

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЧЕЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра экологии и природопользования

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

(курс лекций)

по дисциплине «Экология океана»
для студентов очного и заочного отделения 3-5 курсов
(по направлению экология и природопользование)

ГРОЗНЫЙ 2015

**Печатается по решению Ученого Совета ЧГУ
протокол № 7 от 06.11.2014 г.**

Рецензенты: **Л.А. Беспалова**, д.г.н., профессор кафедры
океанологии Южного федерального университета

Ф.Д. Алахвердиев, д.б.н., профессор кафедры экологии
и природопользования ЧГУ

Составители: **О.В. Ивлиева**, д.г.н., профессор кафедры туризма
Южного федерального университета

У.Т. Гайрабеков, к.б.н., доцент кафедры экологии
и природопользования ЧГУ

М.Б. Джантаева, преподаватель кафедры экологии
и природопользования ЧГУ

Учебное пособие «Экология океана» составлено в соответствии с программой Совета по экологии и устойчивому развитию УМО по классическому университетскому образованию.

Материал учебного пособия разработан на кафедре экологии и природопользования

Введение

Существование Мирового океана на планете Земля определяет ее неповторимый облик, климат и условия обитания живого вещества. Жизнь в океане в значительной мере определяла эволюцию органического мира. Значительную роль океан играет и в круговороте неживого вещества.

Экология океана это наука, занимающаяся изучением океана, как экологической системы, в которой биологические сообщества взаимодействуют между собой, водой и морским дном. Изучение океана как экологической системы, в которой биологические сообщества взаимодействуют между собой, водой и морским дном, составляет основу настоящего курса. Сложившийся на протяжении сотен тысяч и миллионов лет природный баланс взаимодействия между веществом и организмами все больше нарушается человеческой цивилизацией.

Наиболее опасными среди них являются нарушения химического равновесия, в частности, когда естественный окислительный процесс переходит в восстановительный со всеми вытекающими отсюда последствиями для биоценоза. Поэтому значительное место в программе настоящего курса занимают вопросы загрязнения океана и пути предотвращения их.

Дисциплина «Экология океана» читается студентам, обучающимся по специальностям экологической группы. Дисциплина входит в блок дисциплин базовой части математического и естественно-научного цикла вариативной части дисциплин по выбору.

Курс «Экология океана» рассчитан на аудиторные занятия (лекционные, практические и семинарские занятия) и самостоятельную работу. В процессе обучения студентами данного курса дисциплины, предусматривается проведение контрольных работ, коллоквиума, дискуссий, круглого стола. Самостоятельная работа по выбору студента предполагает написание реферата, доклада, эссе, проектных заданий. В помощь студенту для эффективности изучения дисциплины «Экология океана» прилагается основная и дополнительная литература, целесообразно использование Интернет – ресурсов и электронной библиотеки.

Согласно Государственного образовательного стандарта, (ГОС) объем дисциплины «Экология океана» составляет 72 часа. Программа курса включает в себя следующие разделы:

МОДУЛЬ 1. Основы общей экологии океана.

МОДУЛЬ 2. Ландшафтная экология океана

МОДУЛЬ 3. Прикладные и технологические аспекты экологии океана.

МОДУЛЬ 4. Загрязнение Мирового океана.

Основными целями освоения дисциплины являются: приобретение студентами ряда профессиональных компетенций, включающих знания об основных понятиях и категориях общей экологии океана, географические законы и закономерности ландшафтной экологии океана, прикладные и технологические аспекты экологии океана; проблемы загрязнения океана, структурные и функциональные процессы и явления, протекающие в толще Мирового океана и биоценозах.

Основными задачами курса является: ознакомить студентов с основами общей экологии океана, освоить структуру ландшафтной экологии океана, ознакомить с прикладными и технологическими аспектами экологии океана, рассмотреть проблемы загрязнения океана, изучение океана как экологической системы, все структурные и функциональные процессы и явления, протекающие в толще Мирового океана и биоценозах, в том числе в условиях загрязнения морской среды.

При изучении дисциплины «Экология океана» объем лекционной учебной работы не превышает 30% аудиторных занятий. При проведении лекций используются презентационные материалы, карты, тематические атласы, электронные карты. В ходе выполнения практических работ предусматривается широкое использование в учебном процессе исследовательских форм проведения занятий, создание новых схем, картографического материала, интерактивное изучение морских заповедников, выполнение проектных заданий.

Проводятся деловые игры по решению экологических проблем морских регионов мира, а также разрабатываются схемы предполагаемого решения экологических проблем в регионах. В рамках учебных курсов предусмотрены встречи с людьми, побывавшими в различных уголках планеты и имеющих опыт исследовательской, проектной работы. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, при изучении данной дисциплины составляет не менее 20 % аудиторных занятий.

Курс лекций по дисциплине «Экология океана»

Модуль 1. Основы общей экологии океана.

Лекция 1. Происхождение океана

По проблеме образования ложа океана имеется несколько концепций. Вместе с тем, большим достижением нужно считать то, что в последние десятилетия отпали многие необоснованные предположения. Современные концепции в основном опираются на реальные данные о строении земной коры под океанами, распределении в океанических областях геофизических полей.

Поразительны достижения морских геологов в изучении осадочной толщи океанического дна, по воспроизведению физико-географических условий, в которых эти осадки образовались. Для некоторых эпох удалось выяснить точные температуры океана, его соленость, циркуляцию вод. Мы уже представляем общую схему развития обстановки в океане за последние десятки и сотни миллионов лет.

Формирование вод Мирового океана

Вода, или, вернее, сложный солевой раствор, заполняющий океанические впадины, – основное, что характеризует океаны. Воды океанов и морей имеют объем около 1,3 млрд. км³, обладают массой порядка 1,4 млрд. тонн и составляют 96,5% всего объема гидросферы (Залогин Б.С., Кузьминская К.С., 2001).

Еще в XVIII и XIX вв. складывались представления об образовании гидросферы одновременно с другими оболочками Земли. Согласно космогонической гипотезе, выдвинутой немецким философом Кантом и французским математиком Лапласом, Земля находилась в начальный период в расплавленном жидком состоянии. Пары воды и газы, выделявшиеся из недр Земли, сосредоточились у поверхности планеты в виде горячей плотной первичной атмосферы. При охлаждении она вскоре разделилась на водную и газовую оболочки, образовав первичный океан и остаточную атмосферу. С возникновением этой гипотезы возникло и мнение о постоянстве объема океанических вод Мирового океана, солевой состав которого формировался главным образом благодаря приносу растворимых веществ реками.

Однако, исследования последних десятилетий нашего времени обнаружили несоответствие между таким способом образования гидросферы и структурой и составом этих оболочек Земли. Правда, гипотеза конденсационного происхождения гидросферы некоторыми учеными развивается и в настоящее время. Так, например, советские

исследователи В. И. Ферронский и С. А. Денисик считают, что Земля вместе с Солнцем и другими планетами образовалась из единого протосолнечного холодного газового облака. Земля выделилась из этого облака в процессе сжатия последнего, причем сжатие сопровождалось разогревом системы и химической дифференциацией вещества. После образования практически несжимаемого тела планеты наступил процесс постепенного охлаждения Земли до температур, при которых возникли условия конденсации воды. Исходя из этой гипотезы, авторы цитируемой работы полагают, что океан моложе земной коры, а химический и изотопный состав его вод мало изменился с момента образования гидросферы.

Основой современных взглядов на историю земных оболочек является наиболее полно разработанная космогоническая гипотеза, согласно которой планеты солнечной системы образовались из холодного газо-пылевого облака, захваченного Солнцем при движении его по орбите. В облаке происходила дифференциация вещества, образование холодных планет, в том числе планеты Земля. За счет энергии, выделявшейся при распаде радиоактивных элементов, прежде всего урана, тория и изотопа калия (K^{40}), Земля разогревалась до полного или частичного расплавления ее вещества. При разогреве планеты вещество Земли разделилось на оболочки. Гидросфера выделилась из глубин Земли в процессе ее разогрева, плавления и дифференциации вещества. Надо сказать, что мысль о глубинном магматическом происхождении морских вод еще в 30-х годах прошлого столетия высказал В. И. Вернадский. Он писал, что нельзя не учитывать огромного количества вод, связанных с подводными вулканическими извержениями и выходами минеральных источников, может быть, на всем протяжении морского и океанического дна.

Одним из критериев для решения вопроса о происхождении гидросферы считается соотношение содержания некоторых элементов в осадочных породах, образовавшихся в большинстве в водных условиях, а также в атмосфере по сравнению с содержанием этих элементов в глубинных слоях Земли. Поверхностные слои обогащены некоторыми элементами глубинных пород. Так, например, содержание азота в гранитной оболочке в 300 раз, а серы в осадочных породах в 10 раз больше, чем в более глубоких слоях Земли. По данным американского ученого Дж. Калпа, отмечается значительный избыток аргона в атмосфере и гидросфере по сравнению с содержанием K^{40} -изотопа калия, при радиоактивном распаде которого образуется этот

инертный газ. Аргон ввиду своей инертности не способен связываться в какие-либо природные соединения и непрерывно накапливается в атмосфере. Избыток его, по мнению Дж. Калпа, пропорционален избытку воды, «изгнанной из земных недр на поверхность из метеоритной холодной – разогревающейся Земли».

По подсчетам Дж. Калпа, таким путем в гидросфере и коре должно было сосредоточиться 3,4 млрд. км³ воды, а непосредственный подсчет количества воды в земной коре и гидросфере дает цифру 2,2 млрд. км³, т.е. величину того же порядка. В этом исследователи видят доказательство правильности идеи, согласно которой океан, составляющий большую часть гидросферы, – не остаточное природное тело, как это должно было бы следовать из гипотезы первично «горячей» Земли (по Канту и Лапласу), а производное, образовавшееся из продуктов дегазации вещества недр Земли.

Идея об образовании вод океана путем дегазации материала мантии получила дальнейшее развитие в работах академика А. П. Виноградова. По А.П. Виноградову, процесс планетарной дифференциации вещества земных недр может быть уподоблен зонному плавлению вещества мантии и земной коры. По мнению А. П. Виноградова при дегазации мантии выделяется больше всего воды.

При движении из глубин планеты различных газов, на разных глубинах, в связи с изменениями температуры и давления вода отделяется от других элементов. На поверхности Земли при охлаждении происходила конденсация глубинной, или так называемой ювенильной, воды и многих соединений, растворенных в ней, таких, как HCl, HBr, HI, B(OH)₃, (NH₄)₂CO₃, также частично соединений серы. Все эти элементы, растворенные в воде, образовывали океанический раствор. Другая часть газов, не растворяющихся или слабо растворяющихся в воде, не конденсировалась. Это инертные газы He, Ar, Ne, Kr, Xe, а также N₂, CH₄, частично CO₂. Из них образовалась газовая оболочка Земли – первичная атмосфера. Правда, А. П. Виноградов считает, что со временем интенсивность процесса образования воды падает, так как дегазация мантии протекала в строгой зависимости от процесса разогрева вещества планеты под действием распада радиоактивных элементов. По мере уменьшения их количества, видимо, сокращался и приток воды. Основная масса гидросферы сформировалась, вероятно, уже к началу палеозоя, т. е. 600 млн. лет назад. Постоянный приток мантийных вод продолжается и в современную эпоху, уровень океана повышается, как пишет А. П. Виноградов, примерно

на 1 мм в тысячу лет. Избыток аргона в атмосфере, высокое содержание воды, углерода и некоторых других элементов в поверхностных оболочках, приведенное в таблице, свидетельствуют о том, что вода действительно все время или длительное время поступала из недр Земли. Запасы воды в недрах Земли огромны: в мантии ее примерно в 1000 раз больше, чем в гидросфере, заметно больше ее и в веществе земной коры.

По расчетам А. П. Виноградова (1967), масса всей гидросферы по отношению к массе всех горных пород составляет 7%. В то же время непосредственные наблюдения за вулканическими извержениями, эксперименты по полному расплавлению базальтов показывают, что в этой породе содержится 5-7% воды. Совпадение в порядке цифр, видимо, не случайно и позволяет предположить, что излияние базальтов всегда приносило в результате дегазации на поверхность Земли в среднем до 7 весовых процентов ювенильной воды в виде водяного пара или в жидкой фазе.

Каков механизм поступления воды на поверхность? Это прежде всего выделение огромных масс водяных паров при вулканических извержениях. По образному выражению геолога Е. К. Мархинина, «океаны образовались через вулканические жерла». Однако основная масса ювенильных растворов, очевидно, образуется в глубинах мантии. Они поднимаются к поверхности и изливаются прежде всего по зонам глубинных разломов, таких, как срединно-океанических хребтов или разломы переходных зон. Примером таких излияний могут служить высокодебитные выходы глубинных вод или рассолов (с соленостью до 270‰) на дне океана. Такие выходы соленых и горячих (температура 44-57° С) глубинных вод были, например, обнаружены американскими учеными при бурении в нескольких впадинах осевого рифта Красного моря. О том, что дебит этих источников весьма значителен, можно судить по тому, что толщина придонного слоя воды высокой солености и с аномально высокой температурой в этих впадинах составляет 200-300 м. Широко известны также многочисленные излияния термальных глубинных вод в вулканических областях или в областях недавнего вулканизма. Еще один важный источник воды – химическое высвобождение связанной воды в ходе выветривания магматических пород.

Вполне вероятно, что до возникновения биосферы часть воды действительно терялась первичной атмосферой Земли. Появление биосферы привело к трансформации газового состава атмосферы и

образованию стратосферной «ловушки» (что связано с присутствием озона), препятствующей диффузии паров воды наверх. Это замедлило процесс выноса воды в космос и создало более благоприятные условия для ее накопления на земной поверхности. Из сказанного следует, что количество воды в океане (объем гидросферы) не оставался одинаковым, а должен был нарастать от одной геологической эпохи к другой. Причем именно нарастание, а не колебания объема в сторону увеличения или в сторону уменьшения количества воды – главный планетарный процесс эволюции гидросферы. Этому не противоречит тот факт, что во время четвертичных (и, очевидно, также более ранних, например палеозойских) оледенений количество воды в океане то возрастало, то уменьшалось и соответственно уровень океана то поднимался, то понижался. В эпохи оледенения и межледниковья происходит лишь перераспределение количества воды между твердой и жидкой фазами. Интересно заметить, что при продолжающемся росте объема гидросферы воды в жидкой фазе на Земле в настоящее время даже несколько меньше, чем, скажем, 40 млн. лет назад в олигоцене. Возникновение в олигоцене ледяного покрова Антарктиды привело к извлечению из океана около 24 млн. км³ воды, а прирост гидросферы за это время, если исходить из сделанных выше допущений, составил менее 10 млн. км³. Хотя объем океана и увеличивается, процесс этот крайне медленный, особенно в последние геологические эпохи. Если даже допустить равномерность поступления ювенильных вод из недр Земли, то к началу мезозойской эры (т. е. 240 млн. лет назад) объем вод океана составлял не менее 94% от современного. Иначе говоря, раннемезозойский океан по объему заключенных в нем вод практически был равен современному. Таким образом, океан, его «тело» – водная масса существует столько же времени, сколько существуют континенты, т.е. возраст его близок к 4 млрд. лет. Как водное тело океан не может быть моложе континентов, так как океаническая вода формировалась одновременно с образованием материков.

Таблица 1

Содержание некоторых элементов в первичном ювенильном растворе и в воде современного океана
(по М. Г. Валяшко, 1971); г/100 г воды

Компоненты	Содержание в первичном ювенильном растворе	Содержание в воде современного океана
Углерод	8	$3,5 \cdot 10^{-1}$
Фтор	$6 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Хлор	1,4	1,9
Бром	$1 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$
Йод	$8 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Бор	$8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Азот	$4 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2}$

Как видно из таблицы 1, сравнение современной океанической воды и так называемого первичного ювенильного раствора свидетельствует о сходстве в их солевом составе, хотя и имеются существенные различия. В морской воде меньше содержится углерода и азота. Кроме того, как указывает советский геохимик М. Г. Валяшко (1971), океаническая вода в начальные периоды своей эволюции была насыщена и кремнеземом. Содержание таких элементов, как фтор, хлор, изменилось меньше, а содержание брома почти не изменилось. Для этих элементов на земной поверхности нет достаточно активных осадителей.

Большие изменения в содержании углерода обусловлены связыванием его в углекислоту, которая, как уже отмечалось, затем осаждается в виде карбонатов (главным образом карбоната кальция). Кроме того, количество углерода уменьшается в процессе фотосинтеза, который действует со времени появления биосферы. С возникновением на Земле жизни связана большая потеря первичным океаном азота, а также йода, который потребляется некоторыми морскими организмами в значительных количествах.

А.П. Виноградов считал, что океан «пережил» три стадии эволюции солевого состава. Первая стадия протекала в период «безжизненного» состояния Земли, т.е. в то время, когда 4-3 млрд. лет назад не существовало биосферы. Стадия формирования биосферы заняла огромный отрезок времени – от 3 млрд. до 600 млн. лет назад. Наконец, третья стадия, когда океан стал и по объему, и по солевому составу близок современному, длится последние 600 млн. лет.

На первой стадии развития, в раннем архее, существовал небольшой по объему и, по-видимому, неглубокий океан. Водяные пары, выносимые при вулканических процессах, содержали в большом объеме в виде растворов такие летучие дымы, как HCl , HF , NH_3 и др. Следовательно, первоначально океан состоял из вод с достаточно резко выраженной кислой реакцией; по существу это была смесь разбавленных водой кислот с резким преобладанием угольной кислоты. Кислотность этих первичных океанских вод усугублялась также на первых порах высоким содержанием кремнекислоты. Кроме этого воды океана содержали большое количество растворенного азота.

Океан был заполнен водами, по солевому составу весьма схожими с «первичными ювенильными растворами», хотя и в то далекое время происходило приспособление мантийных вод к условиям поверхности. С самого начала существования океана, еще до возникновения биосферы, происходило химическое осаждение углерода и кремнезема, так как на поверхности в условиях резкого снижения температур и давлений уменьшалась растворимость углекислоты и кремнекислоты.

«Кислая» стадия развития океана, вероятно, была непродолжительной. Сильные кислоты галогенов, азота и серы, вступая в реакции с солями сильных оснований и слабых кислот, связывали металлы и высвобождали слабые кислоты, производя тем самым постепенное ослабление кислотности океанских вод. Обильное поступление вулканогенных пород, в том числе в дисперсном состоянии (в виде пепла и другого пирокластического материала) облегчало и ускоряло этот процесс, т.к. большинство кристаллических горных пород как раз представлено соединениями сильных оснований со слабыми кислотами.

Выше речь шла главным образом об анионогенной части солевого состава океанских вод. Относительно катионогенных компонентов солевого состава А. П. Виноградов (1967) полагал, что их поступление связано целиком с выветриванием горных пород и, следовательно, обуславливается в основных чертах привносом с суши.

Однако обнаружение металлоносных рассолов в выходах горячих глубинных вод на дне Красного моря и мощных толщ насыщенных металлами илов – отложений таких подводных источников в целом ряде мест Мирового океана – дает основание полагать, что и катионная часть солевого состава в значительной мере формируется благодаря вулканическому привносу.

Хорошая растворимость образующихся солей способствовала тому, что общая концентрация солей древнего океана была достаточно высокой, может, такой же, как в настоящее время, т.е. океан никогда не был пресным. Правда, «первичный океан», как было показано выше, отличался по составу солей.

На первой стадии развития происходило взаимодействие океана и с «первичной» атмосферой. Из последней извлекались вещества, способные переходить в океанический раствор.

Возникновение и развитие жизни на второй стадии существования океанического раствора определили коренные изменения химизма океана. Живые организмы в процессе фотосинтеза стали выделять свободный кислород, который на первой стадии практически отсутствовал и в атмосфере, и в океане. При поступлении кислорода восстановительные свойства атмосферы сменились на окислительные. Она стала постепенно приобретать черты современной азотно-кислородной воздушной смеси. С появлением окислительной атмосферы изменилась главная форма существования азота, основная его масса переместилась из океана (где он существовал как раствор NH_3) в атмосферу в виде молекулярного азота.

С появлением кислорода изменились формы миграции железа и серы: железо из формы Fe^{2+} перешло в Fe^{3+} и стало менее подвижным; сера, представленная первоначально анионом S^- перешла в SO_4^{4-} и начала накапливаться в морской воде; изменилась подвижность кальция и магния. Последние два элемента наряду с железом способствуют осаждению из океана бора и фтора путем образования труднорастворимых солей. Фтор, кроме того, усваивается некоторыми организмами.

И во второй, и в третьей стадиях существования океана морская вода содержала малое количество кремнезема, который растворяется только при высоких температурах и давлении. Поэтому, как уже говорилось выше, большое количество кремнезема выпадало в осадок в самые первоначальные этапы существования океана. С появлением живых организмов значительная часть кремнезема начинает переходить в осадок благодаря органическим процессам, в частности таким, как образование кремневых панцирей одноклеточных водорослей.

Особое значение в эволюции океана и атмосферы имеет углерод. «Потеря углерода, — подчеркивает М.Г. Валяшко, — это главный процесс, который протекал в земной коре и который характеризовал его на протяжении практически всей истории его существования» (Ва-

ляшко, 1971). Этот процесс иллюстрируется М. Г. Валяшко в виде реакций.

Одна реакция – осаждение углерода в результате чисто химических процессов, о чем уже упоминалось. Другой путь связывания углекислоты – извлечение из атмосферы CO_2 в процессе фотосинтеза. Этот процесс в конечном итоге приводит к образованию CaCO_3 , из которого строят скелеты многие морские организмы. При их отмирании карбонат переходит в донные отложения. Процесс постоянного выведения избытков углерода из кругооборота существует благодаря океану, который, являясь карбонатным резервуаром, регулирует содержание углекислого газа в атмосфере.

Органические процессы, обеспечивая связывание углекислоты, кремнекислоты, мобилизацию серы, азота, ослабляли кислотность морской воды. Этому также способствовало поступление ионов щелочных и щелочно-земельных металлов при вулканических излияниях. Кроме того, увеличился снос в океан терригенного материала, поставлявшего катионогенные компоненты солевого состава.

С момента стабилизации состава атмосферы стабилизировались формы существования и миграции главных элементов солевого состава морской воды. Хлоридно-сульфидный солевой ее состав становится хлоридно-карбонатно-сульфатным. Это происходило 1-0,5 млрд. лет назад, в конце протерозойской эры. С этого периода, по мнению большинства исследователей, солевой состав океана не изменяется до наших дней.

К началу палеозоя фауна по видовому и экологическому разнообразию была типичной океанической фауной, которая не могла бы существовать в небольших водоемах. Разнообразные виды морских организмов образуют единое «дерево» жизни, которое своими корнями уходит гораздо глубже палеозоя. Краткое рассмотрение процесса образования водной массы Мирового океана позволяет сделать вывод, что значительные изменения объема и солености морской воды происходили в начальные стадии развития Земли: количество воды увеличивалось в соответствии с ходом радиоактивного распада, а соленость изменялась в значительной мере в результате возникновения и эволюции жизни.

К началу палеозоя объем океана и его соленость стали близкими к современным – возникла устойчивая система, которую так охарактеризовал академик А.П. Виноградов: «...в океане с его поверхностными и глубинными течениями и общей циркуляцией воды устано-

вились сложные динамические химические равновесия между водным раствором – океанической водой и газами атмосферы, твердым веществом горных пород, слагающих берега и дно, взвешенными в воде суспензиями, непрерывно отлагающимися осадками дна, веществом живых организмов, населяющих толщу воды и дно, продуктами их жизнедеятельности и т. д.

Существует грандиозная система равновесия – донные отложения океана, солевой раствор и живое вещество, и наконец, газы атмосферы.

Этот мир больших и малых установившихся океанических равновесий, многовековых или очень кратких в геологическом времени, мог нарушаться тектоническими, вулканическими и другими глобальными процессами. Океанические воды время от времени заливали сушу, образуя мелководные моря, изменяли конфигурацию материков. Нарушения возникали и в результате флуктуации размеров ледяного покрова Земли в связи с наблюдавшимся изменением теплового режима поверхности Земли или в результате изменения положения материков и т.д. Но инертность всей системы равновесий, циклов, установившихся в океане, настолько велика, что мы за геологически короткие промежутки времени не видим в них изменений и поэтому привыкаем к мысли о вечности и неизменяемости океана, его водного объема или его состава и т.д.» (А.П. Виноградов "Введение в геохимию океана").

Контрольные вопросы

1. Количество воды в океане (объем гидросферы) от одной геологической эпохи к другой, как известно, не оставался одинаковым, что происходило с ним?
2. Сколько стадии эволюции солевого состава «пережил» океан?
3. На какой стадии существования океанического раствора появилась жизнь?
4. Какие процессы ослабляют кислотность морской воды?

Лекция 2. Рельеф и тектоническое строение Мирового океана.

Океан занимает большую часть поверхности Земли: из 510 млн. км² всей площади планеты на его долю приходится 361,2 млн. км², в том числе на южное полушарие – 81% всей водной поверхности, на северное – 61%. По объему же Мировой океан составляет примерно 1/800 объема Земли (Залогин Б.С., Кузьминская К.С., 2001).

Акватория Мирового океана подразделяется большинством исследователей на отдельные океаны (Тихий – 143 млн. км², Южный – 86 млн. км², Атлантический – 75 млн. км², Индийский – 42 млн. км², Северный Ледовитый океан – 15 млн. км²) и моря (около 70) (Атлас мира – М: БЕЛЛСИ; 2005 г.).

О вертикальном расчленении дна океана представление дает так называемая гипсографическая кривая, вернее, та ее часть, которая лежит ниже нулевой линии, т. е. батиграфическая кривая. На батиграфической кривой хорошо видно, как распределяются глубины океана в соответствии с занимаемыми площадями. Свыше 54% площади океанского дна лежит на глубинах более 4 тыс. м, около 16% располагается на глубине от 200 до 3000 м и около 7% составляет мелководную часть океана до глубины 200 м. Батиграфическая кривая, хотя и дает общее представление о рельефе дна океана, полностью не может отражать его структуру. Лишь на основании подробного эхолотирования дна, исследования строения земной коры под океанами возможно выделить крупные структурные части океанского дна, называемые морфоструктурами. Сравнительно недавно стало известно, что земная кора под океанами имеет совсем иное строение, чем под материками.

Земная кора у материков состоит из трех слоев: верхнего осадочного, образованного из продуктов разрушения кристаллических горных пород и имеющего мощность в среднем около 5 км, среднего, состоящего из кристаллических пород, среди которых, видимо, преобладают граниты и гнейсы (мощность 10-15 км), и нижнего слоя из магматических пород, по всей вероятности, базальтового типа. Мощность нижнего слоя около 15 км, а материковой коры – от 30 до 80 км (под горными хребтами). Слои земной коры называют «гранитным» и «базальтовым» условно. Эти названия даны им из-за того, что плотность пород слоев соответствует плотности гранитов и базальтов. Плотность же определяется по скорости прохождения продольных сейсмических волн в разных породах. В частности, в «базальтовом» слое скорость сейсмических волн достигает 6,5-7,2 км/сек, что соответствует плотности около 3 г/см³. В «гранитном» слое скорости порядка 6 км/сек (плотность 2,7 г/см³), в осадочном – 2,2-5 км/сек (плотность 2,3-2,5 г/см³).

Земная кора под океанами имеет также трехслойное строение, однако резко отличное от строения континентальной коры – у нее отсутствует «гранитный» слой. Первый слой представлен рыхлыми, ча-

стично консолидированными осадками, имеющими мощность от нескольких десятков метров до километра и более. Он характеризуется скоростями распространения сейсмических волн, равными 2-4 км/сек. Ниже мы опишем его подробнее. Второй слой характеризуется скоростью распространения волн около 4-6 км/сек и мощностью в среднем около 2 км. Он неоднороден и имеет переменную мощность. В пределах срединных океанских хребтов этот слой сложен в верхней части базальтами, переслаиваемыми осадочными породами, которые глубже по разрезу сменяются преимущественно магматическими породами, представленными базальтами с многочисленными дайками и силлами габбро-долеритов. О строении второго слоя в пределах глубоководных котловин известно очень мало. При глубоководном бурении океанского дна показано, что во многих случаях сейсмическая граница между первым и вторым слоями соответствует контакту базальтового ложа с вышележащей осадочной толщей. Однако в некоторых районах в пределах второго слоя зафиксировано изменение степени плотности осадочных пород, а не изменение их вещественного состава.

Общая мощность океанской коры примерно в 5 раз меньше мощности коры под материками (Притула Т.Ю. и др.2003). Земная кора и под океанами, и под материками залегает на мантии Земли, состоящей из пород ультраосновного состава. Породы мантии и земной коры отличаются скоростью прохождения сейсмических волн: переход к скоростям более 8 км/сек означает переход от земной коры к мантии. Граница между мантией и корой получила название поверхности Мохоровичича (или «границы Мохо»), по имени открывшего ее в 1914 г. югославского геофизика. В пределах глубин на континентах от 100-120 до 250 км, а в океанах от 50-60 до 400 км вещество находится в относительно пластичном состоянии. Около 10-25% вещества расплавлено и заполняет межгранулярное пространство. Полагают, что данный слой, названный астеносферой, выполняет амортизирующую роль для масс вещества, залегающих над ним, и создает условия гидростатического равновесия.

Материковая кора гораздо более мощная, чем океаническая, подошва материков лежит ниже, чем фундамент океанов, под океанами отсутствует «гранитный» слой. В соответствии с различным строением земной коры четко выделяются две основные структурные единицы Земли (планетарные морфоструктуры) – материки и океаны. Граница между этими структурами проходит не по береговой линии, а

гораздо глубже. Континенты как бы выдвигаются в океан, образуя на его периферии обширные области (22,6% всей площади океанического дна). Их подножия достигают в океане глубин 2-3 тыс. м. На этой глубине и сочленяется океаническая земная кора с материковой. Граница между материковым и океаническим типом земной коры не во всех случаях выражена достаточно четко, так как для некоторых районов характерен постепенный переход от одного типа к другому.

Подводная окраина материков, как уже сказано выше, по существу является частью планетарной морфоструктуры первого порядка, сложена земной корой материкового типа и по своему строению разделяется на несколько структурных элементов. Мелководная, прилегающая к суше часть представляет собой шельф, или материковую отмель. Шельф хорошо отражен на батиграфической кривой в виде террасы. Он имеет в целом выровненную поверхность и четким перегибом-бровкой отделен от нижележащего материкового склона. Общая площадь шельфа Мирового океана, по подсчетам советского геоморфолога О. К. Леонтьева, 31 млн. км², средняя глубина – 130 м, хотя иногда (например, в Охотском море и в приантарктическом районе) он прослеживается гораздо глубже.

Материковый склон – это как бы «торцовая» часть континента, обращенная к океану. Здесь резко возрастают уклоны дна, иногда они достигают 20-30°. Рельеф материкового склона разнообразен. Часто поверхность склона состоит из нескольких ступеней, образующих гигантскую лестницу, иногда он представляет крутой откос. Такие материковые склоны образованы, видимо, огромными расколами земной коры, по которым было опущено дно океана или, напротив, подняты материки.

Материковый склон во многих районах пересекается подводными каньонами, прослеживающимися от бровки шельфа и еще выше, до подошвы склона. Каньоны заслуженно получили такое наименование, ибо это – грандиозные долины с крутыми бортами, плоским дном и довольно крутым падением по тальвегу. Подводные каньоны служат путями для обломочного материала, сносимого с суши. По ним движутся оползни, потоки воды, насыщенной мельчайшими частицами ила (так называемые мутьевые, или суспензионные, потоки), песчаные «реки». Весь этот материал, перемещающийся по каньонам и просто сваливающийся с крутых частей материкового склона, откладывается у подножия последнего. Нередко здесь формируются из наносов огромные равнины, представляющие собой слившиеся кону-

са мутьевых потоков. Эти равнины, простирающиеся на глубинах 2-3 тыс. км на десятки и сотни километров, формируют третий элемент окраин материков – материковое подножие. Выделение этой морфоструктуры обусловлено не только своеобразием рельефа, но и особенностями строения земной коры. В пределах материкового подножия континентальная кора выклинивается, по геофизическим данным, здесь отмечается прогиб, который при малом количестве осадков выражается в рельефе в виде ложбины, окаймляющей подошву материкового склона.

Описанный выше тип взаимоотношения океанской и материковой кор характеризует окраины атлантического типа. Значительно сложнее наблюдается картина на окраинах Тихого океана. Окаймляющая большую часть Тихого океана так называемая переходная зона отличается исключительно сложным рельефом, разделяющимся на несколько морфологических элементов. Она состоит из глубоких котловин окраинных морей (типа Охотского, Японского, Карибского), островных дуг (вулканических подводных хребтов с гирляндами островов типа Курильских, Алеутских и т. п.) и глубоководных желобов – узких, глубоких впадин, располагающихся, как правило, с внешней стороны островных дуг. К желобам – Курило-Камчатскому, Марианскому, Филиппинскому и др. – приурочены максимальные глубины Мирового океана. В переходных зонах происходит очень интенсивная тектоническая деятельность, здесь часты разрушительные землетрясения, эпицентры которых залегают очень глубоко, и извержения вулканов, земная кора в переходных зонах имеет как бы мозаичное строение: участки океанической коры чередуются с материковым типом коры, мощность ее меняется от места к месту. Под котловинами окраинных морей земная кора по своему составу близка к океанической, но отличается от нее значительно большей мощностью «базальтового» и осадочного слоев. В то же время «второй» слой выражен плохо или имеет малую мощность. Такой тип коры получил название субокеанического.

Под островными дугами в одних случаях обнаруживается земная кора материкового типа, в других – субокеанического, в третьих – кора своеобразного строения, характеризующаяся сравнительно постепенным переходом «гранитного» слоя в «базальтовый», т. е. отсутствием здесь четкой границы между ними (так называемой «границы Конрада»). Такую разновидность коры предложено было называть субматериковой. Обычно материковая кора обнаруживается под

крупными островными (или полуостровными) массивами, входящими в состав переходной зоны. Например, типичная континентальная кора слагает Японские острова, южная часть Курильской островной дуги сложена субконтинентальной корой.

Сложное строение имеет земная кора и под глубоководными желобами. Обычно тот борт желоба, который одновременно является склоном островной дуги, характеризуется корой того типа, который слагает островную дугу; противоположный борт сложен океанической корой, а дно желоба – субокеанической.

Переходные зоны довольно разнообразны по своему строению. Они находятся, как можно предположить, на разных стадиях своего развития. Так, у тихоокеанских берегов Южной Америки нет островных дуг и окраинных морей, прослеживается лишь глубоководный Перуанско-Чилийский желоб. Марианский желоб окаймлен подводным хребтом с очень мелкими островами. Курильская и Алеутская переходные зоны имеют менее глубокие желоба, но более крупные острова. Еще более крупные массивы суши с материковым типом земной коры располагаются в Японской и Карибской переходных зонах. Последняя замечательна еще и тем, что ее островная дуга и с внешней, и с внутренней стороны окаймлена глубоководными желобами.

В центральных частях океана, в пределах его ложа, занимающего более 50% площади дна океана, мы встречаемся с типичной корой океанического типа. Однако неправильно считать, что она достаточно однородна. Разные морфоструктуры океанского дна значительно отличаются по строению. Ложе океана состоит из огромных котловин и разделяющих их хребтов и возвышенностей. Наиболее впечатляющие положительные формы рельефа дна океана – срединно-океанические хребты. Они образуют целостную систему, пересекающую все океаны. Ни одна горная страна суши не может "по масштабам сравниться с этой системой хребтов. Общая длина срединно-океанических хребтов – около 80 тыс. км, площадь – более 15% площади океанов. Рельеф хребтов в сильной степени расчленен: они пересечены поперечными разломами, а в их сводовой части прослеживаются глубокие продольные рифтовые впадины. Срединно-океанические хребты представляют собой одну из самых тектонически активных зон Земли. Вдоль хребтов располагаются очаги землетрясений, здесь весьма интенсивен поток тепла из недр, широко проявляется современный и недавний вулканизм, происходят мощные тектонические движения.

Кроме срединно-океанических хребтов между отдельными котловинами протягиваются горные хребты и поднятия, отличающиеся по строению коры. Многие возвышенности дна представляют собой гигантские своеобразные вздутия океанической коры протяженностью в несколько тысяч, а шириной в несколько сот километров. Эти возвышенности служат фундаментом для больших групп вулканических островов. Например, Гавайский вал увенчан островами, поднимающимися над уровнем океана более чем на 4 км при глубине подножия вала от уровня океана 6 км. Сейсмический пояс охватывает окраины Тихого океана, полностью совпадая с переходными зонами. При этом следует отметить, что здесь преобладают глубокофокусные землетрясения. Другая область проявления землетрясений – срединно-океанические хребты, где преобладают мелкофокусные землетрясения. При землетрясениях происходят значительные изменения рельефа земной поверхности. Например, хорошо известен огромный разлом, образовавшийся при землетрясении в Калифорнии. На Аляске в заливе Якутат после землетрясения 1899 г. произошло поднятие участка побережья на 14 м. В районе Ниигаты на берегу Японского моря, наоборот, во время землетрясения 1964 г. участок берега опустился на 2 м. Более наглядно в рельефе океана проявляется вулканическая деятельность. Одинокие вулканы разбросаны по всему дну океана. Эти вулканические конуса строятся при извержениях из лавы, поднимающейся по трещинам из недр Земли. Каждое новое извержение надстраивает вулканы, многие из которых достигают 5-6 км в высоту. Часто вулканы образуют целые хребты огромной протяженности. Наиболее широко развита вулканическая деятельность в пределах срединных хребтов и активных переходных зон.

Проявления в океане экзогенных процессов менее эффектны, чем эндогенных. Дно океана – наиболее низкий гипсометрический уровень Земли. Поэтому сюда попадают обломки пород, снесенные с более высоких уровней, продукты жизнедеятельности морских организмов и химических процессов, происходящих в толще вод и у дна. Все это приводит к образованию толщи океанических осадков, и в целом процесс осадкообразования – один из основных процессов преобразования рельефа дна океана.

Обломочный материал, образующийся при разрушении (в результате выветривания, действия водных потоков, ветра и т. д.) горных пород суши, выносится в основном реками в береговую зону и на шельф. Этот материал (терригенные осадки) распределяется на

шельфе благодаря деятельности волн и течений. Наиболее крупные частицы остаются в береговой зоне и на шельфе, более мелкие – переносятся к краю шельфа, а мельчайшие – разносятся в виде взвеси по всей акватории океана, постепенно опускаясь на его дно. В области материкового склона происходит снос осадков, поступающих с шельфа, в зону материкового подножия. На значительных уклонах материкового склона развиты подводные оползни, мутьевые потоки, подводные лавины и обвалы. В результате развития гравитационных процессов возникают разнообразные формы рельефа. Например, предполагается, что мутьевые потоки способны врезаться в материковый склон и формировать подводные каньоны. Основная часть терригенного материала, таким образом, транспортируется к подошве материкового склона и образует рельеф материкового подножия.

На ложе океана попадает небольшая часть терригенного материала. В формировании пелагических (глубоководных) осадков большую роль начинают играть скелетные остатки морских организмов, а также образования, формирующиеся за счет растворенных в воде химических элементов. В целом в процессе осадкообразования в океане происходит общее выравнивание его дна. Это естественно, так как осадки заполняют углубления рельефа. Однако из осадочного материала образуются и крупные положительные формы рельефа. Частицы терригенного и биогенного материала, попадающие в зону мощных океанских постоянных течений, переносятся ими в пределах сравнительно узкой зоны. Такой перенос осуществляется сотни тысяч лет по одной и той же трассе, и поэтому на дно в зоне действия течения проектируются огромные массы материала, формирующие гигантские аккумулятивные формы в виде, например, подводного хребта Блейк у подножия атлантического материкового склона США, Восточно-Тихоокеанского экваториального вала длиной до 3000 км, шириной до 500 км и высотой до 1,5 км. Подобные формы встречены в разных районах океана. Они исследованы и описаны американским ученым Б. Хизеном, советским исследователем О. К. Леонтьевым и др.

Океанские течения, особенно придонные, создают и более мелкие формы рельефа типа песчаных волн, дюн, рифелей. Эти формы рельефа открыты благодаря развитию глубоководного фотографирования. Особенно сильные течения даже размывают дно или во всяком случае не позволяют откладываться на отдельных участках тонким частицам, оставляя оголенными коренные породы.

Крупнейшие формы рельефа создают рифообразующие кораллы. Так, большой Барьерный риф у восточного побережья Австралии по своим размерам может соревноваться с крупнейшими горными системами Земли: его протяженность более 2000 км.

Контрольные вопросы

1. Какую часть поверхности Земли занимает Океан?
2. На каких глубинах лежат самые большие площади океанского дна?
3. Из каких слоев состоит Земная кора у материков ?
4. Перечислите и охарактеризуйте основные формы рельефа дна Мирового океана?

Лекция 3. Морская вода, ее структура, состав, важнейшие условия развития жизни.

Океан представляет собой очень сложную природную систему, в которой взаимодействуют вода (вернее, сложный солевой раствор), горные породы дна и берегов, населяющие его организмы и находящиеся над океаном воздушные массы. В то же время океан един, развивается по единым законам, отвечает на внешние воздействия как «единый хорошо сбалансированный организм».

Океан – это прежде всего вода, которая, как образно сказал известный советский океанолог В. Г. Богоров, – «тело океана». Океан поглощает внешнюю энергию, и в нем непрерывно совершается некоторая закономерная работа: механическая, химическая, термодинамическая, биологическая. Он обладает «механизмами защиты» своей температуры, химического состава и живых сообществ. Например, испарение, которое увеличивается с поступлением солнечного тепла, уменьшает нагревание океанических вод, а ледяной покров, выполняя роль теплоизоляционного слоя, защищает их от выхолаживания.

Средняя температура всего океана от экватора до полюса и от поверхности до дна 3,5 °С, а средняя температура воды на экваторе от поверхности до дна равна 4,9 °С. Система течений перераспределяет тепло, которое весьма неравномерно попадает на поверхность океана от полюса до экватора.

Формирование свойств и динамики вод океана в процессе планетарного обмена энергии и веществ

Свойства и динамика океанических вод, обмен энергии и вещества как в Мировом океане, так и между океаносферой и атмосферой

сильно зависят от процессов, определяющих природу всей нашей планеты. Вместе с тем сам Мировой океан оказывает исключительно сильное влияние на планетарные процессы, т.е. на те процессы, с которыми связано формирование и изменение природы всего земного шара. Глобальный обмен тепла, влаги, газов, биогенных и минеральных веществ возбуждается и постоянно поддерживается притоком солнечной энергии.

Солнечная энергия, поглощаемая поверхностью земного шара. К верхней границе воздушной оболочки нашей планеты, согласно существующим расчетам, поступает 170 ккал/см^2 в год солнечной энергии. До поверхности Земли доходит только 70% ее, остальные 30% рассеиваются и поглощаются атмосферой. Количество солнечной радиации, достигающей земной поверхности, в среднем для всей планеты составляет 130 ккал/см^2 в год. Часть ее отражается от поверхности воды и суши, а некоторое количество уже усвоенной радиации снова излучается в атмосферу. В результате (величина поглощенной солнечной энергии) в среднем для всего земного шара оказывается равной 70 ккал/см^2 . Это составляет примерно около половины приходящей энергии.

Поглощенная солнечная радиация в Мировом океане в целом составляет 80 ккал/см^2 в год, тогда как для всей суши – только 50 ккал/см^2 в год. В одних и тех же широтах океан поглощает на 25-50% больше тепла, чем суша. Столь значительное различие объясняется физическими свойствами воды, благодаря которым она способна усвоить больше тепла.

Широтные изменения поглощенной солнечной энергии сильно отличаются от широтных изменений радиации, достигающей поверхности Земли. Значительно сглаживаются различия в количестве энергии, которая поглощается в экваториальной и тропической зонах. Субполярный минимум исчезает, а в полярных областях годовой радиационный бюджет становится отрицательным (до $-2,5 \text{ ккал/см}^2$ в год в Арктике и -5 ккал/см^2 в год в Антарктике). Зимой Арктика и Антарктика теряют за счет излучения больше тепла, чем получают его летом.

На суше все тепло, получаемое весной и летом, расходуется осенью и зимой. В водах Мирового океана за долгую историю Земли накопилось в 500-1000 (местами в 1500) раз больше того количества тепла, которое поступает на его поверхность в течение года. Это объясняется высокой теплоемкостью воды и ее интенсивным перемеши-

ванием, в процессе которого происходит сложное перераспределение тепла в толще океаносферы. Теплостойкость всей атмосферы в 4 раза меньше, чем у десятиметрового слоя вод Мирового океана.

Перенос и перераспределение масс, возбуждаемые солнечной энергией. Неравномерное распределение солнечной энергии на поверхности земного шара приводит к созданию крупномасштабной горизонтальной неоднородности термических полей как в атмосфере, так и в океаносфере. Особенно велика такая неоднородность между низкими и высокими широтами. Она усиливается различием нагрева атмосферы и Мирового океана и сезонной изменчивостью термических процессов на материках.

На формирование термических полей влияет и влагообмен между океаном и атмосферой за счет потребления тепла на испарение и выделения его при конденсации водяных паров. Горизонтальные неоднородности плотностей, возникающие в процессе тепло – и влагообмена, в соответствии с законами термодинамики возбуждают перенос водных и воздушных масс в направлении от теплых областей к холодным. Таким образом, потенциальная энергия термических полей превращается в кинетическую энергию водных и воздушных потоков.

Наибольшие градиенты плотности воды и воздуха образуется между полярными и тропическими областями. Они определяют основные планетарные особенности циркуляции атмосферы и вод Мирового океана. Под воздействием отклоняющей силы вращения Земли вместо прямого воздухо – и водообмена между высокими и низкими широтами создается сложное (зональное) перераспределение масс. Постепенное отклонение воздушных и водных потоков (в Северном полушарии вправо, а в Южном – влево) обуславливает возникновение циклонических и антициклонических макроциркуляционных (крупномасштабных) систем.

Основные черты планетарного теплообмена. Солнечная энергия, поглощаемая поверхностью земного шара, расходуется затем на испарение и перенос тепла турбулентными потоками. На испарение уходит в среднем по всей планете около 80%, а на турбулентный теплообмен – остальные 20% от общего тепла.

Процессы теплообмена и изменения с географической широтой его составляющих в океане и на суше отличаются большим своеобразием. Все тепло, поглощаемое сушей весной и летом, полностью те-

ряется осенью и зимой; при сбалансированном годовом бюджете тепла он, следовательно, повсеместно оказывается равным нулю.

В Мировом океане благодаря большой теплоемкости воды и ее подвижности в низких широтах происходит накопление тепла, откуда оно переносится течениями в высокие широты, где расходование его превышает поступление. Таким образом, покрывается дефицит, создающийся в теплообмене воды с воздухом.

В экваториальной зоне Мирового океана при большой величине поглощаемой солнечной радиации и пониженном расходе энергии годовой бюджет тепла имеет максимальные положительные значения. С удалением от экватора положительный годовой бюджет тепла уменьшается из-за увеличения расходных составляющих теплообмена, главным образом испарения. С переходом от тропиков к умеренным широтам бюджет тепла становится отрицательным.

Особо следует остановиться на районах с отрицательным годовым бюджетом тепла, приуроченным к Гольфстриму и Куроисио. Эти мощные потоки выносят в умеренные и высокие широты огромную массу тепла из тропической зоны, обуславливая большую разность между температурой воды и воздуха. Происходит очень сильная теплоотдача в атмосферу, и потому расход тепла с поверхности океана значительно превышает его поступление. В областях, которые весь год не очищаются ото льдов, судя по имеющимся ограниченным данным, величина отрицательного бюджета тепла начинает сокращаться. Это и естественно, поскольку лед является теплоизоляционным покровом, ограждающим воду от очень сильного охлаждения.

Основные черты планетарного влагообмена. По существующим оценкам с поверхности земного шара ежегодно испаряется $520 \cdot 10^3$ км³ воды. Лишь около 15% этой влаги испаряется с поверхности суши, остальное поставляет Мировой океан. Общее количество воды, испаряющейся с его поверхности, примерно на 35-37 тыс. км³ (по оценкам различных авторов) больше того, что возвращается с осадками. Этот объем влаги, уносящийся на сушу, изливается дождем и выносится реками в моря и океаны. Таким образом, замыкается общепланетарный круговорот воды, благодаря которому поддерживаются динамическое равновесие между основными его составляющими, а, следовательно, и современный уровень Мирового океана.

Основные закономерности изменения с географической широтой испарения и осадков диаметрально противоположны. В экваториальной области испарение минимально, а осадков больше, чем где-

либо в другой части Мирового океана. Максимальное испарение отмечается в тропических и субтропических широтах. По занимаемой площади эти районы очень велики и потому отдают основную массу влаги атмосфере. За счет испарения в тропиках создается тот дефицит, который покрывается речным стоком. С удалением отсюда к полюсам испарение быстро понижается до нулевых значений приполярных районах. У осадков же появляется второй максимум в умеренной зоне, после чего количество их уменьшается до минимальных значений в субполярных областях. Эти особенности влагообмена океана с атмосферой оказывают большое влияние на климат и свойства вод Мирового океана.

Физико-химические свойства вод Мирового океана

Имеющиеся данные позволяют рассмотреть основные закономерности полей температуры, солености и плотности вод Мирового океана, содержания растворенного кислорода и концентрации фосфатов. Упомянутые химические элементы представляют исключительно большой интерес не только потому, что они определяют биологическую продуктивность океанических вод, но и как очень хорошие показатели динамических процессов.

Температура на поверхности Мирового океана

Основные закономерности поля температуры Мирового океана изучены лучше всех остальных свойств вод. Солнечная радиация распределяется по поверхности океана крайне неравномерно. Зимой в приполярных районах солнце вообще не показывается, летом не поднимается выше $20-30^\circ$ над горизонтом. В приэкваториальных районах каждый день оно поднимается высоко, почти до зенита. В результате неравномерного нагрева, температура воды на поверхности открытого океана изменяется в пространстве примерно от -2 до $+30^\circ$. Следовательно, можно сказать, что в приполярных, высоких широтах вода в течение всего года холодная, близ экватора и в тропиках на поверхности – теплая ($20-30^\circ$), а в умеренных широтах ее температура значительно колеблется по сезонам приблизительно в пределах $5-20^\circ$ (на поверхности). В низких широтах метеорологические процессы и гидрологические условия отличаются относительной устойчивостью, в умеренных и частично высоких широтах они очень изменяются от года к году.

Тепловая энергия, приходящая от солнца, практически полностью поглощается в нескольких верхних дециметрах воды. В штиль тепло проникает на глубину крайне медленно, в результате молеку-

лярной диффузии. Поэтому летом при штиле в морях и океанах образуется тонкий поверхностный теплый слой, ниже которого находятся прохладные воды. Их разделяет слой резкого изменения температуры по вертикали – слой скачка температуры, или *термоклин*. При ветре, в зависимости от его силы и продолжительности, перемешивается большая или меньшая толща воды. В пределах перемешанного слоя температура выравнивается: на поверхности она понижается, на глубине – повышается. Теплозапас в итоге такого перемешивания не изменяется. Глубже остается холодная вода.

В высоких широтах происходит образование льда. Близ Северного полюса и Антарктиды лед не успевает растаять за лето и сохраняется круглый год. В несколько более низких, субполярных, широтах лед формируется осенью и зимой, но летом в основном исчезает.

Средняя температура поверхностных вод океанов для всего Мирового океана в целом она составляет $17,54^{\circ}$. Температура поверхностных вод в северном полушарии примерно на 3° выше, чем в южном. Это является следствием того, что акватории, расположенные к северу от экватора, поглощают приблизительно на 40% больше тепла, чем воды южных широт. Существенные различия имеются и в средних температурах отдельных океанов, что также связано с бюджетом тепла.

Самая высокая средняя температура Тихого океана – $19,37^{\circ}$ – объясняется наибольшим количеством тепла, поглощаемым единицей его поверхности (свыше 20 ккал/см² в год). Второе место занимает Индийский океан, где средняя температура равна $17,27^{\circ}$; на единицу акватории здесь приходится около 19 ккал/см² в год. На третьем месте Атлантический океан, имеющий среднюю температуру $16,53^{\circ}$. Единицей его поверхности поглощается около 17 ккал/см² в год. Наиболее низка, естественно, температура Северного Ледовитого океана. По недостаточно точным вычислениям она в среднем составляет – $0,75^{\circ}$ (Залогин Б.С., Кузьминская К.С., 2001).

Изменения температуры воды на поверхности Мирового океана в зависимости от широты. Максимальное количество солнечного тепла поглощается Мировым океаном в тропиках, однако самая высокая средняя годовая температура воды наблюдается в экваториальной зоне между 5° и 10° с.ш.; среднее ее значение здесь равно $27,4^{\circ}$. С удалением от термического экватора температура вначале понижается очень мало. В той части Мирового океана, где поглощение тепла

превышает его расход, средняя годовая температура на поверхности, как правило, выше 25° .

С переходом в умеренные области температура на поверхности Мирового океана начинает быстро понижаться, в соответствии с уменьшением количества поглощаемого тепла. При этом в северном полушарии она выше, чем в южном; так, у 40° с.ш. температура воды выше на 2° , у 50° с. ш. – на $2,5^{\circ}$, а у 60° с.ш. – на 4° , что объясняется различием в характере циркуляции поверхностных вод. В северные части Атлантического и Тихого океанов за счет преобладания меридиональной составляющей циркуляции поверхностных вод выносятся огромная масса хорошо прогретых тропических вод. В тех же широтах южного полушария, в условиях преобладания зональных переносов, поступление вод из низких широт значительно меньше. В южном полушарии между 60 и 65° ю.ш. средняя годовая температура воды переходит через ноль. В северном полушарии отрицательные средние годовые температуры отмечаются значительно севернее, примерно от 70 - 75° с.ш. Это объясняется теми же особенностями бюджета тепла, которые характерны и для умеренной зоны северного полушария.

В низких широтах изотермы вдоль западных побережий океанов расходятся в результате переноса теплых вод от экватора в высокие широты и, напротив того, сходятся у восточных побережий под влиянием холодных течений, приносящих воды из умеренных и полярных областей. Понижение температуры в восточной части океанов связано и с выходом глубинных вод в области тропических циклонических макроциркуляционных систем. Все это приводит к тому, что на востоке тропических областей создаются отрицательные аномалии температуры воды, а на западе – положительные. В южном полушарии в Атлантическом и Индийском океанах далеко выдающаяся к северу Антарктида (на расстоянии около 1000 км) вызывает охлаждение воды умеренных широт.

Содержание солей в водах Мирового океана.

По последним данным академика А. П. Виноградова, в водах Мирового океана обнаружены все известные химические элементы и все их изотопы. Но $99,9\%$ всей массы растворенных в океанической воде соединений составляют следующие 11 ионов: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , F^- , H_2BO_3 .

Количество веществ, растворенных в водах океана, относительно массы воды сравнительно невелико, в среднем 35 г/л. Однако даже

самые малейшие изменения общего содержания солей, составляющие десятые и сотые доли грамма, могут оказать большое влияние на процессы, протекающие в океане, изменяя плотность воды, а, следовательно, и ее перемещение. Несмотря на сравнительно малую концентрацию солей, общее количество их в огромной массе воды Мирового океана исчисляется астрономической цифрой $5 \cdot 10^{16}$ тонн.

Океан един по своему солевому составу. Среди его солей больше всего хлоридов (88,64%), затем сульфатов (10,8%) и меньше всего карбонатов (0,34%). Соли находятся в океанической воде в виде отдельных ионов. Пропорции между содержанием этих ионов постоянны от Арктики до Антарктики и от поверхности до дна. Постоянство солевого состава воды, ее газовое равновесие и устойчивость концентрации растворенного органического вещества поддерживаются в океане сложными химическими и биологическими процессами. Например, избыток карбоната, приносимого реками, в океане через создание скелетов различных организмов переводится в осадок. Углекислый газ, скопление которого в атмосфере, в частности в результате промышленной деятельности человека, может привести к перегреву Земли, поглощается океаном, связывается планктонными организмами и при отмирании последних попадает в осадок.

Основным источником постоянного пополнения Мирового океана солями является материковый сток. К главным расходным составляющим относится поглощение солей водорослями, а также потеря их при испарении и разбрызгивании океанических вод. Реками ежегодно выносятся в Мировой океан около $2,5 \cdot 10^9$ тонн солей (таблица 2).

Таблица 2

Состав растворенных солей в океанических и речных водах
(Залогин Б.С., Кузьминская К.С., 2001)

Химические вещества	Воды океана, %	Речные воды, %
Хлориды	88,7	5,2
Сульфаты	10,8	9,9
Карбонаты	0,3	60,1
Прочие вещества	0,2	24,8

Водоросли и взвеси подвергаются в океане сложнейшей переработке, в которой очень большую роль играют растительные и животные организмы. Наиболее интенсивно эти процессы протекают в поверхностном слое фотосинтеза. Довольно активно они проходят и в

верхней пятисотметровой толще вод, благодаря деятельности планктона и главным образом бактерий. Последние перерабатывают примерно 70% всей массы веществ. А. П. Виноградов указывает на то, что на глубинах свыше 2000 м сохраняются только те вещества, которые, подобно хитину, конхиалину и др., с трудом поддаются разрушению на более простые молекулы и к тому же отличаются термостойкостью. Поэтому лишь ничтожная часть взвешенных биогенных веществ достигает дна в твердом виде. Большая часть их постоянно перерабатывается организмами и переходит в раствор.

Соленость воды на поверхности мирового океана

Соленость воды на поверхности определяется соотношением количества выпадающих осадков и величины испарения, притоком вод из других районов, подъемом вод с глубины, речным стоком, ледовыми явлениями. Средняя величина солености на поверхности открытого океана – приблизительно 35‰. Количество выпадающих осадков очень велико у экватора (2000 – 4000 мм в год), меньше (500 – 1000 мм в год) в умеренных широтах и очень мало в субтропиках, близ тропиков Рака и Козерога, а также у полюсов. Испарение весьма значительно в зонах господства сухого воздуха в тропиках и субтропиках, намного меньше в постоянно влажной атмосфере у экватора и в умеренных широтах, совсем ничтожно у полюсов. В результате некоторое превышение осадков над испарениями наблюдается у экватора. В субтропиках и у тропиков, наоборот, величина испарения намного больше величины осадков. Поэтому в открытом океане соленость несколько ниже средней у экватора (34,5-33‰), выше средней в тропиках и субтропиках (35,5-37‰) и близка к средней в умеренных широтах. У полюсов летом в результате таяния льдов она меньше средней. На глубине сотен метров соленость постепенно приближается к величине 34,8‰ и несколько более 34,5‰ на больших глубинах (Архипкин В.С. и др., 2009).

Основные закономерности поля солености на поверхности океанов. Помимо разности между испарением и осадками, таяния льдов и речного стока, поле солености в значительной мере формируется под воздействием циркуляции вод. В экваториальной зоне соленость несколько уменьшается от западных берегов океана к восточным. Причина тому – перенос опресненных вод Экваториальным противотечением. Соленость у восточных берегов океанов ниже, чем у западных, в результате того, что вдоль западного побережья океанов перемещаются воды из тропических областей, где соленость повышена.

Вдоль восточных побережий переносятся воды с более низкой соленостью из умеренных широт.

Соленость воды в центре субтропических максимумов значительно меняется в каждом из океанов. В Атлантическом она достигает наивысших значений для открытых частей Мирового океана, превышая 37-37,5‰. В южно-тропической области Индийского океана соленость выше 36‰. К северу от экватора высокая соленость, нарастая в направлении северного побережья Аравийского моря, достигает до 36,5 - 37,0‰. В северо-восточной части Индийского океана поверхностные воды сильно опреснены и к Индокитайскому полуострову соленость понижается до 32 – 30‰. В центре южнотропической зоны Тихого океана соленость воды выше 36,0 - 36,5‰, а аномалия ее больше 0,5‰. В северотропической области, где опреснение особенно велико в результате всех тех причин, которые, как уже отмечалось, определяют низкую соленость во всей северной части Тихого океана, повсеместно отмечаются отрицательные аномалии; в центре этой области соленость около 35,5‰ (Архипкин В.С. и др., 2009). Соленость на поверхности Северного Ледовитого океана изменяется в различных его частях очень сильно. В областях, прилегающих к Атлантическому и Тихому океанам, она повышена в результате приноса вод с юга. Наиболее высока соленость в Гренландском и Норвежском морях, в средней части которых она более 35‰. Самая низкая соленость воды отмечается в окраинных сибирских морях; здесь она меньше 30 – 25‰ из-за стока огромной массы речных вод и таяния большого количества льдов. В центральной части океана преобладает соленость 30 – 31‰, резко понижающаяся при интенсивном таянии льдов. В морях с пониженной соленостью вблизи устьев рек она падает до нескольких промилле, тогда как в условиях сильного осолонения в Красном и Персидском заливе соленость достигает до 40–41‰ и более, а в заливе Кара-Богаз-Гол до 300‰.

Плотность воды на поверхности мирового океана

Поле плотности воды Мирового океана в основном подобно полю температуры. Только в полярных областях и некоторых морях главную роль играет соленость. В соответствии с тем, что температура воды в тропических и умеренных широтах уменьшается от поверхности ко дну, а в полярных широтах в том же направлении увеличивается соленость, плотность вод повсеместно растет с увеличением глубины.

Средняя плотность на поверхности Мирового океана в целом (включая моря и полярные районы) составляет 1,02474. Если исключить полярные районы, то средняя ее величина (для всей акватории, которая лежит между 70° с.ш. и 60° ю.ш.) будет на 0,0002 меньше. В северном полушарии в целом за счет более высокой температуры и меньшей солености поверхностных вод плотность примерно на 0,0012 меньше, чем в южном полушарии. Плотность океанических вод повсеместно увеличивается от поверхности ко дну. При этом вначале, примерно до глубины 1000 – 1500 м, плотность повышается быстро, а затем медленно, едва заметно.

Кислород, растворенный в водах мирового океана

Из всех газов, растворенных в океанических водах, наибольший интерес представляет кислород, так как с ним связана интенсивность химических и особенно биохимических процессов, а следовательно, и развития жизни. Проникая через всю толщу океаносферы, он создает высокий окислительный потенциал раствора океанической воды, определяя активность окислительно-восстановительных процессов в водах и донных отложениях. Кислород и его соединения, содержащиеся в Мировом океане, оказывают огромное влияние на планетарный обмен веществ.

Несмотря на активный обмен газов между атмосферой и океаносферой, в каждой среде сохраняется постоянство соотношения кислорода и азота. Если в атмосфере азота (по объему) в 4 раза больше, чем кислорода, то в океане – только в 2 раза. Такое различие объясняется тем, что растворимость кислорода больше, чем азота.

Насыщение вод газами находится в большой зависимости от температуры. Однако при этом остается постоянным соотношение между основными газами. Так, при 25° в воде может раствориться до 4,9 см³/л кислорода и 9,1 см³/л азота, при 15° соответственно – 5,8 и 10,6 см³/л, при 5° – 7,1 и 12,7 см³/л. В высоких широтах поглощается больше газов, чем в тропических областях, воды здесь оказываются пересыщены газами (Денисов В.В., 2002).

В связи с изменением температуры возникает сезонная и суточная изменчивость газообмена. Зимой и ночью преобладает поглощение газов водами Мирового океана, а летом и днем – выделение их в атмосферу. Количество газов в водах Мирового океана кроме температуры зависит от жизнедеятельности растительных и животных организмов, биологической переработки и окисления минеральных и органических веществ, структуры и циркуляции вод.

Кислород, растворенный в водах Мирового океана, полностью обеспечивает активное развитие жизни и окисление всей массы органических и минеральных продуктов. Кроме того, остаются еще огромные его излишки. Наличие их и определяет возможность поддержания динамического равновесия в планетарном газообмене.

Океаносфера способна восполнять недостаток газов в воздухе или поглощать их избыток, создающийся в процессе планетарного обмена. Мировой океан выступает в роли главного фактора, с которым связано установление динамического равновесия газообмена, а также постоянство газового состава атмосферы и океаносферы.

«Океаническая вода, – пишет А. П. Виноградов, – регулирует объем кислорода атмосферы и его изотопный состав, скорость проникновения кислорода (как и других газов) атмосферы и «нового» кислорода из фотосинтезирующего слоя в океаническую воду, первоначальные и конечные объемы растворенного кислорода. Иными словами, скорость вентиляции Мирового океана, оборачиваемость кислорода, будучи изучены, еще глубже осветили бы историю формирования атмосферы» (А.П. Виноградов "Введение в геохимию океана"). Если кислород воздушной оболочки нашей планеты образовался в результате фотосинтетической деятельности растительности, океанические водоросли (и в первую очередь фитопланктон) сыграли в этом немалую роль.

Значительно сложнее зависимость между растворенным кислородом и содержанием в океанических водах углекислого газа. В отличие от других газов углекислота входит в химическое взаимодействие с водой. Образующаяся при этом двухосновная угольная кислота и продукты ее диссоциации создают химически консервативную буферную систему, обеспечивающую стабильность жизни морских организмов. В результате переработки углекислоты растениями создается органическое вещество. Этот процесс лежит в основе всей пищевой цепи. По данным А.П. Виноградова, в Мировом океане ежегодно фиксируется 1012 тонн углерода; общая же его масса оценивается в $3,6 \cdot 10^{13}$ тонн, тогда как в атмосфере $6,3 \cdot 10^{11}$ тонн.

Углекислота необходима и для образования известковых скелетов и панцирных покровов животных организмов. После их отмирания углекислый кальций, растворяясь в воде, вовлекается в планетарный обмен. Реками в океаны и моря ежегодно выносятся около 109 тонн CaCO_3 , которые затем переходят в донные отложения. Основную массу известковых осадков дают скелетные остатки морских жи-

вотных, почти целиком представленных планктонными организмами. Эти осадки широко распространены в низких широтах, где воды пересыщены углекислым кальцием и потому около половины его может перейти во взвесь; пересыщение достигает иногда 300%. В карбонатных осадках ежегодно накапливается около 109 тонн углекислоты, которая затем снова может перейти в раствор.

В процессе геологических преобразований известковые породы (создающиеся на дне океанов и морей) попадают на сушу, где, растворяясь дождевыми, речными и подземными водами, снова вовлекаются в планетарный круговорот. В атмосфере содержится $2,6 \cdot 10^{12}$ тонн углекислого газа, что по объему ко всей воздушной оболочке составляет только 0,03%. В Мировом океане растворено примерно в 60 раз больше углекислого газа (Орленок В.В., 1998).

В процессе ветрового перемешивания воды углекислота из атмосферы попадает в океан. Однако количество ее в поверхностных слоях невелико благодаря интенсивному поглощению растениями (преимущественно фитопланктоном). Содержание углекислоты, постепенно увеличиваясь с глубиной, достигает максимальных значений в придонном слое полярных областей. Наиболее интенсивно поглощаясь холодными водами, углекислота переносится образующимися в высоких широтах водными массами в другие части Мирового океана. «Океан, – пишет А.П. Виноградов, – действует как грандиозный насос, забирая CO_2 из атмосферы в холодных областях и отдавая ее в тропические области. Время пребывания CO_2 в атмосфере составляет около 5 лет» (А.П. Виноградов "Введение в геохимию океана").

Озон и углекислота, а также водяные пары атмосферы, свободно пропуская коротковолновую солнечную радиацию, задерживают длинноволновое тепловое излучение Земли. С изменением их содержания связано потепление и похолодание на нашей планете. Количество углекислого газа находится в зависимости и от хозяйственной деятельности людей. В результате сжигания органического топлива и сокращения лесных массивов в последнее время в воздух ежегодно добавляется около 1010 тонн углекислого газа. Концентрация углекислоты повысится на 30%, что приведет к росту средней температуры атмосферы на 1° в столетие. Это близко к действительному ее увеличению, наблюдавшемуся в XX веке.

Г.Н. Плассом было подсчитано, что при дальнейшем развитии промышленности количество углекислоты в атмосфере дойдет до

0,3%, то есть увеличится в 10 раз по отношению к современному уровню. Средняя температура воздуха может подняться примерно на 12°. Однако в результате поглощения углекислоты Мировым океаном через несколько тысяч лет установится новое динамическое равновесие в планетарном газообмене. После этого содержание углекислого газа в воздухе снизится до 0,11%, оставаясь все-таки в 4 раза больше современного. Средняя температура воздуха повысится на 7°. Насколько это велико, можно судить по тому, что понижение средней температуры на 4° достаточно для наступления новой эпохи оледенения.

На примере углекислого газа видно, что влияние деятельности человека становится не только сопоставимым с масштабами природных процессов, но и способно существенно его перерастить. А ведь надо считаться еще и с тем, что технический прогресс изменяет атмосферу не только за счет углекислоты. Только за один трансатлантический перелет реактивного самолета, по данным, приводящимся в печати, сжигается от 5 до 35 тонн кислорода. Общее его потребление в результате многочисленных полетов, совершающихся на всем земном шаре, настолько значительно, что это возбудило опасение в возможности возникновения дефицита кислорода в атмосфере. Появились высказывания и по поводу того, что выброс самолетами свинца и высокооктановых продуктов распада может повлечь в конечном счете к таким цепным реакциям, в результате которых произойдет разрушение озонового экрана, защищающего биосферу от космической радиации.

Стратификация вод мирового океана

Несмотря на различный вид кривых изменения по вертикали физико-химических свойств вод, стратификация обладает общей для всех свойств закономерностью. В каждой кривой можно проследить четыре типа вод: поверхностные, промежуточные, глубинные и придонные.

В Мировом океане наблюдается три основных типа термической стратификации вод: полярный, субполярный и умеренно тропический. Наибольшие изменения температуры воды наблюдаются в верхнем слое океана. Значительно меньше такие изменения в промежуточной структурной зоне, для которой характерны теплая прослойка в полярных областях и резкое уменьшение вертикальных градиентов температуры (по сравнению с поверхностными водами) во

всей остальной части Мирового океана (субполярный и умеренно тропический типы термической стратификации). Ниже 1500-2000 м, т.е. в пределах глубинной и придонной структурных зон, отмечаются условия, близкие к гомотермии. Различия между температурой воды в глубинной и придонной структурных зонах невелики (Архипкин В.С. и др., 2009).

Полярный тип изменения температуры вод по вертикали, помимо Северного Ледовитого океана и Антарктики, встречается в северной части Тихого океана и на северо-западе Атлантического океана, где под влиянием зимнего муссона происходит сильное охлаждение поверхностных вод. Субполярный тип изменения температуры воды по вертикали наблюдается в переходной области от весьма специфической полярной термической стратификации к типу стратификации тропических и субтропических широт. Сильное охлаждение субполярных областей приводит к интенсивной зимней конвекции. В некоторых районах следы ее сохраняются в виде холодного промежуточного слоя в течение всего лета.

Умеренно тропический тип изменения температуры воды по вертикали является наиболее распространенным. Он прослеживается от субантарктического океанического фронта до субарктического. Ниже 1500-2000 м при медленном понижении температуры воды вертикальные градиенты оказываются очень небольшими. Изменения температуры воды в течение года сравнительно невелики и постепенно уменьшаются к экватору.

Стратификация поля солености.

Изменение по вертикали солености отличается значительно большим разнообразием, чем температуры. В Мировом океане выделено восемь типов изменения солености по вертикали с подразделением большинства их на подтипы. Двум таким типам – полярному и субполярному – свойственно увеличение солености от поверхности океана ко дну. Для трех типов – умеренно тропического, тропического и экваториального – характерно наличие прослойки с пониженной соленостью, связанной с распространением промежуточных водных масс субполярного происхождения; выше и ниже этой прослойки соленость увеличивается. Эти пять типов изменения солености по вертикали широко распространены в Мировом океане, остальные три типа встречаются в отдельных районах, что связано со специфическим влиянием факторов, определяющих соленость воды. Во всех

выделенных типах соленость значительно изменяется в верхней части океана в слое толщиной около 1500-2000 м.

Для полярных районов характерна весьма однородная соленость при значительном опреснении поверхностных вод. На глубине 300-500 м соленость увеличивается примерно до 35‰, оставаясь приблизительно такой же в промежуточной, глубинной и придонной зонах. Субполярному типу изменения солености свойственна та же общая закономерность, что и полярному, однако опресняющее влияние поверхностных вод в результате интенсивного их опускания сказывается на большую глубину. Вместе с тем пределы изменения солености с глубиной меньше. В среднем соленость примерно от 33,5‰ на поверхности океана постепенно увеличивается с глубиной; ниже 1500-2000 м она составляет 34,60-34,70‰.

Умеренно тропический тип изменения солености встречается в тропических и субтропических широтах, где высокая соленость у поверхности океана связана с превышением испарения над осадками и опресненная прослойка создается промежуточными водными массами субполярного происхождения. По средним данным максимальная соленость (выше 35‰) наблюдается в поверхностной структурной зоне (в слое толщиной около 200 м). Факторы, обуславливающие осолонение вод, оказывают непосредственное воздействие только на поверхностный слой океана. Поэтому с глубиной соленость довольно быстро понижается, достигая своего минимума у оси промежуточной водной массы. На глубине 800-1000 м она составляет в среднем 34,45‰. С переходом к глубинным водам соленость постепенно повышается до 34,75‰ на 2500-3000 м. Затем она едва заметно понижается ко дну в менее соленых придонных водах антарктического происхождения. Таким образом, при более детальном рассмотрении изменения солености с глубиной у этого типа обнаруживается второй максимум (на 3000 м) и минимум (у дна), несравненно меньшие по своей величине, чем основной максимум на поверхности и минимум в промежуточном слое.

Тропический тип изменения солености вод по вертикали имеет такую же опресненную прослойку. Он отличается от умеренно тропического типа подповерхностным слоем высокой солености. Образование последнего связано с опусканием в низких широтах с поверхности вод высокой солености, которые затем перемещаются в горизонтальной плоскости. Такая высокосоленая прослойка прослеживается в той части тропических областей, где на поверхности океа-

нов отмечается уменьшение солености, связанное с преобладанием осадков над испарением.

Экваториальный тип изменения солености по вертикали благодаря особенно обильным осадкам, наиболее широко распространен в Тихом океане, где он занимает полосу около 15° по меридиану, а в крайней восточной части океана – даже более 20° . Опреснение затрагивает самый верхний слой воды, поэтому соленость с удалением от поверхности океана быстро увеличивается и на глубине 150-656,17 футов достигает максимальных значений.

Стратификация поля плотности.

Плотность воды в Мировом океане повсеместно увеличивается от поверхности ко дну и притом вначале быстро, а затем медленно. Поэтому кривые изменения плотности воды по вертикали везде имеют один и тот же вид, напоминающий гиперболу. Чем меньше плотность на поверхности океанов и морей, тем резче ее изменения в верхней части кривой, поскольку с переходом от промежуточных к глубинным водам (ниже 1500-2000 м) она становится максимальной и остается почти постоянной. В глубинных слоях Мирового океана плотность меняется в очень небольших пределах, примерно от 27,5 до 28,0 единиц условной плотности (для перехода от условной плотности к абсолютной нужно запятую перенести влево на 3 знака и прибавить единицу, следовательно, указанная условная плотность в абсолютном выражении будет изменяться от 1,0275 до 1,0280). Несмотря на слабо выраженную стратификацию поля плотности, по изменению вертикальных ее градиентов можно проследить четыре слоя: поверхностный, с максимальными градиентами; промежуточный, с небольшими их значениями; глубинный, почти с нулевыми, и придонный, с некоторым увеличением градиентов по сравнению с глубинными водами. Кривые изменения плотности по вертикали монотонны и их типизация теряет смысл. Поэтому для характеристики поля плотности привлекаются отдельные кривые, показательные для широтной ее изменчивости.

Водные массы мирового океана

Границами различных типов водных масс (поверхностных, промежуточных, глубинных и придонных) являются пограничные слои, разделяющие структурные зоны. Однотипные водные массы, расположенные в пределах одной структурной зоны, разделяются океани-

ческими фронтами. Их значительно проще проследить у поверхностных вод, где фронты выражены наиболее ярко.

Поверхностные водные массы.

В поверхностной структурной зоне формируются следующие водные массы: 1) экваториальные; 2) тропические, подразделяющиеся на северо-тропические и южно-тропические, своеобразной их модификацией являются воды Аравийского моря и Бенгальского залива; 3) субтропические, делящиеся на северные и южные; 4) субполярные, состоящие из субарктических и субантарктических; 5) полярные, включающие антарктические и арктические (Притула Т.Ю. и др. 2003).

Экваториальные поверхностные водные массы образуются в пределах экваториальной антициклонической системы. Их границами служат экваториальный и субэкваториальный фронты. Они отличаются от других вод низких широт самой высокой в открытом океане температурой, минимальной плотностью, пониженной соленостью, содержанием кислорода и фосфатов, а также весьма сложной системой течений, которая, однако, позволяет говорить о преобладающем переносе вод с запада на восток Экваториальным противотечением.

Субтропические водные массы формируются в субтропических антициклонических системах. Границами их распространения служат тропические и субполярные океанические фронты. В условиях преобладающих нисходящих движений они получают наибольшее развитие по вертикали. Им свойственна максимальная для открытого океана соленость, высокая температура и минимальное содержание фосфатов.

Субполярные водные массы целиком располагаются в умеренных широтах между субполярным и полярным фронтами. Для них характерно относительно большое изменение свойств с ростом географической широты и от сезона к сезону. Обладая общностью физико-химических свойств, субарктические и субантарктические воды вместе с тем имеют целый ряд отличительных черт. Это прежде всего определяется тем, что первые находятся в зоне циркумполярной, а вторые – в области североциклонических макроциркуляционных систем. Отсюда различие в путях перемещения и некоторых других особенностях их динамики. Кроме того, сказываются и те особенности тепло- и влагообмена, которые отмечаются между океаническим Южным полушарием и континентальным Северным.

Субарктические воды более интенсивно обмениваются теплом и влагой с атмосферой и сушей. Повышенный вынос высокосолёных тропических вод в северную Атлантику и отрицательный бюджет тепла благоприятствуют развитию нисходящих движений до большей глубины. Вдоль материкового склона они распространяются вплоть до дна океана за счёт опускания вод по периферии циклонических макроциркуляционных систем. В Тихом океане солёность субарктических вод понижена как за счёт особенностей влагообмена, так и относительно небольшого приноса солей течениями. Поэтому опускание поверхностных вод не может здесь захватить значительную толщу океана. Создаются весьма заметные различия свойств субарктических вод Атлантического и Тихого океанов, что сказывается на формировании промежуточных, глубинных и придонных водных масс.

Субантарктические воды, определяя природные условия умеренной зоны южной части Мирового океана, принимают активное участие в образовании промежуточных вод в результате нисходящих движений в зоне субантарктического фронта.

Полярные водные массы занимают всю акваторию, располагающуюся к северу и югу от полярных океанических фронтов. Для них характерна самая низкая температура воды, наиболее высокая плотность, повышенное содержание растворённого кислорода и фосфатов. При общности отмеченных физико-химических свойств антарктические воды располагаются в области циклонической макроциркуляционной системы, а арктические – антициклонической. Поэтому они, как и субполярные воды, существенно отличаются своей динамикой: не только перемещением, но и влиянием, оказываемым на формирование и трансформацию нижележащих слоев.

Циклоническое обращение вовлекает антарктические воды в активное перемешивание, что является одной из главных составляющих формирования придонных слоев. Напротив, антициклоническая макроциркуляционная система не позволяет арктическим водам, обладающим к тому же более низкой солёностью и плотностью, выходить за пределы поверхностной структурной зоны.

Контрольные вопросы

1. Какова средняя температура всего океана от экватора до полюса?
2. Расскажите, как в результате фотосинтетической деятельности в воздушной оболочке нашей планеты образовался кислород.

3. Как изменяется температура поверхностных вод с изменением широты?
4. Как изменяется соленость поверхностных вод Мирового океана?
5. Как зависит насыщение вод газами от температуры?
6. Какие основные типы термической стратификации вод в Мировом океане наблюдается?
7. Какие водные массы выделяются в поверхностном слое Мирового океана?

Лекция 4. Движение вод Мирового океана

Под влиянием климатических факторов в разных частях океанов формируются большие массы вод, различающиеся температурой, соленостью и некоторыми другими характеристиками. Для каждого географического района океана характерны те или иные водные массы. Если водная масса переносится течением из одного района в другой, то ее характеристики изменяются: она может охладиться, стать более пресной и т. д. При смешении разных водных масс часто создаются новые.

Циркуляция атмосферы, разность уровней океана и распределение температуры и солености (а следовательно, и плотности) воды обуславливают общую циркуляцию вод океана. Можно сказать, что горизонтальные движения поверхностных вод, т.е. поверхностные течения, вызываются преобладающими ветрами, а горизонтальные потоки на глубинах – различиями в плотности воды в разных районах и отчасти также поверхностными течениями. Влияние ветров на поверхностные течения достаточно четко проявляется в областях устойчивых ветров – пассатов тропических широт и западных ветров умеренного пояса. Здесь направления потоков воды и ветров почти совпадают. Так, северо-восточный и юго-восточный пассаты в обоих полушариях порождают соответственно направленные на запад пассатные течения. Связь течений и ветра подтверждена теоретическими расчетами, а также моделями Атлантического океана. Скорость океанских течений примерно в 10 раз меньше скорости создающего их ветра. Юго-западные и западные ветры умеренных широт поддерживают и усиливают потоки вод на восток в обоих полушариях – Северо-Атлантическое, Северо-Тихоокеанское течения в северном полушарии и Западный дрейф в южном.

Тесная связь течений и ветров особенно ярко проявляется в северной муссонной области Индийского океана, в меньшей степени – на западе Тихого океана и в морях Индонезии. Как известно, в северной части Индийского океана зимой северного полушария дует не- сильный северо-восточный муссон из области высокого давления над холодной центральной частью Азии. В это время преобладает поток вод на запад. Летом над Южной и Юго-Западной Азией из-за исключи- тельно сильного нагрева суши образуется область резко понижен- ного атмосферного давления, и с июня-июля сюда втягивается воздух с океана – начинается юго-западный муссон. Однако вскоре, бук- вально через несколько недель, течения меняют направление на об- ратное, на восток.

Под действием устойчивых ветров отмечаются явления нагонов и сгонов вод. Нагон обычно происходит тогда, когда ветер дует к бе- регу. Сгон развивается при устойчивом и достаточно сильном ветре с берега. В этом случае с глубины нескольких десятков метров, а ино- гда с 200-300 м поднимаются воды со свойственной им более низкой температурой, с иными химическими характеристиками. Это так называемый апвеллинг. Вода поднимается очень медленно – порядка 1-3 м в сутки. Подъем обычно происходит в узкой прибрежной зоне, но влияние его распространяется на обширные прилегающие аквато- рии. Апвеллинг развивается под действием не только ветра, но и от- клоняющего влияния суточного вращения Земли на движущуюся водную массу. В северном полушарии это отклонение вправо (если смотреть вниз по направлению течения), в южном – влево. В резуль- тате у одного края течения накапливаются излишки воды с последую- щим погружением, у противоположного – образуется недостаток.

Если течение в северном полушарии движется так, что берег находится справа, то у берега происходит накопление, динамический нагон вод. Наоборот, если берег слева от течения, поверхностная вода уходит в открытый океан, у берега создается недостаток воды и раз- вивается компенсационный подъем вод с глубины. Поднимающаяся вода более холодная. Поэтому подъём сопровождается падением температуры, иногда очень существенным.

В Мировом океане устойчивый подъем наблюдается у побере- жья Северо-Западной и Юго-Западной Африки, у западных берегов Северной и Южной Америки в тропических и частично субтропиче- ских широтах. Кроме того, у западного берега Индии, восточного бе- рега Сомали, у Мозамбика, над банкой Кампече и в некоторых других

местах отмечается сезонный подъем вод, наиболее интенсивный летом, при усилении течений (Залогин Б.С., Кузьминская К.С., 2001).

Пассатные течения, несущие воду с востока на запад, вызывают повышение уровня воды у западных окраин океанов в низких широтах. В Атлантическом океане превышение уровня составляет примерно 20 см, в Тихом – около 50 см. В результате здесь зарождаются стоковые течения – поверхностные и подповерхностные. Среди поверхностных – Гольфстрим, Бразильское, Куро-Сиво и Восточно-Австралийское. У самого экватора, в полосе затишья, из-за широтной (в направлении север-юг) неравномерности поля ветра образуется течение на восток – Экваториальное противотечение. Наиболее мощное и протяженное оно в Тихом океане, в Атлантическом, особенно зимой северного полушария, – значительно короче. Все эти течения выносят избыток вод из западных частей океанов либо в более высокие широты, либо на восток.

Подповерхностные компенсационные потоки открыты сравнительно недавно. Это течения Кромвелла в Тихом океане, Ломоносова – в Атлантическом, Тареева – в Индийском. Кроме того, севернее и южнее экватора, примерно около 20° широты, имеются подповерхностные струи на восток, иногда доходящие до поверхности океана.

В низких широтах на восточных окраинах океанов возникают холодные компенсационные течения из субтропических широт к экватору: Канарское, Бенгельское, Калифорнийское, Перуанское.

Если два поверхностных течения движутся параллельно друг другу в противоположных направлениях, то в зависимости от направления поперечной составляющей поверхностные воды на границе имеют тенденцию либо расходиться (составляющие направлены в противоположные стороны), либо сходиться (составляющие идут навстречу друг другу).

В первом случае на границе возникает полоса дивергенции – расхождение вод в стороны и компенсационный подъем с глубины. Во втором случае образуется полоса схождения вод – конвергенции с накоплением вод на границе и погружением их на глубину. Формирование и расположение зон дивергенций и конвергенции в Мировом океане было изучено В. Н. Степановым. На границах северных пассатных течений с Северо-Атлантическим, Северо-Тихоокеанским и с Экваториальным противотечением также образуются зоны конвергенции. Дивергенции находятся на самом экваторе в области Южного

пассатного течения Тихого океана, которое захватывает акваторию и севернее экватора.

Обычно граница между противоположно направленными течениями, несущими разные водные массы, не идет по прямой линии. На ней возникают волнообразные изгибы, переходящие, как и в атмосфере, в циклонические и антициклонические вихри большого масштаба, диаметром в десятки и сотни километров. Иногда такие сильно развитые вихри отделяются от основного потока и живут некоторое время в чуждой им воде другого течения. Такие явления наблюдаются в северной части Атлантического океана, у края Гольфстрима, в Тихом – у границ Куросио.

Холодные ветры из высоких широт северного полушария – одна из главных причин образования потоков в умеренные широты холодных арктических вод Восточно-Гренландского течения, Лабрадорского, Курильского. В умеренных широтах они встречаются с теплыми течениями. В результате образуется зона схождения вод разных свойств или гидрологический фронт. По географическому положению он близок к атмосферному фронту умеренных широт. Следовательно, умеренные широты – это область взаимодействия и смешения не только воздушных, но водных масс.

Горизонтальные движения вод на глубине создаются в значительной мере различиями в плотности воды. Движение вод продолжается до тех пор, пока все нижние слои не будут заняты тяжелой водой, а верхние – легкой. Если в силу каких-либо причин в одной половине сосуда будет непрерывно увеличиваться плотность воды, а в другой – понижаться, то движение воды станет постоянным. Возникнет постоянная плотностная циркуляция.

Такое явление широко распространено в океане. Вода охлаждается и потому делается более плотной на поверхности в высоких широтах. Как и в резервуаре, она погружается, стремясь занять все пространство у дна. Плотные воды образуются в результате либо охлаждения, либо повышения солености. Осолонение может произойти из-за испарения воды или образования льда, так как при замерзании значительная часть солей вытесняется из льда в окружающую воду. В некоторых районах охлажденные воды имеют повышенную соленость.

В Арктике и Антарктике во время сильного осенне-зимнего охлаждения воды формируются льды. При этом образуются большие массы плотной холодной воды. Они погружаются на сотни метров и

глубже и распространяются на обширные акватории Мирового океана. То же самое происходит и с водами субарктических, субантарктических и частично – умеренных широт. Из-за большой плотности они погружаются под поверхностные воды до тех пор, пока их плотность не сравняется с плотностью окружающих вод, а дальше идет почти исключительно горизонтальное движение. В высоких и средних широтах находится несколько очагов формирования плотных вод. Это многие районы антарктических вод, особенно море Уэдделла, Северный Ледовитый океан, северные части Атлантического и Тихого.

В субтропических и тропических частях океанов плотные и очень соленые (36-37‰) воды образуются в основном в результате большого испарения (испаряется слой воды около 2 м в год) и зимнего охлаждения до 18-16°. Эти воды погружаются под очень теплую и легкую поверхностную воду.

Своеобразные центры формирования высокосоленых вод (вследствие интенсивного испарения) находятся в полузамкнутых морях и заливах низких широт: в Средиземном (39‰) и Красном (более 40‰) морях, Персидском (около 39‰) и отчасти в западной половине Мексиканского (37‰) залива. Зимой эти воды несколько охлаждаются и погружаются. Струи их выходят в океан и прослеживаются на той или иной глубине на расстоянии многих сотен миль от пролива, соединяющего море или залив с океаном.

Необходимо кратко остановиться на разных видах перемешивания вод. Ветровое перемешивание охватывает поверхностный слой при шторме обычно до глубины нескольких десятков метров. Глубина зависит от силы и продолжительности ветра, а также от распределения плотности воды. Если вода имеет одинаковую плотность до больших глубин, то сильный шторм может перемешать ее почти до 100 м. Если же плотность воды значительно возрастает с увеличением глубины, то перемешать такую переслоенную, или стратифицированную, по плотности воду значительно труднее.

При осенне-зимнем охлаждении поверхности воды ее плотность становится больше плотности нижележащих слоев, поверхностная вода погружается, а глубинная поднимается. В результате вода перемешивается по вертикали. Это – конвективное перемешивание. В районах сильного охлаждения, например у берегов Гренландии, оно охватывает толщу воды в несколько сотен метров и во многих местах доходит до дна. В глубинные слои поступает кислород, а оттуда к по-

верхности доставляются биогенные вещества. Так происходит ежегодная вентиляция глубинных слоев.

В низких широтах, где поверхностные воды охлаждаются очень слабо, конвективное перемешивание незначительно. На поверхности устойчиво располагаются теплые воды, глубже – прохладные и холодные. Лишь в районах сильного осолонения формируются более плотные воды.

При контакте вод, движущихся с разной скоростью или в противоположных направлениях, возникает вихревое турбулентное перемешивание. Все виды перемешивания делают воду однообразной по температуре, солености и другим свойствам. Процессы нагревания, охлаждения, осолонения, опреснения, наоборот, увеличивают вертикальные и горизонтальные контрасты характеристик, сообщают водам свойства, присущие районам их формирования. Так, в высокие широты теплыми течениями приносятся тропические воды высокой температуры и солености с тропическим планктоном.

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлены поверхностные течения в Океане и горизонтальные потоки на глубинах?
2. Что называется апвеллингом?
3. Перечислите основные типы течений Мирового океана.
4. Какова природа явления нагонов и сгонов вод?
5. Как происходит ежегодная вентиляция глубинных слоев Океана?

Лекция 5. Морская биогеохимия.

Система поверхностных течений океана в сочетании с картами распределения температуры и солености представляет собой основу физико-географического районирования Мирового океана.

Для понимания физической географии океана необходимо знать некоторые очень существенные особенности гидрохимии океанской воды, определяющие, в частности, процесс осадконакопления, а также возникновение, распределение, движение и преобразование органических питательных солей азота, фосфора, кремния. В воде океана содержится небольшое количество углекислого кальция в форме $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Он поступает в океан в основном с речным стоком. В холодных и прохладных водах высоких и умеренных широт углекислый кальций не выпадает в осадок, но в теплых поверхностных водах низ-

ких широт он насыщает раствор (иногда процент насыщения доходит до 300). Причина этого заключается в том, что в теплых водах может содержаться лишь очень малое количество углекислого газа, который повышает растворимость углекислого кальция. В результате соль имеет тенденцию выпадать в осадок. (Сходное явление наблюдается в самых обычных чайниках и кастрюлях при нагревании в них воды: на стенках и дне образуется накипь, состоящая в основном из углекислого кальция.)

В океане процесс осаждения происходит при деятельном участии организмов (фораминиферы, коралловые полипы, моллюски, иглокожие и др.), которые для построения своего скелета нуждаются в твердом веществе. Хлориды и сульфаты, очень легко растворимые, для таких целей не подходят. Поэтому животные экстрагируют углекислый кальций из воды и строят из него внутренний и внешний скелет, раковины (у многих тропических моллюсков они массивны) и т. д. После отмирания животного твердые части скелетов и раковины переходят в донные осадки. Постепенно в низких широтах отлагаются огромные толщи карбонатов – мел, известняк; в дальнейшем они частично доломитизируются или метаморфизируются (образуется мрамор). Этот отличный строительный материал широко используется для сооружения зданий.

В высоких широтах, где углекислый кальций извлекать из воды трудно, в формировании скелетов большую роль играют силикаты. Они образуют кремнесодержащие илы и другие отложения (карбонатных осадков значительно меньше). Интересно, что силикаты и алюмосиликаты (кирпич) преобладают и на суше, в постройках, возводимых людьми.

Однако если бы в океанах не было рифообразующих кораллов и других организмов, строящих скелет из извести, то в низких широтах все равно происходило бы отложение карбонатов из-за пересыщенности теплых вод. В таких районах были бы распространены мощные толщи, но кристаллических разновидностей – кальцита и арагонита. Эта гидрохимическая особенность имеет большое значение для геологии, геохимии, биологии и географии всего океана.

В водах океана на разных широтах содержится разное количество растворенного кислорода: около 8 мл/л в высоких широтах и около 4 мл/л в теплых, поверхностных водах низких широт. Эти различия определяются в основном величиной растворимости кислорода в зависимости от температуры воды. На некоторых глубинах при

большом потреблении кислорода в низких широтах может создаваться недостаток его для животных.

Другая существенная гидрохимическая особенность океана определяет по существу его биологическую, а, следовательно, и рыбопромысловую, продуктивность. Известно, что на суше плодородие почвы зависит в основном от содержания в ней трех элементов: фосфора, калия и азота (в связанном состоянии). Калия в воде достаточно. Поэтому плодородие вод обусловлено в основном содержанием соединений фосфора и азота, необходимых для образования живой массы – растений и животных. Этих веществ во многих районах океана очень мало, что задерживает развитие в них жизни. К жизненно важным элементам в океане добавляется еще и кремний.

Органические остатки под действием силы тяжести погружаются на ту или иную глубину. Постепенно они минерализуются. В результате на всех широтах на глубине нескольких сот метров накапливаются органогенные элементы. Но дальнейшая их судьба в разных районах различна. В высоких широтах, где ежегодно осенью-зимой происходит сильное конвективное перемешивание, питательные соли выносятся в поверхностные слои. В низких широтах, где конвективное перемешивание незначительно соли часто накапливаются на глубинах 500-1000 м, а в верхних слоях содержание их ничтожно. Таким образом, поверхностные слои тропических вод характеризуются обилием солнечных лучей и кислорода, но почти полным отсутствием солей фосфора и азота, большие глубины (сотни метров) – обилием питательных солей, но отсутствием солнечных лучей и часто очень малым количеством кислорода. Поэтому в тропиках, в районах, где глубинные воды с высоким содержанием солей, фосфора и азота поднимаются на самую поверхность или в приповерхностные, освещенные солнцем слои, создаются исключительно благоприятные условия для развития жизни (Чернова Н.М., Былова А.М., 2004).

Районы апвеллинга в низких широтах отличаются большой биологической продуктивностью. Здесь находится плодородная «молодая», только что поднявшаяся вода. В ней еще не успел развиваться фитопланктон. Все новые и новые порции поднимающейся воды постепенно оттесняют ранее поднявшуюся воду на периферию зоны апвеллинга. В ней начинается развитие фитопланктона, интенсивная фотосинтетическая деятельность, а количество питательных солей в связи с этим уменьшается. Вода из «молодой» превращается в «зрелую». Затем на основе скоплений фитопланктона развивается зоо-

планктон, при этом фитопланктон постепенно выедается организмами зоопланктона. Одновременно продолжается дальнейшее движение этой поднявшейся воды дальше от очага подъема и ее постепенный прогрев солнцем. Когда вода потеряла большую часть питательных солей, а основная часть фитопланктона съедена зоопланктоном, который уже явно преобладает в общей биомассе, она называется «старой». Таким образом, во многих районах апвеллинга можно наблюдать такую смену вод в пространстве: «молодая» вода в самом очаге подъема, дальше к периферии или вниз по течению – «зрелая» вода, зеленая от обилия фитопланктона, еще дальше – «старая», уже прогретая вода с преобладанием зоопланктона. По мере того как рыба выедает планктон, вода становится более прозрачной, голубой. Прогреваясь, она трансформируется в обычную для этих широт воду – малопродуктивную, теплую, прозрачную.

Освещенность вод и их прозрачность сильно влияют на биологические явления, особенно на интенсивность фотосинтеза. С другой стороны, количество планктона определяет прозрачность (и цвет) воды, а, следовательно, и освещенность подповерхностных слоев.

Основные различия в физических и химических свойствах океана наблюдаются в меридиональном направлении: в высоких широтах – низкая температура, ледовые явления, формирование и зарождение потоков холодных вод, большое количество кислорода в воде; в умеренных широтах – повышение температуры воды, увеличение ее годовой амплитуды, движение на восток, исчезновение льдов; в низких широтах – высокая температура поверхностных вод, плохое вертикальное перемешивание, малое плодородие вод, преобладающий поток вод на запад. Кроме того, имеются различия в пределах одних и тех же широт: выделяются области формирования глубинных вод, области апвеллинга, полосы теплых и холодных течений.

Советские океанологи Л.А. Зенкевич и В.Г. Богоров создали учение о биологической структуре океана. Основные положения этого учения состоят в следующем. При движении в меридиональном направлении изменяется качественный состав фауны и флоры и количество организмов. В биологической структуре существует широтная симметрия. Плоскостью симметрии служит экваториальная плоскость. В теплых водах организмы быстро растут и рано начинают размножаться, в холодных живут долго, растут медленно и размножаются поздно. В теплых водах низких широт наблюдается большое видовое разнообразие организмов. В высоких широтах число видов

значительно меньше. Биомасса планктона и других организмов максимальна в районе 50-60° широты обоих полушарий, минимальна в полярных, субтропических и тропических широтах, несколько повышена близ экватора.

Л. А. Зенкевич выделяет пять биогеографических областей, вытянутых в широтном направлении: арктическую, северную умеренную, тропическую, южную умеренную и антарктическую.

Контрольные вопросы

1. В каких широтах отлагаются огромные толщи карбонатов, приведите примеры.
2. В каких широтах в формировании скелетов моллюсков большую роль играют силикаты?
3. Содержание, каких соединений в морской воде обуславливает плодородие необходимых для образования живой массы – растений и животных?
4. Как называются районы отличающиеся большой биологической продуктивностью?
5. Перечислите биогеографические области, вытянутые в широтном направлении и дайте им характеристику.

Лекция 6. Жизнь в океане.

Океан – колыбель жизни на Земле. Основой же жизни в самом океане, первичным звеном в сложной пищевой цепи является фитопланктон, одноклеточные зеленые морские растения. Эти микроскопические растения поедаются растительноядным зоопланктоном и многими видами мелкой рыбы, которые в свою очередь служат кормом целого ряда нектонных, активно плавающих хищников. В пищевой цепи океана принимают участие также и организмы морского дна – бентос (фитобентос и зообентос). Суммарная масса живого вещества в океане составляет $29,9 \cdot 10^9$ тонн, при этом на биомассу зоопланктона и зообентоса приходится 90% от общей массы живого вещества океана, на биомассу фитопланктона – около 3 % и на биомассу нектона (главным образом рыба) – 4% (Залогин Б.С., 2001). В целом биомасса океана по весу в 200 раз, а на единицу поверхности – в 1000 раз меньше, чем биомасса суши. Однако ежегодная продукция живого вещества океана составляет $4,3 \cdot 10^{11}$ тонн. В единицах живого веса она близка к продукции наземной растительной массы – $4,5 \cdot 10^{11}$ тонн. Так как морские организмы содержат гораздо больше воды, то в единицах сухого веса это соотношение выглядит как 1:2,25. Еще ни-

же (как 1:3,4) соотношение продукции чистого органического вещества океана в сравнении с таковым на суше, так как фитопланктон содержит больший процент зольных элементов, чем древесная растительность (Добродеев, Суетова, 1976). Достаточно высокая продуктивность живого вещества в океане объясняется тем, что простейшие организмы фитопланктона имеют короткий срок жизни, они обновляются ежедневно, а общая масса живого вещества океана в среднем примерно через каждые 25 дней. На суше обновление биомассы происходит в среднем за 15 лет.

Живое вещество в океане распределяется очень неравномерно. Максимальные концентрации живого вещества в открытом океане – 2 кг/м^2 – расположены в районах умеренного пояса северной части Атлантического и северо-западной части Тихого океанов. На суше такую же биомассу имеют зоны лесостепей и степей. Средние величины биомассы в океане (от 1,1 до $1,8 \text{ кг/м}^2$) имеют области умеренного и экваториального поясов, на суше им соответствуют биомассы сухих степей умеренного пояса, полупустынь субтропического пояса, альпийских и субальпийских лесов (Добродеев, Суетова, 1976).

В океане распределение живого вещества зависит от вертикального перемешивания вод, вызывающего подъем к поверхности питательных веществ из глубинных слоев, где происходит процесс фотосинтеза. Такие зоны подъема глубинных вод получили название зон апвеллинга, они наиболее продуктивны в океане. Зоны слабого вертикального перемешивания вод характеризуются низкими величинами продукции фитопланктона – первого звена в биологической продуктивности океана, бедностью жизни.

Другая характерная черта распределения жизни в океане – концентрация ее в мелководной зоне. В районах океана, где глубина не превышает 200 м, сосредоточено 59% биомассы донной фауны; на глубины от 200 до 3000 м приходится 31,1% и на районы с глубиной более 3000 м – менее 10%.

Из климатических широтных поясов в Мировом океане наиболее богаты субантарктический и северный умеренный пояс: их биомасса в 10 раз больше, чем в экваториальном поясе. На суше, напротив, наиболее высокие значения живого вещества приходятся на экваториальный и субэкваториальный пояс.

Природные пояса океана

На океане особенно отчетливо различаются пояса в поверхностных и подповерхностных слоях воды до глубины нескольких сот метров. В поверхностных слоях выделяются следующие природные, или физико-географические, пояса: северный полярный (арктический), северный субполярный (субарктический), северный умеренный, северный субтропический, северный тропический, экваториальный, южный тропический, южный субтропический, южный умеренный, южный субполярный (субантарктический), южный полярный (антарктический). Пояса различаются климатом, движениями и свойствами вод, грунтами дна, особенностями береговых процессов, растительным и животным миром, природными ресурсами. Каждому поясу северного полушария соответствует пояс в южном.

Границы между поясами постоянны, однако в океане тот или иной тип погоды, воздушных и даже водных масс (вместе со свойственными последним организмами), характерный для определенного пояса, в результате сезонных или иных явлений несколько меняет свое положение и проникает в соседний пояс. Это не связано со смещением по меридиану границ поясов. Подобным же образом на суше ежегодно происходит еще более значительное смещение по меридиану различных типов погоды, воздушных масс, границ снегового покрова, фенологических явлений и т. д. Например, в умеренном поясе сменяются полярный и тропический воздух, появляется и исчезает снеговой покров и т. д. Это не влечет за собой изменения положения поясов и зон. Кроме того, картировать пояса и зоны с непостоянными границами было бы очень трудно. Как на суше, так и в океане для каждого пояса типично среднее в течение многих лет состояние условий.

В средних частях поясов условия обычно выражены наиболее четко. На границе между поясами происходит довольно резкая качественная смена природных условий и начинается другой пояс. Границы поясов могут быть либо резкими и четкими, либо достаточно широкими и превращаться в переходную полосу.

В некоторых районах нормальное широтное положение поясов нарушается. Границы их отклоняются то к полюсам, то к экватору. Эти явления в океане наблюдаются близ берегов континентов, в низких широтах также у восточных окраин океанов, в районах постоянного или регулярного сезонного подъема вод. В высоких широтах сдвиг обычных условий к полюсам происходит вдоль струй теплых

течений: отмечается значительное отклонение температуры от средней для этой широты и существенное изменение всех природных условий в океане. Но общую планетарную картину широтной зональности океана эти явления не меняют.

Взаимодействие природных поясов

В океане наблюдается тесная взаимосвязь природных поясов. Происходит обмен энергией и веществами: в низких широтах нагревание поверхностного слоя, перенос нагретых вод через умеренные широты в высокие с постепенной отдачей тепла в окружающие воды и в атмосферу; в высоких широтах – охлаждение больших масс воды, их погружение и медленное движение на больших глубинах в сторону экватора и дальше за экватор в другое полушарие. Осолонение и погружение вод наблюдается в субтропических и тропических широтах. Этот процесс особенно интенсивен в некоторых бассейнах аридных районов. Здесь формируются очень плотные воды и распространяются в другие пояса. Углекислый кальций поступает из рек в океан во всех поясах, но осаждение его идет почти исключительно в низких широтах.

С сезонными миграциями живых организмов связаны в основном возвратно-поступательные передвижения огромных масс органического вещества из пояса в пояс. Но, в общем, из низких широт в высокие движутся тощие животные (рыбы, киты), откармливаются в высоких и затем направляются в теплые воды низких широт на нерест, размножение.

Наиболее разнообразны природные условия в океане при движении по меридиану. Но в пределах многих поясов имеются очень существенные различия между их западными и восточными частями даже на одной и той же широте. Особенно велики они близ берегов континентов. Это объясняется субмеридиональными потоками теплых и холодных вод, разнонаправленными движениями воздуха – с континента или на континент. Эти факторы создают вертикальные движения вод – подъем или погружение. Выше уже говорилось о районах устойчивых подъемов вод у восточных окраин океанов в низких широтах. По другую сторону океана обычно преобладает погружение вод.

В умеренных и высоких широтах различия в природных условиях с востока на запад зависят от свойств вод в течениях и от направления преобладающих ветров. Апвеллинг здесь не имеет большого

значения, так как происходит зимняя вертикальная циркуляция и различия в температуре по вертикали не столь велики, как в тропиках. В умеренных и высоких широтах восточные окраины океанов теплее западных, ибо именно у восточных берегов океанов проходят теплые течения: Северо-Атлантическое, Норвежское, Мурманское, Аляскинское. Наоборот, в западных частях океанов на этих же широтах холодные течения (Лабрадорское, Кабота, Курильское, Фолклендское) несут воды умеренных и субполярных широт до субтропиков. В связи с этим термика востока и запада существенно различна. Изотермы резко отклоняются от обычного широтного направления.

Поверхностные теплые течения у западных окраин океанов в низких широтах благоприятствуют развитию тропических циклонов. Над прохладными водами восточных окраин циклоны не развиваются, даже штормы крайне редки. У западных окраин океанов берега и прилегающие районы очень теплые, обильно орошаемые дождями, с мощной растительностью. У восточных окраин дождей мало. В некоторых местах заметный дождь выпадает лишь раз в несколько лет (Перу, Северное Чили, Юго-Западная и Северо-Западная Африка, Нижняя Калифорния). Но здесь часты туманы.

В умеренных и субполярных широтах теплые течения восточных окраин океанов (Северо-Атлантическое, Норвежское, Аляскинское) существенно согревают прилегающие западные берега материков и значительные пространства суши, особенно если рельеф благоприятствует этому, как в Европе. Противоположный берег на значительном протяжении вглубь суши оказывается значительно холоднее, это – Лабрадор, Ньюфаундленд, а также Камчатка, Курильские острова.

Океану свойственна изменчивость условий во времени. Изменяются скорость и мощность течений, их ширина и частично географическое положение. Вдоль течений вместе с переносимыми ими водными массами движутся температурные и соленостные аномалии. Меняются циркуляция атмосферы над океаном, сила ветрового перемешивания, количество осадков, величина речного стока, интенсивность гидрохимических, биологических и геологических процессов. Эти изменения накладываются на общий фон пространственного распределения условий в океане и имеют различную природу и интенсивность. Обычно изменения носят характер колебаний. Колеблется температура воды на поверхности и на глубинах, теплозапас вод и их соленость. Эти колебания имеют разную периодичность и амплитуду.

Полный цикл изменений совершается в промежутке времени от нескольких минут до ряда лет (3, 5, 11 и больше). Особенно большое значение для погоды, климата и рыбного хозяйства имеют годовые и многолетние колебания термики и циркуляции вод.

Годовые колебания температуры очень невелики в низких широтах, где вода близ поверхности всегда теплая, и в приполярных, где она всегда холодная. Наибольшая годовая амплитуда до 15°C и выше (под амплитудой здесь понимается величина изменений от наименьшего значения до наибольшего) наблюдается в умеренной зоне, на 40-60° северной и южной широт. С увеличением глубины сезонные колебания температуры уменьшаются и обычно затухают на 200-500 м. Годовые колебания температуры обусловлены изменением не только радиационных условий на протяжении года, но и адвекции теплых и холодных вод в горизонтальном и вертикальном направлениях. Летом в некоторых районах океана (например, в северо-западных частях Атлантического и Тихого океанов) усиливается поступление теплых вод и расширяется область их господства, зимой, наоборот, преобладают холодные потоки. В результате существенно увеличивается амплитуда годовых колебаний температуры. В некоторых районах в низких широтах (например, у западных берегов Африки) зимнее усиление пассата вызывает сгон теплых поверхностных вод и подъем холодных вод с глубины. Несмотря на низкие широты, годовая амплитуда температуры поверхностных слоев очень велика (у Дакара в Западной Африке около 12°C). Существенные изменения океанографических условий происходят у Западной Индии, Сомали, океанского берега Аравии.

Годовые колебания температуры в общих чертах изучены, их нетрудно прогнозировать. Сложнее обстоит дело с многолетними (межгодовыми) колебаниями океанографических условий. Установлено, например, что в одном и том же районе, в частности в северной части Атлантического океана с прилегающими морями, в один ряд лет преобладали изменения 5-летней периодичности, в другой – 3 – и 12-20 – летней. С течением времени изменяется амплитуда колебаний. В результате межгодовые изменения условий в целом могут иметь очень сложный характер. Синусоиды разной периодичности и амплитуды, находящиеся в разных фазах, накладываются друг на друга. Основу этих колебаний составляют изменения большого периода, в несколько десятилетий и столетий. Известно, что в 20-30-х годах нашего столетия наблюдалось значительное потепление Север-

ной Атлантики, Арктики и северных морей. В послевоенное время в этих районах похолодало. В последующие годы произошел перелом в изменении условий среды – началась восходящая ветвь многолетней синусоиды.

Несмотря на слабую изученность, очевидно, что в низких широтах межгодовые колебания, как и годовые (сезонные), в целом меньше, чем в высоких широтах. На этом фоне резко выделяются некоторые небольшие районы у восточных окраин океанов, в пределах высокопродуктивных акваторий, в областях подъема холодных вод. Здесь в связи с многолетней изменчивостью атмосферной и океанической циркуляции иногда происходят резкие нарушения обычных условий.

Значительные изменения величины отдельных океанографических характеристик, в первую очередь температуры воды, происходят также в течение нескольких часов и даже минут. Они обычно связаны с короткопериодными внутренними волнами. Все эти колебания имеют существенное значение для состояния погоды в тот или иной период, для воспроизводства морских организмов в данный сезон, для выживания личинок и молоди, для миграции рыб и т. д. Но они не нарушают общую картину распределения природных условий в океане, широтную зональность и другие важнейшие черты физической географии океан.

Контрольные вопросы

1. Что является первичным звеном в сложной пищевой цепи океана?
2. Максимальные концентрации живого вещества в открытом океане – 2 кг/м^2 – расположены в каких районах океана?
3. Как происходит обмен энергией и веществами между низкими и высокими широтами?
4. Охарактеризуйте температуру течений и погодные условия в умеренных, субполярных и низких широтах.

Модуль 2. Ландшафтная экология океана.

В пределах каждого пояса формируются разные типы природной среды, или природные комплексы, более или менее соответствующие ландшафтам суши. Эти комплексы существуют в толще воды, у поверхности, близ дна, у берегов. В комплексы ниже слоя скачка входят лишь вода, содержащиеся в ней вещества и населяющие ее организмы; в приповерхностные – поверхностная пленка воды и при-

водный слой воздуха. Придонные комплексы включают поверхность дна, верхний слой донных отложений и бентос; прибрежные охватывают литораль и берег, прибрежную полосу (осушка, пляжи, мангры).

Наибольшие пространства океана занимают природные комплексы открытых вод. Комплексы больших глубин (батипелагиаль, абиссаль) сравнительно мало различаются в зависимости от широты. Больше разнообразие наблюдается в приповерхностных и особенно в прибрежных комплексах. Это связано с многообразием природных процессов и явлений в прибрежной зоне. Здесь взаимодействуют вода, атмосфера и берег, развиваются береговые процессы. Сюда поступает жидкий и твердый сток с берега. Вместе с ним приходят биогенные вещества.

В самых высоких широтах примечателен приповерхностный комплекс, куда входят поверхностные воды, дрейфующие льды, приповерхностный слой воздуха, органический мир воды и льдов. Прибрежные комплексы полярных широт развиты вдоль берегов Антарктиды, Гренландии и других островов. Они включают край ледникового барьера, языки выводных ледников, галечниковые пляжи с лежбищами ластоногих, скалистые берега с гнездовьями морских птиц.

В пределах субполярных поясов очень важен природный поверхностный комплекс кромки льда. Здесь происходят интенсивнейшие физические, химические, биологические процессы: замерзание воды и таяние льда, выведение солей из льда в воду, длительное накопление и чрезвычайно быстрое расходование питательных солей, интенсивное развитие жизни за время короткого лета.

В умеренных и частично в субполярных поясах в океанах выделяются фронтальные зоны, где соприкасаются и перемешиваются воды разного происхождения. Это очень важные природные комплексы. Здесь наблюдается большая динамичность вод, вследствие перемешивания формируются новые водные массы, бурно развиваются биологические процессы, скапливаются огромные массы различных рыб и других животных.

Особый комплекс – придонные воды над шельфом. В его формировании участвует не только гидросфера, но и дно. Микрорельеф и геология очень разнообразны. Различна и освещенность на глубинах. Внешняя часть шельфа обычно находится под влиянием холодных вод, поднимающихся по склону. Состав донной растительности и фауны (бентоса) зависит от широты. Условия для обитания и нереста различных рыб благоприятные. Ихтиофауна очень богатая и сравни-

тельно малоподвижная. Это главные районы тралового лова. Дно шельфа содержит много полезных ископаемых. Во многих районах уже ведется добыча нефти, газа и других ископаемых. В целом шельф и воды над ним – очень важный в хозяйственном отношении природный комплекс.

Прибрежные воды у открытого каменистого берега или песчаного (галечникового) пляжа вдали от устьев рек очень динамичны. Они хорошо освещены и прогреваются солнцем. Волнение, приливные движения вод и прибрежные течения обеспечивают непрерывный водообмен. Песчаный или каменистый грунт поставляет в воду очень мало питательных веществ. Условия неблагоприятны для развития обильной жизни.

В приустьевых районах океана на расстоянии многих миль от берега вода поверхностного слоя до глубины 10-20 м подвержена заметному опреснению. Речной сток резко понижает прозрачность воды, причем не только из-за большого количества взвеси в речной воде, но и из-за вспышки массового развития фитопланктона в смешанных водах. Вдоль дна к устью реки иногда наблюдается встречное движение морской воды. Летом во время максимального стока морские рыбы отходят от устья в океан, в сухое время года подходят к берегу, в зону малых глубин. В прибрежной полосе мутной воды создаются специфические условия жизни: здесь происходит нерест некоторых рыб и откорм молоди.

Если река впадает в залив типа лагуны или в воронкообразный эстуарий, то влияние речного стока в значительной степени локализуется акваторией данного залива, но в его пределах становится более сильным. Воды прибрежных лагун подвержены значительным колебаниям солености от почти полного опреснения в сезон дождей до океанской солености и даже выше в сезон засухи. Большое значение имеет ширина и глубина пролива, соединяющего лагуну с океаном. Во многих лагунах условия различны в разных ее частях в зависимости от удаленности от устья реки и от пролива. Иногда наблюдается резкая стратификация вод по солености. Это затрудняет их перемешивание и аэрацию придонного слоя.

При интенсивном разложении растительных и животных остатков иногда у дна и в илистом грунте создается дефицит кислорода и даже появляется сероводород. В таких условиях могут жить лишь организмы, переносящие резкие колебания уровня воды, солености, температуры и содержания кислорода. Речной сток, илистый грунт,

высокая температура создают благоприятные условия для развития жизни. В лагуне много моллюсков, ракообразных, молоди рыб. Это районы интенсивного промысла рыб, креветок и других животных.

Близки к этому типу «ландшафта» мангры – заболоченные заросли невысоких деревьев и кустарников в приливной полосе низких широт, где берег защищен от волн океана, особенно в устьях рек. При отливе обнажается обширное пространство илистого грунта и сложное переплетение корней вечнозеленых деревьев ризофоры и авиценнии. Растения хорошо приспособились к жизни в морской и солоноватой воде, переносят приливы и отливы. В манграх обитают различные моллюски, ракообразные, некоторые рыбы.

Иная природа в районе коралловых рифов. Риф обычно тянется параллельно берегу, на некотором от него расстоянии. На обращенной к открытому океану стороне рифа – чистая прозрачная вода нормальной солености, хорошо освещенная, всегда теплая (выше 20°C). Здесь отмечается значительное ветровое перемешивание и приток питательных веществ и планктона с открытого моря. На стороне рифа, обращенной к берегу, вода малоподвижная, местами опресненная. Микрорельеф рифа очень сложен, обильны естественные убежища. Высокая биохимическая активность разнообразных организмов составляет много питательных солей в воду. Интенсивен местный круговорот веществ и энергии. В результате в полосе коралловых рифов исключительно много живых организмов.

Внутри лагун коралловых атоллов отсутствуют волнения и сильные течения, что создает уникальную возможность для развития самых тонких структур коралловых колоний, для существования небольших рыб и других организмов.

В пределах многих природных комплексов различаются более мелкие пространственные единицы. Так, на банке Кампече в Мексиканском заливе, севернее полуострова Юкатан, можно выделить ровные участки с песчано-илистым дном и соответствующей фауной, пространства, заросшие водными растениями, каменистые участки со сложным микрорельефом и мертвыми коралловыми колониями.

Основные особенности строения берегов и динамики береговой зоны обусловлены физико-географической обстановкой: климатом, рельефом прилегающей суши, речным стоком, гидрохимией и движением вод океана. В связи с этим есть типы берегов, тесно связанные с определенными природными зонами. Так, лишь в высоких приполярных широтах встречаются берега, образованные ледниками или

вечномерзлым грунтом: в областях древнего оледенения – фиордовые и шхерные, в тропических и экваториальных широтах – коралловые и мангровые.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры природных комплексов в толще воды, у поверхности, близ дна, у берегов.
2. Как называются зоны, где соприкасаются и перемешиваются воды разного происхождения и какими условиями биопродуктивности они отличаются?
3. Какими условиями биопродуктивности отличаются приустьевые районы океана?
4. Охарактеризуйте ландшафты мангровых берегов и коралловых рифов.

Модуль 3. Прикладные и технологические аспекты экологии океана.

Тема 1. Ресурсы океанов и морей, проблемы их рационального использования, охраны и воспроизводства.

Биологические ресурсы

В высоких и частично в умеренных широтах океана в холодных водах преобладают условия, благоприятные для промысловых скоплений рыб; в теплых водах низких широт обстановка в целом мало способствует этому. В планетарном масштабе выделяются: высокопродуктивные пояса – субполярные и частично умеренные; относительно продуктивный – экваториальный; малопродуктивные – субтропические и тропические; неблагоприятные для ведения промысла, с малоизвестной величиной продуктивности – полярные пояса (Максаковский В.П., 2006).

В шельфовых морях скоплений рыб значительно больше, чем в глубоководном открытом океане. Над шельфом много пищи, на самом шельфе находятся удобные места для нереста, естественные убежища.

В пелагических водах, как в высоких, так и в низких широтах рыбы скапливаются в основном в зонах гидрологических фронтов, где встречаются воды разного происхождения и свойств (температура, соленость), приносимые в эти районы разнонаправленными течениями. Особо выделяется зона полярного фронта, идущая извилистой

прерывистой полосой между водами теплого и холодных течений. Это районы Ньюфаундленда, Гренландии, Исландии, Норвежское море в Атлантике, Курильских и Японских островов в Тихом океане с обилием планктона и рыб. Советский исследователь профессор Т.С. Расс разделил всех рыб океана на промыслово-географические комплексы: арктический, насчитывающий около 20 промысловых видов (в том числе многие проходные); северо-бореальный (атлантический и тихоокеанский), включающий 40 – 50 видов и большое количество особей (сельдь, треска, горбуша, кета и др.); южно-бореальный, охватывающий более 50 видов и значительное количество особей (сардина, скумбрия, ставрида, анчоус); в южном полушарии этому комплексу соответствует севернотатальный; тропический, содержащий 100 – 120 видов, но меньшее число рыб каждого вида (тунцы, меч-рыба, рифовые рыбы).

Над шельфом, на 5% площади океана, добывается около 90% рыбы. Сейчас промыслы охватывают приблизительно 20 – 25% площади океана. В шельфовых водах добываются не только донные и придонные рыбы (треска, камбала, морской окунь, спаровые), но и большие количества пелагических рыб; сельдевые, анчоусы, ставрида, скумбрия, мелкие тунцовые и др. Они держатся в верхних слоях вод над шельфом или совершают суточные вертикальные миграции вверх-вниз. В результате такого распределения по природным поясам в уловах преобладают холодолюбивые рыбы (тресковые; сельдевые, лососевые, морские окуни и т.д.). Из-за трудностей плавания во льдах практически не используются рыбы приполярных вод. В пределах низких широт наибольшее количество рыбы добывается в районах постоянных и меньше – сезонных подъемов вод. В открытом океане промысел, в общем невелик.

В географическом плане различаются районы интенсивного и экстенсивного рыболовства. В первых добыча достигает нескольких тонн с 1 км² в год, во вторых – лишь несколько килограммов с 1 км². Районы экстенсивного лова – это, в частности, открытые воды низких широт, где ведется так называемый «тунцовый» промысел, дающий различных тунцов, крупных макрелей, марлинов, парусников, меч-рыбу, а также акул. Сюда же относятся районы китобойного промысла в северной части Тихого океана, в Антарктике и др.; прибрежные районы местного промысла рыбы и нерыбных объектов, т. е. моллюсков, ракообразных, иглокожих, преимущественно у берегов За-

падной и Восточной Африки, Южной и Юго-Восточной Азии, Океании.

С другой стороны, выделяются сравнительно небольшие по площади районы интенсивного лова рыб и некоторых других животных в шельфовых водах высокой биологической продуктивности, частично над верхней частью склона. Это – районы Северо-Западной и Северо-Восточной Атлантики, северной части Тихого океана и прилегающих морей, апвеллинга у берегов Калифорнии, Северо-Западной и Юго-Западной Африки, Перу, банка Кампече и устье Миссисипи и др. Здесь с 1 км² добывают более тонны рыбы в год. Далее следуют районы средней интенсивности промысла пелагических рыб (сельдь, сайра, мелкие тунцы): Норвежское и Гренландское моря, некоторые части Северной Атлантики, воды Японских и Курильских островов, у берегов Калифорнии.

Таким образом, основной лов ведется над шельфом умеренных и субполярных поясов, над шельфом низких широт в зонах подъема вод, во фронтальных зонах пелагиали умеренных широт. Значительно меньше рыбы ловится в пелагиали низких широт.

В водах Антарктики постепенно сокращается промысел китов и начинает развиваться рыболовство, в первую очередь лов различных видов нототений, а также криля. Есть много трудностей для развития рыбной промышленности в этом районе: большая удаленность от развитых стран, суровые климатические условия, ледовые явления (морские льды, айсберги), частые штормы, отсутствие баз снабжения, недостаточная изученность океана и рыб. Для дальнейшего развития рыбной промышленности необходимо освоение: больших глубин над склоном и подводными возвышенностями; пелагиали; рыб Антарктики; беспозвоночных (криль, кальмары); не используемых в настоящее время рыб шельфа; малоценных рыб.

Каждая из этих задач требует решения различных вопросов: технических (лов на больших глубинах), экономических, технологических (переработка малоценных рыб и беспозвоночных), международно-правовых (совместное, несколькими странами, использование ресурсов прибрежных вод), биологических и др.

В последние десятилетия все более очевидной становится необходимость развития марикультуры, т.е. искусственного разведения морских животных и растений и акклиматизации водных организмов. В России, США, Японии, Франции и некоторых других странах были созданы искусственные нерестилища, рыбоводные заводы, фореле-

вые и устричные хозяйства; выращивается рыба в садках. Естественно, что в этом направлении предстоит сделать гораздо больше. На океане переход от «охотничьего» типа хозяйства к «животноводческому» только еще начинается. Весь океан представляет собой гигантское поле охоты, и лишь очень небольшие участки эстуариев, лагун и других заливов у берегов некоторых стран превращены в пастбища «одомашненных» рыб, ракообразных, моллюсков.

География океанских перевозок. По данным С.В. Михайлова и С.Д. Осокина, около 70% всех мировых перевозок осуществляется в Атлантическом океане, 20% – в Тихом и 10% – в Индийском. Половина всех перевозок приходится на океанский путь между Европой и Северной Америкой. В районах некоторых важнейших портов сложились специфические транспортные экономико-географические комплексы. Ядром каждого комплекса служит порт, лежащий на границе суши и моря, с его причальными сооружениями, волноломами, акваторией, якорными стоянками и т.д.

Химические ресурсы.

Мировой океан – огромный природный резервуар, заполненный водой, которая представляет собой сложный раствор различных химических элементов и соединений. Некоторые из них извлекаются из воды и используются в производственной деятельности человека и, будучи компонентами солевого состава океанских и морских вод, могут рассматриваться как химические ресурсы. Из 160 известных химических элементов 70 найдено в океанских и морских водах. Концентрация лишь нескольких из них превышает 1 г/л.

К ним относятся: хлористый магний, хлористый натрий, сернокислый кальций. Только 16 элементов находятся в океане в количестве более 1 мг/л, содержание остальных измеряется сотыми и тысячными долями миллиграмма в литре воды. Из-за ничтожно малых концентраций их называют микроэлементами химического состава вод Мирового океана. При очень малых концентрациях веществ и элементов в 1 л океанской воды их содержание достигает весьма внушительных размеров в сравнительно больших объемах вод. В каждом кубическом километре морской воды растворено 35 млн. тонн твердых веществ. В их числе поваренная соль, магний, сера, бром, алюминий, медь, уран, серебро, золото и т.п.

Учитывая громадный объем вод Мирового океана, суммарное количество растворенных в нем элементов и их соединений исчисляется колоссальными величинами. Их общий вес равен 50'1015. Боль-

шую часть (99,6%) солевой массы океана образуют соединения натрия, магния и кальция. На долю всех остальных составляющих раствора приходится лишь 0,4%.

В настоящее время используются только те химические ресурсы Мирового океана, добыча которых из океанских вод экономически выгоднее получения их из аналогов на суше. Принцип рентабельности лежит в основе морского химического производства, к главным видам которого относится получение из морской воды поваренной соли, магния, кальция и брома.

Первое по значению место среди извлекаемых из морской воды веществ принадлежит обычной поваренной соли NaCl , которая составляет 86% всех растворимых в морской воде солей. Во многих районах мира соль добывают путем выпаривания воды при нагреве солнцем, иногда очищая, а иногда и нет для последующего использования.

Добыча поваренной соли из морской воды достигает 6-7 млн. тонн год, что равно 1/3 ее мирового производства. Промышленная добыча поваренной соли из вод Атлантического океана и его морей ведется в Англии, Италии, Испании, Франции, Аргентине и других государствах. Соль из вод Тихого океана получают США в заливе Сан-Франциско (примерно 1,2 млн. тонн в год). В Центральной и Южной Америке морская вода служит основным источником получения поваренной соли в Чили и Перу. В Азии почти во всех приморских странах добывается морская пищевая соль. К примеру, в Японии 50% потребности в поваренной соли обеспечивают морские соляные промыслы.

Поваренная соль используется главным образом в пищевой промышленности, куда идет соль высокого качества, содержащая не менее 36% NaCl . При его более низких концентрациях соль направляется на промышленные нужды для получения соды, едкого натрия, соляной кислоты и других продуктов. Низкосортная соль применяется в холодильных установках, а также идет на различные бытовые нужды.

В водах Мирового океана растворено большое количество магния. Хотя его концентрация в морской воде относительно невелика (0,13%), однако она намного превышает содержание других металлов, кроме натрия. «Морской» магний встречается преимущественно в виде хлористых и в меньшей степени сернокислых легкорастворимых соединений.

Первая тонна морского магния была получена в 1916 г. в Англии. С тех пор его производство неуклонно развивалось. В настоящее время Мировой океан дает свыше 40% мирового производства магния. Кроме Великобритании в этом металле, извлекая его из морской воды, аналогичное производство развито в США (на побережье Тихого океана в штате Калифорния (оно дает 80% потребления), во Франции, Италии, Канаде, Мексике, Норвегии, Тунисе, Японии, Германии и некоторых других странах. Имеются сведения об извлечении магния из рассолов Мертвого моря, которое производилось еще в 1924 году в Палестине. Позднее было начато производство магния из морской воды в Израиле (химические ресурсы Индийского океана пока еще освоены довольно слабо). Сегодня магний применяется для изготовления различных легких сплавов и огнеупорных материалов, цемента, а также во многих других отраслях хозяйства.

Калийные соли используются как удобрения в сельском хозяйстве и как ценное химическое сырье в промышленности. Сегодня добыча калия ведется в водах Атлантического океана и его морей на побережье Великобритании, Франции, Италии, Испании. Калийную соль из вод Тихого океана извлекают в Японии, которая получает из этого источника не более 10 тыс. тонн калия в год. Китай производит добычу калия из морской воды.

Хотя концентрация брома в морской воде незначительна (0,065%), он был первым веществом, которое начали добывать из морской воды, поскольку из минералов суши, где он содержится в ничтожно малых количествах, его извлечь практически невозможно. Поэтому мировое производство брома (примерно 100 тонн в год) в основном базируется на его добыче из морской воды. Производство «морского» брома ведется в США, в штате Калифорния (на побережье Тихого океана). Вместе с магнием, калием и поваренной солью бром добывается в водах Атлантики и морях Атлантического океана (Англия, Италия, Испания, Франция, Аргентина и др.). В настоящее время бром получают в Индии из морской воды. Спрос на бром в значительной мере связан с использованием в качестве присадки для бензина тетраэтилсвинца, производство которого сокращается, поскольку это соединение представляет собой опасный загрязнитель окружающей среды.

Помимо этих основных веществ, которые океан дает человеку, большой интерес для производства представляют и микроэлементы, растворенные в его водах. К ним, в частности, относятся извлекаемые

из морской воды пока в небольших количествах литий, бор, сера, а также перспективные по технологическим и экологическим причинам золото и уран.

Краткое рассмотрение современного использования химических богатств океанов и морей показывает, что уже в настоящее время извлекаемые из соленых вод соединения и металлы вносят существенный вклад в мировое производство. Морская химия наших дней дает 6-7% доходов, получаемых от освоения ресурсов Мирового океана.

Пресная вода. Если химические элементы, растворенные в водах мирового океана, представляют собой большую ценность для человечества, то не менее ценен и сам растворитель – собственно вода, которую академик А. Е. Ферсман образно называл «самым важным минералом нашей Земли, не имеющим заменителей». Обеспечение пресной водой сельского хозяйства, промышленности, бытовых нужд населения не менее важная задача, чем снабжение производства топливом, сырьем, энергией.

Известно, что без пресной воды человек жить не может, быстро растут его потребности в пресной воде и все более остро ощущается ее дефицит. Стремительный рост населения, увеличение площади орошаемого земледелия, промышленного потребления пресной воды превратили проблему дефицита воды из местной в глобальную. Важная причина дефицита пресной воды заключена и в неравномерности водообеспечения суши. Неравномерно распределены атмосферные осадки, неравномерно размещены ресурсы речного стока. Например, в нашей стране 80% водных ресурсов сосредоточено в Сибири и на Дальнем Востоке в малонаселенных местах. Такие крупные агломерации, как Рурская или мегалополис Бостон, Нью-Йорк, Финляндия, Вашингтон, с десятком миллионов жителей, требуют огромных водных ресурсов, которыми не обладают местные источники.

Один из наиболее эффективных и перспективных путей обеспечения пресной водой является опреснение соленых вод Мирового океана, тем более, что большие площади засушливых и малообводненных территорий примыкают к его берегам или находятся поблизости от них. Таким образом, океанские и морские воды служат сырьевыми ресурсами для промышленного использования. Их огромные запасы практически неисчерпаемы, но они на современном уровне развития техники не везде могут рентабельно эксплуатироваться из-за содержания в них растворенных веществ.

В настоящее время известно примерно 30 способов опреснения морской воды. В частности, пресная вода получается при испарении или дистилляции, вымораживании, использовании ионных процессов, экстракции и т. п. Все способы превращения соленой воды в пресную требуют больших затрат энергии. Однако там, где для жизнеобеспечения людей не хватает пресной воды и есть условия для строительства опреснителей, стоимостной фактор отступает на второй план. В некоторых районах опреснение, несмотря на его высокую стоимость экологически выгоднее, чем привоз воды издалека.

Опреснение соленых вод развивается достаточно интенсивно. В результате чего каждые два-три года суммарная производительность установок удваивается.

Промышленное опреснение океанских и морских вод в приатлантических странах ведется на Канарских островах, в Тунисе, Англии, на острове Аруба в Карибском море, Венесуэле, на Кубе, в США и др. На Украине опреснительные установки применяются в северо-западной части Причерноморья и в Приазовье. Опреснительные установки функционируют также и в некоторых районах тихоокеанского побережья – в Калифорнии, например, такая установка производит в сутки 18, 9 тыс. м³ воды для технических целей. Сравнительно небольшие опреснители установлены в латиноамериканских странах. Высокопроизводительные опреснительные установки с выходом 1-3 млн. м³ воды в сутки проектируются в Японии.

В больших масштабах ведется опреснение соленых вод в Индийском океане. Оно практикуется главным образом в индоокеанских странах Ближнего Востока, где пресная вода очень дефицитна и в связи с этим цены на нее высоки. Сравнительно недавно в Кувейте, например, тонна нефти стоила значительно дешевле тонны воды, привезенной из Ирака. Однако экономические показатели здесь играют второстепенную роль, так как пресная вода необходима для жизнеобеспечения людей. Важным стимулом к увеличению количества и мощности опреснительных установок стало повышение добычи нефти и обусловленные этим развитие промышленности и рост населения в пустынных и засушливых районах стран, богатых «черным золотом». К наиболее крупным в мире производителям опресненной воды относится Кувейт, где опреснительные установки обеспечивают пресной водой все государство. Мощными опреснителями располагает Саудовская Аравия.

Большие объемы пресной воды получают в Ираке, Иране, Катаре. Опреснение морской воды налажено в Израиле. В Индии действуют опреснительные установки небольшой мощности (в штате Гуджарат работает солнечный опреснитель мощностью 5 тыс. л воды в сутки, который снабжает пресной водой местное население). Колоссальные ресурсы чистой и пресной воды (около 2 тыс. км³) заключены в айсбергах, 93% которых дает материковое оледенение Антарктиды. Важный запас ледяных гор, ежегодно откалывающихся от ледников, плавающих в океане, примерно равен количеству воды, содержащемуся в руслах всех рек мира и в 4 - 5 раз превышающему то, что могут дать все опреснители мира. Стоимость пресной воды, содержащейся в айсбергах, образующихся только за 1 год, оценивается в триллионы долларов.

Однако при использовании водных ресурсов айсбергов большие сложности возникают на стадиях разработки и осуществления способов доставки их к засушливым районам побережья. Определенная масса айсбергов должна перевозиться определенной скоростью, определенным количеством буксиров. Кроме того, на время транспортировки айсберг должен быть защищен от жары пластиковым материалом, что позволяет потерять за время пути не более 1/5 его объема. Интерес к антарктическому источнику водоснабжения проявляют США, Канада, Франция, Саудовская Аравия, Египет, Австралия и другие страны.

Топливо-энергетические ресурсы Мирового океана

Первый вид утилизации энергии океана – сооружение приливных электростанций (ПЭС). Самая мощная работает во Франции, в заливе между полуостровами Бретань и Котантен, в устье реки Ране. В нашей стране построена станция в Кислой губе на Мурмане (в девятые годы станция была законсервирована).

Термика океана для получения электроэнергии используется у города Абиджан (Берег Слоновой Кости). Электростанция работает на значительной разности температур (около 20° С) между постоянно теплой (28-30° С) поверхностной водой субэкваториальных широт и холодной (около 9-10° С) промежуточной водой субантарктического происхождения на глубине почти 1 км. Теплая вода под очень низким давлением кипит без подогрева при температуре примерно 30° С. Образующийся пар вращает турбину и ротор генератора тока. Строительство таких станций возможно лишь в районах постоянно высоких

температур поверхностной воды, т.е. в низких широтах, и при условии близости холодных глубинных вод.

Полезные ископаемые.

Большинство стран удовлетворяют свои нужды за счет импорта нефти. Даже США, одно из крупнейших государств – производителей нефти (примерно треть ее мировой добычи), более чем на 40% покрывает свой дефицит ввозимой нефтью. Япония добывает нефть в ничтожно малых количествах, а закупает почти 17% ее, поступающей на мировой рынок. Западноевропейские государства импортируют до 96% расходуемой нефти и их потребности в ней продолжают расти.

Всего в мире известно около 400 нефтегазоносных бассейнов. Из них примерно половина продолжается с континентов на шельф, далее на материковый склон и реже на абиссальные глубины. Нефтегазовых месторождений в Мировом океане известно более 900. Из них морскими нефтеразработками охвачено около 351 месторождений. В настоящее время сложилось несколько крупнейших центров подводных нефтеразработок, которые определяют ныне уровень добычи в Мировом океане. Главный из них – Персидский залив. Совместно с прилегающей сушей Аравийского полуострова залив содержит более половины общемировых запасов нефти, здесь выявлено 42 месторождения нефти и только одного – газа. Предполагаются новые открытия в более глубоких отложениях осадочной толщи.

Крупным морским месторождением является Саффания-Хафджи (Саудовская Аравия), введенное в эксплуатацию в 1957 г. Начальные извлекаемые запасы месторождения оцениваются в 3,8 млрд. тонн, добывается 56 млн. тонн нефти в год. Еще более мощное месторождение – Лулу-Эсфандияр, с запасами около 4,8 млрд. тонн. Следует отметить также такие крупные месторождения, как Манифо, Ферейдун-Марджан, Абу-Сафа и др.

Второй по объему добычи район – Венесуэльский залив и лагуна Маракайбо. Одним из старых и освоенных районов морской добычи нефти и газа является акватория Мексиканского залива. У американского побережья залива открыто около 700 промышленных скоплений, что составляет около 50% всех месторождений, известных в Мировом океане. Здесь сосредоточено 32% мирового парка плавучих морских установок, треть всех скважин, пробуренных на морских месторождениях.

Развитие морской нефтегазовой промышленности в Мексиканском заливе сопровождалось созданием комплекса смежных произ-

водств – специального машиностроения, верфей для строительства плавучих и стационарных буровых платформ, верфи для создания вспомогательного флота, базы обеспечения и вертолетных площадок, танкерных причалов и терминальных устройств, нефтеперерабатывающих и газоочистных заводов, береговых приемных мощностей и распределителей у устьев морских трубопроводов. Особо следует упомянуть создание разветвленной сети подводных нефте- и газопроводов. Центрами морской нефтегазовой промышленности на берегу стали Хьюстон, Нью-Орлеан, Хоума и другие города.

Богат нефтью Гвинейский залив, запасы которого оцениваются в 1,4 млрд. тонн, а ежегодная добыча составляет 50 млн. тонн. Сенсационным явилось открытие крупной Североморской нефтегазовой провинции площадью 660 тыс. км². К 1986 г. было выявлено более 260 месторождений.

Запасы газа у Норвегии, контролирующей 27% площади шельфа Северного моря, оказались выше, чем у Великобритании, контролирующей 46% площади шельфа, однако в секторе Великобритании сосредоточены основные месторождения нефти. Северное море вышло на первое место по добыче углеводородного сырья в Атлантическом океане. Здесь эксплуатируется 40 месторождений нефти и газа. В том числе 22 у побережья Великобритании, 9 – Норвегии, 8 – Нидерландов, 1 – Дании.

Из других государств, эксплуатирующих ресурсы углеводородов Северного моря, надо отметить Нидерланды, добывающие и экспортирующие газ в страны Европы, и Данию, которая добывает 2,0-2,9 млн. тонн нефти. Эти страны контролируют небольшое количество сравнительно мелких нефтяных и нефтегазовых месторождений.

Наиболее развита добыча в Нигерии (19,3 млн. тонн в 1984 г.), за ней идут Ангола (8,8 млн. тонн), Габон (6,5 млн. тонн), Конго (5,9 млн. тонн). Основная часть добываемой нефти направляется на экспорт, используется как важный источник валютных поступлений и правительственных доходов. В нефтедобыче господствует иностранный капитал.

Быстро развивается морская нефтегазовая промышленность стран Латинской Америки – Аргентины, Бразилии и других, стремящихся хотя бы частично освободиться от импорта нефти и укрепить национальное хозяйство.

Перспективно освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа КНР. В последние годы там проводятся большие поисковые работы, создается необходимая инфраструктура.

Некоторые специалисты не без основания предполагают, что к концу XX в. морские месторождения у берегов Индонезии и Индокитай смогут давать нефти больше, чем теперь добывается во всем западном полушарии.

Коренные каменноугольные бассейны, расположенные в береговой зоне, во многих районах продолжают в недрах шельфа. Угольные пласты здесь нередко отличаются большей мощностью, чем на суше. В отдельных районах, например на североморском шельфе, обнаружены угольные месторождения. В прибрежной зоне Мирового океана известно более 100 подводных месторождений и действуют около 70 шахт. Из недр моря извлекается примерно 2% мировой добычи каменного угля. Наиболее значительные морские угольные разработки ведут Япония, которая получает 30% угля из подводных шахт, и Великобритания, добывающая во внебереговой зоне 10% угля. Значительное количество каменного угля дают подводные бассейны у побережья Китая, Канады, США, Австралии, Ирландии, Турции и в меньшей степени – Греции и Франции.

Твердые полезные ископаемые со дна океана.

Твердые полезные ископаемые, извлекаемые из моря, пока что играют значительно меньшую роль в морском хозяйстве, чем нефть и газ. Однако и здесь наблюдается тенденция к быстрому развитию добычи, стимулируемая истощением аналогичных запасов на суше и их неравномерным размещением. Кроме того, стремительное развитие техники обусловило создание усовершенствованных технических средств, способных вести разработки в прибрежных зонах.

Залежи твердых полезных ископаемых в море и океане можно подразделить на коренные, встречающиеся на месте своего первоначального залегания, и рассыпные, концентрации которых образуются в результате выноса обломочного материала реками вблизи береговой линии на суше и мелководье.

Коренные, в свою очередь, можно подразделить на погребенные, которые извлекаются из недр дна, и поверхностные, расположенные на дне в виде конкреций, илов и т. п.

Наибольшее значение после нефти газа в настоящее время имеют россыпные. К наиболее существенным из них относятся ильме-

нит, рутил, циркон, монацит, магнетит, касситерит, тантало-ниобиты, золото, платина, алмазы и некоторые другие. Крупнейшие прибрежно-морские россыпи известны в основном в тропической и субтропической зонах Мирового океана. При этом россыпи касситерита, золота, платины и алмазов встречаются значительно редко, они представляют собой древнеаллювиальные месторождения, погруженные под уровень моря, и находятся поблизости от районов своего образования. Такие минералы прибрежно-морских россыпных месторождений, как ильменит, рутил, циркон и монацит – наиболее широко распространенные, «классические» минералы морских россыпей. Эти минералы обладают большим удельным весом, устойчивы к выветриванию и образуют промышленные концентрации во многих районах побережий Мирового океана.

Ведущее место в добыче россыпных металлоносных минералов занимает Австралия, ее восточное побережье, где россыпи тянутся на полторы тысячи километров. Только в песках этой полосы содержится около 1 млн. тонн циркона и 30 тыс. тонн монацита.

Главный поставщик на мировой рынок монацита – Бразилия. Ведущим производителем концентратов ильменита, рутила и циркона являются также США (россыпи этих металлов почти повсеместно распространены на шельфе Северной Америки – от Калифорнии до Аляски на западе и от Флориды до Род-Айленда на востоке). Богатые ильменит-цирконовые россыпи найдены у берегов Новой Зеландии, в прибрежных россыпях Индии (штат Керала), Шри-Ланки (район Пулмоддай). Менее значительные прибрежно-морские месторождения монацита, ильменита и циркона обнаружены на Тихоокеанском побережье Азии, на острове Тайвань, на Ляодунском полуострове, в Атлантическом океане у берегов Аргентины, Уругвая, Дании, Испании, Португалии, Фолкендских островов, ЮАР и в некоторых других районах.

Большое внимание в мире уделяется добыче касситеритового концентрата – источник олова. Наиболее богатые в мире прибрежно-морские и подводные аллювиальные россыпные месторождения оловоносной руды – касситерита сосредоточены в странах Юго-Восточной Азии: Бирме, Таиланде, Малайзии и Индонезии. Значительный интерес представляют россыпи касситерита у побережья Австралии, у полуострова Корнуолл (Великобритания), в Бретани (Франция), на северо-восточном берегу острова Тасмания. Морские месторождения приобретают все большее значение из-за истощения

запасов на суше и потому, что морские месторождения оказались богаче наземных по содержанию металла.

Более или менее значительные и богатые прибрежно-морские россыпи магнетитовых (содержащих железо) и титаномагнетитовых песков встречаются на всех континентах. Однако промышленными запасами располагают далеко не все из них.

Крупнейшие по запасам скопления железистых песков расположены в Канаде. Весьма значительными запасами этих минералов располагает Япония. Они сосредоточены в Тайском заливе, возле островов Хонсю, Кюсю и Хоккайдо. Железистые пески также добываются в Новой Зеландии. Разработка прибрежно-морских россыпей магнетита осуществляется в Индонезии и Филиппинах. На Украине россыпные титаномагнетитовые месторождения эксплуатируются на пляжах Черного моря; в Тихом океане – в районе острова Инсурт. Перспективные залежи оловоносного песка обнаружены в Ваньковой губе моря Лаптевых. Береговые магнетитовые и титаномагнетитовые россыпи разведены на побережьях Португалии, Норвегии (Лофотенские острова), Дании, Германии, Болгарии, Югославии и других странах.

К спорадическим минералам прибрежно-морских россыпей принадлежат прежде всего золото, платина и алмазы. Все они обычно не образуют самостоятельных месторождений и встречаются главным образом в виде примесей. В большинстве случаев морские россыпи золота приурочены к устьевым районам «золотоносных» рек.

Россыпное золото в прибрежно-морских отложениях обнаружено на западных берегах США и Канады, в Панаме, Турции, Египте, странах Юго-Западной Африки (город Ном). Значительными концентрациями золота характеризуются подводные пески пролива Стефанса, к югу от полуострова Гранд. Установлено промышленное содержание золота в пробах, поднятых со дна северной части Берингова моря. Разведка прибрежных и подводных золотоносных песков активно ведется в разных районах океана.

Крупнейшие подводные залежи платины находятся в заливе Гудньюс (Аляска). Они приурочены к древним руслам рек Кускоквим и Салмон, затопленных морем. Это месторождение обеспечивает 90% потребностей США в этом металле.

Основные месторождения прибрежно-морских алмазоносных песков сосредоточены на юго-западном побережье Африки, где они приурочены к отложениям террас, пляжей и шельфа до глубин 120 м.

Значительные морские террасовые россыпи алмазов расположены в Намибии, к северу от реки Оранжевой, в Анголе (в районе Луанды), на побережье Сьерра-Леоне. Перспективны африканские прибрежно-морские россыпи.

Янтарь, предмет украшения и ценное сырье для химической и фармацевтической промышленности, встречается на берегах Балтийского, Северного и Баренцева морей. В промышленных масштабах янтарь добывается в России.

Среди нерудного сырья в шельфовой зоне представляют интерес глауконит, фосфорит, пирит, доломит, барит, строительные материалы – гравий, песок, глина, ракушечник. Ресурсов нерудного сырья, исходя из уровня современных и предвидимых потребностей, хватит на тысячи лет.

Интенсивной добычей строительных материалов в море занимаются многие прибрежные страны: США, Великобритания (пролив Ла-Манш), Исландия, Украина. В этих странах добывается ракушечник, его используют в качестве основного компонента при производстве строительной извести, цемента, кормовой муки.

Рациональное использование морских строительных материалов предполагает создание промышленных комплексов по обогащению песков путем их очистки от ракуши и других примесей и утилизации ракуши в разных отраслях хозяйства. Добыча ракушечника ведется со дна Черного, Азовского, Баренцева и Белого морей.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что к настоящему времени сформировалась береговая горнодобывающая промышленность. Ее развитие в последние годы было связано, во-первых, с разработкой новых технологий, во-вторых, получаемый продукт отличается высокой чистотой, так как посторонние примеси уходят в процессе формирования россыпи, в-третьих, разработка прибрежно-морских россыпей не влечет за собой изъятия из землепользования продуктивных угодий.

В последние годы обозначились благоприятные перспективы добычи коренных залежей морских недр шахтно-рудничным способом. Известно более сотни подводных шахт и рудников, заложенных с берега материков, естественных и искусственных островов для добычи угля, железной руды, медно-никелевых руд, олова, ртути, известняка и других полезных ископаемых погребенного типа.

В прибрежной зоне шельфа расположены подводные месторождения железной руды. Ее добывают с помощью наклонных шахт,

уходящих с берега в недра шельфа. Наиболее значительная разработка морских залежей железной руды ведется в Канаде, на восточном побережье Ньюфаундленда (месторождение Вабана). Кроме того, Канада добывает железную руду в Гудзонском заливе, Япония – на острове Кюсю, Финляндия – у входа в Финский залив. Железные руды из подводных рудников получают также во Франции, Финляндии, Швеции.

В небольших количествах из подводных шахт добываются медь и никель (Канада – в Гудзонском заливе). На полуострове Корнуолл (Англия) ведется добыча олова. В Турции, на побережье Эгейского моря, разрабатываются ртутные руды. Швеция добывает железо, медь, цинк, свинец, золото и серебро в недрах Ботнического залива.

Крупные соляные осадочные бассейны в виде соляных куполов или пластовых залежей часто встречаются на шельфе, склоне, подножии материков и в глубоководных впадинах (Мексиканский и Персидский заливы, Красное море, северная часть Каспия, шельфы и склоны Африки, Ближнего Востока, Европы).

Полезные ископаемые этих бассейнов представлены натриевыми, калийными и магнезитовыми солями, гипсом. Подсчет этих запасов затруднителен: объем только калийных солей оценивается в пределах от сотен миллионов тонн до 2 млрд. тонн. Основная потребность в этих ископаемых удовлетворяется за счет месторождений на суше и добычи из морской воды. В Мексиканском заливе у берегов Луизианы эксплуатируются два соляных купола.

Из подводных месторождений добывается более 2 млн. тонн серы. Эксплуатируется крупнейшее скопление серы Гранд-Айл, расположенное в 10 милях от берегов Луизианы. Для добычи серы здесь сооружен специальный остров (добыча производится фраш-методом). Соляно-купольные структуры с возможным промышленным содержанием серы обнаружены в Персидском заливе, Красном и Каспийском морях.

Следует упомянуть и о других минеральных ресурсах, залегающих главным образом в глубоководных районах Мирового океана. Горячие рассолы и илы с богатым содержанием металлов (железа, марганца, цинка, свинца, меди, серебра, золота) обнаружены в глубоководной части Красного моря. Концентрации этих металлов в горячих рассолах превышают их содержание в морской воде в 1 - 50000 раз.

Более 100 млн. км² океанического дна покрыто глубоководными красными глинами слоем мощностью до 200 м. Эти глины (гидро-окислы алюмосиликатов и железа) представляют интерес для алюминиевой промышленности (содержание окиси алюминия – 15-20%, окиси железа – 13%), они также содержат марганец, медь, никель, ванадий, кобальт, свинец и редкие земли. Годовой прирост глин составляет около 500 млн. тонн. Широко распространены в основном в глубоководных районах Мирового океана глауконитовые пески (алюмосиликаты калия и железа). Эти пески считают потенциально возможным сырьем для производства калийных удобрений. Особый интерес в мире проявляется к конкрециям. Огромные участки морского дна устланы железомарганцевыми, фосфоритовыми и баритовыми конкрециями. Они имеют чисто морское происхождение, образовались в результате осаждения растворимых в воде веществ вокруг песчинки или мелкого камешка, зуба акулы, кости рыбы или млекопитающего животного.

Фосфоритовые конкреции содержат важный и полезный минерал – фосфорит, широко применяемый в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Кроме фосфоритовых конкреций фосфориты и фосфорсодержащие породы встречаются в фосфатных песках, в пластовых залежах дна океана, как в мелководных, так и глубоководных участках.

Мировые потенциальные запасы фосфатного сырья в море оцениваются в сотни миллиардов тонн. Потребность в фосфоритах непрерывно повышается и в основном удовлетворяется за счет месторождений суши, но многие страны не имеют месторождений на суше и проявляют большой интерес к морским (Япония, Австралия, Перу, Чили и др.). Промышленные запасы фосфоритов найдены близ калифорнийского и мексиканского побережья, вдоль береговых зон Южной Африки, Аргентины, восточного побережья США, в шельфовых частях периферии Тихого океана (вдоль Японской основной дуги), у берегов Новой Зеландии, в Балтийском море. Фосфориты добываются в районе Калифорнии с глубин 80-330 м, где концентрация составляет в среднем 75 кг/м³.

Велики запасы фосфоритов в центральных частях океанов, в Тихом океане, в пределах вулканических поднятий в районе Маршалловых островов, системы поднятий Срединно-Тихоокеанских подводных гор, на подводных горах Индийского океана. В настоящее время морская добыча фосфоритовых конкреций может быть оправданной

лишь в районах, где остро ощущается недостаток фосфатного сырья и куда затруднен его ввоз.

Другой вид ценных полезных ископаемых – баритовые конкреции. Они содержат 75-77% сульфата бария, используемого в химической, пищевой промышленности, в качестве утяжелителя растворов при нефтебурении. Эти конкреции обнаружены на шельфе Шри-Ланки, на банке Син-Гури в Японском море и в других районах океана. На Аляске в проливе Дункан, на глубине 30 м разрабатывается единственное в мире жильное месторождение барита.

Особый интерес в международных экономических отношениях представляет добыча полиметаллических, или, как их чаще называют, **железомарганцевых конкреций (ЖМК)**. В их состав входит множество металлов: марганец, медь, кобальт, никель, железо, магний, алюминий, молибден, ванадий, всего – до 30 элементов, но преобладают железо и марганец.

В 1958 г. было доказано, что добыча ЖМК из глубин океана технически осуществима и может быть рентабельной. ЖМК встречаются в большом диапазоне глубин – от 100 до 7000 м, их находят в пределах шельфовых морей – Балтийском, Карском, Баренцевом и др. Однако наиболее ценные и перспективные месторождения расположены на дне Тихого океана, где выделяются две крупные зоны: северная, простирающаяся от Восточно-Марианской котловины через весь Тихий океан до склонов поднятия Альбатрос, и южная, тяготеющая к Южной котловине и ограниченная на востоке поднятиями островов Кука, Тубуан и Восточно-Тихоокеанским. Значительные запасы ЖМК имеются в Индийском океане, в Атлантическом океане (Северо-Американская котловина, плато Блейк). Высокая концентрация таких полезных минералов, как марганец, никель, кобальт, медь, установлена в железомарганцевых конкрециях близ Гавайских островов, островов Лайн, Туамоту, Кука и других. Надо сказать, что в полиметаллических конкрециях имеется больше, чем на суше, кобальта в 5 тыс. раз, марганца – в 4 тыс. раз, никеля – в 1,5 тыс. раз, алюминия – в 200 раз, меди – в 150, молибдена – в 60, свинца – 50 и железа – в 4 раза. Поэтому добыча ЖМК из морских недр очень выгодна.

Сейчас ведется опытная разработка ЖМК: создаются новые глубоководные аппараты с видеосистемами, буровыми приспособлениями, с дистанционным управлением, которые расширяют возможности изучения полиметаллических конкреций. Многие специалисты предрекают добыче железомарганцевых конкреций блестящее будущее,

утверждают, что массовая их добыча будет в 5-10 раз дешевле «сухопутной» и тем самым станет началом конца всей горнорудной промышленности на суше. Однако на пути к освоению конкреций стоят еще многие технические, эксплуатационные, экологические и политические проблемы.

Энергетические ресурсы.

Если нефть, газ и каменный уголь, извлекаемые полезные ископаемые из недр Мирового океана, представляют собой в основном энергетическое сырье. То многие природные процессы в океане служат непосредственными носителями тепловой и механической энергии. Начато освоение энергии приливов, сделана попытка применения термальной энергии, разработаны проекты использования энергии волн, прибоя и течений.

Использование энергии приливов.

К настоящему времени предложено около 300 различных технических проектов строительства приливной электростанции – ПЭС. Наиболее рациональным экономически эффективным решением специалисты считают применение в ПЭС поворотно-лопастной (обратимой) турбины. Идея, которой впервые была предложена советскими учеными.

Первая в мире промышленная ПЭС мощностью 240 тыс. кВт построена и введена в действие в 1967 г. во Франции. Она расположена на берегу Ла-Манша, в Бретани, в устье реки Ранс, где величина прилива достигает 13,5 м. По определению специалистов, в 23 странах мира имеются подходящие районы для их строительства. При всех достоинствах ПЭС (для них не требуется создания водохранилищ и затопления полезных территорий суши, их работа не загрязняет окружающую среду и т.п.) их доля практически неощутима в современном энергетическом балансе. Однако прогресс в освоении приливной энергии уже отчетливо выражен и перспективе станет более значительным.

Использование энергии волн.

Ветер вызывает волновое движение поверхности океанов и морей. Волны и береговой прибой обладают очень большим запасом энергии. Каждый метр гребня волны высотой 3 м несет в себе 100 кВт энергии, а каждый километр – 1 млн. кВт. По оценкам исследователей США, общая мощность волн Мирового океана равна 90 млрд. кВт.

Такое использование энергии волн широко практикуется в Японии, где более 300 буев, маяков и другое оборудование получают питание от таких установок. Волновой электрогенератор успешно эксплуатируется на плавучем маяке Мадрасского порта в Индии. Работы по созданию и усовершенствованию подобных энергетических приборов проводятся в различных странах.

Использование термической энергии.

Воды многих районов Мирового океана поглощают большое количество солнечного тепла, большая часть которого аккумулируется в верхних слоях и лишь в небольшой мере распространяется в нижние. Поэтому создаются большие различия температуры поверхностных и глуболежащих вод. Они особенно хорошо выражены в тропических широтах. В столь значительной разнице температуры колоссальных объемов воды заложены большие энергетические возможности. Их используют в гидротермальных (моретермальных) станциях, по-другому – ПТЭО – системы преобразования тепловой энергии океана. Первая такая станция была создана в 1927 г. на реке Маас во Франции. Моретермальная станция мощностью 14 тыс. кВт была построена на Атлантическом побережье Африки, близ Абиджана. Действующие ПТЭО находятся в Японии, Майами (США) и на острове Куба.

Экономическое освоение океана понимается более широко. Оно включает в себя не только использование его ресурсов, но и заботу об их охране и восстановлении. Не только океан должен отдавать людям свои богатства. Но и люди должны рационально и по-хозяйски их использовать. Все это осуществимо, если в темпах развития морского производства учитывать сохранение и воспроизводство биологических ресурсов океанов и морей и рациональное использование их минеральных богатств. При таком подходе Мировой океан поможет человечеству в решении продовольственной, водной и энергетической проблем.

Рекреационная география

Миллионы людей ежегодно, особенно летом, устремляются на берег моря. Направление миграций показывает, что наиболее привлекательно побережье теплого моря. Наилучшим образом этому отвечают моря низких широт с преобладанием ясной погоды, с достаточно высокой температурой воды на поверхности, по крайней мере ле-

том не ниже 20°C, с обилием пляжей и пологим бенчем. Основные морские курорты в настоящее время можно разделить на три типа в зависимости от положения в том или ином природном поясе: курорты умеренного, субтропического и тропическо-экваториального поясов.

Курортные побережья умеренного пояса – это берега Балтийского и Азовского морей, Северной и Западной Франции, Англии, Голландии, восточные берега США и Канады. Здесь прохладные или умеренно теплые летом воды (обычно 17-20° С), купальный сезон продолжается 2-4 месяца. Основной прибрежный ландшафт – равнинные берега, обширные песчаные пляжи, нередко лес (сосновый), часто скалистые мысы и острова. Преобладают аккумулятивные берега, местами шхеры. Здесь широко развит парусный спорт, туризм. Большинство курортных районов сформировалось в непосредственной близости от густонаселенных промышленных и других центров.

Курорты субтропического пояса охватывают берега Средиземного и Черного морей, Калифорнии и Японии, Канарские и Азорские острова. Этот пояс практически совпадает с зоной новейшей альпийской складчатости, поэтому преобладают каменистые галечниковые пляжи, скалистые участки побережья, крутой бенч, гористое или холмистое побережье с субтропической растительностью. Большие глубины начинаются непосредственно близ берега. Купальный сезон длится 5-7 месяцев. Здесь большие возможности для подводной охоты, плавания с аквалангом.

Тропические и экваториальные приморские курорты – это, пожалуй, наилучшие места для отдыха: купальный сезон длится круглый год, вода всегда очень теплая (24-30° С) и чистая. Многие острова и побережья – кораллового происхождения, с равнинным рельефом, отличными песчаными пляжами (белый коралловый песок), пологим бенчем. Берега окаймлены рощами кокосовых пальм. Вода изобилует рыбами, моллюсками и другими животными.

В последнее время большую популярность завоевал еще один вид отдыха – круиз. Классические пассажирские лайнеры – пакетботы оказались малопригодными для этих целей. Был создан новый тип судна, не очень большой и быстроходный, рассчитанный на перевозку пассажиров и легковых автомашин, подходы к берегам и островам. Определились и некоторые районы круизов: Средиземное и Черное моря, Северо-Западная и Северная Европа, Карибское море, Западная Африка, Океания, круизы совершаются даже к берегам Шпицбергена, Гренландии и Антарктиды.

Сейчас имеется реальная возможность разработать основы рекреационной географии Мирового океана, которая учла бы все потенциальные возможности различных типов природной среды океана и прибрежной зоны для отдыха и туризма. Необходимо определить предельную нагрузку на различные океанические и прибрежные «ландшафты», которая позволила бы наиболее эффективно использовать океан для отдыха.

Контрольные вопросы

1. В каких широтах преобладают условия, благоприятные для промысловых скоплений рыб?
2. Добыча каких химических ресурсов из океанских вод происходит в настоящее время?
3. Залежи, каких твердых полезных ископаемых в море и океане вы знаете, и где осуществляется их добыча?
4. Какие природные процессы в океане служат непосредственными носителями тепловой и механической энергии и как они используются?
5. Перечислите основные курортные побережья Мирового океана.

Модуль 4. Загрязнение Мирового океана.

Влияние человека на природу океана

Влияние человека на природу океана в настоящее время имеет два аспекта: использование ресурсов и загрязнение. Загрязнение в последние десятилетия приняло очень значительные размеры. Основные загрязнители – это нефтепродукты, радиоактивные вещества, тяжелые металлы, пестициды, моющие средства. Особенно загрязнены воды у берегов Западной Европы, Северной Америки, Японии, где расположены крупные промышленные комплексы. Но признаки загрязнения вод и организмов обнаружены даже в Антарктике. Если загрязнение океана будет и дальше прогрессировать, несмотря на международные соглашения, это ухудшит рыбопромысловую обстановку и условия отдыха во многих районах, а следовательно повлияет на географию океана.

Приморские производственно-территориальные комплексы представляют собой совокупность различных отраслей хозяйства, объединенных общностью географического положения и связанных между собой в процессе хозяйственной деятельности. Это торговый порт со всеми путями сообщения, предприятиями по обработке при-

возимых грузов, судоремонтом, судостроением; это может быть и рыбный порт. В связи с особенностями географии прилегающей суши и акватории (в настоящее время не только ближайшей) различаются следующие типы комплексов:

промышленные, связанные с переработкой привозимого по океану сырья (нефть, концентраты руд, лес, продукты сельского хозяйства отдаленных стран);

рыбохозяйственные, занятые в основном обработкой и переработкой рыбы (холодильники, консервные фабрики);

курортные.

Первый и второй типы комплексов предусматривают наличие хороших путей сообщения с глубинными районами страны, судоремонтную и часто судостроительную базы и более или менее благоприятные условия для мореплавания вблизи порта. Там, где преобладает вывоз необработанного сырья или сельскохозяйственной продукции, законченный промышленный комплекс может и не возникнуть. Это наблюдается во многих развивающихся странах.

К проблемам экономической географии океана близко примыкает вопрос о морской социально-экономической экологии человека, т.е. об условиях жизни человека на океане. География населения на океане очень своеобразна. Она определяется в первую очередь хозяйственной деятельностью людей, на которую влияют специфические природные условия океана. Общая численность людей, находящихся одновременно в океане, составляет сотни тысяч человек, возможно, несколько миллионов. Это дает очень небольшую среднюю плотность. Совершенно иное дело – берега и острова. Здесь очень удобно жить и заниматься разнообразным хозяйством, используя все преимущества близости суши и акватории.

В настоящее время изучаются вопросы о возможности создания постоянных поселений на небольшой глубине. Уже проведены эксперименты по созданию подводных лабораторий в Красном, Средиземном и Черном морях.

Все реки текут в море" – это знал еще автор Экклезиаста. И реки эти вносят ныне в океан больше нефтепродуктов, чем разливается при всех авариях танкеров вместе взятых. Кроме нефти реки выносят в океан сточные воды, сельскохозяйственные удобрения, пестициды, промышленные отходы, детергенты, радиоактивные отходы и многие другие загрязнители. Наиболее загрязнен океан в его окраинных районах, где сосредоточена хозяйственная деятельность человечества.

Нагрев прибрежных вод промышленными отходами уменьшает растворимость кислорода в воде, что оказывает влияние на морскую флору и фауну. Нарушает естественное равновесие и вызывает загрязнение также и такая деятельность человека, как дноуглубительные работы и строительство дамб.

В 1968 г. в океан было сброшено около 48 млн. тонн различных отходов, в том числе вынутый при дноуглубительных работах грунт, промышленные отходы, сточные воды, строительный мусор, твердые отходы, взрывчатые вещества, химические вещества, радиоактивные отходы и пр. (Израэль Ю.А., Цыбань А.В., 2004). Результаты федерального обследования, опубликованные в 2000г., показали, что наиболее сильное загрязнение прибрежных вод и эстуариев США вызывают промышленные сточные воды. На втором месте – сточные воды городского хозяйства, за ними следуют сельскохозяйственные загрязнители, то есть отходы животноводства, пестициды и удобрения. Цифры, включенные в приводимую ниже таблицу, взяты из доклада Совета по качеству окружающей среды президенту США.

Таблица 3

Сброс отходов в океан (Израэль Ю.А., Цыбань А.В., 2004).

Типы отходов	Масса	
	в тоннах	в %
Грунт, вынутый при дноуглубительных работах	58 428 000	80
Промышленные отходы	5690 500	10
Сточные воды	5 477 000	9
Строительный мусор	674 000	1
Твердые отходы	36 000	0,1
Взрывчатые вещества	25 200	
Радиоактивные отходы	Объем отходов невелик, но велика опасность загрязнения	00
Химические вещества		
Всего	63 210 700	

В отчете Совета по качеству окружающей среды за 2000г. указывается, что 80% всех сбрасываемых в океан отходов дает грунт, вынутый при дноуглубительных работах (таблица 3). По оценке Инженерного корпуса американской армии, около 34% этого материала (17 млн. тонн) загрязнено. Большая часть дноуглубительных работ ведется непосредственно инженерным корпусом, остальную часть выполняют частные предприниматели по разрешению корпуса. Чаще всего вынутый при дноуглубительных работах грунт сбрасывается в прибрежных районах моря с глубинами менее 30 м.

Часто в тех районах, где ведутся дноуглубительные работы (например, в морских портовых каналах), промышленные предприятия сбрасывают в воду большое количество отходов, в которых содержатся тяжелые металлы. По истечении определенного времени эти металлы оседают на дно и накапливаются в грунте. Во время дноуглубительных работ они вновь перемешиваются с морскими (или озерными) водами. Например, анализы, взятые в тех районах озера Эри, где проводились дноуглубительные работы, показали значительные концентрации кадмия, хрома, свинца и никеля.

Сахарные заводы сбрасывают в воду хлористый натрий и сернистый натрий. Стекольные заводы сбрасывают хлориды и сульфаты, полиграфическая промышленность – чернила и краски, а электролизные заводы – цианиды и гидроокислы. Все в больших количествах выносятся в океан удобрения, пестициды, фунгициды, гербициды и другие сельскохозяйственные химикаты. Дeterгенты, ртуть, свинец и медь тоже, в конце концов, попадают в океан (Новиков Ю.В., 2005).

Почти в каждом естественном водоеме имеются водоросли – простейшие растения. На свету водоросли способны вырабатывать кислород, тем самым, увеличивая содержание в воде растворенного кислорода. Однако в „переудобренной“ азотистыми соединениями, фосфатами и органическими веществами воде водорослей становится слишком много и растворенный в воде кислород расходуется на процесс разложения отмерших водорослей. Вода приобретает неприятный запах, зацветает и становится негодной для питья. Из-за недостатка кислорода гибнет рыба и другие водные организмы, а иногда в такой воде образуются ядовитые вещества, опасные для животных и человека (Голубев Г.Н., 2006).

Вследствие огромного количества воды в океане, процессов перемешивания и биологических процессов разложения многие виды сбрасываемых отходов рассеиваются в океане без следа. Однако некоторые вещества накапливаются в морских организмах до уровней концентрации, опасных для человека. Прежде всего, это радиоизотопы и ртуть. Есть и такие вещества, которые плохо растворяются в воде, например свинец. Содержащийся в выхлопных газах и попадающий сейчас в океан свинец будет оставаться в морской воде спустя столетия. В отличие от открытого океана, прибрежные области легко загрязняются до такого уровня, что становится невозможно купаться. Некоторые химические загрязнители, например содержащиеся в ка-

менно-угольной смоле фенолы, вызывают гибель бактерий, что препятствует самоочищению воды (Ясаманов Н.А., 2003).

Согласно данным, приведенным в отчете Совета по качеству окружающей среды за 2000 г., на побережье США (относительно Аляски и Гавайских островов данных нет) имеется около 250 мест сброса отходов. Почти половина из них находится на Атлантическом побережье – 122 места, 68 мест расположены на Тихоокеанском побережье и 56 мест – на побережье Мексиканского залива. В эти данные не входит около сотни искусственных рифов, построенных специально для спортивного рыболовства.

С 2000 г. некоторые штаты начали запрашивать разрешение на сброс отходов в океан, хотя юрисдикция штатов распространяется обычно на трехмильную прибрежную зону (кроме западного побережья Флориды и побережья Техаса, где установлена 9-мильная зона). На всей Земле на каждого человека приходится примерно 340 млн. м³ морской воды. Биохимические процессы могут очистить сбрасываемые загрязнения только в том случае, если концентрация загрязнителя не превышает 1 : 200. Однако поскольку города и промышленные предприятия в значительной степени сосредоточены вдоль побережий, загрязнение прибрежных вод превышает допустимую концентрацию.

По морю перевозится ежегодно около 1 млрд. тонн нефти. Считается, что около 0,1% этого количества нефти, то есть около 1 млн. тонн, сливается или просачивается в море. Загрязняют океан, прежде всего танкеры, промывающие танки морской водой; кроме того, пассажирские и грузовые суда перед заправкой в порту тоже сливают водяной балласт из топливных цистерн.

Нефть и нефтепродукты сбрасывают в океан промышленные предприятия, нефтеперерабатывающие заводы, нефтехранилища. По данным Массачусетского отделения Управления природных ресурсов, каждые три недели в Бостонскую гавань выливается по несколько тонн нефти. Мало кто знает, что бензозаправочные станции сливают в канализацию ежегодно более 1,2 млн. тонн нефтепродуктов. Загрязнению содействует и утечка нефти при подводном бурении. Одна только скважина в Санта-Барбара, Калифорния, дала утечку в 900 тонн за десять суток.

Подсчитано, что на судоходных линиях США ежегодно происходит 10 000 случаев разливов нефти объемом более 40 л. По данным Федерального управления по качеству воды (ныне Агентство по за-

щите окружающей среды), половина всех разливов приходится на суда, треть – на аварии, происходившие на пунктах приема нефти, нефтехранилищах и трубопроводах. Аварии танкеров обычно широко освещаются в печати, поскольку в этих случаях в определенном месте внезапно выливаются тысячи тонн нефти, что влечет за собой катастрофические последствия. Потенциальными источниками разливов нефти могут служить аварии на морских нефтедобывающих установках (Хотунцев Ю.Л., 2004).

Из надежных источников известно, что примерно 60% всей добываемой в мире нефти перевозится морским транспортом и только 0,1% нефти разливается или просачивается при подводном бурении. Тем не менее, гидробиологам, работавшим в ноябре-декабре 1968 г. на борту научно-исследовательского судна Вудс-Холского океанографического института „Чейн" в Саргассовом море, было над чем задуматься. За полчаса буксировки своих сетей в поверхностном слое, то есть на расстоянии 2-3,5 км, они набрали более стакана комков мазута размерами от нескольких миллиметров до 5 см. Подобные же комки мазута ученые собирали в Южной Атлантике и Карибском море. Откуда они берутся, пока неясно. Причиной могут быть естественные утечки подводных месторождений, утечки подводных нефтяных скважин и, наконец, утечки из судовых цистерн.

По отрывочным данным, подобным тем, которые были получены на исследовательском судне „Чейн", еще нельзя сделать определенных выводов, однако есть подозрения, что такие концентрации мазута существуют во многих районах океана, даже если сообщения об этом не поступают. На основании этих данных, конечно, еще нельзя считать, что уже загрязнен весь океан. Тем не менее, эти вещества таят в себе серьезную экологическую опасность. Так, например, саргассовые водоросли, плавающие на поверхности, будут, подобно сетке, собирать кусочки мазута. А ведь эти водоросли служат прибежищем для шестнадцати видов морских организмов. По данным фирмы „Артур Д. Литтл", разливы нефти в океане обходятся примерно в 10 млн. долларов в год. Стоимость очистки поверхности воды от нефти при аварии танкера „Торри Каньон" в 1967 г. составила 8 - 9 млн. долларов. После этой катастрофы многие пляжи и берега Англии были загрязнены еще несколько лет. Разлитая в море сырая нефть исчезает без всякого вмешательства человека в течение нескольких недель.

Летучие ее фракции испаряются, а оставшаяся часть разлагается бактериями на воду и углекислый газ. Требуемое для процесса разложения время зависит от типа сырой нефти и температуры воды. Береговая охрана в Настоящее время проводит исследования с целью определить „срок жизни" нефтяных разливов в Арктике. На морских побережьях северного полушария в результате загрязнения моря нефтью ежегодно гибнет до миллиона водоплавающих птиц различных видов. Нефть растворяет жир на птичьих перьях, и холодная вода получает доступ непосредственно к коже птиц, и в конце концов они гибнут от холода. С перьев гнездящихся птиц нефть попадает на яйца и закрывает поры, в результате чего погибают зародыши. Испачканные нефтью птицы не могут летать и становятся легкой добычей хищников. Для очистки моря от нефти при катастрофе „Торри Каньона" было использовано 7,5 тыс. тонн детергентов, от которых прибрежная фауна и флора Великобритании пострадали больше; чем от самой нефти.

Теперь для очистки поверхности моря от нефти применяются менее токсичные детергенты. Некоторые ученые считают, что детергенты наносят морским организмам больший ущерб, чем разлитая по поверхности воды нефть. Эти ученые предлагают вообще не очищать разливы нефти. Разлитая на поверхности моря нефть быстро теряет свои летучие фракции, которые могли бы оказаться ядовитыми для морских организмов. Нефть не оказывает какого-либо ощутимого влияния ни на планктон, ни на рыб, хотя рыбы и ракообразные могут настолько пропитаться нефтью, что станут непригодными для употребления в пищу.

На открытом симпозиуме, созванном в сентябре 1970 г. по инициативе Береговой охраны, были указаны в качестве потенциально опасных загрязнителей многие химические, биологические и фармацевтические вещества. Всего было названо около 700 опасных веществ, из которых 300 было признано „особо опасными". Имеются официальные сведения о том, что в течение года сбрасывается 200 из названных веществ, при этом число сбросов, согласно некоторым оценкам, достигает 8000 в день. Два опасных химиката транспортируются в огромных количествах и могут еще больше осложнить проблему загрязнения – это ангидрид аммония и четыреххлористый углерод

В океан сбрасываются отходы самых различных производств и технологических процессов. К наиболее ядовитым веществам, сбрасываемым в океан, относятся:

сываемым в море, относятся цианиды, тяжелые металлы, ртутные соединения, хлористые углеводороды, а также соединения мышьяка. Самые ядовитые из них часто помещают в 400-литровые контейнеры и сбрасывают в море на расстоянии 300 миль от берега. Некоторые контейнеры снабжают грузом, чтобы они затонули, а чаще для этой цели в контейнерах проламывают дыры топором или стреляют по ним из винтовок.

Используемые в больших количествах в сельском хозяйстве пестициды смываются дождем в ручьи и реки и в конце концов попадают в океан. А так как в океане всегда присутствуют течения и потоки, движущиеся как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, то неудивительно, что стойкие пестициды вроде ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) найдены уже во всех частях Мирового океана. Некоторые ученые считают, что из выработанных человеком 1,5 млн. тонн ДДТ, две трети все еще находятся в океане. Пестициды, рассеянные над Африкой, были найдены в Бенгальском заливе и в Карибском море. Пестициды переносятся и атмосферными потоками, так что, возможно, значительная их часть попадает в открытое море по воздуху (Степановских А.С., 2003).

Загрязнители, содержание которых в воде совершенно ничтожно, имеют тенденцию накапливаться в природной океанской пищевой цепи. ДДТ, содержащийся в морской воде в концентрации 1 : 10 000 000, на большую часть организмов оказывает совершенно незначительное воздействие. Однако многие морские организмы отфильтровывают из воды такие химикаты, как ДДТ или ртуть, и накапливают их в своих тканях. Во многих случаях повышенная концентрация химикатов в тканях не влияет заметным образом на деятельность организмов. Однако со временем их поедают более крупные животные, и так по ходу пищевой цепи концентрация химических загрязнителей постепенно повышается до опасного уровня. Хорошим примером накопления химикатов в последовательных звеньях пищевой цепи может послужить Чистое озеро в Калифорнии. В 1957 г. концентрация пестицида ДДТ (подобного ДДТ) в этом озере составляла, по данным измерений, 0,02 миллионных. Концентрация его в растительных организмах и телах мелких животных, обитающих в озере, составляла уже 5 миллионных (то есть в 250 раз выше, чем в воде озера). В тканях рыб, питавшихся этими организмами, концентрация ДДТ достигала 2000 миллионных, то есть в 100 000 раз выше, чем в

самом озере. Такая концентрация оказалась опасной для птиц, питающихся рыбой: многие птицы погибли.

ДДТ поступает в пищевую цепь в маршевых водах за счет стока с сельскохозяйственных угодий и накапливается в организмах птиц, питающихся рыбой. Он препятствует воспроизведению таких видов, как сокол-скопа и сокол-сапсан. В больших количествах ДДТ был найден в организмах антарктического поморника, атлантического и тихоокеанского буревестника и бермудской вилухвостой качурки.

К сбрасываемым в океан радиоактивным отходам, могущим оказать вредное воздействие на морские организмы и воду, относятся жидкие и твердые вещества, образующиеся при обработке радиоактивных элементов, работе атомного реактора, применении радиоизотопов в медицине и при научно-исследовательских работах. Оборудование и контейнеры, ставшие радиоактивными вследствие наведенной радиации, также могут служить источником загрязнения.

С тех пор как началась промышленная революция, ископаемое топливо сжигается во всевозрастающих масштабах. При этом образуются углекислый газ, сульфаты и нитраты, значительная часть которых попадает в океан. Твердые частицы дыма, накапливаясь в донных отложениях, могут изменить химический состав океана. Более трети всех этих загрязнителей – на совести США.

Эти тяжелые металлы попадают в океан с промышленными сточными водами. За год в океан поступает примерно 10 тыс. тонн свинца. Около 50 лет назад свинец стали добавлять в бензин, и за это время концентрация свинца в поверхностных водах Тихого океана увеличилась в 10 раз.

Около 4 - 5 тыс. тонн ртути ежегодно попадает в океан за счет естественной эрозии. Столько же добавляет и человеческая деятельность. Ртуть накапливается в растениях, а также в организмах таких широко распространенных рыб, как тунец и меч-рыба.

Вредны для человека? Ответ на этот вопрос содержится в приводимой таблице 4 (концентрации даны в миллионных долях).

Таблица 4

Концентрация тяжелых металлов в различных средах

Металл	Естественная концентрация	Концентрация, опасная для морских организмов	Концентрация в вынудом грунте
Кадмий	0,08	0,01 - 10,0	130
Хром	0,00005	1,0	150
Свинец	0,00003	0,1	310
Никель	0,0054	0,1	610

После окончания второй мировой войны в Балтийском море между побережьем Швеции и датским островом Борнхольм на глубине 90 м было захоронено более 30 000 бомб и контейнеров с отравляющими газами. 10 августа 1969 г. лондонская „Санди Таймс“ сообщила, что просочившийся из проржавевших контейнеров горчичный газ привел к отравлению шести рыбаков. Это вызвало панику среди отдыхающих в Южной Швеции и на Борнхольме. Тысячи тонн рыбы остались непроданными, так как подозревали, что она отравлена. Датские власти высказали предположение, что контейнеры попали в мелководье курортной зоны Балтийского моря с течениями или были зацеплены тралом какого-нибудь рыбацкого судна.

Проблема сброса в океан концентрированного рассола очень серьезна, поскольку многие организмы чувствительны к изменениям солености. Ученые из Пуэрто-Риканского университета изучали последствия сброса рассола с соляных разработок в юго-западной части Пуэрто-Рико. Рассол уничтожил все донные организмы и привел к образованию сероводорода и пятен кислой воды с очень малым рН – до 3,5.

При увеличении температуры уменьшается способность воды растворять кислород, что может вызвать экологические изменения. В более теплой, чем обычно, воде личинки рыб весной могут развиваться преждевременно, когда еще будет недостаточно корма. Водные растения, первичное звено пищевой цепи, зависят не только от продолжительности светового дня, но и от температуры воды (Николайкин Н.И., 2003).

При повышении температуры повышается также чувствительность всех водных форм жизни к ядовитым веществам. Организмы, приспособившиеся к воде, температура которой редко бывает выше 21° С, погибли при 32° С. Даже при 24 - 27° С они не смогут соперничать с другими видами, приспособленными к более высокой температуре. В слишком теплой воде не развивается икра форели, а лосось вообще не нерестится.

Специалисты по этой проблеме обычно указывают на три возможных практических решения. Во-первых, будет все шире вестись опреснение морской воды для снабжения водой больших городских районов. С усовершенствованием технологии опреснения стоимость тонны опресненной воды значительно понизится, так что такие системы смогут удовлетворять нужды прибрежных городов. Во-вторых, в некоторых районах все реальнее вырисовывается возможность со-

здания водных систем с полностью замкнутым циклом. Основная проблема здесь состоит в обеспечении стопроцентной надежности. Третий путь решения задачи – водоснабжение по двум системам. Эта идея не нова, она давно реализована на судах. Она заключается в использовании двух систем подачи воды: одна система предназначена для питья, приготовления пищи, мытья и других бытовых нужд, на что уходит около 20% всего расхода пресной воды; вторая система удовлетворяет другие нужды – полив сельскохозяйственных полей, мытье автомобилей и пр.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите пути влияния человека на природу океана в настоящее время.
2. По объемам сброса в океан, какие отходы стоят на первом месте?
3. Какие отходы относятся к наиболее ядовитым веществам, сбрасываемым в море?
4. В чем состоит проблема сброса в океан концентрированного рассола?
5. В чем состоит проблема нефтяного загрязнения океана?

Глоссарий

Адвекция от лат. *Advectio* – доставка – в океанологии – перемещение воды в горизонтальном и (иногда) в вертикальном направлении.

Апвеллинг от англ. *Up* – вверх + *Well* – хлынуть – подъем вод из глубины водоема к поверхности. Апвеллинг вызывается расхождением морских течений, а у берегов – сгоном в сторону моря теплой прибрежной воды, на место которой поступает холодная вода с больших глубин.

Аутвеллинг – вынос вод, богатых биогенными химическими элементами, из речных эстуариев в открытое море. Аутвеллинг играет значительную роль в развитии жизни в океане.

Амплитуда прилива – высота полной или малой воды от среднего уровня прилива. Наибольшая амплитуда прилива (18 м) наблюдается в заливе Фанди (Канада).

Абразия *Abrasio* от лат. *Abrasio* – соскабливание, соскребание – процесс разрушения волнами и прибоем берегов водоемов. Абразия распространяется и на дно водоемов до глубины нескольких десятков метров, а в океанах – до 100 метров и более возникающее под действием волн на берег.

Айсберг *Iceberg* от голл. *Ijsberg* – ледяная гора – крупная глыба ледникового льда; отколовшийся от ледника массив льда, плавающий или сидящий на мели в океане, море, ледниковом озере.

Высота айсбергов над поверхностью воды достигает до 70 м в Арктике и 100 м в Антарктике, длина – до нескольких десятков километров.

Большая часть объема айсберга находится под водой. Продолжительность существования айсбергов в Арктике – до 4 лет, в Антарктике – до 10 и более лет.

Берег /Береговая зона *Coast; Coastal zone; Littoral zone; Shore*

Берег – узкая полоса взаимодействия между сушей и водоемом или между сушей и водотоком. Берег состоит из собственно берега (его надводной части) и из подводного берегового склона.

В зависимости от характера действия волн различают абразионные, аккумулятивные и сложные берега.

Внутриводный лед – скопление первичных ледяных кристаллов, образующихся в толще воды и на дне водного объекта.

Возраст прилива *Ageoftide* – интервал времени между полнолунием или новолунием и последующим ближайшим наибольшим приливом или наибольшей скоростью приливного течения.

Высота прилива – положение приливного уровня в данный момент, отсчитываемое от нуля глубин; разница между высшим уровнем воды при приливе (полная вода) и нижним ее уровнем при отливе (малая вода).

Гидросфера Hydrosphere от греч. Hydor – вода + Sphaira – шар

Гидросфера – водная оболочка Земли, включающая все воды, находящиеся в жидком, твердом и газообразном состояниях. Гидросфера включает воды океанов, морей, подземные воды и поверхностные воды суши. Некоторое количество воды содержится в атмосфере и в живых организмах.

Гидрология Hydrology от греч. Hydor – вода + Logos – слово, учение

Гидрология – наука, изучающая природные воды, явления и процессы, в них протекающие. Предмет изучения гидрологии – все виды вод гидросферы в океанах, морях, реках, озерах, водохранилищах, болотах, почвенные и подземные воды. Гидрология подразделяется на океанологию и гидрологию суши.

Водосбор – часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту. Различают поверхностный и подземный водосборы.

Водомерный пост – устройство для постоянных наблюдений за уровнем воды в реках, озерах, морях, каналах. Речные водомерные посты оборудуются водомерными рейками, закрепленными на плотине, опоре моста и др. **Свайный водомерный пост** – ряд свай, вбитых в дно и берег реки или водоема; абсолютные высоты верха каждой сваи определены, от них ведутся отсчеты уровня воды при помощи переносной водомерной рейки.

Для непрерывной регистрации изменений уровня воды на водомерных постах устанавливаются самописцы уровней, которые могут вести запись в течение длительного времени.

Величина стока – количество воды, стекающей с водосбора за определенный интервал времени. Обычно величина стока выражается в виде объема, модуля или слоя стока.

Волнение – Waves – сложные колебательные движения поверхностного слоя воды в любом водоеме или водотоке с образованием водяных валов (волн).

Внутреннее море – Inland sea; Enclosed sea; Continental sea – море, глубоко вдающееся в сушу и сообщаемое с океаном или с прилегающим морем проливами. В зависимости от гидрологического режима внутренние моря делятся на внутриматериковые и межматериковые.

Взвешенные наносы Suspendedload – твердые частицы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии. Вихри, возникающие в придонном слое, захватывают частицы наносов и поднимают их в толщу потока, обуславливая их движение вместе с водой, и чем мощнее такие вихри, тем более крупные частицы материала могут переноситься.

Влекомые наносы – наносы, перемещаемые водным потоком в придонном слое и движущиеся путем скольжения, перекатывания или сальтации.

Гидрологический режим Hidrologicalregime **Гидрологический режим** – закономерные изменения состояния водного объекта во времени и пространстве, обусловленные главным образом климатическими особенностями данного бассейна. Естественный гидрологический режим нередко существенно видоизменяется под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Гидрологическая станция – учреждение, осуществляющее изучение гидрологического режима рек, озер, морей, водохранилищ, болот, ледников – всех гидрологических объектов какой-либо территории.

Гидрологическая станция – пункт с определенными координатами, в котором проводится серия гидрологических наблюдений в водоеме.

Губа Inlet – поморское название далеко вдающихся в сушу морских заливов и бухт на севере РФ, в которые обычно впадают крупные реки.

Гидрологический пост – пункт на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений.

Гидрологические приборы и оборудование – технические средства для наблюдений за элементами гидрологического режима, для океанографических и других исследований.

Гайоты Гийоты Guyots; Flat – topped seamounts; Table mountsотамер. А. Guyot – первооткрыватель

Гайоты – плосковершинные подводные вулканические горы, встречающиеся одиночно или группами. Гайоты распространены в северной половине Тихого океана. Глубина гайот над вершинами составляет от 200 до 2000 м.

Гидрограф Hydrograph; Discharge hydrograph – график изменения во времени расхода воды в створе реки или иного водотока. Гидрограф отражает характер распределения водного стока в течение года, сезона, половодья (паводка), межени.

Следующие один за другим паводки могут образовать половодье. Значительный паводок может вызвать наводнение.

Донные наносы – наносы, формирующие речное русло, пойму или ложе водоема и находящиеся во взаимодействии с водными массами.

Донные осадки Bottomsediments – осадки, покрывающие дно водоемов; минеральные вещества, отложившиеся на дне океанов, морей, озер, рек в результате физических, химических и биологических процессов и еще не превращенные дальнейшими процессами в горные породы. По характеру водоемов различают океанические, морские, озерные, речные и др. донные осадки.

Донный лед Anchorice; Underwaterice – лед, откладывающийся на дне водоема или взвешенный в воде. Донный лед наблюдается на дне рек, морей и небольших озер, на погруженных в воду предметах и в мелких местах. Донный лед образуется при кристаллизации переохлажденной воды, имеет рыхлую пористую структуру.

Забереги – полосы льда, окаймляющие берега водотоков, озер и водохранилищ, при незамерзающей остальной части водного пространства.

Залив Gulf – часть океана, моря или озера, глубоко вдающаяся в сушу, но имеющая свободный водообмен с основной частью водоема. Среди заливов различают: бухты, эстуарии, фьорды, лиманы, лагуны и др.

Изобата Isobathes; **Isobathic curve**; **Submarine contour line** от греч. Isos – равный + Bathos – глубина **Изобата** – изолиния, соединяющая на карте точки с равными значениями глубины.

Изогалины Isohalines от греч. Isos – равный + Hals – соль **Изогалины** – изолинии солености вод на карте или профиле акватории.

Изопикны – **Изопикны** Isopycnoclines от греч. Isos – равный + Rupos – плотный. Изолинии равных значений плотности морской воды на картах.

Изотахы Isotaches от греч. Isos – равный + Tachos – скорость. **Изотахы** – изолинии одинаковых скоростей (ветра, течения воды и т.п.) на картах.

Изотермобаты Isothermobaths от греч. Isos – равный + Therme – тепло + Bathos – глубина **Изотермобаты** – изолинии температуры воды на вертикальных разрезах водной толщи озер, морей и океанов.

Коэффициент стока – отношение объема или слоя стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение стока.

Ледник Глетчер Glacierнем. Gletscher от лат. Glacies – лед – движущееся естественное скопление льда и фирна на земной поверхности, возникающее в результате накопления и преобразования твердых атмосферных осадков при положительном многолетнем балансе.

Ложе океана Floo rofocean; Seafloor; Deep – seafloor Ложе океана – основное пространство дна Мирового океана с преобладающими глубинами более 3000 м, простирающееся от подводной окраины материка вглубь океана.

Важнейшими элементами рельефа ложа океана являются океанические котловины и разделяющие их срединно-океанические хребты, возвышенности и подводные плато

Лиман от греч. Limen - гавань, бухта – мелководный залив с извилистыми невысокими берегами, образующийся при затоплении морем расширенного устья реки в результате опускания плоского берега. Лиман может быть открытым в море или отделенным от него песчаной косой. Илистые отложения лимана (грязи) часто используются для бальнеологических целей.

Модуль стока – количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени. Модуль стока наносов – объем стока наносов с единицы площади водосбора за год.

Морские течения – Seacurrents; Oceancurrents – поступательные движения масс воды в морях и океанах, обусловленные:

- действием силы трения между водой и воздухом; или
- градиентами давления, возникающими в воде; или
- приливообразующими силами Луны и Солнца.

Малая вода – Lowwater; Lowtide – минимальная высота уровня моря за время одного приливного цикла.

Море Sea – часть океана, более или менее обособленная сушей, островами или возвышениями подводного рельефа и отличающаяся от открытой части океана гидрологическим и метеорологическим режимом: соленостью, температурой вод, течениями и т.д. Чем более замкнуто море сушей, тем в большей степени оно отличается от океана.

По степени обособленности и особенностям гидрологического режима моря подразделяются на внутренние, окраинные и межостровные

Межостровное море Seaencircledwithislands – море, окруженное кольцом островов, пороги между которыми препятствуют свободному водообмену с открытой частью океана.

Морские отложения – Marinesediments; Oceanicsediments– донные осадки современных и древних морей и океанов; преобладают над континентальными отложениями, слагая более 75% общего объема оса-

дочной оболочки. Морские отложения содержат остатки морской фауны.

Нуль графика гидрологического поста

Нуль графика гидрологического поста – условная горизонтальная плоскость сравнения, принимаемая за нуль отсчета при измерении уровня воды на гидрологическом посту.

Наносы Drift; Load; Sediments – твердые частицы: – образованные в результате эрозии водосборов и русел, а также абразии берегов водоемов; – переносимые водотоками, течениями в озерах, морях и водохранилищах; и – формирующие их ложе.

Окраинное море Adjacentsea; Fringingsea; Marginalsea – прилегающее к материку море, слабо обособленное от океана полуостровами или островами. Обычно окраинные моря расположены на шельфе.

Океан World Ocean греч. Okeanos Мировой океан – основная часть гидросферы, непрерывная, но не сплошная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова и отличающаяся общностью солевого состава.

Океан – крупная часть Мирового океана, обладающая всеми свойствами, присущими мировому океану. Мировой океан делится материками на четыре океана (по убыванию площади): – Тихий океан (178.62 млн. км²); – Атлантический океан (91.6 млн. км²); – Индийский океан (76.2 млн. км²); – Северный Ледовитый океан (14.8 млн. км²).

Океанология Океанография Oceanology; Oceanography **Океанология** – наука о природных процессах в Мировом океане. Океанология рассматривает Мировой океан одновременно как часть гидросферы и как целостный планетарный природный объект, который взаимодействует с атмосферой, литосферой, материковым стоком и где в сложной взаимосвязи протекают физические, химические, геологические и биологические процессы.

Океанические впадины Oceanicbasins – элементы рельефа ложа океана; обширные впадины, ограниченные материковыми склонами и подводными хребтами. Средние глубины океанических впадин составляют около 5000 м; дно – холмистое с относительными высотами 500-1000 м.

Отлив Ebb-tide; Fallingtide; Low – tide; Lowwater; Reflux – понижение уровня моря от момента полной воды до момента малой воды.

Островные дуги Islandarcs – молодые горные цепи, свойственные геосинклиналям близ окраин материков. Островные дуги частично выступают над уровнем океана в виде гористых островов и вулканов.

Объем стока донных наносов – количество донных наносов, проносимых через данный поперечный профиль водотока в течение определенного периода.

Объем стока – объем воды, стекающей с водосбора или выпускаемой из водохранилища за определенный период времени.

Паводок Flood – фаза водного режима реки; сравнительно кратковременное и непериодическое поднятие уровня воды в реке, возникающее в результате быстрого таяния снега, ледников, обильных дождей. В отличие от половодья паводок может возникать в любое время года.

Пролив Channel; Sound; Seagate; Strait – относительно узкое водное пространство, разделяющее отдельные участки суши и соединяющее смежные водоемы и их части.

Подводные равнины – участки дна океанов и морей, характеризующиеся незначительными колебаниями высот (до 200 метров). Подводные равнины разделяются на материковые отмели (шельфы) и глубоководные абиссальные равнины.

Подводные долины – Submarine valleys. Подводные долины – узкие (иногда каньонообразные) долины морского дна с четко выраженной бровкой, имеющие постоянный уклон. По происхождению различают эрозионные, тектонические, экзарационные и оползневые подводные долины. Среди эрозионных подводных долин встречаются затопленные речные долины и долины, созданные придонными морскими течениями.

Подводные хребты – Submarineridges. Подводные хребты – поднятия дна океанов и морей, нередко выступающие над поверхностью воды в виде островов или их гряд.

Подводная окраина материка Submarine continental margin. Подводная окраина материка – периферическая часть материка, перекрытая водами океана и представляющая собой по геологическому строению и рельефу продолжение прилегающей части суши. Подводная окраина материка подразделяется на шельф, материковый склон и материковое подножие, граничащее с ложем океана.

Приливы Tides – периодические колебания уровня океана или моря, обусловленные силами притяжения Луны и Солнца в соединении с центробежными силами, развивающимися при вращении систем Земля-Луна и Земля-Солнце вокруг общих центров масс.

Полная вода Highwater; Hightide – максимальная высота подъема уровня моря при приливе.

Полусуточные приливы – приливы с периодом, приблизительно равным половине суток.

Расход наносов – количество наносов, проносимое через живое сечение потока в единицу времени. **Сток наносов** – перемещение наносов в процессе поверхностного стока.

Регрессия Regression от лат. Regressio – обратное движение, отход. Регрессия – медленное отступление моря от берегов, происходящее вследствие поднятия суши, опускания океанического дна или уменьшения объема воды в океаническом бассейне.

Регрессии неоднократно происходили на протяжении геологической истории, обычно совпадая с эпохами горообразования.

Расход воды Waterdischarge; Debit; Flow – объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени. На основании регулярных измерений расхода воды вычисляется сток за длительный период.

Рельеф дна океанов – совокупность неровностей дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития – различные формы мега – и макрорельефа.

Суточные приливы – приливы с периодом приблизительно в одни сутки. Суточные приливы имеют в продолжение суток одну полную и одну малую воду.

Сало – поверхностные первичные ледяные образования, состоящие из иглообразных и пластинчатых кристаллов в виде пятен или тонкого сплошного слоя серого цвета.

Слой стока – количество воды, стекающей с водосбора за определенный промежуток времени, выраженное в виде слоя, равномерно распределенного по площади водосбора.

Слой стока вычисляется путем деления объема стока на площадь водосбора и выражается в мм.

Сальтация – перебрасывание наносов на короткие расстояния в придонном слое водного потока.

При сальтации происходит перенос частиц путем их подъема и увлечения вперед до момента осаждения на поверхность, с которой они были подняты.

Сгонно-нагонные явления Wind effected phenomena – повышение или понижение уровня моря или озера под воздействием ветра, дующего со стороны водоема на сушу или наоборот. Сгонно-нагонные явления особенно заметны в условиях мелководья у берегов и плоского побережья.

Средиземные моря – моря, располагающиеся между материками или внутри какого-либо материка и соединяются с океаном посредством проливов.

Трансгрессия моря Transgression от лат. Transgressio – переход, передвижение – длительный период наступления моря на сушу в результате опускания земной коры под влиянием нисходящих тектонических движений или, реже, поднятий уровня Мирового океана.

Уровень моря – Oceanlevel; Sealevel – высота свободной поверхности Мирового океана, измеряемая относительно некоторого условно принятого за нуль горизонта.

Урез воды – Wateredge – линия пересечения свободной водной поверхности водотока или водоема с поверхностью суши. Высотное положение уреза воды совпадает с уровнем воды в данной точке

Фьерд – швед. Fjard – мелководный залив с невысокими, крутыми скалистыми берегами; изобилует шхерами. Фьерды в большом количестве встречаются в Швеции и Финляндии. Фьерды возникают при проникновении моря (озера) на опущенные участки суши с холмистым ледниково-аккумулятивным рельефом.

Фьорд, – Фиорд Fiords норв. Fjord

Фьорд – узкий глубокий морской залив с высокими крутыми и скалистыми берегами. Фьорды возникли в результате обработки ледником (в эпоху четвертичного оледенения) и последующего затопления морем речных долин и тектонических впадин. Длина фьорда – до 200 км и более, глубина – свыше 1000 м. Фьорды распространены в Норвегии, Гренландии, Чили и некоторых других странах.

Циркуляция вод Мирового океана от лат. Circulation – круговращение – единая взаимосвязанная система непрерывного движения вод Мирового океана.

Циркуляция вод Мирового океана – совокупность горизонтальных и вертикальных движений вод Мирового океана, образующихся при его взаимодействии с атмосферой, включающая: волнение, приливы и отливы, морские течения, сгонно-нагонные явления, вертикальные движения вод.

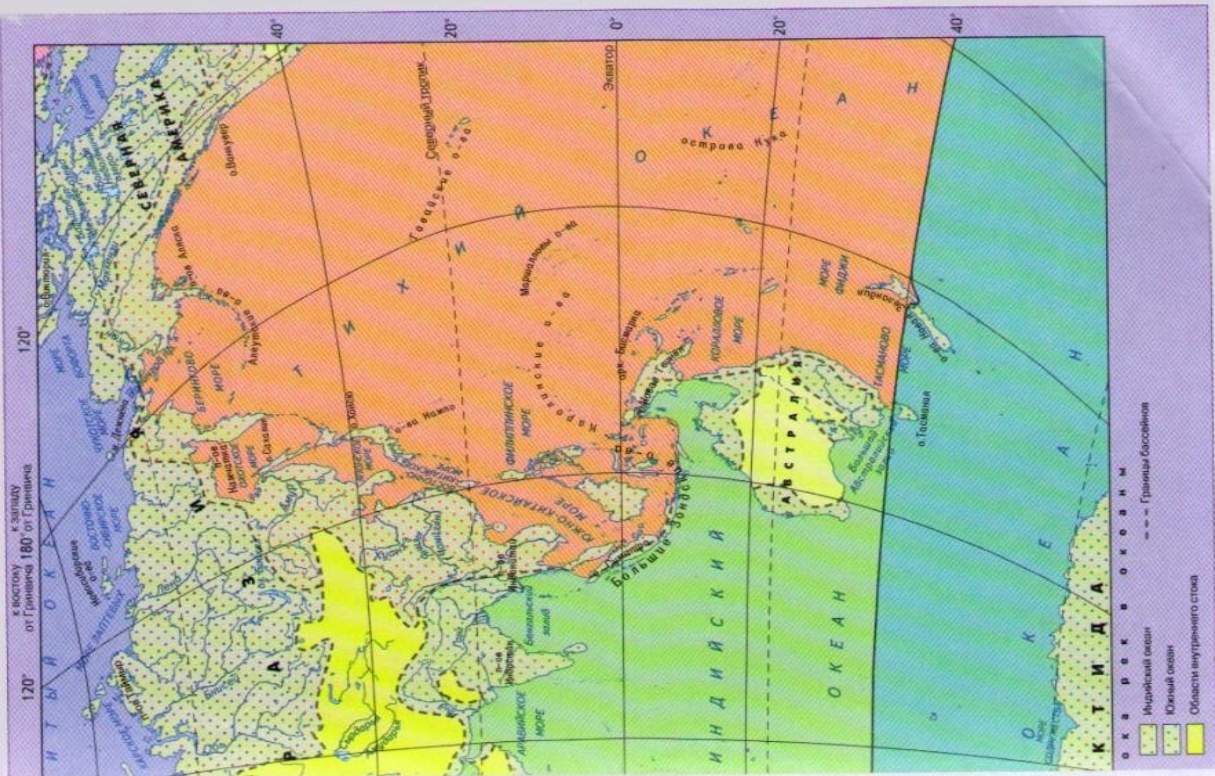
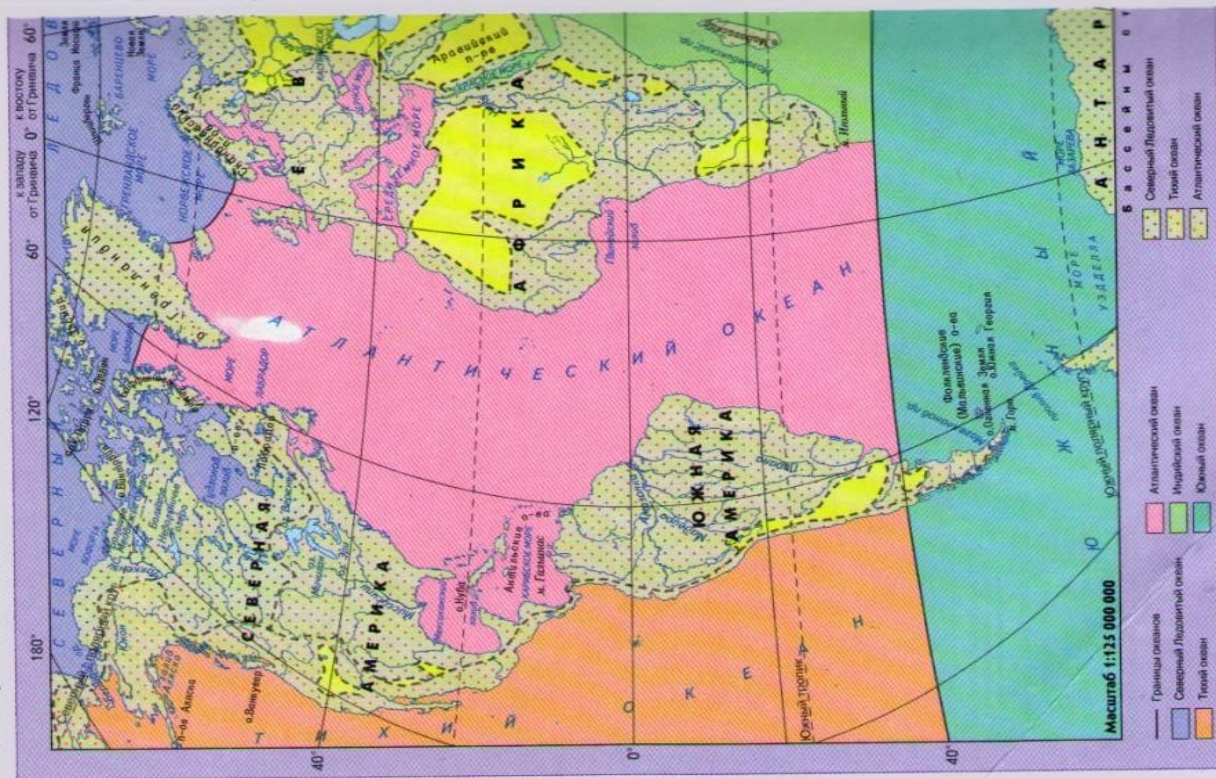
Циркумконтинентальная зональность – закономерные изменения в распределении океанологических характеристик по направлению от континентов в океан.

Эстуарий – Estuary от лат. Aestuarium – затопляемое устье реки – воронкообразный, суживающийся к вершине залив, образующийся в результате подтопления низовьев речной долины и преобразованный воздействием волнового, речного и приливного факторов.

Литература

1. Атлас мира – М: БЕЛЛСИ; Астрель, Аст, 2005, А – 92, 191с.
2. Архипкин В.С., Лазарюк А.Ю., Левашов Д.Е. – Инструментальные методы измерения основных параметров морской воды. Учеб. пособие. Москва.2009.-326 с.
3. Богоров В.Г., Зенкевич Л.А. – Биологическая структура океана // Экология водных организмов / под ред. Г.М. Беляева и др. М. : Наука, 1966. С. 3-14.
4. Введение в геохимию океана // А. П. Виноградов. Избранные труды. Геохимия океана. М.: Наука, 1989. С.36-216
5. Валяшко М.Г. – Основы геохимии природных вод // Геохимия. 1967. № 11.
6. Голубев Г.Н. – Геоэкология.- М.:Аспект Пресс. 2006,-288 с.
7. Денисов В.В. – Эколого-географические основы устойчивого природопользования в шельфовых морях (Экологическая география моря) - Апатиты: КНЦ РАН, 2002.-502 с.
8. Добродеев О.П., Суетова Л.А. – Живое вещество Земли. Учеб.пособие. Москва-1971.126 с.
9. Залогин Б.С., Кузьминская К.С. – Мировой океан: -М.:Изд. Центр «Академия»,2001.-192 с.
10. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. – Антропогенная экология океана. – Л.:Наука,2004-453 с.
11. Коробкин В. И., Передельский Л.В. –Экология. - Ростов/н/Дону: Феникс.-2005-576с.
12. Максаковский В. П. – Географическая картина мира. – М.: Дрофа, 2006.- 495.с. В 2-х книгах- кн.I
13. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. – Экология М.: Дрофа, 2003.- 624 с.
14. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М.:2005.-736 с.
15. Орленок В.В. – История океанизации Земли. Изд. Янтарный Сказ. Калининград 1998.-137.
16. Притула Т.Ю., Еремина В.А., Спрялин А.Н. – Физическая география материков и океанов. – Учеб.пособие.,б-М.: Гуманиздат. Центр «ВЛАДОС, 2003. - 688 с.
17. Степановских А.С. – Прикладная экология: охрана окружающей среды.- М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2003.-751 с.
18. Хотунцев Ю.Л. – Экология и экологическая безопасность.- Учеб. пособие для студ.высш.пед.учеб.зав.-2^е изд., и перераб. – М.: Изд. Центр «Академия», 2004. – 480 с.
19. Чернова Н.М., Былова А.М. – Общая экология. – М.:Дрофа, 2004. – 416 с.
20. Ясаманов Н.А. – Основы геоэкологии: Учеб. пособие для эколог. специальностей вузов – М.: Издательский центр «Академия». 2003.-352 с.

ГРАНИЦЫ ОКЕАНОВ



Подписано в печать. 06.04.2015 г. Формат 60х90 1/6
Бумага офисная. Печать-ризография.
У.п.л. 5.4. Тираж 100 экз.

Издательство Чеченского государственного университета
Адрес: 364037 ЧР, г. Грозный,
ул. Киевская, 33

