

УДК.551.351:394 (26):574.5

**Антропогенное воздействие на морские экосистемы
и биоресурсы: источники, последствия, проблемы***С. А. Патин*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: patine@rambler.ru

Современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется многофакторностью и неравномерностью воздействия человека на морские экосистемы и биоресурсы. Тревожной чертой этой глобальной картины является совпадение областей повышенной биопродуктивности с районами наиболее сильного антропогенного пресса. Загрязнение сопутствует большинству видов хозяйственной деятельности в море и на побережье. Вероятное снижение общего уровня биопродуцирования прибрежных экосистем в районах хронического загрязнения составляет около 10% по сравнению с доиндустриальным периодом. Наиболее высокие риски и потенциальные угрозы экологических катастроф регионального уровня связаны с нефтяными разливами, эвтрофированием прибрежных вод и инвазией чужеродных видов. К числу относительно новых факторов масштабного антропогенного воздействия относятся засорение океанической пелагиали пластиковыми частицами и «акустическое загрязнение» водных масс. Общепринятая методология надёжных количественных оценок последствий воздействия человека на морские экосистемы и биоресурсы в настоящее время практически отсутствует.

Ключевые слова: факторы воздействия, морские экосистемы, биоресурсы, экологические последствия, морской нефтегазовый комплекс, методология оценок воздействия.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно определению группы экспертов ООН [GESAMP, 2001], антропогенное (техногенное) воздействие на морскую среду представляет собой «совокупное проявление любых форм деятельности человека, которые приводят к явным или скрытым нарушениям состояния экосистем, гидрологии и геоморфологии водных объектов, снижению рыбохозяйственной и рекреационной ценности и другим негативным последствиям экологического, экономического и социального характера». Несмотря на очевидную актуальность и дли-

тельную историю исследований этой многоплановой проблемы, многие вопросы до сих пор остаются нерешёнными, а также сохраняются разногласия по многим её аспектам, особенно экологическим. К их числу следует отнести: анализ экологического риска при разных видах морской и прибрежной деятельности, оценку влияния загрязнения на сырьевую базу рыболовства, методологию оценок антропогенных эффектов, стратегию реагирования на экологические угрозы и др. В данной работе предпринята попытка обобщения накопленных в этой области последних опубликованных ма-

териалов с целью сравнительной характеристики источников, факторов и последствий антропогенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В принципе существуют две основные группы внешних по отношению к океану ключевых факторов, которые непосредственно влияют на состояние морских экосистем. Первую группу составляют факторы *антропогенного воздействия* в широком смысле этого понятия (включая рыболовство, судоходство и др.), тогда как вторая группа включает в себя *климатические изменения* во всем многообразии их проявлений в ходе физических, химических и биологических процессов в океане. При этом изменения климата, как известно, также происходят сейчас в заметной степени под влиянием глобальной деятельности человека.

Общее представление о характере, структуре и факторах антропогенного воздействия на морские регионы можно получить по обоб-

щённым экспертным оценкам в табл. 1. При этом мы опирались на совокупность опубликованных по данной проблеме материалов, а также на предложенные ранее критерии для ранжирования пространственных и временных масштабов воздействий и степени их опасности [Патин, 2001, 2004]. Оценки относятся к наиболее характерным ситуациям, которые сложились сейчас во многих морских регионах России и других стран.

Под экологическими последствиями имеются в виду такие изменения в морских водоёмах, которые вызывают нарушения (отклонения от природного фона) условий среды и состояния биоты и приводят к изменению структуры и функций экосистем. Рыбохозяйственные последствия включают снижение численности промысловых видов, ухудшение их воспроизводства, а также помехи рыболовству и морской аквакультуре. Эти две категории последствий в какой-то мере перекрывают друг друга. Что касается масштаба последствий, то локальный уровень ограничивается

Таблица 1. Экспертные оценки антропогенного воздействия на морские регионы (оценки относятся к наиболее характерным ситуациям с учётом максимальных рисков)

Виды деятельности и факторы воздействия	Характер, масштаб и степень опасности последствий					
	экологические			рыбохозяйственные		
	Л	Р	Г	Л	Р	Г
<i>Промышленная индустрия</i>						
Удаление сточных вод*	+++	++	–	++	+	–
Сброс твёрдых отходов*	+	–	–	+	–	–
Атмосферные выбросы*	++	++	+	+	+	–
Водопотребление	+	–	–	+	–	–
Аварийные ситуации*	++	+	–	++	+	–
<i>Урбанизация, строительство и освоение морских побережий</i>						
Удаление коммунальных стоков*	+++	++	–	++	+	–
Разрушение берегов	+++	+	–	++	+	–
Водопотребление	+	–	–	+	–	–
<i>Теплоэнергетика</i>						
Атмосферные выбросы*	++	+	+?	+	–	–
Водопотребление	+	–	–	+	–	–
Тепловое загрязнение	+	–	–	–	–	–
<i>Добыча нефти и газа на шельфе</i>						
Сейсморазведка	+++	+	–	+++	+	–

Виды деятельности и факторы воздействия	Характер, масштаб и степень опасности последствий					
	экологические			рыбохозяйственные		
	Л	Р	Г	Л	Р	Г
Удаление отходов буровых и промысловых работ*	++	—	—	+	—	—
Строительство платформ, терминалов, трубопроводов	+++	+	—	+	+	—
Захоронение конструкций	+	—	—	+	—	—
Аварийные ситуации*	+++	++	—	++	+	—
<i>Добыча нефти и газа на суше</i>						
Поступление нефти в водоёмы*	+++	++	—	++	++	
Переходы трубопроводов через реки	++	—	—	+	—	—
Аварии на трубопроводах*	+++	++	—	++	+	—
<i>Интродукция и акклиматизация вселенцев</i>						
Модификация экосистем	+++	+++	—	++	++	—
Нарушения биотопов	+++	++	—	++	++	—
<i>Дноуглубительные работы</i>						
Разрушение берегов и дна	+++	++	—	+++	+	—
Повышение мутности*	+++	+	—	+	—	—
<i>Гидротехническое строительство</i>						
Нарушения речного стока	+++	++?	—	+	?	—
<i>Морской дампинг (сброс отходов)</i>						
Нарушения на дне, повышение мутности*	++	+	—	+	—	—
<i>Судоходство</i>						
Сброс и сливы судовых отходов*	++	+	—	+	+	—
Физические воздействия	+	+	—	++	—	—
<i>Морские перевозки нефти</i>						
Сброс балластных и льяльных вод*	++	+	—	+	—	—
Аварии танкеров*	+++	++	—	+++	+	—
Инвазия организмов-вселенцев	++	?	—	?	?	—
<i>Рыболовство</i>						
Селективное изъятие биомассы, нарушение структуры экосистем	+++	+++	+	+++	+++	+
Сбросы приловов*	++	+	—	—	—	—
Нарушения дна и бентоса при донных тралениях	+++	+?	—	++	+?	—
<i>Лесное хозяйство</i>						
Молевой сплав леса	+++	+	—	++	—	—
Эрозия берегов и нарушение баланса поступления взвеси в море	+++	+	—	+	—	—

Примечания.

1. Масштаб воздействия: Л — локальный (местный), Р — региональный (субрегиональный), Г — глобальный.
2. Степень опасности (экологический риск): +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие, ? неопределённая;
3. * Виды деятельности, сопровождаемые загрязнением.

зоной очевидных и легко регистрируемых нарушений на расстоянии обычно не более десятков километров от источника воздействия. Региональный масштаб охватывает последствия в пределах обширных акваторий (отдельные моря, крупные заливы, эстуарии больших рек и др.), тогда как глобальный уровень относится к эффектам и последствиям в районах, удалённых от прямого антропогенного воздействия (например, пелагиаль океанов).

При всех ограничениях изложенного подхода, он тем не менее позволяет не только дифференцировать антропогенные экологические угрозы, но и дать относительную качественную оценку опасности последствий при разных типах и масштабах их проявлений. Разумеется, приведённые в табл. 1 оценки носят ориентировочный характер и отражают наиболее распространённые ситуации, которые могут сильно варьировать в разных странах и регионах. Из этой сводки и положенных в её основу многочисленных опубликованных данных можно сделать несколько важных выводов и констатаций.

Прежде всего, обращает на себя внимание чрезвычайно высокая многофакторность, разнообразие и мозаичность антропогенного воздействия. Мы видим здесь такие разноплановые явления, как сбросы промышленных и других отходов, вынос в море взвеси и биогенных веществ, нарушения берегов и донных отложений, промысловое изъятие морских организмов и т.д. Недооценка этой вполне очевидной комплексности воздействия человека на природу моря и возможности синергических эффектов при совместном действии некоторых факторов существенно снижает эффективность многих программ по защите морей в нашей стране и за рубежом.

Характерной чертой современной экологической ситуации в Мировом океане является совпадение (пересечение) областей повышенной биопродуктивности морских акваторий с районами наиболее сильного антропогенного воздействия. Главные угрозы и повышенные риски для морских экосистем связаны с хозяйственной деятельностью на морских побережьях, где проживает более 60% населения Земли. В то же время в морской прибрежной зоне сосредоточены и воспроизводятся основ-

ные биоресурсы Мирового океана, которые обеспечивают 80–90% улова промысловых видов. Именно поэтому в последнее время многие национальные и международные программы фокусируются на охране прибрежной зоны [АМАР, 2004; UNEP, 2006; OSPAR, 2010].

При анализе приведённых в табл. 1 источников и факторов экологического неблагополучия в морских регионах следует отметить произошедшую в последнее время смену акцентов. Несколько десятилетий тому назад главной (едва ли не единственной) причиной такого неблагополучия считалось загрязнение. В результате национальных и международных усилий по ограничению потоков загрязняющих веществ в морскую среду удалось заметно снизить остроту этой проблемы. Сегодня, как показано ниже, к числу масштабных антропогенных угроз для морских экосистем относится также ряд других факторов воздействия человека на морскую среду и биоресурсы.

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

В географическом плане в контексте данной работы важно разграничивать две группы морей:

окраинные моря с открытыми протяжёнными шельфами, интенсивным обменом водных масс и прямой сопряжённостью циркуляции с океаном, что определяет высокую инерционность их реагирования на внешние воздействия и способность относительно быстро нивелировать последствия локальных воздействий (Баренцево, Берингово, Охотское и другие моря); *внутриконтинентальные моря* с ограниченным водообменом и сильной зависимостью их режима от материкового стока, который существенно усиливает антропогенную нагрузку на бассейны такого типа (Балтийское, Азовское, Каспийское и другие моря).

Одна из известных попыток оценить глобальное антропогенное воздействие на морские экосистемы была предпринята недавно международной группой экспертов (135 специалистов из 19 стран) на основе обширных баз данных, включающих 38 источников и факторов воздействия человека на 23 морские экосистемы [Halpern et al., 2008]. Представленные в виде карты результаты этой работы показа-

ли, что около 40% акватории Мирового океана подвержены тем или иным видам воздействия человека. Наибольшая интенсивность такого воздействия характерна для шельфа Северного моря, Балтики и других регионов Северо-Восточной Атлантики, а также для прибрежных вод Юго-Восточной Азии и Китая. К числу наиболее распространённых экологических угроз отнесены: повышение температуры морской воды в результате глобального потепления климата, нарушения на морском дне при использовании донных тралов и загрязнение прибрежных вод органическими веществами.

Известны и другие оценки такого рода. Так, по данным экспертов ООН [GESAMP, 2001], которые проанализировали экологическую ситуацию в различных регионах Мирового океана в конце прошлого века, к наиболее серьёзным проблемам глобального уровня относятся:

- нарушения прибрежных экосистем и разрушение берегов;

- переловы и сокращение запасов рыб и других видов биоресурсов;

- влияние коммунальных стоков на экологию прибрежных вод;

- глобальные климатические аномалии.

В порядке комментария к этим оценкам следует отметить, что глобальный климат меняется в основном за счёт цикличности ряда природных процессов и явлений. Надёжные оценки антропогенного вклада в изменение глобальных климатических параметров до сих пор отсутствуют. В этой связи нет достаточных оснований для включения наблюдаемого в ряде регионов тренда к повышению температуры морской воды в число ключевых факторов *антропогенного* воздействия на морские экосистемы.

Аналогичные сомнения возникают также относительно антропогенной природы глобальной ацидификации (снижения показателя рН) морской воды за счёт перераспределения между атмосферой и океаном избыточных количеств углекислого газа. Доказательства такого эффекта и его возможных последствий для морских организмов, популяций и экосистем пока находятся в сфере поиска и дискуссий [Halpern et al., 2007]. В некоторых странах, например в США [NAS, 2010], приняты

национальные программы для изучения и прогноза негативных экологических последствий этого явления.

В известных обзорах экологического состояния морских регионов (в том числе российских морей) [Матишев, 2004; АМАР, 2004; UNEP, 2006; Мокиевский, 2008; Денисов, 2009; OSPAR, 2010; Патин, 2011] отмечается широкий спектр источников и факторов воздействия человека на морские экосистемы. При прочих равных условиях антропогенный пресс и негативные экологические последствия во внутренних морях проявляются более чётко и остро по сравнению с окраинными морями. При этом наибольшая антропогенная нагрузка обычно приходится на прибрежную зону морей любого типа. Среди наиболее распространённых источников и факторов воздействия на морские экосистемы чаще всего фигурируют: химическое загрязнение (нефть, биогенные элементы, тяжёлые металлы и др.), рыболовство (переловы, донные траления и др.) и речной сток (зарегулирование рек, вынос взвеси).

К числу относительно новых источников масштабного воздействия человека на морские организмы и экосистемы следует отнести «акустическое загрязнение» моря, интенсивность которого во многих регионах повысилась за последние десятилетия в 10 и более раз [Andrew et al., 2002]. Речь идет об антропогенных подводных звуках, которые генерируются в результате судоходства, сейсморазведки, эхолотации, применения сонаров, добычи полезных ископаемых, строительства платформ, укладки трубопроводов и многих других видов деятельности в море. Главная особенность подводных звуков состоит в их высокой скорости распространения (в 5 раз быстрее, чем в воздухе) и слабом затухании (в 700 раз медленнее, чем в воздухе). В результате антропогенные звуковые волны в толще морской воды могут распространяться на большие расстояния от источника их возникновения и приводить к серьёзным биологическим и экологическим нарушениям в море. Известны сенсационные данные об обнаружении низкочастотных звуковых импульсов от сейсморазведки в Атлантическом океане на расстоянии более 3000 миль (!) от источника их генерирования [Nieukirk et al., 2004]. Наиболее уязвимы к акустическому

воздействию морские млекопитающие и рыбы, для которых звук является основным средством коммуникации и выживания в водной среде. Судя по многочисленным публикациям, эта угроза нарастает с каждым годом и рассматривается сейчас как одна из приоритетных природоохранных проблем морской экологии [IWC, 2006; OSPAR, 2009].

В табл. 2 даны ориентировочные оценки степени опасности (экологического риска) и последствий наиболее распространенных видов деятельности в пределах трёх основных экологических зон в море.

В открытых водах (пелагиаль) нет оснований ожидать каких-либо заметных антропогенных эффектов, за исключением промыслового изъятия биомассы пелагических видов. На шельфе, помимо рыбопромысловых последствий, возможны также локальные экологические нарушения за счёт судоходства, дампинга (сброса) грунтов и добычи углеводородов. На экосистемы прибрежных вод оказывают влияние практически все известные сейчас факторы и источники негативного воздействия. Примерно такие же оценки на глобальном и региональном уровнях содержатся в итоговом докладе международного проекта GIWA (Global International Water Assessment) [GIWA, 2005].

Принципиально важным обстоятельством является то, что многие симптомы антропогенных эффектов и последствий в море не отличаются по своему характеру от природных процессов и аномалий, которые всегда были

и будут проявлять себя независимо от деятельности человека. Резкие сезонные и годовые колебания численности многих видов гидробионтов, нарушения экологических условий во время штормов и паводков, вулканическая активность и выходы углеводородов на морском дне — вот далеко не полный перечень такого рода природных возмущений, которые постоянно происходят во всех морских регионах без какой-либо связи с человеческой деятельностью. Антропогенные нарушения отличаются от них лишь географией, масштабами и частотой проявления. К сожалению, это очевидное обстоятельство далеко не всегда учитывается при оценке экологической ситуации в морях, а между тем именно оно является главным камнем преткновения для выделения антропогенных эффектов на фоне высокой изменчивости аналогичных природных параметров в морских экосистемах [Патин, 2004].

ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В МОРЕ

Как показано в табл. 1, загрязнение сопутствует большинству видов деятельности человека в море и на берегу. В то же время загрязняющие вещества весьма разнородны по своему происхождению, составу и степени экологической опасности.

Источники и каналы поступления. При всём разнообразии источников загрязнения, существуют три основных канала поступления загрязняющих веществ в морскую среду:

Таблица 2. Оценка антропогенного воздействия на экосистемы основных экологических зон в море при разных видах хозяйственной деятельности

Виды деятельности	Степень опасности в пределах экологических зон		
	Прибрежные воды	Шельфовая зона	Пелагиаль
Удаление отходов с суши	+++	—	—
Освоение побережий	+++	—	—
Добыча песка и гравия	+++	+	—
Дампинг	+++	+	—
Рыболовство	+++	++	+
Судоходство	++	+	—
Добыча нефти и газа	++	+	—
Сельскохозяйственный сток	+++	—	—

Примечания. Степень опасности: +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие.

непосредственное удаление в море отходов разного состава и происхождения (промышленные, городские и другие сточные воды, судовые сбросы, дампинг твёрдых отходов и грунтов и др.);

вынос загрязняющих веществ (удобрения, пестициды, нефтепродукты и др.) в прибрежные воды с речным стоком;

атмосферные выбросы, перенос и выпадение аэрозольных примесей на морскую поверхность.

Глобальные оценки основных потоков загрязняющих веществ в морскую среду, основанные на данных международной статистики [GESAMP, 2001; NAS, 2003], показаны на рис. 1.

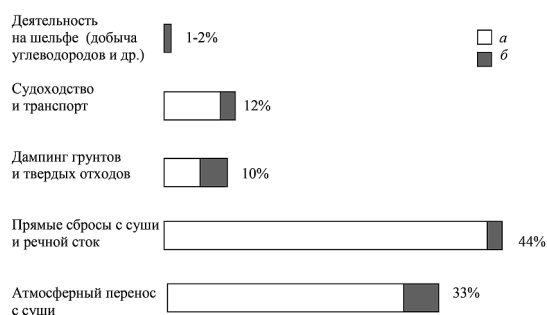


Рис. 1. Вклад основных каналов поступления загрязнения в морскую среду:

а — поступление в прибрежные воды, б — поступление в открытые воды

Для разных веществ и в разных регионах относительный вклад каждого из отражённых на рис. 1 каналов в суммарный поток загрязнения в море будет, естественно, разным. Однако в большинстве регионов основные пути, по которым идёт поступление загрязняющих веществ в море, связаны с удалением отходов, речным стоком и атмосферным переносом аэрозолей, причём максимальные объёмы загрязнения тяготеют к прибрежным водам.

При анализе крупномасштабного загрязнения следует выделить группу наиболее распространённых загрязняющих веществ, к которым относятся нефть и нефтепродукты, тяжёлые металлы, хлорорганические препараты, биогены и искусственные радионуклиды. Именно эти вещества формируют так называемое фоновое (глобальное) загрязнение морской

среды, признаки которого можно обнаружить сейчас практически в любой точке Мирового океана. Некоторые из техногенных примесей (например, ДДТ и другие хлорорганические соединения, стронций-90) являются ксенобиотиками, т.е. веществами, созданными человеком, другие (нефть, биогенные элементы, ртуть, свинец и другие металлы) поступают и распределяются в море на фоне природного содержания тех же самых веществ.

Особое место в группе токсикантов глобальной распространённости занимает нефть, которая поступает в морскую среду в результате многих видов хозяйственной деятельности в море и на берегу, особенно при добыче и транспортировке углеводородов на шельфе. Согласно последним оценкам [NAS, 2003; GESAMP, 2007], суммарный объём таких поступлений составляет около 600 тыс. т/год. В то же время нефть является природным субстратом, который всегда присутствует в Мировом океане независимо от деятельности человека. Доля природных источников нефти только за счёт её выходов с морского дна (сипы) составляет в среднем около 50% от глобального нефтяного потока в морскую среду. Кроме того в Мировом океане ежегодно производится более 10 млн т биогенных углеводородов, аналогичных по составу нефтяным углеводородам [Немировская, 2004]. Эти обстоятельства, а также многокомпонентность и изменчивость состава нефти и форм её нахождения в море крайне осложняют как мониторинг нефтяного загрязнения морской среды, так и оценку экологического риска и последствий присутствия нефти в море [Патин, 2008].

В последнее время перечень веществ, загрязняющих Мировой океан, пополнился ещё одним «фигурантом». Речь идёт о пластиковом мусоре в виде мелкодисперсных частиц, которые аккумулируются в антициклональных океанических круговоротах, особенно в северной части Тихого океана [Thompson, 2004; Rios et al., 2007]. Ежегодно в мире производятся сотни миллионов тонн пластиковых бутылок, пакетов и других изделий. Более 10% из них в конечном счёте попадают в Мировой океан, где они деградируют и распадаются на мелкие частицы размером менее 1 мм. Масса таких дрейфующих скоплений мелкодисперс-

ного пластикового мусора только в северо-западной части Тихого океана достигает 100 млн т, а концентрация микрочастиц иногда в несколько раз превышает плотность биомассы зоопланктона. Включаясь в пищевые цепи рыб и других организмов с неселективным питанием, такие частицы могут представлять определённую угрозу для морской биоты. Однако надёжных данных о механизме биологического действия, масштабе и степени опасности этого сравнительно нового антропогенного фактора в океане пока нет. Эта проблема рассматривается сейчас как одна из актуальных задач в рамках некоторых национальных и международных программ [NRC, 2008].

Содержание и распределение в экосистемах. Сводные данные о характерных уровнях содержания наиболее распространённых токсикантов в морской воде, промысловой биоте и донных осадках для основных экологических зон российских морей приведены в табл. 3.

Приведённые данные показывают большой разброс концентраций — в пределах одного-трёх порядков величин. Это несомненно

отражает как естественную изменчивость содержания токсикантов в зависимости от множества природных и антропогенных факторов, так и неизбежные аналитические погрешности и разброс результатов из-за методической несогласованности данных разных авторов. По этой причине трудно оперировать какими-либо надёжными средними данными даже в пределах отдельных регионов. Тем не менее они позволяют сделать несколько общих выводов.

Прежде всего надо отметить явное нарастание уровня загрязнения при переходе от открытых пелагических областей к прибрежным водам, заливам, устьям и эстуариям рек, что вполне закономерно, если учесть наземное происхождение основных источников морского загрязнения и значительную роль речного стока в балансе поступления загрязняющих веществ в море. Эта глобальная закономерность давно известна [Patin, 1982], она характерна для большинства морских регионов, и российские моря в этом отношении не являются исключением.

Другая, важная в экологическом плане общая черта распределения загрязняющих ве-

Таблица 3. Характерные уровни содержания загрязняющих веществ в морской воде (числитель, мкг/л), донных осадках (знаменатель, мкг/кг сухого веса) и организмах (мкг/кг сырой массы) для морей России

Экологические зоны* и объекты биоты	Компоненты загрязнения					
	ХОВ	ΣПАУ	ΣЭНУ	Ртуть	Свинец	Кадмий
Открытые воды шельфа — 90%	$\frac{10^{-1}-1}{10-10^2}$	$\frac{10^{-4}-10^{-2}}{1-10^2}$	$\frac{1-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10^{-1}-10}{10^2-10^3}$	$\frac{1-10}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10}{10^3-10^4}$
Прибрежные воды — 5%	$\frac{1-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10^{-3}-10^{-1}}{10-10^2}$	$\frac{10-10^2}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10}{10^2-10^4}$	$\frac{10-10^2}{10^3-10^5}$	$\frac{10-10^2}{10^4-10^5}$
Заливы, устья рек, эстуарии — 5%	$\frac{1-10^2}{10^3-10^4}$	$\frac{10^{-2}-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10-10^3}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10^2}{10^2-10^4}$	$\frac{10^2-10^3}{10^3-10^5}$	$\frac{10-10^2}{10^4-10^6}$
Районы локального загрязнения <0,1%	$\frac{>10^2}{>10^4}$	$\frac{>10}{>10^3}$	$\frac{>10^3}{>10^3}$	$\frac{>10^3}{>10^4}$	$\frac{>10^4}{>10^5}$	$\frac{>10^5}{>10^5}$
Промысловые рыбы (открытые воды)	1-10 ²	10-10 ³	1-10 ⁴	1-10 ²	10-10 ²	1-10
Промысловые беспозвоночные	10-10 ³	10-10 ³	10-10 ⁴	10-10 ³	10-10 ²	1-10
Млекопитающие (открытые воды)	10-10 ³	10-10 ²	1-10 ³	10-10 ²	10-10 ²	1-10

Примечания.

- * В процентах указано ориентировочное распределение площадей отдельных зон.
- ХОВ — хлорорганические вещества; ΣПАУ — концентрация суммы полициклических ароматических углеводородов, измеренная дифференциальными методами хроматографии и масс-спектрометрии либо интегрально с помощью флуоресцентного анализа; ΣЭНУ — концентрация суммы экстрагируемых органическими растворителями углеводородов (в основном алифатических), измеренная интегральным методом ИК-спектрофотометрии.

ществ в морской среде заключается в их локализации в сопряжённых средах, т.е. на границе раздела водных масс с атмосферой (поверхностный микрослой морской воды толщиной несколько сантиметров) и в верхнем слое донных осадков. Концентрации всех техногенных примесей в этих средах значительно (иногда в сотни и тысячи раз) превосходят соответствующие уровни в морской воде.

Содержание всех компонентов загрязнения в биомассе рыб, беспозвоночных и млекопитающих на несколько порядков (обычно в пределах от 10^2 до 10^4) превышает их концентрацию в морской воде. Биоаккумуляция особенно велика для депонирующих органов и тканей (печень, жировые ткани и др.) морских организмов, замыкающих пищевые цепи в море. Однако в целом объекты морского (особенно океанического) промысла в России загрязнены существенно меньше по сравнению с сельскохозяйственной продукцией и не представляют опасности для здоровья населения [Патин, 1994].

Как следует из результатов многочисленных исследований и мониторинга экологической ситуации в морях России, за последние 20 лет уровни загрязнения морской среды несколько снизились. Однако отмеченные выше особенности и тенденции распределения антропогенной нагрузки в морских регионах остались практически без изменений. Наиболее высокие уровни загрязнения и сопутствующие

экологические нарушения по-прежнему наблюдаются в мелководной прибрежной зоне вблизи населённых пунктов, портов, гаваней, а также в зоне влияния речного стока. По мере удаления от таких районов в сторону открытого моря все показатели экологического неблагополучия снижаются до величин, регистрация которых становится практически невозможной на фоне естественной динамики природных процессов.

Таким образом, современное загрязнение морей России (за исключением, возможно, Азовского и Каспийского морей) сосредоточено в основном в прибрежных водах. При этом речь идет не обо всей прибрежной зоне, а лишь об импактных районах, т.е. об относительно локализованных участках акватории, прилегающих к источникам прямого антропогенного воздействия. По ориентировочной оценке, площадь таких акваторий не превышает 10% от общей площади прибрежной зоны морей и заведомо меньше 1% от всей акватории шельфа [Патин, 2011].

Влияние на экосистемы и биоресурсы.

Антропогенный пресс (особенно загрязнение) в районах интенсивной хозяйственной деятельности приводит к перестройкам в морских экосистемах, включая изменения биомассы, упрощение видовой структуры, эвтрофирование вод и ряд других экологических нарушений, отражённых схематически на рис. 2 и 3.

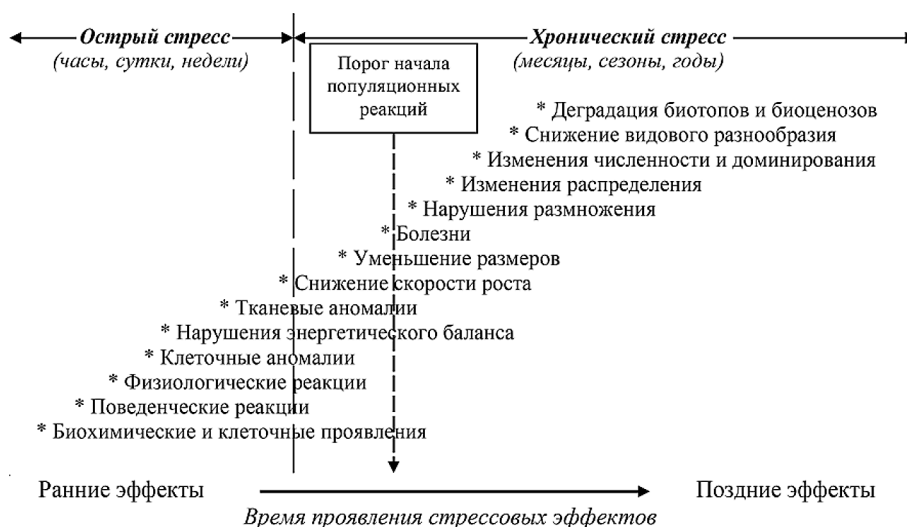


Рис. 2. Характер и последовательность проявления стрессовых эффектов в морских экосистемах



Рис. 3. Общая схема воздействия загрязнения на прибрежные экосистемы и биоресурсы

К настоящему времени накоплены огромные массивы информации (десятки тысяч публикаций) относительно механизмов действия перечисленных выше токсикантов на морские организмы разных систематических и экологических групп. Тем не менее надо признать, что строгие количественные оценки влияния загрязнения (как, впрочем, и всех остальных факторов антропогенного воздействия) на морские экосистемы и биоресурсы до сих пор отсутствуют. Один из путей решения подобных задач связан с использованием экспертных оценок.

Опираясь на всю совокупность известных материалов об экологической ситуации в морях и океанах, можно полагать, что современный общий уровень биопродуцирования прибрежных экосистем в районах *хронического* загрязнения снизился примерно на 10% по сравнению с доиндустриальным периодом. Эта ориентировочная экспертная оценка была получена путём сопоставления фактически измеренных и экспериментально установленных действующих (вредных) концентраций основных загрязняющих веществ в морской среде [Patin, 1995; Патин, 2004]. В первом приближении эту глобальную оценку можно экстраполировать и на прибрежные акватории морей России как верхний предел возможного нега-

тивного воздействия загрязнения на морские экосистемы и биоресурсы этих регионов.

Некоторая региональная детализация степени опасности загрязнения для разных экологических зон и групп промысловых объектов дана в табл. 4. Из приведённых оценок следует, что:

- наиболее сильное негативное влияние загрязнения характерно для тех видов и групп промысловых организмов, жизненный цикл которых приурочен к прибрежной полосе, зонам смешения морских и пресных вод и особенно к низовьям рек, где происходит размножение и нагул проходных рыб;

- в большинстве ситуаций сильное загрязнение и его последствия для рыбных ресурсов (за исключением пресноводной фауны) ограничены локальным или местным масштабом;

- морские рыбы и беспозвоночные, обитающие в открытых водах шельфа за пределами прибрежной зоны и составляющие основу промысловых уловов, практически не подвержены воздействию загрязнения.

МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС

Общая характеристика. За последние 50 лет на шельфе Мирового океана сложился относительно новый (по сравнению с судоходством и рыболовством), масштабный

Таблица 4. Эколого-рыбохозяйственная оценка опасности загрязнения для основных групп промысловых биоресурсов морей России

Экологические и систематические группы организмов	Степень и масштаб опасности в разных регионах					
	Южные моря		Моря Арктики		Моря Дальнего Востока	
	Л	Р	Л	Р	Л	Р
Морские рыбы, беспозвоночные:						
пелагиаль	+	+ (?)	—	—	—	—
бенталь	++	+	+	—	—	—
неритическая зона	++	+	++	+ (?)	+	+ (?)
Полупроходные и солоноватоводные рыбы	+++	++	++	+ (?)	++	+ (?)
Проходные рыбы	+++	++	++	+ (?)	++	+
Пресноводные рыбы	+++	+++	++	++	++	+
Морские млекопитающие						
ластоногие	++	+	+	—	+	—
китообразные	—	—	—	—	—	—
Морские птицы	++	—	+	—	+	—
Объекты марикультуры	+++	—	—	—	++	—

Примечания.

1. Масштаб воздействия: Л — локальный (местный), Р — региональный (субрегиональный), Г — глобальный.
2. Степень опасности: +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие, ? неопределённая.

и динамичный вид деятельности — морской нефтегазовый комплекс (МНГК), который обеспечивает сейчас до 30% мировой добычи углеводородов. В настоящее время в морских экономических зонах 80 стран установлены около 7000 нефтяных платформ, пробурены более 150 тыс. глубоких скважин и уложены более 150 тыс. км подводных трубопроводов. Танкерный флот насчитывает около 7000 крупнотоннажных нефтеналивных судов, которые обеспечивают ежегодную перевозку около 3 млрд т нефти и нефтепродуктов [АРИ, 2005].

Россия, обладающая самыми большими в мире морскими запасами углеводородов, сравнительно недавно приступила к их освоению. Однако уже сейчас на акваториях многих российских морей реализуются или планируются крупные проекты добычи нефти и газа. Это означает неизбежное, в ряде регионов — радикальное, изменение в недалёком будущем ситуации на шельфах России (прежде всего в морях Западной Арктики и Дальнего Востока), где морская среда будет испытывать дополнительную антропогенную нагрузку, а рыболовство будет вестись при наличии мощной

и разветвлённой инфраструктуры морских нефтепромыслов.

Освоение морских нефтегазовых месторождений является одним из наиболее масштабных и многоплановых видов деятельности на шельфе и включает в себя геолого-геофизические изыскания, разведочные бурения, обустройство месторождения, промысловые работы, транспортировку углеводородов и ликвидацию нефтяного промысла. При всём разнообразии факторов воздействия МНГК на морскую среду в их составе различаются три основные группы.

Физические воздействия, которые сопровождают все этапы и операции МНГК. К их конкретным проявлениям относятся: сейсмические импульсы (сейсмозащита), изъятие и перемещение грунтов (строительство платформ и нефтяных терминалов, укладка трубопроводов и др.), световые, шумовые, тепловые и гидродинамические эффекты (буровые и промысловые работы на платформах, сжигание газа в факелах, танкерные операции и др.), ударные взрывные волны (ликвидация промыслов).

Химические воздействия в результате поступления в окружающую среду нефтегазовых углеводородов (особенно при аварийных ситуациях), а также других отходов (технологических, хозяйственно-бытовых и др.) на разных этапах строительной, промысловой и транспортной деятельности в море и на берегу.

Биологические воздействия за счёт непреднамеренного вселения (инвазии) чужеродных видов из других морских регионов при сбросе балластных вод из нефтяных танкеров.

Интенсивность этих воздействий, их пространственно-временной масштаб и тяжесть последствий будут, естественно, сильно варьировать в зависимости от многих конкретных обстоятельств. Анализ обширной литературы по экологии МНГК позволяет выделить несколько наиболее опасных и распространённых факторов воздействия на морскую среду [Ratin, 1999; Патин, 2001].

Сейсморазведка. Один из таких факторов связан с сейсморазведкой, основанной на генерировании сейсмических ударных волн в толще воды. В пределах нескольких метров от источника сейсмосигналов (пневмопушки) наблюдается гибель зоопланктона, включая икру, личинки и молодь рыб, которые не способны уйти из зоны поражения. Объёмы таких потерь только при одной региональной сейсмостъёмке могут достигать 1% от популяционной численности рыб на ранних стадиях развития [Tscui, 1998]. Масштабные последствия сейсморазведки связаны также с нарушениями поведенческих реакций стайных пелагических рыб, что многократно наблюдалось на расстояниях более 10 км от районов проведения сейсмических съёмок [Karlsen et al., 2004; Веденев, 2009]. Эти и некоторые другие данные позволяют полагать, что длительные сейсмические съёмки на региональном уровне способны нарушать пути миграции пелагических рыб, рассеивать их нерестовые скопления и таким образом негативно сказываться как на состоянии запасов рыб, так и на эффективности рыбного промысла в районах проведения сейсморазведки.

Пластовые воды. По мере исчерпания запасов нефти при эксплуатации любого месторождения резко возрастают объёмы со-

путствующих пластовых воды. Их обратная закачка в пласт в морских условиях далеко не всегда возможна, и потому они обычно сбрасываются в море. По некоторым оценкам [Veil et al., 2004], эти объёмы в несколько раз превышают объёмы извлекаемой из недр нефти, а годовые показатели сброса таких вод на региональном уровне могут исчисляться сотнями миллионов тонн. Именно эти сбросы являются главным источником загрязнения моря на этапе промысловых работ. Для химического состава пластовых вод характерна высокая минерализация (до 300 г/л), а также присутствие ряда токсичных веществ, включая фенолы, тяжёлые металлы, радионуклиды, взвешенные вещества, растворённые газы. Кроме того, эти воды всегда загрязнены нефтью, нефтепродуктами и многими реагентами, которые используются в процессе добычи и обработки углеводородов. Наиболее чёткие и долговременные экологические аномалии при удалении с промысловых платформ пластовых вод фиксируются в донных осадках и биоценозах. Индикаторами таких нарушений обычно являются повышенные уровни нефтяного загрязнения донных осадков и изменения видового состава бентоса на расстояниях до нескольких километров от промысловых платформ.

Танкерные операции. Среди факторов экологического риска, связанных с транспортировкой нефти танкерами, особого внимания заслуживают операции с балластными водами, сброс которых является одной из главных причин «биологического загрязнения» (инвазии вселенцев) — вспышки развития чужеродных для данного региона видов. По разным оценкам, от 7000 до 10000 видов морских организмов ежегодно перевозятся сейчас с водяным балластом на судах танкерного типа, которые сбрасывают этот балласт в море в объёме до 5 млрд т/год [Raaymakers, 2003]. К настоящему времени зарегистрированы сотни ситуаций биологических инвазий с тяжёлыми последствиями для экологии и экономики многих прибрежных государств, а иногда и для здоровья людей [IPIECA, 2010]. В некоторых случаях сбросы балластных вод оборачивались экологическими катастрофами регионального масштаба, как это было, например, в конце

1980-х гг. в Чёрном море в результате вселения гребневика *Mnemiopsis* (рис. 4). Биомасса популяции этого хищного планктофага достигала здесь 10 млрд т, что привело к резкому падению рыбных запасов и коллапсу рыболовства в регионе. Позже эта губительная инвазия распространилась на Азовское и Каспийское моря.

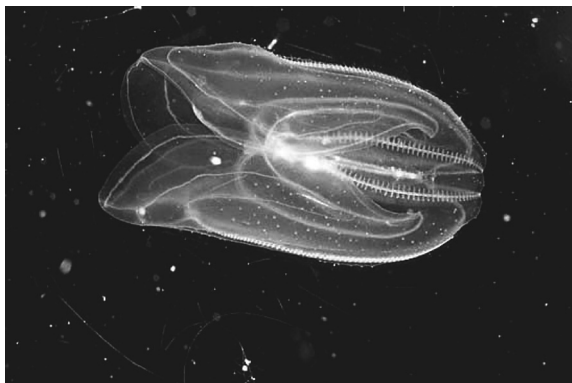


Рис. 4. Хищный планктофаг гребневик *Mnemiopsis leidyi*, вселение которого в Чёрное море в конце 1980-х гг. привело к экологической катастрофе

В отличие от нефтяных разливов, для ликвидации которых существуют эффективные методы и средства, популяции чужеродных видов после их вселения в новые экосистемы практически не поддаются какому-либо контролю. Единственная возможность борьбы с такими явлениями состоит в принятии международных превентивных мер для снижения риска (вероятности) их возникновения. Не случайно инвазия в морскую среду патогенных и других нежелательных вселенцев относится сейчас к числу глобальных угроз для экологии океана [ИМО, 2004; UNEP, 2006].

Нефтяные разливы. Несмотря на некоторое снижение частоты и объёмов нефтяных разливов в море за последние десятилетия, они по-прежнему сопутствуют всем видам морской нефтедобывающей деятельности и остаются серьёзной угрозой для прибрежных экосистем и рыболовства. Из данных международной статистики [GESAMP, 2007; ИТОРФ, 2008] следует, что основные потери нефти (около 12% от глобального потока) связаны с аварийными разливами при танкерных перевозках нефти. Список катастрофических нефтя-

ных разливов в море обширен, а нанесённые ими экологические и экономические ущербы весьма внушительны. Достаточно вспомнить об известных авариях супертанкеров *Exxon Valdez* (США, 1989 г.), *Braer* (Великобритания, 1992 г.), *Sea Empress* (Великобритания, 1996 г.), *Erica* (Франция, 1999 г.), *Prestige* (Испания, 2002 г.). Объёмы этих и ряда других разливов (в том числе на скважине *Deepwater Horizon* в Мексиканском зал. в 2010 г.) исчислялись десятками и сотнями тысяч тонн нефти, а ущербы — миллиардами долларов (рис. 5).



Рис. 5. Крушение танкера «Prestige» в Бискайском заливе в ноябре 2002 г. с грузом 77 тыс. т тяжелого мазута (www.cedre.fr)

С экологических позиций следует различать два основных типа нефтяных разливов. Один из них включает пелагические разливы, которые начинаются и завершаются в открытом море без соприкосновения с береговой линией. Их последствия, как правило, носят временный, локальный и быстро обратимый характер в форме острого стресса. Другой и наиболее опасный тип разливов предполагает вынос нефтяного поля на берег, аккумуляцию нефти на побережье и длительные (до 10 лет) экологические нарушения в прибрежной и литоральной зоне.

Помимо крупных и катастрофических разливов нефти, существуют два других источника нефтяного загрязнения, которые остаются до сих пор вне фокуса общественного и научного внимания. Речь идёт о так называемых «малых разливах», которые происходят, во-первых, при обычных (штатных) операци-

ях во время добычи и транспортировки углеводородов в море и, во-вторых, в результате нелегальных сбросов нефти и нефтепродуктов с танкеров и других судов [Olsson, 2005; UNEP, 2006]. Анализ известной литературы и международной статистики [Патин, 2008] показывает, что современное нефтяное загрязнение моря формируется в значительной мере за счёт именно этих источников.

В последние десятилетия во многих странах и на международном уровне предпринимаются серьёзные меры по предупреждению аварий и разливов нефти в море. Однако полной гарантии экологической безопасности нет и не может быть в принципе. «Дамоклов меч» аварийных разливов, в том числе катастрофических, продолжает висеть над акваторией морей и океанов, а их список может быть продолжен в любое время и в любом месте. Это относится несомненно и к России, которая является крупнейшим мировым экспортером нефти.

Экстраполяционный прогноз показывает, что суммарный (накопленный) объём аварийных и других потерь нефти к 2020 г. при реализации проектов добычи и транспортировки углеводородов в российских морях может превысить 300 тыс. т [Патин, 2008].

Рыбохозяйственные последствия.

В табл. 5 дана сводка негативных эффектов и последствий рыбохозяйственного характера при разных видах работ в рамках МНГК. Были учтены многочисленные материалы, накопленные в России и за рубежом, включая выводы международных организаций и независимых экспертов.

Из этой сводки следует, что негативное воздействие на сырьевую базу и рыболовство проявляется на всех этапах нефтегазодобывающей деятельности в море. Потенциальные потери для рыбной отрасли весьма разнородны и включают в себя как прямые, так и косвен-

Таблица 5. Потенциальные рыбохозяйственные ущербы и последствия при разработке морских нефтегазовых месторождений

Этапы работ и виды деятельности	Эффекты, ущербы, последствия
Сейсмические съёмки	Помехи рыболовству. Гибель личинок и молоди (до 1% от численности популяций). Рассеяние промысловых скоплений (на расстояниях до 10–20 км)
Бурение разведочных скважин	Ухудшение качества среды. Локальные нарушения кормовой базы промысловых видов
Промысловые работы с платформ	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству. Загрязнение морской воды, донных осадков и промысловых организмов. Устойчивые нарушения кормовой базы в бентосе (до нескольких километров от платформ)
Строительные работы в море (платформы, трубопроводы и др.)	Помехи рыболовству. Нарушения качества среды в водной толще и на дне. Гибель донных организмов и ухудшение кормовой базы в бентосе. Возможные нарушения миграций промысловых видов
Строительство трубопроводов на суше	Временное ухудшение условий воспроизводства и миграции промысловых видов в нерестовых реках
Эксплуатация трубопроводов	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству. Возможные препятствия для миграции промысловых беспозвоночных на дне
Танкерные перевозки	Нарушения качества среды. Потенциальная угроза экологических нарушений за счёт инвазии (вселения) чужеродных видов
Нефтяные разливы	Сильное нефтяное загрязнение прибрежной зоны и литорали. Гибель или утрата товарных качеств объектов промысла и марикультуры. Прекращение рыбохозяйственной деятельности со значительными экономическими потерями (до сотен миллионов долларов)
Отработанные сооружения, материалы и конструкции на дне	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству
Ликвидационные работы	Сильные локальные воздействия при взрывных работах

ные ущербы. К числу наиболее масштабных и долговременных угроз относятся:

экономические последствия крупных нефтяных разливов в прибрежной зоне;

сокращение доступных для промысла акваторий из-за введения охранных зон вокруг платформ и других элементов инфраструктуры МНГК;

физические помехи для траловых операций за счёт присутствия на дне подводных трубопроводов и других конструкций и материалов.

Как показывает опыт, наибольшие экономические потери для рыбной отрасли в результате аварийных разливов нефти возникают в основном за счёт временных запретов на рыболовство и реализацию продукции марикультуры. Необходимость введения таких запретов связана в основном с риском загрязнения морепродуктов и утраты их товарных качеств из-за появления нефтяного запаха и привкуса. Сроки действия подобных запретов при крупных разливах колеблются от нескольких месяцев до нескольких лет, а прямые ущербы для рыбной отрасли могут исчисляться сотнями миллионов долларов, как это было, например, после нефтяных катастроф у берегов Западной Европы и США [Lord, Michel, 2003; IPIECA, 2003; NAS, 2003]. Что касается влияния разливов нефти на сырьевую базу рыболовства, то снижение запасов биоресурсов на региональном уровне до сих пор не было обнаружено в таких случаях из-за сильной природной изменчивости популяционных параметров промысловых видов.

ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ

Полагаю, не будет особым преувеличением утверждение о том, что Мировой океан с его минеральными и биологическими ресурсами остаётся сейчас единственным биосферным объектом, который человечество ещё не успело подвергнуть необратимому деструктивному воздействию. Именно поэтому так важно в настоящее время, во-первых, оценить сложившуюся экологическую ситуацию и её динамику на региональном и глобальном уровнях и, во-вторых, наметить адекватную стратегию и меры реагирования на экологические угрозы в условиях роста мировой экономики и населения Земли. От успехов в этой области зависит если

не существование человечества, то его благополучие в недалёком будущем.

В наборе экологических подходов и принципов, которые внедряются в последнее время в морскую природоохранную науку и практику, следует выделить:

1. Экосистемный подход к морскому природопользованию, при котором обеспечивается стабильность состояния морских экосистем и поддержание в пределах долговременной природной изменчивости их основных структурных и функциональных параметров;

2. Превентивный (предупредительный) принцип охраны морской среды и биоресурсов, при котором главный акцент делается не на констатации уже очевидных антропогенных аномалий, а на раннем обнаружении первых симптомов таких аномалий и принятии соответствующих опережающих мер;

3. Региональный (бассейновый) подход к охране морских экосистем, основанный на учёте конкретных особенностей того или иного морского бассейна во всём разнообразии его физико-географических, природно-климатических, социально-экономических и других характеристик;

4. Приоритет охраны морской прибрежной зоны, которая отличается повышенной биопродуктивностью и в то же время наиболее мощной антропогенной нагрузкой.

Ясно, что объективное знание об экологических угрозах и последствиях любой хозяйственной деятельности в природных условиях возможно лишь на основе соответствующих методических подходов, процедур и средств. Они нужны как для углублённого изучения и оценки последствий вмешательства человека в природу, так и для принятия адекватных природоохранных мер. Общее представление о роли и месте оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в системе природоохранного контроля и регулирования хозяйственной деятельности можно получить из схемы на рис. 6. Подобные схемы приняты и реализуются сейчас повсеместно, в том числе в рамках природоохранных морских проектов [IAIA, 2000; Lange, 2003; ICES, 2005; Головина, 2006; Матишов и др., 2009; Дмитриев, 2010; AMAP, 2010; Fidler, Noble, 2012].



Рис. 6. Роль и место ОВОС в системе контроля и регулирования хозяйственной деятельности в природных условиях

Надо подчеркнуть, что в настоящее время отсутствует какая-либо общепринятая строгая методология количественных оценок антропогенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы. Причиной этого является как многофакторность таких воздействий (см. табл. 1), так и чрезвычайная сложность, большое количество взаимных связей и многообразие происходящих при этом экосистемных нарушений (см. рис. 2–3). В большинстве ситуаций (особенно при низкой интенсивности антропогенного воздействия) разграничить изменения в экосистемах, связанные с деятельностью человека и обусловленные изменчивостью природных процессов, чрезвычайно трудно либо вообще невозможно.

К числу используемых на разных стадиях ОВОС методов и подходов обычно фигурируют экспертные оценки, матричный анализ, имитационное моделирование, оценки опасности и риска и др. Принципиально важный и до сих пор слабо разработанный аспект всей методологии ОВОС заключается в подборе показателей и критериев для оценки допустимых изменений состояния природной среды. Чаще всего в качестве общего условия допустимости вторжения человека в природу декларируется необходимость обеспечения устойчивости природных экосистем и биоресурсов. В то же время конкретизация этого довольно расплывчатого требования применительно к морским экосистемам, само существование которых возможно лишь за счёт вы-

сокой изменчивости их основных параметров, до сих пор отсутствует.

К числу развиваемых в последнее время перспективных методологических подходов в данной области можно отнести выделение ЭБЗР — экологически и биологически значимых районов (ecologically and biologically significant areas, EBSA) [IUCN/NRDC, 2011; CBD, 2012; PAME, 2013]. В наборе критериев для выделения ЭБЗР ключевую роль играют такие характеристики, как *уязвимость* и *чувствительность*, которые относятся не только к живым объектам морских экосистем (организмы, виды, популяции, экологические группы), но и к сложным природным геосистемам (береговая линия, прибрежная зона, большие морские экосистемы, пелагиаль, эстуарии). В рамках такого подхода сейчас разрабатываются и используются на практике методы районирования морских акваторий и побережий по степени их уязвимости к тому или иному антропогенному воздействию, например к нефтяным разливам [ИМО, 2006; Шавыкин, Ильин, 2010; ИМО/ИРЕСА, 2010; Методические рекомендации..., 2011]. Аналогичные подходы и критерии используются в последнее время для выделения и картографирования районов, ограниченных для деятельности МНГК [Блиновская, 2006; WWF-Norway, 2009; ВФДП, 2012].

Не углубляясь далее в эту обширную тему, отметим, что определённую методологическую перспективу для решения проблем охраны морских экосистем и биоресурсов в условиях антропогенного воздействия открывает концепция больших морских экосистем (БМЭ) [Hempel, Sherman, 2003]. В рамках этой концепции человеческая деятельность рассматривается как неотъемлемый элемент БМЭ, а локальные воздействия (включая промысловые изъятия рыб, загрязнение и др.) интегрируются в долговременные кумулятивные эффекты на фоне климатических и других природных изменений.

Выводы

1. Современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется многофакторностью и неравномерностью воздействия человека на морскую среду. Характер-

ной чертой этой глобальной картины является совпадение (пересечение) областей повышенной биопродуктивности с районами наиболее сильного антропогенного пресса. По мере перехода от пелагиали окраинных морей к шельфовым и прибрежным акваториям, а также ко внутренним морям интенсивность всех видов негативного воздействия значительно возрастает.

2. К числу наиболее распространённых источников и факторов антропогенного воздействия на морские экосистемы относятся: промышленные и другие стоки, эвтрофирование прибрежных вод, разрушение берегов, нерациональное рыболовство, судоходство, добыча и транспортировка углеводородов. На глобальном уровне в последние годы проявляются потенциальные угрозы, связанные с климатическими аномалиями, закислением морской воды и накоплением в пелагиали океанов огромных количеств мелкодисперсных пластиковых отходов.

3. Загрязнение сопутствует большинству видов хозяйственной деятельности в море и на побережье. По ориентировочной оценке, общий уровень биопродуцирования прибрежных экосистем в районах хронического загрязнения снизился примерно на 10% по сравнению с доиндустриальным периодом.

4. Негативное воздействие на морскую среду проявляется на всех этапах освоения нефтегазовых месторождений в море. При этом главные экологические риски и рыбохозяйственные ущербы связаны с нефтяными разливами и инвазией чужеродных видов в результате транспортировки углеводородов танкерами. Последствия таких событий могут иметь характер экологических катастроф регионального уровня.

5. Методология количественных оценок влияния человека на морские экосистемы и биоресурсы в настоящее время находится в сфере дискуссий и поисков. Основные трудности в этой области связаны как с многофакторностью антропогенных воздействий, так и с чрезвычайной сложностью, большим количеством взаимосвязей и многообразием происходящих при этом экосистемных нарушений на фоне высокой изменчивости аналогичных природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- Блиновская Я. Ю.* 2006. Информационное обеспечение экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений на шельфе. Владивосток: Морской государственный университет. 232 с.
- Веденёв А. И.* 2010. Анализ влияния морской и прибрежной сейсморазведки и бурения скважин на миграцию лосося на о. Сахалин. М.: Всемирный фонд охраны дикой природы (WWF). 19 с.
- ВФДП* (Всемирный фонд дикой природы, WWF). 2012. Методические подходы к выделению районов ограниченной антропогенной деятельности в замерзающих морях. М.: ВФДП (WWF). 45 с.
- Головина Ю. Ю.* 2006. От истории развития процедуры ОВОС к необходимости разработки методологии оценки воздействия на морские арктические экосистемы // Вестник МГТУ. Т. 9. № 3. С. 478–485.
- Денисов В. В.* 2009. Комплексное управление прибрежными зонами // Основные концепции современного берегопользования. СПб: Изд-во РГГМУ. С. 224–286.
- Дмитриев В. В.* 2010. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. Вып. 4. С. 507–520.
- Матишов Г. Г.* (ред.). 2004. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Апатиты: Изд-во КНЦ. 557 с.
- Матишов Г. Г., Макаревич П. Р., Дженюк С. Л., Денисов В. В.* 2009. Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 500 с.
- Методические рекомендации по разработке и построению карт экологической уязвимости от нефти берегов, прибрежных зон и акватории морей. Мурманск: ММБИ. 47 с.
- Мокиевский В. О.* 2009. Морские резерваты — теоретические предпосылки к созданию и функционированию // Биология моря. Т. 35. № 6. С. 450–460.
- Немировская И. А.* 2004. Углеводороды в океане. М.: Научный мир. 328 с.
- Патин С. А.* 1994. Экологические аспекты качества морской среды и морепродуктов // Материалы Международной конференции «Технология переработки гидробионтов». М.: Изд-во ВНИРО. С. 24–30.
- Патин С. А.* 2001. Нефть и экология континентально-го шельфа. М.: Изд-во ВНИРО. 340 с.

- Патин С. А. 2004. Методология оценки техногенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы // Водные ресурсы. Т. 31. Вып. 4. С. 451–460.
- Патин С. А. 2008. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО. 508 с.
- Патин С. А. 2011. Комплексная оценка антропогенного воздействия на арктическую морскую среду // Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны РФ. М.: Глобальный экологический фонд (Программа ООН по окружающей среде). С. 183–213.
- Шавыкин А. А., Ильин Г. В. 2010. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. 110 с.
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2004. AMAP Assessment 2002: The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. Oslo: AMAP. 65 p.
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2010. The Assessment of Oil and Gas Activities in the Arctic (OGA 2010). Oslo: AMAP. 150 p.
- Andrew R. K., Howe B. M., Mercer J. A., Dzienciuch M. A. 2002. Ocean Ambient Sound: Comparing the 1960s with the 1990s for a Receiver off the California Coast // Acoustic Research Letters Online. Vol. 3. N 2. P. 65–70.
- API (American Petroleum Institute). 2005. Oil and Natural Gas Transportation: Tankers, Pipelines, Trucks, Rails. API. 55 p.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2012. Ecologically or Biologically Significant Marine Areas (EBSAs). CBD. 10 p.
- Fidler C., Noble B. 2012. Advancing strategic Environmental Assessment in the Offshore Oil and Gas Sector: Lessons from Norway, Canada, and the United Kingdom // Environmental Impact Assessment Review. Vol. 34. P. 12–21.
- GESAMP (UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 2001. A Sea of Trouble // GESAMP Reports and Studies. N 70. 35 p.
- GESAMP (UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 2007. Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-Based Activities // GESAMP Reports and Studies. N 75. 96 p.
- GIWA (Global International Waters Assessment). 2005. GIWA Regional assessment. University of Kalmar, Sweden. 110 p.
- Halpern B. S., Selkoe K. A., Micheli F., Kappel C. V. 2007. Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats // Conservation Biology. Vol. 21. N 5. P. 1301–1315.
- Halpern B. S., Walbridge Sh., Selkoe K. A. et al. 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems // Science. Vol. 319. P. 948–955.
- Hempel G., Sherman K. 2003. Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection, and Research. Amsterdam Elsevier. 180 p.
- IAIA (International Association for Impact Assessment). 2000. Principles of Environmental Impact Assessment Best Practice. IAIA. 10 p.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2005. Report of the ICES Advisory Committee on the Marine Environment. Copenhagen: ICES. 375 p.
- IMO (International Maritime Organization). 2004. Ballast Water Management Convention. London: IMO. 44 p.
- IMO (International Maritime Organization). 2006. Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Areas (PSSA). Resolution A.982 (24). Adopted on 1 December 2005 (Agenda item 11). London: IMO. 13 p.
- IMO/IPIECA. 2010. Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. Vol. 1. Revised edition. London: IMO. 28 p.
- IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). 2003. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. London: IPIECA. 28 p.
- IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). 2010. Alien Invasive Species and the Oil and Gas Industry. London: IPIECA. 82 p.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation). 2008. ITOPF Handbook 2008/2009. London: ITOPF. 54 p.
- IUCN/NRDC (International Union for the Conservation of Nature / Natural Resources Defense Council). 2011. Workshop to Identify Areas of Ecological and Biological Significance (EBSAs) or Vulnerability in the Arctic Marine Environment (La Jolla, CA, 16–18 June, 2010). Workshop Report. 38 p.
- IWC (International Whaling Commission). 2006. Features of Sound and Seismic Surveys. Report of the Scientific Committee. Report of the Standing Working Group on Environmental Concerns. London: IWC.
- Karlsen H. E., Piddington R. W., Enger P. S., Sand O. 2004. Infrasound Initiates Directional Fast-Start Escape Responses in Juvenile Roach *Rutilus rutilus* // J. Exp. Biol. Vol. 207. P. 4185–4193.
- Lange M. 2003. The Barents Sea Impact Study (BASIS): Methodology and First Results // Continental Shelf Research. Vol. 23. P. 1673–1694.
- Lord Ch., Michel Ch. 2003. Conceptual Model for Assessing the Risk of Seafood Tainting During Oil Spills // Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.

- NAS* (National Academy of Sciences). 2010. Ocean Acidification: A National Strategy to Meet the Challenges of a Changing Ocean National Research Council. Washington, D.C.: The National Academies Press. 56 p.
- NAS* (National Academy of Sciences). 2003. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. Washington, D.C.: National Academies Press. 265 p.
- Nieukirk S. L., Stafford K. M., Mellinger D. K., Dziak R. P., Fox C. G.* 2004. Low-Frequency Whale and Seismic Airgun Sounds Recorded in the Mid-Atlantic Ocean // *J. Acoust. Soc. Am.* Vol. 115. P. 1832–1843.
- NRC* (National Research Council of the National Academies). 2008. Tackling Marine Debris in the 21st Century. Washington, D.C.: National Academies Press. 224 p.
- Olsson E. H.* 2005. Small Spills: Cause for Concern // Proceedings of the 2005 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- OSPAR* (Oslo and Paris Convention). 2009. Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment. London: OSPAR Commission. 75 p.
- OSPAR* (Oslo and Paris Convention). 2009. Assessment of Impacts of Offshore Oil and Gas Activities in the North-East Atlantic. London: OSPAR Commission. 88 p.
- OSPAR* (Oslo and Paris Convention). 2010. Quality Status Report 2010 for the North East Atlantic. London: OSPAR Commission. 36 p.
- PAME* (Protection of Arctic Marine Environment). 2013. Identification of Arctic Marine Areas of Heightened Ecological and Cultural Significance. Arctic Marine Shipping Assessment (AMSA). PAME. 110 p.
- Patin S. A.* 1982. Pollution and Biological Resources of the Oceans. London: Butterworth Scientific. 290 p.
- Patin S. A.* 1999. Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry. New York: EcoMonitor Publ. 435 p.
- Patin S. A.* 2013. Environmental Impact of Crude Oil Spills // *Encyclopedia of Energy*. Vol. 1. New York: Elsevier Science. P. 737–758.
- Rios L. M., Moore C., Jones P. R.* 2007. Persistent Organic Pollutants Carried by Synthetic Polymers in the Ocean Environment // *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 54. P. 1230–1237.
- Thompson R. C.* 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? // *Science*. Vol. 304. N 5672. P. 843.
- Tsui Ph. T. P.* 1998. The Environmental Effects of Marine Seismic Exploration on Fish and Fisheries of the Scotian Shelf // *Offshore Oil and Gas Information Conference*. Yarmouth, Nova Scotia, Canada, October 30–31, 1998. 25 p.
- UNEP* (United Nations Environment Programme). 2006. Challenges to International Waters. Regional Assessments in a Global Perspective. Nairobi, Kenya: UNEP. 126 p.
- UNEP* (United Nations Environment Programme). 2006. Illegal Oil Discharge in European Seas // *Environment Alert Bulletin*. N 7. 4 p.
- Veil J. A., Puder M. G., Elcock D., Redweik R. J. Jr.* 2004. A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas, and Coal Bed Methane. Pittsburgh: US Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. 79 p.
- Walker D., Coleman J. C., Michel K., Michel J.* 2003. Oil in the Sea: Changes in the Nature of Sources and Inputs since 1985 // Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- WWF-Norway* (World Wild Fund, Norway). 2009. Petroleum-Free Zones in the Norwegian Sea. WWF-Norway. 20 p.

Поступила в редакцию 16.09.13 г.
Принята после рецензии 20.01.15 г.

Anthropogenic Impact on Marine Ecosystems and Living Resources: Sources, Effects, Problems

S. A. Patin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

The present environmental situation in the World Ocean is characterized by the diversity and unevenness of human impact on marine ecosystems and living resources. An alarming trait of this global picture is the concurrence of highly bioproductive areas with regions of the heaviest anthropogenic impact. The most of the offshore and coastal human activities is accompanied by pollution of marine environment. The probable decrease of the overall biological productivity in coastal ecosystems due to chronic pollution is about 10%, as compared with the optimum production in a «pure» World Ocean. Potential risk of ecological catastrophes at the regional level is associated mainly with oil spills, eutrophication of coastal waters, and invasion of alien species. Relatively new factors of large-scale anthropogenic impact include appearance of small particles of plastics in the open ocean and «noise pollution» of water masses. Up to now, the generally accepted methodology of quantitative assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems and living resources does not exist.

Key words: factors of impact, marine ecosystems, living resources, offshore oil and gas industry, methodology of environmental impact assessment.