

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

С. В. Жадько, Н. М. Дайнеко

БОТАНИКА. НИЗШИЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ

Практическое руководство

для студентов специальности 1-31 01 01-02
«Биология»

Чернигов
2019

УДК 581.1
ББК 28.591 я73
Ж 15

Рецензенты:

кандидат биологических наук Н.И. Тимохина;
кандидат биологических наук А.В. Гулаков.

Рекомендовано к изданию методическим советом
биологического факультета
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Жадько С. В., Дайнеко Н. М.

Ж 15 Ботаника: Низшие сосудистые растения: практ. рук-во /
С.В. Жадько, Н. М. Дайнеко; М-во образования РБ, Гомельский
гос. ун-т им. Ф. Скорины. – 2-е изд., перераб. и доп. –
Чернигов: Десна Полиграф, 2019. – 48 с.

Практическое руководство ставит своей целью оптимизировать учебно-познавательную деятельность студентов по усвоению материала о низших сосудистых растениях. Оно может быть использовано как на лабораторных занятиях по соответствующим темам курса «Ботаника», так и для самостоятельной подготовки.

Адресовано студентам биологического факультета.

УДК 581.1
ББК 28.591 я73

© Жадько С. В., Дайнеко Н. М., 2019
© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2019

Содержание

Введение	4
Занятие 1. Отдел моховидные (Bryophyta), класс печеночные мхи (Marchantiopsida).....	5
Занятие 2. Отдел моховидные (Bryophyta), класс листостебельные (Bryopsida).....	15
Занятие 3. Отдел плауновидные (Lycopodiophyta) и отдел Хвощевидные (Equisetophyta).....	27
Занятие 4. Отдел Папоротниковидные (Polypodiophyta).....	34
Занятие 5. Отдел Голосеменные (Pinophyta).....	39
Литература	47

Введение

Практическое руководство по курсу «Ботаника» предназначено для студентов 2 курса специальности 1-31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)» составлено с целью повышения уровня усвоения учебного материала по курсу «Ботаника». Практическое руководство охватывает следующие темы: «Отдел моховидные (Bryophyta), класс печеночные мхи (Marchantiopsida)»; «Отдел моховидные (Bryophyta), класс листостебельные (Bryopsida)»; «Отдел плауновидные (Lycopodiophyta)»; «Отдел хвощевидные (Equisetophyta)»; «Отдел голосеменные (Pinophyta)».

Практическое руководство соответствует учебной программе курса «Ботаника». Материал по каждой теме (занятию) начинается с плана, затем следует изложение теоретической части, перечисляются материалы и оборудование, ставится цель занятия. Далее приведены лабораторные работы с комментариями по их выполнению, а также задания для самостоятельной работы студентов. В конце каждого занятия имеются вопросы, которые могут быть использованы преподавателем для текущего контроля усвоения знаний, а также студентами для самоконтроля.

При подготовке практического руководства использована информация, изложенная в пособиях и учебниках белорусских и российских ученых, приводится список использованных источников.

Руководство адресовано студентам специальности 1 – 31 01 01-02 – «Биология (научно-педагогическая деятельность)», может быть использовано студентами специальности 1-75 01 01 – «Лесное хозяйство», быть полезно для учителей биологии и студентов специализации «Ботаника».

Занятие 1. Отдел моховидные (Bryophyta), класс печеночные мхи (Marchantiopsida)

- 1 Общая характеристика отдела моховидные
- 2 Общая характеристика класса Marchantiopsida, или Hepaticopsida – Печеночники
- 3 Характеристика порядка Marchantiales – Маршанциевые

1 Общая характеристика отдела моховидные

Моховидные представляют собой особую ветвь эволюции высших растений, пошедшей по пути совершенствования гаплоидного поколения – гаметофита, который преобладает в жизненном цикле этих растений, долго и самостоятельно живет, тогда как диплоидный спорофит крайне редуцирован и, по существу, сведен до органа спороношения. У большинства мхов он состоит из более или менее сложно устроенной коробочки со спорами на очень короткой или несколько удлиненной ножке, заканчивающейся гаусторией (пятой). Самостоятельно жить спорофит не может, так как не имеет листьев и ризоидов, большей частью лишен устьиц и хлорофилла; он всю жизнь остается прикрепленным к гаметофиту и питается за его счет (паразитирует).

Жизнь гаметофита начинается с прорастания упавшей на землю или другой подходящей субстрат споры, причем очень быстро образуется напоминающий ветвящуюся нитчатую водоросль нитчатый организм – протонема, ювенильная (юношеская) стадия развития гаметофита. Сначала появляется нитевидный бесцветный вырост, углубляющийся в почву; он дает начало ризоидам. Затем формируются ветвящиеся зеленеющие части протонемы, которая постепенно разрастается на субстрате. Позднее на ней образуются многочисленные почки, которые дают начало так называемым гаметофорам – растеньицам мхов, столь часто встречающимся в природе, и у листостебельных мхов состоящим из стебля, покрытого мелкими листьями. На гаметофорах развиваются органы полового размножения – антеридии и архегонии. Позднее, с отмиранием протонемы, эти растения обособляются друг от друга, и таким образом сама протонема служит для вегетативного размножения мхов, обычно образующих плотные скопления, куртинки, иногда весьма крупные.

У бриевых мхов протонема большей частью нитевидная, у сфагновых и андреевых мхов – пластинчатая, у печеночников протонема развита слабо и часто представлена одной или несколькими клетками. Иногда из частей спорофита (ризоидов, колпачков) образуется вторичная протонема, имеющая диплоидный набор хромосом.

Гаметофоры мхов могут быть пластинчатой, слоевищной формы, как у маршанциевых и антоцеротовых мхов, или состоять из стебля, несущего листья и ризоиды, как у юнгерманиевых листостебельных, андреевых и бриевых мхов; у сфагновых мхов ризоиды отсутствуют. На гаметофорах развиваются органы полового размножения. У мхов распространены как двудомные, так и однодомные гаметофиты. Нередко у них встречается и многодомность, когда наряду с двудомными экземплярами развиваются и однодомные; часто выражен половой диморфизм. Антеридий обычно представляет собой удлиненное тело, сидящее на короткой ножке, покрытое крупноклеточной оболочкой, и содержит мелкоклеточную сперматогенную ткань. Архегоний колбовидной формы и состоит из узкой шейки и расширенного брюшка с яйцеклеткой. В канале шейки архегония располагаются брюшная канальцевая и несколько шейковых канальцевых клеток, которые к моменту созревания яйцеклетки расплываются, образуя узкий канал для прохождения сперматозоида.

Оплодотворение у мхов возможно только при наличии капельно-жидкой влаги, которая переносит вышедшую из антеридия и содержащую сперматозоиды слизь на архегоний. Далее сперматозоид под влиянием хемотаксиса устремляется во внутрь архегония и сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу.

Из зиготы в течение периода, длящегося от нескольких месяцев до двух лет, развивается спорофит (спорогон). У маршанциевых мхов он очень маленький, хорошо заметный только при увеличении, и состоит из шаровидной коробочки, очень короткой ножки, шейки и гаустории. У юнгерманиевых мхов он имеет внезапно удлиняющуюся ножку и обычно раскрывается четырьмя лопастями. Из листостебельных мхов у сфагновых спорофит тоже имеет шаровидную коробочку, вскрывающуюся круглой крышечкой и сидящую на короткой ножке. У андреевых мхов коробочка вскрывается четырьмя щелями и расположена на весьма короткой ножке (шейке). У бриевых коробочка, довольно сложно устроенная, на длинной ножке, вскрывающаяся крышечкой. Чаще всего коробочка мхов бывает

прикрыта колпачком – остатками брюшка архегония. Спорофиты всех моховидных прикрепляются к гаметофитам гаусторией (пятой), через которую осуществляется их питание. Исключение составляют антоцеротовые мхи: их спорофит несет устьица, имеет хлоропласты (хроматофоры) и в какой-то мере может питаться самостоятельно.

Созревающие в коробочках спорофитов моховидных споры высыпаются из нее. Причем иногда существуют специальные приспособления для их разрыхления – элатеры, у печеночных и антоцеротовых мхов; иногда они разбрасываются в результате работы перистома или резкого раскрытия коробочки. У подавляющего большинства мхов споры рассеиваются ветром, однако есть виды, споры которых распространяются насекомыми, обычно мухами, привлекаемыми неприятным запахом выделяемой коробочкой жидкости и яркой окраской нижней расширенной части коробочки – апофизы.

Современные моховидные – большая и древняя группа растений, насчитывающая от 22000 до 27000 видов и известная в ископаемом состоянии с карбона, хотя возникла она на Земле, по всей видимости, много раньше. В настоящее время отдел подразделяется на три класса: класс *Hepaticopsida*, или *Marchantiopsida*, – печеночники; класс *Anthocerotopsida* – антоцеротовые мхи; класс *Bryopsida* – листостебельные мхи. Из них наиболее обширные классы *Hepaticopsida* и *Bryopsida*.

Распространены моховидные на всех континентах: от высоких широт до тропиков и от уровня моря до весьма высоких отметок в горах, у границ вечных снегов. Растут они на почве, постройкиках, древесине и скалах, в тропиках нередко это эпифиты и эпифиллы, некоторые моховидные вернулись в водную среду или без ущерба для себя переносят временное затопление. Не встречаются они только вблизи соленых вод, в засоленных пустынях и в областях, где почвы подвергаются сильной эрозии.

Значение моховидных в природе хотя и мало заметно на первый взгляд, но, тем не менее, весьма важно. Они создают специфические условия в месте своего произрастания, способствуют накоплению влаги в толще своих живых и уже отмерших частей и принимают большое участие в регулировании водного баланса суши. В нижних слоях такого мохового покрова обычно происходит медленное заторфовывание растительных остатков. Иногда они могут играть и отрицательную роль, способствуя заболачиванию лугов и сырых лесов.

Животными (за исключением леммингов) в пищу мхи не употребляются, не повреждаются они также насекомыми, плохо разлагаются грибами и бактериями. Человек использует некоторые мхи, особенно сфагновые, как материал для укупорки, конопаченья деревянных построек, в медицине – в качестве повязок на раны; получают из мхов и прессованные плиты для нужд строительства.

2 Общая характеристика класса *Marchantiopsida*, или *Нератиопсиды* – Печеночники

Для представителей класса печеночников характерно дорзивентральное строение тела, представленного слоевищем, либо не дифференцированным на стебель и листья, либо разделенным на органы, но при этом растения распростерты по субстрату и сохраняют дорзивентральность. К субстрату печеночники прикрепляются ризоидами, расположенными на нижней стороне тела. Строение как талломных (слоевищных), так и листостебельных форм довольно разнообразно, хотя и не очень сложно. Спорофиты мелкие, коробочки лишены колонки и помимо спор в них развиваются удлиненные, снабженные спиральными утолщениями клетки – элатеры, которые способствуют разрыхлению и разбрасыванию спор. Протонема развита слабо и обычно недолговечна.

Распространены представители печеночников достаточно широко, особенно много их в тропических областях.

3 Характеристика порядка *Marchantiales* – маршанциевые

Сюда относятся только слоевищные растения, таллом которых обычно устроен очень просто, но иногда его строение достаточно сложное: на брюшной стороне слоевища располагаются брюшные чешуйки и ризоиды двух типов – простые и язычковые. Спорофиты мелкие, иногда предельно упрощенные, коробочки при созревании разламываются на неправильные куски или вскрываются в результате отбрасывания крышечки. В порядок маршанциевых входит ряд семейств. Наиболее обычно и широко распространено сем. *Marchantiaceae*, включающее в себя около 50 видов. Характерное растение этого семейства – *Marchantia polymorpha*. Встречается на влажной, освобожденной от других растений почве в лесах, по берегам ручьев, на кострищах, а иногда на огородах.

Таллом *M. polymorpha* дихотомически ветвится на широкие, более или менее тупые доли и прикреплен к почве многочисленными ризоидами, которые прикрыты несколькими рядами брюшных чешуек – амфигастрий (рисунок 1).



Рисунок 1 – Маршанция: 1 – талом с мужскими подставками, 2 – талом с женскими подставками [4]

Таким образом, брюшные чешуйки предохраняют ризоиды от пересыхания и создают условия для сохранения влаги между ними. Образуется как бы рыхлый фитиль из ризоидов, соединяющих тело растения с субстратом. Брюшные чешуйки – образования многоклеточные, состоящие из однородных и на поперечном срезе округлых клеток с довольно толстыми оболочками. Зеленая окраска у них отсутствует. Ризоиды у маршанции напоминают корневые волоски, причем некоторые из них несут на внутренней поверхности неправильной формы утолщения – так называемые язычковые ризоиды; ризоиды же, не имеющие утолщений, называются простыми (рисунок 2).

Верхняя поверхность таллома маршанции, в отличие от нижней, сероватой, темно-зелёного цвета, несколько лоснящаяся, с хорошо заметными темными полосками, проходящими в средней части таллома и его дихотомически ветвящихся лопастей. На верхней поверхности хорошо заметны небольшие, диаметром 2-3 мм, выводковые корзиночки – органы вегетативного размножения маршанции. На дне их лежат мелкие чечевицеобразные зеленые тельца – таллидии. Смываемые дождевой водой, они попадают на землю и прорастают в новое растение маршанции, развитие которого начинается в точке роста, заложенной в таллидии и сразу же дающей дихотомическое ветвление.

В начале лета на верхней поверхности маршанции появляются сначала бугорки, которые, разрастаясь, образуют так называемые подставки – антеридиофоры (андрозии) и архегониофоры (гиноэзии). Развиваются они на разных экземплярах маршанции,

представленной, таким образом, мужскими и женскими гаметофитами. Форма этих подставок разная: антеридиофоры имеют сравнительно короткую ножку, заканчивающуюся широколопастной плоской пластинкой, несколько шероховатой сверху, которая называется ложем антеридиофора; ножка архегониофора более длинная и заканчивается многолучевой зонтикообразной структурой – ложем архегониофора, с нижней стороны которого располагается сероватая рыхлая ткань, скрывающая архегонии.

Внутреннее строение гаметофита маршанции сложное. Сверху ее таллом покрыт слоем бесцветной верхней эпидермы, под которой расположены ромбовидной формы полости, ограниченные с боков перегородками из одного слоя бесцветных клеток, а снизу – слоями из крупных, в основном бесцветных клеток запасящей ткани (самый верхний их слой содержит некоторое количество хлоропластов). Со дна полостей поднимаются ярко-зеленые нитчатые или, чаще, ветвящиеся клетки-ассимиляторы (рисунок 2).

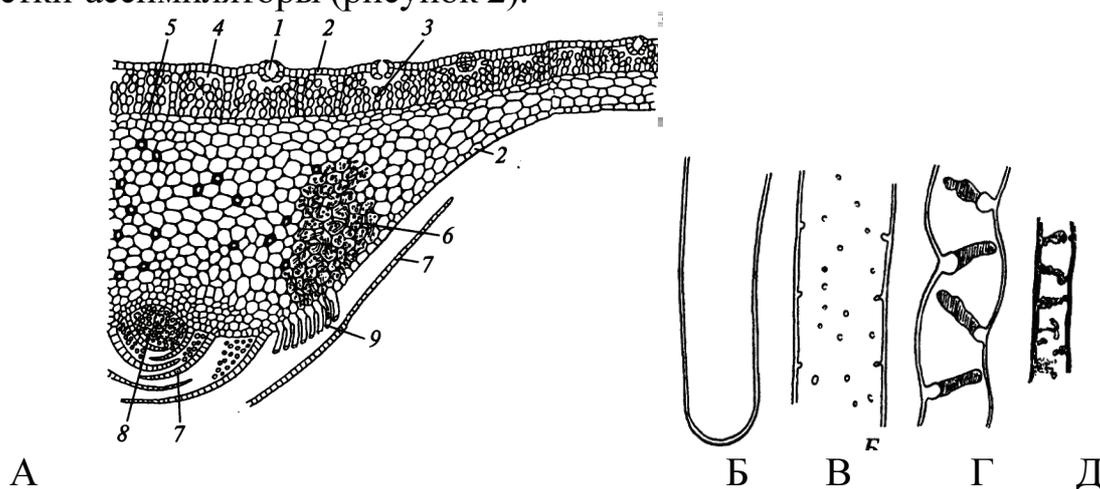


Рисунок 2 – Строение таллома маршанции:

А – поперечный разрез, Б – простой ризоид, В – ризоид переходного типа, Г, Д – язычковые ризоиды; 1 – устьице, 2 – эпидерма, 3 – хлоренхима, 4 – воздухоносная полость, 5 – волокно, 6 – паренхимные клетки с гифами, 7 – амфигастрии, 8 – язычковый ризоид, 9 – гадкостенный ризоид [9]

Своей формой они напоминают нитчатые ветвящиеся водоросли. Газообмен в этих полостях осуществляется через устьица (дыхальца), расположенные в центре каждой полости среди клеток верхней эпидермы. Устьица состоят из 16 клеток, изогнутых таким образом, чтобы ограничивать овальное отверстие устьица, и лежащих в четыре слоя по четыре клетки в каждом, один слой над другим. Устьица маршанции не способны закрываться. Ниже, под слоем

ассимиляционной ткани, лежит крупноклетчатая запасаящая и проводящая ткань, снизу таллома ограничивающаяся нижней эпидермой с многочисленными язычковыми и простыми ризоидами, покрытыми брюшными чешуйками.

Антеридиофор (андроэций) является своеобразным выростом таллома маршанции и имеет подобное ему строение (рисунок 3). Антеридиофор снабжен ассимилирующими клетками, расположенными в полостях, устьицами и ризоидами. Но на поперечном срезе через ложе антеридиофора видны крупные, овальные, сообщающиеся с внешней средой через узкий и несколько наискось расположенный канал антеридиальные камеры, в которых находятся антеридии. Сверху они покрыты крупноклетчатой оболочкой, внутри них лежит мелкоклетчатая сперматогенная ткань.

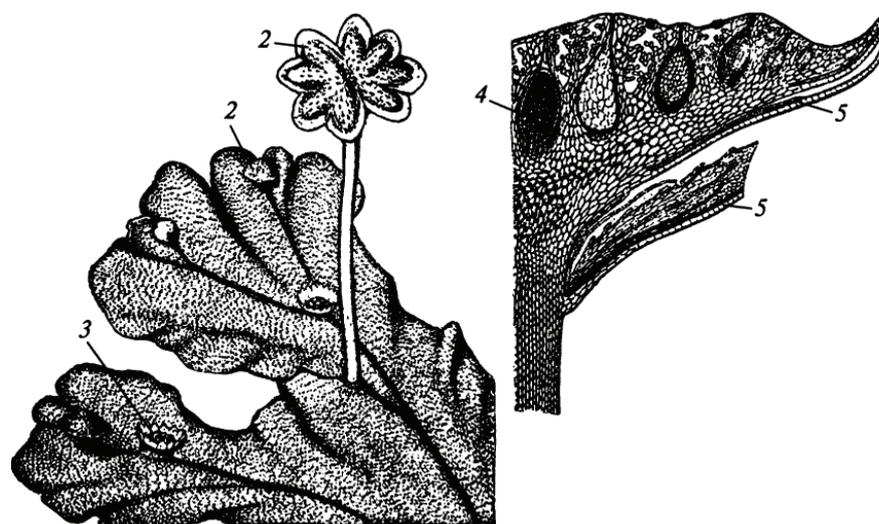
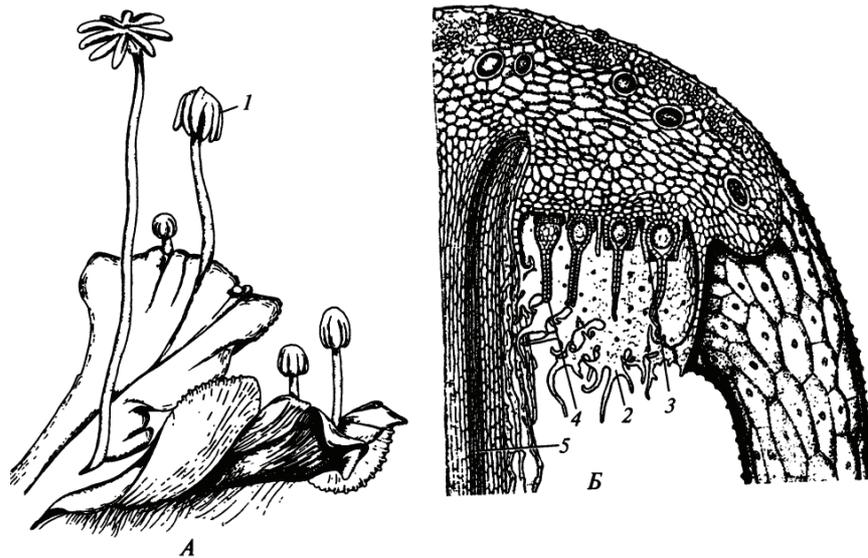


Рисунок 3 – Строение мужской подставки маршанции: А – внешний вид мужского таллома, Б – продольный радиальный срез мужского рецептакула; 2 – мужской рецептакул; 3 – выводковая корзинка (вместилище плодовых тел); 4 – антеридий; 5 – амфигастрия [9]

На поперечном срезе через ложе архегониофора, с его нижней стороны в рыхлой войлокообразной ткани у маршанции видны многочисленные архегонии колбовидной формы, образованные одним слоем клеток (рисунки 4, 5).

Нижняя вздутая часть архегония – брюшко – несет внутри яйцеклетку, брюшко переходит в суженную шейку. Каждый архегоний окружен кольцом или валиком ткани – частной оберткой, или перианцием; в свою очередь все многочисленные архегонии укрыты рыхлой тканью общей обертки, или перихецием.



. Рисунок 4 – Генеративные органы *Marchantia polymorpha*:
 А – женский таллом, Б – продольный радиальный срез межлучевого участка; 1 – рецептакул, 2 – перихеций, 3 – псевдоперинантий, 4 – архегоний, 5 – ризоиды [9]

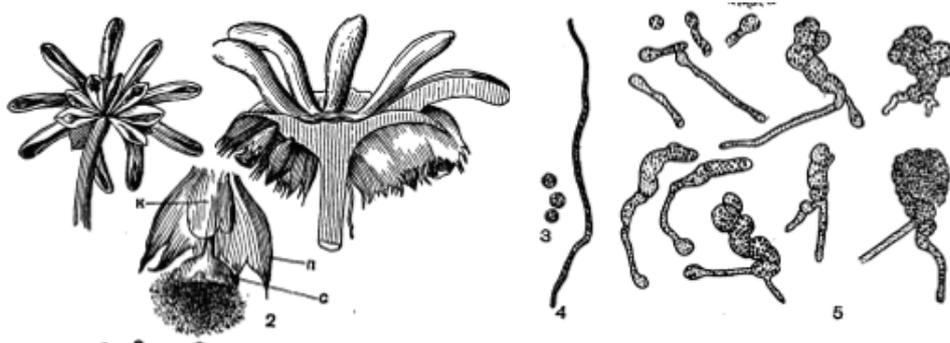


Рисунок 5 – Строение зрелой женской подставки: 1 – зрелая женская подставка со спорогонами (справа более зрелая, лучи подставки поднялись); 2 – ножка спорогона удлинилась, коробочка вскрылась, высыпаются споры и пружинки (с – стенка коробочки, п – перинантий, к – колпачок – калиптра); 3 – споры; 4 – пружинка; 5 – проращивание спор и молодые талломы) [4]

Созревающие в антеридиях сперматозоиды маршанции выходят вместе со слизью через канал на верхнюю поверхность антеридиофора и отсюда, подхваченные брызгами дождевой воды, должны попасть на нижнюю поверхность архегониофора. На обращенные вниз шейки архегониев. Таким образом, для оплодотворения яйцеклетки необходима капельно-жидкая влага. Дальше влекомые хемотаксисом сперматозоиды проникают в брюшко и сливаются с яйцеклеткой. Из образовавшейся зиготы начинает формироваться диплоидное поколение – спорофит, не

покидающий тканей растения – гаметофита. Зрелый спорофит не имеет хлорофилла и не может самостоятельно питаться, но он соединен присоской - гаусторией – с гаметофитом и паразитирует на нем. В коробочке со спорами содержатся пружинки – элатеры, способствующие разрыхлению спор. При закладке спор происходит редукция числа хромосом, в результате чего у маршанции споры гаплоидны. Созревшие споры, попадая на почву, прорастают в гаметофиты этого растения.

Спорофит состоит из шаровидной или слегка вытянутой коробочки со спорами и элатерами, просвечивающими через ее стенку, и небольшой гаустории, прикрепляющей коробочку к гаметофиту (рисунок 6). Сверху коробочка прикрыта остатками архегония (колпачком) и разрастающейся частной оберткой. Общая обертка, к осени тоже довольно сильно разрастаясь, закрывает многочисленные спорофиты. К моменту выхода спор ножка спорофита несколько удлиняется, коробочка разрывается и споры с элатерами выходят из нее в виде рыхлой желтой массы, хорошо видной невооруженным глазом.

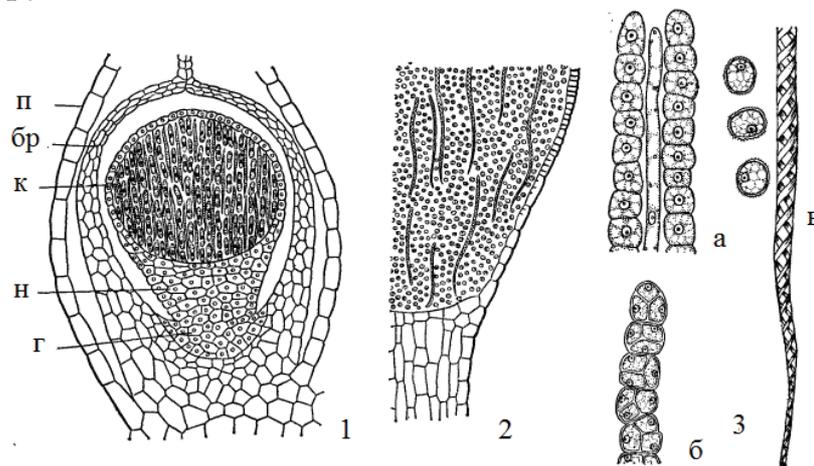


Рисунок 6 – Строение спорогония маршанции: 1 – молодой спорогон (к – коробочка, н – короткая ножка, г – гаустория, бр – брюшко архегония, п – разросшийся перианций); 2 – часть более старого спорогония (видны споры и пружинки); 3 – материнские клетки спор: а – два ряда материнских клеток спор и часть пружинки (удлиненная клетка), б – материнские клетки спор делятся с образованием тетрад, в – споры и пружинка [4]

Материалы и оборудование: гербарий моховидных, постоянные микропрепараты, микроскопы МБР – 1Е, таблицы, определители мхов, талом маршанции.

Цель: ознакомиться с особенностями строения, жизненного цикла и разнообразием мохообразных.

Задания

1 Ознакомиться с систематическим положением объекта исследований:

Отдел Моховидные – Bryophyta

Класс Печеночные мхи – Hepaticopsida

Подкласс Маршанциевые – Marchantiidae

Порядок Маршанциевые – Marchantiales

Семейство Маршанциевые – Marchantiaceae

Маршанция обыкновенная – *Marchantia polymorpha*

2 Рассмотреть талом маршанции и зарисовать его участок с выводковыми почками.

3 Схематично **зарисовать** жизненный цикл маршанции.

4 Задание для самостоятельной работы. Начать заполнение таблицы «Сравнительная характеристика таксонов высших растений»

Таблица 1 – Сравнительная характеристика таксонов высших растений

Название отдела	Представители	Строение спорофита, спор	Строение гаметофита, гамет	Строение заростка	Тип стели	Представители Красной книги РБ

Вопросы для самоподготовки

1. Каковы основные особенности строения имеют моховидные?
2. Каково строение гаметофита печеночных мхов?
3. Каково строение спорофита печеночных мхов?
4. Почему моховидные считаются слепой ветвью эволюции?

Занятие 2. Отдел моховидные (Bryophyta), класс листостебельные (Bryopsida)

- 1 Общая характеристика отдела моховидные
- 2 Особенности класса листостебельные мхи
- 3 Особенности строения и жизненного цикла представителей порядка сфагновые
- 4 Особенности строения и жизненного цикла представителей порядка зеленые мхи

1 Общая характеристика отдела моховидные

Общее число видов около 35 тыс.

В жизненном цикле моховидных, как и других высших растений имеется чередование двух фаз: спорофита и гаметофита. Однако, доминирует (преобладает) *гаметофит*, в то время как у всех других высших растений доминирует *спорофит*. Именно поэтому, моховидные рассматривают как самостоятельную боковую ветвь в эволюции высших растений.

Гаметофит обычно многолетний. Он представляет собой листовидный талом или растение в виде побега, расчлененного на стебель и листья. Корней нет, их функцию выполняют *ризоиды* – выросты поверхностных клеток тела. Органы полового размножения – многоклеточные. Спорофит, называемый у моховидных **спорогоном**, играет подчиненную роль. Он представляет собой цилиндрическую ножку, заканчивающуюся шаровидной, эллиптической или цилиндрической *коробочкой*, внутри которой образуется спорангий со спорами. Спорогон паразитирует на гаметофите, так получает от него воду и необходимую пищу. Максимальная длина тела (гаметофита и спорогона) – 60 см.

Моховидные распространены на всех континентах мира, но неравномерно. В тропических странах – преимущественно в горах. Незначительное число видов растет в засушливых условиях, например в степях. Некоторые виды ведут эпифитный образ жизни на корке деревьев или водный. Основное разнообразие видов сосредоточено во влажных местах Северного полушария, в областях с умеренным и холодным климатом. В сложении растительного покрова, особенно тундр, болот и лесов, им принадлежит видная роль.

Моховидные по своей организации и экологии еще близки к водорослям. Как и у водорослей, у них нет сосудов и корней. Некоторые

примитивные представители имеют вегетативное тело в виде стелющегося таллома с верхушечным (дихотомическим) ветвлением, похожего на таллом водорослей. Оплодотворение связано с водой. Среди моховидных, как и среди водорослей, нет одревесневающих форм.

2 Особенности класса листостебельные мхи

Общее число видов около 25 тыс.

Гаметофит представляет собой прямостоячую стеблевидную часть – *каулидий*, покрытую листовидными выростами – *филлидиями*). Условно их можно назвать стебель и листья. На нижней части стебля образуются многоклеточные ризоиды. В стебле развиты примитивные механические (*стереиды*) и проводящие (*гидроиды*, *лептоиды*) ткани, иногда есть водозапасающие клетки (*гиалиновые* в листьях, *гиалодерма* в стебле). Листья нередко имеют проводящий пучок, входящий как листовой след в стебель.

Ветвление боковое. Нарастание осей происходит в результате деления пирамидальной верхушечной клетки. Оно может быть моноподиальным или симподиальным. В соответствии с этим органы полового размножения и спорогон размещается на вершине гаметофита или боковых разветвлениях.

Спорофит имеет довольно длинную ножку, заканчивающуюся *гаусторией* (пятою), внутри несет *колонку*, либо доходящую до верхней части коробочки, либо нет и тогда имеющую куполообразную форму (у сфагновых мхов). В коробочке развиваются только споры, элатер нет. Протонема нитевидной или пластинчатой формы, хорошо развита.

Распространена эта группа мхов по всему земному шару. В природе листостебельные мхи, покрывая порой большие площади своим рыхлым многолетним ковром, играют заметную роль как фактор, регулирующий накопление и удержание влаги. В то же время они создают специфические условия для жизни разнообразных животных и других высших растений, обитающих вместе с мхами. В хозяйстве человека именно эти мхи находят применение как источник торфа, укупорочный материал и т. д.

3 Особенности строения и жизненного цикла представителей порядка сфагновые

Представители этого порядка имеют светлую, белесую, окраску, за что и получили свое название. Эта окраска обусловлена наличием

большого количества мертвых *гиалиновых* клеток, наполненных либо водой при увлажнении, либо воздухом при пересыхании. Растение густо покрыто листьями. Сфагновые мхи живут в очень влажной среде, поэтому у них нет ризоидов и влага поступает непосредственно в стебель. Последние, постоянно нарастая в длину, в основании постепенно отмирают и заторфовываются, вовлекая в этот процесс и другие растения или их отмершие части, в связи с чем и получили название торфяных мхов.

Спорофиты сфагновых мхов имеют шаровидную небольшую коробочку, вскрывающуюся круглой *крышечкой* с полупрозрачным *колпачком*, разрывающимся при созревании коробочки, колонка в коробочке куполообразная. Протонема пластинчатая, не очень долго живущая.

К этому порядку принадлежит только одно сем. Sphagnaceae, представленное единственным родом *Sphagnum*, широко распространены во всех зонах Земли, но особенно обилен он в умеренной зоне северного полушария.

Растение сфагнума состоит из более или менее длинного стебля, несущего многочисленные боковые веточки, покрытые мелкими листьями (рисунок 7).

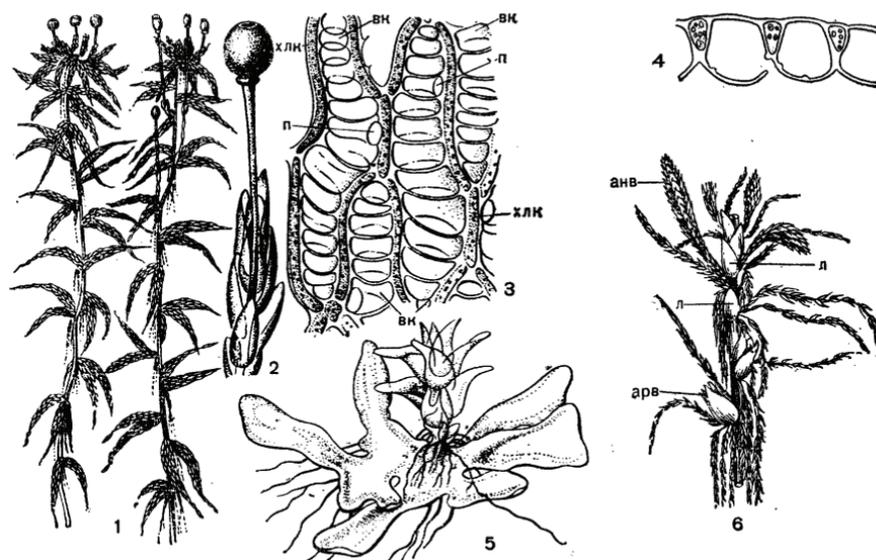


Рисунок 7 – Сфагнум:

1 – внешний вид, 2 – верхушка ветви со спорогоном, 3 – часть (увеличено) веточного листа (хлк – хлорофиллоносная клетка, вк – водоносная клетка, п – поры); 4 – поперечный разрез листа; 5 – протонема, 6 – часть стебля (ант – антеридиальные веточки, арх – архегониальные веточки, л – стеблевые листья) [4]

Иногда в верхней части стебель дихотомически ветвится, и впоследствии такие две веточки, обособившись друг от друга, могут дать самостоятельные растения. Ризоидов торфяной мох не имеет, а, постепенно отмирая снизу, нарастает верхней частью стебля. Здесь многочисленные боковые веточки образуют спутанную головку. На этих веточках располагаются архегонии и антеридии.

Анатомическое строение стебля сфагнома весьма примитивно. Снаружи он покрыт эпидермой (*гиалодермой*), обычно многослойной, мертвые клетки которой сообщаются друг с другом отверстиями и легко впитывают воду. Под эпидермой лежит слой механической ткани, или *склеродермы*, состоящей из клеток с сильно утолщенными оболочками, придающими стеблю прочность. В центре стебля располагаются паренхимные клетки, выполняющие проводящую и запасную функции.

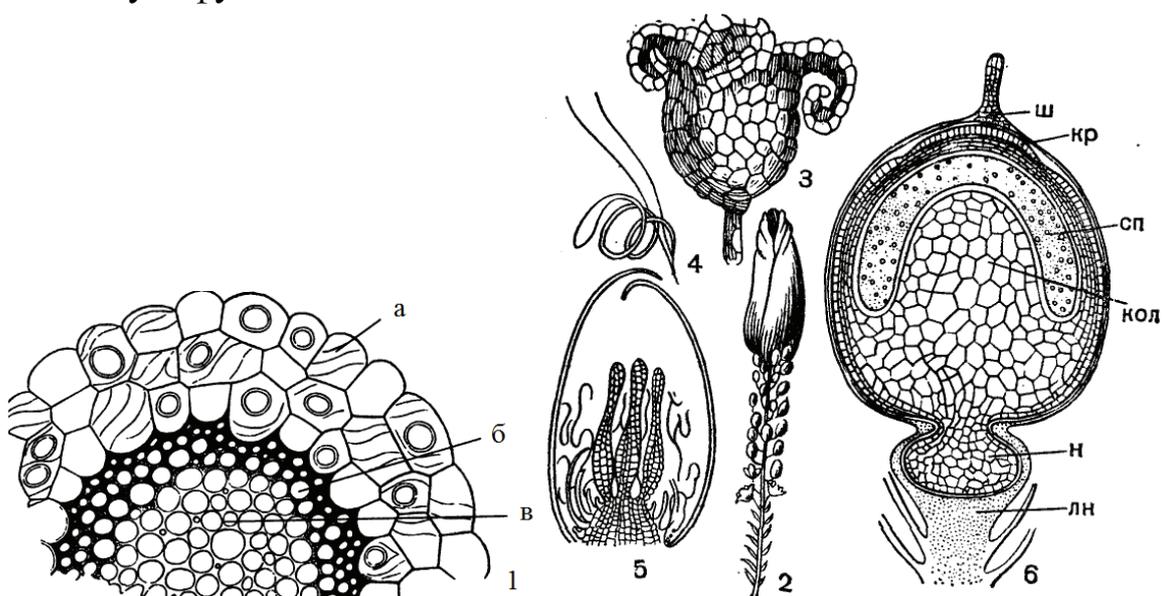


Рисунок 8 – Сфагнум: 1 – поперечный срез стебля: а – многослойной эпидермис, б – древесинный цилиндр, в – сердцевина; 2 – веточка с антеридиями; 3 – вскрывшийся антеридий; 4 – двужгутиковый асперматозоид; 5 – группа архегониев; 6 – спорогон (ш – остатки шейки архегония, кр – крышечка, сп – спорангий, кол – колонка, н – ножка спорогона, лн – ложная ножка) [4, 9]

Лист состоит из одного ряда клеток, резко различающихся как по структуре, так и по выполняемой функции. Одни из них живые, *хлорофиллоносные*, другие – мертвые, относительно более крупные, со спирально утолщенными стенками, пронизанные отверстиями, по строению сходные с водозапасающими клетками гиалодермы, их называют *гиалиновыми*. Гиалиновые клетки способны накапливать и

долго удерживать огромное количество воды, в 30-40 раз превышающее массу самого растения.

Цикл размножения этого растения такой же, как у всех моховидных: гаметофиты (однодомные и двудомные) развивают архегонии и антеридии. Антеридии образуются в пазухах листьев на разветвлениях стебля. Около них листья окрашены в красноватый цвет. Архегонии – на укороченных разветвлениях. В результате слияния сперматозоида с яйцеклеткой (оплодотворение происходит при наличии капельно-жидкой влаги) возникает зигота, с которой начинается диплоидная фазы – спорогон (рисунок 13).

Спорогон состоит из ножки и коробочки. Ножка сильно укорочена, луковичеобразная, но ко времени созревания спор верхушка стебля гаметофита сильно вырастает и выносит коробочку кверху (*ложная ножка*). Коробочка шаровидная, коричневая, суживается книзу и переходит в короткую шейку, которая в свою очередь переходит в расширенную гаусторию. В центре коробочки помещается округлая колонка, над которой размещен в виде свода спорангий со спорогенной тканью. Стенка коробочки прочная, многослойная. Коробочка имеет крышечку, которая во время созревания спор отскакивает, и споры рассеиваются. Элатер нет. Из спор образуется сначала зеленая пластинчатая протонема, а затем из почек, расположенных на ней, взрослый гаметофит, который и доминирует в жизненном цикле (рисунок 8).

Представители р. *Sphagnum* – это растения, обитающие в условиях избыточного увлажнения и благодаря особенностям своего строения способствующие накоплению влаги там, где они начинают разрастаться. Появление сфагнумов приводит к заболачиванию лугов, лесов, низин, а в дальнейшем к заторфовыванию этих мест вследствие неполного перегнивания растительных остатков, попавших в слои сфагнума и торфа. Для осушения болот осуществляют агрометриоративные работы. С другой стороны, старые болота имеют важное хозяйственное значение для разработки залежей торфа. Нарастание пласта торфа в наиболее благоприятных условиях происходит медленно – слой толщиной 1 см образуется примерно за 10 лет.

4 Особенности строения и жизненного цикла представителей порядка зеленые мхи

Этот обширный порядок включает в себя многочисленные семейства, в которые входят около 14 000 видов. Распространены

шире, чем сфагновые мхи. Живут в разнообразных экологических условиях: от тундры до степей и пустынь. Наиболее типичные местообитания бриевых мхов, где они доминируют или формируют сплошной покров, – тундра, болота и некоторые типы лесов. Каждому местообитанию свойственны свои виды. Бриевые мхи по сравнению со сфагновыми отличаются большим разнообразием строения. Органы полового размножения закладываются у одних видов на главной оси, у других – на боковых. У некоторых видов ветвление не выражено.

Характерной особенностью бриевых мхов, отличающей их от сфагновых, является зеленая окраска гаметофитов. У представителей зеленых мхов, как правило, хорошо выражен стебель, покрытый разнообразно устроенными листьями, есть ризоиды. Спорофиты зеленых мхов обычно несут сложно устроенную коробочку, окруженную у устья *перистомом*, колонку, достигающую верха коробочки, которая вскрывается крышечкой и сверху покрыта колпачком из остатков брюшка архегония. В нижней части коробочки имеется расширенная *апофиза*. Коробочка располагается на более или менее длинной ножке, заканчивающейся гаусторией. Протонема хорошо развита и имеет нитчатое строение.

Характерным и общеизвестным представителем зеленых мхов является широко распространенный и хорошо известный мох *Polytrichum commune*, кукушкин лен, из сем. Polytrichaceae, растущий в смешанных и еловых лесах. Растение кукушкина льна состоит из довольно длинного стебля, в нижней части несущего ризоиды, а выше покрытого жесткими темно–зелеными шиловидными листьями. Гаметофиты этого растения раздельнополы и хорошо отличаются друг от друга. Женские гаметофиты в верхней части стебля несут несколько сближенные листья, подобные тем, которые располагаются ниже по стеблю (рисунок 9). Между этими листьями помещаются архегонии, обращенные шейкой вверх и перемежающиеся с бесплодными *парафизами*. Мужские гаметофиты в верхней части стебля снабжены розеткой из несколько расширенных листьев, нередко окрашенных в красноватый цвет (так называемые *перигониальные* листья). Внутри этой розетки располагаются вытянутые антеридии, покрытые очень нежными крупными клетками и содержащие мелкоклеточную сперматогенную ткань. Антеридии перемежаются с крупноклеточными парафизами.

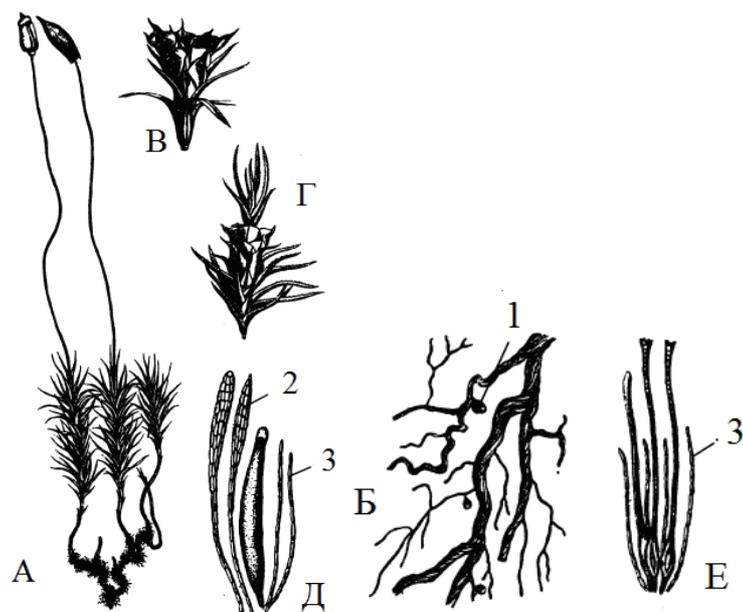


Рисунок 9 – Побеги и спорогонии кукушкина льна: А – побеги и спорогонии *Polytrichum commune*; Б – ризоиды с почками гаметофоров; В, Г – верхушка побега с перигонием (В) и пролиферирующий мужской «цветок» (Г), Д, Е – антеридий (Д) и архегонии (Е) с парафизами [9]

Стебель кукушкина льна весьма примитивного строения (рисунок 10). В центре находится концентрический проводящий пучок, состоящий из вытянутых клеток, сходных с трахеидами и ситовидными трубками. Он окружен паренхимой, также выполняющей проводящую функцию. С наружной стороны паренхима граничит со *склеродермой* (корой). Внешний слой ее, состоящий из бесцветных клеток, называют *гялодермой*.

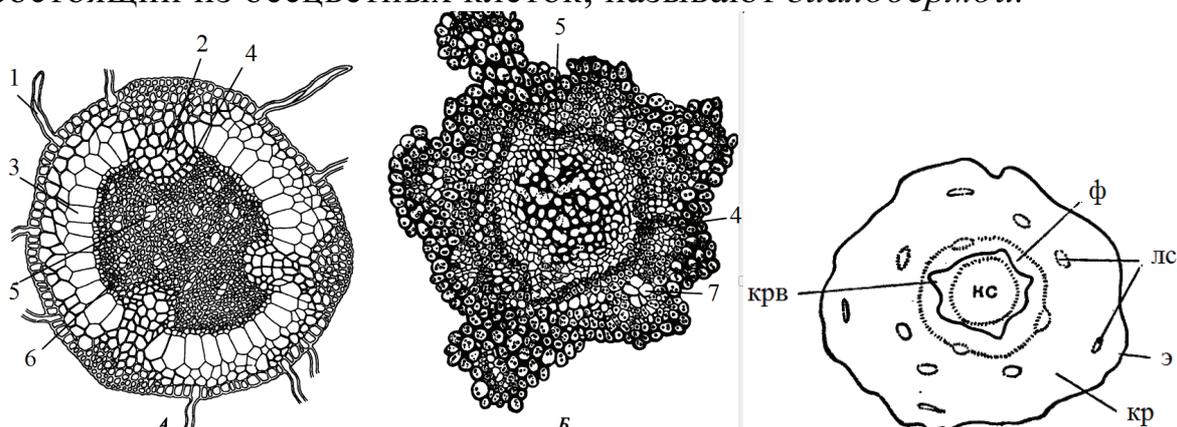


Рисунок 10 – Поперечный срез стебля кукушкина льна: А – поперечный срез корневища; Б – поперечный срез надземного побега: 1 – ризоид; 2 – листовый след; 3 – «эндодерма»; 4 – крахмалоносное влагалище (амилом); 5 – гидроид; 6 – стереиды; 7 – лептоид; [9]

Шиловидные листья кукушкина льна устроены весьма своеобразно. По верхней поверхности листа, вдоль его, располагаются параллельно идущие так называемые *ассимиляционные пластиночки*, ярко окрашенные в зеленый цвет и выполняющие не только функцию ассимиляции, но и впитывающие воду, которая задерживается между ними.

Верхняя поверхность листа образована клетками верхней эпидермы (брюшными клетками), нижняя – нижней эпидермы (спинными клетками). В средней части листа проходит жилка, состоящая из ряда крупных клеток, называемых иногда *указателями* и легко впитывающими воду в сырую погоду. Эти клетки окружены слоем водоносных клеток – гидроидов, и вторым рядом клеток с утолщенными оболочками – *стереидами* (рисунок 11). Когда клетки-указатели наполнены водой, они, разбухая, растягивают пластинку листа в поперечном направлении, и лист становится плоским. Наоборот, теряя воду, эти клетки теряют тургор, а с ним и напряжение, и лист сворачивается в трубку. Так осуществляется некоторая защита ассимиляционных пластиночек от испарения.

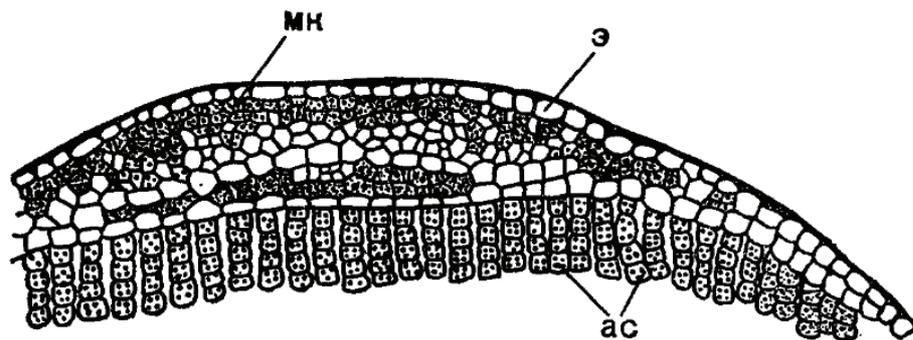


Рисунок 11 – Анатомическое строение листа кукушкина льна: э – эпидермис, ас – ассимиляторы, МК – механические клетки [6]

Спорофит внедряется в ткань гаметофита довольно длинной гаусторией, которую можно обнаружить, если выдернуть спорофит из растения гаметофита. Гаустория продолжается в длинную ножку, расширяющуюся в шейку (рисунок 12). Коробочка мха сверху прикрыта крышечкой, легко слетающей при созревании спор. Вход в коробочку прикрыт тонкой пленкой – *эпифрагмой*, по краю коробочки образуется венец из зубцов *перистома*, обладающих способностью к движению при изменении влажности воздуха. Во влажную погоду зубцы перистома прижимаются к эпифрагме и мешают вылету спор, в сухую погоду, наоборот, отодвигаются, открывая отверстия, через которые споры высыпаются. Внутри коробочки проходит колонка, окруженная

споровым мешком. Коробочка прикрыта поверх крышечки волокнистым колпачком, образовавшимся из брюшка архегония.

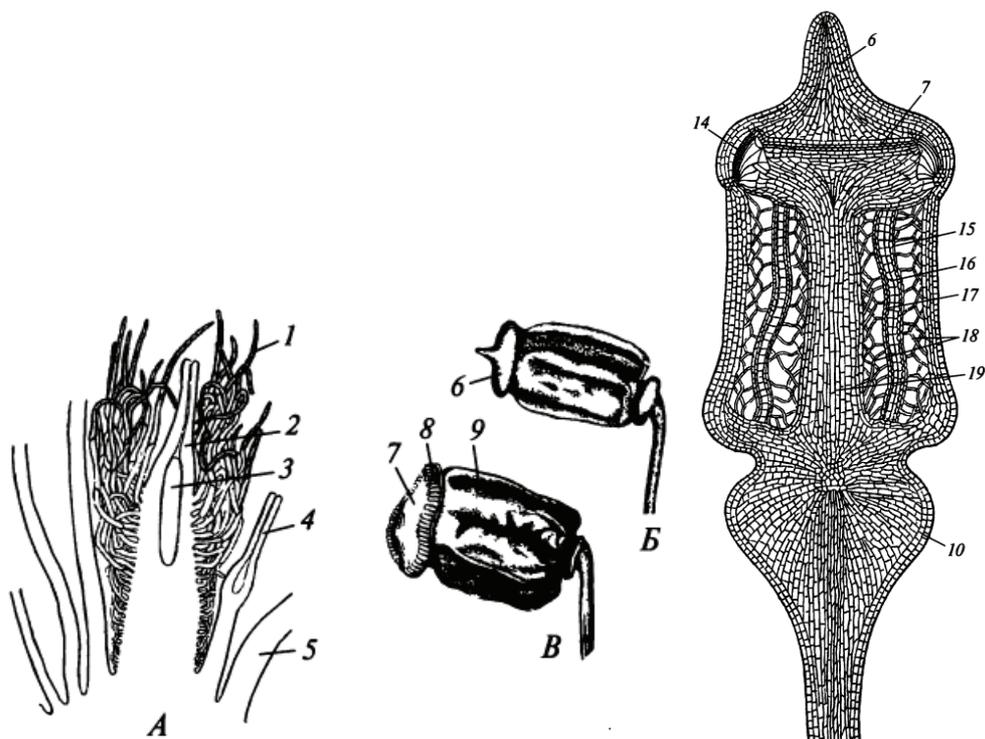


Рисунок 12 – Спорогоний кукушкина льна: А – продольный срез верхушки женского побега с зародышем; Б, В – зрелая не вскрытая (Б) и вскрытая (В) коробочки, Г – продольный срез коробочки: 1 – волосок; 2 – эпигоний; 3 – зародыш; 4 – неоплодотворенный архегоний; 5 – перихециальный лист; 6 – крышечка; 7 – эпифрагма; 8 – перистом; 9 – урночка; 10 – гипофиза; 14 – клетки зубца перистома; 15 – наружный спорный мешок; 16 – археспорий; 17 – внутренний спорный мешок; 18 – хлорофиллоносные нити; 19 – колонка [9]

Цикл размножения кукушкина льна характерный для всех моховидных. Оплодотворение может произойти только при наличии капельно-жидкой влаги, в которой должны плавать сперматозоиды. Из зиготы внутри архегония начинает развиваться довольно крупный спорофит, состоящий из коробочки со спорами, ножки и гаустории; при образовании спор происходит редукция числа хромосом (мейоз). Из споры сначала развивается нитчатая ветвистая протонема, очень похожая на зеленую водоросль, на которой через некоторое время возникают многочисленные почки, каждая из которых дает начало гаметофору – стеблю с листьями, несущему наверху антеридии или архегонии, перемежающиеся с парафизами (рисунок 14).

Материалы и оборудование: гербарий мхов, постоянные микропрепараты.

Цель: ознакомиться с особенностями строения, жизненных циклов и разнообразием мохообразных.

Задания

1 Ознакомиться с систематическое положение объектов исследований:

Отдел моховидные – Bryophyta

Класс листостебельные мхи – Bryopsida

Подкласс сфагновые мхи – Sphagnales

Семейство сфагновые – Sphagnaceae

Вид сфагнум узколистный – *Sphagnum angustifolium* L.

Подкласс зеленые мхи, или бурые мхи – Bryidae

Порядок политриховые – Polytrichales

Семейство политриховые – Polytrichaceae

Вид кукушкин лен обыкновенный – *Polytrichum commune* L.

2 Изучить особенности строения сфагновых мхов. Схематично зарисуйте жизненный цикл сфагнума (рисунок 13).

3 Рассмотрите под микроскопом строение листа сфагнума. Зарисуйте гиалиновые клетки с порами и утолщениями на оболочке и ассимилирующие клетки (хлорофиллоносные).

4 Изучить особенности строения зеленых мхов. Схематично зарисуйте жизненный цикл кукушкина льна (рисунок 14).

4 Задание для самостоятельной работы. Продолжите заполнение таблицы «Сравнительная характеристика таксонов высших растений»

Вопросы для самоконтроля

1 Какие черты строения и особенности жизненного цикла моховидных свидетельствуют об их близости к водорослям?

2 Какие признаки примитивного строения имеют сфагновые мхи?

3 Каково строение гаметофита кукушкина льна?

4 Опишите жизненный цикл кукушкина льна?

5 Каково соотношение гаметофита и спорофита в жизненном цикле мохообразных?

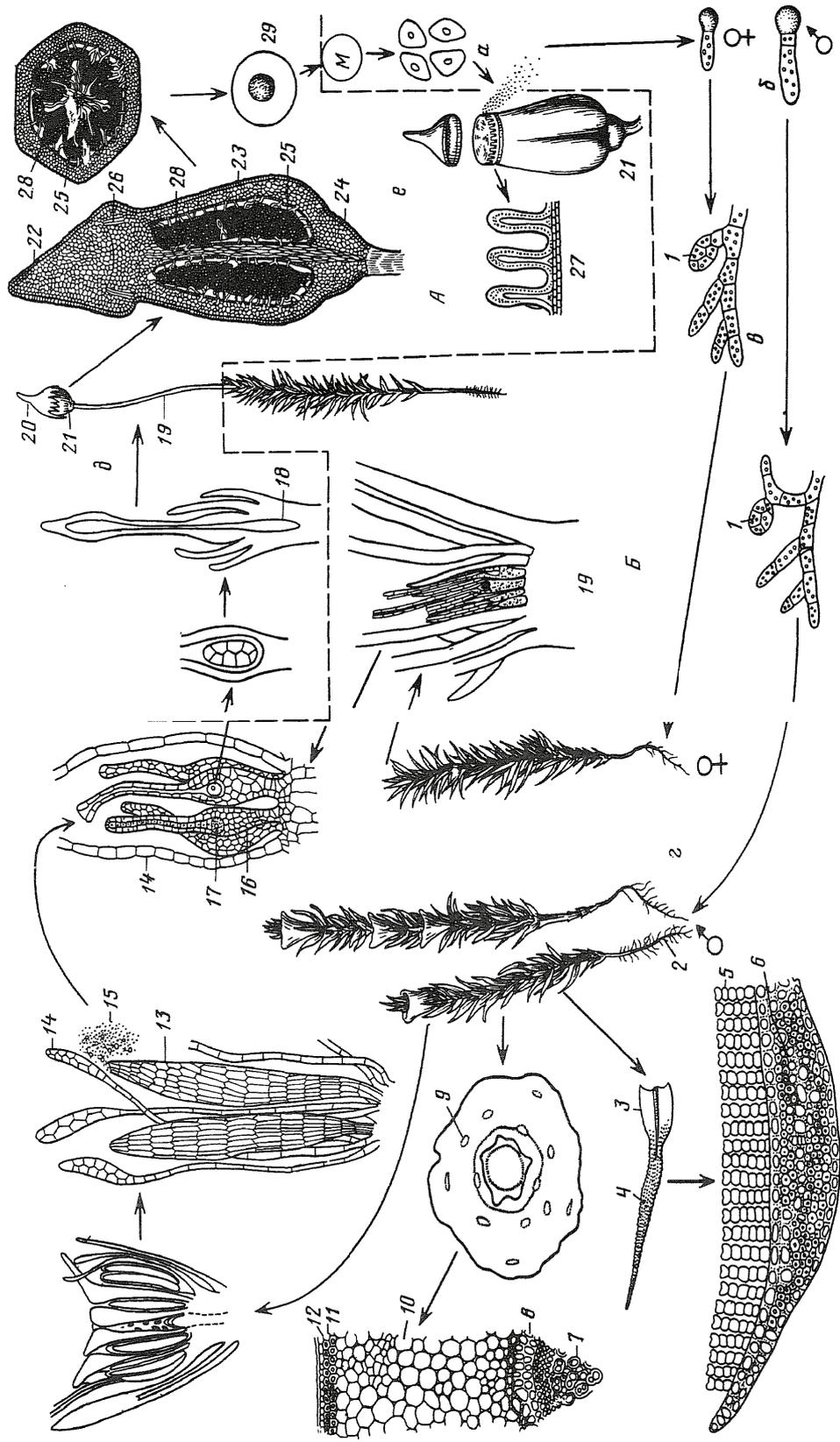


Рисунок 14 – Жизненный цикл кукушкина льна обыкновенного: А – спорогон, Б – гаметофит, М – мейоз; а – споры, б – прорастание спор, в – протонема, г – женский гаметофит, д – спорогон, е – коробочка; 1 – почка, 2 – ризоиды, 3 – влагалище, 4 – пластинка листа, 5 – ассимиляционные пластинки, 6 – жилка, 7 – клетки, выполняющие функции ксилемы, 8 – клетки, выполняющие функции флоэмы, 9 – листовые следы, 10 – паренхима, 11 – склеродерма, 12 – гиалодерма, 13 – антеридий, 14 – парафиза, 15 – спермагозоиды, 16 – архегоний, 17 – яйцеклетка, 18 – гаустория, 19 – ножка, 20 – колпачок, 21 – коробочка, 22 – крышечка, 23 – урночка, 24 – шейка, 25 – колонка, 26 – эпифрагма, 27 – спорангий, 28 – перистом, 29 – спорангийная клетка [6]

Занятие 3. Отдел плауновидные (Lycopodiophyta) и Отдел Хвощевидные (Equisetophyta)

1. Общая характеристика отдела плауновидные
2. Строение и размножение плауна булавовидного
3. Общая характеристика отдела Хвощевидные
4. Строение и размножение хвоща полевого

1 Общая характеристика отдела плауновидные

Плауновидные – одни из наиболее древних высших растений. Они представляют мелколистную линию эволюции. Такие листья возникли как поверхностные боковые выросты оси. Вначале они были лишены проводящих тканей, но постепенно листовые следы проникли внутрь выроста и образовались примитивные *микрофиллы*. Микрофиллы («маленькие листья») у некоторых ископаемых плаунов достигли в длину 1 м и более. Современные виды – многолетние вечнозеленые травянистые растения, среди вымерших были и древесные формы.

Спорофит имеет надземный побег с мелкими, иногда чешуевидными листьями. Они слабо дифференцированы, имеют 1-2 неветвящиеся жилки. Узлы и междоузлия выражены слабо. Подземная часть спорофита представлена корневищем с придаточными корнями. Ветвление подземных и надземных осей верхушечное. Спорангии располагаются на верхней стороне листьев (*спорофиллов*), собранных на концах осей в колоски. Споры одинаковой или разной величины.

Гаметофиты подземные, длиной 2-20 мм, питаются сапрофитно. Оплодотворение связано с водой.

Класс плауновые. Спорофиты – травянистые многолетние растения. Стебель и корень не имеют камбия. Споры одинаковой величины. Гаметофиты обоеполые, созревают в течение 1-15 лет. В современной флоре класс представлен двумя родами. Наиболее многочисленный и широко распространенный из них – род плаун. Хозяйственное значение их не велико. Животные их не поедают. Плауны служат сырьем для производства лекарств. Споры плаунов, содержащие невысыхающее масло, используют в качестве детской присыпки, иногда при фасонном литье, для обсыпания стенок моделей.

2 Строение и размножение плауна булавовидного

Плаун булавовидный широко распространен в хвойных лесах. Спорофит представлен длинным (до 3м) ползучим дихотомически

ветвящимся побегом с вертикальными ответвлениями и придаточными корнями (рисунок 15). Проводящий пучок расположен в центре стебля. Центральный цилиндр занимает небольшую часть. Широкая зона коры пронизана листовыми следами. Камбия нет. На поверхности стебля и листьев имеется эпидерма с устьичными аппаратами. Листовая пластинка линейная цельнокрайняя заканчивается длинным тонким волоском.

В середине лета на верхушках приподнимающихся побегов появляются *спорносные колоски*, расположены на довольно длинных ножках по два (реже по 3-5). Колосок цилиндрической формы, состоит из оси, на которой плотно сидят спорофиллы – чешуевидные треугольные листья с заостренными и загнутыми кверху верхушками. На верхней стороне спорофилла расположен на короткой ножке почковидный спорангий со спорами. Последние гаплоидные, образуются путем мейоза. Споры одинаковые, мелкие, тетраэдрической формы. Спородерма имеет два слоя: наружный – *экзину*, и внутренний – *интину*.

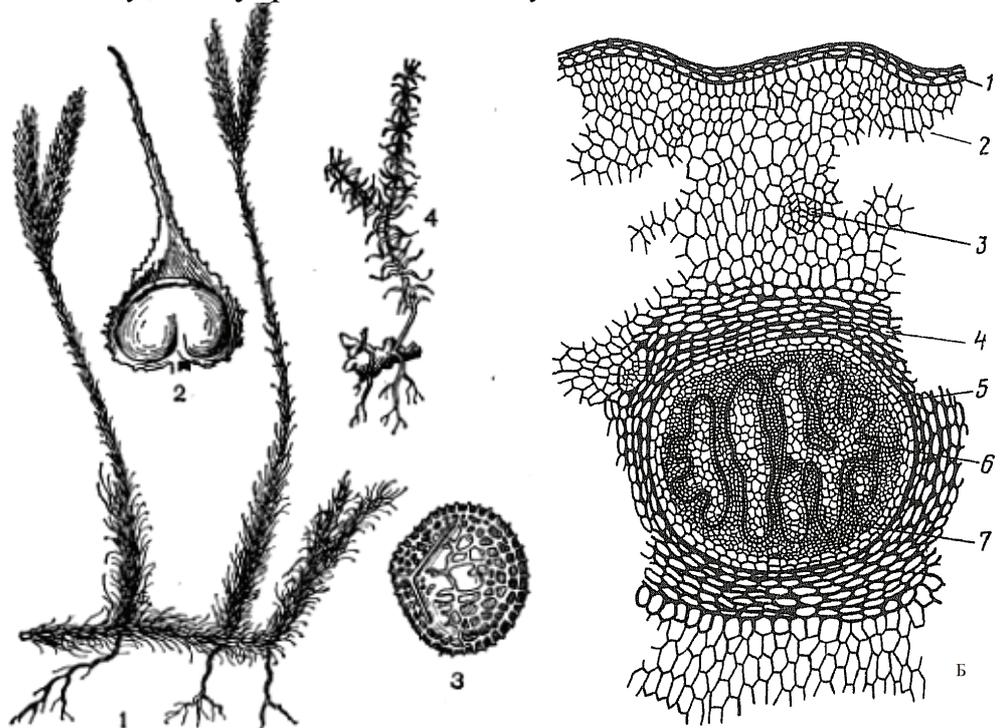


Рисунок 15 – Плаун (*Lycopodium clavatum*): 1 – общий вид, 2 – спорофилл, 3 – спора, 4 – проросток (молодой спорофит), еще связанный с заростком; Б – поперечный срез стебля: (1 – эпидерма; 2 – паренхима коры; 3 – листовый след; 4 – механическая ткань; 5 – эндодерма; 6 – ксилема; 7 – флоэма) [6]

Спорангий растрескивается поперечной щелью. Споры падают на землю, и на глубине нескольких сантиметров из них медленно, в течение 12-15 лет, развивается гаплоидный *заросток* – гаметофит (рисунок 16). По форме он напоминает луковичку, позднее разрастается

и становится блюдцевидным диаметром до 2 см. Гаметофит бесцветный, от нижней его стороны отходят *ризоиды*. Через них в заросток вырастают гифы гриба, образуя своеобразную микоризу. У некоторых видов гаметофит образуется на поверхности почвы, и тогда в его клетках появляются хлоропласты.

Антеридии и архегонии размещены на верхней стороне заростка и погружены в паренхимную ткань. Сперматозоиды многочисленные, двухжгутиковые. Оплодотворение связано с водой. Зигота не имеет периода покоя, из нее сразу же образуется зародыш спорофита. Он вначале внедрен в ткань гаметофита и в какой-то мере питается за его счет, но вскоре корни его проникают в почву, и начинается долгая самостоятельная жизнь спорофита.

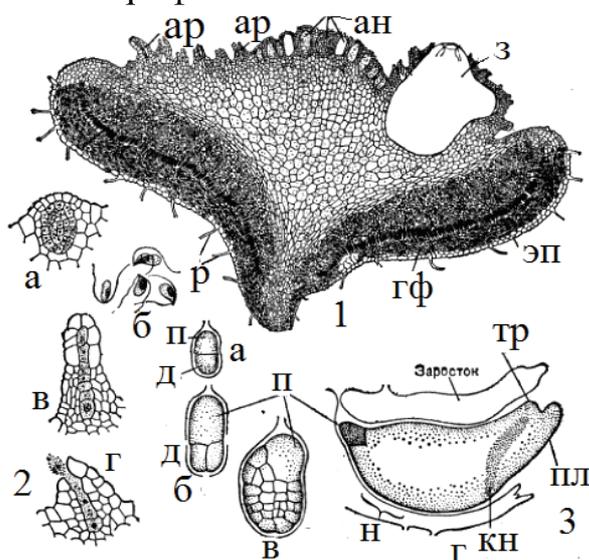


Рисунок 16 – Плаун: 1 – подземный заросток (ан – антеридий, з – зародыш, эп – эпидермис, гф – гифы гриба, р – ризоиды); 2– антеридий и архегоний: а – антеридий, д – сперматозоид, г – молодой архегоний, г – вскрывающийся архегоний; 3 – строение и развитие зародыша: а – оплодотворенная яйцеклетка (зигота) поделилась поперечной перегородкой, образовав 2 клетки – п и д; б – клетка п больше не делится и образует подвесок, клетка д делится продольной перегородкой, в – дальнейшее деление клеток зародыша, г – зародыш с дифференцированными органами (п – подвесок, н – ножка, тр – точка роста, пл – первый лист, кн – корень [6])

3 Общая характеристика отдела Хвощевидные

Хвощи произошли от проптеридиофитов, хотя пути их развития не совсем ясны. Появились хвощи в нижнем девоне, наибольшего разнообразия достигли в карбоне, когда древесный ярус заболоченных тропических лесов в значительной мере состоял из хвощевидных.

Древовидные представители полностью вымерли, в современной флоре сохранились только травянистые.

Характерная особенность спорофита – боковое ветвление с мутовчатым расположением боковых побегов. Листья также собраны в мутовки. Узлы и междоузлия четко выражены. При основании междоузлий часто имеется интеркалярная меристема. Листья редуцированные, от средних до мелких, с одной средней жилкой. Спорангии расположены на спорангиофорах – гомологах спорофиллов, но отличающихся от них структурой. Хвощевидные бывают как равно-, так и разнospоровыми. Кроме того, выражен гетероталлизм – из одинаковых по размеру спор образуются разнополюе гаметофиты. Спородерма, кроме интины и экзины, имеет еще наружный слой – перину. Она состоит из двух спирально закрученных лент – элатер, прикрепленных к экзине. Элатеры выполняют двойную функцию: распространения спор и соединения спор в группы, что обеспечивает совместное произрастание мужского и женского гаметофитов.

Гаметофиты мелкие, величиной в несколько миллиметров, зеленые, одно- или обоополье. Оплодотворение связано с водой. Зародыш не имеет периода покоя.

Отдел подразделяют на четыре класса: Гиениевые, Клинолистные, Каламитовые, Хвощовые. Первые три вымерли. Хвощовые представлены в современной флоре обоих полушарий. Класс хвощовые включает один род – хвощ. Общее число видов 30-35, в Белоруссии – 8. Растут преимущественно в условиях влажных местообитаний. Надземные побеги у хвощей, как правило, однолетние. У большинства видов стенки клеток инкрустированы кремнеземом, что обесценивает их кормовое значение. Многие виды – трудно искореняемые сорняки пастбищ и полей, особенно с кислыми почвами (хвощ полевой). Некоторые виды ядовиты для домашних животных (хвощ болотный). Хвощи используют как лекарственные растения. Стебли их используют вместо наждачной бумаги.

4 Строение и размножение хвоща полевого

Хвощ полевой – один из наиболее распространенных видов. Это многолетнее травянистое растение. Растет на полях и залежах как сорняк. Его подземная часть представлена корневищем, проникающим в почву на глубину од 1 м.

Надземные побеги двух видов: спороносные, возникающие ранней весной, и стерильные, образующиеся позже и вегетирующие до поздней осени (рисунок 17). У других видов хвоща надземные побеги одинаковы. Стерильный побег мутовчато-разветвленный, зеленый,

ребристый, в узлах несет сросшиеся в трубку листовые влагалища, заканчивающиеся черными с белой каймой зубцами. Зубцы представляют собой редуцированные листовые пластинки.

Так как листья редуцированы, органом фотосинтеза служит стебель. На поверхности он имеет однослойную эпидерму с устьичными аппаратами. Под эпидермой расположена кора, состоящая из участков механической и ассимиляционной ткани. Под ними лежит слой основной паренхимы, пронизанный крупными полостями. Заканчивается первичная кора эндодермой. Центральный цилиндр в центре имеет сердцевину из основной паренхимы, клетки которой со временем расходятся, образуя полости. Проводящие ткани собраны в пучки, расположенные по периферии центрального цилиндра. Пучки коллатеральные, закрытые, стебель, как и корень, неспособен к вторичному утолщению.

Спороносные побеги более толстые, бурые, без хлорофилла, неветвистые, высотой 15-30 см. Они также охвачены в узлах трубчатым влагалищем с 8-9 крупными зубцами. Спороносные колоски образуются на верхушке. После спороношения эти побеги отмирают. Спорангиофор состоит из шестигранного щитка, ножки, прикрепляющей щиток к оси колоска, мешковидных спорангиев (6 штук), расположенных по нижнему краю щитка. Споры, образующиеся в результате мейоза, одинаковой величины. Элатеры имеют вид спирально закрученных лент с ложковидными расширениями на концах.

На почве из спор вырастают хлорофиллоносные гаметофиты в виде лопастных пластинок, физиологически различные. Одни из них – мужские, с антеридиями, формирующими многожгутиковые сперматозоиды, другие, более крупные – женские – с архегониями. Оплодотворение связано с водой. Зародыш спорофита не имеет периода покоя.

Материалы и оборудование. Гербарий плаунов. Споры плауна булавовидного. Гербарий хвощей, споры хвоща полевого, Микроскопы МБР – 1Е, препарировальные иглы, чашки Петри, предметные и покровные стекла, склянки с водой, пипетки, фильтровальная бумага, таблицы. Определитель высших растений.

Цель: ознакомиться с основными представителями отделов плауновидные и хвощевидные, изучить их строение, размножение, распространение.

Задания

1 Ознакомиться с систематическим положением объектов исследования. *Записать систематику:*

Отдел Плауновидные – Lycopodiophyta
Класс плауновидные – Lycopodiopsida
Порядок плауновидные – Lycopodiales
Семейство плауновые – Lycopodiaceae
Вид плаун булавовидный – *Lycopodium clavatum* L.
Отдел хвощевидные – Equisetophyta
Класс хвощовые – Equisetopsida
Семейство хвощовые – Equisetaceae
Хвощ полевой – *Equisetum arvense* L.

2 Ознакомиться с основными представителями изучаемых отделов, представленными в гербарии. Используя определители высших растений, **записать** диагностические признаки плауна булавовидного и плауна годичного. **Записать** диагностические признаки хвоща полевого, хвоща лугового, хвоща лесного, хвоща зимующего.

3 Приготовить препарат со спорами. Для этого иголкой перенести небольшое количество спор на предметное стекло. Рассмотреть при малом увеличении. **Зарисовать** несколько спор.

4 Выполнить поперечный срез стебля плауна, зарисовать и сделать обозначения всех тканей.

5 Схематично **зарисовать** жизненный цикл плауна булавовидного.

6 Приготовить препарат со спорами хвоща. Для этого иголкой перенести небольшое количество спор на предметное стекло. Рассмотреть при малом увеличении. **Зарисовать** несколько спор.

7 Схематично **зарисовать** жизненный цикл хвоща полевого.

8 Задание для самостоятельной работы. Продолжите заполнение таблицы «Сравнительная характеристика таксонов высших растений»

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные признаки представителей отдела плауновидные?
2. Каково хозяйственное значение плаунов?
3. Чем представлен спорофит плауна булавовидного?
4. Какое строение имеет гаметофит плауна булавовидного?
5. Каково анатомическое строение стебля плауна?
6. Что такое микрофилльный лист?
 1. Какими признаками характеризуется отдел хвощевидные?
 2. Каково анатомическое строение стебля хвоща полевого?
 3. Каково строение спороносного колоска хвоща полевого?
 4. Каковы особенности образования и строения гаметофита хвоща полевого

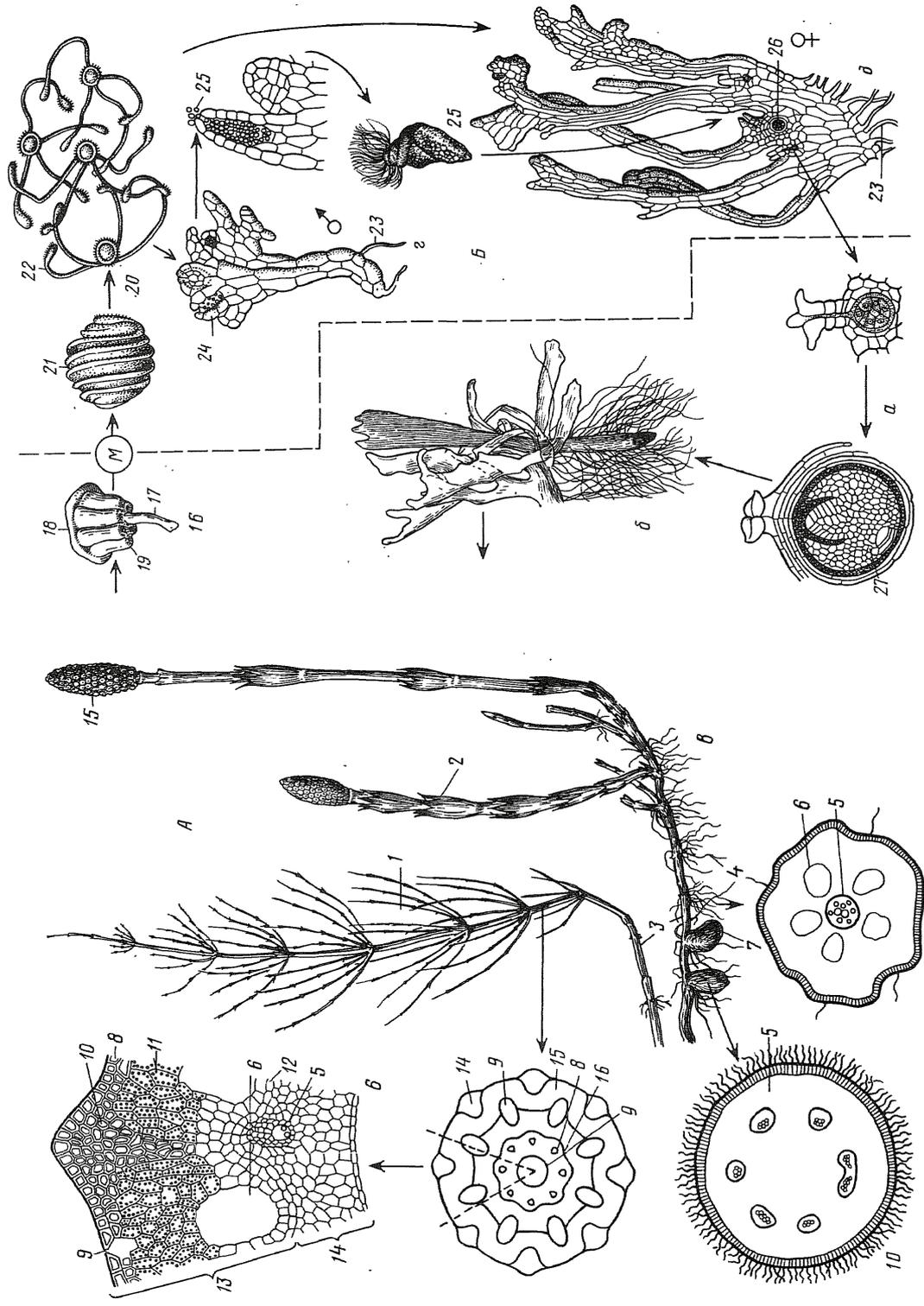


Рисунок 17 – Жизненный цикл хвоща: А – спорофит, Б – гаметофит, М – мейоз; а – деление зиготы, б – зародыш спорофита, в – взрослый спорофит, г – таллом мужского гаметофита, д – таллом женского гаметофита; 1 – стерильный побег, 2 – спороносный побег, 3 – корневище, 4 – придаточный корень (внешний вид и схема поперечного разреза), 5 – проводящий пучок, 6 – полость, 7 – клубень (внешний вид и схема поперечного разреза), 8 – эпидерма, 9 – устьичный аппарат, 10 – механическая ткань, 11 – ассимиляционная паренхима, 12 – эндодерма, 13 – кора, 14 – центральный цилиндр, 15 – спороносный колосок, 16 – спорангиофор, 17 – ножка, 18 – щиток, 19 – спорангий, 20 – спорангий, 21 – перина, 22 – элагера, 23 – ризоиды, 24 – антеридий, 25 – сперматозоид, 26 – архегоний, 27 – зародыш спорофита

Занятие 4. Отдел Папоротниковидные (Polypodiophyta)

1 Общая характеристика отдела папоротниковидные

2 Строение и особенности жизненного цикла щитовника мужского

1 Общая характеристика отдела папоротниковидные

Папоротниковидные возникли в одно время с хвощевидными. В настоящее время их насчитывают более 10 тыс. видов. Распространены они по всему земному шару в разнообразных местообитаниях. Наиболее разнообразны они во влажных лесах.

Спорофиты древних папоротниковидных были древесными растениями с колонновидными, неветвящимися стволами, имеющими радиальную симметрию. Современные папоротниковидные – в большинстве случаев многолетние травянистые растения.

Папоротниковидные представляют крупнолистную линию эволюции (мегафиллия). Листья длительное время нарастают верхушкой. Это позволяет считать, что они образовались путем уплощения талломов, их называют *вайями*. В большинстве случаев листья совмещают две функции: фотосинтез и спороношение. У некоторых верхние вайи специализировались на спороношении, нижние – на фотосинтезе. Большинство видов – равноспоровые, но есть и разноспоровые.

Гаметофит чаще обоеполый. У видов умеренной зоны таллом сердцевидный, у видов тропической зоны – нитевидный или ветвистый. Приспособлен к жизни во влажных условиях. Оплодотворение связано с водой. Гаметофит как бы застыл на уровне водорослевого периода, поэтому, не смотря на то, что спорофит – вполне сухопутное растение, папоротниковидные так и не смогли «завоевать» сушу.

Папоротниковидные – важный компонент многих растительных сообществ. Они – объекты декоративного цветоводства, а также сырье для получения лекарств.

Существующие папоротники относят к трем из семи классов: Ужовниковые, Мараттиопсиды и Полиподиопсиды.

2 Строение и особенности жизненного цикла щитовника мужского

Большинство наших папоротников относится к порядку равноспоровые класса полиподииды. Щитовник мужской широко распространен в лиственных лесах, на сырых тенистых местах.

Спорофит – многолетнее травянистое растение до 1 м высотой. Побег представлен подземным корневищем. Оно короткое, толстое черно-бурого цвета, с хорошо выраженным дорсивентральным строением (верхняя поверхность несет черешки листьев, нижняя толстые придаточные корни) и заканчивается верхушечной почкой, состоящей из конуса нарастания, окруженного молодыми листьями.

Корневище снаружи покрыто эпидермой (рисунок 18). Под ней расположена кора, наружный слой которой состоит из механической ткани. Центр центрального цилиндра занимает сердцевина. Концентрические проводящие пучки расположены по периферии центрального цилиндра. Камбия нет.

Листья крупные. Черешок густо покрыт бурыми пленками. Пластинка в очертании эллиптически-продолговатая, двоякоперисто-рассеченная. Сегменты первого порядка расположены поочередно, заостренные; сегменты второго порядка с зубчатым краем и тупой верхушкой. Снаружи листа находится эпидерма, клетки которой содержат хлоропласты. На нижней эпидерме много устьичных аппаратов. Мезофилл листа губчатый, проводящие пучки такого же строения, как и в корневище.

На нижней стороне листа вдоль средних жилок сегментов второго порядка расположены группы спорангиев – *сорусы*, покрытые сверху покрывальцем (*индузием*) почковидной формы, прикрепленным к выросту листа – *плаценте*. Спорангий имеет форму чечевицы с длинной ножкой и также прикреплен к плаценте. Оболочка спорангия многослойная, однослойная. Среди тонкостенных клеток имеется ряд клеток с подковообразно утолщенными стенками, узкой полосой опоясывающий спорангий. Кольцо этих клеток не смыкается. При подсыхании спорангия клетки кольца сжимаются и происходит разрыв оболочки в тонкой части и освобождение спор. Споры одинаковой величины, имеют овальную форму и бугорчатую поверхность. При образовании спор происходит мейоз.

Из споры, попавшей в благоприятные условия, вырастает гаметофит (заросток). Он имеет вид зеленой округло-сердцевидной пластинки, диаметром до 4 мм, к почве прикреплен ризоидами. На нижней стороне, вблизи от выемки, расположены архегонии с брюшком, погруженным в ткань гаметофита, а в ризоидальной части – округлые антеридии. Оплодотворение связано с водой. Из зиготы вырастает зародыш спорофита (рисунок 19).

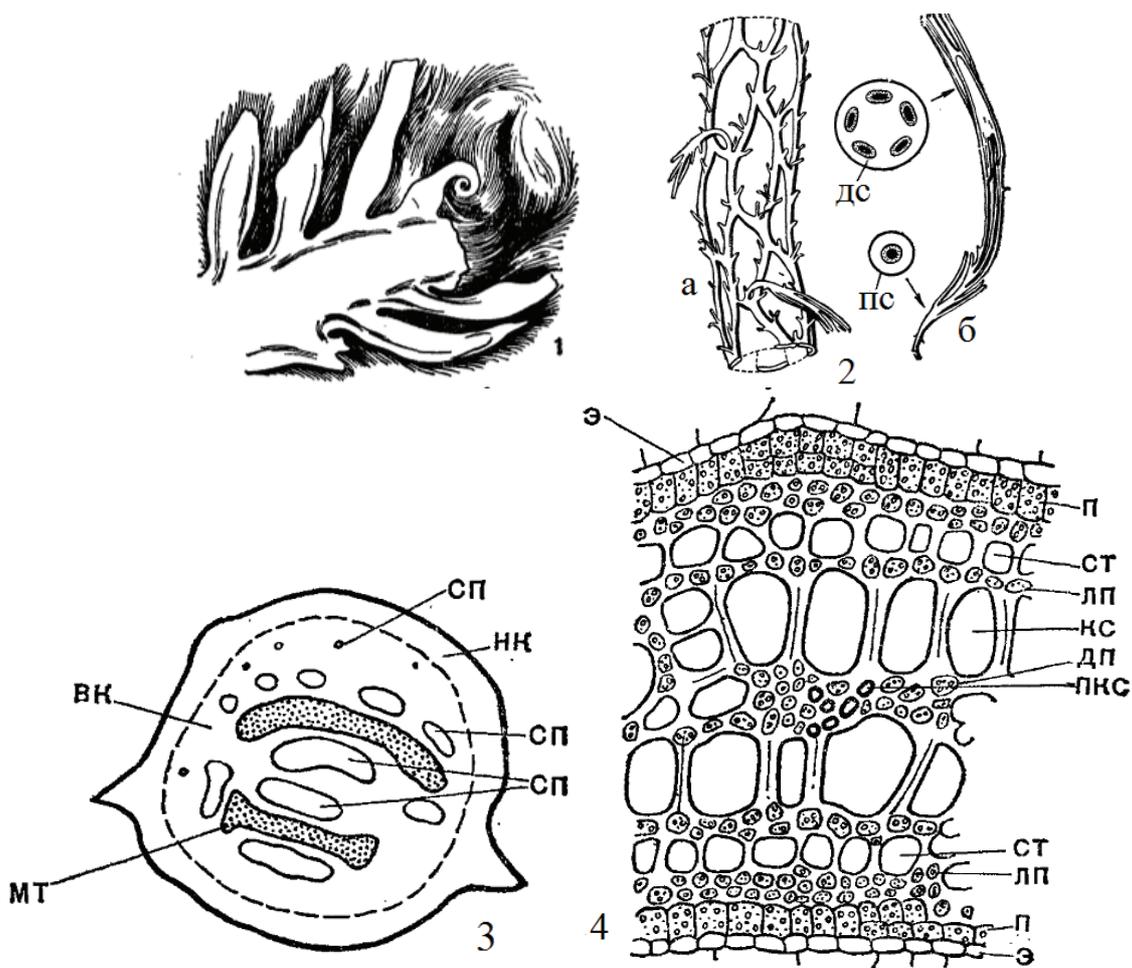


Рисунок 18 – Строение корневища папоротника:

1 – продольный разрез верхушки корневища; 2 – проводящая система стебля (отмацерирована): а – строение диктиостели; б – переход от протостели к диктиостели (пр – протостель, дс – диктиостель); 3 - схема поперечного среза корневища; 4 – детальное строение (э – эндодерма, п – перицикл, ст – ситовинные трубки, лп – лубяная паренхима, дп – древесинная паренхима, пкс – первичная ксилема, кс - ксилема [6])

Материалы и оборудование: гербарий папоротников, постоянные микропрепараты, микроскопы МБР – 1Е, таблицы, определители высших растений,

Цель: ознакомиться с особенностями строения, жизненного цикла и разнообразием папоротниковидных.

Задания

1 Ознакомиться с систематическим положением объекта исследований:

Отдел Папоротниковидные – Polypodiophyta
Класс Полиподиопсиды – Polypodiopsida
Порядок Равноспоровые полиподииды – Polypodiales
Семейство Полиоподиевые – Polypodiaceae

Щитовник мужской – *Dryopteris filix-mas*

Орляк обыкновенный – *Pteridium aquilinum*

2 Ознакомьтесь с основными видами папоротниковидных, представленными в гербарии. Используя определители высших растений, **записать** диагностические признаки щитовника мужского, щитовника картузианского (шартрского), орляка обыкновенного, кочедыжника женского.

3 Схематично **зарисовать** жизненный цикл щитовника мужского (рисунок 13).

4 Задание для самостоятельной работы. Продолжите заполнение таблицы «Сравнительная характеристика таксонов высших растений»

Вопросы для самоподготовки

1. Какими признаками характеризуется отдел Папоротниковидные?
2. Каково анатомическое строение стебля щитовника мужского?
3. Каково строение вайи щитовника мужского?
4. Каковы особенности образования и строения гаметофита щитовника мужского?

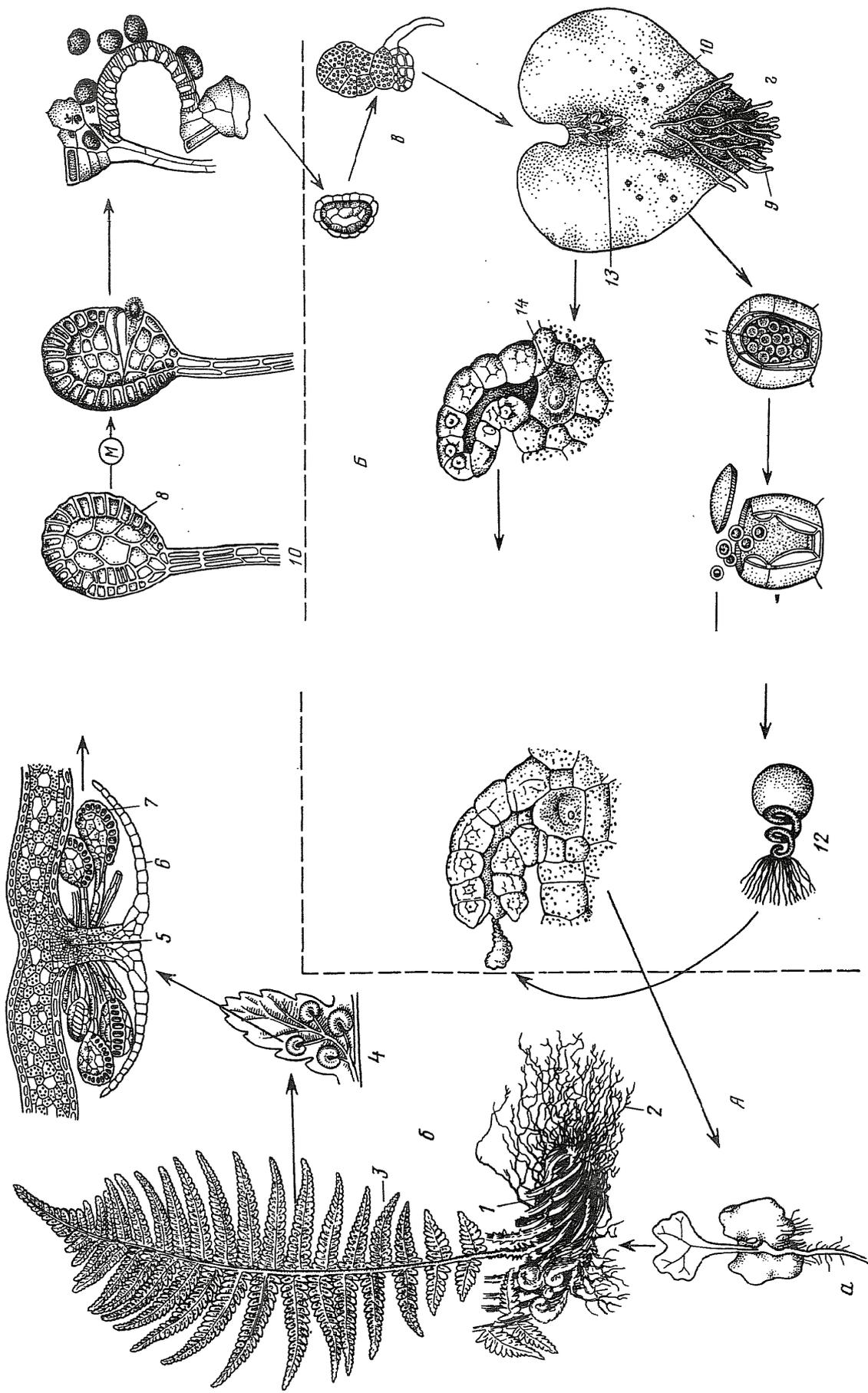


Рисунок 19 – Жизненный цикл щитовника: А – спорофит, Б – гаметофит, М – мейоз, а – зародыш спорофита, б – взрослый спорофит, в – спора и ее прорастание, г – таллом гаметофита; 1 – корневище, 2 – придаточные корни, 3 – лист, 4 – часть листа с сорусами, 5 – плацента, 6 – индустрий, 7 – спорангий, 8 – кольцо, 9 – ризоиды, 10 – антеридий, 11 – спермагенная ткань, 12 – сперматозоид, 13 – архегоний, 14 – яйцеклетка [6]

Занятие 5. Отдел Голосеменные (Pinophyta)

1. Характеристика и классификация отдела
2. Жизненный цикл сосны обыкновенной

1 Характеристика и классификация отдела

Голосеменные растения появились в середине палеозойской эры (девон). В конце палеозоя и первой половине мезозоя – времени горообразования и иссушения климата, достигли расцвета, заняв место высших споровых: папоротников, плаунов и хвощей. Произошли они, видимо, от одной из ветвей древнейших разноспоровых папоротниковидных.

В современной флоре насчитывают около 800 видов. Многие виды вымерли. Голосеменные широко распространены на всех континентах, в холодной зоне и в горах они формируют обширные леса, хотя по числу видов немногочисленные.

Голосеменные растения имеют следующие основные особенности строения:

- разноспоровый спорофит преобладает, представлен древесным или кустарниковым растением с главным корнем; травянистых форм нет; ветвление боковое, нарастание побегов моноподиальное;
- имеет сложное анатомическое строение; стебель имеет вторичное утолщение; сосудов у большинства видов нет, древесина состоит из трахеид; ситовидные трубки без сопровождающих клеток; корни – главный и боковые – с микоризой;
- листья у тропических и субтропических голосеменных крупные, перисторассеченные; у внетропических – цельные, небольшие в виде игл (хвоя сосны, ели), чешуй (туя, кипарис) или более крупные игловидные (подокарпус) и двухлопастные (гинкго).
- гаметофит редуцирован, лишен самостоятельного существования, развивается на спорофите; женский гаметофит – тканевый эндосперм со сформированными архегониями, образуется и развивается внутри видоизмененного мегаспорангия – семязачатка; мужской – пыльцевое зерно, пылинка – состоит из нескольких клеток, образуется в микроспорангии (пыльнике) внутри оболочки микроспоры, завершает свое развитие в семязачатке, содержащем женский гаметофит;

- оплодотворению предшествует опыление; оплодотворение осуществляется сперматозоидами или спермиями, доставляемыми к архегониям пыльцевой трубкой;

- размножение происходит с помощью семян, развивающихся из семязачатков, лежащих открыто (голо) на семенных чешуях.

Отдел Голосеменные включает семь классов: Семенные папоротники (Pteridospermatopsida), Саговниковые (Cycadopsida), Беннетитовые (Bennetitopsida), Кордаитовые (Cordaitopsida), Гинкговые (Ginkgopsida), Хвойные (Pinopsida), Гнетовые (Gnetopsida).

Первые три класса (макрофилльная линия эволюции) объединяют гигрофитные деревья с неразветвленным стволом и крупными перистыми листьями, растущие в условиях безморозного климата. Древесина развита слабо, преобладают кора и сердцевина. Оплодотворение происходит с помощью сперматозоидов, предковая группа – Семенные папоротники. Семенные папоротники и Беннетитовые полностью вымерли.

Кордаитовые – мезофитные, Гинкговые – ксерофитные. Хвойные (микрофилльная линия эволюции) включают ветвящиеся деревья с небольшими цельными листьями. В стволах преобладает древесина, растения могут жить в разных климатических условиях. Оплодотворение у кордаитов к гинкговых происходит с помощью сперматозоидов, у хвойных – спермиев. Предки – кордаиты.

Класс хвойные – Pinopsida. Листья чаще сидячие, мелкие, ланцетные, игловидные, чешуевидные, реже широкие, крупные. Стебель имеет небольшие сердцевину, кору и мощную древесину. Мегаспорофиллы сильно метаморфизированные и образуют рыхлые или плотные шишки. Класс делят на три порядка: Кордаиты, Гинкговые, Хвойные.

Порядок хвойные – Coniferales. В современной флоре это самые многочисленные представители голосеменных – около 600 видов. Распространены в основном в Северном полушарии, где формируют обширные хвойные леса, состоящие из одного или немногих видов (роды: сосна, ель, лиственница, пихта). В Южном полушарии хвойные образуют леса в районах с умеренным климатом (острова Огненная Земля, Новая Зеландия, Тасмания). В тропических областях они растут только в горах.

Хвойные – почти все деревья, редко кустарники с системой главного корня. Это одни их самых крупных растений как среди голосеменных, так и в растительном мире. Большинство имеет мощные ветвящиеся стволы и компактные кроны. Нарастание

преимущественно моноподиальное. Побеги большей частью двух типов: удлиненные со спиральным листорасположением (ауксибласты) и укороченные, несущие пучки листьев (брахибласты) (рисунок 20). У ели, пихты и тиса брахибласты не развиты. У сосны листья только на брахибластах, у лиственницы и кедра – на обоих типах побегов.

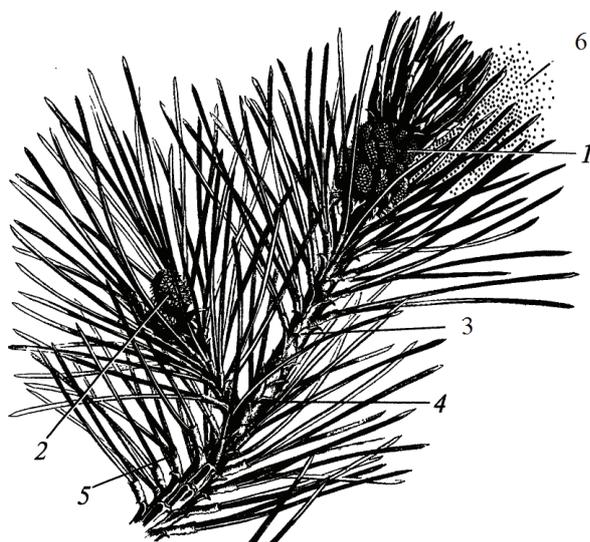


Рисунок 20 – Ветвь сосны: 1 – микростробил, 2 – молодая шишка, 3 – катафилл, 4 – ауксибласт, 5 – брахибласт, 6 – пыльца [9]

Листья игловидные – хвоя, реже чешуевидные (туя, кипарис) или эллиптические (подокарп). Хвойные – вечнозеленые растения, хотя некоторые роды (лиственница, псевдолиственница и др.) – листопадные, а у некоторых (болотный кипарис, метасеквойя) опадают даже годовичные побеги.

Древесина на 90-95 % состоит из трахеид, ситовидные трубки не имеют сопровождающих клеток (рисунок 21). У большинства видов в коре, древесине и листьях имеются схизогенные смоляные ходы, содержащие эфирное масло, смолы, бальзамы.

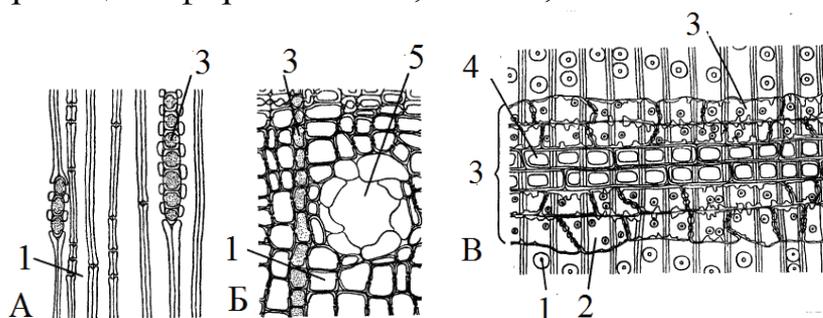


Рисунок 21 – Строение древесины сосны: А – тангенциальный, Б – поперечный, В – радиальный срезы (1 – тяжевая трахеида, 2 – лучевая трахеида, 3 – узкий (однорядный луч), 4 – пора, 5 – смоляной ход) [9]

На огромных пространствах приполярных стран и в горах хвойные формируют леса, называемые тайгой, и служат местом обитания многих видов промысловых зверей, птиц и полезных насекомых. Хвойные леса имеют водоохранное и противозерозионное значение. Они дают основную массу строительной и поделочной древесины. Из них получают бальзамы и смолы, камфару, спирт, целлюлозу, шелк и множество других продуктов. Семена некоторых хвойных содержат масло, используемое в пищу. Хвойные служат сырьем для получения медицинских препаратов.

Порядок подразделяют на 10 семейств.

Семейство сосновые – Pinaceae – одно из самых крупных семейств. Число видов 240 (10 родов). Распространены в умеренной и субтропической (преимущественно горы) зонах Северного полушария. Некоторые виды произрастают высоко в горах и за Полярным кругом. В Южном полушарии встречаются лишь в Индонезии и на Филиппинах. Преимущественно деревья, реже кустарники. Многие виды – основные лесообразующие породы хвойных лесов.

Род сосна (*Pinus*). Около 100 видов, распространенных в умеренных областях Северного полушария, в субтропиках формируют горные леса, несколько видов растет в горах тропических областей. Это крупные или небольшие деревья с мутовчатым расположением ветвей. Удлиненные побеги покрыты пленчатыми чешуйчатыми листьями, в пазухах которых образуются укороченные побеги с листьями, расположенными пучками по 2-5. Женские шишки созревают 2-3 года.

В Беларуси естественно произрастает один вид (сосна обыкновенная), интродуцировано – 37 видов.

Сосна обыкновенная – это светолюбивое, неприхотливое по отношению к почве дерево. Часто формирует леса на песчаных и супесчаных почвах. Растет также на сфагновых болотах (карликовые формы), а на юге – по известковым и меловым склонам.

Древесину широко используют как строительную и поделочную. При подсочке сосны вытекает живица (раствор смолы в эфирных маслах), из которой в результате перегонки получают скипидар и канифоль, используемые в промышленности и в медицине для изготовления камфоры, бальзамов, мазей. Охвоенные ветки используют для получения витамина С и хвойного экстракта. Молодые побеги используют для изготовления лекарства, пыльцу применяют в медицине в качестве заменителя спор плауна. Сосновые

леса очень ценны для человека и тем, что воздух в них чист и целителен, так как хвоя выделяет фитонциды.

2 Жизненный цикл сосны обыкновенной

Жизненный цикл голосеменных рассмотрим на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) (рисунок 22). Спорофит – дерево высотой до 50 м, достигающее возраста 400 лет. Ветвление боковое. Ствол хорошо выражен, на нем мутовками располагаются боковые ветви. Нарастание побегов моноподиальное. Побеги покрыты бурыми чешуевидными листьями. В пазухах их расположены сильно укороченные побеги, несущие по два игольчатых листа. Игольчатые листья, или хвоя, в сечении имеют плосковыпуклую форму, в центре расположены два проводящих пучка

Спорообразование начинается примерно на 30-40-м году жизни, при свободном стоянии – через 15-20 лет. Спорофиллы собраны в шишки двух видов, резко различающиеся между собой, но образующиеся на одном растении: мужские, расположенные группами, и женские – одиночные.

Мужская шишка имеет ось, к которой прикреплены чешуи – микроспорофиллы. На нижней стороне чешуй находится по два микроспорангия. В них в результате мейоза из клеток спорогенной ткани возникают многочисленные тетрады гаплоидных микроспор, одевающихся наружной плотной оболочкой (экзиной) за счет материала клеток, выстилающих микроспорангии. Экзина относительно толстая, слоистая. Образующаяся позднее интина (внутренняя оболочка микроспоры) тонкая и нежная, состоит из пектиновых веществ. У сосны и большинства других хвойных экзина отстает от интины, образуя два воздушных мешка. Увеличивая поверхность пыльцы, они способствуют переносу ее ветром, а при попадании пылинки в жидкость, выделяемую микропиле, играют роль поплавков, ориентирующих ее в нужном направлении.

Из зиготы развиваются подвесок и зародыш. Клетки подвеска сильно вытягиваются и проталкивают формирующийся зародыш внутрь ткани женского гаметофита, которая к этому времени накапливает запас питательных веществ. Ее называют первичным эндоспермом. Семязачаток после оплодотворения превращается в семя. В семени зародыш окружен эндоспермом, к которому прилегает тонкая пленка – остаток нуцеллуса. Снаружи семя покрыто твердой кожурой, возникшей из интегумента. Кожура и пленка образовались

из тканей мегаспорангия, они имеют диплоидный набор хромосом. Эндосперм – вегетативная часть гаметофита, он гаплоидный, а зародыш – новое поколение спорофита – имеет диплоидный набор хромосом. Сформировавшийся зародыш состоит из корешка, стебелька, нескольких семядолей и почечки. Семя сосны снабжено легким крылышком, образовавшимся из тканей семенной чешуи.

Семена созревают через полтора года после опыления. К этому времени шишки из зеленых становятся бурыми, в солнечные дни в конце зимы чешуи их раздвигаются и семена высыпаются. Благодаря крыловидным придаткам семена разносятся ветром на большие расстояния. Весной семена прорастают и дают новые сосны.

Таким образом, у голосеменных имеется ряд более прогрессивных признаков по сравнению с папоротниковидными: гаметофиты полностью потеряли самостоятельность, они образуются на спорофите и живут на нем, оплодотворение не связано с водой; зародыш спорофита хотя и питается за счет гаметофита, но находится внутри семени и надежно защищен от неблагоприятных условий. Особенность семян голосеменных – их двойственная природа: питательная ткань – эндосперм принадлежит гаметофиту (n), зародыш – зачаток нового спорофита ($2n$), спермодерма и нуцеллус образуются из тканей материнского спорофита ($2n$).

Материалы и оборудование: гербарий голосеменных, постоянные микропрепараты, микроскопы МБР – 1Е, таблицы, определители высших растений, коллекция шишек голосеменных.

Цель: ознакомиться с особенностями строения, жизненного цикла и разнообразием голосеменных.

Задания

1 Ознакомиться с систематическим положением объекта исследований:

Отдел Голосеменные (Сосновые) – Gymnospermae (Pinophyta)

Класс Хвойные – Pinopsida

Порядок Хвойные – Coniferales

Семейство Сосновые – Pinaceae

Сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris*

2 Схематично **зарисовать** жизненный цикл сосны.

3 Ознакомиться с особенностями строения шишек голосеменных на примере коллекции шишек.

4 Задание для самостоятельной работы. Продолжите заполнение таблицы «Сравнительная характеристика таксонов высших растений»

Вопросы для самоподготовки

1. Каковы основные особенности строения имеют голосеменные?
2. Каково строение спорофита голосеменных?
3. Каковы характерные черты строения представителей класса Хвойные?
4. Как формируется и развивается мужской гаметофит сосны?
5. Каково строение женского гаметофита сосны?
6. Каково хозяйственное значение голосеменных?

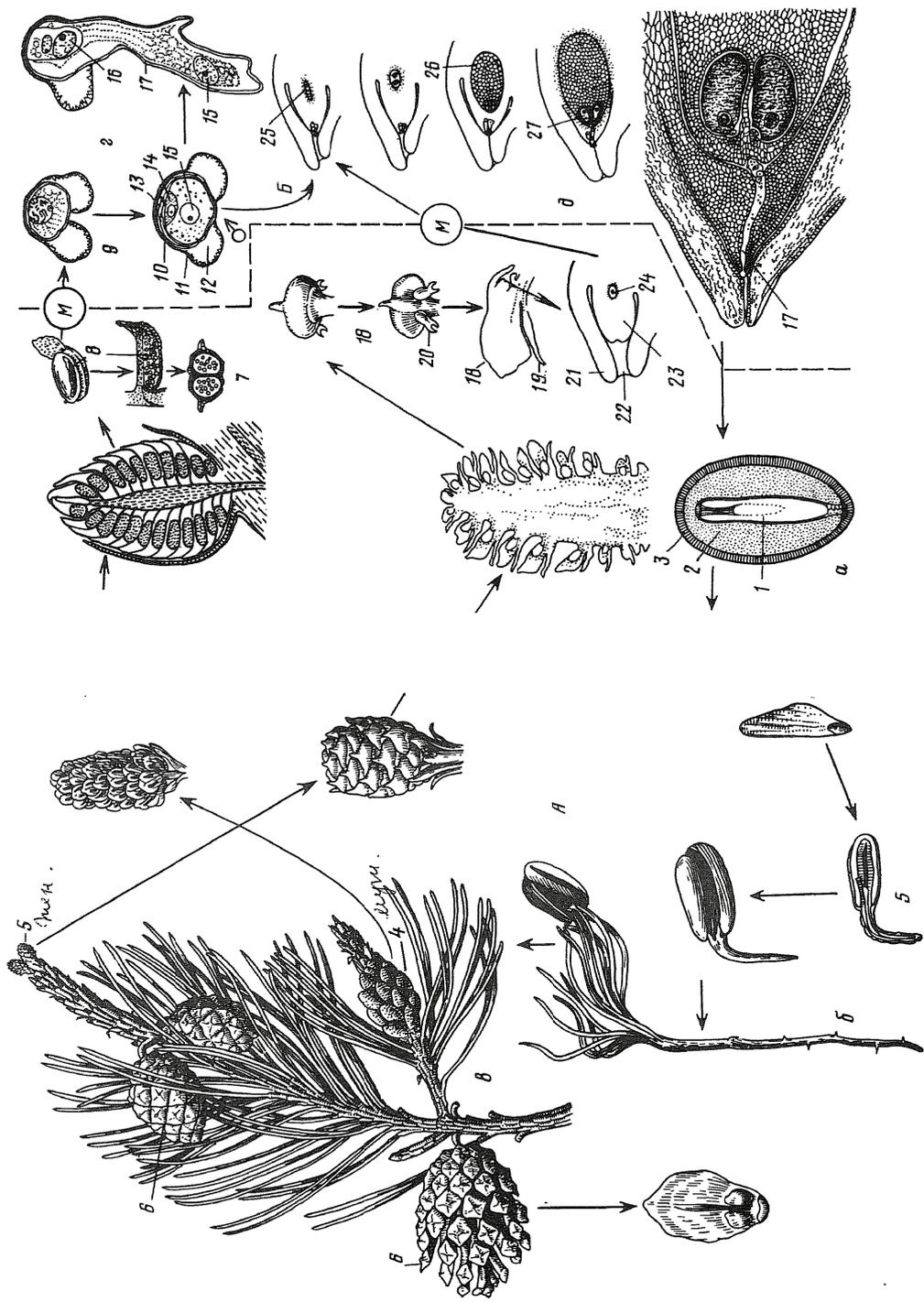


Рисунок 22 – Жизненный цикл сосны: А – спорофит, Б – гаметофит, М – мейоз; а – семя (поперечный разрез и общий вид), б – зародыш спорофита, в – побег взрослого спорофита, г – мужской гаметофит – пыльца, д – образование женского гаметофита; 1 – зародыш спорофита, 2 – эндосперм, 3 – спормодерма, 4 – собрание мужских шишек, 5 – молодые женские шишки, 6 – зрелые женские шишки, 7 – микроспорофилл (внешний вид, продольный и поперечный разрез), 8 – микроспорангий, 9 – микроспора, 10 – экина, 11 – интина, 12 – воздушная полость, 13 – проталиальные клетки, 14 – антеридиальная клетка, 15 – вегетативная клетка, 16 – спермагенная клетка, 17 – пыльцевая трубка, 18 – пыльцевая трубка, 19 – семенная чешуйка (внешний вид и продольный разрез), 20 – семязачаток, 21 – интегумент, 22 – микропиле, 23 – нуцеллус, 24 – археспориальная клетка, 25 – мегаспора, 26 – эндосперм, 27 – архегоний с яйцеклеткой [6]

Литература

1. Еленевский, А.Г. Ботаника / А.Г. Еленевский, М.Л. Соловьева, В.Н. Тихомиров. – М.: Академия, 2000, 2001, 2004.
2. Жизнь растений. Т. 4. Мхи, Плауны, Хвои, Папоротники, Голосеменные растения. – М.: Просвещение, 1978.
3. Зубкевич, Г.И. Систематика высших растений. Голосеменные / Г.И. Зубкевич. – Мн.: БГУ, 2004.
4. Комарницкий, К.А. Ботаника (Систематика растений) / К.А. Комарницкий, Л.В. Кудряшев, А.А. Уранов. – М.: Просвещение, 1975.
5. Черник, В.В. Высшие споровые растения / В.В. Черник. – Мн.: БГУ, 2008.
6. Хржановский, В.Г. Ботаника. / В.Г. Хржановский, С.Ф. Пономаренко. – М., 1988. – 383 с.
7. Корчагина, И.А. Систематика высших споровых растений с основами палеоботаники: Учебник / И.А. Корчагина – СПб.: Изд-во С.–Петербургского ун-та, 2001.
8. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Гл. редколлегия: Л.И. Хоружик (предс.), Л.М. Суцня, В.И. Парфенов и др. – Мн.: БелЭн., 2005.
9. Ботаника: в 4 т. Т. 4 Систематика высших растений: учебник для студ.высш.учеб.заведений. В 2 кн. / под ред. А.К. Тимонина. – Кн. 1. / А.К. Тимонин, В.Р. Филин. – М., 2009. – 320 с.
10. Мейер, К.И. Практический курс морфологии архегониальных растений / К.И. Мейер. – М.: МГУ, 1982.
11. Сапегин Л.М. Ботаника. Систематика высших растений / Л.М. Сапегин. Мн.: Дизайн ПРО, 2004.
12. Сергиевская, Е.В. Систематика высших растений. Практический курс / Е.В. Сергиевская. – СПб.: Лань, 1998, 2002.

Учебное издание

**Жадько Светлана Владимировна
Дайнеко Николай Михайлович**

**БОТАНИКА:
НИЗШИЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ**

Практическое руководство
для студентов специальности 1 – 31 01 01–02
«Биология (научно–педагогическая деятельность)»

Технический редактор *О.Н. Ермоленко*

Подписано в печать 29.07.2019.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 3,0. Усл. краск.-отт. 3,0. Уч.-изд. л. 2,79.
Тираж 150 экз. Заказ № 0107.

Отпечатано ООО «Издательство «Десна Полиграф»
Свидетельство о внесении субъекта издательского дела в Государственный реестр
издателей, изготовителей и распространителей издательской продукции.
Серия ДК № 4079 от 1 июня 2011 года
14035 г. Чернигов, ул. Станиславского, 40
Тел.: (0462)972-664