

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

СПЕЦПРАКТИКУМ АЛЬГОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие для вузов



Воронеж, 2015

Утверждено на заседании кафедры ботаники и микологии биолого-почвенного факультета (№ 0105-01 от 31.08.2015 г.)

Составитель: Мелькумов Г.М.

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре ботаники и микологии биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов высшего образования 3 курса очной формы обучения биолого-почвенного факультета.

Для направления – 06.03.01 Биология, профиль – Ботаника.

Введение

Водоросли представляют собой обширную группу автотрофных фотосинтезирующих бессосудистых, слоевищных организмов, у которых, отличие от высших растений, отсутствуют настоящие ткани и органы. Среди водорослей имеются не только водные, но и наземные организмы. Но и не все организмы, обитающие в воде, относятся к водорослям: многие представляют собой высшие растения, вторично вернувшиеся к обитанию в водной среде. На Земле известно около 300000 видов водорослей, но считается, что их истинное количество превышает это число в несколько раз.

Понятие «водоросли» является не систематическим, а скорее ботаническим и по принятой в ботанике традиции эта группа включает как прокариотические, так и эукариотические формы. Наука, которая занимается изучением водорослей, называется **альгологией** (от лат. «algae» – «морская трава»). Термин «водоросли» (algae) первым применил шведский ботаник Карл Линней в 1753 г. к одной из групп растений. Эта группа включала печеночники и некоторые мхи, а также в течение более пятидесяти последующих лет открываемые многочисленные новые виды водорослей. Таким образом, альгология – наука о водорослях, которая рассматривает вопросы происхождения, строения, морфологии, жизненных циклов и систематики водорослей.

Цель изучения дисциплины - углубление знаний учащихся в области ботаники и развитие практических навыков самостоятельной исследовательской работы.

Задачи:

1. освоение основных методов ботанических исследований;
2. развитие навыков анатомических и морфологических исследований (методы микрофотографирования, навыки технического рисунка и научной фотосъемки);
3. углубление знаний ботанической номенклатуры и ботанической латыни;
4. развитие умений самостоятельной работы с научной литературой, в том числе на иностранных языках (поиск источников, составление библиографии, реферирование, библиографическое описание, библиографическая ссылка);
5. развитие умений работы с электронными ресурсами;
6. познакомить студентов с подразделением территории России на растительные зоны;
7. изучить основные жизненные формы и доминирующие виды растений различных растительных зон;
8. развитие навыков проведения популяционных исследований;

9. развитие умений анализировать и обобщать данные полевых исследований, составлять долгосрочные и среднесрочные прогнозы состояний популяций растений;

10. приобретение навыков изготовления альгологических препаратов.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

Знать: основные понятия и термины ботаники, основную структуру альгологии; современные электронные ресурсы и источники информации в области альгологии; пакеты прикладных компьютерных программ для работы с информацией в области альгологии; методы наблюдения и описания альгологических объектов; устройство и принцип работы современного светового микроскопа.

Уметь: работать с микроскопом, самостоятельно работать с альгологической литературой; работать с фиксированными препаратами с применением методов световой микроскопии; самостоятельно работать с электронными документами, Интернет-ресурсами, электронными базами данных; применять компьютерные программы для создания, обработки и представления научных данных; проводить наблюдение и описание водорослей и их морфологии; проводить сбор, гербаризацию водорослей современными методами.

Владеть: техникой микроскопии с помощью современного светового микроскопа; техникой изготовления препаратов; навыками выполнения научного рисунка; методами поиска научной информации в сети Интернет; программами для хранения и обработки научной информации; навыками работы с первоисточниками; нормами взаимодействия и сотрудничества; методами наблюдения и описания водорослей на клеточном уровне.

Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина "Спецпрактикум. Альгология" относится к вариативной части профессионального цикла ООП.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям:

— знание главнейших понятий, закономерностей и законов, касающихся строения, жизни и развития растительных организмов;

— знание строения и жизни водорослей, их классификации и основных групп;

— умение обосновывать выводы, оперировать понятиями при объяснении явлений в жизни растений с приведением примеров из практики сельскохозяйственного и промышленного производства, здравоохранения и т. д.

— владение техникой микроскопирования и методикой приготовления временных препаратов ботанических объектов

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей

Физиология растений

Экология и рациональное природопользование

Медицинская ботаника
Экологический мониторинг и охрана растительного покрова
Основы фитоценологии и географии растений
Экономическая ботаника
Региональная флора
Микология и фитопатология

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

а) общекультурные (ОК):

- способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);

а) общепрофессиональные (ОПК):

— способностью использовать экологическую грамотность и базовые знания в области физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения (ОПК-2);

- способностью понимать базовые представления о разнообразии биологических объектов, биоразнообразия для устойчивости биосферы, способностью использовать методы наблюдения, описания, идентификации, классификации, культивирования биологических объектов (ОПК-3);

— способностью применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной аппаратурой (ОПК-6);

— способностью использовать знание основ и принципов биоэтики в профессиональной и социальной деятельности (ОПК-12);

б) профессиональные (ПК):

- способностью применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов (ПК-4);

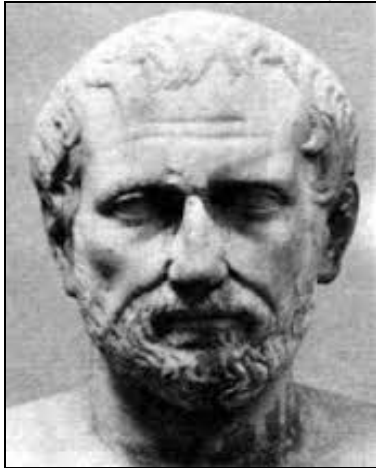
- информационно-биологическая деятельность:

- способностью использовать основные технические средства поиска научно-биологической информации, универсальные пакеты прикладных компьютерных программ, создавать базы экспериментальных биологических данных, работать с биологической информацией в глобальных компьютерных сетях (ПК-8).

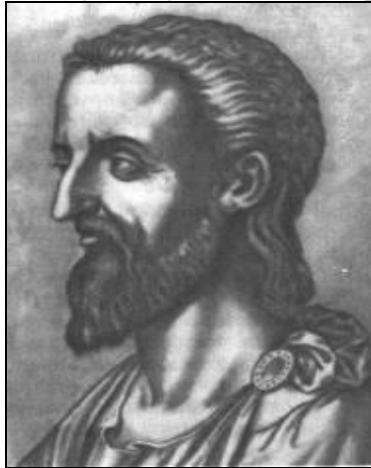
Раздел 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ

История альгологии как науки неоднозначна. Выделяют несколько этапов развития, разных по продолжительности и насыщенности открытиями.

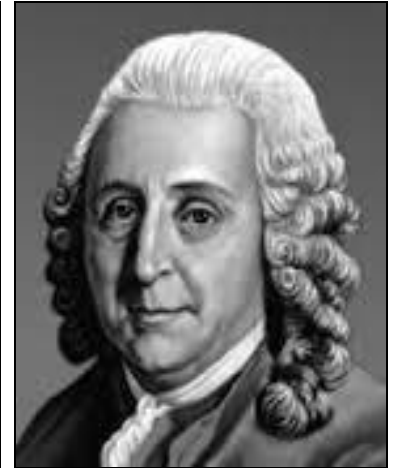
Первый, самый длинный, *этап развития* ведет свой отчет с трудов древних греков (Теофраст, Диоскорид); этот этап закончился в конце XVIII века. Хотя первые письменные сведения о водорослях обнаружены в древнекитайской классике, так как водоросли с древних времен использовались в пищу в приморских странах, но именно древние греки заложили основы этой науки. Латинское слово «*fucus*» происходит от греческого «*phukos*» (водоросль). Поэтому за рубежом альгология называется фикологией. Однако правильнее началом данного этапа надо считать вышедшую в 1753 г. работу Карл Линнея «Система природы», в которой он ввел порядок *Algae* и объединил в своей искусственной системе водоросли с грибами и лишайниками, считая, что у них отсутствует половое размножение.



Теофраст
(371-287 г.до н.э.)



Диоскорид
(40-90 г. н.э.)



Карл Линней
(1707-1778)

Второй этап (1800 - 1875) начался с работ Дж. Стакхауса (1801), который заложил настоящую основу альгологии. Он изучил прорастание зиготы у водорослей и описал процесс оплодотворения. Совершенствование микроскопии и данное открытие обеспечили бурное развитие альгологии. Много родов описали шведы Карл Адольф и Якоб Георг Агарды (К.А. Agardh, I.G. Agardh), немецкий исследователь Фридрих Трауготт Кютцинг, известный своим 20-томным атласом, содержащим до двух тысяч таблиц с изображениями морских и пресноводных водорослей. Лингби, Воше, Харви и другие исследователи описали подавляющее большинство известных в настоящее время родов водорослей; их имена стоят после соответствующих родовых названий. Этот этап носил описательный характер. Именно в этот период были заложены основы морфологической таксономии и систематики.

Однако в середине XIX в. наряду с чисто описательной, классификаторской, ботаникой, когда большинство водорослей было описано, наступил *третий этап* в развитии науки. Началось бурное развитие нового направления, заключающегося в изучении клеточного строения растений и особенно их онтогенеза. Этому направлению дали наименование «научная ботаника»; 40–50-е гг. XIX века ознаменовались крупнейшими открытиями в области онтогенеза водорослей, важная составная часть которого – бесполое и половое размножение.

В России онтогенетическое направление в изучении водорослей успешно развивали Иван Николаевич Горожанкин и его ученики. Работа Джованни Баттиста Де Тони, который 35 лет писал «Сводку водорослей», обобщила таксономию и номенклатуру. Критические исследования Штитца по красным водорослям, Куккука и Чельмана по бурым, Вилле по зеленым, открытие жизненных циклов водорослей многими авторами привели к совершенствованию классификации и возникновению новых гипотез о происхождении отдельных групп и родственных связей между ними.



Карл Адольф Агард
(1785-1859)



Якоб Георг Агард
(1813-1901)



**Иван Николаевич
Горожанкин**
(1848-1904)

Большой материал, накопленный в ходе изучения цитологии и онтогенеза водорослей, подготовил почву для перехода альгологии к новому периоду ее истории который начинался с самых первых лет XX века. В области систематики он ознаменовался, во-первых, разработкой учения о происхождении различных групп водорослей из разных групп окрашенных жгутиковых и, во-вторых, объяснением явления параллелизма в развитии отдельных классов и типов водорослей. Разработка этих вопросов неразрывно связана с именем чешского альголога Адольфа Пашера. Он, по существу, и создал морфологическую систематику водорослей. С 1945 г. начинается современный, четвертый, этап в истории альгологии. Для него характерны, во-первых, использование электронной микроскопии для изучения ультраструктуры водорослей, во-вторых, бурное развитие методов

искусственного выращивания пресноводных и морских водорослей в условиях культуры. Новая информация по ультраструктуре водорослей, в свою очередь, тесно коррелирует с усовершенствованием методов электронной микроскопии. Первый «взрыв» информации такого рода наблюдался в конце 40-х и начале 50-х годов, когда для изучения жгутиков различных водорослей был применен метод напыления. Следующий «взрыв» информации в конце 50-х годов связан с усовершенствованием микроскопической техники и внедрением ультрамикротомов для получения ультратонких срезов, позволяющих изучать детали внутреннего строения клетки. С середины 60-х годов введение техники замораживания скалывания сделало также возможным изучение поверхностей клеток, стенок мембран и органелл. В последние годы большое развитие получили сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ), ставшая важным орудием исследования панцирей диатомовых водорослей, поверхностей клеток десмидиальных, динофлагеллят и многих других водорослей. Один и тот же объект нередко изучался комплексно, с привлечением всех вышеназванных методов. Если в ходе первых двух десятилетий исследования тонкой структуры водорослей носили описательный характер, то в последующее время данные электронной микроскопии широко использовались для расшифровки функций клетки и органелл. Новейший, пятый, этап развития альгологии связан с появлением молекулярно-генетических методов.

В начале XXI века в альгологию прочно вошли молекулярно-генетические методы идентификации водорослей. Для экспрессного выявления доминирующих видов и идентификации видовой принадлежности остальных видов в сообществах используется денатурирующий градиентный гель-электрофорез фрагментов гена 16S РНК. Надежность метода достаточно высокая. Особенно полезен этот метод для выявления видовой принадлежности водорослей, относящихся к фитопикопланктону, которые из-за маленьких размеров трудно идентифицировать с помощью световой микроскопии.

В течение последних десятилетий в развитии альгологии произошел качественный скачок, выдвинувший ее в ряд передовых наук современности. Особое значение для развития альгологии имело усовершенствование электронно-микроскопической техники и методов биохимического анализа, а также разработка способов выделения аксенических культур и создание в разных странах коллекций штаммов водорослей. Все это стимулировало развитие экспериментальных работ. Расширение объема исследований привело к существенному увеличению информации. В результате произошла дальнейшая дифференциация альгологии и на стыке альгологии с другими науками возникли новые научные направления (палеоальгологическое, радиобиологическое и др.). В недалеком будущем следует ожидать вычленения из альгологии дисциплин, аналогичных тем, которые уже выделились из раздела ботаники, посвященного высшим растениям.

Раздел 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОРΟΣЛЕЙ

Водоросли – это наиболее древняя и сравнительно просто устроенная обширная группа разнородных в систематическом отношении организмов (как прокариот, так и эукариот), поэтому водоросли представляют собой группу скорее экологическую, объединенную водным образом жизни. Общим для всех водорослей является также наличие хлорофилла и обусловленное этим автотрофное питание – способность синтезировать на свету органические вещества из неорганических. У многих водорослей зеленая окраска хлорофилла замаскирована другими пигментами. Это преимущественно обитатели водной среды, но многие поселяются на стволах деревьев, в почве и на ее поверхности, а также в других наземных биотопах, хотя процесс размножения их непосредственно зависит от капельно - жидкой среды.

Не расчлененное на органы тело водорослей называется **талломом** (=слоевищем).

Строение клетки водорослей. Клетки всех водорослей (исключая цианобактерий) имеют типичное эукариотическое строение (рис. 1). В отличие от грибов и животных, в клетках водорослей имеется хлоропласт.

Клетки водорослей покрыты твердыми двойными оболочками. Во взрослых клетках цитоплазма расположена постенно, а центр занят вакуолью с клеточным соком. В клетке содержатся фотосинтезирующие хлорофиллы, также могут содержаться другие пигменты, формирующиеся в хроматофорах, эндоплазматический ретикулум, митохондрии, пиреноиды (тельца белковой природы, принимающие участие в процессе образования крахмала). Наличие или отсутствие в хроматофорах пиреноидов является систематическим признаком.

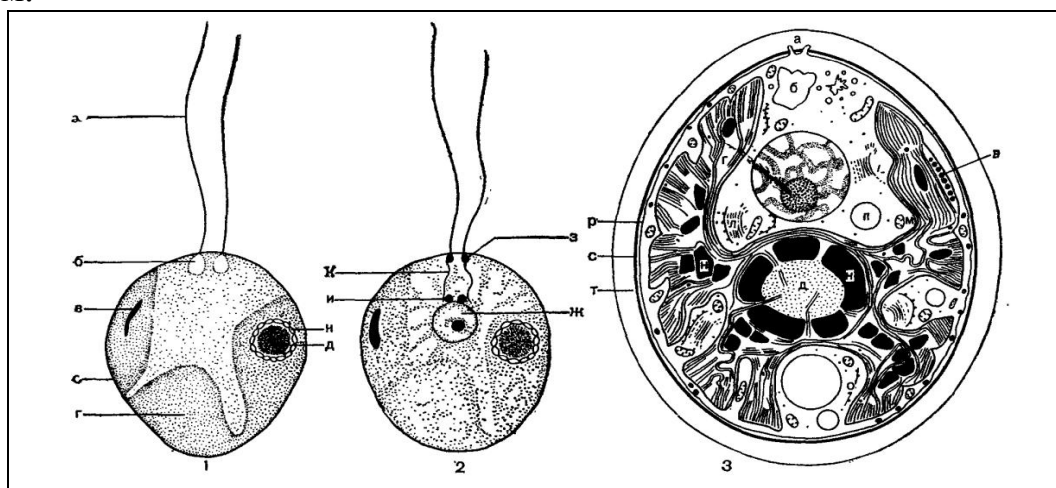


Рис. 1. Схематическое изображение клеточной организации одноклеточных зеленых водорослей при разных методах исследований:

1 – в прижизненном состоянии (световой микроскоп); 2 – после фиксации и окрашивания (световой микроскоп); 3 – по данным электронной микроскопии: а – жгутики, б – пульсирующие вакуоли, в – стигма, г – лопастной постенный хлоропласт, д – пиреноид, ж – ядро с ядрышком в центре, з – базальные тела, и – центриоль, к – ризопласты, л – диктиосома, м – митохондрии, н – крахмальные зерна, о – эндоплазматическая сеть, п – вакуоль, р – плазмолемма, с – оболочка, т – слизистая капсула.

Тип организации таллома. Тело водорослей может быть одноклеточным, колониальным, многоклеточным (рис. 2) и неклеточным. Их размеры в пределах каждой из этих форм отличаются огромным диапазоном – от микроскопических (1 мкм) до гигантских (есть виды, достигающие нескольких десятков метров).

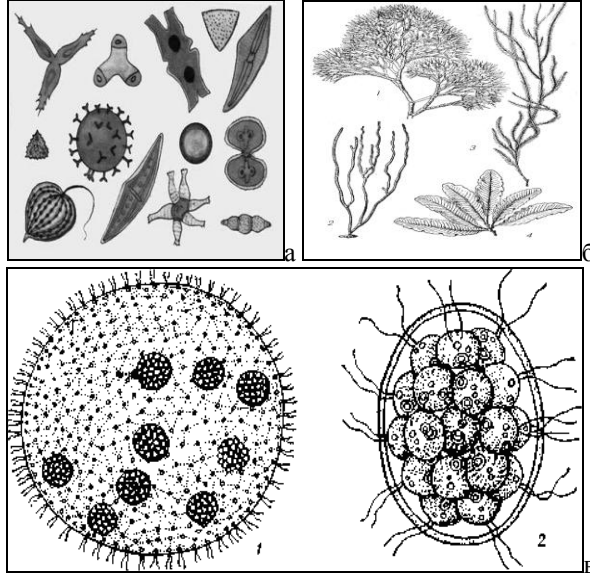


Рис. 2. Типы организации талломов водорослей:
а – одноклеточная, б (1-4) – многоклеточная, в (1-2) – колониальная

Структура таллома водорослей. Водоросли поражают многообразием своего внешнего облика, однако можно выделить несколько основных структур таллома (рис. 3):

1. **Монадные водоросли (монады)** представляют собой одноклеточные организмы со жгутиком. Они способны к передвижению в водной среде.

2. **Амебоидные (ризоподialesные) водоросли** передвигаются за счет образования ложноножек (псевдоподий). Амебоидные клетки лишены клеточной стенки и способны постоянно менять свою форму.

3. Одноклеточные водоросли, не имеющие ни жгутиков, ни псевдоподий и следовательно, неспособные к передвижению, называются **коккоидными водорослями** (шаровидной или округлой формы).

4. Некоторые коккоидные водоросли прикрепляются к субстрату и выделяют большие количества слизи, окутывающую клетку толстым слоем. Это **пальмеллоидная (капсанальная) структура таллома (пальмеллы)**. Как правило, пальмеллоидные водоросли образуют колонии. Некоторые водоросли с другими структурами таллома (например, некоторые монадные и амебоидные) могут на время переходить в пальмеллоидное состояние.

5. Простейшие многоклеточные водоросли имеют **нитчатый (трихальный) таллом**, в котором клетки соединены в цепочку друг за другом.

6. **Разнонитчатые (гетеротрихальные) водоросли** отличаются от нитчатых тем, что образуют нити разных (двух или более) типов. Например,

некоторые водоросли имеют стелющиеся по субстрату и прямостоячие нити. Другие водоросли могут иметь крупную осевую и более мелкие боковые нити.

7. **Пластинчатые водоросли** имеют таллом в виде пластинки, состоящей из одного или нескольких слоев клеток.

8. **Сифональные (сифоновые) водоросли** – особая, редко встречающаяся структура таллома водорослей, при котором в пределах таллома отсутствуют клеточные перегородки. Такой таллом представляет собой как бы одну большую клетку с огромным количеством ядер.

9. **Сифонокладальная структура** представлена многоядерными клетками, соединенными в нитчатые или иной формы многоклеточные талломы.

10. Наиболее высокоорганизованная структура таллома – **ложнотканевая (псевдопаренхиматозная)**. Такая структура напоминает пластинчатую, но состоит из клеток различных типов, образующих подобие тканей. У водорослей она встречается очень редко (только у бурых водорослей).

11. **Тканевая (паренхиматозная) структура** образуется в результате делений клеток нити не только в поперечном, но и продольном направлении в виде паренхиматозных пластинок.

Ризоиды – выросты клеток водорослей, предназначенные для закрепления таллома на субстрате. Обычно ризоиды находятся на нижних клетках талломов, контактирующих с субстратом. Иногда они образуются даже у одноклеточных организмов. У крупных водорослей встречаются крупные многоклеточные ризоиды.

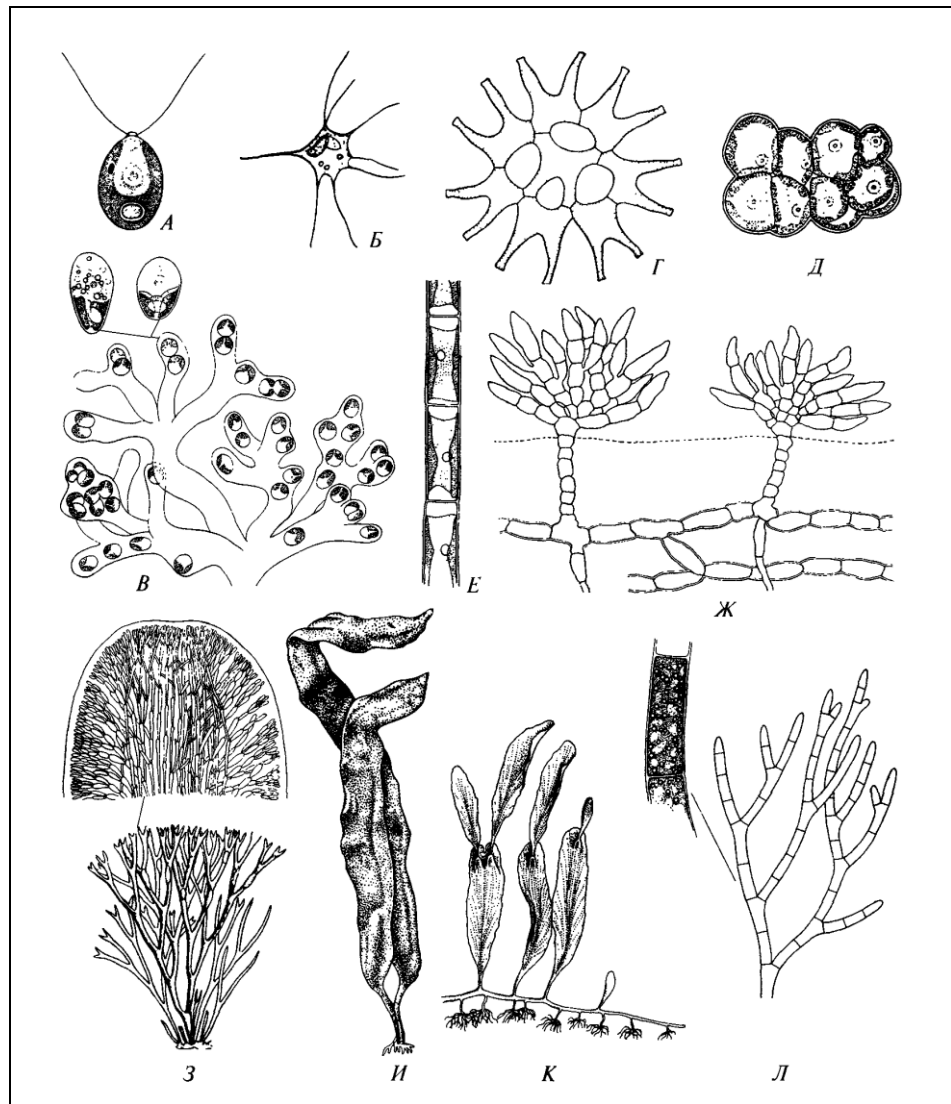


Рис. 3. Типы морфологической дифференциации таллома у водорослей:

А — монадный у *Chlamydomonas*; *Б* — амебоидный у *Rhizochrysis*; *В* — гсиммоиадный у *Hydrurus*; *Г* — коккоидный у *Pediastrum*; *Д* — сарциноидный у *Chlorosarcina*; *Е* — нитчатый у *Ulothrix*; *Ж* — разнонитчатый у *Frilsiella*; *З* — ложнотканевый у *Furcellaria*; *И* — тканевый у *Laminaria*; *К* — сифональный у *Caulerpa*; *Л* — сифонокладальный у *Cladophora*.

Цисты. Многие одноклеточные и некоторые просто устроенные многоклеточные водоросли могут образовывать цисты — покоящиеся одноклеточные стадии с толстой оболочкой, характеризующиеся приостановкой всех жизненно важных процессов. Стадия цисты предназначена для переживания неблагоприятных условий — холодного периода года, пересыхания водоема и т.п. Нередко роль цисты совмещена со стадией зиготы в жизненном цикле.

Классификация водорослей. Еще в середине XX века была разработана классификация водорослей, в основу которой был положен химический состав пигментов в хлоропластах. В последние десятилетия она была дополнена в соответствии с данными молекулярных исследований. Обычно выделяют 9 отделов водорослей:

Сине-зеленые водоросли, или цианобактерии - *Cyanophyta*
(*Cyanobacteria*)

Зеленые водоросли - *Chlorophyta*

Эвгленовые - *Euglenophyta*

Золотистые водоросли, или Хризофитовые – *Chrysophyta*

Динофитовые водоросли, или Динофлагелляты – *Dinophyta*

Желто-зеленые водоросли, или Разножгутиковые – *Xanthophyta*
(*Heterocontae*)

Диатомовые водоросли – *Bacillariophyta* (*Diatomophyta*)

Бурые водоросли – *Phaeophyta*

Красные водоросли, или Багрянки – *Rodophyta*

Размножение водорослей. Водоросли размножаются вегетативным, бесполом и половым путем.

Вегетативное размножение одноклеточных водорослей происходит путем простого деления клеток надвое. У многоклеточных водорослей иногда имеются специальные приспособления для вегетативного размножения – небольшие, легко отделяющиеся фрагменты таллома. У многих водорослей таких специальных структур нет, и их вегетативное размножение осуществляется путем фрагментации талломов. Части талломов крупных морских водорослей, живущих прикрепленными ко дну, также могут отрываться. Хотя большинство таких фрагментов волны выбрасывают на берег, где они погибнут, иногда они могут снова закрепляться на дне и продолжать существование на новом месте, участвуя в вегетативном размножении своего вида. Более специализированная форма вегетативного размножения – образование толстостенных, переполненных запасными продуктами клеток, которые предназначены для перенесения неблагоприятных условий. Такие клетки, называемые **акинетами**, часто развиваются у нитчатых зеленых и сине-зеленых водорослей.

Бесполое размножение осуществляется специализированными клетками – **спорами** (рис. 4). У водорослей споры образуются в спорангиях. Спорангии водорослей чаще всего одноклеточные, то есть споры образуются из одной клетки в результате митотического многократного деления ее содержимого. Самый распространенный способ бесполого размножения – посредством **зооспор** (как правило, голых монадных клеток). Из содержимого каждой клетки может сформироваться только одна зооспора или чаще содержимое клетки делится на 2, 4, 8 или более частей и продуцируется соответствующее количество зооспор. У значительного числа водорослей образуются **апланоспоры** – неподвижные, лишенные жгутиков споры (моно- и тетраспоры). У колониальных монадных и коккоидных зеленых водорослей при бесполом размножении образуются дочерние колонии.

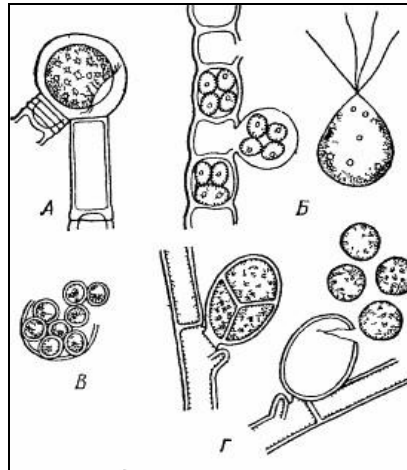


Рис. 4. Бесполое размножение водорослей: при помощи зооспор (А – у *Oedogonium*, Б – у *Ulothrix*), апланоспор (В – у *Chlorellal*, Г – у *Calthamnion*)

Половое размножение. Половое размножение водорослей очень разнообразно (рис. 5). Сущность полового процесса заключается в слиянии (копуляции) двух половых гаплоидных клеток (**гамет**), в результате чего образуется диплоидная зигота. Половой процесс обычно осуществляется в несколько этапов: вслед за слиянием цитоплазмы двух гамет (*плазмोगамией*) рано или поздно следует *кариогамия* – слияние ядер, происходящих из той и другой гаметы, и ассоциации их хромосом внутри ядра зиготы. У одноклеточных водорослей половое размножение, как правило, происходит довольно просто. Половое размножение многоклеточных водорослей обычно происходит со сменой двух поколений – спорофита и гаметофита.

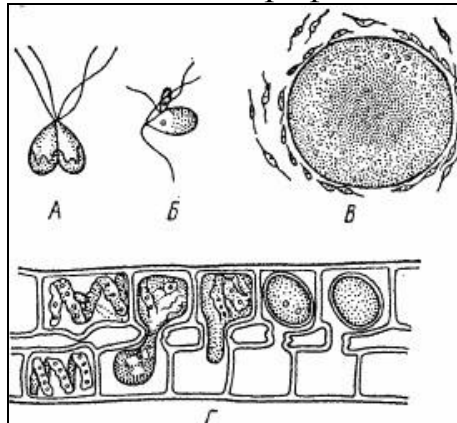


Рис. 5. Разные формы полового процесса у водорослей: А - изогамия у *Ulothrix*; Б — гетерогамия у *Codium*; В — оогамия у *Fucus*; Г — конъюгация у *Spirogyra*

Смена поколений. Два поколения, сменяющие друг друга в жизненном цикле, называется спорофитом и гаметофитом. **Спорофит** – диплоидный организм, образующий спорангии со спорами. При половом размножении споры образуются путем мейоза, то есть представляют собой гаплоидные клетки. Из спор вырастает **гаметофит**, все клетки которого гаплоидны. Гаметофит образует гаплоидные гаметы, которые осуществляют

оплодотворение. В ходе оплодотворения две гаплоидные гаметы сливаются с образованием диплоидной зиготы.

Изоморфный и гетероморфный жизненные циклы. Спорофит и гаметофит могут выглядеть одинаковыми, а могут отличаться. В тех случаях, когда спорофит и гаметофит морфологически одинаковые, а цитологически (по набору хромосом) отличаются, жизненный цикл называют **изоморфным**. Если спорофит и гаметофит сильно отличаются морфологически и цитологически, то жизненный цикл называют **гетероморфным**.

Типы полового процесса. При **изогамии** (примитивная форма полового процесса) сливаются подвижные гаметы, морфологически не различающиеся. Частным случаем изогамии можно считать встречающуюся у некоторых примитивных форм **хологамию (гологамию)**, при которой сливаются целые вегетативные особи.

При **анизогамии**, или **гетерогамии**, сливающиеся подвижные гаметы различаются размерами, формой и набором хромосом.

Оогамия заключается в слиянии крупной неподвижной, лишенной жгутиков **яйцеклетки** с мелким, снабженным жгутиками **сперматозоидом**, в результате которого образуется зигота. У красных водорослей яйцеклетки оплодотворяются мужскими клетками, лишенными жгутиков, - спермациями. Оогамия может встречаться и у простых – монадных и коккоидных – водорослей. Однако гораздо шире она распространена у водорослей м нитчатой и тканевой структурой таллома, у которых сперматозоиды и яйцеклетки, как правило, развиваются в специальных половых органах – **антеридиях** (мужских) и **оогониях** (женских), обычно резко отличающихся от вегетативных клеток. У некоторых водорослей встречается другой способ – **конъюгация**, когда происходит слияние содержимого протопластов вегетативных клеток, а половых клеток не образуется.

Экология водорослей. Водоросли освоили почти все доступные местообитания на нашей планете. Хотя большинство водорослей встречается в воде (соленой или пресной), немалое количество водорослей являются наземными. Различают следующие экологические группы водорослей.

1. **Планктон.** Водоросли, обитающие в толще воды, называются планктонными водорослями (совокупность преимущественно микроскопических, пассивно плавающих в толще воды растительных (фитопланктон) и животных (зоопланктон) организмов) (рис. 6). Морской фитопланктон состоит в основном из диатомовых и динофитовых водорослей, пресноводный – большей частью из зеленых водорослей. В основном это одноклеточные организмы, имеющие специальные приспособления для регулирования своей плавучести. Хотя они незаметны без увеличительной техники, их биомасса на планете столь велика, что сравнима с живой биомассой всех сухопутных растений. Массовое развитие планктонных водорослей вызывает «цветение воды», когда из-за обилия находящихся в воде микроскопических водорослей воды окрашивается в определенный цвет.

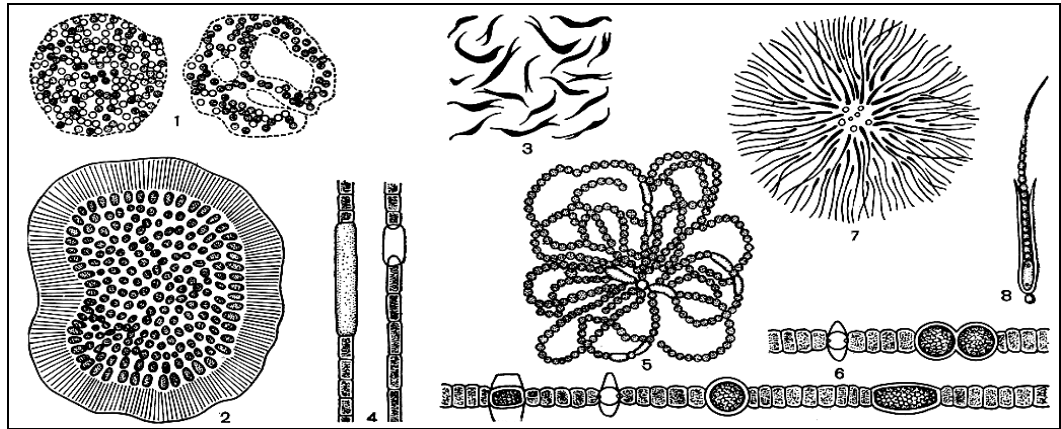


Рис. 6. Планктонные сине-зеленые водоросли с газовыми вакуолями в клетках, вызывающие «цветение» воды: 1 - две колонии *Microcystis aeruginosa*, образованные бесструктурной слизью; 2 - колония *Woronichinia naegeliana* с штриховатой наружной слизью; 3, 4 – *Arhanizomenon flos-aquae* (3 - чешуйки из нитей в натуральную величину, 4 - участки нитей при большом увеличении); 5 - собранные в клубочек нити *Anabaena lemmermannii*; 6 - плавающие отдельные нити *Anabaena scheremetievii*; 7, 8 - колония и отдельная нить *Gloeotrichia echinulata* при разных увеличениях. Газовые вакуоли под микроскопом кажутся черными

2. **Бентос.** Бентосные водоросли обитают в прикрепленном состоянии на дне водоемов (совокупность всех водорослей, обитающих на дне водоема или обрастающие различные подводные предметы, а также плавающие на поверхности воды в виде скоплений) (рис. 7). Различные бентосные водоросли обитают на поверхности грунта дна водоема, покрывают различные подводные конструкции (т.н. «обрастатели»), обитают на других растениях и животных либо паразитируют на них. Особую группу бентосных водорослей представляют **сверлящие** водоросли, проделывающие ходы в твердом грунте и предметах. Именно оторвавшиеся от грунта бентосные водоросли выбрасываются волнами в огромных количествах на побережья морей и океанов. Из крупных бентосных водорослей, в морях преобладают бурые и красные водоросли, а в пресных водоемах – зеленые водоросли.

3. **Нейстон.** Нейстонные водоросли обитают на поверхности воды. По сравнению с планктоном и бентосом, нейстон довольно беден видами водорослей (совокупность мелких организмов, обитающих у поверхности пленки воды: сверху – эпинеuston, снизу – гипонейстон) (рис. 8).

4. **Перифитон** – совокупность организмов, в том числе и водорослей, прикрепляющихся к стеблям и листьям высших водных растений. Среди перифитонных водорослей чаще всего встречаются представители диатомовых и зеленых водорослей.

5. **Наземные** (аэрофильные) водоросли (в основном зеленые и диатомовые водоросли) можно встретить в сырых местах: в основании стволов деревьев, на сырой поверхности зданий, на мокрых камнях и в подобных местах.

6. **Почвенные** (эдафофильные) водоросли также очень широко распространены. Почва представляет собой особый тип местообитаний, отличающийся от наземной среды, поскольку между частицами почвы часто и

надолго задерживается влага. Водоросли преобладают в верхнем слое почвы, в которой проникает свет; здесь можно встретить различных представителей зеленых, желто-зеленых и диатомовых водорослей, а также цианобактерии (рис. 9).

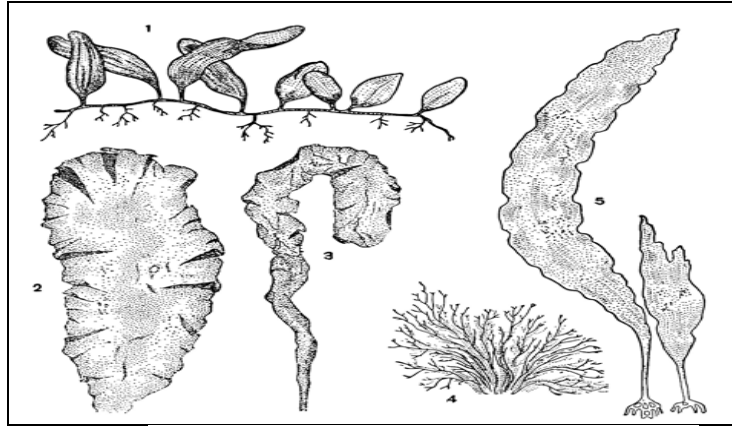


Рис. 7. Различные морские донные водоросли:
1 – *Caulerpa*; 2 – *Ulva*; 3 – *Enteromorpha*; 4 – *Amphelcia*; 5 – *Laminaria*

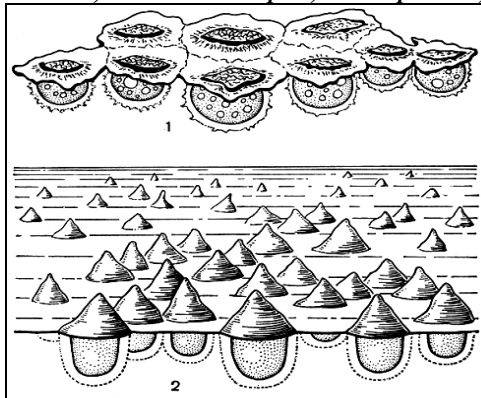


Рис. 8. Водоросли нейстона: 1 - чешуйка *Kremastochrysis* из нескольких «парашютов» с висящими под ними клетками, плавающая на поверхности воды; 2 - конические «парашюты» *Kremastochloris* на поверхности воды с подвешенными к ним клетками

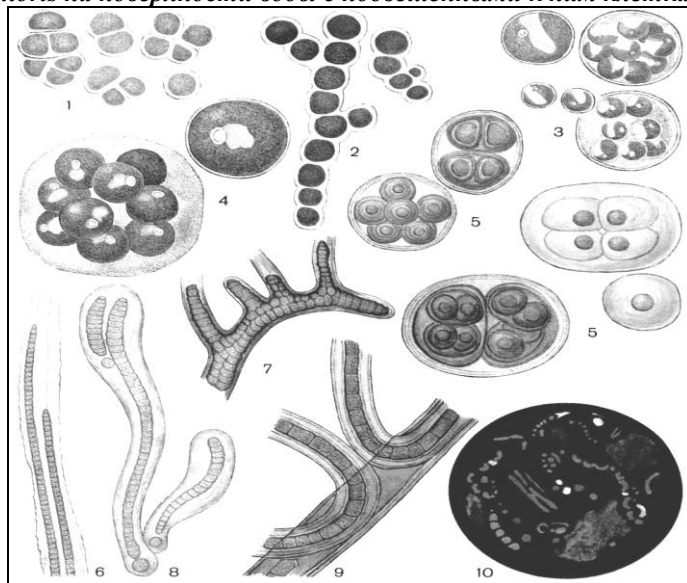


Рис. 9. Наземные (1-9) и почвенные (10) водоросли: 1 - отдельная клетка и группы клеток *Pleurococcus vulgaris*; 2 - простые и ветвящиеся нити *Trentepohlia piceana* с оранжевым маслом в клетках; 3 - отдельная клетка и размножение *Chlorella vulgaris*; 4 - группа молодых клеток и взрослая клетка *Chlorococcum humicola*; 5 - колонии *Gloeocapsa* с различной окраской слизистых оболочек; 6 - участок таллома *Schizothrix friesii* с двумя трихомами в общем слизистом чехле; 7 - часть нити *Stigonema minutum*; 8 - нити *Tolypothrix elenkinii*; 9 - часть нити *Scytonema mirabile*; 10 - общий вид пробы почвы в люминесцентном микроскопе

7. Особую группу составляют **термофильные** водоросли – водоросли горячих источников (рис. 10). Есть виды, выдерживающие температуру воды до 90 градусов. Среди термофильных организмов много цианобактерий, но есть представители и других групп.

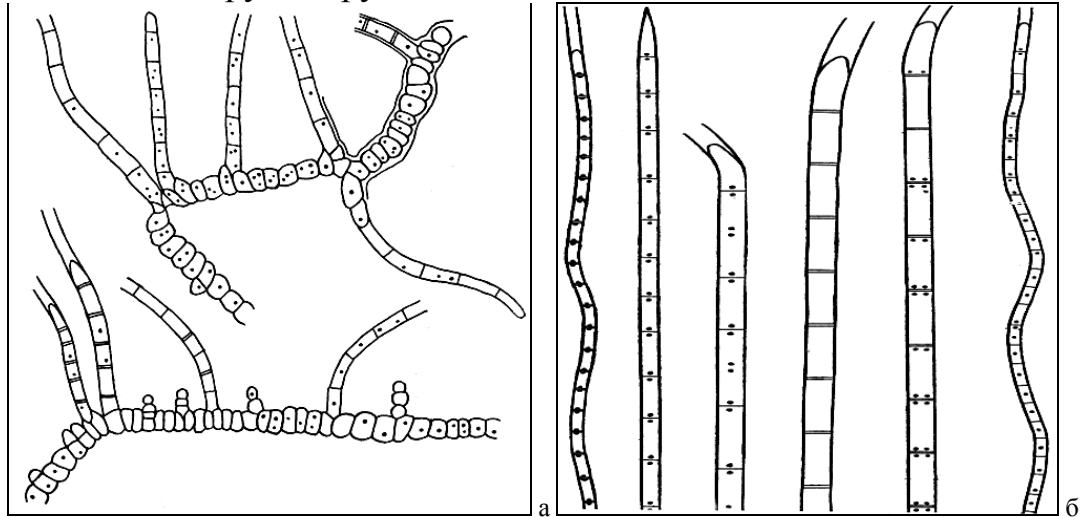


Рис. 10. Сине-зеленые водоросли горячих источников: а - *Mastigocladus laminosus*, нити типичного строения), б - *Phormidium laminosum*, нити разнообразного строения и размеров)

8. Некоторые водоросли являются **криофильными** организмами, то есть обитают в условиях низких температур: в снегу, на поверхности тающего льда (рис. 11). Здесь встречаются некоторые зеленые, диатомовые и динофитовые водоросли, а также цианобактерии.

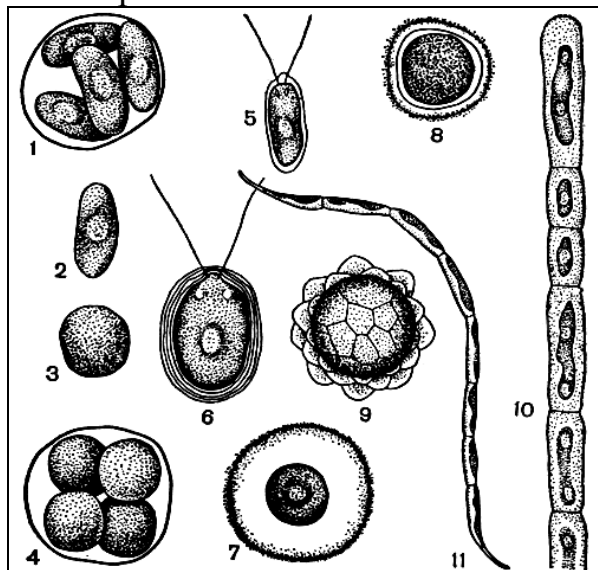


Рис. 11. Водоросли, вызывающие «цветение» снега: 1-9 - *Chlamydomonas nivalis*, вызывающая красную окраску снега; 10 - *Rhaphidometta nivale*, вызывающая зеленую окраску снега; 11 - *Ancyloseta nordenskiöldii*, вызывающая коричневую окраску снега и льда

9. Особую группу составляют **гипергалинные** водоросли, то есть обитающие в сильно засоленных местах (рис. 12). Такие условия создаются в бессточных внутриконтинентальных водоемах.

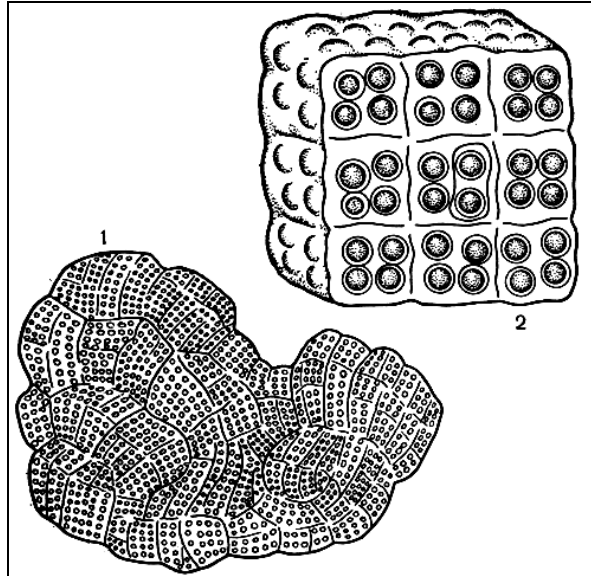


Рис. 12. Сине-зеленая водоросль соленых водоемов - *Chlorogloea sarcinoides*: 1 - общий вид колонии при небольшом увеличении; 2 - участок колонии с характерным расположением клеток

Значение водорослей. Значение водорослей очень велико.

1. **Полезные водоросли.** Некоторые виды используются человеком в пищу— морская капуста *Laminaria*, порфира *Porphyra* и другие. Из многих водорослей получают ценные химические вещества – например, соединения йода и агар-агар из красных водорослей, альгулозу из бурых. Многие одноклеточные зеленые водоросли способны к активному гетеротрофному питанию. Поглощая из воды органические вещества, они участвуют в биологической очистке сточных вод. В этих целях особенно эффективно используются хламидомонада *Chlamydomonas* и хлорелла *Chlorella*. В сушеном виде водоросли используются при приготовлении кормов для животных и как удобрение для сельскохозяйственных культур. Считается, что хлорелла может найти применение для регенерации воздуха в замкнутых помещениях, используется она и как один из модельных объектов в научных исследованиях. Древние диатомовые и динофитовые водоросли с оболочкой, пропитанной минеральными веществами, хорошо сохраняются в древних осадочных породах, и широко используются в качестве руководящих ископаемых (для датировки слоев отложений). Имея большую биомассу, водоросли играют важную роль в циркуляции химических элементов на земле. Они вырабатывают более половины кислорода, синтезируемого растениями на

нашей планете, участвовали в образовании залежей известняков, мела, диатомита и других полезных ископаемых.

2. Вредные водоросли. Отрицательное значение водорослей в основном ограничивается их обрастанием и сверлящейся активностью. Основной вред приносят морские водоросли, поселяющиеся на различных подводных конструкциях и постепенно разрушающие их. Неблагоприятным явлением во многих случаях является и цветение воды. Иногда при цветении водорослей в воду выделяются ядовитые для животных вещества, вызывающие замор рыбы и отравление людей при употреблении этой воды. Крупные морские водоросли, выбрасываемые волнами на берег, загрязняют пляжи и мешают купанию людей.

Раздел 3. МЕТОДЫ СБОРА И ИЗУЧЕНИЯ ВОДРОСЛЕЙ

Водоросли можно собирать с ранней весны до поздней осени, а наземные – на местах, не покрытых снегом, в течение всего года.

Для их сбора необходимо брать банки с широким горлом и хорошо пригнанными пробками, сумками для них, нож, острый скребок, планктонную сетку, пузырек с 40 %-ным формалином, коробки или полиэтиленовые мешки для сбора наземных водорослей, песчаную бумагу для этикеток, блокнот для записей, карандаш.

Методы сбора и изучения водорослей определяются как эколого-морфологическим своеобразием представителей различных отделов и экологических группировок, так и разнообразием целей и подходов в их изучении. Ограничимся рассмотрением методов сбора и изучения водорослей континентальных водоемов для целей флористико-систематических и частично гидробиологических исследований.

Сбор фитопланктона. Выбор метода отбора проб фитопланктона зависит от типа водоема, степени развития водорослей, задач исследования, имеющихся в наличии приборов, оборудования и т.п. С целью изучения видового состава фитопланктона при интенсивном развитии последнего воду достаточно зачерпнуть из водоема, а при слабом применяются различные методы предварительного концентрирования микроорганизмов, обитающих в толще воды. Одним из таких методов является фильтрование воды через планктонные сети (рис. 13 а, б, в).

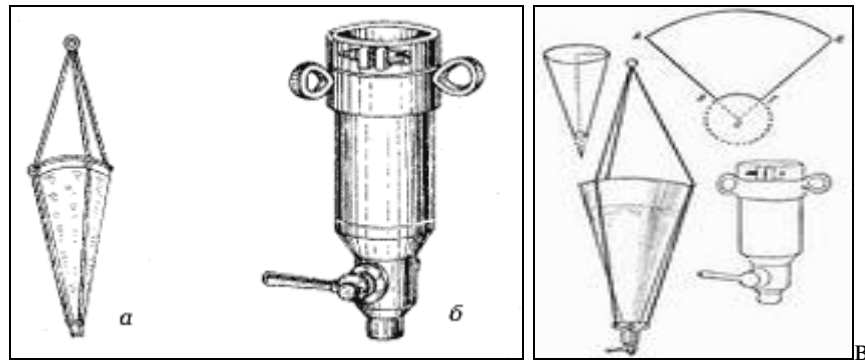


Рис. 13 а, б, в. Планктонные сети

При сборе планктона поверхностных слоев водоема планктонную сеть опускают в воду так, чтобы верхнее отверстие сети находилось на расстоянии 5-10 см над поверхностью воды. Сосудом определенного объема черпают воду из поверхностного слоя (до 15-20 см глубины) и выливают ее в сеть, отфильтровывая таким образом 50-100 л воды. На крупных водоемах планктонные пробы отбирают с лодки: планктонную сеть тянут на тонкой веревке за движущейся лодкой в течение 5-10 мин. Для вертикальных сборов планктона применяют сети особой конструкции. На небольших водоемах планктонные пробы можно собирать с берега, осторожно черпая воду сосудом впереди себя и фильтруя ее через сеть или забрасывая сеть на тонкой веревке в воду и осторожно вытягивая ее. Такой способ дает возможность собирать и нейстонные водоросли (эпинейстон, гипонейстон). Закончив сбор планктона, сеть прополаскивают, опуская ее несколько раз в воду до верхнего кольца, чтобы отмыть водоросли, задержавшиеся на внутренней поверхности сети. Сконцентрированную таким образом пробу планктона, находящуюся в стаканчике планктонной сети, сливают через выводную трубку в заранее приготовленную чистую банку или бутылку. Перед началом и после окончания сбора пробы сеть необходимо хорошо прополоскать, а затем, закончив работу, высушить и зачехлить. Сетяные пробы планктона можно изучать в живом и фиксированном состоянии.

Для количественного учета фитопланктона производится отбор проб определенного объема. Для этих целей могут использоваться и сетяные сборы при условии обязательного учета количества отфильтрованной через сеть воды и объема собранной пробы. Однако обычно объем проб для количественного учета фитопланктона производится специальными приборами – батометрами – разнообразной конструкции (рис. 14 а, б). Широкое применение в практике получил батометр системы Рутнера.

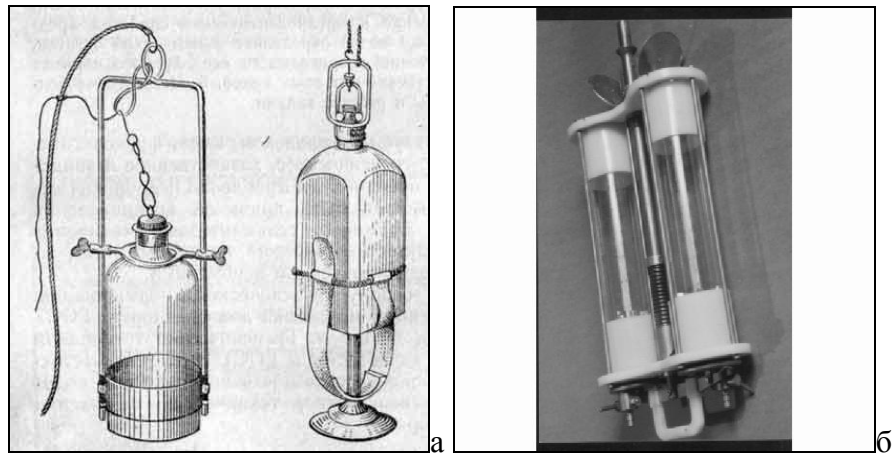


Рис. 14 а, б. Общий вид батометра

Его основная часть – цилиндр, изготовленный из металла или оргстекла, вместимостью от 1 до 5 л. Прибор снабжен верхней и нижней крышками, плотно закрывающими цилиндр. Под воду батометр опускают с открытыми крышками. При достижении требуемой глубины в результате сильного встряхивания веревки крышки закрывают отверстия цилиндра, который в закрытом виде извлекают на поверхность. Заключенную в цилиндре воду через боковой патрубок, снабженный краном, сливают в подготовленный сосуд. При изучении фитопланктона поверхностных слоев воды пробы отбирают без помощи батометра, непосредственным зачерпыванием воды в сосуд определенного объема. В водоемах с бедным фитопланктоном желательно отбирать пробы объемом не менее 1 л параллельно с сетяными сборами, позволяющими улавливать малочисленные, сравнительно крупные объекты. В водоемах с богатым фитопланктоном объем количественной пробы можно уменьшить до 0,5 и даже до 0,25 л (например, при «цветении» воды).

Стушение количественных проб фитопланктона можно проводить двумя методами, дающими примерно одинаковые результаты, - осадочным и фильтрационным.

Сбор фитобентоса. Для изучения видового состава фитобентоса на поверхности водоема достаточно извлечь некоторое количество донного грунта и отложений на нем. На мелководьях (до 0,5-1,0 м глубины) это достигается с помощью опущенной на дно пробирки или сифона – резинового шланга со стеклянными трубками на концах, в который насасывают наилок. На глубинах качественные пробы отбирают с помощью ведерка или стакана, прикрепленного к палке, а также различными грабельками, «кошками», драгами, дночерпателями, илососами и т.п.

Для отбора количественный проб фитобентоса используют микробентометр Владимировой (рис. 15), который особенно удобен в работе на глубинах до 2,0-2,5 м. Более совершенная модель микробентометра, позволяющая отбирать пробы с любых глубин, предложена В.С. Травянко и Л.В. Евдокимовой.

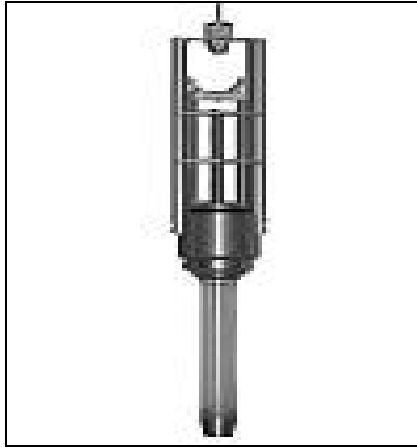


Рис. 15. Общий вид микробентометра

Сбор перифитона. Для изучения видового состава перифитона налет на поверхности разнообразных подводных объектов (галка, щебень, камни, стебли и листья высших водных растений, раковины моллюсков, деревянные и бетонированные части гидротехнических сооружений и др.) снимают с помощью обычного ножа или специальных скребков. Однако при этом гибнут многие интересные организмы; часть их уносится токами воды, разрушаются органы прикрепления водорослей к субстрату, нарушается картина взаимного размещения компонентов биоценоза. Поэтому водоросли лучше собирать вместе с субстратом, который полностью или частично осторожно извлекают на поверхность воды так, чтобы течение не смыло с него водоросли. Извлеченный субстрат (целиком или его фрагмент) вместе с водорослями помещают в приготовленный для пробы сосуд и заливают лишь небольшим количеством воды из этого же водоема с целью дальнейшего изучения собранного материала в живом состоянии либо 4 %-ным раствором формальдегида.

Наземные, или воздушные (аэрофильные), водоросли собирают по возможности вместе с субстратом в специальные бумажные пакеты или в стеклянные сосуды с 4 %-ным раствором формальдегида.

Методы фиксации, гербаризации водорослей, изготовления микропрепаратов. Для изучения водорослей в живом и фиксированном состоянии собранный материал делят на две части. Живой материал помещают в специальные стерильные стеклянные сосуды (пробирки, колбы, банки и т.д.) закрытые ватно-марлевыми пробками, не заполняя их доверху. Для предохранения водорослей от вредного воздействия колебаний температурного режима и от перегрева пробы упаковывают во влажную оберточную бумагу и помещают в ящики или ручной холодильник (или в стационарный холодильник). Следует периодически пробы распаковывать и помещать на рассеянный дневной свет для поддержания фотосинтеза и обогащения кислородом. В дальнейшем сохраненные таким способом водоросли могут быть использованы для получения лабораторных культур.

Материал для фиксации помещают в чисто вымытую и высушенную специализированную стеклянную или пластиковую посуду, заполненную фиксатором. Водные пробы в экспедиционных условиях обычно фиксируют формалином, который хорошо сохраняет форму клетки, но может исказить ее содержимое. Для фиксации следует использовать 4%-ный раствор формалина: к водной пробе объемом 90 мл добавляют 10 мл 40%-ного формалина (приблизительно 20 капель на 0 мл пробы либо 200 капель на 100 мл) и хорошо взбалтывают. Для сохранения зеленой окраски в пробе, зафиксированной формалином, в банку добавляют немного крепкого раствора медного купороса до появления голубой окраски жидкости. Окраска водорослей лучше всего сохраняется, если материал хранить в темноте или в темных (коричневых) стеклянных банках. Для фиксации проб можно также использовать раствор йода с йодистым калием: 10 г йодистого калия растворяют в 100 мл воды, добавляют 3 г кристаллического йода и 100 мл воды, встряхивают до полного растворения кристаллов и хранят в темной банке в течение нескольких месяцев. Кроме указанных фиксаторов можно использовать раствор Люголя: 1 г кристаллического йода, 2 г йодистого калия и 300 мл дистиллированной воды, сначала приготавливают раствор йодистого калия в воде и затем в него вносят навеску йода.

Для длительного хранения водорослей горлышко емкости с пробкой сверху оборачивают полиэтиленовой пленкой и плотно прижимают резиновым кольцом либо заматывают и завязывают лентой, ниткой или любым другим подручным материалом.

Герметически закупоренные фиксированные пробы можно хранить в темном прохладном месте в течение длительного времени (годами или даже десятилетиями).

Этикетирование и фиксация проб. Собранные пробы тщательно этикетируют. На этикетках, заполняемых простым карандашом, указывают номер пробы, время и место сбора, орудие сбора и фамилию коллектора. Эти же данные фиксируют и в полевом дневнике, в котором, кроме того, указывают данные замеров pH среды, температуры воды и воздуха, подробное описание исследуемого водоема с его схематическим рисунком, а также видовой состав развивающейся в нем высшей водной растительности.

Методы лабораторного изучения водорослей. Изучение водорослей в лабораторных условиях обязательно требует применения микроскопа и ведется с соблюдением обычных правил микроскопирования.

Сначала материал просматривают в живом состоянии. Для этого изготавливают капельно-жидкие препараты: на предметное стекло наносят каплю исследуемой жидкости и накрывают покровным стеклом. По мере подсыхания препарата приходится добавлять жидкость, помещая каплю рядом с покровным стеклом. Особое внимание обращают на те формы, которые при последующей фиксации могут деформироваться. При этом желательна тщательная зарисовка анализируемых объектов. Если есть измерительный

окуляр, следует обязательно измерять экземпляры водорослей, так как размерные характеристики важны для последующего определения.

При изучении некоторых водорослей-марофитов необходимо приговавливать срезы талломов, которые затем помещают в жидкость-фиксатор (воду, спирт, раствор Люголя, формалин, глицерин-желатин и т.д.), и рассматривают так же, как препараты микроскопических водорослей.

Схема анализа водорослей. 1. Размер водоросли (микро-, макроскопическая); 2. Организация таллома (одно-, многоклеточная, колониальная, неклеточная); 3. Структура таллома (монадная, коккоидная и т.д.); 4. Цвет таллома; 5. Форма и размеры клеток; 6. Строение оболочки (сплошная, с колпачком, двухстворчатая, скульптура створок, наличие шва и т.д.); 7. Форма, количество и положение хроматофора; 8. Количество ядер и их положение в клетке (боковое, центральное, в цитоплазменном мостике); 9. Наличие периноидов и их положение; 10. Способы бесполого и полового размножения; 11. Строение органов бесполого и полового размножения; 12. Места нахождения и обитания.

После детального анализа и определения водорослей временные этикетки заменяют постоянными, включая в них систематическое положение анализируемого объекта.

Раздел 4. ОТДЕЛ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ ЦИАНОБАКТЕРИИ – СYANOPHYTA (СYANOBACTERIA)

Сине-зеленые водоросли, представляют собой древнейшую уникальную в морфологическом и физиологическом отношении группу растительных талломных организмов. Многие свойства сине-зеленых водорослей (фиксация азота, прижизненные выделения органических веществ, особый тип фотосинтеза) определяют их чрезвычайно важную роль в почве и водоемах. В последнее время цианеи стали объектами исследований биохимиков и физиологов, гидро- и микробиологов, генетиков и растениеводов, а также специалистов по космической биологии.

Отдел включает одноклеточные, колониальные и многоклеточные (нитчатые) по организации, и коккоидные или нитчатые (трихальные) по структуре таллома, от микроскопических до видимых простым глазом. Колониальные формы существуют на протяжении всей жизни или на отдельных стадиях развития водоросли. Многоклеточные цианеи живут отдельными нитями или собраны в дернинки. Они имеют симметричные или асимметричные, простые или разветвленные трихомы (тела), интеркалярную или апикальную зоны роста. У ряда нитчатых цианей имеются специализированные клетки – гетероцисты с сильно утолщенными

бесцветными двухслойными оболочками. Они принимают участие в размножении и процессе фиксации азота.

Клетка одета сложной по строению и составу пектиновой оболочкой, часто ослизняющей, под которой располагается протопласт, как правило, лишенный вакуолей с клеточным соком. В клетке отсутствует обособленное ядро, хроматофоры, аппарат Гольджи, митохондрии, ЭПС. Цитоплазма делится на центральную часть – центроплазму (нуклеоплазма) и окрашенную периферическую – хроматоплазму. Строение центроплазмы – аналога ядра у сине-зеленых водорослей – близко к идентичным структурам бактериальных клеток и существенно отличается от строения клеток с оформленными ядрами.

В хроматоплазме расположены фотосинтезирующие ламеллярные структуры и пигменты: хлорофилл а, каротиноиды (неоксантин), билихромопротеиды (фикоцианин, аллофикоцианин - синий, фикоэритрин - красный). Благодаря уникальному и лабильному составу пигментов, цианеи способны к поглощению света различных длин волн.

Запасные вещества представлены гликогеном, волютином и цианофициновыми зернами. У многих сине-зеленых водорослей в цитоплазме имеются газовые вакуоли.

Размножаются цианеи вегетативно и бесполом путем, половой процесс отсутствует. Вегетативное размножение осуществляется делением клеток, колонии, фрагментацией нитей на отдельные участки таллома – гормогонии, способные прорасти в новые таллома, а также гонидиями, образующихся или внутри материнской клетки – эндоспор, или отшнуровывающихся от верхушки материнской клетки – экзоспор. Многие нитчатые цианеи образуют из одной, а иногда из двух и более соседствующих вегетативных клеток споры (акинеты), которые служат гладкой формой для перенесения неблагоприятных условий.

Подвижные жгутиковые формы и стадии развития не выявлены.

У многих нитчатых цианей вес клетки одинаковые – это гомоцитные талломы; у других нити состоят из вегетативных клеток и гетероцист, нередко наблюдаются и споры (акинеты) – это гетероцитные формы.

Сине-зеленые водоросли распространены в пресных и соленых водах, на поверхности почвы, скалах, в горячих источниках, входят в состав лишайников. Вместе с бактериями цианеи обогащают почву органикой и азотом, способствуют эвтрофированию водоемов, являются кормом для зоопланктона и рыб, могут быть использованы для получения ряда ценных веществ, продуцируемых ими в процессе жизнедеятельности (АК, витамин В12, пигменты и др.). В период массового размножения в водоемах, так называемого «цветения» воды, некоторые цианеи токсичны для водных животных. Отдельные виды могут быть использованы в пищу.

Сине-зеленые водоросли делят на 3 класса: Хроококковые (*Chroococcophyceae*), Хамесифоновые (*Chamaesiphonophyceae*) и Гормогониевые (*Hormogoniophyceae*). Классификация основана на особенностях строения таллома и размножения цианей.

Лабораторная работа № 1

Класс Хроококковые – Chroococcophyceae

Класс объединяет колониальные, реже одноклеточные водоросли. Колонии образуются в основном не разошедшимися после деления клетками, реже путем их слипания. Клетки в колонии располагаются преимущественно беспорядочно. Они не дифференцированы на основания и вершину. Размножаются вегетативным путем. Гетероцисты, а также эндо- и экзоспорами отсутствуют.

Порядок Хроококковые – Chroococcales

Объединяет широко распространенные одноклеточные и колониальные формы, не образующие слоевища, свободноплавающие или лежащие на субстрате. Отдельные представители ведут прикрепленный образ жизни.

Род *микроцистис* (*Microcystis*) (рис. 16) – это микроскопические, как правило, бесформенные комочки слизи, в которую погружены беспорядочно расположенные мелкие шаровидные клетки. У многих видов клетки под микроскопом кажутся почти черными из-за обилия в них газовых вакуолей, благодаря которым колонии всплывают на поверхность воды. Очертания слизи этой коккоидной колонии могут быть самыми разнообразными, причем, иногда в слизи возникают своеобразные ячейки, благодаря чему колонии становятся сетчатыми.

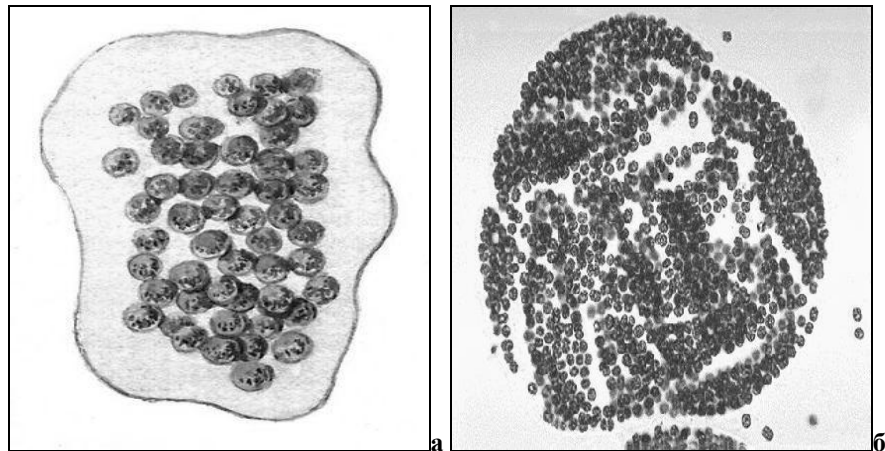


Рис. 16. Микроцистис (*Microcystis*):
а – общий вид колонии, б – колония в разрезе

Известно около 25 видов, распространенных в пресных и морских водоемах, а также в почве. Встречаются в водохранилищах, озерах и реках. Наиболее распространены *М. синевато-зеленый* (*M. aeruginosa*), *М. «цветения» воды* (*M. flos - aquae*) и *М. порошковидный* (*M. pulverea*). Некоторые виды токсичны.

Класс Хамесифоновые – Chamaesiphonophyceae

Класс объединяет одноклеточные и многоклеточные трихальные водоросли. Встречаются как в пресной, так и в морской воде. Способны вести

прикрепленный образ жизни, прикрепляясь ко дну водоемов основанием клеток.

Класс Гормогониевые – Hormogoniophyceae

Класс объединяет многоклеточные водоросли нитчатой или трихомной формы, у которых протопласты соседних клеток взаимосвязаны плазмодесмами. Трихомы голые или покрытые слизистыми влагалищами. Многим из них свойственны гетероцисты. Размножение происходит гормогониями (подвижные, затем вырастают в новые нити), реже акинетами.

Порядок Осцилляториевые – Oscillatoriales

Порядок объединяет нитчатые гомотитные формы. Трихомы не имеют гетероцист и почти всегда лишены спор, часто подвижны в вегетативном состоянии. К этому порядку относится большинство нитчатых сине-зеленых водорослей.

Род *осциллятория* (*Oscillatoria*) (рис. 17) включает виды, часто образующие сине-зеленые пленки, покрывающие влажную землю после дождя, подводные предметы и растения, затягивают илистое дно и поверхность воды стоячих водоемов.

Длинные нити осцилларии сложены из цилиндрических клеток, совершенно одинаковых, за исключением верхушечных, которые по форме могут несколько отличаться от остальных (гомотитный трихальный таллом). Рост происходит в результате поперечных делений клеток. Внутри клеток можно видеть зернистые включения – цианофициновые зерна, располагающиеся, как правило, вдоль поперечных перегородок. Нити обнаруживают своеобразное колебательное (осцилляторное) движение, сопровождающееся вращением нити вокруг собственной оси и ее поступательным движением. Размножение подвижными гормогониями, которые прорастают в новые нити.

В роде более 100 видов. Обитают в бентосе и планктоне преимущественно пресных водоемов, иногда вызывая их «цветение». Прикрепляются к подводным предметам. Живут в иле, на сыром песке или почве, а также встречаются в сточных водах. Наиболее распространены в планктоне прудов и озер: *О. озерная* (*O. limnetica*), *О. планктонная* (*O. planctonica*), *О. тонкая* (*O. tenuis*). На сваях, камнях, поверхности стоячих вод повсеместно встречается *О. стройная* (*O. formosa*).

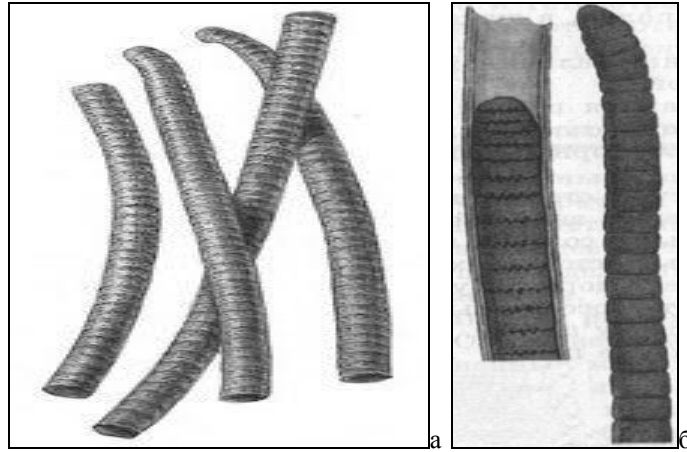


Рис. 17. Осциллятория (*Oscillatoria*):
а – общий вид гомоцитного трихального таллома, *б* – нить в разрезе

Порядок Ностоковые – *Nostocales*

Порядок объединяет гормогониевые водоросли с гетероцитными неразветвленными нитями или нитями с гетероцитными неразветвленными нитями или нитями с ложным ветвлением (за счет прорыва трихома в сторону), часто с акинетами. Трихомы бывают как с влагалищами, так и без них.

Род *анабена* (*Anabaena*) (рис. 18) представлен одиночными или собранными в неправильные скопления трихомами. Трихомы симметричны, состоят из округлых или бочонкообразных вегетативных клеток с промежуточными гетероцистами, преимущественно свободноплавающие, прямые или изогнутые. Виды анабены встречаются как в планктоне, так и в бентосе. Размножение осуществляется гормогониями, на которые нити распадаются, как правило, по гетероцистам. Гормогонии растут только за счет поперечных делений клеток. Кроме того, вегетативные клетки за счет сильного разрастания превращаются в акинеты. Акинеты значительно крупнее вегетативных клеток и выделяются своей яркой сине-зеленой окраской на почти черном от газовых вакуолей фоне остальных клеток. Содержимое акинет обычно зернистое, что в большинстве случаев обусловлено накоплением цианофициновых зерен. У ряда видов доказана способность к фиксации атмосферного азота.

Известно около 100 видов. Встречается в планктоне пресных вод, некоторые в солонвоатых водах и на влажной почве. Наиболее распространены *А. Гассалья* (*A. hassalii*), *А. Шереметьевой* (*A. scheremetievii*), *А. изменчивая* (*A. variabilis*), *А. спиралевидная* (*A. spiroides*), *А. «цветения» воды* (*A. flos - aquae*) и др. Представители рода анабена обитают в полостях листьев водного папоротника *азолла* (*Azolla*).

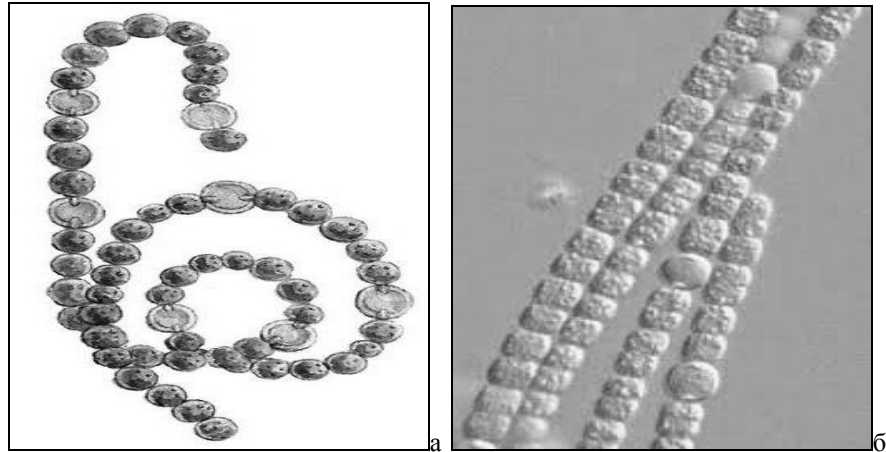


Рис. 18. Анабена (*Anabaena*):
a – общий вид гетероцитного трихального таллома, *б* – нить в разреза

Род носток (*Nostoc*) (рис. 19) характеризуется сложными слизистыми или студенистыми колониями разных размеров (от микроскопически мелких до крупных, достигающих размера сливы) и формы, часто сферической. В слизи находятся сложно переплетенные нити, похожие на нити анабены. Размножается посредством гормогониев. Они становятся подвижными и покидают материнскую колонию, слизь которой к этому времени расплывается. После некоторого периода движения гормогонии останавливаются, теряют газовые вакуоли (у бентосных видов) и прорастают в спирально извитые нити. Затем в результате многократных делений клеток гормогония продольными или косыми перегородками формируется зигзагообразная нить, свойственная ностокам. Эти нити покрываются обильной слизью и таким образом возникает молодая колония.

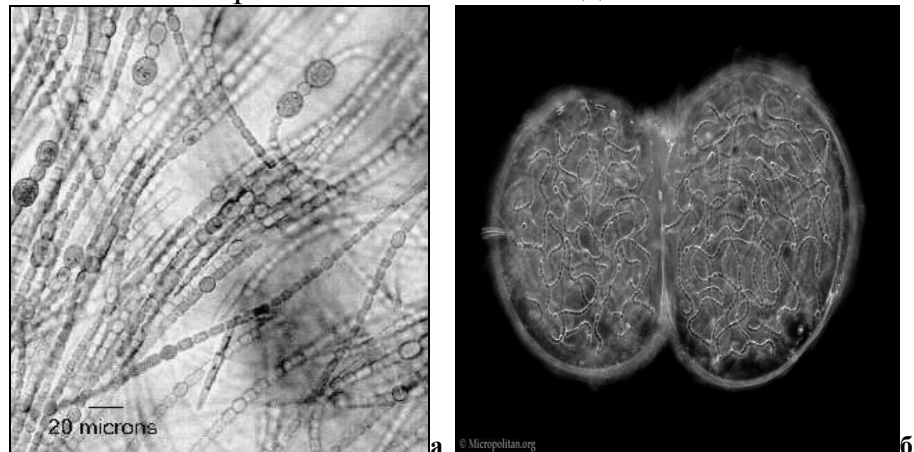


Рис. 19. Носток (*Nostoc*):
a – общий вид гетероцитного трихального таллома, *б* – колония в разрезе

Наблюдается и спорообразование, при котором многие вегетативные клетки превращаются в акинеты, обычно мало отличающиеся по форме и размерам от вегетативных клеток.

Виды ностока (около 50 видов) широко распространены в водоемах и на почве. Некоторые виды являются съедобными. Типичный представитель рода

– *N. сливовидный* (*N. pruniforme*). Ностоки способны фиксировать атмосферный азот.

Род *глеотрихия* (*Gleotrichia*) (рис. 20) включает виды, у которых нити соединяются общей слизью в шаровидные или полушаровидные колонии. Бичевидные нити внутри слизи располагаются радиально, имеют расширенные, несущие гетероцисты и акинеты концы, обращенные внутрь колонии. Размножается посредством гормогониев.

Известно 15 видов. Встречаются преимущественно в стоячих пресных водоемах; вначале прикреплены к субстрату, затем плавают свободно; из них только два вида – планктонные организмы. Широко распространены *G. плавающая* (*G. natans*) и *G. гороховидная* (*G. pisum*).

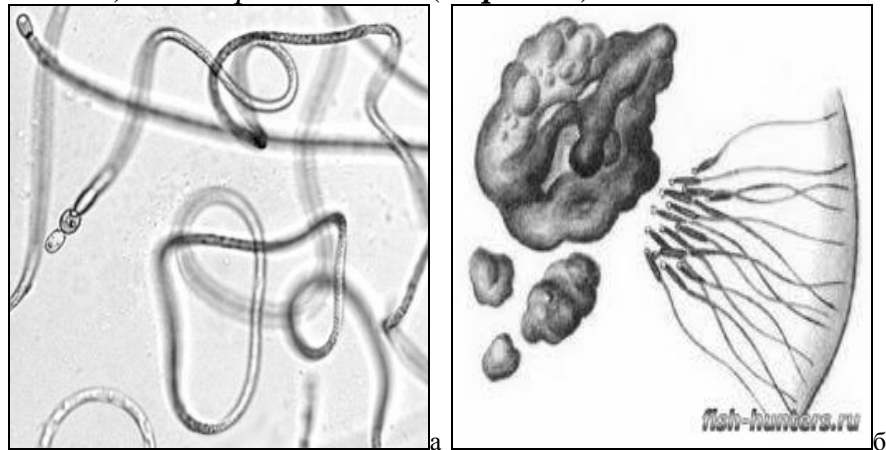


Рис. 20. Глеотрихия (*Gleotrichia*):

а – общий вид гетероцитного трихального таллома, б – колония в разрезе

Род *ривулярия* (*Rivularia*) (рис. 21) талломы студенистые. Нити асимметричные, окружены общей слизью и расходятся из центра по радиусам. К центру колонии обращены расширенные концы с базальной гетероцистой, к периферии – волоски. Размножается посредством гормогониев: при этом волоски сбрасываются и в образовании гормогония участвуют нижерасположенные клетки, за исключением нескольких базальных.

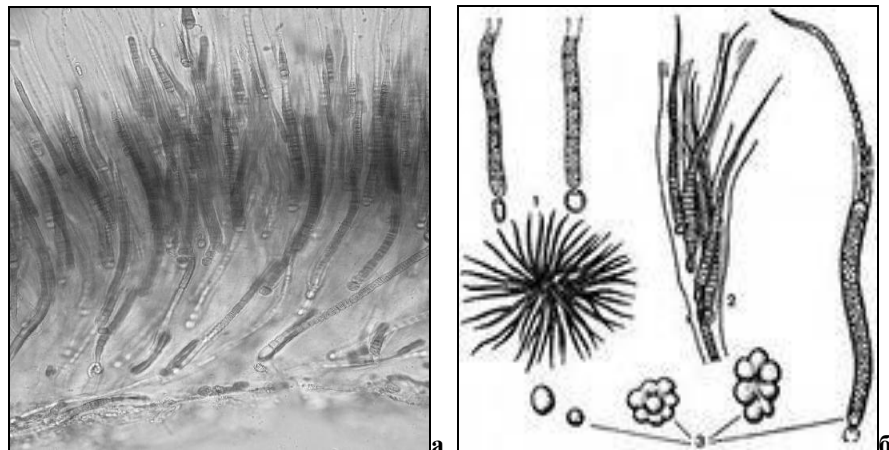


Рис. 21. Ривулярия (Rivularia):

а – колония в разрезе, б – общий вид гетероцитного трихального таллома

Гормогонии прямые или симметричные. Они отделяются от основания нити в результате отмирания промежуточной клетки и после некоторого периода движения останавливаются, прорастая в асимметричные нити. При этом на одном конце их клетка превращается в базальную гетероцисту, а на противоположном конце клетки вытягиваются в волосок. У ривулярии споры отсутствуют.

Задания

1. Рассмотреть и зарисовать общий вид колонии микроцистиса, несколько отдельных клеток с газовыми вакуолями.

2. Нанести на предметное стекло каплю из склянки с осцилляторией и рассмотреть под микроскопом сначала при малом, затем при большом увеличении. Отметить цилиндрическую форму вегетативных клеток, закругленную форму верхушечных клеток, тонкую пектиновую оболочку, сильно окрашенный периферический слой цитоплазмы - хроматоплазму и более светлую центроплазму, зерна цианофидина.

3. Рассмотреть и зарисовать нить анабены. Отметить вегетативные клетки с газовыми вакуолями, гетероцисты и акинеты.

4. Отделить препаровальными иглами кусочек слизи из периферической части колонии ностока, поместить его в каплю воды на предметное стекло и рассмотреть под микроскопом. Зарисовать общий вид части колонии при малом увеличении и отдельную нить – при большом. Отметить вегетативные клетки и гетероцисты.

5. Рассмотреть и зарисовать колонию ривулярии. Затем разрушить колонию, взять кусочек слизи, содержащей нити ривулярии, и рассмотреть под микроскопом. Отметить, что гетероциста лежит в основании нити. Клетки, составляющие нить, по мере удаления от гетероцисты становятся тоньше и на вершине переходят в волосок.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается строение клетки сине-зеленых водорослей от строения клетки других растений?

2. Какие тип организации, структуры таллома и размножения известны у цианей?

3. Какие пигменты и запасные вещества отмечены в клетках сине-зеленых водорослей?

4. Каково значение сине-зеленых водорослей в природе и в жизни человека?

Раздел 5. ОТДЕЛ ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ – CHLOROPHYTA

Отдел Зеленые водоросли во многом занимает центральное положение в системе водорослей. Они представляют собой обширную группу водорослей, включающую около 20 тысяч видов.

Зеленые водоросли включают одноклеточные, колониальные, ценобиальные и многоклеточные организмы зеленого цвета разной морфологической структуры таллома (монадная, пальмелловидная, коккоидная, трихальная, гетеротрихальная, сифоновая, сифонокладальная). Очень многие зеленые водоросли являются типичными микрофитами, т.е.обладают микроскопическими размерами (около нескольких микрон), но имеются и достаточно крупные формы. Например, обитающая у берегов Мексики морская сифоновая водоросль *кодиум большой (Codium magnum)* имеет таллом, который при ширине 25 см может достигать в длину более 8 м.

Представители отдела содержат хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды α - и β -каротины, лютеин, неоксантин, виолаксантин, зеаксантин, антраксантин. Хлоропласты окружены оболочкой из двух мембран, «хлоропластная эндоплазматическая сеть» отсутствует. Ламеллы состоят из 2-6 или многих слившихся тилакоидов, образующих грани, периферические тилакоиды отсутствуют. Пиреноид, погруженный в строму хлоропласта, пронизан тилакоидами. Запасной полисахарид крахмал откладывается внутри хлоропласта – вокруг пиреноида и в строме. Жгутики в числе двух, четырех, реже многих одинаковой длины (изоконтные) и одинакового строения (изоморфные), гладкие или покрытые тонкими мастигонемами, у некоторых видов – чешуйками.

Клетка обычно покрыта жесткой оболочкой. В большинстве случаев она целлюлозная, но часто имеет другой состав, например пептидогликановый. Хлоропласты могут иметь самую разную форму. У очень многих представителей хлоропласт один. Чаще хлоропласт располагается по периферии клетки, но у некоторых занимает центральное положение. Встречаются также и клетки со многими мелкими хлоропластами.

Размножение осуществляется вегетативным (деление отдельных клеток, фрагментация таллома), бесполом (с помощью зооспор или апланоспор) и половым (хологамия, изогамия, гетерогамия, оогамия, конъюгация) путем. Имеются все возможные циклы развития (гаплонты, диплонты, изо- и гетероморфная смена поколений).

Представители отдела распространены повсеместно. Преимущественно они встречаются в пресной воде, но есть немало и морских видов, а также видов, обитающих вне воды: в почве, на стволах деревьев, скалах, на поверхности снега и других местообитаниях. Многие зеленые водоросли

вступают в симбиотические отношения с другими организмами – грибами (лишайники), различными растениями и животными (в качестве эпифитов).

Зеленые водоросли нашли применение в фармакологии для получения антибиотических препаратов, биологически активных веществ.

До недавнего времени классификация строилась исключительно на внешних особенностях. В этой системе отдел традиционно делили на три класса: собственно зеленые водоросли, конъюгаты или сцеплянки – половой процесс представлен конъюгацией. Харовые водоросли – сложная морфологическая дифференциация гетеротрихального таллома и многоклеточные половые органы. В последней четверти 20 века была разработана принципиально новая система отдела зеленые водоросли, основанная на строении жгутикового аппарата (взаимного расположения жгутиков) и особенностях ядерного и клеточного деления (митоз и цитокинез). Существует также классификация, основанная на различиях в особенностях процесса метаболизма.

Лабораторная работа № 2

Класс Собственно зеленые – *Euchlorophyceae*

Класс представлен формами, имеющими разные типы организации (одноклеточные, многоклеточные, колониальные, неклеточные) и структуры таллома (монадная, пальмелловидная, коккоидная, трихальная и гетеротрихальная). К этому классу относится преобладающее число видов зеленых водорослей, характеризующихся бесполом размножением при помощи зооспор с двумя-четырьмя жгутиками одинаковой длины.

Порядок Вольвоксовые – *Volvocales*

Сюда относятся монадные, т.е. снабженные жгутиками, одноклеточные, колониальные и ценобиальные зеленые водоросли, подвижные в течение вегетативной жизни. У многих видов имеется бесполое (с помощью зооспор) и половое размножение. У большинства видов одноклеточных вольвоксовых половой процесс изогамный. Гаметы образуются внутри материнской клетки так же, как и зооспоры, но в большем количестве и соответственно меньших размеров. У некоторых одноклеточных вольвоксовых наблюдается гетерогамия и даже оогамия.

Типичным представителем является одноклеточная водоросль из рода *хламидомонада* (*Chlamydomonas*) (рис. 22), многочисленные виды которой обитают в лужах, канавах и других мелких пресных водоемах. При их массовом развитии вода нередко принимает зеленую окраску. Сферическая или эллипсоидальная клетка, одетая оболочкой, плотно прилегающая к

протопласту или несколько отстающей от него в задней части, несет на своем переднем конце два жгутика, с помощью которых она плавает в воде.

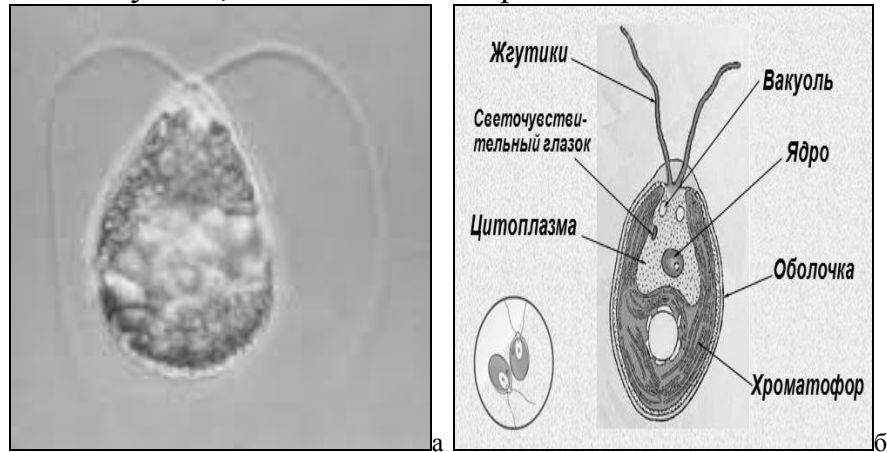


Рис. 22. Хламидомонада (*Chlamydomonas*):
а - общий вид монадного таллома; б – таллом в разрезе

Протопласт содержит одно ядро, обычно чашевидный хроматофор, в который погружены пиреноид, светочувствительный глазок (стигма) и сократительные вакуоли, находящиеся в передней части клетки.

При подсыхании водоема хламидомонада легко переходит в так называемое пальмелловидное состояние: при этом клетки теряют жгутики, стенка их ослизняется, и в таком неподвижном состоянии клетки размножаются. Стенки дочерних клеток также ослизняются, и таким образом, получается система вложенных друг в друга слизистых обверток, в которых группами расположены неподвижные клетки. При этом клетки сохраняют свои пульсирующие вакуоли и глазки. При перенесении в воду клетки снова вырабатывают жгутики и возвращаются к монадному состоянию. Однако легкость перехода из пальмелловидного состояния в монадное у разных видов неодинакова. Есть виды хламидомонады, у которых большая часть жизни проходит в пальмелловидном состоянии.

В благоприятных условиях хламидомонада и остальные одноклеточные роды интенсивно размножаются бесполом путем. Обычно клетка при этом останавливается, и протопласт, несколько отстав от стенки, последовательно делится продольно на 2, 4 или 8 частей. Эти дочерние клетки вырабатывают жгутики и выходят наружу после ослизнения стенок материнской клетки в виде зооспор, одетых оболочкой и отличающихся от материнской клетки только меньшими размерами. После непродолжительного роста они сами приступают к такому же размножению.

У многих видов хламидомонады наблюдается гетероталлизм, т.е. половой процесс возможен только при смешении «+» и «-» гамет и начинается с образования групп – агрегации (скопления) гамет противоположного знаков. Если гаметы одного знака движутся беспорядочно, равномерно заполняя все поле зрения, то при добавлении в такую каплю гамет противоположного знака в поле зрения появляются отдельные скопления гамет – группы. В группах

гаметы сначала склеиваются попарно жгутиками, после чего активируется автолитическая система клеток, растворяющая стенки гамет (гаметы вольвоксовых в отличие от голых гамет большинства водорослей имеют стенку). Только гаметы, освободившиеся от своих клеточных стенок, сливаются, образуя зиготу.

Некоторые вещества, ингибирующие автолиз клеточных стенок гамет хламидомонады, подавляют и образование зигот, так как половой процесс не происходит.

Известно 500-600 видов хламидомонад. Широко распространены *X. Акимовой* (*Ch. akimovii*), *X. плотная* (*Ch. conferta*), *X. Дебару* (*Ch. debaryana*), *X. неподвижная* (*Ch. immobilis*) и др. Они являются хорошими санитарами и обеспечивают биологическое самоочищение воды.

Род гониум (*Gonium*) (рис. 23) объединяет виды, ценобии которых имеют форму пластинок, состоящих из 4-32 двухжгутиковых клеток, расположенных в один слой и соединенных слизью.

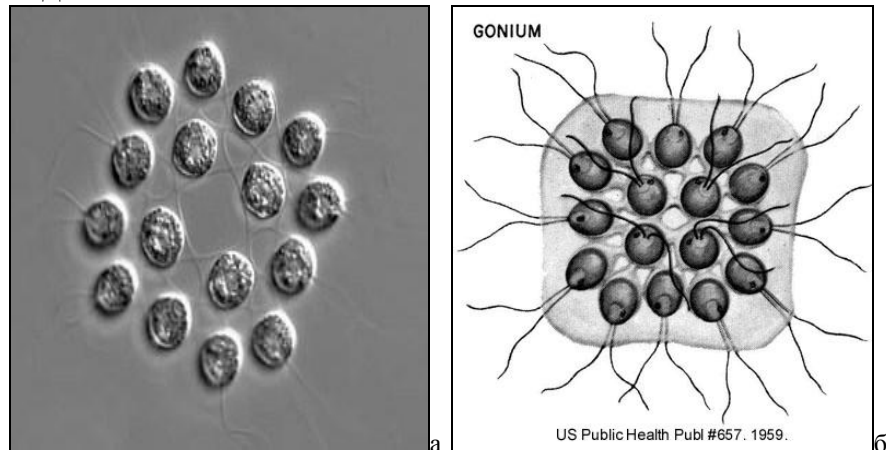


Рис. 23. Гониум (*Gonium*):
а - общий вид гониума, б - таллом в разрезе

У наиболее распространенного вида *G. pectorale* клетки соединяются друг с другом углами, образуя в общей слизистой оболочке однослойной 16-, реже 8-4-клеточный пакетик. Их жгутики направлены в одну сторону. Размножение бесполое – делением протопласта на 4-16 частей. После формирования оболочки, жгутиков и слизи зооспоры образуют новый ценобий внутри материнской клетки, откуда выходят в воду. Половой процесс изогамный. Известно 7 видов. Встречается в реках, озерах и мелких водоемах.

Род эвдорина (*Eudorina*) (рис. 24) образует слизистые эллипсоидальные ценобии, по периферии которых под плотным слоем слизи расположены 16-64 (реже 2-8) клетки, а центр занят менее плотной слизью. Клетки ориентированы таким образом, что их передние концы со жгутиками направлены к периферии ценобия, что имеет важное значение для движения эвдорины. Размножение бесполое – делением протопласта на 32 зооспоры, половое – оогамное. У

двудомных организмов антеридии и оогонии формируются в разных ценобиях. При неблагоприятных условиях переходят в пальмелловидное состояние.

Известно 9 видов эвдорин, распространенных в небольших стоячих водоемах, где летом часто вызывают «цветение» воды.

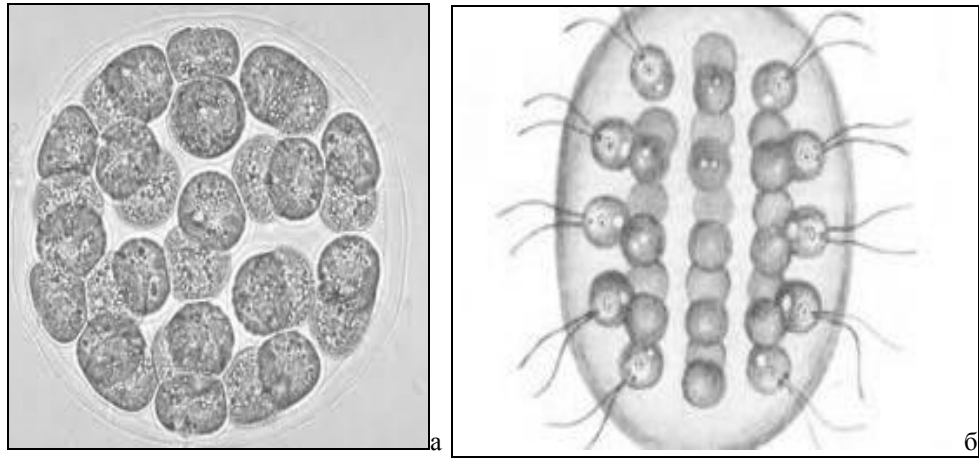


Рис. 24. Эвдорина (Eudorina):
а - общий вид эвдорины, б – таллом в разрезе

У рода пандорина (*Pandorina*) (рис. 25) ценобии микроскопически мелкие, образованы клетками хламидомонадного типа, эллипсоидальные или шаровидные, состоящие из 16-32 двухжгутиковых клеток, расположенных по периферии. Клетки лежат в слизи очень тесно, давят друг на друга, вследствие чего имеют яйце-, конусовидную или многогранную форму. Общая полость очень мала. Размножение бесполое (путем последовательного деления протопластов всех клеток ценобия на 16-32 дочерних) и половое – гетерогамия. Ценобии двудомные.

Известно 2 наиболее распространенных вида: *П. ежевикový* (*P. morum*) встречается в различных водоемах часто вызывает «цветение» воды, *П. харьковская* (*P. charkoviensis*) отмечена в почве.

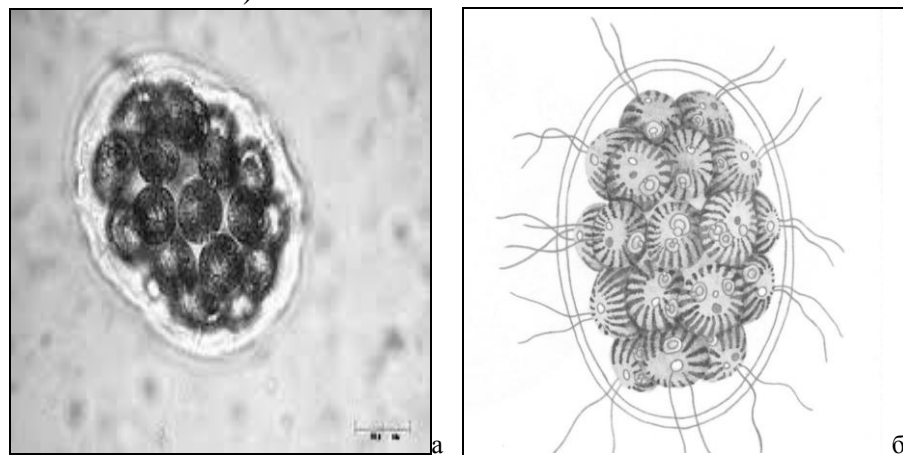


Рис. 25. Пандорина (Pandorina):
а - общий вид пандорины, б – таллом в разрезе

Род вольвокс (*Volvox*) (рис. 26) включает наиболее высокоорганизованных представителей класса. Их ценобии имеют вид

слизистых, подвижных, диаметром 1-2 мм шариков, в периферическом слое которых расположено 500 – 50 000 хламидомонадоподобных клеток, сросшихся своими боковыми стенками друг с другом и соединенных одна с другой плазмодесмами.

В отличие от колониальных вольвоксовых, где все клетки одинаковы и в равной мере способны к размножению, у вольвокса наблюдается дифференцировка или специализация клеток на вегетативные, не способные к размножению, и репродуктивные. Последних немного, и они расположены в задней (по движению) части ценобия. Около десятка из них – клетки бесполого размножения (партеногонидии), которые в результате многократных делений образуют дочерний ценобий внутри материнского.

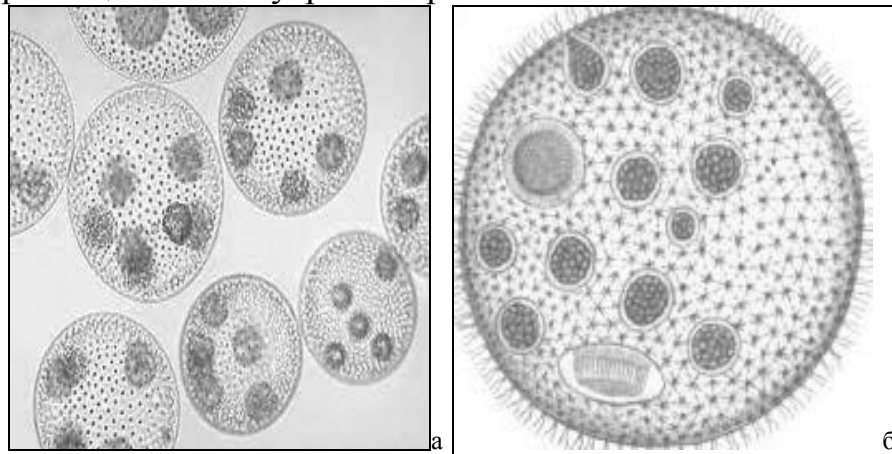


Рис. 26. Вольвокс (*Volvox*):
а - общий вид колонии вольвокса, б – таллом в разрезе

Половой процесс у вольвокса оогамный. Оогонии и антеридии формируются из репродуктивных клеток. В грушевидных, с темно-зеленым содержимым оогониях возникает одна яйцеклетка. В антеридиях образуется 32-64 вытянутых двухжгутиковых сперматозоида, сложенных в виде пакетика (пластинки). После оплодотворения формируется ооспора, с многослойной шиповатой снаружи оболочкой. После периода покоя ооспора прорастает в молодую особь. Вольвоксы чаще бывают одно-, реже двудомными.

Известно 17 видов. *V. шаровидный* (*V. globator*) и *V. золотистый* (*V. aureus*) распространены в прудах, старицах, мелководных озерах. Массовое развитие вызывает «цветение» воды.

Задания

1. Рассмотреть и зарисовать строение клетки хламидомонады. Отметить пектиновую оболочку, две пульсирующие вакуоли вблизи переднего конца тела, красный глазок (стигму) рядом с вакуолью, чашевидный хроматофор, пиреноид, ядро, два равных жгутика. Чтобы рассмотреть последние, надо окрасить препарат 2 %-ным раствором метиленовой сини или раствором Люголя. Для этого раствор по каплям наносят на предметное стекло с одного

края покровного стекла, а с противоположного края оттягивают воду полоской фильтровальной бумаги.

2. Рассмотреть и зарисовать ценобии вольвокса, гониума, эвдорины и пандорины. Отметить у вольвокса вегетативные клетки, составляющие колонию, плазмодесмы, репродуктивные клетки (располагаются в задней части ценобия, более крупные, чем вегетативные клетки), оогонии и антеридии, дочерние особи. Обратить внимание на количество клеток и их расположение в каждой ценобии.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризовать строение клетки вольвоксовых, роль всех ее структурных компонентов.
2. Каково строение и размножение ценобиальных форм вольвоксовых?
3. Опишите строение и жизненный цикл вольвокса.
4. Каково происхождение вольвоксовых и каковы направления их эволюции?
5. Каково значение вольвоксовых в природе и жизни человека?

Лабораторная работа № 3

Порядок Хлорококковые – *Chlorococcales*

Этот порядок объединяет одноклеточные, колониальные коккоидные организмы, неподвижные в вегетативном состоянии. Они имеют микроскопические размеры, и лишь водяная сеточка достигает 1 м.

Клетка большинства хлорококковых имеет тоже строение, что и у вольвоксовых. В цитоплазме, заполняющей всю полость клетки, располагаются перитетальный, часто чашевидный хроматофор с пиреноидом, одно ядро, жгутики, стигма и сократительные вакуоли отсутствуют. У сравнительно немногих представителей порядка клетка содержит крупную центральную вакуоль, а цитоплазма с хроматофором и многочисленными ядрами занимает постенное положение.

Бесполое размножение осуществляется посредством зооспор или апланоспор (автоспор). У ценобиальных форм зооспоры и автоспоры обычно еще внутри оболочки материнской клетки слагаются в дочерние ценобии, которые, как и у вольвоксовых, растут только за счет увеличения размеров клетки, а число клеток остается постоянным.

Половой процесс представлен изо-, гетеро- и оогамией. В зависимости от способа бесполого размножения (зооспорами или апланоспорами) хлорококковые нередко делят на две большие группы: хлорококковые зооспоровые и хлорококковые апланоспоровые. В порядке более 20 семейств.

Род *хлорелла* (*Chlorella*) (рис. 27) широко распространен в пресных водах, на сырой земле, коре деревьев и т.д. Шаровидные клетки одеты гладкой

оболочкой, содержат обычно чашевидный хроматофор, одно ядро. При бесполом размножении содержимое клетки распадается на четыре или более частей - автоспор, которые еще внутри оболочки материнской клетки одеваются собственной оболочкой. Освобождаются автоспоры после разрыва стенки материнской клетки.

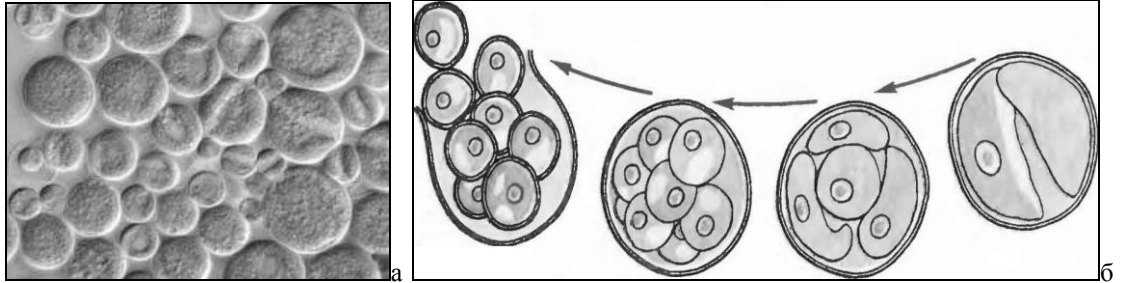


Рис. 27. Хлорелла (*Chlorella*):
а - общий вид хлореллы, б - бесполое размножение

Наружный трехслойный компонент клеточной стенки, образованный двумя электронно-плотными зонами, заключенными электронно-прозрачную центральную зону, содержит спороллелин – чрезвычайно устойчивое к действию различных ферментов вещество, встречающееся в пыльцевых зернах и спорах высших растений. Внутренний более толстый компонент содержит целлюлозные микрофибриллы. При автоспорообразовании компоненты стенки развиваются следующим образом. Кнаружи от цитоплазматических мембран (плазмолемм) автоспор, заключенных еще в оболочку материнской клетки, появляется первый предшественник клеточной стенки в виде мелких трехслойных изогнутых дисков. Эти диски увеличиваются в числе и размерах, пока краями сольются, образуя вокруг автоспоры сплошной трехслойный наружный компонент, в котором откладывается спороллелин. Как только сформировался сплошной трехслойный наружный компонент стенки автоспор, начинается растворение внутренней микрофибриллярной части стенки материнской клетки, и между образовавшимся трехслойным чехлом и цитоплазматической мембраной автоспоры откладывается микрофибриллярный компонент стенки автоспор.

Стенка материнской клетки, от которой остается только тонкий наружный спороллелиновый компонент, очень стойкий по отношению к химическим, но не механическим воздействиям, разрывается, и автоспоры освобождаются.

Практическое значение хлореллы чрезвычайно велико. Она используется для очистки сточных вод на сахарных и других заводах, для регенерации воздуха в замкнутых биологических системах (например, в космических кораблях). Белки хлореллы содержат все незаменимые аминокислоты. Широко распространены *Х. обыкновенная* (*Ch. vulgaris*), *Х. почвенная* (*Ch. terricola*), *Х. эллипсоидная* (*Ch. ellipsoidea*).

Род хлорококк (*Chlorococcum*) (рис. 28) включает представителей с шаро- или эллипсоидными клетками, с гладкой, у отдельных видов слоистой, оболочкой. Отличительным признаком их является наличие глубоководно-чашевидного, толстого, постенного, с одним крупным пиреноидом хроматофора. Ядро одно, в старых клетках их несколько. Внешне виды данного рода сходны с хлореллой, но первые крупнее и размножаются двухжгутиковыми зооспорами, изредка апланоспорами.

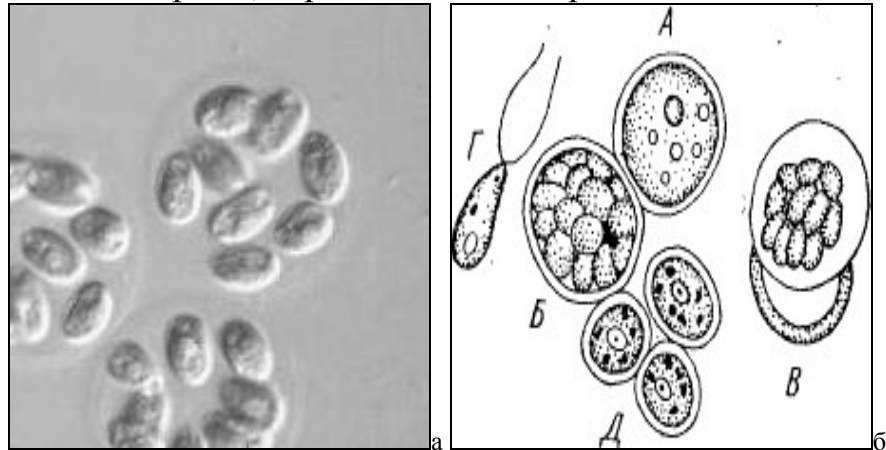


Рис. 28. Хлорококк (*Chlorococcum*):
а - общий вид таллома, б - таллом в разрезе

Распространены в тех же биотопах, что и хлорелла. Известно более 40 видов. Наиболее часто встречаются *Х. наземный* (*Ch. humicolum*), *Х. кочковатый* (*Ch. grumosum*), *Х. инфузионный* (*Ch. infusionum*).

Род гидродикцион, или водяная сеточка (*Hydrodictyon*) (рис. 29), интересен тем, что его ценобий имеет вид сетчатого мешка, размеры которого могут достигать в длину до 1 м (чаще 15-20 см), а в ширину – 10-15 см. В состав ценобия входит несколько тысяч клеток. Клетки ценобия крупные, длиной до 1-1,5 см, цилиндрической формы, одеты целлюлозными оболочками. Он соединяются между собой (по 3-4) концами таким образом, что образуют 4-6-угольные пустотные ячейки и внешне напоминают рыболовную сеть.

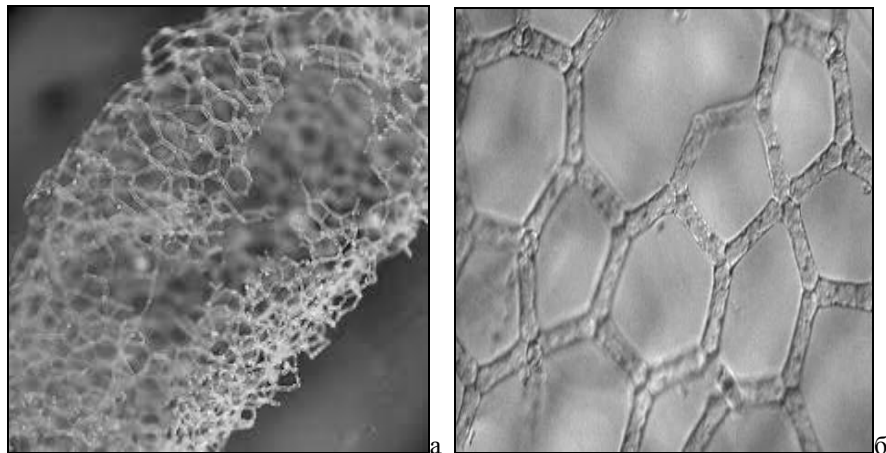


Рис. 29. Гидродикцион (*Hydrodictyon*):
а - общий вид таллома, *б* – таллом в разрезе

Протопласт их содержит сетчатый хроматофор с многочисленными пиреноидами и до 20 000–30 000 ядер. Центральная часть клетки занимает крупная вакуоль.

При бесполом размножении в любой из клеток ценобия образуется до 20 000 зооспор, внутри которой они теряют жгутики и складываются в новую сеточку. Освобождение дочернего ценобия происходит после ослизнения оболочки материнской клетки. В дальнейшем ценобий растет за счет увеличения размеров клеток.

Половой процесс изогамный. В клетках развиваются мелкие двухжгутиковые гаметы (до 30 000), которые выходят в воду и, попарно копулируя, образуют зиготу. После периода покоя зигота прорастает 2–4-гаплоидными зооспорами. Каждая зооспора превращается в многоугольную звездообразную пластинку – полиэдр. Он увеличивается в размерах, становится многоядерным и распадается на двухжгутиковые зооспоры, которые внутри полиэдра слагают водяную сеточку.

Обитает гидродикцион в реках, прудах, ямах, богатых азотистыми соединениями. Известно 5 видов. В нашей стране встречается 1 вид – *Г. сеточный* (*H. reticulatum*).

У рода *педиаструм* (*Pediastrum*) (рис. 30 а, б) ценобии плоские, пластинчатые, округлой или звездчатой формы, состоят из 4–128 клеток, которые плотно прилегают друг к другу или образуют межклетники в виде отверстий в ценобии.

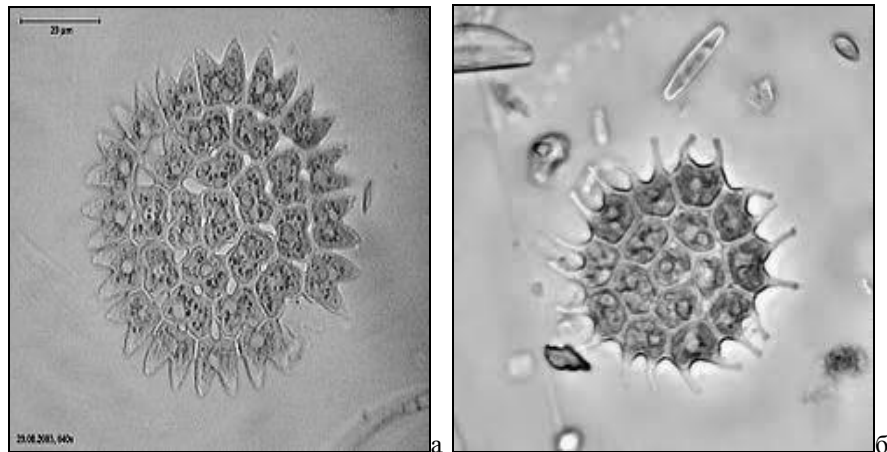


Рис. 30 а, б. Общий вид педиаструма (*Pediastrum*)

Клетки одноядерные (старые многоядерные), периферийные, в отличие от внутренних, сильно выемчатые, с 1–4 лопастями и выростами. Оболочки клеток гладкие, бородчатые, морщинистые, складчатые. Хроматофор пристенный с одним пиреноидом.

Размножение бесполое – двухжгутиковыми зооспорами. Они выходят из клеток в слизистом пузыре и, еще находясь в нем, складываются в дочерний ценобий. Половой процесс и развитие зиготы сходны с половым процессом водяной сеточки и включает стадию полиэдра. Известны стадии покоя – акинеты.

Наиболее известны *П. угловатый* (*P. angulosum*), *П. паутиновидный* (*P. araneosum*), *П. двухлучевой* (*P. biradiatum*), *П. простой* (*P. simplex*). Встречается в планктоне озер, водохранилищ, рек, на влажных скалах.

У рода *сценедесмус* (*Scenedesmus*) (рис. 31 а, б) ценобии имеют вид плоских, прямых или изогнутых пластинок из 4–8 (реже 2–32) продолговатых или округлых клеток, соединенных боками в простые или двойные ряды. Оболочки гладкие или с бородавками, ребрами, шипами или сосочками, часто на концах клеток с длинными шипами рогами. Хлоропласт пластинчатый, с боковым пиреноидом и центральным ядром. Размножается автоспорами, которые внутри материнской клетки слагаются в дочерний ценобий.

Сценедесмус широко распространен в планктоне, часто встречается в прибрежной зоне среди нитчаток, мхов и др. Известно более 200 видов. Часто встречаются *С. четырехрогий* (*S. quadricauda*), *С. остроконечный* (*S. acuminatus*), *С. мелкозубчатый* (*S. denticulatus*) и др.

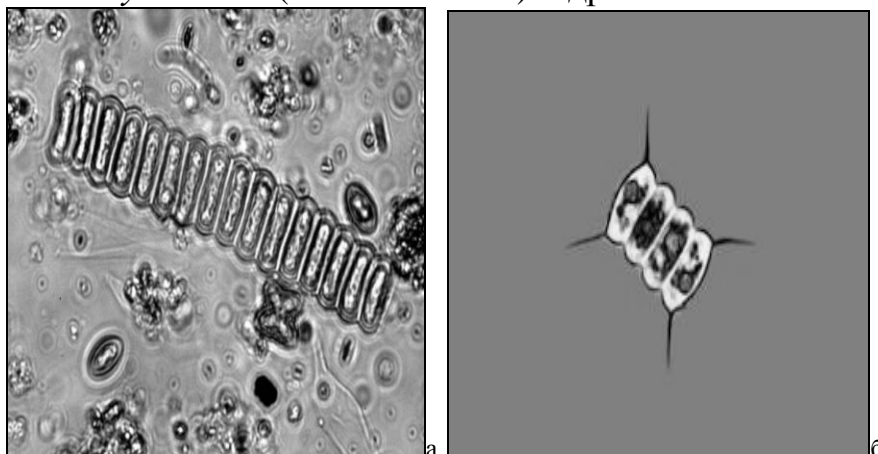


Рис. 31 а, б. Общий вид сценедесмуса (*Scenedesmus*)

Задания

1. Приготовить препараты хлореллы и хлорококка и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать отдельную клетку. Отметить оболочку, ядро, чашевидный хроматофор с пиреноидом, цитоплазму.
2. Рассмотреть и зарисовать форму клеток гидродикциона, характер их сочленения при образовании ячеек сеточки. Отметить оболочку клетки, сетчатый хроматофор с большим количеством пиреноидов, многоядерность, постенное расположение цитоплазмы. Найти и зарисовать часть молодой (дочерней) сеточки.

3. Рассмотреть и зарисовать общий вид ценобия педиаструма и сценедесмуса. Обратит внимание на форму клеток, характер сочленения их друг с другом, отсутствие в некоторых клетках педиаструма внутреннего содержимого (пустые клетки) после выхода из них зооспор.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризовать строение клетки хлорококковых.
2. Какие типы размножения характерны для хлорококковых?
3. Каково различие между зоо- и апланоспорами? Какие из них являются более совершенными и почему?
4. Каковы общие черты в образовании колонии у хлорококковых и вольвоксовых?
5. Дать характеристику цикла развития водяной сеточки.
6. Каково теоретическое и практическое значение хлорококковых водорослей?

Лабораторная работа № 4

Порядок Улотриковые – Ulothrichales

Порядок объединяет зеленые водоросли, имеющие таллом в виде неразветвленной нити, сложенной из одноядерных клеток. Реже таллом пластинчатый или трубчатый, но в онтогенезе развивается из нитчатого. Клетки таллома похожи друг на друга по строению и функции, за исключением базальной, которая образует прикрепляющийся к субстрату ризоид. Все клетки кроме базальной способны делиться и участвовать в росте растения, а также формировать репродуктивные клетки (споры и гаметы).

Представителем может служить род *улотрикс* (*Ulothrix*) (рис. 32 а, б) с наиболее известным видом *U. zonata*. Под Москвой эта водоросль встречается сравнительно редко в быстро текущих ручьях. Севернее, в прибойной полосе больших озер часто образует ватообразные обрастания на камнях.

Нить состоит из одного ряда клеток, одетых толстой оболочкой, под которой находится постенная цитоплазма, содержащая пластинчатый хроматофор, опоясывающий клетку изнутри в виде незамкнутого кольца. В хроматофоре несколько пиреноидов, в цитоплазме одно ядро, центральная клетка занята вакуолью. Все клетки нити одинаковые, за исключением базальной, которая вытягивается в короткий ризоид и служит для прикрепления нити к субстрату. Все клетки, за исключением базальной, способны делиться, обуславливая непрерывное нарастание таллома, а также образовывать репродуктивные клетки.

При бесполом размножении во всех зеленых клетках развивается от 2 до 16 (32) четырехжгутиковых зооспор. Обычно этот процесс начинается в апикальной (конечной) клетки и продвигается к основанию нити. Зооспоры, заключенные в слизистой обертке, освобождаются через отверстие в

клеточной стенке. Зооспоры несколько различаются по форме (от эллипсоидальных до шаровидных), содержат парietальный (пристенный) хлоропласт, не заходящий в переднюю часть зооспоры, имеют заметный глазок и 1–7 пиреноидов. От переднего конца зооспоры отходят четыре жгутика. После периода движения (имеет место «+» фототаксис) зооспора останавливается, сбрасывая один за другим жгутики, прикрепляется боком к субстрату и прорастает в нить.

При половом размножении в клетках возникают двухжгутиковые гаметы в числе (4) 8 – 32 (64). Гаметы выходят из клетки, заключенные в слизистый пузырь, в котором они двигаются, пока не освободятся. Половой процесс изогамный. У *U. zonatus* наблюдается гетероталлизм, т.е. копулируют гаметы из разных нитей, отличающихся в половом отношении («+» и «-»).

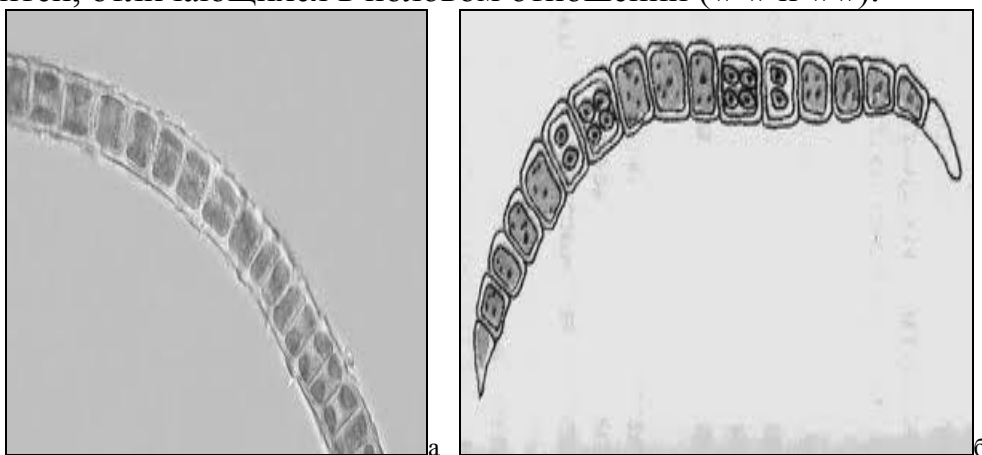


Рис. 32 а, б. Трихальный таллом улотрикса (*Ulothrix*) в разрезе

В результате копуляции образуется сначала подвижная четырехжгутиковая зигота (планозигота), обнаруживающая «-» фототаксис. После некоторого периода движения она прикрепляется к субстрату и округляется, втягивая один за другим жгутики. При определенных условиях зигота прорастает в одноклеточный спорофит. Сначала она формирует трубковидный вырост, в который переходит ее содержимое. Этот вырост позднее вздувается, образуя на вершине грушевидные или дубинкообразные спорофиты, содержимое которых при созревании распадается на 4–16 четырехжгутиковых зооспор. Они выходят через отверстие, образующееся в результате ослизнения части стенки спорофита, заключенные еще в слизистую обертку, быстро исчезающую. Зооспоры оседают на субстрат и прорастают так же, как зооспоры, возникающие при бесполом размножении нитей улотрикса. В менее благоприятных условиях улотрикс размножается вегетативно посредством фрагментации нитей.

Известно около 30 видов улотрикса. Чаще других распространен *У. опоясанный* (*U. zonata*), *У. уточненный* (*U. tenuissima*), *У. изменчивый* (*U. variabilis*) и др.

Род *ульва* (*Ulva*) (рис. 33) представляет собой двухслойное слоевище в виде широкой пластинки ярко-зеленой окраски. На начальных стадиях развития ульвы образуется однорядная нить, которая переходит в трубчатую стадию. Таллом достигает крупных размеров, имеет гофрированные края и прикрепляется к субстрату суженным в короткий черешок основанием («подошвой»). Клетки одноядерные, с постенным хроматофором. Вегетативное размножение осуществляется отделившимися участками таллома. Бесполое размножение осуществляется при помощи зооспор, как правило четырехжгутиковых, которые образуются путем последовательного деления протопласта любой клетки на 4–8 частей. Половое размножение при помощи двухжгутиковых гамет. У разных видов рода наблюдается изо- или гетерогамия.

Зооспоры и гаметы никогда формируются на разных экземплярах. Одни растения бесполое и несут только органы бесполого размножения – в их клетках развиваются только зооспоры. Другие растения половые, продуцируют гаметы. Зигота прорастает в диплоидный спорофит, у которого любая клетка может функционировать как зооспорангий. Перед образованием зооспор происходит редукционное деление ядра. Из гаплоидных зооспор развиваются гаплоидные гаметофиты.

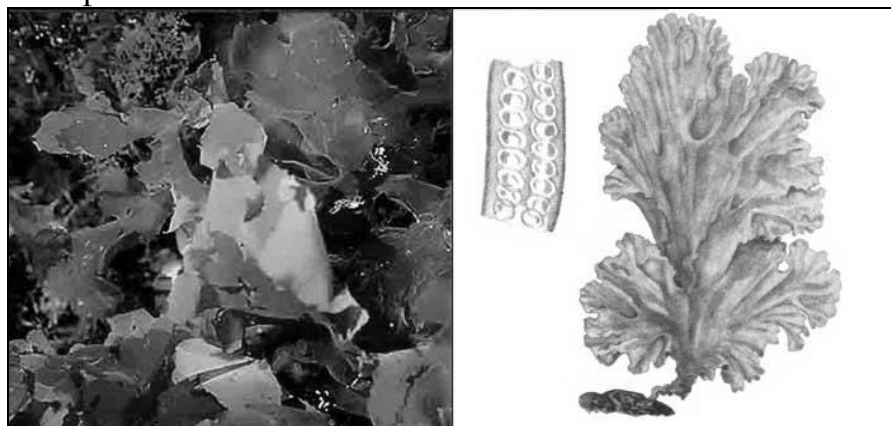


Рис. 33. Общий вид пластинчатого таллома ульвы (*Ulva*)

У ульвы наблюдается правильное чередование генераций, или поколений: диплоидного спорофита и гаплоидного гаметофита. Оба поколения отличаются только цитологически (одно содержит $2n$ хромосом, другое – n) и по органам размножения, которые на них развиваются. Внешне (морфологически) оба поколения друг от друга неотличимы. Такая смена поколений получила название изоморфной.

Род представлен небольшим количеством видов, из которых широко распространены *У. жесткая* (*U. rigida*) и *У. латук* (*U. lactuca*). В ряде стран некоторые виды ульвы употребляют в пищу («морской салат»).

Род *энтероморфа* (*Enteromorpha*) (рис. 34) характеризуется трубчатым строением таллома. Стенки трубки однослойная, таллом полый, простой или ветвящийся, вначале прикрепленный, позднее часто свободно плавающий.

На ранних стадиях таллом имеет вид двухслойной пластинки, как и у ульвы, но в дальнейшем слои расходятся, сохраняя связь по краям, в результате чего между ними образуется полость.

Род характеризуется изоморфной сменой генераций. При прорастании зооспор и зигот энтероморфа как и все ульвовые, проходит стадию однорядной нити, которая позднее преобразуется в трубчатое слоевище.

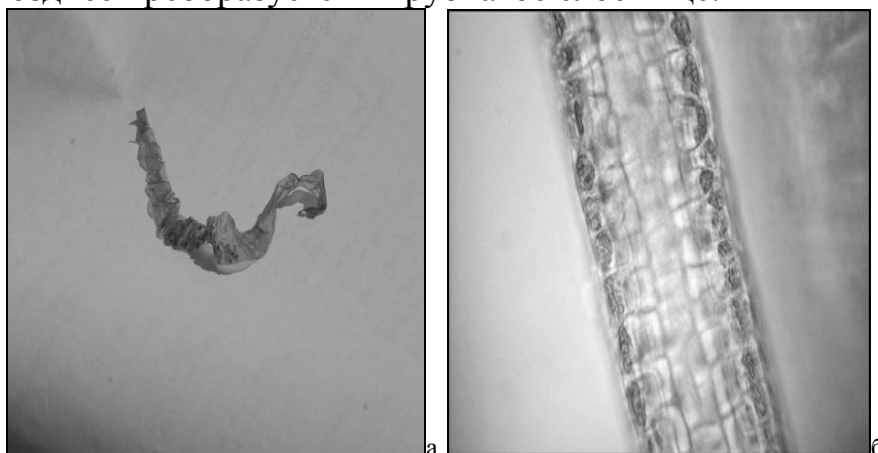


Рис. 34. Энтероморфа (*Enteromorpha*):
а - общий вид таллома, б - таллом в разрезе

Встречается преимущественно в морских водоемах, реже – в пресноводных; растет на твердых грунтах, каменистых склонах в слабозагрязненных местах, где занимает до 60–70 % поверхности дна.

Порядок Хетофоровые – Chaetophorales

Порядок включает гетеротрихальные ветвящиеся формы. Подавляющее большинство этих водорослей имеет на слоевище волоски или щетинки. Бесполое размножение происходит при помощи четырехжгутиковых зоо- и апланоспор. Половой процесс изо-, гетеро- и оогамный. Гаметы двух- или четырехжгутиковые.

Многие хетофоровые обнаруживают черты высокой специализации в строении вегетативной и репродуктивной систем.

Виды распространены в пресных водоемах, реже встречаются в морях и на почве.

Род *стигеоклоний* (*Stigeoclonium*) (рис. 35) встречается в водоемах в виде небольших нежных кустиков, прикрепленных к субстрату ризоидами или «подошвой», представленной в виде стелющихся по субстрату нитей. От них берут начало восходящие нити, супротивно или дихотомически ветвящиеся, конечные клетки которых заканчиваются длинным бесцветным волоском. Строение клетки и размножение такое же, как и у улотрикса.

Обитают стигеоклонии (род включает более 30 видов) в пресных и солоноватых водах в виде обрастаний разных субстратов. Широко распространены *S. щетинконосный* (*St. setigerum*), *S. тонкий* (*St. tenue*), *S. наполненный* (*St. farctum*).

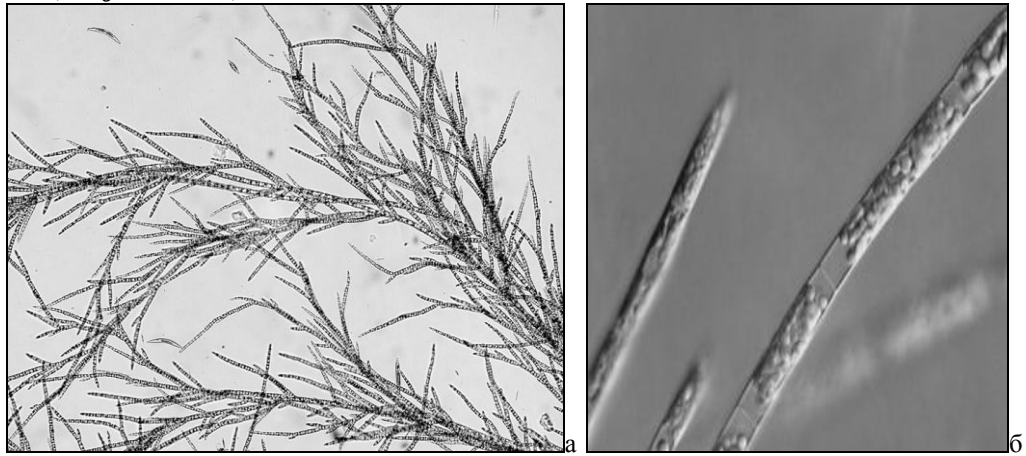


Рис. 35. Стигеоклоний (*Stigeoclonium*):
а - общий вид таллома, б - таллом в разрезе

Род *драпарнальдия* (*Draparnaldia*) (рис. 36) представляет собой слизистые светло-зеленые кустики, состоящие из многократно ветвящихся однорядных нитей с четкой дифференциацией на главную ось и боковые ветви (ассимиляторы). Клетки главной оси крупные, прозрачные, иногда слегка вздутые. Хроматофор в них продырявленный, с большим числом пиреноидов. Боковые ветви короткие, расположены мутовками и состоят из сильно ветвящихся тонких нитей, оканчивающихся длинными волосками. Прикрепляется драпарнальдия ризоидом. Половое размножение изогамное или гетерогамное, бесполое – четырехжгутиковыми зооспорами.

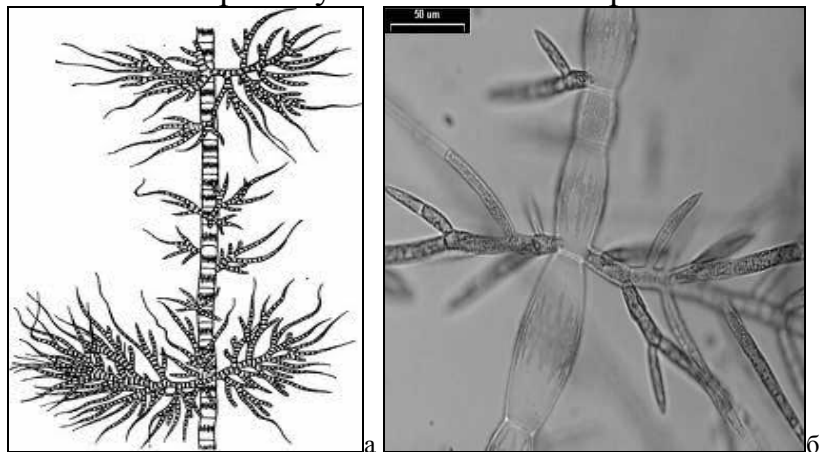


Рис. 36. Драпарнальдия (*Draparnaldia*):
а - общий вид таллома, б - таллом в разрезе

Известно 19 видов драпарнальдии, распространенных в прибрежной полосе озер, проточных холодных вод и растущих на разных субстратах. Широко распространены Д. скрученная (*D. glomerata*), Д. перистая (*D. plumose*), Д. простая (*D. simplex*) и др.

Род плеврококк (*Pleurococcus*) (рис. 37) встречается в виде зеленого порошистого налета на коре деревьев, на стенах, камнях и старых заборах. Клетки плеврококка округлые, одиночные или сросшиеся вместе по 3–4 и более, часто образуют характерные пакетики. Они одеты довольно толстой целлюлозной оболочкой с одним хроматофором, как правило, без пиреноида.

Размножается только вегетативно. Материнские оболочки после деления срастаются с дочерними. Часто в результате деления в одном направлении образуются нити, поэтому многие систематики считают плеврококк нитчатой водорослью.



Рис. 37. Плеврококк (*Pleurococcus*):
а - общий вид таллома, б - таллом в разрезе

Известно 5 видов. Чаще других встречается *П. зеленый* (*P. viridis*), *П. обыкновенный* (*P. vulgaris*), *П. Негели* (*P. nageli*).

Род трентеполия (*Trentepohlia*) (рис. 38) включает аэрофильные водоросли, обитающие на коре деревьев, камнях, деревянных зданиях, образуя на них налет кирпично-красного или желтого цвета (за счет гематохрома, растворенного в каплях масла). Гетеротрихальный таллом состоит из стелющихся по субстрату и вертикальных нитей. Первые – короткие, разветвленные, без ризоидов, нередко распадающиеся на отдельные клетки, которые разносятся токами воздуха или воды, обеспечивая тем самым вегетативное размножение и расселение. Клетки их овальные, одеты толстыми, часто слоистыми оболочками. Хроматофоры в виде дисков, без пиреноидов.

На стелющихся нитях образуются шаровидные или эллипсоидные гаметангии. Восходящие нити образованы вытянутыми цилиндрическими клетками. На концах нитей образуются овальные или шаровидные зооспорангии. Они легко отделяются и переносятся ветром или водой. Размножение половое, двух-, четырехжгутиковыми зооспорами, половое – двухжгутиковыми изогаметами, которые развиваются в сидячих гаметангиях. Гаметы копулируют не всегда. Они могут прорасти в нити, как зооспоры,

либо превращаться в апланоспоры. Вегетативное размножение осуществляется участками нитей.

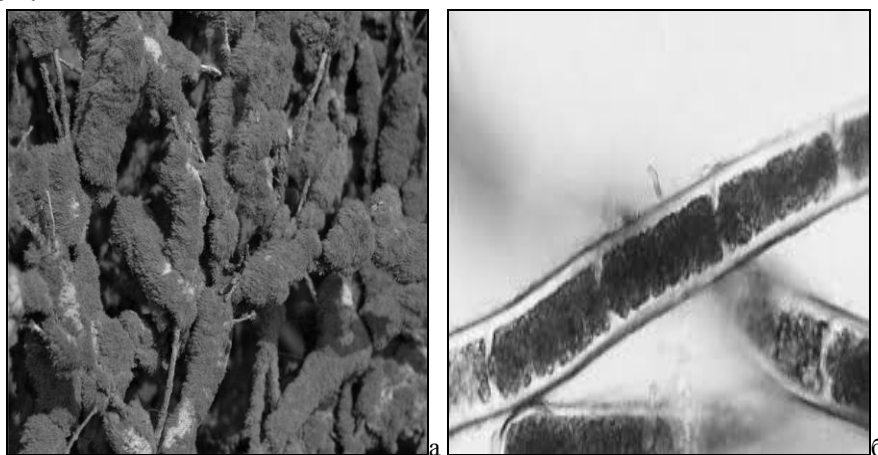


Рис. 38. Трентеполия (*Trentepohlia*):
а - общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Известны около 60 видов трентеполии. Широко распространены *T. затененная* (*T. umbrina*), *T. золотистая* (*T. aurea*), *T. смолистая* (*T. piceana*) и др.

Порядок Эдогониевые – Oedogoniales

Порядок объединяет трихальные, одноядерные, преимущественно неветвящиеся прикрепленные формы, с особыми «колпачками», которые образуются на оболочках клеток при их делении. Зооспоры и сперматозоиды многожгутиковые, жгутики располагаются венцом. Половое размножение оогамное.

Род эдогоний (*Oedogonium*) (рис. 39) характеризуется тем, что его слоевище построено по типу длинных неразветвленных нитей, прикрепляющихся к субстрату с помощью базальной клетки; зрелые нити встречаются и свободноплавающие. Нити состоят из цилиндрических клеток с гладкими оболочками. Верхушечные клетки часто заостряются и заканчиваются щетинкой. Клетки содержат крупное ядро и пристенный сетчатый хроматофор со многими пиреноидами.

Характерным признаком, по которому эдогоний можно легко отличить от других нитчатых, служат «колпачки», формирующиеся на делящихся клетках. Особенно резко они заметны на пустых, мертвых клетках или над оогониями в виде поперечных штрихов на оболочке у верхнего конца клетки. По бокам в этих местах оболочка имеет как бы зазубренный край.

Возникают «колпачки» в результате своеобразного деления клеток эдогониевых. Незадолго до деления ядра в верхней части клетки, из внутренних слоев ядра стенки возникает кольцевое утолщение в форме валика. Валик быстро растягивается, наружные, нерастягивающиеся слои материнской оболочки не выдерживают создающегося здесь напряжения и разрываются кольцевой трещиной. К этому времени делится ядро, и валик еще сильнее

растягивается в длину. Одно из дочерних ядер переходит в растягивающуюся часть, а снизу образуется поперечная перегородка. Оставшуюся над местом разрыва часть клетки называют «колпачком», а расположенную под ним – футляром. При повторных делениях новые кольцевые утолщения формируются всегда под краем колпачка, поэтому оказываются непосредственно под старыми. Число «колпачков» свидетельствует о количестве делений клеток, и если их много, то они напоминают резьбу на концах клетки.

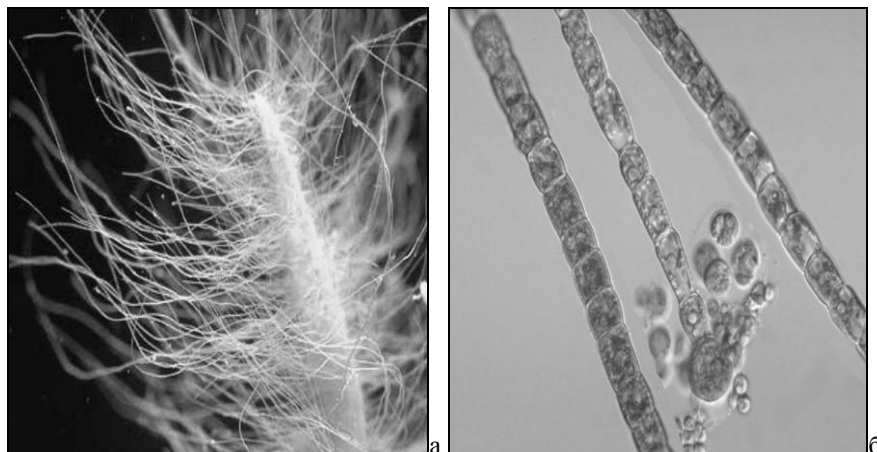


Рис. 39. Эдогоний (*Oedogonium*):
а - общий вид таллома. б - таллом в разрезе

Вегетативное размножение осуществляется фрагментацией нити или акинетами.

Для бесполого размножения служат крупные зооспоры, особенностью которых является венец жгутиков на переднем, лишенном хлоропласта конце. Они образуются по одной в клетке.

Половой процесс оогамный. У ряда видов антеридии, как и оогонии, образуются на нитях обычного строения, однако большинство двудомных видов характеризуется половым диморфизмом. У таких видов антеридии образуются на особых карликовых растеньицах – наннандриях. В каждой антеридии образуется по два сперматозоида с венцом жгутиков на переднем конце.

Оогонии – крупные, почти сферические клетки, дающие единственную яйцеклетку. Сперматозоид проникает в оогоний через пору. Зигота одевается толстой оболочкой, приобретает красно-бурую окраску и превращается в ооспору. При ее прорастании образуется 4 зооспоры, которые вырастают в новые трихальные растения.

Известно 380 видов, распространенных преимущественно в небольших пресных водоемах. Чаще других встречаются Э. упсальский (*O. upsaliense*), Э. микрогониумный (*O. microgonium*) и др.

Задания

1. Приготовить препарат улотрикса. Для этого следует взять небольшое количество нитей и поместить в каплю воды на предметном стекле. Покачиванием стекла можно добиться равномерного распределения нитей, не повредив материала, после чего накрыть покровным стеклом. Рассмотреть при малом увеличении микроскопа общий вид нити и зарисовать ее. Обратит внимание на форму, размеры и окраску верхушечной и базальной клеток. При большом увеличении микроскопа рассмотреть и зарисовать форму и строение отдельных клеток. Отметить оболочку, цитоплазму, ядро, пластинчатый хроматофор в виде широкого незамкнутого пояса, пиреноиды и вакуоль.

2. Ознакомиться с талломами ульвы и энтероморфы на гербарных и фиксированных образцах. Изучить и зарисовать внутреннее строение талломов, отметить двухслойность ульвы и трубчатое строение таллома энтероморфы. Составить схему цикла развития ульвы.

3. С характерными особенностями строения стигеоклония и драпарнальдии можно ознакомиться на фиксированном материале. Приготовление препарата такое же, как и для улотрикса. Отметить на рисунке наличие ризоидов и «подошвы» у стигеоклония, представленной в виде стелющихся по субстрату нитей, от которых берут начало восходящие нити, супротивно или дихотомически ветвящиеся.

4. Приготовить препарат плеврококка. Для этого следует препаровальной иглой или скальпелем осторожно снять с коры зеленый налет и поместить в каплю воды на предметном стекле. Если при малом увеличении препарат выглядит как густой конгломерат клеток, то нужно надавить пальцем через кусок фильтровальной бумаги на покровное стекло и растереть материал для того, чтобы освободились отдельные нити и клетки. Рассмотреть и зарисовать пакетики водорослей, состоящих из 3–4 и более округлых, сросшихся вместе клеток с толстой целлюлозной оболочкой.

5. Приготовить препарат трентеполии таким же способом, как и плеврококка. Изучить и зарисовать гетеротрихальное строение таллома трентеполии. Отметить различие в строении клеток стелющихся по субстрату и восходящих нитей. На первых из них найти и зарисовать шаро- или эллипсоидные гаметангии, расположенные на особых субспорангиальных клетках.

6. Рассмотреть под микроскопом и зарисовать нить эдогония. Отметить наличие «колпачков», которые следует искать при большом увеличении. Особенно резко они видны в пустых, мертвых клетках или над оогониями в виде поперечных штрихов на оболочке у верхнего конца клетки. Обратит внимание на расположение, размеры, форму и строение органов полового размножения – оогония и антеридия.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите строение и жизненный цикл улотрикса.
2. Охарактеризуйте формы, имеющие гетеротрихальную структуру таллома.
3. В чем особенности деления клетки и размножения эдогониевых?
4. Каковы особенности строения и размножения хетофоровых водорослей?

Лабораторная работа № 5

Порядок Сифонокладиевые – *Siphonocladiales*

Сюда относятся водоросли, имеющие сифонокладальную структуру таллома, т.е. представленные многоклеточными талломами, сложенными из многоядерных клеток. На начальных фазах развития виды проходят стадию первичного пузыря.

Размножаются половым и бесполом путем. Имеется изо- и гетероморфная смена форм развития.

Распространены главным образом в тропических морях и лишь некоторые в пресных водоемах.

Род *клатофора (Cladophora)* (рис. 40), виды которого распространены как в море, так и пресных водах, имеет трихальный, обильно разветвленный таллом, состоящий из вытянутых цилиндрических клеток. Под толстой и слоистой, не ослизняющей оболочкой располагается постенная цитоплазма, содержащая многочисленные клетки ядра, и постенный сетчатый хроматофор со многими пиреноидами.

Талломы клатофоры, прикрепленные в молодом состоянии к субстрату, позднее могут отрываться и, разрастаясь, образовывать скопления «тины» грязно-зеленого цвета, неслизистые на ощупь. Бесполое размножение осуществляется зооспорами, развивающимися в большом количестве в клетках, не отличимых по форме от обычных вегетативных. Зооспоры двух- или четырехжгутиковые, выходят через боковое отверстие в стенке. Половой процесс изогамный, гаметы двухжгутиковые, мельче зооспор.

У ряда морских видов клатофоры установлена изоморфная смена генераций. У этих видов гаметы и зооспоры всегда развиваются на разных растениях: первые на гаплоидных – гаметофитах, вторые – на диплоидных спорофитах. Перед образованием зооспор ядро редуционно делится. Зооспоры развиваются в гаплоидные гаметофиты, внешне неотличимые от спорофита, но размножающиеся только половым путем. Зигота сразу прорастает в диплоидный спорофит.

У морских видов рода чередуются изоморфные поколения, у пресноводных чередование поколений отсутствует – по-видимому, утеряно в ходе эволюции.

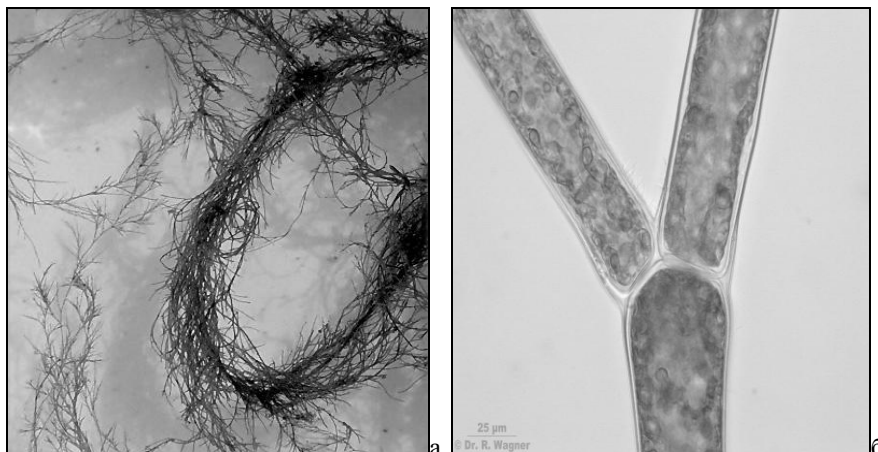


Рис. 40. Кладофора (*Cladophora*):
а - общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Известно около 150 видов, обитающих в морях и пресноводных водоемах. Широко распространены *К. эгагропильная* (*C. aegagropiles*), *К. речная* (*C. rivularis*), *К. скрученная* (*C. glomerata*) и др.

Виды рода ризоклоний (*Rhizoclonium*) (рис. 41) образуют пучки тесно переплетающихся длинных, тонких, прямых или изогнутых, иногда слегка ветвящихся нитей, свободно плавающие или прикрепляющихся к субстрату. Клетки цилиндрические с толстыми оболочками, 1–8 ядрами, сетчато продырявленным хроматофором и многочисленными пиреноидами.

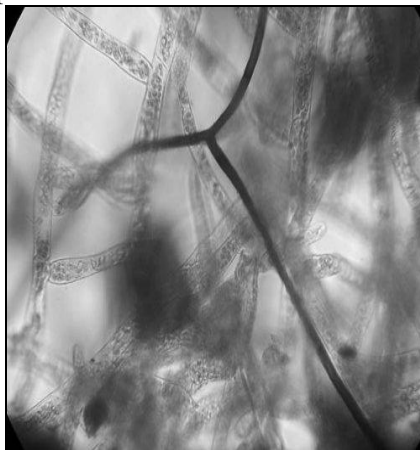


Рис. 41. Таллом ризоклония (*Rhizoclonium*) в разрезе

У прикрепленных форм базальная клетка образует пальчато-разветвленные ризоиды. Размножение осуществляется фрагментацией нитей, двухжгутиковыми зооспорами и акинетами, половое – двухжгутиковыми гетерогаметами.

Известно около 30 морских, солоновато- и пресноводных видов. Наиболее часто встречается *R. иероглифовый (Rh. hieroglyphicum)*, который является космополитом.

Задания

1. Ознакомиться с внешним видом кладофоры. Обратить внимание на крупные войлочные дерновинки темно-зеленого цвета, жесткость нити водоросли из-за отсутствия слизистого чехла. Приготовить препарат, рассмотреть при малом увеличении микроскопа и зарисовать часть ветвящегося таллома. Отметить дифференцировку тела на главную ось и боковые ветви, на сегменты с зооспорангиями и гаметангиями.

2. Рассмотреть при малом увеличении микроскопа строение ризоклония. Обратить внимание на размеры и форму тела, окраску и характер ветвления таллома.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризовать особенности строения сифонокладиевых водорослей.

2. Каковы особенности размножения и цикла развития у представителей порядка Сифонокладиевые?

Лабораторная работа № 6

Класс Конъюгаты, или сцеплянки – Conjugatophyceae

Относящиеся сюда одноклеточные, многоклеточные, изредка колониальные трихальные зеленые водоросли отличаются полным отсутствием в жизненном цикле жгутиковых стадий, так как бесполого размножения с помощью зооспор у них нет, а половой процесс представлен конъюгацией. Помимо конъюгации широко распространено вегетативное размножение. Вегетативное размножение осуществляется за счет деления клеток и распада нитей на отдельные участки и даже на клетки, способные регенерировать всю нить. Кроме того, изредка могут формироваться партеноспоры, а также акинеты, служащие для переживания неблагоприятных условий и размножения.

Для подавляющего большинства конъюгат характерен центральный, осевой хроматофор, париетальный хроматофор встречается сравнительно редко. Конъюгаты – космополиты. Большинство пресноводные формы, некоторые живут на сырой почве и в солоноватых водах, скалах, мхах, ледниках высокогорий.

Порядок Десмидиевые – Desmidiaceae

Этот порядок, насчитывающий до нескольких тысяч видов, включает одноклеточные, реже нитчатые водоросли. Их клетки всегда состоят из двух

симметричных половинок – полуклеток. У большинства родов в плоскости симметрии клетки имеется более или менее заметная перетяжка, исключение составляют род *кlostериум* и некоторые виды рода *пениум*. Полуклетки могут быть самой разнообразной формы: цилиндрические с заостренными (*кlostериум*), закругленными (*пениум*) или срезанными (*плеуротениум*) концами, а также уплощенные (*космариум*, *эуаструм*) или даже дисковидные (*микрастериас*). В разных положениях клетки выглядят неодинаково. Полуклетки часто разделены более или менее глубокими вырезами на симметрично расположенные лопасти, углы из могут нести различные выросты.

Клеточная стенка десмидиевых всегда состоит из 2 половинок, имеющих скошенные края, плотно находящих друг на друга в плоскости симметрии клетки. В оптическом микроскопе стенка двуслойная, наружный слой часто импрегнирован соединениями железа, имеет желтоватую окраску и может нести шипы, бородавочки и другие выросты, расположенные определенным образом. Стенка пронизана сложно устроенными порами, часто группирующимися вокруг основания шипов, бородавок и других выростов клетки. Через поры выделяется слизь. Десмидиевые способны к слабому движению, находясь в контакте с субстратом. Движение обусловлено местным выделением слизи через специальные крупные поры, расположенные на концах клетки. В течение часа в этих местах могут выделиться неправильные червеобразные массы слизи, в два-три раза превышающие длину индивида.

Одно ядро находится в цитоплазме в области перешейка, соединяющего две полуклетки. Хроматофоры в большинстве случаев осевые, по одному в каждой клетке, хотя у многих видов *космариума* и некоторых других родов в каждой полуклетке может быть по два хроматофора. Такие осевые хлоропласты состоят из центральной – осевой части. От осевой части хлоропласта по радиусам расходятся ряд пластинок или отростков. Пиреноиды обычно располагаются в центральной части хлоропласта. Реже хлоропласты постенные – париетальные, по-видимому, они произошли от центральных при расширении концов радиально расходящихся отростков в париетальные лопастные пластинки и при редукции осевой части хлоропласта. У форм с массивными осевыми хлоропластами вакуоли небольших размеров. У *кlostериума* и *плеуротениума* на концах клетки имеются терминальные вакуоли, содержащие кристаллы гипса, которые обнаруживают броуновское движение.

Размножение вегетативное – делением клетки в плоскости симметрии, половой процесс – конъюгация.

У рода *кlostериум* (*Closterium*) (рис. 42) клетки веретеновидные, прямые или более или менее сильно изогнутые. Перетяжка в плоскости симметрии отсутствуют.

Стенка состоит из 2 половинок, спаянных в плоскости симметрии. В ней имеются поры, особенно крупные на концах клетки. Через поры выделяется слизь, приподнимающая конец клетки, этот конец перекидывается вниз, и слизь начинает выделяться с другого конца клетки, которая таким образом «кувыркается». В плоскости симметрии клетки, куда обычно не заходит хлоропласт, находится одно крупное ядро, часто различимое даже в живом состоянии. Каждая полуклетка содержит по одному крупному центральному хлоропласту, состоящему из осевого стержня, от которого по радиусам расходятся несколько пластин. На поперечном разрезе хлоропласт имеет звездчатую форму. На концах клетки находится по одной вакуоле с кристалликами гипса.

Известно более 300 видов (по некоторым сведениям 85), обитающих в пресноводных водоемах. Широко распространены в водохранилищах, реках, прудах, озерах и торфянистых болотах *К. ланцетовидный* (*C. lanceolatum*), *К. четконосный* (*C. moniliferum*), *К. серповидный* (*C. lunula*), *К. малый* (*C. parvulum*).

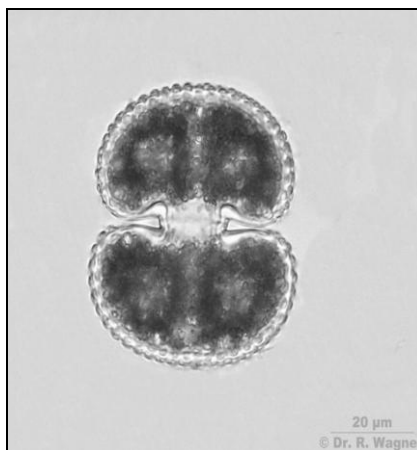


Рис. 42. Таллом клостериума (*Closterium*) в разрезе

Виды рода *космариум* (*Cosmarium*) (рис. 43 а, б) имеют форму двух полукруглых или слегка удлинённых половинок, соединённых перетяжками. В полуклетках располагаются по одному, реже по два осевых хроматофора. У некоторых видов хроматофоры постенные, лентовидные и имеют по одному пиреноиду. Ядро находится в перетяжке.

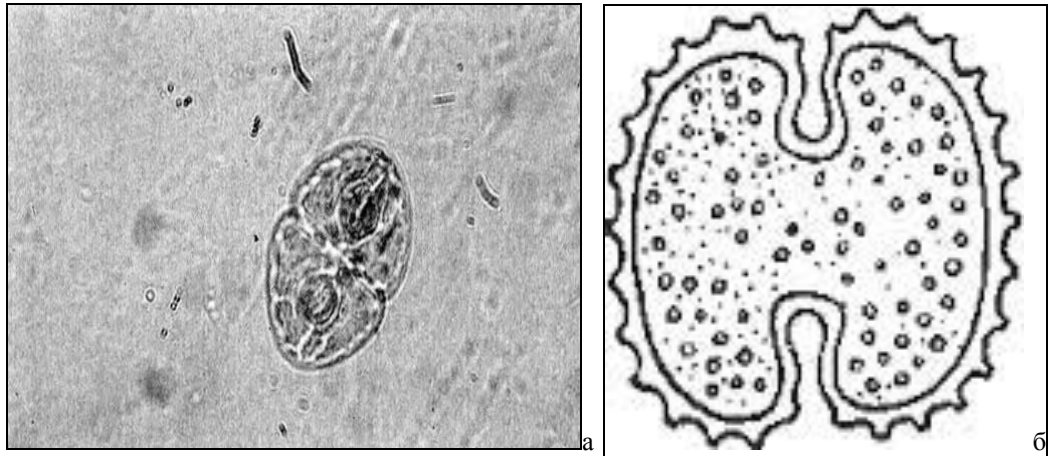


Рис. 43 а, б. Таллом космариума (*Cosmarium*) в разрезе

Обитают космариумы в планктоне рек, прудов, в болотах, предпочитают кислые водоемы с торфяным грунтом.

Известно около 800 видов. Повсеместно распространены *К. пухловидный* (*C. subtumidum*), *К. четковидный* (*C. moniliforme*), *К. Менегини* (*C. meneghenii*), *К. зернистый* (*C. granatum*) и др.

Род стаураструм (*Staurastrum*) (рис. 44 а, б) включает большое количество видов одноклеточных водорослей с разнообразной формой клеток – 3–5-угольной, у некоторых радиальной. Часто углы полуклеток образуют всевозможные выросты. Оболочка у большинства водорослей орнаментированная (гранулы, шипы, зубчики и др.). Хроматофоры обычно осевые, по одному в полуклетке, с лопастями и одним пиреноидом, иногда постенные. Размножение преимущественно вегетативное (поперечным делением в области перешейка) и половое – конъюгация.

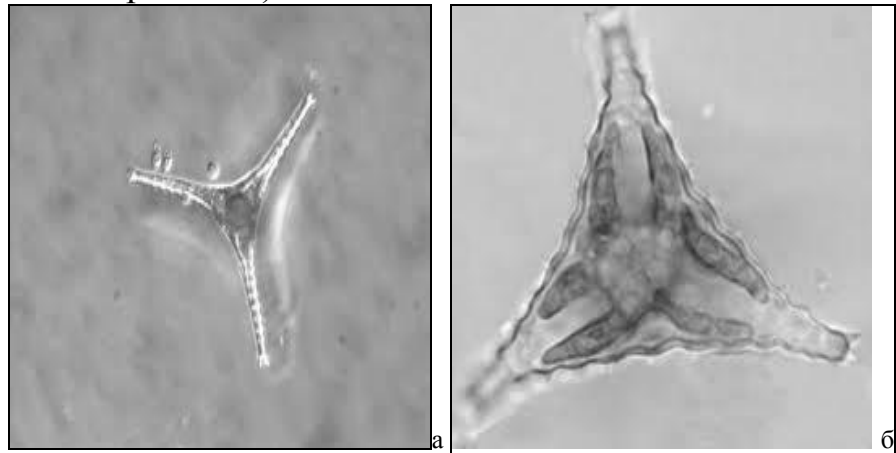


Рис. 44 а, б. Общий вид таллома стаураструма (*Staurastrum*)

Известно около 600 видов. Они распространены в реках, озерах, прудах, среди планктона и обрастаний высших растений. Часто встречаются *С. четырехрогий* (*S. tetracerum*), *С. тонкий* (*S. gracile*), *С. удивительный* (*S. paradoxum*) и др.

Порядок Мезотениевые – Mesotaeniales

Представители этого порядка одноклеточные, со сплошными однослойными гладкими оболочками без пор, покрытые слизистой оберткой или чехлом. Особенно ослизнены неводные обитатели. Клетки могут быть цилиндрической, эллипсоидной или веретеновидной формы, без перетяжки. Хроматофоры имеют разную форму и размеры с пиреноидами. Ядро одно.

Размножаются вегетативным (делением клетки надвое) и половым (конъюгация) путями. Зигота после периода покоя прорастают 4 жизнеспособными проростками. По этой причине мезотениевые считаются сами примитивными среди конъюгат.

Обитают преимущественно в торфянистых водоемах. На севере некоторые из них вызывают красное «цветение» снега.

Род *спиротения* (*Spirotaenia*) (рис. 45 а, б) объединяет виды, клетки которых имеют постенные или осевые спиралевидные хроматофоры с пиреноидами.

Клетки цилиндрические, эллипсоидные или веретеновидные, прямые, одиночные, покрытые слизью или объединенные в слизистые колонии. Оболочки клеток гладкие, бесцветные. Размножение вегетативное (деление клетки) и половое (конъюгация).

Известно более 30 пресноводных видов, распространенных преимущественно заболоченных водоемах, канавах и лужах. Повсеместно встречаются *С. сжатая* (*S. condensata*) и *С. темная* (*S. obscura*).

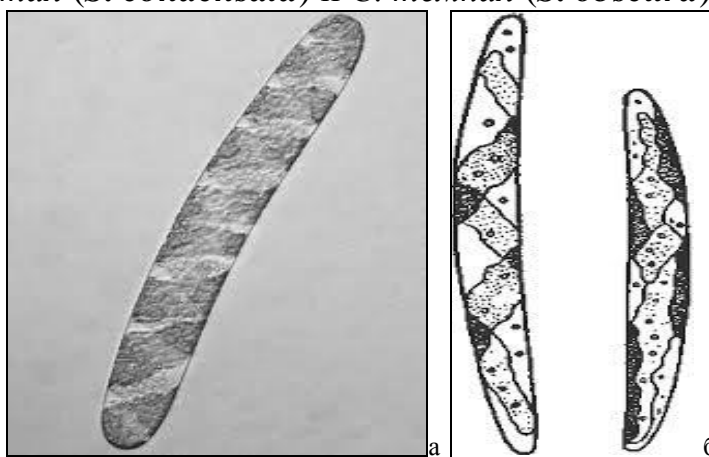


Рис. 45 а, б. Таллом спиротении (*Spirotaenia*) в разрезе

Род *цилиндрокцистис* (*Cylindrocystis*) (рис. 46 а, б) характеризуется двумя осевыми звездчатыми хроматофорами с пиреноидом в каждом из них. Клетки эллипсоидные или цилиндрические, с закругленными концами. Изредка окружены слизью. Оболочка гладкая, бесцветная, тонкая. Размножение вегетативное (поперечное деление клеток) и половое (конъюгация).

Известно 5 видов, распространенных преимущественно в водах с низкой кислотностью, во влажных местах и среди мхов. Чаще всего встречаются *Ц. толстый* (*C. crassa*), *Ц. Бребиссона* (*C. brebissonii*) и *Ц. резной* (*C. sculpta*).

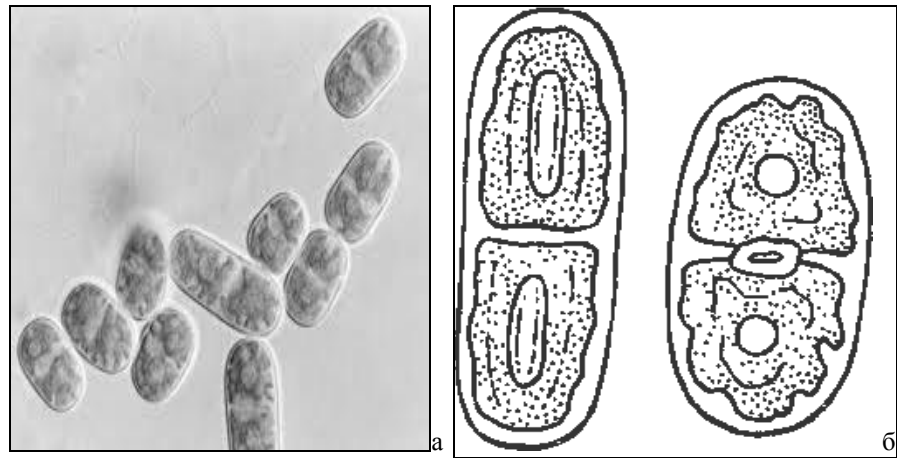


Рис. 46 а, б. Таллом цилиндрицистиса (*Cylandrocystis*) в разрезе

Порядок Зигнемовые – Zygnematales

Сюда относятся обычные нитчатые пресноводные водоросли. Все они, как правило, неветвящиеся, состоят из одного ряда цилиндрических клеток, одетых цельной оболочкой без спор и слизистым чехлом. Благодаря чехлу нити зигнемовых и их скопления слизистые на ощупь в отличие от скоплений (тины), образованных другими нитчатками, например кладофорой. Центр клетки занят крупной вакуолью, цитоплазма занимает постенное положение. Хроматофоры в виде одной или многих лент, расположенных в постенной цитоплазме и опоясывающих клетку по спирали. Лентовидные хроматофоры спирогиры обычно имеют неровные городчатые края, и у многих видов вдоль ленты посередине проходит гребень, вдающийся внутрь клетки, - темная полоса вдоль ленты. По средней линии хроматофора расположены пиреноиды, окруженные крахмальными зернами. Ядро, окруженное слоем цитоплазмы, подвешено на цитоплазматических тяжах, отходящих от постенной цитоплазмы, в центре вакуоли. Любая клетка нити способна к росту и делению. После деления ядра образуется поперечная перегородка, разрезающая хроматофоры спирогиры пополам.

Вегетативное размножение осуществляется благодаря разрыву нитей на отдельные фрагменты в результате отмирания промежуточных клеток, и даже отдельные клетки могут вырасти в новые нити.

Половой процесс – конъюгация. Наиболее обычно так называемая лестничная конъюгация, которая происходит между клетками двух нитей. Нити располагаются параллельно друг другу и вначале склеиваются слизью. Затем противоположные клетки образуют навстречу друг другу выросты, которые соприкасаются и срастаются своими концами. Удлиняясь, выросты постепенно раздвигают нити, так что возникает фигура в виде лестницы.

Стенки на соприкасающихся концах отростков растворяются, и возникает узкий канал, соединяющий полости конъюгирующих клеток. Оба протопласта, втянувшиеся в отростки, после растворения смежных стенок вступают в контакт. У всех видов спирогиры протопласт одной из конъюгирующих клеток (отдающей) сокращается, отстает от стенок и постепенно проталкивается через канал в другую (воспринимающую) клетку, где и сливается с ее содержимым, образуя зиготу. Сокращение протопласта обусловлено, по-видимому, тем, что жидкость из центральной вакуоли диффундирует в многочисленные пульсирующие вакуоли, появляющиеся в цитоплазме, которые выпрыскивают ее в пространство между протопластом и клеточной стенкой. Появление сократительных вакуолей и отставание протопласта от стенки наблюдается и в воспринимающей клетке, но значительно позднее, чем в клетке, отдающей свое содержимое.

Помимо лестничной у тех же видов можно наблюдать иной тип конъюгации – боковой. При боковой конъюгации отростки, а затем канал возникают между соседними клетками одной и той же нити.

Поскольку поведение конъюгирующих клеток несколько различно (воспринимающие клетки, более пассивные, можно назвать женскими, отдающие клетки, более активные, - мужские), половой процесс в этих случаях можно определить как физиологически анизогамный, хотя морфологически он изогамен: конъюгирующие клетки морфологически одинаковы.

Большинство видов живут в стоячих или слабопроточных пресных водоемах.

Род *спирогира* (*Spirogyra*) (рис. 47) широко распространен в стоячих и медленно текущих водах, нередко образуя большие скопления массы тины ярко-зеленого цвета.

Нити спирогиры, свободноплавающие или прикрепленные ризоидами к субстрату, состоят из длинных цилиндрических, расположенных в один ряд клеток, с хорошо заметной и довольно толстой оболочкой. Снаружи нити одеты слизистым чехлом.

Характерным признаком представителей данного рода является то, что пристенный хроматофор их клеток имеет вид спирально изогнутой ленты, с городчатыми или рассеченными краями. По средней линии хроматофора или по его гребню расположены хорошо заметные пиреноиды.

Полость клетки заполнена большой вакуолью. В центре клетки находится крупное ядро с ядрышком, заключенное в цитоплазматический мешочек и подвешенное на цитоплазматических тяжах.

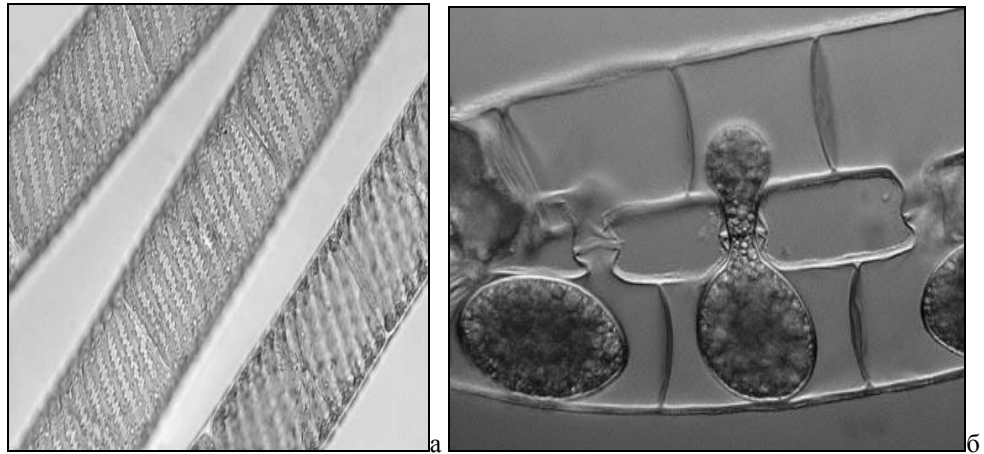


Рис. 47. Спирогира (*Spirogyra*):
а – таллом в разрезе, б - конъюгация

При половом размножении обычно две нити располагаются параллельно друг другу и срастаются при помощи копуляционных отростков или мостиков. Оболочки в месте их соприкосновения растворяются и образуется сквозной канал, через который сжавшееся содержимое одной клетки перемещается в другую и сливается с ее протопластом. Кроме так называемой лестничной конъюгации изредка наблюдается и боковая: через боковой канал над поперечной перегородкой содержимое клетки переходит в соседнюю клетку той же нити. Зиготы, одетые толстой трехслойной оболочкой, после периода покоя прорастают. Этому предшествует редуccionное деление ядра: из 4 получающихся гаплоидных ядер 3 отмирают, а одно остается ядром единственного проростка, выходящего через разрыв наружных слоев оболочки зиготы.

Известно около 340 видов. Широко распространены *S. сжатая* (*Sp. condensate*), *S. речная* (*Sp. fluviatilis*), *S. толстая* (*Sp. crassa*), *S. простая* (*Sp. neglecta*) и др.

Род *зигнема* (*Zygnema*) (рис. 48 а, б) встречается часто в тех же условиях, что и спирогира. Нити ее тоньше спирогиры, с короткими цилиндрическими клетками, чаще всего одиночные, неветвящиеся. Отличительным признаком является наличие в клетках зигнемы симметрично расположенных двух крупных звездчатых хроматофоров с пиреноидами в центре каждого. Хроматофоры соединены цитоплазматическим мостиком, в котором располагается ядро с ядрышком. Размножается зигнема так же, как и спирогира.

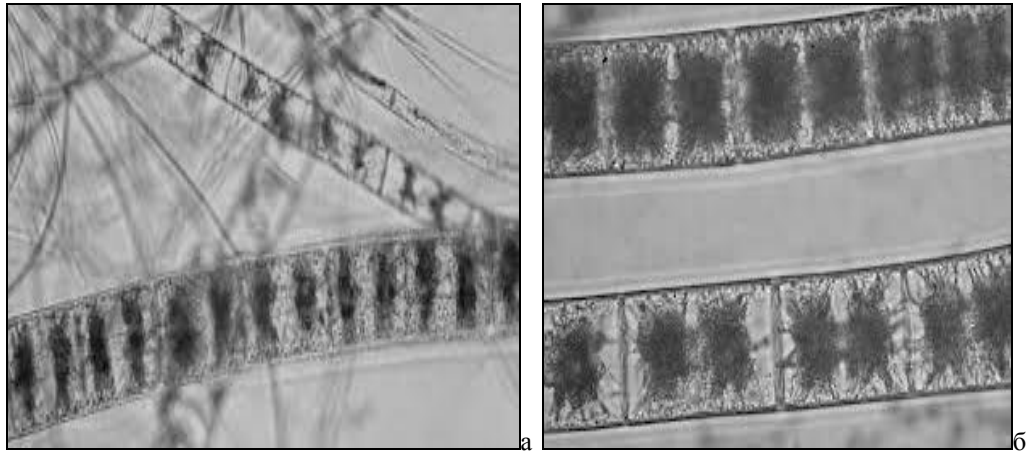


Рис. 48 а, б. Таллом зигнемы (*Zygnema*) в разрезе

Известно 126 пресноводных видов, распространенных преимущественно в прибрежной зоне водоемов.

Род мужонция (*Mougeotia*) (рис. 49 а, б) обитает в стоячих и медленно текущих водоемах, иногда сплошь затягивая их поверхность в виде желтовато-зеленой тины.

Нить мужонции однорядная, неразветвленная, со слизистым чехлом, иногда с ризоидами.

Клетки длинные, цилиндрические, с одним пластинчатым хроматофором, расположенным в срединной плоскости клетки по длинной ее оси, с несколькими пиреноидами. Хроматофоры способны поворачиваться внутри клеток на 90° , что можно наблюдать при разной интенсивности освещения водорослей. При сильном освещении хроматофоры принимают вид узкой зеленой полоски, а при снижении возвращаются в обычное положение и видны в клетке со стороны пластинки.

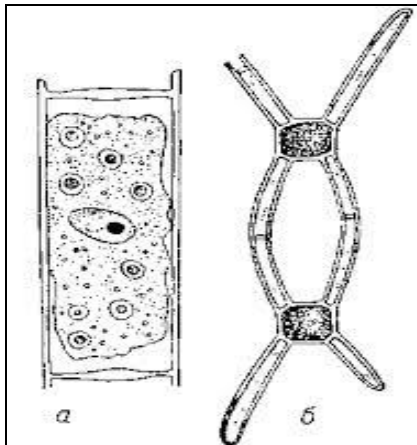


Рис. 49 а, б. Таллом мужонции (*Mougeotia*) в разрезе

Иногда в одной и той же клетке одна половинка хроматофора повернута ребром, а другая обращена к наблюдателю своей широкой стороной. Ядро расположено в центре и видно в тех случаях, где хроматофор повернут ребром.

Известно около 120 видов. Широко распространены *M. лестничная* (*M. scalaris*), *M. слизистая* (*M. gelatinosa*), *M. зеленая* (*M. ridis*).

Задания

1. Ознакомиться с внешним строением спирогиры. Обратить внимание на изумрудно-зеленый цвет и слизистую на ощупь тину, образуемую спирогирой. Приготовить препарат, рассмотреть и зарисовать вначале нить, затем отдельную клетку водоросли. Отметить оболочку, цитоплазму, ядро в цитоплазматическом мешочке, вакуоль, спирально закруженный хроматофор с пиреноидами. На готовом препарате рассмотреть и зарисовать разные стадии конъюгации спирогиры: появление боковых выростов, образование копуляционного канала, переливание протопластов через канал, формирование зиготы.

2. Зарисовать отдельную клетку зигнемы. Отметить оболочку цитоплазмы, расположенную постенно, ядро в цитоплазматическом мостике, два хроматофора звездчатой формы, в центре которых находится по пиреноиду.

3. Рассмотреть мужонцию вначале при малом увеличении микроскопа; обратить внимание на более тонкие и длинные клетки, чем у спирогиры и зигнемы, потом при большом увеличении изучить и зарисовать отдельную клетку. Отметить пластинчатый хроматофор в двух положениях: при ярком (он становится ребром к источнику света и виден в виде узкой зеленой полосы, проходящей по средней линии клетки) и при рассеянном (повернут к источнику света своей широкой стороной, занимая всю полость клетки, в таком положении на нем видны пиреноиды) освещении.

4. Приготовить препараты кластериума, космариума и стаураструма и рассмотреть их при малом и большом увеличении микроскопа. Обратить внимание на форму клетки каждой водоросли, наличие перетяжки у космариума и стаураструма и отсутствие ее у космариума, а также на особенности строения клеточной стенки и хроматофоров. Зарисовать указанные объекты, отметив основные структурные детали каждой водоросли в отдельности.

5. Рассмотреть и зарисовать строение клетки спиротении и цилиндруистиса. Обратить внимание на размеры и форму клеток, строение и расположение хроматофоров в каждой из этих водорослей.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие признаки легли в основу выделения конъюгат в особый класс и деление его на порядки?

2. Каково строение клетки зигнемовых на примере спирогиры?

3. Охарактеризовать половой процесс у сцеплянок в виде лестничной и боковой конъюгации.

4. Каковы особенности порядков мезотениевых и десмидиевых водорослей?

Лабораторная работа № 7

Класс Харовые – Charophyceae

Класс представляет собой своеобразную высокоорганизованную группу макроскопических пресноводных водорослей, достигающих 20–30 см, иногда 1–2 м. От других зеленых водорослей они отличаются сложно устроенными многоклеточными половыми органами и расчленением трихального таллома. Нитчатые талломы всегда вертикально стоящие. Мутовчатое ветвление придает им сходство с хвощами. Как неограниченно нарастающие оси («стебли»), так и боковые ветви ограниченного роста («листья») дифференцированы на узлы и междоузлия. Узлы представляют собой клеточные пластинки. Они возникают из одной клетки в результате деления ее продольной перегородкой и затем отчленения двух центральных. От периферических клеток узла «стебля» отделяются верхушечные клетки боковых ветвей ограниченного роста – «листьев», благодаря этому расположенных всегда мутовчато. Узлы чередуются с междоузлиями. Рост строго верхушечный. Боковые ветви обнаруживают тот же способ роста, что и главная ось, но клетки междоузлий обычно остаются довольно короткими, а апикальная клетка сравнительно рано прекращает делиться, принимая вытянутую заостренную форму. Прикрепляются талломы к субстрату посредством многоклеточных разветвленных ризоидов, возникающих из периферических клеток нижнего узла главной оси.

Клетки одеты целлюлозной оболочкой, в наружных слоях которой отлагается карбонат кальция. В постенной цитоплазме находятся многочисленные мелкие дисковидные хроматофоры, лишенные пиреноидов. В удлиненных клетках междоузлий хроматофоры расположены хорошо заметными продольными рядами в самом наружном слое цитоплазмы. Более глубокий слой цитоплазмы, граничащий с громадной вакуолью, обнаруживает интенсивное движение. В каждой клетке имеется восходящий ток цитоплазмы с одной стороны клетки и нисходящий – с другой. Линия раздела заметна по бокам клетки по бесцветной полосе, где нарушено плотное расположение хроматофоров и где стенка образует гребень, вдающийся внутрь клетки. Все клетки, способны к делению, одноядерные, ядра делятся митотически. Не способные клетки междоузлий. Во взрослом состоянии многоядерные, содержат крупные ядра лопастной формы.

Бесполого размножения у харовых водорослей нет. Вегетативное размножение осуществляется с помощью клубеньков, возникающих из нижних стеблевых узлов. Как правило, оогонии и антеридии развиваются в непосредственной близости друг от друга, однако есть и двудомные виды. Оба вида половых органов формируются на вторичных боковых ветвях ограниченного роста, вырастающих из верхних узлов «листьев». При развитии антеридия боковая ветвь образует базальный узел, после чего апикальная

клетка делится, формируя антеридий. Апикальная клетка боковой ветви, из которой развивается антеридий, отчленяет одну или две дисковидные клетки у своего основания, принимает сферическую форму и делится двумя продольными и одной поперечной перегородками, образуя восемь диагональных рядов, каждый из трех клеток. Восемь периферических клеток претерпевают плоскостной рост и развиваются в плоские изогнутые клетки – щитки, выпуклой стороной обращенные наружу. Их стенки имеют радиально расходящиеся складки, а содержимое в зрелом состоянии оранжево-красного цвета. Щитки составляют стенку шаровидного антеридия, которая у основания замыкается одной из дисковидных клеток, отчленившейся в начале и обычно вдающейся в полость антеридия. Средние клетки значительно удлиняются в радиальном направлении, каждая образует клетку – рукоятку, которая таким образом отходит от центра щитка и несет на внутреннем конце шаровидную клетку – головку, развившуюся из самой внутренней клетки первоначального диагонального ряда. Каждая клетка-головка дает начало шести вторичным головкам, на которых развиваются длинные нити, обычно дважды раздвоенные у основания. Эти сперматогенные нити заполняют полость антеридия плотным клубком. Каждая такая нить состоит из 100-200 дисковидных клеток, в которых образуется по одному спирально изогнутому двужгутиковому сперматозоиду, сперматозоиды освобождаются при расхождении щитков антеридиальной стенки и ослизнении стенок клетки сперматогенных нитей.

Клетка базального узла антеридия, которая развивается в оогоний, претерпевает два поперечных деления с образованием ряда из трех клеток. Самая верхняя из них дает оогоний, при этом она сильно увеличивается, самая нижняя – одноклеточную ножку, а средняя образует узел, который делится на центральную и пять периферических клеток. Последние вырастают в пять коровых нитей, которые уже на ранних стадиях окружают оогоний и вскоре отчленяют на своих концах одну (хара) или две (нителла) клетки коронки. При дальнейшем развитии нити, не делясь, удлиняются и располагаются спирально. Клетки коронки мелкие, вертикально стоящие. В оогонии формируется одна яйцеклетка. Под коронкой, клетки которой плотно соединены, нити слегка разъединяются, так что образуется щель, через которую проникает сперматозоид. Верхушка оогониальной стенки ослизняется, и сперматозоид оплодотворяет яйцеклетку.

Вокруг оплодотворенной яйцеклетки выделяется целлюлозная оболочка, снаружи находится стенка оогония и, кроме того, коровые нити. Внутренние стенки нитей утолщаются, опробковывают, в них может откладываться кремнезем, а в полостях коровых нитей – обычно еще и известь. Таким образом, вокруг ооспоры образуется очень твердая обертка и ооспоры переходят в состояние покоя. При прорастании ооспоры копуляционное ядро редуционно делится, формируются четыре гаплоидных ядра и появляется перегородка, делящая ооспору на две неравные части: верхняя клетка получает одно из четырех гаплоидных ядер, а три остальных ядра оказываются в нижней

клетке, богатой запасными веществами. Эти три ядра затем дегенерируют. Стенка ооспоры разрывается на верхушке и верхняя клетка продольно делится. Получившиеся две клетки растут в противоположных направлениях, образуя первый ризоид и вертикальную нить – проросток, или протонему, на которой развивается затем нормальный побег.

По сложности строения вегетативных и половых органов, по наличию стадии протонемы, при развитии зиготы харовые значительно отличаются от других зеленых водорослей.

Порядок Харовые – Charales

Все представители (около 300 видов) харовых водорослей имеют харофитный таллом.

Род *хара* (*Chara*) (рис. 50) включает виды, «стебли» и «листья» которых полностью или частично покрыты корой. «Листья» членистые, линейные, имеют двойной венчик прилистников, иногда одноядерный. «Листочки» расположены по 4 и более в каждом листовом узле. Растения одно- и двудомные. У одноименных видов оогонии с коронкой, состоящей из 5 клеток, расположены над антеридием, что является характерным признаком рода.

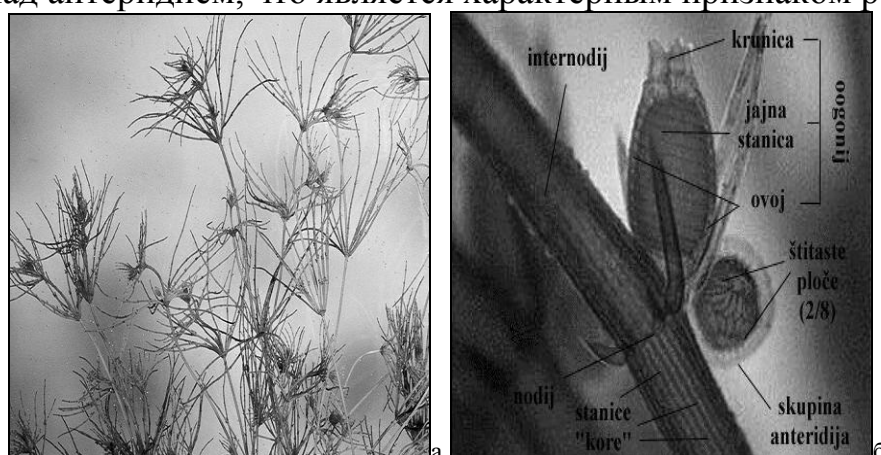


Рис. 50. Хара (*Chara*):

а - общий вид харофитного таллома, б – органы полового размножения

Известно около 120 видов, распространенных в чистых пресных и солоноватых водоемах различных типов на всем земном шаре, кроме Антарктиды. К широко распространенным видам относится *Х. ломкая* (*Ch. fragilis*), *Х. обыкновенная* (*Ch. vulgaris*), *Х. грубая* (*Ch. rudis*), *Х. нитчатая* (*Ch. filiformis*) и др.

Род *нителла* (*Nitella*) (рис. 51) объединяет виды, у которых «стебли» и «листья» без коры, отсутствуют прилистники. «Листья» правильно одно- и многократно вильчатые, реже простые. Антеридии образуются на вершине члеников и развилках «листа», между его ветвлениями. Оогонии с 10-клеточной коронкой у однодомных видов располагаются по одному или по

несколько непосредственно над антеридием, у двудомных – на женских экземплярах.

Известно более 160 видов. Растут преимущественно на мягких илистых грунтах в чистой спокойной воде, реже в водоемах с песчаным дном. Очень чувствительны к загрязнению окружающей среды. Могут служить индикаторными растениями.

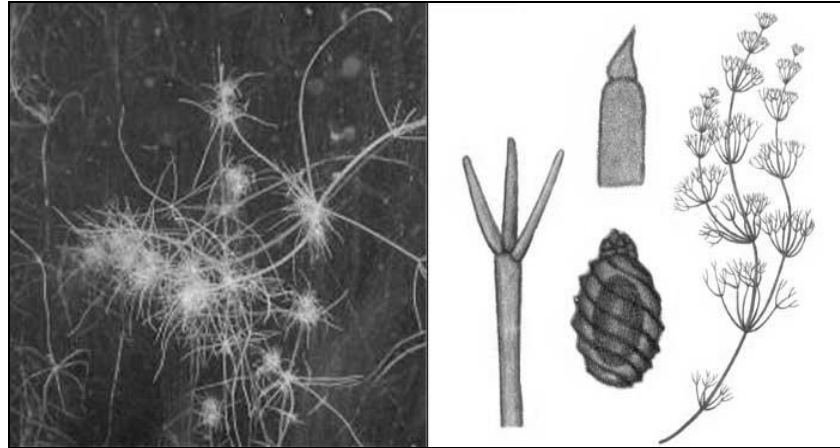


Рис. 51. Общий вид таллома нителлы (*Nitella*)

Широко распространены *N. гибкая* (*N. flexilis*), *N. тусклая* (*N. opaca*), *N. стройная* (*N. gracilis*) и др.

Раздел 6. ОТДЕЛ ЭВГЛЕНОВЫЕ – EUGLENOPHYTA

Отдел включает микроскопические одноклеточные организмы, снабженные одним или двумя жгутиками и активнодвигающиеся. Форма тела эвгленовых водорослей удлинённая, овальная, эллипсоидная или веретеновидная. Целлюлозной оболочки нет; ее роль выполняет наружный уплотнённый слой цитоплазмы – пелликула. Те виды, у которых пелликула мягкая, эластичная, обладают способностью менять форму тела. У немногих водорослей есть наружный твердый панцирь, обычно пропитанный солями железа, не прилегающий плотно к протопласту. Число и форма хроматофоров различны. Зеленый цвет эвгленовых водорослей обусловлен наличием хлорофиллов *a* и *b*. Кроме него присутствуют каротины и ксантофиллы. Запасной продукт – парамилон, производное глюкозы; он откладывается на наружных, выступающих из хроматофоров частях пиреноидов в виде скорлупок или в цитоплазме мелких зерен.

На переднем конце эвгленовых водорослей находится углубление, часто называемое глоткой. Оно является выводным концом для системы сократительных вакуолей, в которых скапливается жидкость с растворенными продуктами обмена веществ.

Движение эвгленовых водорослей совершается за счет метаболических изменений формы тела и с помощью жгута.

Размножение происходит продольным делением клетки пополам в подвижном или неподвижном состоянии. При неблагоприятных условиях у некоторых эвгленовых водорослей формируются покоящиеся цисты с толстыми оболочками. Половой процесс не доказан.

Эвгленовые водоросли – обычные обитатели небольших пресных стоячих водоемов, вызывающие при массовом развитии «цветение» воды. Этой группе растений свойственны все три основных типа питания: фототрофное, сапротрофное и голозойное (заглатывание оформленных частиц органического вещества или мелких организмов), иногда смешанное (миксотрофное).

Лабораторная работа № 8

Класс Эвгленовые – Euglenophyceae

Отдел состоит из класса Эвгленовые и несколько порядков, различия между которыми основаны главным образом на деталях строения жгутикового аппарата.

Порядок Эвгленовые (Euglenales)

У рода *эвглена* (*Euglena*) (рис. 52) клетки подвижные, веретено-, яйце- и лентовидные, цилиндрические, более или менее спирально закрученные. Передний конец суженный и закругленный, задний – заостренный, реже округлый или с узким шиповидным отростком. На переднем конце имеются стигма, пульсирующие вакуоли и отверстие глотки, с которой выходит один из жгутиков, а второй, короткий, находится внутри глотки. Ядро одно, хроматофоров от одного до нескольких, с пиреноидами или без них.

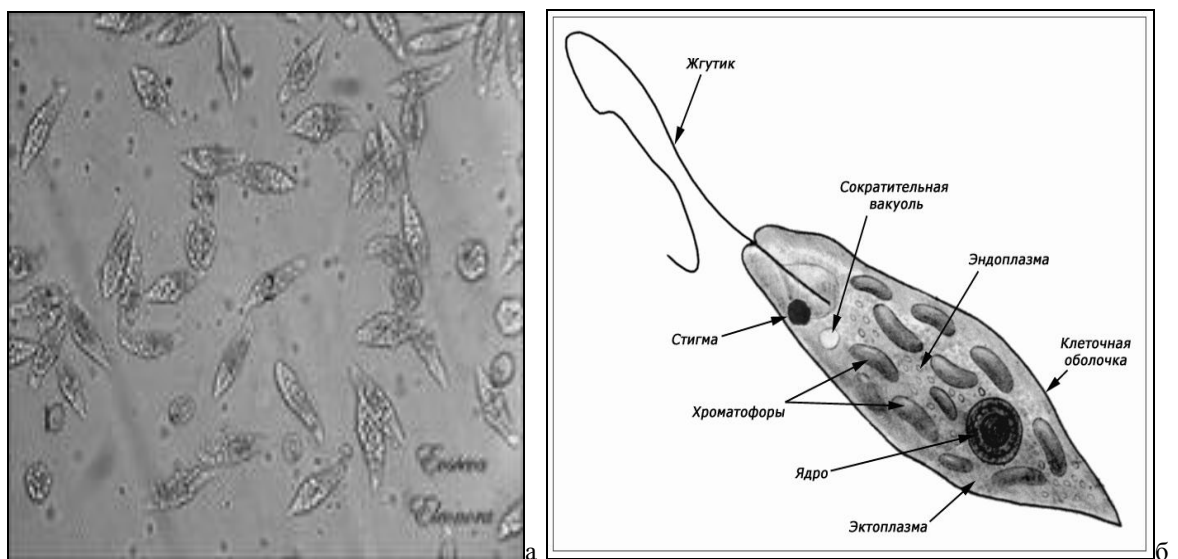


Рис. 52. Эвглена (*Euglena*):
а - общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Известно около 155 видов, распространенных преимущественно в небольших пресных водоемах (лужи, озера, реки), болотах, на мокрой почве. Некоторые виды вызывают «цветение» воды зеленого или красного цвета. Часто встречаются Э. зеленая (*E. viridis*), Э. спирогириная (*E. spirogyra*), Э. игольчатая (*E. acus*), Э. хвостатая (*E. caudate*), Э. изменчивая (*E. mutabilis*). Эвгленовые могут служить индикаторами качества воды.

Род *трахеломонас* (*Trachelomonas*) (рис. 53 а, б) включает свободноплавающие организмы со жгутиком и твердым домиком. Строение домика является характерным признаком вида. Домики имеют разную форму, как правило, бурю окраску и спереди отверстие для вывода жгутика. Стенки гладкие или с порами, сосочками, гранулами, шипами. Хроматофоры (два и более) зеленые, с пиреноидами или без них. Есть виды без хлорофилла – сапротрофы. При размножении клетка делится внутри домика: одна из дочерних особей выскальзывает через отверстие наружу и вырабатывает новый домик.

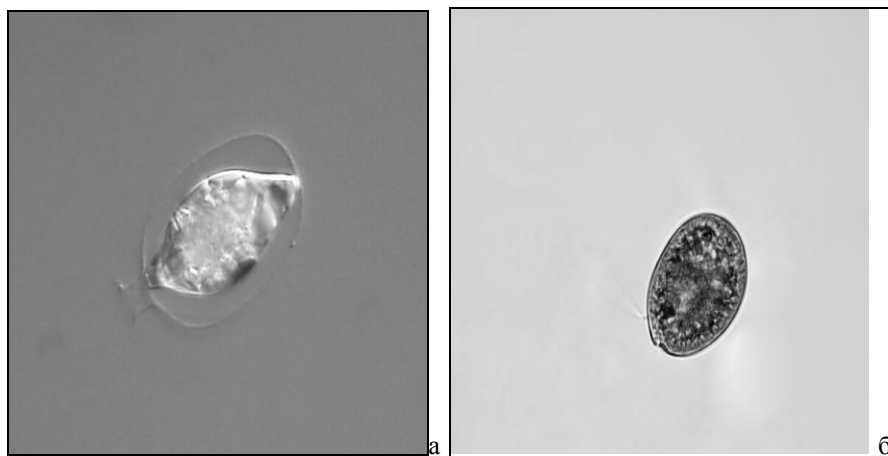


Рис. 53 а, б. Общий вид таллома трахеломонаса (*Trachelomonas*)

Известно около 200 видов, распространенных в мелких водоемах с пресной водой. Наиболее известны *T. вольвоксовый* (*T. volvocina*), *T. мелкощетинковый* (*T. hispida*), *T. вооруженный* (*T. armata*), *T. продолговатый* (*T. oblonga*), *T. яйцевидный* (*T. ovate*) и др.

У рода *факус* (*Phacus*) клетки плоскосжатые, более или менее штопоровидно скрученные, асимметричные, яйцевидные, овальные или шаровидные, с одним жгутиком, на заднем конце тела часто с бесцветным рулевым отростком. Пелликула плотная, бесцветная, со штрихами или рядами гранул, сосочков или шипиков. Хроматофоры многочисленные, мелкие, дисковидные, пристенные, без пиреноидов. Ядро одно (чаще в задней части клетки). В протопласте имеются зерна парамиллона.

Известно около 140 видов, распространенных в мелких непроточных водоемах или в прибрежной части озер и рек, загрязненных органическими

веществами. Наиболее распространены *Ф. длиннохвостый* (*Ph. longicauda*), *Ф. грушевидный* (*Ph. pyriforme*), *Ф. круглый* (*Ph. orbicularis*), *Ф. хвостатый* (*Ph. caudatus*) и др.

Задания

Рассмотреть при большом увеличении микроскопа и зарисовать клетки эвглены, факуса и трахеломонаса. Отметить особенности строения домика, бесцветный прямой отросток у факуса и горлышко или воронку у трахеломонаса, ядро, хроматофоры, жгутик на переднем конце тела (чтобы рассмотреть жгутики, надо окрасить препарат 2%-ным раствором метиленовой сини и йодом в йодистом калии).

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности строения и образа жизни эвгленовых водорослей?
2. Каково значение некоторых представителей эвгленовых водорослей для характеристики степени загрязненности воды?

Раздел 7. ОТДЕЛ ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ, ИЛИ ХРИЗОФИТОВЫЕ – CHRYSOPHYTA

Золотистые водоросли характеризуются большим морфологическим разнообразием. Среди них встречаются амебоидные, пальмеллоидные, монадные, коккоидные, трихальные, гетеротрихальные и даже пластинчатые талломы. В большинстве своем они являются одноклеточными, но могут быть колониальными и многоклеточными. Клетки у одних водорослей голые или покрыты перипластом и способны к метаболическим изменениям формы тела, у других одеты оболочкой из целлюлозы и пектиновых веществ. У некоторых представителей клетки покрыты панцирем, состоящим из кремниевых чешуек (иногда с шипами), или заключены в домики. Движение осуществляется при помощи 1-2, иногда 3-4 жгутиков, одинаковой или разной длины.

Золотисто-желтая, желто-зеленая или бурая окраска зависит от хроматофоров (одного или нескольких), расположенных в постенном слое цитоплазмы и имеющих корытовидную форму. В хроматофорах содержатся хлорофилл *a* и *c*, каротиноиды (β -каротин) и ксантофиллы (желтый лютеин и буроватый фукоксантин, а также антераксантин, зеаксантин, неоксантин и виолаксантин). Запасные продукты – хризоламинарин (лейкозин), масла, жиры. Ядро одно. У отдельных хризопит имеются 1-2 пульсирующие вакуоли и стигма. Ламеллы хроматофоров состоявляют пачки из трех или четырех тилакоидов. Тип питания большинства видов автотрофный и только у некоторых – гетеротрофный.

Размножение вегетативное (деление клетки на две или распад таллома на части); бесполое (одно-, двухжгутиковыми зооспорами, амебоидными

клетками, апланоспорами). У некоторых видов описан половой процесс по типу изо-, холо- или автогамии. В результате полового процесса и в неблагоприятных условиях образуются цисты с толстой окремневшей оболочкой. После периода покоя циста прорастает, образуя зооспоры.

Большинство хризофитовых – планктонные водоросли чистых, не загрязненных органическими веществами пресных водоемов. Некоторые живут в морях или ведут эпифитный образ жизни.

Лабораторная работа № 9

Класс Синуровые – *Synurophyceae*

Род *синура* (*Synura*) (рис. 54 а, б) представлен свободноплавающими сферическими колониями, лишенными общей слизистой обертки. Клетки соединяются в центре колонии своими концами, а их передние концы обращены наружу и несут по два гетероморфных жгутика. Каждая клетка одета пектиновой оболочкой, покрытой известковыми щитками. В протопласте находится ядро, два пластинчатых хроматофора, занимающих постенное положение, пульсирующие вакуоли. Размножается продольным делением клетки и распадением старых колоний, образуя цисты.

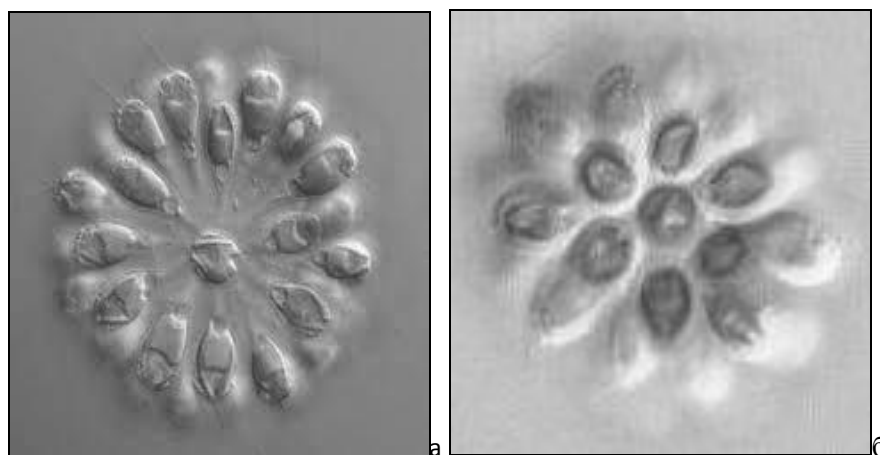


Рис. 54 а, б. Общий вид таллома синуры (*Synura*)

Известно 10 пресноводных видов. В планктоне и среди зарослей прибрежной растительности озер, болот и рек встречаются *С. сфагновая* (*S. sphagnicola*), *С. ягодковая* (*S. uvella*) и др.

Класс Хризокапсовые – *Chrysocapsophyceae*

Род *гидрурус* (*Hydrurus*) (рис. 55) представлен макроскопическими колониями (до 30 см) прикрепляющиеся основанием к подводным камням. Структура таллома – пальмелловидная. Вегетативные клетки таллома лишены жгутиков. В клетках различим один крупный хроматофор. Бесполое размножение осуществляется при помощи тетраэдрических зооспор, несущих

один жгутик. Обитает в больших количествах на камнях, бревнах, мхах, в холодных быстрых речках и ручьях. Питается фототрофно. Имеет неприятный запах.

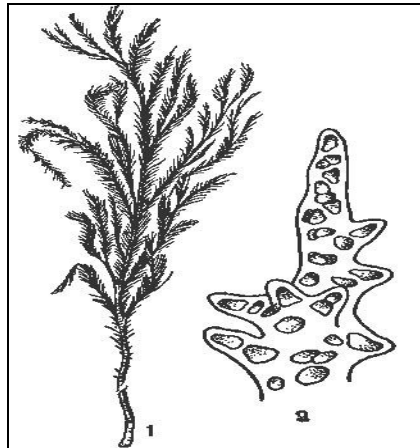


Рис. 55. Общий вид таллома гидруруса (*Hydrurus*)

Класс Хризосферовые – *Chrysothraerophyceae*

Род *хризосферия* (*Chrysothraeria*) характеризуется одноклеточным, имеющим коккоидную структуру таллома. Жгутики отсутствуют на протяжении всего онтогенеза водоросли.

Раздел 8. ОТДЕЛ ДИНОФИТОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ, ИЛИ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ – ДИНОФИТА

Динофлагелляты – организмы, сочетающие в себе самые невероятные признаки. Они очень разнообразны, известно около 2000 видов из этой группы. В основном это свободноживущие водные организмы. Около 80 % являются морскими, 20 % - пресноводными обитателями. Морские динофлагелляты составляют значительную часть морского планктона. Среди динофитовых водорослей довольно много криофильных организмов.

Отдел объединяет представителей, имеющих, в основном, одноклеточные монадные, реже коккоидные, амебоидные и пальмеллоидные организмы с 2 гетероконтными и гетероморфными жгутиками. Несколько видов динофлагеллят представляют собой нитчатые организмы из нескольких клеток. Расположенный вдоль продольной оси клетки жгутик сообщает ей поступательное движение, второй, перпендикулярный первому – вращательное движение. Многие представители имеют плотные целлюлозные пластинки, образующие клеточную стенку (теку). В хроматофорах содержатся пигменты хлорофилл *a* и *c*, каротиноиды, ксантофиллы, близкий к фукоксантину перидин. Питание у большинства динофитовых миксотрофное (наряду с автотрофным наблюдается и гетеротрофное). Запасной продукт – крахмал и

жир. Размножаются делением клетки, либо реже с помощью зооспор (с таким же расположением жгутиков, как и у вегетативной клетки). Половой процесс (изогамия) известен лишь у единичных представителей.

Массовое развитие динофитовых водорослей вызывает «цветение» воды, приводящее к гибели обитателей водоемов, вследствие выделения сакситоксина. Многие динофитовые входят в симбиоз с сине-зелеными водорослями, медузами, кораллами и т.д.

Лабораторная работа № 10

Класс Динофитовые (*Dinophyceae*)

Большинство представителей класса имеют монадные формы, некоторые достигли более высоких ступеней организации. Клетки дорзовентральны, имеют две бороздки: поперечную, охватывающую клетку по кольцу или по спирали, но не смыкающуюся полностью, и продольную, расположенную на брюшной стороне клетки. Имеют два гетероконтных и гетероморфных жгутика. неподвижных форм имеется настоящая двуслойная целлюлозная оболочка, у амeboидных форм – перипласт.

Монадные формы размножаются делением клетки на две части, каждая из которых позже вырабатывает недостающую половину. У других форм, кроме деления клеток, наблюдается образование зооспор, реже автоспор. Половое размножение в виде копуляции изогамет известно пока у немногих видов.

Динофитовые водоросли обитают в чистых пресных или соленых водоемах, встречаются в снегу.

Порядок Перидиниевые (*Peridinales*)

Порядок объединяет формы с монадной организацией. Клетки многих представителей одеты мощным панцирем и имеют ясно выраженное дорзовентральное строение. У других видов отсутствует клеточная стенка и панцирь (они одеты перипластом).

Род *перидиний* (*Peridinium*) (рис. 56) включает виды, имеющие шаровидный или яйцевидный коричневый панцирь, который состоит из постоянного числа пластинок. На поверхности панциря отчетливо выражены поперечная и продольная бороздки. Первая опоясывает спинную выпуклую сторону клетки, сходясь или расходясь обоими концами на брюшной, плоской или вогнутой стороне. Она делит клетку на две примерно равные части: переднюю (апикальную) и заднюю (антипикальную). Продольная бороздка перпендикулярна к поперечной и проходит по брюшной стороне половины клетки, лишь частично заходя и на переднюю половину. От места пересечения обеих ложбинок отходят жгутики. Щитки соединены между собой

поперечнополосатыми швами, за счет расширения которых происходит рост панциря.

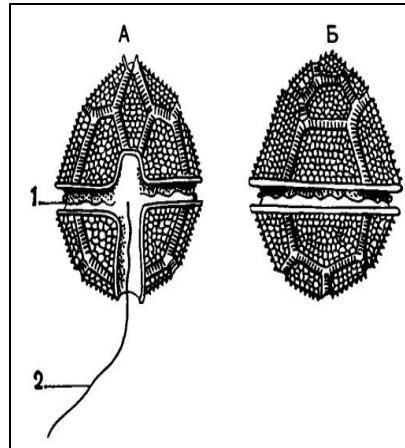


Рис. 56. Общий вид таллома перидиния (*Peridinium*)

В протопласте имеются крупное ядро и дисковидные хроматофоры. Пиреноиды отсутствуют. Размножение вегетативное (деление клетки вместе с панцирем на две части) или бесполое (зооспоры).

Известно около 200 видов, распространенных в пресных, солоноватых и морских водах (отдельные виды вызывают «свечение» воды). Чаще других встречаются *П. опоясанный* (*P. cinctum*), *П. палатинский* (*P. palatinum*), *П. болотный* (*P. palustre*), *П. Вилле* (*P. willei*) и др.

Род *цераций* (*Ceratium*) (рис. 57) характеризуется наличием выростов или рогов: одного длинного переднего и 2-3 коротких задних. Поперечная борозда окружает все тело церария в самом широком его месте, продольная начинается от поперечной и идет вниз.

Клетки подвижные, двухжгутиковые, сильно вытянутые в продольном направлении и сплюснутые в спинно-брюшном. Спинная сторона выпуклая, брюшная вогнутая. Протопласт четко разделен на экто- и эндоплазму. Хроматофоры многочисленные, дисковидные.

Размножение вегетативное – делением клетки вместе с панцирем. Обычно в конце вегетационного периода наблюдается цистообразование. У церария рогатого половой процесс анизогамный.

Известно около 80 видов, среди которых 3 пресноводные, остальные морские. Чаще встречаются *Ц. рогатый* (*C. cornutum*), *Ц. ласточковый* (*C. hirundinella*). Могут вызывать «цветение» воды, придавая ей буровато-белесую окраску.

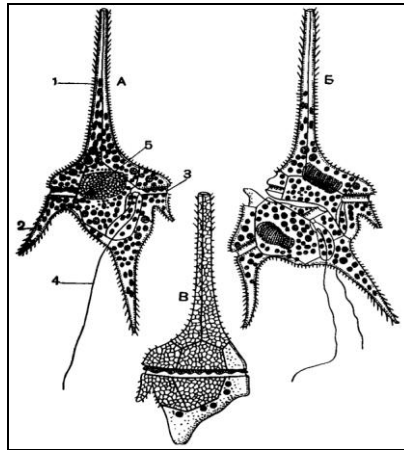


Рис. 57. Общий вид таллома церация (*Ceratium*)

Задания

Рассмотреть и зарисовать клетки перидиния и церация со спинной и брюшной стороны при большом увеличении микроскопа. На рисунке отметить форму, размеры и окраску водорослей, особенности строения щитков, слагающих панцирь, наличие поперечной и продольной бороздок и двух жгутиков.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности строения и образа жизни динофитовых водорослей?
2. Каковы особенности организации и размножения у динофитовых водорослей?
3. Каково значение динофитовых водорослей в природе и жизни человека?

Раздел 9. ЖЕЛТО-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ, ИЛИ РАЗНОЖГУТИКОВЫЕ – ХАНТНОРНУТА (HETEROCONTAE)

К этому отделу относятся одноклеточные, колониальные, многоклеточные (трихальные) и водоросли неклеточного строения (сифональные) с желтовато-зеленым цветом хроматофоров. По структуре таллома могут быть коккоидными, монадными, пальмелловидными, трихальными, сифоновыми. Подвижные вегетативные клетки и зооспоры имеют 2 жгутика разной длины и строения.

Жгутики (гетероконтные, гетероморфные) прикреплены или на переднем конце клетки или несколько сбоку от него. Один из них длинный, перистый, направлен при движении вперед, другой, короткий, гладкий, бечевидный, с утолщенным основанием, и тонким концом направлен несколько в сторону или назад. Хроматофоры, имеющие вид зерен или пластинок, большей частью без пиреноидов, содержат хлорофилл *a* и *c* или много каротиноидов (α -, β -

каротины) и ксантофиллов. Содержание каротиноидов не постоянно, и некоторые виды в культуре становятся оранжево-красными. В качестве запасного продукта откладывается масло в форме округлых капель, крахмал никогда не образуется.

Размножаются разножгутиковые обычно вегетативно и бесполом путем. У очень немногих известен половой процесс (изогамия или оогамия). Высокоразвитые виды относятся к типичным трихальным и сифональным организмам.

Лабораторная работа № 11

Класс Ксантотриховые – Xanthotrichophyceae

К классу относятся исключительно многоклеточные формы, характеризующиеся трихальной, гетеротрихальной и пластинчатой структурами таллома. Ксантотриховые объединяют наиболее высокоорганизованных представителей желто-зеленых водорослей.

Порядок Трибонемовые – Tribonematales

К этому порядку относятся многоклеточные, трихальные, прикрепленные или свободноплавающие водоросли, однорядные простые или разветвленные нити которых сложены цилиндрическими или бочонкообразными клетками. Оболочка состоит из 2 равных или неравных половинок и при разрыве клетка распадается на H-образные участки.

Виды рода *трибонема* (*Tribonema*) (рис. 58 а, б) распространены главным образом в различных пресных водоемах. Ее нити (трихальный таллом) вначале прикреплены к какому-либо субстрату с помощью базальной клетки. Потом вследствие отмирания базальной клетки они всплывают на поверхность и встречаются уже как свободноплавающие, в виде отдельных одиночных нитей среди других водорослей или сплетаются вместе в тину. Их появление обычно наблюдается при низких температурах.

Часто весной и осенью в холодной воде или в мягкие зимы, иногда даже подо льдом, начинается массовое развитие этой водоросли, нити которой образуют хорошо заметные невооруженным глазом зеленые клубки, пряди или хлопья. Летом они собираются в холодных, хорошо освещенных водах.

Виды трибонемы легко развиваются на агаре и жидких питательных средах. Характерными признаками, по которым нити трибонемы легко отличить служит двузубая вилочка, находящаяся в местах разрыва нити в виде 2 остриев и представляющая собой половинку оболочки оторвавшейся клетки, а также желтовато-зеленый цвет хроматофоров, которые при обработке препарата крепкой соляной кислотой становятся голубовато-зеленоватыми. Оболочка состоит из 2 одинаковых половинок, края одной из них находят на другую, а посередине клетки между ними расположены молодые участки оболочки, легко разрушающиеся. Половинки же соседних клеток

(«стаканчики»), представляющие собой более старые участки оболочки настолько прочно соединены друг с другом своими поперечными перегородками, т.е. доньшками «стаканчиков», что при разрыве нити на отдельные клетки образуются характерные Н-образные куски оболочки.



Рис. 58 а, б. Таллом трибонемы (*Tribonema*) в разрезе

Оболочка у разных видов либо тонкая, с не различным строением, либо толстая и тогда явственно Н-образная, бесцветная или коричневатая, часто слоистая, иногда слабоослизненная, дающая обычно реакцию на пектин.

В процессе роста получается своеобразная слоистость оболочки в продольном направлении. Косо идущие продольные полосы в оболочке трибонемы заметны на обеих половинках.

Известно 22 вида трибонем. Распространены преимущественно в прибрежной зоне различных водоемов на водных растениях, камнях, отдельные – в почве; часто образуют мягкие ватообразные, неослизненные, желто-зеленые дернинки. Повсеместно встречаются *T. обыкновенная* (*T. vulgare*), *T. зеленая* (*T. viride*), *T. меньшая* (*T. minus*), *T. ровная* (*T. aequale*) и др.

Класс Ксантосифоновые – Xanthosiphonophyceae

Для представителей класса ксантосифоновые характерна сифональная структура таллома. Внешне могут иметь сложную форму, но по строению протопласта представляют собой одну гигантскую многоядерную клетку. Как правило, таллом дифференцирован на окрашенную наземную и бесцветную подземную части.

Порядок Ботридиевые – Botrydiales

Род *ботридиум* (*Botridium*) (рис. 59 а, б) объединяет наземные прикрепленные сифональные водоросли, имеющие шаро-, груше- или булавовидную форму. Подземная часть у них представляет дихотомически разветвленную систему бесцветных ризоидов. Клетка покрыта пектиновой оболочкой, которая, пропитываясь известью, с возрастом грубеет. В постенном

слое цитоплазмы располагаются пластинчатые или дисковидные хроматофоры и многочисленные капли масла. Мелкие ядра видны только после окраски.

Размножается зооспорами, иногда авто- или апланоспорами. При неблагоприятных условиях (продолжительное высыхание) содержимое наземной части (шарика) перемещается в ризоиды и распадается на отдельные части, покрытые толстой оболочкой., образуя покоящиеся цисты – ризоцисты. С наступлением благоприятных условий ризоцисты прорастают в новые особи непосредственно или через стадию зооспор.

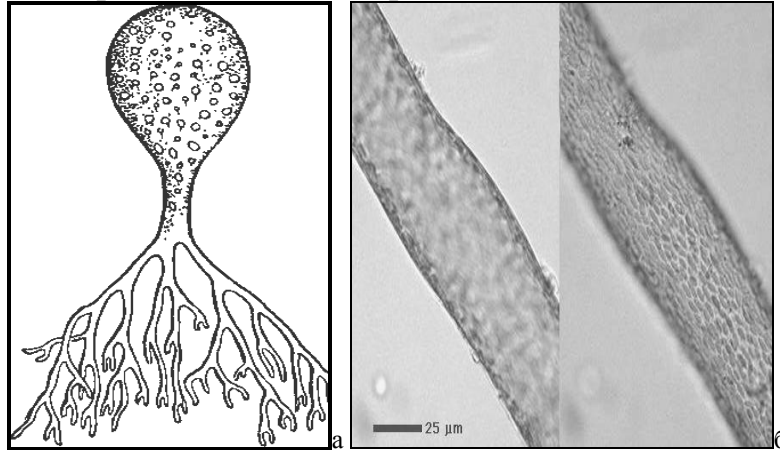


Рис. 59. Ботридиум (*Botridium*):
а - общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Известно более 10 видов. Типичными представителями рода являются *Б. зернистый* (*B. granulatum*) и *Б. толстокожий* (*B. pachydermum*). Развивается на глинисто-илистых отложениях берегов водоемов, на дне подсыхающих прудов, в колеях проселочных и лесных дорог, на влажной, богатой питательными веществами почвах с повышенным содержанием извести.

Род *вошерия* (*Vaucheria*) (рис. 60 а, б) представляет собой один из распространенных пресноводных водорослей. Зеленые нити ее можно встретить и на дне водоемов с быстро текущей водой, и в стоячих - у самого берега, или же в виде свободноплавающих нитей на поверхности, нередко образующих тину. Талломы вошерии можно обнаружить и на сильно увлажненной почве, где она образует зеленые бархатистые дерновинки в виде войлока.

Нити вошерии очень нежные. Таллом представляет собой как бы одну гигантскую разросшуюся клетку без перегородок и имеет вид слаборазветвленных толстых нитей светло-зеленой окраски, достигающих иногда нескольких сантиметров в длину. К субстрату прикрепляется бесцветным лапчато-ветвистым ризоидом. Клетка покрыта целлюлозной оболочкой, на протяжении таллома можно обнаружить и перегородки, которые образуются при отделении органов размножения и поврежденных участков.

В постенном слое цитоплазмы находятся многочисленные ядра, которые видны только после окраски, и зеленые зернистые или веретеновидные хроматофоры без пиреноидов, особенно отчетливо видимые при большом увеличении микроскопа. На протяжении всей нити встречается масло в виде округлых прозрачных капель. Нередко на одном из кончиков нити, несколько вздувшемся, можно заметить более темное и густое содержимое, а часто и перегородку, куполообразно выгнутую по отношению к вершине кончика нити. Перегородка отделяет кончик нити с более темным содержимым от остальной нити. Это зооспорангий, в котором в дальнейшем формируется одна зооспора. Зооспора очень округлая, овальной формы, голая, несущая по всей своей поверхности многочисленные пары жгутиков равной длины. Под каждой парой жгутиков в цитоплазме зооспоры располагается ядро, в более глубоких слоях – хроматофоры, а внутри находится большая вакуоль с неклеточным соком. Образованию зооспорангиев и появлению зооспор способствует слабое освещение, жизнь под водой и плохое питание. У некоторых видов вошерии вместо зооспор образуются крупные неподвижные апланоспоры.

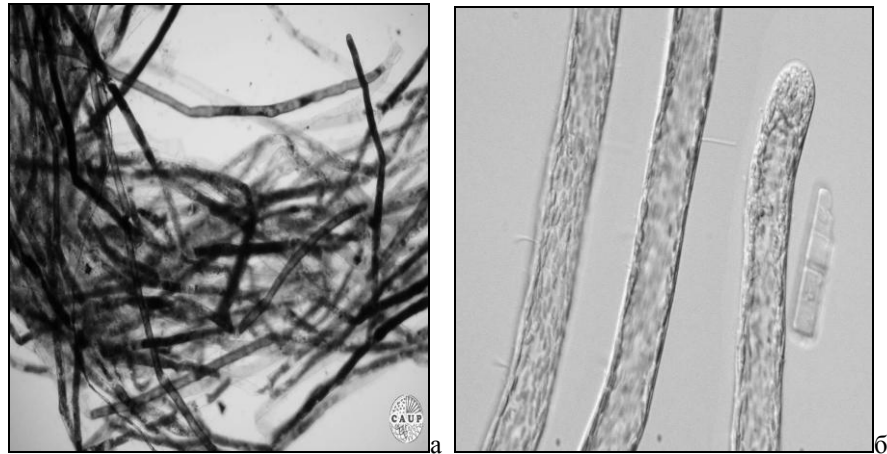


Рис. 60. Вошерия (Vaucheria):
а - общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Половой процесс оогамный (оогонии и антеридии). Антеридий образуется в виде боковых выростов цилиндрической формы. большей частью они загибаются в виде крючка или рога, в месте перегиба которых образуется перегородка, отделяющая собственно антеридий от базальной части. В антеридии содержатся много ядер и хроматофоров. Ко времени созревания весь протопласт делится на овальные или грушевидные сперматозоиды с 2 неравными жгутиками, которые выходят наружу через отверстие на вершине антеридия. Оогонии (один или несколько) мешковидной или овальной формы, содержат много ядер, целиком заполнены большим количеством хроматофоров и капель мала и вначале не отделены перегородкой от нити. К моменту созревания оогония в нем остается одно ядро, формируется одна яйцеклетка и появляется перегородка, отделяющая оогоний. Обращенная к антеридию часть оогония вытянута наподобие клюва и заполнена бесцветной

цитоплазмой. Перед оплодотворением оболочка оогония в этом месте разрывается, и небольшая часть бесцветного содержимого цитоплазмы выходит наружу, действуя, очевидно, хемотаксически на сперматозоиды, один из которых и проникает внутрь оогония через образовавшееся отверстие. После оплодотворения в оогонии развивается покрытая толстой слоистой оболочкой ооспора, содержащая большое количество крупных капель масла и гематохрома. После периода покоя диплоидное ядро ооспоры делится с редукцией числа хромосом, и она прорастает в новую гаплоидную нить.

Известно 62 вида, распространенных по всему земному шару – *V. сидячая* (*V. sesilis*), *V. крючковидная* (*V. hamata*), *V. вильчатая* (*V. dichotoma*) и др.

Многие виды вошерии широко распространены в различных пресных водоемах, на сильно увлажненной почве, немногие – морские.

Раздел 10. ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ – BACILLARIOPHYTA (DIAATOMOPHYTA)

Диатомовые водоросли – обширный отдел низших растений, чрезвычайно богатый видами (более 10000). Это одноклеточные и колониальные организмы микроскопически малых размеров, широко распространенные в бентосе и особенно в планктоне как морей и океанов, так и пресных вод с разным химическим составом и температурой. Некоторые виды обитают в верхних слоях почвы, на влажных скалах, в горячих источниках, на снегу и во льдах полярных областей. Ф. Нансен во время плавания на корабле «Фрам» наблюдал появление на льду бурых пятен (скопления диатомей), под которыми лед быстро таял.

Несмотря на большое разнообразие в строении отдельных форм и колонии им присущи общие специфические особенности в строении клетки и особенно клеточной оболочки. К наружному уплотненному слою протопласта клетки (плазмалемме) плотно примыкает панцирь из кремнезема (кремневого гидрогеля, подобного опалу). Поверх плазиолеммы формируется особый клеточный покров – панцирь. Помимо кремнезема в состав панциря входит примесь органических соединений и некоторых металлов (Al, Fe, Mg). Панцирь изнутри и снаружи покрыт тонким органическим слоем, состоящего из пектиновых веществ.

Панцирь пронизан перфорациями, которые служат для сообщения протопласта клетки с внешней средой.

Большая часть клетки занята вакуолью, цитоплазма располагается тонким постенным слоем, а у некоторых и в середине клетки, где помещается одно ядро, содержащее одно – восемь ядрышек, которые исчезают во время митоза.

Панцирь состоит из двух половинок, надевающих друг на друга, как крышка на коробку. Каждая половинка в свою очередь состоит из так называемой створки («донышка») и спаянного с ней пояскового кольца. Большая створка – эпитека (крышечка) охватывает своим поясковым кольцом поясковое кольцо меньшей створки – гипотеки (коробочки).

Очертания клетки зависят от ее положения, т.е. клетка может быть видна со створки, когда она лежит плашмя, или с пояска («в профиль»), когда видно, как пояски находят друг на друга. У некоторых диатомей в течение жизни образуются дополнительные поясковые кольца или вставочные ободки между створкой и пояском. На них часто развиваются септы, или неполные перегородки, разделяющие клетку на сообщающиеся между собой камеры.

В зависимости от конфигурации клетки и структуры створок одни диатомовые со стороны створки радиальную симметрию, другие – двустороннюю. Через первые можно провести не менее трех плоскостей симметрии, а через вторые – не более двух. Первые выделяют в класс центрические (*Centrophyceae*), а вторые – в класс перистые, или пеннатные (*Pennatophyceae*).

Оболочка клетки не гомогенна. Во-первых, электронно-микроскопические и цитохимические исследования показали, что снаружи панциря как и внутри него, располагается тонкий слой органического вещества. Во-вторых, на створках имеются характерные структуры. Они настолько постоянны и правильны, что имеют большое значение в систематике диатомей. Под микроскопом они видны как система точек, штрихов, ребер, ячеек и т.п. На самом же деле это или сквозные поры, или камеры, открывающиеся внутрь наружу, или чередующиеся более толстые и тонкие участки панциря. Их строение имеет разную степень сложности, а дно пронизано многочисленными отверстиями. Отверстия в стенке панциря, сообщающие протопласт клетки с окружающей средой от 10 до 75% площади створки.

Для многих планктонных форм характерны выросты на панцире. Клетки некоторых колониальных диатомей соединяются друг с другом при помощи этих выростов.

Некоторые бентосные диатомей из класса перистые способны к активному движению. Их содержимое сообщается с внешней средой продольной щелью или швом, проходящим или непосредственно по створковой стороне, или по особым выростам панциря – киям, расположенным вблизи длинной оси створки или по краю ее. С движением связаны так называемые узелки, или внутренние утолщения стенок створки, видимые под световым микроскопом как три небольшие круглые выпуклости: одна в центре и по одной на концах створковой стороны панциря.

Движение диатомей – сложный процесс, представляющий собой следствие перемещений цитоплазмы в шве и вертикальных каналах, проходящих в узелках. В движении принимают участие две системы органелл:

до 30 мелких, преломляющих свет частиц, расположенных вблизи в каждом конце клетки, и длинные фиброзные тяжи, или ленты, проходящие под швом. Светопреломляющие частицы выделяют локомоторное вещество через конечные поры и по всей длине шва; благодаря сокращению фиброзных тяжей локомоторное вещество выделяется, оставляя на субстрате слизистый след.

Цитоплазма располагается в клетке тонким постенным слоем, а у некоторых и в середине клетки, где помещается ядро. Остальная, большая часть клетки заполнена вакуолью. Хроматофоры у большинства постенные, бывают в разном количестве (один, два, много). Это или крупные пластинки, иногда с пиреноидом, или зернистые образования часто неправильной формы. Они имеют желтую или желто-бурую окраску и содержат хлорофиллы «а» и «с», β - и Σ -каротин, пять ксантофиллов. Мертвые клетки диатомей зеленеют, так как дополнительные к хлорофиллу пигменты разрушаются и выходят из клетки.

Продукты ассимиляции – масла, отлагающиеся в клетке в виде капель, волютин (или метахроматин) и хризоламинарин.

У большинства диатомей ядро помещается в цитоплазменном мостике в центре клетки, у немногих располагается вблизи одной из створок, имеет одно или несколько ядрышек и мелкие хроматиновые зерна. У некоторых диатомей по обе стороны от ядра находится пара диктиосом (аппарат Гольджи), обнаруживаемых под электронным микроскопом.

Размножаются диатомей, во-первых, вегетативным делением клеток, особенно интенсивно весной или в начале лета. Во-вторых, у них есть половой процесс. При вегетативных делениях масса протопласта увеличивается, вследствие чего обе половинки панциря отодвигаются друг от друга. Ядро митотически делится, затем протопласт разделяется пополам в плоскости, параллельной створкам. Каждый новый протопласт наследует половину панциря, а вторая образуется заново, причем у обеих дочерних клеток она будет меньшей – гипотекой. После чего две дочерние клетки у одиночно живущих форм расходятся, а у колониальных остаются соединенными своими створками. Так как окременевшие панцири клеток не способны растягиваться, то при каждом делении одна из дочерних клеток равна материнской (у которой эпитека переходит от материнской клетки), а другая становится меньше (у которой эпитекой служит гипотека материнской клетки). В результате последующих делений размеры клеток в популяции прогрессивно уменьшаются. Половой процесс изогамный, но у гамет отсутствуют жгутики. Перед половым процессом происходит мейоз, в результате чего формируются гаплоидные гаметы. При наступлении неблагоприятных условий формируются споры и покоящиеся клетки, богатые запасными продуктами, которые потребуются при прорастании.

Обычно уменьшение размеров клеток диатомей в ходе последовательных делений противопоставляется увеличению их в результате полового процесса. Однако этот процесс происходит и у неизмельчавших клеток, поэтому можно

предположить, что половой процесс зависит не только от уменьшения размеров клеток, но и от каких-то других факторов.

Известно, что диатомеи могут долго существовать без воды. По-видимому, протопласт их способен к перенесению неблагоприятных условий в состоянии анабиоза.

Могут быть ак эпизоонтами (на животных – от ракообразных до китов), так и эндобионты (в фораминиферах). В прибрежных водах, развиваясь в массе, приводят к «цветению» воды.

Створки не растворяются в большинстве природных водах, поэтому они осаждаются на протяжении последних 150 млн лет, начиная с раннего мелового периода.

Лабораторная работа № 12

Класс Центрические – *Centrophyceae*

Класс объединяет одноклеточные или колониальные формы, у которых клетки имеют радиальную симметрию, содержат многочисленные хроматофоры в виде дисков, зерен или мелких пластинок. Характерными особенностями являются отсутствие активной подвижности (панцирь у них без шва) и oogамный половой процесс. Представители в основном морские формы.

Порядок Косцинодисковые – *Coscinodiscales*

У представителей порядка клетки одиночные или соединены в нитевидные колонии. Панцирь линзовидный, эллипсоидный, шаровидный или цилиндрический. Створки круглые, иногда со вставочными ободками. Структура стенки створок представлена ареолами и ребрами, а также различного рода выростами.

У рода *мелозира* (*Melosira*) (рис. 61 а, б) клетки соединены створками с помощью слизи или шипами в плотные нитевидные колонии. Панцирь цилиндрический, бочонковидный, реже эллипсоидный или почти шаровидный. Диск створки плоский или выпуклый, иногда по краю с тонкой кольцевой пластинкой (киль). Многие виды на загибе створки имеют кольцевую бороздку. Хроматофоры многочисленные, пластинчатые.

Известно около 100 видов, распространенных в планктоне и бентосе пресных, солоноватых и морских водоемах. Чаще других встречаются *М. зернистая* (*M. granulate*), *М. изменчивая* (*M. varians*), *М. исландская* (*M. islandica*), *М. итальянская* (*M. italica*) и др.

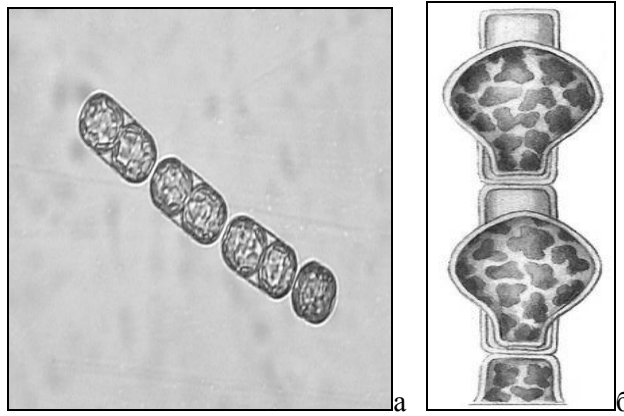


Рис. 61 а, б. Таллом мелозира (*Melosira*) в разрезе

У рода *циклотелла* (*Cyclotella*) (рис. 62 а, б) клетки одиночные, реже соединены в нитевидные колонии. Панцирь дисковидный. Створки круглые, тангентально-, радиально- или концентрически-волнистые. Краевая зона имеет радиально-простые или сложные штрихи, которые разделены ребрами. Центральное поле с радиальными или рассеянными точками или бесструктурное. Хроматофоры многочисленные, пластинчатые, примыкают к створкам.

Известно около 40 видов, распространенных преимущественно в планктоне пресных, реже солоноватых водоемов, очень редко в морях. Наиболее часто встречаются *Ц. Кютцинга* (*C. kützingiana*), *Ц. глазковая* (*C. ocellata*), *Ц. украшенная* (*C. comta*), *Ц. Менегини* (*C. meneghiniana*), *Ц. баденская* (*C. bodanica*) и др.

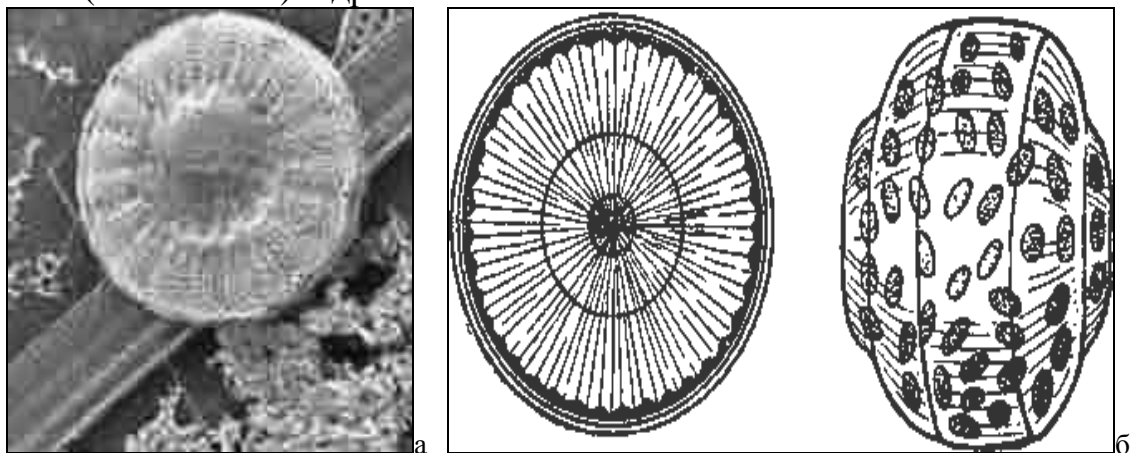


Рис. 62. Циклотелла (*Cyclotella*):

а – общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Класс Перистые, или Пеннатные – *Pennatophyceae*

Одноклеточные или колониальные водоросли. Клетки линейные или ланцетовидные, реже эллиптические или округлые, биполярные, с перистой структурой панциря. Среди них есть подвижные (со швом) и неподвижные. Половой процесс типа конъюгации. Класс содержит четыре порядка, различающихся в основном степенью развития шва (от бесшовных до обладающих каналовидным швом). Пресноводные и морские формы,

обитающие в бентосе на различных субстратах, и только единичные виды планктонные.

Порядок Бесшовные – Agraphales

Порядок объединяет одиночные и колониальные водоросли, в створках панциря которых отсутствует щелевидный шов.

Род *фрагилярия* (*Fragilaria*) (рис. 63 а, б) одноименного семейства объединяет виды, образующие длинные лентовидные колонии, соединяясь слизью или шипиками, расположенными по краю створки. Панцирь с пояска удлиненно-четырёхугольный или линейный. Створки могут быть от узколинейных до ланцетных, часто расширенных посередине с поперечными штрихами, иногда волнистые.

Известно около 100 видов. Наиболее часто встречаются *Ф. кротонская* (*F. crotonensis*), *Ф. короткоштриховая* (*F. brevistriata*), *Ф. капюшоновая* (*F. capucina*), *Ф. вздутая* (*F. inflata*), *Ф. средняя* (*F. intermedia*) и др.

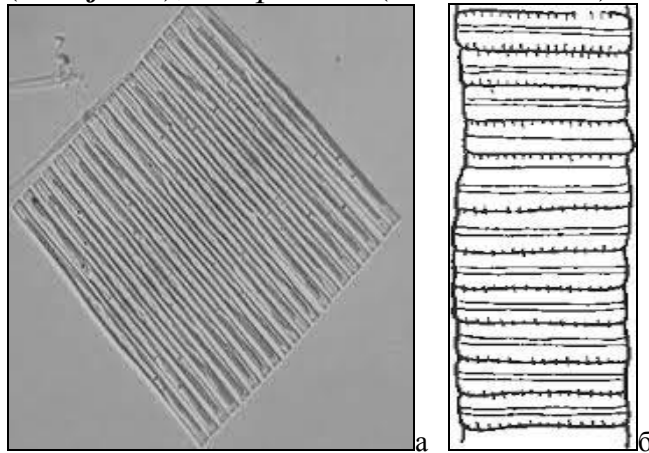


Рис. 63 а, б. Таллом фрагилярии (*Fragilaria*) в разрезе

Род *астерионелла* (*Asterionella*) (рис. 64 а, б) включает виды, образующие колонии в виде изящной звездочки. Каждая клетка представляет собой тонкую палочку со слегка расширенными концами. Панцирь тонкий, с пояска линейный. Вставочные ободки и септы отсутствуют. Штрихи слабые, поперечные, параллельные.

Встречается преимущественно в планктоне морей. В пресноводных водоемах известны *А. складная* (*A. formosa*) и *А. грациозная* (*A. gracillima*).

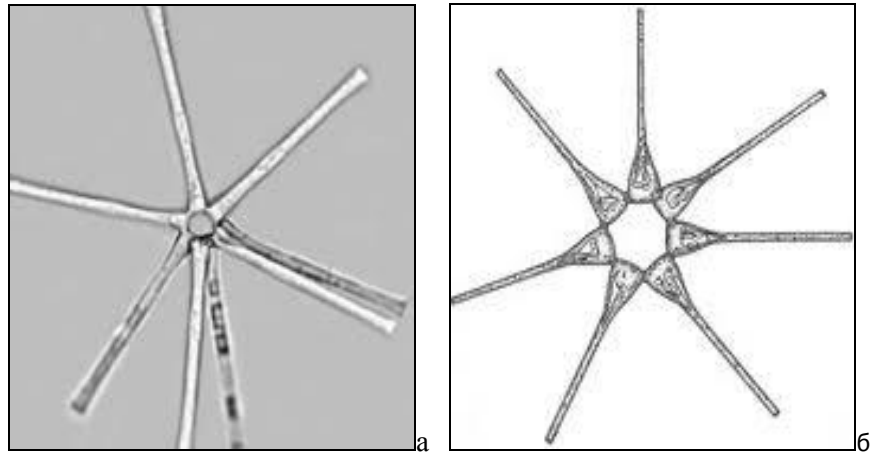


Рис. 64 а, б. Таллом астерионеллы (*Asterionella*) в разрезе

У рода табеллярия (*Tabellaria*) (рис. 65 а, б) одноименного семейства клетки соединены в ленто- или зигзаговидные цепочки. Панцирь со стороны пояска прямоугольный, со вставочными ободками и септами. Створки линейные, на концах или посередине расширенные. Поперечные штрихи тонко пунктирные.

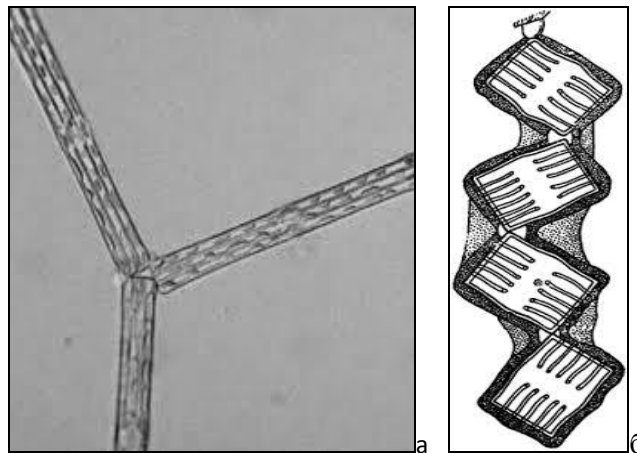


Рис. 65 а, б. Таллом табеллярии (*Tabellaria*) в разрезе

Известен 21 вид табеллярий, распространенных в основном в пресных, реже солоноватых водах. Наиболее часто встречается *T. продырявленная* (*T. fenestrata*).

У рода синедра (*Synedra*) (рис. 66 а, б) содержит виды, клетки которых живут одиночно или соединены в пучковидные колонии. Панцирь с пояска прямой, палочковидный, со створки – от линейного до ланцетного, на концах часто суженный, с поперечными штрихами. Большинство синедр на одном или обоих концах имеют по слизистой поре. Клетки свободно плавают или прикреплены к субстрату.

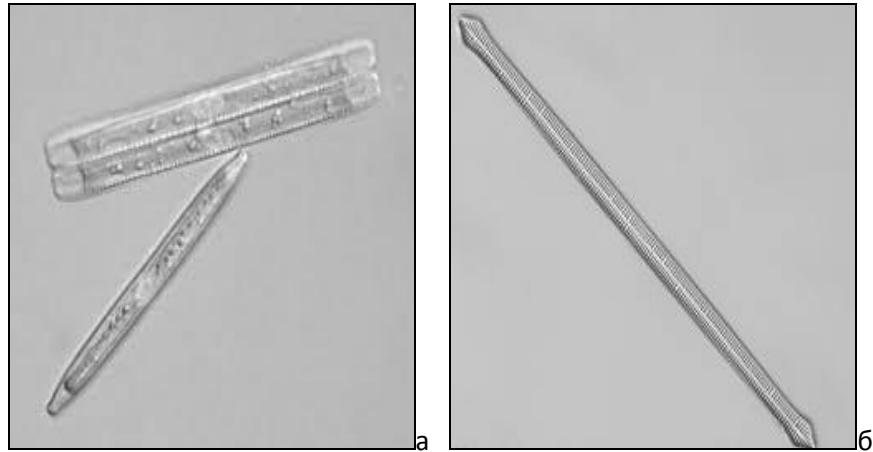


Рис. 66 а, б. Таллом синедры (*Synedra*) в разрезе

Известно более 100 видов. Наиболее распространены *S. игольчатая* (*S. acus*), *S. головчатая* (*S. capitata*), *S. локтевая* (*S. ulna*). Названные виды встречаются в пресных водоемах.

Порядок Одношовные – Monogaphales

Порядок включает виды, у которых на нижней стороне имеется шов, расположенный по ее продольной оси, а верхняя створка без шва, но с продольным гладким осевым полем. Обе створки с поперечными ребрами, чередующимися с поперечными рядами ареол.

Клетки обычно одиночные, прикрепляющиеся к субстрату нижней створкой или студенистыми ножками, реже они собраны в лентовидные колонии.

Род *кокконеис* (*Cocconeis*) (рис. 67 а, б) объединяет виды, клетки которых имеют эллипсоидную форму и прикрепляются к субстрату всей плоскостью нижней створки, снабжены швом. Створки с поперечными штрихами.

Известно около 100 видов, распространенных в пресных, морских и солонвоатых водоемах, часть из них – ископаемые. Преимущественно эпифиты в обрастаниях на водорослях и высших водных растениях. Встречаются *К. блиновидный* (*C. placentula*), *К. дисковатый* (*C. disculus*), *К. тюменский* (*C. thumensis*), *К. Скворцова* (*C. skvortzowii*).

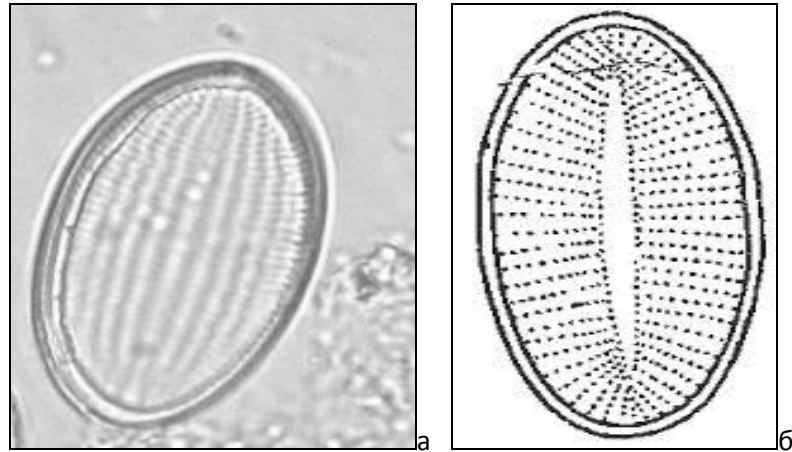


Рис. 67 а, б. Таллом кокконеиса (*Cocconeis*) в разрезе

Порядок Двушовные – *Diraphales*

Порядок объединяет водоросли, у которых панцирь имеет простой или сложный шов на обеих створках. Панцирь изо-, реже гетеропольный, иногда с камерами вдоль краев ободка. Створки в очертании линейные, эллипсоидные, изредка изогнутые S-образно. Структура стенки обеих створок одинаковая, представлена штрихами и ребрами или ареолами, расположенными поперечными рядами. Представители порядка живут большей частью одиночно, реже колониями в виде лент или кустиков.

Род *пиннулярия* (*Pinnularia*) (рис. 68 а, б), включает одноклеточные подвижные виды, встречающийся на дне или в обрастаниях у берегов в различных, преимущественно пресных водоемах. Предпочитают воды, бедные известью. Со створки эти одноклеточные водоросли имеют вид вытянутого эллипса. Вдоль створковой стороны посередине проходит шов в виде тонкой, слегка изогнутой линии. На обоих концах клетки и в середине находятся терминальные и центральные узелки. Края створки имеют четкий рисунок из параллельных ребрышек, не достигающих до линии шва, которые представляют собой перегородки узких поперечных камер на внутренней стороне створки. Вдоль обоих краев створки видны в профиль (так как размещаются на поясковых сторонах) крупные пластинчатые хроматофоры в виде двух узких полосок желто-бурого цвета. В центре клетки находится цитоплазмальный мостик, в котором лежит ядро. По обе стороны от мостика имеются вакуоли, капли масла и зерна волютина.

С пояска клетка имеет вид продолговатого прямоугольника и вся окрашена в желто-бурый цвет. В этом положении в ней видны все указанные органеллы и включения, но пояски панциря не несут никаких скульптурных утолщений и на изгибе створки видны только конечные участки перегородок между камерами. Узелки имеют вид сосочкообразных утолщений панциря. Размножаются вегетативным делением.

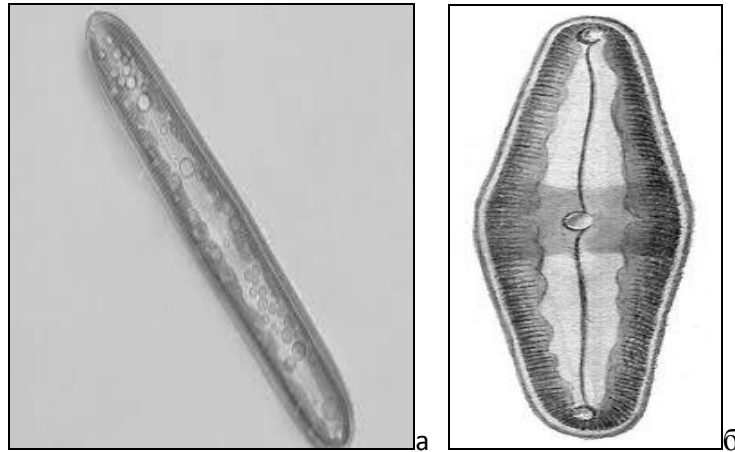


Рис. 68 а, б. Таллом пиннулярии (*Pinnularia*) в разрезе

Известно около 200 видов (часть видов ископаемые), распространенных преимущественно в прибрежной зоне и на дне пресных, реже солоноватых и морских водоемов. Широко распространены *П. большая* (*P. major*), *П. зеленая* (*P. viridis*), *П. горбатая* (*P. gibba*), *П. перетянутая* (*P. mesolepta*) и др.

У рода навикула (*Navicula*) (рис. 69 а, б) клетки одиночные, реже собраны в лентовидные или кустистые колонии; прямоугольные с пояска и лодочковидные, эллипсовидные, ланцетовидные или линейные со створки, с острыми, суженными, закругленными концами. В середине створки щелевидный шов с центральным и двумя концевыми узелками. Осевое поле линейное и ланцетное, часто есть центральное поле.

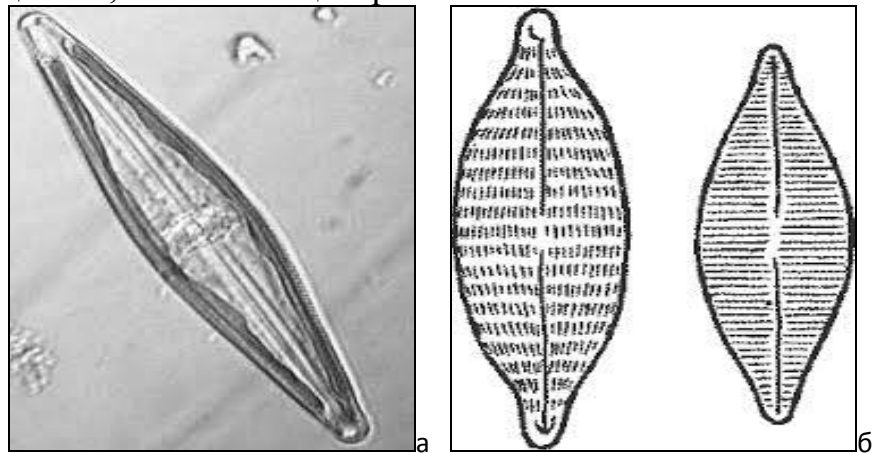


Рис. 69 а, б. Таллом навикулы (*Navicula*) в разрезе

Известно около 1000 видов. Наиболее распространенными в водоемах разного типа являются *Н. брюшная* (*N. gastrum*), *Н. венгерская* (*N. hungarica*), *Н. грациозная* (*N. gracilis*), *Н. ланцетная* (*N. lanceolata*), *Н. продолговатая* (*N. oblonga*), *Н. светло-зеленая* (*N. viridula*) и др.

Порядок Каналошовные – Aulonographales

Порядок объединяет виды, у которых панцирь в киле- или крыловидном выросте створки имеет каналовидный шов. Это в основном одиночные, подвижные, реже сидячие, неподвижные клетки, очень редко соединенные в лентовидные колонии. Структура обеих створок одинаковая, представлена ареолами, ребрами и другими элементами, расположенными поперечными рядами.

У рода нитциия (*Nitzschia*) (рис. 70 а, б) клетки одиночные, изредка соединенные в нитчатые или разветвленные колонии. Створки линейные, реже ланцетные или эллипсоидные. Киль по краю или ближе к оси створки. Килевые точки хорошо заметны. Поперечные штрихи гладкие или пунктирные, изредка в виде ребер.

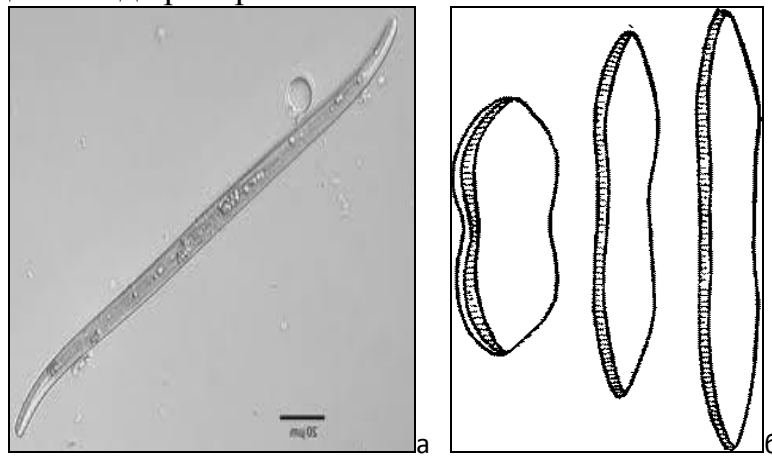


Рис. 70 а, б. Таллом нитциии (*Nitzschia*) в разрезе

Известно около 600 видов. Встречаются преимущественно в бентосе литеральной части водоемов, реже в планктоне или почве. Повсеместно распространены *N. маленькая* (*N. parvula*), *N. тупая* (*N. obtusa*), *N. игловидная* (*N. acicularis*), *N. кластериевидная* (*N. closterium*) и др.

Род бациллярия (*Bacillaria*) (рис. 71 а, б1, б2) объединяет виды со своеобразным движением клеток. У этих водорослей палочко- или веретеновидные клетки соединены створками в лентовидные колонии, в которых они движутся одна относительно другой, изменяя форму колонии. Киль центральный. Штрихи на створке пунктирные.

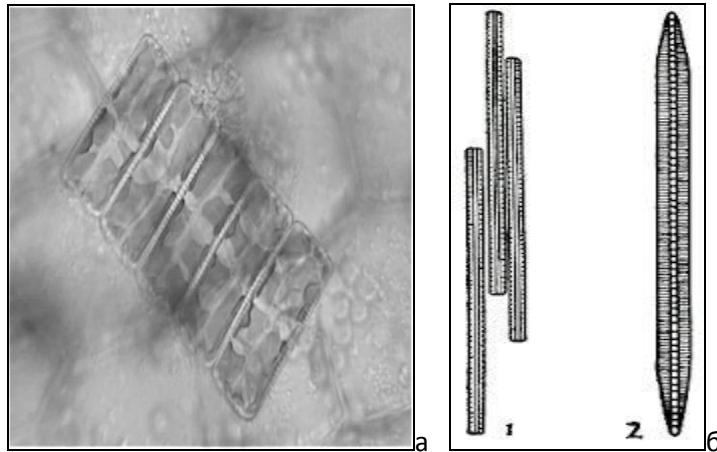


Рис. 71 а, б1, б2. Таллом бацилляррии (*Bacillaria*) в разрезе

Известны 4 вида. Широко распространена в пресных водоемах *Б. странная* (*B. paradoxa*).

Задания

1. Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа клетки циклотеллы и мелозиры. Зарисовать их со стороны пояска, а циклотеллы и со створки. На рисунке отметить оболочку, радиальные штрихи или ребра, многочисленные дисковидные хроматофоры у мелозиры и пластинчатые у циклотеллы.

2. Изучить и зарисовать пиннулярию в двух положениях: со створки и с пояска. На рисунке со стороны створки отметить скульптуру кремнеземного панциря, S-образный шов, три узелка, ребра по краю створки, а в цитоплазматическом мостике – ядро, два пластинчатых хроматофора и вакуоль. На рисунке со стороны пояска обозначить две створки – эпитеку и гипотеку, пектиновую оболочку.

3. Отыскать на препарате и зарисовать в двух положениях навикулу, которая сходна с пиннулярией, но отличается от последней более суженными концами створок. На рисунке обозначить эпитеку, гипотеку, загиб, вставочные ободки, шов, полярные и центральные узелки.

4. Рассмотреть и зарисовать строение колонии фрагилярии, астрионеллы, табелляррии, синедры, нитцшии и бацилляррии. Обратит внимание на форму и размеры клеток и колоний.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите строение кремнеземного панциря диатомовых водорослей.
2. Какими пигментами определяется окраска диатомей?
3. Какие типы размножения известны у диатомовых водорослей?
4. На какие классы делятся диатомовые водоросли и чем они отличаются по строению, образу жизни и распространению в природе?

5. Чем обусловлена подвижность дитомей и какой их группе она преимущественно свойственна?
6. Как происходит половой процесс у диатомовых водорослей?
7. Каково значение диатомей в природе и жизни человека?

Раздел 11. ОТДЕЛ БУРЫЕ ВОДОРΟΣЛИ – РНАЕОРНУТА

Для водорослей этого отдела характерны хроматофоры, окрашенные в бурый цвет благодаря тому, что помимо хлорофиллов *a* и *c* (хлорофилл «б» отсутствует) и β -каротина имеется избыток бурых ксантофиллов, особенно фукоксантина.

Хлоропласты, или хроматофоры, помимо оболочки окружены сложной системой мембран, находящейся в прямой связи с оболочкой ядра – «хлоропластной эндоплазматической сетью». Матрикс хлоропласта пересекается параллельными трехтилакоидными ламеллами, окруженными или несколькими периферическими (опоясывающими) ламеллами. Свободный от тилакоидов пиреноид выступает из хлоропласта в виде почки. Генофор кольцевидный, находится под периферическими ламеллами. Запасной полисахарид – ламинарин – откладывается вне хлоропласта в цитоплазме. Помимо ламинарина запасными продуктами служат углеводы, глюкоза, шестиатомный спирт маннит и жиры. Монадные клетки (зооспоры и гаметы) имеют глазок и жгутики. Глазок – часть пластиды, связан со жгутиковым аппаратом. Жгутики, как правило, в числе двух (у диктиотовых – один), гетероконтные и гетероморфные. Мембрана переднего, обычно более длинного жгута на своей поверхности несет сложно устроенные мастигонемы, которые состоят из трех частей: 1) базальной части (не трубчатой), которая прочно приклеивается к мембране жгута, 2) микротрубчатой части, образованной рядами глобулярных субъединиц, и 3) одной – трех терминальных нитей из одного ряда глобулярных субъединиц. Мастигонемы формируются внутри клетки в одетых мембраной пузырьках, по-видимому, отшнуровывающихся от перинуклеарного пространства (области между двумя мембранами ядерной оболочки). По мере образования мастигонемы выделяются на поверхности клетки вблизи места отхождения переднего жгута, к мембране которого они и прикрепляются. О роли мастигонем пока ничего не известно. Задний (обычно более короткий) жгут гладкий, его основание, прилегающее к глазку, несет вздутие. У гамет эктокарпуса как передний жгут с трубчатыми мастигонемами, так и задний гладкий жгутик несут длинный, часто спирально закрученный терминальный придаток – акронему, в которую из стержня жгута переходят две центральные микротрубочки. С помощью акронемы переднего жгута мужской гаметы осуществляется начальный контакт ее с остановившейся и втянувшей свои жгутики женской гаметой. Сперматозоиды диктиотовых характеризуются лишь одним передним жгутом.

За немногими исключениями бурые водоросли – макроскопические организмы, живущие в морской воде, особенно богато представленные в холодных водах северного полушария, пресноводных – 10 видов. По морфологической и анатомической дифференцировке таллома они стоят на более высоком уровне, тип организации таллома - многоклеточная. Таллом самых простейших из ныне живущих бурых водорослей трихальный, гетеротрихальный, у громадного же большинства талломы крупные, компактные ложно- или истиннотканевого строения (пластинчатый).

Клетки имеют сильно ослизняющиеся стенки, содержат одно ядро, одну или много вакуолей, обычно постенные хроматофоры различной формы. Клетка одета твердой оболочкой, состоящей из целлюлозы, альгиновой кислоты и ее солей и сульфатированных полисахаридов. У большинства видов в клетках нет пиреноидов.

Размножение вегетативное, бесполое и половое. Вегетативное размножение осуществляется участками таллома. У некоторых имеются специализированные веточки (выводковые почки), которые легко отламываются и вырастают в новые талломы. Бесполое размножение у большинства бурых водорослей происходит посредством зооспор, образующихся в одногнездных или однокамерных спорангиях, которые развиваются на диплоидных растениях (спорофитах) и в которых перед формированием зооспор ядро редукционно делится. У представителей порядка диктиотовых (*Dictyotales*) в одногнездных спорангиях (тетраспорангиях) вместо зооспор, также после редукционного деления ядра, образуются четыре неподвижные апланоспоры – тетраспоры. Гаплоидные зооспоры и тетраспоры прорастают в гаплоидные половые растения – гаметофиты, на которых образуются половые органы. У простейших бурых водорослей половой процесс изогамный, гаметы развиваются в многогнездных или многокамерных спорангиях, состоящих из большого числа (до нескольких сотен) мелких кубических клеток. Протопласт каждой клетки превращается в одну гамету. У ряда бурых водорослей наблюдается гетерогамия, причем гаметы также образуются в многокамерных спорангиях. Спорангии двух видов: одни состоят из большого числа мелких клеток, другие – из меньшего количества более крупных клеток. Соответственно в первых формируются мелкие микрогаметы, а во вторых – крупные макрогаметы.

У наиболее высокоорганизованных бурых водорослей половой процесс оогамный. В оогониях и антеридиях, как правило, образуется по одной гамете (яйцеклетке и сперматозоиду соответственно). Исключение составляют представители порядка фукусовые (*Fucales*), в антеридиях которых развиваются 64 сперматозоида, а оогонии у некоторых родов содержат более одной (две, четыре, восемь) яйцеклетки; например, у рода фукус (*Fucus*) в оогонии образуется восемь яйцеклеток. Антеридии диктиотовых имеют вид многокамерных спорангиев, в каждой камере развивается по одному сперматозоиду, снабженному в отличие от монадных клеток всех остальных

бурых водорослей только одним жгутиком. Яйцеклетка оплодотворяется всегда вне оогония. Зигота без периода покоя прорастает в диплоидное растение.

У всех бурых водорослей, за исключением представителей порядка фукусовых, у которых отсутствует бесполое размножение и которые являются диплоонтами, наблюдается смена генераций: у одних изоморфная, у других гетероморфная. Эти разные типы жизненного цикла положены в основу современного деления отдела бурых водорослей (Phaeophyta) на три класс (группы порядков): изогенератные (Isogeneratae), характеризующиеся изоморфной сменой генераций, генерогенератные (Heterogeneratae), включающие бурые водоросли с гетероморфной сменой генераций, и циклоспоревые (Cyclosporeae) с одним порядком фукусовые, где смена генераций отсутствует.

Крупные бурые водоросли находят большое применение в хозяйстве человека. Из них добывают альгин – клеящее вещество, используемое в текстильной, пищевой и ряде других отраслей промышленности. В приморских странах выбросы морских водорослей, богатые калием и азотом, употребляются в качестве удобрения, а также используют на корм скоту. Некоторые, например ламинария («морская капуста»), съедобны и используются в медицине.

Лабораторная работа № 13

Класс Изогенератные – Isogeneratophyceae

У большинства водорослей класса споро- и гаметофит одинаковы по форме и величине, у некоторых может наблюдаться различие по форме таллома.

Порядок Эктокарповые – Ectocarpales

Порядок включает виды с гетеротрихальной структурой таллома, имеющего вид ветвящихся или неветвящихся нитей, которые отходят часто от базальных нитей или корочек. Рост обычно диффузный, у большинства представителей отсутствует хорошо выраженная меристема. Половое размножение изо- или гетерогамия, жизненный цикл с изоморфной (или слегка гетероморфной) сменой генерации. Органами размножения служат одно- и многогнездные вместилища. Одногнездные всегда являются спорангиями, а многогнездные могут функционировать и как гаметангии.

Встречаются во всех морях мира, предпочитая холодные воды Севера.

Род *эктокарпус* (*Ectocarpus*) (рис. 72 а, б) имеет вид желтовато-бурых кустиков, достигающих в длину нескольких сантиметров. Он состоит из стелющихся по субстрату нитей, от которых отходят вертикальные нити из одного ряда клеток, обильно ветвящиеся. Ветви вертикальных нитей часто оканчиваются многоклеточными бесцветными волосками. У стелющихся по субстрату нитей рост вершущечный. Рост вертикальных нитей у большинства

видов диффузный, лишь у некоторых видов у основания волосков дифференцируется ясно выраженная интеркалярная (вставочная) меристема, еще реже встречается верхушечный рост. Клетки нитей содержат несколько удлиненных хлоропластов, каждый с несколькими пиреноидами.

Бесполое размножение осуществляется при помощи зооспор. Они развиваются на диплоидных спорофитах с одногнездных спорангиях – конечных клетках боковых ветвей. Содержимое их распадается на ряд голых зооспор, которые выходят через разрыв стенки спорангия. Обычно 32 зооспоры выходят в желатиновом матриксе и редко сохраняют подвижность более чем в течение 30 мин. Образованию зооспор предшествует редукционное деление ядра, и гаплоидные зооспоры вырастают в гаплоидные гаметофиты, размножающиеся половым путем. Гаметы формируются в многогнездных спорангиях – измененных боковых ветвях. Они имеют вид кукурузных початков и могут состоять из 660 кубических клеток. В каждой из которых формируется по одной гамете. Хотя гаметы внешне одинаковы и половой процесс изогамный, по поведению различают женские и мужские гаметы. Первые быстро теряют подвижность, вторые могут оставаться подвижными до 24 ч. Остановившись женская гамета выделяет пахучее, сильнолетучее вещество – углеводород эктокарпен, привлекающий мужские гаметы (эктокарпус – первый род, для которого определили половой феромон). Они роем окружают женскую гамету и прочно прикрепляются к ее мембране с помощью акронемы переднего жгутика. Затем передний жгутик одной из мужских гамет сокращается, сближаясь с женской гаметой, и сливается с ней. Остальные мужские гаметы уплывают. Слияние происходит задними концами клеток. Зигота без периода покоя прорастает в диплоидный спорофит. Т.о., эктокарпус обнаруживает изоморфную смену генераций; в зависимости от климатических условий в ней могут быть отклонения. Так, в некоторых местообитаниях на спорофитах эктокарпуса помимо одногнездных спорангиев наблюдаются многогнездные – нейтральные спорангии. В отличие от многогнездных спорангиев, развивающихся на гаметофитах и являющихся гаметангиями, они образуют в своих клетках зооспоры – нейтральные споры. Эти споры диплоидны, так как перед их формированием редукционное деление ядра не происходит. Нейтральные споры прорастают в диплоидный спорофит, т.о., спорофит может сам себя воспроизводить. Гаметофит также может сам себя воспроизводить, когда в многогнездных спорангиях формируются гаплоидные зооспоры, из которых развиваются гаплоидные гаметофиты.

У эктокарпуса имеются и дополнительные пути развития, причем гаметофиты могут быть гаплоидными и диплоидными, а спорофиты – гаплоидными, диплоидными и тетраплоидными. Так, из зооспор, возникающих в результате мейоза, могут развиваться не только гаплоидные гаметофиты, но и гаплоидные спорофиты. Это явление называется гетеробластия. На гаплоидных спорофитах могут формироваться как нейтральные

многогнездные зооспорангии, так и одногнездные зооспорангии, в которых формируются гаплоидные зооспоры, прорастающие или в гаметофит, или опять в спорофит. В потомстве наблюдаются и небольшой процент диплоидных спорофитов, которые, как полагают, возникают в результате спонтанной диплоидизации. Партеногенетическое развитие гамет приводит исключительно к развитию гаплоидных спорофитов. Иногда из зооспор многогнездных спорангиев этих спорофитов могут спонтанно развиваться тетраплоидные спорофиты; зооспоры их одногнездных зооспорангиев могут прорасти как в диплоидные спорофиты, так и в диплоидные гаметофиты.

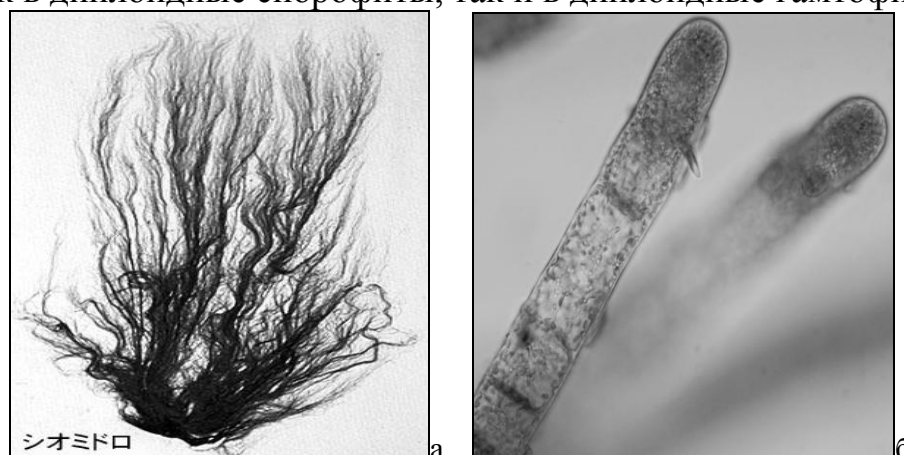


Рис. 72. Эктокарпус (Ectocarpus)
а – общий вид гетеротрихального таллома, б – таллом в разрезе

Порядок Сфацеляриевые – Sphacelariales

Порядок включает водоросли с жесткими кустистыми слоевищами высотой от нескольких миллиметров до 30 см; ветви цилиндрические. В отличие от других бурых водорослей каждая ветвь оканчивается крупной клеткой, за счет деления которой водоросли имеют строго верхушечный рост. Для их слоевища характерно основание в виде корковидной пластинки из нескольких слоев клеток.

Вегетативное размножение происходит посредством столонов (нитей из нескольких рядов клеток, стелющихся по грунту) или специальных вегетативных почек, отделяющихся от ветвей.

У видов порядка существует изоморфная смена поколений.

Род *сфацелярия (Sphacelaria)* (рис. 73 а, б) встречается во всех морях. Таллом имеет вид кустиков высотой до 4 см, состоящего из пластинчатой «подошвы» и отходящих от нее разветвленных нитей. Каждое разветвление нити на вершине несет крупную клетку, которая делится только в поперечном направлении и обуславливает нарастание таллома в длину. Отчленивающиеся таким образом клетки в дальнейшем делятся в продольном направлении, благодаря чему образуются узкие клетки, и таллом становится многослойной и внешне состоящей как бы из члеников.

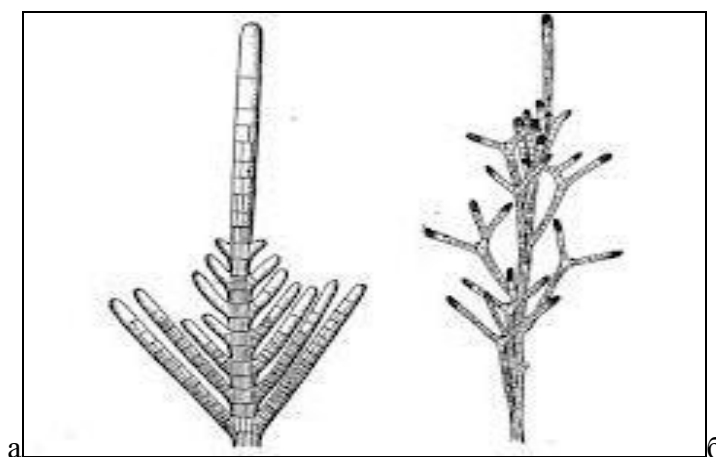


Рис. 73. Общий вид сфацелярии (*Sphaecelaria*):
а – кончик таллома с верхушечными клетками; б – участок таллома с
выводковыми почками

Порядок Кутлериевые – *Cutleriales*

Порядок включает бурые водоросли, для которых характерно трихоталлическое строение слоевища за счет зоны роста, располагающейся в базальной части многоклеточных волосков, которые находятся на краях пластинчатого слоевища или на вершине ветвей кустистого таллома. Клетки зоны роста делятся, отчленяя клетки в сторону периферии и к слоевищу. Периферические клетки обеспечивают рост волосков по мере их старения и отмирания, а слоевищные соединяются в плотные паренхиматические пластинчатые образования талломов. С возрастом слоевище дифференцируется на более мелкие окрашенные клетки коры и крупные бесцветные клетки сердцевины.

Этим водорослям свойственна изо- и гетероморфная смена поколений. Половой процесс у них гетерогамный. При этом морфологически различны не только гаметофиты, но и гаметангии: женские имеют крупные камеры и меньшее количество гамет, мужские содержат множество гамет в мелких гнездах.

Род *кутлерия* (*Cutleria*) (рис. 74) служит классическим примером гетероморфной смены форм развития. У гаметофита слоевище однолетнее, вертикальное, веерообразное или кустистое, высотой до 15 см. Гаметангии развиваются на разветвленных или простых однорядных выростах. Слоевище спорофита одно- или многолетнее, корковидное, диаметром до 10 см. В спорангиях образуется от 8 до 32 зооспор. Морфологически зооспоры одинаковы, но из них развиваются раздельнополые женские и мужские гаметофиты в виде кустиков. На женских гаметофитах в макрогаметангиях возникают макрогаметы, на мужских в микрогаметангиях формируются 64 микрогаметы. После оплодотворения зигота без периода покоя прорастает в спорофит.

Характер цикла развития кутлерии зависит от экологических условий.

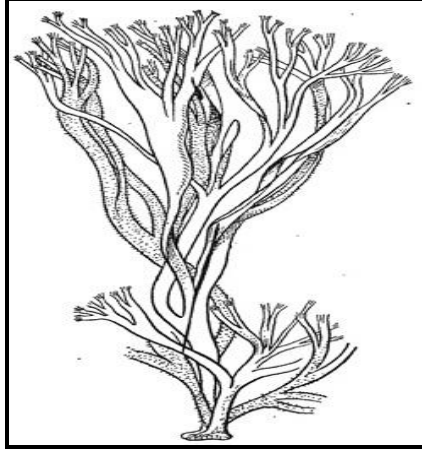


Рис. 74. Общий вид кутлерии (*Cutleria*)

Порядок Диктиотовые – Dictyotales

Порядок объединяет виды, которые характеризуются апикальным ростом и обычно дихотомическим ветвлением в одной плоскости. Бесполое размножение посредством апланоспор (тетраспор). Половой оогонный. Смены форм развития изоморфная.

Большинство растут в тропических и субтропических морях. Довольно часто они встречаются в Черном и Японском морях.

Род *диктиота* (*Dictyota*) (рис. 75 а, б1-б4) характеризуется вильчато-разветвленным слоевищем с плоскими, обычно расположенными в одной плоскости ветвями без продольного ребра. Таллом развивается из цилиндрического ризома, прикрепленного к субстрату ризоидами. Вершина каждой ветви оканчивается одной крупной клеткой. Внутри ветвей находится слой крупных бесцветных клеток, окруженный снаружи корой из одного слоя мелких интенсивно окрашенных клеток.

На спорофитах из поверхностных коровых клеток развиваются сорусы одногнездных спорангиев, где образуется по четыре неподвижные тетраспоры. Тетраспоры прорастают в гаметофиты. Двудомные растения: на женских гаметофитах формируются сорусы одногнездных оогониев с одной яйцеклеткой в каждом. Антеридии образуются на мужских гаметофитах. Яйцеклетки выпадают из оогония и в воде оплодотворяются сперматозоидами. Зигота сразу же прорастает в новое растение – спорофит. Наиболее широко распространена *Д. дихотомическая* (*D. dichotoma*).

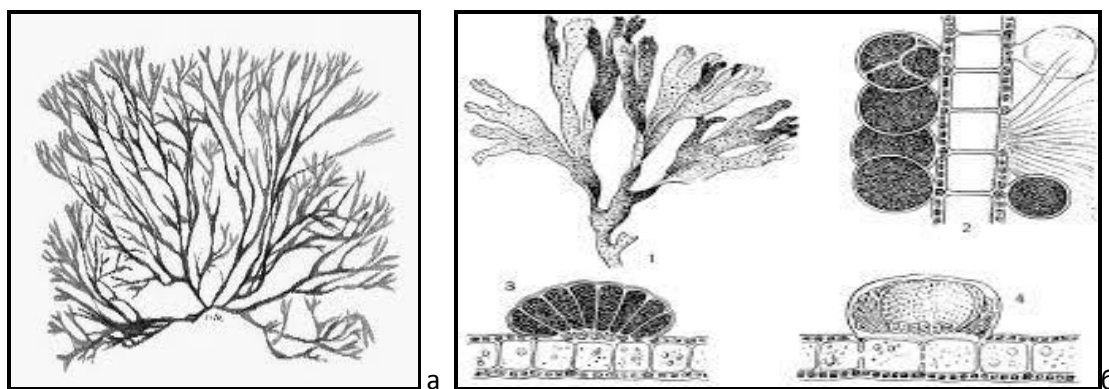


Рис. 75. Диктиота (*Dictyota*):

а, б1 - общий вид таллома; *б2* – продольный разрез таллома с тетрасорангиями;
б3, б4 – разрезы талломов с женскими и мужскими гаметангиями

Род *дилофус* (*Dilophus*) сходен с диктиотой, только у его представителей внутри ветвей имеется не один, а два и более слоев бесцветных клеток.

Род *падина* (*Padina*) (рис. 76 а, б) включает виды с плоским, веерообразным слоевищем, целым или с несколькими вертикальными разрывами. На поверхности хорошо выражены концентрические полосы, соответствующие рядам волосков. Наружные слои падины представляют собой мелкоклеточную кору, срединная же часть таллома составлена из крупных бесцветных клеток. Цикл развития падины такой же, как и у диктиоты, с той лишь разницей, что падина однодомная: оогонии и антеридии образуются на одном и том же растении.

Наиболее известна *П. павлинья* (*P. pavonia*). Этот вид встречается у берегов Южной Европы и у атлантических берегов Центральной Америки, а также в Черном море.

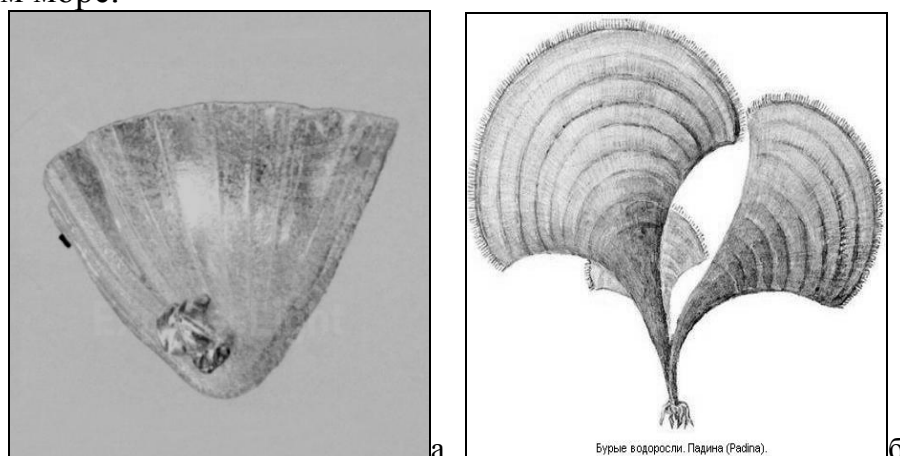


Рис. 76 а, б. Общий вид падины (*Padina*)

Класс Гетерогенератные – *Heterogeneratophyceae*

В цикле развития чередуются макроскопический (у многих видов представлен крупными многолетними сложными формами) спорофит и микроскопический мелкий нитевидный гаметофит, часто называемый заростком.

Порядок Ламинариевые – *Laminariales*

Порядок является самым совершенным среди водорослей всех отделов. У них наиболее крупные спорофиты (от 0,5 до 60 м и более). По форме многие виды напоминают высшие растения. У большинства видов таллом имеет сложное анатомическое строение с дифференцировкой на ткани. Он расчленен на листовую пластинку (филлоид), черешок (каулоид) и ризоиды. Рост слоевища интеркалярный (за счет клеток меристемы у основания листовых пластин и на вершине черешка).

Виды бывают одно- или многолетними. У ряда многолетних видов листовидные пластинки ежегодно сменяются новыми, а черешок и ризоиды функционируют несколько лет. Перед сменой листовых пластинок происходит спорообразование. Из спор формируются мужские и женские гаметофиты. Половой процесс у них оогамный.

На мужских гаметофитах образуются антеридии в виде мелких клеток, развивающих по одному сперматозоиду, на женских – оогонии, в которых формируется по одной яйцеклетки. Последняя выходит из оогония и оплодотворяется вне его, после чего сразу прорастает в спорофит.

В истинной ткани, образующей спорофит, можно различить мелкоклеточную наружную кору, под которой располагается крупноклеточная внутренняя кора, граничащая изнутри с сердцевинной. Сердцевина образована главным образом рыхлым сплетением нитей. В коре многих ламинариевых имеются особые ситовидные трубки с поперечными перегородками, пронизанными многочисленными отверстиями. Они, несомненно, выполняют проводящую функцию.

Обитают главным образом в холодных водах Южного и особенно Северного полушарий, предпочитая места с сильным течением или прибоем, что обеспечивает им интенсивное поступление питательных веществ.

Представителем могут служить род *ламинария, или морская капуста (Laminaria)* (рис. 77 а, б), виды которой широко распространены в северных морях. Таллом спорофита, достигающий нескольких метров в длину, расчленен на филлоид, каулоид и ризоиды. Черешок и ризоиды многолетние, а листовая пластинка меняется ежегодно. При размножении на поверхности листовой пластинки из коровых клеток группами (сорусами) образуются одногнездные спорангии, в которых развиваются от 16 до 128 двужгутиковых зооспоры. Зооспоры прорастают в микроскопически мелкие заростки (гаметофиты).

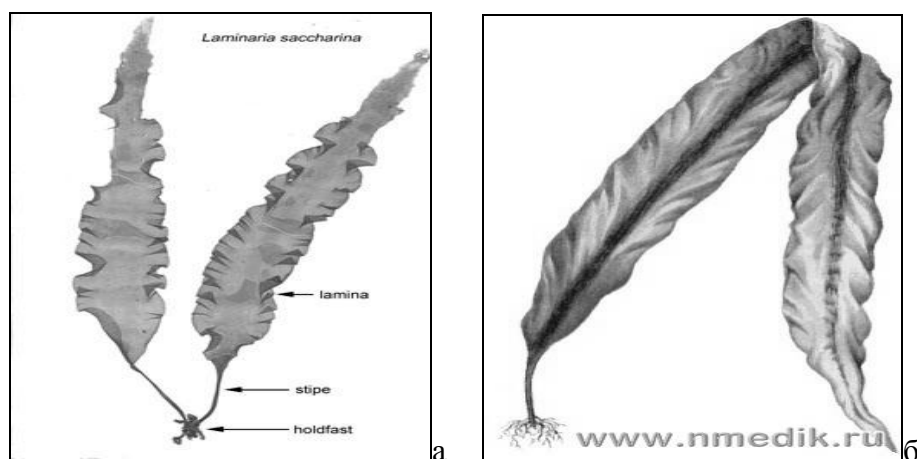


Рис. 77 а, б. Общий вид тканевого таллома ламинарии (*Laminaria*)

Половой процесс оогамный. Созревшая яйцеклетка выходит из оогония и закрепляется на его верхнем конце. В таком положении происходит оплодотворение. Зигота без периода покоя прорастает в спорофит. Женский гаметофит обеспечивает не только формирование половых клеток, но и место прикрепления будущему спорофиту.

Известно около 30 видов, распространенных преимущественно в морях Северного полушария. *Л. японская* (*L. japonica*), или морская капуста, - самый ценный промысловый вид среди бурых водорослей. Ее используют для приготовления салатов, консервов, первых, вторых и третьих блюд.

Класс Циклоспоровые – *Cyclosporoophyceae*

Класс объединяет водоросли, у которых в цикле развития чередование поколений отсутствует. Их диплоидные талломы несут только органы полового размножения, развивающиеся в специальных округлых вместилищах – концептакулах. Мейоз у циклоспоровых происходит перед образованием гамет. Бесполое размножение отсутствует. Класс объединяет крупные водоросли. Слоевидица у них дифференцированы на ткани меристодерму, кору, промежуточный слой и сердцевину; ситовидные трубки отсутствуют.

Порядок Фукусовые – *Fucales*

Порядок характеризуется верхушечным ростом таллома, отсутствием бесполого размножения и оогамным половым процессом, причем половые органы располагаются в углублениях таллома – **концептакулах**, или **скафидиях**. Не достигая, как правило, таких больших размеров, как представители ламинариевых, фукусовые вполне могут соперничать с ними по степени дифференцировки своего таллома.

Наиболее сложное морфологическое расчленение таллома наблюдается у рода *саргассум* (*Sargassum*), широко распространенного в южном полушарии, особенно в теплых морях. Стволик, прикрепленный к субстрату подошвой, моноподиально ветвится и несет уплощенные листовидные образования,

шаровидные воздушные пузыри на специальных стебельках и особые разветвленные плодущие веточки – рецептакулы, на которых располагаются половые органы. Последние погружены в грушевидные углубления – концептакулы (скафидии), сообщающиеся с наружной средой через узкое отверстие. В оогонии образуется одна яйцеклетка, а в антеридии – 64 сперматозоида. Формированию половых клеток предшествует редукционное деление ядра. При созревании окруженные слизью половые клетки выходят из отверстия скафидия, и оплодотворение яйцеклетки происходит в окружающей воде. Зигота немедленно прорастает в диплоидный таллом. Как и у всех фукусовых, бесполое размножение у саргассума отсутствует. Имеется вегетативное размножение, приводящее в некоторых участках океана к образованию громадных скоплений таллома саргассума (Саргассово море).

В северных морях широко распространен род *фукус* (*Fucus*) (рис. 78) – основной обитатель береговой зоны. Плоский, ремневидный, дихотомически разветвленный таллом темно-бурого цвета достигает 1 м длины. Вдоль лопастей таллома с гладкими или зазубренными краями проходит срединная жилка, в нижней части переходящая в черешок, который прикрепляется к субстрату расширенным основанием. У некоторых видов фукуса по бокам от срединной жилки расположены вздутия, наполненные воздухом, – воздушные пузыри, у других видов они могут отсутствовать. Таллом нарастает благодаря деятельности верхушечных клеток, расположенных на концах плоских разветвлений. При размножении концы таллома вздуваются, принимают более светлую желто-оранжевую окраску и превращаются в рецептакулы, на которых образуются концептакулы – скафидии. В оогонии фукуса формируются восемь яйцеклеток, в антеридиях – 64 сперматозоида. Яйцеклетки фукуса (*F. serratus*), как и женские гаметы эктокарпуса, кутлерии, выделяют летучее вещество, привлекающее сперматозоиды. Это вещество названо фукосерратеном.



Рис. 78. Общий вид тканевого таллома фукуса (Fucus)

Наиболее известны *Ф. пузырьчатый* (*F. vesiculosus*) и *Ф. двусторонний* (*F. distichus*).

Род *аскофилл* (*Ascophyllum*) включает один вид – *А. узловатый* (*A. nodosum*). Слоевище, достигающее 1-1,5 м в длину, узкое, без средней жилки, с длинным, дихотомически ветвящимся главным побегом, на котором попеременно или супротивно расположены более короткие ветви, заканчивающиеся прозрачными ягодообразными вздутиями (рецептакулами), несущими скафидии. Слоевища раздельнополые. Мужские экземпляры более темной окраски, с менее округлыми ветвями и более мелкими рецептакулами. Строение скафидиев аскофилла сходно с таковыми у фукусов. В оогониях формируются четыре яйцеклетки.

Водоросли растут в нижнем, отчасти в среднем, горизонте литорали и в верхней сублиторали (в Белом море), а также распространены у берегов Азии, Европы и Америки.

У рода *цистозейра* (*Cystoseira*) (рис. 79 а, б) слоевище кустистое, прикрепляется к грунту диском (редко ризоидами) и достигает в длину 2-6 м. Оно прямостоячее, в форме цилиндрических или многогранных осевых стволов с боковыми «листьями» или без них, у основания часто сплющенное. Воздушные пузыри однокамерные, без поперечных перегородок, располагаются в верхних частях таллома цепочками или беспорядочно. Скафидии обычно обоеполые: в полости, у них основания, развиваются оогонии с одной яйцеклеткой, на стенках, ближе к отверстию скафидии, формируются антеридии.

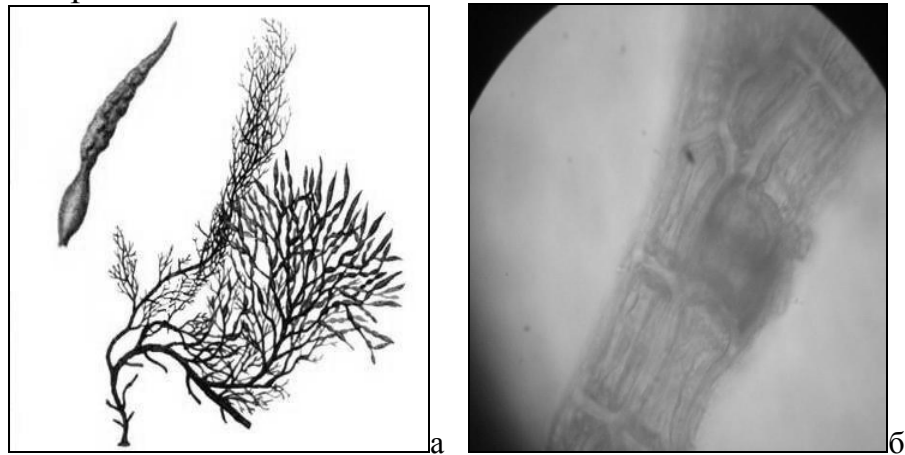


Рис. 79. Цистозейра (*Cystoseira*)
а – общий вид тканевого таллома, б – таллом в разрезе

Задания

1. Приготовить эктокарпус. Для этого следует взять препаровальной иглой небольшое количество «тины» и, найдя типичную, обособленно лежащую веточку, зарисовать ее при малом увеличении микроскопа, показав

на рисунке все характерные особенности вегетативного строения водоросли. Зооспорангии и гаметангии, имеющие вид боковых образований на небольшом участке таллома, следует зарисовать при большом увеличении. На рисунке изобразить и внутренне строение клетки. Схематически изобразить цикл развития эктокарпуса.

2. Приготовить препарат, рассмотреть при малом увеличении микроскопа и зарисовать участок таллома сфацелярии. Отметить на вершине каждого разветвления нити крупную клетку с густым темным содержимым, «членистое» строение таллома, выводковые почки.

3. Рассмотреть на гербарном образце и фиксированном материале общий вид диктиоты. Зарисовать строение спорофита с тетраспорангиями и гаметофита с антеридиями и оогониями. Схематически изобразить цикл развития диктиоты.

4. Рассмотреть и зарисовать общий вид ламинарии. На готовых препаратах изучить продольный и поперечный срезы черешка. На рисунке отметить листовидную пластинку, черешок и ризоиды, показать многоклеточное строение черешка. Нарисовать схему цикла развития ламинарии.

5. Рассмотреть на гербарных образцах и зарисовать общий вид фукуса, среднюю жилку, воздушные пузыри и рецептакулы. На готовом препарате рассмотреть продольный срез через мужской и женский скафидии. Зарисовать их, отметить на рисунке оогонии, антеридии, парафизы.

6. Изучить на гербарных образцах и фиксированном материале строение таллома аскофилла и цистозейры. Обратит внимание на форму, размеры, окраску таллома, на расположение воздушных пузырей и рецептакул.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать общую характеристику бурых водорослей как одной из наиболее высокоорганизованных групп слоевищных растений.
2. Охарактеризовать формы размножения бурых водорослей.
3. Какие принципы лежат в основе классификации данного отдела?
4. Для каких форм бурых водорослей характерно наибольшее анатомическое и морфологическое расчленение таллома?
5. Каким образом осуществляется смена поколений у бурых водорослей? Каково значение бурых водорослей в природе и жизни человека?

Раздел 12. ОТДЕЛ КРАСНЫЕ ВОДРОСЛИ, ИЛИ БАГРЯНКИ – RODOPHYTA

Представители отдела в подавляющем большинстве – многоклеточные организмы, наиболее примитивные имеют одноклеточную или колониальную

организацию, по структуре таллом может быть коккоидный, трихальный, гетеротрихальный, псевдо- или паренхиматозный.

В хроматофорах красных водорослей помимо хлорофиллов (*a*, *d*), каротиноидов (α -, β -каротин, зеаксантин, антероксантин, α -, β -криптоксантин, лютеин, неоксантин) содержатся еще водорастворимые пигменты – фикобилины (фикоэритрин красного цвета, фикоцианин и аллофикоцианин синего цвета). От соотношения пигментов зависит окраска таллома, варьирующая от малиново-красной (преобладание фикоэритрина) до голубовато-стальной (при избытке фикоцианина).

Многие багрянки представляют собой крупные водоросли, достигающие в длину от нескольких сантиметров до метра, но среди них немало и микроскопических форм.

Хлоропласты одеты оболочкой из двух мембран и содержат одиночные тилакоиды, на поверхности которых локализованы фикобилисомы. Периферические тилакоиды в одних случаях отсутствуют (у более примитивных форм со звездчатыми или сильно лопастными хроматофорами с пиреноидами), в других (у более высокоорганизованных красных водорослей с дисковидными хлоропластами без пиреноидов) – имеются. Запасным продуктом у представителей отдела выступает полисахарид «багрянковый» крахмал, от йода приобретающий буро-красный цвет. Зерна «багрянкового» крахмала откладываются в цитоплазме всегда вне связи с пиреноидами и хлоропластами.

Клетки одеты оболочкой, пектиновые и гемицеллюлозные компоненты которой сильно набухают и часто сливаются в общую слизь мягкой или хрящевой консистенции, заключающую протопласты. Нередко в стенках откладывается известь.

Для жизненного цикла характерно полное отсутствие жгутиковых стадий.

Размножаются виды отдела вегетативно, бесполом и половым путем. При делении клеток у большинства красных водорослей (класс флоридей) в стенках остаются неутолщенные места – первичные поры, обычно отсутствующие у более примитивных багрянок (класс бангиевые). Бесполое размножение осуществляется посредством неподвижных клеток, развивающихся из содержимого спорангия в числе одной – моноспоры или четырех – тетраспор на диплоидных растениях (моно- или тетраспорофитах).

Половой процесс oogамный. Женский орган – карпогон у большинства красных водорослей (флоридей) состоит из расширенной базальной части – брюшка, заключающего яйцеклетку, и отростка – трихогины (отсутствующей у бангиевых). Карпогон обычно развивается на особой короткой карпогональной ветви. Антеридии представляют собой мелкие бесцветные клетки, содержимое которых освобождается в виде мелких, голых, лишенных жгутиков мужских оплодотворяющих элементов – спермациев. Выпавшие из антеридиев спермации пассивно переносятся токами воды и прилипают к трихогине. В

месте контакта спермация и трихогины их стенки растворяются и ядро спермация перемещается по трихогине в брюшную часть карпогона, где сливается с женским ядром. После оплодотворения базальная часть карпогона отделяется перегородкой от трихогины, которая отмирает, и претерпевает дальнейшее развитие, приводящее к образованию карпоспор. В карпоспорах не происходит мейоза, вследствие чего они являются диплоидными. Из карпоспор вырастают новые особи. Детали формирования карпоспор различаются у разных представителей багрянок и это имеет систематическое значение.

Существует несколько вариантов развития карпоспор: 1) карпоспоры образуются непосредственно из оплодотворенной нижней части карпогона (т.е. из зиготы); 2) из оплодотворенного карпогона (развивающегося на гаметофите) вырастают ветвящиеся нити – гонимобласты, клетки которых превращаются в карпоспорангии. Они часто располагаются тесными группами – цистокарпиями. Т.е. в данном случае можно говорить о существовании еще одной фазы – карпоспорофите. Карпоспоры выпадают из карпоспорангия и прорастают в новые растения, не несущие органы полового размножения, т.е. бесполое растение – тетраспорофиты. Они несут тетраспорангии, в которых происходит редукционное деление – мейоз, с образованием 4 гаплоидных тетраспор. Тетраспоры прорастают в гаплоидные растения – гаметофиты (мужские и женские, несущие органы полового размножения). На женском гаметофите образуются карпогоны, на мужском – сорусы с антеридиями и спермациями в них. Чаще всего гаметофит морфологически не отличается от спорофита, поэтому смена генераций – изоморфная. Таким образом, при данном типе формирования карпоспор жизненный цикл красных водорослей включает три фазы – гаплоидный гаметофит, диплоидную фазу – карпоспорофит и вторую диплоидную фазу – тетраспорофит; 3) гонимобласты вырастают не непосредственно из оплодотворенного карпогона, а из особых вспомогательных ауксиллярных клеток.

Как и бурые, красные водоросли почти исключительно морские виды, прикрепляющиеся к камням, ракушкам, другим водорослям, являясь, как правило, эпифитами, однако известны и эндофиты и даже паразиты. Многие багрянки живут на больших глубинах (до 100 и более метров) при наличии подходящих грунтов и хорошей прозрачности воды, однако чаще всего их встретить можно на глубине 20 – 40 метров.

Багрянки находят довольно большое применение в жизни человека: из них вырабатывают студенистое вещество – агар-агар, применяемое в кондитерской промышленности и ряде других отраслей промышленности, а также в лабораторной микробиологической технике для приготовления твердых питательных сред. Некоторые виды, например порфира, употребляются в пищу.

Лабораторная работа № 14

Класс Флоридеевые – Florideophyceae

Класс объединяют многоклеточные формы, преимущественно сложного анатомического строения. Слоевище представляет собой систему разветвленных нитей. Рост апикальный за счет деления верхушечной клетки. Клетки их одно- или многоядерные, с постоянными хроматофорами пластинчатой или линзовидной формы, без пиреноидов; реже хроматофор звездчатый, с пиреноидами. Между клетками имеются поры.

Бесполое размножение осуществляется тетра-, би- и полиспорами и только у некоторых видов – моноспорами. Половое размножение свойственно всем флоридиевым. Карпогон с трихогиной. После оплодотворения развиваются гонимобласты или непосредственно из брюшка оплодотворенного карпогона, или из ауксиллярных клеток после слияния их с областемными нитями. Гонимобласты, несущие карпоспорангии, рассматриваются как особая генерация – карпоспорофит. В цикле развития чередуются три поколения: карпоспорофит, тетраспорофит и гаметофит.

подавляющее большинство представителей класса относятся к типичным морским обитателям, распространенным во всех морях земного шара.

Порядок Немалионовые – Nemalionales

Порядок включает водоросли одно- или многоосевого строения. Для представителей характерно отсутствие ауксиллярных клеток, гонимобласты развиваются непосредственно из оплодотворенного карпогона или из его дочерней клетки. Бесполое размножение совершается преимущественно моноспорами. В цикле развития обычно наблюдается гетероморфная смена трех форм развития.

Виды порядка живут главным образом в морях, но встречаются и в пресных водах.

Род *батрахоспермум* (*Batrachospermum*) (рис. 80 а, б) встречается в реках с чистой прозрачной водой, в озерах. Таллом в виде сильно разветвленного, слизистого на ощупь кустика оливково-зеленого или стального цвета (избыток фикоцианина) до 40 см длиной. Ось неограниченно нарастает за счет деятельности верхушечной клетки и состоит из одного ряда вытянутых бесцветных клеток. От каждой из них непосредственно под поперечной перегородкой возникает мутовка ветвей ограниченного роста, которые сложены из мелких, богатых хроматофорами клеток. Конечные клетки ветвей могут вытягиваться в длинные волоски. Из базальных клеток боковых ветвей (ассимиляторов) развиваются ветви неограниченного роста. Кроме того, базальные клетки мутовок ветвей дают начало кортикальным (коровым) нитям, которые растут вдоль клеток главной оси, совершенно

скрывая их, и у некоторых видов, переплетаясь, образуют многослойную обвертку. Клетки коровых нитей дают начало вторичным мутовкам боковых ветвей, которые вставляются между уже имеющимися. На боковых ветвях ограниченного роста (ассимиляторах) формируются половые органы. После оплодотворения из брюшка карпогона вырастают ветвящиеся гонимобласты, конечные клетки которых дают карпоспоры, собранные в тесную группу – цистокарпий. Из карпоспор развиваются ползучие нити, от которых отходят разветвленные нити совсем иного внешнего вида, чем таллом батрахоспермума.

Известно 100 видов рода, распространенных во всех частях света. Встречаются, как правило, в богатой кислородом воде, отдельные – на торфяных болотах. Типичным и широко распространенным видом является *В. четковидный* (*B. moniliforme*).



Рис. 80. Батрахоспермум (*Batrachospermum*):
а – общий вид гетеротрихального таллома, *б* – таллом в разрезе

У рода немалион (*Nemalion*) (рис. 81 а, б) слизистое шнурообразное слоевище, состоящее из пучка клеточных нитей, каждая из которых растет посредством апикальной клетки. От них радиально расходятся многочисленные вильчато-разветвленные ветви ограниченного роста, склеенные плотной слизью. Немалион служит типичным примером красной водоросли с многоосевым строением слоевища.

Органы полового размножения развиваются на ассимиляторах. Сперматангии гроздевидно расположены на конечных разветвлениях ассимиляторов. Карпогоны формируются обычно неподалеку от сперматангиев на карпогенных веточках. У одного из видов немалиона (*N. vermiculare*) наблюдалась гетероморфная смена поколений: макроскопического гаметофита и микроскопического нитевидного спорофита (тетраспорофита).

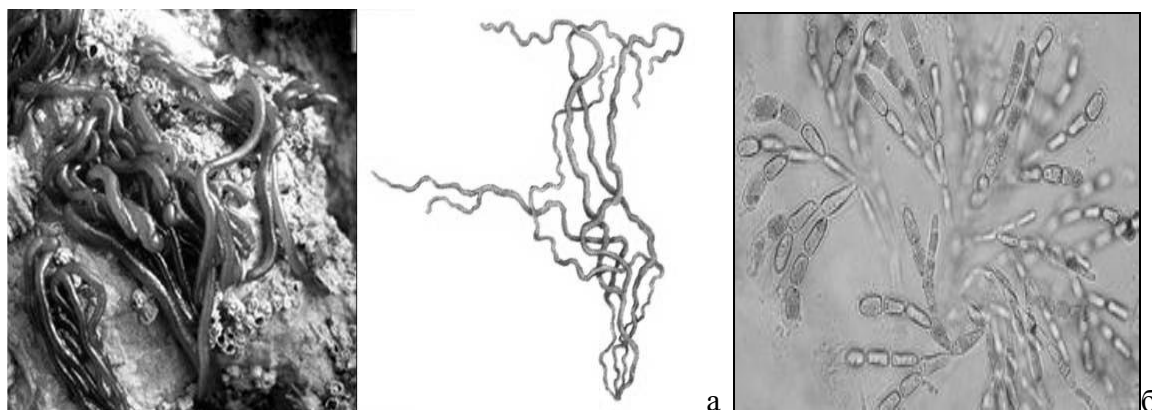


Рис. 81. Немалион (*Nematium*)
а – общий вид таллома, б – таллом в разрезе

Порядок Церамиевые – *Ceramiales*

Наиболее высокоорганизованный и богатый видами порядок, характеризующийся тем, что ауксилярные клетки дифференцируются только после того, как произошло оплодотворения карпогона и в непосредственной близости от последнего, т.е. имеется прокарпий. Брюшко карпогона или непосредственно сливается с рядом расположенной ауксилярной клеткой, или через короткие выросты, формируя цистокарпии. Жизненный цикл спорический с изоморфной сменой генерации.

Цикл развития, как правило, трехфазный – со сменой гаметофита, карпоспорофита и тетраспорофита. Если репродуктивная система церамиевых построена по единому плану, то их вегетативная организация отличается большим разнообразием. На этом и основана классификация порядка. Все церамиевые построены по одноосевому плану.

Род *каллитамнион* (*Callithamnion*) (рис. 82) включает виды, у которых таллом имеет форму разветвленного кустика, сложенного из одного ряда многоядерных клеток, различных по размеру у его основания и на вершине. Стенки клеток сильно ослизнены. На поперечных перегородках отчетливо видны поры, характерные для таллома красных водорослей.

Некоторые виды имеют кору, которая состоит из ризоидных нитей, спускающихся по стенкам основных ветвей слоевища.

Тетраспорангии образуются на верхних веточках в виде боковых овальных клеток, покрытых ослизненной оболочкой и сидящих на одноклеточных ножках. Споры располагаются по углам тетраэдра.

Цистокарпии формируют на других экземплярах. Предварительно здесь возникают сперматангии и карпогоны. После оплодотворения из карпогона развиваются два цистокарпия, расположенные супротивно по бокам нитевидного таллома. Кучки карпоспор часто покрыты общей слизистой оберткой.



Рис. 82. Общий вид каллитамнион (*Callithamnion*)

Известно более 50 видов, распространенных в различных морях. Несколько видов обитает в Черном море, среди них наиболее часто встречается *К. щитковидный* (*C. corymbosum*).

Класс Бангиевые – Bangiophyceae

Класс объединяет одноклеточные, колониальные и многоклеточные, прикрепленные к субстрату водоросли. Рост таллома у них диффузный, т.е. за счет деления всех клеток. Клетки одноядерные, со звездчатым хроматофором и пиреноидом.

Поры между клетками, как правило, отсутствуют.

Вегетативное размножение осуществляется делением клеток. У некоторых примитивных видов этот способ размножения является единственным. Бесполое размножение осуществляется моноспорами. Половой процесс известен у немногих видов. Карпогон без трихогины, после оплодотворения содержимое карпогона непосредственно делится с образованием карпоспор.

Бангиевые представлены пресноводными и наземными обитателями.

Порядок Бангиевые - Bangiales

Порядок включает виды, имеющие многоклеточные с интеркалярным ростом слоевища трихальной или тканевой структурой. Все клетки однотипные, не дифференцированные на осевые и коровые, одеты оболочкой, соединены между собой посредством сочленяющих пор.

Бесполое размножение осуществляется посредством моно- и полиспор; половой процесс oogамный. Из оплодотворенного карпогона образуются 4-32 карпоспоры. Морские и пресноводные водоросли.

Род *порфира* (*Porphyra*) (рис. 83), широко распространенный как в северных, так и в южных морях в прибрежной (литоральной) зоне. Листовидный таллом пурпурного цвета прикрепляется к субстрату своим основанием и достигает 50 см в длину, редко больше. Он сложен из одного (или двух) слоя клеток, содержащих по одному звездчатому хроматофору. При

образовании антеридиев клетки таллома делятся во взаимно перпендикулярных направлениях на ряд мелких клеток, каждая из которых дает по одному спермацию. При разбухании интерцеллюлярной слизи спермации выдавливаются и освобождаются.

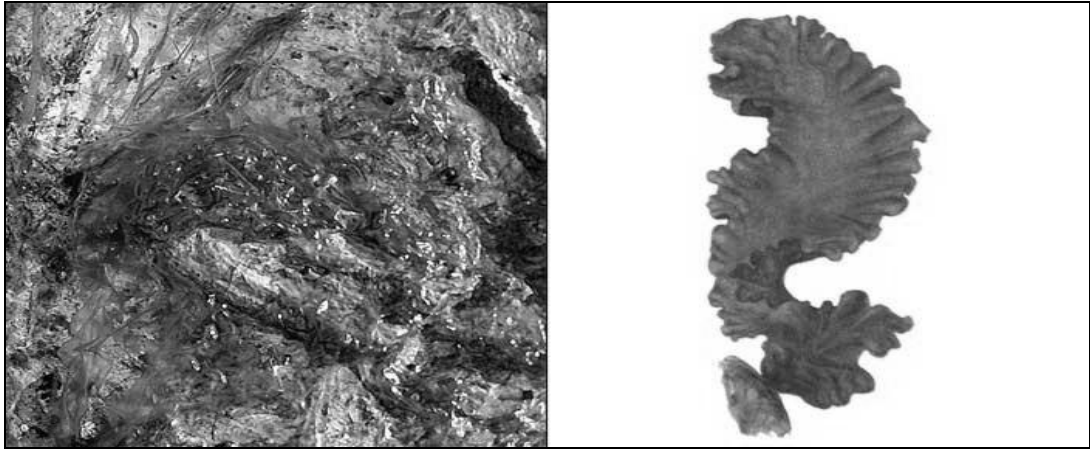


Рис. 83. Общий вид порфиры (*Porphyra*)

Карпогоны лишь незначительно отличаются от вегетативных клеток, будучи продолжены в короткий отросток. Типичная трихогина отсутствует. После оплодотворения зигота (оплодотворенный карпогон) непосредственно делится на 2-32 карпосопры, которые освобождаются так же, как спермации, - благодаря набуханию межклеточной слизи. Карпоспоры сначала голые, но через несколько дней они покрываются оболочкой и развиваются в нитчатые талломы, образующие на известковых раковинах моллюсков красные пятна.

Виды рода, широко распространенные в дальневосточных морях, употребляются в пищу. Наиболее известен вид *П. нежная* (*P. tenera*).

Род *птитота* (*Ptilota*) (рис. 84 а, б) имеет кустистое, плоское, перисто-разветвленное в одной плоскости, слоевище, до 30 см высотой. В основании имеется ствол с дисковидной «подошвой». Основная ось может ветвиться поочередно, односторонне или супротивно на основные длинные ветви первого порядка, которые в свою очередь делятся на более короткие ветви второго, третьего и т. д. порядков.

Эти ветви покрыты супротивно-перисто-расположенными короткими веточками; при этом простые неразветвленные веточки чередуются с перистыми. Вид обитает в северных и восточных морях.

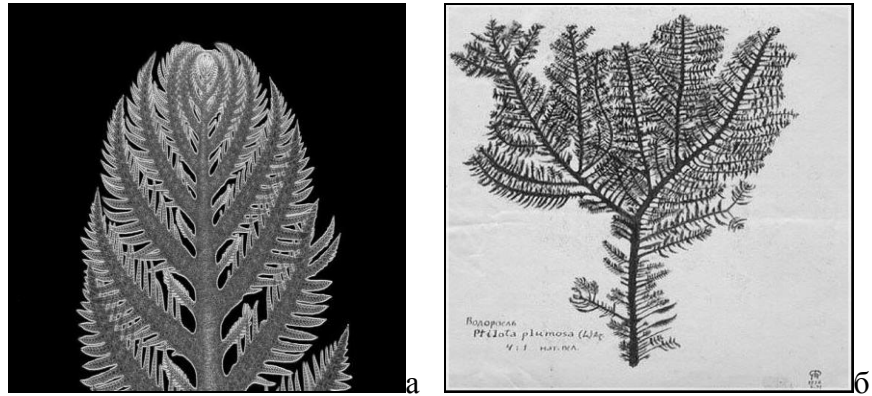


Рис. 84 а, б. Общий вид порфиры (*Porphyra*)

Задания

1. Ознакомиться с общим видом порфиры по гербарным образцам. Изучить и зарисовать разрез участка таллома водоросли с органами размножения.

2. Изучить и зарисовать строение таллома батрахоспермума при малом увеличении микроскопа и фрагмент таллома с ассимиляторами и цистокарпием при большом.

3. Изучить и зарисовать строение таллома немалиона. Для этого необходимо положить кусочек таллома на предметное стекло и надавить на него покровным стеклом.

Немалион – один из удобных объектов для изучения строения сперматангиев и карпогонов, которые выражены у него очень типично для этой группы водорослей и легко наблюдаются на отдельных веточках ассимиляторов, отдельных от таллома. Рассмотреть и зарисовать сперматангии и карпогоны на карпогонных веточках. Отметить у карпогона нижнюю конусовидную расширенную часть (брюшко) и длинную трихогину.

4. Изучить и зарисовать строение таллома каллитамниона с тетраспорангиями и цистоарпиями.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности строения клетки и таллома красных водорослей?
2. Какими пигментами определяется окраса клетки багрянок и как она изменяется в связи с условиями местообитания?
3. Какие формы размножения известны у багрянок?
4. Охарактеризовать циклы развития у различных представителей красных водорослей?
5. Каково значение красных водорослей в природе и жизни человека?

Раздел 13. ПРОИСХОЖДЕНИЕ, РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ И ЭВОЛЮЦИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Вопрос о происхождении и эволюции водорослей очень сложен из-за разнообразия этих талломных растений, особенно их субмикроскопического строения и биохимических признаков. Решение этой проблемы затруднено, кроме того, плохой сохранностью большинства водорослей в ископаемом состоянии и отсутствием связующих звеньев между современными отделами растений в виде организмов промежуточного строения.

Проще всего решается вопрос о происхождении прокариотических (доядерных) водорослей – сине-зеленых, имеющих много общих признаков с фотосинтезирующими бактериями. Вероятнее всего, сине-зеленые водоросли произошли от организмов, близких к пурпурным бактериям и содержащих хлорофилл *a*.

Относительно происхождения эукариотических (ядерных) водорослей в настоящее время нет единой точки зрения. Существуют две группы теорий, исходящих или из симбиотического, или из несимбиотического их происхождения.

По теории симбиогенеза хлоропласты и митохондрии клеток эукариотических организмов некогда были самостоятельными организмами: хлоропласты – прокариотическими водорослями, митохондрии – аэробными бактериями. Как предполагают, существовало несколько групп прокариотических водорослей, различающихся набором пигментов. В результате захвата амебоидными гетеротрофными эукариотическими организмами аэробных бактерий и прокариотических водорослей возникли предки современных групп эукариотических водорослей. Некоторые исследователи приписывают симбиотическое происхождение хромосомам и жгутикам.

Теория симбиотического происхождения эукариотических водорослей и др. организмов получила особенно широкое распространение за последнее время. Она основана на давно известных фактах самовоспроизведения упомянутых органоидов клеток и на новых данных об автономности хлоропластов и митохондрий и их биохимическом сходстве с прокариотами. Это сходство выражается в следующем:

1. Хлоропласты и митохондрии, подобно прокариотам, содержат ДНК и РНК; в них находятся рибосомы того же типа, что и у прокариотов.
2. Антибиотики, подавляющие рост бактерий, тормозят образование и размножение хлоропластов и митохондрий эукариотических организмов, но не действуют на рост самих клеток и тканей.
3. Механизмы фотосинтеза у сине-зеленых и эукариотических водорослей в значительной мере сходны.

Однако наряду с фактами, свидетельствующими в пользу симбиогенеза эукариотических организмов, имеются данные, говорящие об обратном. Например, система переноса электронов в хлоропластах и набор ферментов, необходимых для образования пигментов, участвующих в фотосинтезе, регулируются генами ядра. Синтез ряда ферментов митохондрий зависит от ядра и цитоплазмы. Если учесть эти и другие факты, хлоропласты и митохондрии оказываются не «автономными», а «полуавтономными». Что касается самовоспроизведения, то оно обнаружено даже у поверхностного (кортикального) слоя инфузорий, признаки которого наследуются в ряду поколений независимо от ядра и цитоплазмы. Это было установлено путем пересадок ядра и цитоплазмы других особей, обладающих кортикальным слоем с иными признаками. Конечно, никак нельзя представить, что кортикальный слой инфузорий некогда был самостоятельным организмом. На водорослях такие эксперименты не проводились. Не в пользу симбиотического происхождения клеток эукариотических водорослей свидетельствует также отсутствие достаточного сходства в строении хлоропластов и клеток сине-зеленых водорослей – единственных современных прокариотических водорослей. Сейчас существует целый ряд бесцветных одноклеточных организмов, в которых живут в качестве симбионтов явные сине-зеленые водоросли, выполняющие функцию хлоропластов и называемые цианеллами. Цианеллы отличаются от свободноживущих сине-зеленых водорослей.

Если исходить из несимбиотического происхождения эукариотических водорослей, то приходится допустить, что они возникли от предка, общего с сине-зелеными водорослями, имеющего хлорофилл *a* и фотосинтез с выделением кислорода (рис. 85).

Единственным возражением против этого может быть разница в составе клеточной стенки: у сине-зеленых водорослей, так же как и у бактерий, в клеточной стенке имеется муреин. В целом по составу и строению клеточной стенки, а также по реакциям, благодаря которым идет синтез ее веществ, прокариоты существенно отличаются и от животных, и от остальных растений. У эукариотических водорослей, очевидно, не сразу появилась твердая жесткая клеточная стенка из целлюлозы или других веществ. Наиболее примитивной у эукариотических водорослей, очевидно, следует считать амебоидную форму строения, а клеточная стенка всех современных прокариот имеет жесткую основу. Следовательно, современные фотосинтезирующие прокариоты, т.е. сине-зеленые водоросли, – это боковая, тупиковая ветвь растительной эволюции. Эукариотические водоросли имели с ней лишь общего прокариотического предка, лишённого твердой оболочки.

Первым шагом на пути возникновения эукариотических водорослей было формирование ядра и хлоропластов. На этом этапе эволюции появились красные водоросли, для которых характерно отсутствие жгутиковых стадий, примитивность строения хлоропластов и появление второй разновидности хлорофилла – хлорофилла *d*.

Важнейшим моментом в становлении органического мира на Земле явилось развитие у одноклеточных эукариотов двигательного аппарата – жгутиков, построенных весьма своеобразно: внутри их по периферии располагаются 9 пар фибрилл и 2 фибриллы находятся в центре. С их появлением зародилась центральная прогрессивная группа – фотосинтезирующие эукариотические жгутиковые. Начиная с этого этапа эволюция эукариотов пошла в нескольких направлениях: у одних организмов в дополнение к хлорофиллу *a* появились *b*, *c* и *e* и ряд новых дополнительных пигментов, а другие организмы утратили фотосинтезирующие пигменты и полностью перешли к гетеротрофному питанию. Одновременно происходила эволюция, сопровождающаяся видоизменением первоначального жгутикового аппарата.

Существуют также предположения, что сине-зеленые водоросли непосредственно дали начало красным водорослям, а водоросли, обладающие жгутиками, произошли от бесцветных жгутиковых. Однако это означало бы, что дважды в ходе эволюции формировалось ядро, имеющее одно и то же строение и делящееся митотически, и дважды создавались одинаковые фотосинтезирующие системы с хлорофиллом *a* и хлоропластами. Все это крайне маловероятно.



Рис. 85. Схема происхождения и эволюционного развития водорослей

Согласно изложенным представлениям о путях возникновения эукариотических водорослей, гетеротрофные жгутиковые приходится выводить из фотосинтезирующих самостоятельно в нескольких ветвях. Проще допустить неоднократную утрату хлоропластов, которая, к тому же, действительно наблюдается у представителей многих групп одноклеточных водорослей, чем предположить симбиотическое происхождение эукариот или многократное возникновение фотосинтеза и единообразно устроенных у всех эукариот жгутиков и ядер.

Первичные фотосинтезирующие жгутиковые эволюционировали по двум главным направлениям. У одних жгутиковых преобладающее значение получили бурые пигменты, и у ряда представителей появился второй хлорофилл – *c* и *e*, а в числе питательных веществ у многих представителей стали образовываться разные модификации специфического полисахарида ламинарина. Второе направление эволюции жгутиковых характеризуется преобладанием зеленой окраски и наличием хлорофилла *b* наряду с хлорофиллом *a*. Промежуточное положение между этими двумя основными направлениями заняли жгутиковые, которые эволюционируя, привели к появлению разнородной группы желто-зеленых водорослей.

Жгутиковые с преобладанием бурых пигментов эволюционировали несколько путями, которые привели к возникновению водорослей: золотистых, диатомовых, бурых и динофитовых. Диатомовые заняли доминирующее положение среди микроскопических водорослей морей и континентальных водоемов. Бурые водоросли оказались наиболее приспособленными к жизни в прибрежной зоне моря. У них возник ряд приспособлений, позднее появившихся на иной основе у наземных растений. Бурые водоросли захватили в оре наиболее благоприятные для роста донных водорослей места, где существует твердый грунт и почти постоянное движение воды.

Эволюция жгутиковых с зелеными пигментами шла в основном в одном направлении, охватывающем отдел зеленых водорослей. От него очень рано отделились эвгленовые водоросли, которые не эволюционировали дальше одноклеточного состояния. От многоклеточных зеленых водорослей в качестве боковой ветви эволюции отделились харовые водоросли. У них наиболее сложно устроенные органы полового размножения среди водорослей с зелеными пигментами, и тем не менее это тупиковая группа, представленная сейчас ограниченным числом родов и видов довольно однотипного строения. Продолжением эволюции зеленых водорослей явилось возникновение фотосинтезирующих высших наземных растений.

Происхождение наземных растений иногда пытаются связывать с бурыми водорослями из-за существования у них многогнездных спорангиев и гаметангиев, которые ошибочно принимают за многоклеточные органы размножения.

Раздел 14. СОЖИТЕЛЬСТВО ВОДОРΟΣЛЕЙ С ДРУГИМИ ОРГАНИЗМАМИ

Водоросли не всегда ведут свободный образ жизни. Очень часто можно наблюдать их сожительство – симбиоз – с бактериями, грибами, другими водорослями, высшими растениями и животными. Взаимоотношения между организмами, составляющими такие сочетания или комплексы, степень влияния одного компонента на другой могут быть самыми разными и не всегда носят характер положительных взаимодействий (когда один из видов извлекает для себя пользу из сожительства с другим видом и не причиняет ему никакого вреда).

Явление симбиоза впервые было обнаружено швейцарским ученым Швенденером в 1877 г. при изучении лишайников, которые, как выяснилось, представляют собой комплексные организмы, состоящие из водоросли и гриба. Термин «симбиоз» появился в научной литературе позднее. Он был предложен в 1879 г. Де Бари.

Обычно различают несколько типов сожительства водорослей с другими организмами: эпифитизм, эндофитизм, паразитизм, мутуализм. Эпифитизм представляет такой тип сожительства, при котором имеет место тесный наружный контакт между водорослью и другим организмом, на котором она поселяется, при автономности их питания. При эндофитизме автономность питания обоих организмов сохраняется, но между ними формируется уже внутренний контакт (водоросль живет внутри другого организма, не нанося ему видимого вреда). Паразитизм называют такие взаимоотношения, когда внедрившаяся в тело хозяина водоросль питается за его счет и в конечном счете приводит к отмиранию отдельных частей организма хозяина или иногда к полной его гибели. Мутуализм, наоборот, представляет собой такой тип взаимоотношений, когда совместно существующие виды (один организм внутри другого) извлекают из своего сожительства множество преимуществ и иногда не в состоянии жить раздельно. В природе случаи встречаются, очень редко. Следует подчеркнуть, что резко разграничить перечисленные типы взаимоотношений, обнаружить их в чистом виде на практике удастся далеко не всегда, скорее можно наблюдать переходные формы.

Эпифитизм среди водорослей – очень частое явление. Он заключается в том, что водоросли-эпифиты используют другие растения как субстрат для прикрепления и, не проникая внутрь их тела, питаются вполне самостоятельно. При этом один и тот же вид водоросли может прикрепляться не только к разным растениям, но даже к неживым субстратам и животным (рис. 86). В пресных водоемах эпифитами, например, являются диатомеи, поселяющиеся на талломе одной из распространенных зеленых водорослей – кладофоры, а в морях – многие бурые и красные водоросли, прикрепляющиеся к многолетним черешкам ламинарии, основаниями фукусов и других крупных форм. Все

отделы водорослей имеют представителей, ведущих эпифитный образ жизни. Приспособления к прикреплению у эпифитов разной систематической принадлежности часто носят конвергентный характер. Пример тому – удивительно похожие морфологически, но относящиеся к разным отделам коккоидные водоросли.

Отношения между эпибионтами и хозяином не всегда складываются безразлично для организма, служащего опорой. Это особенно наглядно проявляется при массовом развитии эпифитов, когда они почти сплошным слоем обрастают растение. Та же кладофора или аквариумные высшие растения, плотно покрытые талломами эпифитных водорослей, испытывают явное угнетение. Причиной, по-видимому, служит избыточное затенение, угнетающее фотосинтез этих растений.

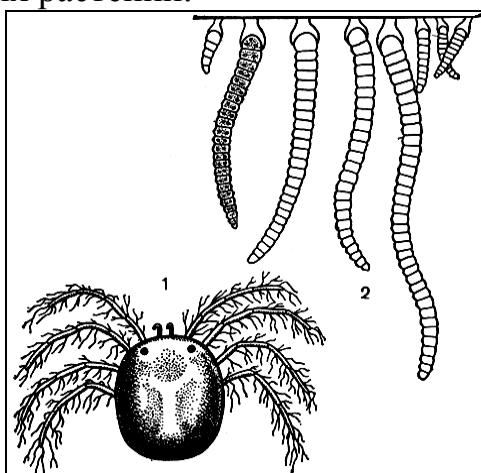


Рис. 86. Эпифитизм сине-зеленой водоросли *Sokolovia neumaniae* на ножках водяного клещика *Neumania triangularis*: 1 - клещик с конечностями, густо покрытыми эпифитирующей водорослью в виде тонких волосков; 2 - окончание щетинки на ножке клещика с нитями водоросли

Более специализированным и сложным типом сожительства двух организмов оказывается эндофитизм (эндосимбиоз), когда водоросль живет полностью или частично внутри другого организма. При этом хозяин не обнаруживает признаков какого-нибудь подавления, а эндофит, используя его тело как жизненное пространство и сохраняя способность самостоятельно питаться, не теряет своей независимости. Эндофит либо поселяется в толще клеточной стенки другой водоросли, либо проникает между клетками, раздвигая их. Например, водоросли *Anabaena* и *Nostoc* живут в воздушных камерах мхов *Anthoceros* и *Blasia*, *Anabaena azollae* – в полостях на нижней стороне листьев водного папоротника *Azolla americana*. Родохитриум (*Rhodochytrium*), встречающийся на сложноцветных, - уже настоящий паразит, живущий исключительно за счет хозяина, так как из-за отсутствия хлорофилла утерял способность к автотрофному питанию.

В отличие от вышеперечисленного примера паразитизма эндосимбиозы могут характеризоваться и взаимовыгодными отношениями партнеров, наиболее тесно и длительно связанных друг с другом в едином комплексе.

Классическим примером межклеточного эндосимбиоза служат лишайники, представляющие собой настолько прочное и гармоничное биологическое единство водоросли и гриба, что образуется целостный организм нового типа. В такой кооперации гриб защищает водоросль, а водоросль его кормит, так как сохраняет хлорофилл и способность к фотосинтезу. Правда, не всегда взаимоотношения между грибом и водорослью в лишайнике столь просты и безобидны, особенно для водоросли. Большая часть выгод от такого сожительства находится все-таки на стороне гриба, доминирующего в лишайниковых талломах.

Пока лишайники являют собой единственный строго доказанный случай возникновения одного совершенно нового организма из двух. Этот факт послужил толчком для поиска синтетических форм в самых различных систематических группах растений и животных. Однако все усилия, приложенные в данном направлении, оказались пока безрезультатными. Тем не менее предположение о возможности существования синтетических форм организмов оказалось настолько заманчивым, что в биологии появляется новое течение. В отличие от обычных, прочно утвердившихся взглядов биологов на происхождение организмов как на переход от простого к сложному путем дифференциации, зарождается новое представление о возникновении сложного организма из более простых путем синтеза. Некоторые биологи стали рассматривать растительную клетку не как продукт постепенной дифференциации протопласта, а как симбиотический комплекс, синтезированный из нескольких простых организмов. Эти идеи зародились и получили наиболее полное развитие в трудах наших отечественных ученых.

Впервые предположение о важной роли формативного симбиоза (т.е. симбиоза, приводящего к образованию новых форм) в эволюции организмов было высказано академиком А.С. Фаминциным в 1907 г. Развивая дальше эти мысли, К.С. Мережковский в 1909 г. сформулировал гипотезу симбиогенного происхождения организмов и назвал ее «теорией симбиогенезиса». В дальнейшем она получила широкую известность среди биологов. В 20-е годы ее поддержал и развил дальше известный советский ботаник Б.М. Козо-Полянский. В наши дни идеи, уже на новом уровне развития биологии, были возрождены американской исследовательницей Саган-Маргулис в ее гипотезе происхождения эукариотических клеток. В соответствии с этой гипотезой такие клеточные органеллы, как митохондрии, базальные тела жгутиков и пластиды эукариотических клеток, возникли из симбиотирующих в них прокариотических клеток сине-зеленых водорослей бактерий. В качестве основного довода приводятся некоторые черты сходства в составе, строении и поведении перечисленных органелл и прокариотов.

Внутриклеточный эндосимбиоз распространен значительно шире. В качестве симбионтов водоросли могут соединяться с животными — одноклеточными и многоклеточными (инфузории, радиолярии, гидрами, губками, некоторыми червями и др.). Сами они принадлежат чаще всего к

простейшим зеленым водорослям и динофлагеллятам и носят специальные названия – зоохлорелла (*Zoochlorella*) и зооксантелла (*Zooxanthella*).

В организмы одних видов животных водоросли попадают случайно, с пищей (благодаря голозойному типу питания). Внутри животного некоторые клетки, которых почему-то не коснулось переваривание, успевают приспособиться к необычным условиям существования и даже размножаются. В процессе жизнедеятельности они снабжают своего хозяина углеводами. Примерами таких в конечном итоге распадающихся симбиозов служат системы инфузории – зоохлореллы; личинки отдельных видов стрекоз – клетки *Euglena gracilis*, содержащиеся в эпителии пищеварительного тракта стрекоз; ресничный червь конволюта (*Convoluta roscoffensis*) – картерия (*Carteria*) и др.

Среди симбиотических пар встречаются и более прочные и продолжительные связи. Однако симбиотические отношения такого рода складываются у водорослей только с определенными видами животных. При этом автотрофный организм в процессе размножения животных передается из поколения в поколение. Пример такого рода симбиозов – зеленая гидра – водоросль, асцидия – прохлорофитовая водоросль.

Аналогичные симбионты имеются у гриба *Geosiphon* и водорослей *Rhizosolenia*. Разница с предыдущими примерами в том, что здесь эндосимбиотические сине-зеленые водоросли свой облик заметно не меняют и их легко узнать. Это трихальные формы, близкие к *Nostoc* и *Anabaena*. *Geosiphon* встречается на влажной почве и внешне напоминает маленькие ботридиумы. Таллом его состоит из стелющихся разветвленных нитей (без перегородок) и не отходящих от них вверх пузыревидных вздутий, содержащих нити ностока. В таком сообществе отсутствие пластид в растении-хозяине компенсируется за счет фотосинтеза сине-зеленой водоросли. Некоторые виды *Rhizosolenia*, содержащие в цитоплазме нити *Rhichelea*, в отличие от *Geosiphon*, не утрачивают собственных пластид.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ботаника: морфология, систематика растений и грибов: Учеб. пособие для вузов / В.А. Агафонов, А.А. Афанасьев, Г.И. Барабаш и др. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2012. – 131с.
2. Ефимов П.Г. Альгология и микология: учебное пособие / П.Г. Ефимов. – М.: КМК, 2011. – 120с.

Дополнительная

3. Анисимова О.В. Краткий определитель родов водорослей: Учеб. пособие / О.В. Анисимова, М.А. Гололобова // Флора западного Подмосковья / (ред. В.М. Гаврилов). – М., 2006. – 159с.
4. Балашова Н.Б. Летняя Практика по альгологии и микологии в Санкт-Петербургском университете: Учеб. пособие / Н.Б. Балашова, А.В. Тобиас, Д.Е. Гимельбрант. – СПб.: СПбУ, 2005. – 236с.
5. Барсукова Т.Н. 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.: Академия, 2005. – 240с.
6. Белякова Г.А. 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.: Академия, 2006. – 320с.
7. Белякова Г.А. 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.: Академия, 2006. – 316с.
8. Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю.Т. Дьякова. – М.: МГУ, 2007. – 559с. – (Классический университетский учебник).
9. Гарибова Л.В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л.В. Гарибова, Ю.К. Дундин, Т.Ф. Коптяева и др. – М.: Мысль, 1978. – 365с.
10. Горбунова Н.П. Альгология: Учеб. пособие для вузов по спец. «Ботаника» / Н.П. Горбунова. – М.: Высш. шк., 1991. – 256с.
11. Горбунова Н.П. Малый практикум по низшим растениям / Н.П. Горбунова, Е.С. Ключникова, Н.А. Комарницкий и др. – М.: Высш. шк., 1967. – 235с.
12. Дьяков Ю.Т. Введение в альгологию и микологию: Учеб. пособие / Ю.Т. Дьяков. – М.: МГУ, 2000. – 192с.
13. Жизнь растений. В 6 т. Гл. ред. А.А. Федоров. Т. 3. Водоросли. Лишайники / Под ред. М.М. Голлербаха. – М.: Просвещение, 1977. – 487с.
14. Краткое руководство по определению родов пресноводных водорослей / Сост. А.К. Храмцов. – Мн.: БГУ, 2004. – 49с.
15. Курсанов Л.И. Водоросли / Л.И. Курсанов, М.М. Забелина, К.И. Мейер и др. – М.: Советская наука, 1953. – 396с.

16. Лемеза Н.А. Малый практикум по низшим растениям: Учеб. пособие / Н.А. Лемеза, А.С. Шуканов. – Мн, 1994. – 288с.
17. Седова Т.В. Основы цитологии водорослей / Т.В. Седова. – Л.: Наука, 1977. – 187с.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Автоспора – неподвижная спора бесполого размножения, приобретающая форму и строение материнской клетки, находясь внутри нее.

Акинета – неподвижная покоящаяся клетка нитчатого таллома сине-зеленых водорослей, отличающаяся от вегетативных клеток утолщенной оболочкой и более крупными размерами, светлой окраской, часто богатая гранулярными включениями.

Бентос – совокупность организмов, жизнь которых связана с дном водоема.

Бесполой жизненный цикл – при котором не показан половой процесс.

Газовые вакуоли (у сине-зеленых водорослей) – заполненные газом структуры в клетке, неправильной формы, образованные собранием газовых везикул. Обеспечивают плавучесть клеток.

Газовые везикулы (у сине-зеленых водорослей) – цилиндрические структуры, формирующие газовые вакуоли, имеют белковую стенку и заполнены газом. Обеспечивают плавучесть клеток.

Гаметофит – гаплоидный организм, на котором образуются гаметы, осуществляющие оплодотворение.

Гаметы – половые клетки.

Гетерогамия (анизогамия) – тип полового процесса, при котором сливаются морфологически разные подвижные гаметы. Гаметы большего размера называют условно женской, меньшую – мужской.

Гетероциста – апикальная или интеркалярная клетка сине-зеленых водорослей, которая отличается от вегетативных клеток большими размерами, светлой окраской, гомогенным содержимым и утолщенной многослойной оболочкой. В местах соединений с вегетативными клетками гетероциста имеет поровые пробки, преломляющие свет. В гетероцистах происходит фиксация азота в аэробных условиях.

Гипотека – нижняя, меньшая половинка панциря диатомовых водорослей.

Гормогонии – многоклеточная нить сине-зеленых водорослей, состоящая из однотипных, более мелких, по сравнению с вегетативными, клеток. Обладают активным скользящим движением и служат для вегетативного размножения.

Жгутик – органелла движения, представляющая собой вырост клетки, покрытый плазмолеммой.

Изогамия – тип полового процесса, при котором сливаются морфологически одинаковые подвижные гаметы.

Интеркалярный – вставочный.

Колония – более или менее сложное, постоянное для вида объединение, скопление талломов водорослей. К. может быть микро- либо макроскопической. Компоненты К. связаны либо не связаны между собой плазмодесмами, находятся в общей слизи, либо соединены клеточными оболочками.

Конъюгация – тип полового процесса, при котором сливаются амeboидные протопласты вегетативных клеток, а гаметы не образуются.

Оогамия – тип полового процесса, при котором сливаются неподвижные крупные женские гаметы – яйцеклетки с мужскими мелкими гаметами. Если мужская гамета подвижна, то ее называют сперматозоидом, если неподвижна – сперматидий.

Панцирь – кремнеземная оболочка клетки диатомовых водорослей, состоящая из двух половинок – эпитеки и гипотеки.

Пиреноид – участок хлоропласта (обычно заметный в световой микроскоп), в котором расположен фермент темновой фазы фотосинтеза рибулозодифосфат карбоксилаза (рубиско).

Плазмодесмы – тонкие протоплазменные соединения между двумя клетками.

Планктон – совокупность организмов, обитающих в толще воды, не способных активно сопротивляться переносу течениями.

Поры (у диатомовых водорослей) – сквозные отверстия в стенке панциря.

Поясковый ободок (копула) (у диатомовых водорослей) – элемент пояска.

Поясок (у диатомовых водорослей) – часть панциря, расположенная между створками, состоящая из поясковых ободков.

Ребро (у диатомовых водорослей) – утолщение, выступающее над наружной или внутренней поверхностью створки панциря.

Ризоид – структура, с помощью которой водоросль закрепляется на субстрате. Может иметь вид корнеподобных нитей (одноклеточных или многоклеточных) или подошвы.

Спорофит – диплоидный организм, образующий спорангии со спорами.

Створка (у диатомовых водорослей) – плоская либо выпуклая часть эпитеки или гипотеки без пояскового ободка.

Таллом (слоевище) – вегетативное тело водорослей, не дифференцированное на отдельные органы (стебли, листья, корни) и настоящие ткани.

Хлоропласт (хроматофор) – пластида, в которой находятся фотосинтетические пигменты.

Хологамия – тип полового процесса, при котором сливаются вегетативные клетки, принимающие на себя функцию гамет.

Ценобий – колония с фиксированным числом клеток, рост которой осуществляется за счет роста клеток, а не за счет их деления.

Центральный узелок (у диатомовых водорослей) – кремнеземное утолщение между двумя ветвями шва.

Циста – покоящаяся одноклеточная стадия с толстой оболочкой, характеризующаяся приостановкой всех жизненно важных процессов.

Эпитека – верхняя, большая половинка панциря диатомовых водорослей.

Тест (к общему курсу «Введение в альгологию. Спецпрактикум»)

На каждый вопрос предложены варианты ответов, выберите один или несколько ответов, которые Вы считаете наиболее полными и правильными.

- 1) *Наука, изучающая строение, размножение, экологи, географию и значение водорослей называется:* а) микология; б) бриология; в) альгология; г) лишенология.
- 2) *Водоросли – это организмы:* а) одноклеточные; б) одноклеточные и колониальные; в) многоклеточные; г) одноклеточные, колониальные, многоклеточные.
- 3) *Вегетативное тело водорослей называется:* а) телом; б) таллом; в) протонема; г) гаметофит.
- 4) *Общее число видов водорослей в природе близко к:* а) 10 тыс.; б) 20 тыс.; в) 30 тыс.; г) 300 тыс.
- 5) *В морях обитают водоросли:* а) зеленые и бурые; б) бурые и красные; в) красные и зеленые; г) все верно.
- б) *Структура таллома водорослей, представленная многоядерными клетками, соединенными в нитчатые или иной формы талломы, называется:*
а) сифоновая; б) сифонокладальная; в) пластинчатая; г) гетеротрихальная
- 7) *Сбор фитобентоса осуществляется при помощи:* а) планктонных сетей; б) батометра; в) микробентометра; г) сребков и грабель
- 8) *Совокупность организмов, прикрепляющихся к стеблям и листьям высших водных растений, называется:* а) перифитон; б) нейстон; в) планктон; г) бентос
- 9) *Бесполое размножение водорослей осуществляется при помощи:*
а) гамет; б) зооспор; в) гормогониев; г) апланоспор
- 10) *Типы полового процесса у водорослей, осуществляемые без участия половых клеток, называются:* а) изогамия, оогамия; б) конъюгация, хологамия; в) гетерогамия, оогамия; г) изогамия, гетерогамия
- 11) *Жгутиковая стадия отсутствуют у всех водорослей отдела:* а) зеленых; б) красных; в) желто-зеленых; г) бурых
- 12) *Для сине-зеленых водорослей характерна структура таллома:* а) коккоидная; б) трихадная; в) гетеротрихальная; г) монадная; д) пластинчатая
- 13) *К запасным веществам сине-зеленых водорослей относится:* а) волютин; б) крахмал; в) цианофицин; г) маннит; д) ламинарин
- 14) *К пигментам зеленых водорослей относятся:* а) хлорофилл а, неоксантин, фикоцианин; б) фикоэритрин, хлорофилл а, зеаксантин; в) хлорофилл а и в, виолаксантин, лютеин; г) хлорофилл а и d; зеаксантин, фикоцианин
- 15) *Спирогира размножается:* а) вегетативно и половым путем; б) половым путем и неподвижными спорами; в) неподвижными спорами и зооспорами; г) зооспорами, неподвижными спорами, вегетативно и половым путем
- 16) *Хроматофор кладофоры:* а) сетчатый; б) линзовидный; в) лентовидный в виде спирали; г) чашевидный

- 17) *Кладофора может размножаться половым путем; ей свойственна:*
 а) изогамия; б) гетерогамия; в) оогамия; г) конъюгация
- 18) *Хламидомонада – род водорослей:* а) одноклеточных; б) с одним жгутиком на переднем конце; в) с двумя красными тельцами (глазками, или стигмами); г) все верно.
- 19) *Конъюгацией называется:* а) половой процесс, при котором происходит слияние внешне одинаковых гамет, но различных цитологически; б) половой процесс, при котором происходит слияние различных гамет как морфологически, так и цитологически; в) половой процесс, при котором происходит слияние крупной неподвижной яйцеклетки и мелкого подвижного сперматозоида; г) половой процесс, при котором происходит слияние содержимого амебоидных протопластов двух вегетативных клеток
- 20) *Запасным продуктом эвгленовых водорослей является:* а) волютин; б) крахмал; в) парамилон; г) хризоламинарин
- 21) *К отделу золотистые водоросли относятся представители:* а) *Chlorella, Volvox*; б) *Synura, Hydrurus*; в) *Nitella, Spirogyra*; г) *Mougeotia, Draparnaldia*
- 22) *Желто-зеленые водоросли имеют жгутики, которые:* а) изоконтные, изоморфные; б) изоконтные, гетероморфные, в) гетероконтные, гетероморфные; г) гетероконтные, изоморфные
- 23) *Желто-зеленые водоросли размножаются:* а) вегетативно; б) бесполом путем; в) половым путем; г) все верно
- 24) *У пиннулярии панцирь со стороны створки имеет форму:* а) эллипса; б) прямоугольника; в) квадрата; г) ромба
- 25) *Ламинария – промысловое ценное пищевое и лекарственное растение относится к отделу:* а) зеленым водорослей; б) бурым водорослей; в) красным водорослей; г) моховидным
- 26) *Ламинария прикрепляется к субстрату при помощи:* а) диска; б) корней; в) ризоидов; г) подошвы
- 27) *Половой процесс красных водорослей представлен:* а) изогамией; б) гетерогамией; в) оогамией; г) конъюгацией
- 28) *Женский половой орган красных водорослей называется:* а) концептакул; б) скафидий; в) рецептакул; г) карпогон
- 29) *Тип сожительства, при котором имеет место тесный наружный контакт между водорослью и другим организмом, на котором она поселяется, при автономности их питания, называется:* а) эпифитизмом; б) эндофитизмом; в) паразитизмом; г) мутуализмом
- 30) *Лишайники служат примером:* а) эндосимбиоза; б) паразитизма; в) эпифитизма; г) эндофитизма

Список видов водорослей, обязательных для запоминания

**ОТДЕЛ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ, ИЛИ ЦИАНОБАКТЕРИИ –
CYANOPHYTA (CYANOBACTERIA)**

Класс Хроококковые – *Chroococcophyceae*

Порядок Хроококковые – *Chroococcales*

Microcystis sp. – Микроцистис

Класс Хамесифоновые – *Chamaesiphonophyceae*

Класс Гормогониевые – *Hormogoniophyceae*

Порядок Осцилляториевые – *Oscillatoriales*

Oscillatoria sp. – Осциллятория

Порядок Ностоковые – *Nostocales*

Anabaena sp. – Анабена

Gloeotrichia sp. – Глеотрихия

Nostoc sp. – Носток

Rivularia sp. – Ривулярия

ОТДЕЛ ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ – CHLOROPHYTA

Класс Собственно зеленые – *Euchlorophyceae*

Порядок Вольвоксовые – *Volvocales*

Chlamydomonas sp. – Хламидомонада

Eudorina sp. – Эвдорина

Gonium sp. – Гониум

Pandorina sp. – Пандорина

Volvox sp. – Вольвокс

Порядок Хлорококковые – *Chlorococcales*

Chlorella sp. – Хлорелла

Chlorococcum sp. – Хлорококк

Hydrodictyon sp. – Гидродикцион, или водяная сеточка

Pediastrum sp. – Педиаструм

Scenedesmus sp. – Сценедесмус

Порядок Улотриксковые – *Ulothrichales*

Enteromorpha sp. – Энтероморфа

Ulothrix sp. – Улотрикс

Ulva sp. – Ульва

Порядок Хетофоровые – *Chaetophorales*

Draparnaldia sp. – Драпарнальдия

Pleurococcus sp. – Плеврококк

Stigeoclonium sp. – Стигеоклоний

Trentepohlia sp. – Трентеполия

Порядок Эдогониевые – *Oedogoniales*

Oedogonium sp. – Эдогоний

Порядок Сифонокладиевые – *Siphonocladiales*

Cladophora sp. – Кладофора

Rhizoclonium sp. – Ризоклоний

Класс Конъюгаты, или сцеплянки – *Conjugatophyceae*

Порядок Десмидиевые – *Desmidiiales*

Closterium sp. – Клостериум

Cosmarium sp. – Космариум

- Staurostrum* sp. – Стаураструм
 Порядок Мезотениевые – *Mesotaeniales*
- Cylindrocystis* sp. – Цилиндроцистис
- Spirotaenia* sp. – Спиротения
 Порядок Зигнемовые – *Zygnematales*
- Mougeotia* sp. – Мужонция
- Spirogyra* sp. – Спирогира
- Zygnema* sp. – Зигнема
 Класс Харовые – *Charophyceae*
 Порядок Харовые – *Charales*
- Chara* sp. – Хара
- Nitella* sp. – Нителла

ОТДЕЛ ЭВГЛЕНОВЫЕ – EUGLENOPHYTA

- Класс Эвгленовые – *Euglenophyceae*
 Порядок Эвгленовые – *Euglenales*
- Euglena* sp. – Эвглена
- Phacus* sp. – Факус
- Trachelomonas* sp. – Трахеломонас

ОТДЕЛ ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ ХРИЗОФИТОВЫЕ – CHRYSTOPHYTA

- Класс Синуровые – *Synurophyceae*
- Synura* sp. – Синура
 Класс Хризокапсовые – *Chrysocapsophyceae*
- Hydrurus* sp. – Гидрурус
 Класс Хризосферовые – *Chrysosphaerophyceae*
- Chrysosphaeria* sp. – Хризосферия

ОТДЕЛ ДИНОФИТОВЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ – DINOPHYTA

- Класс Динофитовые – *Dinophyceae*
 Порядок Перидиниевые – *Peridinales*
- Ceratium* sp. – Цераций
- Peridinium* sp. – Перидиний
- ЖЕЛТО-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ РАЗНОЖГУТИКОВЫЕ –
XANTHOPHYTA (HETEROCONTAE)**
- Класс Ксантотриховые – *Xanthotrichophyceae*
 Порядок Трибонемовые – *Tribonematales*
- Tribonema* sp. – Трибонема
 Класс Ксантосифоновые – *Xanthosiphonophyceae*
 Порядок Ботридиевые – *Botrydiales*
- Botridium* sp. – Ботридиум
- Vaucheria* sp. – Вошерия

ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ – BACILLARIOPHYTA (DIATOMOPHYTA)

- Класс Центрические – *CentropHYceae*
 Порядок Косцинодисковые – *Coscinodiscales*
- Cyclotella* sp. – Циклотелла
- Melosira* sp. – Мелозира
 Класс Перистые, или Пеннатные – *Pennatophyceae*
 Порядок Бесшовные – *Araphales*
- Asterionella* sp. – Астерионелла

Fragilaria sp. – Фрагилярия

Synedra sp. – Синедра

Tabellaria sp. – Табеллярия

Порядок Одношовные – *Monoraphales*

Cocconeis sp. – Кокконеис

Порядок Двушовные – *Diraphales*

Navicula sp. – Навикула

Pinnularia sp. – Пиннулярия

Порядок Каналошовные – *Aulonoraphales*

Bacillaria sp. – Бациллярия

Nitzschia sp. – Нитцшия

ОТДЕЛ БУРЫЕ ВОДОРОСЛИ – РНАЕОРФУТА

Класс Изогенератные – *Isogeneratophyceae*

Порядок Эктокарповые – *Ectocarpales*

Ectocarpus sp. – Эктокарпус

Порядок Сфацеляриевые – *Sphacelariales*

Sphacelaria sp. – Сфацелярия

Порядок Кутлериевые – *Cutleriales*

Cutleria sp. – Кутлерия

Порядок Диктиотовые – *Dictyotales*

Dictyota sp. – Диктиота

Dilophus sp. – Дилофус

Padina sp. – Падина

Класс Гетерогенератные – *Heterogeneratophyceae*

Порядок Ламинариевые – *Laminariales*

Laminaria sp. – Ламинария, или морская капуста

Класс Циклоспоровые – *Cyclosporophyceae*

Порядок Фукусовые – *Fucales*

Ascophyllum sp. – Аскофилл

Cystoseira sp. – Цистозейра

Fucus sp.* – Фукус

Sargassum sp. – Саргассум

ОТДЕЛ КРАСНЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ БАГРЯНКИ – РОДОФУТА

Класс Флоридеевые – *Florideophyceae*

Порядок Немалионовые – *Nemalionales*

Batrachospermum sp. – Батрахоспермум

Nemalion sp. – Немалион

Порядок Церамиевые – *Ceramiales*

Callithamnion sp. – Каллитамнион

Класс Бангиевые – *Bangiophyceae*

Порядок Бангиевые – *Bangiales*

Porphyra sp. – Порфира

Ptilota sp. – Птилота

