря // Тр. ААНИИ. 1992. Т. 426. С. 89–108.

Григорьев М. Нефть Тимано-Печоры // Нефтегазовая вертикаль. 2004. № 4. С. 58–66.

Денисенко С.Г. Зообентос Баренцева моря в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука. 2007. С. 418–511.

Денисов В.В., Ильин Г.В. Подходы к обеспечению экологической безопасности Баренцево-Карского региона при развитии морской нефтедобычи // Мурманшельф-Инфо. 2009. №1 (6). С. 17-22.

Доклад правительства Стортингу № 8 (2005-2006). Комплексное управление морской средой Баренцева моря и морских районов, прилегающих к Лофотенским островам (план управления). Осло (Норвегия), 2006. 178 с.

Ежов А.В. Оценка крупнейших материковых колоний морских птиц Мурмана в 2008 г. Перспективы их существования // Материалы конференции молодых ученых ММБИ. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2009 С. 54–58.

Жичкин А.П. География рыболовства как индикатор изменчивости состояния большой морской экосистемы Баренцева моря (на примере промысла трески): Дис. ... канд. геогр. наук. Мурманск, 2008. 254 с.

Журавель В.И., Мансуров М.Н., Маричев А.В. Риск возникновения и организация ликвидации разливов нефти при танкерных перевозках в Баренцевом море // Труды 7-й Междунар. конф. по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ "RAO / CIS OFFSHORE 2005". Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2005. СПб., 2005. С. 449–454.

Журавель В.И., Мансуров М.Н., Маричев А.В. Риск возникновения и организация ликвидации разливов нефти при танкерных перевозках в Баренцевом море // Нефть и газ Арктического шельфа 2006. Материалы Междунар. конф. Мурманск. 15–17 ноября 2006 г. Мурманск: Изд-во ООО "Мурманская полиграфическая компания", 2006. С. 449–454.

Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. Ч. 1 / Под общ. ред. В.Е. Соколова, Е.Е. Сыроечковского. М.: Мысль, 1988. 287 с.

Зеликман Э.А. Сообщества арктической пелагиали // Океанология. Биология океана. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. С. 43–55.

Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. Т.2. М.: Сов. наука, 1947. 588 с.

Зенкевич Л.А. Биология северных и южных морей СССР. Избр. тр. М.: 1977. Т. 1. 340 с.

Зуев А.Н., Ильин Г.В. Оценка вероятности загрязнения акватории и побережья юго-восточной части Баренцева моря при разливе нефти в районе Приразломного месторождения //

Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. С. 136–145.

*Ивишин В.А.* Вертикальная термохалинная и плотностная структура вод Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. 99 с.

*Измайлов В.В.* Трансформация нефтяных пленок в системе океан-лед-атмосфера. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 145 с.

*Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 528 с.

*Ильин Г.В.* Гидрохимическая структура вод полярной фронтальной зоны Баренцева моря // Жизнь и среда полярных морей. Л.: Наука, 1989. С. 36–41.

*Ильин Г.В.* Физическая устойчивость вод и весеннее цветение фитопланктона в прибрежье Восточного Мурмана // Продукционно-деструкционные процессы в пелагиали прибрежья Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1991. С. 16–20.

*Ильин Г.В.* Гидрохимический режим // Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. С. 40–50.

*Ильин Г.В.* Современные уровни химического загрязнения промысловой ихтиофауны // Экология промысловых видов рыб Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 197–217.

*Ильин Г.В., Шавыкин А.А.* Освоение северных маршрутов транспортировки нефтегазового сырья и связанные с этим экологические проблемы // Ученые записки МГПУ. Географические науки. Мурманск: Изд-во МГПУ, 2007. Вып. 2. С. 72–91.

Интегральная оценка уязвимости морских экосистем при аварийных разливах в Арктике / *В.Б. Погребов, М.В. Гаврило, И.Л. Туманов, Н.В. Чернова* // Оптимизация использования морских биоресурсов и комплексное управление прибрежной зоной Баренцева моря: Тез. докл. регион. семинара, посвященного 45-летию Первой научной сессии Мурманской биологической станции (г. Мурманск, 30 ноября, 1999 г.). Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 1999. С. 88–90.

*Карамушко О.В.* Видовой состав и структура ихтиофауны Баренцева моря // Вопросы ихтиологии. 2008. Т. 48, № 3. С. 293–308.

*Карпович В.Н.* Кандалакшский заповедник. Мурманск: Кн. изд-во, 1984. 160 с.

*Козий Л.И., Мадерич В.С.* Лагранжева модель растекания нефтяных пятен // Прикладна гідромеханіка. 2000. Т. 2 (74), № 3. С. 108–109.

Концепция подпрограммы “Развитие экспорта транспортных услуг” федеральной целевой программы “Модернизация транспортной системы России (2002–2010 годы)”. Утверждена в 2005 г. [Электронный ресурс] URL: <http://www.akdi.ru/econom/program/47.htm> (Дата обращения: 02.02.2009).

*Кравец М.* Рифы морского маршрута // Нефтегазовая вертикаль. 2004. № 4. С. 70–71.

*Краснов Ю.В., Николаева Н.Г.* Современное распределение морских колониальных птиц на акватории Баренцева моря // Экосистема пелагиали морей Западной Арктики. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. С. 101–113.

*Кузнецов А.П.* Трофическая структура морского донного населения как система экологической организации // Донная фауна краевых морей СССР. М., 1976. С. 6–31.

*Кузнецов А.П.* Экология донных сообществ шельфовых зон Мирового океана (трофическая структура морской донной фауны). М., 1980. 244 с.



Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Функционирование пелагических и криопелагических экосистем в покрытых льдом участках Баренцева и Карского морей // Биология и океанография Северного морского пути. Баренцево и Карское моря. М.: Наука, 2007. С. 50–64.

Малинин В.Н., Гордеева С.М. Физико-статистический метод прогноза океанографических характеристик (на примере Северо-Европейского бассейна). Мурманск: Изд-во ПИПРО, 2003. 164 с.

Математическое моделирование распространения нефтяных разливов в морской среде / Б.В. Архипов, В.П. Пархоменко, В.В. Солбаков, Д.А. Шапочкин. М.: ВЦ РАН, 2001. 53 с.

Матишов Г.Г. Общие черты строения, динамики и истории полярных морских экосистем // Жизнь и среда полярных морей. М.: Наука, 1989. С. 5–19.

Матишов Г.Г., Ильин Г.В. Геохимические особенности накопления алифатических углеводородов в Кольском заливе // Вековые изменения морских экосистем Арктики: климат, морской перегляциал, биопродуктивность. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 164–171.

Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Макаревич П.Р. Экосистемы Баренцева и Белого морей и уровни антропогенного загрязнения // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. С. 20–64.

Матишов Д.Г., Ильин Г.В. Исследование закономерностей распространения загрязняющих веществ в элементах морских экосистем (на примере Баренцева и Азовского морей) // Фундаментальные исследования океанов и морей. Кн. 2. М.: Наука, 2006. С. 476–491.

Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне. Осло (Норвегия): Государственное управление по контролю загрязнения окружающей среды (SFT), 2004. 27 с.

Миронов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. М.: Пищепромиздат, 1972. 105 с.

Можаровский М.Д. Предотвращение загрязнения морской среды (по материалам зарубежной печати). Обзорная информация. Серия “Предотвращение загрязнения моря”, М.: ММФ, ЦБНТИ, 1974. 88 с.

Монин А.С., Войтов В.И. Черные приливы. М.: Молодая гвардия, 1984. 160 с.

Морской порт Витино [web-сайт]. URL: <http://www.vitino.ru/rus/about.htm> (Дата обращения: 01.06.2009).

Мурманская область. Постановление правительства. Постановление правительства Мурманской области от 18 февраля 2009 г. № 73-ПП // Мурман. вестник. 2009. 27 февраля. С. 5.

Мурманской области обещают дать газ и нефть из огромных потоков Штокмановского месторождения. [Электронный ресурс] // Мурманск Бизнес портал: [web-сайт] 06.02.2009. URL: <http://www.b-port.com/> (Дата обращения: 01.07.2009).

Некоторые аспекты биологии основных промысловых видов рыб в 1993–1998 гг. / О.В. Карамушко, Е.Г. Берестовский, Л.И. Карамушко, О.Ю. Юначева // Экология промысловых видов рыб Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 13–138; 242–457.

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. М.: Научный мир, 2004. 328 с.

Ненецкий заказник. Ненецкий АО [Электронный ресурс] // RussiaOutdoors – Путешествия по России: [web-сайт]. URL: [http://www.outdoors.ru/russiaoutdoors/show\\_obj2.php?id=964](http://www.outdoors.ru/russiaoutdoors/show_obj2.php?id=964) (Дата обращения: 01.06.2009).

Несветова Г.И. Гидрохимические условия функционирования экосистемы Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002. 295 с.

Нефтегазовые проекты на российском шельфе (Интервью с вице-президентом ОАО «НК «Роснефть»») А.М. Кузнецовым // Нефтяное хозяйство. 2004. № 9. С. 6–11.

Нефть пошла на Архангельск // Нефть и капитал. 2004. № 5. С. 27–29.

Новиков М.А. Эколого-рыбохозяйственное картографирование акватории Баренцева и Белого морей: теоретические основы и методические подходы. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002. 91 с.

Новиков М.А. Оценочное эколого-рыбохозяйственное районирование морских акваторий // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 2. С. 199–208.

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.

ОВОС Штокманского газоконденсатного месторождения: Отчет ММБИ для ЗАО «Гипроспецгаз» / ММБИ КНЦ РАН; Руководитель работы А.А. Шавыкин. Мурманск, 2005. 320 с.

Ожигин В.К. О фронтальных зонах Баренцева моря // Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1989. С. 89–103.

Особо охраняемые природные территории Мурманской области: Информ. матер., 2-е изд. Мурманск; Апатиты, 2003. 72 с.

Особо охраняемые территории [Электронный ресурс] // Экологический сайт Архангельской области: [web-сайт]. URL: [http://www.arkheco.ru/resource/protect\\_area/?235](http://www.arkheco.ru/resource/protect_area/?235) (Дата обращения: 01.06.2009).

Оценка и сохранение морского биологического разнообразия Баренцева моря [Электронный ресурс] // Всемирный фонд дикой природы: за живую планету [web-сайт]. URL: [http://www.wwf.ru/about/where\\_we\\_work/barents/barents\\_sea/6/doc427/page1](http://www.wwf.ru/about/where_we_work/barents/barents_sea/6/doc427/page1) (Дата обращения: 01.06.2009). 2009б.

Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению: Отчет ММБИ по договору WWF 000109 от 12 мая 2008 г. WWF-Россия–ММБИ / ММБИ КНЦ РАН; Руководитель работы А.А. Шавыкин. Мурманск, 2008. 120 с.

Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению: Отчет ММБИ по договору WWF 000325 от 12 января 2009 г. WWF-Россия–ММБИ / ММБИ КНЦ РАН; Руководитель работы А.А. Шавыкин. Мурманск, 2009а. 300 с.

Павитикс Е.А. О некоторых закономерностях жизни планктона Центрального Арктического бассейна // Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980. С. 142–154.

Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 1997. 350 с.

Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 247 с.

Погребов В.Б., Пузаченко А.Ю. Интегральная оценка потенциальной уязвимости биоты к операциям по разработке шельфовых месторождений нефти // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура: Тез. докл. Архангельск: Изд-во ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 221–225.

Погребов В.Б., Пузаченко А.Ю. Интегральная чувствительность морских экосистем к нефтяному загрязнению // Материалы 5-го научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. С. 5–22.

Постановление Администрации Архангельской области от 17.12.2007 № 237–па «Об утверждении положения о государственном региональном комплексном природном заказнике “Вайгач”».

Постановление Правительства РФ № 240 от 15.04.2002 г. “О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации”.

Постановление Правительства РФ № 613 от 21 августа 2000 г. “О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов”.

Постановление Правительства РФ № 794 от 30 декабря 2003 г. “О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций”.

Приказ Минприроды РФ от 31.03.2009 № 77 «Об утверждении положения о государственном природном заказнике федерального значения “Ненецкий”».

Приразломное // Нефть и капитал. 2004. №10. С. 31.

Природные условия Байдарацкой губы. Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов “Ямал-Центр”. М.: ГЕОС, 1997. 432 с.

Проект “Сахалин-1” Обоснование экологической безопасности работ по геологическому изучению недр на Аркутун-Дагинской морской площади. М.: Эксон Нефтегаз. 1998. 230 с.

Распоряжение Правительства РФ от 15.06.2009 №821-р «Об учреждении национального парка “Русская Арктика” в Архангельской области».

Распоряжение Правительства РФ от 23.04.1994 №571-р «О создании государственного природного заказника федерального значения “Земля Франца-Иосифа”».

Расчет интегрированной оценки уязвимости акватории российской экономической зоны Баренцева моря к нефтяному загрязнению: Отчет ПИНРО по договору № 22 / 2006 ПИНРО–WWF-Россия / ПИНРО; Руководитель проекта В.Н. Шибанов. Мурманск, 2006. 113 с.

Региональный план ликвидации аварийных разливов нефти в западном секторе Арктики. СПб.: ЗАО “ЦНИИ МФ”, 2002. 333 с.

*Селин А., Мнацаканян О., Таныгин И.* Большое видится на расстоянии // Нефтегазовая вертикаль, 2004. № 4. С. 54–55.

Спутниковый мониторинг юго-восточной части Балтийского моря / *А.Г. Костяной, К.Ц. Литовченко, О.Ю. Лаврова и др.* [Электронный ресурс] Отчет компании “Лукойл”, 2004. 36 с. URL: [www.lukoil.ru/static\\_6\\_5id\\_2135\\_.html](http://www.lukoil.ru/static_6_5id_2135_.html) (Дата обращения: 12.12.2008).

*Танцюра А.И.* О течениях Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1959. Вып 11. С. 35–53.

*Танцюра А.И.* О сезонных изменениях течений Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1973. Вып. 34. С. 108–112.

*Тимофеев С.Ф.* Экология онтогенеза эвфаузиевых ракообразных (Crustacea, Euphausiacea) северных морей. СПб.: Наука, 1997. 156 с.

*Тимофеев С.Ф.* Методы количественного анализа данных в экологических и гидробиологических исследованиях. Мурманск: Изд-во МГПИ, 2001. 32 с.

*Федоров К.Н.* Физическая природа и структура океанических фронтов. Л.: Гидрометеопиздат, 1983. 296 с.

*Феофанова О.* Нефть вернется в порт // Мурманский вестник. № 10 (3403) от 22 января 2005 г.

*Францен Б., Бамбуляк А.* Транспортировка нефти из российской части Баренцева региона. По состоянию на 01 июля 2003 г. (Свандховт Экологический Центр. Режим доступа: [www.svandhovd.no](http://www.svandhovd.no)).

Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Под ред. И.А. Шпарковского. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 404 с.

*Цукерман В.А.* Состояние и перспективы рационального природопользования и инновационно-технологического развития экономики Арктики // Экология промышленного производства. 2007. № 4. С. 74–80.

*Чернов И.Н.* Освоение Приразломного нефтяного и Штокмановского газоконденсатного месторождений в условиях Арктического шельфа – важнейшая составляющая в экономике европейского Севера страны // Нефтяное хозяйство. 2004. № 9. С. 9–11.

*Чесноков И.* Где нефть, там работы море // Мурманский вестник. № 212 (3355). 04.11.2004. С. 1–2.

Экологическая безопасность и снижение рисков транспортировки нефтепродуктов морским транспортом в арктической зоне России / *В.В. Минин, Н.А. Вальдман, А.М. Вишневецкий, А.Б. Разлетова* // Труды 7-й Междунар. конф. по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ “RAO / CIS OFFSHORE 2005”. Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2005. СПб., 2005. С. 454–458.

Экологическая чувствительность биоресурсов побережья Архангельской области к аварийным разливам нефти / *В.Б. Погребов, Н.В. Дмитриев, О.А. Кийко и др.* // Нефть и газ Арктического шельфа. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2004. С. 221–225.

Экологические новости – Bellona.ru: [web-сайт]. URL: [http://www.bellona.ru/filearchive/fil\\_Bellona-Glava4.pdf](http://www.bellona.ru/filearchive/fil_Bellona-Glava4.pdf) (Дата обращения: 01.06.2009).

A Guide to Contingency Planning for Oil Spills on Water [Электронный ресурс], IPIECA Report Series, 2000. Vol. 2. 29 pp. URL: [http://www.ipieca.org/activities/oilspill/downloads/publications/reports/english/Vol2\\_ContPlanning.pdf](http://www.ipieca.org/activities/oilspill/downloads/publications/reports/english/Vol2_ContPlanning.pdf) (Дата обращения: 01.07.2009).

*Bambulyak A., Frantzen B.* Oil transport from the Russian part of the Barents Region. Status per January 2005. Svanhovd. Norway, 2005. 91 p.

*Bambulyak A., Frantzen B.* Oil transport from the Russian part of the Barents Region. Status per January 2009. The Norwegian Barents Secretariat and Akvaplan-niva. Norway, 2009. 107 p.

Biological Atlas of the Arctic Seas 2000: Plankton of the Barents and Kara Seas / *G.G. Matishov, P.R. Makarevich, S.F. Timofeev et al.* National Oceanographic Data Center / NOAA, Silver Spring, MD, USA. 2000. 356 p.

*Donskoy S.* Hydrocarbon resources on the Russian continental shelf and state policy of the Russian Federation in the Arctic region. Report and presentation. Arctic Frontiers 2009. Tromso (Norway). 2009.

Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia / *J.M. Swan, J.M. Neff, P.C. Young (Eds.)*. Sydney: Australian Petroleum Exploration Association. 1994. 696 p.

Environmental Status of the Varanger-Kola Coastal Area: Akvaplan-niva report. № APN-414.2127, Tromso (Norway). 2003. 203 p.

GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of marine pollution). Impact of oil and related chemicals on the marine environment. Report and Studies. № 50. IMO, London. 1993. 180 p.

*Grigoriev M.* Development of oil transportation projects in Northwest Russia: Resources and infrastructure. Report and presentation. Oil terminal 2008. St. Petersburg, 2008. 18 p.

*Gundlach E.R., Hayes M.O.* The AMOCO CADIZ Oil Spill // NOAA/EPA Special Report. 1978. P. 85–196.

*Hyland J.L., Schneider E.D.* Petroleum hydrocarbons and their effects on marine organisms, populations, communities and ecosystems. Harragansett: EPA, 1978. 41 p.

Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes and Yields / *K. Sherman, L. Alexander, B. Gold (Eds.)*. Amer. Assoc. Adv. Sci. Washington D.C. 1990. 242 p.

*Leus S.* Murmansk Region potential for hydrocarbon transportation. Report and presentation. NMC Strategy Workshop–2006. St. Petersburg, 2006. 16 p.

List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic seas and adjacent deep waters / *B.I. Sirenko (Eds.)* // Exploration of the fauna of the seas. 2001. St.-Petersburg. 131 p.

*Madeo H.* Shtokman – a Frontier project in the Arctic Russian offshore zone. Report and presentation. Arctic Frontiers 2009. Tromso (Norway), 2009. 30 p.

*Matishov G.G., Denisov V.V.* Ecosystems and bioresources of the Russian European seas at the turn of the XXI century. Murmansk: Company “MIP–999”, 2000. 118 p.

*Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L.* Contemporary state and factors of stability of the Barents Sea Large Marine Ecosystem // Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection and Research. Berlin: Elsevier, 2003. P. 41–74.

Natural recovery of cold water marine environment after an oil spill / *J.M. Baker, R.B. Clark, P.F. Kingston, R.H. Jenkins* // Presented at the Thirteenth Annual Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, June, 1990. 1991. 111 p.

Oil or Hazardous Material Pollution Prevention Regulation for Vessels. 33 CFR. Part 155. 2004.

*Pogrebov V.B., Puzachenko A. Yu.* Integral assessment of potential biota sensitivity to offshore oil-field development operations // Coastline. 2001. № 1. P. 10–11.

Potential Oil Spills in Collision and Grounding. DNV, 1990.

Sensitivity Mapping for Oil Spill Response / IMO/IPIECA Oil Spill Report Series. 1996. Vol. 1. 25 p.

Simulations of Oil Drift and Spreading and Oil Spill Response Analysis / *O. Johansen, B.A. Hoverstad, K. Skognes, K.U. Evers*. ARCOP Project GRD 2-2000-30112. 2005.

*Zuev A.N., Ilyin G.V.* Estimation of probability of coastal and open sea zone contamination in the south-eastern part of the Barents Sea during the oil spill in the Prerazlomnoe oil deposit // Maritime Operations and the Environment. Espoo (Finland), 2001. № 3. P. 1–10.

**ПРИЛОЖЕНИЕ I. МОРСКИЕ И ПРОХОДНЫЕ РЫБЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**

[по материалам отчета ПИНРО (Расчет..., 2006)]

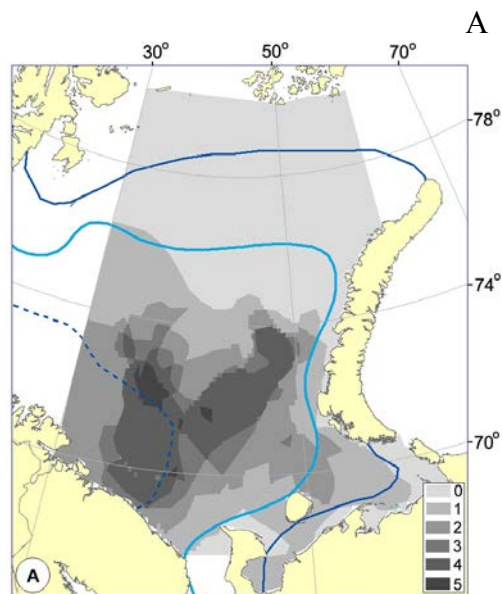
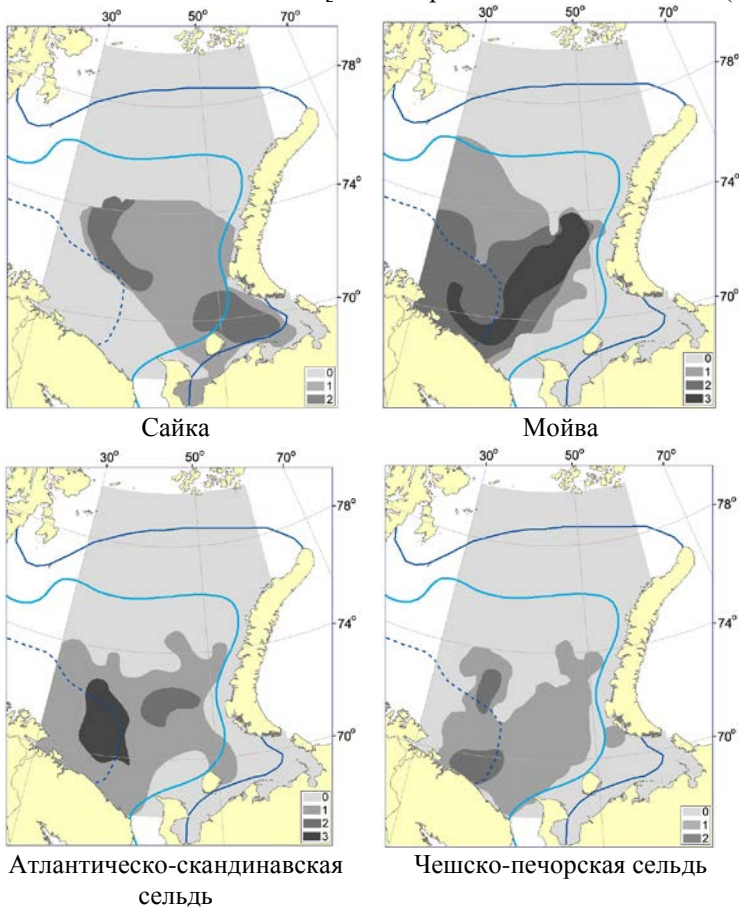


Рис. 1. Карты распределения учитываемых видов пелагических рыб Баренцева моря и их “суммарное” распределение:

А – в зимний (I кв), Б – в весенний (II кв), В – в летний (III кв), Г – в осенний периоды (IV кв)

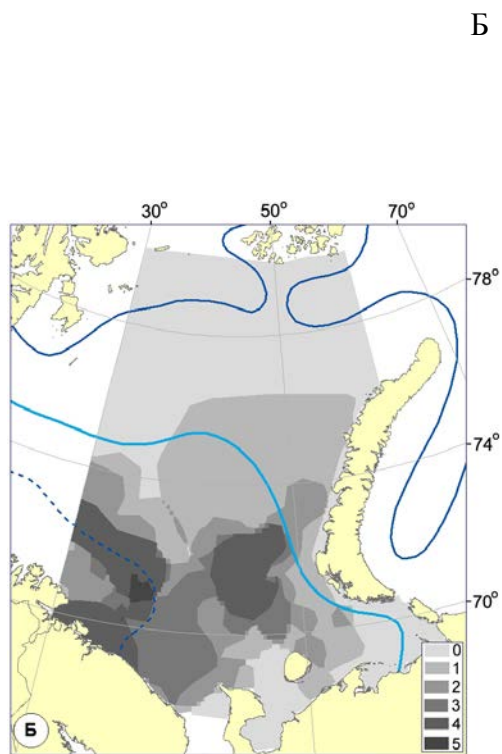
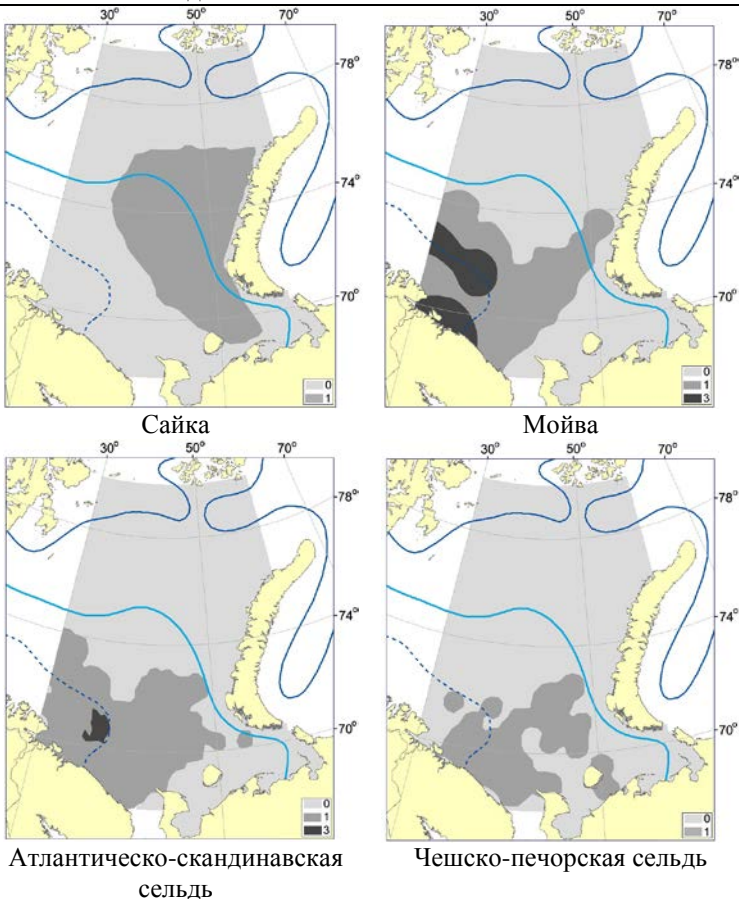
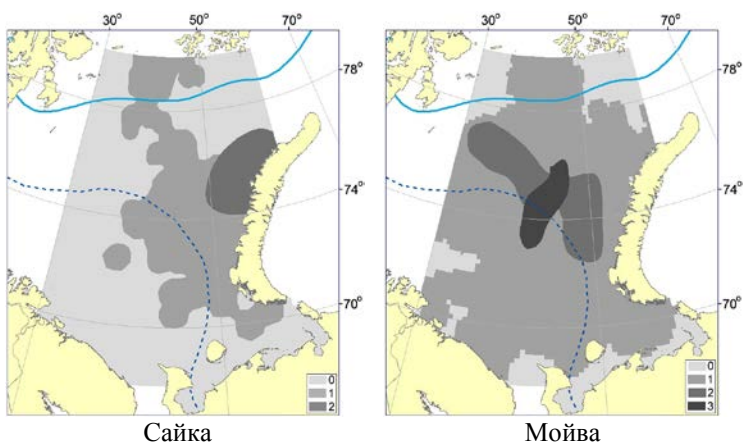
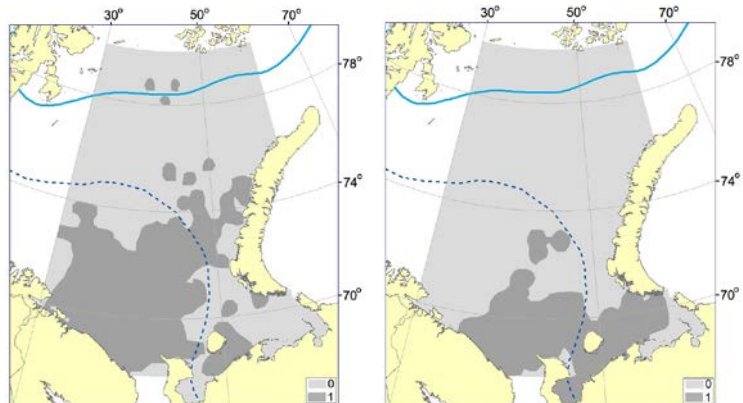


Рис. 1. Продолжение



Сайка

Мойва



Атлантическо-скандинавская сельдь

Чешско-печорская сельдь

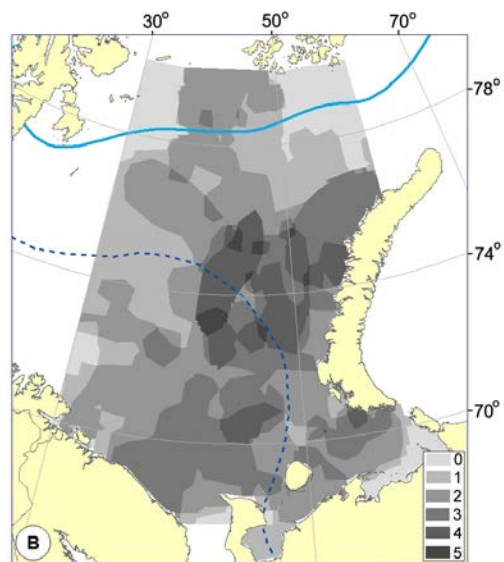
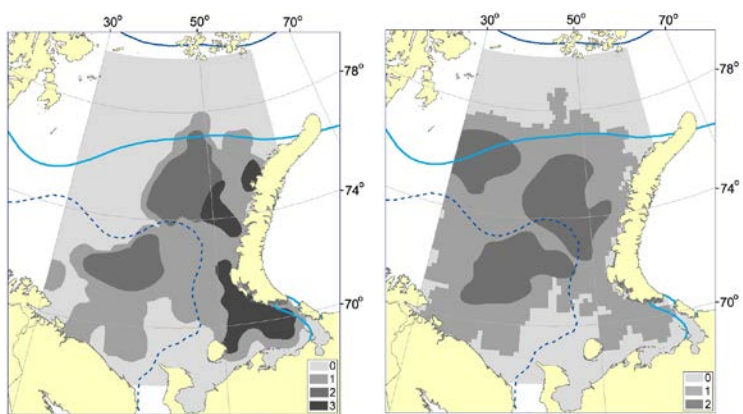
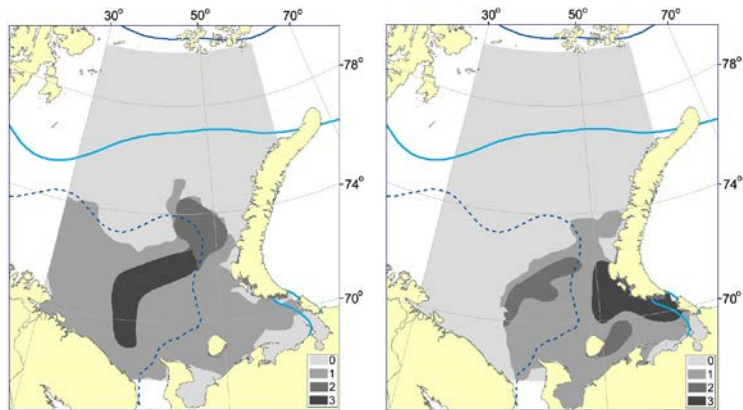


Рис. 1. Продолжение



Сайка

Мойва



Атлантическо-скандинавская сельдь

Чешско-печорская сельдь

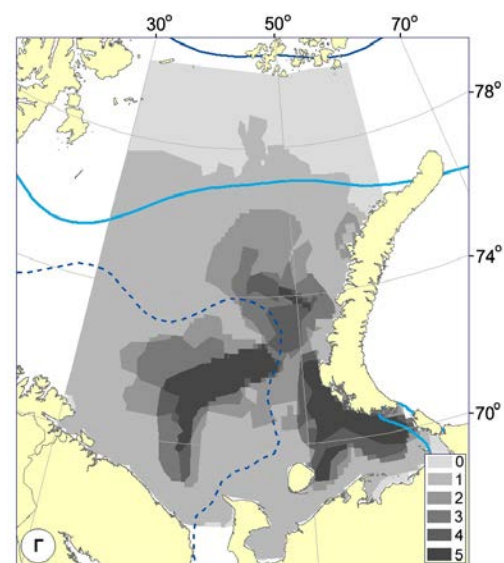


Рис. 1. Окончание

В

Г

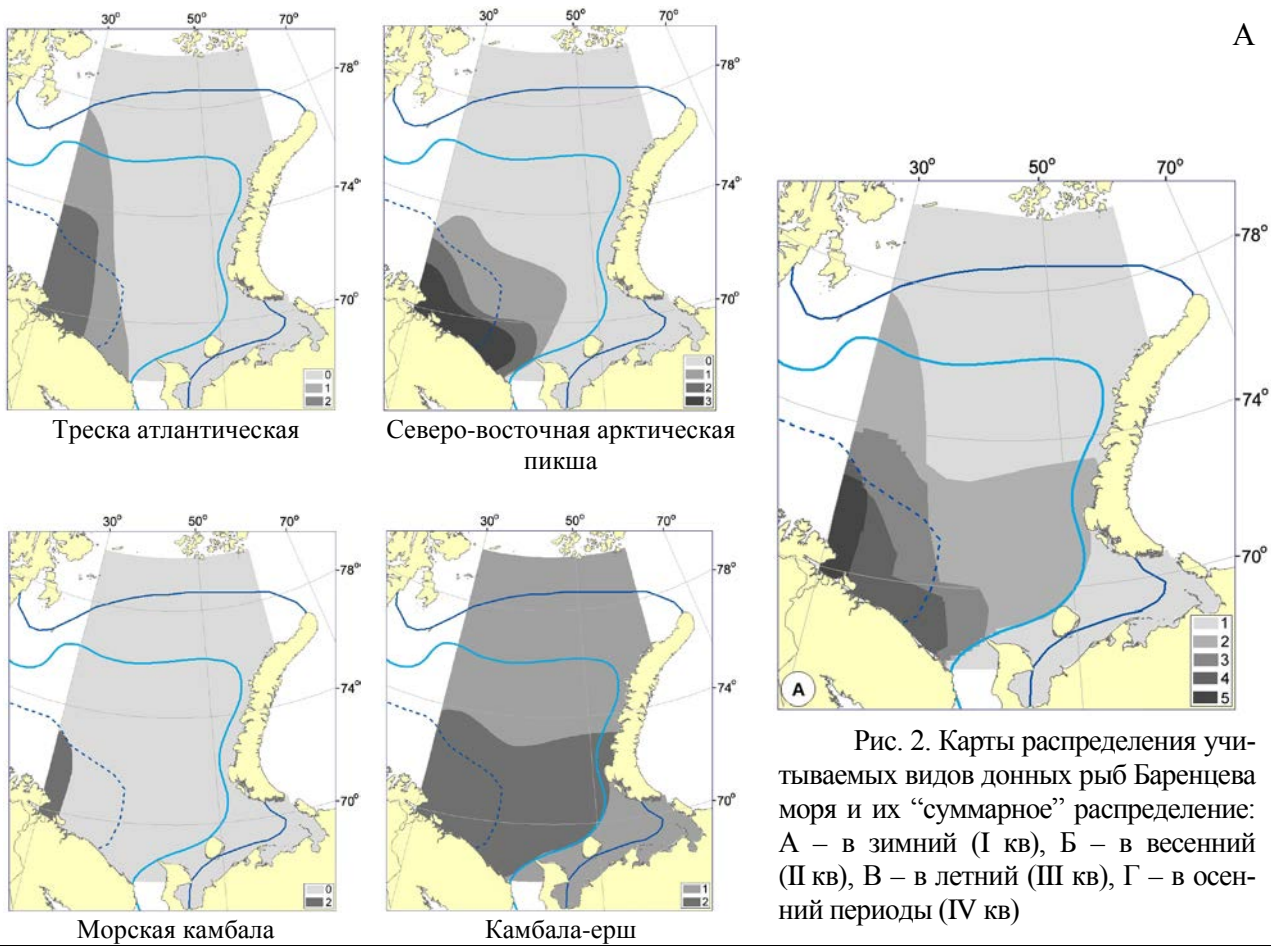


Рис. 2. Карты распределения учитываемых видов донных рыб Баренцева моря и их “суммарное” распределение: А – в зимний (I кв), Б – в весенний (II кв), В – в летний (III кв), Г – в осенний периоды (IV кв)

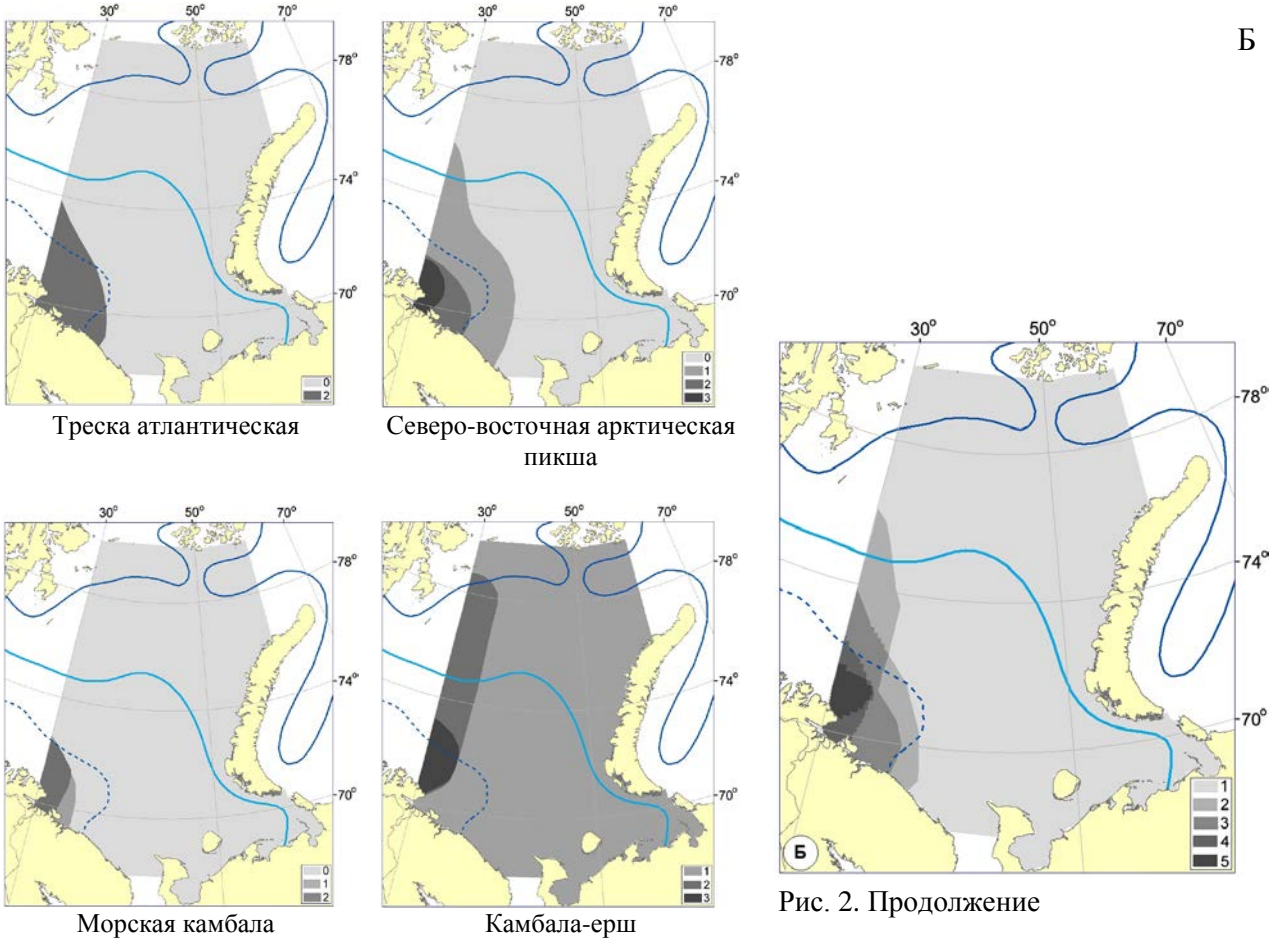
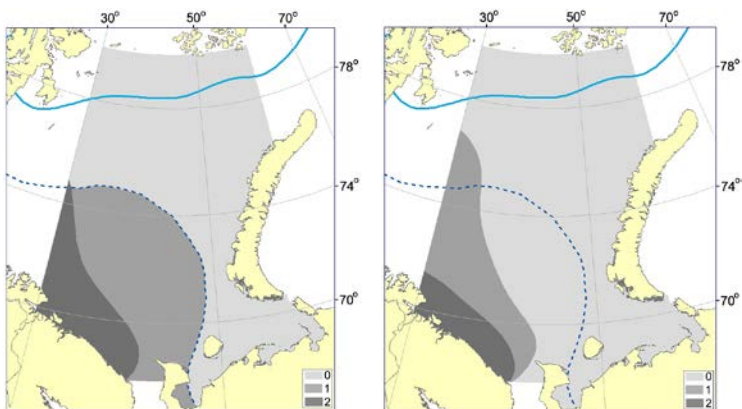


Рис. 2. Продолжение

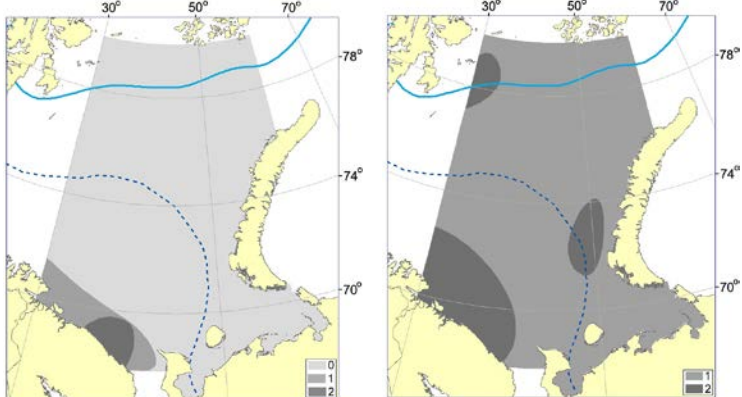


В



Треска атлантическая

Северо-восточная арктическая  
пикша



Морская камбала

Камбала-ерш

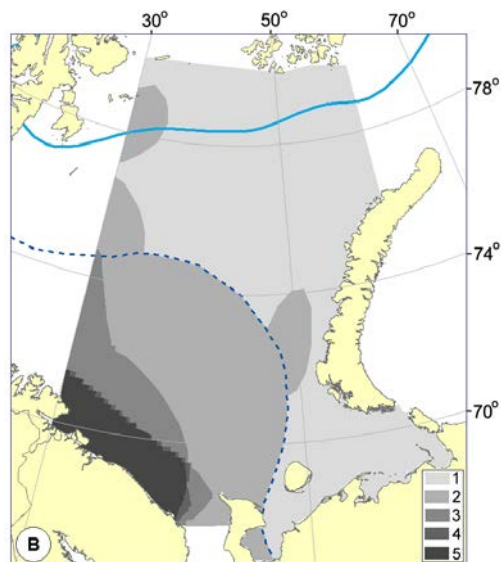
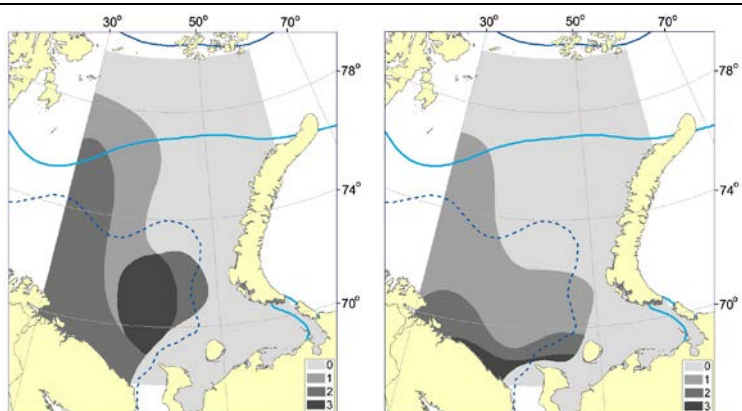


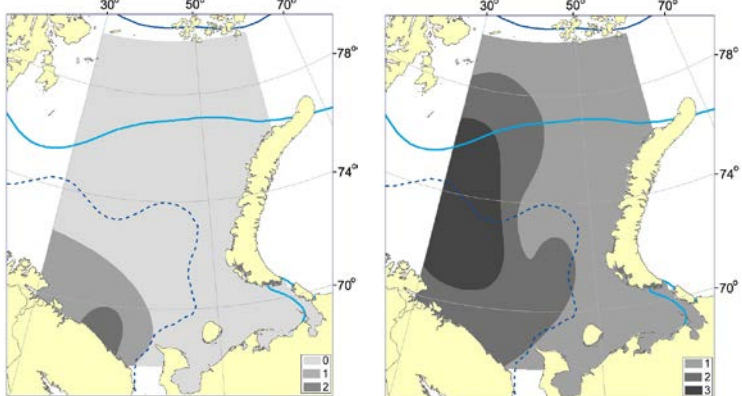
Рис. 2. Продолжение

Г



Треска атлантическая

Северо-восточная арктическая  
пикша



Морская камбала

Камбала-ерш

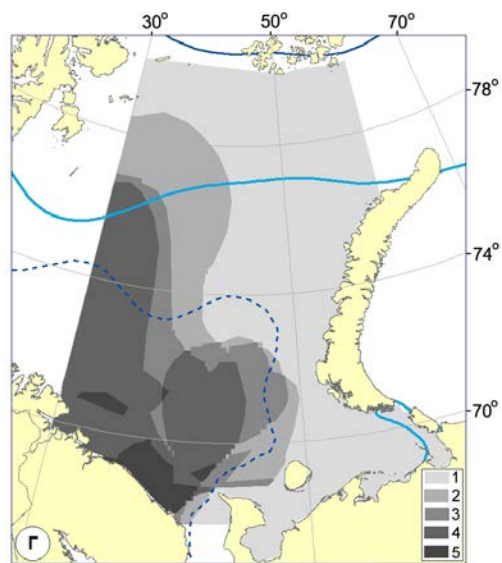


Рис. 2. Окончание

Б

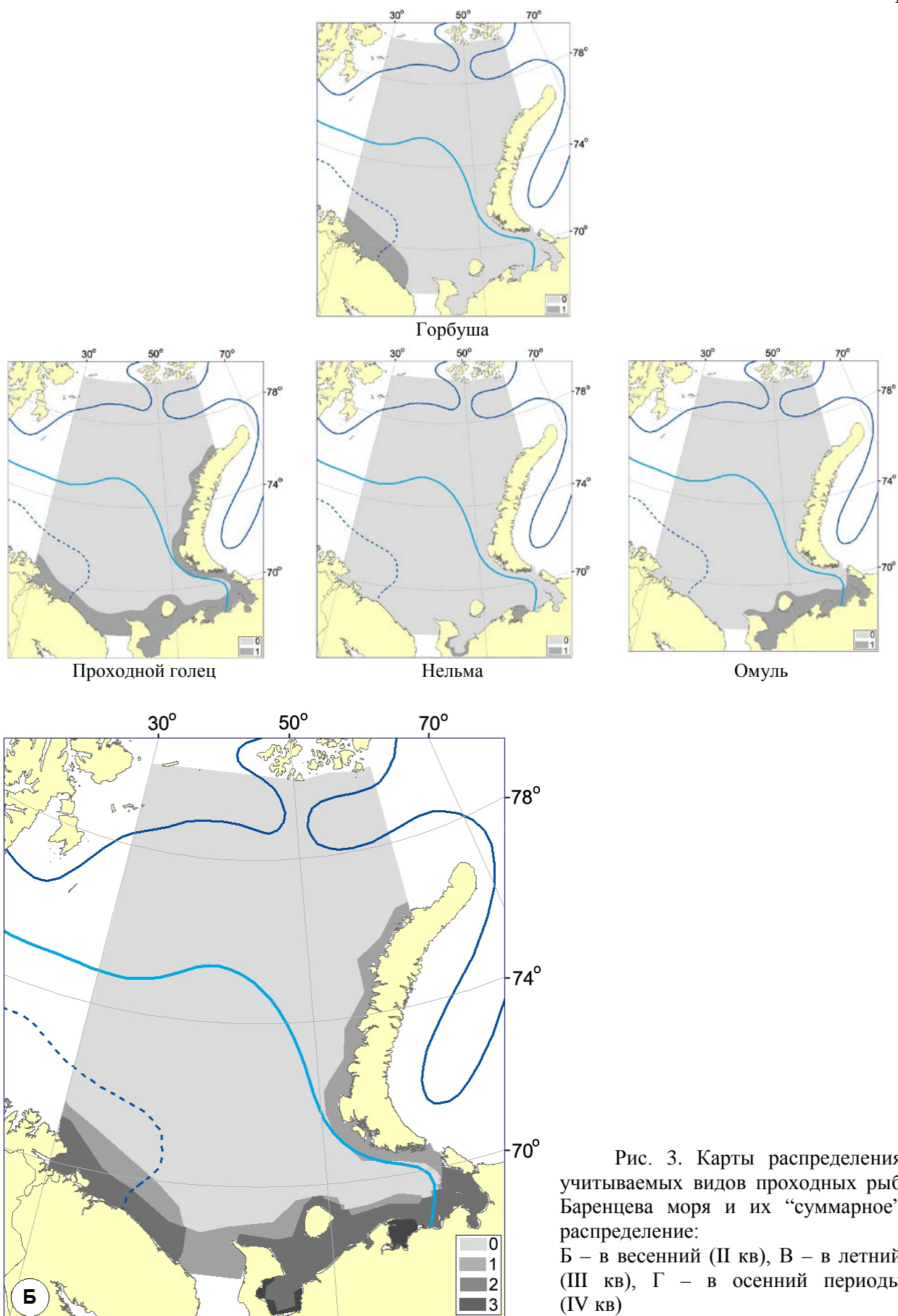


Рис. 3. Карты распределения учитываемых видов проходных рыб Баренцева моря и их “суммарное” распределение:  
 Б – в весенний (II кв), В – в летний (III кв), Г – в осенний периоды (IV кв)

В

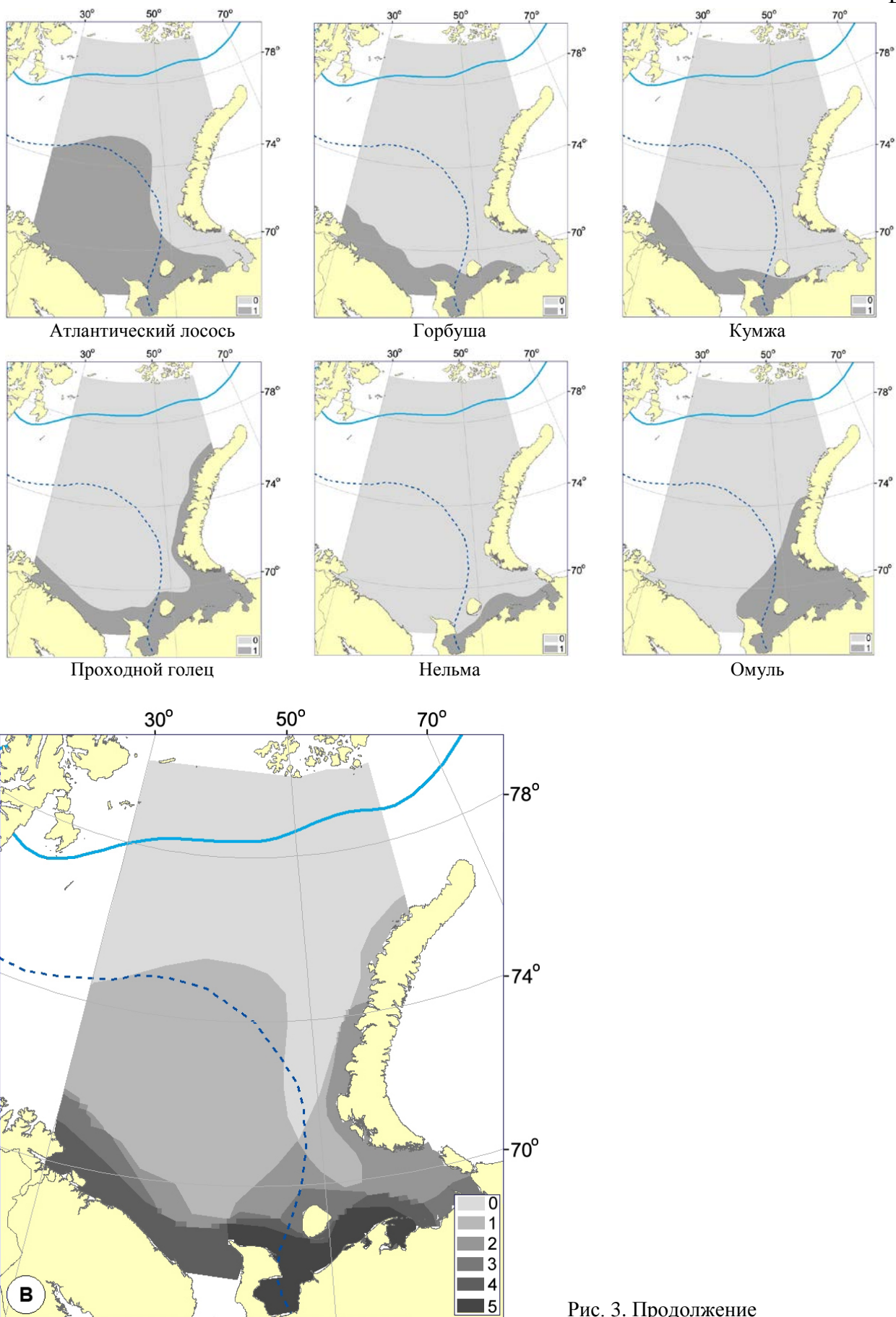


Рис. 3. Продолжение

Г

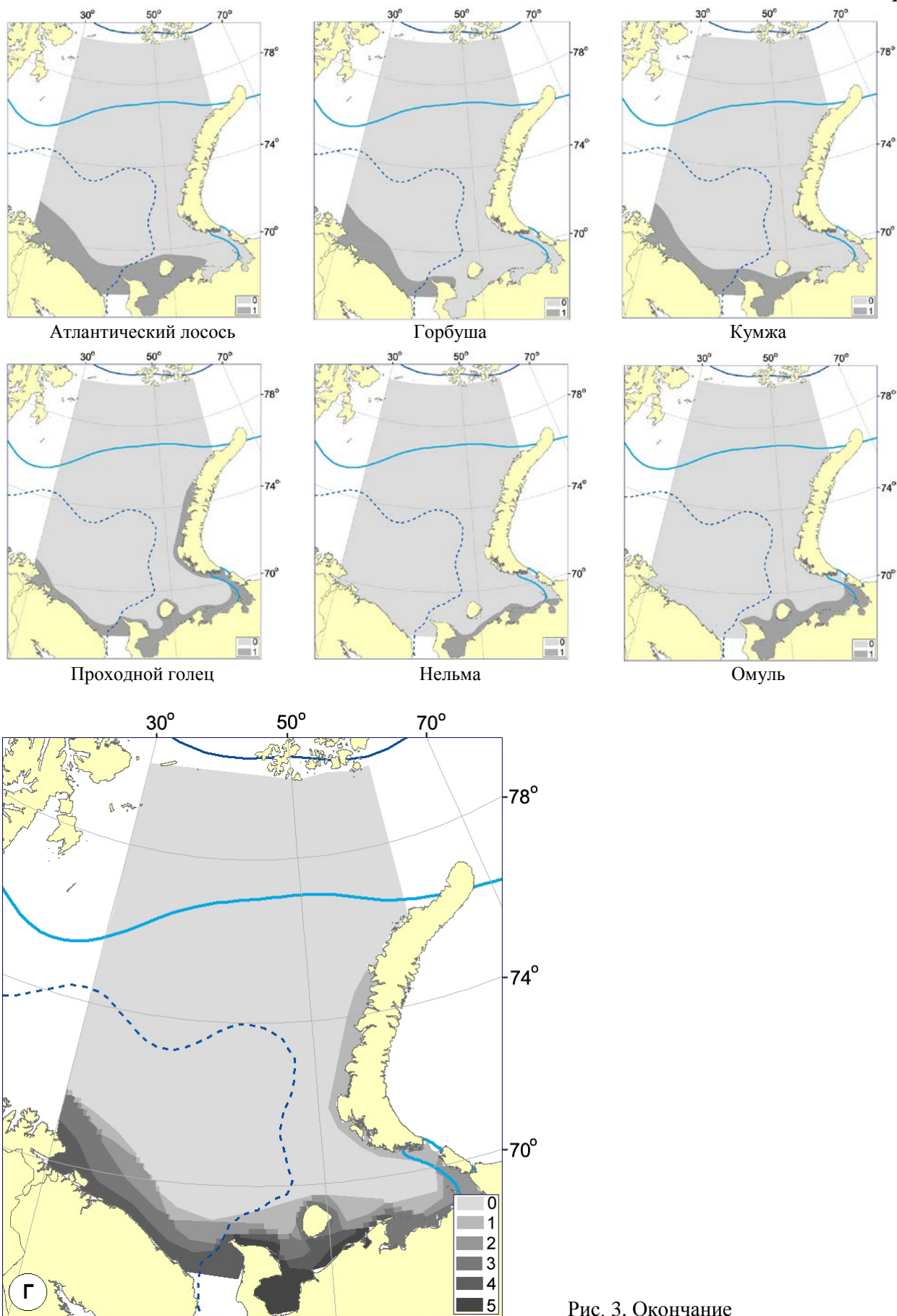


Рис. 3. Окончание

Таблица 1  
Сезонное ранжирование биомассы основных морских видов рыб Баренцева моря

Вид	Единицы измерения	Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3
Треска	кг/час траления	<100	100–500	>500
Пикша	кг/час траления	<100	100–250	>250
Сайка	т/час траления	<5	5–20	>20
Мойва	т/час траления	<7	7–30	>30
Сельдь атлантическая	кг/час траления	<100	100–1000	>1000
Сельдь чешско-печорская	кг/час траления	<100	100–1000	>1000
Морская камбала	кг/час траления	<50	50–100	>100
Камбала-ерш	кг/час траления	<30	30–100	>100

Таблица 2  
Сезонное ранжирование проходных видов рыб по встречаемости

Вид	Ранг	Характеристика встречаемости
Атлантический лосось (семга)	1	Районы рассредоточения, эпизодической встречаемости – второстепенные пути миграции, обширные районы нагула
	2	Районы с высокой концентрацией на основных путях миграции, в постоянных районах нагула
	3	Районы с максимальной концентрацией – устья рек, важнейшие пути миграции.
Горбуша	1	Районы рассредоточения, эпизодической встречаемости – второстепенные пути миграции, обширные районы нагула
	2	Районы с высокой концентрацией на основных путях миграции, в постоянных районах нагула
	3	Районы с максимальной концентрацией – устья рек, важнейшие пути миграции.
Кумжа	1	Районы кратковременных нагульных миграций
	2	Постоянные прибрежные районы нагула
Голец проходной	2	Прибрежные районы нагула гольца Кольского полуострова
	3	Прибрежные районы нагула новоземельского гольца
Нельма	2	Удаленные районы нагула
	3	Места высокой концентрации
Омуль	1	Прибрежные районы нагула с невысокой концентрацией
	2	Районы повышенной концентрации
	3	Места высокой концентрации молоди и производителей при катадромной и анадромной миграциях, нагуле в приустьевой зоне

**Период пребывания в море проходных видов рыб**

Вид	Стадия развития в морской период жизни
Семга <i>Salmo salar</i> L.	Постсмолты. Июнь–октябрь
	Производители. Апрель–ноябрь
Горбуша <i>Oncorhynchus gorbusha</i> (Walbaum)	Молодь. Август–октябрь
	Май–август
Кумжа <i>Salmo trutta</i> L.	Май–сентябрь
Голец <i>Salvelinus alpinus</i> L.	Май–сентябрь
Нельма <i>Stenodus leucichtys nelma</i> (Pallas)	Апрель–октябрь
Омуль <i>Coregonus autumnalis</i> (Pallas)	Ноябрь–июнь

**ПРИЛОЖЕНИЕ II. МОРСКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**

[по материалам отчета ПИНРО (Расчет..., 2006)]

А

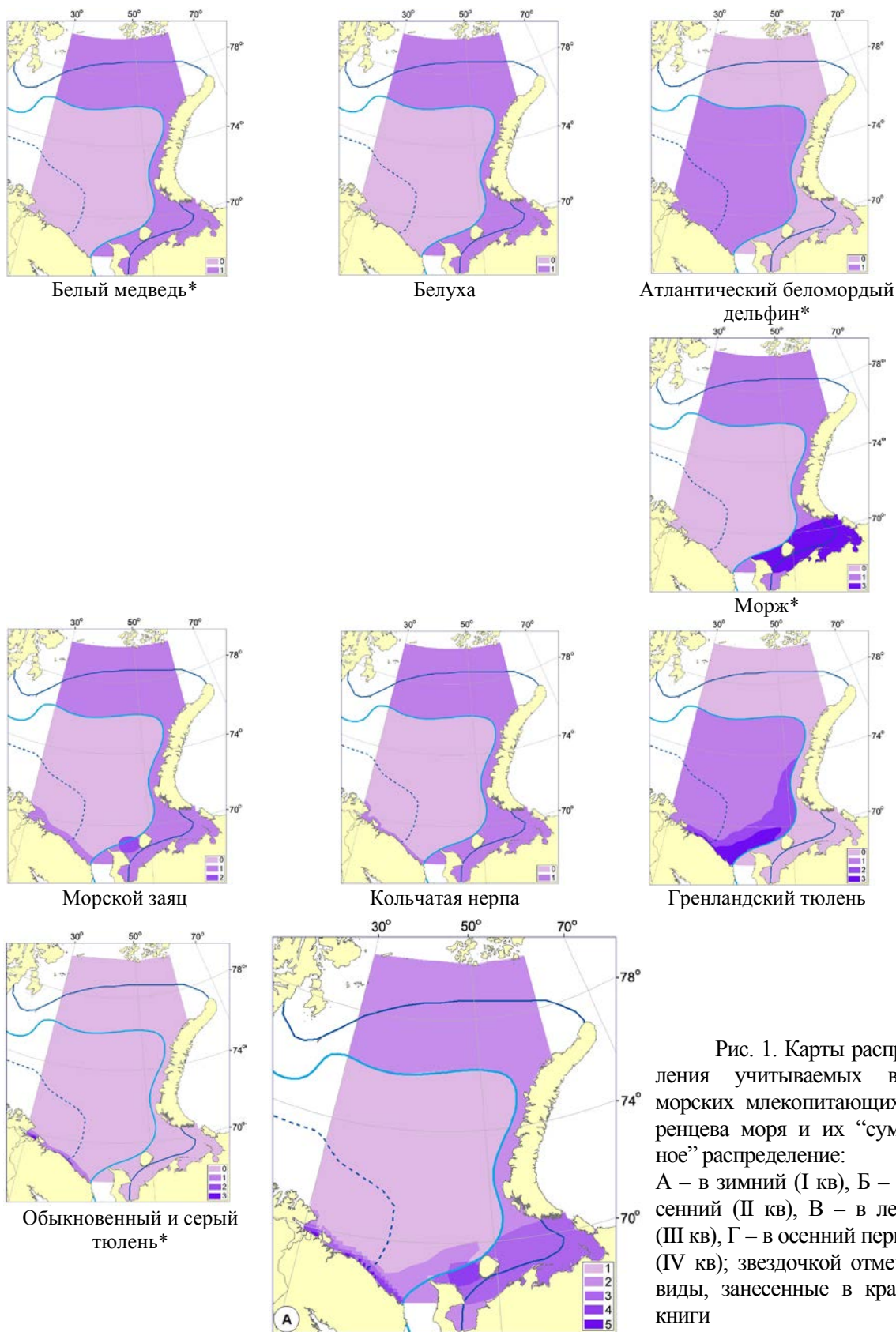


Рис. 1. Карты распределения учитываемых видов морских млекопитающих Баренцева моря и их “суммарное” распределение: А – в зимний (I кв), Б – в весенний (II кв), В – в летний (III кв), Г – в осенний периоды (IV кв); звездочкой отмечены виды, занесенные в красные книги

Б

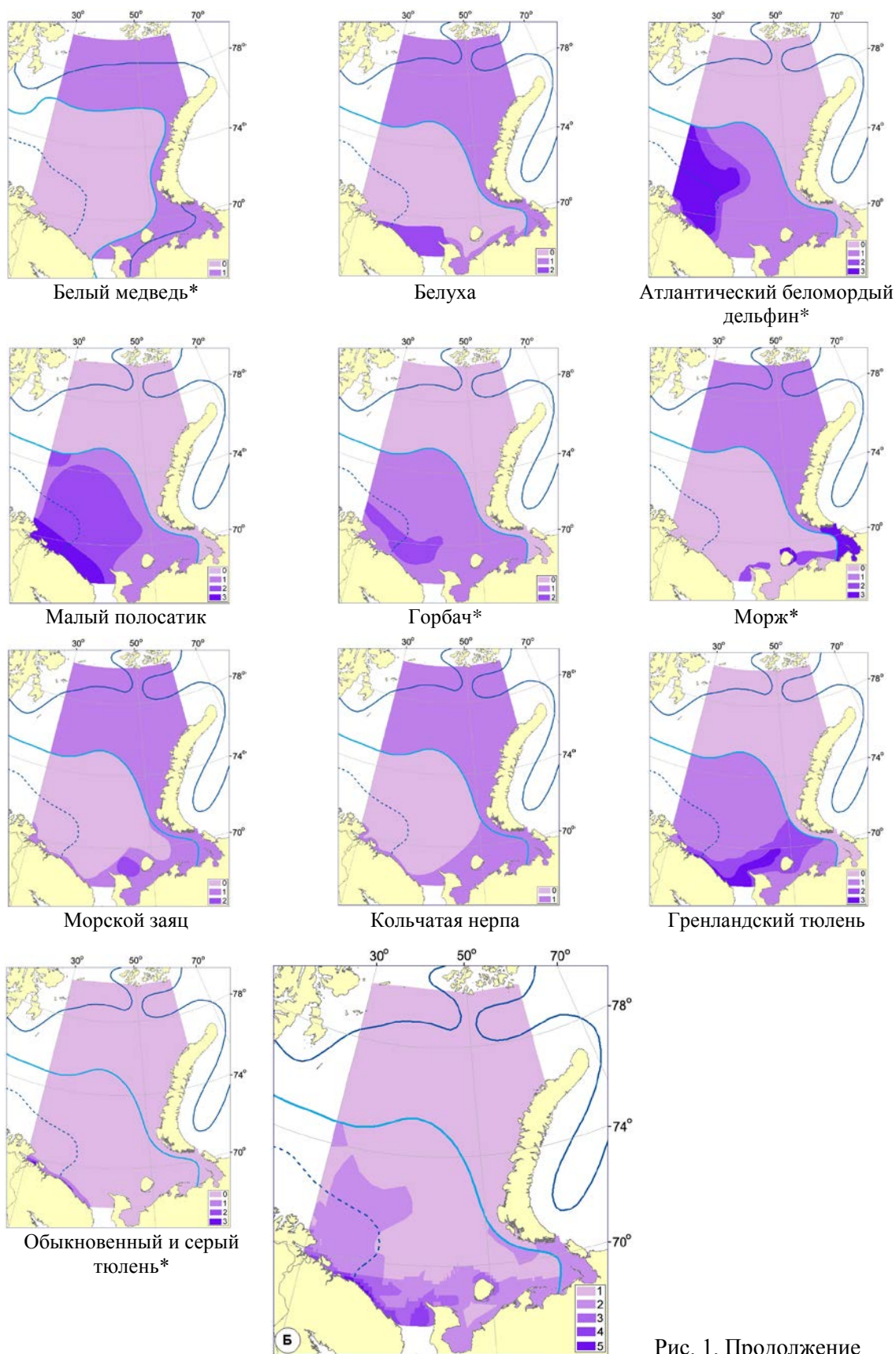
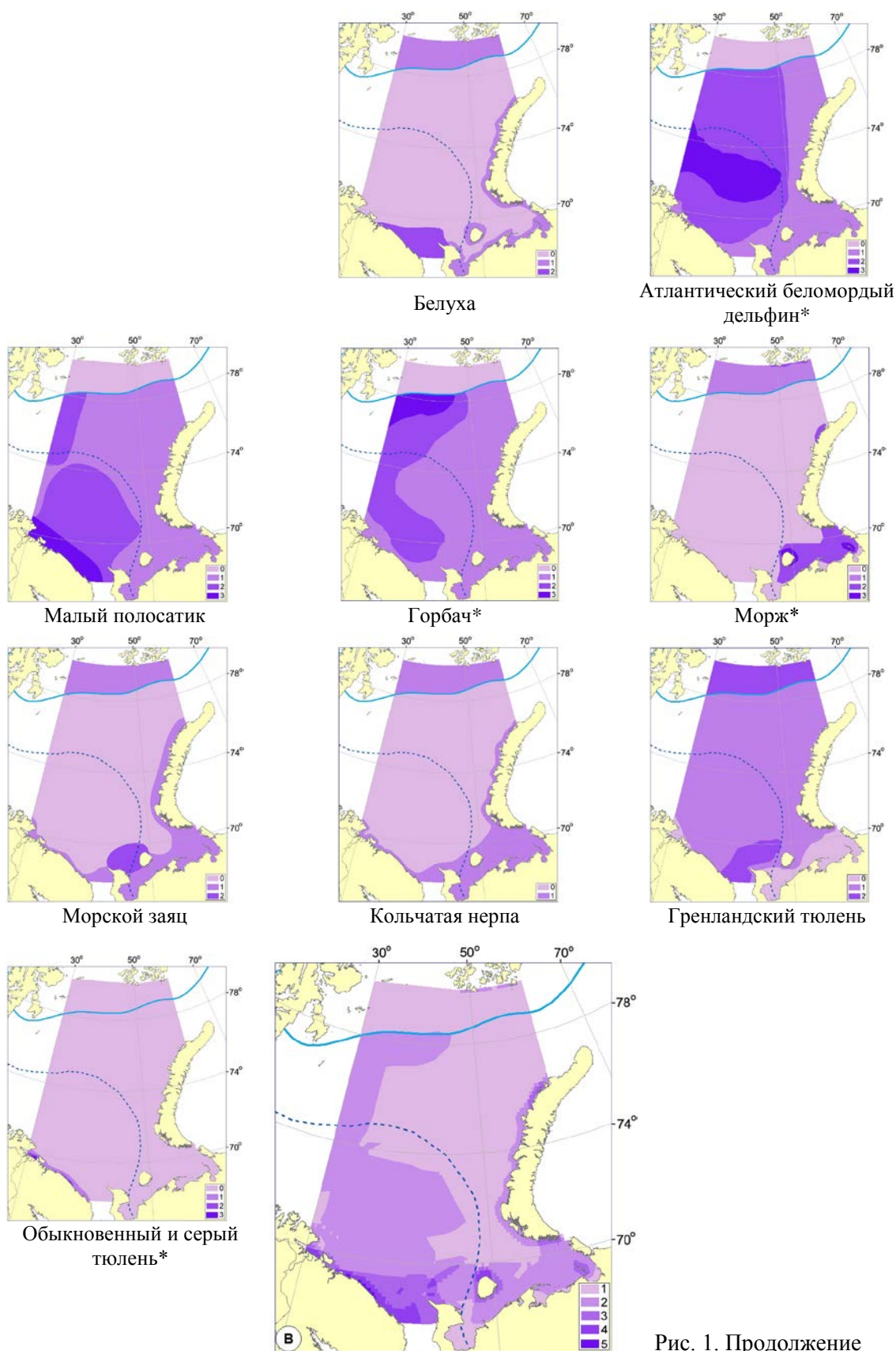


Рис. 1. Продолжение



В



Г

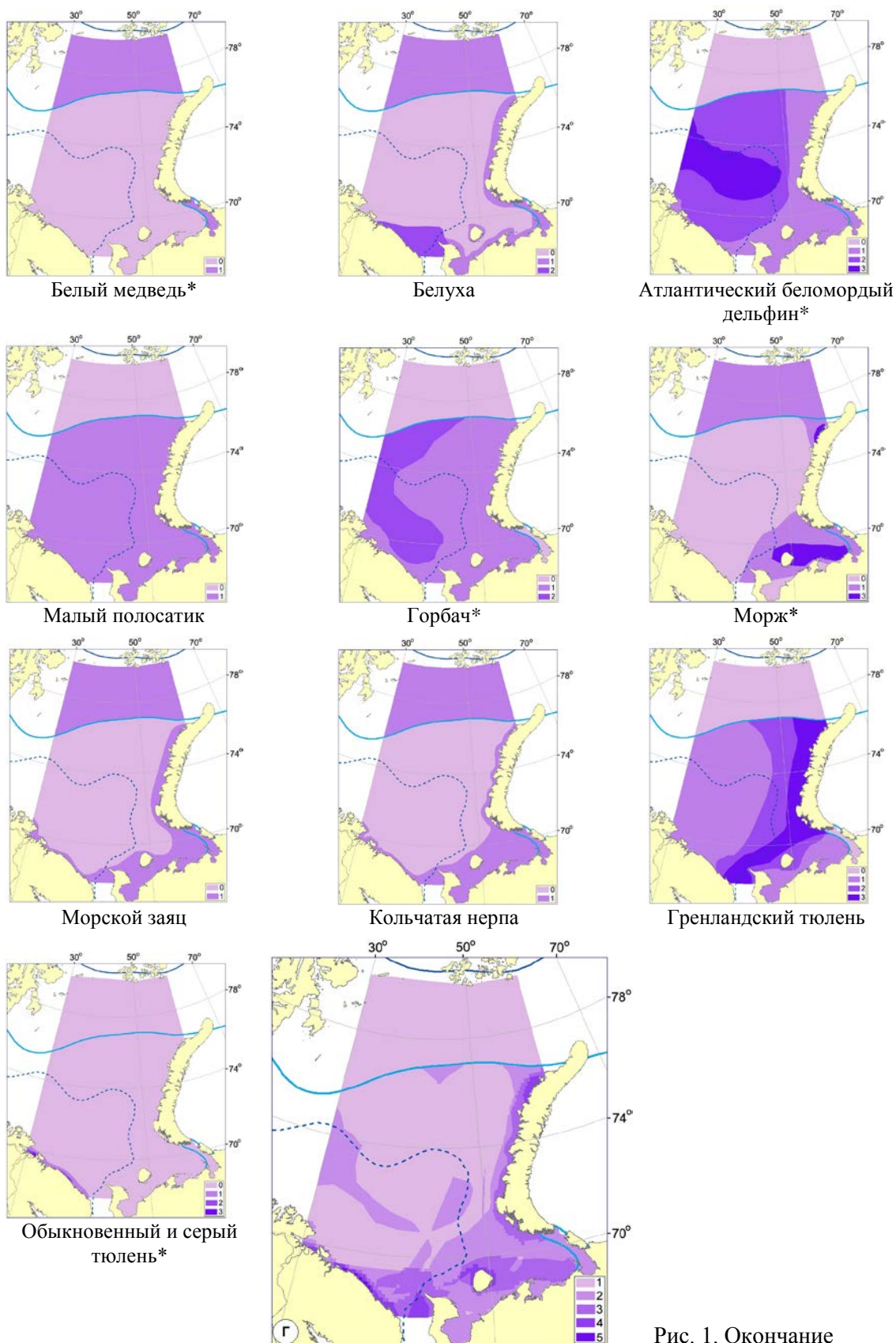


Рис. 1. Окончание

**ПРИЛОЖЕНИЕ III. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КАРТ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ УЯЗВИМОСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

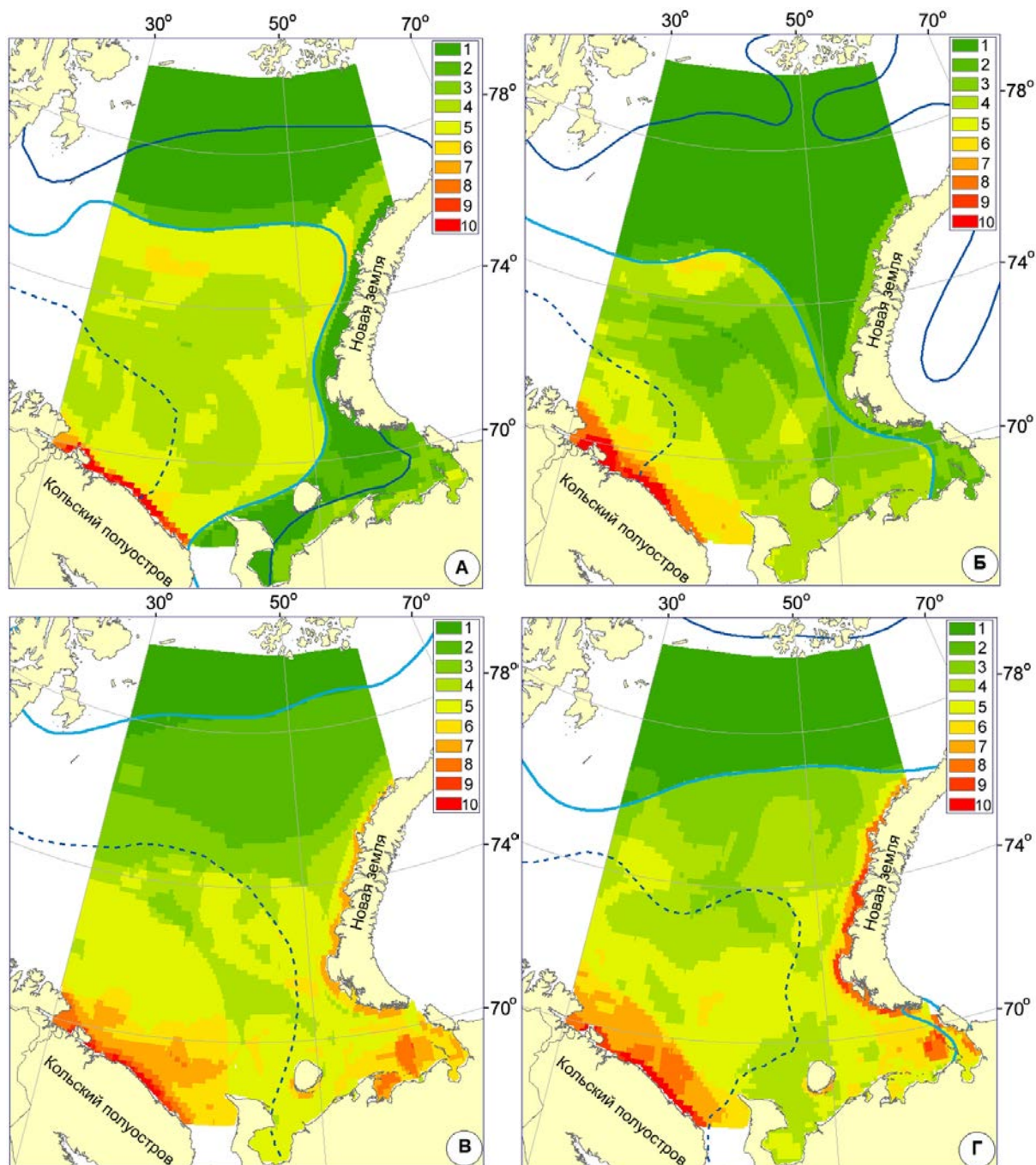


Рис. 1. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря без учета сезонных количественных различий в распределении биоты:  
 А – зима (I кв.); Б – весна (II кв.); В – лето (III кв.); Г – осень (IV кв.). Распределение представлено для 10 рангов. Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1): фито-, зоо-, иктиопланктона, зообентоса, рыб, морских млекопитающих, птиц. Использовались коэффициенты табл. 10.1, сезонные нормированные коэффициенты не использовались (размер ячейки карты – 0.13°)

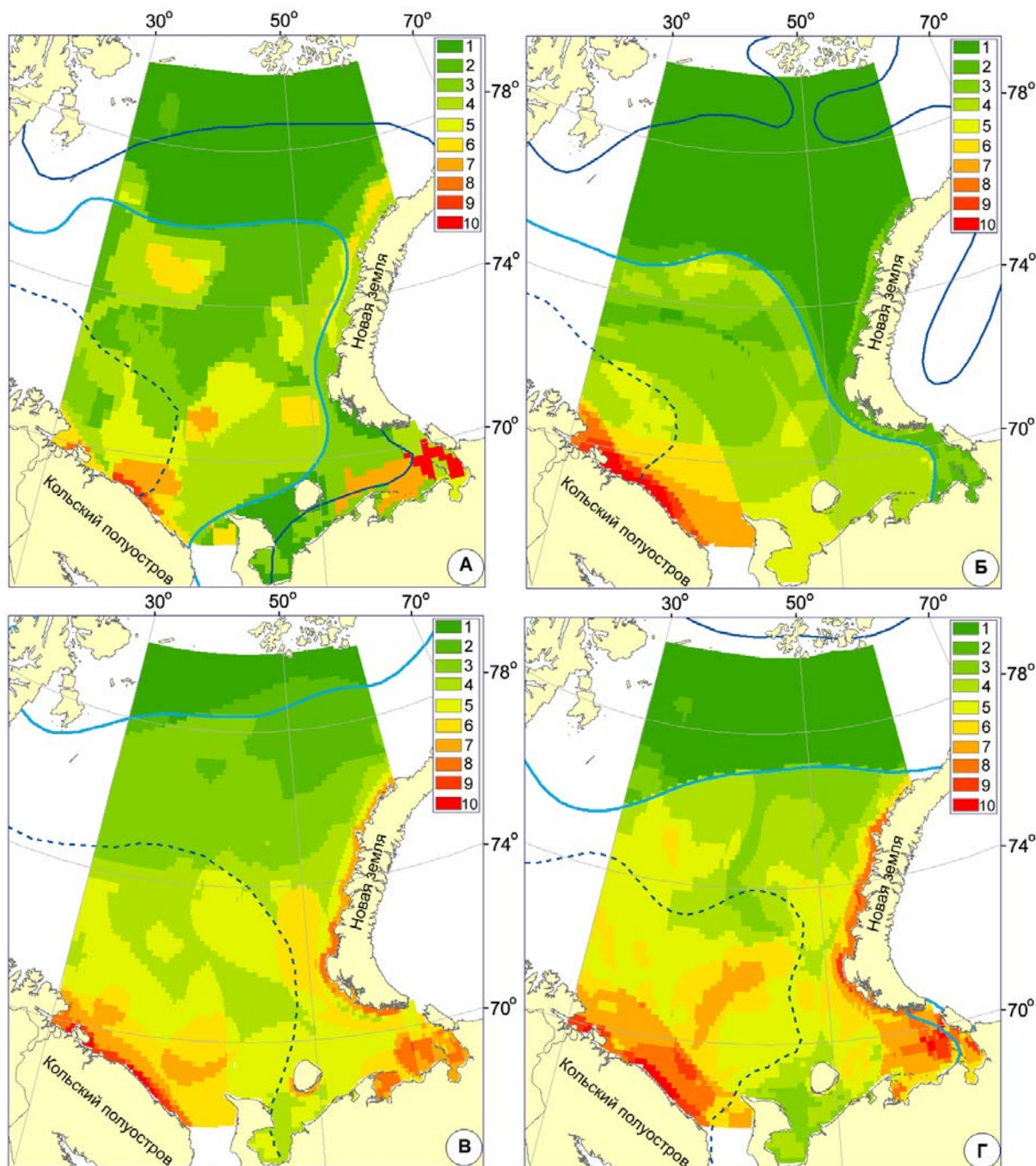


Рис. 2. Карты “относительной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом сезонных количественных различий в распределении биоты:  
 А – зима (I кв.); Б – весна (II кв.); В – лето (III кв.); Г – осень (IV кв.). Распределение представлено для 10 рангов. Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1): фито-, зоо-, иктиопланктона, зообентоса, рыб, морских млекопитающих, птиц. Использовались коэффициенты табл. 10.5, включающие сезонные нормированные коэффициенты (размер ячейки карты – 0.13°)

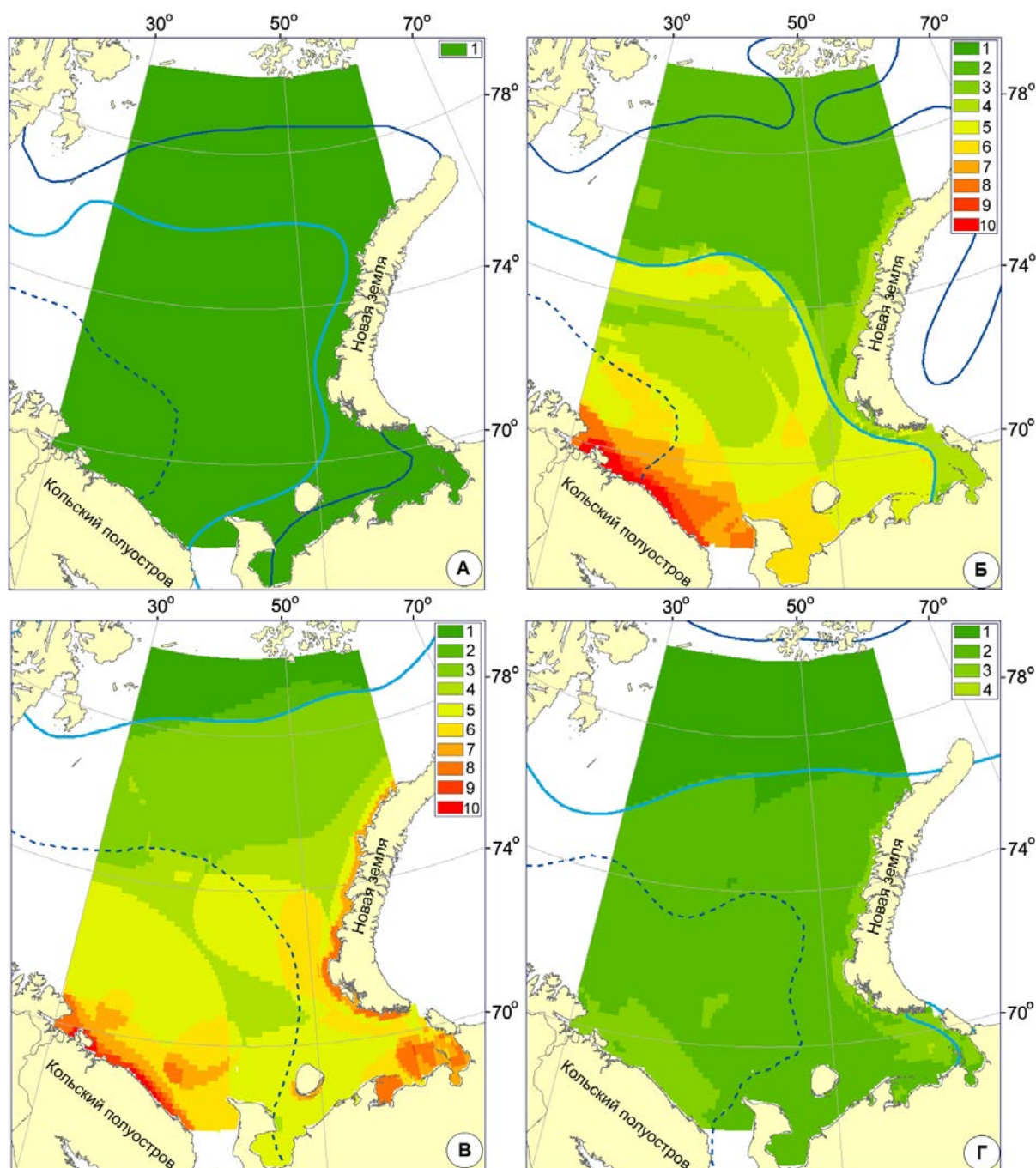


Рис. 3. Карты “абсолютной” интегральной уязвимости Баренцева моря с учетом сезонных количественных различий в распределении биоты:

А – зима (I кв.); Б – весна (II кв.); В – лето (III кв.); Г – осень (IV кв.). Распределение представлено для 10 рангов. Учтено исходное распределение семи компонентов экосистемы (см. формулу 10.1): фито-, зоо-, ихтиопланктона, зообентоса, рыб, морских млекопитающих, птиц. Для всех сезонов приняты равные равномерные интервалы значений шкалы ранжирования интегральной уязвимости Баренцева моря в диапазоне минимальное значение (для зимы) – максимальное значение (для лета). Использовались коэффициенты табл. 10.5, включающие сезонные нормированные коэффициенты (размер ячейки карты – 0.13°)

Научное издание

**Шавыкин Анатолий Александрович**  
**Ильин Геннадий Васильевич**

**ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ УЯЗВИМОСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ  
ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Редактор *С.В. Тимофеева*

Подготовка рисунков к печати *П.С. Ващенко, А.Н. Карнатов*

Оформление макета *А.Н. Карнатов*

Подписано к печати 08.06.2010  
Формат 60x90/16. Гарнитура Таймс  
Печать офсетная  
Усл. печ. л. 6,87. Усл.-изд. л. 5  
Тираж 50 экз. Заказ № 448.

Отпечатано в Мурманской полиграфической компании  
Мурманск, ул. Новое Плато, 1