ОКЕАН И ЕГО РЕСУРСЫ

ОКЕАН, АТМОСФЕРА И КЛИМАТ

Океан (Мировой океан) — водная оболочка, покрывающая большую часть зем­ной поверхности (четыре пятых в Южном полушарии и более трех пятых — в Се­верном). Лишь местами земная кора вздымается над поверхностью океана, образуя континенты, острова, атоллы и т. д. Хотя Мировой океан представляет собой единое целое, для удобства исследования отдельным его частям присвоены различные на­звания: Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый океаны. Наи­более крупные океаны — Тихий, Атлантический и Индийский.

Тихий океан (площадь около 178,62 млн км2) имеет в плане округлую форму и занимает кочти половину водной поверхности земного шара. Атлантический оке­ан (91,56 млн км2) имеет форму широкой буквы S, причем его западное и восточ­ное побережья почти параллельны. Индийский океан площадью 76,17 млн км2 имеет форму треугольника. Северный Ледовитый океан площадью всего 14,75 млн км2 почти со всех сторон окружен сушей. Как и Тихий, он имеет округ­лую в плане форму. Некоторые географы выделяют еще один океан — Антаркти­ческий, или Южный, — водное пространство, окружающее Антарктиду Мировой океан, средняя глубина которого составляет около 4 км, содержит 1350 млн км3 воды. Атмосфера, окутывающая всю Землю слоем толщиной в несколько сотен ки­лометров, с гораздо большим основанием, чем Мировой океан, может рассматри­ваться как «оболочка». И океан, и атмосфера представляют собой текучие среды, в которых существует жизнь; их свойства определяют среду обитания организмов. Циркуляционные потоки в атмосфере влияют на общую циркуляцию волн в оке­анах, а от состава и температуры воздуха в сильной степени зависят свойства оке­анических вод. В свою очередь, океан определяет основные свойства атмосферы и является источником энергии для многих протекающих в атмосфере процессов. На циркуляцию воды в океане влияют ветры, вращение Земли и барьеры суши. Известно, что температурный режим и другие климатические характеристики ме­стности на любой широте могут существенно изменяться по направлению от по­бережья океана в глубь материка. По сравнению с сушей океан медленнее нагре­вается летом и медленнее остывает зимой, сглаживая колебания температуры на прилежащей суше. Атмосфера получает от океана значительную часть поступаю­щего к ней тепла и почти весь водяной пар. Пар поднимается, конденсируется, образуя облака, которые переносятся ветрами и поддерживают жизнь на планете, проливаясь в виде дождя или снега. Однако в тепло- и влагообмене участвуют только поверхностные воды; более 95% воды находится в глубинах, где ее темпе­ратура остается практически неизменной.

**СОСТАВ И СВОЙСТВА МОРСКОЙ ВОДЫ**

Вода в океане соленая. Соленый вкус придают содержащиеся в ней 3,5% раство­ренных минеральных веществ — главным образом соединения натрия и хлора — основные ингредиенты столовой соли. Следующим по количеству является маг­ний, за ним идет сера; присутствуют также все обычные металлы. Из неметалличес­ких компонентов особенно важны кальций и кремний, так как именно они участву­ют в строении скелетов и раковин многих морских животных. Благодаря тому, что вода в океане постоянно перемешивается волнами и течениями, ее состав почти оди­наков во всех океанах. Плотность морской воды (при температуре 20°С и солености около 3,5%) примерно 1,03, т. е. несколько выше, чем плотность пресной воды (1,0). Плотность воды в океане меняется с глубиной из-за давления вышележащих слоев, а также в зависимости от температуры и солености. В наиболее глубоких частях океана воды обычно солонее и холоднее.

Наиболее плотные массы воды в океане могут оставаться на глубине и сохра­нять пониженную температуру более 1000 лет. Поскольку морская вода имеет низ­кую вязкость и высокое поверхностное натяжение, она оказывает относительно сла­бое сопротивление движению корабля или пловца и быстро стекает с различных поверхностей. Преобладающая синяя окраска морской воды связана с рассеянием солнечных лучей взвешенными в воде мелкими частицами. Морская вода гораздо менее прозрачна для видимого света по сравнению с воздухом, но более прозрачна по сравнению с большинством других веществ. Зарегистрировано проникновение солнечных лучей в океан до глубины 700 м. Радиоволны проникают в толщу воды лишь на небольшую глубину, зато звуковые волны могут распространяться под во­дой на тысячи километров. Скорость распространения звука в морской воде колеб­лется, составляя в среднем 1500 м в секунду. Электропроводность морской воды примерно в 4000 раз выше, чем электропроводность пресной воды. Высокое содер­жание солей препятствует ее использованию для орошения и полива сельскохозяй­ственных культур. Для питья она также непригодна.

**ОБИТАТЕЛИ МОРЯ**

Жизнь в океане необычайно разнообразна — там обитает более 200 000 видов организмов. Некоторые из них, например кистеперая рыба целакант, представляют собой живые ископаемые, предки которых процветали здесь более 300 млн лет на­зад; другие появились совсем недавно. Большая часть морских организмов встреча­ется на мелководье, куда проникает солнечный свет, способствующий процессу фо­тосинтеза. Благоприятны для жизни зоны, обогащенные кислородом и питатель­ными веществами, например, нитратами. Широко известно такое явление, как «ап-веллинг»(англ. upwelling), — поднятие к поверхности глубинных морских вод, обо­гащенных питательными веществами; именно с ним связано богатство органичес­кой жизни у некоторых побережий. Жизнь в океане представлена самыми различ­ными организмами — от микроскопических одноклеточных водорослей и крошеч­ных животных до китов, превышающих в длину 30 м и превосходящих по размерам любое животное, жившее когда-либо на суше, включая самых крупных динозавров. Океаническая биота делится на следующие основные группы. Планктон представ­ляет собой массу микроскопических растений и животных, не способных к самостоятельному передвижению и обитающих в приповерхностных хорошо освещенных слоях воды, гдеони образуют плавучие «кормовые угодья» для более крупных

животных. Планктон состоит из фитопланктона (включающего такие растения, как диатомовые водоросли) и зоопланктона (медузы, криль, личинки крабов и пр.). Нектон состоит из свободно плавающих в толще воды организмов, преимуществен­но хищных, и включает более 20 000 разновидностей рыб, а также кальмаров, тюле­ней, морских львов, китов. Бентос состоит из животных и растений, обитающих на дне океана или вблизи него, как на больших глубинах, так и на мелководье. Расте­ния, представленные различными водорослями (например, бурыми), встречаются на мелководье, куда проникает солнечный свет. Из животных следует отметить гу­бок, морских лилий (одно время считавшихся вымершими), плеченогих и др. Бо­лее 90% органических веществ, составляющих основу жизни в море, синтезируется при солнечном освещении из минеральных веществ и других компонентов фито­планктоном, в изобилии населяющим верхние слои водной толщи в океане. Неко­торые организмы, входящие в состав зоопланктона, поедают эти растения и в свою очередь являются источником пищи для более крупных животных, обитающих на большей глубине. Тех поедают более крупные животные, живущие еще глубже, и такая закономерность прослеживается до самого дна океана, где наиболее крупные беспозвоночные, например стеклянные губки, получают необходимые им питатель­ные вещества из остатков отмерших организмов — органического детрита, опуска­ющегося на дно из вышележащей толщи воды. Однако известно, что множество рыб и другие свободно передвигающиеся животные сумели приспособиться к экст­ремальным условиям высокого давления, низкой температуры и постоянной тем­ноты, характерных для больших глубин.

РЕСУРСЫ ОКЕАНА

По мере того как ресурсы планеты все с большим трудом удовлетворяют по­требности растущего населения, океан приобретает особое значение как источник пищи, энергии, минерального сырья и воды.

*Пищевые ресурсы океана.* В океанах ежегодно вылавливаются десятки милли­онов тонн рыбы, моллюсков и ракообразных. В некоторых частях океанов добыча с применением современных плавучих рыбозаводов ведется очень интенсивно. По­чти полностью истреблены некоторые виды китов. Продолжающийся интенсивный вылов может нанести сильный ущерб таким ценным промысловым видам рыбы, как тунец, сельдь, треска, морской окунь, сардина

*Рыбоводство.* Для разведения рыбы можно было бы выделить обширные участ­ки шельфа. При этом можно удобрять морское дно, чтобы обеспечить рост морских -■астений, которыми питается рыба.

*Минеральные ресурсы океанов.* Все минералы, которые находят на суше, присут­ствуют и в морской воде. Наиболее распространены там соли, магний, сера, каль­ций, калий, бром. Недавно океанологи обнаружили, что во многих местах дно океа­на буквально покрыто россыпью железомарганцевых конкреций с высоким содер­жанием марганца, никеля и кобальта. Найденные на мелководье фосфоритные кон­креции могут использоваться в качестве сырья для производства удобрений. В мор­ской воде присутствуют также такие ценные металлы, как титан, серебро и золото. В настоящее время в значительных количествах из морской воды добываются лишь соль, магний и бром.

*Нефть.* На шельфе уже сейчас разрабатывается ряд крупных месторождений нефти, например у берегов Техаса и Луизианы, в Северном море, Персидском зали­ве и у берегов Китая. Ведется разведка месторождений во многих других районах, например у берегов Западной Африки, у восточного побережья США и Мексики, у берегов арктической Канады и Аляски, Венесуэлы и Бразилии.

Океан — источник энергии. Океан является практически неистощимым источ­ником энергии.

*Энергия приливов.* Уже давно было известно, что приливные течения, проходя­щие через узкие проливы, можно использовать для Получения энергии в такой же степени, как водопады и плотины на реках. Так, например, в Сен-Мало во Франции с 1966 успешно действует приливная гидроэлектростанция.

Энергия волн также может использоваться для получения электроэнергии.

*Энергия термического градиента.* Почти три четверти солнечной энергии, по­ступающей на Землю, приходится на океаны, поэтому океан является идеальным гигантским накопителем тепла. Получение энергии, основанное на использовании разности температур поверхностных и глубинных слоев океана, могло бы прово­диться на крупных плавучих электростанциях. В настоящее время разработка та­ких систем находится в экспериментальной стадии. К другим ресурсам океана мож­но отнести жемчуг, который образуется в теле некоторых моллюсков; губки; водо­росли, использующиеся в качестве удобрений, пищевых продуктов и пищевых до­бавок, а также в медицине как источник йода, натрия и калия; залежи гуано — пти­чьего помета, добываемого на некоторых атоллах в Тихом океане и используемого в качестве удобрения. Наконец, опреснение позволяет получить из морской воды пресную

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Нефть и нефтепродукты

Нефть представляет собой вязкую маслянистую жидкость темно-коричневого цвета и обладающую слабой флуоресценцией. Нефть состоит преимущественно из насыщенных алифатических и гидроароматических углеводородов. Основные ком­поненты нефти — углеводороды (до 98%) — подразделяются на 4 класса.

1. *Парафины (алкены)* (до 90% от общего состава) — устойчивые вещества, мо­лекулы которых выражены прямой и разветвленной цепью атомов углерода. Лег­кие парафины обладают максимальной летучестью и растворимостью в воде.

2. *Циклопарафины* (30—60% от общего состава) — насыщенные циклические соединения с 5—6 атомами углерода в кольце. Кроме циклопентана и циклогексана в нефти встречаются бициклические и полициклические соединения этой группы. Эти соединения очень устойчивы и плохо поддаются биоразложению.

3. *Ароматические углеводороды* (20—40% от общего состава) — ненасыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие в кольце на 6 атомов водорода меньше, чем циклопарафины, В нефти присутствуют летучие соединения с молеку-лой в виде одинарного кольца (бензол, толуол, ксилол), затем бициклические (на­фталин), полуциклические (пирен).

4. *Олефины* (алкены) (до 10% от общего состава) — ненасыщенные нецикличес­кие соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле, имеющей прямую или разветвленную цепь.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющи­ми веществами в Мировом океане. К началу 80-х годов в океан ежегодно поступало около 6 миллионов тонн нефти, что составляло 0,23 % мировой добычи. Наибольшие потери нефти связаны с ее транспортировкой из районов добычи. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод — все это становится при­чиной наличия постоянных полей загрязнения на трассах морских путей. В период за 1962—1979 годы в результате аварий в морскую среду поступило около 2 миллионов тонн нефти. За последние годы пробурено около 2000 скважин в Мировом океане, из них только в Северном море 350 из 1000 промышленных скважин оборудовано. Из-за незначительных утечек ежегодно теряется 0,1 миллиона тонн нефти. Большие массы нефти поступают в моря по рекам, с бытовыми и ливневым стоками. Объем загрязнений из этого источника составляет 2,0 миллиона т/год. Со стоками промышленности ежегодно попадает 0,5 миллиона тонн нефти. Попадая в морскую среду, нефть сначала растекается в виде пленки, образуя слои различной мощности. По цвету пленки можно определить ее толщину.

Нефтяная пленка видоизменяет состав спектра и интенсивность проникнове- ния в воду света. Пропускание света тонкими пленками сырой нефти составлявляет 1—10% (280 нм), 60—70% (400 нм). Пленка толщиной 30—40 мкм полностью погло­щает инфракрасное излучение. Смешиваясь с водой, нефть формирует эмульсии двух типов: прямую — «нефть в воде» и обратную — «вода в нефти». Прямые эмуль­сии, составленные из капелек нефти диаметром до 0,5 мкм, менее устойчивы и характерны для нефти, которая содержит поверхностно-активные вещества. При удалении летучих фракций нефть образует вязкие обратные эмульсии, которые могут оставаться на поверхности, переноситься течением, выбрасываться на берег и оседать на дно.

**Пестициды**

*Пестициды —* это группа искусственно созданных веществ, которые использу­ются для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды разделяются на следующие группы: *инсектициды* — для борьбы с вредными насекомыми, *фунгици­ды* и *бактерициды —* для борьбы с бактериальными болезнями растений, *гербици­ды* — для борьбы с сорными растениями. Установлено, что пестициды, yничтoжaя вредителей, причиняют вред многим полезным организмам и подрывают здоровье биоценозов. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химичес­ких (загрязняющих среду) к биологическим (экологически чистым) методам борь­бы с вредителями. В настоящее время более 5 миллионов тонн пестицидов попадает на миро­вой рынок. Около 1,5 миллионов тонн этих веществ уже вошло в состав наземных и морских экосистем эоловым и водным путем. Промышленное производство пестицидов со­провождается возникновением большого количества побочных продуктов, загряз­няющих сточные воды. В водной среде чаще других встречаются представители инсектицидов, фунгицидов и гербицидов. Синтезированные инсектициды делятся на три основные *группы: хлорорганические, фосфорорганические* и *карбонаты.* Хлорорганические инсектициды получаются путем хлорирования ароматических и гетероциклических жидких углеводородов. К ним относятся ДДТ и его производные, в молекулах которых устойчивость алифатических и ароматических групп в совме­стном присутствии возрастает, всевозможные хлорированные производные хлородиена (элдрин). Эти вещества имеют период полураспада до нескольких десятков лет и очень устойчивы к биодеградации. В водной среде часто встречаются *полихлорбифенилы* — производные ДДТ без алифатической части, насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 миллионов тонн полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсато­ров. Полихлорбифенилы (ПХБ) оказываются в окружающей среде в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твердых отходов на свалках. Пос­ледний источник поставляет ПХБ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадка­ми выпадают во всех районах земного шара. Так, в пробах снега, взятых в Антаркти­де, содержание ПХБ составило 0,03— 1,2 кг/л.

Синтетические поверхностно-активные вещества

Детергенты (СПАВ) относятся к обширной группе веществ, которые понижают поверхностное натяжение воды. Они являются составляющими синтетических мо­ющих средств (CMC), широко применяемых в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду. CMC со­держат полифосфаты натрия, в.которых растворены детергенты, а также ряд доба­вочных ингредиентов, токсичных для водных организмов: ароматизирующие ве­щества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), кальцинированная сода, карбоксиметилцеллюлоза, силикаты натрия. В зависимости от природы и структу­ры гидрофильной части молекулы СПАВ делятся на *анионоактивные, катионоак-тивные, амфотеркые* и *неионогенные.* Последние не образуют ионов в воде. Наибо­лее распространенными среди СПАВ являются анионоактивные вещества. На их долю приходится более 50% всех производимых в мире СПАВ. Присутствие СПАВ в сточных водах промышленности связано,с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования. В сельском хозяйстве СПАВ применяются в со­ставе пестицидов.

Канцерогены

*Канцерогенные вещества* — это химически однородные соединения, проявля­ющие трансформирующую активность и способность порождать канцерогенные, тератогенные (нарушение процессов эмбрионального развития) или мутагенные изменения в организмах. В зависимости от условий воздействия они могут при­водить к ингибированию роста, ускорению старения, нарушению .индивидуального развития и изменению генофонда организмов. К веществам, обладающим канце­рогенными свойствами, относятся хлорированные алифатические углеводороды, винилхлорид и, в особенности, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Максимальное количество ПАУ в современных донных осадках Мирового океана i более 100 мкг/км массы сухого вещества) найдено в тектонически актив­ных зонах^ которые подвержены глубинному термическому воздействию. Основ­ные антропогенные источники ПАУ — это пиролиз органических веществ при сжигании различных материалов, древесины и топлива. *Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк,медь,мъшъяк)отиосятся* к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. Они широко при­меняются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединений Тяжелых металлов в промышлен­ных сточных водах довольно высокое. Большие массы этих соединений поступают в океан через атмосферу. Для морских биоценозов наиболее опасными являются ртуть, свинец и кадмий. Ртуть переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных и изверженных пород ежегодно выделя­ется 3,5 тыс. т ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т ртути, причем значительная часть — антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т/год) различными путями попадает в океан. В районах, загрязняемых промышленными водами, кон­центрация ртути в растворе и взвесях сильно увеличивается. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную метилртуть. Заражение морепро­дуктов неоднократно приводило к ртутному отравлению прибрежного населения. К1977 году насчитывалось 2800 жертв болезни Минамата, причиной стали отходы предприятий по производству хлорвинила и ацетальдегида, на которых в качестве катализатдра использовалась хлористая ртуть Недостаточно очищенные сточные воды предприятий попадали в залив Минамата. Свинец — типичный рассеянны\* элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных поро­дах, почзах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец ак­тивно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сго­рания. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу.

Сброс отходов в море с целью захоронения (дампинг)

Многие страны, которые имеют выход к морю, совершают морское захороне­ние различных материалов и веществ, в частности грунта, вынутого при дноуглу­бительных работах, бурового шлака, отходов промышленности, строительного му­сора, твердых отходов, взрывчатых и химических веществ, радиоактивных отходов. Объем захоронений составил около 10% от всей массы загрязняющих веществ, по­падающих, в Мировой океан. Основанием для дампинга в море служит возмож­ность морской среды перерабатывать большое количество органических и неорга­нических веществ без особого ущерба для воды. Однако эта способность не может быть беспредельной. Поэтому дампинг рассматривается Как вынужденная мера. В шлаках промышленных производств находятся разнообразные органические веще­ства и соединения тяжелых металлов. Бытовой мусор в среднем содержит (па мас­су сухого вещества) 32—40% органических веществ; 0,56% азота; 0,44% фосфора. 0,155% цинка; 0,085% свинца; 0,001% ртути; 0,001% кадмия. Во время сброса и про­хождения материала сквозь столб воды часть загрязняющих веществ переходит в раствор, изменяя качество воды, другая сорбируется частицами взвеси и перехо­дит в донные отложения. Одновременно увеличивается мутность воды. Наличие органических веществ часто приводит к быстрому расходованию кислорода в воде и нередко к его полному исчезновению, растворению взвесей, накоплению метал-лов в растворенной форме, появлению сероводорода. Присутствие большого ко­личества органических веществ создает в грунтах устойчивую восстановительную среду, в которой возникает особый тип иловых вод, содержащих сероводород, ам­миак, ионы металлов. Воздействию сбрасываемых материалов в разной степени подвергаются организмы бентоса и др. В случае образования поверхностных пле­нок, содержащих нефтяные углеводороды и СПАВ, нарушается газообмен на гра­нице воздух — вода. Загрязняющие вещества, попадающие в раствор, могут акку­мулироваться в тканях и органах гидробионтов и оказывать токсическое воздей­ствие на них. Сброс материалов дампинга на дно и длительная повышенная мут­ность придонной воды приводят к гибели от удушья малоподвижные формы бен­тоса. У выживших рыб, моллюсков и ракообразных сокращается скорость роста за счет ухудшения условий питания и дыхания. Нередко изменяется видовой состав данного сообщества. При организации системы контроля за сбросами отходов в море решающее значение имеет определение районов дампинга, динамики загряз­нения морской воды и донных отложений. Для выявления возможных объемов сброса в море необходимо проводить расчеты всех загрязняющих веществ в соста­ве материального сброса.

Тепловое загрязнение

Тепловое загрязнение поверхности водоемов и прибрежных морских акваторий появляется в результате сброса нагретых сточных вод электростанциями и некото­рыми промышленными производствами. Сброс нагретых вод во многих случаях становится причиной повышения температуры воды в водоемах на 6—8 градусов Цельсия. Площадь пятен нагретых вод в прибрежных районах может достигать 30 кв. км. Более устойчивая температурная стратификация препятствует водообме­ну поверхностного и донного слоев. Растворимость кислорода снижается, а потреб­ление его возрастает, поскольку с ростом температуры увеличивается активность аэробных бактерий, разлагающих органическое вещество. Увеличивается видовое разнообразие фитопланктона и всей флоры водорослей.