

Тема 30 Цианобактерии (сине-зеленые водоросли)

Материал. Осциллятория, носток и другие сине-зеленые водоросли в банке с водой, постоянные препараты этих же водорослей, микроскопы, препаровальные иглы.

Общие замечания

Цианобактерии живут в стоячей воде прудов и других, преимущественно пресных, водоемов, встречаются и на почве. Они теплолюбивы, но способны переносить промерзание, могут жить и развиваться при высоких температурах в горячих источниках. В летнее время при массовом развитии вызывают «цветение» воды в прудах и озерах: вода приобретает голубовато-зеленую окраску, неприятный запах и вкус.

Цианобактерии представляют собой одноклеточные, нитчатые и колониальные организмы. Они имеют разнообразную окраску, которая зависит от пигментов, в частности от пигмента фикоциана, который сопутствует хлорофиллу. Кроме этих пигментов может присутствовать красный пигмент – фикоэритрин и оранжевый – каротин. Пигменты в различном сочетании окрашивают водоросли, кроме сине-зеленого цвета, в оливковый, розовый и даже фиолетовый.

Цианобактерии отличаются примитивным строением клеток. Клетки имеют довольно толстые многослойные клеточные стенки, основной компонент которых – муреин. Клеточные стенки обычно одеты слизистым чехлом, предохраняющим их от высыхания. В клетках протопласт занимает все пространство, сформированное ядро и вакуоли отсутствуют. Пигменты пропитывают интенсивнее наружный слой цитоплазмы, отчего он получил название *хроматоплазмы*. В центральной части цитоплазмы, называемой *центроплазмой*, скапливается ядерное вещество. В процессе фотосинтеза цианобактерии не образуют крахмала, запасным веществом их является *гликоген* – полисахарид, который встречается у животных.

Вегетативное размножение происходит примитивным способом, путем деления клеток пополам, поэтому эти водоросли размножаются очень быстро. Деление нитчатых форм происходит путем разрыва водоросли на отдельные части. Разделившиеся части, или отрезки, называются *гормогониями*. У некоторых нитчатых сине-зеленых водорослей перед разрывом образуются особые пустые и крупные клетки – *гетероцисты*, по которым происходит разрыв нити. При неблагоприятных условиях некоторые водоросли могут образовывать споры. В спорах

накапливается запас питательных веществ, они покрываются толстой оболочкой и в таком состоянии способны переносить высыхание, сильные морозы и другие неблагоприятные условия. Размножения этих водорослей половым путем не происходит. Сине-зеленые водоросли по строению клеток очень близки к бактериям и сильно отличаются от других водорослей. Представителями сине-зеленых водорослей является хлорококк, осциллятория, носток и др. (рисунок 96).

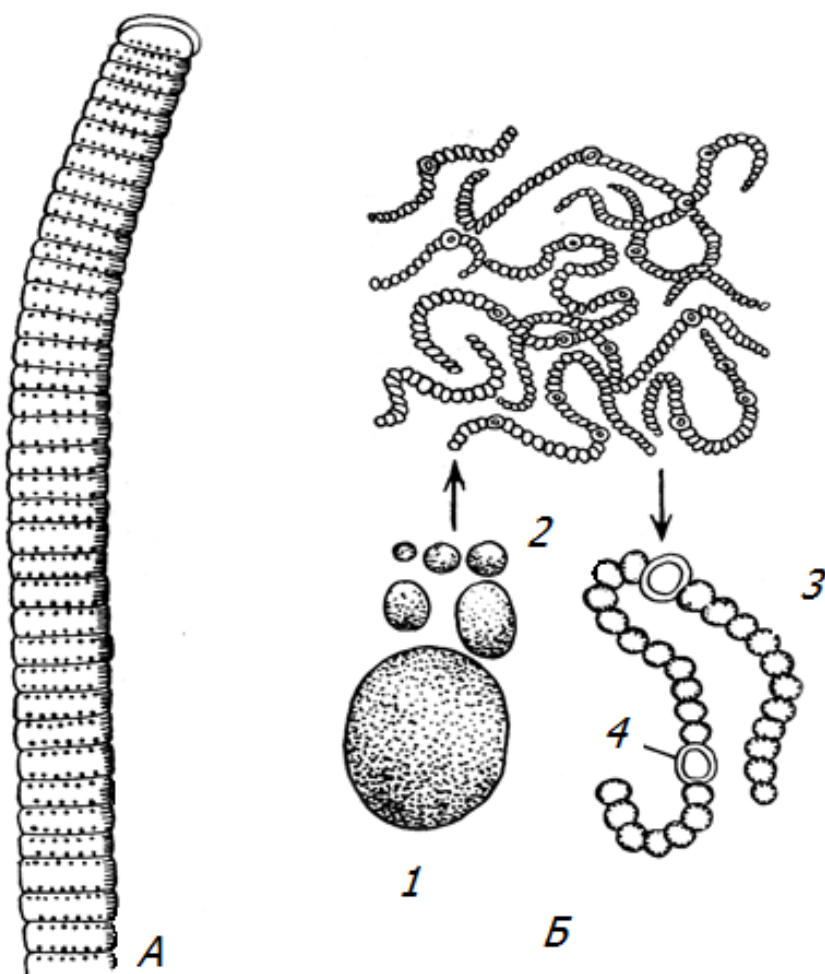


Рисунок 96 – Цианобактерии: А – Осциллятория; Б – Носток:
1 – общий вид; 2 – вид при малом увеличении; 3 –
нить при большом увеличении; 4 – гетероциста

Задания

1. Дайте сравнительную характеристику клеток прокариот и эукариот. Заполните таблицу 9.

Таблица 9 – Сравнительная характеристика клеток прокариот и эукариот

Основные признаки	Прокариоты	Эукариоты
Наличие или отсутствие ядра		
Место локализации пигментов, связанных с фотосинтезом		
Половой процесс		
Вакуолярная система		
Химический состав клеточных стенок		

2. Ознакомиться со строением клетки сине-зеленой водоросли, рассмотрев в микроскоп, каплю аквариумной воды. Зарисовать в альбоме и сделать условные обозначения.

3. Дайте характеристику важнейших родов цианобактерий:

а) Осциллятория –

б) Носток –

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности ядерного и фотосинтетического аппаратов сине-зеленых водорослей?

2. Наличие каких пигментов обуславливает их окраску?

3. Как размножаются сине-зеленые водоросли?

4. Что такое миксотрофное питание?

5. Где встречаются сине-зеленые водоросли и какое имеют практическое значение?

Тема 31 Водоросли

Отдел Зеленые водоросли

Материал. Живые водоросли: хламидомонада, спирогира, выращенные в банке с водой. Постоянные микропрепараты зеленых водорослей.

Общие замечания

Они обитают в реках, прудах, озерах, в канавах и лужах, куда проникают лучи солнца, часто развиваются на сырой почве, на стволах деревьев. Некоторые зеленые водоросли живут в морях и океанах, где служат кормом для животных. Этот отдел включает одноклеточные,

колониальные и многоклеточные водоросли. Все они содержат пигменты – хлорофилл *a* и *b* и каротиноиды – и делятся на три класса: равножгутиковые водоросли; конъюгаты, или сцеплянки, харовые.

1 класс – равножгутиковые водоросли. В цикле своего развития равножгутиковые водоросли имеют более или менее длительную фазу клеток с двумя одинаковыми жгутиками. Отсюда произошло и название класса, который включает пять порядков: 1) вольвоксовые; 2) хлорококковые, или протококковые; 3) улотриксковые; 4) кладофоровые; 5) сифоновые.

1-й порядок – вольвоксовые водоросли. Водоросли, подвижны в течение всей вегетативной жизни. Представитель одноклеточная водоросль – *хламидомонада*. Она встречается в лужах и канавах, особенно в загрязненной воде. Форма ее яйцевидная. На переднем конце имеется носик (рисунок 97).

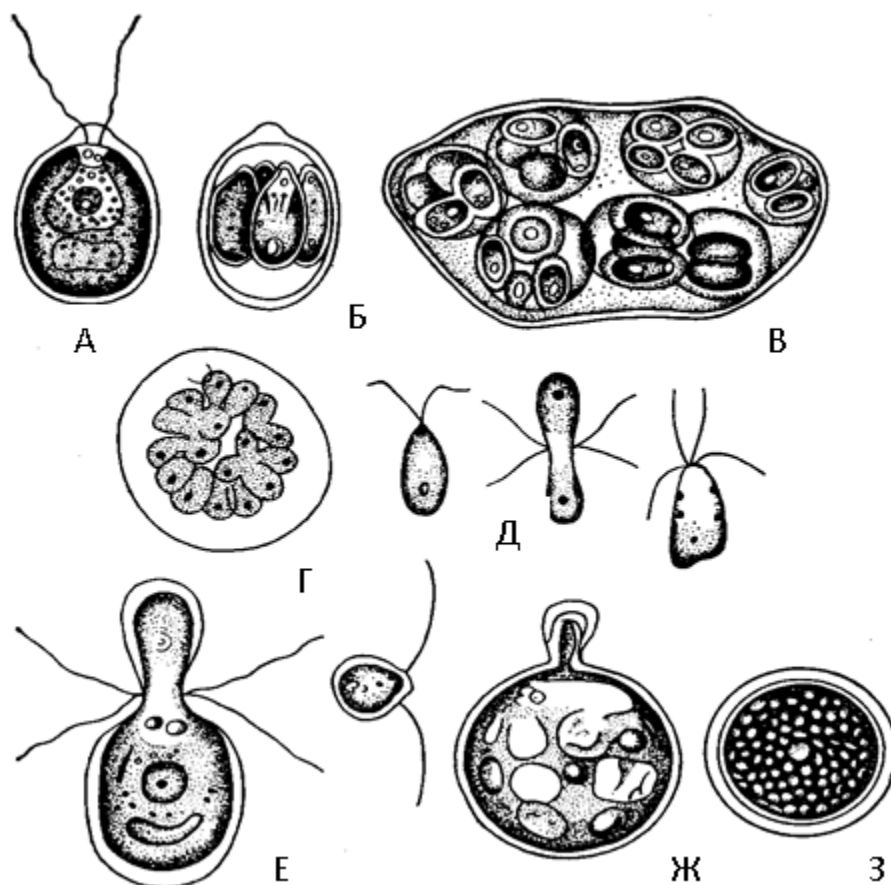


Рисунок 97 – Хламидомонада: А – одноклеточный таллом; Б – образование зооспор; В – пальмеллевидное состояние; Г – образование изогамет; Д – изогамия; Е – гетерогамия; Ж – оогамия; З – зигота

Хламидомонада имеет одно ядро, цитоплазму, чашеобразный хроматофор с пиреноидом и две вакуоли. От носика отходят два одинаковых жгутика, благодаря движению которых передвигается вся водоросль.

Хламидомонада имеет также красный глазок, ориентирующий ее движение под действием света. Глазок окрашен пигментом, близким к каротину. Оболочка хламидомонады состоит из пектиновых веществ и гемицеллюлозы.

У представителей рода хламидомонад наблюдаются все способы размножения: вегетативное, бесполое и половое. Вегетативное происходит путем деления клетки по типу митоза. Бесполое размножение осуществляется следующим образом: хламидомонада останавливается, теряет жгутики, ядро ее делится и затем образуется две-четыре, а иногда восемь зооспор. У них возникают оболочка и жгутики. После ослизнения материнской клетки дочерние хламидомонады освобождаются и начинают самостоятельное существование.

При неблагоприятных условиях хламидомонады претерпевают изменения: теряют жгутики, выделяют слизь, но вместе с тем делятся. Когда условия изменяются, они становятся подвижными.

У разных видов хламидомонады наблюдаются разные способы полового размножения. Наиболее простой – *изогамия*. Он заключается в слиянии одинаковых по форме и величине, но физиологически различных – плюс и минус (+ и –) гамет (половых клеток), которые образуются путем деления хламидомонад. Гаметы похожи на зооспоры, но размер их меньше. Из одной особи хламидомонады образуется 8–16, а иногда 32–64 гаметы (изогаметы).

При *гетерогамии* сливаются гаметы, отличающиеся своей величиной, но одинаковые по форме (гетерогаметы). Женские гаметы крупнее мужских и менее подвижны.

Оогамия заключается в слиянии крупной, неподвижной (без жгутиков) женской клетки – яйцеклетки с очень маленькой подвижной мужской половой клеткой – сперматозоидом. Клетка, в которой образуются сперматозоиды, называется антеридием, а в которой образуются яйцеклетки – оогонием. Во всех случаях при слиянии двух гаплоидных гамет образуется зигота с двойным набором хромосом, т. е. диплоидная.

Зигота покрывается многослойной целлюлозной оболочкой. В ней накапливаются питательные вещества и *гематохром* – красный пигмент (из каротиноидов). После периода покоя зигота делится мей-

озом и образует тетраду (четыре) гаплоидных зооспор (с одинарным набором хромосом). Из зооспор вырастают типичные хламидомонады.

Описанные три способа полового размножения наблюдаются и у других водорослей.

2-й порядок – хлорококковые водоросли. Они отличаются неподвижностью их таллома, но зооспоры и гаметы их имеют жгутики и могут передвигаться. Среди хлорококковых имеются одноклеточные и колониальные водоросли. Представитель одноклеточных водорослей – хлорококк. Он живет в пресноводных бассейнах, но часто развивается на влажной почве, на коре деревьев и в теплицах в виде зеленого налета. Клетки хлорококка округлые, одноядерные, с одним чашевидным хроматофором и пиреноидом.

Бесполое размножение осуществляется зооспорами. В результате последовательного деления в клетке возникают 8–32 голые зооспоры с двумя равными жгутиками. Половой процесс – изогамия.

3-й порядок – улотриксовые. Главная отличительная особенность представителей этого порядка – способность увеличивать таллом во время вегетативной жизни путем деления клеток. Талломы имеют нитчатое или пластинчатое строение. Клетки одно-ядерные. Половой процесс изогамный, гетерогамный и оогамный.

В озерах, реках встречается типичный представитель порядка улотриксовых – улотрикс опоясанный.

4-й порядок – кладофоровые. Они отличаются от улотриксовых водорослей ветвящимся талломом и многоядерными клетками.

В морях и водоемах с пресной водой широко распространен род кладофора. Хроматофор у кладофоры сетчато-продырявленный со многими пиреноидами. Клетки крупные. Нити кладофоры или прикреплены к субстрату или, оторвавшись от него, плавают в воде в виде тины. Бесполое размножение осуществляется зооспорами. Половой процесс – изогамия.

5-й порядок – сифоновые. В этот порядок входят виды, имеющие неклеточную структуру. Весь их таллом представляет собой одну сильно разросшуюся многоядерную клетку, которая по внешнему виду напоминает высшее растение. В действительности это однополостная клетка, пересеченная внутри целлюлозными тяжами. Сплошные перегородки в талломе отсутствуют. Размножение половое.

Вегетативное размножение у сифоновых водорослей происходит отломившимися частями таллома. Бесполое размножение зооспорами наблюдается редко.

II класс – конъюгаты, или сцеплянки, объединяет зеленые пресноводные водоросли, характеризующиеся отсутствием в их жизненном цикле подвижных форм (зооспор, гамет). Вегетативное размножение происходит путем деления клеток или частями таллома. Бесполое размножение отсутствует. Половое размножение – конъюгация.

Класс делится на три порядка, из которых познакомимся с двумя.

1-й порядок – зигнемовые – включает нитчатые, обычно неветвящиеся формы. В водоемах с медленно текущей и стоячей водой широко распространена водоросль *спирогира*. Таллом ее свободно плавает на поверхности рек и прудов, образуя тину (рисунки 98).

Это многоклеточная нитчатая водоросль. В каждой клетке имеется цитоплазма, ядро, вакуоля и один или несколько хроматофоров в виде спиральной ленты. Хроматофоры несут на себе пиреноиды, обычно окруженные крахмалом. Клетки спирогиры способны к делению, которое происходит главным образом ночью.

Спирогире свойственно вегетативное и половое размножение. Вегетативное осуществляется частями нити путем разрыва последней. Половое размножение – конъюгация. Оно состоит в том, что у двух нитей, расположенных параллельно, супротивные клетки образуют выросты, направленные навстречу друг другу. В месте соприкосновения оболочки растворяются, и содержимое клетки одной нити (потенциально мужской) переливается в другую клетку (потенциально женскую). Протопласты их сливаются и образуют зиготу овальной или шаровидной формы с толстой оболочкой, большим количеством масла и гематохрома. После периода покоя диплоидная зигота делится мейозом и образует четыре гаплоидные клетки, из которых три отмирают, а одна трогаётся в рост. К этому времени оболочка зиготы разрушается и может образоваться новая нить спирогиры.

2-й порядок – десмидиевые. Большинство относящихся к этому порядку водорослей имеют одноклеточные талломы с двусторонней симметрией. Некоторые из десмидиевых водорослей очень красивы.

III класс – харовые водоросли. На дне небольших чистых водоемов и в медленно текущих речках образуются иногда заросли харовых водорослей – самых крупных из пресноводных водорослей. Они достигают 50 см.

Рассмотрим водоросли из рода *хара*. По внешнему виду они напоминают хвощи. Их слоевище имеет как бы оси разных порядков с мутовчато расположенными выростами – «листьями». Каждое междоузлие строится из одной центральной длинной, в разрезе круглой клет-

ки, окруженной одним слоем узких клеточек. Места стебля, из которых отходят «листья», состоят из мелких клеток и называются «узлами» (рисунок 99).

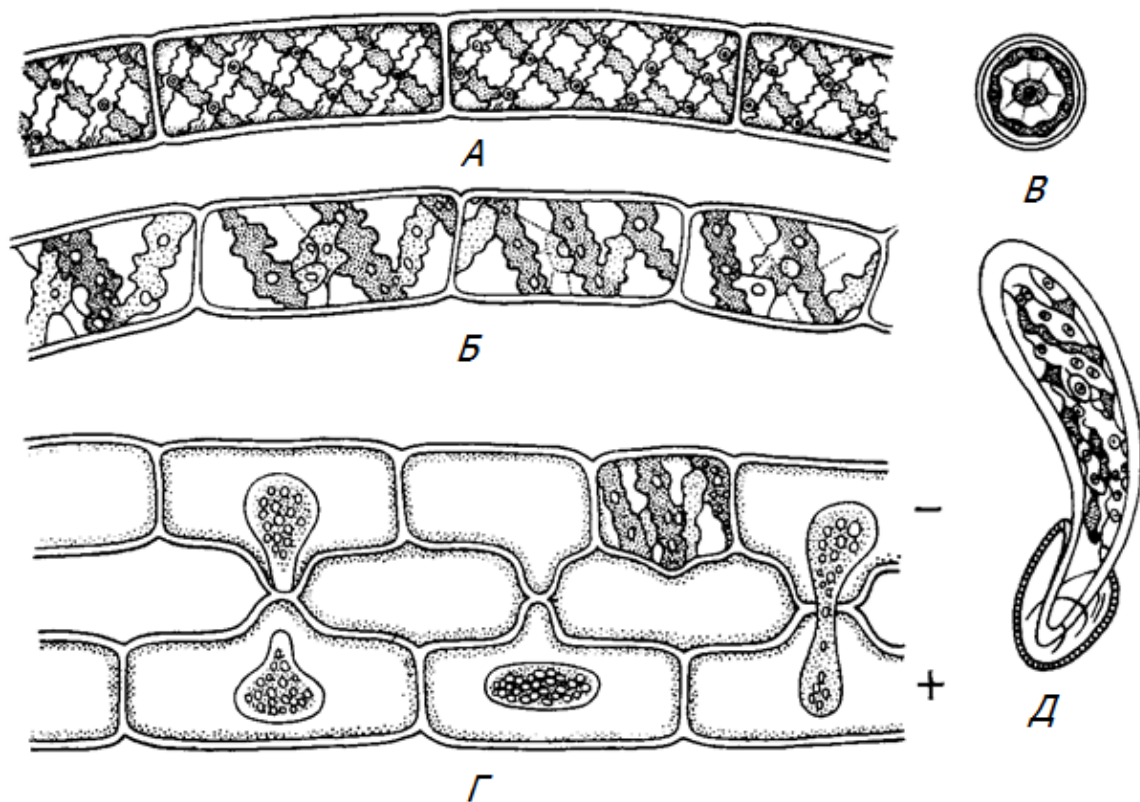


Рисунок 98 – Спирогира: А – часть таллома с двумя хлоропластами в клетке; Б – часть таллома с одним хлоропластом в клетке; В – поперечный разрез клетки; Г – конъюгация; Д – прорастание зиготы

Главная и боковые оси растут конусом нарастания. Верхушечная клетка его делится на сегменты. Молодые клетки – одноядерные, взрослые – многоядерные. Хроматофоры у хары зернистые без пиреноидов. Оболочки клеток толстые и обычно пропитаны известью.

К субстрату хара прикрепляется ризоидами. Бесполого размножения у харовых водорослей нет (зооспор они не образуют). Половое размножение – оогамия. Яйцеклетка находится внутри особого вместилища, образованного пятью трубчатыми спирально закрученными клетками. Наверху вместилище заканчивается коронкой из пяти коротких клеток, между которыми остается отверстие для движения к яйцеклетке мужских гамет.

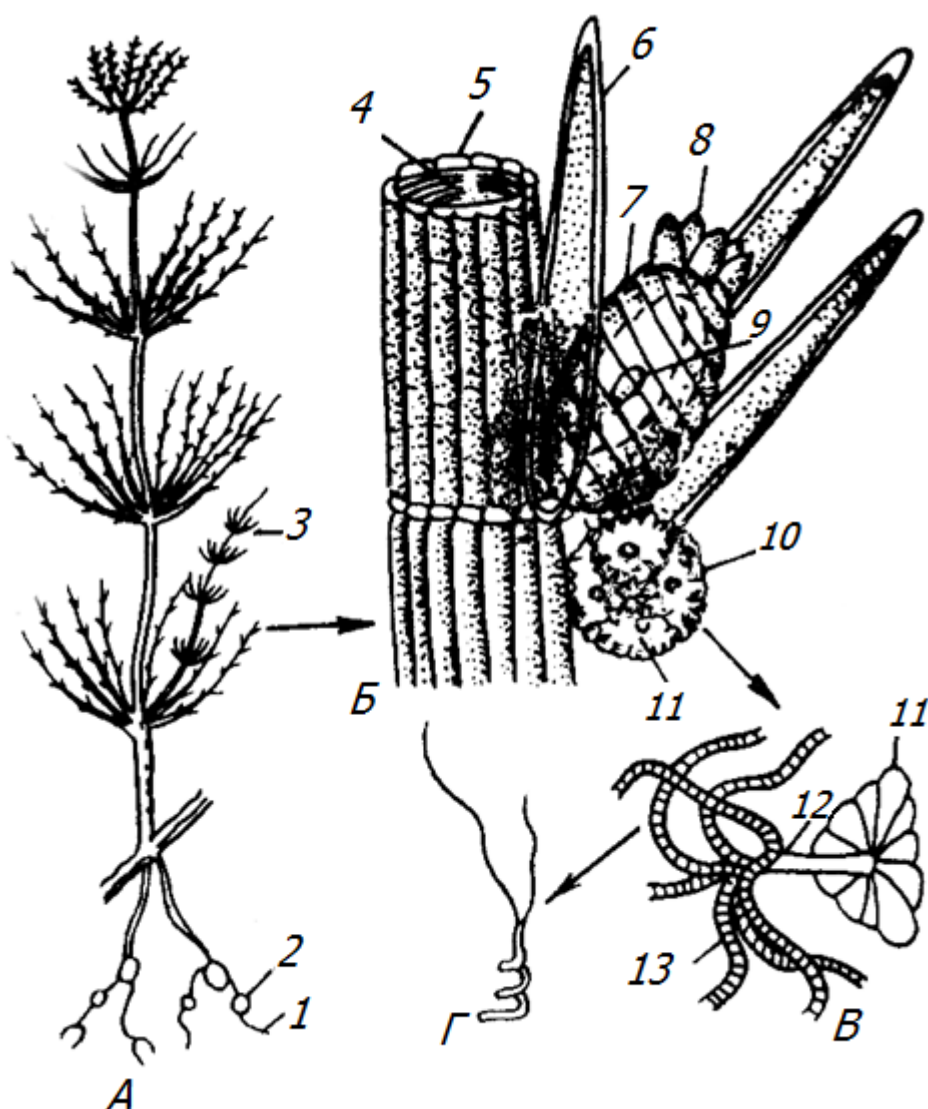


Рисунок 99 – Хара: А – общий вид; Б – часть таллома; В – щиток; Г – сперматозоид: 1 – ризоиды; 2 – клубеньки; 3 – боковые ответвления; 4 – центральная клетка; 5 – наружные клетки; 6 – одноклеточное разветвление; 7 – оогоний; 8 – коронка; 9 – яйцеклетка; 10 – антеридий; 11 – щиток, 12 – рукоятка; 13 – спермагенные нити

Женский орган полового размножения у харовых водорослей называется *оогоний*. Оогонии коричневого цвета. Ниже оогоний расположены на узлах антеридии. Они шаровидной формы, красного цвета. На поверхности антеридия образуется восемь плоских клеток – щитков. От каждой клетки внутрь антеридия отходит отросток – ножка, несущая пучок многоклеточных нитей. Из каждой клетки нитей образуется один двужгутиковый сперматозоид.

Вследствие расхождения щитков, антеридий вскрывается, сперматозоиды попадают в воду, проникают через отверстия в коронках к оогониям и оплодотворяют яйцеклетки. Зиготы разрастаются, превращаются в толстостенные ооспоры, которые опускаются на дно.

После периода покоя диплоидное ядро ооспоры делится мейозом. Из образовавшейся тетрады клеток развивается только одна. В результате возникают новые гаплоидные особи (диплоидна только зигота).

Вегетативное размножение у харовых осуществляется двумя способами. Из нижних узлов отходят «веточки» с ризоидами, образующие новые особи. На ризоидах и нижних стеблевых узлах возникают особые клубеньки, способные к прорастанию в новые водоросли.

Харовые водоросли охотно поедаются водоплавающими птицами.

Отдел Диатомовые водоросли

Материал. Постоянный микропрепарат пиннулярии, микроскопы.

Общие замечания

Диатомовые водоросли обитают как в морях и океанах, так и в пресной воде. Служат пищей для микроскопических животных, населяющих водоемы. Они бывают одноклеточные и колониальные. Окраска их золотисто-коричневая или оливково-зеленая от присутствия в хроматофорах нескольких пигментов: хлорофилла *a* и *c*, фукоксантина и каротиноидов. После отмирания водорослей все пигменты, кроме хлорофилла, быстро вымываются и водоросль зеленеет. Запасное вещество – масло.

Одноклеточные водоросли имеют различную форму – округлую, квадратную, треугольную, разнообразно изогнутую, характеризующуюся красивой симметричностью. Часто они образуют лентовидные или другого типа колонии.

Наиболее широко встречается одноклеточная диатомовая водоросль **пиннулярия зеленая** (рисунок 100). Ее клетка содержит одно ядро, цитоплазму, вакуолю и два пластинчатых хроматофора. Внутри клетки часто можно видеть блестящие капли масла. Оболочка клетки состоит из пектиновых веществ, снаружи на ней образуется кремнеземистый панцирь, состоящий из двух обособленных половинок, надевающихся одна на другую, как крышка на коробку. Форма клетки пиннулярии имеет вид вытянутого прямоугольника. На широкой стороне его имеются три утолщения – узелка, два из которых расположены на концах и один в центре. Между центральным и конечными узелками

находится шов или щель, через которую цитоплазма соприкасается с субстратом, благодаря чему водоросль может двигаться. Вид водоросли с более широкой стороны, на которой видны узелки, называется видом со створки. Вид с узкой стороны, на которой узелков нет, называется видом с пояска. При этом хорошо видны обе створки: верхняя – эпитека, которая надета на нижнюю – гипотеку. У пиннулярии, как и у других диатомовых, наблюдается вегетативное и половое размножение. Бесполого размножения нет. Вегетативное размножение заключается в делении протопласта на две части. Ядро делится митозом. Створки раздвигаются, и каждая дочерняя клетка достраивает себе вторую створку, которая обязательно будет гипотекой. Поэтому потомство одной из дочерних клеток уменьшается в размере. Но этот процесс прерывается своеобразно протекающему половому размножению: сблизившиеся две особи покрываются слизью и делятся мейозом. Из каждой возникшей тетрады у одних видов остается по одной, у других по две клетки, остальные отмирают. К этому времени гипотека и эпитека раздвигаются, и две образовавшиеся гаметы сливаются, образуя зиготу, которая покрывается растяжимой тонкой оболочкой и начинает расти. После достижения типичной для данного вида величины она вырабатывает эпитеку, а затем гипотеку и становится новой особью.

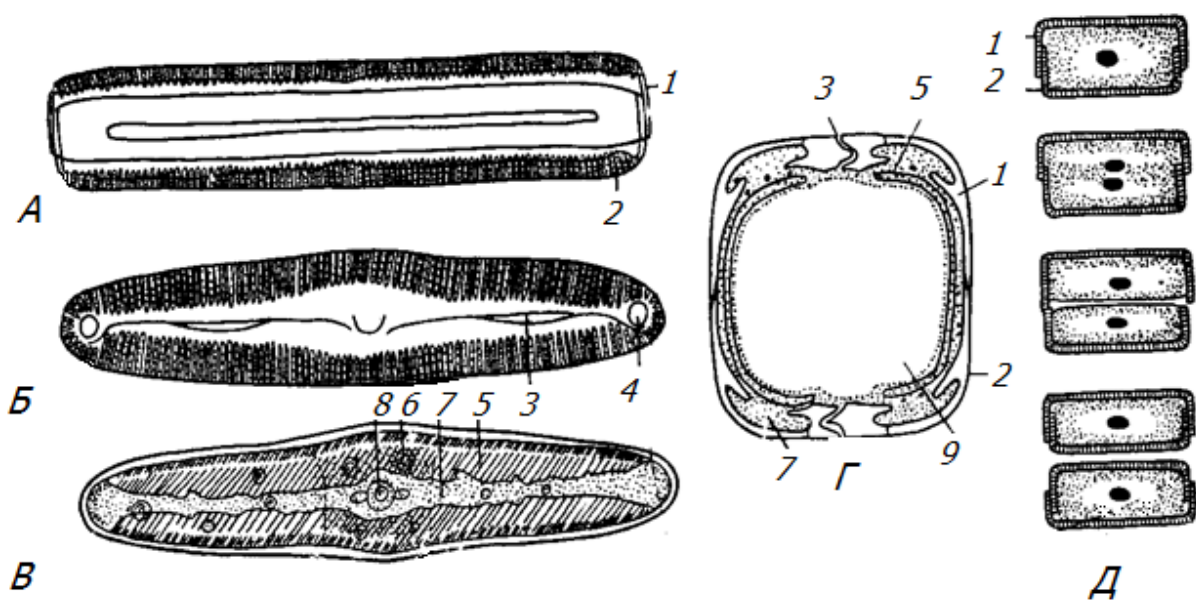


Рисунок 100 – Пиннулярия: А – вид со стороны пояска; Б – вид со стороны створки; В – продольный разрез; Г – поперечный разрез; Д – вегетативное размножение: 1 – эпитека; 2 – гипотека; 3 – шов; 4 – узелок; 5 – хроматофор; 6 – пиреноиды; 7 – цитоплазма; 8 – ядро; 9 – вакуоль

Отдел Бурые водоросли

Материал. Фиксированный микропрепарат части таллома ламинарии.

Общие замечания

В морях и океанах обитают бурые водоросли. В больших количествах они скапливаются иногда у берегов, прибиваемые волнами.

Большинство бурых водорослей прикрепляются ризоидами к субстрату. Среди них нет ни одноклеточных, ни колониальных форм, все они многоклеточные (однолетние и многолетние).

Величина их от нескольких миллиметров до 60 м. Они имеют вид лент, кустиков, пластинок. У некоторых имеются талломы, дифференцированные как бы на стебельчатую и листовидную части.

Внутреннее строение у многих бурых водорослей характеризуется образованием примитивных тканей – ассимиляционной, механической, проводящей, запасующей. Оболочка клеток состоит из целлюлозы, пектиновых веществ и альгиновой кислоты, образующих снаружи слизь. Клетки одноядерные, хромофоров зернистые.

Окраска хромофоров зависит от пигментов – хлорофилла *a* и *c*, фукоксантина и каротиноидов. Все они участвуют в фотосинтезе. Пиреноиды отсутствуют. Запасными веществами у бурых водорослей являются полисахарид ламинарин, у некоторых видов – масло и моносахара.

Бесполое размножение происходит при помощи зооспор или неподвижных тетраспор.

Ламинария сахарная распространена в наших северных и восточных морях (рисунок 101). Таллом ее достигает 1–5 м в длину и нескольких десятков сантиметров в ширину. Это диплоидное поколение. На ней возникают зооспорангии, в которых после мейоза и последующих митозов образуются многочисленные гаплоидные зооспоры. После вскрывания зооспорангия зооспоры некоторое время плавают в воде, а затем прорастают в очень маленькие нитевидные мужские и женские гаметофиты (заростки). На мужских заростках образуются антеридии с одним сперматозоидом в каждом из них. На женских заростках возникают оогонии с одной яйцеклеткой на каждом. Сперматозоид, достигнув оогония, оплодотворяет яйцеклетку. Из зиготы вырастает снова диплоидное поколение – само растение ламинарии.

Бурые водоросли имеют практическое значение. Из них получают йод, бром, а также натриевую соль альгиновой кислоты, которая дает превосходный клей для текстильной промышленности. Ламинария широко используется в корм домашним животным.

Некоторые бурые водоросли идут в пищу человека («морская капуста»), применяются в медицине. Из них получают соли калия, натрия. Бурые водоросли служат в качестве удобрений.

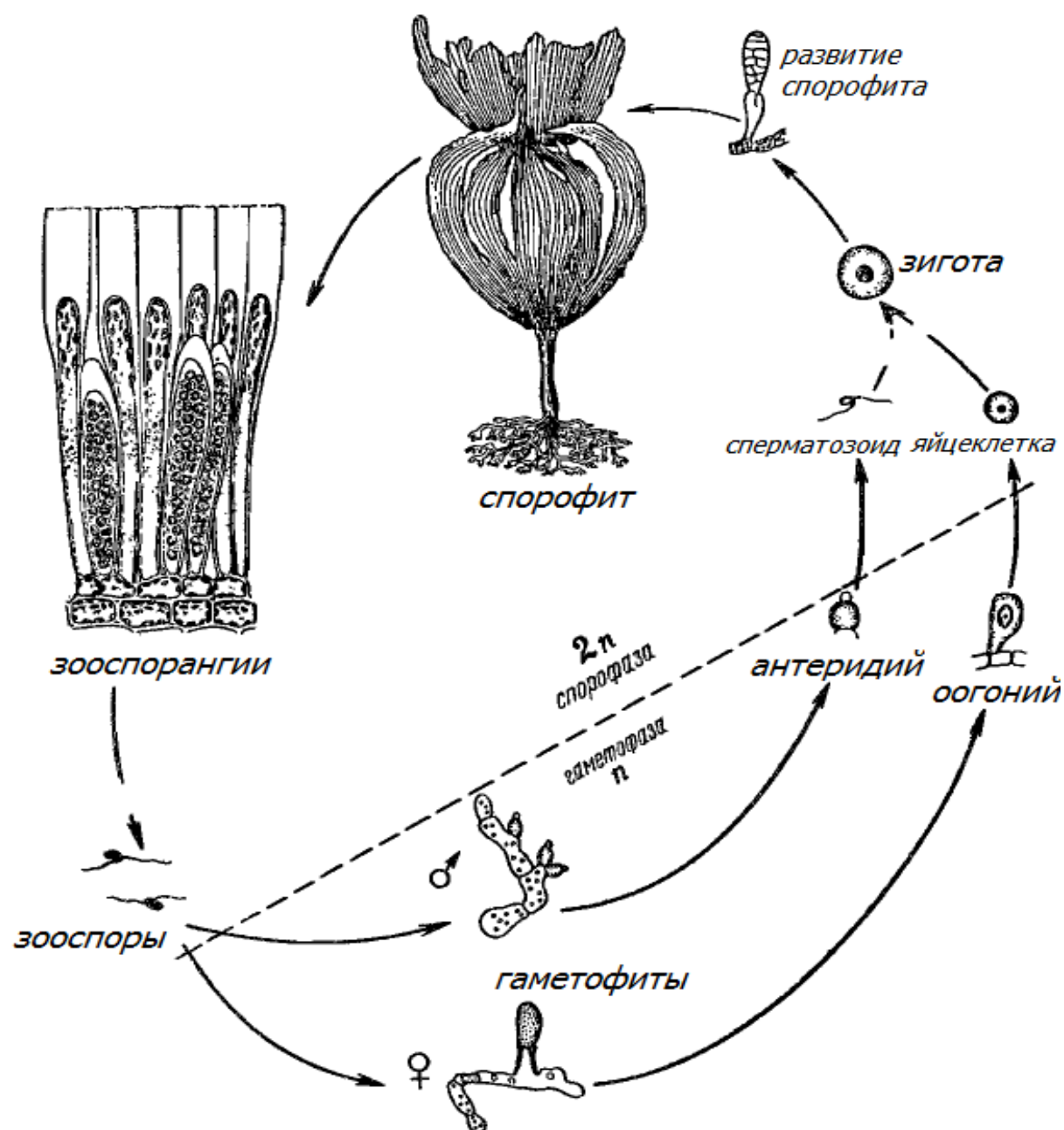


Рисунок 101 – Ламинария (чередование поколений)

Отдел Красные водоросли

Общие замечания

Большинство красных водорослей обитает в теплых морях тропиков, субтропиков и умеренной зоны. Они могут жить на большой глубине, до 100 м. Некоторые виды живут в пресной воде; предпочитают горные ручьи. Водоросли прикрепляются к субстрату. Длина багряных водорослей не превышает 2 м. Таллом у них нитевидный, кустистый или в виде пластинок. Почти все они многоклеточные. Клетки большей частью одноядерные. Хроматофоры дисковидные или пластинчатые. Пиреноиды обычно отсутствуют. Пигменты разнообразные, придающие красивую розовую, красную, сиреневую и другие окраски.

Кроме хлорофилла *a* и *d*, имеются каротиноиды, фикоэритрин и иногда фикоциан. Разнообразие пигментов дает возможность красным водорослям фотосинтезировать при разной толщине слоя воды. Красная окраска позволяет им поглощать сине-фиолетовые лучи, проникающие в морях и океанах на наибольшую глубину (до 100 м).

В качестве запасного вещества вырабатывается особый багрянковый крахмал, который обычно в виде маленьких зернышек находится в цитоплазме, реже в хроматофорах. У некоторых видов накапливается масло. Оболочки клеток состоят из целлюлозы и пектиновых веществ; на их поверхности образуется слизь.

Вегетативным способом красные водоросли, за редким исключением, не размножаются. Половое размножение специфичное. Мужские и женские органы появляются в большинстве случаев на разных растениях. Антеридии развиваются в больших количествах. Они представляют собой маленькие клетки с ядром, цитоплазмой, без хроматофора (рисунок 102).

Красные водоросли имеют практическое применение. Из золы получают йод и бром. Студенистое вещество агар-агар, широко применяемое в микробиологии для культуры бактерий, также вырабатывают из багрянок. Многие из них являются сырьем для получения клея. Некоторые служат кормом для домашних животных (порфира). В Японии водоросль порфиру специально культивируют, из нее готовят «красный морской салат», используемый в пищу.

Задания

1. Рассмотреть под микроскопом одноклеточную водоросль хламидомонаду, зарисовать ее внешний вид, размножение.

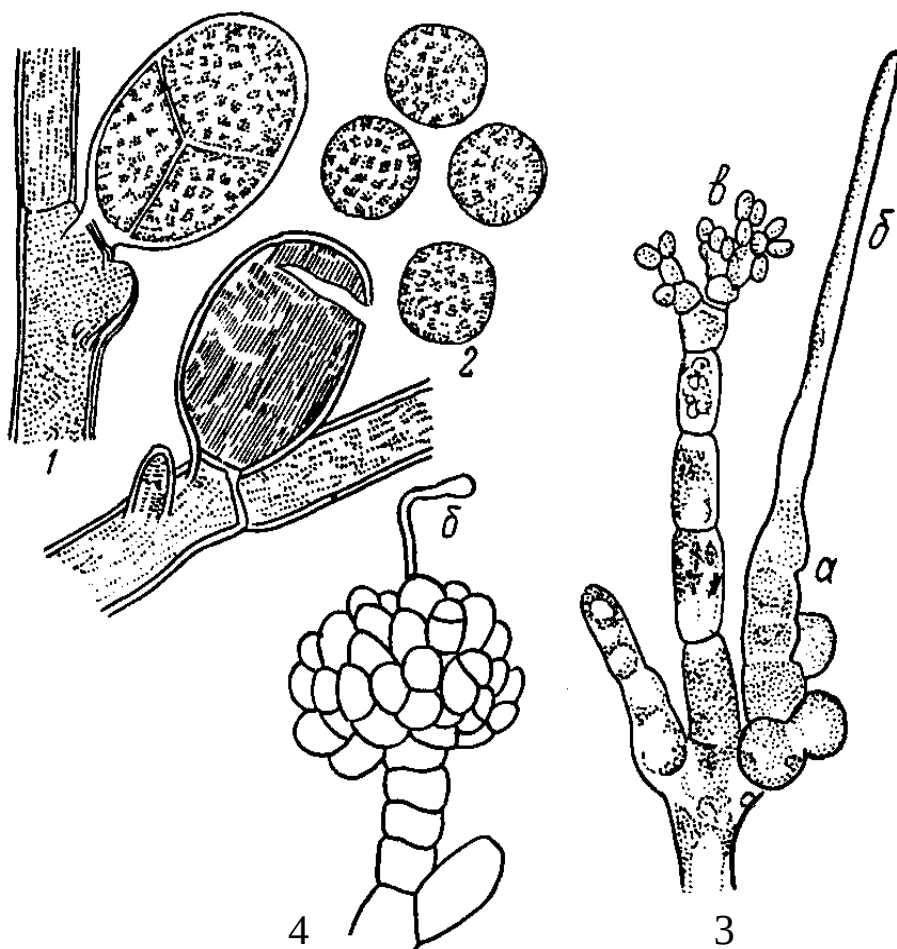


Рисунок 102 – Размножение багрянок: 1 – тетраспорангий с тетраспорами; 2 – выпадение тетраспор; 3: а – карпогон с трихогиной – б; в – антеридий; 4 – цистокарпий, развившийся из оплодотворенного карпогона, сверху – трихогина (б)

2. Рассмотреть под микроскопом на постоянном препарате нитчатую водоросль спирогиру, зарисовать конъюгацию спирогиры, сделать обозначения.

3. Рассмотреть на постоянном препарате многоклеточную водоросль хару, зарисовать внешний вид и часть таллома с оогониями и антеридиями, сделать обозначения.

4. На постоянном микропрепарате рассмотреть одноклеточную водоросль пиннулярию.

5. Ознакомиться со строением и размножением бурых и красных водорослей по рисункам и таблицам, зарисовать.

6. Заполните таблицу 11.

Таблица 11 – Водоросли

Водоросли	Способ размножения		Вещества клеточной стенки	Форма хроматофора	Пигменты	Запасные продукты
	бесполое	половое				
Диатомовые						
Бурые						
Красные						
Зеленые						

Контрольные вопросы

1. Каково строение тела водорослей, типы их таллома?
2. Каковы особенности строения клетки у зеленых водорослей?
3. Дайте краткую характеристику способов размножения зеленых водорослей.
4. Назовите черты примитивного строения зеленых водорослей.
5. Как устроена клетка пиннулярии?
6. Какими способами размножается ламинария?
7. Какое значение имеют водоросли в хозяйстве человека?