

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

Дубровная С.А., Мавлюдова Л.У.

**СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ
ВОДОРΟΣЛИ**

Учебно-методическое пособие

Казань, 2013

УДК 582.22

Рекомендовано к печати на заседании кафедры ботаники КФУ
(протокол № 6 заседания кафедры ботаники КФУ от 7.02.2013 г.)

Рецензенты:

.

к.б.н., доцент кафедры ботаники КФУ Идрисова Г.И.

к.б.н., доцент кафедры фармакологии фармацевтического факультета с
курсами фармакогнозии и ботаники Казанского государственного
медицинского университета Соболева Л.С.

Дубровная С.А., Мавлюдова Л.У. **Систематика растений. Водоросли:**
Учебно-методическое пособие / С.А. Дубровная, Л.У. Мавлюдова.– Казань:
, 2013. – 68 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации и
проведения лабораторных занятий по ботанике со студентами очного и
заочного отделений, обучающихся по направлению подготовки 050100.62
«Педагогическое образование», профиль - «Биология» по ФГОС ВПО,
разработанным Министерством образования и науки РФ.

Учебно-методическое пособие содержит темы и задания, разработанные
для организации самостоятельной работы студентов.

Предисловие

В настоящий момент нет однозначного мнения о количестве различных видов живых организмов, существующих на Земле. Количество видов на Земле оценивается от 2–3–5 миллионов, до полутора миллионов. Ориентироваться в данном множестве существ возможно при их классификации, построенной на основе сходств и различий признаков организмов. Систематика – наука о многообразии организмов. Цель систематики – создание упорядоченной системы многообразия органического мира, отражающие процессы исторического развития (филогенеза). Задачи систематики: 1. Описание всего многообразия как современных, так и вымерших организмов. 2. Упорядоченное иерархическое расположение таксономических категорий по отношению друг к другу. 3. Научное наименование таксонов, согласно сложившимся номенклатурным правилам.

Целью освоения дисциплины «Систематика растений» является обеспечение студентов научными знаниями о растительном мире как важнейшей составной части биосферы и первоосновы для существования других организмов на Земле.

Дисциплина «Систематика растений» относится к вариативной (профильной) части профессионального цикла Основной образовательной программы 050100 «Педагогическое образование», профиль «Ботаника» и входит в состав модуля «Биологические науки».

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Анатомия и морфология растений». Систематика растений является основой для изучения таких областей знаний как физиология растений, эволюционный процесс, экология, биогеография, растительный мир РТ, основы сельского хозяйства.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие специальных компетенций:

- владеет основными биологическими понятиями, знаниями биологических законов и явлений (СК-1);
- владеет знаниями об особенностях морфологии, экологии, размножения и географического распространения растений, грибов и микроорганизмов, понимает их роль в природе и хозяйственной деятельности человека (СК-2);
- способен объяснять химические основы биологических процессов и физиологические механизмы работы различных систем и органов растений (СК-3);
- способен ориентироваться в вопросах биохимического единства органического мира, молекулярных основах наследственности, изменчивости и методах генетического анализа (СК-4);
- владеет знаниями о закономерностях развития органического мира (СК-5);

- способен понимать принципы устойчивости и продуктивности живой природы и пути ее изменения под влиянием антропогенных факторов, способен к системному анализу глобальных экологических проблем, вопросов состояния окружающей среды и рационального использования природных ресурсов (СК -6);

- способен применять биологические и экологические знания для анализа прикладных проблем хозяйственной деятельности (СК -7);

- способен к самостоятельному проведению исследований, постановке естественнонаучного эксперимента, использованию информационных технологий для решения научных и профессиональных задач, анализу и оценке результатов лабораторных и полевых исследований (СК – 8).

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- научные представления о разнообразии растительного мира и других группах организмов, относимых к области ботаники (бактерии, грибы, лишайники), об особенностях их строения, экологии и эволюции;

- основные таксоны водорослей, их анатомо-морфологические и функциональные особенности;

- особенности размножения и циклов воспроизведения отделов водорослей;

- экологию, филогению, классификацию и географическое распространение таксонов водорослей, их роль в природе и хозяйственной деятельности человека;

- научные представления о растительном покрове как сложной интегрированной системе флоры и растительности, современные представления о динамических процессах под влиянием антропогенных воздействий;

- методы исследования в современной ботанике.

уметь:

- определять, делать морфологические описания, зарисовывать и коллекционировать растения и их части;

- делать геоботанические описания растительных сообществ;

- проводить наблюдения в природе и в лаборатории;

- планировать научно-исследовательскую деятельность школьников;

- разрабатывать элективные курсы по ботанике.

владеть:

- навыками изучения растений в лабораторных и полевых условиях;

- методикой определения растений,

- навыками работы с увеличительными приборами.

Структура и содержание дисциплины «Систематика растений» (для студентов очной формы обучения). Общая трудоемкость дисциплины – 6 зачетных единиц, 216 часов

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		3	4
		часы	часы
Общая трудоемкость дисциплины, в т.ч.:	216	90	126
Аудиторные занятия	96	48	48
Лекции	44	22	22
Лабораторные работы	52	26	26
Курсовая работа (6 семестр)			
Самостоятельная работа студентов	84	42	42
Форма контроля - экзамен	36		36

Структура и содержание дисциплины «Систематика растений» (для студентов заочной формы обучения). Общая трудоемкость дисциплины – 5 зачетных единиц, 180 часов.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр		
		3	4	5
		часы	часы	часы
Общая трудоемкость дисциплины, в т.ч.:	180	54	88	38
Аудиторные занятия	26	14	10	2
Лекции	14	6	6	2
Лабораторные работы	12	8	4	
Контрольная работа			+	+
Курсовая работа – 9 семестр				
Самостоятельная работа студентов	118	40	60	18
Форма контроля	36	зачет	18	18

В современной систематике каждый отдел или тип рассматривается как категория единиц в их эволюционном отношении. Все разнообразие видов, относящихся к данному отделу, рассматривается в процессе эволюции. Отделы растений до последнего времени делились на две большие группы по степени дифференциации вегетативного тела: высшие и низшие. К группе низших растений до 1980–х гг. относили водоросли, грибы, миксомицеты, лишайники, бактерии. В настоящее время это деление устарело. По функциональному признаку, имеющему огромное эволюционное значение, т.е. по наличию кислородного фотосинтеза, на современном этапе (Охупкин,

Юлова, 2010) к объектам, рассматриваемым в курсе водоросли, относят прокариоты фотосинтезирующие с выделением кислорода и эукариотические фотосинтезирующие организмы.

Последнее десятилетие привело к накоплению громадного количества новых данных по ультраструктуре, биохимическим, молекулярно-генетическим особенностям живых организмов, в том числе кислородных фототрофов, что привело к очередной перестройке системы эукариот, которая до сих пор не завершена. Общепризнанной системы фототрофных кислородных организмов нет, а ее формирование, как и создание эволюционной системы органического мира в целом, – дело будущего.

В программу изучения раздела Водоросли курса Систематики растений вошли отделы, рекомендованные преподавателями Московского педагогического государственного университета, для изучения студентам педагогических ВУЗов.

Рисунки пособия подготовлены на основе иллюстрационного материала, представленного на веб-ресурсе <http://dic.academic.ru>. Жизненные циклы водорослей составлены по материалам пособия Охалкин А.Г., Юлова Г.А. (2010).

Водорослями называются преимущественно водные растительные организмы, питающиеся фототрофно за счет кислородного фотосинтеза, с талломным типом строения вегетативного тела. Понятие «водоросли» является не систематическим, а биологическим. К водорослям относится целый ряд отделов органического мира, возникших в разное время и от разных предков, включая прокариоты фотосинтезирующие с выделением кислорода. Наука, изучающая водоросли, называется альгологией.

Начало альгологии как науки можно датировать серединой XVIII в. когда в 1753 г. К. Линней в своем 24 классе Cryptogam выделил порядок Algae – водоросли. Сюда он включил губки, лишайники, грибы, печеночные мхи, папоротникообразные и собственно водоросли. Предметом альгологии является исследование кислородных фотоавтотрофов в самом широком плане, включая флору, морфологию и систематику, филогению и эволюцию, экологию и другие аспекты их изучения. Для современного периода альгологии характерно интенсивное развитие экологического, физиологического и ценологического направлений, стремление внедрить результаты, полученные альгологией, в практику.

Наиболее древние фотосинтезирующие организмы цианобактерии или сине-зеленые водоросли – просто устроенные организмы, осуществляющие в подавляющем большинстве случаев кислородный фотосинтез. Строение клетки в основных чертах соответствует строению клетки бактерии. Видовое богатство этой группы организмов оценивается приблизительно в 2 тысячи видов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ

- В жизненном цикле отсутствуют жгутиковые стадии. Встречаются одноклеточные, колониальные и многоклеточные представители.

- Из пигментов хлорофилл а, фикоцианин, аллофикоцианин и фикоэритрин.

- Запасной полисахарид–цианофициновый крахмал, соединения азота запасаются в виде цианофициновых гранул, соединения фосфора – полифосфатных тел.

Клетки имеют прокариотическое строение, отсутствуют такие органеллы, окруженные мембраной, как ядро, хлоропласты, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, вакуоль с клеточным соком. Также микротрубочки, центриолы, микрофилламенты.

- Пигменты фотосинтеза локализованы в тилакоидах, которые свободно лежат в цитоплазме или собраны в граны.
- ДНК лежит в центре клетки, не окружена мембранами. Могут содержать плазмиды.
- Размножение вегетативное и бесполое. Отмечается генетическая рекомбинация.
- В состав клеточной стенки входит муреин.

ОТДЕЛ СИНЕЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (CYANOPHYTA)

Цели и задачи занятия:

1. Изучить характерные признаки Cyanophyta.
2. Обеспечить систематизацию знаний о месте синезеленых водорослей в иерархической системе органического мира.
3. Сформировать представление об особенностях строения, размножения, экологии отдельных представителей отдела Cyanophyta.
3. Познакомить студентов с разнообразием Cyanophyta и их роли в экосистемах.

Материалы и оборудование

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, фиксированные материалы, таблицы.

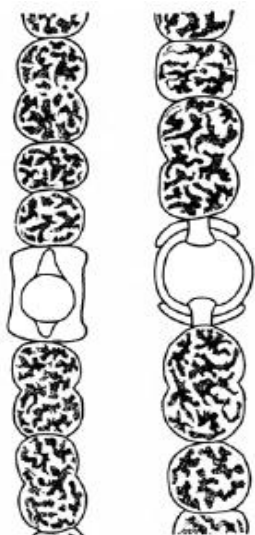
Вопросы и задания для подготовки

1. Отметить признаки, отражающие древность происхождения синезеленых водорослей.
2. Охарактеризовать особенность строения клеточной стенки.
3. Выделить уровни организации морфологической структуры водорослей. Особенности формирования колоний. Отметить особенности строения колоний синезеленых водорослей.
4. В чем специфика пигментной системы водорослей. Место локализации пигментов.
5. Значение газовых вакуолей и их роль в жизнедеятельности водорослей. Гетероцисты, их локализация и значение.
6. Особенность деления колониальных водорослей. Особенности истинного и ложного ветвления.
7. Экологические группы синезеленых водорослей.
8. Дайте определение следующим терминам – трихом, хроматоплазма, центроплазма.
9. Подготовить презентацию–реферат «Экология и значение цианобактерий».

Общая характеристика CYANOPHYTA

Клеточная оболочка синезеленых водорослей соответствует оболочке грамотрицательных бактерий. Важным ее компонентом является муреиновый слой, придающий клетке прочность. В клеточной оболочке хотя и содержится целлюлоза, но основную роль играют пектиновые вещества и слизевые полисахариды.

Рис. 1. Газовые вакуоли в клетках *Anabaena*



Клеточные оболочки хорошо ослизняются и содержат даже пигменты. У некоторых водорослей вокруг клеток образуется специальный слизистый чехол, иногда самостоятельный вокруг каждой клетки, но чаще сливающийся в общий чехол, окружающий группу или весь ряд клеток, называемый у нитчатых форм специальным термином - трихом.

Протопласт синезеленых водорослей лишен оформленного ядра. Ядерный материал – одна хромосома, состоящая из одной или нескольких кольцевых молекул ДНК, который расположен в бесцветной центральной части протопласта - центроплазме. Пигменты локализованы в пластинчатых образованиях — тилакоидах, которые располагаются в хроматоплазме (периферической части протопласта). Протоплазма более густая, чем у других групп растений, она неподвижна.

В клетках водорослей часто встречаются газовые вакуоли. Это полости в протоплазме, наполненные азотом. У некоторых видов они появляются и исчезают внезапно, часто по неизвестным причинам. Обеспечивают плавучесть цианобактерий.

Состав пигментного аппарата. Найдено около 30 различных внутриклеточных пигментов. Они относятся к четырем группам — к хлорофиллам, каротинам, ксантофиллам и билипротеинам. Из хлорофиллов пока достоверно доказано наличие хлорофилла а; а из билипротеинов — фикоцианина, фикоэритрина и аллофикоцианина. Присутствуют специфические пигменты, поглощающие ультрафиолетовое излучение и выполняющие функции фотопротекторов.

Тип питания: Облигатный фотоавтотрофный, факультативный хемогетеротрофный, фотогетеротрофный, миксотрофный. Отмечается фиксация атмосферного азота. Известно более 100 видов водорослей способных к фиксации атмосферного азота. У ностоковых и стигонемовых процесс происходит в гетероцистах для других представителей фиксация возможна в вегетативных клетках.

Продуктом фотосинтеза является гликопротеид, который возникает в хроматоплазме и там же отлагается. Между фотосинтетическими тилакоидами обнаружены полисахаридные зернышки. Цианофициновые зерна во внешнем слое хроматоплазмы состоят из липопротеидов. Волютиновые зерна в центроплазме представляют собой запасные вещества белкового происхождения. В плазме обитателей серных водоемов появляются зернышки серы. У некоторых откладываются полифосфатные гранулы, липиды.

Структура таллома. Коккоидная структура характерна для одноклеточных особей, присутствует нитчатая, разнонитчатая структура, отмечается переход к тканевой структуре таллома. Большинству синезеленых водорослей свойственно образование колоний или многоклеточных нитей. У очень многих нитчатых синезеленых водорослей имеются своеобразные

клетки, получившие название гетероцист. У них хорошо выражена двухслойная оболочка, а содержимое всегда лишено ассимиляционных пигментов (оно бесцветное, голубоватое или желтоватое), газовых вакуолей и зерен запасных веществ. Они образуются из вегетативных клеток в разных местах трихома, в зависимости от систематического положения водоросли. Гетероцисты встречаются поодиночке или по несколько (2—10) в ряд. В световом микроскопе они выглядят как будто пустыми. При ложном ветвлении и во время деления нитей трихомы чаще всего разрываются возле гетероцист.

Размножение. Вегетативное размножение. Каждая нить или даже часть нити дает начало новому организму (колонии). Самым обычным типом размножения является деление клеток надвое. Для одноклеточных форм этот способ единственный, а в колониях и нитях он приводит к росту нити или колонии. Размножение фрагментацией колоний, фрагментацией нити. Одним из самых распространенных видов размножения нитчатых форм является образование гормогониев. Гормогониями называются фрагменты трихома, на которые последний распадается.

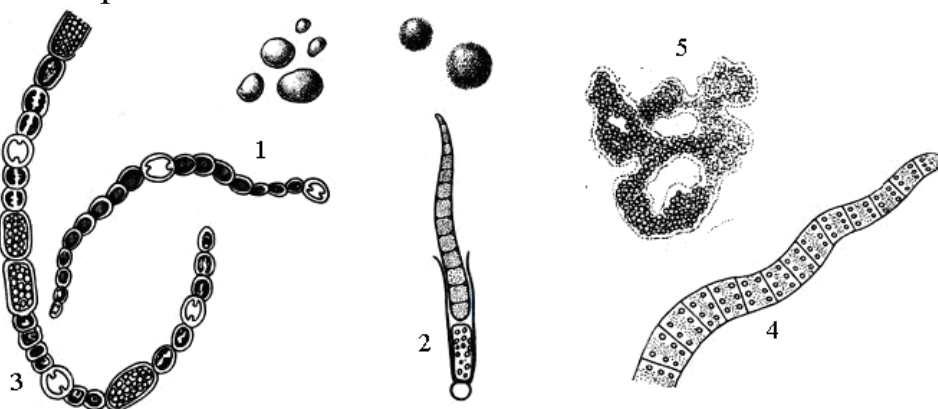


Рис. 2. Многообразие Cyanophyta:

1- *Nostoc*; 2 – *Gloeotrichia*; 3 - *Anabaena*; 4 - *Oscillatoria*; 5 - *Microcystis aeruginosa*.

Образование акинет. Акинетами называют крупные, толстостенные, покоящиеся споры, заполненные питательными веществами. Формируются они при неблагоприятных условиях. Сохраняют жизнеспособность более десятка лет. Развиваются из вегетативных клеток при увеличении размера, исчезновении газовых вакуолей, увеличении плотности цитоплазмы и пр.

Бесполое размножение. С помощью клеток, не имеющих утолщенных оболочек— экзопор и эндоспор (беоцит).

В настоящее время среди специалистов нет единогласия относительно таксономии и номенклатуры этого отдела. Нет единого мнения, что считать видом при отсутствии полового размножения. Выделение порядков происходит в зависимости от степени морфологической дифференциации

Порядок осцилляториевые (Oscillatoriales).

Род осциллятория (*Oscillatoria*).

Род лингбия (*Lyngbya*). Обычные представители грязных стоячих водоемов, солоноватых вод, влажных почв, горячих источников. Размножение с помощью гормогониев.

Порядок Ностоковые (Nostocales).

Род носток. Колониальные водоросли, состоящие из однорядных трихом с гетероцистами. Размножение гормогониями. Образуют акинеты. Носток сливовидный (*Nostoc pruniforme*) имеет шаровидные или эллипсоидные колонии, слизистые на ощупь. Обитает в озерах, прудах, других стоячих водоемах и во влажной почве. В центре слизи располагаются извилистые неветвящиеся нити, состоящие из бочкообразных вегетативных клеток, более крупных спор и блестящих гетероцист. Акинеты часто собраны в цепочки.

Порядок хроококковые – (Chroococcales).

Род глеокапса. Водоросль *Gloeocapsa* встречается в мелких пресных водоемах, на влажных камнях, скалах, на деревьях. Клетки или колонии окружены слизистой капсулой, которая может быть окрашена в синеватый, красный, черный цвет. Обнаруженный синевато-зеленый налет на поверхности камня, коре дерева соскоблить и приготовить временный препарат.

Лабораторная работа

Порядок осцилляториевые (Oscillatoriales).

Род осциллятория (*Oscillatoria*). Род лингбия (*Lyngbya*).

Задание 1. Изучить строение таллома осциллятории. Приготовить временный препарат. Найти нити водорослей с колеблющимися концами – осциллятории или лингбии. Пронаблюдать за передвижением и характером движения. Сделать рисунок.

Порядок Ностоковые (Nostocales).

Род носток.

Задание 2. Изучить строение колонии ностока. На основе живых объектов или фиксированного материала рассмотреть внешний вид колонии и зарисовать. Пинцетом или иглой извлечь из колонии нити ностока, приготовить временный препарат. Рассмотреть нити ностока при большом увеличении микроскопа, найти гетероцисты. Сделать рисунок.

Порядок хроококковые – (Chroococcales).

Род глеокапса.

Задание 3. Изучить строение колонии. Обнаруженный синевато-зеленый налет на поверхности камня, коре дерева соскоблить и приготовить

временный препарат. Найти при малом увеличении одиночные клетки и клони. Рассмотреть при большом увеличении. Зарисовать.

Задание 4. Изучить видовое разнообразие синезеленых водоросли из аквакультуры. Найти синезеленые водоросли, определить их систематическую принадлежность, зарисовать.

Задание 5. Составить сравнительную характеристику порядков синезеленых водорослей, заполнив таблицу 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика водорослей

Порядок	Вид	Строение таллома	Газовые вакуоли	Гетероцисты	Рост и размножение	Местообитание	Значение
---------	-----	------------------	-----------------	-------------	--------------------	---------------	----------

Контрольные вопросы и задания

1. Составить сравнительную характеристику синезеленых водорослей. Отметить характерные особенности цианобактерий, свойственные прокариотам и эукариотам.

2. Дать определение термину хроматическая адаптация. В чем заключается биологическое значение хроматической адаптации.

3. Охарактеризовать современные подходы к хозяйственному использованию синезеленых водорослей.

4. Назвать основные факторы, обеспечившие широкое распространение синезеленых водорослей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ

Клеткам эукариотических водорослей свойственны те же основные системы, которые встречаются в клетках животных и высших растений.

Типы морфологической структуры таллома водорослей

В зависимости от сложности организации таллома, наличия примитивных признаков организации, типов взаимодействия между клетками в едином организме можно выделить следующие типы морфологической структуры тела водорослей (рис. 3), которые отражают усложнение организации вегетативного тела водорослей в процессе эволюции.

- **Амебоидная** структура. Тело водоросли без жесткой клеточной стенки, способно к образованию выростов - ризоподий (длинные лучеобразные выросты) и псевдоподий, с помощью которых активно передвигается. Представители одноклеточные или колониальные. Встречается, например, у динофитовых, золотистых.

- **Монадная** Характерна для водорослей с жесткой (целлюлозной, гликопротеиновой) клеточной стенкой или достаточно прочным перипластом. Тело снабжено 1-2 или многими жгутиками. При данном типе таллома возможно формирование одноклеточных и колониальных организмов. У эвгленовых, золотистых водорослей монадная структура таллома преобладает. Встречается у зеленых (класс *Chlorophyceae*). Она также характерна для зооспор всех водорослей кроме красных, для подвижных гамет при наличии полового процесса. Считается наиболее примитивной организацией, возникшей первой в процессе эволюции.

- **Коккоидная** Таллом состоит из клеток с толстыми оболочками, лишенными жгутиков или псевдоподий. Передвижение или за счет выделений *слизи* (десмидиевые, центрические диатомеи) либо свободное парение в воде. Характерно образование колоний.

- **Пальмеллоидная** Клетки со слизистыми стенками, объединенные единым слизистым слоем. Объединение клеток чисто механическое, плазматических связей нет. В пальмеллевидное состояние могут переходить одноклеточные водоросли при неблагоприятных условиях.

- **Нитчатая** структура. Характеризуется расположением клеток в один или несколько рядов, образующихся в результате вегетативного деления клеток преимущественно в одной плоскости. Нити могут быть простыми и ветвящимися. Водоросли могут распадаться на самостоятельные, жизнеспособные участки или клетки. Отмечают дифференцировку клеток по выполняемым функциям, например, у *Ulothrix* все клетки, исключая базальную, способны к делению и образованию зооспор и гамет. Отмечается у зеленых, желто-зеленых, красных.

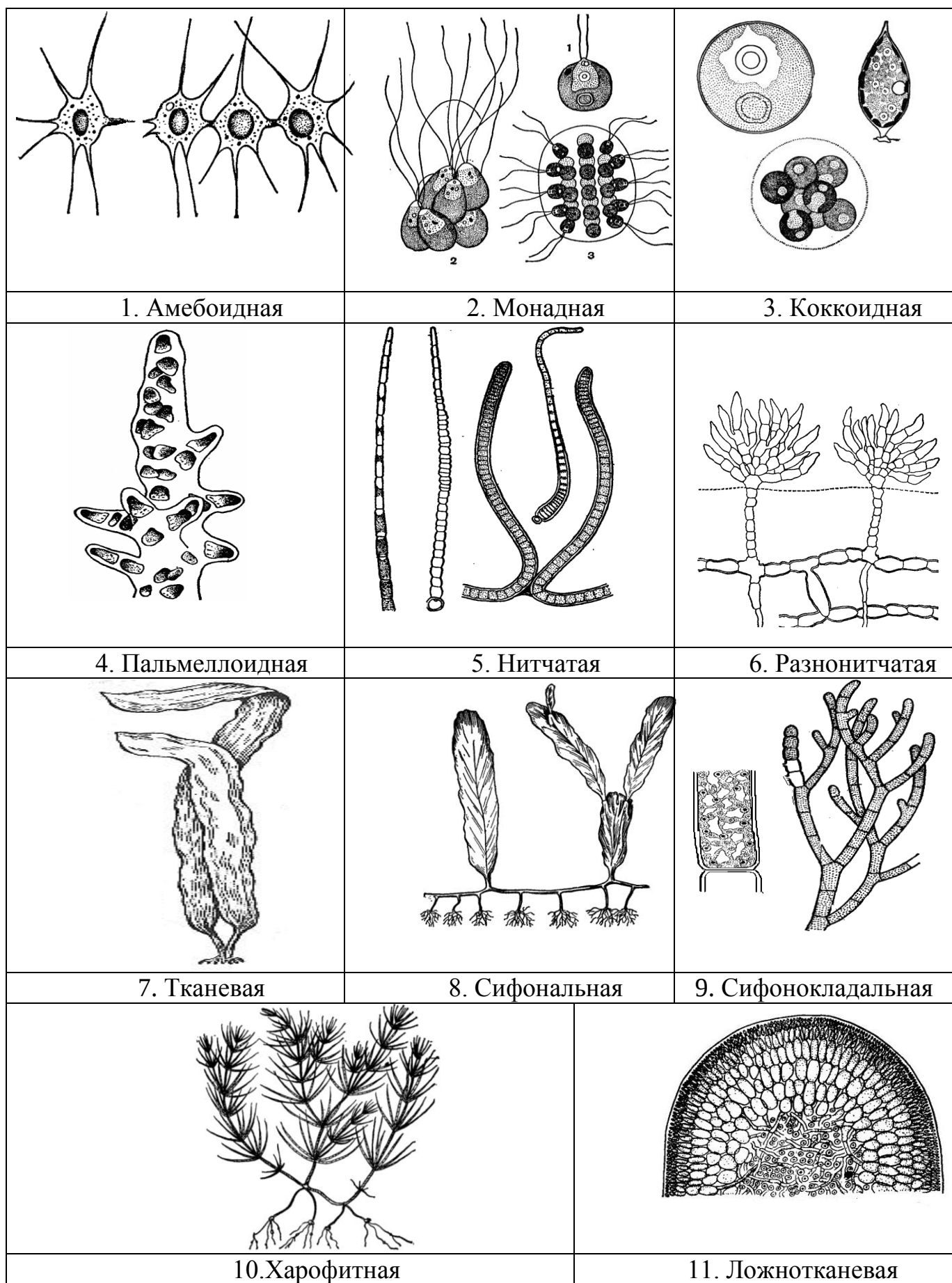


Рис. 3. Основные типы морфологической структуры таллома водорослей

•**Разнонитчатая** (гетеротрихальная) структура. Таллом состоит из разных по строению и выполняемым функциям нитей. У горизонтальных нитей образуются ризоиды (например у желто–зеленых, зеленых, красных).

•**Тканевая** (Паренхиматозная) структура таллома. Образуется в процессе того, что клетки способны делиться в трех взаимно–перпендикулярных направлениях, образуя объемное слоевище. Характерна для бурых, реже для зеленых, красных водорослей.

•**Сифональная** структура представляет собой особый тип строения, свойственный только некоторым водорослям и нередко называемый неклеточным. Отличительной чертой является отсутствие внутри слоевищ клеточных перегородок при наличии большого количества ядер (зеленые, желто–зеленые).

•**Сифонокладальная** Отличается способностью к образованию из первичного сифонального таллома в результате разобщенных процессов карио–и цитокинеза сложноустроенных слоевищ, состоящих из первично многоядерных сегментов (*Cladophora*).

•**Харофитная** структура, свойственная только харовым водорослям, характеризуется сложным строением членистого–мутовчатого слоевища.

• **Ложнотканевая** (Псевдопаренхиматозная) структура таллома, возникающая в результате срастания нитей разнонитчатого слоевища. Отмечается дифференцировка таллома на коровый слой, центральный осевой и промежуточный (красные водоросли).

Выделяют также структуру которая занимает промежуточное положение между одноклеточными коккоидными и многоклеточными паренхиматозными водорослями

•**Сарциноидная** Встречается у одноклеточных и колониальных представителей, которые способны делиться в трех взаимно–перпендикулярных плоскостях, с образованием не нитчатых скоплений клеток (зеленые).

Клеточные покровы

Форма, размеры, а также защитные покровы клеток водорослей разнообразны. Имеются водоросли лишенные клеточной стенки (голые) клетки. Защитная функция выполняет плазмалемма, но она не обеспечивает постоянной формы клетки. У эвгленовых водорослей клетки покрыты пелликулой (плотный белковый слой цитоплазмы лежащий под мембраной). Защита может усиливаться за счет образовавшихся одиночных чешуек, которые откладываются поверх плазмалеммы (золотистые), сплошной слой чешуек, формирующих теку, а также за счет формирования поверхностного аморфного слизистого слоя, панциря (рис. 4) из кремнезема (диатомовые, пирофитовые водоросли), формируются домики органического происхождения, для криптофитовых характерно формирование перипласта. Клеточная стенка может быть на основе мономера например, ксилана, тогда

клеточная стенка не целлюлозная. Но у большинства водорослей клетки имеют жесткую полисахаридную клеточную оболочку, которая часто бывает многослойной (внутренний слой целлюлозный, наружный – пектиновый). Наблюдается также инкрустация клеточной стенки различными солями.

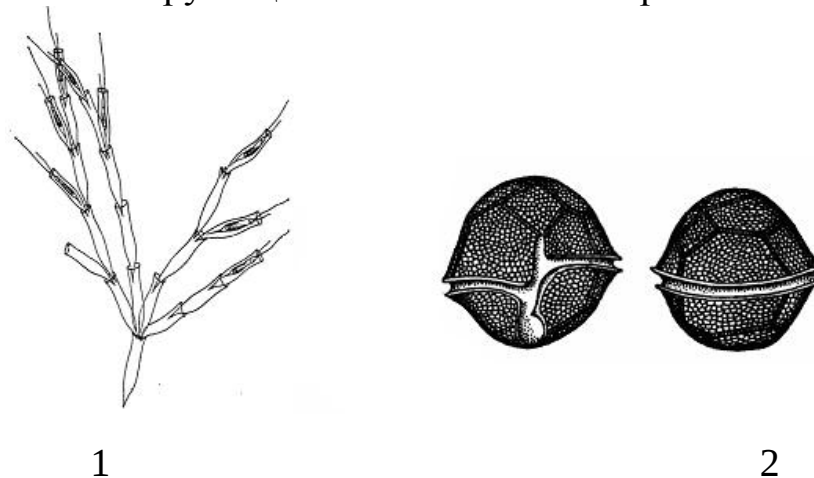


Рис. 4. Разнообразие защитных покровов водорослей
1 – домики; 2 – панцирь

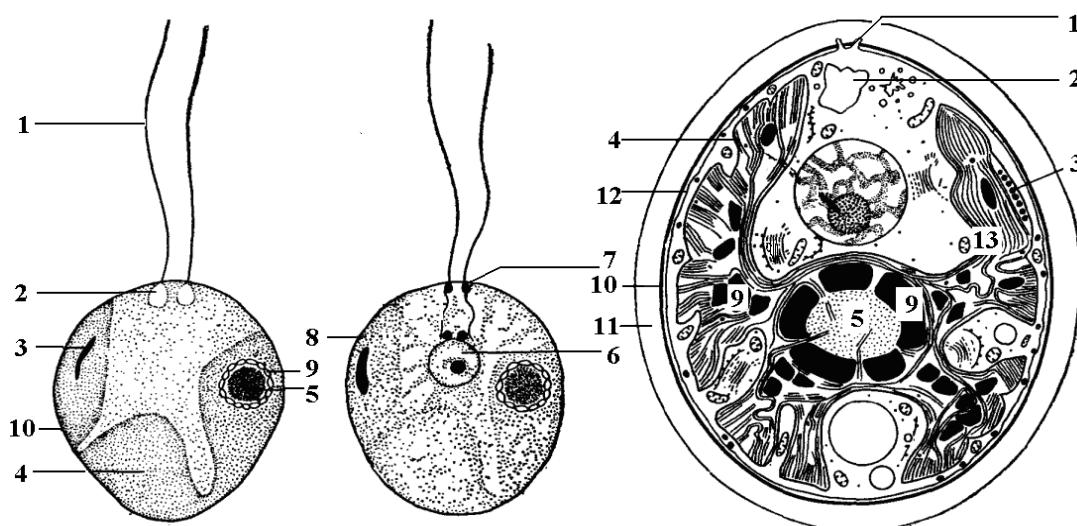


Рис. 5. Строение клетки водоросли:
1 – жгутики; 2 – пульсирующие вакуоли; 3 – стигма; 4 – постенный хлоропласт; 5 – пиреноид; 6 – ядро с ядрышком; 7 – базальные тела; 8 – центриоли; 9 – крахмальные зерна; 10 – оболочка клетки; 11 – слизистая капсула; 12 – плазмалемма; 13 – митохондрии.

В клетках имеются типичные для эукариот органоиды (рис. 5). Хлоропласты (хроматофоры) водорослей отличаются большим разнообразием по форме, числу, местоположению в клетке, а также по внутреннему строению. В хлоропластах кроме различных форм хлорофилла (a,b,c,d), присутствуют каротиноиды, фикобилины, которые часто маскируют зеленую окраску водоросли. С хлоропластами структурно и функционально связаны особые белковые тельца – пиреноиды. Они могут располагаться на

поверхности хлоропластов или чаще – в строме. Пиреноиды являются местом отложения запасного крахмала. Клетки некоторых эукариотических водорослей имеют пульсирующие вакуоли, стигму, жгутики.

Способы питания водорослей

Водоросли отличаются высокой пластичностью и большим разнообразием способов питания. Основной способ питания водорослей – фотоавтотрофный. Имеются виды, являющиеся облигатными фотосинтетиками. Однако большинство водорослей в зависимости от условий жизнедеятельности могут легко переключаться на гетеротрофный тип питания или сочетать его с фотосинтезом (миксотрофное питание). Многообразие способов питания водорослей позволяет им обитать в разнообразных экологических условиях.

Для водорослей характерны симбиотические взаимоотношения с представителями различных царств - одноклеточными животными, губками, гидрами, личинками стрекоз (зеленые, желто-зеленые), грибами (зеленые), растениями.

Размножение водорослей

Для водорослей характерны все типы размножения: вегетативное, собственно бесполое и половое. У одного и того же вида водорослей в зависимости от времени года и внешних условий наблюдаются разные формы размножения (бесполое и половое).

Вегетативное размножение осуществляется:

- Делением клетки надвое (хламидомонада);
- Распадом нити на фрагменты – фрагментация нитей (зеленые);
- Фрагментацией колоний;
- Частями слоевища (кладофора);
- Специализированными образованиями (клубеньки харовых, выводковые почки сфацеларии);
- Выводковыми веточками (бурые водоросли)
- Специализированными клетками, дающими начало новой колонии (вольвокс);
- Акинетами – неподвижными клетками с утолщенной оболочкой, запасом питательных веществ, которые служат также для переживания неблагоприятных условий (*Ulothrix*, *Spirogyra*).

Собственно бесполое размножение

Собственно бесполое размножение происходит посредством зооспор и спор, образующихся внутри зооспорангиев и спорангиев.

▪ **Зооспоры** – споры, подвижные за счет наличия жгутиков.

▪ **Гемизооспоры** – зооспоры утратившие жгутики, но сохранившие глазок и сократительные вакуоли.

▪ **Апланоспоры** — неподвижные споры.

▪ **Гипноспоры** — споры с толстой оболочкой, которые длительное время могут находиться в состоянии покоя.

▪ **Автоспоры** — споры, приобретающие в материнской клетке подобную ей форму, но имеющие меньшие размеры.

Половое размножение

У водорослей встречаются разные типы половых процессов:

▪ **Гологамия** — слияние двух подвижных одноклеточных особей, лишенных клеточной оболочки.

▪ **Конъюгация** — слияние содержимого двух вегетативных клеток, не дифференцированного на специальные гаметы.

▪ **Гаметогамия** — слияние специализированных клеток - гамет. В зависимости от относительных размеров гамет, участвующих в слиянии, различают следующие типы полового процесса; **изогамия** — гаметы одинаковой величины и формы, **гетерогамия** или анизогамия, — одна гамета (женская) крупнее другой (мужской), но сходна с ней по внешнему виду, **оогамия** — женская гамета, называемая яйцеклеткой, лишена жгутиков, неподвижна и значительно крупнее мужской, которую называют сперматозоидом, она может быть бесцветной. Яйцеклетки формируются в оогониях, а сперматозоиды — в антеридиях.

▪ **Гологамия** — слияние двух подвижных одноклеточных особей.

▪ **Автогамия** - особый тип полового процесса, распространенный у части диатомовых. Заключается в том, что ядро клетки предварительно делится мейозом на 4 ядра, два из них разрушаются, и оставшиеся два ядра сливаются, образуя вновь диплоидное ядро. Автогамия не сопровождается увеличением числа особей, а лишь их омоложением.

Жизненный цикл - закономерная смена полового и бесполого поколений, характерных для данного вида живых организмов.

По характеру изменений пloidности выделяют следующие типы жизненных циклов:

организм в течение всего цикла имеет одинарный набор хромосом (n , гаплоид); данные жизненные циклы характерны для многих бактерий и протистов, не имеющих полового процесса;

после образования зиготы ($2n$) происходит мейоз, и остальные стадии жизненного цикла гаплоидны (жизненный цикл с зиготической редукцией).

все стадии жизненного цикла диплоидны ($2n$), только гаметы гаплоидны (n) — жизненный цикл с гаметической редукцией.

на диплоидных, и на гаплоидных стадиях происходят митотические деления, приводящие к размножению или росту, и в жизненном цикле присутствуют диплоидные и гаплоидные поколения — жизненный цикл с промежуточной (спорической) редукцией.

В жизненном цикле многих водорослей наблюдается чередование поколений. Особи, на которых образуются гаметы, называются гаметофитами, особи этого же вида, на которых развиваются споры – спорофитами. На гаметоспорофитах образуются и гаметы и споры.

Спорофиты и гаметофиты (гаметоспорофиты) бывают одинакового строения или разного, и соответственно существуют понятия изоморфной (сходной) и гетероморфной (разной) смены форм развития (чередования поколений).

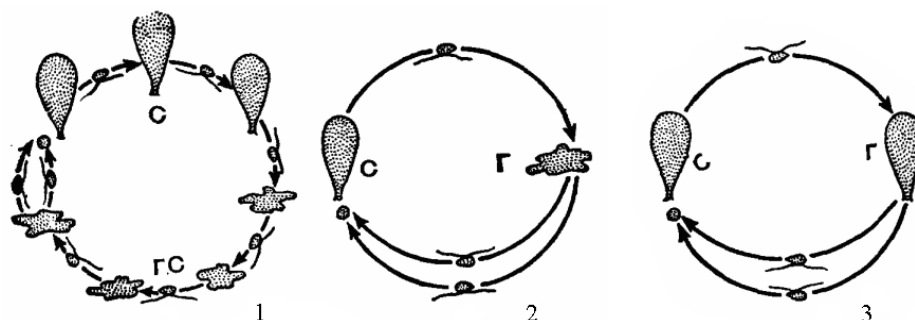


Рис. 6. Цикл развития водорослей: С – спорофит, Г – гаметофит, ГС – гаметоспорофит

- 1 – гетероморфный цикл с нерегулярной сменой форм развития;
 2 – гетероморфный цикл с регулярной сменой форм развития;
 3 – изоморфный цикл с регулярной сменой форм развития.

ПРИМЕЧАНИЕ. При подготовке к занятиям для каждого отдела водорослей необходимо подготовить краткую характеристику, заполнив Таблицу 2. Таблица 3 заполняется по итогам прослушанных лекционных и лабораторных занятий.

Таблица 2

Общая характеристика отдела водорослей

Отдел	Пигментная система	Запасные вещества	Пиреноид	Тип таллома	Тип хлоропластов	Экология Местообитание	Классы

Таблица 3

Общая характеристика отдельных представителей водорослей

Отдел	Класс	Порядок Вид	Рисунок	Особенности морфологии строения	Бесполое размножение	Половое размножение	Экология. Значение

ОТДЕЛ ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ (CHLOROPHYTA)

Цель и задачи занятия:

1. Изучить характерные признаки представителей отдела CHLOROPHYTA.
2. Дать представление об эволюции системы размножения в пределах классов.
3. Сформировать представление об экологической толерантности и особенности адаптации водорослей к разнообразным условиям обитания.
4. Познакомить студентов с видовым разнообразием отдела CHLOROPHYTA Республики Татарстан.

Материалы и оборудование

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, гербарии *Ulva*, фиксированные материалы, готовые микропрепараты; готовый препарат колонии вольвокса, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Дать краткую характеристику отдела Chlorophyta, заполнить Таблицу № 2.
2. Перечислить характерные признаки клеток зеленых водорослей.
3. Дать определение монадной, сифональной, харофитной структуры таллома.
4. Перечислить способы размножения, характерные для хламидомонады, вольвокса, кладофоры, спирогиры, хары.
5. Назвать основные классы в отделе Chlorophyta. Отметить особенность строения таллома в пределах классов.
6. На основе каких физиологических процессов возможно применение зеленых водорослей в биологической очистке водоемов?
7. Подготовить устное сообщение на тему; Экологические группы зеленых водорослей, Значение водорослей в экосистеме водоема, жизнедеятельности человека.
8. Чем объясняется широкое использование человеком хлореллы?
9. Выписать представителей Chlorophyta, обитающих во вневодной среде, почве.
10. Составить презентацию «Видовое разнообразие водорослей порядка Volvocales. Роль в экосистеме водоема».
11. Познакомиться с видовым разнообразием зеленых водорослей, занесенных в Красную книгу РТ. Зарисовать в альбом внешнее строение водорослей.

Общая характеристика отдела CHLOROPHYTA

Chlorophyta в основном обитатели пресных водоемов (*Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Volvox*, *Spirogyra*), имеются также морские водоросли (*Ulva*), некоторые представители Desmidiaceae (*Closterium*, *Cosmarium*) встречаются в условиях сильно загрязненных водоемов, в сточных водах. Имеются виды, обитающие в неводных средах.

Известны все уровни морфологической организации таллома. Иногда амебоидными могут быть репродуктивные клетки (Chaetophorales). Клеточная оболочка целлюлозная и пектиновая. Для некоторых характерно откладывание в клеточной оболочке кутина, извести. Хроматофоры разнообразной формы, ламеллы (тилакоиды) образуют грани. Пигментная система представлена хл а, хл b, каротиноидами. Красная окраска некоторых водорослей определяется пигментом гематохромом. Запасной продукт — крахмал, откладывается в хроматофорах.

Характерны все типы размножения: вегетативное, половое и бесполое. Вегетативное размножение происходит делением одноклеточной водоросли на две дочерние, фрагментацией нитчатого таллома, распадом водорослей нитчатой структуры таллома на составляющие клетки, исключая базальную клетку (некоторые виды улотрикса), гонидиями (клетки, дающих начало новым дочерним колониям, например, у вольвокса), многоклеточными клубеньками на ризоидах, акинетами.

Бесполое размножение происходит зооспорами, апланоспорами или автоспорами. Половой процесс — хологамия, изо - и гетерогамия, оогамия, конъюгация.

Жизненный цикл. Преобладает гапобионтный с зиготической редукцией, гаплодипобионтный со спорической редукцией. Редко встречается гаплодипобионтный жизненный цикл с соматической редукцией.

В отделе Chlorophyta выделяют 3 класса:

1. Собственно зеленые водоросли равножгутиковые (Chlorophyceae);
2. Конъюгаты (Conjugatophyceae);
3. Харовые (Charophyceae).

Класс собственно зеленые водоросли (Chlorophyceae)

Порядок вольвоксовые (Volvocales).

Род Хламидомонада (*Chlamydomonas*). Вид хламидомонада хоботковый (*Chlamydomonas proboscigera*). Обитатели пресных, загрязненных водоемов. Клетка имеет монадную структуру. Характеризуется смешанным способом питания. Могут утилизировать ацетон, но не глюкозу. Жизненный цикл гапобионтный с зиготической редукцией. Вегетативное размножение

происходит путем деления клетки пополам. В процессе бесполого размножения клетка теряет жгутики, протопласт последовательно делится на 2, 4 или 8 частей, каждая из которых одевается собственной оболочкой, вырабатывает жгутики и покидает материнскую клетку. Достигая размеров материнской особи, хламидомонады снова приступают к размножению. В жизненном цикле преобладает бесполое размножение с помощью зооспор. Половое размножение наступает при неблагоприятных условиях среды. При этом гаметы разных организмов сближаются, сливаясь в области жгутиков. Затем образуется протоплазматический тяж (оплодотворяющие трубки). Протопласты клеток полностью сливаются (плазмогамия), после чего объединяются их ядра (кариогамия). Вокруг диплоидной зиготы образуется толстая стенка, формируется гипнозигота. После периода покоя происходит мейоз и формируются четыре гаплоидные особи.



Рис. 7. Жизненный цикл *Chlamydomonas proboscigera*

Род Вольвокс (*Volvox*) – колониальные организмы. Клетки монадной структуры. Это наиболее высокоорганизованные представители класса. Диаметр колонии до 2 мм, в периферическом слое расположено от 500 до 60 тыс. клеток со жгутиками, соединенных плазмодесмами. Внутренняя полость шара заполнена жидкой слизью. Между вегетативных клеток размещены более крупные – репродуктивные клетки и гонидии. Размножение бесполое и половое. Бесполое размножение происходит гонидиями. В результате многократных делений они дают начало молодым дочерним колониям, которые погружаются внутрь материнской колонии и освобождаются лишь после его разрушения. Половой процесс у вольвокса – оогамия. У вольвокса шаровидного оогонии и антеридии образуются из клеток одной колонии (однодомные колонии), у вольвокса золотистого – из клеток разных колоний (колонии двудомные). Зигота прорастает после периода покоя. При ее прорастании образуется 1 или 4, реже большее число зооспор. В европейской

части России оба эти вида встречаются в прудах и старицах рек и в период интенсивного размножения вызывают «цветение» воды.

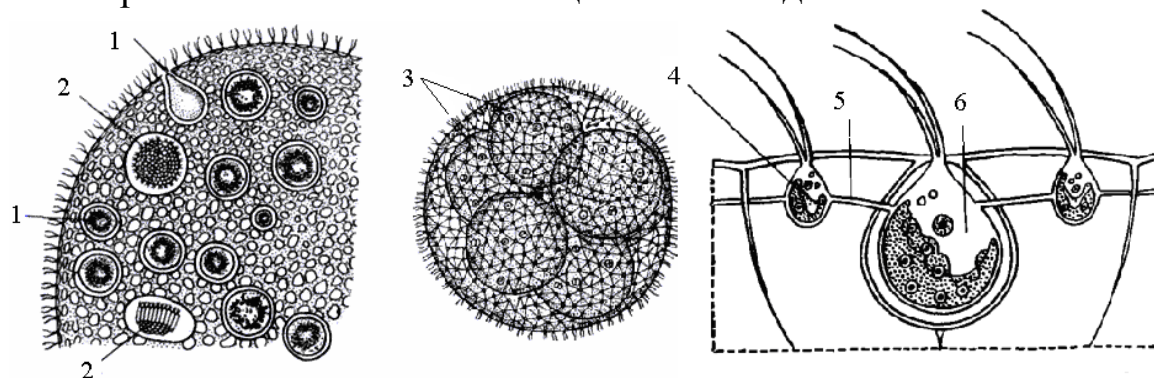


Рис. 8. Строение *Volvox*

1 – яйцеклетка; 2 – сперматозоиды; 3 – дочерние колонии; 4 – вегетативная клетка; 5 – цитоплазматический мостик; 6 – гонидия.

Порядок Хлорококковые. (*Chlorococcales*) Преобладает бесполое размножение. Бесполое размножение осуществляется при помощи гемизооспор (амебоиды), зооспор и автоспор. Автоспора является миниатюрной копией вегетативной клетки.

Половой процесс наблюдается сравнительно редко. Обычно это изогамия, реже гетерогамия. Оогамный половой процесс известен только у очень немногих родов. Наиболее обычными стадиями покоя у протококковых водорослей являются акинеты и цисты.

Род Хлорелла (*Chlorella*) – одноклеточные водоросли размером около 15 мкм. Хлорелла неприхотлива, встречается повсеместно – в пресных водах, на сырой земле, на коре деревьев и т.п. Шаровидная клетка хлореллы содержит одно ядро и чашевидный хлоропласт. Стигмы и сократительных вакуолей нет. Клеточная стенка некоторых видов наряду с целлюлозой содержит спорополленин – чрезвычайно устойчивое к действию различных ферментов вещество, встречающееся также в пыльцевых зернах и спорах высших растений. Размножается хлорелла исключительно автоспорами (бесполое размножение), образующимися обычно по 4–8 в одной клетке и освобождающимися после разрыва ее стенки. В процессе фотосинтеза хлорелла способна использовать до 12% световой энергии (наземные растения используют только 1–2%), а сухое вещество ее клеток очень питательно: содержит до 50% полноценных белков, жирные масла, витамины В, С, К. Для хлореллы характерны очень высокие темпы размножения. Благодаря этому она стала объектом массового культивирования для использования в самых разных направлениях. Это первая водоросль, которую тестировали в космосе. Хлорелла вступает в симбиоз с пресноводными беспозвоночными (гидра, губки и многие другие).

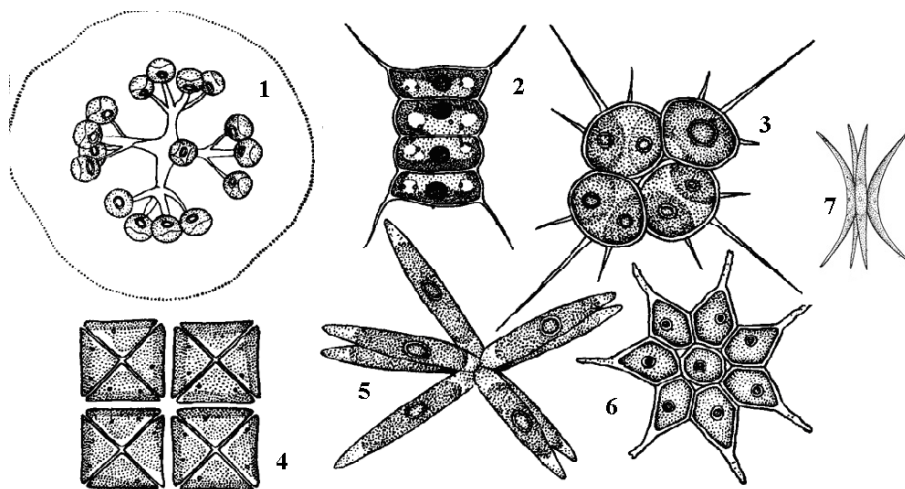


Рис. 9. Многообразие хлорококковых водорослей

1 - *Crucigenia tetrapedia*; 2 - *Scenedesmus*; 3 - *Tetrastrum*; 4 - *Crucigenia tetrapedia*;

5 – *Actinastrum*; 6 – *Pediastrum*; 7 – *Ankistrodesmus*.

Порядок хетофоровые (*Chaetophorales*).

На примере представителей можно рассмотреть дифференцирование разноразветвленной структуры таллома по морфологическому строению и выполняемым функциям. Предки хетофоровых рассматриваются в качестве одних из вероятных основателей высших растений. Подавляющее большинство хетофоровых — пресноводные организмы, есть вневодные (*Fritschiclla*, *Trentepohlia*), и только небольшое число вторично-упрощенных форм проникает в море. Характерна разноразветвленная структура таллома. Слоевиде их строится из односторонних нитей, но нити эти ветвятся, и все слоевиде дифференцировано на систему стелющихся и вертикально разветвленных нитей. У драпарнальдии стелющаяся структура практически отсутствует, тогда как вертикальная структура развита значительно и достигает высокой специализации. Она дифференцируется на длинные и короткие ветви. Короткие веточки густо ветвятся и располагаются мутовками вокруг главной оси. Слагающие их клетки содержат цельный хроматофор, занимающий большую часть видимой поверхности клетки. Вершины этих веточек заканчиваются длинным волоском. Очевидно, короткие веточки несут основную ассимиляционную функцию, тогда как главные ветви играют, прежде всего, механическую, опорную роль. Прикрепляется драпарнальдия редуцированной стелющейся структурой и дополнительными многоклеточными ризоидами

У драпарнальдиопсиса (*Draparnaldiopsis*) ризоиды развиваются по всему слоевищу, образуют плотную обертку вокруг главной оси. Водоросли характеризуются также тем, что слоевиде покрыто тонким слоем слизи. К этому же семейству относится интересная водоросль фритчиелла

(*Frittschiella*), единственный вид которой приспособился к существованию в почве (рис.3, разноритчатая структура).

У колеохете подушковидного (*Coleochaete pulvinata*) оогонии образуются в верхней части вертикальных нитей. Они имеют характерную бутылковидную форму: нижняя, расширенная часть содержит хлоропласт, а верхняя, бесцветная вытянута. При созревании вершина оогонии разрушается, в результате чего теряется некоторое количество цитоплазмы. В то же самое время протопласт нижней части округляется, формируя единственную яйцеклетку. Антеридии развиваются по несколько вместе на вершине вертикальных нитей, часто тех же самых, которые несут оогонии. Каждый антеридий образует единственный антерозоид шаровидной формы с двумя длинными жгутиками на переднем конце. После оплодотворения верхняя, бесцветная часть оогонии отделяется перегородкой, тогда как базальная постепенно растет. Одновременно оогонии начинают обрастать разветвленными нитями, возникающими из соседних клеток, которые, смыкаясь, в конце концов, образуют плотную обертку красного или бурого цвета. Эта обертка позднее разрушается, и ооспора переживает период покоя в своей собственной толстой оболочке, которая у нее постепенно развивается. Весной содержимое ооспоры вновь приобретает зеленую окраску и делится с образованием 16—32 клиновидных клеток. Эти клетки, превращаясь в зооспоры, выходят наружу в результате разрыва оболочки ооспоры.

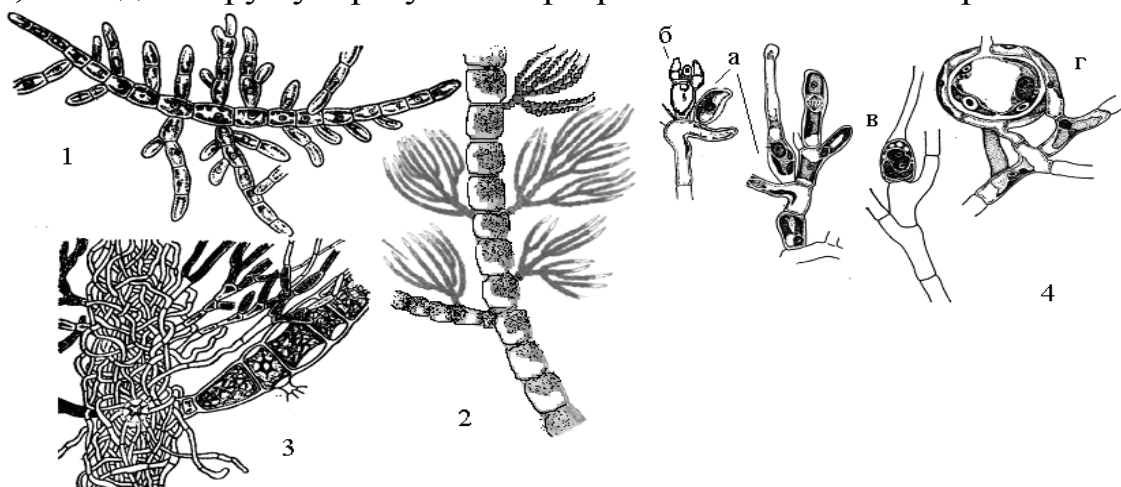


Рис. 10. Представители хетофоровых водорослей

1-*Stigeoclonium*; 2 - *Draparnaldia*; 3 - *Draparnaldiopsis*; 4 – *Coleochaete*. Этапы формирования ооспоры: а – оогоний; б – антеридий; в - оогоний после оплодотворения; г - образование обертки вокруг оплодотворенного оогония.

Порядок Улотриксые (*Ulotrichales*). Водоросли нитчатой, разноритчатой, реже наблюдается пластинчатая структура таллома.

Род улотрикс (*Ulothrix*). Представители обитают преимущественно в пресных водоемах, но могут поселяться и на влажных поверхностях, смачиваемых брызгами прибоя или водопадов. Один из самых широко распространенных видов пресных и чуть солоноватых водоемов – улотрикс

опоясанный (*Ulothrix zonata*). Таллом состоит из неразветвленных нитей. Все клетки нити одинаковые за исключением базальной, которая вытягивается в короткий ризоид, с помощью которого нить в начале роста прикрепляется к субстрату. Центр клетки занят вакуолью, а единственный хлоропласт, имеющий форму пояса, охватывает протопласт по периметру. Ядро одно, расположенное по продольной оси клетки. При вегетативном размножении нити улотрикса распадаются на короткие сегменты, каждый из которых развивается в новую нить. Бесполое размножение этой водоросли осуществляется зооспорами, которые могут образовываться во всех клетках нитей, кроме базальной. Различают микро- и макрзооспоры. Половой процесс улотрикса – изогамия. Характерен гетероталлизм. Чаще всего переход к половому размножению связан с концом активного роста и наступлением неблагоприятных условий. Зигота после периода плавания становится безжгутиковым ($2n$) спорофитом. В жизненном цикле преобладает гаплоидная стадия. Характерна зиготическая редукция.



Рис. 11. Жизненный цикл *Ulothrix zonata*

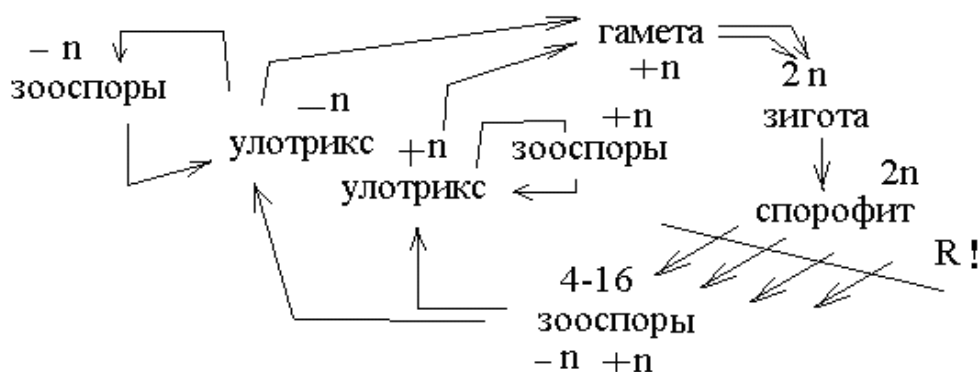


Рис. 12. Схема жизненного цикла *Ulothrix zonata*

Порядок Ульвовые (Ulvales). Объединяет водорослей с пластинчатым талломом.

Род Ульва (Ulva) представляет собой ярко-зеленую водоросль с двухслойным пластинчатым талломом с гофрированными краями размером

около 10–12 см, прикрепленным к субстрату суженным в короткий черешок основанием. Клетки одноклеточные с постенным хлоропластом и крупной центральной вакуолью. Наиболее распространенный способ вегетативного размножения ульвы – прорастание клеток основания с образованием молодых растений. В жизненном цикле наблюдается чередование поколений: диплоидного спорофита и гаплоидного гаметофита. В клетках спорофита после редукционного деления формируются гаплоидные зооспоры. Прорастая, они образуют гаплоидные растения – гаметофиты, способные образовывать гаметы. При слиянии гамет образуется зигота, содержащая диплоидное ядро, и без периода покоя прорастающая в спорофит. Характерен гетероталлизм. Для ульвы характерна изоморфная смена поколений (диплоидный спорофит и гаплоидный гаметофит выглядят одинаково). Зооспоры четырехжгутиковые, с отрицательным фототаксисом. При их формировании происходит редукционное деление. Ульва встречается в морях всех климатических зон, хотя предпочитает теплые воды. Многие виды ульвы выносят опреснение воды, их часто можно встретить в устьях рек.

Порядок Кладофоровые (Cladophorales). Макроскопические, тропические, субтропические, в основном морские организмы сифонокладальной структуры. Образование отдельных сегментов идет независимо от деления ядра. Хлоропласт в виде мелких линзовидных пластинок, соединенных тяжами. Оболочка прочная, пропитана слоями кальция, магния. Размножение участками таллома, акинетами, зооспорами.

Род кладофора (*Cladophora*). Виды обитают в пресных водах и морях. От других зеленых водорослей кладофора отличается темным грязно-зеленым цветом и жесткостью таллома на ощупь. Сильно ветвящийся таллом ее состоит из цилиндрических клеток, которые имеют толстые целлюлозные неослизняющиеся оболочки. Есть группы видов, у которых отдельные слоевища собираются в плотные шаровидные скопления. Цитоплазма занимает постенное положение и несет многочисленные крупные ядра. Хлоропласт сетчатый, со многими пиреноидами. Таллом легко отрывается от субстрата, обеспечивает вегетативное размножение. Бесполое размножение происходит четырех жгутиковыми зооспорами, которые образуются в конечных клетках ветвей, отличающихся светло-зеленым цветом. Половой процесс — изогамия. Жизненный цикл гаплодиплобионтный со спорической редукцией и изоморфной сменой форм развития. Двухжгутиковые гаметы мельче зооспор. Для многих видов рода характерно, что зооспоры и гаметы образуются в любом из сегментов и выходят после созревания через пору в клетке. У *Cladophora glomerata*, широко представленного в пресных водоемах, наблюдается гаметическая редукция. У морских видов кладофоры отмечается изоморфная смена поколений. Кладофора хорошо переносит условия комнатной культуры, если содержать ее в аквариуме с той водой, из

которой она была взята в природе. Можно культивировать ее в растворе Кноппа.

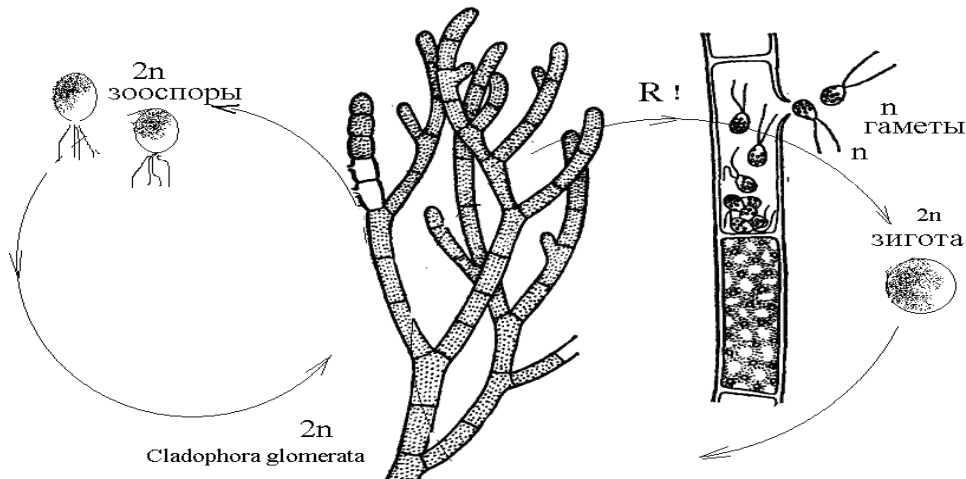


Рис. 13. Цикл развития *Cladophora glomerata*

Лабораторная работа

Порядок вольвоксовые (Volvocales)

Род Хламидомонада (*Chlamydomonas*)

Задание 1. Изучить внешнее строение *Chlamydomonas*. Найти в капле жидкости из аквариума или капле фиксированного материала хламидомонаду. Рассмотреть клетки при малом увеличении, затем при большом. Зарисовать внешнее строение водоросли. Отметить форму клетки, органы передвижения, основные органоиды.

Задание 2. Изучить жизненный цикл водоросли. На основе рис. 7. пособия записать жизненный цикл хламидомонады. По характеру изменений ploидности выделить тип жизненного цикла. Отметить чередование ядерных фаз, условия, определяющие переход водоросли к половому размножению.

Род Вольвокс (*Volvox*)

Задание 3. Изучить внешнее строение вольвокса. Рассмотреть готовый препарат колонии вольвокса. Изучить общий вид колонии с дочерними колониями. Отметить генеративные клетки, гонидии.

Задание 4. Составить схему цикла развития вольвокса. Определить условия, определяющие переход водоросли к половому размножению, значение гормональной регуляции в процессе.

Задание 5. На основании таблиц изучить внешнее строение пандорины, гониума. Заполнить таблицу 3. Зарисовать внешне строение водорослей.

Порядок Хлорококковые (*Chlorococcales*)

Род Хлорелла (*Chlorella*)

Задание 6. Изучить жизненный цикл водоросли. На основе таблицы и текста пособия составить жизненный цикл *Chlorella*.

Задание 7. Определить представителей водорослей *Chlorococcales*. Приготовить временный препарат клеток водорослей. Для этой цели поместить на предметное стекло каплю воды из аквариума с культурой водорослей. Для обнаружения клеток водоросли хлорококка можно соскоблить зеленый налет со стекла, зеленый налет с коры дерева. Рассмотреть водоросли при большом увеличении. Определить их по рисункам и таблицам. Зарисовать внешнее строение.

Порядок хетофоровые (Chaetophorales)

Род Трентеполия (Trentepohlia)

Задание 8. Изучить внешнее строение трентеполии. Приготовить препарат трентеполии, соскоблив оранжево-желтый налет с коры в каплю воды. Рассмотреть, отметить толстую слоистую оболочку, окраску водоросли, зарисовать участки горизонтальных и вертикальных нитей.

Порядок Улотриковые (Ulotrichales).

Род улотрикс (Ulothrix)

Задание 9. Изучить внешнее строение улотрикса. Найти в капле жидкости из фиксированного материала улотрикс опоясанный. Рассмотреть клетки при малом увеличении. Обратит внимание, что все клетки, кроме базальной, одинакового строения. Базальная клетка бесцветная, вытянутая в длину и слегка изогнутая, в нижней части конически заостренная. Зарисовать внешнее строение водоросли. Отметить форму клетки и форму хлоропласта. При наблюдении за живыми клетками отметить процесс формирования зооспор и гамет.

Задание 10. Изучить жизненный цикл водоросли. На основе рис. 12. охарактеризовать жизненный цикл улотрикса. Отметить чередование ядерных фаз. Определить условия, определяющие переход водоросли к половому размножению.

Порядок Ульвовые (Ulvales)

Род Ульва (Ulva)

Задание 11. Рассмотреть гербарии, таблицы, рисунки. Изучить внешнее строение *Ulva*. Зарисовать внешне строение и цикл развития *Ulva*.

Порядок Кладофоровые (Cladophorales)

Род Кладофора (Cladophora)

Задание 12. Изучить внешнее строение кладофоры. Приготовить временный препарат из фиксированной культуры. При малом увеличении микроскопа найти объект, обратит внимание на участки разветвления нити.

При большом увеличении – рассмотреть строение клеток. Окрасить препарат раствором йодистого калия. Зарисовать общий вид водоросли.

Задание 13.. Записать цикл развития *Cladophora*.

Порядок Сифоновые (Siphonales).

Род Каулерпа (*Caulerpa*)

Задание 14. Рассмотреть внешнее строение водоросли. Отметить стелющиеся и восходящие части слоевища, ризоиды. Зарисовать внутреннее строение.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. Перечислить характерные особенности отдела CHLOROPHYTA.
2. Отметить основные типы талломов в пределах изученных порядков.
3. Составить сравнительную характеристику колонии и ценобии.
4. В чем состоит особенность пальмеллевидного типа таллома водорослей отдела Chlorophyta. Механизм возникновения пальмеллевидного состояния у хламидомонады. Какие водоросли постоянно имеют пальмеллоидную структуру таллома?
5. Дать характеристику морфологического строения колонии вольвокса. Механизм образование дочерних колоний.
6. Каким водорослям характерна нитчатая, пластинчатая, сифональная, сифонокладальная структура таллома?
7. Проследить эволюцию полового размножения в отделе Chlorophyta. Назовите водоросли, которым характерен половой процесс оогамия.

Класс конъюгаты (Conjugatophyceae)

Цель и задачи занятия:

1. Изучить характерные признаки водорослей класса Conjugatophyceae.
2. Дать представление об особенности полового размножения – конъюгация.
3. Выделить диагностические признаки порядков класса Conjugatophyceae.
4. Сформировать представление об экологической толерантности и особенности адаптации водорослей к разнообразным условиям обитания.
5. Познакомить с видовым разнообразием водорослей класса Conjugatophyceae в РТ.

Материалы и оборудование

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, гербарии *Spirogyra*, фиксированные материалы, готовые микропрепараты Конъюгация спирогиры, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Дать краткую характеристику класса Conjugatophyceae. Заполнить Таблицу № 2.
2. Перечислить особенность строения клеток водорослей порядка Zygnematales и Desmiales.
3. Дать характеристику половому процессу конъюгация.
4. Перечислить основные способы размножения в порядке Desmiales.
5. Отметить особенность протекания полового процесса у одноклеточных водорослей класса конъюгат.

Общая характеристика класса Conjugatophyceae

Почти все конъюгаты обитают в пресных водах и только некоторые встречаются в солоноватых водоемах. Они ведут и наземный образ жизни, поселяясь на влажных мхах, скалах, сырой земле и даже на ледниках в высокогорьях.

Вегетативное тело разнообразного строения; одноклеточные, колониальные, многоклеточные. Структура таллома – коккоидная, нитчатая. Клетки могут быть погружены в единую слизистую оболочку.

Клетка одноядерная, хлоропласты разнообразной формы, пиреноиды многочисленные. Они отсутствуют у некоторых видов рода спиротении.

Размножение. Для конъюгат характерно отсутствие подвижных стадий размножения - зооспор и подвижных гамет. Вегетативное размножение происходит делением одноклеточной водоросли на две дочерние, распадом водорослей нитчатой структуры таллома на составляющие элементы, вплоть

до клеток. Освободившиеся после распада нити клетки обычно продолжают жить вполне самостоятельно. Бесполое размножение происходит посредством апланоспор, автоспор. Особенностью конъюгат является наличие особого типа полового процесса - конъюгации. Она может быть лестничной (сливаются клетки двух талломов) и боковой (сливаются соседние клетки одного таллома). У десмидиевых процессу конъюгации предшествует объединение клеток и формирование единой слизистой капсулы. Количество проростков, развивающихся из зиготы различно, у десмидиевых – два, у зигнемовых - один. Уменьшение числа проростков имеет прогрессивное эволюционное значение. Жизненный цикл гаплобионтный с зиготической редукцией.

Порядок десмидиевые (Desmiales). Десмидиевые водоросли в основном одноклеточные организмы. Реже среди них встречаются колониальные организмы (род десмидиум), образующие длинные нити и цепочки или рыхлые колонии. У рыхло-колониальных и нитчатых десмидиевых клетки соединены особыми образованиями (бугорками, гранулами, выступами) или слизью. Типичная клетка десмидиевых водорослей состоит из двух симметричных половинок. Обе полуклетки соединены между собой более узкой частью — перешейком.

Конъюгация совершается безжгутиковыми апланогаметами, которые выполняют функцию половых клеток. Гаметы двух клеток сливаются, образуя зиготу. Большинство видов десмидиевых предпочитают чистые воды, но ряд представителей родов кластериум, космариум и стаураструм встречаются и в сильно загрязненных местах, в сточных водах, развиваясь в некоторых случаях в массовом количестве. Некоторые из десмидиевых ведут аэрофитный образ жизни, поселяясь на влажных скалах, на почве среди мхов и нитчаток, в подушках сфагновых мхов на болотах. Имеются сведения о нахождении десмидиевых в почвах.

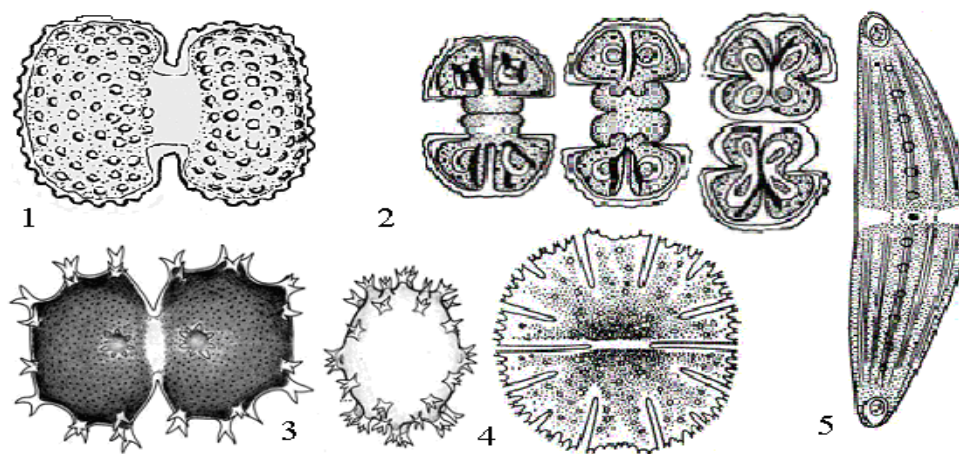


Рис. 14. Многообразие десмидиевых водорослей

1 – *Cosmarium*; 2 - процесс вегетативного деления *Cosmarium*; 3 – *Xanthidium*; 4 – *Micrasterias*; 5 – *Closterium*.

Род кластериум (Closterium) – одноклеточные организмы. Обитают в прудах, сфагновых болотах, небольших спокойных озерах. Серповидно изогнутая, с заостренными концами, перетяжки в плоскости симметрии нет. В клеточной стенке имеются поры, особенно крупные на концах клетки. Выделяясь через поры на одном конце клетки, слизь приподнимает его, после этого слизь начинает выделяться на другом конце. Таким образом, клетка кластериума «кувыркается», передвигаясь вблизи дна. Через поры удаляются из клетки ненужные продукты жизнедеятельности. Поры служат для поступления питательных веществ из окружающей среды в клетку.

Каждая полуклетка содержит по одному крупному центральному хлоропласту, состоящему из осевого стержня, от которого по радиусам отходит несколько пластин (так что на поперечном срезе хлоропласт имеет звездчатую форму). В плоскости симметрии клетки находится одно крупное ядро, а на концах клетки – по одной вакуоли с кристалликами гипса.

Вегетативное размножение кластериума происходит посредством деления клетки в поперечной плоскости. Дочерние особи получают одну полуклетку от материнской клетки, а недостающую достраивают заново. У *Cosmarium* половой процесс начинается так: пары клеток с различным половым знаком располагаются рядом перпендикулярно одна к другой и выделяют слизь, которая их полностью окутывает. Первым симптомом наступающего слияния гамет является выработка копулирующими клетками цитоплазматических бугорков. Бугорки увеличиваются, растут навстречу друг другу и, наконец, соприкасаются, образуя копуляционный канал. Весь процесс длится в течение 1 ч. Как только бугорки соприкоснулись, протопласты обеих клеток начинают отделяться от клеточных стенок и двигаться к общему центру в копуляционный канал. После слияния гамет и образования зиготы наступает длительный период покоя, который может продолжаться всю зиму и больше. Ядра гамет лежат рядом во время периода покоя, а затем сливаются как раз перед прорастанием зиготы. Можно отметить вариации полового размножения на каждом этапе, включая этап слияния ядер. Так, у некоторых представителей в копуляционном канале протопласты двух клеток сливаются с образованием зиготы. У некоторых представителей протопласт клетки предварительно делится с образованием двух гамет (рис. 15), которые потом освобождаются, сливаются и образуют две зиготы. При переходе их в состояние покоя формируется зигоспора. Из каждой зигоспоры при прорастании формируется два молодых ядра, одно дегенерирует, второе становится ядром новой особи.

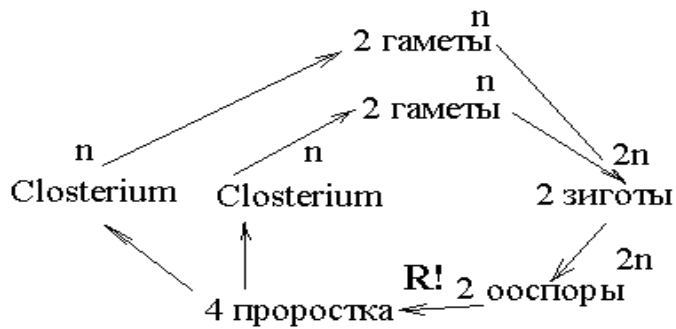


Рис. 15. Цикл развития *Closterium*

Порядок Зигнемовые (Zygnematales) – Нитчатые неветвящиеся свободноплавающие водоросли, образующие тину в пресных водоемах. Важнейшими систематическими признаками являются форма и положение хлоропласта. Известны три основные формы хлоропласта: осевой пластинчатый, осевой звездчатый, постенный спирально-лентовидный. Исходной формой надо считать осевой хлоропласт

Род спирогира (*Spirogyra*) Нити у спирогиры, как и у всех зигнемовых, неветвящиеся и состоят из одного ряда одинаковых, вытянутых, цилиндрических клеток. Талломы спирогиры имеют размер от нескольких миллиметров до десяти сантиметров. Нити спирогиры, переплетенные между собой и покрытые общей слизью, устилают большие площади дна рек и ручьев. У нитей спирогиры, живущих в проточной воде, развиваются ризоиды. Хлоропласт в виде спирально закрученных зеленых лент. У разных видов их может быть от одной до шестнадцати в каждой клетке. В зависимости от условий среды у спирогиры варьирует как плотность витков, так и положение хлоропластов. По средней линии хлоропласта у спирогиры расположены многочисленные пиреноиды.

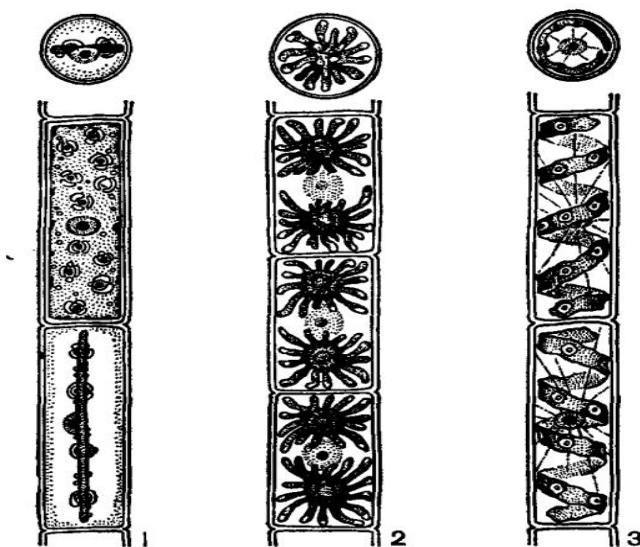


Рис. 16. Участок нитей трех зигнемовых водорослей (схема)

1 - *Mougeotia*; 2- *Zygnema*; 3- *Spirogyra*

Размножение спирогиры вегетативное и половое. Вегетативное происходит при случайном разрыве нитей на участки или при распадении их на отдельные клетки при неблагоприятных условиях. Известны покоящиеся состояния клеток, также служащие для размножения. Это апланоспоры, партеноспоры, акинеты.

Половой процесс конъюгация. Ядра клеток спирогиры гаплоидны (рис17, 1), двойной набор хромосом присутствует только в зиготе (рис17, 2). Образовавшаяся зигота покрывается толстой оболочкой и переходит в зигоспору. После периода покоя зигоспора прорастает одной нитью. Из 4 гаплоидных ядер (рис17, 3) три небольших дегенерируют, а одно крупное остается (рис17, 4). Конъюгация у спирогиры, как у мужоции и зигнемы, лестничная и боковая. Но, если у спирогиры зиготы формируются только в клетках, то у видов мужоции и зигнемы они могут образовываться также в копуляционном канале. К моменту созревания зигота заполняется запасными питательными веществами, в частности большим количеством капель масла, а ее оболочка становится коричневой.

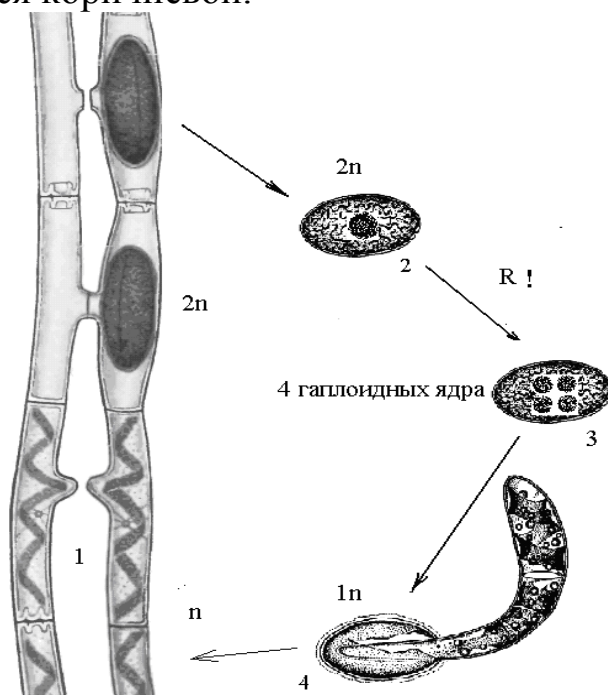


Рис. 17. Цикл развития спирогиры (пояснение в тексте)

Род зигнема (Zygnema) отличается от спирогиры тем, что в ее клетках имеются два звездчатых хлоропласта с крупным пиреноидом в каждом. Ядро расположено в цитоплазматическом мостике между хроматофорам. Конъюгация лестничная и боковая. Зигота формируется в копуляционном канале.

Род мужоция (Mougeotia) характеризуется наличием пластинчатого хлоропласта, который может менять положение в клетке в зависимости от освещения. В зависимости от положения хлоропласт имеет вид широкой пластинки, заполняющей всю полость клетки, или узкой пластинки,

проходящей по середине клетки. Пиреноиды расположены в ряд или разбросаны по хлоропласту. Есть вакуоли с фенольными соединениями. Конъюгация лестничная. Зигота формируется в копуляционном канале.

Лабораторная работа

Порядок десмидиевые (Desmiales)

Задание 1. Изучить водоросль кластериум (*Closterium*). Приготовить временный препарат. Рассмотреть каплю воды из аквариума или фиксированного материала. Найти кластериум, рассмотреть его при большом увеличении. Кластериум распространен на торфяных болотах, в планктоне мелких водоемов. При сборе материала надо отжать над банкой дерновинки сфагнома, можно поместить несколько стебельков мха. Десмидиевые долго живут в аквариуме. Зарисовать внешний вид водоросли. Отметить хлоропласты, ядро.

Порядок Зигнемовые (Zygnematales)

Род спирогира (Spirogyra)

Задание 2. Изучить строение спирогиры. Приготовить временный препарат. Рассмотреть каплю воды из аквариума или фиксированного материала. В зимний период спирогира хорошо живет в аквариуме при дополнительном освещении с добавлением питательного раствора Кноппа (0,5 г. на 1 л). Рассмотреть клетки спирогиры при малом и большом увеличении. Отметить строение и расположение хлоропластов, цитоплазму, ядро, клеточную стенку.

Задание 3. Изучить запасной крахмал. Обработать препарат раствором йода в йодистом калии. В области пиреноидов в хлоропластах идентифицируются посиневшие зерна крахмала, одновременно подкрасится в золотистый цвет ядро. Зарисовать препарат.

Задание 4. Изучить последовательные стадии конъюгации. Рассмотреть готовый препарат конъюгации спирогиры. Зарисовать стадии конъюгации.

Задание 5. На основе текста и рисунка 17 записать цикл развития спирогиры.

Задание 6. Составить сравнительную характеристику водорослей порядка зигнемовых. Отметить черты сходства и различия.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. В чем состоит особенность протекания боковой конъюгации.
2. Дать сравнительную характеристику класса Chlorophyceae и Conjugatophyceae.
3. Отметить характерные черты порядков Zygnematales и Desmiales.
4. В чем особенность вегетативного размножения десмидиевых водорослей?

Класс Харовые водоросли (Charophyceae)

Цель и задачи занятия:

1. Изучить характерные признаки харовых водорослей.
2. Изучить особенности морфологического строения таллома харовых водорослей. Отметить разнокачественность клеток таллома по происхождению, анатомическому строению, выполняемым функциям.
3. Дать представление о строении половых органов и особенности размножения хары.

Материалы и оборудование

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, гербарии *Chara*, фиксированные материалы, готовые микропрепараты, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Составить характеристику водорослей. Заполнить Таблицу № 2.
2. Изучить особенность деления и роста апикальной клетки. Особенность ядерного аппарата клеток «узлов» и «междоузлий».
3. Отметить особенность строения главного и боковых «побегов».
4. Определите условия, лимитирующие рост Charophyceae.
5. Охарактеризовать значение харовых водорослей в экосистеме водоема.
6. Охарактеризовать способы размножения Charophyceae.

Общая характеристика Charophyceae

Во всем мире описано около 300 видов харовых водорослей. Систематика основана на результатах молекулярно-генетических, биохимических и ультраструктурных исследований.

Таллом имеет вид кустистоветвящихся нитевидных или стеблевидных зеленых «побегов» – членисто-мутовчатого строения, укореняющийся на дне водоемов с помощью многочисленных тонких бесцветных ризоидов. Они широко распространены в пресноводных прудах и озерах, особенно с жесткой известковой водой, некоторые встречаются в морских заливах, в солоноватых континентальных водоемах. Как правило, образуют заросли. Высота слоевищ обычно 20—30 см, но может достигать 1 и даже 2 м.

Клетки покрыты плотной оболочкой, которая состоит из двух слоев: внутреннего – целлюлозного и наружного, состоящего из каллозы, в котором может откладываться известь. Хлоропласты многочисленные, мелкие. Хлорофилл хл а, хл b, каротиноиды. Запасное вещество-крахмал. Пиреноиды не выражены.

«Членисто-мутовчатое» строение выражается в том, что на основных «побегах», на некотором расстоянии друг от друга, располагаются мутовки

коротких равновеликих боковых «побегов», также членистого строения. Рост «стеблей» верхушечный, неограниченный, «листья» обладают ограниченным ростом. Место расположения мутовок называют узлами, а участки стебля между ними — междоузлиями. Каждое междоузлие — это одна многоядерная гигантская, длиной до нескольких сантиметров, вытянутая клетка, неспособная к делению (у некоторых харофитов она покрыта еще корой), тогда как каждый узел состоит из собранных в диск нескольких мелких одноядерных клеток, дифференцирующихся в процессе деления, и, образующих, как боковые ветви стебля, так и мутовку листьев. Верхушечная клетка линзовидной формы. При делении дает клетку (рис.18, 1) выпуклой формы и клетку сегмент (рис.18, 2). Клетка-сегмент образует двояковыпуклую клетку, из которой образуются «узлы» и двояковыпуклую (рис.18, 4), которая удлиняется и образует междоузлие. «Листья», клетки «коры» развиваются из периферических клеток «узлов».

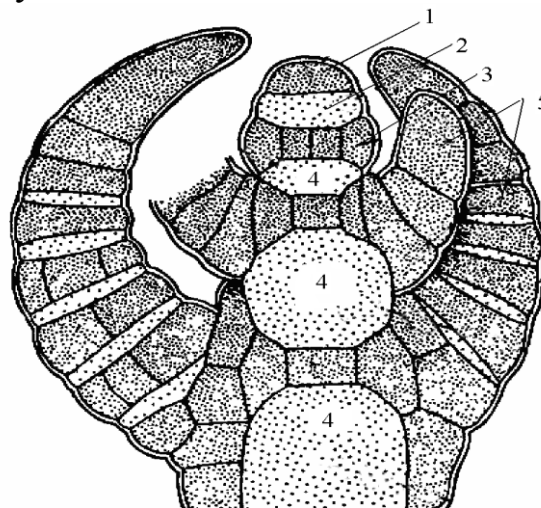


Рис. 18. Продольный разрез конуса нарастания

1- верхушечная клетка; 2 - клетка-сегмент; 3 -узлы; 4 - междоузлия; 5 - «листья».

Размножение. Вегетативное размножение происходит разрастанием основных «побегов», участками таллома, многоклеточными клубеньками на ризоидах, «стеблевой части осевого побега», погруженных в субстрат. С помощью звездчатых скоплений клеток, богатых крахмалом, формирующихся на нижних узлах, протонемаобразными отростками из узлов. Зооспоры у харовых отсутствуют. Половой процесс оогамия. Половые органы многоклеточные и развиваются у большинства видов на одном растении, но известны и двудомные виды. Женский орган — оогоний, располагается в пазухах «листьев», мужской орган — антеридий, располагается обычно на этом же узле под «листьями». Оогонии овальные, длиной до 1 мм, состоят из яйцеклетки и наружного ее покрова, стенки которого образованы пятью узкими клетками. Снизу оогоний снабжен одноклеточной ножкой, а сверху коронкой из пяти или десяти коротких клеточек. Антеридии шаровидные,

диаметром до 0,5 мм. Стенка антеридия состоит из 8 плоских клеток «щитков». От каждого щитка внутрь антеридия отходит цилиндрическая клетка-рукоятка, на конце – клетка-головка. На каждой головке располагается по шесть вторичных головок, каждая из которых дает начало 4 антерозоидным нитям из 200-300 клеток. В каждой клетке образуется по одному спирально изогнутому сперматозоиду с 2 жгутиками.

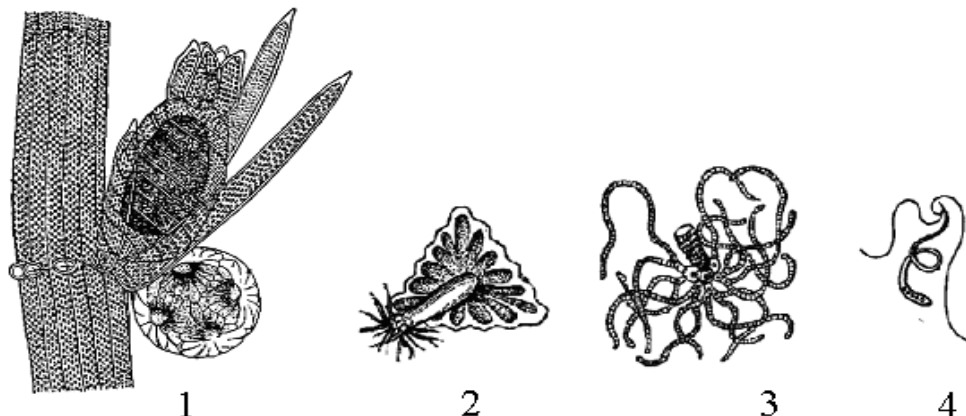


Рис. 19. Половые органы харовых.

1 – часть «побега» с оогонием и антеридием; 2 – щиток антеридия; 3 – антеридиальные нити; 4 – антерозоид.



Рис. 20. Жизненный цикл *Chara*

После периода покоя ооспора прорастает. Первое же деление ядра – редукционное. Образуется 4 гаплоидных ядра. Одна клетка с ядром формируется в водоросль, вторая клетка с тремя ядрами выполняет питающую функцию.

Лабораторная работа

Задание 1. Изучить внешнее строение Хары. По гербарным образцам, фиксированным препаратам или на основе живых особей познакомиться с внешним строением водорослей. Водоросль хорошо живет в лабораторных

условиях. Рассмотреть водоросль под микроскопом. Рассмотреть клетки «коры». Отметить главный «стебель», мутовки боковых «ветвей» с одноклеточными «листьями». Найти узлы и междоузлия. Отметить особенность расположения половых органов. Зарисовать внешнее строение.

Задание 2. Изучить внутреннее строение *Chara*. Для просветления клеток хары, необходимо поместить ее на несколько минут в 2-3% соляную или уксусную кислоту. Рассмотреть препарат «стебля» хары в капле глицерина. Найти клетки «коры», рассмотреть «междоузлия». Подсчитать количество периферических клеток. Зарисовать строение клеток «коры».

Задание 3. На основе рисунков и текста пособия изучить цикл развития *Chara*.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. Дать сравнительную характеристику отдела CHLOROPHYTA; класса Chlorophyceae, класса Charophyceae. Отметить черты сходства и различия в строении таллома, клеточной оболочки, пигментной системы, способов размножения.

2. Охарактеризовать способы вегетативного размножения харовых водорослей.

3. Перечислить признаки, отражающие адаптивную ценность морфологической дифференцировки таллома харовых водорослей в условиях водной среды.

ОТДЕЛ ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (EUGLENOPHYTA)

Цель и задачи занятия

1. Изучить характерные признаки эвгленовых водорослей.
2. Выявить место эвгленовых водорослей в иерархической система органического мира.
3. Рассмотреть особенности размножения эвгленовых водорослей.

Материалы и оборудование

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, фиксированные материалы, готовые микропрепараты Эвглена, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Выполнить краткую характеристику водорослей. Заполнить Таблицу 3.
 2. Отметить особенности двигательного аппарата водорослей.
 3. В чем заключается особенность питания водорослей и поддержания гомеостаза внутренней среды.
 4. Охарактеризовать особенность пигментной системы Euglenophyta.
- Роль астаксантина в жизнедеятельности клеток.
5. Дать определение парамилону.
 6. Охарактеризовать значение эвгленовых водорослей в экосистеме водоемов.
 7. Составить презентацию «Многообразие эвгленовых водорослей»

Общая характеристика EUGLENOPHYTA

Организация таллома - монадная. Целлюлозной оболочки нет, клетка одета тонкой и плотной пелликулой, которая является наружным слоем цитоплазмы. Отдельные виды образуют «домики». На переднем конце тела находится резервуар (глотка) — бутылковидное углубление, открывающееся наружу. Это выводной проток для сократительных вакуолей. От основания резервуара отходят 2, редко 1 жгутик. Жгутики не равны по длине и строению, один может быть редуцирован. Имеется глазок (стигма). В клетке одно ядро. Хлоропласты звездчатой, пластинчатой, зернистой, лентовидной формы с пиреноидами или без них. Пигменты представлены хлорофиллами а и b, реже каротиноидами, а также красным пигментом астаксантином. Запасное вещество — парамилон (производное глюкозы) образуется в цитоплазме, у некоторых гликоген. Форма и расположение парамилонов — важный систематический признак.

Размножение происходит продольным делением клетки. Половое размножение для многих видов неизвестно. Массовое развитие эвглен

вызывает зеленое или красное цветение воды пресных водоемов, особенно богатых органическими веществами. Многие паразиты животных.

Лабораторная работа

Род эвглена (*Euglena*).

Задание 1. Изучить внешнее строение эвглены. Рассмотреть под микроскопом каплю воды из водоема, подвергшегося цветению. Живые веретенovidные клетки, изгибаясь, передвигаются. Рассмотреть клетки при большом увеличении. Изучить механизм передвижения эвглены в воде.

Задание 2. На готовом препарате рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа эвглену, зарисовать ее строение, указав структуры клетки.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. Отметить признаки примитивной организации эвгленовых водорослей.
2. Отметить характерные признаки эвгленовых водорослей, сближающие их с Chlorophyta.
3. Перечислить признаки, определяющие широкое распространение представителей отдела.
4. Перечислить экологические группы эвгленовых водорослей.

ОТДЕЛ ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (CHRYSTOPHYTA)
ОТДЕЛ ЖЕЛТО-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (XANTHOPHYTA)
ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (BACILLARIOPHYTA)

Цель и задачи занятия:

1. Познакомить студентов с многообразием водорослей, особенностью их обитания.
2. Дать представление о месте данных водорослей в иерархической системе живого.
3. Сформировать представление об экологической толерантности и особенности адаптации водорослей к разнообразным условиям обитания.

Материалы и оборудование:

Микроскопы, оборудование для приготовления временных препаратов, аквакультура водорослей, фиксированные материалы, готовые микропрепараты Оогонии и антеридии *Vaucheria*, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Выполнить характеристику водорослей. Заполнить таблицу № 2.
2. Охарактеризовать пигментную систему золотистых, желто-зеленых, диатомовых водорослей. Особенность клеточной оболочки данных водорослей.
3. Описать механизм формирования эндогенных цист золотистых водорослей.
4. Охарактеризовать особенность строения зооспор и механизм осуществления оогамии у вошерии.
5. Охарактеризовать особенность клеточных покровов диатомовых водорослей. Особенность передвижения диатомовых водорослей.
6. Перечислить условия, определяющие переход диатомовых к половому размножению.
7. Классификация Bacillariophyta.
8. Перечислить экологические группы диатомовых водорослей, их значение в экосистеме водоема, жизнедеятельности человека.
9. Описать механизм формирования колониальных водорослей изучаемых отделов.
10. Дать характеристику морфолого-физиологических особенностей почвенных водорослей отдела Xanthophyta.
11. Дать определение морфологическим терминам эпитека, ауксоспора, автогамия.
12. Подготовить презентацию «Диатомовые водоросли и нанотехнология».

Общая характеристика CHRYSOPHYTA

Обитатели теплых морей и пресных водоемов, могут жить в холодных водах, реже грязных водоемах. Как правило, планктонные водоросли, реже эпифиты или бентосные. Выделяют токсины, действующие на рыб и моллюсков.

Структура таллома – амебоидная, монадная, коккоидная, пальмелоидная, псевдопаренхиматозная.

Отмечается многообразие клеточных оболочек. У примитивных форм клетки голые, у эволюционно продвинутых – целлюлозные. У некоторых сверху клетки имеются органические или кремнеземные чешуйки. Образуются домики. Пигментная система представлена хлорофиллами а и с, каротиноидами, ксантофиллом (больше всего золотистого фукоксантина).

Живые клетки золотистых водорослей светятся – флюоресцируют. При отмирании клеток золотистая окраска хлоропластов исчезает. Запасные продукты углеводов лейкозин, хризоламинарин, гликоген и липиды (волютин) откладывается вне хлоропластов в цитоплазме. Хлоропласт покрыты 4 мембранами, у некоторых с пиреноидом. Не у всех в клетках располагается стигма, сократительная вакуоль встречается у пресноводных водорослей.

Водоросли характеризуются особыми эндогенными или эндоплазматическими кремнеземными цистами или стоматоцистами. Своеобразие процесса их формирования заключается в том, что оболочка развивается не вокруг протопласта, а закладывается внутри него. Протопласт пространственно разрезается оболочкой на интрацистерную внутреннюю и экстрацистерную наружную часть. Экстрацистерная плазма в большей своей части переходит в эндогенно заложившуюся спору, после чего спора закупоривается пробкой или крышкой, а оставшаяся экстрацистерная плазма разрушается. Во многих случаях края поры вытягиваются в виде трубки или расширяются в виде воронки. При прорастании цисты пробки растворяются, и поделившийся или неподелившийся протопласт цисты выходит в виде монады или амебы.

Тип питания автотрофный, миксотрофный, гетеротрофный, зависит от условий среды. Часто встречается фаготрофия.

Вегетативное размножение происходит простым делением клеток пополам, бесполое размножение осуществляется при помощи одножгутиковых или двухжгутиковых зооспор, реже посредством амебоидных клеток или автоспор. Половой процесс - изогамия, хологамия или автогамия. В процессе полового размножения образуются очень разнообразные по характеру скульптурированности оболочки эндогенные кремнистые цисты – стадии перенесения неблагоприятных условий.

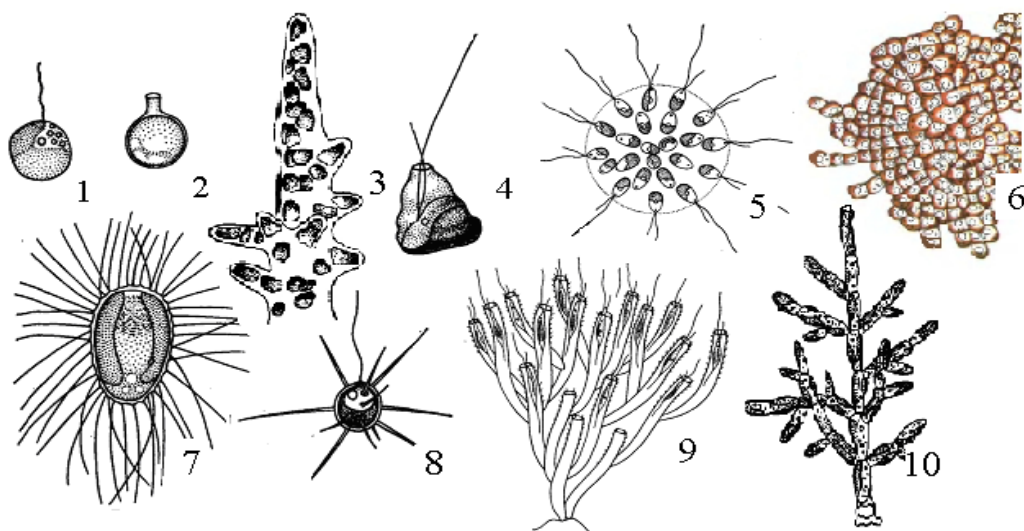


Рис. 21. Разнообразие CHRYSTOPHYTES.

1 – *Chromulina*; 2 – *циста Chromulina*; 3 – *Hydrurus*; 4 – *Pseudokephyrion*; 5 – *Uroglenopsis*; 6 – *Phacodermation*; 7 – *Mallomonas*; 8 – *Chrysococcus*; 9 – *Hyalobryon*; 10 – *Phaeothamnion*.

Общая характеристика XANTHOPHYTES

Характеризуются большим морфологическим разнообразием.

Обнаруживаются почти все основные типы структуры тела водорослей, кроме сифонокладальной, харофитной.

Хлоропласты окрашены в светло- или темно-желтый цвет, очень редко зеленый и лишь иногда голубой. Окраска определяется наличием в хроматофорах основных пигментов — хлорофиллов а, с, каротинов и ксантофиллов. В хлоропластах всегда преобладают каротины, что и обуславливает своеобразие их окраски.

Хлоропластов два или несколько, с пиреноидами или без них. Имеют дисковидную, корытовидную, пластинчатую, реже лентовидную, звездчатую или чашевидную форму с цельными или лопастными краями. Покрываются четырьмя мембранами, тилакоиды собраны по три, имеется опоясывающая ламелла.

В клетках крахмал отсутствует, в качестве основного продукта ассимиляции накапливаются внепластидные масла и лишь у некоторых, кроме того, глыбки лейкозина, волютина.

У подвижных форм на переднем конце хроматофора обычно расположен красный глазок. Ядро в клетке одно, но имеются виды и с многоядерными клетками. У небольшого числа видов в морфологически передней части клетки имеется одна или две пульсирующие вакуоли.

Размножение. Вегетативное размножение происходит простым делением клетки или распадом колоний и многоклеточных талломов на отдельные части. Образуют выводковые почки (вошерия), образуются акинеты. Бесполое размножение осуществляется при помощи двужгутиковых

зооспор или автоспор, реже амебоидов. Зооспоры имеют два неравных жгутика. Помимо различий в длине, жгутики различаются и морфологически: главный жгутик состоит из оси и перисто расположенных на ней мерцательных волосков, боковой жгутик бичевидный. Половой процесс известен у немногих видов и представлен изо- и оогамией. У некоторых видов в цикле развития известны экзо- и эндогенные цисты с двустворчатой, часто твердой, окременевшей оболочкой.

Встречаются в чистых пресноводных водоемах, реже в морях и солоноватых водах, обычны они также в почве. В основном являются представителями планктона.

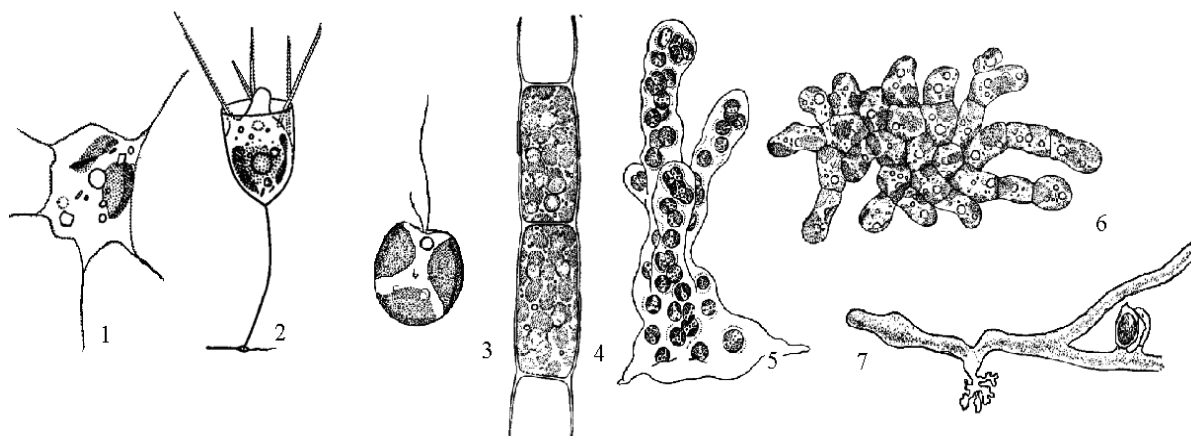


Рис. 22. Типы талломов XANTHOPHYTA:

амебоидная: 1 - *Rhizochloris*; 2 - *Stipitococcus vas*; монадная: 3 - *Chlorocardion pleurochiron*; нитчатая: 4 - *Tribonema viride*; пальмеллоидная: 5 - *Helminthogloca ramose*; пластинчатая: 6 - *Heteropedia polychloris*; внеклеточная: 7 - *Vaucheria sessilis*

Отдел делят на 2 класса: Ксантофициевые (*Xanthophyceae*), Эвстигматофициевые (*Eustigmatophyceae*). Все эвстигматофициевые — одноклеточные коккоидные формы. Глазок представляет собой крупное оранжево-красное тело у крайнего переднего конца зооспоры, не зависимое от единственной пластиды, и состоит из неправильной группы капель без ограничивающих мембран и без мембраны вокруг всего комплекса. В отличие от ксантофициевых стигма здесь расположена вне пластиды. Другой отличительный признак эвстигматофициевых — то, что утолщение жгутика, перекрывающее стигму, находится у проксимального конца, направленного вперед и несущего два ряда волосков жгутика. Гладкий, направленный назад жгутик, как правило, отсутствует, пиреноид, обнаруженный только в вегетативных клетках (в зооспорах отсутствует), выступает от внутренней поверхности пластиды и не пересечен тилакоидами.

Класс Ксантофициевые. Представлены виды с разнообразным типом талломов. На основе их дифференциации происходит деление класса на порядки.

Порядок Гетероглеевые (Heterogloales). Одноклеточные или колониальные водоросли с пальмеллоидным талломом (рис. 22. 5) **Порядок Tribonematales.** Типичные представители многоклеточные прикрепленные или свободноплавающие (рис. 22. 6).

Порядок Botrydiales. Водоросли имеют сифональный тип таллома.

Род ботридиум. Ботридиум (*Botrydium*) обитатель влажных местообитаний – почв оврагов, глинистых отложений на дне подсыхающих водоемов, где образует сплошной налет. Таллом представляет собой одну разросшуюся клетку (1-3 мм), его пузыревидная и окрашенная надземная часть постепенно суживается к основанию, переходя в подземную часть, которая заканчивается в почве разветвленными бесцветными ризоидами. Хроматофор без пиреноидов. Формирование зооспор происходит при полном погружении (затоплении) таллома в воду. При значительном подсыхании надземная часть образует апланоспоры, цисты.

Род вошерия (*Vaucheria*). Обитатели пресных и солоноватых водоемов, влажной почвы. Водоросль прикрепляется к субстрату ризоидами. Таллом в виде разветвленной нити до нескольких десятков см, лишенной поперечных перегородок. В постенном слое цитоплазмы находятся многочисленные ядра и зернистые и веретеновидные хлоропласты без пиреноидов. Перегородки образуются при отделении органов размножения. Бесполое размножение происходит зооспорами. Зооспорангии развиваются на конечных участках таллома при образовании перегородок. В зооспорангии образуется одна крупная зооспора со многими парами жгутиков. Зооспора многожгутиковая и многоядерная - синзооспора. Пара жгутиков не равны по длине. Каждой паре жгутиков соответствует ядро. При неблагоприятных условиях образуются апланоспоры, акинеты.

Половой процесс оогамный. Многоядерные оогонии и антеридии развиваются на одной и той же нити. Образование половых органов в лаборатории отмечается при неблагоприятных условиях; низкая освещенность, недостаток минерального питания. В оогонии образуется 1 яйцеклетка. В антеридиях много сперматозоидов. В природе созревание оогония и антеридиев не совпадает по времени. После оплодотворения зигота покрывается многочисленной оболочкой, заполняется маслом – становится ооспорой. При прорастании ооспоры происходит редукционное деление ядра. Нити вошерии гаплоидны.

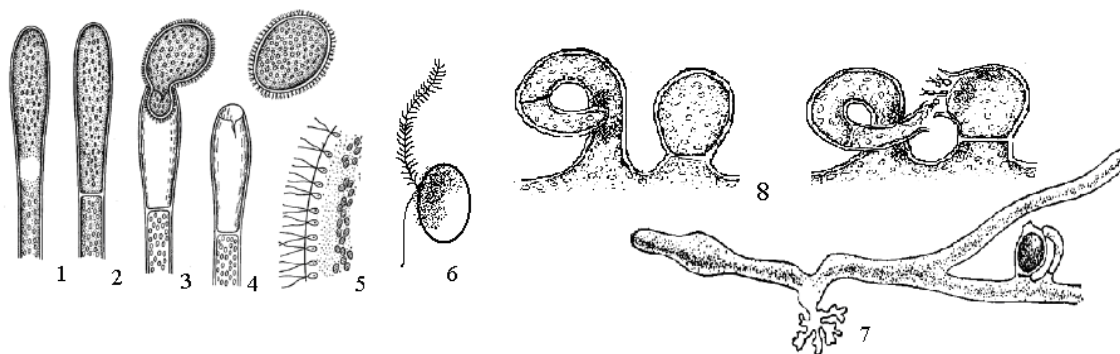


Рис. 23. *Vaucheria*

1 – 2 – этапы образование зооспорангия; 3 – 4 - выход зооспоры; 5 - участок зооспоры при большом увеличении; 6 - сперматозоид; 7 - фрагмент слоевища вошерии; 8 - участок слоевища (оогонии, антеридии).

Общая характеристика BACILLARIOPHYTA

Диатомовые - микроскопические (0,75—1500 мкм), одноклеточные или колониальные водоросли, среди последних встречаются виды, живущие в слизистых трубках, образующие бурые кусты высотой до 20 см. Распространены в планктоне и бентосе морей и пресных водоемов. Известны с юрского периода.

Клетки имеют твердый кремнеземный панцирь, состоящий из двух половинок – меньшей (гипотеки) и большей (эпитеки). Каждая половинка состоит, в свою очередь, из створки и пояскового кольца. Кроме кремнезёма, в состав панциря входит небольшое количество железа, алюминия, магния и органических веществ. Поверхность панциря покрыта тонким пектиновым слоем. Стенки панциря имеют поры, через которые осуществляется обмен веществ с внешней средой. Многие диатомеи, у которых вдоль каждой половины панциря идёт щелевидное отверстие (так называемый шов), способны передвигаться по субстрату, за счёт выделения слизи. На панцире имеются также различные структуры (выросты, борозды и др.), это является систематическим признаком.

Клетки содержат одно диплоидное ядро с одним или несколькими ядрышками (1-8) и один или несколько хлоропластов. Хлоропласты или мелкие в виде зерен без пиреноидов, или крупные с лопастями с ограниченным количеством пиреноидов. Желто-бурая окраска диатомовых водорослей зависит от присутствия в хроматофорах пигментов: хлорофиллов а и с, каротинов, ксантофиллов. Запасные продукты — масло, волютин и лейкозин.

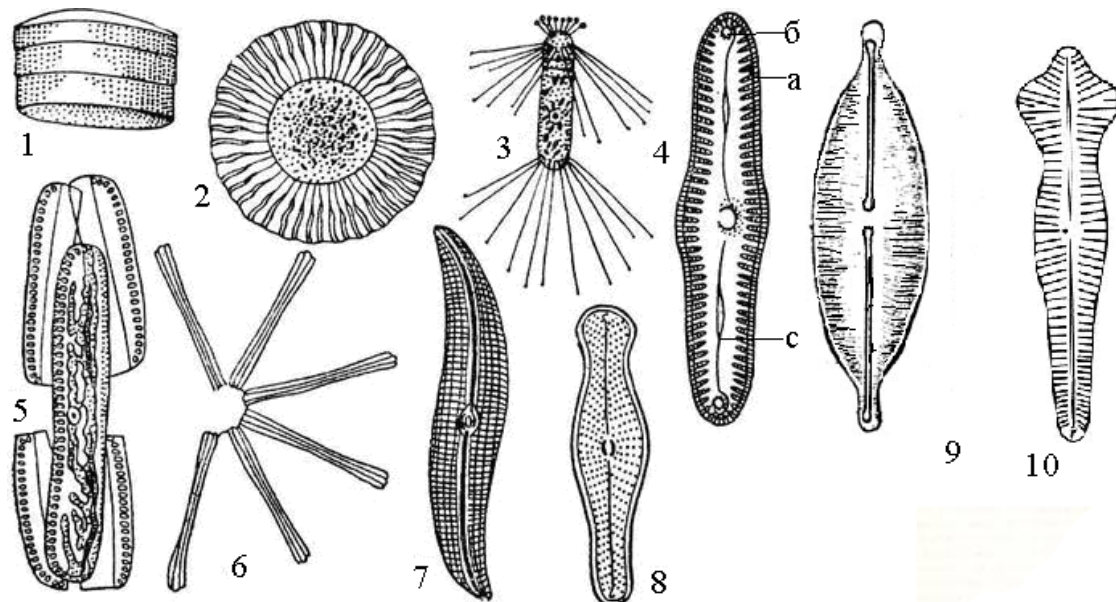


Рис. 24. Многообразие диатомовых водорослей:

1 - *Ethmodiscus gazellae*; 2 - *Planktoniella sol*; 3 - *Corethron valdiviae*; 4 - *Pinnularia viridis*: а - 4 скопление пор; б - периферические узелки; с - щелевидный шов; 5 - *Surirella saxonica* (образование ауксоспор); 6 - *Asterionella gracillima*; 7 - *Gyrosigma acuminatum*; 8 - *Didymosphenia geminata*; 9 - *Navicula*; 10 - *Gomphonema*.

Размножение. Вегетативное размножение происходит митотическим делением клетки на две половины - эпитека и гипотека панциря расходятся, оставаясь соединенными только краями своих поясковых ободков. После окончательного разделения клетки на две, каждая из дочерних клеток, получившая лишь половину материнского панциря, сразу же «достраивает» недостающую половину, но обязательно гипотеку. В результате деления две дочерние клетки оказываются по размерам несходными: одна клетка, получившая эпитеку, сохраняет размеры материнской клетки, а другая, получившая материнскую гипотеку, ставшую в новой клетке эпитекой, приобретает меньшие размеры. В результате после многократных делений происходит постепенное уменьшение размеров клеток у половины каждой данной популяции: у центрических диатомей уменьшается диаметр клеток, а у пеннатных — длина и отчасти ширина клеток. Установлено, что у некоторых видов в процессе делений размеры клеток уменьшаются почти в 3 раза по сравнению с первоначальными.

Спорообразование. При неблагоприятных условиях формируются споры и покоящиеся клетки. Они содержат запас питательных веществ. Покоящиеся клетки схожи с вегетативными клетками, могут формироваться при недостатке кремния. Споры имеют более толстый панцирь, чем у вегетативных клеток. Протопласт клетки сжимается, округляется, и на его поверхности появляется сначала первичная створка споры, а затем вторичная,

обе плотно соединяются краями (поясок у них отсутствует). Обычно у диатомовых водорослей в клетке развивается только одна спора. Спустя определенное время покоящаяся спора, подобно ауксоспоре, увеличивается в объеме и дает начало новой клетке, вдвое большей по сравнению с исходной. У представителей многих родов они возникают периодически как обычное явление в жизненном цикле.

Половое размножение. В процессе полового размножения отмечается формирование аукоспор. Аукоспорами, то есть «растущими спорами», называют такие структуры, которые при своем образовании сильно разрастаются и затем прорастают в клетки, резко отличающиеся по размерам от исходных. Согласно наиболее распространенному мнению, образование аукоспор наступает вследствие многократных делений, что приводит к уменьшению размеров вегетативных клеток. Достигнув минимальных размеров, клетки развивают аукоспоры, при делении которых восстанавливаются полноценные вегетативные клетки водорослей. Процесс уменьшения размеров предотвращается в период прорастания покоящихся спор и покоящихся клеток.

Половой процесс изогамия, оогамия, автогамия. У большинства пениннатных дитомей половой процесс напоминает конъюгацию у зеленых водорослей, но у диатомовых перед половым процессом происходит мейоз, образуются гаплоидные гаметы. Редукционное деление у диатомей встречается перед образованием гамет. Вегетативные особи диплоидные. Жизненный цикл – диплобионтный с гаметической редукцией.



Схема жизненного цикла диатомовых водорослей

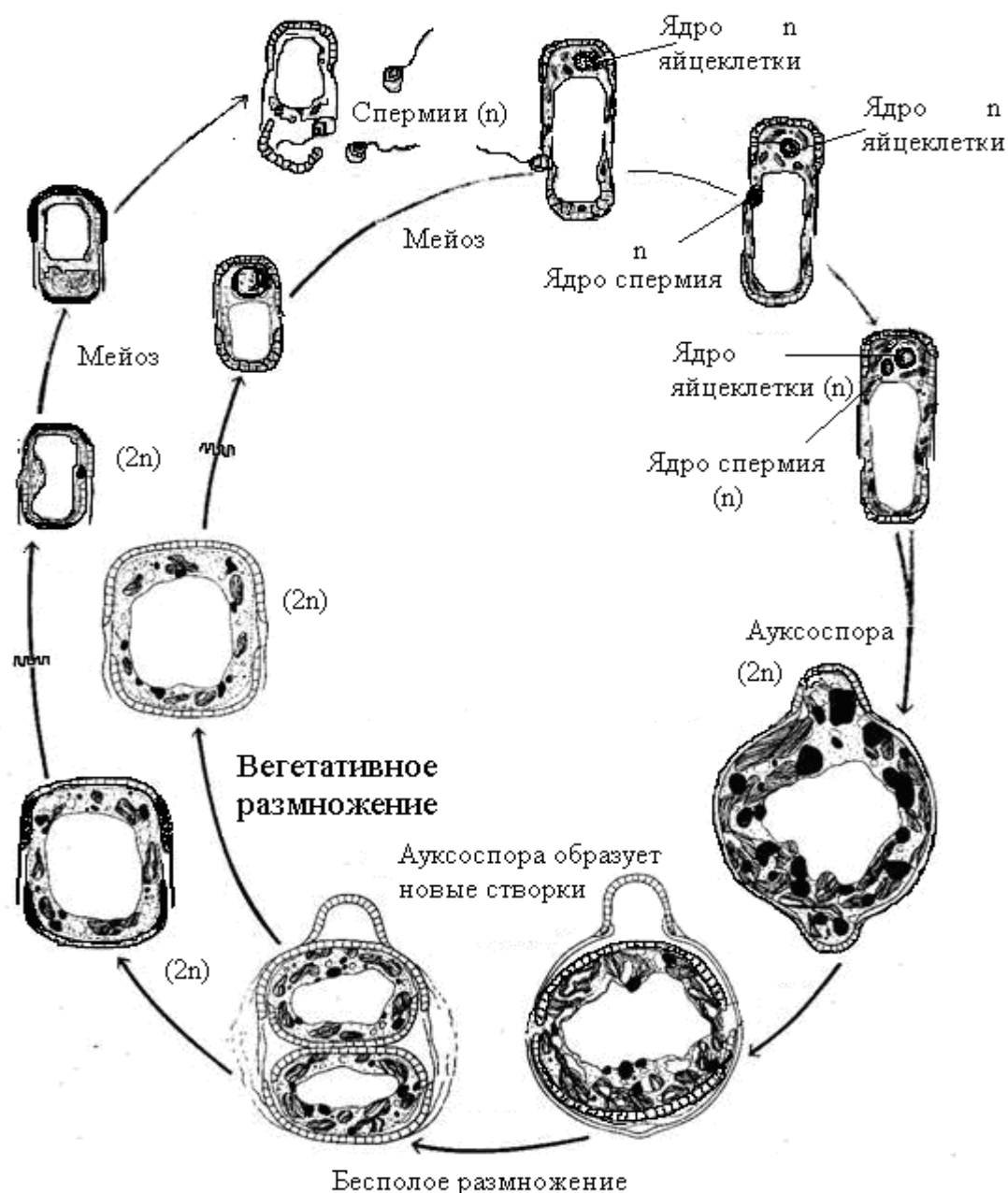


Рис. 25. Цикл развития диатомовых водорослей.

Отдел диатомовые водоросли подразделяется на 2 класса: **Pennatophyceae** (пеннатные) и **Centrophyceae** (центрические).

Сравнительная характеристика классов диатомовых водорослей

Pennatophyceae	Centrophyceae
Панцирь симметричный по продольной оси. Для некоторых порядков, но не всем характерно формирование щелевидного шва вдоль середины осевого поля. Хлоропласты в виде одной или нескольких больших пластин, реже в виде мелких пластин. Эволюционно более	Створки с радиальной симметрией. Можно провести не менее трех осей симметрии. Шва нет. Хлоропласты в виде зерен либо одной или нескольких пластинок. Это очень древняя группа водорослей, представители известны

молодые водоросли.	еще с раннего мелового периода. Есть основания полагать, их появление до мелового периода.
Половое размножение. Гаметическая редукция. Сближение двух клеток приводит к формированию слизистой полости. В каждой клетке створки раздвигаются, диплоидное ядро делится на 4 гаплоидных, из которых у одних видов отмирают три, а у других - два ядра. В первом случае вся клетка является гаметой, во втором случае образуются две гаметы. Если в каждой клетке образовались по две гаметы, то одна из них переползает в другую клетку и сливается с неподвижной гаметой. Оставшаяся в первой клетке неподвижная гамета сливается с подвижной. Если в материнских клетках сформировалось по одной гамете, то одна из них - подвижная переползает в другую клетку, сливается с неподвижной гаметой. В первом случае формируется две зиготы и две ауксоспоры, во втором – одна.	Половое размножение. Для центрических диатомей характерна оогамия. Женская репродуктивная клетка (оогоний) образует 1-2 яйцеклетки. В мужских репродуктивных клетках (антеридий) в зависимости от вида 2-4 сперматозоида. Оплодотворение яйцеклетки или в воде, или внутри оогония. Возникшая зигота (или ауксоспора) растет до максимальных размеров. Созрев, она делится, образуя новые вегетативные клетки.

Пеннатные диатомеи хорошо сохраняются в условиях культуры пресноводного планктона, в жидкости сфагновых болот, на дне аквариума с водными растениями, собранными из природных водоемов. Можно их найти в пресных водоемах в зимний и осенний период. *Navicula*- обитает в бентосе, в водном иле, встречаются в обрастаниях. Род *Pinnularia* – широко распространен, встречается на дне или в обрастаниях у берегов. Преимущественно пресноводные виды. По краю створки в виде штрихов можно видеть скопления пор (рис. 24, а). По средней линии створок расположены узелки: две находятся на концах (рис. 24, б), а третий – в центре. Между узелками расположен щелевидный шов (рис. 24, с). *Gomphonema* обитает в быстро текущих водах, прикрепляется к камням, крупным зеленым водорослям. Клетки колонии сидят на концах длинных ветвистых слизистых нитей, прикрепленных к субстрату. Находят водоросль на крупных подводных растениях, на кладофоре (буроватый налет).

Лабораторная работа

ОТДЕЛ ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (CHRYSORHUTA)

Задание 1. Изучить строение таллома золотистых водорослей. На основе таблиц и литературных источников изучить морфологическое разнообразие талломов золотистых водорослей. Зарисовать разнообразие талломов, особей на Рисунке 21.

Задание 2. Составить сравнительную характеристику клеток золотистых и бурых водорослей на основе текста данного методического пособия.

ОТДЕЛ ЖЕЛТО-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (XANTHORHUTA)

Класс Ксантофициевые

Порядок Botrydiales

Род вошерия (*Vaucheria*)

Задание 3. Изучить морфологическое строение слоевища вошерии. Изучить под микроскопом готовый препарат «Оогонии и антеридии *Vaucheria*». Рассмотреть участок слоевища *Vaucheria* под микроскопом. Зарисовать слоевище. Найти на препарате зооспорангии, половые органы. Зарисовать их.

Задание 4. Изучить цикл развития водоросли. На основе рисунка и текста учебника записать схему цикла развития *Vaucheria*. Отметить смену поколений, чередование ядерных фаз.

ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (BACILLARIORHUTA)

Задание 6. Изучить внешнее строение диатомовых водорослей. Приготовить временный препарат из аквакультуры. Взять небольшое количество донного ила вместе с водой, поместить его на предметное стекло, приготовить временный препарат. Передвигая препарат, найти живые и мертвые клетки диатомей. Рассмотреть их при большом увеличении. Зарисовать внешнее строение водорослей. В рисунках отметить узелки, шов, «штрихи» - скопления пор. Определить видовую принадлежность водорослей по схемам, рисункам, определителям.

Задание 7. Изучить строение гомфонемы (*Gomphonema*).

Взять участок кладофоры, пинцетом соскоблить буроватый налет на ее нитях, изготовить препарат и рассмотреть под микроскопом. Найти гомфонему. Зарисовать вместе со слизистыми ножками, прикрепляющими их к субстрату.

Контрольные вопросы и задания по теме.

1. Охарактеризовать специфику развития клеточных стенок водорослей в пределах изучаемых отделов.
2. Выделить экологические группы водорослей изучаемых отделов. Охарактеризовать значимость водорослей в экосистеме и жизнедеятельности человека.
3. Определить сходства и различия в строении клеток, пигментной системы, размножения водорослей изучаемых отделов.
4. В чем проявляется особенность протекания полового процесса диатомовых водорослей.
5. Определить значение формирования ооспоры у вошерии.
6. Определить признаки сходства и различия строения клеток водорослей изученных отделов и бурых водорослей.

ОТДЕЛ БУРЫЕ ВОДОРОСЛИ (PHEOPHYTA)

Цель и задачи занятия:

1. Изучить биологические особенности бурых водорослей. Особенности анатомо-морфологического строения таллома.
2. Сформировать представление об особенностях адаптации водорослей к условиям обитания в водной и вневодной среде.
3. Обеспечить систематизацию знаний о многообразии типов жизненных циклов Phaeophyta
4. Сформировать представление о значении водорослей в экосистеме мирового океана, жизнедеятельности человека.
5. Дать представление о многообразии бурых водорослей.

Материалы и оборудование

Гербарные экземпляры бурых водорослей, постоянный препарат «Скафидии фукуса», таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Изучить характерные признаки водорослей. Заполнить Таблицу № 2.
2. Охарактеризовать пигментную систему водорослей. Отметить зависимость формирования пигментной системы Phaeophyta от глубины произрастания.
3. Отметить особенности морфолого-анатомического строения клеток Phaeophyta.
4. В чем проявляется биологическое преимущество морфологической дифференциации таллома слоевищных водорослей.
5. Какие характерные признаки учитываются при классификации бурых водорослей и выделении классов.
6. Определить условия, определяющие нормальный процесс развития гаметофита в жизненном цикле ламинарии.
7. Дать морфологическое определение следующим терминам: концептакула, проспора.
8. Перечислить признаки примитивной организации эктокарпуса.
9. Отметить особенности протекания бесполого и полового размножения эктокарпуса.
10. Назвать факторы, определяющие биологическое преимущество циклоспоровых в условиях водной среды обитания.
11. Составить сравнительную характеристику представителей бурых водорослей (Саргассум, диктиота, диктиосифон). Данные занести в таблицу. Записать жизненный цикл диктиоты.
12. Подготовить презентацию «Многообразие бурых водорослей. Значение в экосистеме мирового океана».

Краткая характеристика РНАЕОРНУТА

Бурые водоросли, как правило, макроскопические морские многоклеточные растения, часто весьма крупные (до 60 м), сложно расчлененные, прикрепленные к субстрату. В основном обитатели морских вод. Слоевище разноритчатое, пластинчатое или псевдопаренхиматозное. Монадная структура клеток отмечается у зооспор и гамет.

Форма талломов разнообразна. У простейших представителей талломы в виде ветвящихся однорядных клеточных нитей или корковидные, или в виде ветвящихся гетеротрихальных кустиков (эктокарпус), прикрепленных к субстрату стелющимися ризоидами. У ламинариевых и фукусовых морфологическая дифференцировка пластинчатого слоевища напоминает высшие растения и обычно они прикреплены к субстрату. Рост талломов верхушечный (апикальный) и вставочный (интеркалярный). У ламинарии интеркалярная зона находится в области перехода пластинчатого слоевища в основание. У кустистых водорослей рост происходит всей поверхностью тела (диффузный). Для некоторых бурых водорослей характерны особые многоклеточные нитевидные волоски с интеркалярной зоной роста, за счет них осуществляется рост талломов в длину и толщину.

Клетки покрыты оболочкой, состоящей из двух – трех слоев. Основным компонентом клеточной стенки являются полисахариды, внутренний слой содержит целлюлозу, внешний – пектиновый, включает много белковых соединений альгиновой кислоты и ее солей – альгинатов. Химический состав оболочек клеток бурых водорослей способствует тому, что они легко ослизняются и хорошо удерживают воду, что предохраняет талломы от высыхания. У некоторых в клеточных стенках осаждается известь, и таллом становится твердым на ощупь. В клеточных оболочках имеются поры, через которые содержание соседних клеток сообщается посредством плазмодесм.

Хлоропласты, как правило, многочисленные, мелкие округлые, реже – лентовидные или пластинчатые. Они с четырехслойной оболочкой и окрашены в бурый цвет. Пигменты представлены хлорофиллами а и с, каротиноидами, среди которых преобладает фукоксантин бурого цвета.

Пиреноиды имеются или в хроматофорах вегетативных клеток, или только в хроматофорах гамет, у части видов пиреноиды отсутствуют. Кроме вакуолей с клеточным соком имеются так называемые физоды – мелкие вакуоли, заполненные фукозаном – соединением, сходным с дубильными веществами и окрашивающим физоды при их накоплении в старых клетках в желтый или бурый цвет.

Запасные вещества являются ламинарин, откладывающийся в цитоплазме вне хлоропластов, шестиатомный спирт – маннит и липиды. Крахмала никогда не образуется.

Размножение вегетативное, бесполое и половое. Бесполое размножение циклоспоровых неизвестно. Вегетативное размножение осуществляется

посредством особых почек вегетативного размножения (выводковые почки сфацеляриевых), столонов, фрагментации талломов. Зооспоры и гаметы бурых водорослей почковидной формы, снабжены двумя жгутиками и стигмой. Жгутики у зооспор и гамет прикреплены сбоку в небольшой выемке клетки. Сперматозоиды некоторых бурых водорослей имеют лишь один передний жгутик. Редукционное деление у растений, относящихся к классу изогенераты, и классу гетерогенераты происходит на стадии формирования зооспор, у циклоспоровых - на стадии образования гамет. В настоящее время нет единой точки зрения на классификацию бурых водорослей. Существует несколько подходов в классификации. В зависимости от жизненного цикла можно выделить следующие классы:

Класс Изогенераты (ISOGENERATORPHYCEAE)

Класс Гетерогенераты (HETEROGENERATORPHYCEAE)

Класс Циклоспоровые (Cyclosporophyceae)

Класс Изогенераты (ISOGENERATORPHYCEAE)



Порядок Ectocarpales. В жизненном цикле наблюдается изоморфная смена поколений. У наиболее примитивных представителей строгое чередование поколений отсутствует. Из спор, производимых спорофитом, могут развиваться как слоевища гаметофитов или гаметоспорофитов, так и слоевища спорофитов. Спорофиты эктокарпуса пучковатого (*Ectocarpus fasciculatus*) в Атлантическом океане при +13 °С несут только одногнездные спорангии, при +20°С образуются многогнездные спорангии и в небольшом количестве одногнездные. Споры из многогнездных спорангиев снова дают диплоидные спорофиты. В одногнездных спорангиях происходит мейоз, и из спор вырастают раздельнополые гаметофиты. Половой процесс

всегда изогамный.

Рис. 26. Внешний вид *Ectocarpus*.

Оплодотворение происходит после прикрепления женских гамет к субстрату. Из зигот вырастают спорофиты. При партеногенетическом прорастании гамет (без оплодотворения) появляются растения, подобные спорофитам или гаметофитам.

Род Эктокарпус (*Ectocarpus*) имеет кустистые слоевища высотой 0,1—30 см, крайне редко до 60 см, образованные тонкими нитями толщиной 50—

150 мкм. Основанием служат стелющиеся ризоиды. У некоторых видов, растущих на водорослях, ризоиды могут проникать внутрь их. Крупные вертикальные побеги в основании бывают покрыты корой из ризоидов. Ветви слоевища сужаются к концам и на вершине оканчиваются длинными бесцветными клетками. Клетки вегетативных нитей имеют хлоропласты, содержащие пиреноиды. Органами размножения служат одногнездные спорангии и многогнездные вместилища, последние могут быть спорангиями или гаметангиями. Вертикальные побеги растут за счет деления большого числа клеток, нет особых зон роста. У нитей ризоидов существует верхушечный рост. Спорангии и гаметангии располагаются как боковые выросты ветвей, многогнездные вместилища иногда имеют волосовидную стерильную вершину.

Класс Гетерогенераты (HETEROGENERATORPHYCEAE)

Порядок Laminariales. В жизненном цикле наблюдается гетероморфная смена поколений с преобладанием спорофита. Спорофиты всех ламинариевых образуют органы бесполого размножения одного типа — одноклеточные одногнездные спорангии, которые развиваются на поверхности слоевища среди одноклеточных булабовидных парафиз, содержащих в верхнем, расширенном конце хлоропласты и физоды. Лишь когда парафизы достигнут почти полного развития, начинают расти спорангии. Образование зооспор сопровождается мейозом. В холодных морях они сохраняются на слоевищах до начала следующего лета. При наиболее подходящих температурных условиях зооспоры способны к активному движению в течение двух суток. При высокой температуре (+20°C и выше) проявляют активность всего несколько минут или вообще не способны двигаться. Если за время активного движения зооспора не найдет место для прикрепления, она погибает. Встретив твердую поверхность, зооспора прикрепляется передним жгутиком, который сокращается и подтягивает тело зооспоры к субстрату. После этого зооспора теряет жгутики и округляется, у нее появляется ясно видимая оболочка, и зооспора превращается в *эмбриоспору*, которая прорастает без периода покоя. Гаметофиты большинства ламинариевых, за редким исключением, раздельнополые и различаются морфологически. Они многоклеточные, в виде однорядных разветвленных стелющихся нитей, женские гаметофиты могут быть одноклеточными. Половой процесс у ламинариевых оогамия. При созревании яйцеклетка выходит через отверстие на вершине оогония, но не отделяется, а остается прикрепленной к краям отверстия. В таком положении происходит ее оплодотворение и рост спорофита. После выхода всех яйцеклеток гаметофит отмирает. Женские гаметофиты не предоставляют никаких питательных веществ развивающимся спорофитам, они обеспечивают им только место для прикрепления на грунте.

Род Ламинария (*Laminaria*). Крупное растение высотой 0,5—6 м. Отдельные виды достигают размеров в 20 м, самые крупные - 50 м. Ламинариевые встречаются по вертикали от поверхности моря до глубины 200 м, образуя в верхней сублиторали обширные заросли. Многолетний таллом расчленен на цельную или пальчаторасчлененную уплощенную пластинку, плотный черешок (стволик) и мощные ризоиды, которыми водоросль прикрепляется к субстрату. В месте перехода пластинки в стволик (у отдельных представителей на вершине пластинки) имеются интеркалярные зоны роста. Скорость роста слоевища ламинариевых достигает 10–13,5 см в сутки, поэтому они накапливают очень большую биомассу. Большинство ламинариевых многолетние растения, но ежегодно после завершения выхода спор пластинчатая часть слоевища целиком разрушается.

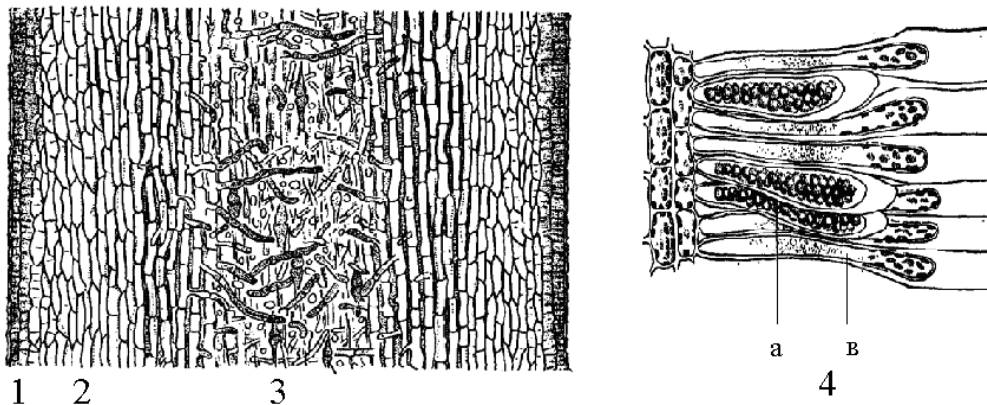


Рис. 27. Продольный разрез таллома *Laminaria*

1 – меристодерма; 2 – кора; 3 – сердцевина; 4 – группа зооспорангиев: а – спорангии; б – парафизы.

На поперечном срезе пластинки и стволика можно различить наружный слой или меристодерму – делящуюся покровную ткань. Клетки меристодермы активно делятся и образуют волоски и органы размножения. Под меристодермой лежит кора из более крупных окрашенных клеток, за корой идет слой крупных бесцветных клеток – промежуточный слой, а в центре находится сердцевина. В краевой части сердцевины крупных ламинариевых среди тонких нитей располагаются длинные клетки с перфорациями, напоминающие ситовидные трубки.

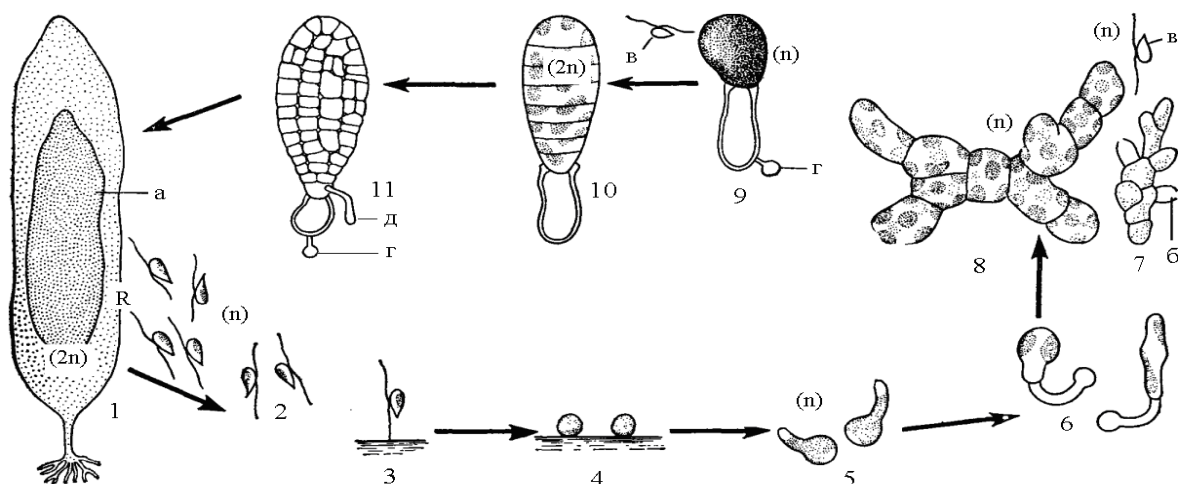


Рис. 28. Цикл развития *Laminaria*

1 - слоевище спорофита: а - пластинка слоевища; 2 - плавающие зооспоры; 3 - зооспора, прикрепленная передним жгутиком к грунту; 4 - эмбриоспора; 5 - прорастающая эмбриоспора; 6 - образование первых клеток гаметофитов; 7 - мужской гаметофит: б - антеридий; в - антерозоид; 8 - многоклеточный женский гаметофит; 9 - одноклеточный женский гаметофит после выхода яйцеклетки из оогония: г - оболочка эмбриоспоры; 10 - 11 - развитие слоевища спорофита: д - ризоид.

Класс Циклоспоровые (Cyclosporophyceae)

Включает высокоорганизованные водоросли для которых в жизненном цикле не характерно бесполое размножение.

Порядок Fucales. Слоевище у фукусовых кустистое. *Fucus* обладает верхушечным ростом посредством деления 1—8 особых верхушечных клеток. Активно делящаяся апикальная клетка, называется проспорой. Проспора дает совокупность вегетативных и генеративных клеток — концептакул (скафидий).

В углублениях концептакул развиваются антеридии и оогонии. Они могут быть сконцентрированы на слоевище, в специальных образованиях, формируя рецептакулы. В антеридиях образуется по 64 антерозоида, в оогониях развивается 1—8 яйцеклеток. Яйцеклетки остаются прикрепленными к материнскому растению 7—16 дней. За это время происходит их оплодотворение и дробление до стадии образования коротких первичных ризоидов, после чего проростки уносятся водой.

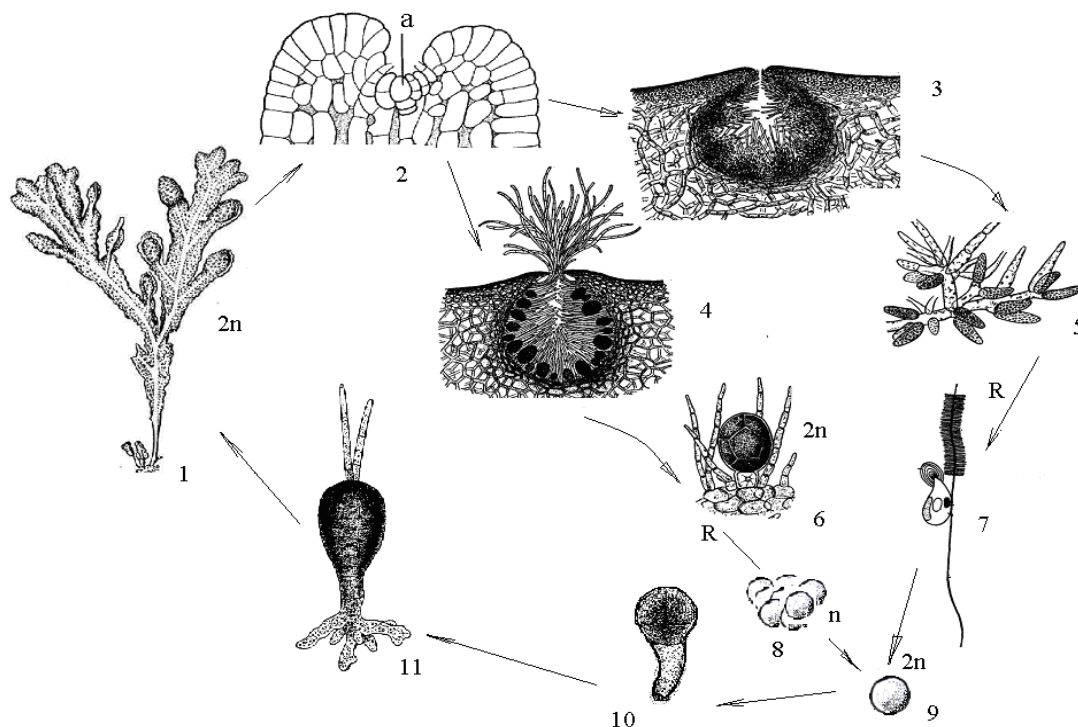


Рис. 29. Цикл развития циклоспоровых.:

1 – *Fucus*. 2 - *продольный разрез через вершину слоевища; а – протопора*; 3 - *разрез концептакулы, содержащий антеридии и парафизы*; 4 - *разрез концептакулы, содержащий оогонии и парафизы*; 5 - *группа антеридиев и парафиз*; 6 - *оогоний на ножке, окруженный парафизами*; 7 – *антеризоид*; 8 – *яйцеклетки*; 9 – *зигота*; 10-11- *стадии развития молодой особи*.

Род Фукус (*Fucus*). Плоский, ремневидный, дихотомически ветвящийся таллом фукуса суживается и переходит в короткий черешок, заканчивающийся конической подошвой, прочно прикрепляющей водоросль к прибрежным камням. Посередине таллома проходит средняя жилка, по обе стороны от нее расположены пневматофоры — воздушные пузыри, удерживающие водоросль в вертикальном положении. На концах некоторых разветвлений таллома образуются бородавчатые вздутия - рецептакулы, в которых развиваются округлые углубления с отверстием наверху - скафидии. В женских скафидиях формируются оогонии, в мужских — антеридии. В каждом оогонии развивается одна яйцеклетка, в антеридии — 64 сперматозоида. Формированию гамет предшествует мейоз. После созревания половые клетки, окруженные слизью, выходят из скафидии. Женская гамета выделяет особые вещества, привлекающие сперматозоиды. Оплодотворение происходит в воде. Зигота прорастает без периода покоя.

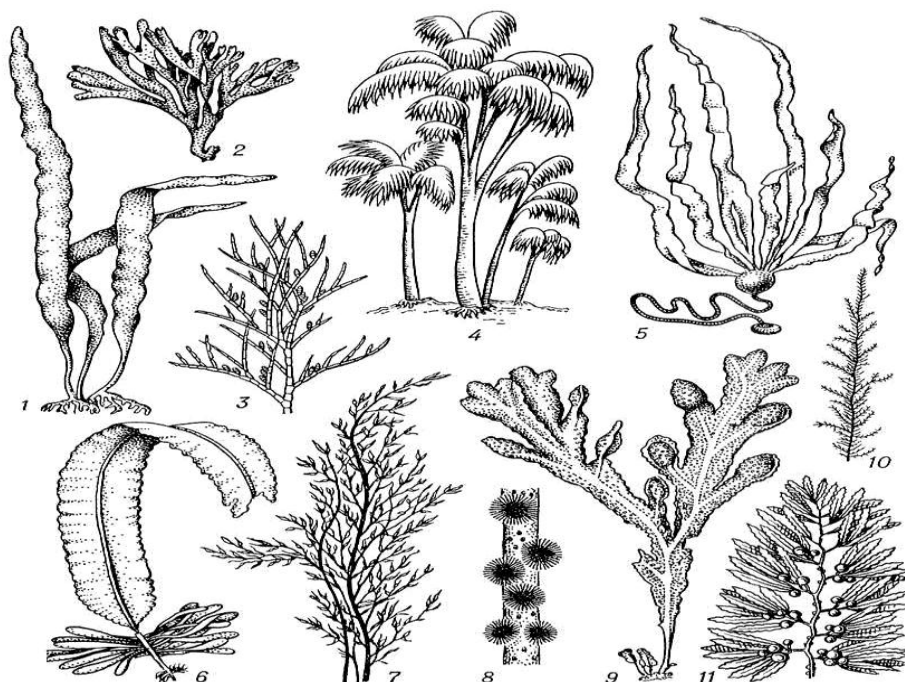


Рис.30. Многообразие бурых водорослей:

1 – Ламинария; 2 – Диктиота; 3 – Эктокарпус; 4 – Лессония; 5 – Нереецистис; 6 – Алярия; 7 – Цистозира; 8 - кустики Элахисты на стволике другой водоросли; 9 – Фукус; 10 - Диктиосифон. 11 - Саргассум.

Лабораторная работа

Класс Изогенераты (ISOGENERATORPHYCEAE)

Порядок Ectocarpales

Род Эктокарпус (*Ectocarpus*)

Задание 1. Рассмотреть строение эктокарпуса, зарисовать слоевище. На основе текста пособия составить схему цикла развития *Ectocarpus*.

Класс Гетерогенераты (HETEROGENERATORPHYCEAE)

Порядок Laminariales

Род Ламинария (*Laminaria*)

Задание 2. Изучить внешнее строение ламинарии. Рассмотреть строение слоевища ламинарии на гербарных экземплярах. Зарисовать внешний вид слоевища спорофита.

Задание 3. Изучить жизненный цикл ламинарии. На основании Рисунка 28 и текста данного пособия составить схему цикла развития *Laminaria*.

Задание 4. Рассмотреть гербарные экземпляры бурых водорослей. Определить водоросли. Зарисовать строение слоевища.

Класс Циклоспоровые (Cyclosporophyceae).

Порядок Fucales.

Род Фукус (*Fucus*).

Задание 5. Изучить внешнее строение фукуса. Рассмотреть строение *Fucus*. Зарисовать слоевище. Отметить на рисунке концептакулы, рецептакулы, плавательные пузыри.

Задание 6. Изучить органы размножения фукуса. На постоянном препарате «Скафидии фукуса» найти оогонии, антеридии. Зарисовать антеридиальную ветвь, оогонии.

Задание 7.. Изучить жизненный цикл фукуса. На основе Рисунка № 29 и текста пособия составить жизненный цикл развития *Fucus*.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. Отметить анатомо-морфологические особенности бурых водорослей, обеспечившие их широкое распространение, морфологические адаптации водорослей, существующих в зоне отливов и приливов, в толще воды.
2. Отметить эколого-физиологические особенности, обеспечившие бурым водорослям возможность существования на большой глубине.
3. Провести сравнительную характеристику жизненных циклов в пределах классов отдела бурые водоросли.
4. В чем уникальность вегетативного размножения ламинарии, фукуса?

ОТДЕЛ КРАСНЫЕ ВОДОРОСЛИ (RHODOPHYTA)

Цель и задачи занятия:

1. Изучить биологические особенности красных водорослей. Особенности анатомо-морфологического строения таллома.
2. Дать представление о своеобразии жизненного цикла RHODOPHYTA.
3. Сформировать представление об особенности адаптации водорослей к условиям глубоководной среды.
4. Обеспечить систематизацию знаний о месте красных водорослей в иерархической системе органического мира, о многообразии красных водорослей
5. Сформировать представление о значении водорослей в экосистеме мирового океана, жизнедеятельности человека.

Материалы и оборудование

Гербарные экземпляры красных водорослей, таблицы.

Вопросы и задания для подготовки

1. Составить характеристику водорослей. Заполнить Таблицу № 2.
2. Охарактеризовать ядерный аппарат водорослей.
3. Охарактеризовать особенность пигментной системы, обеспечивающей красным водорослям произрастание на больших глубинах.
4. Отметить особенность химического состава клеток.
5. Охарактеризовать особенность морфолого-анатомического строения таллома красных водорослей.
6. Определить в чем состоит особенность жизненного цикла водорослей?
7. Дать определение следующим терминам: спермаций, карпогон, карпоспорофит, гонимобласт.
8. Дать определение термину ауксиллярные клетки. В чем состоит их роль в процессе формирования карпоспорофита.
9. Объяснить формирование псевдопаренхиматозного таллома водорослей.
10. Подготовить презентацию «Многообразие красных водорослей».

Общая характеристика RHODOPHYTA

Наиболее глубоководные водоросли, встречаются на глубине 268 м, используя 0,0005 % света. Прimitивные водоросли одноклеточные, высокоорганизованные – многоклеточные.

Таллом одноклеточный (коккоидные клетки), нитчатый, разнонитчатый, пластинчатый, псевдопаренхиматозный. Пресноводные водоросли одноклеточные, колониальные, нитчатые, кустистые. Образуют коровый «налет» на субстрате, пленки на поверхности воды. У морских обитателей отмечается сложно-расчлененный таллом, который внешне напоминает листья высших растений. Отмечается формирование аналогов

элементов проводящей системы. Развивают ризоиды или подошву для прикрепления к субстрату.

Клеточная стенка двухслойная, внутренняя – целлюлозная, наружная – пектиновая. В ней высокое содержание гемицеллюлозы, пектиновых веществ, что определяет ее набухание, ослизнение. Для многих характерны вещества фикоколлоиды – агар, агароиды, каррагинин. У некоторых клеточные стенки инкрустируются известью, кальцитом, магнием, железом, аргонитом. Клетки в талломе соединены с помощью первичных и вторичных пор.

Хлоропласты с двухслойной оболочкой. Пигменты представлены хлорофиллами а и d, каротиноидами. Присутствуют фикобилины (аллофикоцианины, фикоэритрин), специальные пигменты, обеспечивающие процесс фотосинтеза при низкой освещенности (в спектре длинных волн, максимально глубоко проникающих в толщу воды). Есть бесцветные паразитические виды. Окраска водорослей может варьировать в пределах вида в зависимости от глубины произрастания. Например, порфира имеет окраску от фиолетово–карминной и фиолетовой до ярко изумрудной. Размер хлоропласта определяется эволюционным развитием водоросли. У бангиевых он звездчатый с пиреноидами. У флоридиевых хлоропласты лентовидные, линзовидные, чашевидные без пиреноидов.

Запасное вещество – багрянквый крахмал, по химической структуре близок к гликогену, откладывается в цитоплазме.

В жизненном цикле отсутствует подвижная жгутиковая стадия. Характерно вегетативное размножение участками таллома и специализированными органами. Бесполое размножение осуществляется тетраспорами (n), моноспорами (2n). Половой процесс – оогамия. Характерен только для высокоорганизованных водорослей (в класс бангиевые (порядок бангиевые), класс флоридиевые). Формируются карпоспоры (2n), которые могут быть и не диплоидные. Жизненный цикл очень разнообразен. В общем виде его можно представить следующим образом. Отмечается чередование гаплоидного гаметофита, диплоидного тетраспорофита (самостоятельное поколение) в тетраспорангиях которого имеет место редукционное деление, и диплоидного карпоспорофита, существующего на гаметофите.

Особенность полового размножения (на примере высокоорганизованных красных водорослей). Этапы формирования спермаций. Вегетативная клетка (клетка на талломе водоросли) – материнская клетка – сперматангии – спермации.

Этапы формирования карпогона (женского репродуктивного органа). Нижняя или брюшная часть клетки имеет конусовидную форму, здесь расположена яйцеклетка, верхняя вытягивается, образуя более или менее

длинный трубчатый вырост – трихогину, которая служит для улавливания сперматиев.

На слоевище оформляется базальная клетка, которая образует карпогонную ветвь. Конечная клетка карпогонной ветви является карпогоном. При оплодотворении женские гаметы не выходят в окружающую среду, а остаются на растении — гаметофите, мужские гаметы выбрасываются наружу и пассивно переносятся токами воды. В жизненном цикле наблюдается смена трех форм развития: гаметофит, спорофит, карпоспорофит.

Этапы развития карпоспорофита. Клетки карпогонной ветви принимают активное участие в развитии карпогона после оплодотворения. После оплодотворения карпогона, и образования зиготы развиваются специальные нити гонимобласта, конечные клетки которого образуют карпоспорангии, где формируются карпоспоры. Различаются багрянки, формирующие нити гонимобластов, все клетки которых превращаются в карпоспорангии. У других карпоспорангиями становятся конечные клетки нитей гонимобластов. Совокупность гонимобластов формирует карпоспорофит (гонимокарпом). У подавляющего большинства флоридеевых оплодотворенный карпогон первоначально сливается с особыми клетками (ауксиллярными клетками), богатыми питательными веществами, и только после этого развивается гонимобласт. Роль ауксиллярных клеток в том, что они представляют собой исходную клетку, от которой начинается развитие гонимобласта. Иными словами, у тех багрянок, которые имеют ауксиллярные клетки, гонимобласт развивается не из карпогона, а из ауксиллярной клетки. Развитие гонимобласта заключается в образовании системы клеточных нитей. Созревая, клетки нитей превращаются в карпоспоры. Совокупность гонимобластов, окруженная оболочкой называется цистокарпом. Строго говоря, под цистокарпом следует понимать не только сам гонимобласт, но и окружающую его вегетативную ткань, когда она имеет определенное морфологическое и анатомическое строение и образует обертку гонимобласта.

Сравнительная характеристика классов красных водорослей

Bangiophyceae	Florideophyceae
Строение Одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы паренхиматозного строения. Рост диффузный. Клетки одноядерные с одним звездчатым хлоропластом и одним центральным пиреноидом. У многих хлоропласт имеет осевое положение.	Нитчатый, разнонитчатый, паренхиматозный, псевдопаренхиматозный. таллом, формирующийся в процессе интенсивного ветвления и срастания периферических клеток. У разнонитчатых выделяют оси неограниченного и ограниченного роста. Для водорослей пластинчатого таллома характерно сложное

	анатомическое строение. Боковые и центральные оси погружены в слизистую компактную массу. Боковые оси при очень плотном расположении образуют «коровый слой», клетки которого принимают участие в фотосинтезе. Боковые веточки способны образовывать органы бесполого размножения. Рост апикальный.
Вегетативное размножение фрагментацией таллома. Отрастание побегов от подошвы	
Бесполое размножение осуществляется моноспорами. Моноспорангиями могут стать любые клетки таллома. Реже акинетами. Моноспоры голые и способны к амебоидным движениям.	Тетраспорами, реже моноспорами. тетра -и моноспорангии могут образовываться на верхушках побегов ограниченного роста.
Половое размножение известно только у высокоорганизованных представителей порядка бангиевые. Половые клетки формируются в результате преобразования вегетативной клетки. Сперматангии у порфиры и бангии образуются в результате повторных делений вегетативных клеток, в одной клетке развивается от 32 до 128 сперматангиев, каждый из которых содержит по одному спермацию. В оогонии превращаются вегетативные клетки, каждая клетка — в один карпогон. Карпогоном может стать любая клетка слоевища. Карпогон без трихогины, иногда карпогоны имеют лишь короткие сосочкообразные выросты. Зигота подвергается делениям и вся превращается в карпоспоры. Есть раздельнополые и однополые виды. Спермации в <i>порядке порфиридиевые</i> и примитивных <i>бангиевых</i> с хлоропластом. Сперматангии разбросаны по слоевищу диффузно.	Для некоторых флоридиевых известно только бесполое размножение, но отсутствие полового размножения у них всегда результат вторичной утраты. Формирование и строение половых гамет описано ранее. Спермации, как правило, не имеют хроматофор и бесцветны. У всех флоридиевых материнские клетки сперматангиев представляют собой конечные клетки веточек ограниченного роста. В соответствии с этим у флоридиевых, обладающих свободным нитчатым строением, они сидят на вершине боковых веточек, у багряннок с плотным строением в сперматангии превращаются внешние клетки корового слоя. Они собраны более или менее обширными группами - сорусами. У нитевидных форм сорусы имеют вид густых пучков, нередко шаровидной формы, расположенных у вершины боковых ветвей. У высокоорганизованных водорослей сперматангии образуются на специальных коротких веточках — стихидиях или на трихобластах,

	окружая эти веточки наподобие муфты. Почти у всех флоридиевых карпогонная ветвь образуется как специальная боковая веточка во внутренней части корового слоя. Только у низкоорганизованных немалиевых она соответствует обычной боковой веточке слоевища. У багрянок с плотным слоевищем, карпогон оказывается погруженным, и только трихогина достигает поверхности слоевища и выступает над ней.
Представители. Представителей класса можно разделить на две группы. 1. Первая включает одноклеточные и колониальные водоросли, чаще встречающиеся в пресноводных и наземных местообитаниях (почвенный субстрат, налеты на стенах). Порядок порфиридиевые. Porphyridium клетки собраны в слизистые колонии. Размножение моноспорами. Asterocytis имеет нитчатое строение таллома, Goniotrichum - разнонитчатое. 2. Вторую группу образуют многоклеточные нитчатые и пластинчатые формы в основном морские. Порядок бангиевые Представители Bangia, Porphyra. Растения порфиры средних размеров, но нередко достигают в длину метра и более.	Наиболее простые немалиевые - нитчатые, без ауксиллярных клеток, пластинчатый хроматофор. Бесполое размножение моноспорами. Батрахоспермум (<i>Batrachospermum</i>) –обитатель пресных северных водоемов. Разветвлённые слоевища высотой до 10 см. Мутовки не срастаются конечными клетками. Апикальный рост. Короткие побеги несут органы полового размножения. Образующиеся в результате полового процесса карпоспоры, прорастают в микроскопические слоевища (стадия шантранзии), размножающиеся бесполом путём с помощью моноспор.

Цикл развития. У багрянок существует несколько типов циклов развития. В подавляющем большинстве случаев происходит смена трех форм развития: тетраспорофита, гаметофита и карпоспорофита. При этом карпоспорофитом называют гонимобласт с карпоспорами, который принято считать самостоятельным поколением, он существует на женском гаметофите и потому морфологически редуцирован. В этом цикле имеются две свободноживущие формы развития — спорофит и гаметофиты. Редукционное деление происходит при образовании тетраспор.

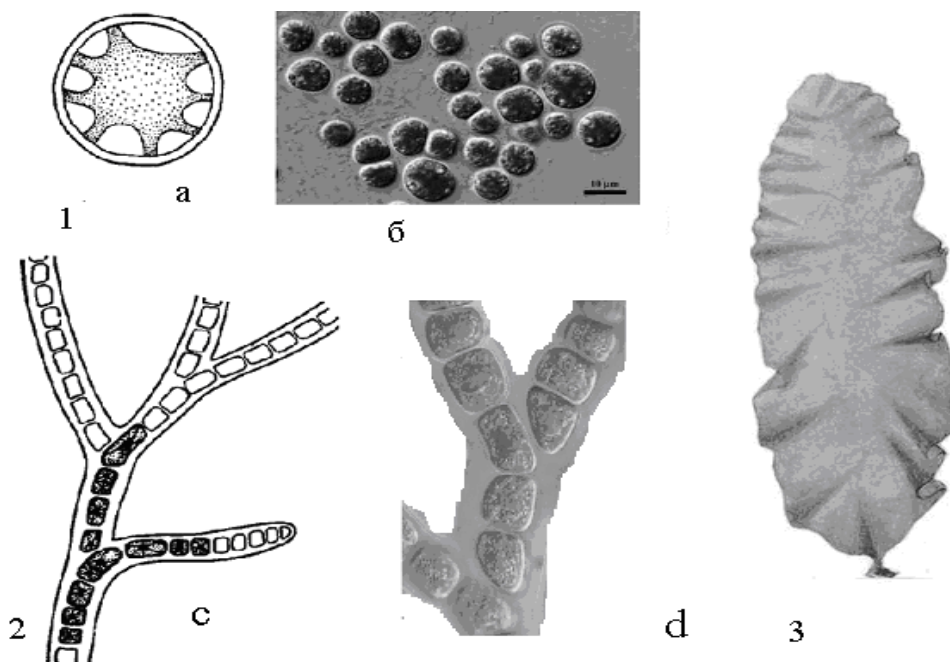


Рис. 31. Красные водоросли. Класс бангиевые *Bangiophyceae*

1 – *Porphyridium*: а - клетка со звездчатым хроматофором; б - колония клеток; 2 - *Goniotrichum*: с - разветвленный нитчатый таллом; d - объединение клеток в слизистый чехол. 3 - *Porphyra*.

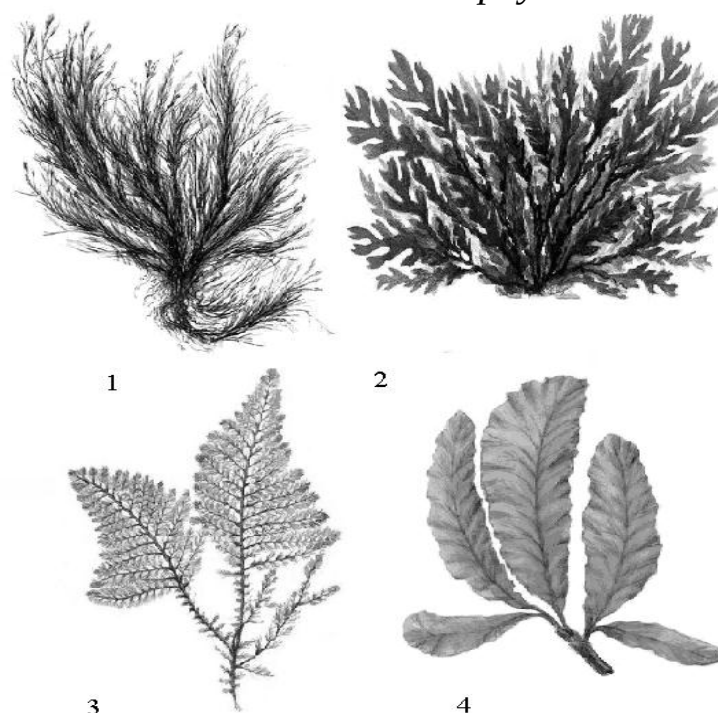


Рис. 32. Красные водоросли. Класс флоридиевые

1 – *Polysiphonia*; 2 – *Odonthalia*; 3 – *Dasia*; 4 – *Delesseria*.

Следовательно, тетраспоры и возникающие из них гаметофиты представляют собой гаплоидную фазу, тогда как зигота, карпоспорофит и тетраспорофит относятся к диплоидной фазе. Такой цикл развития представлен у багрянок двумя разновидностями. Гаметофиты и тетраспорофит могут иметь совершенно одинаковое морфологическое

строение (изоморфная смена поколений). Этот тип был впервые открыт у полисифонии, поэтому его так называют — тип *Polysiphonia*. У других багрянок слоевище тетраспорофита редуцировано по сравнению с гаметофитом и сильно отличается от него по строению. Часто в таких случаях спорофит представлен стелющимися или корковидными растениями. Ярким примером подобного цикла с так называемой гетероморфной сменой форм развития служит цикл развития порфиры — тип *Porphyra*. У этой водоросли пластинчатые крупные гаметофиты, то есть то, что мы обычно называем порфирой, сменяются микроскопическими стелющимися спорофитами, построенными из однорядных нитей. Гаплоидные гаметофиты доминируют. Редукция гаметофитов в цикле развития красных водорослей встречается гораздо реже. Обычно она выражается в недоразвитии гаметофита и прорастании его на тетраспорофите.

Отдел красные водоросли подразделяет на следующие классы:

Класс *Bangiophyceae*

Класс *Florideophyceae*

Класс *Bangiophyceae*

Род порфира (*Porphyra*). Порфира достигает в размерах до 1 м. Морская водоросль. Таллом представлен однослойной или двухслойной пластинкой. Таллом в нижней части сужается и переходит в подошву, состоящую из ризоидов. Очень часто карпоспоры порфиры прорастают в однорядно-нитчатые разветвленные растения. В клетках этих нитей содержится лентовидный хроматофор. Созревая, некоторые клетки слегка раздуваются и функционируют как моноспорангии. В них образуются моноспоры, которые при прорастании дают пластинчатые слоевища.

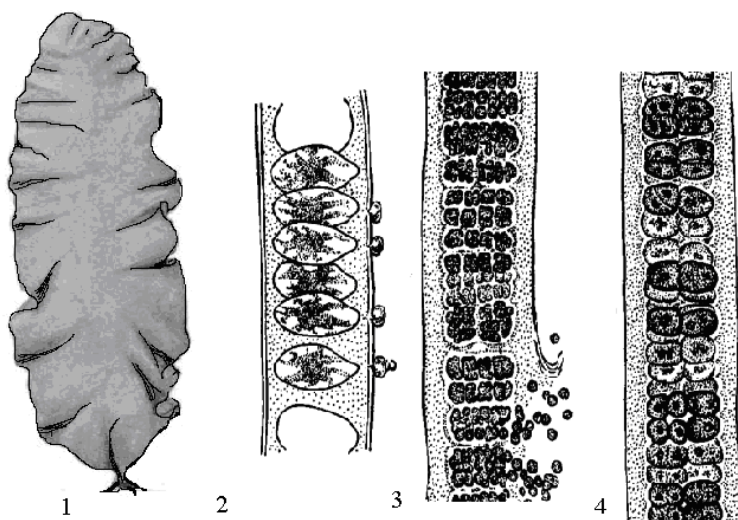


Рис. 33. *Porphyra*

1 - внешнее строение; 2 — карпогон; 3 — сперматангии; 4 - карпоспорангии с карпоспорами.

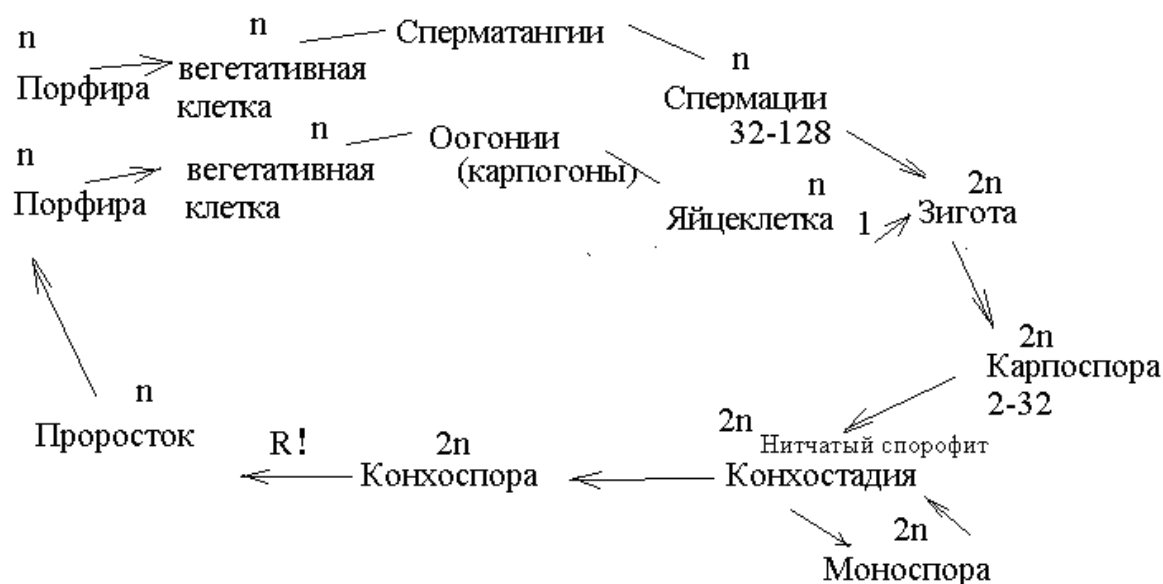


Рис. 34. Цикл развития порфиры

Класс Florideophyceae.

Род Батрахоспермум (*Batrachospermum*) обитает в северных озерах, ручьях с торфяной водой. Кустистая, обильно покрытая слизью оливково-бурая водоросль до 10-15 см., прикрепляется к погруженным корягам. Слоевище состоит из главной оси и обильно ветвящихся мутовок боковых ветвей. У вершины клетки главной оси сравнительно короткие, а боковые ветви сближены. Междоузлие состоит из одной длинной клетки, в узле находятся мелкие округлые клетки, дающие начало боковым «веточкам» - ассимилянтам. В более старых частях клетка покрыта футляром из тонких, вытянутых в длину клеток коры, образованных из клеток узла.

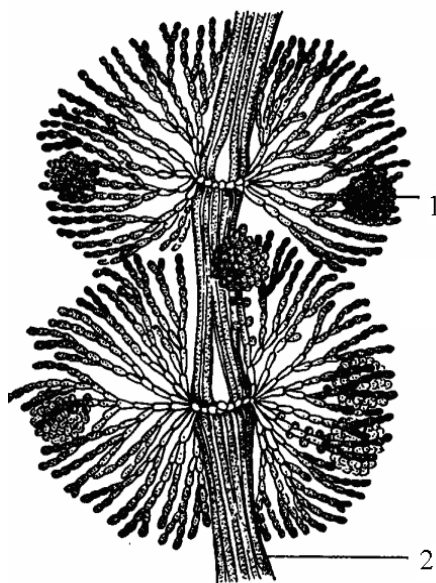


Рис. 35. Батрахоспермум. Внешнее строение участка слоевища
1 – цистокарпий; 2 - междоузлие главной оси.

Род Полисифония (*Polisiphonia*). Виды распространены в северных и южных морях. Слоевище в виде ветвистых кустиков. Формируются гаплоидные гаметофиты, которые не различаются от диплоидных тетраспорофитов. Тетраспороангии развиваются на вершинах ветвей спорофита, как и органы полового размножения гаметофита, которые образуются из гаплоидных тетраспор. Карпоспоры прорастают в тетраспорофиты. Здесь в тетраспороангиях после редукционного деления формируются тетраспоры.

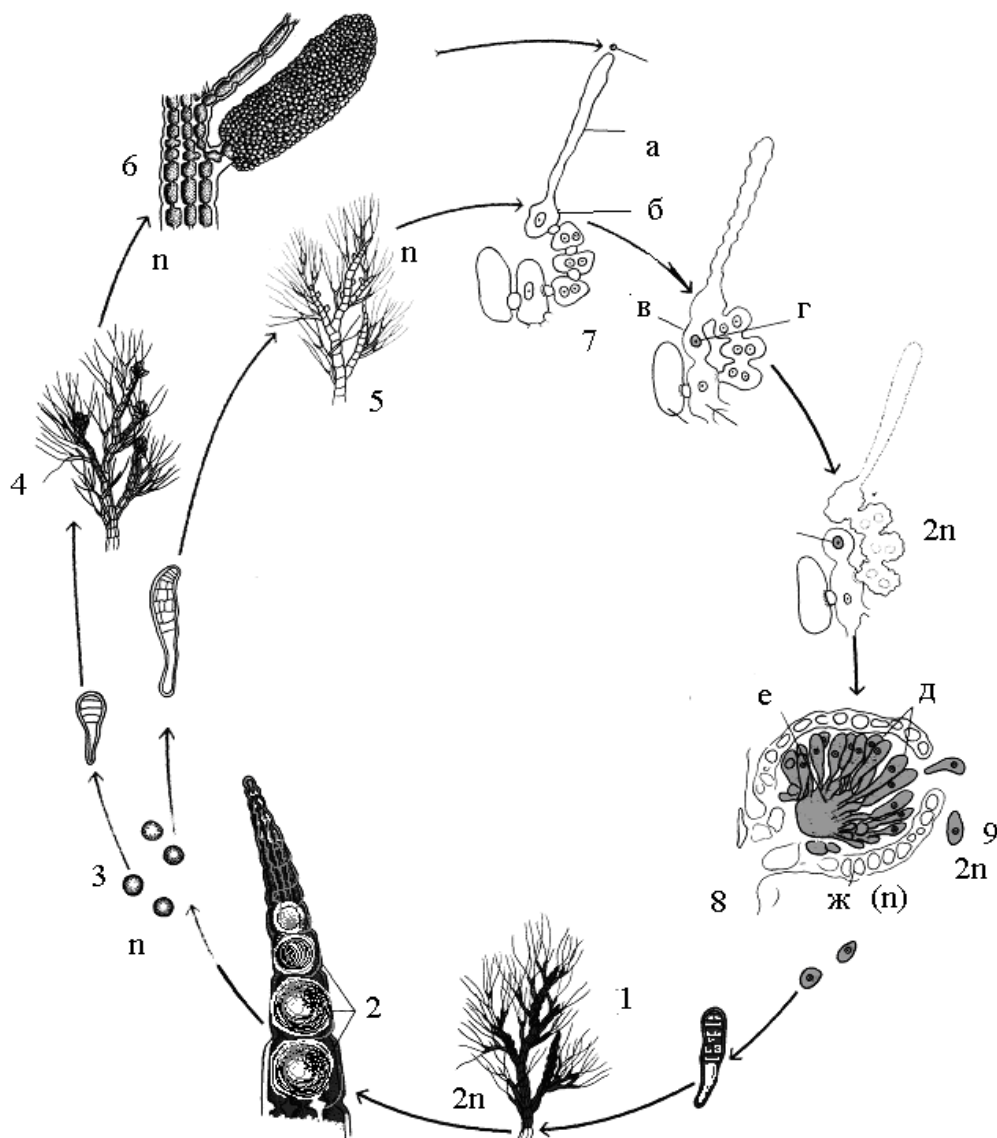


Рис. 36. Цикл развития *Polysiphonia*

1 - тетраспорофит; 2 - тетраспороангии; 3 - тетраспора; 4 - мужской гаметофит; 5 - женский гаметофит; 6 - сперматангии; 7 - карпогонияльная ветвь: а — трихогина; б — яйцеклетка; в — ауксилярная клетка; г — ядро зиготы; 8 — цистокарп: д — карпоспороангии; е — карпоспорофит (2n)(внутри перикарпа); ж — перикарп (n); 9 — карпоспоры (2n).

Лабораторная работа

Класс Bangiophyceae

Род порфира (*Porphyra*).

Задание 1. Рассмотреть внешнее строение порфиры. Зарисовать. Познакомиться с циклом развития порфиры. На основе текста данного пособия записать цикл развития порфиры.

Задание 2. Изучить многообразие красных водорослей. Рассмотреть гербарий. Зарисовать внешнее строение водорослей. Определить систематическое положение.

Задание 3. На основе гербарных экземпляров познакомиться с морфологическим строением водоросли рода батрахоспермум. Зарисовать водоросль. Отметить морфологические особенности слоевища.

Задание 4. Записать цикл развития *Batrachospermum*.

Класс Florideophyceae.

Род *Polisiphonia*.

Задание 5. Познакомиться с внешним строением полисифонии. Зарисовать слоевище.

Задание 6. Изучить жизненный цикл полисифонии. На основе текста учебного пособия и рисунков записать цикл развития полисифонии. Отметить чередование ядерных фаз, смену поколения.

Контрольные вопросы и задания по теме

1. Проследить эволюцию полового процесса в ряду изученных водорослей.

2. Перечислите признаки, свойственные только красным водорослям: строение клетки, пигментная система, особенность цикла развития, способы размножения.

3. Определите признаки, отражающие высокую специализацию красных водорослей.

Литература

1. Горбунова Н. П. Альгология / Н. П. Горбунова. - М.: Высшая школа, 1991. - 256 с.
 2. Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.Л. Ботаника: в 4 т. Т. 1 Водоросли и грибы / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
 3. Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.Л. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
 4. Курс низших растений / под ред. Горленко М.В. / М.В. Горленко. - М.: Высшая школа, 1981. - 520 с.
 5. Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника: в 2 т. Т.1. / П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхорн. - М.: Мир, 1990. – 348.
 6. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология: в 3 т. / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут; под ред. Р. Сопера. - М.: Мир, 2005.
 7. Жизнь растений. Т. 3 Водоросли. Лишайники / под ред. проф. М.М. Голлербаха. - М.: Просвещение, 1977. - 487 с.
 8. Охапкин А.Г., Юлова Г.А. Основы альгологии / А. Г. Охапкин, Г.А. Юлова. – Нижний Новгород: Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2010. – 340 с.
 9. Практикум по систематике растений и грибов: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / А.Г. Еленевский, М.П. Соловьева, Н.М. Ключникова и др. / под ред. Еленевского А.Г./ А.Г. Еленевский. – М.: Академия, 2004. – 160 с.
- Электронные источники информации
10. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biology/1308/Водоросли
 11. <http://www.ref.by/refs/10/35608/1.html>
 12. http://en.wikipedia.org/wiki/Green_algae
 13. <http://en.wikipedia.org/wiki/Algae>

Содержание	
Предисловие	3
Водоросли. Характеристика прокариотических водорослей.	7
ОТДЕЛ СИНЕЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ (CYANOPHYTA)	9
Общая характеристика эукариотических водорослей	14
ОТДЕЛ ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ (CHLOROPHYTA)	21
Класс Chlorophyceae	22
Класс Conjugatophyceae	32
Класс Charophyceae	38
ОТДЕЛ ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРОСЛИ (EUGLENOPHYTA)	42
ОТДЕЛ ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРОСЛИ (CHRYSTOPHYTA)	45
ОТДЕЛ ЖЕЛТО-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ (XANTHOPHYTA)	46
ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ (BACILLARIOPHYTA)	49
ОТДЕЛ БУРЫЕ ВОДОРОСЛИ (PHAEOPHYTA)	56
Класс Isogeneratophyceae	58
Класс Heterogeneratophyceae	59
Класс Cyclosporophyceae	61
ОТДЕЛ КРАСНЫЕ ВОДОРОСЛИ (RHODOPHYTA)	65
Класс Bangiophyceae	71
Класс Florideophyceae	72
Литература	75
Содержание	76