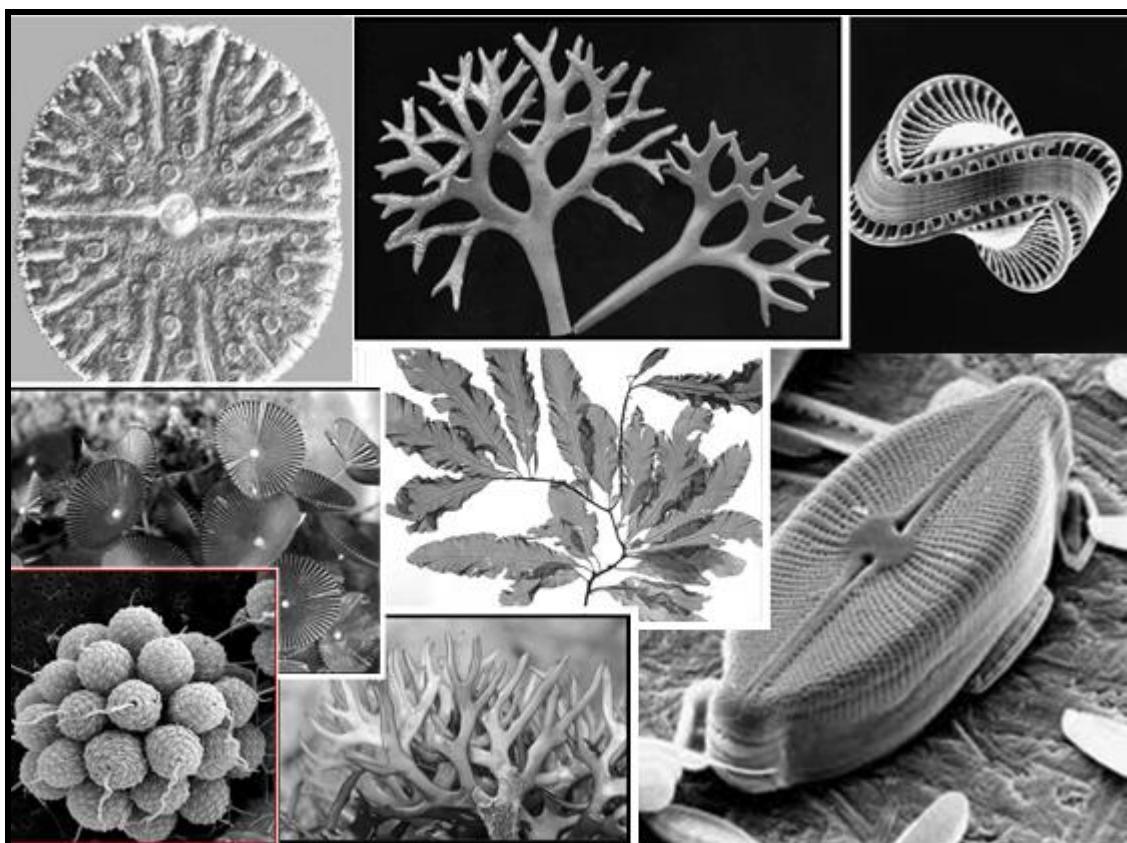


КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Институт фундаментальной медицины и биологии
Кафедра ботаники и физиологии растений



АЛЬГОЛОГИЯ

Учебное пособие



КАЗАНЬ - 2018

УДК 582 (075.8)

*Печатается по решению Учебно-методической комиссии Института
фундаментальной медицины и биологии
Протокол № 2 от 14 февраля 2018 г.*

*заседания кафедры ботаники и физиологии растений
Протокол № 3 от 5 февраля 2018 г.*

Рецензенты:

Доцент кафедры ботаники и физиологии растений
ИФМиБ КФУ к.б.н. Демина Г.В.

Халиуллина Л.Ю.

Альгология: учебное пособие / Л.Ю. Халиуллина. – Казань: ИПК
«Бриг», 2018. – 86 с.

Учебное пособие содержит материалы и задания для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Альгология и микология», раздела «Альгология»; предназначено для студентов-бакалавров института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета, обучающихся по направлению 06.03.01. – «Биология», а также студентов других специальностей, изучающих ботанику и гидробиологию.

© Казанский федеральный университет, 2018
© Л.Ю. Халиуллина

ВВЕДЕНИЕ

Альгология - наука о водорослях (от латинского слова *alga* - морская трава, водоросль и греческого *logos* - слово, учение). **Водоросли** представляют собой экологическую группу организмов, объединенную водным образом жизни, оксигенным фотосинтезом, недифференциированностью тела на многоклеточные органы и рядом других признаков. В систематическом отношении они делятся на многочисленные отделы, различающиеся по строению клетки и набору пигментов. В общей системе органического мира водоросли относят к разным царствам.

Морфологические типы дифференциации таллома.

Большое разнообразие внешней формы водорослей сводят к нескольким типам морфологической дифференциации талломов, встречающихся в разных систематических группах. Водоросли могут быть представлены одноклеточными, колониальными (в том числе ценобиальными), многоклеточными и неклеточными индивидами. **Ценобиями** называют колонии, в которых число клеток определяется на ранних стадиях развития и не меняется до следующей репродуктивной фазы.

Монадный тип дифференциации таллома характеризуется активной подвижностью одноклеточных и колониальных представителей с помощью жгутиков в вегетативном состоянии. Своебразные органеллы, свойственные монадным клеткам, — сократительные вакуоли и глазок.

Амебоидный (ризоподиальный) тип отличается отсутствием жесткой клеточной стенки и способностью к амебоидному движению. Представители одиночные или колониальные.

Пальмеллоидный тип дифференциации характерен сочетанием неподвижного образа жизни с наличием клеточных органелл, свойственных монадным клеткам (сократительные вакуоли, стигма, жгутики или их производные). Представители одноклеточные или колониальные.

Коккоидный тип дифференциации встречается у одноклеточных и колониальных представителей, у которых отсутствуют жгутики и которые чаще всего неподвижны в вегетативном состоянии (исключение — десмидиевые и диатомовые).

Нитчатый (трихальный) тип дифференциации отличается расположением клеток в нить, образующейся в результате вегетативного деления преимущественно в одной плоскости. Нити могут быть простыми или ветвящимися.

Разнонитчатый (гетеротрихальный) тип дифференциации таллома характеризуется двумя системами нитей: стелющимися по субстрату и

выполняющими функцию прикрепления, и отходящими вертикально, выполняющими ассимиляционную функцию.

Ложнотканевый (псевдопаренхиматозный) тип дифференциации бывает у водорослей, образующих крупные объемистые слоевища в результате срастания нитей.

Тканевый (паренхиматозный) тип дифференциации обусловлен тем, что клетки способны делиться в трех взаимно-перпендикулярных направлениях, в результате чего образуются объемные слоевища с тканями, выполняющими разные функции.

Сифональный тип дифференциации характерен отсутствием внутри слоевища клеточных перегородок при большом количестве клеточных органелл (ядер, хлоропластов, митохондрий и др.). Слоевище обычно достигает определенной степени дифференцировки и макроскопических размеров. Перегородки в таких слоевищах появляются при повреждении таллома, при формировании органов размножения.

Сифонокладальный тип дифференциации встречается у водорослей, способных к образованию из первичного сифонального таллома (в результате разобщенных процессов карио- и цитокинеза) сложно устроенных слоевищ, состоящих из первично-многоядерных сегментов.

Размножение.

У водорослей встречается **вегетативное, бесполое** и **половое** размножение. У некоторых одноклеточных водорослей вегетативное размножение происходит путем деления клетки пополам (эвглена), у некоторых колониальных представителей — участками колоний (микроцистис), у нитчатых — фрагментами нитей (улотрикс, спирогира). У бурых водорослей из порядка Сфацеляриевых существуют специализированные выводковые веточки. У водорослей из порядка Харовые для вегетативного размножения служат клубеньки на ризоидах.

Бесполое размножение у водорослей осуществляется с помощью подвижных (**зооспоры**) и неподвижных (**апланоспоры**) спор. Клетки, в которых образуются споры бесполого размножения, называются **спорангиями**, а особь, на которой формируются спорангии, — **спорофитом**. В ряде случаев подвижные и неподвижные споры бесполого размножения носят особые названия.

При половом размножении у водорослей в результате попарного слияния гаплоидных клеток появляется диплоидная зигота. Половой процесс у водорослей может происходить с участием или без участия гамет. Типы полового процесса с участием гамет у водорослей следующие: **изогамия** — слияние одинаковых по размеру и форме подвижных гамет; **гетерогамия** —

слияние подвижных гамет одинаковой формы, но разного размера; **оогамия** — слияние крупной неподвижной женской гаметы яйцеклетки с мелким подвижным сперматозоидом. Клетки, в которых формируются изо- и гетерогаметы, называются **гаметангиями**, а особь, на которой они образуются — **гаметофитом**. Клетку, в которой формируются **сперматозоиды**, называют **антеридием**, а клетку, содержащую **яйцеклетку** (одну или несколько), — **оогонием**.

Типы полового процесса у водорослей без образования гамет следующие: **хологамия** — слияние двух подвижных одноклеточных особей; **конъюгация** — слияние протопластов двух гаплоидных вегетативных клеток с образованием диплоидной зиготы.

Смена форм развития и ядерных фаз.

У одного и того же вида водорослей, имеющих половой процесс, в зависимости от времени года и внешних условий наблюдаются разные формы размножения (бесполое и половое), при этом происходит смена ядерных фаз (гаплоидной и диплоидной). Изменения, претерпеваемые индивидом между одноименными фазами развития, составляют его жизненный цикл, или цикл развития. Растения, образующие споры, называют спорофитами, гаметы - гаметофитами, споры и гаметы - **гаметоспорофитами**. Если гаметофиты, гаметоспорофиты, спорофиты внешне не отличаются друг от друга, то говорят об **изоморфной смене форм развития**. При **гетероморфной смене форм развития** гаметофиты, гаметоспорофиты, спорофиты имеют хорошо выраженные морфологические отличия.

При половом процессе в результате слияния гамет и их ядер происходит удвоение числа хромосом в ядре. На определенном этапе цикла развития, при мейозе, происходит редукция числа хромосом, в результате которой образующиеся ядра получают одинарный набор хромосом. **Редукция** может быть:

1. **Спорической** - мейоз совпадает с моментом образования спор бесполого размножения, из которых развиваются гаплоидные гаметофиты или гаметоспорофиты. Здесь имеет место чередование поколений (или смена форм развития) - диплоидного спорофита и гаплоидного гаметофита. Этот тип жизненного цикла называют **гаплодиплобионтным (гаплодиплофазным) со спорической редукцией**;

2. **Зиготической** - мейоз протекает в зиготе, и развивающаяся водоросль оказывается гаплоидной. Диплоидная стадия представлена только зиготой. Цикл развития **гаплобионтный (гаплофазный) с зиготической редукцией**;

3. **Гаметической** - мейоз происходит при образовании гамет, остальные клетки слоевища остаются диплоидными. Цикл развития **диплобионтный (диплофазный) с гаметической редукцией**.

Экологические группы водорослей.

Водорослей различных местообитаний выделяют в разные экологические группы. **Фитопланктон** - совокупность свободно плавающих и парящих в толще воды мелких водорослей. Сюда же относят и нейстонные водоросли, которые обитают в поверхностной пленке воды. **Фитобентос** - совокупность водорослей, приспособленных к существованию в прикрепленном или неприкрепленном состоянии на дне водоемов и на разнообразных предметах, живых и мертвых организмах, находящихся в воде. В пределах этой группы иногда выделяют **перифитон** - водоросли-обрастатели. Водоросли этой группы живут на предметах, большей частью движущихся или обтекаемых водой. Также водоросли могут существовать в горячих источниках, снегах и льдах, а также в соленых водоемах.

Среди водорослей вневодных местообитаний выделяют **аэрофильные** водоросли - основной жизненной средой обитания этих водорослей является окружающий их воздух. **Эдафофильные** водоросли - водоросли, живущие на поверхности и в толще почвы. У **литофильных** водорослей типичными местообитаниями служат твердые породы определенного химического состава (известковый субстрат), окруженные воздухом или погруженные в воду.

В настоящее время понятие «водоросли» является не систематическим, а биологическим и представляет собой совокупность нескольких обособленных отделов растений, самостоятельных по своему происхождению и эволюции.

Порядок работы студента на практических занятиях:

1. Знакомство с темой и целями занятия, объектами изучения. При этом на каждом альбомном листе указывается систематическое положение изучаемого объекта;

2. Приготовить временный препарат или воспользоваться готовым постоянным препаратом, иногда гербарным материалом;

3. Исследовать препарат при малом и большом (в большинстве случаев!) увеличении микроскопа; гербарный материал изучается визуально;

4. Исследуемые объекты зарисовываются и должны быть снабжены пояснительными надписями;

5. Для типичных представителей изучаемой систематической группы необходимо составить схему цикла развития с указанием смены ядерных фаз или поколений, если они имеются;

6. Для самостоятельной работы в конце каждого занятия приведены вопросы по изучаемой теме.

ТЕМА: Отдел охрофитовые водоросли (охрофиты) — Ochrophyta

Занятие № 1

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел охрофитовые водоросли (охрофиты) — Ochrophyta

Класс диатомовые (бациллариофициевые) водоросли — Diatomophyceae (Bacillariophyceae)

Порядок навикуловые — Naviculales

Род пиннулярия — *Pinnularia*

Порядок мелозировые — Melosirales

Род Мелозира - *Melosira*

Класс трибофициевые (желтозеленые) водоросли — Tribophyceae (Xanthophyceae)

Порядок ботридиевые — Botrydiales

Род ботридиум — *Botrydium*

Порядок вошериевые — Vaucheriales

Род вошерия — *Vaucheria*

Характеристика объекта

Класс диатомовые (бациллариофициевые) водоросли — Diatomophyceae (Bacillariophyceae)

Диатомовые водоросли — микроскопические организмы, одноклеточные и колониальные, с коккоидным типом дифференциации таллома. Их характерная особенность — своеобразное строение оболочки, которая представлена кремнеземным панцирем, состоящим из двух половинок, надевающихся друг на друга, как крышка на коробку (рис. 1). Каждая половинка панциря состоит из *створки* и *поясковидного ободка*. Одной стороной поясковидный ободок соединяется с *загибом створки*, другой, свободной, охватывает поясковидный ободок второй половинки панциря. У ряда диатомей между загибом створки и поясковидным ободком возникают *вставочные ободки*, на которых формируются неполные перегородки, или септы. Большая створка называется *эпитечкой*, меньшая — *гипотечкой*. У подвижных особей на створке имеется *шов* — щель или канал и *узелки*, в которых проходят вертикальные каналы. При работе с диатомеями принято изучать их со створки и с пояска.

Под панцирем находится клетка, окруженная плазмалеммой. В клетке цитоплазма расположена в постенном слое и содержит разнообразной формы

желто-бурые хлоропласти, окраска которых зависит от присутствия в них, кроме хлорофиллов *a* и *c*, бурого пигмента фукоксантина и еще ряда каротиноидов. Строение хлоропластов типично для охрофитовых водорослей. Запасные продукты — хризоламинарин и масло. Ядро обычно расположено в центре клетки в цитоплазматическом мостице. Имеются вакуоли с клеточным соком.

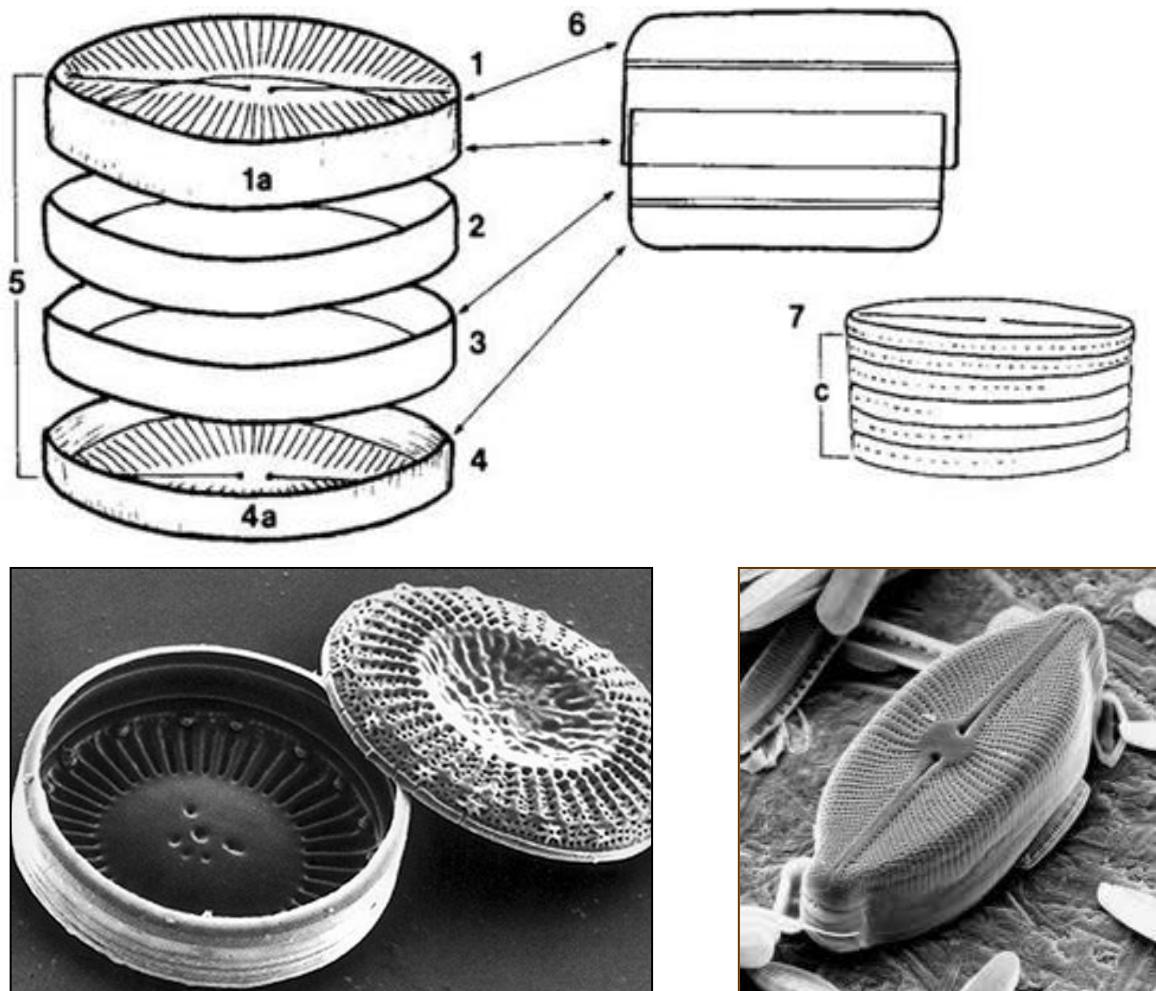


Рис. 1. Строение панциря диатомовых водорослей:

1 - эпивальва, 1 а - загиб эпивальвы, 2 - поясковый ободок эпивальвы, 3 - поясковый ободок гиповальвы, 4 - гиповальва 4а - загиб гиповальвы, 5- эпитека и гипотека, образующие панцирь, 6 - панцирь, вид с пояска, 7 - поясок, образованный несколькими поясковыми ободками.

Жгутиковая стадия в жизненном цикле представлена только сперматозоидом. Он имеет только один жгутик, который несет трехчастные мастигонемы, у него отсутствует центральная пара микротрубочек и редуцированы жгутиковые корешки.

Диатомовые водоросли размножаются вегетативным и половым путем. При вегетативном размножении во время деления панцирь-коробочка

раскрывается. Эпитеха и гипотека расходятся и дают жизнь двум организмам, которые получают по половинке материнского панциря, и которая для дочерней особи всегда становится эпитекой (рис. 2). Гипотеку же дочерняя клетка достраивает заново. Получается, что эпитеха и гипотека родителя всегда превращаются в эпитеку потомков. Так как эпитеха больше гипотеки, то дочерняя клетка, выросшая из гипотеки родителя, будет немного меньше размера родителя — примерно на двойную толщину стенок панциря. Вторая дочерняя клетка останется такой же.

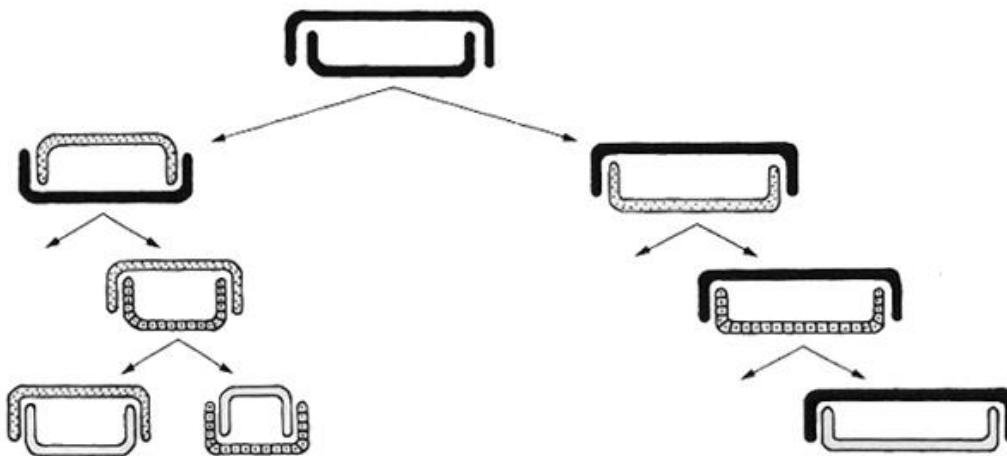


Рис. 2. Вегетативное размножение диатомовых водорослей: после деления половина дочерних особей диатомовых уменьшается в размере, другая — остается такой же.

Половой процесс — изогамия (у гамет отсутствуют жгутики) и оогамия. Перед образованием гамет ядро редукционно делится, в результате чего развиваются гаплоидные гаметы. Зигота одета тонкой оболочкой и способна к росту (рис. 3). Такая растущая клетка диатомей называется *ауксоспорой*, затем она вырабатывает панцирь и превращается в вегетативную клетку. Жизненный цикл диатомей — диплоидный с гаметической редукцией.

Диатомовые водоросли широко распространены по всему земному шару. Они обитают в планктоне и бентосе морских и пресных водоемов, в обрастианиях различных субстратов.

Класс диатомей делят на две группы — пеннатные, через створку которых можно провести две или меньше оси симметрии, и центрические, через створку которых можно провести три и больше осей симметрии (зигоморфные и актиноморфные типы створок).

Порядок Навикуловые (Naviculales)

Представители порядка традиционно относят к пеннатным диатомеям. Клетки одиночные, створки изопольные с хорошо развитым щелевидным швом.

Род пиннулария (*Pinnularia*). Одноклеточная подвижная диатомея (рис. 4). Встречается на дне и в обрастаниях у берегов различных водоемов, предпочитая воды, бедные известью. Для приготовления препарата каплю буроватого налета берут пипеткой со дна сосуда и помещают на предметное стекло. Закрыв препарат покровным стеклом, сначала находят пиннуларию на малом увеличении микроскопа и наблюдают за ее движением (если материал живой), а затем рассматривают при большом увеличении.

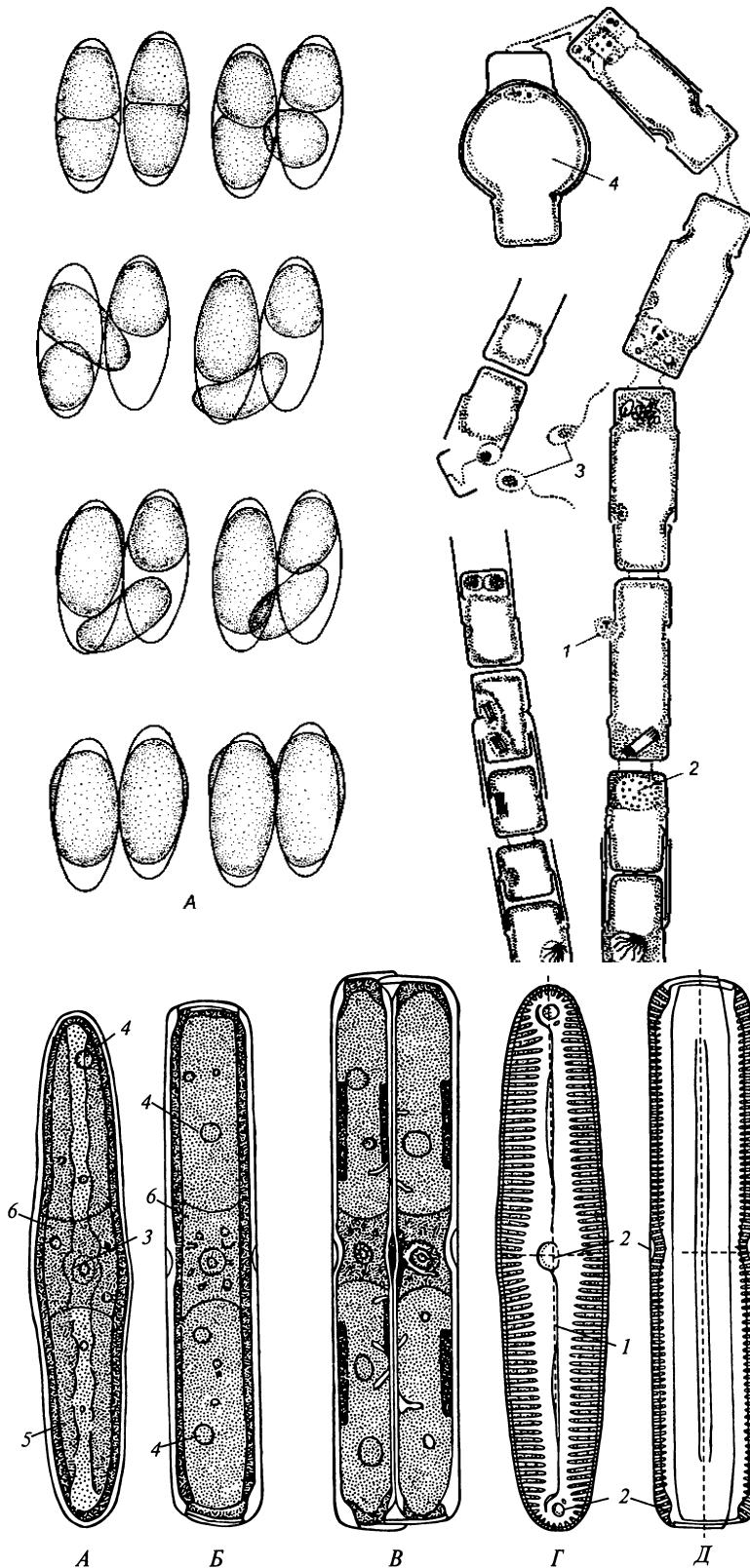


Рис. 3. Схема полового процесса и образования ауксоспор пеннатных диатомей на примере *Gomphonema* (А) и центрических диатомей на примере *Melosira* (Б).
 1 — развитие сперматозоидов;
 2 — развитие яйцеклетки;
 3 — оплодотворение;
 4 — образование ауксоспоры

Рис. 4. *Pinnularia*:
 А, Б — вид клетки со створки и с пояска;
 В — деление пиннуларии: две дочерние клетки с пояска;
 Г, Д — вид панциря со створки и с пояска;
 1 — шов; 2 — узелок;
 3 — ядро; 4 — капли масла; 5 — хлоропласт;
 6 — цитоплазматический мостик

Со створки пиннулария имеет вид вытянутого эллипса (рис. 4, А, Г). На концах створки и в ее середине видны небольшие светлые кружки. Это узелки. Между ними вдоль клетки по ее середине проходит тонкая, часто слегка изогнутая линия — щелевидный шов. В толще створки по ее краю расположены поперечные камеры. Перегородки между этими камерами видны как параллельные ребрышки, не доходящие до линии шва. Пластинчатые хлоропласти (видны в профиль) располагаются по краям створки в виде двух узких полосок желто-коричневого цвета. Если материал фиксированный, то хлоропласти имеют зеленую окраску. В центре клетки хорошо виден цитоплазматический мостик, в котором располагается ядро. По обе стороны от мостика находятся вакуоли с клеточным соком. В цитоплазме клетки видны округлые капли масла (см. рис. 4, А, Б).

При рассмотрении с пояска пиннулария имеет форму прямоугольника и видно, как поясковидные ободки находят друг на друга (рис. 4, Б, Д). По краям пояска сверху, снизу и посередине видны в профиль узелки. Параллельные ребрышки заметны только на загибе створки (рис. 4, Д). Клетка с пояска имеет желто-бурую окраску, так как хлоропласти располагаются со стороны пояска. Видны также цитоплазматический мостик, ядро и капли масла (рис. 4, Б).

На живых препаратах часто можно наблюдать делящиеся пиннуларии в виде двух клеток с пояска, лежащие вплотную друг к другу. Это молодые клетки, получившиеся в результате вегетативного деления и еще не разошедшиеся (рис. 4, В).

Порядок Мелозировые (Melosirales)

Представители порядка колониальные, реже одиночные. Панцирь шаровидный или цилиндрический. Створки круглые, плоские или выпуклые. Двугубые выросты расположены по всей поверхности створки. Подавляющее большинство видов морские.

Род мелозира (*Melosira*). Колониальная водоросль. Клетки цилиндрические, соединяются круглыми створками в нити или цепочки (рис. 5, А). На створках имеются точки, располагающиеся в радиальных рядах. Хлоропласти имеют вид дисков или лопастных пластинок. Иногда в пробах попадаются ауксоспоры (рис. 5, Б). Ауксоспоры имеют вид раздутых клеток, которые по ширине значительно превышают вегетативные клетки, концы ауксоспор слегка оттянуты.



Рис. 5. *Melosira*:

А — общий вид колонии (клетки видны с пояска),
Б — колония с ауккоспорами

Класс трибофициевые (желтозеленые) водоросли — *Tribophyceae* (*Xanthophyceae*)

К классу относятся водоросли с различными типами дифференциации таллома (монадная, амебоидная, пальмеллоидная, коккоидная, нитчатая, разнонитчатая, псевдопаренхиматозная и сифональная). Их подвижные формы и стадии имеют два жгутика неравной длины и разного строения (более длинный с трехчастными мастигонемами, короткий — гладкий). Строение хлоропластов типично для охрофитовых водорослей: они покрыты четырьмя мембранами, наружная мембра на хлоропластной эндоплазматической сети переходит в наружную мембрану ядра, ламеллы трехтилакоидные, опоясывающая ламелла имеется, хлоропластная ДНК в виде единого кольца. Хлоропласти содержат хлорофиллы *a* и *c* и различные каротиноиды, из которых главное значение имеет вошериаксантин; фукоксантин отсутствует. Накапливают масло, хризоламинарин и волютин, крахмал не обнаружен. Размножаются вегетативным, бесполым и половым путем. Формируют эндогенные цисты с окремнелой оболочкой, состоящей из двух неравных частей. Широко распространены в пресных водах и почвенных местообитаниях, имеются морские представители.

Наиболее широко распространены роды *Tribonema*, *Botrydium* и *Vaucheria*.

Порядок Ботридиевые (*Botrydiales*)

К порядку относятся представители с сифональным типом дифференциации таллома, у которых отсутствует обогащенный половой процесс.

Род ботридиум (*Botrydium*). Представители рода (рис. 6) встречаются в течение всего лета на почве по берегам различных водоемов, богатых питательными веществами, а также в других сильно увлажненных местах на почве, в колеях дорог, огородных грядах, полях орошения. Обычно они группируются и имеют вид зеленых пузырей, достигающих 2 — 3 мм.

Для занятий лучше иметь живой материал, так как при фиксации таллом деформируется и протопласт отстает от стенки. Собирать материал лучше вместе с землей, которую затем отделяют путем взбалтывания с водой, или, придерживая пинцетом кусочек почвы с ботридиумом, осторожно отпрепаровывают ризоидальную часть от почвы препаровальными иглами.

Крупные шарики ботридиума хорошо видны в лупу или под бинокуляром, для чего их лучше поместить на предметное стекло с лункой. Ботридиум имеет сифональный тип дифференциации таллома, представленного единственной разросшейся клеткой. Ее наземная часть имеет вид окрашенного зеленого пузыря шаровидной или обратногрушевидной формы, переходящего в бесцветные ризоиды,

погруженные в почву. Ризоиды начинаются общим стволов, от которого отходят боковые ветви. Взрослые клетки покрыты многослойной стенкой, на которой может откладываться известь, часто образуя сплошную известковую корочку.

Большая часть пузыря заполнена вакуолью с клеточным соком. В постенном слое цитоплазмы располагаются многочисленные дисковидные хлоропласти и капли масла, ниже которых после специальных окрашиваний можно увидеть многочисленные ядра.

Размножается ботридиум бесполым путем с помощью двужгутиковых зооспор, когда все содержимое пузыря распадается на одноядерные фрагменты. Высвобождаются зооспоры через отверстие на вершине пузыря или через разрыв стенки. Проплавав некоторое время в воде, зооспоры на сырой земле развиваются в новые талломы ботридиума.

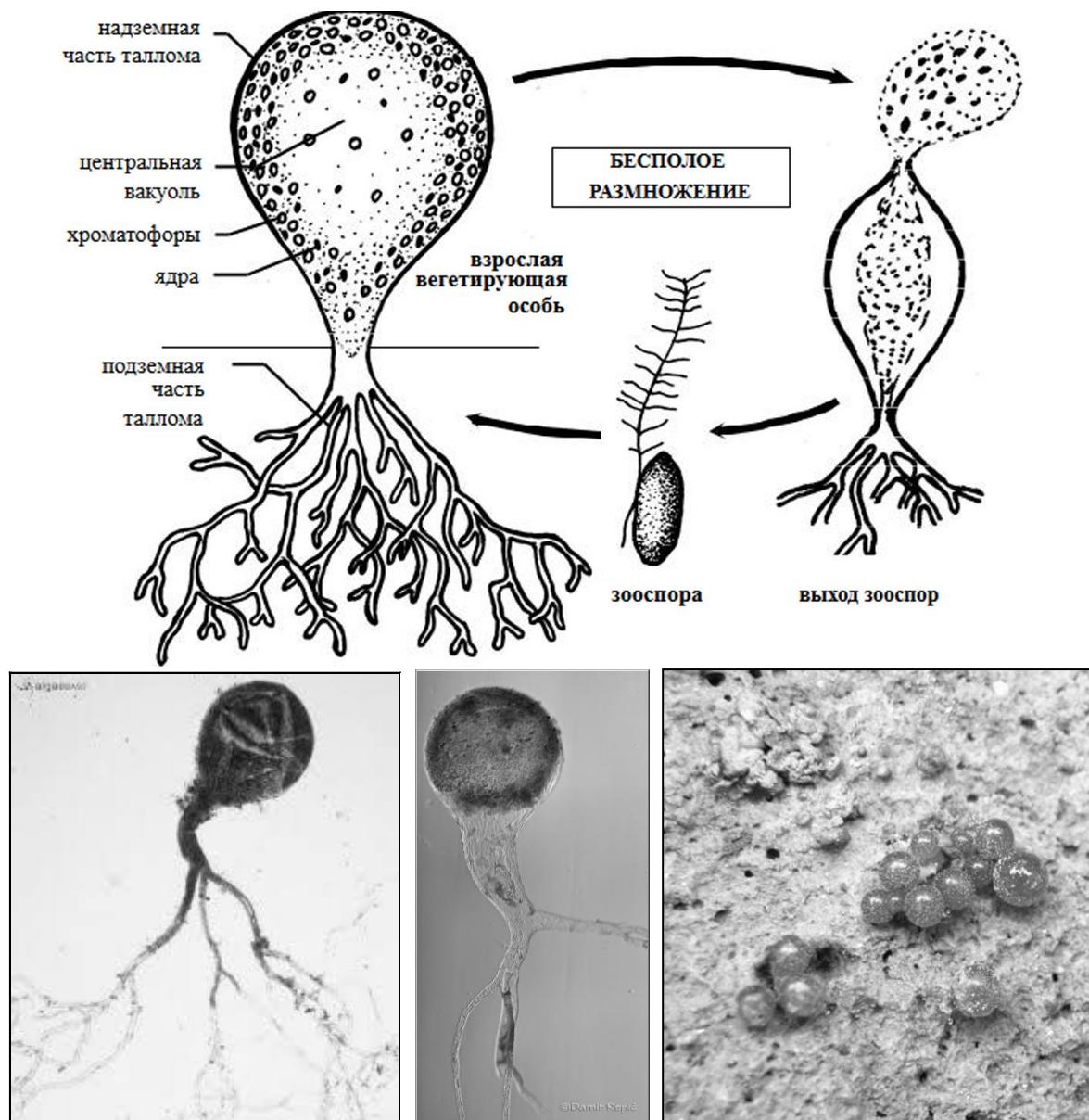


Рис. 6. *Botrydium*: общий вид таллома.

При недостатке влаги ботридиум размножается с помощью апланоспор или формирует толстостенные цисты, в одних случаях все содержимое пузыря идет на образование одной крупной цисты. В других — цисты формируются в ризоидах, куда вначале переходит содержимое пузыря. Цисты или прорастают непосредственно в новый таллом, или образуют зооспоры.

Половой процесс у ботридиума изогамный или гетерогамный. Специальные половые органы, как у вошерии, не образуются. Цикл развития гаплобионтный (гаплофазный) с зиготической редукцией (рис. 7).

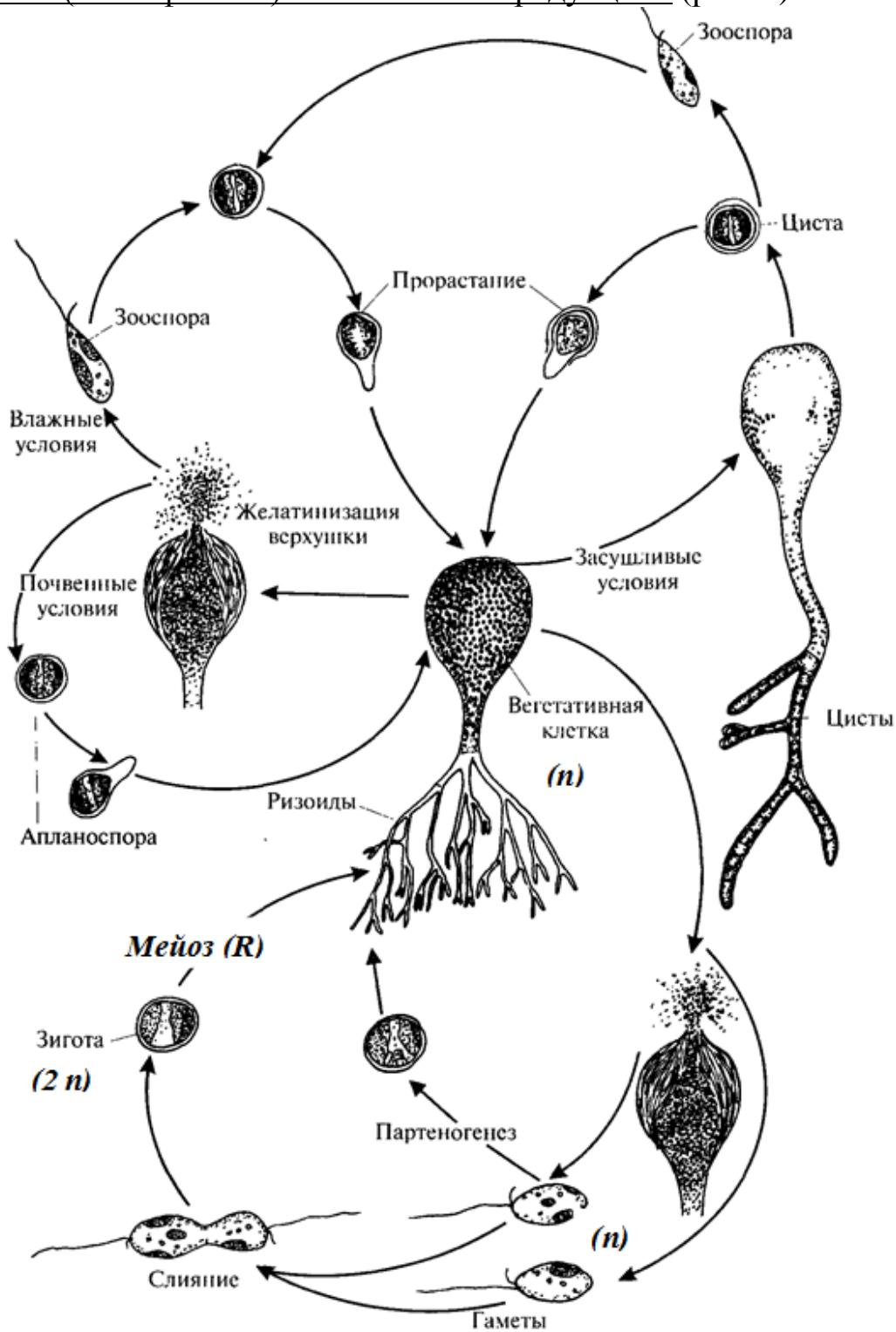
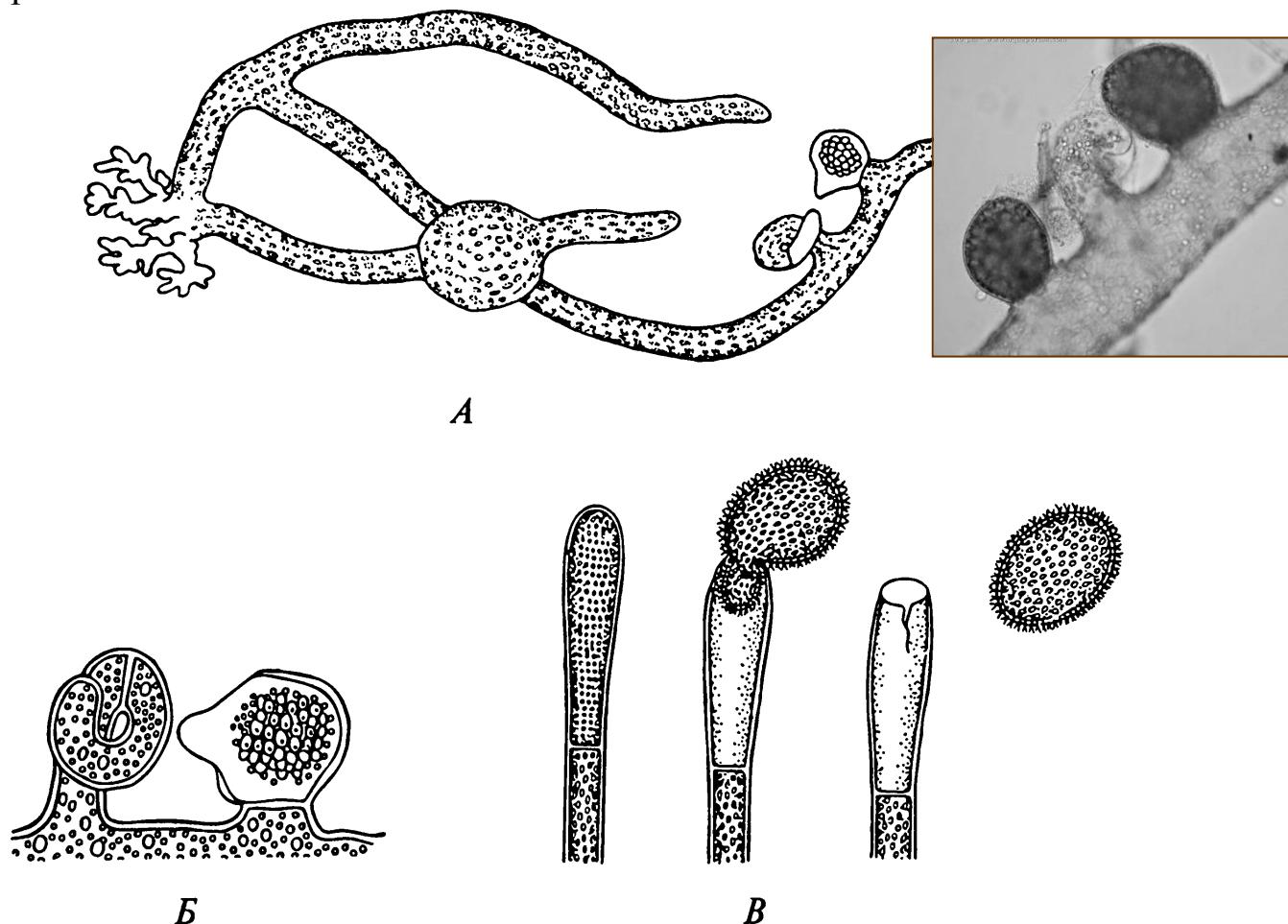


Рис. 7. Жизненный цикл *Botrydium*.

Порядок Вошериевые (Vaucherales)

К порядку относятся представители с сифональным типом дифференциации таллома с оогамным половым процессом и синзооспорами.

Род вошерия (*Vaucheria*). Виды рода (рис. 8) встречаются в водоемах различных типов (в пресной и морской воде), причем как на мелководье, так и на значительных глубинах. Некоторые виды образуют зеленые дерновинки на поверхности влажной почвы. Иногда небольшое местное повреждение стенки может привести к вытеканию всего содержимого нити. При малом увеличении микроскопа видно, что таллом вошерии имеет вид ветвящихся трубчатых зеленых нитей без перегородок, достигающих в длину нескольких сантиметров. Вошерия прикрепляется к субстрату с помощью бесцветного ризоида, который можно увидеть, если собирать прикрепленные, а не свободноплавающие нити (рис. 8, А). Клеточная стенка вошерии состоит из целлюлозы. На протяжении таллома можно обнаружить и перегородки, которые образуются при его повреждении и для отделения органов размножения.



Большая часть таллома занята вакуолью, а по периферии в цитоплазме расположены многочисленные ядра, заметные после специального окрашивания, и пластиды в виде зерен без пиреноидов. На протяжении нити можно встретить округлые прозрачные капли масла. На конце нити нередко попадаются вздувшиеся участки с более темноокрашенным и густым содержимым. Это зооспорангий, который отделяется перегородкой и в котором формируется одна крупная зооспора (рис. 8, В). Зооспора (*синзооспора*) овальной формы, без глазка, голая и несет многочисленные пары жгутиков. В цитоплазме под каждой парой жгутиков располагается ядро, в более глубоких слоях — хлоропласти, а внутри находится большая вакуоль с клеточным соком. После выхода зооспоры из зооспорангия она некоторое время (15 — 50 мин) движется, затем останавливается, втягивает жгутики, одевается стенкой и прорастает в новый таллом.

Половой процесс у вошерии оогамный. Антеридии имеют вид боковых цилиндрических выростов, часто загибающихся крючком (рис. 8, Б). В месте перегиба появляется перегородка, отделяющая антеридий, в котором формируются многочисленные бесцветные сперматозоиды. Они напоминают некоторые жгутиковые стадии бурых водорослей, но не типичны для большинства охрофитовых водорослей. У сперматозоида два неравных жгутика, прикрепленных сбоку: передний короткий несет мастигонемы, задний жгутик длинный и гладкий. Сперматозоиды выходят в воду через разрыв на вершине антеридия.

В оогонии, который имеет более или менее шаровидную форму, образуется единственная одноядерная яйцеклетка. У однодомных видов оогонии формируются по одному или по два рядом с антеридиями.

Вначале они не отделены перегородкой и заполнены большим количеством хлоропластов и каплями масла. К моменту созревания оогония в нем развивается единственная одноядерная яйцеклетка, и он отделяется перегородкой. Обращенная к антеридию часть оогония вытянута в виде клювика. Перед оплодотворением стенка в этом месте разрывается и сперматозоид проникает в оогоний. Диплоидная зигота покрывается толстой многослойной стенкой и превращается в ооспору, которая после периода покоя прорастает в новый таллом. Место редукционного деления в жизненном цикле *Vaucheria*, как полагают, связано с образованием гамет. Таким образом, ее жизненный цикл — диплоидный (рис. 9). Правда, имеются и противоречивые данные о мейозе у вошерии при прорастании зиготы.

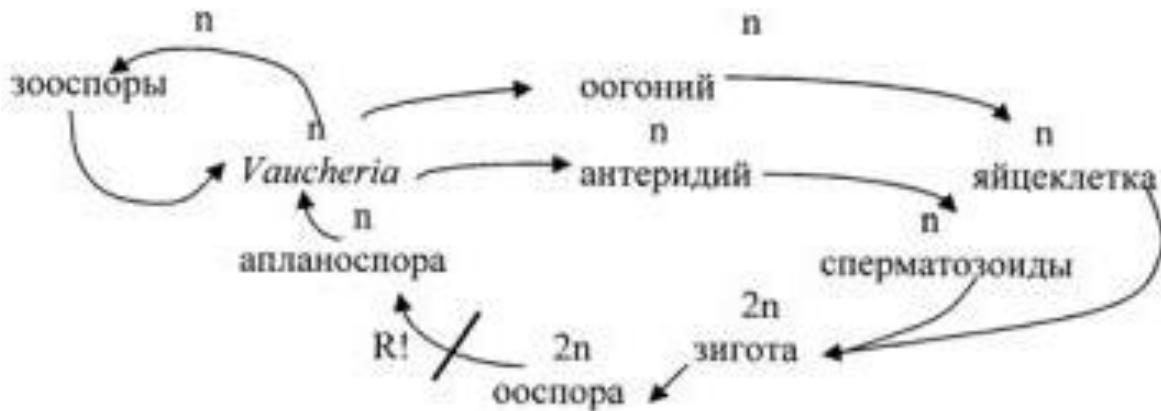


Рис. 9. Жизненный цикл *Vaucheria*

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить строение клетки пиннулярии. Для приготовления временного препарата, необходимо пипеткой взять каплю фиксированного или живого материала и нанести его на предметное стекло. Найти клетку пиннулярии. Если клетки видны только с одной из сторон (или со створки или с пояска), необходимо перевернуть клетку в нужное положение, слегка постукивая кончиком препаровальной иглы по краю покровного стекла.

Зарисовать клетку пиннулярии со створки, указав шов, центральные и полярные узелки, и с пояска, указав гипотеку и эпитечку.

Задание 2. Изучить строение нитевидной колонии мелозиры. Для этого приготовить временный препарат мелозиры, используя живой или фиксированный материал. Иногда (редко) в пробах попадаются ауксоспоры. Они имеют вид раздутых клеток, значительно превышающих ширину вегетативных и выступающих за пределы створок, в которых видны слегка оттянутые концы ауксоспор. Зарисовать нитевидную колонию мелозиры.

Задание 3. Изучить строение сифонального таллома ботридиума, имеющего пузыревидное строение, пользуясь живым или фиксированным материалом. Зарисовать таллом, указав подземную и надземную части таллома.

Задание 4. Изучить строение сифонального таллома вошерии, имеющего нитевидное строение. Пользуясь постоянным препаратом, рассмотреть и зарисовать фрагмент таллома вошерии с оогонием и антеридием. Найти на препарате зооспорангии и зарисовать их.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел диатомовые водоросли?
2. Строение клетки диатомовых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласт, пиреноиды).
3. Как устроен кремнеземный панцирь диатомовых водорослей? Какова его структура?
4. Различают актиноморфные и зигоморфные типы створок. Сколько плоскостей симметрии можно провести через эти створки соответственно?
5. Строение щелевидного и каналовидного шва у пеннатных. Какую функцию он выполняет?
6. Как осуществляется вегетативное размножение у диатомовых водорослей? Изменяются ли при этом первоначальные размеры клеток?
7. Размножаются ли диатомовые водоросли бесполым путем?
8. Что такое ауксоспорообразование?
9. Какие типы полового процесса известны для диатомовых водорослей?
10. Цикл развития диатомовых водорослей?
11. Распространение, роль в природе и практическое значение диатомовых водорослей.
12. Строение клетки пиннулярии.
13. Строение колонии мелозиры.
14. Какие водоросли объединяет отдел желтозеленые водоросли?
15. Какие типы структуры вегетативного таллома встречаются у желтозеленых водорослей?
16. Строение клетки желто-зеленых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласт, пиреноиды).
17. Строение синзооспоры и антерозоидов у вошерии.
18. Как осуществляется размножение желтозеленых водорослей? Известен ли у них половой процесс?
19. Какой тип структуры таллома характерен для вошерии и ботридиума? К какому порядку они относятся?
20. Как устроен таллом ботридиума? Где он обитает?

Занятие № 2

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел охрофитовые водоросли (охрофиты) — Ochrophyta

Класс фукофициевые (бурые) водоросли — Fucophyceae (Phaeophyceae)

Порядок фуксовые — Fucales

Род фукс — *Fucus*

Порядок ламинариевые — Laminariales

Род ламинария, морская капуста — *Laminaria*

Характеристика объекта

Класс фукофициевые (бурые) водоросли — Fucophyceae (Phaeophyceae).

К бурым водорослям относятся только многоклеточные представители с разнонитчатым псевдопаренхиматозным и паренхиматозным талломом, обычно макроскопические. У простейших представителей талломы представлены небольшими (несколько сантиметров) ветвящимися нитями. У более сложно устроенных бурых водорослей талломы дифференцированы на ткани. Талломы крупных водорослей (например, из порядка Ламинариевые), могут достигать длины 60 м и более. Таллом нарастает или за счет апикальной клетки, или вставочного (интеркалярного) роста.

Жгутиковые стадии (зооспоры и гаметы) бурых водорослей имеют два жгутика, неравных по длине и прикрепленных сбоку (латерально) клетки. Передний длинный жгутик несет два ряда трехчастных мастигонем, задний — короткий гладкий с базальным вздутием. Оба жгутика заканчиваются акронемой. В переходной зоне отсутствует переходная спираль. Хлоропласти типичны для охрофитовых водорослей, они окрашены в бурый цвет благодаря тому, что хлорофиллы *a* и *c* маскируются дополнительными каротиноидами, из которых преобладает фукосантин. Глазок у жгутиковых стадий (отсутствует у ламинариевых) расположен в хлоропласте и ориентирован на базальное вздутие жгутика. Запасные продукты — ламинарии, откладываемые вне хлоропласта, шестиатомный спирт маннит и липиды. Клеточная стенка состоит из сети целлюлозных микрофибрил, укрепленных альгинатом кальция, формирующих структурную фракцию клеточной стенки, и аморфного матрикса, состоящего из фукоиданов и растворимых альгинатов.

Бурые водоросли размножаются вегетативно, бесполым и половым путем. Гаметы формируются в многогнездных гаметангиях, зооспоры — в одногнездных спорангиях. Жизненный цикл диплоидный с гаметической

редукцией или гаплоидно-диплоидный со спорической редукцией. Подавляющее большинство представителей — морские обитатели.

Порядок Ламинариевые (Laminariales)

Представители порядка имеют паренхиматозный тип дифференциации таллома у спорофита. Рост спорофита осуществляется за счет вставочной меристемы, расположенной между стволов и пластинкой. Жизненный цикл с гетероморфной сменой форм развития, с крупным (у некоторых представителей до 60 м и более) спорофитом и микроскопическим гаметофитом. Половой процесс оогамный, в каждом оогонии образуется по одной яйцеклетке, в каждом антеридии — по одному сперматозоиду. За немногим исключением у подвижных стадий ламинариевых отсутствуют глазок и базальное вздутие на жгутике.

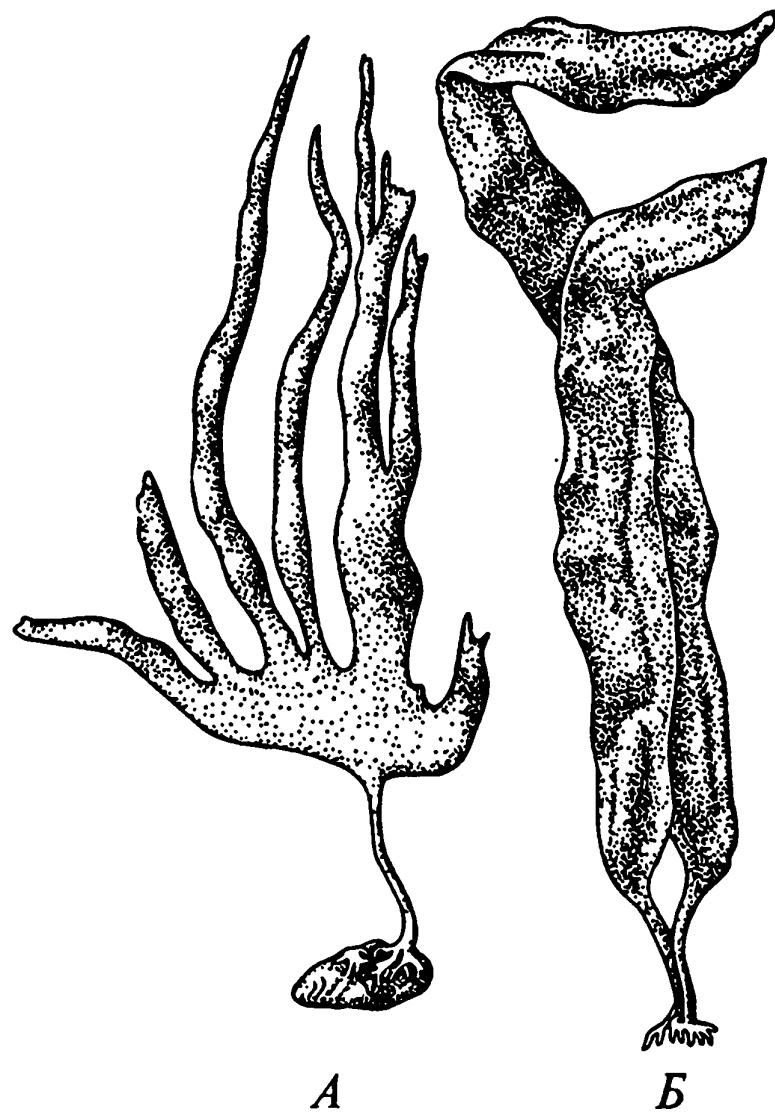
Ламинариевые обычны для холодных вод Северного и Южного полушарий. Они встречаются от поверхности моря до глубины 200 м.

Род ламинария, морская капуста (*Laminaria*) имеет слоевище в виде пластинки, ровной или морщинистой, цельной или рассеченной, без отверстий, длиной от нескольких десятков сантиметров до 20 м. Пластинка сидит на неразветвленном стволике, который прикрепляется к субстрату ризоидами или дисковидной подошвой. Ламинарии в основном распространены в Северном полушарии. В наших северных морях встречаются *L. saccharina* (L.) Lamour. и *L. digitata* (Huds.) Lamour. У первого вида листовидная пластинка цельная с более толстой средней частью и тонким гофрированным краем, у второго вида пластинка пальчаторассеченная, более плотная и одинаковая по толщине во всех своих частях (рис. 10, А, Б).

Рост спорофита ламинарий осуществляется за счет вставочной меристемы, которая расположена на границе между стволиком и пластинкой. При делении клеток этой меристемы нарастают в длину как пластинка, так и стволик. У многолетних представителей стволик и органы прикрепления многолетние, а пластинка ежегодно отмирает и вырастает новая.

Размножаются ламинарии бесполым и половым путем (рис. 11). Зооспорангии формируются по обеим сторонам пластинки в больших группах — сорусах. Зооспорангии хорошо видны на поверхности таллома в виде темных расплывчатых пятен. Зооспоры выходят в воду и прорастают в женские и мужские гаметофиты. После выхода зооспор спороносная часть пластинки разрушается, в ней появляются дыры.

Гаметофиты ламинариевых представлены микроскопическими ветвящимися одноосевыми нитями с апикальным ростом.



A *Б*

Рис. 10. *Laminaria digitata* (A), *L. saccharina* (Б). Общий вид таллома.

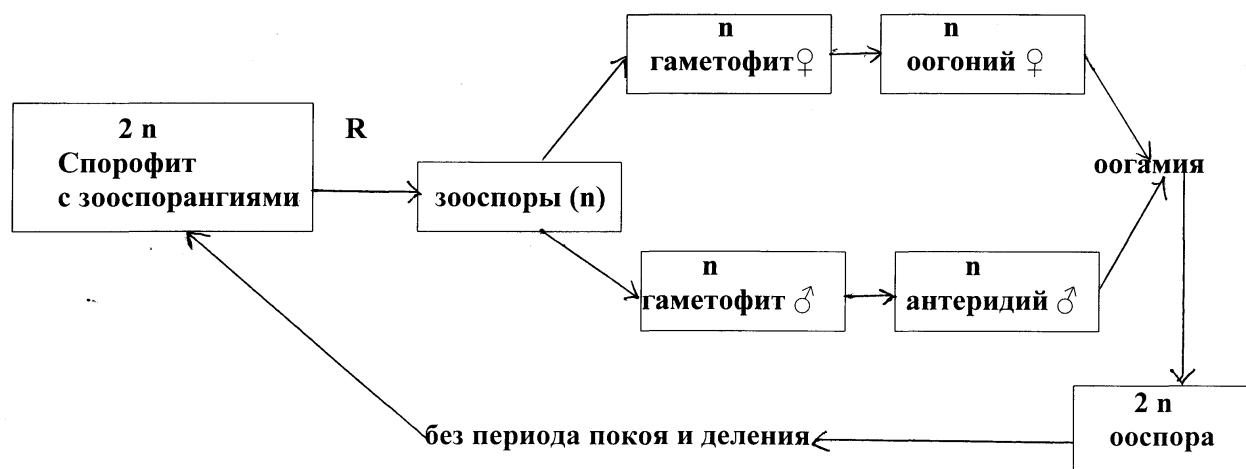


Рис. 11. Жизненный цикл *Laminaria saccharina*: гапло – диплобионтный жизненный цикл со спорической редукцией с гетероморфной сменой форм развития (с чередованием крупного спорофита и микроскопического гаметофита

Часто эти нити редуцированы до нескольких клеток. На мужских гаметофитах в виде мелких клеток образуются антеридии, в каждом из которых формируется единственный сперматозоид, на женских развиваются оогонии с единственной яйцеклеткой. Яйцеклетка выходит из оогония, но остается прикрепленной к его краям, где и оплодотворяется сперматозоидом. После оплодотворения она покрывается оболочкой и сразу прорастает в новый диплоидный спорофит.

Анатомическое строение стволика и пластиинки вместе с органами бесполого размножения изучают на поперечных срезах. Ламинариевые имеют сложное анатомическое строение, у них можно различить *меристодерму* и кору, которые состоят из окрашенных клеток, промежуточный слой из крупных бесцветных клеток и сердцевину. В сердцевине могут располагаться трубчатые нити, длинные тонкие клетки которых воронкообразно расширяются у поперечных перегородок. В этих перегородках находятся поры, поэтому их называют ситовидными пластинками. Сердцевина с хорошо развитыми проводящими элементами позволяет обеспечивать транспортировку органических веществ от верхней части пластины, где идет интенсивный фотосинтез, к ее основанию. В коре многих ламинариевых расположены слизистые каналы.

На продольном разрезе черешка видно, что снаружи он покрыт корой, состоящей из нескольких слоев клеток, в которых имеются многочисленные хлоропласти. За корой идет слой из нескольких рядов вытянутых бесцветных клеток и, наконец, внутренний слой — сердцевина — представлен сплетением тонких нитей (рис. 12, А). В толщину черешок растет за счет деления клеток коры и на поперечном разрезе хорошо заметны концентрические слои, напоминающие годичные кольца у высших растений (рис. 12, Б).

Для изучения участка таллома со спороносным слоем лучше иметь готовые препараты. При малом увеличении хорошо видно анатомическое строение пластиинки, которая с обеих сторон покрыта корой. Середина пластиинки состоит из крупных лишенных хлоропластов клеток. Спороносный слой виден как кайма на поверхности листа (рис. 12, В). Далее препарат следует рассмотреть при большом увеличении микроскопа. Тогда можно увидеть, что зооспорангии — вытянутые мешковидные клетки. Над ними возвышаются стерильные клетки — *парафизы*, в верхней расширенной части которых содержатся хлоропласти. Оболочки на верхушках парафиз сильно ослизнены (рис. 12, Г).

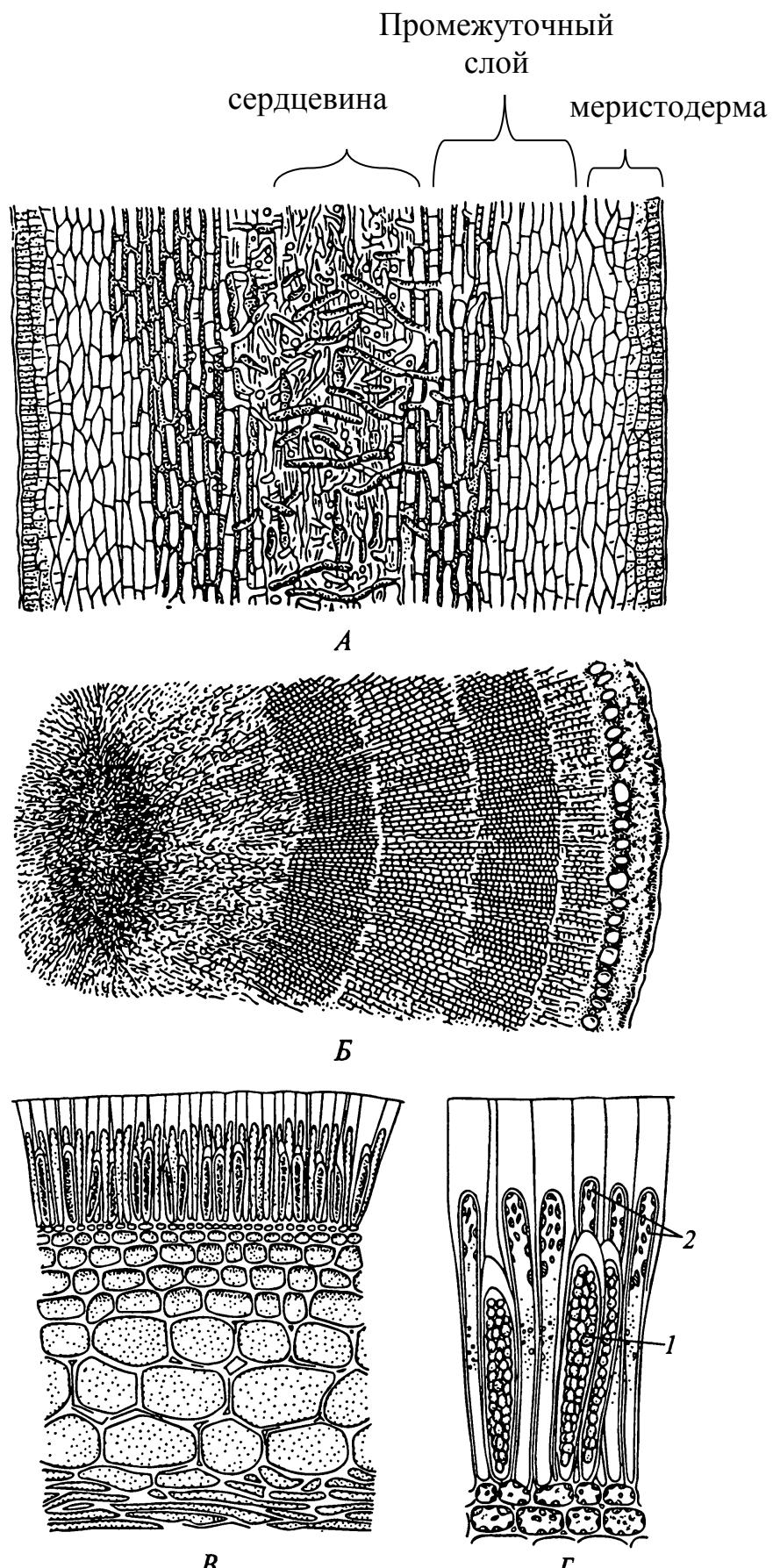


Рис. 12. *Laminaria*:

A — продольный разрез черешка; *Б* — поперечный разрез черешка; *В* — разрез пластинки с сорусом зооспорангииев; *Г* — участок соруса при большом увеличении: 1 — спорангий; 2 — парафизы

Порядок Фуксовые (Fucales)

К порядку относятся водоросли с апикальным ростом, тканевым талломом, их жизненный цикл диплоидный, с гаметической редукцией (рис. 13). Род фукс (*Fucus*) имеет многолетнее кустистое слоевище длиной до 2 м, которое прикрепляется к субстрату с помощью подошвы (рис. 14, А). В наших северных морях (в том числе Белом и Баренцевом) на прибрежных камнях в литоральной зоне образует заросли *F. vesiculosus* L. Для фукуса характерны плоские ветви с выступающим продольным ребром и дихотомическим ветвлением. Рост ветвей апикальный. На талломе расположены воздушные пузыри, заполненные газом, близким по составу к воздуху. Эти пузыри способствуют тому, что во время прилива талломы принимают вертикальное положение.

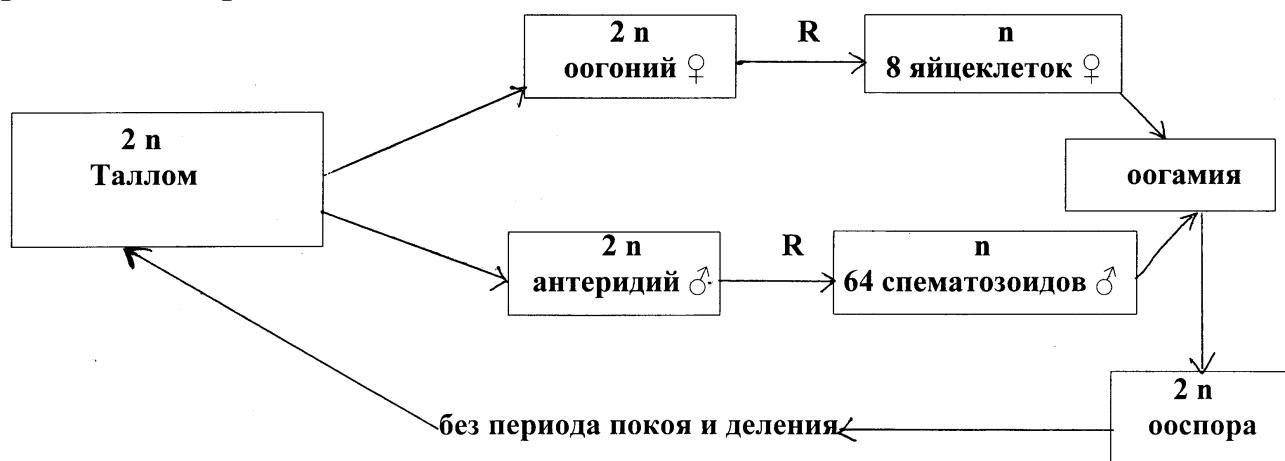


Рис. 13. Жизненный цикл *Fucus vesiculosus*: диплобионтный с гаметической редукцией.

Таллом фукуса имеет довольно сложное анатомическое строение. Снаружи он одет многослойной мелкоклеточной корой, средняя часть (сердцевина) состоит из вытянутых клеток и особых вторично развивающихся многоклеточных нитей, придающих прочность таллому. Гаметы формируются внутри гаметангии, которые располагаются во вздутых кончиках ветвей — *рецептакулах*. Внутри рецептакулов расположены камеры — *концептакулы (скафидии)*, открывающиеся на поверхность с помощью поры. На поперечных срезах с этих частей таллома видно, что концептакул представляет собой полость, сообщающуюся с внешней средой с помощью выводного отверстия. От стенок концептакула внутрь его отходят многоклеточные волоски (*парафизы*), которые иногда высываются из отверстия в виде хохолка. У некоторых видов мужские и женские скафидии могут располагаться на одном талломе, у других, как у *F. vesiculosus* L., — на разных. Половой процесс оогамный. Первое же деление ядра в гаметангии — мейотическое.

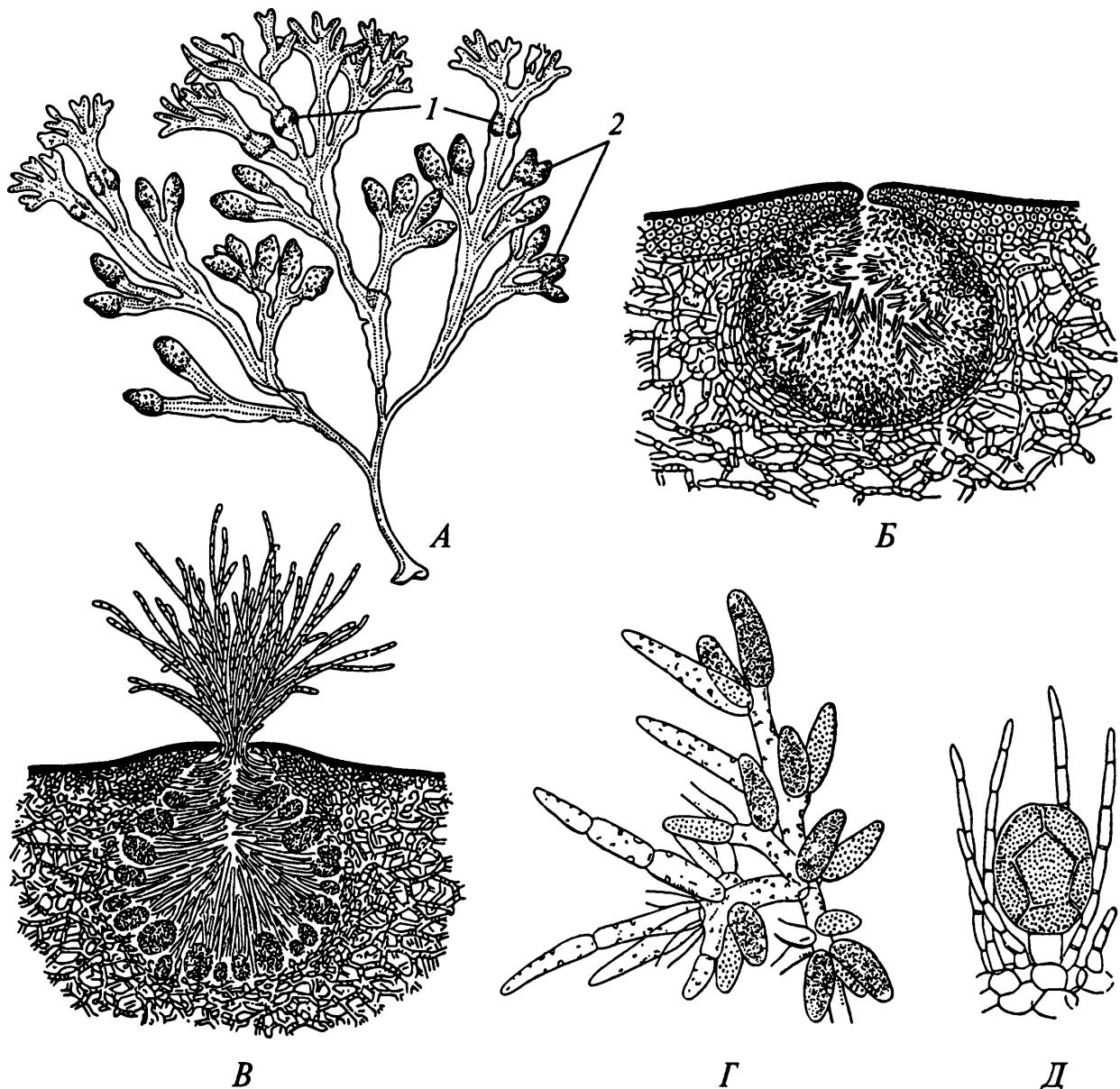


Рис. 14. *Fucus*:

А — внешний вид таллома; Б — разрез мужского скафидия; В — разрез женского скафидия; Г — веточка с антеридиями; Д — оогоний; 1 — воздушные пузыри; 2 — рецептакулы

В мужских концептакулах (рис. 14, Б) антеридии обычно формируются на ветвящихся парафизах, которые отходят от стенок концептакула. Они представляют собой овальные клетки, развивающиеся на плодущих веточках и заполненные зернистым содержимым (рис. 14, Г). Первое деление ядра в них редукционное, затем проходят митозы, в результате чего в антеридии образуются 64 сперматозоида. Стенка зрелого антеридия состоит из двух слоев. При освобождении сперматозоидов сначала вскрывается наружный слой оболочки антеридия, освобождая содержимое антеридия, покрытое внутренним слоем оболочки, а также слоем слизи. Этот пакет выходит из

концептакула в море, где внутренний слой оболочки желируется на одном или обоих концах, освобождая сперматозоиды. Сперматозоиды имеют глазок, расположенный внутри редуцированного хлоропласта.

В женских концептакулах между парафизами сидят оогонии (рис. 14, В, Д) на клетке-ножке, образующейся на стенке концептакула. Оогонии имеют вид крупных овальных клеток с темным содержимым. Клетка оогония претерпевает три деления ядра, первое из которых редукционное, в результате чего в оогонии образуются 8 яйцеклеток. Стенка оогония трехслойная: тонкий наружный слой, или экзохитон, толстый средний, или мезохитон, и тонкий внутренний слой, или эндохитон. При созревании экзохитон разрушается, освобождая пакет с яйцеклетками, окруженный двумя слоями. В море мезохитон разрушается с переднего конца, освобождая яйцеклетки, окруженные эндохитоном. Затем растворяется эндохитон, освобождая яйцеклетки.

Слизь с оогониями и антеридиями выходит на поверхность таллома обычно во время отлива, и ее капельки хорошо видны невооруженным глазом. Причем слизь со сперматозоидами окрашена в желтовато-оранжевый цвет, и по этому признаку можно отличить мужские экземпляры.

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить морфологическое и анатомическое строение пластинчатого таллома гербарных образцов ламинарии сахаристой и ламинарии пальчато-рассеченной. Зарисовать одну из них.

Пользуясь постоянными препаратами, рассмотреть при малом увеличении микроскопа продольный и поперечный срезы ствола ламинарии. Рассмотреть строение клеточных и трубчатых нитей сердцевины, а также строение клеток меристодермы, коры и промежуточного слоя при большом увеличении микроскопа. Зарисовать общую схему среза (продольного или поперечного) в виде сектора.

Составить схему цикла развития ламинарии.

Задание 2. Изучить строение таллома и концептакул фукуса пузырчатого

Зарисовать, указав дисковидную подошву, стволик, продольное ребро, воздушные пузыри, рецептакулы. Пользуясь постоянными препаратами, рассмотреть поперечный срез женских и мужских концептакул. Зарисовать, обозначив антеридии, оогонии, парафизы и выводное отверстие.

Составить схему цикла развития ламинарии.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Форма талломов бурых водорослей.
2. Анатомическое строение слоевищ бурых водорослей.
3. Строение клеток бурых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласти, пиреноиды, вакуоли).
4. Охарактеризуйте признаки, характерные для представителей порядка ламинариевые (форма таллома, анатомическое строение, размножение).
5. Строение монадных клеток (зооспор и гамет) у ламинарии. Где они развиваются?
6. Цикл развития ламинарии.
7. Как устроен таллом фукуса?
8. Как происходит размножение фукуса?
9. Цикл развития фукуса.

ТЕМА: Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta

Занятие №3

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta

Класс требуксиофициевые (требуксиеевые) водоросли — Trebouxiophyceae

Порядок хлорелловые — Chlorellales

Род хлорелла — *Chlorella*

Класс хлорофициевые, или зеленые водоросли, — Chlorophyceae

Порядок сфероплеевые — Sphaeropleales

Род гидродикцион (водяная сеточка) — *Hydrodictyon*

Род педиаструм — *Pediastrum*

Род сценедесмус - *Scenedesmus*

Порядок хламидомонадовые — Chlamydomonadales)

Род хламидомонада — *Chlamydomonas*

Род гониум — *Gonium*

Род пандорина — *Pandorina*

Род эвдорина — *Eudorina*

Род вольвокс — *Volvox*

Характеристика объекта

Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta

Отдел включает водоросли, стоящие на самых разных ступенях морфологической дифференциации таллома: монадной, пальмеллоидной, коккоидной, нитчатой, разнонитчатой (гетеротрихальной), паренхиматозной, псевдопаренхиматозной, сифоновой, сифонокладальной. Клетка обычно имеет жесткую стенку. У большинства она целлюлозная, но у многих имеет другой состав, например пептидоглюкановый. Хлоропласти встречаются в разном числе (от одного до очень многих на клетку) и имеют самую разную форму. Они чисто зеленого («травяного») цвета. Эта окраска обусловлена хлорофиллами *a* и *b*, которые преобладают над каротиноидами: α - и β -каротином, лютеином, неоксантином, виолаксантином, зеаксантином, антераксантином. У некоторых празинофициевых присутствует хлорофилл *c*. Пиреноид погружен в строму хлоропласта и пронизан тилакоидами. Запасной продукт — чаще всего крахмал. Он откладывается внутри хлоропласта — вокруг пиреноида и в строме. У большинства видов значительная часть клетки занята крупной вакуолью с клеточным соком. У подвижных клеток жгутиков чаще всего 2, реже 1, 4 или много (до 120, такие подвижные клетки

называют стефаноконтными). Во всех случаях они одинакового размера и строения. Трехчастные мастигонемы у жгутиков не встречаются. Жгутики могут быть ориентированы друг относительно друга по часовой стрелке, против часовой стрелки, находиться на одной линии или оба направлены в одну сторону. Вегетативное размножение обычно происходит делением отдельных клеток, путем фрагментации колоний или за счет разрыва нитей. Бесполое (споровое) размножение обычно подвижными зооспорами, у некоторых представителей неподвижными апланоспорами. Половой процесс — изогамия, гетерогамия, оогамия (чаще всего), коньюгация. У примитивных форм может быть хологамия — слияние целых вегетативных особей в качестве гамет. Большинство представителей отдела гаплобионты, но есть также диплобионты и виды с изо- и гетероморфной сменой генераций.

Представители отдела встречаются преимущественно в пресной воде, но есть также морские, почвенные виды, обитатели коры деревьев, камней и других субстратов вне воды, а также различные симбионты, особенно водорослевые компоненты (фотобионты) лишайников.

Класс требуксиофициевые (требуксиевые) водоросли — *Trebouxiophyceae*

Преимущественно одноклеточные коккоидные формы, по внешнему виду близкие к хлорофициевым водорослям. Встречаются представители с сарциноидным и нитчатым типами дифференциации таллома. Размножение вегетативное, бесполое (зооспоры, автоспоры), половое.

Жгутиковые стадии имеют крестообразные микрогрубочкиевые корешки с базальными телами, ориентированными против часовой стрелки. Митоз полузакрытый, веретено метацентрическое, веретено не сохраняется в телофазе. Цитокинез происходит за счет втячивания цитоплазматической мембраны в совокупности с фикопластом. Плазмодесмы отсутствуют. Пресноводные и наземные, реже морские представители, многие формируют симбиозы.

Род хлорелла (*Chlorella*). Виды рода — одноклеточные водоросли (рис. 15). Клетки одиночные, мелкие (от 2 до 12 мкм в диаметре), шаровидные или овальные, с гладкой стенкой. Хлоропласт в виде глубокой чаши, цельный, с одним пиреноидом или без него.

Ядро одно, без окраски невидимо. Размножение только бесполое, автоспорами. Хлореллы широко распространены в пресных и морских водах, на сырой земле и на коре деревьев, а также как симбионты в клетках пресноводных беспозвоночных (гидры, губки, различные простейшие).

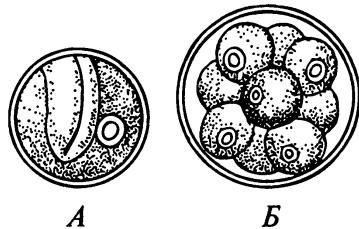


Рис. 15. *Chlorella*:
А — вегетативная клетка;
Б — образование автоспор

Класс хлорофициевые, или зеленые водоросли, — *Chlorophyceae*

Класс представлен монадными, пальмеллоидными, коккоидными, нитчатыми и гетеротрихальными формами.

Клетка делится с участием фикопласта — пластинки из микротрубочек, располагающихся в плоскости деления. Телофазное веретено не сохраняется; нити веретена в анафазе всегда укорачиваются. У более примитивных представителей клеточное деление бороздой, у более высокоорганизованных имеется клеточная пластинка, возникающая из пузырьков гладкой эндоплазматической сети или из пузырьков, образующихся от аппарата Гольджи. Обычно в клетке имеется ризопласт — структура, связывающая базальные тельца жгутиков с ядерной оболочкой. Соединение базальных телец между собой поперечнополосатое.

Жизненные циклы (где известны) гаплоидные, с зиготической редукцией.

Почти исключительно пресноводные формы. Есть водоросли вневодных местообитаний.

Порядок сфероплеевые — *Sphaeropleales*

Порядок объединяет коккоидные формы, т.е. одноклеточные, колониальные и ценобиальные формы, не имеющие жгутиков в вегетативном состоянии. Бесполое размножение происходит двужгутиковыми зооспорами, не имеющими жесткой клеточной стенки, и автоспорами, т.е. неподвижными спорами, представляющими собой в миниатюре взрослую особь. Половой процесс изогамный, гетерогамный и оогамный.

Род гидродикцион (водяная сеточка)

— *Hydrodictyon*

Ценобии макроскопические, сложенные из большого числа клеток (до 20 тыс.). У старых экземпляров длина отдельных клеток 1,5 см, а сам ценобий может быть размером до 1,5 м.

Клетки, слагающие ценобий, имеют удлиненную форму (рис. 16). Стенка клеток целлюлозная, кутинизированная во внешних слоях. Цитоплазма занимает постенное положение, так как центральная часть клетки занята громадной вакуолью с клеточным соком. Быстро увеличивается, а хлоропласт становится постенным, неправильно-сетчатым.

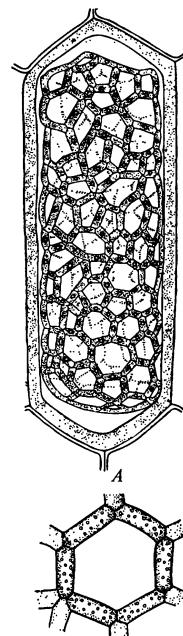


Рис. 16. *Hydrodictyon*:
А — молодая сеточка внутри материнской клетки;
Б — часть молодой сеточки

У совсем молодых ценобиев клетки одноядерные, с хлоропластом в виде пластиинки и одним пиреноидом. С возрастом количество ядер и пиреноидов

Клетки срастаются своими концами, чаще всего по 3, реже по 2 — 4. Таким путем формируется сеть, состоящая из отдельных ячеек, в основном шестиугольных. Сетка может быть незамкнутой или, как у широко распространенного в европейской части России вида *H. reticulatum* (L.) Lagerh., замкнутой.

Размножение может осуществляться как бесполым, так и половым путем (рис. 17). В бесполом размножении может участвовать любая клетка ценобия. Ее содержимое распадается на двужгутиковые зооспоры. Не выходя наружу, они через некоторое время теряют подвижность, удлиняются и складываются в новую сеточку, которая покидает материнскую клетку после разрыва ее стенки и увеличивается до размеров взрослого ценобия.

Половое размножение считается изогамным. Гаметы внешне сходны с зооспорами, но вместо того чтобы складывать новую сеточку, они покидают материнскую клетку. В световом микроскопе все гаметы выглядят одинаковыми, однако с помощью электронного микроскопа удается установить некоторую разницу в строении сливающихся гамет. Зигота окружается стенкой, в ней накапливается жир, окрашенный каротиноидами в кирпично-красный цвет. Постепенно зигота увеличивается в размерах и переходит в состояние покоя, а затем прорастает. Ядро ее претерпевает мейоз, в результате чего образуются четыре крупные двужгутиковые зооспоры (естественно, гаплоидные).

Зооспоры, поплавав некоторое время, останавливаются, и каждая развивается в многоугольную клетку — полиэдр. Полиэдр разрастается, становится многоядерным, и содержимое его распадается на двужгутиковые зооспоры, которые слагаются в молодую сеточку (как в вегетативной клетке при бесполом размножении), освобождающуюся через разрыв стенки полиэдра. Полиэдр может служить и для перенесения неблагоприятных условий, например, при подсыхании водоемов.

При наличии живых экземпляров водяной сеточки, помещенных в стеклянный сосуд с водой, можно наблюдать зооспорообразование в любой клетке ценобия длиной не менее 0,2 мм. Внутри одной материнской клетки образуется несколько тысяч зооспор, где они складываются в новую сеточку. Таким образом, каждая зооспора формирует одну клетку ценобия и в дальнейшем количество клеток не увеличивается, и рост ценобия идет только за счет роста слагающих его клеток.

Род широко распространен в пресных стоячих или текучих водах (озера, водохранилища, заводи, канавы) с постоянным подтоком азотистых веществ.

При благоприятных условиях в некоторые годы ценобии могут развиваться в массовом количестве. Однако в тех же местах в другие годы водяная сеточка может полностью отсутствовать.

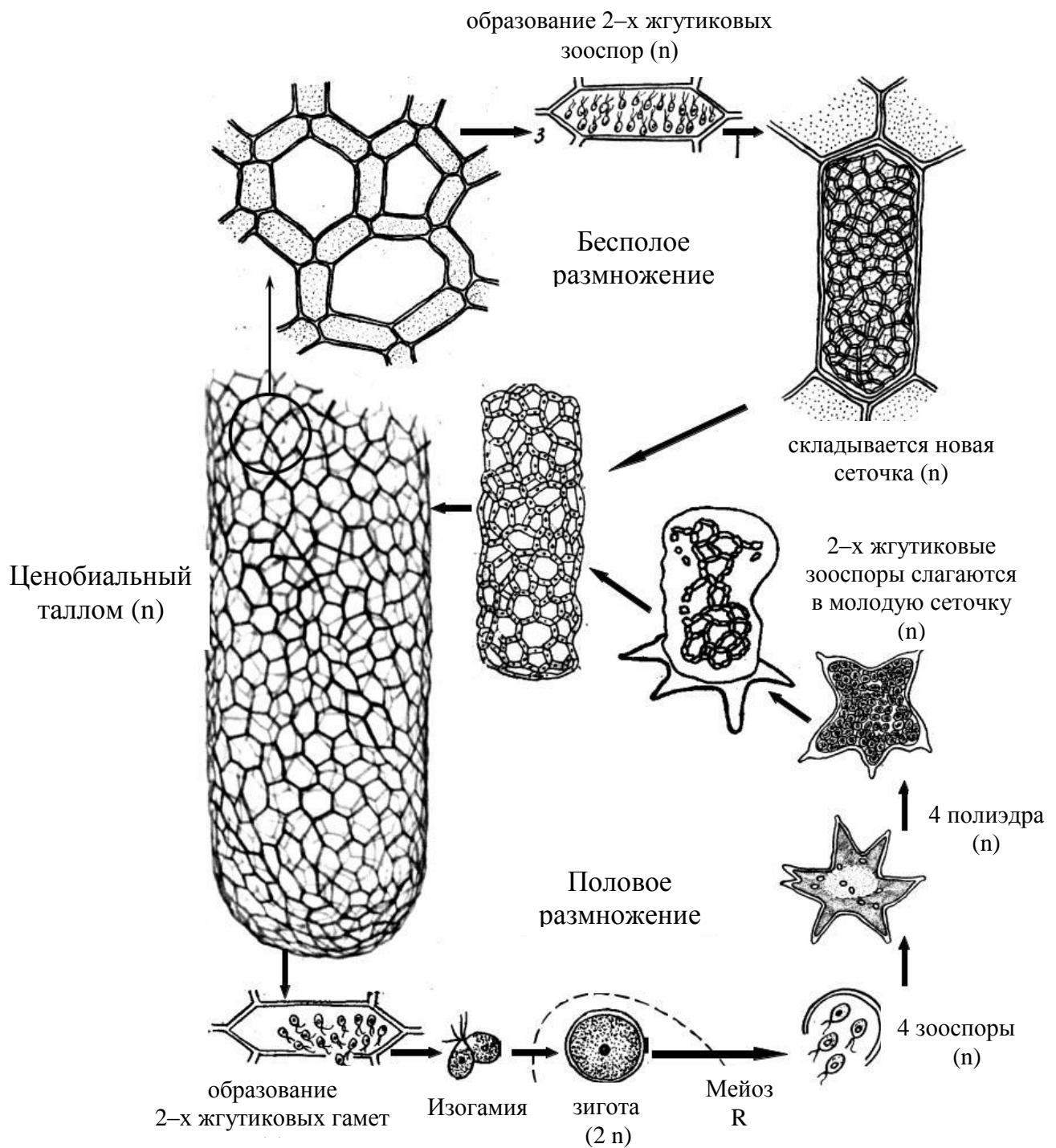


Рис. 17. Жизненный цикл *Hydrodictyon*.

Род педиаструм — *Pediastrum*. Ценобии плоские, в виде более или менее округлых табличек («ковриков»). Клетки могут плотно примыкать друг к другу, и тогда ценобий будет сплошной. Если между клетками остаются промежутки, ценобий получается «продырявленный». Каждая краевая клетка ценобия несет 1 или 2 (редко 4) отростка (рис. 18). Хлоропласт чашевидный с одним пиреноидом. Единственное ядро маскируется хлоропластом и без покраски не видно. Бесполое размножение происходит зооспорами, выходящими из клеток (а в зооспорангий, как и у водяной сеточки, может превращаться любая клетка) в слизистом пузыре и, еще находясь в нем, складывающимися в новый ценобий. Половой процесс и дальнейшие события, связанные с ним (образование зооспор, превращение их в полиэдр и т.д.) сходны с половым процессом водяной сеточки.

Виды этого рода широко распространены в планктоне пресных вод.

Род сценедесмус — *Scenedesmus*. Ценобии — плоские, иногда загнутые пластинки — «плотики» (рис. 19). Они могут состоять из 4 — 8 (реже 2—16 или даже 32) клеток, срастающихся своими боками параллельно друг другу и располагающихся при этом в один или два ряда, но никогда не становящихся объемными. Стенка клеток целлюлозная, гладкая или различным образом орнаментированная. У некоторых видов на краевых или на всех клетках имеются длинные тонкие выросты — «рога». Хлоропласт постенный, с одним пиреноидом, ядро без покраски невидимо.

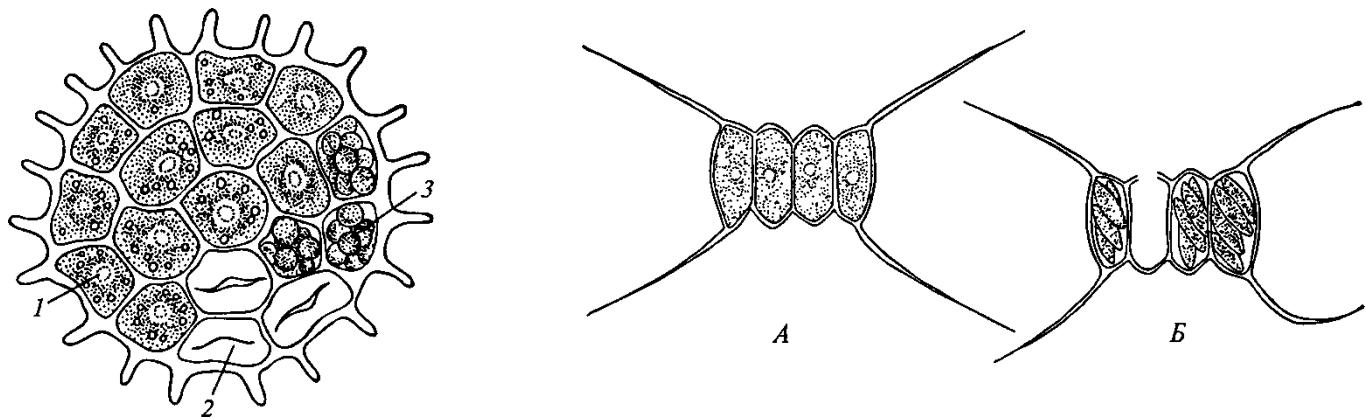


Рис. 18. Ценобий *Pediastrum*:

- 1 - вегетативные клетки;
- 2 — пустые клетки после выхода зооспор; 3 - клетки, с зооспорами

Рис. 19. *Scenedesmus*:

- А — ценобий;
- Б — образование новых ценобиев

Размножение происходит автоспорами, которые могут образовываться в любой из клеток ценобия в числе, характерном для ценобиев данного вида. Прямо внутри материнской клетки они формируют новый маленький

ценобий, который выходит наружу. Есть данные о наличии у некоторых представителей полового процесса.

Виды рода *Scenedesmus* широко распространены в пресноводном планктоне. Часто они встречаются в прибрежной зоне среди нитчаток, мхов и т. п. Некоторые виды этого рода широко используются как объекты различных экспериментальных исследований.

Порядок хламидомонадовые — *Chlamydomonadales*

Порядок объединяет одноклеточные, колониальные и ценобиальные монадные формы. Они подвижны в течение всей своей жизни и только при наступлении неблагоприятных условий (например, подсыхании) могут переходить в пальмеллоидное состояние. Некоторые представители порядка (иногда выделяемые в отдельный порядок *Tetrasporales*) постоянно существуют в пальмеллоидном состоянии. Зоиды имеют жесткую клеточную стенку.

Ценобии могут быть плоскими или объемными. При развитии объемных ценобиев сначала образуется пластинка из 4, затем из 8 клеток. После этого пластинка искривляется до тех пор, пока не образуется полая сфера с маленьким незамыкающимся отверстием. При этом передние концы клеток, где должны возникнуть жгутики, обращены внутрь сферы. Затем сфера полностью выворачивается наизнанку. Клетки образуют жгутики.

Род хламидомонада — *Chlamydomonas*. Многочисленные виды рода обитают в лужах на глинистых почвах, в канавах и других мелких пресных водоемах, а также на снегу (рис. 20, 21). При их массовом развитии может наблюдаться «цветение» воды, т.е. вода принимает зеленую окраску.

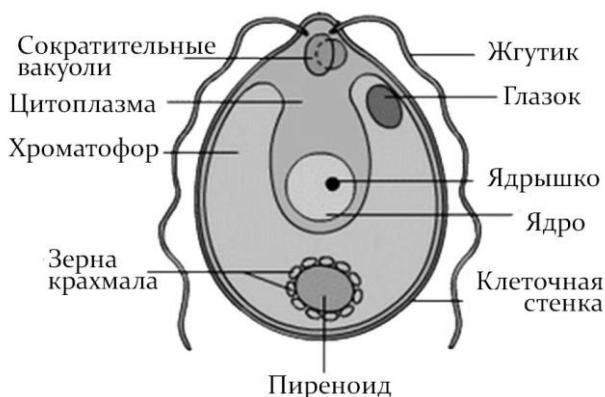


Рис. 20. *Chlamydomonas*:
вегетативная особь

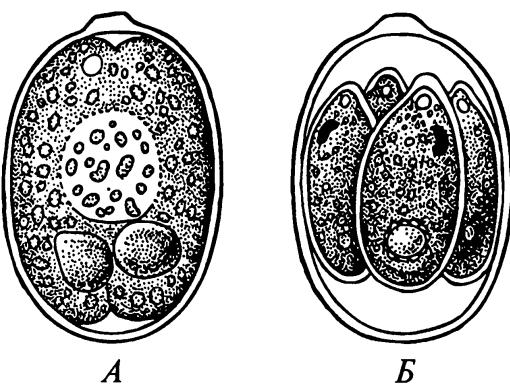


Рис. 21. *Chlamydomonas*.
А — начальная стадия
образования зооспор;
Б — молодые особи внутри
стенки материнской клетки

Клетка имеет форму от почти округлой до грушевидной, эллипсоидальной или почти цилиндрической. Размер ее невелик — обычно не больше 25 мкм в длину. Она окружена стенкой, плотно прилегающей к протопласту или (у более старых особей) несколько отстающей от него в задней части. От переднего конца отходят два жгутика, за счет биения которых хламидомонада может довольно быстро перемещаться.

Бесполое размножение происходит зооспорами, образующимися обычно по 4 или по 8 внутри стенки материнской клетки (рис. 22). При выходе они уже представляют собой маленькие хламидомонады, которые потом только увеличиваются в размере. Половой процесс у большинства видов изогамный, но есть виды, у которых он гетерогамный или оогамный.

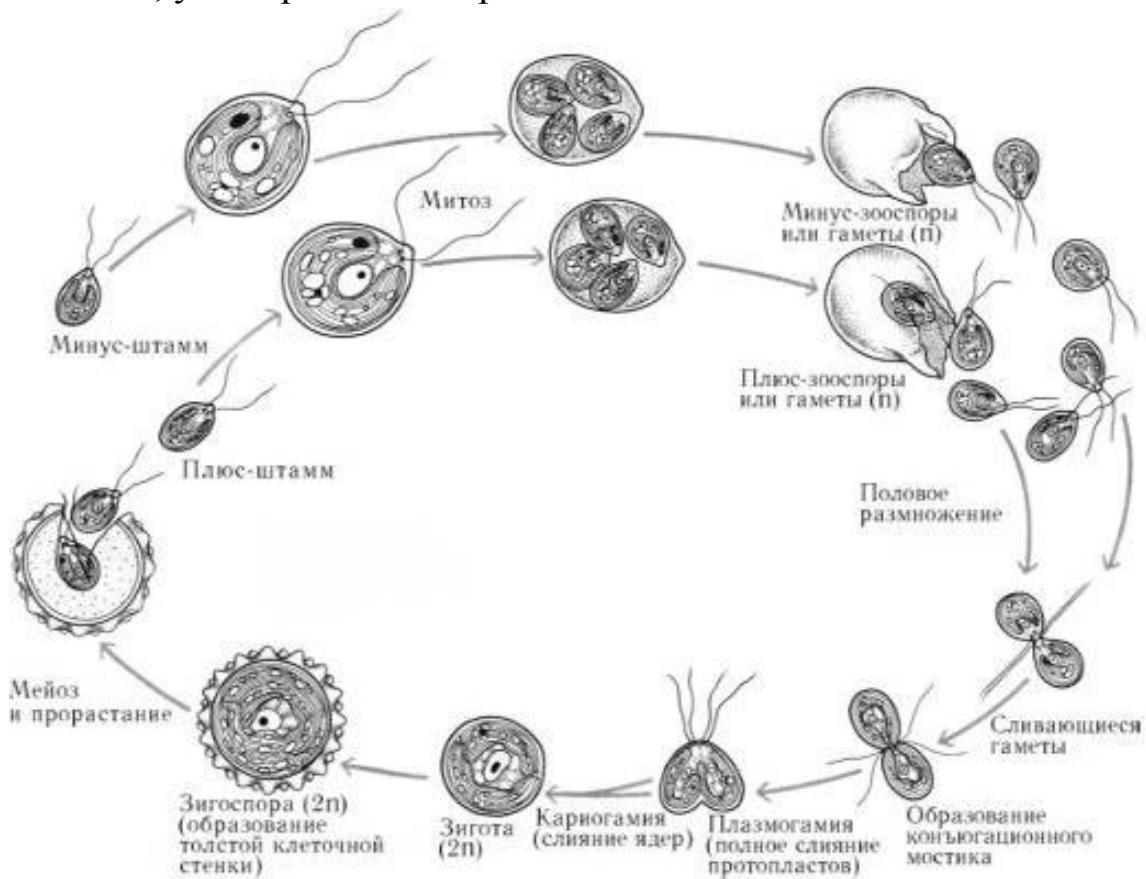


Рис. 22. Жизненный цикл *Chlamydomonas*.

Род гониум — *Gonium*. Ценобии расположены в одной плоскости, образуя подвижную пластинку (рис. 23). Она состоит из 4 и более клеток, окруженных слоем бесцветной слизи. У наиболее распространенного вида *G. pectorale* ценобии 16-клеточные. При бесполом размножении образуются дочерние ценобии: содержимое каждой материнской клетки последовательно делится, так что образуется столько клеток, сколько их в ценобии у данного вида. Каждая дочерняя клетка приобретает все структуры, присущие взрослой

клетке, и новый ценобий освобождается после того, как расплывается стенка материнской клетки. Половой процесс изогамный.

Род пандорина — *Pandorina*. Ценобии объемные, шаровидной или овальной формы (рис. 24). Они состоят из клеток, тесно прижатых друг к другу (из-за чего клетки, не считая обращенной вовне поверхности, имеют граненую форму) и одеты общей обверткой — так называемым инволюкрумом (invohicrum). При бесполом размножении, как и у других ценобиальных монадных зеленых водорослей, образуются дочерние ценобии. Половой процесс изогамный. Наиболее распространен и повсеместно встречается вид *Pandorina morum* (O. Mull.) Вогу, ценобии которого состоят из 16 клеток.

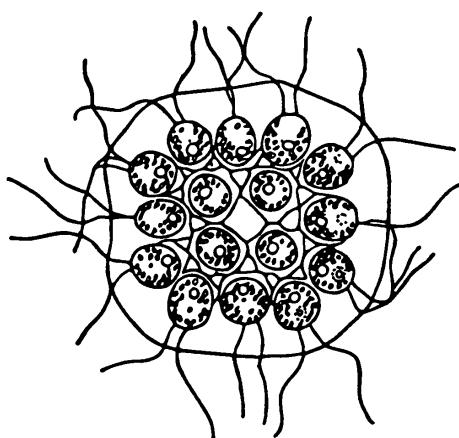


Рис. 23. *Gonium pectorale*.
Ценобий

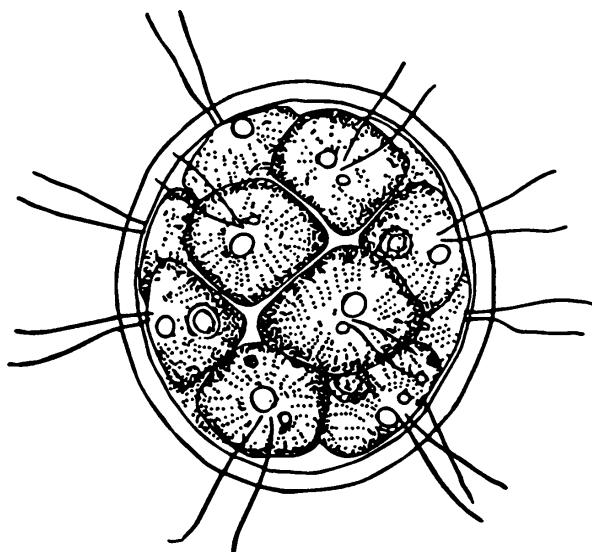


Рис. 24. *Pandorina morum*.
Ценобий

Род эвдорина — *Eudorina*. В ценобиях представителей рода отдельные клетки расположены довольно рыхло по периферии эллипсоида, середина которого заполнена сравнительно жидким слизью, а вокруг клеток, как и у пандорины, имеется общий инволюкрум — слой более плотной слизи (рис. 25). При бесполом размножении ценобий останавливается, и каждая клетка в результате последовательных делений дает начало стольким клеткам, сколько их во взрослом ценобии. Половой процесс — резко выраженная гетерогамия.

Наиболее распространенный вид — *E. elegans* Ehr., ценобии которого состоят из 32 клеток.

Род вольвокс — *Volvox*.

Ценобий — крупный (диаметром до 3 мм) слизистый шар с тонким инволюкрумом, под которым в один слой располагаются клетки (рис. 26). Число их у разных видов от 500 до 60 000. Обширная внутренняя полость шара занята жидким слизью. Строение клеток типично для монадных зеленых

водорослей, только внутренние слои стенки очень сильно ослизываются. Более плотные наружные слои у соседних клеток соприкасаются и образуют полигональный узор, иногда хорошо видимый. Между соседними протопластами образуются плазмодесмы, хорошо заметные у некоторых видов во внутренних ослизенных слоях стенки, а у некоторых видов практически неразличимые. Ценобий движется таким образом, что одна его часть всегда впереди, а другая сзади. Клетки у вольвокса в отличие от рассмотренных выше родов четко дифференцированы на вегетативные (соматические, не способные к размножению) и репродуктивные (генеративные). Последних немного и они располагаются в задней части ценобия.

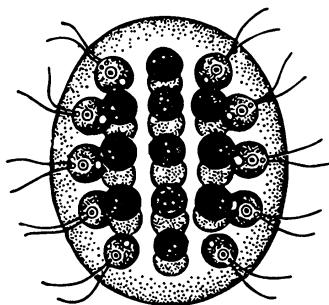


Рис. 25. *Eudorina elegans*.
Ценобий

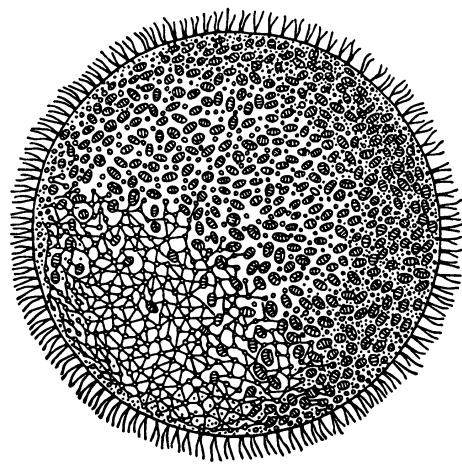


Рис. 26. *Volvox*. Ценобий

Для бесполого размножения предназначено 8—10 клеток, называемых гонидиями. Они увеличиваются в объеме, вдаются во внутреннюю часть ценобия, и содержимое их начинает делиться по описанной выше схеме. У вольвокса довольно часто можно наблюдать стадии незамкнутой полой сферы, в которой при определенной фокусировке можно отчетливо видеть отверстие (рис. 58). Дочерние колонии после ослизнения произведших их клеток (гонидий) проваливаются в центральную полость материнского ценобия. Таким образом, внутри материнского шара можно видеть 8—10 дочерних шаров (рис. 27, А). Половой процесс оогамный. Одни сравнительно немногочисленные (5—15 на ценобий) клетки превращаются в антеридии, другие (около 30) — в оогонии (рис. 27, Б).

А

Б

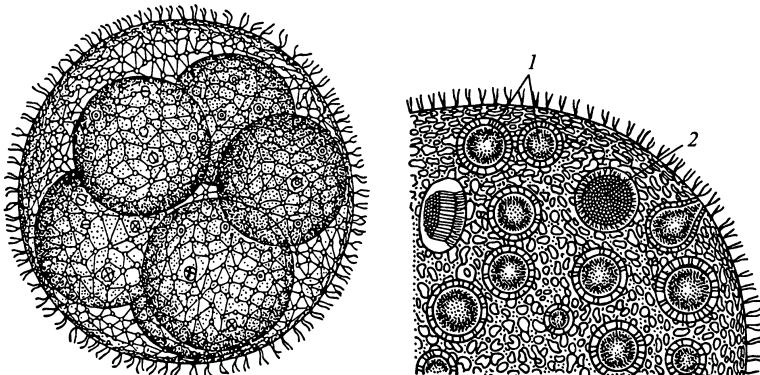


Рис. 27. А - *Volvox aureus*. Дочерние колонии внутри материнского.
Б - *Volvox globator*. Часть ценобия с оогониями (1) и антеридиями (2)

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить строение клетки хлореллы. Для этого приготовить временный препарат и при большом увеличении зарисовать клетку хлореллы, указав оболочку, ядро, хлоропласт и пиреноид.

Задание 2. Изучить строение ценобия гидродикциона. Используя фиксированный или гербарный материал, рассмотреть, как выглядит гидродикцион. Приготовить временный препарат, используя живой или фиксированный материал. При малом увеличении найти несколько ячеек и зарисовать.

При большом увеличении рассмотреть строение отдельной клетки. Зарисовать клетку ценобия, указав оболочку, ядра, хлоропласт с пиреноидами.

Отобразить схемой цикл развития водяной сеточки.

Задание 3. Изучить строение ценобий сценедесмуса и педиаструма. Для этого приготовить временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Зарисовать ценобии при большом увеличении микроскопа.

Задание 4. Изучить строение клетки хламидомонады. Для этого приготовить временный препарат, используя живой или фиксированный материал и при большом увеличении зарисовать клетку хламидомонады, указав жгутики, оболочку, ядро, хлоропласт, глазок, пиреноид, пульсирующие вакуоли и пиреноид.

Задание 5. Изучить строение ценобий сценедесмуса и педиаструма. Для этого приготовить временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Зарисовать ценобии при большом увеличении микроскопа.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Охарактеризуйте коккоидный тип структуры таллома.
2. Строение монадных клеток, образующихся в цикле развития водяной сеточки.
3. Какой тип полового процесса наблюдается у водяной сеточки?
4. Как размножается хлорелла?
5. Где и как происходит формирование дочерних ценобиев у водяной сеточки и сценедесмуса?
6. Образование какой структуры является характерной особенностью цикла развития водяной сеточки и педиаструма?
7. Охарактеризуйте монадный тип структуры таллома

8. Строение и размножение хламидомонады
9. Цикл развития хламидомонады
10. Как устроен ценобий гониума?
11. Как располагаются клетки в ценобиях пандорины и эвдорины?
12. Размножение гониума, пандорины и эвдорины.
13. Строение колонии вольвокса.
14. В чем выражается дифференцировка клеток колонии вольвокса?

Занятие № 4

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta

Класс ульвофициевые водоросли — Ulvophyceae

Порядок улотриковые (кодиоловые) — Ulotrichales (Codiolales)

Род улотрикс — *Ulothrix*

Порядок ульвовые — Ulvales

Род ульва, морской салат — *Ulva*

Род энтероморфа — *Enteromorpha*

Характеристика объекта

Класс ульвофициевые водоросли — Ulvophyceae

Для класса характерен митоз с сохраняющимся телофазным веретеном. У более примитивных представителей деление клетки бороздой с участием пузырьков, образующихся от аппарата Гольджи, у более высокоорганизованных цитокинез с митозом непосредственно не связан: ядра и клетки делятся независимо, «сами по себе» или клетки вообще не делятся, а только увеличиваются в размере. Одноклеточных (монархических и коккоидных) представителей нет, самые примитивные формы состоят из нескольких клеток. Талломы могут быть нитчатыми, паренхиматозными, псевдопаренхиматозными, сифоновыми или сифонокладальными. В основном морские формы, есть пресноводные.

Порядок улотриковые (кодиоловые) — Ulotrichales (Codiolales)

Представители порядка — коккоидные, нитчатые или пластинчатые формы. Объединяющая их особенность — наличие в половом цикле *Codiolum*-стадии (раньше она считалась самостоятельной водорослью) — одноклеточной структуры, в которую прорастает зигота и которая через некоторое время распадается на зооспоры, дающие начало новому коккоидному, нитчатому или пластинчатому таллому. В жизненном цикле чередуются гаплофаза (более долговечная) и диплофаза (*Codiolum*-стадия).

Представители обитают в морях и пресных водах.

Род улотрикс — *Ulothrix*. Неветвящиеся нити улотрикса состоят из одного ряда клеток, по длине примерно равных диаметру (изодиаметрических) или даже несколько меньшего диаметра, с довольно толстыми целлюлозными стенками (рис. 28).

Они прикрепляются к субстрату с помощью почти бесцветной конической базальной клетки — ризоидальной. Нити улотрикса часто отрываются и ведут неприкрепленный образ жизни. При сборе материала они также разрываются, поэтому базальные клетки в материале попадаются очень

редко. Хлоропласт постенний, в виде пояска, замкнутого или незамкнутого, с несколькими пиреноидами. Ядро одно, но без покраски не видно. Рост диффузный: клетки (кроме базальной) делятся пополам. Такие делящиеся клетки нередко можно видеть в материале. У некоторых видов развивается мощное слизистое влагалище за счет ослизнения внешних слоев стенки.



Рис. 28. *Ulothrix*: А - Нить с развивающимися в некоторых клетках зооспорами, Б - *Codiolum*-стадия

Бесполое размножение — четырехжгутиковыми зооспорами (рис. 29). Они или образуются в клетках по 2—4 (так называемые макрозооспоры), или их образуется больше соответственно меньшего размера (микрозооспоры). Чаще попадаются последние. Зооспоры выходят из материнской клетки в слизистом пузыре, который вскоре расплывается. Иногда они могут прорастать в новые нити, не выходя из материнской клетки.

Половой процесс изогамный. Некоторым видам свойственен гетероталлизм. Двухжгутиковые гаметы образуются в клетках так же, как и зооспоры. Они выходят наружу и сливаются. Зигота некоторое время движется. В этом состоянии она напоминает зооспору, поскольку имеет 4 жгутика, но у нее 2 глазка. Потом зигота останавливается, оседает на дно и окружается толстой стенкой. После периода покоя она прорастает в *Codiolum*-стадию, куда переходит ее ядро. Через некоторое время наступает мейоз, после чего могут быть еще митозы. В результате образуются 4—8 (реже 16) зооспор, прорастающих в новые нити улотрикса.

Виды рода *Ulothrix* довольно широко распространены в текучих пресных водах: реках, ручьях или в прибрежной зоне больших озер. Известны и морские виды.

Порядок ульвовые — *Ulvales*

Представителей порядка отличает таллом — паренхиматозный, в виде пластины или трубчатый. Смена поколений изоморфная. Морские и пресноводные формы.

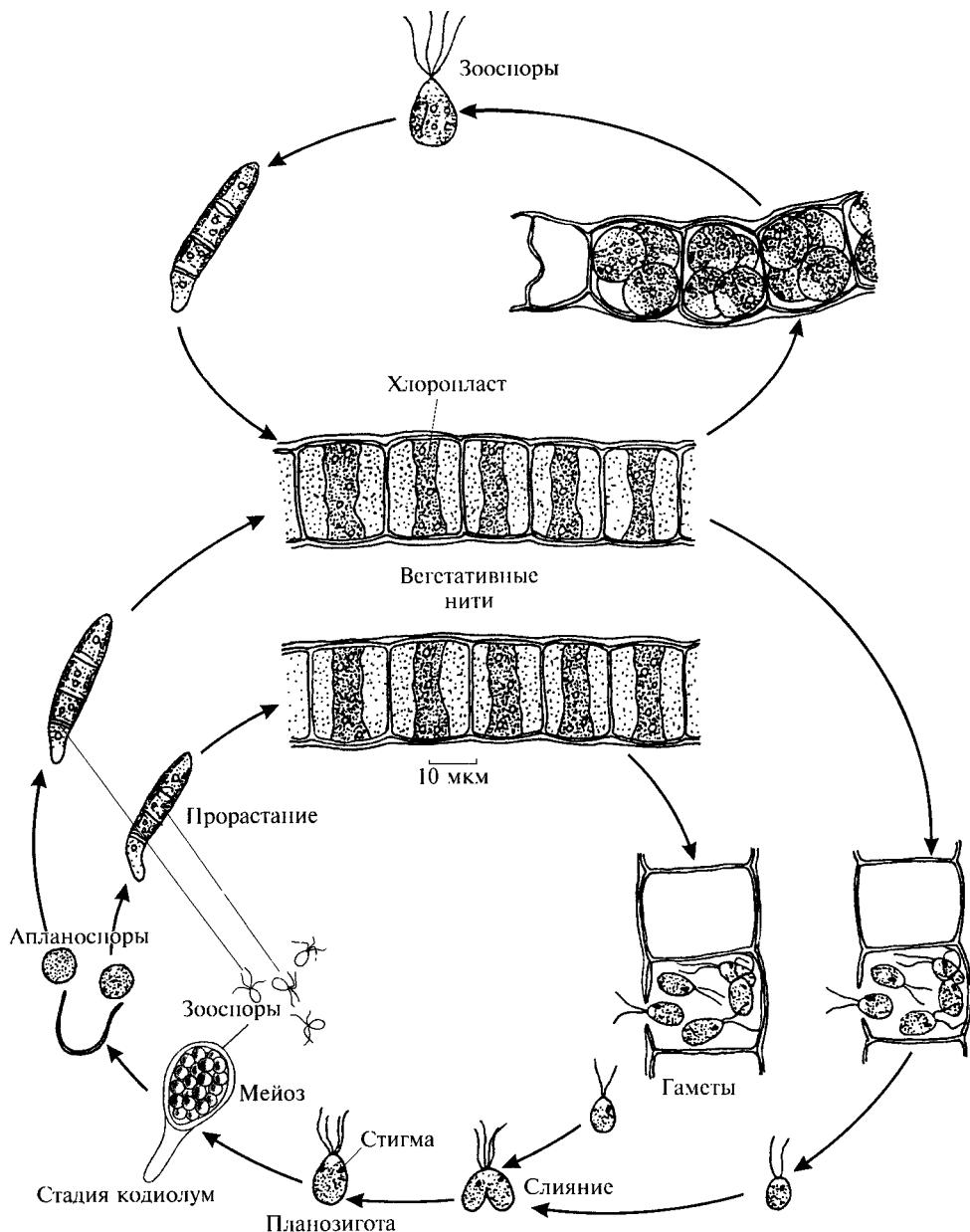


Рис. 29. Жизненный цикл *Ulothrix*.

Род ульва, морской салат — *Ulva*. Таллом — пластина из двух слоев клеток салатно-зеленого цвета длиной до 25 см и шириной 15 см с гофрированными лопастными краями. Пластина прикрепляется к субстрату короткой ножкой (рис. 30, А) или пластины могут отрываться и вести неприкрепленный образ жизни.

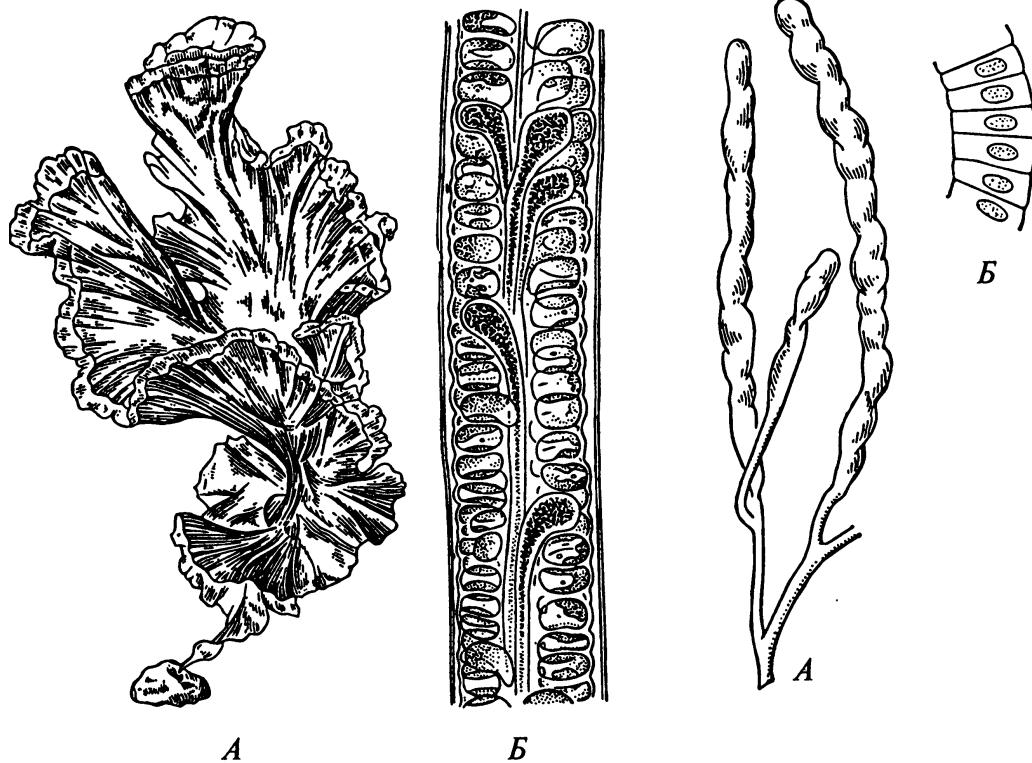
Пластина ульвы состоит из двух слоев изодиаметрических клеток (рис. 30, Б). В ножке и в нижней части таллома некоторые клетки дают длинные мешковидные выросты, которые внедряются между двумя слоями. Хлоропласти в клетках располагаются по их внешним стенкам.

В жизненном цикле чередуются диплофаза (спорофит) и гаплофаза (гаметофит) (рис. 32). Спорофиты дают начало четырехжгутиковым

зооспорам, прорастающим в гаметофиты того же облика, что и спорофиты. На гаметофитах формируются гаметы одинакового облика, т. е. половой процесс изогамный. Спорофит и гаметофит морфологически подобны друг другу, таким образом, здесь наблюдается изоморфная смена форм развития.

Виды этого рода широко распространены в прибрежной зоне северных и южных морей. Могут развиваться в массе, особенно в бухтах, где вода загрязнена органикой.

Род энтероморфа — *Enteromorpha* или кишечница, отличается трубчатым строением таллома (рис. 31). Стенка полой трубы однослойная. Таллом неветвящийся или ветвящийся, вначале всегда прикрепленный, позднее часто свободноплавающий. На ранних стадиях таллом имеет вид двухслойной пластиинки, как у ульвы, но в дальнейшем слои расходятся, сохраняя связь по краям. Благодаря пузырькам газа, наполняющим ее полые трубы, энтероморфа нередко образует большие скопления на поверхности воды. Это преимущественно морские и солоноватоводные формы, некоторые виды встречаются и в пресных водах; многие представители рода могут обитать в широком диапазоне солености.



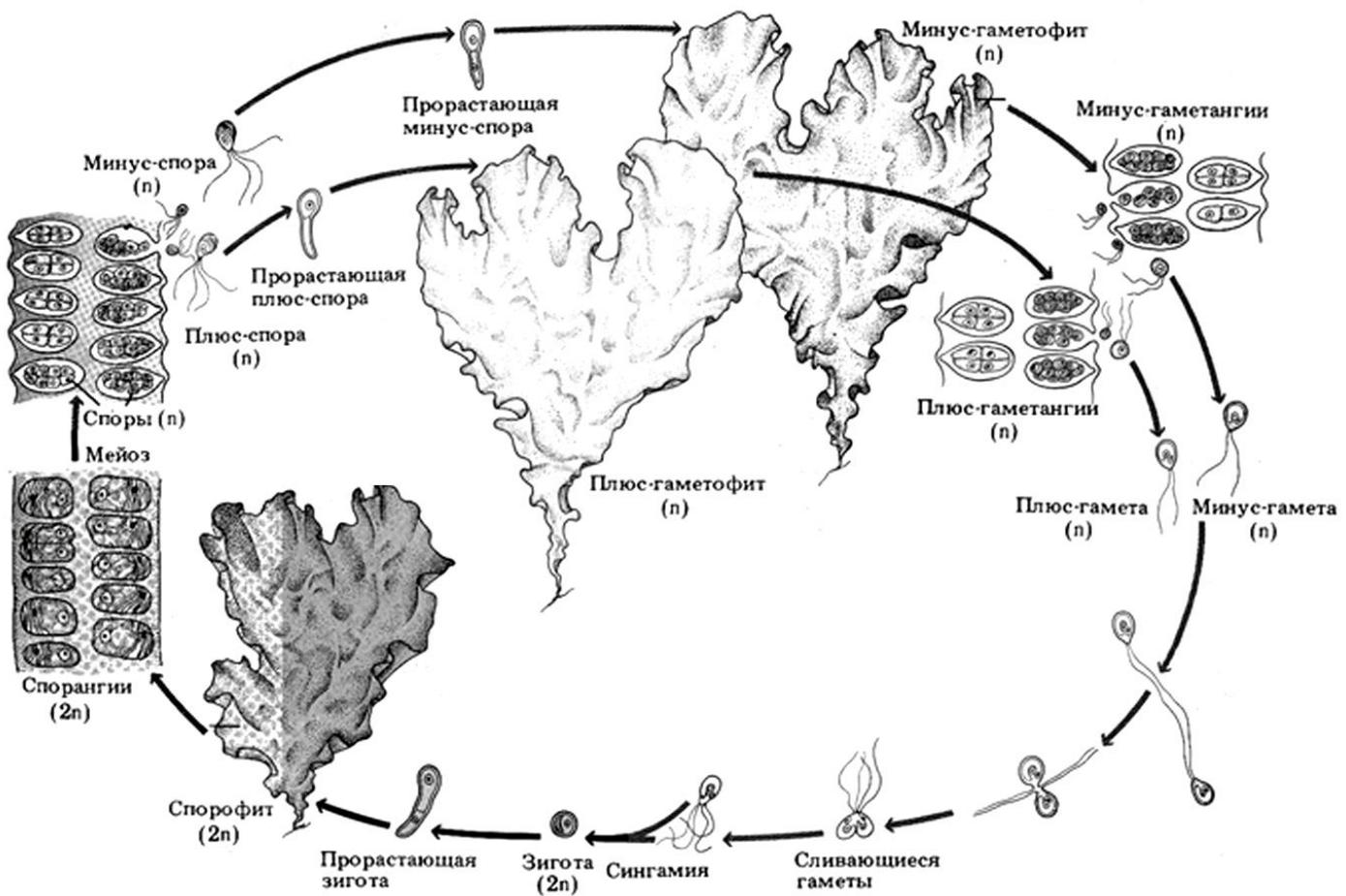


Рис. 32. Жизненный цикл *Ulva*.

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить строение нитчатого таллома улотрикса. Используя фиксированный материал, приготовить временный препарат. Зарисовать нить улотрикса, указав оболочку, ядро, хлоропласт, пиреноид.

Изобразить схемой цикл развития улотрикса.

Задание 2. Изучить строение пластинчатого таллома ульвы. Используя гербарный или фиксированный материал, зарисовать внешний вид ульвы. Изобразить схемой цикл развития ульвы.

Задание 3. Изучить строение пластинчатого таллома энтероморфы, имеющего трубчатое строение. Для изучения энтероморфы можно воспользоваться как гербарным, так и фиксированным материалом. Зарисовать один из видов энтероморфы.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли относятся к порядку улотриковые?
2. Охарактеризуйте нитчатый тип структуры таллома.
3. Охарактеризуйте пластинчатый тип структуры таллома.
4. Охарактеризуйте разнонитчатый (гетеротрихальный) тип структуры таллома.
5. Какое строение имеет клетка улотриковых?
6. Какие типы размножения встречаются у улотриковых?
7. Как происходит вегетативное размножение?
8. Какое строение имеют репродуктивные клетки (зооспоры и гаметы)?
9. Какие типы полового процесса известны у улотриковых?
10. Имеется ли морфологическое различие между вершиной и основанием нити у прикрепленных форм, в частности у видов улотрикса?
11. В каких клетках и при каких условиях происходит образование зооспор и гамет у улотриковых?
12. Какая смена форм развития наблюдается у улотрикса опоясанного?
13. Как построены гаметофиты и спорофиты ульвы и энтероморфы? Какой цикл развития характерен для них?

ТЕМА: Отдел харофитовые (харофиты) — Charophyta

Занятие № 5

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел харофитовые (харофиты) — Charophyta

Класс зигнемофициевые (коньюгаты) водоросли — Zygnematophyceae

Порядок зигнемовые — Zygnematales

Род спирогира — *Spirogyra*

Род мужоция — *Mougeotia*

Род зигнема — *Zygnema*

Класс харофициевые водоросли — Charophyceae

Порядок харовые — Charales

Род хара — *Chara*

Характеристика объекта

Отдел харофитовые (харофиты) — Charophyta

Харофитовые — наиболее прогрессивная ветвь в систематике водорослей. Детали ядерного и клеточного делений у них сходны с таковыми высших растений, с которыми они несомненно являются сородичами. К харофитовым относятся одноклеточные, нитчатые или очень сложно устроенные гетеротрихальные формы. Есть и другие типы строения таллома.

Вегетативное размножение происходит делением одноклеточных форм пополам, фрагментацией нитей или с помощью специальных выводковых почек. Половой процесс — оогамия или коньюгация, т. е. слияние амебоидных протопластов обычных вегетативных клеток.

Почти исключительно пресноводные формы, некоторые встречаются в сильно опресненных участках морей. Могут обитать и вне воды, но тогда обычны в зоне постоянного попадания водяных брызг.

Несколько особняком стоят порядки Зигнемовые (Zygnematales) и Десмидиевые (Desmidiales), объединяемые в отдельный класс зигнемофициевые (коньюгаты) водоросли — Zygnematophyceae. Они отличаются полным отсутствием жгутиковых стадий и половым процессом — коньюгацией. При прорастании зиготы происходит мейоз, так что эти водоросли — гаплобионты. Бесполого размножения у них нет, зато широко распространено вегетативное размножение путем деления клеток пополам или распада нитей.

Порядок зигнемовые — Zygnematales.

Представители порядка одноклеточные или нитчатые неветвящиеся, обычно свободноплавающие формы. Стенка цельная, сплошная, без пор.

Хлоропласт самой разной формы. При прорастании зиготы из нее развиваются 4 проростка (у одноклеточных форм) или всего один проросток (у нитчатых форм). Цикл развития гаплофазный с зиготической редукцией (рис. 35).

Род спирогира — *Spirogyra*. Нити спирогиры состоят из длинных цилиндрических, иногда несколько расширенных посередине клеток, расположенных в один ряд, с хорошо заметной довольно толстой стенкой. Слизистый чехол обычно не виден, так как показатель преломления слизи почти равен показателю преломления воды.

Хлоропласт (в числе одного или нескольких на клетку) представляет собой узкую плоскую ленту с неровными краями, располагающуюся в виде спирали в периферической части клетки (рис. 33). У многих видов отчетливо заметен гребень хлоропласта как темно-зеленая тонкая полоска, проходящая вдоль ленты хлоропласта с ее внутренней стороны. По средней линии хлоропласта или по его гребню на более или менее равном расстоянии друг от друга расположены хорошо заметные пиреноиды, окруженные крахмальной сферой. Зерна крахмала могут откладываться и в толще хлоропласта и при этом нередко так забивают клетку, что строение хлоропласта становится неразличимым.

Полость клетки заполнена большой вакуолью, поэтому цитоплазма располагается тонким слоем под стенкой. В центре клетки находится подвешенное на цитоплазматических тяжах и заключенное в цитоплазматический мешочек большое ядро с одним или двумя ядрышками, обычно видимое между витками хлоропластов. У разных видов спирогир ядро имеет разную форму, чаще всего шаровидную или линзовидную, ориентированную в последнем случае перпендикулярно к длинной оси клетки. У некоторых видов в клеточном соке откладываются кристаллики гипса, хорошо заметные в виде крестообразно расположенных иголочек. Снаружи нити одеты слизистым чехлом.

Половой процесс - конъюгация (лестничная или боковая) у спирогиры анизогамная: протопласт из одной клетки через мостик (копуляционный канал) переходит в другую клетку, где и формируется зигота (рис. 33(А); 35). При этом две нити, клетки которых еще сохраняют нормальное строение протопластов, срастаются друг с другом при помощи копуляционных отростков, образующихся как боковые выросты у расположенных друг против друга клеток. Происходит постепенное сжатие протопласта в одну крупную шаровидную каплю, как при плазмолизе. При этом следует обратить внимание на то, что данный процесс всегда начинается раньше и идет интенсивнее в клетках, отдающих свое содержимое, чем в воспринимающих.

Хлоропласты в этих клетках становятся неразличимыми, сливаясь в общую массу.

При переползании протопласта через копуляционный (конъюгационный) канал в воспринимающую клетку следует отметить, что в сжавшемся содержимом последней еще заметны отдельные ленты хлоропластов (рис. 33, *Б*).

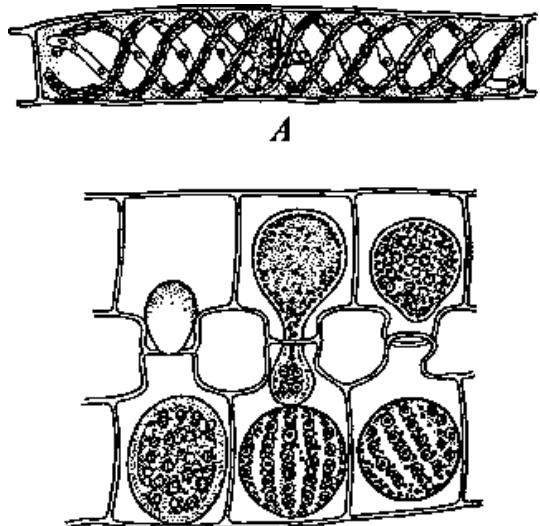


Рис. 33. *Spirogyra*:
А — строение клетки;
Б — конъюгация

Сливаясь, протопласты образуют зиготу, в которой исчезают и хлоропласти воспринимающей клетки. Зрелые зиготы имеют шаровидную или эллипсоидную форму. Они заполнены маслом и гематохромом и окрашены в бурый или буровато-желтый цвет. Спирогиры широко распространены в стоячих и медленно текущих водах: в заводях и старицах рек, в прудах, болотах, а также в более мелких водоемах, таких как канавы и лужи, нередко образуя большие массы «тины» ярко-зеленого цвета.

Род зигнема — *Zygnetia* резко выделяется строением хлоропластов, имеющих звездообразную форму и один крупный пиреноид в центре каждого (рис. 34). Хлоропласти соединены цитоплазматическим мостиком, в котором заключено ясно различимое ядро с ядрышком. Нити зигнема обычно тоньше, чем у спирогир, а клетки относительно короче, т.е. длина их обычно не более чем в 2 раза превышает диаметр. Они одеты еще более мощно развитым слизистым чехлом, который хорошо виден без специальной обработки. В отличие от спирогир зиготы у зигнема могут образовываться и непосредственно в конъюгационном канале, так что доля участия клеток-партнеров одинакова (изогамная конъюгация).

Местообитания у зигнеме те же, что и у спирогир.

Род мужоция — *Moegeaia* отличается хлоропластом в виде пластинки, проходящей вдоль клетки, с двумя или многими пиреноидами, окруженными сферами крахмальных зерен (рис. 34). Клетки длинные (длина их может в несколько раз превышать диаметр). Ядро помещается в центре и видно в тех клетках, где хлоропласт повернут ребром. Оно имеет вид блестящей полулинзы, тесно примыкающей своей плоской стороной к хлоропласту.

В клеточном соке, как и у зигнем, обычно заметны многочисленные мелкие капельки дубильных веществ.

Как и у зигнем, зиготы могут образовываться в конъюгационном канале.

Мужоции нередко в массе развиваются в прудах и канавах, сплошь затягивая их поверхность в виде желтовато-зеленой тины. Некоторые виды с особенно крупными талломами предпочитают известковые воды. В торфяных болотах, по карьерам, на местах выемки торфа в огромных количествах встречаются виды с более мелкими талломами.

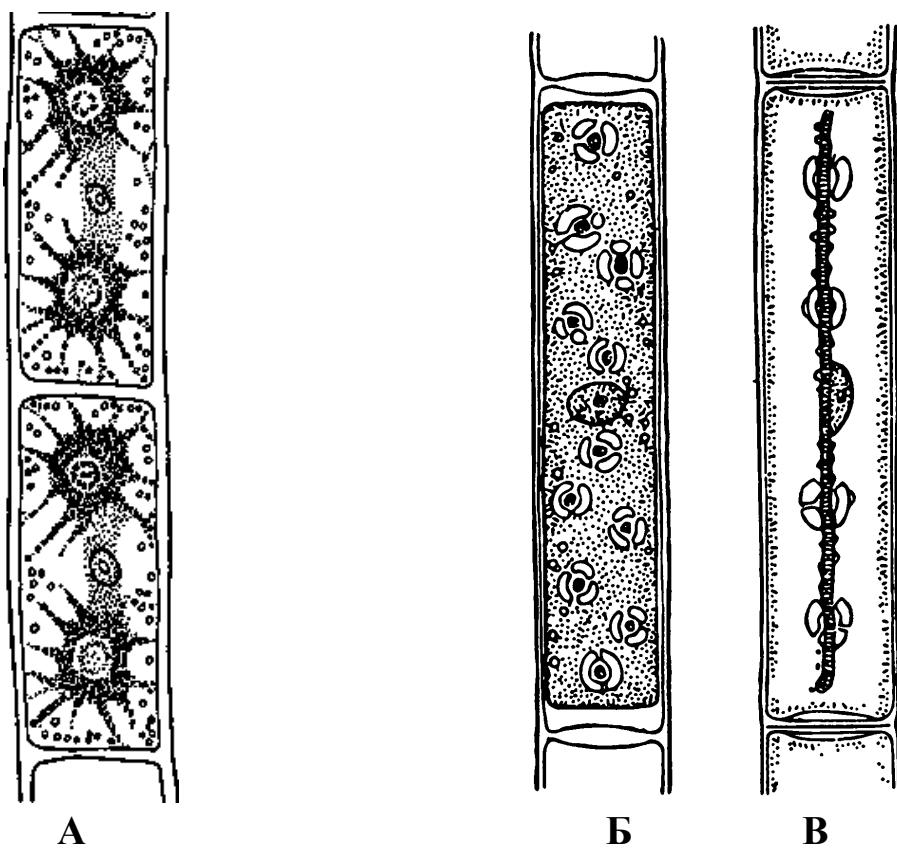


Рис. 34. Зигнемовые водоросли: А — строение клетки *Zygnetia*; Б, В — *Mougeotia*: Б — пластинка хлоропласта, повернутая широкой стороной; В — хлоропласт повернут ребром

При малом увеличении заметно, что пластинки хлоропластов находятся в разных положениях: в одних они видны по всей ширине, и тогда клетки выглядят сплошь зелеными, в других же они обращены к наблюдателю ребром, и тогда видны как узкие зеленые полоски. Нередко в одной и той же клетке одна половинка хлоропласта обращена к наблюдателю ребром, а другая — широкой стороной.

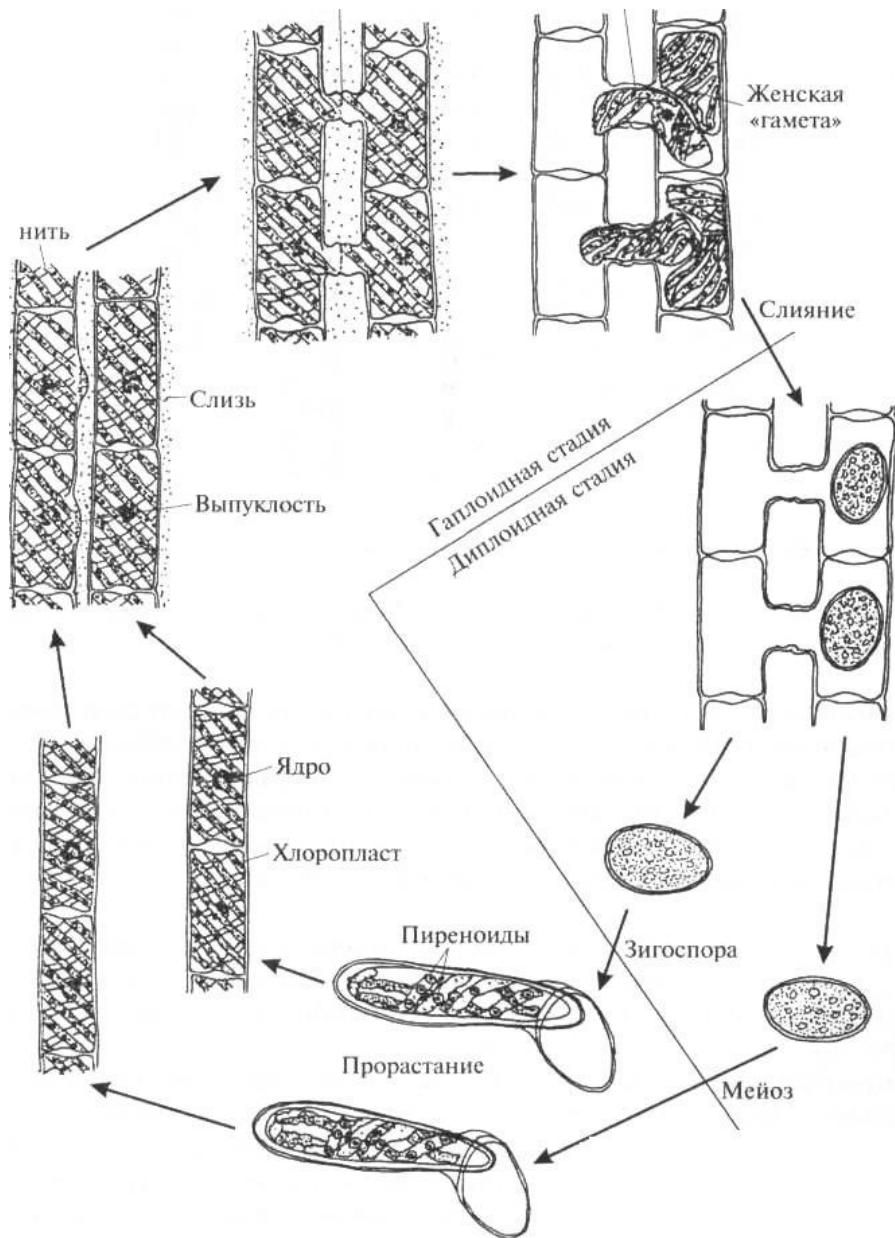


Рис. 35. Жизненный цикл *Spirogyra*.

Порядок харовые — Charales.

К порядку относятся наиболее высокоорганизованные зеленые водоросли, характеризующиеся сложно построенным талломом (усложненный вариант гетеротрихального типа) и многоклеточными половыми органами. Прямостоячие талломы четко дифференцированы: имеются неограниченно нарастающие оси («стебли») и оси ограниченного роста («листья»). Рост верхушечный. И «стебли», и «листья» на конце имеют верхушечную клетку, которая отчленяет от себя клетку-сегмент. Та, в свою очередь, делится на двояковогнутую и двояковыпуклую клетки. Первая из них впоследствии делится на несколько клеток и превращается в узел. Вторая перегородками не делится, но сильно вытягивается в длину и превращается в междуузлие. Таким образом, в осах харовых постоянно чередуются узлы и

междоузлия. От периферических клеток узла «стебля» отделяются верхушечные клетки «листьев», расположенных благодаря этому всегда мутовками (рис. 36). У некоторых представителей от узлов осей идут еще коровьи нити, одевающие снаружи клетку междоузлия. От узлов «стеблей» («пазух листьев») могут отходить боковые ветви неограниченного роста. Талломы прикреплены к субстрату септированными ризоидами, которые образуются из клеток нижних узлов главной оси, находящихся в субстрате. Ризоиды, как и наземные оси, обладают верхушечным ростом, бесцветны, имеют клеточное строение и не разделены на узлы и междоузлия.



Рис. 36. *Chara fragifera*. Общий вид таллома

Клетки окружены стенкой в наружных слоях инкрустированной известью. Цитоплазма содержит многочисленные хлоропласты в виде зерен без пиреноидов.

Вегетативное размножение осуществляется посредством специальных клубеньков на ризоидах или звездообразных скоплений клеток на нижних стеблевых узлах, которые дают начало новому таллому. Бесполое размножение отсутствует.

Половой процесс оогамный, причем половые органы имеют очень сложное строение (рис. 37, 38). Оогонии и антеридии сидят на узлах листьев и хорошо заметны невооруженным глазом. Антеридий имеет вид шарика, сначала зеленого, а по мере созревания оранжевого или красного цвета. Оогоний сидит на клетке-ножке и окружен 5 коровыми нитями, спирально обвивающими его. Кончики коровьих нитей отделяются перегородкой на вершине в виде так называемой коронки, состоящей из 5 (расположенных в один ряд) или 10 (расположенных в два ряда) клеток.

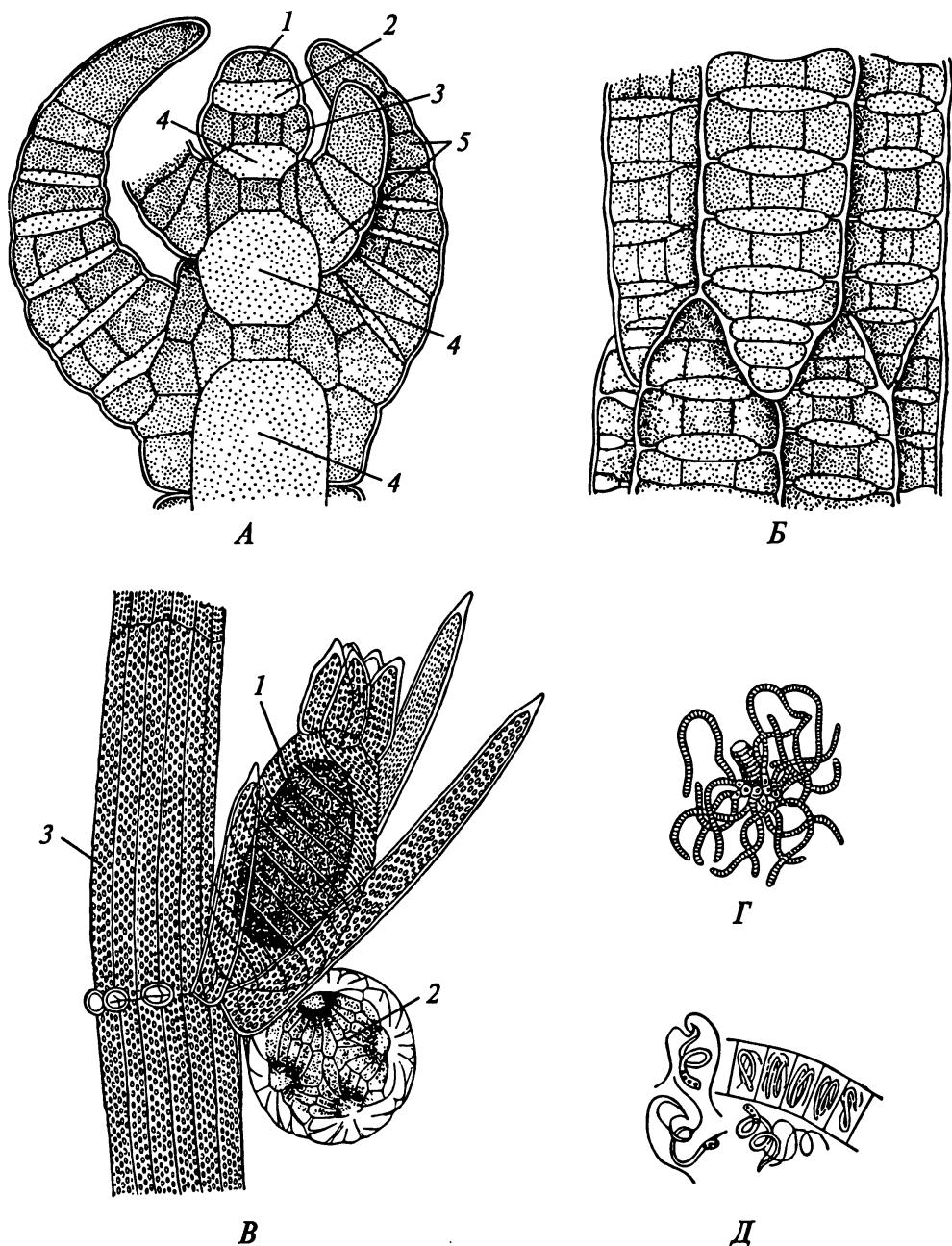


Рис. 37. *Chara fragifera*:

А — продольный разрез через верхушечную почку: 1 — верхушечная клетка; 2 — клетка-сегмент; 3 — узел; 4 — междуузлие; 5 — «лист»; Б — смыкание лопастей коры на молодом стеблевом междуузлии; В — половые органы на «листке»: 1 — оогоний; 2 — антеридий; 3 — «лист»; Г — манубриум, первичная и вторичные головки со сперматогенными нитями; Д — участок сперматогенной нити и сперматозоиды

В оогонии образуется одна яйцеклетка. Антеридий сидит на короткой одноклеточной ножке. Стенка его состоит из 8 плоских клеток-щитков, плотно соприкасающихся своими городчатыми краями. От центра каждого

щитка внутрь антеридия отходит цилиндрическая клетка-«рукоятка» (manubrium), которая заканчивается округлой клеткой-головкой. На клетке-головке сидят 6 клеточек меньшего размера. Каждая из них дает начало 4 сперматогенным нитям, состоящим из 200 — 300 клеток. В каждой из этих клеток образуется по одному двужгутиковому сперматозоиду.

Оплодотворенная яйцеклетка претерпевает состояние покоя (превращаясь в ооспору). Прорастание ее сопровождается мейозом. Таким образом, Charales гаплобионты.

Charales образуют заросли на илистом или песчаном грунте в прудах, озерах, тихих заводях рек и в мелких морских лагунах. Предпочитают водоемы с чистой жесткой водой, насыщенной растворенными солями кальция.

В природе они встречаются нечасто и могут легко вытесняться высшими водными растениями, особенно элодеей.

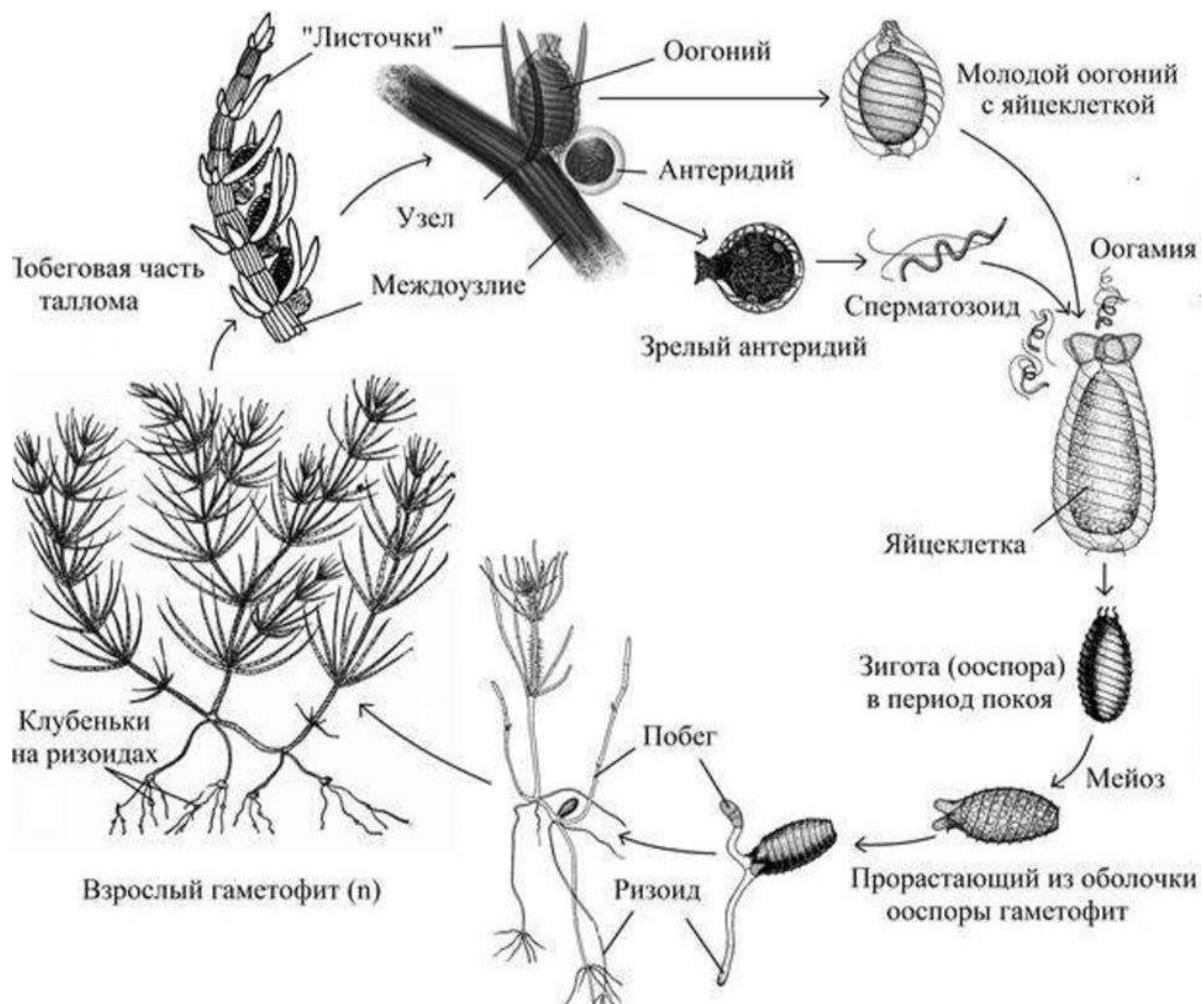


Рис. 38. Жизненный цикл Charales.

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить строение клетки нитчатого таллома спирогиры; рассмотреть боковую и лестничную конъюгацию. Для этого используя фиксированный или живой материал, приготовить временный препарат. Найти на малом увеличении нити спирогиры. Зарисовать клетку, указав оболочку, ядро с ядрышком, хлоропласт, пиреноиды.

Зарисовать несколько конъюгирующих клеток, показав разные стадии конъюгации: образование конъюгационного канала, переход протопласта из отдающей клетки в воспринимающую, слияние протопластов, зиготу.

Задание 2. Изучить строение клеток нитчатого таллома зигнемы и мужоции. Используя фиксированный или живой материал, приготовить временный препарат. Зарисовать по одной клетке, указав оболочку, ядро с ядрышком, хлоропласт, пиреноиды.

Задание 3. Изучить строение таллома хары. Пользуясь гербарными образцами или живым материалом, рассмотреть строение таллома. Зарисовать таллом хары, указав «стебель», «листья», узел, междуузлие, ризоиды. Рассмотреть на постоянном препарате листовой узел с оогонием и антеридием и зарисовать.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел харовые?
2. Какие водоросли объединяет класс зигнемофициевые (конъюгаты) водоросли?
3. Строение клетки конъюгат (оболочка, ядро, хлоропласт).
4. Как размножаются конъюгаты?
5. Как протекает лестничная конъюгация? Боковая?
6. Что происходит с зиготой после ее образования?
7. Форма и положение хлоропласта у зигнемы, спирогиры и мужоции.
8. Как устроено вегетативное тело харовых водорослей?
9. В результате деления верхушечной клетки таллом хары может расти неограниченно вверх. Как это происходит?
10. Что образуется из двояковогнутой клетки? Из двояковыпуклой?
11. Строение клетки хары (оболочка, ядро, хлоропласт, движение цитоплазмы).
12. Как происходит вегетативное размножение харовых водорослей?
13. Строение оогония и антеридия харовых водорослей.
14. Какие водоемы предпочитают харовые водоросли?

ТЕМА: Отдел красные водоросли – Rhodophyta

Занятие № 6

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел красные водоросли – Rhodophyta

Класс родимениофициевые (флоридеевые) водоросли — Rhodymeniophyceae (Florideophyceae)

Порядок батрахоспермовые — Batrachospermales

Род батрахоспермум — *Batrachospermum*

Порядок церамиевые — Ceramiales

Род полисифония — *Polysiphonia*

Отдел красные водоросли – Rhodophyta. Красные водоросли — хорошо выраженная группа эукариот, у которых обнаружено определенное (хотя и достаточно отдаленное) родство с зелеными водорослями. У немногих, самых примитивных красных водорослей таллом микроскопический: одноклеточный, колониальный или нитчатый. У большинства же представителей он макроскопический: в виде разветвленных нитей (чаще всего имеющих строго верхушечный рост), кустиков, цельных или рассеченных пластин. Некоторые красные водоросли имеют сложно дифференцированные ложнотканевые талломы, иногда внешне сильно напоминающие высшие растения. Почти всегда таллом сложен не настоящими тканями, а нитями, т.е. формируются ложные ткани. Размер таллома может быть самым разным, но обычно не превышает 0,5 м и изредка достигает примерно 2 м.

Клетки красных водорослей окружены стенкой, имеющей целлюлозную основу и содержащей значительные количества пектиновых веществ. Набухая в воде, пектиновые стенки нередко сливаются в общую массу слизи мягкой или хрящеватой консистенции. У многих форм стенки сильно инкрустированы известью. У большинства представителей между клетками имеются поры. Клетки обычно одноядерные, но у некоторых с возрастом могут становиться многоядерными. Цитоплазма занимает постенное положение из-за центральной вакуоли с клеточным соком. У низших представителей хлоропласт в клетке один, звездчатый, иногда с пиреноидом. У более высокоорганизованных форм хлоропластины в виде мелких пластинок, часто располагающихся правильными рядами. В хлоропластах помимо хлорофилла *a* и каротиноидов присутствуют еще растворимые в воде

пигменты — фикобилины: фикоэритрин красного цвета, фикоцианин и аллофикацианин синего цвета. От количественного соотношения этих пигментов зависит окраска, которая варьирует у красных водорослей от темно-малиновой до розовой, оливковой, сине-зеленой или почти «травяной» зеленой. Цвет талломов зависит от глубины обитания водорослей.

Основной продукт ассимиляции — багрянковый крахмал — откладывается в цитоплазме или на поверхности хлоропластов вне связи с пиреноидами. По химической природе он ближе к амилопектину и гликогену, при гидролизе дает галактозу. Реже откладываются сахарины и многоатомные спирты.

Жгутиковые стадии полностью отсутствуют.

При бесполом размножении образуются неподвижные споры — обычно по одной (у более примитивных) или по 4 (у более высокоорганизованных). Соответственно их называют моно- и тетраспорами, а спорангии, где они образуются, — моно- и тетраспорангиями. Встречаются также биспоры (образуются по 2 в спорангии) и полиспоры (образуются в спорангии в большом количестве).

Половой процесс — своеобразная оогамия. Мужские гаметангии — сперматангии (антеридии) — мелкие клетки, собранные гроздьями на концах ветвей таллома. В каждом сперматангии образуется по одной мужской гамете — спермацию. Оогоний, называемый карпогоном, представляет собой крупную клетку, у большинства состоящую из двух частей: расширенной нижней — брюшком, где находится ядро, и вытянутой верхней — трихогиной. Спермаций переносится токами воды на трихогину (при ее отсутствии — непосредственно на карпогон), его ядро проникает внутрь карпогона, мигрирует по трихогине, достигает ядра и сливается с ним. Дальнейшее развитие — от кариогамии до формирования карпоспор — может происходить по-разному. Основные варианты следующие.

1. В самом простейшем случае содержимое карпогона непосредственно делится на несколько карпоспор.

2. Из карпогона образуются выросты в виде нитей — гонимобласти, на концах которых формируются карпоспоры в одноклеточных вместилищах — карпоспорангиях.

3. На талломе, на некотором расстоянии от карпогона, закладываются специальные вспомогательные клетки — ауксилярные клетки. Из карпогона, как и в предыдущем случае, образуются нитевидные выросты. Однако это уже не гонимобласти, а ообласти (ообластемные нити), которые достигают ауксилярной клетки и сливаются с ней. В ауксилярную клетку попадает

диплоидное ядро, возникающее в результате последовательных митотических делений ядер, происходящих от диплоидного ядра оплодотворенного карпогона. С собственным ядром ауксилярной клетки оно не сливается. Гонимобласты и карпоспорангии имеются и в этом случае, но развиваются они уже от ауксилярной клетки.

4. Все события примерно те же, только ауксилярные клетки располагаются в непосредственной близости от карпогона, составляя с ним прокарпий (прокарп).

5. Наиболее совершенный вариант: ауксилярные клетки не только располагаются в непосредственной близости от карпогона, но и к тому же дифференцируются лишь после того, как произошло оплодотворение карпогона.

В целом для красных водорослей характерна смена поколений: гетероморфная с преобладанием гаплоидного гаметофита или изоморфная. При этом, если карпоспоры образуются не в результате деления карпогона, говорят о трех поколениях: диплоидном свободноживущем спорофите (такие растения чаще образуют тетраспоры, и тогда их называют тетраспорофиты), гаплоидных гаметофитах и диплоидном карпоспорофите — подчиненном, несамостоятельном поколении, представляющем собой совокупность гонимобластов и (если они имеются) областей.

Обитают красные водоросли преимущественно в морях. Число пресноводных видов сравнительно невелико.

Порядок батрахоспермовые — *Batrachospermales*

Основу талломов батрахоспермовых составляют нити всегда со строго верхушечным ростом. Часто отдельные элементы таллома сильно различаются по размерам, строению и функциям составляющих их клеток. Иногда нити образуют ложнотканевые структуры. Талломы можно трактовать как гетеротрихальные по своей сути, однако имеется одна существенная деталь: стелющаяся часть таллома (протонема) диплоидная, а вертикальная — гаплоидная.

Бесполое размножение происходит моноспорами. Карпогон с трихогиной. Ауксилярных клеток у них нет, гонимобласты развиваются непосредственно из брюшка оплодотворенного карпогона. Талломы оливково-зеленого или синевато-зеленого, иногда почти до чисто «травяного» зеленого цвета. Характерная особенность жизненного цикла — соматическая редукция: на диплоидном растении в отдельных местах происходит мейоз, после чего непосредственно от соответствующих клеток развивается

гаплоидное растение — гаметофит. Обитают батрахоспермовые в пресных водах.

Род батрахоспермум — *Batrachospermum*. Талломы представителей рода имеют вид нежных небольших (от 3 до 8 см) кустиков синевато-зеленого (до почти «травяного») цвета. Невооруженным глазом видно, что кустики состоят из ветвящихся нитей с как бы нанизанными на них бусами (рис. 39, А). Под микроскопом таллом выглядит сложенным из клеток, резко различающихся размером. Основные оси, неограниченно нарастающие, состоят из очень крупных бесцветных клеток, расположенных в один ряд. От границы двух соседних таких клеток, непосредственно под поперечной перегородкой, берут начало мутовки ассимиляторов — боковых ветвей ограниченного роста, обильно ветвящихся и состоящих из очень мелких клеток с многочисленными хлоропластами. Эти мутовки и выглядят как бусы. Крупные клетки основных осей в более старых частях таллома покрыты многочисленными тонкими нитями, расположенными друг относительно друга неплотно и составляющими своеобразную кору; они берут начало от оснований ассимиляторов.

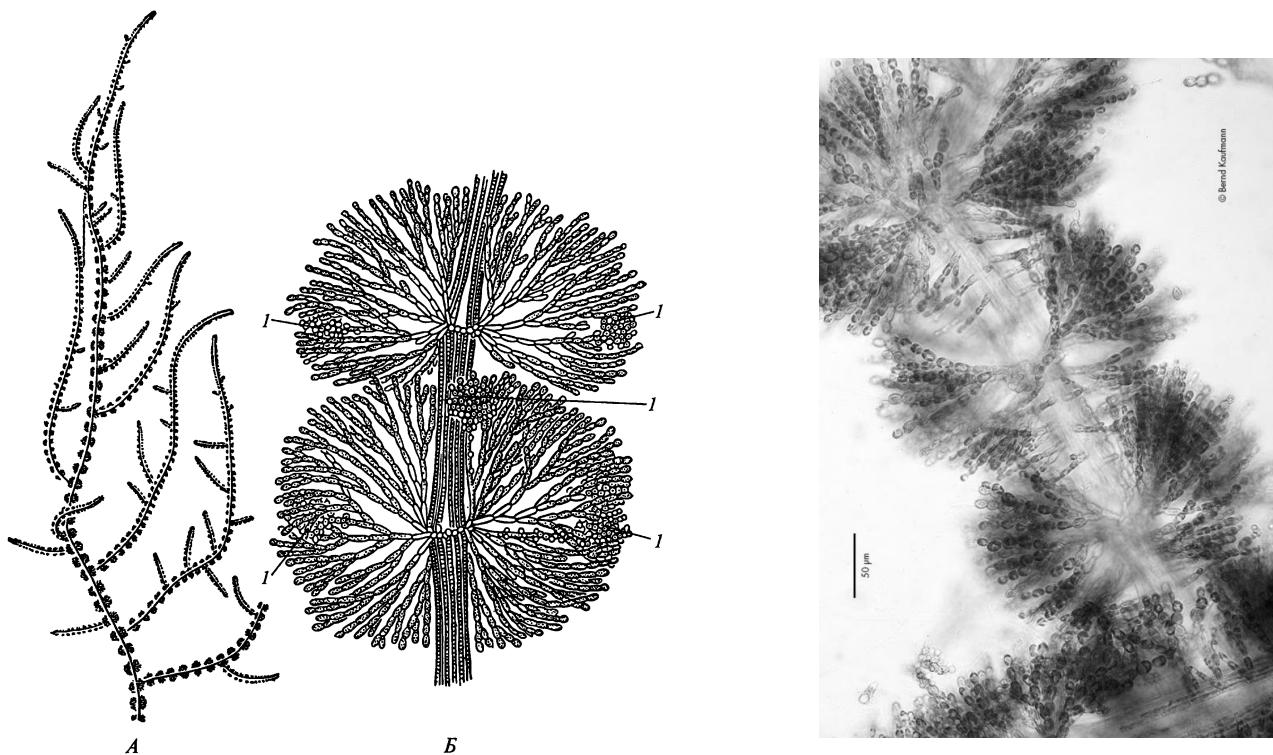


Рис. 39. *Batrachospermum*:
А — внешний вид таллома; Б — часть таллома с гонимокарпами (1)

Бесполое размножение происходит моноспорами. При половом размножении карпогоны и сперматангии образуются на ассимиляторах. После оплодотворения из карпогона формируется гонимокарп —

совокупность многих гонимобластов с карпоспорангиями на концах. Карпоспорангии, содержащие каждый по одной карпоспоре, располагаются таким образом, что гонимокарп напоминает соплодие («ягоду») малины (рис. 39, Б). Из карпоспор развивается стелющаяся по субстрату диплоидная *Chantransia*-стадия (шантранзия, раньше трактовавшаяся как самостоятельная водоросль). Она служит как бы протонемой для развивающегося прямо от нее вертикального гаплоидного таллома.

Таким образом, у *Batrachospermum* цикл развития гаплодиплоидный с чередованием гетероморфных трех поколений – гаметофита – карпоспорофита – спорофита. Преобладает гаметофит. Спорофит способен к самовоспроизведению. В виде отдельных организмов у *Batrachospermum* чередуются две формы развития – гаплоидная (*Batrachospermum*) и диплоидная – шантранзия (рис. 40, 41).

Виды рода *Batrachospermum* обитают в торфяных болотах или в заводях рек, где они поселяются на разных предметах. Также можно встретить в ручьях, реках с быстрым течением и чистой прозрачной водой.

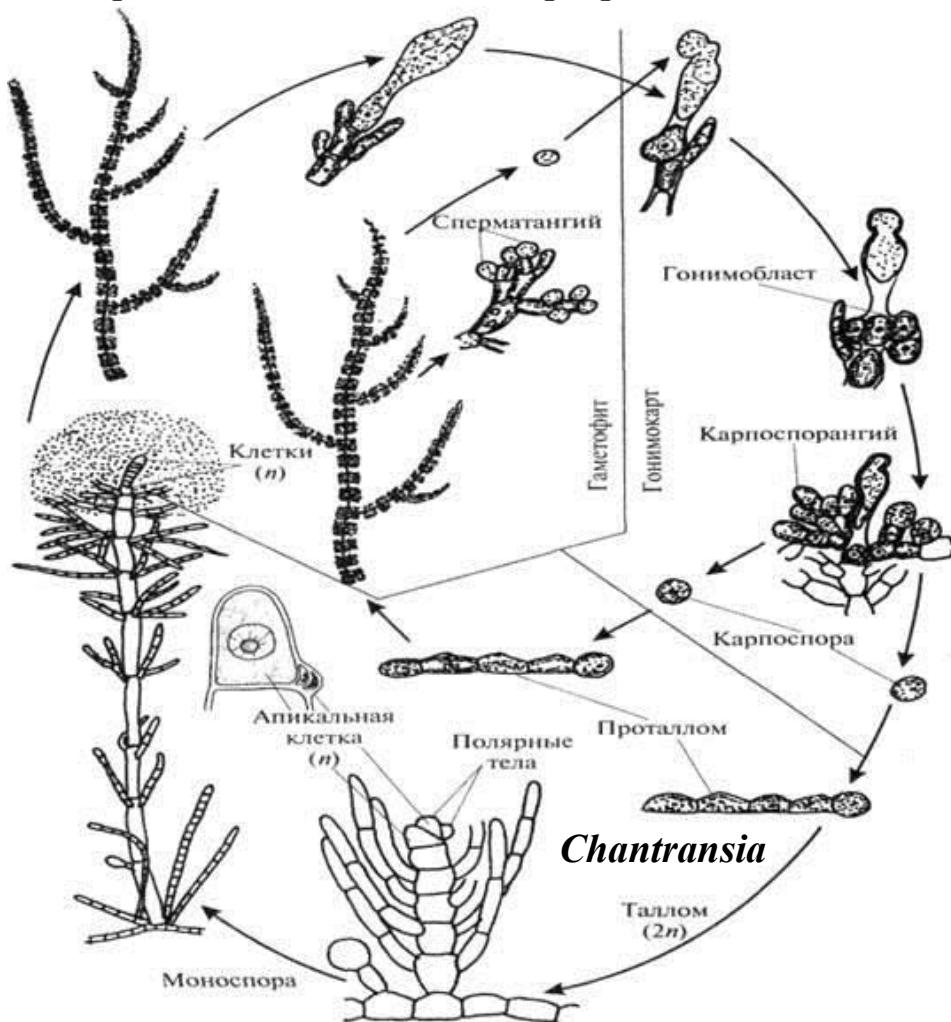


Рис. 40. Жизненный цикл *Batrachospermum*



Рис. 41. Схема жизненного цикла *Batrachospermum*

Порядок церамиевые — Ceramiales.

Церамиевые — самый высокоорганизованный и самый обширный порядок красных водорослей. Он характеризуется тем, что ауксилярные клетки дифференцируются только после того, как произошло оплодотворение карпогона, в непосредственной близости от него. Таллом самого разного строения — от разветвленных нитей, представляющих собой один ряд клеток, до очень сложных форм, внешне напоминающих высшие растения, однако построенных из нитей. Смена поколений изоморфная.

Род полисифония — *Polysiphonia*. Талломы представителей рода, широко распространенных как в северных, так и в южных морях, имеют вид обильно ветвящихся кустиков темно-пурпурного (до почти черного) цвета, высотой от 5 до 20 см. Ветви эти заканчиваются верхушечной клеткой, отчленяющей сегменты — новые клетки, располагающиеся в один ряд. На некотором расстоянии от верхушечной клетки сегменты претерпевают последовательные деления продольными перегородками, в результате чего от центральной клетки (так называемого «центрального сифона») отчленяется один или несколько рядов клеток (так называемых «периферических, или перицентральных сифонов»). В простейшем случае центральный сифон окружен всего 4 периферическими сифонами. Рассматривая веточки при малом увеличении микроскопа, можно увидеть сквозь клетки перицентральных сифонов просвечивающий центральный сифон (рис. 42 А). У большинства видов в более старых частях таллома клетки перицентральных

сифонов путем продольных делений отчленяют узкие специальные клетки коры (рис. 42, Б). При этом верхние и нижние границы клеток «сифонов» и коры находятся на одном уровне, что придает таллому «членистый» вид.

Тетраспорангии образуются на молодых веточках в клетках коры или в наружных перицентральных сифонах, если коры нет. Они выглядят как овальные крупные клетки, возникающие по одной в каждом членике ветви, находятся обычно в нескольких члениках подряд, составляя своего рода цепочки (рис. 42, В). При этом членик как бы раздувается с боков. Тетраспоры располагаются по углам тетраэдра. Они дают начало мужским и женским гаметофитам, представляющим гаплоидное поколение. Антеридии в изобилии формируются на вершине мужских талломов, развивааясь на поверхности молодых укороченных веточек, отчего те принимают вид как бы «колосков» или «початков» (рис. 42, Г).

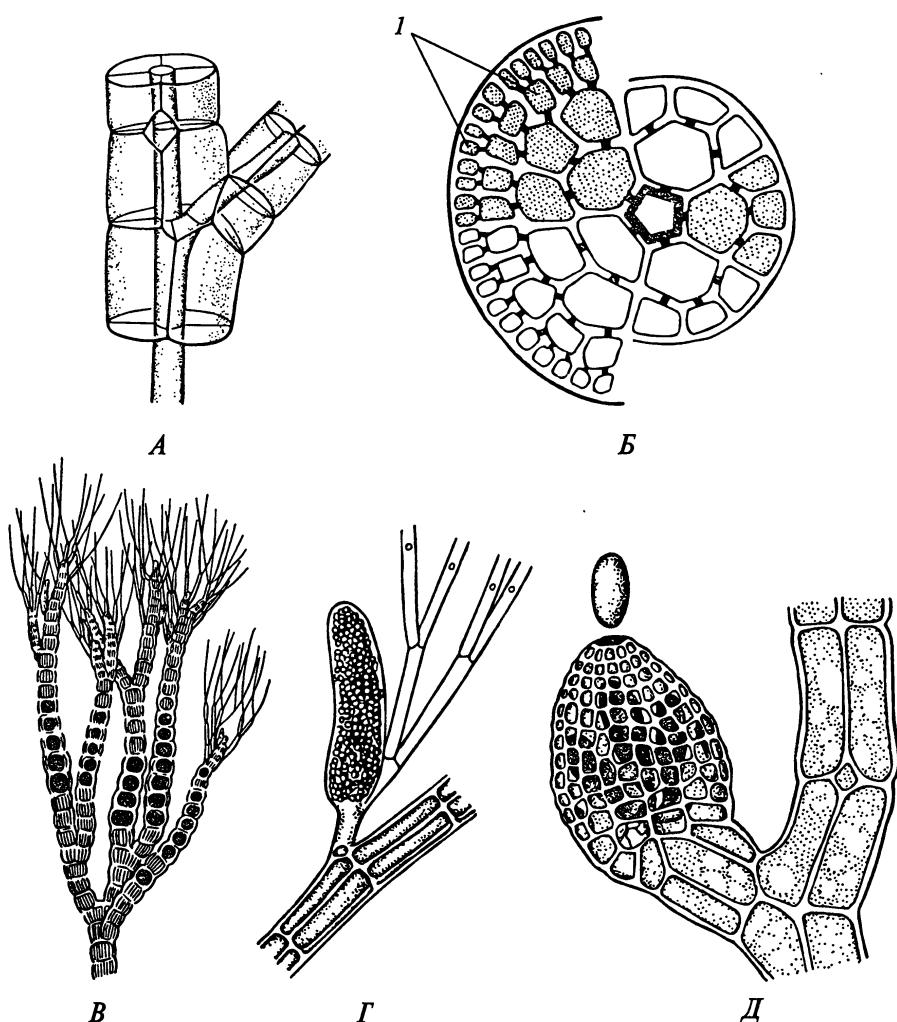


Рис. 42. *Polysiphonia*:

- А — строение таллома, центральный и перицентральный сифоны;
- Б — поперечный разрез ветви с многослойной корой (1);
- В — тетраспорангии; Г — антеридии; Д — цистокарпий

В каждом антеридии образуется по одному спермению. На женских талломах формируются прокарпии. В состав их входит только одна ауксилярная клетка, так что после оплодотворения на месте прокарпия развивается лишь один карпоспорофит. Вокруг него от материнского растения развивается специальное вместилище, состоящее из ложной ткани — цистокарпий — с выводным отверстием на вершине (рис. 42, Д). По мере созревания удлиненно-булавовидные темно-малиновые карпоспоры через отверстие выдвигаются наружу.

Спорофит и гаметофиты (женские и мужские) полисифонии представлены самостоятельными свободноживущими поколениями и морфологически не отличаются друг от друга. Таким образом, в цикле развития полисифонии наблюдается смена трех форм развития: гаплоидного гаметофита, диплоидных карпоспорофита и тетраспорофита; мейоз спорический (рис. 43).

Различные виды полисифонии широко распространены в северных морях (в частности, в Белом и Баренцевом), а также в Черном море. В северных морях они обитают в сублиторальной зоне, часто на границе с нижней литоралью, на скалах, камнях или как эпифиты на талломах бурых водорослей.

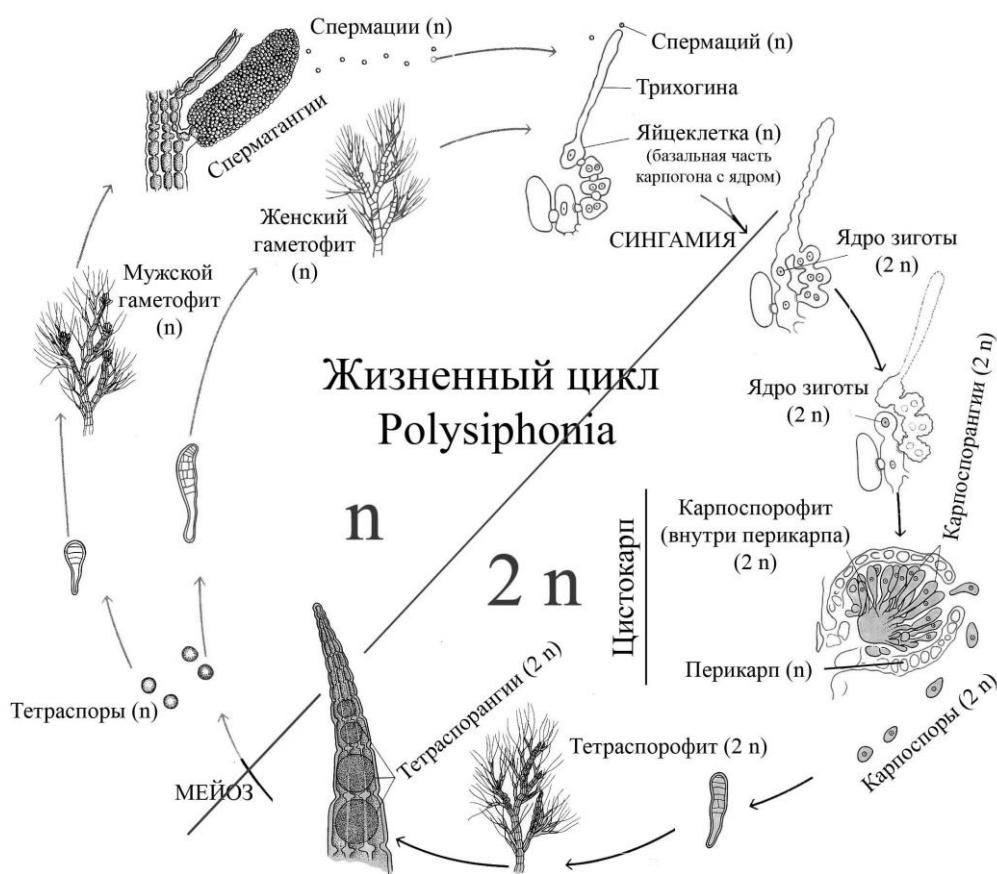


Рис. 43. Жизненный цикл *Polysiphonia*.

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить строение таллома батрахоспермума. Пользуясь фиксированным материалом, поместить небольшой фрагмент таллома на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным стеклом. Зарисовать таллом батрахоспермума, указав ризоидные нити, ассимиляторы и зрелый гонимобласт.

Изобразить схемой цикл развития батрахоспермума.

Задание 2. Изучить строение таллома полисифонии. Пользуясь гербарными образцами, зарисовать таллом полисифонии.

Изобразить схемой цикл развития полисифонии.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие типы структуры таллома характерны для красных водорослей?
2. Анатомическое строение таллома красных водорослей.
3. Строение клетки красных водорослей (оболочка, ядро, хлоропласти, пиреноиды).
4. Как осуществляется вегетативное размножение красных водорослей?
5. Бесполое размножение красных водорослей.
6. Строение половых органов красных водорослей.
7. Строение и размножение батрахоспермум.
8. Основные черты красных водорослей, относящихся к порядку церамиевые.
9. Строение спорофита и гаметофита полисифонии.
10. Цикл развития полисифонии.

**ТЕМА: Отдел синезеленые водоросли (цианобактерии) —
Cyanophyta (Cyanobacteria)**

Занятие № 7

Объекты исследований и их систематическая принадлежность:

Отдел синезеленые водоросли (цианобактерии) — Cyanophyta (Cyanobacteria)

Класс синезеленые водоросли — Cyanophyceae

Порядок Хроококковые — Chroococcales

Род микроцистис — *Microcystis*

Порядок Осцилляториевые — Oscillatoriales

Род осциллятория — *Oscillatoria*

Порядок Ностоковые — Nostocales

Род анабена — *Anabaena*

Характеристика объекта

**Отдел синезеленые водоросли (цианобактерии) — Cyanophyta
(Cyanobacteria)**

Отдел включает одноклеточные, колониальные и многоклеточные организмы с прокариотическим строением клетки и оксигенным фотосинтезом. Клетка окружена стенкой, структурным компонентом которой является муреин (рис. 44). Оболочка часто ослизняется. В протопласте отсутствует оформленное ядро, хлоропласти, митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум, вакуоль с клеточным соком и ряд других органелл. В нем различают периферическую окрашенную часть — хроматоплазму, и центральную неокрашенную часть — центроплазму. У многих представителей нельзя установить резкой границы между хроматоплазмой и центроплазмой. В хроматоплазме располагаются тилакоиды, в которых содержатся пигменты: хлорофиллы *a*, *b* (у прохлорофитовых), каротиноиды и фикобилипротеины (синие аллофикацианин и фикацианин и красный фикоэритрин). Различное соотношение пигментов обусловливает окраску синезеленых водорослей от сине-зеленой до желтой и даже красноватой.

В цитоплазме располагается ДНК, но в отличие от эукариот она не ограничена ядерной оболочкой. Запасные вещества представлены цианофициновым крахмалом, цианофициновыми гранулами, полидральными тельцами. Клетки многих синезеленых водорослей содержат

псевдовакуоли — газовые вакуоли, мембрана которых состоит только из белка, они наполнены газом.

У многих видов синезеленых водорослей имеются гетероцисты — специальные клетки, где происходит фиксация атмосферного азота. По гетероцистам также часто происходит разрыв нитей на отдельные фрагменты (вегетативное размножение) (рис. 44).

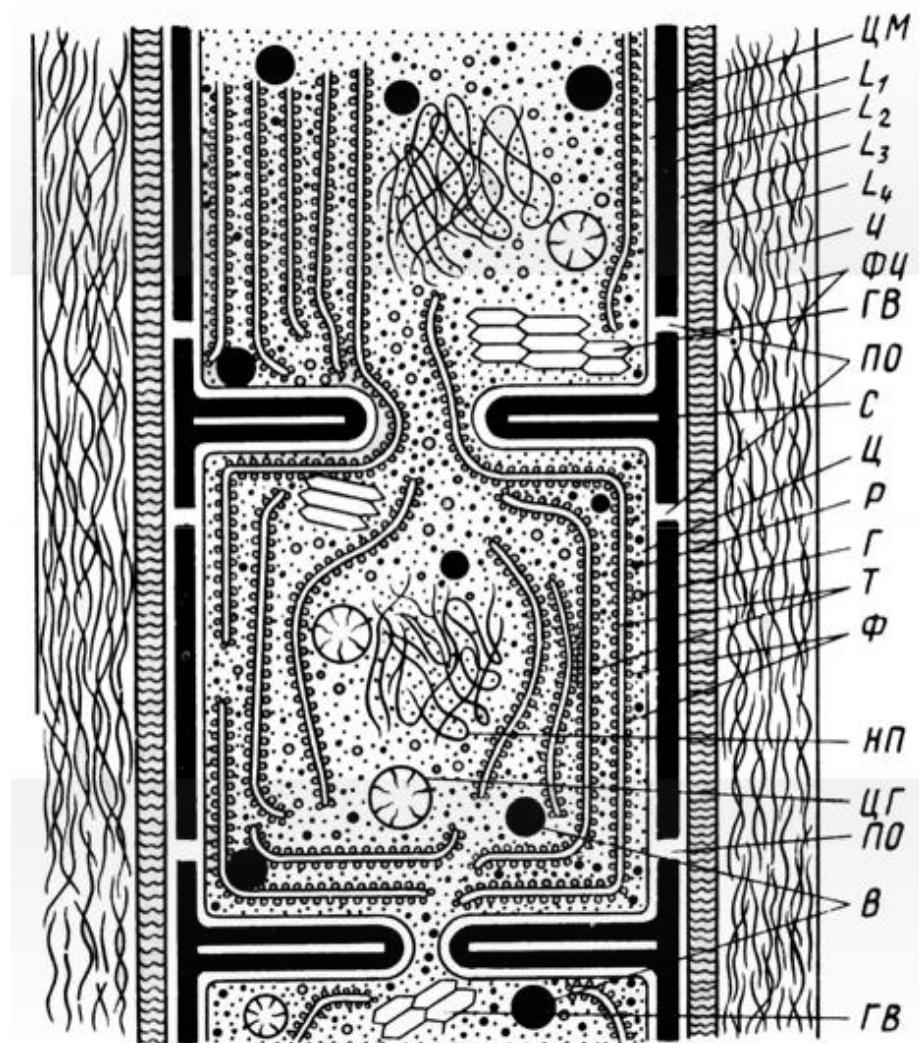


Рис. 44. Схема строения клетки цианопрокариот на примере нитчатой водоросли *Lyngbya*:

цм - цитоплазматическая мембрана; L₁ - L₄ - слои клеточной стенки; ч - чехол; фч - фибриллы чехла; по - пора в клеточной стенке; ц - цитоплазма; р - рибосомы; гв - газовые везикулы; г - гликогеноподобный полисахарид; т - тилакоиды; ф - фикобилисомы; нп - нуклеоплазма с нитями ДНК; цг - цианофициновые гранулы; в - волютин; с - септа

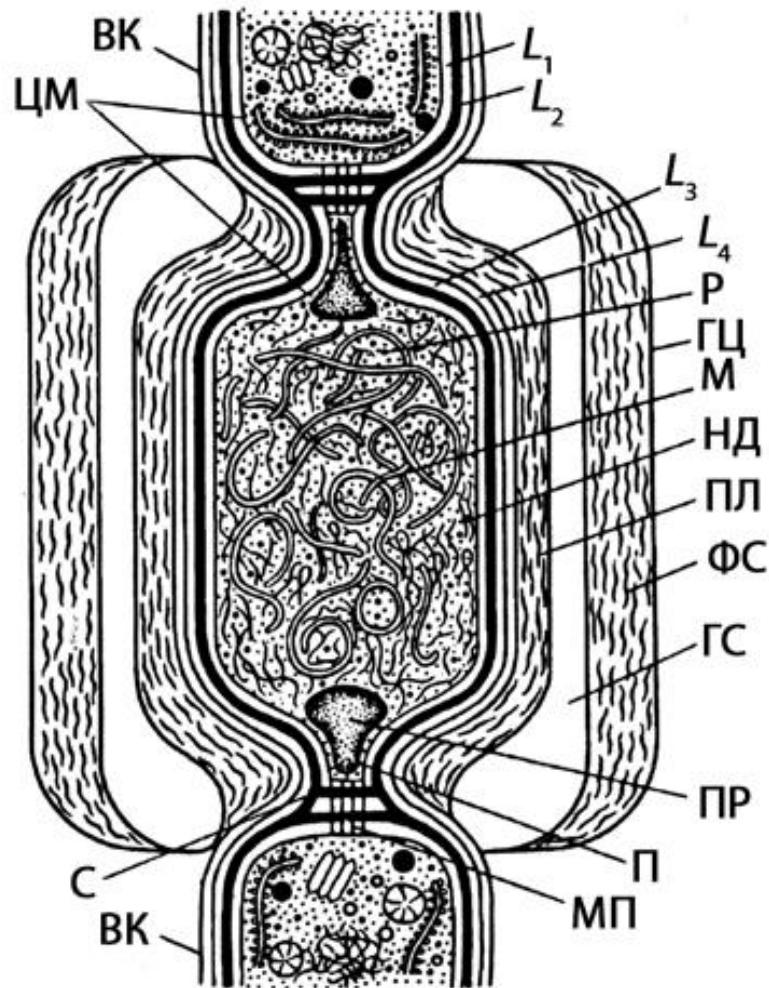


Рис. 45. Схема строения гетероцисты:

ЦМ - цитоплазматическая мембрана; L₁ - L₄ - слои клеточной стенки; ПЛ - пластинчатый слой стенки гетероцисты; ГС - гомогенный слой стенки гетероцисты; ФС - фибриллярный слой стенки гетероцисты; МП - микроплазмодесмы; П - пора гетероцисты; С - септа гетероцисты; Пр - пробка, замыкающая канал поры гетероцисты; М - мембранны гетероцисты; НД - рассеянные нити ДНК; Р - рибосомы; ВК - вегетативная клетка; ГЦ - гетероциста

В жизненном цикле синезеленых водорослей отсутствуют жгутиковые стадии, половой процесс не найден. Размножение осуществляется делением клеток, распадом колоний, фрагментами нитей, экзо- и эндоспорами. Распространены в пресных водах, морях, наземных местообитаниях.

Порядок Хроококковые — Chroococcales.

К порядку относятся одноклеточные и колониальные представители, размножение которых, как правило, происходит путем деления клетки пополам, или фрагментами колоний.

Род микроцистис — *Microcystis* формирует микроскопические, чаще бесформенные колонии, в которых шаровидные клетки погружены в общую слизь. Очертания колоний могут быть разнообразны, варьируя от шаровидной до нитевидной формы, причем в слизи иногда возникают отверстия, придавая колонии сетчатый или продырявленный вид (рис. 46).

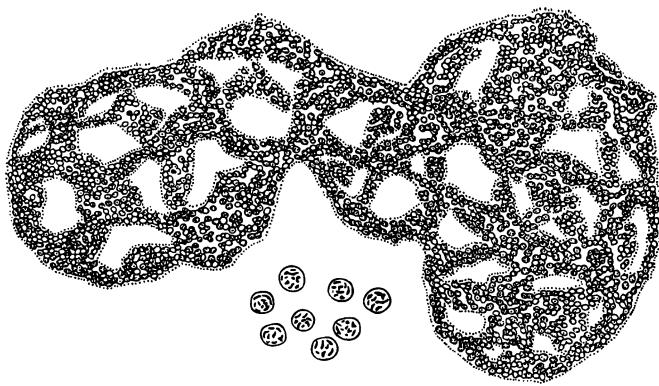


Рис. 46. *Microcystis*:
Общий вид колонии и
отдельные клетки.

У некоторых видов в клетках имеются газовые вакуоли, из-за которых клетки под микроскопом кажутся почти черными. Благодаря этим вакуолям колонии всплывают на поверхность воды, образуя на ней маслянистый грязно-зеленоватый налет. Встречается в водных и наземных местообитаниях, а также в слизи других водорослей. Многие виды вызывают цветение воды в стоячих водоемах.

Порядок Осцилляториевые — Oscillariales

К порядку относятся нитчатые водоросли с гомоцитными неветвящимися нитями. **Род осциллятория — *Oscillatoria*** часто образует сине-зеленые пленки, плавающие в виде лепешек на поверхности стоячих водоемов или покрывающие влажную землю, подводные предметы и растения, дно водоемов. Осциллятория представляет собой нити чаще всего сине-зеленого цвета, прямые или слегка изогнутые (рис. 47). Конец нити поворачивается то в одну, то в другую сторону, нить как бы качается (осцилляторное движение). Это качание сопровождается вращением нити вокруг собственной оси и ее поступательным движением по субстрату.

Движение нитей осциллятории можно заметить и без микроскопа при перемещении их из воды на стенки сосуда или по расплзанию из комочка по всей капле на предметном стекле.

При большом увеличении микроскопа видно, что нити состоят из одинаковых цилиндрических клеток, редко бочонкообразных, коротких или удлиненных. Только верхушечные клетки могут по форме отличаться от остальных.

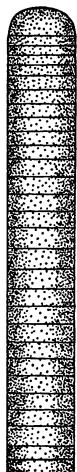


Рис. 47. *Oscillatoria*:
Участок нити.

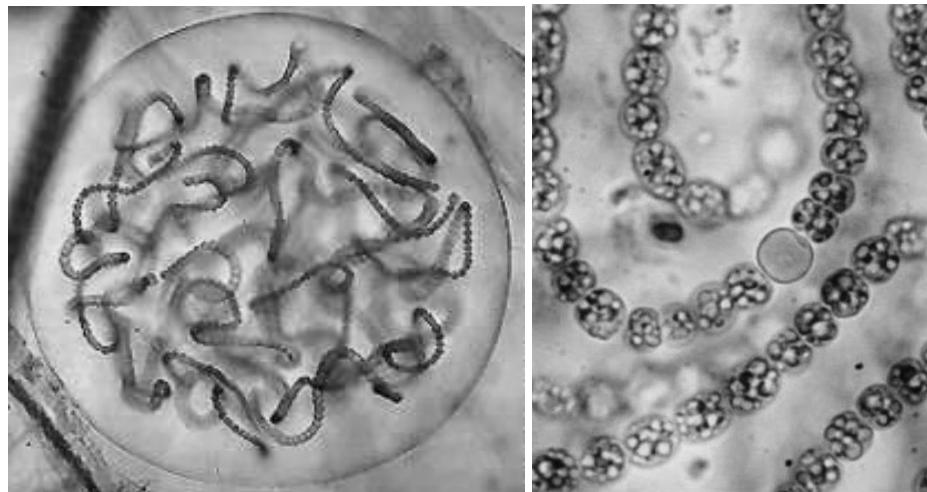
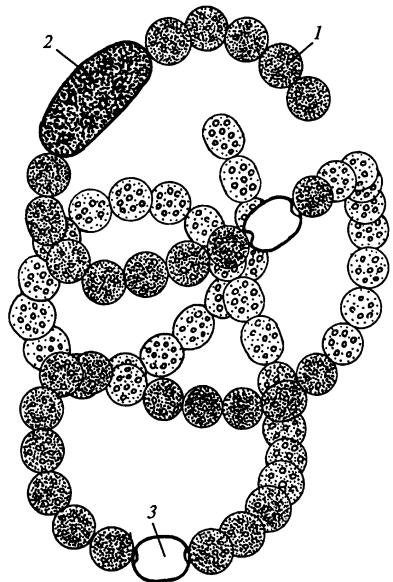
Нить растет в результате поперечного деления клеток. У некоторых видов можно различить центроплазму и хроматоплазму, а также цианофициновые гранулы — зернистые включения, которые могут располагаться вдоль поперечных перегородок. Водоросль размножается путем распада нитей на отдельные подвижные участки — гормогонии, из которых вырастают новые нити.

Порядок Ностоковые — Nostocales

К порядку относятся нитчатые водоросли с гетероцитными нитями, т. е. помимо вегетативных клеток образуются гетероцисты и споры. **Род анабена — *Anabaena*** представлен одиночными или собранными в дерновинки нитями, прямыми или изогнутыми. В нитях наряду с вегетативными клетками, в которых много газовых вакуолей, можно увидеть клетки с прозрачным содержимым без газовых вакуолей, но с толстыми стенками — гетероцисты. На границе соединения с соседними вегетативными клетками в каждой гетероцисте имеется «пробка». В гетероцистах происходит фиксация азота. Отдельные вегетативные клетки, сильно разрастаясь, превращаются в споры (акинеты). Споры одеты толстой оболочкой, в них исчезают газовые вакуоли, но накапливаются цианофициновые зерна (рис. 48).

Многие планктонные виды нередко вызывают цветение воды в стоячих водоемах.

Род носток — *Nostoc* представлен слизистыми колониями шаровидной или неправильной формы, размеры которых от микроскопических до нескольких сантиметров. В слизи имеются нити, очень похожие на анабену (рис. 49).



А

Б

Рис. 48. *Anabaena*.

Общий вид нити:

- 1 — вегетативная клетка;
- 2 — спора;
- 3 — гетероциста

Рис. 49. *Nostoc*:

- А — общий вид колонии;
- Б — нити в колонии

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Изучить колонии микроцистиса. Для приготовления временного препарата нанести пипеткой каплю фиксированного материала на предметное стекло, закрыть покровным стеклом. Найти и рассмотреть при малом увеличении микроскопа колонии микроцистиса. Зарисовать одну из колоний микроцистиса. Затем, переведя на большое увеличение, рассмотреть отдельные клетки колонии и зарисовать 2-3 клетки.

Задание 2. Изучить строение нитчатого таллома осциллятории. Для приготовления временного препарата нанести пипеткой каплю фиксированного или живого материала на предметное стекло, закрыть покровным стеклом. Найти и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа талломы осциллятории и зарисовать.

Задание 3. Изучить строение нитчатого таллома анабены. Для приготовления временного препарата нанести пипеткой каплю фиксированного или живого материала на предметное стекло, закрыть покровным стеклом. Найти и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа нитчатые колонии и часть колонии зарисовать.

Задание 4. Изучить колонии ностока. Зарисовать 1-2 колонии. Приготовить временный препарат, взяв небольшой кусочек слизи колонии и поместив его в каплю воды на предметное стекло. Накрыть покровным стеклом. При большом увеличении видно, что слизь содержит извитые нити, состоящие из вегетативных клеток и гетероцист. Зарисовать 1-2 нити, указав вегетативные клетки и гетероцисты.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел синезеленые водоросли?
2. Тип организации таллома синезеленых водорослей.
4. Строение клеток синезеленых водорослей (клеточная стенка, ядерный эквивалент, фотосинтетический аппарат, другие структуры).
5. Размножение сине-зеленых водорослей.
6. Вегетативное и бесполое размножение.
7. Роль в природе и хозяйственное значение синезеленых водорослей.

ГЛОССАРИЙ

Автоспора — *апланоспора*, представляющая собой будущую маленькую водоросль. По мере развития она только увеличивается в размере. Встречается у некоторых одноклеточных водорослей, например у *Chlorella*. А. могут быть и у некоторых **ценобиальных** водорослей. В этом случае они представляют собой отдельные клетки — будущие компоненты **ценобия**, которые его и формируют, еще находясь в спорангии.

Агар (агар-агар) — полисахарид, получаемый из некоторых морских красных водорослей (в России для этих целей используется *Ahnfeltia pluricata*). В водных растворах образует плотный студень. Состоит из агарозы, линейные молекулы которой построены из чередующихся остатков D- и L-галактозы, и агаропектина, в котором остатки галактозы частично этерифицированы серной кислотой. Используется для приготовления питательных сред при выращивании бактерий, грибов, водорослей, а также в биохимии и пищевой промышленности (например, для кондитерских изделий: мармелад и т.д.).

Агароносы — см. Агарофиты.

Агарофиты (агароносы) — красные водоросли, использующиеся для получения агара (например, *Ahnfeltia pluricata*).

Агглютинины (агглютины) — гликопротеины, встречающиеся на поверхности (обычно жгутиков) гамет; вещества, вовлеченные в процесс узнавания и слипания гамет противоположных знаков.

Акинета — клетка нитчатых зеленых или синезеленых водорослей с утолщенной оболочкой, большим количеством запасных питательных веществ и пигментов. А. образуются из вегетативных клеток и служат, прежде всего, для переживания неблагоприятных условий.

Акронема — тонкий бичевидный вырост на конце жгутика у некоторых водорослей, куда заходят только две центральные микротрубочки.

Аксонема — цилиндр внутри жгутика эукариот, стенка которого построена из 9 пар микротрубочек, связанных между собой «ручками». В центре А. располагаются чаще всего 2 микротрубочки.

Актиноморфная створка — створка диатомей, через которую можно провести три и более плоскости симметрии.

Алкалифилы — водоросли, живущие в щелочных водах.

Аллофикацииин — синий фикобилиновый пигмент синезеленых, красных и глаукоцистофитовых водорослей.

Альвеолы — у некоторых водорослей уплощенные пузырьки или мешочки, одетые мембраной, расположенные под плазмалеммой, в частности у дино-

фитовых; у диатомей — удлиненная камера или одна из серии удлиненных камер, проходящих по осевой части створки к краю и открывающихся внутрь панциря большим отверстием с ареолированным наружным слоем.

Альгология — раздел ботаники, изучающий водоросли (в зарубежной литературе используется термин «фикология» — например, англ. — *phycology*).

Амебоидный (ризоподиальный) **тип структуры** — характерен для одноклеточных и колониальных водорослей, у которых отсутствуют прочные клеточные покровы и которые способны к амебоидному движению.

Амилоза — полисахарид, линейные молекулы которого построены из остатков а-D-глюкозы; компонент крахмала.

Амилопектин — полисахарид, многократно разветвленные молекулы которого построены из остатков а-D-глюкозы; компонент крахмала.

Амилопласт — бесцветная пластида из группы лейкопластов, синтезирующая и накапливающая крахмал.

Ампула — см. Глотка у эвгленовых.

Амфиесма — оболочка динофитовых водорослей, представленная совокупностью плазмалеммы, альвеол и микротрубочек.

Андроспора — спора, из которой у эдогониевых развивается мужской карликовый гаметофит.

Анизогамия — в широком смысле — половой процесс, при котором формируются морфологически неодинаковые гаметы; в узком смысле — см. Гетерогамия.

Антенные пигменты — хлорофилл *a* и главные дополнительные пигменты, которые собирают свет при фотосинтезе.

Антеридий — мужской *гаметангий* у водорослей и некоторых грибов с оогенным половым процессом или донор ядер при *гаметангиогамии*.

Апикальная клетка — верхушечная клетка.

Апикальный рост — верхушечный рост, за счет деления апикальной (верхушечной) клетки.

Апланоспора — неподвижная *спора* у водорослей. Частные случаи А. — *автоспора* зеленых водорослей, *моноспора* красных водорослей, *тетраспора* диктиотовых бурых и многих красных водорослей.

Астаксантин — красный каротиноидный пигмент, образующийся у некоторых зеленых водорослей; также известен как гематохром.

Ауксилярная генеративная клетка — у красных водорослей клетка, дающая нити *гонимобластов*.

Ауксилярная клетка — в широком смысле — гаплоидная клетка,

сливающаяся с оплодотворенным **карпогоном** без слияния ядер.

Ауксоспора — зигота у диатомовых водорослей. Первоначально не имеет характерного для этой группы водорослей кремнеземного панциря, который затем достраивает. Достигает размера крупной клетки, одевается панцирем и становится обычной вегетативной клеткой.

Ауксотрофы — организмы, не способные к самостоятельному синтезу какого-либо метаболита (витамина, аминокислоты и др.).

Ацидофилы — водоросли, живущие в кислых водах.

Багрянки — устаревшее название красных водорослей.

Бентос — совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте морских и континентальных водоемов.

Билипротеин — красный или синий пигмент, образованный протеином, который соединен с линейным тетрапирролом (хромофором) у красных, криптофитовых и синезеленых водорослей.

Биолюминесценция — видимое свечение живых организмов, связанное с процессами их жизнедеятельности и обусловленное ферментативным окислением особых веществ — люциферинов.

Газовая вакуоль (псевдовакуоль) — в клетках цианобактерии тельце округлой или неправильной формы, состоящее из газовых везикул.

Газовая везикула (газовый пузырек) — заполненная газом структурная единица газовой вакуоли, многогранная на поперечном сечении, оболочка которой состоит только из белков.

Гамета — половая клетка, способная сливаться с другой с образованием зиготы.

Гаметангии — половой орган у растений и некоторых грибов, одно- или многоклеточная структура, где развиваются гаметы. Если гаметы дифференцированы на женские и мужские, то гаметангии носят названия **антеридии** (мужские Г.) и **оогоний** (женские Г.).

Гаметангигамия (гаметангисв слияние) — половой процесс, при котором происходит слияние содержимого **гаметангев**, не дифференцированных на гаметы.

Гаметогенез — развитие половых клеток (гамет).

Гаметофит — стадия в жизненном цикле, формирующая органы полового размножения.

Гетерогамия (анизогамия) — тип полового процесса (частный случай **планогамии**), при котором гаметы различаются между собой (одна из них крупнее и менее подвижна, другая мельче и более подвижна). В широком смысле как частный случай Г. может рассматриваться **оогамия**. Однако

практически под Г. понимают только такой половой процесс, при котором и мужские, и женские гаметы подвижны, но одни крупнее и менее подвижны (женские), другие — мельче и более подвижны (мужские). Такая Г. встречается главным образом у зеленых водорослей, а также известна у немногих бурых водорослей и немногих хитридиомицетов.

Гетероталлизм — раздельнополость у многих грибов и водорослей, выраженная в физиологическом и генетическом различии полов без морфологических различий мужских и женских особей. Такие особи обозначают часто знаками (+) («женские» особи) и (-) («мужские» особи); Г. часто понимается шире — как раздельнополость у всех растений.

Гетероталличные виды — виды, у которых при половом процессе слияние возможно только между гаметами из разных особей.

Гетероциста — специальная клетка у многих синезеленых водорослей, где происходит фиксация атмосферного азота. По Г. также часто происходит разрыв нитей на отдельные фрагменты (вегетативное размножение).

Гипноспора — *апланоспора* с сильно утолщенной оболочкой, способная длительный срок находиться в состоянии покоя.

Гипотека — меньшая половинка панциря диатомей, состоит из *створки* (гиповальвы) и пояскового ободка (гипоцингулума).

Гипоцингулум (гипоцингулюм) — поясковый ободок *гипотеки*.

Гологамия (хологамия) — форма полового процесса у одноклеточных организмов, при котором происходит слияние двух особей, функционирующих как гаметы.

Гомоталличные виды — виды, у которых при половом процессе сливаются гаметы из одного слоевища.

Гонимобласт — диплоидные клетки, которые формируют *кариоспорангий* у красных водорослей.

Гонимокарп — диплоидная стадия у красных водорослей, формирующая *карпоспоры*, развивающаяся на гаплоидном женском *гаметофите*.

Гормогоний — многоклеточный фрагмент нити синезеленых водорослей, служащий для размножения: нити распадаются на Г., каждый из которых становится новой особью. При наличии *гетероцист* распад нити на Г. часто происходит возле них.

Закрытый митоз — митоз, на протяжении которого остается интактной ядерная оболочка.

Заросток (проталлий) — половое поколение (*гаметофит*) у некоторых водорослей (например, видов рода *Laminaria* из бурых водорослей). Представляет собой маленькое растенчице (иногда состоящее всего из

нескольких клеток), внешне совершенно непохожее на основное растение (*спорофит*). На 3. развиваются половые органы.

Зигоморфная створка — у диатомей створка, через которую можно провести не более двух плоскостей симметрии.

Зоид (зооид) — общее название для имеющих жгутики структур — *зооспор* и *гамет* — у водорослей и грибов.

Зооспора — спора, подвижная за счет наличия жгутиков (чаще всего двух). 3. встречаются у большинства водорослей и некоторых грибов. Служат для бесполого (спорового) размножения и расселения.

Зооспорангии — одноклеточный орган бесполого (спорового) размножения у большинства водорослей и некоторых грибов, в котором образуются *зооспоры*. Может возникать из обычных вегетативных клеток или формироваться из специальных клеток. У одноклеточных форм (например, *Chlamydomonas*) в 3. превращается вся особь.

Изогамия — тип полового процесса, при котором сливающиеся гаметы не различаются морфологически.

Изоконтная клетка — клетка со жгутиками одинаковой длины.

Изопольные створки — у диатомей *зигоморфные створки* с одинаковыми концами.

Интеркалярный рост (вставочный рост) — рост организма в длину посредством деления клеток ниже верхушки.

Каналовидный шов — трубка, проходящая в стенке *створки* и более или менее выступающая на ее поверхности. На наружной поверхности трубы расположена щель, на внутренней — щель, сопровождающаяся слабо разветвленными ребрами, что можно видеть через отверстия в стенке канала.

Капсула — внеклеточная слизь у водорослей.

Кариогамия — слияние ядер.

Кариокинез — деление клеточного ядра.

Каротиноиды — желтые, оранжевые, красные жирорастворимые пигменты, по химической природе полиненасыщенные углеводороды терпенового ряда — *каротины* и *ксантофиллы*.

Каротины — оранжево-желтые пигменты из группы *каротиноидов*, по химической природе изопреноидные углеводороды, содержащие 40 атомов углерода (тетратерпены).

Карпогон — одноклеточный женский половой орган (*оогоний*) у красных водорослей. У более примитивных форм представляет собой округлую или овальную клетку, иногда вытянутую в небольшой носик. У более высокоорганизованных форм К. дифференцирован на нижнюю расширенную

(брюшко) и верхнюю удлиненную (**трихогина**) части.

Карпогонная ветвь — короткая клеточная нить, конечная клетка которой развивается в **карпогон**.

Карпоспора — особая диплоидная спора у красных водорослей, образующаяся в **карпоспорангии** и дающая начало **спорофиту**.

Карпоспорангий — образующий **карпоспоры** спорангий, развивающийся у красных водорослей непосредственно из зиготы или на **гонимобластах**.

Карпоспорофит — см. Гонимокарп.

Коккоидный тип структуры — тип структуры, характерный для одноклеточных и колониальных водорослей, у которых клетки не имеют жгутиков, но имеют жесткую клеточную стенку.

Колония — у водорослей — тем или иным образом сгруппированные клетки. К. могут быть достаточно прочными или же легко распадаться. Как частный случай К. может рассматриваться **ценобий**. У цианобактерии К. могут формироваться из нитей (как, например, у видов родов *Nostoc* или *Gloeocapsa*).

Концептакуд — полость в **талломе**, где формируются репродуктивные органы.

Конъюгация (у водорослей) — форма полового процесса, отличающаяся слиянием содержимого двух вегетативных клеток, не дифференцированного на специальные **гаметы**. По аналогии с некоторыми грибами (особенно зигомицетами) К. иногда называют еще **зигогамия**.

Ксантофиллы — пигменты из группы **каротиноидов**, окисленные производные каротинов.

Литораль — приливно-отливная зона моря, периодически заливаемая водой; в пресных озерах — занятая макрофитами наиболее богатая жизнью прибрежная зона до глубины 5 — 7 м.

Маннаны — запасные и опорные полисахариды растений, состоящие из остатков маннозы.

Маннит — шестиатомный алифатический спирт, при окислении дает маннозу и фруктозу.

Мастигонема (волосок) — вырост жгутика. М. могут быть очень незначительными, различимыми только с помощью электронного микроскопа, или относительно крупными. Для *Ochrophyta*, у **зоидов** которых обычно имеется два жгутика, характерно наличие у одного из них довольно крупных М., расположенных двумя рядами по разные стороны жгутика (оппозитно), причем каждая М. состоит из трех частей: расширенного основания, средней части (ствола) и одного или нескольких узких окончаний.

Мезохитон — средняя оболочка **оогония** фукусовых.

Мейоспора — спора, образующаяся путем мейоза.

Мейоспорангий — спорангий, в котором формируются **мейоспоры**.

Миксотрофный организм — организм, способный сочетать одновременно различные типы питания.

Миксофициновый крахмал — запасной продукт цианобактерии, близкий к гликогену.

Монадный тип структуры — тип структуры, характерный для одноклеточных и колониальных водорослей, у которых клетки имеют жгутики, обеспечивающие их активное движение. Многие монадные водоросли — типичные планктонные организмы.

Моноспора — спора, образующаяся по одной в спорангии (термин обычно используется только для красных водорослей).

Моноспорангий — *спорангий*, в котором формируются **моноспоры** у красных водорослей.

Нити гонимобласта — у красных водорослей специальные нити, несущие **карпоспорангии**.

Область (областемная нить, соединительная нить) — нить, отходящая от оплодотворенного **карпогона** (зиготы), которая сливается с **ауксиллярной клеткой**.

Оогамия — тип полового процесса, при котором сливаются крупная неподвижная женская гамета (яйцеклетка) и менее крупная обычно подвижная (реже безжгутиковая) мужская гамета (сперматозоид).

Оогоний — у водорослей и грибов одноклеточный женский половой орган, в котором формируется яйцеклетка.

Ооспора — покоящаяся спора, образующаяся после оплодотворения при оогамном половом процессе (оогамии).

Пальмеллоидный тип структуры — тип структуры водорослей, сочетающий неподвижный образ жизни с наличием клеточных органелл, свойственных монадным организмам: сократительных вакуолей, **глазка**, жгутиков или их производных.

Перифитон — совокупность организмов, живущих на предметах, находящихся в воде.

Пиреноид — структура (органелла) в клетках многих водорослей. Число П. в клетке может быть различным — от одного до многих. П. представляет собой бесцветное плотное образование белковой природы, имеет округлые или угловатые очертания. П. расположены внутри хлоропласта и вне его. Считается, что основная функция П. — концентрация фермента

рибулезобисфосфаткарбоксилазы-оксилгеназы (Рубико) для распределения ее между дочерними клетками и транспорта в места активного функционирования в хлоропласте. У зеленых водорослей, кроме того, П. служит центром отложения запасного вещества — крахмала.

Плазмогамия — слияние цитоплазмы гамет при половом процессе.

Планктон — совокупность организмов, населяющих толщу воды континентальных и морских водоемов и не способных противостоять переносу течениями.

Планозигота — подвижная *зигота*.

Планоспора — подвижная спора.

Полузакрытый митоз — митоз, при котором в ядерной оболочке образуются полярные отверстия либо ядерная оболочка фрагментируется.

Пропагула (диаспора) — всякая единица, отделяющаяся от какого-либо организма и способная дать начало новому организму (например, спора гриба или водоросли, фрагмент мицелия гриба).

Проталлий — см. Заросток.

Псевдовакуоль — см. Газовая вакуоль.

Рецептакул — 1) вегетативное тело у грибов, представителей порядка Laboulbeniales, а также стерильная часть плодового тела («ножка») у представителей порядка Phallales; 2) вздутый конец таллома у фуксовых водорослей, в котором расположены *скафидии (концептакулы)*.

Ризоид — нитевидное образование у некоторых водорослей и грибов (у **лишайников** — специальная *гифа микобионта*), служащее для прикрепления к субстрату и поглощения из него воды и питательных веществ. Иногда Р. называют также лопасти присосок у крупных водорослей (напр., *Laminaria*) или погруженные в субстрат выросты у некоторых сифоновых водорослей (напр., *Acetabularia* или *Botrydium*).

Ризоподии — длинные нитевидные, разветвленные, анастомозирующие цитоплазматические выросты, внутри которых содержатся микрофиламенты.

Рубиско — фермент рибулезо-1,5-бисфосфаткарбоксилазаоксигеназа, катализирующий первую темповую реакцию фотосинтеза.

Сифоновый (сифональный) тип структуры — вариант структуры зеленых и желтозеленых водорослей, **таллом** которых, иногда очень крупный (длиной до 8 м), сложно дифференцированный, обычно многоядерный, не разделен перегородками на отдельные клетки и формально представляет собой одну гигантскую клетку. В этом случае часто говорят о неклеточном строении.

Сифонокладовый (сифонокладиевый, сифонокладальный) тип структуры — вариант структуры зеленых водорослей, характеризующийся тем, что

клетки их **талломов** (часто очень немногочисленные) содержат много ядер. Деления ядер и клеток происходят независимо друг от друга.

Слоевище — см. Таллом (термин «С.» чаще используется для *лишайников*).

Соматогамия — половой процесс, заключающийся в слиянии (*плазмогамии*) вегетативных частей талломов (обычно мицелиев) без образования специальных половых органов.

Сперматозоид — подвижная мужская гамета (очень широко встречается у водорослей, а у грибов — только в порядке Monoblepharidales из Chytridiomycota).

Спермаций — мужская половая клетка некоторых водорослей (например, красных) и грибов (например, ржавчинных), не имеющая жгутиков.

Спорофит — бесполое поколение в жизненном цикле организмов со сменой поколений. Развивается из зиготы после полового процесса и чередуется с **гаметофитом**; имеет диплоидный набор хромосом. С. образует *спорангии*, в которых развиваются споры, что сопровождается мейозом.

Створка — часть панциря (эпитека или гипотека) у диатомей.

Стигма — см. Глазок.

Строматолиты — карбонатные, иногда вторично окремнелые образования с разнообразной внутренней слоистостью; возникают в результате жизнедеятельности главным образом цианобактерии и бактерий.

Сублитораль — зона морского дна, соответствующая шельфу, или материковой отмели, до глубины 200 — 500 м, наиболее богатая жизнью зона моря. С. выделяют также в озерах.

Супралитораль (зона заплеска) — зона на границе моря и суши, лежащая выше литорали и не заливаемая водой во время прилива.

Таллом (слоевище) — вегетативное тело всех прокариот, водорослей, грибов (включая лишайники) и **микоидов**. Отличается тем, что не дифференцировано на органы (стебель, лист, корень). Т. у грибов чаще всего представляет систему нитей (*гиф*). Термины «Т.» и «слоевище» используются как синонимы, но для водорослей чаще используется термин «Т.», для лишайников — «слоевище», а для грибов, Т. которых состоит из *гиф*, — «мицелий».

Тека — оболочка различной природы: у диатомовых — кремнеземный панцирь; у динофитовых — покров, состоящий из пластинок.

Тетраспора — одна из 4 спор, образующихся после мейоза в специальном *тетраспорангии* у многих красных и некоторых бурых водорослей (Dictyotales).

Тетраспорангии — у красных и некоторых бурых водорослей *мейоспорангий*, содержащий 4 споры.

Тетраспорофит — у красных водорослей особь, на которой формируются *тетраспоранции*.

Тилакоид — основной элемент фотосинтезирующей системы хлоропластов. Т. имеют вид уплощенных мешочек, в которых локализованы пигменты.

Трихогина (рецепторная нить) — верхняя часть женского полового органа у многих красных водорослей, колеохетовых водорослей и у представителей Ascomycota. У водорослей Т. — это вырост *брюшка*, служит для улавливания мужских половых клеток, у грибов — отдельная клетка, первоначально многоядерная, через которую мужские ядра переходят в аскогон.

Трихоциста — цитоплазматическая органелла, способная к «выстреливанию» при механическом или химическом раздражении.

Узелок — внутреннее утолщение створки панциря диатомей.

Фикобилины — водорастворимые пигменты криптомонад, глаукоцистофитовых, красных и синезеленых водорослей. По химической природе Ф. — белки из группы хромопротеидов, в состав небелковой части пигментов входят хромофоры билины — аналоги желчных кислот. Поглощают излучение в зеленой части спектра.

Фикобилипротеины — водорастворимые белки, входящие в состав **фикобилисом**.

Фикобилисомы — у цианобактерии, глаукоцистофитовых и красных водорослей полусферические или полудисковидные структуры на поверхности тилакоидов, содержащие фикобилиновые пигменты.

Фикоцианин — сине-зеленый фикобилиновый пигмент цианобактерии, глаукоцистофитовых, криптофитовых и красных водорослей.

Фикоэритрин — красный фикобилиновый пигмент, встречающийся у цианобактерии, глаукоцистофитовых, криптофитовых и красных водорослей.

Фитопланктон — совокупность свободноплавающих в толще воды преимущественно микроскопических фотосинтезирующих и производных от них организмов.

Фототаксис — движение к источнику света (положительный фототаксис) или от него (отрицательный фототаксис).

Фрагментация — разделение *таллома* на отдельные фрагменты, каждый из которых способен давать начало новому организму. Ф. иногда рассматривается как промежуточный вариант между вегетативным и бесполым размножением.

Фукоидин — полисахарид клеточной стенки и слизи бурых водорослей, состоящий из сульфатированных остатков фукозы.

Фукоксантин — желтый пигмент многих Ochrophyta из группы *каротиноидов*.

дов. Сопровождающий пигмент при фотосинтезе, передает поглощенную энергию света на хлорофилл.

Хемотаксис — движение организмов в ответ на градиент концентрации химических веществ. Положительный Х. — движение к высоким концентрациям, отрицательный — от высоких концентраций.

Хологамия — см. Гологамия.

Хроматофор — см. Хлоропласт.

«Цветение» воды — массовое развитие в водоеме микроскопических планктонных водорослей, обычно относящихся к какому-либо одному виду и вытесняющих другие виды. Толща воды при этом окрашивается в цвет, соответствующий окраске самой водоросли (сине-зеленый, зеленый, ярко-зеленый, желтый, коричневатый или красноватый). «Ц.» в. может вызываться, в частности, токсичными видами.

Ценобий (у водорослей) — особая форма колоний водорослей, в которой все клетки объединяются с самого начала (т.е. принадлежат одному поколению). Рост Ц. происходит только за счет увеличения размеров клеток, но не их числа.

Циста — временная форма существования многих одноклеточных и колониальных организмов, характеризующаяся наличием защитной оболочки.

Цистокарп — у красных водорослей споровоместилище, в котором находится диплоидный *гонимокарп*, с оболочкой, образованной за счет деления гаплоидных клеток *гаметофита*.

Цитокинез (цитотомия) — разделение в телофазе митоза или мейоза тела материнской клетки на две дочерние.

Шов — у диатомей короткая или длинная щель или две щели (ветви шва), прорезывающие стенку створки и идущие вдоль створки от ее концов к середине.

Эвтрофный водоем — водоем с высоким уровнем первичной продукции.

Эндохитон — внутренняя стенка *оогония* у фукусовых.

Эпивальва — створка эпитехи.

Программа раздела дисциплины «Альгология»

Общая характеристика водорослей:

Особенности строения клетки водорослей. Типы морфологической дифференциации таллома водорослей. Типы размножения и жизненные циклы водорослей. Смена форм развития и ядерных фаз. Экологические группы и экология водорослей. Роль водорослей в природе и их практическое значение.

Систематический обзор водорослей: ответ на вопрос по систематическому таксону подразумевает: систематическое положение, строение клетки и таллома, типы и особенности размножения, характер жизненного цикла, экология, представители.

Отдел охрофитовые водоросли (охрофиты) — Ochrophyta

Класс диатомовые (бациллариофициевые) водоросли — Diatomophyceae (Bacillariophyceae)

Порядок навикуловые — Naviculales

Порядок мелозировые — Melosirales

Класс трибофициевые (желтозеленые) водоросли — Tribophyceae (Xanthophyceae)

Порядок ботридиевые — Botrydiales

Порядок вошериевые — Vaucherales

Класс фукофициевые (бурые) водоросли — Fucophyceae (Phaeophyceae)

Порядок фукусовые — Fucales

Порядок ламинариевые — Laminariales

Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta

Класс требуксиофициевые (требуксиевые) водоросли — Trebouxiophyceae

Порядок хлорелловые — Chlorellales

Класс хлорофициевые, или зеленые водоросли, — Chlorophyceae

Порядок сфероплеевые — Sphaeropleales

Порядок хламидомонадовые — Chlamydomonadales

Класс ульвофициевые водоросли — Ulvophyceae

Порядок улотриксовые (кодиоловые) — Ulotrichales (Codiolales)

Порядок ульвовые — Ulvales

Отдел харофитовые (харофиты) — Charophyta

Класс зигнемофициевые (конъюгаты) водоросли — Zygnematophyceae

Порядок зигнемовые — Zygnematales

Класс харофициевые водоросли — Charophyceae

Порядок харовые — Charales

Отдел красные водоросли – Rhodophyta

Класс родимениофициевые (флоридеевые) водоросли — Rhodymeniophyceae (Florideophyceae)

Порядок батрахоспермовые — Batrachospermales

Порядок церамиевые — Ceramiales

Отдел синезеленые водоросли (цианобактерии) — Cyanophyta (Cyanobacteria)

Класс синезеленые водоросли — Cyanophyceae

Порядок Хроококковые — Chroococcales

Порядок Осцилляториевые — Oscillatoriaceae

Порядок Ностоковые — Nostocales

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. — М: Издательский центр «Академия». 2006. — 320 с.
2. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. — М: Издательский центр «Академия», 2006. — 320 с.
3. Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю.Т. Дьякова. — М: Изд-во МГУ, 2007. — 559 с.
4. Малый практикум по ботанике. Водоросли и грибы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Т. Н. Барсукова, Г.А. Белякова, В. П. Прохоров, К.Л. Тарасов — М: Издательский центр «Академия», 2005. — 240 с.
- 5.

Дополнительная литература:

1. Барсукова Т. Н. и др. Малый практикум по ботанике. Водоросли и грибы: учеб. Пособие для студентов, обучающихся по направлению 020200 "Биология" и биол. спец. — М: Академия, 2005. — 238 с.
2. Вассер С. П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.
3. Еленевский А. Г., Соловьева М. П., Ключникова Н. М. и др. Практикум по систематике растений и грибов: Учеб. Пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., испр. — М: Издательский центр "Академия", 2004. — 160 с.
4. Идрисова Г.И. Альгология: Учебно-методическое пособие к практическому курсу. — Казань: Изд-во КГУ, 2009. — 48 с.
5. Садчиков А.П. Планктология. Деструкционные процессы в водных экосистемах. — М.: Альтекс, 2010. — 240 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=347605>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины:

1. Библиотека интересных и полезных книг: <http://www.bibliolink.ru/publ/41-2>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.74.2.5
3. Официальный сайт Русского Ботанического Общества: Цикл лекций для студентов и аспирантов 2009-2010 г.: <http://www.binran.ru/lekcii/lekcii.htm>
4. Сайт альгологов России и стран СНГ [сайт]. [2011]. URL: <http://herba.msu.ru/algae/index.html>.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. — М: Издательский центр «Академия». 2006. — 320 с.
7. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. — М: Издательский центр «Академия», 2006. — 320 с.
8. Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю.Т. Дьякова. — М: Изд-во МГУ, 2007. — 559 с.
9. Идрисова Г.И. Альгология: Учебно-методическое пособие к практическому курсу. — Казань: Изд-во КГУ, 2009. — 48 с.
10. Малый практикум по ботанике. Водоросли и грибы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Т. Н. Барсукова, Г.А. Белякова, В. П. Прохоров, К.Л. Тарасов — М: Издательский центр «Академия», 2005. — 240 с.
6. Практикум по систематике растений и грибов / А.Г. Еленевский, М.П. Соловьева, Н.М. Ключникова и др. – М.: Академия, 2004. - 160с. ISBN 5-7695-1743-3.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	2
2. ТЕМА: Отдел охрофитовые водоросли (охрофиты) — Ochrophyta	6
3. ТЕМА: Отдел зеленые водоросли — Chlorophyta	27
4. ТЕМА: Отдел харофитовые (харофиты) — Charophyta	45
5. ТЕМА: Отдел красные водоросли – Rhodophyta	54
6. ТЕМА: Отдел синезеленые водоросли (цианобактерии) — Cyanophyta (Cyanobacteria)	63
7. Глоссарий	70
8. Программа раздела дисциплины «Альгология»	81
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	83
10. Список использованной литературы.....	85
11. Содержание.....	86