**Водоросли**

Водоросли (Algae), обширная и неоднородная группа примитивных, напоминающих растения организмов. За немногими исключениями, они содержат зеленый пигмент хлорофилл, который необходим для питания путем фотосинтеза, т.е. синтеза глюкозы из диоксида углерода и воды. Очень редко встречаются бесцветные водоросли, но во многих случаях зеленый хлорофилл маскируется у них пигментами другого цвета. Фактически среди тысяч видов, входящих в эту группу, можно найти формы, окрашенные в любой из тонов солнечного спектра. Хотя водоросли иногда относят к наиболее примитивным организмам, это мнение можно принять лишь с существенными оговорками. Действительно, у многих из них отсутствуют сложные ткани и органы, сравнимые с хорошо известными у семенных растений, папоротниковидных и даже у мхов и печеночников, однако все процессы, необходимые для роста, питания и размножения их клеток, весьма, если не полностью, сходны с происходящими в растениях. Таким образом, физиологически водоросли достаточно сложны.

Водоросли – самые многочисленные, самые важные для планеты и шире всего распространенные фотосинтезирующие организмы. Их много повсюду – в пресных водах, на суше и в морях, чего нельзя сказать, например, о печеночниках, мхах, папоротниковидных или семенных растениях. Невооруженным глазом водоросли часто можно наблюдать в виде мелких или крупных пятен зеленой или иначе окрашенной пены («тины») на поверхности воды. На почве или древесных стволах они обычно выглядят как зеленая или сине-зеленая слизь. В море слоевища крупных водорослей (макрофитов) напоминают красные, бурые и желтые блестящие листья различной формы.

Морфология и анатомия. Размеры водорослей широко варьируют – от микроскопических форм диаметром или длиной в тысячные доли сантиметра до морских гигантов длиной более 60 м. Многие водоросли – одноклеточные или состоят из нескольких клеток, образующих рыхлые агрегаты. Некоторые представляют собой строго организованные колонии клеток, но есть и настоящие многоклеточные организмы. Клетки могут соединяться торцами, образуя цепочки и нити – как ветвистые, так и неветвистые. Вся структура в целом иногда выглядит как маленький диск, трубка, булава и даже дерево, а иногда напоминает ленту, звезду, лодочку, шар, лист или пучок волос. Поверхность клеток может быть гладкой, или же покрытой сложным узором из шипов, сосочков, ямок и гребней.

У большинства водорослей клетки по общему строению сходны с зелеными клетками растений, например кукурузы или томата. Жесткая клеточная стенка, состоящая в основном из целлюлозы и пектиновых веществ, окружает протопласт, в котором различают ядро и цитоплазму с включенными в нее особыми органоидами – пластидами. Самые важные из них – хлоропласты, содержащие хлорофилл. В клетке также имеются заполненные жидкостью полости – вакуоли, которые содержат растворенные питательные вещества, минеральные соли и газы. Однако такая структура клетки свойственна не всем водорослям. У диатомовых одним их важнейших составляющих клеточной стенки является кремнезем, создающий как бы стеклянный панцирь. Зеленый цвет хлоропластов часто маскируется другими веществами, обычно – пигментами. У небольшого числа водорослей жесткой клеточной стенки нет совсем.

Локомоция. Многие водные вегетативные клетки и колонии водорослей, а также некоторые типы их репродуктивных клеток движутся довольно быстро. Они снабжены одним или несколькими бичевидными придатками – жгутиками, биение которых проталкивает их сквозь толщу воды. Некоторые лишенные клеточной стенки водоросли способны вытягивать вперед части своего тела, подтягивать к ним остальные и за счет этого «ползти» по твердым поверхностям. Такое движение называется амебоидным, поскольку примерно так же перемещаются всем известные амебы. Прямолинейная или зигзагообразная локомоция диатомовых – обладателей твердой клеточной стенки, – вероятно, обусловлена токами воды, создаваемыми различными струйчатыми движениями их цитоплазмы. Скольжение, ползание, волнообразное перемещение более или менее жестко прикрепленных к субстрату водорослей обычно сопровождается образованием и разжижением слизи.

Размножение. Почти все одноклеточные водоросли способны размножаться простым делением. Клетка делится надвое, обе дочерние клетки – тоже, и этот процесс в принципе может идти до бесконечности. Поскольку клетка погибает только в результате «несчастного случая», можно говорить о своего рода бессмертии. Особый случай – клеточное деление у диатомовых. Их панцирь состоит из двух половинок (створок), входящих друг в друга, как две части мыльницы. Каждая дочерняя клетка получает одну родительскую створку, а вторую достраивает сама. В результате у диатомеи одна створка может быть новой, а вторая – полученной в наследство от далекого предка. Протопласт некоторых вегетативных клеток способен разделяться с образованием подвижных или неподвижных спор. Из них после длительного или короткого периода покоя развивается зрелая водоросль. Это одна из форм бесполого размножения. При половом размножении у водорослей формируются мужские и женские половые клетки (гаметы). Мужская гамета сливается с женской, т.е. происходит оплодотворение, и образуется зигота. Последняя, обычно после периода покоя, длящегося в зависимости от вида водорослей от нескольких недель до нескольких лет, начинает расти и дает в конечном итоге взрослую особь. Гаметы сильно варьируют по размерам, форме и подвижности. У некоторых водорослей мужская и женская гаметы структурно сходны, а у других четко различаются, т.е. представляют собой спермии и яйцеклетки. Таким образом, половое размножение водорослей имеет множество форм и уровней сложности.

**Распространение и экология**

Водные водоросли. На планете трудно найти место, где не было бы водорослей. Обычно их считают водными организмами, и, действительно, подавляющее большинство водорослей обитает в лужах и прудах, реках и озерах, морях и океанах, причем в определенные сезоны они могут становиться там очень обильными. Водоросли прикрепляются к скалам, камням, кускам древесины, к водным растениями или же свободно плавают, составляя часть планктона. Временами эта их взвесь, включающая миллиарды микроскопических форм, достигает консистенции горохового супа, заполняя собой обширные пространства озер и морей. Такое явление называют «водорослевым цветением» воды. Глубина, на которой можно встретить водоросли, зависит от прозрачности воды, т.е. ее способности пропускать необходимый для фотосинтеза свет. Большинство водорослей сосредоточено в поверхностном слое толщиной несколько дециметров, однако некоторые зеленые и красные водоросли встречаются и на значительно большей глубине. Отдельные виды способны расти в океане на глубине 60–90 м. Некоторые водоросли, даже вмерзнув в лед, могут сохранять в состоянии анабиоза жизнеспособность на протяжении многих месяцев.

Почвенные водоросли. Несмотря на свое название, водоросли встречаются не только в воде. Например, их очень много в почве. В 1 г хорошо унавоженной почвы можно обнаружить ок. 1 млн. их отдельных экземпляров. Те, что сосредоточены на поверхности почвы и непосредственно под ней, питаются путем фотосинтеза. Прочие живут в темноте, бесцветны и поглощают растворенную пищу из окружающей среды, т.е. являются сапрофитами. Основная группа почвенных водорослей – диатомовые, хотя местами в этой среде обитания обильны также зеленые, желто-зеленые и золотистые водоросли.

Снежные водоросли в больших количествах часто встречаются во льдах и снегах арктической и антарктической пустынь, а также альпийских высокогорий. В холодных полярных морях они растут столь же хорошо, как и в горячих источниках. Так называемый «красный снег» – результат присутствия в нем микроскопических водорослей. Снежные водоросли бывают окрашены в красный, зеленый, желтый и бурый цвет.

Другие типы водорослей. Водоросли живут и во многих других местообитаниях, иногда весьма необычных. Они встречаются, например, на поверхности или внутри водных и наземных растений. Поселяясь в тканях многих тропических и субтропических видов, они растут здесь настолько активно, что могут повреждать их листья: у чайного куста такая болезнь называется «ржавчиной». В умеренном климате водоросли часто покрывают зеленым налетом кору деревьев, обычно с затененной стороны. Некоторые зеленые водоросли образуют симбиотические ассоциации с определенными грибами; такие ассоциации представляют собой особые, вполне самостоятельные организмы, называемые лишайниками. Ряд мелких форм растет на поверхности и внутри более крупных водорослей, а один род зеленых водорослей – только на панцире черепах. Зеленые и красные водоросли встречаются в волосяных фолликулах трехпалых ленивцев, населяющих дождевые тропические леса Центральной и Южной Америки. Растут водоросли и на теле рыб и ракообразных. Возможно, некоторые плоские черви и кишечнополостные могут вообще не заглатывать пищу, поскольку получают ее от зеленых водорослей, обитающих в их теле.

Лимитирующие экологические факторы. Хотя водоросли встречаются практически везде, для жизни каждому их виду необходимо определенное сочетание освещенности, влажности и температуры, наличие необходимых газов и минеральных солей. Для фотосинтеза нужны свет, вода и диоксид углерода. Некоторые водоросли переносят значительные периоды почти полного высыхания, однако для роста им все равно требуется вода, служащая единственной средой обитания для подавляющего большинства форм. Содержание кислорода и СО2 в водоемах сильно варьирует, однако водорослям их обычно вполне хватает. Большие количества водорослей в мелких водоемах иногда за ночь расходуют столько кислорода, что вызывают массовый замор рыбы: ей становится нечем дышать. Для роста водорослей необходимы растворенные в воде соединения азота и многих других химических элементов. Концентрация этих минеральных солей в толще воды гораздо ниже, чем во многих почвах, но целому ряду видов ее, как правило, достаточно для массового развития. Иногда рост водорослей резко ограничивается из-за недостатка одного-единственного элемента: диатомовые, например, редки в воде, содержащей мало силикатов.

Делались попытки разделить водоросли на экологические группы: водные, почвенные, снежные или накоровые формы, эпибионты и т.д. Некоторые водоросли растут и размножаются только в строго определенное время года, т.е. могут считаться однолетниками; другие – многолетники, у которых лишь размножение приурочено к определенному времени. Ряд одноклеточных и колониальных форм завершает вегетативную и репродуктивную фазы своего жизненного цикла всего за несколько дней. Все эти феномены, безусловно, связаны не только с наследственностью организмов, но и с различными факторами окружающей их среды, однако выяснение точных взаимосвязей внутри намечающихся экологических групп водорослей – дело будущего.

**Водоросли в прошлом**

Вполне вероятно, что некоторые формы водорослей существовали уже в древнейшие геологические эпохи. Многие из них, судя по современным видам, не могли из-за особенностей своего строения (отсутствия твердых частей) оставить окаменелостей, поэтому сказать, какими точно они были, невозможно. Ископаемые формы основных нынешних групп водорослей, кроме диатомовых и нескольких других, известны с палеозоя (570–245 млн. лет назад). Наиболее обильными в ту эпоху, вероятно, были зеленые, бурые, красные и харовые водоросли, обитавшие в морях и океанах. Косвенное свидетельство раннего появления на нашей планете водорослей – научно доказанное существование в палеозое множества морских животных, которые должны были питаться органикой. Первичным ее источником для них скорее всего служили фотосинтезирующие водоросли, потребляющие только минеральные вещества.

Ископаемые диатомовые водоросли. Ископаемые диатомовые водоросли (диатомеи) в виде особой горной породы – т.н. диатомита – обнаружены во многих регионах. Диатомит бывает как морского, так и пресноводного происхождения. В Калифорнии, например, находится его залежь площадью примерно 30 км2 и мощностью почти 400 м. Она состоит почти исключительно из панцирей диатомей. В 1 см3 диатомита их насчитывается до 650 000.

Эволюция водорослей. Многие группы водорослей, похоже, мало изменились со времени своего возникновения. Впрочем, определенные их виды, некогда весьма обильные, сейчас вымерли. Крупных колебаний в видовом разнообразии и общей численности водорослей на протяжении истории Земли, насколько известно, не было. Водные местообитания за многие миллионы лет менялись слабо, и современные формы водорослей существуют, безусловно, уже очень долго. Маловероятно, что какая-либо крупная группа водорослей появилась позже палеозоя или раннего мезозоя (240 млн. лет назад).

**Экономические аспекты**

Причиняемый вред. Некоторые водоросли наносят экономический ущерб или по крайней мере доставляют большие неприятности. Они загрязняют источники воды, часто придавая ей неприятный вкус и запах. Некоторые массово размножившиеся виды вполне можно идентифицировать по специфическому для них «аромату». К счастью, теперь существуют т.н. альгициды – вещества, эффективно убивающие водоросли и при этом не ухудшающие качества питьевой воды. Для борьбы с водорослями в рыбоводных прудах используют и такие меры, как повышение «проточности» системы, ее затенение и взмучивание. Раки, например, поддерживают мутность воды, достаточную для того, чтобы сильно замедлить рост водорослей. Некоторые водоросли, особенно в периоды своего «цветения», портят места, отведенные для купания. Многие морские макрофиты во время штормов отрываются от субстрата и выбрасываются волнами и ветром на пляж, буквально заваливая его своей гниющей массой. В их плотных скоплениях могут запутываться мальки рыб. Несколько видов водорослей, попадая в организм животных, вызывают отравления, иногда смертельные. Другие оказываются сущим бедствием в теплицах или повреждают листья растений.

Полезность водорослей. У водорослей множество полезных свойств.

Пища для водных животных. Водоросли можно считать первичным источником пищи для всех водных животных. Благодаря присутствию хлорофилла они синтезируют из неорганических веществ органические. Рыбы и другие водные животные потребляют эту органику непосредственно (поедая водоросли) или косвенно (поедая других животных), поэтому водоросли можно считать первым звеном почти всех пищевых цепей в водоемах.

Пища для человека. Во многих странах, особенно на Востоке, люди используют в пищу несколько видов крупных водорослей. Питательная ценность их невелика, однако содержание витаминов и минеральных веществ в такой «зелени» может быть довольно высоким.

Источник агара. Из некоторых моских водорослей получают агар – студенистое вещество, используемое для приготовления желе, мороженого, крема для бритья, салатов, эмульсий, слабительных средств, а также для выращивания микроорганизмов в лабораториях.

Диатомит. Диатомит применяется в составе абразивных порошков и фильтров, а также служит теплоизоляционным материалом, заменяющим асбест.

Удобрение. Водоросли – ценное удобрение, и морские макрофиты с давних времен используются для подкормки растений. Почвенные водоросли могут во многом определять плодородие участка, а развитие на голых камнях лишайников считается первой стадией почвообразовательного процесса.

Водорослевые культуры. Биологи уже давно выращивают водоросли в лабораториях. Сначала их выращивали в маленьких прозрачных чашках с прудовой водой на солнечном свету, а в последнее время применяют для этого особые культуральные среды с определенным количеством минеральных солей и специальных ростовых веществ, а также регулируемые источники искусственного света. Обнаружено, что для оптимального развития некоторых водорослей необходимы весьма специфические условия. Изучение таких лабораторных культур необыкновенно расширило наши знания о росте, питании и размножении этих организмов, а также об их химическом составе. Сейчас в разных странах уже построены опытные установки, представляющие собой своего рода огромные аквариумы. На них в строго контролируемых условиях с использованием сложной аппаратуры проводятся эксперименты для выяснения перспектив использования водорослевых культур. В результате доказано, что продукция сухого вещества водорослей на единицу площади может быть гораздо выше, чем у нынешних сельскохозяйственных растений. Некоторые из использованных видов, например одноклеточная зеленая водоросль хлорелла (Chlorella), дают «урожай», содержащий до 50% пригодного в пищу белка. Не исключено, что будущие поколения людей, особенно в густонаселенных странах, станут использовать искусственно выращенные водоросли.

**Классификация водорослей**

В прошлом водоросли считались примитивными растениями (без специализированных проводящих, или сосудистых, тканей); их выделяли в подотдел водорослей (Algae), который вместе с подотделом грибов (Fungi) составлял отдел талломных (слоевцовых), или низших растений (Thallophyta), – один из четырех отделов царства растений (некоторые авторы вместо термина «отдел» пользуются зоологическим термином «тип»). Далее водоросли разделяли по цвету – на зеленые, красные, бурые и др. Цвет – достаточно прочная, но не единственная основа для общей классификации этих организмов. Более существенны для выделения различных групп водорослей типы формирования их колоний, способы размножения, особенности хлоропластов, клеточной стенки, запасных веществ и т.п. Старые системы обычно признавали около десяти таких групп, считавшихся классами. Одна из современных систем относит к «водорослям» (этот термин утратил классификационное значение) восемь типов (отделов) царства протистов (Protista); впрочем, такой подход признается не всеми учеными.

Зеленые водоросли составляют отдел (тип) Chlorophyta царства протистов. Обычно они цвета зеленой травы (хотя окраска может варьировать от бледно-желтой до почти черной), а фотосинтетические пигменты у них такие же, как у обычных растений. Большинство – микроскопические пресноводные формы. Многие виды растут на почве, образуя на ее влажной поверхности напоминающие войлок налеты. Бывают одно- и многоклеточными, образуют нити, шаровидные колонии, листовидные структуры и т.д. Клетки подвижные (с двумя жгутиками) или неподвижные. Половое размножение – разных уровней сложности в зависимости от вида. Видов описано несколько тысяч. Клетки содержат ядро и несколько четко оформленных хлоропластов. Один из хорошо известных родов – плеврококк (Pleurococcus), одноклеточная водоросль, образующая зеленые налеты, часто наблюдаемые на коре деревьев. Широко распространен род Spirogyra – нитчатые водоросли, образующие длинные волокна тины в ручьях и холодных речках. Весной они плавают в виде липких желтовато-зеленых скоплений на поверхности прудов. Cladophora растет в виде мягких, сильно ветвящихся «кустиков», прикрепляющихся к камням у берегов рек. Basiocladia образует зеленый налет на спине пресноводных черепах. Состоящая из многих клеток водяная сеточка (Hydrodictyon), обитающая в стоячих водах, по строению действительно напоминает «авоську». Десмидиевые – одноклеточные зеленые водоросли, предпочитающие мягкую болотную воду; их клетки отличаются причудливой формой и красиво орнаментированной поверхностью. У некоторых видов клетки соединены в нитчатые колонии. У свободноплавающей колониальной водоросли Scenedesmus серповидные или продолговатые клетки объединены в короткие цепочки. Этот род обычен в аквариумах, где его массовое размножение приводит к появлению в воде зеленого «тумана». Самая крупная зеленая водоросль – морской салат (Ulva), макрофит листовидной формы.

Красные водоросли (багрянки) составляют отдел (тип) Rhodophyta царства протистов. Большинство из них – морские листовидные, кустистые или корковые макрофиты, обитающие ниже линии отлива. Цвет их преимущественно красный из-за присутствия пигмента фикоэритрина, но может быть пурпурным или синеватым. Некоторые багрянки встречаются в пресной воде, главным образом в ручьях и прозрачных быстрых речках. Batrachospermum – студенистая на ощупь сильно ветвистая водоросль, состоящая из буроватых или красноватых похожих на бусины клеток. Lemanea – щетковидная форма, часто растущая в быстро текущих речках и водопадах, где ее талломы прикрепляются к камням. Audouinella – нитчатая водоросль, встречающаяся в мелких речках. Ирландский мох (Chondrus cripus) – обычный морской макрофит. Багрянки не образуют подвижных клеток. Их половой процесс очень сложен, и один жизненный цикл включает несколько фаз.

Бурые водоросли составляют отдел (тип) Phaeophyta царства протистов. Почти все они – обитатели моря. Лишь немногие виды микроскопические, а среди макрофитов встречаются самые крупные водоросли в мире. К последней группе относятся ламинарии, макроцистисы, фукусы, саргассумы и лессонии («морские пальмы»), наиболее обильные по побережьям холодных морей. Все бурые водоросли многоклеточные. Цвет их варьирует от зеленовато-желтого до темно-коричневого и обусловлен пигментом фукоксантином. Половое размножение связано с образованием подвижных гамет с двумя боковыми жгутиками. Экземпляры, образующие гаметы, часто совершенно не похожи на организмы того же вида, размножающиеся только спорами.

Диатомовые водоросли (диатомеи) объединяют в класс Bacillariophyceae, который в используемой здесь классификации входит вместе с золотистыми и желто-зелеными водорослями в отдел (тип) Chrysophyta царства протистов. Диатомеи – весьма обширная группа одноклеточных морских и пресноводных видов. Окраска их от желтой до бурой из-за присутствия пигмента фукоксантина. Протопласт диатомей защищен коробчатой кремнеземной (стеклянной) оболочкой – панцирем состоящим из двух створок. Твердая поверхность створок часто покрыта характерным для вида сложным узором из штрихов, бугорков, ямок и гребней. Эти панцири – одни из самых красивых микроскопических объектов, а четкость различения их узора используется иногда для проверки разрешающей силы микроскопа. Обычно створки пронизаны порами или имеют щель, называемую швом. В клетке находится ядро. Помимо деления клеток надвое известно и половое размножение. Многие диатомеи – свободноплавающие формы, но некоторые прикреплены к подводным объектам слизистыми ножками. Иногда клетки объединяются в нити, цепочки или колонии. Различают два типа диатомей: перистые с удлиненными двусторонне-симметричными клетками (они наиболее обильны в пресных водах) и центрические, клетки которых, если смотреть со створки, выглядят округлыми или многоугольными (их больше всего в морях).

Как уже упоминалось, панцири этих водорослей сохраняются после смерти клеток и оседают на дно водоемов. С течением времени мощные их скопления уплотняются в пористую горную породу – диатомит.

Жгутиковые. Эти организмы в связи с их способностью к «животному» питанию и рядом других важных признаков сейчас нередко относят к подцарству простейших (Protozoa) царства протистов, однако их можно рассматривать и в качестве не входящего в Protozoa отдела (типа) Euglenophyta того же царства. Все жгутиковые одноклеточные и подвижные. Клетки – зеленые, красные или бесцветные. Некоторые виды способны к фотосинтезу, тогда как другие (сапрофиты) поглощают растворенную органику или даже заглатывают твердые ее частицы. Половое размножение известно лишь у некоторых видов. Обычный обитатель прудов – Euglena, зеленого цвета водоросль с красным «глазком». Она плавает с помощью единственного жгутика, способна как к фотосинтезу, так и к питанию готовой органикой. В конце лета Euglena sanguinea может окрашивать прудовую воду в красный цвет.

Динофлагеллаты. Эти одноклеточные жгутиковые организмы тоже часто причисляют к простейшим, но их можно выделять и в самостоятельный отдел (тип) Pyrrophyta царства протистов. Они в основном желто-бурые, но бывают и бесцветными. Клетки их обычно подвижны; клеточная стенка у некоторых видов отсутствует, а иногда бывает весьма причудливой формы. Половое размножение известно лишь у немногих видов. Морской род Gonyaulax – одна из причин «красных приливов»: у побережий он бывает настолько обилен, что вода приобретает несвойственный ей цвет. Эта водоросль выделяет токсичные вещества, иногда приводящие к гибели рыбы и моллюсков. Некоторые динофлагеллаты вызывают фосфоресценцию воды в тропических морях.

Золотистые водоросли входят наряду с другими в отдел (тип) Chrysophyta царства протистов. Цвет их желто-бурый, а клетки бывают подвижными (жгутиковыми) или неподвижными. Размножение бесполое с образованием пропитанных кремнеземом цист.

Желто-зеленые водоросли сейчас принято объединять с золотистыми в отдел (тип) Chrysophyta, но можно считать их и самостоятельным отделом (типом) Xanthophyta царства протистов. По форме они сходны с зелеными водорослями, но отличаются преобладанием специфических желтых пигментов. Их клеточные стенки иногда состоят из двух входящих одна в другую половинок, причем у нитчатых видов эти створки в продольном сечении Н-образные. Половое размножение известно лишь у немногих форм.

Харовые (лучицы) – многоклеточные водоросли, составляющие отдел (тип) Charophyta царства протистов. Окраска их варьирует от серовато-зеленой до серой. Клеточные стенки часто инкрустированы карбонатом кальция, поэтому отмершие остатки харовых участвуют в образовании отложений мергеля. У этих водорослей есть цилиндрическая, напоминающая стебель главная ось, от которой мутовками отходят боковые отростки, похожие на листья растений. Растут харовые вертикально на мелководье, достигая в высоту 2,5–10 см. Размножение половое. Харовые вряд ли близки к какой-либо из перечисленных выше групп, хотя некоторые ботаники считают, что они произошли от зеленых водорослей.