ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/266738704

The integral sensitivity of marine ecosystems to oil pollution

Conference Paper · December 2003

DOI: 10.13140/2.1.5006.0808

CITATIONS
0

READS
89

2 authors:

Vladimir Pogrebov
JSC Ecoproject, St. Petersburg / ЗАО ЭКОП…
219 PUBLICATIONS **82** CITATIONS

SEE PROFILE

Andrey Puzachenko
Institute of Geography
136 PUBLICATIONS **602** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project

Distribution and diversity of Eurasian mammoth in the Late Pleistocene and Holocene View project

All content following this page was uploaded by Andrey Puzachenko on 12 October 2014.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Санкт-Петербургский государственный университет
кафедра ихтиологии и гидробиологии

МАТЕРИАЛЫ
V научного семинара
«Чтения памяти К.М.Дерюгина»

Санкт-Петербург
2003

Санкт-Петербургский государственный университет
кафедра ихтиологии и гидробиологии

МАТЕРИАЛЫ
V научного семинара
«Чтения памяти К.М.Дерюгина»

Materials of V-th scientific workshop
"Reading in memoriam of K.M. Derjugin"
Sankt-Peterburg - 2003

Санкт-Петербург
2003

В сборнике приведены материалы 5-го ежегодного научного семинара «Чтения памяти К.М.Дерюгина», который прошел на кафедре ихтиологии и гидробиологии СПбГУ 6 декабря 2002 года.

Книга представляет интерес для гидробиологов, экологов, зоологов и специалистов по истории науки.

Редактор: И.А.Стогов

© Кафедра ихтиологии и гидробиологии
Санкт-Петербургского государственного университета, 2003

Кафедра ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского университета была создана в 1929 году. Это явилось результатом организаторской и научно-педагогической деятельности выдающегося зоолога, гидробиолога, океанолога и зоогеографа, профессора Константина Михайловича Дерюгина. Его экспедиции и монографии по Кольскому заливу, Баренцеву и Белому морям, Невской губе и Финскому заливу, реликтовому озеру Могильному являются блестящим образцом комплексных гидробиологических исследований и по сей день не утратили актуальности.

С 1998 г. в Петербургском университете проводятся уже ставшие традиционными чтения его памяти, в которых принимают участие как специалисты крупнейших научных центров, так и начинающие ученые – студенты и аспиранты нашей кафедры. Предлагаемый вашему вниманию сборник содержит материалы 5-го ежегодного научного семинара «Чтения памяти К.М.Дерюгина», который прошел на кафедре ихтиологии и гидробиологии СПбГУ 6 декабря 2003 года.

Н.В.Максимович, И.А.Стогов

Содержание

В.Б Погребов, А.Ю. Пузаченко……..... 5
Интегральная чувствительность морских экосистем
к нефтяному загрязнению

Н.В.Максимович…… 23
О концепции понятия поселение в экологии морского
бентоса

Н.А.Иванова…….. 45
Суточная динамика вертикального распределения
зоопланктонных организмов в эстуарии реки Кереть
(Кандалакшский залив, Белое море)

Н.В.Динкелакер…… 70
Сезонная динамика фитомассы и фотосинтетических
характеристик макрофитов малых озер Северо-Запада

П.А.Гуричев, С.Ю.Анацкий, И.Ю.Белоусов……... 85
Структура и динамика нагульного стада
проходного сига Керетской губы (Белое море)

The integral sensitivity of marine ecosystems to oil pollution

Интегральная чувствительность морских экосистем к нефтяному загрязнению

V.B. Pogrebov & A. Yu. Puzachenko

В.Б.Погребов, А.Ю.Пузаченко

(Агентство экологического консалтинга
и природоохранного проектирования «ЭКОПРОЕКТ»)

Сравнительная оценка экологической чувствительности различных групп организмов к антропогенному воздействию требует согласования взглядов отдельных ученых, что осуществить не всегда просто. Авторами в ходе работы над проектами по экологическому сопровождению строительства портов в Балтийском и Баренцевом морях, разработки нефтяных месторождений на шельфе Печорского, Черного и Каспийского морей, интенсификации судоходства по Северному морскому пути и других, при консультации с ведущими экологами ряда научных институтов Москвы и Санкт-Петербурга разработана оригинальная методика интегральной оценки уязвимости морской и прибрежной биоты к различным видам антропогенного воздействия (в первую очередь – к аварийным разливам нефти; Погребов и др., 1999; Погребов, Пузаченко, 2000; Pogrebov, Puzachenko, 2001). В ходе содержательного анализа результатов, полученных к настоящему времени, одним из авторов настоящей публикации были отмечены некоторые закономерности изменения сезонной экологической чувствительности акваторий к антропогенному воздействию в широтном направлении. Количественное исследование этих закономерностей и стало основной задачей настоящей работы.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили биологические данные, характеризующие сезонное распределение важнейших компонентов морских экосистем ряда акваторий, подготовленные в виде соответствующих карт-схем ведущими специалистами России, Казахстана и Азербайджана (см. ниже). Объектами оценивания являлись бактерио-, фито- и зоопланктон, бактерио-, фито- и зообентос, виды рыб, птиц и морских млекопитающих. Картируемыми показателями обычно служили численность, биомасса и другие продукционные

характеристики (например, содержание хлорофилла «а» для фитопланктона), места концентраций и миграционные пути массовых видов, ареалы обитания редких видов, участки с интенсивным рыбным промыслом и т.п. В число рассмотренных вошли районы Баренцева, Белого, Балтийского, Черного и Каспийского морей общей площадью 714.3 тыс. км^2, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Акватории, рассмотренные в ходе оценки сезонных изменений интегральной экологической уязвимости к нефтяным разливам.

Акватория	Площадь, тыс. км^2	Характер воздействующей нефти	Условное обозначение варианта
Южная часть Баренцева моря	391.6	Пленочная	Br-P
Печорское море	157.0	Пленочная	Pe-P
Белое море	55.5	Пленочная	Wh-P
Финский залив Балтийского моря	11.2	Пленочная Эмульгированная	Fn-P Fn-E
Район пролива Бьеркезунд Балтийского моря	0.1	Пленочная Эмульгированная	Bj-P Bj-E
Балтийское прибрежье Калининградской области	8.9	Пленочная Эмульгированная	Ka-P Ka-E
Северо-восточная часть Черного моря	8.7	Пленочная	Bl-P
Казахстанский сектор Северного Каспия	50.1	Пленочная	Kz-P
Азербайджанский сектор Южного Каспия	31.2	Пленочная	Az-P

Разрабатывая методику, под экологической уязвимостью организмов к антропогенному воздействию мы понимали совокупность биологических особенностей отдельных видов или групп растений и животных, которые зависят от их чувствительности к видам воздействия и способности восстанавливать исходное обилие и структуру популяций по окончании воздействия. При этом полагалось, что экологическая уязвимость акватории на рассматриваемый период определяется пребыванием на ней групп организмов с различной уязвимостью и их обилием. Количественная оценка этого показателя изменяется во времени и пространстве в соответствии с естественной динамикой состава, обилия и структурой морских экосистем.

Разработанная методика практически использована для:

оценки уязвимости морских акваторий и прибрежных территорий к операциям, связанным с освоением шельфовых месторождений нефти;

получения информации для оценки экологического риска при выборе вариантов геофизических исследований, транспортировки буровых установок (платформ), их размещения, а также размещения морских трубопроводов, терминалов, береговых баз с емкостями для складирования нефтепродуктов, маршрутов танкерной транспортировки нефти и т.п.;

обоснования и планирования мероприятий по предотвращению и ликвидации аварийных разливов нефти и их последствий.

Применение разработанной методики и интерпретации получаемых оценок уязвимости акваторий к нефтяному загрязнению имеют ряд ограничений:

1.Результат оценивания не учитывает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

2.Разработанный подход ориентирован, главным образом, на конкретные виды воздействия и, в первую очередь - на аварийные разливы нефти. В последнем случае методика учитывает эффекты воздействия загрязнения только на те организмы, которые непосредственно контактируют с нефтяным пятном и для оценки последствий хронического загрязнения моря нефтью и другими загрязняющими веществами нуждается в доработке.

3.Результат оценивания не учитывает экономические потери, которые могут явиться следствием операций, связанных с разработкой шельфовых месторождений нефти. В частности, при оценке ущербов рыболовству требуется более детальная информация за годы, предшествующие оценке, и знание перспективных планов развития рыболовства в рассматриваемых районах.

4.Для оценки долгосрочных последствий загрязнения моря нефтью или продуктами ее переработки необходимо рассмотрение альтернатив по ликвидации аварийных разливов, знание закономерностей деструкции нефти в конкретных районах и учет особенностей ее воздействия на морские экосистемы конкретной акватории.

Основные гипотезы и предположения, положенные в основу разработанной методики, состоят в следующем. Классификация биоресурсов и отбор биологических объектов для включения в процесс оценки уязвимости базируется на приоритетах, сложившихся в мировой науке и практике оценки воздействия на окружающую среду. В числе прочих они включают в себя соображения:

о роли этих групп организмов в трофических цепях морских экосистем,

о величине чувствительности к различным видам антропогенных воздействий,

о значимости отдельных видов для сохранения биологического разнообразия (эндемизм, включение в Красные книги различного ранга) и экономики региона (промысловые виды),

о социальной (общественной, культурной) значимости объектов и интересе к ним со стороны общественности, обеспокоенной состоянием окружающей среды (не секрет, что фотографии и видеофильмы с кадрами птиц и млекопитающих, погибших вследствие нефтяных разливов, оказывают на аудиторию более сильное эмоциональное воздействие, чем аналогичные кадры с планктонными и бентосными беспозвоночными).

Обоснованием для ранжирования основных компонентов морских экосистем по степени уязвимости к воздействиям, возникающим при проведении операций, связанных с разработкой шельфовых месторождений нефти являлись:

общепринятые, но часто не формализованные положения об относительной чувствительности к ним организмов планктона, бентоса, рыб, морских птиц и млекопитающих (Sensitivity…, 1996);

литературные данные, характеризующие отклик отдельных групп морских организмов на различные воздействия, их чувствительность и восстановительный потенциал на суборганизменном, организменном, популяционно-видовом и биоценотическом уровнях (Gray, Brattegard, 1979; Aquatic…, 1995; Larsen et al, 1995; Патин, 1997; Thomassen et al., 1999);

собственный опыт участия авторов в ряде международных проектов (программа INSROP и другие), проведении ОВОС и

близких к ним исследований мониторингового характера (Pogrebov, 1994; Погребов, Чивилев, 1995; Погребов и др., 1996, 2000; Kiyko, Pogrebov, 1997; Погребов, Кийко, 1997, 2001; Погребов, Шилин, 2001). Сходные, но менее формализованные и не столь комплексные подходы к оценке уязвимости морских экосистем были использованы ранее (Brude et al, 1998; Thomassen et al., 1999).

В разработанной методике уязвимость акватории и побережья моря к различным техногенным операциям и их последствиям определяется различной встречаемостью на них организмов и их уязвимостью к тем или иным воздействиям. Отнесение видов к той или ной категории уязвимости (см. табл. 2) базируется на результатах разработок, перечисленных выше.

Таблица 2. Относительная уязвимость различных компонентов экосистем к основным видам воздействий, связанных с освоением шельфовых месторождений нефти (Погребов и др., 1999; с дополнениями).

Компонент экосистемы	Коэффициент относительной уязвимости				
	Воздействие пневмо-источников	Увеличение количества взвеси в воде	Дампинг грунта	Нефтяная пленка	Эмульги-рованная нефть
Фитопланктон	1	3	1	1	3
Зоопланктон	2	4	1	2	4
Бентос	1	2	5	2	4
Ихтиопланктон	5	5	5	4	5
Взрослые рыбы	4	4	4	3	3
Птицы	2	3	3	5	3
Морские млекопитающие	3	2	2	5	3

Принятые оценки учитывают не только чувствительность организмов к воздействиям, но и тяжесть их последствий для популяций с учетом потенциала восстановления численности. Последний обусловлен особенностями экологии видов и репродуктивными возможностями, свойственными разным группам растений и животных. Методика предполагает возможность проведения дифференцированной оценки по биологическим сеонам года с учетом динамики изменения состава и структуры сообществ. Сроки начала, длительности и окончания биологических сезонов определяются по результатам анализа данных, характеризующих основные особенности жизненных циклов организмов, включая периоды

питания, размножения, воспитания молодняка, миграции, линьки и т.п. Качество, точность, детальность оценки уязвимости напрямую зависят от характера использованных данных. Тем не менее, результаты, полученные при разной степени качества исходных данных, оказываются семантически сравнимы, так как методика предполагает использование бальных оценочных шкал.

Общие требования методики к входным переменным состоят в следующем.

1.Информация по рассматриваемым компонентам морских экосистем должна быть не только достаточно полной, но и максимально приближенной ко времени оценивания (к составлению обзоров привлекались практически работающие специалисты-эксперты, обладающие не только фондовыми, но и собственными материалами, полученными за последние несколько лет).

2.Предпочтение отдается данным, выраженным в количественной форме. Особое внимание уделяется сезонной и многолетней динамике пространственно-временной организации биологических объектов (оценка естественной вариабельности). Наличие сезонной динамики состава морских биологических сообществ обусловливает необходимость проведения оценки, по крайней мере, для четырех временных периодов - весны, лета, осени и зимы (более дробное деление обычно ограничивается отсутствием необходимого фактического материала). В ходе описания сезонной динамики необходимо иметь ввиду, что большинство биологических сезонов не совпадает с календарными сроками и определяется особенностями жизненных циклов организмов. Некоторые организмы (планктон, часть популяций рыб, птиц и морских млекопитающих) остаются в акватории в течение всего года, что также принималось во внимание.

3.Оптимальной формой представления информации о регионе признано картирование, осуществляемое на основе ГИС технологии (в нашем случае - использование пакета программ MapInfo Corp). В качестве базовых использовались данные о пространственно-временном распределении организмов, представленные специалистами в виде отдельных карт, составленных посезонно для каждого вида или группы

организмов. Важным принципом картирования данных и методики в целом являлось стремление к максимально возможной формализации и стандартизации представления исходной информации и высокой наглядности результатов оценки без снижения ее научной достоверности.

При построении интегральных карт потенциальной экологической чувствительности конкретных акваторий порядок проведения расчетов в значительной мере определялся характером имеющейся информации. Карты, отражающие посезонное распространение видов и групп организмов, подвергали оцифровке и представляли в виде отдельных «слоев» в ГИС. После этого генерировалась регулярная сетка (грид), размеры ячеи которой определялись исходя из распределения площадей контуров, имеющихся на картах распространения видов, площади акватории для которой производилась оценка, ее потенциальной уязвимости и задач работы. При прочих равных условиях, размеры ячеек сетки примерно соответствовали размерам наименьшего из контуров на имеющихся картах распространения видов.

Для каждого контура слоя ГИС в отдельном поле таблицы записывали сведения о наличии объекта (присутствие / отсутствие) или показатели, характеризующие его обилие (плотность, биомассу, продукцию и т.п.). Далее производили наложение (оверлей) данных, содержащихся в отдельных картографических слоях, на регулярную сетку. В результате создавались новые «слои», количество которых было равно числу исходных карт распространения объектов с учетом в случае необходимости сезонного аспекта динамики. Для объектов, охарактеризованных количественно, информация кодировалась в соответствии с градацией легенд исходной карты (обычно использовалась 3-5-ти интервальная логарифмическая или реже линейная шкала). Качественные данные приводили к единой трехбалльной шкале. При этом использовали следующие градации: 0 - отсутствие объекта (минимальные значения показателя для объектов, распространенных по всей акватории), 1 - присутствие объекта (максимальные значение показателя для объектов, распространенных по всей акватории), 0.5 - объект присутствует в границах ячейки грида, но распространен не на

всей его площади. При совместном использовании качественных и количественных данных, последние также преобразовывались в значения трехбалльной шкалы. Это несколько снижало «точность» (пространственную детальность) результата анализа, но позволяло учесть информацию об объектах, важных с точки зрения задач оценивания.

Следующий этап оценки состоял в умножении данных о распространении объекта на коэффициент его уязвимости к конкретным видам воздействия (Табл. 2) и суммировании для каждой ячейки грида результатов по всем объектам и видам. Таким образом, конкретная величина показателя уязвимости определялась: числом объектов, представленных в границах ячейки грида (зависит от сезона и особенностей распределения видов по акватории), и коэффициентом уязвимости отдельных групп организмов к включенным в рассмотрение видам воздействия (зависит от экологических свойств каждой отдельно взятой таксономической группы). При таком подходе показатель потенциальной уязвимости оказывается тем выше, чем выше значение полученной суммы.

Для составления итоговых слоев карт потенциальной экологической уязвимости акваторий в разные сезоны, значения уязвимости, полученные на предыдущем этапе, подвергали ранжированию, путем перевода их в пятибалльную и, по возможности, максимально равномерную шкалу с учетом конкретного распределения значений. Ранжирование проводили по всем сезонам одновременно, таким образом, чтобы оценка учитывала изменчивость показателя уязвимости за год. В случае резко асимметричного распределения проводили стандартные процедуры нормализации, принятые в статистике. Итоговая шкала включала следующие градации уязвимости: 1 - незначительная, 2 - низкая, 3 - средняя, 4 - высокая и 5 - очень высокая. На заключительном этапе цифровые данные представляли в виде карт-схем, на которых участки с разной степенью уязвимости окрашивали 5-ю цветами от темно-зеленого до красного, соответствующими 5 категориям уязвимости (от незначительной до очень высокой; см. выше). В общем случае итогом работы являлись карты, отражающие пространственное распределение потенциальной

уязвимости акватории и прибрежной зоны моря к рассмотренным видам воздействия в сезонном аспекте.

Особенности графического оформления карт в определенной степени были связаны с использованием для их построения пакета программ MapInfo 5.0. Типовой (стандартной) топографической основой карт была выбрана цифровая карта Мира (The Digital Chart of the World - DCW), опубликованная в 1992 г. В соответствии с данными разработчиков она содержит наиболее детальную доступную публике информацию по основным картографическим характеристикам Земного Шара в масштабе 1: 1 000 000. Векторные данные, приводимые в картах, взяты с опубликованных операционных навигационных карт (Operational Navigation Charts - ONC) и струйных навигационных карт (Jet Navigation Charts - JNC). Карты ONC построены в масштабе 1:1 000 000, а карты JNC - в масштабе 1: 2 000 000. Издателем Компьютерной карты Мира является Агентство безопасности картирования США (The U.S. Defence Mapping Agency), в настоящее время инкорпорированное в Национальное агентство отображения и картирования США (The U.S. National Imagery and Mapping Agency). Компьютерная карта Мира на отдельных слоях представляет разнообразные сведения от политического устройства стран до океанографических показателей, гидрографии, дренажа, гипсографии, свойств поверхности земли, растительности, населению, автомобильным и железным дорогам, аэропортам и другим параметрам транспортной инфраструктуре, культурным особенностям местности и т.п. Все перечисленные характеристики отображаются на картах как сгущения, линии, точки или текст. В нашей работе использована версия программы со следующими выходными данными: Copyright 1993. American Digital Cartography, Inc. (ADC; 1:1000000) 3003 W. College Ave. Appleton, WI 54914 USA.

Результаты оценки уязвимости представляли в виде серии карт с временной дискретностью в пределах усредненного календарного года, определяющейся объемом имеющегося материала. Современность информации, представленной на картах, определялась литературой, использованной при их построении и возможностями корректировки опубликованных

данных за счет использования собственных наблюдений авторов или их коллег из других организаций. Для подавляющего большинства карт такая корректировка выполнена и представляемые данные можно считать среднемноголетними (в пределах 1950-2000 гг.). Полученные результаты обычно использовали непосредственно (анализируя интегральные карты потенциальной уязвимости), или как основу при оценке экологического риска. Количественное исследование закономерностей пространственно-временной изменчивости экологической чувствительности рассмотренных акваторий выполнено с использованием пакета программ EXCEL и на основе многомерных методов по программам, разработанным в Плимутской морской лаборатории (Великобритания; пакет программ PRIMER). Классификация описаний проведена по итогам кластерного анализа с использованием Евклидова расстояния.

Результаты и обсуждение.

Анализ пространственного распределения уязвимости акваторий к аварийным разливам нефти показал, что наиболее уязвимыми районами морей, как правило, являются мелководья, прилегающие к материку, островам и подводным поднятиям (банкам), приустьевые взморья, а также вершины губ и заливов. В южной части Баренцева моря (к югу от 72° с.ш.) уязвимым регионом оказалось Печорское море. При этом наиболее уязвимые участки расположены в районе о-вов Гуляевские кошки, Долгий, Большой и Малый Зеленцы, Матвеев и в западной части побережья Печорского моря. На Кольском п-ове уязвимые акватории в основном совпали с местоположением птичьих «базаров». К ценным объектам отнесены о. Кильдин, Мотовской залив, архипелаги Семь Островов и Айновы о-ва. В Печорском море (в границах п-ов Канин – о. Вайгач) уязвимые акватории примыкают к Большеземельской тундре или расположены к северу от о-вов Гуляевские кошки. К наиболее уязвимым районам Белого моря отнесены Кандалакшский залив, участки Двинской губы, прилегающие к Летнему берегу, Онежский залив и акватории, располагающиеся вдоль Поморского берега. Центральная часть моря и Горло характеризуются средней и низкой

уязвимостью.

Результаты оценки чувствительности к нефтяным разливам Российской части Финского залива показали, что его уязвимые районы – прибрежья материка, вершины Лужской, Копорской, Нарвской и Невской губ, мелководья близ островов. Уязвимыми районами Балтийского моря в границах Калининградской области оказались мелководные акватории вдоль западного и южного побережий Самбианского п-ова, мелководья Калининградского залива, юго-западная и юго-восточная части Куршского залива, дельта р. Неман. Высокой уязвимостью отличался также район, лежащий к северо-западу от Самбианского п-ова. При этом уязвимость морских экосистем к воздействию здесь была положительно связана с глубиной. Относительно высокой уязвимостью характеризовались участки моря вдоль Куршской и Балтийской кос.

В открытой северо-восточной части Черного моря (глубины 800-2200 м) наибольшая уязвимость акватории показана для ее северо-западного сегмента. Казахстанский сектор Северного Каспия (от границы с Россией на западе до п-ова Тюб-Караган на юге) обнаружил наибольшую уязвимость близ устьев рек, на прибрежных мелководьях (главным образом до изобаты 2 м), вокруг островов и банок и в заливе Комсомолец. В азербайджанском секторе Южного Каспия (от Апшеронского п-ова на севере до границы с Ираном на юге) наиболее уязвимыми районами оказались дельта Куры и Кызыл-Агачский залив.

Оценка уязвимости акваторий к пленочной и эмульгированной нефти (рис. 1) показала, что интегральный отклик биоты на их воздействие может характеризоваться и как высоко сходный (Балтийское море в границах Калининградской области; уровень сходства между вариантами $K>70\%$), и иметь среднее сходство (район пролива Бьеркезунд Балтийского моря; $K\approx40\%$), и различаться существенным образом (Финский залив Балтийского моря; $K<25\%$). Очевидно, что степень сходства или несходства в чувствительности акватории к этим видам воздействия в общем случае определяется пространственным распределением основных компонентов ее экосистемы и спецификой их сезонной динамики.

Сравнительный анализ внутригодовой уязвимости акваторий (рис. 1), позволил сделать следующие заключения. Значительное сходство в отклике биоты на нефтяное загрязнение обнаружили южная часть Баренцева моря, Белое и Печорское моря (K>30%). Закономерным представляется сходство сезонной динамики чувствительности Финского залива Балтийского моря с районом того же моря в границах Калининградской области (K>30%). Более экзотическим видится сходство района пролива Бьеркезунд Балтийского моря с северо-восточной частью Черного моря (K≈30%). Северный и Южный Каспий, хотя и обнаружили между собой сходство в сезонной динамике чувствительности к нефтяному загрязнению, количественная оценка этого сходства оказалась невелика (K≈30%).

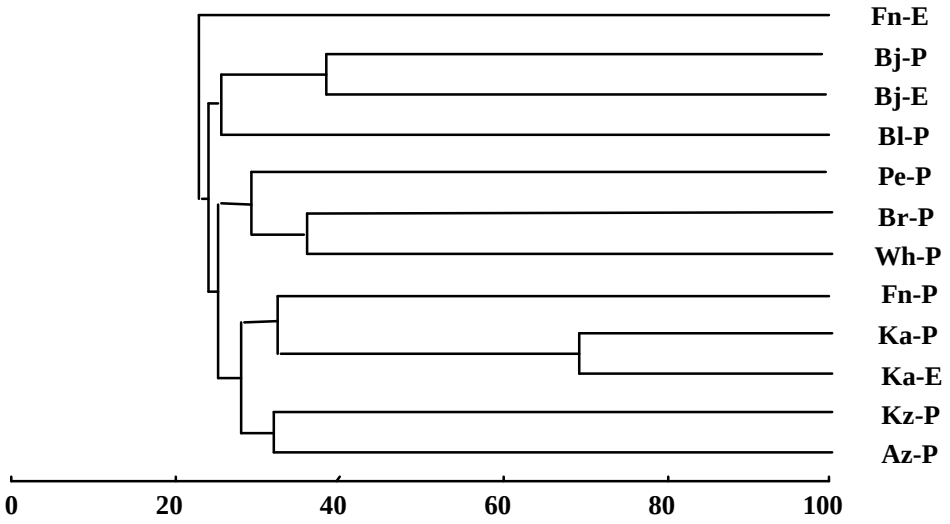

Рис. 1. Дендрограмма сходства рассмотренных акваторий по сезонной динамике интегральной экологической чувствительности к нефтяным разливам (для построения использован взвешенный парно-групповой метод). По горизонтали - коэффициенты сходства К, основанные на расстоянии Евклида, %; по вертикали – акватории (условные обозначения вариантов см. в табл. 1).

Анализ трендов в сезонной динамике уязвимости акваторий по оси «север-юг» дал наиболее любопытные результаты (см. рис. 2, табл. 3). При этом рассмотренные варианты разделились на три основных типа, хорошо интерпретируемые экологически и, по-видимому, отражающие реально существующие в природе закономерности. Первую из этих групп образовали наиболее северные акватории из числа

рассмотренных. В нее вошли южная часть Баренцева моря, Печорское и Белое моря и Финский залив Балтийского моря (включая район пролива Бьеркезунд). Для этой группы акваторий наибольшая экологическая уязвимость характерна в весенний период при постепенном ее уменьшении от весны к лету и далее – к осени и зиме.

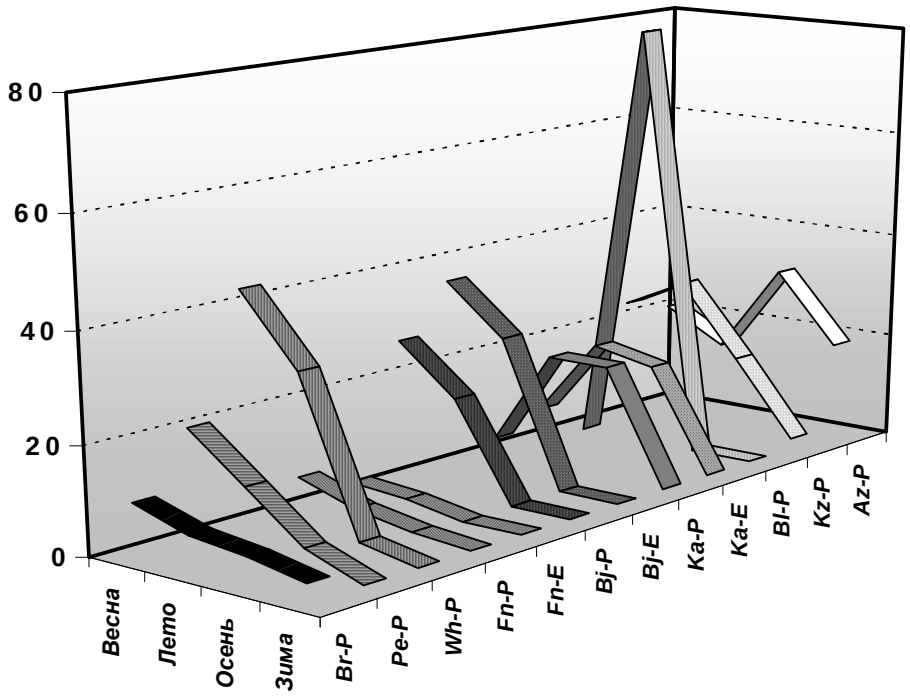

Рис. 2. Сезонная динамика интегральной экологической чувствительности рассмотренных акваторий (градации 4 - 5 баллов) к нефтяным разливам (условные обозначения вариантов см. в табл. 1).

Вторая группа образована акваториями, занимающими промежуточное положение между крайним севером и крайним югом России. Среди них прибрежье Калининградской области, северо-восточная часть Черного моря и казахстанский сектор Северного Каспия. В этих акваториях наиболее уязвимым сезоном оказывается лето, наименее уязвимым зима, а весна и лето занимают промежуточное положение. Последний, третий тип представлен единственным регионом азербайджанского сектора Южного Каспия. Наименее уязвимым сезоном здесь оказывается лето, а осень, весна и зима имеют более высокие и довольно близкие показатели чувствительности.

Таблица 3. Сезонная и сравнительная среднегодовая чувствительность рассмотренных акваторий к аварийным разливам нефти.

Акватория	Сезоны в порядке уменьшения чувствительности	Площадь акватории с уязвимостью 4-5 баллов, %	Место по уязвимости
Южная часть Баренцева моря	весна>лето>осень≥зима	7	8
Печорское море	весна>лето>осень>зима	9	7
Белое море	весна≥лето>осень>зима	19	3
Финский залив Балтийского моря	весна>лето>осень>зима	3	9
Район пролива Бьеркезунд Балтийского моря	весна>лето>осень>зима	11	6
Прибрежье Калининградской области	лето≥осень>весна>зима	12	5
Северо-восточная часть Черного моря	лето>осень≥весна>зима	20	2
Казахстанский сектор Северного Каспия	лето>весна>осень>зима	18	4
Азербайджанский сектор Южного Каспия	осень≥весна>зима>лето	21	1

Экологическая интерпретация обнаруженных закономерностей сводится к следующему. Наиболее северные из числа рассмотренных акваторий характеризуются резким оживлением всех биологических процессов весной по мере таяния ледового (на море) и снегового (на суше) покрова. Кроме того, в весенний период года здесь нередко одновременно обитают некоторые виды рыб, птиц и морских млекопитающих, в другие сезоны мигрирующие за пределы участка оценки. Весна характеризуется также массовым размножением большинства видов. Последнее увеличивает уязвимость акватории как за счет увеличения обилия организмов, так и за счет большей чувствительности ранних стадий их развития организмов (икра, личинки). В связи с краткостью летнего периода, осенняя миграция многих видов (особенно пернатых) начинается в этих акваториях рано, по сути летом. В этой связи интегральная экологическая уязвимость плавно снижается к осени. Низкая уязвимость северных акваторий в зимний период, когда большая их часть покрыта льдом, а течение большинства биологических процессов заторможено, понятна и в специальных пояснениях не нуждается.

Группа акваторий, включающая прибрежье Калининградской области, северо-восточную часть Черного моря и казахстанский сектор Северного Каспия, характеризуется умеренными климатическими условиями и сравнительно непродолжительным ледовым периодом (или отсутствием льда зимой). Летний период здесь более продолжителен, чем на севере, а ход биологических процессов более сглажен. Многие из этих процессов имеют максимальное проявление летом (нагульные концентрации рыб в прибрежье Калининградской области и в Северном Каспии, кормовые концентрации дельфинов в открытой части Черного моря, максимальная продукция планктона, водной растительности и донных беспозвоночных в раннелетний период в Северном Каспии и т.д.). Все это определяет максимальную уязвимость образующих эту группу акваторий в летний период и минимальную - зимой.

Низкая уязвимость юго-западного Каспия в летний период и слабое варьирование уязвимости в другие сезоны года, по-видимому, связана с тем, что в этом районе на протяжении всего года распространены или имеют высокую численность и/или биомассу высоко уязвимые к нефтяному загрязнению компоненты биоты (бентос, рыбы, каспийский тюлень), а для многих видов пернатых регион служит местом зимовки. Таким образом, уязвимость акватории в осенне-зимний период оказывается существенно более высокой, чем в акваториях, расположенных севернее. Последнее подтверждается также тем, что при рассмотрении более ограниченного по площади участка моря от м. Бяндаван на севере до Кызыл-Агачского залива на юге (этот залив служит местом зимовки птиц Мирового значения), сезонная динамика уязвимости обнаруживает пики, соответствующие не только осени, но и зиме. Исключительно высокая уязвимость Кызыл-Агачского залива зимой, вне всяких сомнений, обусловлена именно концентрацией здесь многочисленных мигрирующих и зимующих видов водоплавающих и околоводных птиц.

Ранжирование акваторий по среднегодовой уязвимости (см. табл. 3) каких-либо явных закономерностей не выявило. В частности, три первых места по этому показателю (юго-западный Каспий, Черное и Белое моря) имели акватории,

принадлежащие к трем рассмотренным выше группам, существенно различающиеся также по преобладающим глубинам и характеру флоры и фауны. Можно предположить, что проведенное ранжирование отражает лишь специфические географические и экологические черты каждой рассматриваемой акватории. К ним относятся особенности батиметрии, изрезанность береговой линии, наличие впадающих в море рек, островов и банок, характер пространственного распределения видов (соотношение площадей с высокой и низкой концентрацией обилия) и т.п.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность специалистам, представившим данные по распределению основных групп растений и животных в рассмотренных акваториях. Среди них ученые Санкт-Петербурга - О. Кийко (ВНИИ Океангеология), Н. Чернова (ЗИН РАН), М. Гаврило и И. Туманов (ГНЦ РФ ААНИИ), С. Резвый, В. Федоров, Р. Сагитов и М. Веревкин (СПбГУ), Москвы - В. Стыгар (ВНИРО), Казахстана – Н. Нелина, Н. Огарь, Л. Рахматуллина, Л. Шарапова, С. Тимирханов и А. Гисцов и Азербайджана - М. Салманов, Р. Багиров, В. Гасанов, А. Касымов, М. Ахундов, Т. Зарбалиева, Ч. Магерамов, И. Бабаев и И. Рахматулина. Мы также глубоко благодарны коллегам, принимавшим участие в обсуждении разработанной методики и высказавшим ценные соображения и замечания, способствовавшие ее улучшению. В их числе В. Журавель (АО РОСШЕЛЬФ, Москва), Г. Семанов (ЦНИИМФ, Санкт-Петербург), А. Судник, С. Позднышев, С. Николаев, Ю. Захаров, Н. Дмитриев (ЗАО ЭКОПРОЕКТ, Санкт-Петербург), В. Скольский (КАПЭ, Алматы) Э. Искендеров (АЦЭП, Баку) и Б. Мурадов (Каспийская экологическая программа, Баку).

Литература

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

Погребов В.Б., Гаврило М.В., Туманов И.Л., Чернова Н.В. Интегральная оценка уязвимости морских экосистем при аварийных разливах нефти в Арктике // Оптимизация использования морских

биоресурсов и комплексное управление прибрежной зоной Баренцева моря: Тез. докл. Мурманск, 1999.

Погребов В.Б., Кийко О.А. Комплексный анализ океанологической, геологической и биологической информации для оценки состояния прибрежных акваторий морей Российской Арктики // Экологический мониторинг морей Западной Арктики: Тез. докл. Мурманск, 1997.

Погребов В.Б., Кийко О.А. Экологический мониторинг района Приразломного нефтяного месторождения: о необходимости учета многолетней динамики // Освоение шельфа Арктических морей. Труды 5-й международной конференции. Санкт-Петербург, 2001.

Погребов В.Б., Кийко О.А., Петрова В.И., Судник А.Г., Чивилев С.М. Опыт экологического обследования морских акваторий в преддверии освоения ресурсов шельфа // Проблемы Арктики и Антарктики. Юбилейный выпуск (№ 72). СПб: Гидрометеоиздат, 2000.

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: ИЭПС УрО РАН, 2000.

Погребов В.Б., Чивилев С.М. Биомониторинг в местах затопления боевых отравляющих веществ в Балтийском море // Вестник Межпарламентской Ассамблеи. 1995. № 3.

Погребов В.Б., Чивилев С.М., Шилин М.Б., Галюшина Н.П., Нитишинский М.А. Разработка системы мониторинга береговой зоны районов портостроительства // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 1996. № 2 (4).

Погребов В.Б., Шилин М.Б. Экологический мониторинг прибрежной зоны арктических морей. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2001.

Aquatic toxicology. Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment / Rand G.M (ed.) 2nd ed. London: Taylor & Francis, 1995.

Brude O.W., Moe K.A., Bakken V., Hansson R., Larsen L.H., Løvås S.M., Thomassen J., Wiig, Ø. (eds.) The Dynamic Environmental Atlas. INSROP Working Paper No. 99 - 1998 / Norsk Polarinst. Medd. No. 147.

Gray J.S., Brattegard T. Effects of oil on coastal ecosystems // Virkninger av oljeforurensning i nordlige farvann. FOH report No. 1. Norw. Ministry of Environment. 1979.

Kiyko O.A., Pogrebov V.B. Mapping of bottom communities for ecological monitoring purposes: multivariate data classification // Proceedings of the 18th International Cartography Conference. Vol. 1. Stockholm, 1997.

Larsen, L.-H., Evenset, A., Sirenko, B. Linkages and impact hypothesis concerning the Valued Ecosystem Components (VECs) Invertebrates, Fish, the Coastal Zone and Large River Estuaries and Deltas. INSROP Work. Paper. Oslo (Norway), 1995.

Pogrebov V.B. Biological evaluation of the environment quality in the course of Arctic offshore development // Development of Russian Arctic offshore. Helsinki: JUSTNV-PAINO OY AJACTOS AB, 1994.

Pogrebov V.B., Puzachenko A.Yu. Integral assessment of potential biota sensitivity to offshore oil-field development operations // Coastline. 2001. N.1.

Sensitivity mapping for oil spill response. London: IMO-IPIECA, 1996.

Thomassen J., Moe K.A., Brude O.W., Chivilev S.M., Pogrebov V., Gavrilo M., Zubarev S., Khlebovich V., Semanov G. A Guide to EIA implementation in INSROP phase 2. INSROP Working Paper No. 142-1999, II.5.10.

View publication stats