

УДК 911.

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

© 2014 г. К. М. Петров*

Санкт-Петербургский государственный университет

Поступила в редакцию 04.05.2012 г.

Статья посвящена развитию комплексных исследований подводных ландшафтов в СССР и Российской Федерации начиная с 1950-х гг. Показана применимость подходов и методов физической географии суши к исследованиям океана, в том числе и основных концепций и базовых положений географической науки.

В середине XX в. была разработана технология аэрофотосъемки дна морских мелководий, которая дала толчок развитию комплексных подводных исследований. В статье рассматривается опыт теории и практики физической географии и ландшафтоведения мирового океана. Предложены принципы построения иерархической системы единиц ландшафтно-биономического районирования больших морских экосистем.

Трудность изучения подводных ландшафтов даже на мелководьях объясняется наличием слоя воды, препятствующего широкому обзору дна. В 50-е годы XX в. в Лаборатории аэрометодов АН СССР (ЛАЭМ, ныне ВНИИ Космоаэрогеологических методов) возникла идея разработать специальную технологию аэрофотосъемки, при которой можно получить изображение морского дна до глубины 20–25 м при прозрачности воды 10–15 м. Морская аэрофотосъемка, убирающая маскирующий покров воды, явилась хорошей основой для комплексного изучения и картографирования морского дна.

Подъем народного хозяйства в послевоенные годы требовал быстрого развития энергетической базы и, прежде всего, поиска новых месторождений нефти и газа. Нефтяники Каспия одними из первых в мире приступили к освоению морских месторождений. В 50-е годы XX в. на мелководьях Каспийского моря у берегов Азербайджана

в море уже были поставлены буровые вышки, сооружена сеть эстакад и платформ, на которых строился город Нефтяные камни (рис. 1).

Перед директором ЛАЭМ член.-корр. АН Н.Г. Келлем правительством СССР в 1950 г. была поставлена задача организовать аэрогеологические исследования на морских нефтеносных площадях Приапшеронского района Каспийского моря. Сотрудниками ЛАЭМ был успешно решен комплекс фотографических и фотограмметрических задач, позволивший получить хорошие изображения морского дна при глубине моря до 20 м и составить фотосхемы на обширные акватории (рис. 2). Однако плановое изображение морского дна непривычно для восприятия и требует дешифрирования.

Дешифрирование – процесс распознавания объектов на аэроснимках. Наиболее продуктивен ландшафтный метод дешифрирования, основанный на использовании закономерных взаимосвязей компонентов природы. Изучая объекты, непосредственно изображенные на аэрофотоснимках, логическим путем делают заключение о наличии и свойствах объектов и явлениях, непосредственно не отображенных, но связанных с первыми закономерными связями. Дешифрирование становится более полным, когда выполняется комплексное (ландшафтное) изучение природы морского дна. Таким образом, морские геологические исследования дали толчок развитию подводного ландшафтоведения.

* В 2013 г. исполнилось 80 лет со дня рождения известного географа океанолога, доктора географических наук, профессора кафедры биогеографии и охраны природы СПбГУ, заслуженного деятеля науки Российской Федерации и одного из наших авторов – Кирилла Михайловича Петрова. Публикуя данную статью юбиляра в разделе “История науки”, редколлегия отдает себе отчет в том, что и по смыслу и по содержанию, многие положения автора актуальны для современной науки. Поздравляем, желаем здоровья, творческих успехов и ждем новых публикаций на страницах журнала.



Рис. 1. Буровые вышки и эстакады в Каспийском море у берегов Азербайджана.

Автор данной статьи окончил географический факультет Ленинградского университета в 1956 г., был принят на работу в Морскую группу ЛАЭМ. С этого момента изучение подводных ландшафтов стало делом моей жизни (рис. 3). Развертывание работ по дешифрированию аэрофотоснимков морского дна требовало непосредственного участия специалистов в подводных исследованиях, возникла необходимость в освоении водолазного дела.

Водолазное оборудование в 50-е годы XX в. еще только начинало осваиваться учеными. Поначалу было известно и доступно только водолазное снаряжение, изобретенное еще в конце XIX в. Это был неуклюжий скафандр с медным шлемом, связанным шлангом с помпой, которую должны были постоянно крутить два дюжих мат-



Рис. 2. Аэрофотоснимок нефтеносной геологической структуры на морском дне. Глубина моря до 15 м.

роса. Вскоре были рассекречены отечественные кислородные легководолазные аппараты, применявшиеся подводными диверсантами.

Популяризации подводных исследований немало способствовали фильмы и книги Ж.-И. Кусто. Чтобы продемонстрировать важность этих работ директор ЛАЭМ Н.Г. Келль разрешил коллективный поход в рабочее время на фильм Кусто “В мире безмолвия”. Фильм произвел ошеломляющее впечатление. Изобретение акваланга сделало подводного пловца свободным, подвижным, существенно увеличило глубину погружения. В скором времени отечественная промышленность освоила выпуск аквалангов. Морской группе ЛАЭМ,



Рис. 3. Ст. лаборант К. Петров. Начало моих подводных исследований. Черное море. 1957 г.

в которой я тогда работал, было выделено несколько аппаратов из самой первой партии. Обучение водолазному делу было поставлено в кружках ДОСААФ. Я прошел курс, и получил права на работы во всех видах водолазного снаряжения. Дорога к морскому дну была открыта. В течение последующих десятилетий я принимал участие в экспедициях на морях России, озере Байкал, коралловых рифах Индийского океана.

Дешифрирование аэрофотоснимков морского дна требовало развития общей теории и методологии подводного ландшафтоведения. Сомнения о существовании подводных ландшафтов высказывал [1]. В его книге “Теория физической географии” [1, с. 159] сказано: “...ни подводных, ни водных ландшафтов не существует”.

Подводное ландшафтоведение – молодая наука. Ее становление охватывает первые послевоенные годы, центральным событием которых явилась публикация в 1950 г. статьи Д.Г. Панова “О подводных ландшафтах Мирового океана” [3]. Это был первый обстоятельный анализ факторов, определяющих формирование подводных ландшафтов. Автор выделил вертикальные ландшафтные зоны, связав их с главными геоморфологическими элементами дна океана – шельфом, материковым склоном, ложем океана; раскрыл генетическое своеобразие названных зон и специфику факторов ландшафтообразования в их пределах.

Выдающийся гидробиолог и организатор науки Л.А. Зенкевич [2] отметил родство общих идей В.В. Докучаева о природном комплексе, В.И. Вернадского о биосфере, В.Н. Сукачева о биогеоценозе и подчеркнул их значение для изучения биологической структуры океана. Логика исследования океана неизбежно ведет к синтезу разнородного материала, выяснению причинности явлений и их взаимных связей. Итак, в середине XX в. положение о целостности ландшафтной сферы, о формировании природных комплексов, как на поверхности суши, так и на дне и на поверхности океана было обосновано теоретически.

В 70-е, 80-е годы XX в. задача изучения и освоения природных ресурсов океана, в первую очередь шельфа, стала общегосударственной. Крупнейший отечественный географ К.К. Марков, выступая в 1970 г. на V Съезде географического общества, говорил: “В географической науке создалось странное положение. Говорят, пишут о географии, подразумевая чаще всего одну ее половину – географию суши <...> Наступает, однако, пора признания значения географии океана”. В принятой в эти годы Академией Наук СССР 10-летней программе исследований Мирового океана подчеркивалось, что в основе “исследований морей и океанов и развития океанологии должно лежать положение о целостности океана, о глубокой комплексности океанологии как науки, о взаимообусловленности всех явлений и процессов, протекающих в океане”. Изучение океанических ландшафтов подразумевалось как одно из направлений этой программы. Исследования проводились в Институте океанологии, Зоологическом институте, Тихоокеанском институте географии АН СССР; на географических факультетах Московского, Ленинградского, Калининградского, Ростовского, Дальневосточного университетов; в системе НИИ рыбного хозяйства и океанографии и в ряде других организаций СССР.

Опыт и результаты подводного ландшафтоведения были обобщены в книгах “Подводные ландшафты: теория, методы исследования”, “Биономия океана” и “Биогеография океана” и др. [4–8]. Рассматриваемые в названных работах положения, изложенные ниже, не потеряли своей актуальности и в наши дни. Раскрою некоторые из них.

Физико-географический процесс в Мировом океане. Формирование физико-географической структуры океана контролируется действием планетарного физико-географического процесса. Его главное содержание заключается в обмене веществом и энергией между отдельными компонентами природы и целыми природными системами. В океане он охватывает толщу вод, дно, пограничные части атмосферы и суши.

Каждое звено физико-географического процесса вносит свой вклад в упорядочение предметов и явлений природы в Мировом океане, в результате чего происходит обособление водных и донных природных комплексов с характерными для них сообществами гидробионтов. Таким образом, физико-географический процесс порождает существенную обратную связь: наряду с глобальным характером обмена веществом и энергией он локализуется в территориально ограниченных природных системах разной размерности.

Интенсивность физико-географического процесса зависит от притока энергии (рис. 4). Основные силы, действующие в океане, могут быть земного происхождения (тепло недр, гравитация, вращение планеты вокруг своей оси) и космиче-

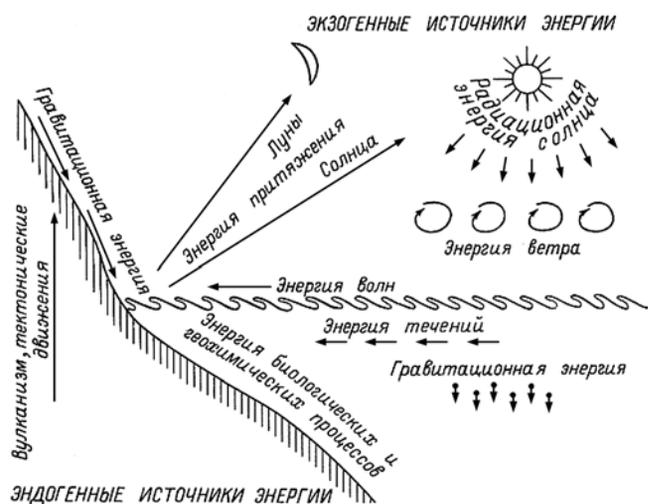


Рис. 4. Схема основных источников энергии в морских природных комплексах и экосистемах

ского (солнечная радиация, приливные действия Луны и Солнца).

Взаимодействуя и трансформируясь в географической оболочке, они порождают огромное разнообразие природных процессов. Особенно многообразны силы природы, определяющие интенсивность физико-географического процесса и обусловленных им экологических условий в поверхностной толще океана и в пределах морских мелководий.

Первопричина разнообразия природных условий и жизни заложена в неоднородном поступлении вещества и энергии в разные участки географической оболочки в том числе гидросферы. Неоднородность распределения вещества и поступления энергии связана с формой и внутренним строением Земли, ее рельефом, наклоном оси вращения к плоскости эклиптики, приливными действиями Луны и Солнца, силами Кориолиса и т.п.

Чем сильнее действуют источники энергии, тем интенсивнее и разнообразнее физико-географические и биологические процессы в океане. Наиболее полно они выражены в теплом поясе, в поверхностной толще вод, плодородие которых поддерживается за счет подъема глубинных вод (апвеллинга), а берега и дно в результате проявления интенсивных неотектонических движений или вулканизма характеризуются пересеченным рельефом. В этих условиях разнообразие природных компонентов и сложность биоты обуславливаются высоким вкладом всех первичных источников энергии.

Напротив, там, где источники тех или иных видов энергии отсутствуют, физико-географическая дифференциация выражена хуже, разнообразие жизни уменьшается. Достаточно представить ландшафты ледовой пустыни, толщи глубинных вод или абиссальной равнины. Здесь природные комплексы наблюдаются в сильно упрощенном, редуцированном виде.

На фоне внешне монотонных ландшафтов особенно заметно воздействие даже слабых источников субстанции. Это может быть, например, неотектонический рост морфоструктуры, ведущий к морфологической и экологической дифференциации ландшафта аккумулятивной равнины, или явление апвеллинга, вызывающее увеличение плодородия и повышение биологической продуктивности поверхностных вод, и т.п.

Мировой океан представляет собой динамичную систему, развивающуюся во времени. Происходит постоянное изменение и усложнение пространственной дифференциации океана. При

этом обособление крупных территориальных единиц совершается раньше; как правило, они древнее мелких; более мелкие единицы обособляются в результате развития и усложнения структуры более крупных.

Исторической основой ландшафтоведения является палеогеография. Океаны наряду с континентами – наиболее древние структуры географической оболочки Земли. Однако их размеры и пространственные соотношения не оставались постоянными. В свете новейшей глобальной тектоники основные события, определившие современную форму океанов, произошли в мезозое 100–150 млн л.н.

Природные особенности Мирового океана были сильнейшим образом изменены под влиянием событий четвертичного периода: похолодания, глубоких регрессий и следовавших за ними трансгрессий, интенсивных дифференцированных тектонических движений и вулканизма в неоген-четвертичное время.

Важной характеристикой природных процессов в океане является скорость. Для ее исчисления берутся временные интервалы от долей секунды до миллиардов лет. Необходимо учитывать не только скорость в единицах абсолютного времени, но и относительную скорость процессов. Различные подсистемы Мирового океана имеют свой временной шаг, поэтому понятия “быстро – медленно” относительны. Например, можно говорить о большой скорости развития неотектонической структуры, однако эта скорость не будет соизмерима со скоростью динамики береговой зоны, совершающейся под воздействием волновых процессов; можно говорить о росте биологической продуктивности донных сообществ в некоторых областях абиссали, однако по сравнению с продуктивностью шельфовых биоценозов она будет крайне низкой.

Контактные зоны Мирового океана. Океан неоднороден по физико-географическим условиям. Элементы его структуры, отличающиеся по характеру природных процессов, разделяют так называемые активные граничные поверхности, являющиеся в то же время областями бурно протекающих биологических процессов: 1) контакт океана с сушей; 2) контакт поверхностной толщи океана с атмосферой; 3) контакт океана с дном.

Итак, в структуре океана выделяются контактные зоны, для которых одновременно характерны максимальная напряженность физико-географических и биологических процессов и деятельность человека, обуславливающая истощение ресурсов и загрязнение. Граничные поверхности



Рис. 5. Защита берегов в районе строительства Большого Сочи. Космоснимок. Google Earth.

при этом не являются непреодолимыми барьерами. Напротив, здесь вещество и энергия интенсивно переходят из одной природной системы в другую. Циклы массоэнергообмена не только связывают географическую оболочку планеты (атмосферу, гидросферу, часть литосферы и биосферу), материки и океаны в единое целое, но и поддерживают устойчивость океана как единой природной системы.

Рассмотрим своеобразие природных процессов в контактных зонах океана, выделяя антропогенные нарушения, которые имеют негативные последствия.

1. *Контакт океана с суши.* В прибрежных мелководьях, занимающих 13% площади океанов, продуцируется 40% органического вещества; здесь вылавливается более 90% рыбы. Огромная масса веществ, в том числе промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов, поступает на мелководья со стоком с суши, замыкающим большой круговорот воды.

Это зона наиболее активного антропогенного воздействия. Около 65% населения Земли живет в пределах 500 км от морских побережий; около 50% городов с населением более 1 млн человек расположено около устьев рек и заливов океанов.

Твердый сток при впадении рек в море осаждается лавинно, так что до 90% веществ, выносимых с суши, остается в пределах мелководий и в океан не поступает. Таким образом, морские мелководья являются глобальной геохимической ловушкой, задерживающей большую часть веществ, сносимых с континентов. Морские мелководья –

область сгущения жизни, и на их долю приходится основная масса рыбы и морепродуктов, употребляемых человеком в пищу. Относительная замкнутость биохимической системы морских мелководий делает ее особенно уязвимой как в отношении нарушения экологии гидробионтов, так и в отношении биоаккумуляции веществ, опасных для человека.

В пределах морских мелководий выделяется еще более узкая контактная полоска – береговая зона. Важную роль в формировании берегов играет вдольбереговой поток наносов: там, где он не насыщен, образуется дефицит наносов – берега разрушаются морем. Казалось бы, на современном этапе тектонического развития планеты, когда «раствор гипсометрических ножниц» достиг максимальной величины, можно было бы ожидать поступления с суши в береговую зону огромного количества обломочного материала, насыщение потока наносов и широкое развитие пляжей. Сама природа создала гигантский цех строительных материалов, который, как надеялись, с лихвой может обеспечить нужды быстро развивающихся портово-промышленных комплексов и песком, и гравием, и галькой. Однако на изъятие человеком рыхлых наносов из береговой зоны море отвечает катастрофически быстрым разрушением берегов. Если человек выбирает рыхлый материал, это неминуемо ведет к разрушительным последствиям: исчезают пляжи, а вместе с ними дороги и строения. Возникает необходимость проведения дорогостоящих мероприятий по защите инфраструктуры портово-промышленных комплексов от волн (рис. 5).

2. *Контакт океана с атмосферой.* Эта граничная поверхность может рассматриваться широко, тогда к ней относится вся фотическая зона, или узко, тогда это поверхностная пленка и первые сантиметры воды. Одним из главных загрязнителей поверхности океана являются нефть и нефтепродукты. Экологической катастрофой грозят аварии супертанкеров, перевозящих по несколько сот тысяч тонн нефти. Но основная масса нефтепродуктов сносится в океан с суши. Около 60% загрязнений дает автотранспорт. Это мытье в ручьях автомашин, слив бензина и масла. Капля бензина создает на поверхности воды круг пленки диаметром 30 см. Мальку рыбы, едва он появился из икринки, чтобы заполнить плавательный пузырь, необходимо сделать глоток воздуха. Малек поднимается к поверхности, но там нефтяная пленка. Малек делает глоток – и погибает.

В.И. Вернадский, говоря о поверхностной пленке жизни, имел в виду более мощный, освещаемый Солнцем (фотический) слой океана глубиной около 100 м. С ним связана жизнедеятельность фитопланктона – основы пищевой цепочки в океане.

В последние годы большое значение придается атмосферному переносу в загрязнении Мирового океана. Так, вещества континентального происхождения попадают в океан в результате переноса пыли ветром. По экспериментальным данным среднегодовой поток пыли на поверхности Тихого океана в его экваториальной части, например, составляет 15–30 мкг/м², что соизмеримо со среднегодовой скоростью осаждения взвешенных веществ в морской воде (50 мкг/м²). Это подтверждает положение о том, что атмосферные потоки играют большую роль в процессах морской седиментации и формирования донных отложений в открытой части Мирового океана.

Свинец, ртуть и другие тяжелые металлы, а также используемые в сельском хозяйстве ядохимикаты, низкомолекулярные нефтяные углеводороды и иные органические вещества в газообразной фазе или во взвешенном состоянии переносятся атмосферными потоками на десятки тысяч километров.

3. *Контакт толщи воды океана с дном.* Срединно-океанические хребты, а точнее рифтовые разломы, образующиеся в результате расхождения литосферных плит, занимают ключевое положение в геохимии океана. Здесь на глубине около 4000 м при давлении 400 атм происходит постоянный контакт расплавленной магмы с холодными придонными водами. Срединно-океанические хребты – это мощные химические реакторы, где во взаимодействие вступают атомы всех извест-

ных, находящихся в земной коре, элементов. О масштабах геохимических процессов можно судить по тому, что протяженность этого “реактора” около 800 тыс. км, а весь объем океанической воды проходит через него в течение 3 млн лет.

Глубокие трещины – рифты – можно сравнить с ранами в тонкой земной коре, через которые сочатся вязкие потоки лавы. Застывая в холодной воде, они превращаются в причудливые нагромождения. Холодная придонная вода (ее температура даже в тропических широтах едва превышает 0°С) проникает сквозь пористые вулканические породы, нагревается и под большим давлением устремляется назад к поверхности в виде подводных гейзеров – гидротерм (рис. 6).

Гидротермы напоминают промышленный ландшафт с лесом труб металлургических и химических заводов, из которых валит ядовитый дым. Такая картина на суше стала символом экологической катастрофы. Однако в глубинах океана именно гидротермы в условиях полного мрака и холода служат животворными источниками, создающими оазисы жизни.

С “черными курильщиками” связано формирование обширного класса рудных гидротермальных месторождений. Поднимаясь из недр, гидротермы насыщаются не только метаном, сероводородом, но и сернистыми соединениями металлов, главнейшими из которых являются железо, цинк, медь, молибден, серебро, свинец, кобальт, марганец, ванадий, мышьяк и др. По сути дела, “дым” – это настоящая жидкая руда.

При контакте гидротермальных растворов с холодной придонной водой происходят интен-



Рис. 6. Гигантский конус, образованный отложениями гидротерм, Google Earth.

сивные геохимические реакции, в результате которых многие минералы выпадают в осадок. В итоге гидротермальный источник обрастает осадочными породами, образующими гигантские конусы высотой до 50–70 м (рис. 6). Отложения гидротерм представляют собой весьма богатые полиметаллические руды.

Итак, дно океана – это мощный геохимический фильтр, связывающий тяжелые металлы, поступающие из недр. Инженеры пытаются решить вопрос о промышленной разработке металлонесных осадков. Возникает опасение, что такого рода деятельность нарушит работу геохимического фильтра, и тогда концентрация тяжелых металлов в водах океана быстро возрастет, что представляет опасность, как для гидробионтов, так и для человека.

Принципы построения иерархической системы единиц ландшафтно-биономического районирования. Для решения проблемы детальной биорегионализации морей был предложен *ландшафтно-биономический* метод. Океаносфера организована в виде множества хронологических подсистем разного ранга. В самых общих чертах можно говорить об экорегионах океанического, регионального и местного (топологического) уровня.

По справедливому замечанию В.Б. Сочавы [9], биогеограф-эколог, как и географ-ландшафтовед, ведет исследования в трех измерениях: планетарном, региональном и топологическом. Планетарный экологический фон представлен региональными вариациями, а последние в свою очередь включают многочисленные топологические подразделения, вплоть до элементарных экосистем.

С ландшафтно-биономических позиций, система единиц физико-географического районирования морских бассейнов одновременно является и ландшафтной и биономической. Таким образом, между районированиями биотическим (по распределению таксонов), биономическим (по распределению сообществ) и комплексным – ландшафтно-биономическим обнаруживаются взаимосвязи, поскольку на распределение таксонов и сообществ влияет один и тот же комплекс исторических, абиотических и биотических факторов.

Классическая океанология долгое время была построена по аналитическому принципу изучения отдельных компонентов океаносферы: гидрологии, геологии, биологии и т.п. Проблема создания всеобъемлющей системы районирования Мирового океана широко обсуждается в мировой литературе с начала XXI в. В многотомном издании Гарвардского университета 14-й том посвящен междисциплинарным региональным исследованиям и синтезу накопленных знаний [10–12], в котором предложены понятия “большая морская экосистема” и “эко-регион”. Согласно их определению, большие морские экосистемы охватывают прибрежные зоны до бровки шельфов и внешние окраины больших океанических течений. Это – относительно большие акватории, порядка 200 000 км² или больше, характеризующиеся своими особенностями батиметрии, гидрографии, биогеографии, продуктивности, экологии и трофически взаимосвязанными популяциями. На основе представлений о больших морских экосистемах сотрудниками Американского института биологических наук (American Institute of Biological Sciences) разработаны принципы биорегионализации береговой зоны и шельфа Мирового океана [13].

Экорегионы – это наименьшие единицы районирования с относительно однородной биотой, четко отличающейся от соседних экорегионов. Отмечается доминирование небольшого числа экосистем и своеобразие черты геоморфологических и гидрологических условий. Ведущие факторы биогеографического своеобразия экорегионов меняются от места к месту и могут быть обусловлены: изоляцией, течениями, апвеллингом, речным стоком, температурным режимом, динамикой ледового покрова, грунтами, батиметрией и разнообразием берегов. Низшие единицы биорегионализации – экорегионы – весьма крупные акватории, как правило, целые морские бассейны, аналоги физико-географических стран на суше.

Предложенная мной система единиц ландшафтно-биономического районирования имеет иерархический характер и позволяет продолжить подразделение экорегионов на более дробные единицы [3, 4]. Система региональных единиц отражает три направления регионального подразделения: зональное, вертикальное и азональное. Исходной единицей районирования является подводный ландшафт, который в свою очередь подразделяется на систему морфологических донных природных комплексов.

Экологические проблемы Мирового океана. Океаны представляют собой огромные впадины в рельефе Земли. В эти впадины устремляется практически весь сток поверхностных вод суши, промывая самые отдаленные участки земной поверхности. За исключением небольшого числа замкнутых бессточных котловин, земная поверхность промывается атмосферными осадками. Ручейки впадают в реки, реки несут свои воды в моря и океаны и, таким образом, в загрязнении океана участвуют почти все города и поселки.



Рис. 7. Мертвая рыба, выброшенная на берег моря.

Поскольку скорость течения в реках довольно высока (в среднем вода из верховьев крупных Сибирских рек достигает океана всего за 12 дней), загрязняющие вещества, попавшие в реку у ее истоков, очень скоро стекут в океан. Площади речных бассейнов огромны. Реки вбирают в себя и несут в океан не только сточные воды городов, но также и ядохимикаты, и удобрения, которые в больших количествах вносятся на поля.

Особую проблему создает переудобрение морских мелководий, вызываемое избытком растворенных в воде питательных солей. Последние попадают в море в результате смыва с полей минеральных удобрений. Парадокс состоит в том, что в то время как биопродуктивность большинства морских экосистем сдерживается недостатком биогенных солей, человек навязывает традиционно малопродуктивным морским экосистемам избыточное минеральное питание. Экосистемы отвечают на это сначала бурной вспышкой биопродуктивности специфических групп гидробионтов, а затем их гибелью. Уязвимым звеном становится быстрое потребление кислорода (рис. 7). Без растворенного в воде кислорода гибнут практически все животные морских мелководий. Разложение трупов ведет к сероводородному заражению, которое завершает превращение прибрежных экосистем в черную зловонную мертвую зону.

Загрязнение океана разрушает тонкие биохимические связи между его обитателями. Разные группы организмов, особенно бактерии и беспозвоночные животные, выделяют растворенные органические вещества, играющие роль пищи и биостимуляторов для членов сообщества. Физиологические системы многих морских организмов являются открытыми, а все сообщество объединяется биохимическими связями по принципу дополтельности: гидробионты выделяют веще-

ства, необходимые для других организмов, и сами включают в свой обмен выделения соседей. Морская экосистема представляет собой физиологическую целостность. Гибель определенных групп организмов в такой системе можно уподобить удалению железы внутренней секреции, производящей гормоны у высшего животного, а введение в воду ядовитых веществ – инъекции яда.

Есть еще одна важная сторона экологического метаболизма – это роль прижизненных выделений в общении гидробионтов. Подобно специфическим ароматическим веществам, выделяемым животными на суше, эти вещества помогают морским обитателям общаться между собой: самцам и самкам находить друг друга, особям определенных видов собираться в стаи, хищникам находить жертву, а жертве избегать хищника. Вторжение чужеродных веществ в океан способно вызвать хаос в поведении гидробионтов, разрушить всю систему биоценологических отношений.

Заключение. Во второй половине XX в. стало ясно, что “неисчерпаемые” запасы сырья на суше быстро тают, и тогда взоры и мысли человечества обратились к Мировому океану. Делая упор, прежде всего, на его огромные размеры, заговорили об “океане возможностей”, подразумевая биологические, минеральные, энергетические и другие ресурсы, гигантскую емкость как резервуара для сброса отходов производства. Однако вскоре стало ясно, что океан под действием мощного антропогенного пресса оказался весьма уязвимым. И уже сейчас видно, что не с “океаном возможностей”, а скорее с “океаном проблем” будет иметь дело потомки в XXI в., причем проблем в основном экологических.

Деятельность человека уже охватывает практически всю акваторию океана, но локализуется в тонких контактных зонах: поверхностная зона служит для рыболовства и мореплавания; прибрежная зона – для получения биологических, минеральных, энергетических, рекреационных ресурсов, интенсивного жилого и промышленного строительства; дно океана – в перспективе зона добычи полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Забелин И.М.* Теория физической географии. М.: Географгиз, 1959. 300 с.
- Зенкевич Л.А.* Общая характеристика биогеоценозов океана и сравнение их биогеоценозами суши // Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды. Биогеоценозы морей и океанов. М.: Наука. 1970. С. 7–27.

- Панов Д.Г.* О подводных ландшафтах Мирового океана // Изв. ВГО. 1950. Т. 82. Вып. 6. С. 110–121.
- Петров К.М.* Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Наука, 1989. 128 с.
- Петров К.М.* Биономия океана. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 242 с.
- Петров К.М.* Биогеография океана. М.: Академический проект, 2008. 323 с.
- Петров К.М.* Принципы физико-географической регионализации арктических морей: Карское море // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008а. № 6. С. 19–30.
- Петров К.М.* Большие морские экосистемы: принципы построения иерархической системы единиц районирования Арктических морей на примере Баренцева моря // Биосфера. 2009. Т. 1. № 2. С. 133–152.
- Сочава В.Б.* География и экология. Л.: Изд-во ГО СССР, 1970. 24 с.
- The global coastal ocean: Interdisciplinary regional studies and syntheses / Ed. by *A.R. Robinson and K.H. Brink*. The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas. V. 14. Part B. Harvard University Press: Cambridge. 2006. P. 783–1567.
- Hempel, G. and K. Sherman.*, / Eds. Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection and Res. Amsterdam: Elsevier Sci. 2003. 423 p.
- Sherman, K. et al.* A global movement toward an ecosystem approach to management of marine resources. // Marine Ecology. Progress Series 300. 2005. P. 275–279.
- Spalding M.D. et al.* Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas // BioSci. 2007. V. 57. P. 573–583.

Development of complex studies of underwater landscapes

K.M. Petrov

St. Petersburg State University

Article is devoted to the development of complex studies of underwater landscapes in the USSR and Russian Federation since the 1950s. The applicability of the approaches and methods of the physical geography of the land to the research of the ocean, including basic concepts and the provisions of geographical science, is shown. In the middle of the 20th century, the technology of aerial mapping of the sea shallow bottom was developed, which gave impetus to the development of complex underwater research. The article examines the experience of the theory and practice of Physical Geography and Landscape studies of the oceans. The principles of construction of a hierarchical system of units of landscape bionomic zoning of large marine ecosystems are proposed.