

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Биолого-почвенный факультет

М е т о д и ч е с к и е у к а з а н и я
к практическому курсу
АЛЬГОЛОГИЯ

КАЗАНЬ
2009

Печатается по решению
Учебно-методической комиссии биологического факультета

Составитель: к.б.н., ассистент Г. И. Идрисова
Научный редактор: к.б.н., доцент А. П. Ситников

Во введении приведены краткие теоретические сведения о морфологии, биологии и экологии водорослей. Основная часть включает характеристику исследуемого объекта и методические указания для выполнения заданий на практических занятиях.

Для студентов 2 курса специальности 011900 «БОТАНИКА»

Введение

Альгология - наука о водорослях (от латинского слова *alga* - морская трава, водоросль и греческого *logos* - слово, учение). **Водоросли - слоевцевые бессосудистые споровые растения, живущие преимущественно в воде.** Вегетативное тело водорослей не дифференцировано на корень, стебель и листья, а представлено талломом, или слоевищем. Их анатомическое строение характеризуется отсутствием стелы - центрального цилиндра - включающего в себя проводящие элементы (сосуды, ситовидные трубки). Они являются автотрофными организмами, так как способны к оксигенному фотосинтезу. Размножение осуществляется посредством спор. Местообитания разнообразны: вода, почва, влажные скалы, стволы деревьев, и все же большинство из них живут в воде.

В зависимости от строения клетки среди водорослей выделяют прокариотические, мезокариотические и эукариотические организмы.

Прокариотам характерно отсутствие оформленного ядра, окруженного ядерной мембраной; пластид, митохондрий, сложно устроенных жгутиков.

К мезокариотам относятся водоросли, у которых хромосомы лишены гистонов и состоят из микрофибрилл, содержащих чистую ДНК. Они слабо дифференцированы по длине из-за отсутствия центромеров и вторичных перетяжек, не претерпевают циклических преобразований и постоянно находятся в конденсированном состоянии. Во время митоза ядерная оболочка не исчезает и веретено деления не образуется. Мезокариотический тип строения клетки встречается только у динофитовых водорослей. Но так как клетки динофитовых водорослей имеют ядра, окруженные ядерными оболочками, их рассматривают среди эукариот.

Эукариоты имеют ядро, окруженное ядерной мембраной; пластиды, митохондрии, сложноустроенные жгутики (последние характерны для монадных форм и стадий).

Некоторые особенности строения эукариотических клеток водорослей:

1. В отличие от высших растений клеточная стенка водорослей не содержит лигнина; основное скелетное вещество - целлюлоза;
2. Разнообразная форма хлоропластов (чашевидная, поясковидная, звездчатая, в виде сетчато продырявленного цилиндра, спиральной ленты, пластинки и другие);
3. Наличие пиреноида - полуавтономной системы, функционально и пространственно тесно связанной с хлоропластом. Пиреноид представляет собой образование белковой природы и состоит в основном из фермента рибулезодифосфаткарбоксилазы. Функция пиреноида по современным представлениям заключается в концентрации этого фермента с целью распределения его между дочерними клетками и транспорта в места активного функционирования в хлоропласте.

Особенностями митоза у представителей разных таксонов водорослей являются наличие центриолей и сохранение в процессе митоза всей или только части ядерной оболочки.

Водоросли могут быть представлены одноклеточными, колониальными (в том числе ценобиальными), многоклеточными и неклеточными индивидами. Ценобиями называют колонии, в которых число клеток определяется на ранних стадиях развития и не меняется до следующей репродуктивной фазы.

Все разнообразие морфологии водорослей может быть сведено к нескольким типам морфологической дифференциации таллома:

1. Монадный - водоросли активно подвижны при помощи жгутиков; имеются стигма, сократительные вакуоли. У одних водорослей (эвгленовые, криптофитовые, динофитовые, золотистые) монадные формы преобладают, у других (диатомовые,

бурые) имеются только монадные стадии (зооспоры и гаметы). Монадные формы и стадии отсутствуют у синезеленых и красных водорослей.

2. Амебоидный - водоросли передвигаются при помощи псевдоподий (амебоидное движение) и не имеют твердых клеточных покровов.
3. Пальмеллоидный - клетки погружены в общую слизь, но при этом не зависимы друг от друга. Пальмеллоидная структура является постоянной формой вегетативного роста в отличие от пальмеллевидного (временного) состояния.
4. Коккоидный - водоросли неподвижны в вегетативном состоянии. Отсутствуют жгутики, стигма и сократительные вакуоли.
5. Нитчатый - неподвижные клетки соединены в нити, вследствие чего образуется многоклеточный таллом.
6. Разнонитчатый (гетеротрихальный) - имеются две системы нитей: горизонтальная и вертикальная. Редукция одной из них приводит к преобладанию соответственно или вертикальной или горизонтальной части.
7. Пластиначатый (тканевой) - таллом в виде пластинок или шнурков возник в результате деления клеток в разных плоскостях.
8. Сифональный (неклеточный) - таллом представляет собой одну гигантскую клетку без клеточных перегородок. Последние могут появляться либо при повреждении таллома, либо при образовании спорангииев и гаметангииев.
9. Сифонокладальный - таллом сложно устроен и состоит из первично многоядерных сегментов. Образование такого таллома обусловлено сегрегативным делением первично неклеточного слоевища.
10. Харофитный - многоклеточный таллом членисто-мутовчатого строения.

У водорослей имеются все типы размножения: вегетативное, бесполое и половое.

У одноклеточных форм вегетативное размножение осуществляется простым делением клеток надвое. У многоклеточных форм оно разнообразно:

1. фрагментация таллома
2. стелющиеся « побеги »
3. столоны
4. выводковые почки
5. клубеньки
6. акинеты

Бесполое размножение водорослей осуществляется посредством специализированных клеток - спор. Настоящее бесполое размножение отличается от вегетативного, во-первых, реорганизацией протопласта, происходящей при делении клетки, во-вторых, выходом продуктов деления из оболочки материнской клетки. Образование апланоспор (неподвижных) и зооспор (подвижных при помощи жгутиков) происходит либо в особых клетках - спорангиях, либо в клетках, не отличающихся формой и размерами, от обычных вегетативных клеток. Число спор, образующихся в спорангии, может варьировать от одной до нескольких сотен. Название апланоспоры является общим для всех неподвижных спор, а в частных случаях имеются особые названия, например, моноспоры, тетраспоры и т.д.

Половое размножение у водорослей связано с половым процессом, который заключается в слиянии двух клеток, в результате чего образуется зигота, вырастающая в новую особь или дающая зооспоры. Половое размножение у водорослей бывает нескольких типов:

1. Гологамия (хологамия) - слияние двух целых подвижных вегетативных клеток
2. Конъюгация - слияние двух безжгутиковых вегетативных клеток
3. Изогамия - слияние двух гамет, одинаковых по форме и размерам

4. Гетерогамия (анизогамия) - слияние двух гамет, одинаковых по форме, но разных по размеру
5. Оогамия - слияние крупной неподвижной гаметы (яйцеклетки) с подвижной, более мелкой гаметой (сперматозоидом или антерозоидом). Гаметангии с яйцеклетками называют оогониями, а со сперматозоидами - антеридиями.

Смена форм развития и ядерных фаз

У одного и того же вида водорослей, имеющих половой процесс, в зависимости от времени года и внешних условий наблюдаются разные формы размножения (бесполое и половое), при этом происходит смена ядерных фаз (гаплоидной и диплоидной). **Изменения, претерпеваемые индивидом между одноименными фазами развития, составляют его жизненный цикл, или цикл развития.**

Растения, образующие споры, называют спорофитами, гаметы - гаметофитами, споры и гаметы - гаметоспорофитами. Если гаметофиты, гаметоспорофиты, спорофиты внешне не отличаются друг от друга, то говорят об изоморфной смене форм развития. При гетероморфной смене форм развития гаметофиты, гаметоспорофиты, спорофиты имеют хорошо выраженные морфологические отличия.

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

1. Спорической - мейоз совпадает с моментом образования спор бесполого размножения, из которых развиваются гаплоидные гаметофиты или гаметоспорофиты. Здесь имеет место чередование поколений (или смена форм развития) - диплоидного спорофита и гаплоидного гаметофита. Этот тип жизненного цикла называют гаплодиплобионтным (гаплодиплофазным) со спорической редукцией;
2. Зиготической - мейоз протекает в зиготе, и развивающаяся водоросль оказывается гаплоидной. Диплоидная стадия представлена только зиготой. Цикл развития гаплобионтный (гаплофазный) с зиготической редукцией;
3. Гаметической - мейоз происходит при образовании гамет, остальные клетки слоевища остаются диплоидными. Цикл развития диплобионтный (диплофазный) с гаметической редукцией.

Экологические группы водорослей

Для водорослей водных местообитаний известны следующие экологические группы:

1. Фитопланктон - совокупность свободно плавающих и парящих в толще воды мелких водорослей. Сюда же относят и нейстонные водоросли, которые обитают в поверхностной пленке воды.
2. Фитобентос - совокупность водорослей, приспособленных к существованию в прикрепленном или неприкрепленном состоянии на дне водоемов и на разнообразных предметах, живых и мертвых организмах, находящихся в воде. В пределах этой группы иногда выделяют перифитон - водоросли-обрастатели. Водоросли этой группы живут на предметах, большей частью движущихся или обтекаемых водой.
3. Водоросли горячих источников
4. Водоросли снега и льда
5. Водоросли соленых водоемов

Среди водорослей вневодных местообитаний выделяют:

1. Аэрофильные водоросли - основной жизненной средой обитания этих водорослей является окружающий их воздух.
2. Эдафофильные водоросли - водоросли, живущие на поверхности и в толще почвы.
3. Литофильные водоросли - типичными местообитаниями служат твердые породы определенного химического состава (известковый субстрат), окруженные воздухом или погруженные в воду.

В настоящее время насчитывается 35-40 тыс. водорослей. Понятие «водоросли» является не систематическим, а биологическим и представляет собой совокупность нескольких обособленных отделов растений, самостоятельных по своему происхождению и эволюции.

Программой практических занятий предусмотрено изучение зеленых (*Chlorophyta*), харовых (*Charophyta*), желто-зеленых (*Xanthophyta*), диатомовых (*Bacillariophyta*), бурых (*Phaeophyta*), красных (*Rhodophyta*) и сине-зеленых (*Cyanophyta*) водорослей.

Часто используемое в последние годы название «цианобактерии» (*Cyanobacteria*) для сине-зеленых водорослей, характеризует две важнейшие черты этих организмов - прокариотическую природу клеток и тесную связь с эубактериями. С другой стороны, традиционное название указывает на такие черты, как способность к оксигенному фотосинтезу и сходство между структурой сине-зеленых водорослей и структурой хлоропластов эукариот. Учитывая все выше сказанное, сине-зеленые водоросли традиционно рассматриваются в курсе «Альгология», при этом представляется целесообразным рассмотрение этой группы непосредственно перед изучением микромицетов и грибов.

Что же касается остальных групп, материал расположен таким образом, чтобы можно было проследить эволюцию структуры вегетативного тела водорослей и способы размножения.

Порядок работы студента на практических занятиях:

1. Знакомство с темой и целями занятия, объектами изучения. При этом на каждом альбомном листе указывается систематическое положение изучаемого объекта;
2. Приготовить временный препарат или воспользоваться готовым постоянным препаратом, иногда гербарным материалом;
3. Исследовать препарат при малом и большом (в большинстве случаев!) увеличении микроскопа; гербарный материал изучается визуально;
4. Исследуемые объекты зарисовываются и должны быть снабжены пояснительными надписями;
5. Для типичных представителей изучаемой систематической группы необходимо составить схему цикла развития с указанием смены ядерных фаз или поколений, если они имеются;
6. Для самостоятельной работы в конце каждого занятия приведены вопросы по изучаемой теме.

Занятие №1

Тема: Отдел зеленые водоросли - Chlorophyta

Класс собственно зеленые водоросли - Chlorophyceae

Порядок вольвоксовые - Volvocales

Цели занятия:

- познакомиться с монадной структурой вегетативного тела;
- выявить характерные признаки, определяющие данный тип структуры таллома: наличие жгутиков, стигмы, сократительных вакуолей;
- изучить разнообразие форм ценобиев;
- проследить постепенное усложнение ценобиев и возникновение дифференцировки на вегетативные и репродуктивные клетки в пределах одной колонии.

Объекты изучения:

1. Род хламидомонада (*Chlamydomonas*) - одноклеточная водоросль
2. Род гониум (*Gonium*) - пластинчатый ценобий
3. Род пандорина (*Pandorina*) - эллипсоидный ценобий
4. Род эвдорина (*Eudorina*) - эллипсоидный ценобий
5. Род вольвокс (*Volvox*) - шаровидная колония

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение клетки хламидомонады

Почти все виды рода хламидомонада являются обитателями мелких, хорошо прогреваемых и сильно загрязненных водоемов. Активно участвуют в процессах самоочищения загрязненных вод, так как, помимо автотрофного питания, способны всасывать через клеточную стенку растворенные в воде органические вещества.

Приготовьте временный препарат: нанесите пипеткой каплю воды, содержащую хламидомонады, на предметное стекло и накройте покровным стеклом. При малом увеличении микроскопа можно увидеть быстро движущиеся мелкие зеленые шарики. Обратите внимание, как происходит движение хламидомонады. Для более детального знакомства необходимо найти остановившуюся клетку и рассмотреть ее при большом увеличении. По форме клетки могут быть шаровидными или эллипсоидными. Клеточная стенка не содержит целлюлозу и состоит из фибриллярных гликопротеинов. Большую часть клетки занимает чашевидный хлоропласт с 1 или 2 пиреноидами. Здесь же в хлоропласте, ближе к переднему концу, находится стигма. В центре клетки, в выемке хлоропласта, находится ядро с ядрышком. Два жгутика, находящиеся на переднем конце клетки, имеют одинаковое строение (изоморфные), одинаковой длины (изоконтные) и направлены в одну сторону (изодинамические). Сократительные вакуоли располагаются у основания жгутиков. **Зарисовать клетку хламидомонады, обозначив на рисунке ее оболочку, хлоропласт, пиреноиды, стигму, жгутики, сократительные вакуоли, ядро с ядрышком.**

Бесполое размножение - двужгутиковыми зооспорами. Половой процесс у большинства видов - изогамия, у *Chlamydomonas braunii* - гетерогамия, у *Ch. coccifera* -

оогамия. При неблагоприятных условиях хламидомонада может переходить в пальмеллевидное состояние.

Цикл развития гаплобионтный, прорастание зиготы сопровождается редукционным делением.

Задание 2. Изучить пластинчатый ценобий гониума

Встречается в водоемах разного типа (реки, озера, пруды, лужи).

На постоянном препарате найти и рассмотреть 16-клеточные ценобии гониума пекторального, одетые общей слизистой обверткой. Все клетки имеют строение, подобное хламидомонаде и располагаются в один слой. Их передние концы снабжены двумя жгутиками, обращенными в одну сторону пластинки. **Зарисовать ценобий гониума.**

Бесполое размножение - дочерними ценобиями. При этом каждая клетка материнского ценобия путем последовательных продольных делений образует 16-клеточный дочерний ценобий. Половой процесс - изогамия. Цикл развития гаплобионтный, прорастание зиготы сопровождается редукционным делением.

Задание 3. Изучить эллипсоидные ценобии эвдорины и пандорины

Встречаются в водоемах разного типа (лужи, пруды, реки и пр.).

Ценобии эвдорины и пандорины представляют собой слизистые эллипсоиды, по периферии которых в один слой располагается (в зависимости от вида водоросли) различное число (16-32) клеток, подобных хламидомонаде. Отличие между эвдориной и пандориной заключается в расположении клеток под плотным слоем слизи (инволюкрумом) относительно друг друга: у эвдорины они лежат свободно, а у пандорины - вплотную, вследствие чего приобретают многогранную форму. **На постоянном препарате найти ценобии эвдорины и пандорины и зарисовать.** На этом же препарате можно найти экземпляры эвдорины и пандорины с дочерними ценобиями.

Бесполое размножение пандорины и эвдорины - дочерними ценобиями. Половой процесс пандорины - изогамия, эвдорины - резко выраженная гетерогамия. Цикл развития гаплобионтный, прорастание зиготы сопровождается редукционным делением.

Задание 4. Изучить шаровидные колонии вольвокса

Встречается в планктоне текучих и стоячих водоемов; в болотах.

Приготовьте временный препарат вольвокса, используя фиксированный материал. Колонии вольвокса макроскопические, до 3 мм в диаметре и состоят из большого числа клеток (от 500 до 60 000), подобных хламидомонаде. Внутренние слои оболочки сильно ослизнены, вследствие чего протопласты соседних клеток удалены друг от друга. Плотные наружные слои оболочки, соприкасаясь боковыми сторонами, образуют полигональный узор. Клетки соединены между собой плазмодесмами. У вольвокса наблюдается дифференцировка клеток на вегетативные и репродуктивные в пределах колонии. Репродуктивные клетки, служащие для бесполого размножения и дающие дочерние колонии, называются партеногонидиями. Оогонии и антеридии возникают также из репродуктивных клеток. **На постоянном препарате найти вольвокс с дочерними колониями и зарисовать.**

Бесполое размножение - дочерними колониями. Половой процесс - оогамия. Цикл развития гаплобионтный, прорастание зиготы сопровождается редукционным делением.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет порядок вольвоксовые?
2. Охарактеризуйте монадный тип структуры таллома
3. Строение и размножение хламидомонады
4. Цикл развития хламидомонады
5. Как устроен ценобий гониума?
6. Как располагаются клетки в ценобиях пандорины и эвдорины?
7. Размножение гониума, пандорины и эвдорины
8. При бесполом размножении родов, имеющих сферические ценобии (*Pandorina*, *Eudorina* и *Volvox*) наблюдается образование 16-клеточной пластинки. Как она называется? С чем связано ее название?
9. Что представляет собой процесс инверсии и, для каких вольвоксовых он характерен?
10. Строение колонии вольвокса.
11. В чем выражается дифференцировка клеток колонии вольвокса?

Занятие №2

Тема: Отдел зеленые водоросли - Chlorophyta

Класс собственно зеленые водоросли - Chlorophyceae

Порядок хлорококковые - Chlorococcales

Цели занятия:

- познакомиться с коккоидной структурой таллома;
- выявить характерные признаки, определяющие данный тип структуры таллома: отсутствие жгутиков, стигмы и сократительных вакуолей;
- изучить одноклеточные и ценобиальные формы, образующие зооспоры при бесполом размножении;
- изучить одноклеточные и ценобиальные формы, размножающиеся автоспорами;

Объекты изучения:

1. Род хлорококум (*Chlorococcum*) - одноклеточная водоросль
2. Род гидродикцион (*Hydrodictyon*) - ценобий в виде сетчатого мешка
3. Род педиаструм (*Pediastrum*) - пластинчатый ценобий
4. Род хлорелла (*Chlorella*) -одноклеточная водоросль
5. Род сценедесмус (*Scenedesmus*) - 4-8 - клеточные пластинчатые ценобии

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение клетки хлорококкума

Широко распространенная пресноводная водоросль. Встречается в планктоне, бентосе, перифитоне и нейстоне, а также на наземных субстратах и особенно часто в почве. Входит в состав многих лишайников.

Приготовьте временный препарат хлорококкума. При большом увеличении видны шаровидные клетки, одетые целлюлозной оболочкой. Клетки одноядерные, но без

специальной окраски ядра не видно. Хлоропласт толстостенный глубоко чашевидный с небольшим отверстием и с одним пиреноидом. **Зарисуйте клетку хлорококкума, указав оболочку, ядро, хлоропласт и пиреноид.**

Бесполое размножение - двужгутиковыми зооспорами. Половой процесс - изогамия. Цикл развития гаплобионтный, прорастание зиготы сопровождается редукционным делением.

Задание 2. Изучить строение ценобия гидродикциона

Встречается в перифитоне озер, водохранилищ, рек, прудов.

Используя фиксированный или гербарный материал, рассмотрите, как выглядит гидро-дикцион или водяная сеточка. Ценобии гидродикциона макроскопические, состоят из большого числа клеток (до 20 000) и представляют собой вид замкнутого сетчатого мешка, размеры которого могут достигать 1-1,5 м. Стенки водяной сеточки составлены 5-6-угольными ячейками. Каждая сторона ячейки - это отдельная клетка длиной до 1,5 см. Обычно клетки срастаются своими концами по 3 (реже по 2-4). **При малом увеличении найдите несколько ячеек и зарисуйте их.**

При большом увеличении рассмотрите строение отдельной клетки. Оболочка клеток целлюлозная. Цитоплазма занимает постенное положение, а центральная часть клетки занята вакуолью с клеточным соком. В цитоплазме находятся многочисленные мелкие ядра, закрытые с поверхности хлоропластом и без окраски невидимые. Хлоропласт в молодых клетках представлен в виде пластиинки, во взрослых клетках - постенный неправильно сетчатый, со многими пиреноидами. **Зарисовать клетку ценобия, указав оболочку, ядра, хлоропласт с пиреноидами.**

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

Половой процесс - изогамия. Зигота прорастает обычно четырьмя зооспорами, каждая из которых превращается в клетки многоугольной звездчатой формы, одетые оболочкой (полиэдры), внутри которых образуется новое поколение зооспор, слагающихся в новую сеточку, одетую слизистым пузырем.

Отобразите схемой цикл развития водяной сеточки.

Задание 3. Изучить строение ценобия педиаструма

Встречается в планктоне пресных вод.

Приготовьте временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Найдите при малом увеличении плоский ценобий педиаструма, состоящий из многограных клеток, более или менее прилегающих друг к другу. Краевые клетки ценобия несут обычно по 1-2 (редко 4) цитоплазматических отростка. Оболочка клеток гладкая или покрытая бородавочками, сетчатыми складками или пунктированная. Хлоропласт чашевидный, с одним пиреноидом, ядро одно и без окраски невидимо. **Зарисовать ценобий педиаструма.**

Иногда попадаются экземпляры с группами пустых клеток без содержимого. Это клетки, из которых вышли зооспоры, на них особенно хорошо видна структура оболочки. Зооспоры выходят из клеток в слизистом пузыре и, еще находясь в нем, складываются в новый маленький ценобий. Половой процесс (изогамия) и развитие зиготы сходны с водяной сеточкой.

Задание 4. Изучить строение клетки хлореллы

Широко распространенная пресноводная водоросль. Встречается в планктоне, бентосе, перифитоне и нейстоне, а также на наземных субстратах и в почве. Она входит в состав лишайников, вступает в симбиоз с разными гидробионтами, образуя так называемые зоохлореллы. Приготовьте временный препарат хлореллы. На первый взгляд клетки хлореллы очень напоминают клетки хлорококкума, но на самом деле они хорошо от них отличаются. Клетки хлореллы мелкие (от 2 до 10 мкм в диаметре), шаровидные или овальные, имеют хорошо выраженную двухконтурную оболочку. Хлоропласт колоколообразный с 1 пиреноидом. Ядро одно, без окраски невидимо. **Зарисовать клетку хлореллы, указав оболочку, ядро, хлоропласт и пиреноид.**

Размножается исключительно автоспорами. Половой процесс вторично утрачен.

Задание 5. Изучить строение ценобия сценедесмуса

Виды сценедесмуса широко распространены в планктоне. Некоторые из них (*S. quadricauda*, *S. obliquus*) являются токсичными.

Приготовьте временный препарат сценедесмуса, используя живой или фиксированный материал. Ценобий сценедесмуса может состоять из (2)4-8(16) клеток, преимущественно вытянутой формы, расположенных в один (иногда 2) ряда. У некоторых видов клетки серповидно изогнутые или почти цилиндрические. Оболочка бывает гладкой или покрыта бородавочками, сосочками или шипиками, а также нередко снабжена роговидными отростками. Хлоропласт постенный, с одним пиреноидом, ядро без окраски невидимо. **Зарисовать ценобий сценедесмуса.** Размножается автоспорами.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет порядок хлорококковые?
2. Какие размеры таллома присущи большинству видов этого порядка? Имеются ли среди хлорококковых макроскопические формы?
3. Охарактеризуйте коккоидный тип структуры таллома.
4. Что, помимо целлюлозы, входит в состав клеточной стенки хлореллы и педиаструма?
5. Строение клетки хлорококковых.
6. Как осуществляется бесполое размножение хлорококковых?
7. Строение монадных клеток, образующихся в цикле развития водяной сеточки.
8. Какой тип полового процесса наблюдается у водяной сеточки?
9. Как размножается хлорелла?
10. Где обитает хлорококкум?
11. Где и как происходит формирование дочерних ценобиев у водяной сеточки и сценедесмуса?
12. У каких нижеперечисленных представителей (хлорелла, хлорококкум, сценедесмус, педиаструм, водяная сеточка) бесполое размножение осуществляется посредством зооспор?
13. Образование какой структуры является характерной особенностью цикла развития водяной сеточки и педиаструма?

Занятие № 3

Тема: Отдел зеленые водоросли - Chlorophyta

Класс собственно зеленые водоросли - Chlorophyceae

Порядок улотриковые - Ulothrichales

Порядок кладофоровые - Cladophorales

Цели занятия:

- познакомиться с несколькими типами структуры таллома: нитчатым, пластинчатым, разнонитчатым, сифонокладальным;
- изучить разнообразно устроенные многоклеточные талломы;
- уяснить, что эволюция улотриковых шла в направлении от нитчатого таллома к пластинчатому и разнонитчатому таллому;
- получить представление о гетероморфной смене форм развития;
- получить представление об изоморфной смене форм развития;
- знать строение специализированных спорангииев, выполняющих только функцию продуцирования спор;

Объекты изучения:

1. Род улотрикс (*Ulothrix*) - нитчатый таллом
2. Род ульва (*Ulva*) - пластинчатый таллом
3. Род энтероморфа (*Enteromorpha*) - пластинчатый таллом, имеющий трубчатое строение
4. Род драпарнальдия (*Draparnaldia*) - разнонитчатый таллом
5. Род трентеполия (*Trentepohlia*) - разнонитчатый таллом
6. Род кладофора (*Cladophora*) - сифонокладальный таллом

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение нитчатого таллома улотрикса

Виды улотрикса обитают преимущественно в пресных водоемах, и лишь некоторые из них заходят в солоноватые и морские воды. Встречаются и на влажных поверхностях, периодически смачиваемых брызгами прибоя или водопадов.

Используя фиксированный материал, приготовьте временный препарат. Таллом улотрикса состоит из неразветвленной нити, все клетки которой, за исключением базальной, имеют одинаковое строение. Базальная клетка, бесцветная и вытянутая в длину, служит для прикрепления к субстрату. Обычно такие клетки редко встречаются в материале. Клетки нитей цилиндрические или слегка бочонковидные, часто короткие. Клеточные оболочки тонкие, но нередко утолщаются и могут становиться слоистыми. Хлоропласт с одним или несколькими пиреноидами имеет форму пояска, который опоясывает весь протопласт или только часть его. Ядро одно, но без окраски невидимо.

Зарисовать нить улотрикса, указав оболочку, ядро, хлоропласт, пиреноид.

Бесполое размножение осуществляется зооспорами с четырьмя жгутиками. Различают макро-зооспоры и микро-зооспоры. Микро-зооспоры более мелкие и их образуется больше по сравнению с макро-зооспорами. Зооспоры выходят из зооспорангия в слизистом пузыре, который через несколько секунд после выхода разрывается. Иногда зооспоры могут прорастать в новые нити, не выходя из клетки, их образовавшей. Половой процесс - изогамия. Гаметы с двумя жгутиками. После слияния гамет образуется

планозигота, которая остается подвижной в течение короткого времени, затем оседает, теряет жгутики, одевается толстой оболочкой и превращается в одноклеточный спорофит. Спорофит сферический с гладкой оболочкой; у некоторых морских видов яйцевидный и сидит на слизистой ножке. После периода покоя протопласт зигоспоры начинает делиться (первое деление ядра редукционное), в результате образуется 4-16 зооспор или апланоспор, которые прорастают в новую нить. Таким образом, для пресноводных видов улотрика характерна гетероморфная смена форм развития: нитчатый многоклеточный гаметофит сменяется одноклеточным спорофитом. У некоторых морских видов зигота прорастает непосредственно в нить, на которой образуются зооспоры и, следовательно, цикл развития становится изоморфным.

Изобразите схемой цикл развития улотрика.

Задание 2. Изучить строение пластинчатого таллома ульвы

Ульва встречается в морях всех климатических зон, но предпочитает теплые моря. Обитает на мелководье.

Используя гербарный или фиксированный материал, зарисуйте внешний вид ульвы. Двухслойное пластинчатое слоевище ульвы ярко-зеленого цвета достигает в длину до 25 см. Края пластины сильно гофрированы. Прикрепляется к субстрату ризоидными отростками, отходящими от крупных клеток основания таллома. Все остальные клетки ульвы построены так же, как и у улотрика: содержат единственный хлоропласт с одним или несколькими пиреноидами и одно ядро, расположенное по продольной оси клетки. На начальных стадиях развития ульвы образуется однорядная нить, которая переходит в трубчатую стадию. Затем стенки трубы смыкаются, и дальше она растет как двуслойная пластина.

Бесполое размножение - зооспорами с 4-мя жгутиками.

Половой процесс - изогамия, причем ульва гетероталлична. Гаметы с 2-мя жгутиками. Гаметы и зооспоры образуются в обычных вегетативных клетках и на разных особях - гаметофитах и спорофитах соответственно. Спорофит и гаметофит морфологически подобны друг другу, таким образом, здесь наблюдается изоморфная смена форм развития.

Изобразите схемой цикл развития ульвы.

Задание 3. Изучить строение пластинчатого таллома энтероморфы, имеющего трубчатое строение

Распространена в основном в морях, имеется небольшая группа пресноводных видов.

Для изучения энтероморфы можно воспользоваться как гербарным, так и фиксированным материалом. Гербарий представлен неразветвленными кишкообразными или мешкообразными образцами талломов. Фиксированный материал содержит очень узкие густо разветвленные нити, которые невооруженным взглядом невозможно отличить от видов рода кладофора. В обоих случаях таллом энтероморфы представляет собой полую трубку (отсюда название кишечница), стенки которой однослойные.

Зарисовать один из видов энтероморфы.

Строение клеток, размножение и цикл развития энтероморфы такие же, как у ульвы.

Задание 4. Изучить строение разнонитчатого таллома драпарнальдии

Встречается в быстротекущих ручьях и реках, а также в прибрежной полосе больших озер с чистой, хорошо аэрированной водой. Имеются эндемики оз. Байкал. Ведет прикрепленный образ жизни.

Для приготовления временного препарата необходимо взять небольшое количество фиксированного материала и поместить в большую каплю воды на предметном стекле. Аккуратно, стараясь не повредить, расправить таллом и накрыть покровным стеклом. Излишки воды удалить фильтровальной бумагой. Найти крупные прозрачные, иногда слегка вздутые клетки, образующие длинные нити. Вокруг них мутовками располагаются короткие густо разветвленные нити из более мелких клеток. Эти короткие нити заканчиваются длинными волосками. Хлоропласт крупных клеток зубчатый и располагается по экватору, тогда как в мелких клетках он цельный и занимает почти всю клетку. Вероятно, длинные нити играют опорную функцию, а короткие боковые являются ассимиляционными. У драпарнальдии хорошо развита вертикальная структура нитей, горизонтальная практически отсутствует. Прикрепляется драпарнальдия многоклеточными ризоидами.

Зарисовать таллом драпарнальдии, указав опорные и ассимиляционные клетки.

Бесполое размножение - четырехгутниками зооспорами. Могут развиваться и апланоспоры. Половой процесс - изогамия.

Задание 5. Изучить строение разнонитчатого таллома трентеполии

Аэрофильная водоросль. Образует порошковатые скопления оранжевого или бурого цвета на камнях, пнях, стволах деревьев разных пород (береза, сосна, ель), деревянных постройках. Обильно произрастает во влажном тропическом климате. Является фотобионтом лишайников.

Для приготовления препарата необходимо осторожно сокоблить налет с коры и поместить его в каплю воды на предметном стекле, накрыть покровным стеклом.

У трентеполии одинаково хорошо развиты горизонтальные и вертикальные нити. Горизонтальные нити короткие, разветвленные, легко разламывающиеся, нередко распадающиеся на отдельные клетки. Овальные или почти шаровидные клетки одеты толстыми, нередко слоистыми оболочками и содержат несколько хлорoplastов дисковидной или лентовидной формы без пиреноидов. Обычно хлоропласти незаметны из-за наличия в клетках масла, окрашенного гематохромом (пигмент из группы каротиноидов) в красный или желтый цвет. Масло, переполняющее клетку, представлено либо в виде мелких капель, либо в виде одной или немногих крупных блестящих оранжевых капель. Клетки одноядерные, но без окраски ядро не видно. Вертикальные нити образованы более вытянутыми, иногда слегка вздутыми, чаще почти цилиндрическими клетками.

Зарисовать таллом трентеполии.

Вегетативное размножение - отдельными клетками, на которые легко распадаются нити, и переносятся ветром на новый субстрат.

Бесполое и половое размножение трентеполии происходит только во влажное время года. Бесполое размножение - четырехгутниками зооспорами, развивающимися в особых спорангиях на ножках. Образование таких спорангииев происходит на вертикальных нитях. Обычно зрелые спорангии отрываются от нити и разносятся ветром.

Половое размножение - двужгутиковыми изогаметами, развивающимися в особых сидячих гаметангиях. Располагаются они на горизонтальных нитях и не отделяются от нити при созревании гамет. Нередко гаметы прорастают без слияния.

Задание 6. Изучить строение сифонокладального таллома кладофоры

Имеются как морские, так и пресноводные виды. Ведут прикрепленный образ жизни либо в течение всей жизни, либо на ранних этапах развития; позднее оторвавшись от субстрата, живут свободно в толще воды или образуют «тину» на дне водоемов.

Приготовьте временный препарат, используя живой или фиксированный материал. **При малом увеличении найти и зарисовать ветвящиеся нити кладофоры.** Обратите внимание на то, как происходит ветвление таллома. **Переведя на большое увеличение, рассмотрите и зарисуйте отдельную клетку. Укажите оболочку, ядра, хлоропласт, пиреноиды.** Клетка крупная, цилиндрическая. Ядер много, но без специальной окраски они не видны. Хлоропласт в виде широкого сетчато продырявленного цилиндра с многочисленными пиреноидами. Нередко форма хлоропласта трудно различима из-за большого количества крахмальных зерен.

Бесполое размножение - четырехжгутиковыми зооспорами. Зооспорангии служат обычно клетки боковых ветвей.

Половой процесс - изогамия. Гаметы с двумя жгутиками. Для большинства видов характерна изоморфная смена форм развития. Цикл развития кладофоры скученной диплофазный с гаметической редукцией, то есть гаплоидными являются лишь гаметы, а все остальные клетки слоевища остаются диплоидными.

Составьте схему цикла развития кладофоры скученной.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли относятся к порядку улотриковые?
2. Охарактеризуйте нитчатый тип структуры таллома. Для представителей какого подпорядка он характерен?
3. Охарактеризуйте пластинчатый тип структуры таллома. Для представителей какого подпорядка он характерен?
4. Охарактеризуйте разнонитчатый (гетеротрихальный) тип структуры таллома. Для представителей какого подпорядка он характерен?
5. Какое строение имеет клетка улотриковых?
6. Какие типы размножения встречаются у улотриковых?
7. Как происходит вегетативное размножение?
8. Какое строение имеют репродуктивные клетки (зооспоры и гаметы)?
9. Какие типы полового процесса известны у улотриковых?
10. Имеется ли морфологическое различие между вершиной и основанием нити у прикрепленных форм, в частности у видов улотрикса?
11. В каких клетках и при каких условиях происходит образование зооспор и гамет у улотриковых?
12. Какая смена форм развития наблюдается у улотрикса опоясанного?
13. Как построены гаметофиты и спорофиты ульвы и энтероморфы? Какой цикл развития характерен для них?
14. Где обитает драпарнальдия? Какое строение имеют клетки, составляющие ее таллом?
15. Какие водоросли объединяет порядок кладофоровые?
16. Охарактеризуйте сифонокладальный тип структуры таллома.
17. Какое строение имеют клетки кладофоровых?
18. Как происходит ветвление таллома кладофоры?
19. Какой образ жизни ведут кладофоровые?
20. Как происходит бесполое размножение у кладофоровых?
21. Какой цикл развития у кладофоры скученной?
22. Какая смена форм развития наблюдается у морских видов кладофоры?

Занятие №4

Тема: Отдел зеленые водоросли - Chlorophyta

Класс собственно зеленые водоросли - Chlorophyceae

Порядок эдогониевые - Oedogoniales

Класс сифоновые водоросли - Siphonophyceae

Пор. бриопсидовые - Bryopsidales

Пор. дазикладовые - Dasycladales

Цели занятия:

- получить представление об особенностях вегетативного деления клеток эдогониевых;
- выяснить, каким образом развиваются наннандрии и их строение;
- познакомиться с сифональным типом структуры таллома;
- уяснить, что такое голокарпия;
- увидеть разнообразие талломов, имеющих сифональный тип структуры таллома;

Объекты изучения:

1. Род эдогониум (*Oedogonium*) - нитчатый таллом
2. Род каулерпа (*Caulerpa*) - сифональный таллом
3. Род ацетабулярия (*Acetabularia*) - сифональный таллом, имеющий радиально-симметричное строение

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение нитчатого таллома эдогониума

Пресноводный вид, обрастающий различные погруженные в воду предметы: камни, сваи, куски дерева, стебли водных растений и т. д.

Приготовьте временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Узнать нити эдогониума можно по наличию «колпачков». «Колпачки» - это остатки оболочки материнской клетки на вновь образовавшейся дочерней клетке и образуются они при вегетативном делении клеток. В начале деления в верхней части клетки, ближе к ее вершине, на внутренней стороне оболочки образуется складка, которая утолщается и постепенно превращается в кольцо. Кольцо является протоплазматическим новообразованием, возникающим вследствие деятельности аппарата Гольджи, и на ранних стадиях развития состоит из системы диктиосом. В это время ядро переходит с периферии в центральную часть клетки и делится митотически. По окончании кариокинеза и расхождения ядер стенка материнской клетки в районе кольца разрывается, кольцо раскрывается и разрастается, обеспечивая интенсивный рост дочерней клетки. На дочерней клетке остается остаток оболочки материнской клетки. Число «колпачков» соответствует количеству делений данной клетки. Так как «колпачки» образуются не на всех клетках, необходимо при большом увеличении просмотреть нить на всем ее протяжении. «Колпачки» хорошо видны на пустых клетках в виде поперечных штрихов на оболочке у верхнего конца клетки. Иногда можно найти клетки на разных стадиях вегетативного деления.

Клетка эдогониума цилиндрическая, с одним крупным ядром. Оболочка целлюлозная с дополнительным твердым покровом (кутикулой), состоящим из кутина.

Хлоропласт один, пристенный, крупный, сетчато продырявленный, иногда до лентовидного, рассеченного на узкие полосы. Пиреноидов много.

Зарисовать клетку эдогониума с «колпачками», указав оболочку, ядро с ядрышком, хлоропласт, пиреноиды.

Бесполое размножение - зооспорами, развивающимися по одной в любой клетке таллома, за исключением базальной. Зооспоры крупные с венцом жгутиков (их 100-120), окружающих широкий бесцветный носик. Называются такие зооспоры стефаноконтными.

Половой процесс - оогамия. Оогонии представляют собой крупные, шаровидные или овальные клетки с одной яйцеклеткой. Антеридии представлены в виде ряда низких дисковидных клеток, в каждой из которых образуется по два сперматозоида.

Имеются однодомные (антеридии и оогонии образуются на одном и том же растении) и двудомные (антеридии и оогонии развиваются на разных растениях) виды. У одних двудомных видов мужские и женские талломы одинакового строения, у других - мужские талломы редуцированы до 1-7 клеток. Такие карликовые мужские растения называются наннандриями. Наннандрии развиваются из андрозооспор (по строению ничем не отличаются от других монадных клеток эдогониевых). Андрозооспоры прикрепляются к стенке оогония или соседнюю с ней клетку и прорастают в наннандрий. Верхняя клетка наннандрия функционирует как антеридий. После оплодотворения яйцеклетки развивается зигота, которая покрывается толстой трехслойной оболочкой и превращается в ооспору. После периода покоя ооспора делится мейотически и прорастает, образуя четыре зооспоры, которые прорастают в новые нити. Цикл развития эдогониевых гаплофазный, диплоидна лишь зигота.

Отобразите схемой цикл развития однодомных и двудомных видов эдогониума.

Задание 2. Изучить строение сифонального таллома каулерпы

Виды каулерпы являются характерными для морей тропической зоны, лишь некоторые из них заходят в субтропические широты, и среди них распространенная в Средиземном море каулерпа прорастающая.

Таллом каулерпы стелющийся с развитой корневищеподобной частью, или ризомом, который имеет вид цилиндрического сифона. Ризомы длинные и отчленяют через определенные интервалы вниз ризоиды и вверх вертикальные «побеги». Сильно разветвленные ризоиды служат для прикрепления к субстрату. Вертикальные «побеги» исполняют роль ассимиляторов. Виды каулерпы различаются разнообразно устроеными ассимиляторами, тогда как их ризомы с ризоидами не отличаются по морфологии. Стенки слоевища состоят из каллозы и пектина, целлюлоза отсутствует. Имеется внутренний скелет из особых переплетающихся тяжей, ориентированных радиально или перпендикулярно поверхности таллома. Таллом каулерпы, несмотря на крупные размеры, представляет собой одну гигантскую клетку с множеством ядер. Хлорoplastы многочисленные дисковидные без пиреноидов. Имеются лейкопласти.

Зарисовать таллом каулерпы прорастающей с гербарного образца, указав ризоиды, корневищеподобную (rizом) и листоподобную части таллома.

Бесполое размножение отсутствует.

Половой процесс - гетерогамия. Гаметангии нет. Двухжгутиковые гаметы образуются в необособленных частях таллома (голокарпия). Зигота прорастает без периода покоя в диплоидное растение. Цикл развития каулерпы диплофазный с гаметической редукцией.

Задание 3. Изучить строение сифонального таллома ацетабулярии

Это типичная морская водоросль. Встречается на литорали и в верхних горизонтах сублиторали.

В вегетативном состоянии таллом ацетабулярии состоит из вертикальной оси и мутовки из боковых неоднократно разветвленных сегментов на ее вершине. Прикрепляется к субстрату с помощью лопастного ризоида, в котором располагается одно ядро. При этом стоит отметить, что ризоид является многолетним, а вся остальная часть таллома ежегодно отмирает и отрастает вновь каждый сезон. Клеточные стенки таллома пропитаны карбонатом кальция. Хлоропласти многочисленные, дисковидные, без пиреноидов. Таллом ацетабулярии, вступивший в стадию размножения, напоминает вывернутый зонтик (или как его еще называют «винный бокал для русалки»). На вершине вертикальной оси возникает плодущая мутовка, состоящая из сросшихся своими боками мешковидных гаметангииев. Перед гаметообразованием ядро, находящееся в лопастном ризоиде, многократно делится, и дочерние ядра мигрируют в развивающиеся гаметангии. В гаметангиях образуются толстостенные многоядерные цисты со специальной крышечкой. Зрелые цисты содержат множество изогамет. При разрушении стенок гаметангия цисты выходят во внешнюю среду и из них высвобождаются гаметы. Зигота прорастает без периода покоя в диплоидное растение. Цикл развития ацетабулярии диплофазный с гаметической редукцией.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли относятся к порядку эдогониевые?
2. Какие водоросли принадлежат к классу сифоновые?
3. Какие водоросли объединяет порядок бриопсидовые?
4. Какие водоросли входят в порядок дазикладовые?
5. Охарактеризуйте сифональный тип структуры таллома.
6. Особенности строения монадных клеток эдогониевых.
7. Как происходит вегетативное деление клеток эдогониевых и что образуется в результате этого деления?
8. Как размножаются эдогониевые?
9. Строение клетки эдогониума.
10. Наннандрий, их строение, развитие.
11. Цикл развития эдогониевых.
12. Строение клетки сифоновых водорослей (химический состав оболочки, ядро, хлоропласт).
13. Как устроен таллом каулерпы? Где происходит образование гамет?
14. Что собой представляет слоевище ацетабулярии? Каких размеров оно может достичь?
15. Что образуется в гаметангиях ацетабулярии? Как происходит освобождение гамет?
16. Циклы развития каулерпы и ацетабулярии.

Занятие № 5

Тема: Отдел зеленые водоросли - Chlorophyta

Класс конъюгаты - Conjugatophyceae

Порядок зигнемовые - Zygnematales

Порядок десмидиевые - Desmidiales

Цели занятия:

- увидеть разнообразие форм хлоропластов;
- получить представление о конъюгации, как половом процессе, происходящим без образования специализированных клеток;
- проследить, как происходит вегетативное деление клеток десмидиевых;
- получить представление о гаплофазном цикле развития с зиготической редукцией;

Объекты изучения:

1. Род спирогира (*Spirogyra*) - нитчатый таллом
2. Род зигнема (*Zygnema*) - нитчатый таллом
3. Род мужоция (*Mougeotia*) - нитчатый таллом
4. Род клостериум (*Closterium*) - одноклеточная водоросль
5. Род космариум (*Cosmarium*) - одноклеточная водоросль
6. Род десмидиума (*Desmidium*) - нитчатый таллом

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение клетки нитчатого таллома спирогиры; рассмотреть боковую и лестничную конъюгацию

Встречается в пресных водоемах всех континентов. Нити шелковистые на ощупь, ярко-зеленого цвета. Образует рыхлые дерновинки (тину), плавающую у поверхности воды или находящиеся на дне водоемов. В условиях сильного течения может развивать ризоиды, способствующие прикреплению нитей к субстрату.

Для исследования достаточно взять небольшое количество живого материала и подготовить временный препарат. Найдите на малом увеличении нити спирогиры. Они неветвящиеся, одеты слизистым чехлом и легко узнаваемы по наличию лентовидного, спирально закрученного хлоропласта. У разных видов их может быть от одной до шестнадцати в каждой клетке. Расположены они по внутренней поверхности оболочки, т. е. постепенно. По средней линии хлоропласта у спирогиры расположены многочисленные пиреноиды. Ширина и длина цилиндрических клеток, из которых сложены нити, могут сильно варьировать: они могут быть широкими и узкими, длинными и короткими.

Для изучения тонкого строения клетки нужно перевести объектив на большое увеличение и окрасить клетку слабым раствором йода в йодистом калии. При этом содержимое клеток погибает, ядро с ядрышком окрашиваются в желтый цвет, а крахмал вокруг пиреноидов - в синий. Ядро у спирогиры очень крупное, гомогенное, с ясно заметным ядрышком. Располагается оно в центральной части клетки, окружено слоем цитоплазмы и подвешено на цитоплазматических тяжах, соединяющихся с постенным слоем цитоплазмы.

Зарисовать клетку спирогиры, указав оболочку, ядро с ядрышком, хлоропласт, пиреноиды.

Половой процесс - конъюгация. Различают два типа конъюгации: лестничную и боковую. При лестничной конъюгации нити спирогиры располагаются параллельно друг другу. Клетки соседних нитей начинают развивать цилиндрические выросты навстречу друг другу и соединяются между собой, образуя конъюгационный канал. Так как этот процесс протекает во многих клетках сразу, то формируется подобие миниатюрной лестницы. При боковой конъюгации конъюгационный канал образуется между двумя соседними клетками одной и той же нити. Одновременно с образованием конъюгационного канала внутри обеих конъюгирующих клеток происходят значительные изменения. Протопласт клетки сжимается, отстает от оболочки, хлоропласти теряют свою обычную форму. У спирогиры одна из конъюгирующих клеток становится отдающей, другая - воспринимающей. Содержимое отдающей клетки перетекает через конъюгационный канал в воспринимающую клетку, где и происходит слияние протопластов. Вновь образовавшаяся зигота покрывается трехслойной оболочкой и превращается в зигоспору. Зигоспора после длительного периода покоя прорастает, давая начало одному проростку - новой нити. Цикл развития спирогиры гаплофазный с зиготической редукцией.

Для изучения лестничной и боковой конъюгации приготовьте временный препарат, воспользовавшись фиксированным материалом. **Зарисуйте несколько конъюгирующих клеток, показав разные стадии конъюгации: образование конъюгационного канала, переход протопласта из отдающей клетки в воспринимающую, слияние протопластов, зиготу.**

Задание 2. Изучить строение клетки нитчатого таллома зигнемы

Распространение и местообитание зигнемы, как у спирогиры. Приготовьте временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Неветвящиеся нити зигнемы, как и спирогиры, сложены из одного ряда цилиндрических клеток. Одеты они слизистым чехлом, еще более мощным, чем у спирогиры. От спирогиры зигнема отличается тем, что ее (зигнемы) клетка содержит по два хлоропласта звездчатой формы. Хлоропласти занимает осевое положение, и каждый из них имеет по одному крупному пиреноиду. В центре клетки, между хлоропластами лежит ядро.

Зарисовать клетку зигнемы, указав оболочку, ядро, хлоропласти, пиреноид.

Конъюгация лестничная и боковая. Зигота может располагаться в конъюгационном канале. Цикл развития зигнемы гаплофазный с зиготической редукцией.

Задание 3. Изучить строение клетки нитчатого таллома мужоции

Распространение и местообитание те же самые, что для спирогиры и зигнемы. Отмечено предпочтение мужоции к известковой воде.

Приготовьте временный препарат, используя живой или фиксированный материал. Неветвящиеся нити мужоции сложены из клеток, содержащих один осевой пластинчатый хлоропласт с несколькими пиреноидами. В центре, сбоку к хлоропласту, прилегает ядро. В зависимости от освещения положение хлоропласта в клетке может быть разным. При ярком освещении хлоропласт поворачивается на 90 градусов вокруг своей оси и тогда выглядит не привычной для глаза широкой пластинкой, а узкой зеленой полоской, проходящей по середине клетки от одного ее конца до другого. При неблагоприятных условиях нити мужоции легко распадаются на отдельные клетки.

Зарисовать клетку мужоции с разным положением хлоропласта, указав оболочку, ядро, хлоропласт, пиреноид.

Конъюгация лестничная и боковая. Зигота может располагаться также в конъюгационном канале. Цикл развития мужоции гаплофазный с зиготической редукцией.

Задание 4. Изучить строение клетки клостериума

Наиболее обильно виды клостериума представлены в торфяных болотах, заболачивающихся озерах и т. д.

Для приготовления временного препарата возьмите пипеткой каплю живого материала и нанесите его на предметное стекло. Накрыть покровным стеклом. Исследовать при большом увеличении.

Клетки клостериума разнообразной формы. Одни виды изогнуты в форме полумесяца, другие - почти прямые, а у некоторых - клетки продолжены в тонкие и часто очень длинные клювики. Клетка состоит из двух симметричных половинок, плотно прилегающих друг к другу. Перетяжка посередине клеток отсутствует. Оболочка гладкая или с продольными штрихами. В оболочке всегда имеются поры, особенно крупные на концах клеток. Вспомните, как устроен поровый аппарат клостериума. В середине клетки, в цитоплазматическом мостице помещается ядро. По обе стороны от него располагаются по одному хлоропласту. Хлоропласти в виде осевых конусов с радиальными пластинками.

На поперечном сечении такой хлоропласт представляется звездчатым. Пиреноиды обычно расположены в один ряд, иногда беспорядочно разбросаны. На концах клетки хорошо видны округлые конечные вакуоли с кристалликами гипса (их может быть от одного до 40), находящимися в непрерывном броуновском движении.

Зарисовать клетку клостериума, указав оболочку, ядро, хлоропласти, пиреноиды, вакуоли с кристалликами гипса.

Половой процесс - конъюгация. Зигота прорастает двумя проростками. Иногда происходит образование двойных зигот: в каждой клетке сначала развиваются две особые апланогаметы, которые, сливаясь, дают двойные зиготы.

Задание 5. Изучить строение клетки космириума

Распространение и местообитания у видов космириума те же самые, что и у клостериума.

При исследовании видов космириума надо иметь в виду, что его клетки имеют разные очертания в зависимости от того, как они лежат. Если рассматривать клетку космириума спереди (а такие чаще всего попадаются в материале), то мы видим, что она состоит из двух симметричных полуклеток самой разнообразной формы: округлых, многоугольных, пирамидальных и др., которые соединены узким перешейком. Сами полуклетки цельные и не имеют верхушечного выреза. При рассматривании клетки сверху клетка космириума имеет форму эллипсоида или овала. Чтобы разглядеть клетку сверху, необходимо перевернуть клетку. Этого можно добиться, добавив каплю воды под покровное стекло и осторожно надавливая на нее.

Оболочка гладкая или пунктированная, ямчатая, гранулированная, бородавчатая или покрытая сосочками. В оболочке есть поры. Вспомните, как устроен поровый аппарат космириума. Хлоропласти обычно осевые (очень редко постенные) с радиальными лучами в виде ребер или складок, по одному в каждой полуклетке, с одним, реже двумя, пиреноидами. Ядро находится в области перешейка, обычно невидимое в живом состоянии.

Зарисовать клетку космириума, указав оболочку, ядро, хлоропласт, пиреноид.

Половой процесс - конъюгация. Зигота прорастает двумя проростками. Надо отметить, что половой процесс у десмидиевых довольно редко встречается в природе. В основном они размножаются вегетативно путем простого деления клетки надвое. Иногда в пробе встречаются клетки на разных стадиях вегетативного деления.

Задание 6. Изучить строение нитчатого таллома десмидиума

Распространение и местообитания десмидиума те же самые, что и у космириума и клостериума.

Приготовьте временный препарат и найдите при малом увеличении нити десмидиума. Они длинные, спирально скрученные и с хорошо заметной темно-зеленой полосой, идущей косо вдоль нити. Клетки десмидиума, как и у одноклеточных десмидиевых, состоят из двух симметричных полуклеток. Перетяжка неглубокая. При рассматривании сверху клетка имеет треугольные очертания, как, например, у *Desmidium Swartii*, а сама нить форму трехгранной призмы. Так как нити скручены, выдающиеся ребра клеток образуют характерную темно-зеленую полосу. Одновременно с *D. Swartii* встречается и другой вид, (*D. cylindricum*). Для него характерно наличие толстой слизистой обвертки. Сверху его клетки эллиптические с двумя боковыми сосочками и сама нить имеет форму эллиптического цилиндра. Скручивание нити у данного вида выражается в периодическом расширении и сужении ее в зависимости от того, какой стороной (широко или узкой стороной эллипса) повернуты клетки.

Оболочка клеток гладкая. Хлоропласти осевые, звездчатые, по одному в полуклетке, с массивными, радиально отходящими от центра лопастями и с одним пиреноидом в центре или в каждой лопасти.

Зарисовать нить одного из видов десмидиума.

Половой процесс - конъюгация. Зигота прорастает двумя проростками.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Назовите отличительные черты, объединяющие зеленые водоросли в класс конъюгаты.
2. Какие водоросли объединяет порядок зигнемовые?
3. Какие водоросли относятся к порядок десмидиевые?
4. Строение клетки конъюгат (оболочка, ядро, хлоропласт).
5. Как размножаются конъюгаты?
6. Как протекает лестничная конъюгация? Боковая?
7. Что происходит с зигтой после ее образования?
8. Форма и положение хлоропласта у зигнены, спирогиры и мужоции.
9. Будут ли меняться очертания клеток десмидиевых, если рассматривать их с разных сторон: спереди, сбоку и сверху?
10. Оболочки клеток десмидиевых имеют поры. Какие функции они выполняют?
11. Как устроены поровые аппараты типа *Closterium* и типа *Cosmarium*? Который из них является более примитивным?
12. Как осуществляется движение клеток десмидиевых?
13. Какова форма клеток рода *Closterium*?
14. Как происходит вегетативное деление клеток косматриума?
15. Как устроен таллом десмидиума?

Занятие № 6

Тема: Отдел харовые водоросли - Charophyta

Класс харовые - Charophyceae

Порядок харовые - Charales

Отдел желто-зеленые водоросли - Xanthophyta

Класс ксантофициевые - Xanthophyceae

Порядок ботридиевые - Botrydiales

Отдел диатомовые водоросли - Bacillariophyta

Класс центрические - Centrophyceae

Порядок косцинодисковые - Coscinodiscales

Класс пеннатные - Pennatophyceae

Порядок двушовные - Diraphiales

Цели занятия:

- познакомиться с харофитной структурой таллома;
- изучить строение многоклеточных половых органов харовых водорослей;
- увидеть разнообразно устроенные талломы желто-зеленых водорослей, имеющих сифональный тип структуры таллома;
- увидеть особенности строения оогониев и антеридиев вошерии;

- изучить строение кремнеземного панциря (гипотека, эпитеха, поясковый ободок) центрических и пеннатных диатомовых водорослей.

Объекты изучения:

1. Род хара (*Chara*) - харофитный таллом
2. Род ботридиум (*Botrydium*) - сифональный таллом, имеющий пузыревидное строение
3. Род вошерия (*Vaucheria*) - сифональный таллом, имеющий нитевидное строение
4. Род пиннулярия (*Pinnularia*) - одноклеточный таллом
5. Род мелозира (*Melosira*) - нитевидная колония
6. Диатомит (горная мука, кизельгур)

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить строение таллома хары; листовой узел с оогонием и антеридием.

Чаще всего хару можно встретить в прудах и озерах на глубине 1-5 м (иногда до 40 м). Предпочитает воду с повышенным содержанием известия.

Пользуясь гербарными образцами или живым материалом, рассмотрите строение таллома хары.

Таллом хары макроскопический, достигает в длину 20-30 см (иногда до 1-2 м). Внешне хара напоминает хвощ. Главная ось таллома, «стебель», несет мутовки боковых ветвей, «листья». Мутовчато-расположенные листья образуют узлы, а участки «стебля» между ними - междуузлия. Прикрепляется хара с помощью бесцветных ризоидов. Ризоиды образуются из клеток нижних узлов главной оси, находящихся в субстрате. Они обладают верхушечным ростом, имеют клеточное строение и не разделены на узлы и междуузлия.

Неограниченный верхушечный рост «стебля» хары осуществляется благодаря непрерывному делению верхушечной клетки. Полусферическая верхушечная клетка делится перпендикулярно оси стебля на две клетки: верхнюю и нижнюю. Верхняя клетка становится вновь верхушечной. Нижняя клетка, цилиндрическая, делится в том же направлении (перпендикулярно оси стебля) на двояковыпуклую и двояковогнутую. Двояковыпуклая клетка больше не делится, вытягивается в длину и становится клеткой междуузлия. Таким образом, каждое междуузлие - это многоядерная гигантская, длиной в несколько сантиметров, вытянутая клетка, неспособная к делению. У хары она дополнительно покрыта коровыми нитями. Двояковогнутая клетка после ряда вертикальных (параллельно оси стебля) делений образует многоклеточный узел с двумя клетками в центре и несколькими по его периферии. Следовательно, каждый узел состоит из собранных в диск нескольких мелких одноядерных клеток. В дальнейшем центральные клетки узла не делятся, а периферические продолжают делиться и дают начало «листьям» и боковым ветвям «стебля».

Ограниченный рост «листьев» хары связан с небольшим числом делений верхушечной клетки.

Оболочка клеток плотная, толстая. Внутренний слой образован целлюлозой; наружный слой состоит из каллозы, в котором может отлагаться углекислая известия. На начальных стадиях развития все клетки таллома хары одноядерны. В последующем клетки междуузлия становятся многоядерными из-за многократных амитотических делений ядра без образования клеточных перегородок. Центральную часть зрелой клетки занимает центральная вакуоль с клеточным соком. Хлоропласти многочисленные, дисковидные, без пиреноидов.

Зарисовать таллом хары, указав «стебель», «листья», узел, междуузлие, ризоиды.

Вегетативное размножение - «клубеньками», образующимися на ризоидах.

Половой процесс - оогамия. Оогонии и антеридии расположены на узлах «листьев» и хорошо видны невооруженным взглядом. Различают однодомные (антеридии и оогонии находятся на одном растении) и двудомные (антеридии и оогонии - на разных растениях) виды. У однодомных видов хары оогоний располагается над антеридием. Оогонии овальные, длиной до 1 мм, сидят на одноклеточной ножке и окружены пятью коровыми нитями. Внутри оогония находится одна яйцеклетка. Коровы нити, сначала прямые, по мере роста оогония удлиняются и спирально обвивают его. На вершине концы коровыих нитей отделяются перегородкой и образуют «коронку» из пяти коротких клеток. Антеридии шаровидные, диаметром до 0,5 мм. Оболочка его состоит из восьми плоских клеток (одновременно видны только четыре) трехугольной и четырехугольной формы с характерными лучистыми утолщениями оболочки - щитками, плотно смыкающимися своими зазубренными краями. От центра каждого щитка внутрь антеридия отходит рукоятка (манубриум), которая заканчивается округлой клеткой - головкой. При созревании антеридия эти основные головки образуют по 6 вторичных головок каждая, и на них развиваются длинные антеридиальные нити, по 4 на головке, состоящие из 200 расположенных в один ряд клеток. В каждой клетке образуется по одному длинному спирально изогнутому антерозоиду, с 2 жгутиками на переднем конце.

После оплодотворения внутри оогониев развиваются ооспоры. По мере созревания наружная стенка ооспор затвердевает, пропитывается суберином, кремнеземом и окрашивается в коричневато-желтый, коричневый или темно-коричневый цвет до черного и становится блестящим.

После периода покоя ооспора прорастает. В результате редукционного деления образуются 4 гаплоидных ядра, а сама ооспора делится поперечной перегородкой на 2 части. Одно из ядер остается в линзообразной центральной клетке и дает начало новому растению. Остальная часть ооспоры с остальными ядрами служит запасным питательным материалом. Первое деление центральной клетки происходит поперек и приводит к образованию двух функционально различных клеток. Из более крупной клетки образуется стеблевой побег - предросток, а другая клетка дает первый ризоид. Предросток растет вверх и быстро зеленеет, заполняясь хлоропластами, а ризоид растет вниз и остается бесцветным.

Рассмотреть на постоянном препарате листовой узел с оогонием и антеридием и зарисовать.

Задание 2. Изучить строение сифонального таллома ботридиума, имеющего пузыревидное строение

Ботридиум развивается большими группами на глинистой и илистой почве по берегам различных водоемов, на дне пересыхающих прудов. Любит влажную богатую почву с повышенным содержанием известия.

На поверхности почвы ботридиум выглядит в виде разбросанных мелких желто-зеленых шариков. Это надземная, пузыревидная часть таллома, которая прочно удерживается бесцветными дихотомически - разветвленными ризоидами, расположенными в почве и образующими, таким образом, подземную часть таллома. Весь таллома ботридиума - это одна большая клетка без перегородок. Оболочка у молодых клеток тонкая, нежная, постепенно грубоет, становится слоистой и состоит из пектина с примесью целлюлозы. Центральную часть таллома обычно занимает одна крупная вакуоль с клеточным соком. В постепенном слое цитоплазмы располагаются многочисленные дисковидные хлоропластины без пиреноидов и прозрачные капли масла. Ядер много, но без окраски они не видны.

Рассмотрите таллом ботридиума под лупой, пользуясь живым или фиксированным материалом. Зарисуйте его. Укажите подземную и надземную части таллома.

Бесполое размножение - зооспорами с двумя жгутиками разного строения (гетероморфными), разной длины (гетероконтными) и направленными в разные стороны (гетеродинамическими). При смачивании водой надземной части таллома, ее протопласт распадается на одноядерные участки и образует множество зооспор. Освобождение зооспор происходит через разрыв оболочки на вершине. Зооспоры прорастают в новые особи. Иногда вместо зооспор образуются автоспоры и апланоспоры (видам ботридиума свойственна поливариантность циклов развития).

При неблагоприятных условиях (высыхание, пониженная температура) все содержимое надземной части разбивается на отдельные участки и переходит в ризоиды, образуя ризоцисты. Надземная часть отмирает. При наступлении благоприятных условий ризоцисты или прорастают в новые талломы, или образуют зооспоры, которые также дают новые талломы.

Сведения об изогамном половом процессе у видов рода *Botrydium* нуждаются в подтверждении.

Задание 3. Изучить строение сифонального таллома вошерии, имеющего нитевидное строение

Одни виды вошерии встречаются в стоячих прудах, озерах, другие - в речках, быстротекущих ручьях. Есть виды вошерии, растущие на сырой почве среди мхов. Водные виды вошерий образуют скопления, так называемый водяной войлок, как на дне водоемов, так и на поверхности воды.

Вошерию всегда можно узнать по толстым длинным нитям, которые видны невооруженным взглядом. Каждая нить вошерии - это одна гигантская клетка, длиной до 30 см и более, без клеточных перегородок. Последние образуются лишь в двух случаях:

- 1) при повреждении таллома;
- 2) при образовании органов размножения.

Клеточная оболочка вошерии целлюлозная. Под ней, в постенном слое цитоплазмы, располагаются многочисленные мелкие дисковидные хлоропласти без пиреноидов и округлые капли масла. Многочисленные мелкие ядра находятся глубже хлоропластов и без специальной окраски не видны. Центральную часть таллома вошерии занимает большая вакуоль с клеточным соком.

Бесполое размножение - синзооспорами, образующейся по одной в зооспорангии, расположенного на конце нити, и отделенного от таллома перегородкой. Синзооспора - это многоядерная зооспора со многими парами изоморфных гладких жгутиков почти равной длины и многочисленными хлоропластами.

Половой процесс - оогамия. Оогонии и антеридии располагаются на талломе близко друг к другу. Оогонии овальной формы, с небольшим «клювом», обращенным к антеридию. Зрелый оогоний отделяется от таллома перегородкой и содержит одну яйцеклетку. Антеридий представляет собой конечную часть цилиндрического выроста, сильно изогнутого и отделенного от таллома в месте перегиба клеточной перегородкой.

После оплодотворения зигота покрывается толстой многослойной оболочкой и после периода покоя прорастает в новое растение. Хотя зиготический мейоз с точностью не доказан, считают, что цикл развития вошерии гаплофазный.

Пользуясь постоянным препаратом, рассмотреть и зарисовать фрагмент таллома вошерии с оогонием и антеридием.

Задание 4. Изучить строение клетки пиннулярии

Пресноводные, реже морские виды, обитающие в бентосе на различных субстратах.

Для приготовления временного препарата, возьмите пипеткой каплю фиксированного или живого материала и нанесите его на предметное стекло. Найдите клетку пиннулярии.

Увидеть клетку пиннулярии вы можете или в виде вытянутого эллипсоида (вид со створки), или в виде прямоугольника со слегка закругленными углами (вид с пояска). Жесткая оболочка клетки пиннулярии, как и у всех диатомовых, представляет собой прозрачный кремнеземный панцирь и состоит из двух частей - эпитехи и гипотеки. Большая часть - эпитехия надвигается своими краями на гипотеку как крышка на коробку. В свою очередь эпитехия пиннулярии состоит из створки линейно-эллиптической формы и пояскового ободка прямоугольной формы. Аналогичное строение имеет и гипотека. Поясковые ободки эпитехи и гипотеки плотно прилегают друг к другу и образуют поясок панциря. Таким образом, в зависимости от того, как располагается клетка пиннулярии, меняется и форма ее клетки. Обычно в материале видны клетки, как со стороны пояска, так и со стороны створки. Если же все клетки видны только с одной из сторон (или со створки или с пояска), необходимо перевернуть клетку в нужное положение, слегка постукивая кончиком препаровальной иглы по краю покровного стекла. Делать это надо аккуратно, при малом увеличении, чтобы не потерять клетку из поля зрения.

При рассматривании панциря со стороны створки (клетка в виде вытянутого эллипсоида!) хорошо виден шов в виде тонкой продольной и слегка изогнутой линии. Шов представляет собой проходящую в стенке оболочки неправильную щель, края которой изогнуты зигзагом. На середине створки ветви шва соединяются в центральном узелке (внутреннее утолщение створки), а на концах клетки заканчиваются в конечных (полярных) узелках (также являющихся внутренними утолщениями стенок створки). У пиннулярии шов имеется на обеих створках. Швы обеспечивают сообщение протопласта с внешней средой и способность к движению. По обе стороны шва, в поперечном направлении расположены ребра - утолщения, выступающие над наружной или внутренней поверхностью створки.

При рассматривании клетки пиннулярии с пояска (клетка в виде прямоугольника!) можно увидеть, как поясковые ободки эпитехи и гипотеки находят друг на друга (видны как утолщения стенки). Узелки (центральные и полярные) видны в профиль в виде сосочекообразных утолщений оболочки. Ребра видны только на загибе створки.

Изнутри к панцирю плотно прилегает плазмалемма. Ядро располагается в цитоплазматическом мостице, ближе к эпитехии. В клетке имеется одна или несколько вакуолей с клеточным соком, пронизанных многочисленными тяжами цитоплазмы. Иногда видны округлые капли масла и зерна волютина. Хлоропласти в числе двух, пластинчатые, желто-бурого цвета, лежат вдоль пояска. Поэтому клетка пиннулярии со стороны пояска бывает полностью окрашена в желто-бурый цвет, а со стороны створки хлоропласти видны только в профиль в виде двух узких полосок желто-бурого цвета.

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

Задание 5. Изучить строение нитевидной колонии мелозиры

Виды мелозиры встречаются в планктоне и бентосе водоемов всех типов - пресноводных, солоноватоводных и морских.

Приготовьте временный препарат мелозиры, используя живой или фиксированный материал.

Колонии мелозиры нитевидные и образованы из цилиндрических клеток (реже эллипсоидных или почти шаровидных), соединенных своими створками. Створки

круглые, покрыты нежными или грубыми точками (порами), часто образующими радиальные ряды. Хлоропласти дисковидные или в виде лопастных образований.

Зарисовать нитевидную колонию мелозиры.

Иногда (очень редко) в пробах попадаются ауксоспоры. Они имеют вид раздутых клеток, значительно превышающих ширину вегетативных и выступающих за пределы створок, в которых видны слегка оттянутые концы ауксоспор. Ауксоспоры образуются в результате оогамного полового процесса.

Задание 6. Изучить диатомит

В каплю воды на предметное стекло внесите на кончике препаровальной иглы небольшое количество диатомита, тщательно перемешайте, накройте покровным стеклом и рассмотрите при большом увеличении микроскопа. В препарате видны целые панцири или их обломки различных диатомовых водорослей, преимущественно из класса центрические. Зарисуйте один из видов панцирей.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел харовые?
2. Как устроено вегетативное тело харовых водорослей?
3. В результате деления верхушечной клетки талом хары может расти неограниченно вверх. Как это происходит?
4. Что образуется из двояковогнутой клетки? Из двояковыпуклой?
5. Строение клетки хары (оболочка, ядро, хлоропласт, движение цитоплазмы).
6. Как происходит вегетативное размножение харовых водорослей?
7. Строение оогония и антеридия харовых водорослей.
8. Современные представления о половых органах харовых.
9. Развитие ооспоры после периода покоя.
10. Как называются окаменевшие (фоссилизированные) остатки оогониев и ооспор?
11. Какие водоемы предпочитают харовые водоросли?
12. Какие водоросли объединяет отдел желто-зеленые водоросли?
13. Какие типы структуры вегетативного таллома встречаются у желто-зеленых водорослей?
14. Строение клетки желто-зеленых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласт, пиреноиды).
15. Строение монадной клетки (жгутики, стигма, сократительные вакуоли).
16. Строение синзооспоры и антерозоидов у вошерии.
17. Как осуществляется размножение желто-зеленых водорослей? Известен ли у них половой процесс?
18. Какой тип структуры таллома характерен для вошерии и ботридиума? К какому порядку они относятся?
19. Как устроен таллом ботридиума? Где он обитает?
20. Перечислите ксантофиллы, осуществляющие ксантофилловый цикл у представителей класса ксантофициевые?
21. Какой ксантофилл, характерный для бурых, золотистых и диатомовых водорослей, отсутствует у желто-зеленых водорослей?
22. Какие водоросли объединяет отдел диатомовые водоросли?
23. Строение клетки диатомовых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласт, пиреноиды).
24. Как устроен кремнеземный панцирь диатомовых водорослей? Какова его структура?

25. Различают актиноморфные и зигоморфные типы створок. Сколько плоскостей симметрии можно провести через эти створки соответственно?
26. Строение щелевидного и каналовидного шва у пеннатных. Какую функцию он выполняет?
27. Как осуществляется вегетативное размножение у диатомовых водорослей? Изменяются ли при этом первоначальные размеры клеток?
28. Размножаются ли диатомовые водоросли бесполым путем?
29. Что такое ауксоспорообразование?
30. Какие типы полового процесса известны для диатомовых водорослей?
31. Цикл развития диатомовых водорослей?
32. Распространение, роль в природе и практическое значение диатомовых водорослей.
33. Какие из диатомовых водорослей принадлежат к классу центрические?
34. Строение колонии мелозиры.
35. Какие из диатомовых водорослей относятся к классу пеннатные?
36. Строение клетки пиннулярии.

Занятие №7

Тема: Отдел бурые водоросли - Phaeophyta

Класс фэозооспоровые - Phaeozoosporophyceae
Порядок ламинариевые - Laminariales
Класс циклоспоровые - Cyclosporophyceae
Порядок фукусовые - Fucales
Отдел красные водоросли - Rhodophyta
Класс флоридеевые - Florideophyceae
Порядок немалиевые - Nemaliales
Порядок церамиевые - Ceramiales

Цели занятия:

- увидеть разнообразно устроенные талломы бурых водорослей;
- получить представление о гетероморфной смене форм развития с обязательным чередованием спорофита и гаметофита;
- изучить анатомическое строение у наиболее высокоорганизованных представителей бурых водорослей;
- получить представление о строении талломов красных водорослей;
- изучить развитие гонимобласта

Объекты изучения:

1. Род ламинария (*Laminaria*) - пластинчатый таллом
2. Род фукус (*Fucus*) - пластинчатый таллом
3. Род батрахоспермум (*Batrachospermum*) - разнонитчатый таллом
4. Род полисифония (*Polysiphonia*) - разнонитчатый таллом

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить морфологическое и анатомическое строение пластинчатого таллома ламинарии

Из 30 видов ламинарий только 3 вида растут в южном полушарии, остальные виды распространены в северном полушарии. Ламинария сахаристая (*L. saccharina*) и ламинария пальчаторассеченная (*L. digitata*) обитают в северных морях в сублиторали на глубине до 20 м, изредка встречаются в нижнем горизонте литорали.

Таллом (спорофит) ламинарии сахаристой состоит из нерассеченной удлиненной пластины, расположенной на стволе, и массивных разветвленных ризоидов, при помощи которых ламинария прикрепляется к субстрату. В отличие от ламинарии сахаристой у ламинарии пальчечно-рассеченной широкоовальная или клиновидная пластина спорофита более плотная и рассечена на продольные лопасти. В длину слоевище ламинарии сахаристой может достигать до 7 м; ламинария пальчечно-рассеченная чуть поменьше: до 5 метров.

Растет ламинария благодаря делениям клеток интеркалярной зоны роста, которая располагается на вершине ствола и в основании пластины. Ствол и ризоиды ламинарии являются многолетними, а пластина однолетняя и ежегодно разрушается после выхода зооспор. Новая пластина возникает между стволом и старой пластиной и по мере своего роста отодвигает ее (старую пластину) вверх.

Рассмотрите гербарные образцы ламинарии сахаристой и ламинарии пальчечно-рассеченной. Зарисуйте один из них.

Внутри пластины и ствола спорофита ламинарии различают меристодерму, кору, промежуточный слой и сердцевину. Снаружи располагается меристодерма из 1-4 слоев окрашенных клеток. Клетки меристодермы мелкие и вытянуты по направлению к поверхности. Они способны активно делиться и производить органы размножения. Под меристодермой лежит кора из более крупных окрашенных клеток. Под ней находится промежуточный слой из крупных бесцветных клеток. В сердцевине различают поперечно-расположенные клеточные нити и продольные трубчатые нити. Поперечные перегородки трубчатых нитей называются ситовидными пластинами, так как в них находятся поры. В сердцевине развиваются слизистые каналы с секреторными клетками, содержащими большое количество диктиосом. Их функция пока не ясна, возможно, они выполняют какую-то физиологическую роль.

У ламинарии сахаристой слизистые каналы известны в пластине и стволе, у ламинарии пальчечно-рассеченной - только в пластине.

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

Размножается ламинария бесполым и половым путем.

При бесполом размножении на поверхности пластины спорофита среди одноклеточных, булавовидной формы, парафиз развиваются одногнездные зооспорангии. При этом на поверхности пластины появляются пятна (или одно пятно), незначительно отличающиеся окраской от слоевища. У ламинарии сахаристой зооспорангии развиваются на обеих поверхностях пластины и очертания пятен зооспорангии в точности совпадают. У ламинарии пальчечно-рассеченной очертания пятен на обеих поверхностях пластины не совпадают. Расширенная часть парафиз содержит хлоропласты и физоды, а оболочки на верхушках (парафиз) сильно ослизнены. Зооспорангии эллиптической формы, в них развиваются гаплоидные зооспоры. Они грушевидные, с двумя гетероморфными,

гетероконтными и гетеродинамическими жгутиками, отходящими сбоку. После выхода из зооспорангии, зооспоры прикрепляются к субстрату и прорастают в микроскопические женские и мужские гаметофиты. Они многоклеточные (женские могут быть и одноклеточными), в виде однорядных разветвленных стелющихся нитей. Мужские гаметофиты сильнее разветвлены и мельче женских гаметофитов, с более мелкими бледно окрашенными клетками.

Половой процесс - оогамия. На мужских гаметофитах формируются мелкие бесцветные антеридии с одним антерозоидом в каждом. На женских гаметофитах образуются оогонии. Они крупные, темно-бурого цвета и содержат по одной яйцеклетке. Одноклеточный женский гаметофит дает единственный оогоний. При созревании яйцеклетка выходит через отверстие на вершине оогония, но не отделяется, а остается прикрепленной к краям отверстия, где и происходит ее оплодотворение и рост нового спорофита. Оплодотворенная яйцеклетка вырабатывает оболочку и превращается в ооспору. Ооспора без периода покоя прорастает в однорядную нить примерно из 7 клеток, а затем образуется однослойная пластиинка. Женский гаметофит не предоставляет никаких питательных веществ развивающимся спорофитам, а обеспечивает им только место для прикрепления на грунте.

Таким образом, ламинария имеет гетероморфную смену форм развития с обязательным чередованием спорофита и гаметофита.

Составьте схему цикла развития ламинарии.

Задание 2. Изучить строение таллома и концептакул фукуса пузырчатого

Виды рода фукус распространены в холодных и умеренных морях северного полушария. Фукус пузырчатый занимает средний и нижний горизонты литорали в северных морях. Растет фукус пузырчатый и в верхней части сублиторали, особенно в таких опресненных морях, как Белое и Балтийское. Неприкрепленные слоевища фукуса пузырчатого встречаются в Белом море до глубины 22 м.

Таллом фукуса пузырчатого состоит из основной разветвленной пластиинчатой части, короткого стволика и дисковидной подошвы. Фукус пузырчатый растет за счет деления верхушечной клетки, имеющей вид четырехгранной усеченной пирамиды, и достигает в длину до 50 см. На пластиинчатых частях таллома имеется резко выраженное продольное ребро, так называемая срединная жилка, оно хорошо прослеживается до вершины. По обеим сторонам ребра попарно располагаются воздушные пузыри; последние отсутствуют у экземпляров фукуса пузырчатого, растущих в прибойных местах. На вершинах некоторых ветвей таллома имеются характерные пузыревидные вздутия - рецептакулы, с расположенными на них плотными бородавочками. Каждая такая бородавочка на поперечном срезе представляет собой округлое углубление, называемое концептакулой или скафидией. Внутри концептакул, среди многоклеточных волосков - парафиз, развиваются или антеридии, или оогонии, и, соответственно, различают мужские и женские концептакулы. Связь концептакул с окружающей средой осуществляется через выводное отверстие. Фукус пузырчатый является раздельнопольм растением, так как, женские и мужские концептакулы формируются на разных экземплярах. Мужские экземпляры фукуса пузырчатого по сравнению с женскими растениями нередко имеют слоевища меньшего размера, с более узкими ветвями и более мелкими рецептакулами.

Половой процесс - оогамия. Оогонии в виде крупных овальных темноокрашенных клеток сидят на короткой одноклеточной ножке. Каждый оогоний содержит 8 яйцеклеток. После разрыва наружной оболочки оогония, яйцеклетки, окруженные еще двумя внутренними оболочками, выходят в воду, где и происходит окончательное их освобождение. Антеридии в виде овальных клеток с зернистым содержимым формируются в большом количестве на концах разветвленных веточек. Внутри каждого антеридия развиваются по 64 антерозоида. Антерозоиды, одетые внутренней оболочкой,

покидают антеридий после разрыва его наружной оболочки и выходят в воду, где полностью освобождаются от оболочки.

Оплодотворение происходит в воде. Зигота прорастает в диплоидное растение. Гаплоидными являются лишь гаметы. Следовательно, цикл развития фукуса диплофазный с гаметической редукцией.

Рассмотрите таллом фукуса пузырчатого и зарисуйте его, указав дисковидную подошву, стволик, продольное ребро, воздушные пузыри, рецепторы. Пользуясь постоянными препаратами, рассмотрите поперечный срез женских и мужских концептакул. Зарисуйте, обозначив антеридии, оогонии, парафизы и выводное отверстие.

Задание 3. Изучить строение таллома батрахоспермума

Пресноводная водоросль, насчитывающая около 50 видов, распространенных во всех частях света. Батрахоспермум предпочитает хорошо аэрируемые воды медленно текущих рек и ручьев, но может обитать и в прибрежной части озер. Некоторые проникают даже в торфяные болота, но чаще встречаются вблизи ключей. Поселяется на различных подводных предметах.

Таллом батрахоспермума имеет вид нежных, слизистых на ощупь, небольших (от 3 до 8 см) кустиков оливково-зеленого или синевато-зеленого цвета.

Пользуясь фиксированным материалом, поместите небольшой фрагмент таллома на предметное стекло в каплю воды и накройте покровным стеклом. При малом увеличении можно заметить, что слоевище батрахоспермума состоит из основных ветвей и боковых веточек.

При большом увеличении видно, что в молодых частях таллома основные ветви состоят из одного ряда крупных бесцветных клеток. В более старых частях таллома эти клетки покрыты тонкими многоклеточными ризоидными нитями (rizoidами). Ризоиды берут начало от оснований боковых веточек, расположены относительно друг друга неплотно и составляют своеобразную кору.

Основные ветви густо покрыты пучками коротких и обильно разветвленных боковых веточек ограниченного роста, расположенных мутовками. Боковые веточки состоят из коротких бочонкообразных клеток с многочисленными хлоропластами. Это так называемые ассимиляторы. Конечные клетки боковых веточек могут вытягиваться в длинные волоски (ложные волоски).

Бесполое размножение моноспорами, но моноспорангии на растениях батрахоспермума встречаются крайне редко.

Размножается батрахоспермум преимущественно половым путем. Карпогоны и сперматангии образуются на боковых веточках ограниченного роста. Трихогина нехарактерной для красных водорослей кеглевидной или цилиндрической формы. После оплодотворения карпогона развиваются нити гонимобласта, конечные клетки которых являются карпоспорангиями и производят большое количество карпоспор. Зрелые гонимобласты шаровидные и являются четко ограниченными образованиями, погруженными в слизь среди ассимиляционных нитей и плотно окруженные ими.

Зарисуйте таллом батрахоспермума, указав ризоидные нити, ассимиляторы и зрелый гонимобласт.

Задание 4. Изучить строение таллома полисифонии

Виды полисифонии встречаются как в северных (Баренцевом и Белом), так и в южных (Черном) морях. Обитают в зоне сублиторали, часто на границе с нижней литоралью, где поселяются на скалистых или каменистых грунтах или на талломах бурых водорослей.

Темно-пурпурные кустики полисифонии, высотой от 5 до 20 см, состоят из сильно разветвленных нитей. Каждая нить полисифонии состоит из центрального сифона и перицентральных сифонов, занимающих соответственно осевое и периферическое положение. Такой тип строения таллома называется полисифонным, что нашло отражение в названии рода. В более старых частях таллома дополнительно развивается кора в результате продольных делений перицентральных сифонов.

Внешне нити полисифонии имеют «членистый» вид, так как клетки сифонов и коры имеют одинаковую форму и длину и располагаются правильными ярусами или члениками.

Спорофит и гаметофиты (женские и мужские) полисифонии представлены самостоятельными свободноживущими поколениями и морфологически не отличаются друг от друга.

На растениях - спорофитах развиваются тетраспорангии с тетраспорами. Тетраспорангии имеют вид овальных крупных клеток и образуются по одному в каждом членике обычной полисифонной нити и располагаются в клетках коры; если кора отсутствует - в клетках наружного перицентрального сифона. Тетраспоры прорастая, дают начало мужским и женским гаметофитам.

На мужских гаметофитах, на поверхности коротких специальных веточек - трихобластах - развиваются многочисленные одноклеточные антеридии, каждый из которых формирует по одному спермению.

На женских гаметофитах, также на трихобластах, формируется прокарп. Это происходит следующим образом. На втором от основания сегменте трихобласта, имеющего полисифонное строение, одна из перицентральных клеток дает первую клетку карпогонной ветви и несущую клетку. Конечная клетка карпогонной ветви превращается в карпогон с трихогиной. После оплодотворения карпогона несущая клетка отделяет ауксиллярную клетку, расположенную вблизи карпогона и сливающуюся с ним посредством маленькой соединительной клетки. Развитие гонимобласта происходит от ауксиллярной клетки. Зрелый гонимобласт окружен клеточной оберткой и называется цистокарпом. Он имеет шаровидную или гршевидную форму с отверстием на вершине для выхода карпоспор. Карпоспоры, прорастая, дают начало тетраспорофитам.

Таким образом, в цикле развития полисифонии наблюдается смена трех форм развития: гаплоидного гаметофита, диплоидных карпоспорофита и тетраспорофита; мейоз спорический.

Пользуясь гербарными образцами, зарисуйте таллом полисифонии. Изобразите в виде схемы цикл развития полисифонии.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел бурые водоросли?
2. Форма талломов бурых водорослей.
3. Анатомическое строение слоевищ бурых водорослей.
4. Строение клеток бурых водорослей (оболочка, ядро, хлоропласти, пиреноиды, вакуоли).
5. Какие водоросли принадлежат к классу фэозооспоровые?
6. Какие водоросли относятся к классу циклоспоровые?
7. Охарактеризуйте признаки, характерные для представителей порядка ламинариевые (форма таллома, анатомическое строение, размножение).
8. Строение монадных клеток (зооспор и гамет) у ламинарии. Где они развиваются?
9. Строение спорофита и гаметофита ламинарии сахарной и ламинарии пальчаторассеченной.
10. Цикл развития ламинарии.

11. Какие водоросли объединяет порядок фуксовые?
12. Как устроен таллом фукуса?
13. Как происходит размножение фукуса?
14. Цикл развития фукуса.
15. Какие водоросли объединяет отдел красные водоросли?
16. Форма талломов красных водорослей
17. Какие типы структуры таллома характерны для красных водорослей?
18. Анатомическое строение таллома красных водорослей.
19. Строение клетки красных водорослей (оболочка, ядро, хлоропласти, пиреноиды).
20. Как осуществляется вегетативное размножение красных водорослей?
21. Бесполое размножение красных водорослей.
22. Строение половых органов красных водорослей.
23. Какие из красных водорослей относятся к классу флоридеевые?
24. Как происходит развитие зиготы у флоридеевых?
25. Какие из красных водорослей принадлежат к классу бангиеевые?
26. Основные черты красных водорослей, относящихся к порядку намалиевые.
27. Строение и размножение батрахоспермум.
28. Основные черты красных водорослей, относящихся к порядку церамиевые.
29. Строение спорофита и гаметофита полисифонии.
30. Цикл развития полисифонии.

Занятие № 8

Тема: Отдел сине-зеленые водоросли - Cyanophyta

Класс хроококковые - Chroococcophyceae

Порядок хроококковые - Chroococcales

Класс гормогониевые - Hormogoniophyceae

Порядок осцилляториевые - Oscillatoriales

Порядок ностоковые - Nostocales

Цели занятия:

- получить представление о строении прокариотических водорослей
- увидеть разнообразно устроенные талломы сине-зеленых водорослей

Объекты изучения:

1. Род микроцистис (*Microcystis*) - разнообразной формы колонии
2. Род осциллятория (*Oscillatoria*) - нитчатый таллом
3. Род спирулина (*Spirulina*) - нитчатый таллом в виде спирали
4. Род носток (*Nostoc*) - сферические или неправильной формы колонии

Выполнение работы:

Задание 1. Изучить колонии микроцистиса

Виды микроцистиса обитают в самых разнообразных водных и наземных местообитаниях, в почве, а также в слизи других водорослей. В планктоне стоячих и медленно текущих вод, часто вызывая «цветение» воды, развивается микроцистис синевато-зеленый (*M. aeruginosa*).

Для приготовления временного препарата нанесите пипеткой каплю фиксированного материала на предметное стекло, закройте покровным стеклом. Найдите и рассмотрите при малом увеличении микроскопа колонии микроцистиса. Они более или менее округлых или извилистых очертаний, сплошные или явственно продырявленные. **Зарисуйте одну из колоний микроцистиса. Затем, переведя на большое увеличение, рассмотрите отдельные клетки колонии. Они шаровидные, с газовыми вакуолями. Зарисуйте 2-3 клетки.**

Размножается микроцистис делением клеток.

Задание 2. Изучить строение нитчатого таллома осциллятории и спиркулины

Виды осциллятории (более 100 видов) встречаются в планктоне морей и пресных вод, на дне и по берегам различных водоемов; в глубинных слоях воды, содержащих сероводород; в горячих источниках; некоторые образуют налеты на сырому песке или на почве, а также в сточных водах.

Виды спиркулины распространены в стоячих водоемах, где образуют свободноплавающие дерновинки или прикрепленные тонкие яркосинезеленые пленки.

Нанесите пипеткой каплю фиксированного материала на предметное стекло и накройте покровным стеклом. При малом увеличении видны нити спиркулины, скрученные в правильную спираль. **Рассмотрите строение спиркулины при большом увеличении и зарисуйте его.** Они сине-зеленого цвета, с хорошо заметными перегородками. На этом же препарате можно найти трихомы осциллятории сине-зеленого, реже желто-зеленого цвета, они прямые или слабо изогнутые. Все клетки осциллятории одинаковые по форме, за исключением верхушечной. Поперечные перегородки хорошо различимы не у всех видов, и границы между клетками можно угадать по цианофициновым зернам, которые обычно располагаются вдоль них правильными рядами. Внутри клетки различают бесцветную центроплазму и окрашенную хроматоплазму. **Зарисуйте таллом осциллятории.**

Размножаются осциллятория и спиркулина путем распада на отдельные участки - гормогонии, которые вырастают в новые нити.

Задание 3. Изучить колонии ностока

Микроскопические и макроскопические колонии ностока распространены как в воде, так и на суше.

Колонии ностока сливовидного (*N. pruniforme*), живущего на дне водоемов, макроскопические, шаровидные или эллипсоидные, окружены крепким перицертом. **Зарисуйте 1-2 колонии.**

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

Размножается носток гормогониями. У ностока сливовидного вначале появляются в большом количестве газовые вакуоли (в вегетативном состоянии они обычно отсутствуют). Происходит это в природных условиях весной, вскоре после таяния льда. Обычно зеленовато-коричневые колонии приобретают тогда сероватый, иногда даже молочный оттенок и в течение нескольких дней полностью расплываются. Клетки же становятся черновато-коричневыми, похожими на клетки планктонных анабен. В зависимости от условий газовые вакуоли сохраняются до десяти дней, но, в конце концов, исчезают; начинается образование слизистого чехла вокруг клеток и их интенсивное деление. Каждая нить или даже кусок нити дает начало новому организму (колонии).

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие водоросли объединяет отдел сине-зеленые водоросли?
2. Тип организации таллома сине-зеленых водорослей.
3. Гомоцитная и гетероцитная подформы в пределах трихомальной формы.
4. Строение клеток сине-зеленых водорослей (клеточная стенка, ядерный эквивалент, фотосинтетический аппарат, другие структуры).
5. Деление клетки сине-зеленых водорослей.
6. Вегетативное и бесполое размножение.
7. Роль в природе и хозяйственное значение сине-зеленых водорослей.
8. Какие из сине-зеленых водорослей относятся к классу хроококковые?
9. Какие из сине-зеленых водорослей принадлежат к классу гормогониевые?
10. Какие водоросли объединяет порядок осцилляториевые? Порядок ностоковые?
11. Строение и размножение осциллятории и спиркулины.
12. Строение и размножение ностока

Литература

1. Арнольди В.М. Введение в изучение низших организмов. М.-Л.: Государственное издательство, 1925. 355 с.
2. Белякова Г. А., Дьяков Ю. Т., Тарасов К. Л. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 320 с.
3. Белякова Г. А., Дьяков Ю. Т., Тарасов К. Л. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 320 с.
4. Вассер С. П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
5. Великанов Л. Л., Гаривова Л. В., Горбунова Н. П. и др. Курс низших растений. М.: Высшая школа, 1981. 504 с.
6. Горбунова Н. П.. Ключникова Е. С., Комарницкий Н. А. и др. Малый практикум по низшим растениям. М.: Высшая школа, 1976. 206 с.
7. Еленевский А. Г., Соловьева М. П., Ключникова Н. М. и др. Практикум по систематике растений и грибов: Учеб. Пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 160 с.
8. Жизнь растений. Т. 3. М.: Просвещение, 1977. С. 7-376.
9. Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника: В 2-х т. М.: Мир, 1990. 344 с.
10. Шаландина В.Т. Методические указания к практическому курсу по систематике низших растений. Казань: Изд-во КГУ, 1984. 40 с.