

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра ботаники и физиологии растений

*О. А. Порхунцова, Т. В. Сачивко, М. В. Сандалова*

# **БОТАНИКА**

## **СИСТЕМАТИКА**

### **АРХЕГОНИАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ**

*Методические указания к лабораторным занятиям  
для студентов, обучающихся по специальности  
6-05-0811-01 Производство продукции  
растительного происхождения*

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 582(072)

ББК 28.5я73

П60

*Одобрено методической комиссией агрономического факультета.  
Протокол № 3 от 23 ноября 2021 г.*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. А. Порхунцова*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. В. Сачивко*;

ассистент *М. В. Сандалова*

Рецензент:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. С. Мастеров*

#### СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Список рекомендуемой литературы.....	3
Тема 1. Отдел Моховидные (BRYOPHYTA).....	5
Тема 2. Отдел Плауновидные (LYCOPODIOPHYTA).....	12
Тема 3. Отдел Хвощевидные (EQUISETOPHYTA).....	20
Тема 4. Отдел Папоротниковидные (POLYPODIOPHYTA).....	26
Тема 5. Отдел Голосеменные (PINOPHYTA, или GYMNOSPERMAE).....	37

#### **Порхунцова, О. А.**

П60 Ботаника. Систематика архегониальных растений : методические указания к лабораторным занятиям / О. А. Порхунцова, Т. В. Сачивко, М. В. Сандалова. – Горки : БГСХА, 2022. – 51 с.

Приведена современная классификация растительного мира от моховидных до голосеменных, теоретический и практический материал, необходимый для изучения особенностей строения и размножения этих растений, овладения умением их определения. Методические указания включают 5 тем по систематике растений, в каждой из которых содержатся краткая теоретическая часть, необходимые материалы и оборудование, задания по соответствующей теме и порядок их выполнения.

Для студентов, обучающихся по специальности 6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения.

УДК 582(072)

ББК 28.5я73

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Естественной классификацией растений занимается раздел ботаники систематика. Систематика растений представляет собой иерархическую систему из групп различного ранга (виды, роды, семейства, порядки, классы, отделы).

Систематика растений дает представление о многообразии растений, их строении, классификации, эволюционном развитии, роли в природе и значении в хозяйственной жизни человека. Она является необходимой основой для таких биологических дисциплин, как земледелие, генетика, растениеводство, лекарственные растения, декоративные растения, декоративное садоводство и др., а также для учебных практик.

Данные систематики широко используются при составлении определителей растений, ботанических атласов, написании флор и справочников, а также при разработке научных основ организации охраны, интродукции редких и хозяйственно полезных видов растений.

Систематика растений направлена на изучение характерных особенностей отделов, классов, порядков и основных семейств флоры мира и Беларуси. Знание систематики растений позволяет с успехом ориентироваться в растительном мире, диагностировать различные таксономические группы растений в целях научной и производственной деятельности человека, применять полученные знания при изучении других биологических дисциплин.

В методических указаниях представлено многообразие растительного мира среди архегонияльных растений (Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные, Голосеменные), современное видение их классификации, а также закономерности происхождения, распространения, особенности строения, размножения и прохождения жизненного цикла наиболее распространенных представителей, освещено значение данных растений в биосфере и хозяйственной деятельности человека.

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основной

1. Андреева, И. И. Ботаника: учебник / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – Москва: Колос, 2007. – 528 с.

2. Жуковский, П. М. Ботаника: учебник / П. М. Жуковский. – Москва: Колос, 1982. – 623 с.
3. Лазаревич, С. В. Ботаника: учебник / С. В. Лазаревич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 480 с.
4. Лазаревич, С. В. Ботаника: учеб. пособие / С. В. Лазаревич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 480 с.
5. Родман, Л. С. Ботаника с основами географии растений: учеб. пособие / Л. С. Родман. – Москва: КолосС, 2006. – 397 с.
6. Суворов, В. В. Ботаника с основами геоботаники: учеб. пособие / В. В. Суворов, И. Н. Воронова. – Ленинград: Колос, 1979. – 560 с.
7. Хржановский, В. Г. Практикум по курсу общей ботаники / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 416 с.

#### Дополнительный

8. Жебрак А. Р. Курс ботаники: учебник / А. Р. Жебрак. – Москва, 1959. – 523 с.
9. Жизнь растений: в 6 т. / гл. ред. А. А. Федоров. – Москва: Просвещение, 1978. – Т. 4: Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения. – 447 с.
10. Жуковский, П. М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, экология, происхождение, использование / П. М. Жуковский. – Ленинград: Колос, 1971. – 751 с.
11. Еленевский, А. Г. Ботаника высших, или наземных, растений / А. Г. Еленевский, М. П. Соловьева, В. Н. Тихомиров. – Москва: Академия, 2000. – 432 с.
12. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

## Тема 1. ОТДЕЛ МОХОВИДНЫЕ (*BRYOPHYTA*)

Отдел Моховидные включает три класса: Антоцеротовые (*Anthocerotopsida*; 100 видов); Печеночные (*Hepaticopsida*; 8 500 видов); Листостебельные (*Bryopsida*; 14 400 видов) мхи.

Класс Листостебельные мхи состоит из трех подклассов:

- Бриевые, или Зеленые мхи (*Bryidae*);
- Сфагновые, или Белые мхи (*Sphagnidae*);
- Андреевые, или Черные мхи (*Andreaeidae*).

В этот отдел входит около 23 000 видов травянистых растений, у которых в жизненном цикле преобладает гаметофит, что резко отличает мхи от других растений. Поэтому развитие мхов в эволюции растений рассматривают как отдельную ветвь. По общей организации строения и экологии мхи во многом сходны с зелеными водорослями.

Гаметофит представлен зеленым растением в виде слоевища (таллома) у более примитивных мхов, а у остальных – разделен на стебель и листья. Моховидные лишены корней, вместо них развиваются ризоиды. Сосудов нет, элементы проводящих тканей появляются лишь у наиболее высоко развитых мхов. Частично обособлены ассимиляционная и механическая ткани.

Спорофит самостоятельно не существует, развивается и всегда находится на гаметофите. Морфологически спорофит состоит из округлой или эллиптической коробочки на ножке. Основание ножки погружено в гаметофит и выполняет роль гаустории, поглощая питательные вещества и воду из гаметофита. Внутри коробочки формируется спорогенная ткань, в результате редукционного деления клеток которой образуются споры.

Мхи растут в условиях с повышенной влажностью: на болотах, в лесах, на сырых лугах. Моховидные не достигают больших размеров, максимальная высота составляет 20–40 см. Размножаются мхи как половым, так и бесполом способами. Вегетативное размножение осуществляется специальными выводковыми почками, а также участками талломного тела.

Развитие зеленых и белых мхов в напочвенном покрове лугов препятствует семенному возобновлению трав, вызывает их изреживание. Накопление мхами воды приводит к заболачиванию лугов. В лесу, где часто образуются сплошные моховые ковры под пологом деревьев, мхи препятствуют прорастанию семян растений.

Наиболее заметную роль мхи играют в заболачивании территории. Ковер зеленых мхов задерживает испарение, приводит к переувлажне-

нию, при котором зеленые мхи не могут существовать и уступают место белым мхам, активно накапливающим воду. Отмирающие части сфагнома уплотняются и превращаются в анаэробных условиях в торф. Торфяная масса легко впитывает воду и препятствует поступлению воздуха в почву. Создаются условия, при которых рост деревьев затрудняется, они гибнут, и на месте леса образуется болото. В торфе благодаря высокому содержанию кислот и анаэробным условиям гниение сильно затруднено. Торф используют в качестве удобрения, топлива и в качестве ценного химического сырья для производства воска, парафина, фенолов, уксусной кислоты и других веществ.

*Печеночные мхи* чаще всего встречаются в умеренном климате Южного полушария. Развиваются на влажных почвах. Наиболее распространенным представителем является **маршанция обыкновенная** (*Marchantia polymorpha*), произрастающая на влажной лесной почве, где в результате пожара или вырубki деревьев нарушен травянистый покров (рис. 1).



Рис. 1. Маршанция обыкновенная

Она является талломным растением и имеет вид дихотомически ветвящейся стелющейся темно-зеленой пластинки размером до 10 см. Таллом имеет дорсивентральное строение: на верхней поверхности таллома развиваются вертикальные веточки-подставки, на нижней –

ризоиды. Маршанция имеет раздельнополюе гаметофиты. Мужские растения имеют восьмилепестные подставки, на верхней стороне которых находятся антеридии. На женских растениях подставки имеют звездчатую форму диска; на нижней поверхности звездочки расположены (шейкой вниз) архегонии. Во время дождя или обильной росы сперматозоиды с каплями воды попадают на женские подставки и проникают в архегонии.

После оплодотворения из зиготы развивается зародыш, из которого вырастает округлая коробочка на очень короткой ножке – спорогоний. Это спорофит. В коробочке формируется спорогенная ткань; из ее клеток после мейоза образуются гаплоидные физиологически различные споры. К моменту их созревания подставки вытягиваются, коробочки лопаются и споры высыпаются. Попав на почву, спора прорастает в протонему водорослеподобного строения. Потом из одних протонем развивается взрослый женский гаметофит, из других – мужской.

Класс *Листостебельные мхи* включает  $\frac{2}{3}$  видов моховидных, распространенных преимущественно в умеренной и холодной зонах земного шара. Ярким представителем *Бриевых (Зеленых)* мхов является **кукушкин лен** (*Polytrichum commune*), широко встречаемый повсюду, особенно в лесной зоне Северного полушария. Кукушкин лен имеет тонкие, прямостоячие, неветвистые стебли красноватого цвета высотой 15–20 см, густо покрытые мелкими листьями. От подземной безлистной части стебля отходят многоклеточные ризоиды. Мох кукушкин лен является многолетним растением.

Гистологическое строение достаточно сложное. Под эпидермой располагается механическая ткань первичной коры. В центре стебля находится тяж, который состоит из водопроводящих мертвых клеток с тонкими скошенными поперечными стенками без пор. Вокруг мертвых клеток располагаются живые, по которым передвигаются органические вещества. Листья многослойные, с вертикальными рядами хлорофиллоносных клеток у верхней поверхности. У остальных мхов обычно однослойная листовая пластинка.

Гаметофиты кукушкина льна раздельнополюе. На верхушке побегов женских растений развиваются архегонии. Красно-бурые листья в верхней части мужских растений собраны в чашу, в которую из антеридиев выходят двужгутиковые сперматозоиды. Достаточно большое количество воды (весеннее половодие, дождь) создает условия для оплодотворения. Здесь же, на женском растении, из зародыша развивается спорофит, представленный коробочкой на длинной ножке (рис. 2).

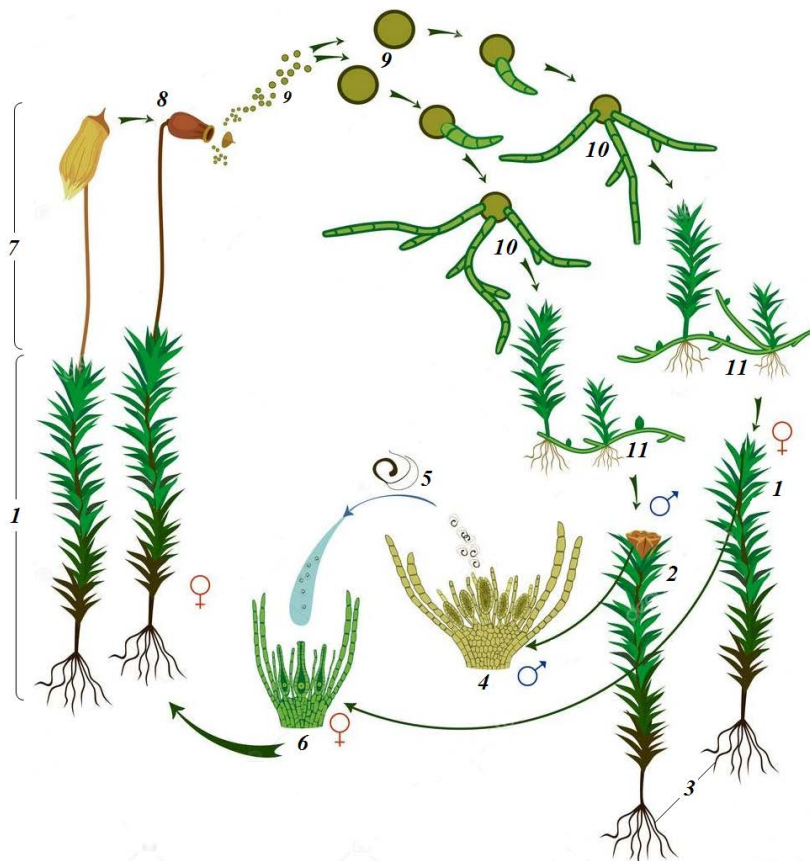


Рис. 2. Мох кукушкин лен:

- 1 – женское растение; 2 – мужское растение; 1 и 2 – гаметофиты; 3 – многоклеточные ризоиды; 4 – антеридии; 5 – двухжгутиковые сперматозоиды; 6 – архегонии с яйцеклеткой в каждом; 7 – спорофит; 8 – коробочка; 9 – споры; 10 – протонеи; 11 – растения нового поколения с выводковыми почками

Сверху коробочка имеет удлиненный с заостренным концом колпачок (калиптра), а под ним крышечку. Внутри коробочки, вокруг колонки, находится спороносный мешок (спангий), в котором формируются споры. При созревании коробочки вначале отпадает колпачок, затем крышечка и споры высыпаются через отверстия на верхушке коробочки. Споры разносятся ветром и при благоприятных влажных

условиях прорастают в протонеми. Сначала протонеми сходны с нитчатой водорослью, на которых из выводковых почек формируются листостебельные побеги – мужские и женские гаметофиты (рис. 3).

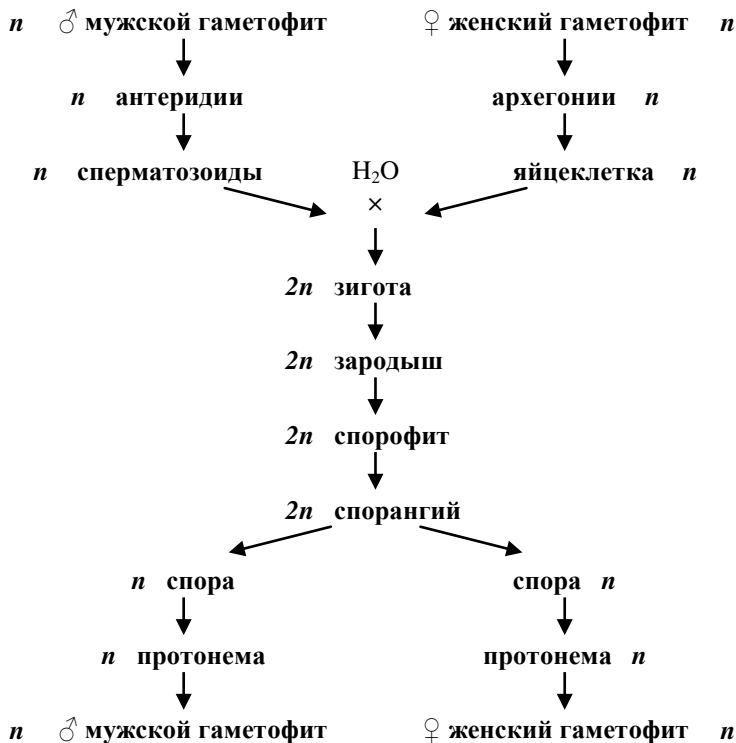


Рис. 3. Схема жизненного цикла мха кукушкин лен

Подкласс *Сфагновые (Белые) мхи* представляет единственный род сфагнум, многочисленные виды которого распространены на севере Евразии и Америки и являются основателями торфяных болот. Сфагнум имеет тонкий, сильно разветвленный стебель высотой 10–15 см, густо покрытый мелкими листьями. Корней и ризоидов нет. Сфагнум растет своей верхушкой, по мере роста нижняя часть побега отмирает (рис. 4).

Гистологическое строение побега отличается от кукушкина льна. Проводящих тканей нет. Сердцевина паренхимная. В коре несколько

слоев крупных мертвых клеток с перфорациями и спиральными или кольчатыми утолщениями клеточных стенок (водоносные клетки, клетки-бочонки). Листья однослойные, состоят из узких длинных хлорофиллоносных и водоносных (гиалиновых) клеток (рис. 5).



Рис. 4. Мох сфагнум

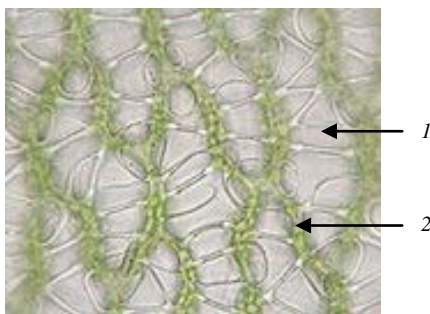


Рис. 5. Гистологическое строение мха сфагнум:  
1 – водоносные клетки; 2 – хлорофиллоносные клетки

Сфагнум является обоеполым гаметофитом: архегонии и антеридии располагаются на боковых веточках в верхней части побега. Весной, при наличии воды, происходит оплодотворение и развитие спорофита.

Он представлен округлой коробочкой с крышечкой на короткой ножке. При созревании споры высыпаются, прорастают в пластинчатые протонемы, из которых развиваются олиственные побеги сфагнома (рис. 6).

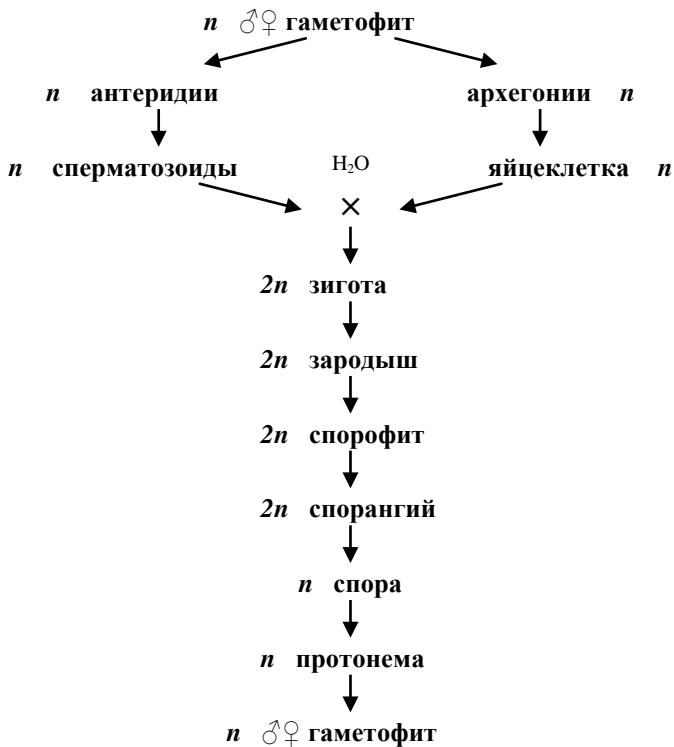


Рис. 6. Схема жизненного цикла мха сфагнома

Из-за наличия водоносных клеток в строении побега ( $\frac{2}{3}$  растения) мох сфагнум может накапливать и удерживать воду, что, несомненно, вызывает переувлажнение и заболачивание территории. При высыхании растений мертвые клетки заполняются воздухом, и мох становится бесцветным, белым. Растения сфагнома обладают высокой гигроскопичностью: 1:35 в сравнении с собственной сухой массой; 1:4 – с ватой. Растения сфагнома содержат фенолоподобное вещество сфагنون, обладающее антисептическим действием.

**Материал:** гербарий и фиксированные экземпляры растений мхов маршанция, кукушкин лен, сфагнум; постоянные препараты продольного разреза коробочки кукушкина льна, растения сфагнума.

**Задание.**

1. Изучить и зарисовать внешнее строение мужского и женского талломов маршанции обыкновенной.

2. Изучить на постоянном препарате строение коробочки кукушкина льна.

3. Зарисовать схему жизненного цикла мха кукушкин лен.

4. Изучить на постоянном препарате гистологическое строение сфагнума.

5. Зарисовать схему жизненного цикла мха сфагнум.

**Выполнение работы.** Класс Печеночные мхи, представитель маршанция. Используя гербарный и фиксированный материал, изучить внешнее строение данного растения. Отметить отсутствие всех вегетативных органов. Зарисовать талломное строение растений, различие мужских и женских слоевищ по форме подставок.

Класс Листостебельные мхи, представители мох кукушкин лен (подкласс Зеленые мхи) и сфагнум (подкласс Белые мхи). Изучить внешнее строение мхов, используя гербарный материал, отметить их различие. На постоянных микропрепаратах рассмотреть строение коробочки мхов, гистологические признаки строения листьев мха сфагнум. Зарисовать схемы жизненных циклов мха кукушкин лен и мха сфагнум.

## **Тема 2. ОТДЕЛ ПЛАУНОВИДНЫЕ (*LYCOPODIOPHYTA*)**

Плауновидные являются самыми древними растениями – «живыми ископаемыми», существующими в современной флоре. Отдел Плауновидные в настоящее время представлен вечнозелеными травянистыми, реже полукустарниковыми формами, насчитывает около 1 000 видов. Хотя в девонский и каменноугольные периоды плауновидные масштабно были представлены древовидными формами.

В современной систематике Отдел Плауновидные насчитывает около 1 000 видов из четырех родов, объединенных в два класса: Плауновые (*Lycopodiopsida*) и Полушниковые (*Isoetopsida*).

Класс Плауновые включает монотипные порядок Плауновые, семейство Плауновые и представлен *равноспоровыми* растениями из двух родов: Плаун (*Lycopodium*) и Филлоглоссум (*Phylloglossum*).

Класс Полушниковые представлен растениями из двух порядков (семейств): Полушниковые (*Isoetales*), или Шильниковые, и Селагинелловые (*Selaginellales*).

Вечнозеленые многолетние травы плауновидных имеют олиственные побеги и придаточные корни. Характерной особенностью всех плауновидных является то, что и побеги, и корни обладают *дихотомическим* типом ветвления. Для листьев характерен микрофильный тип – мелколистность и простота строения листа (листовая пластинка с одной жилкой; с лигулой на расширенном основании листа). Листья мелкие, простые, цельные, чешуевидные, представляющие собой боковые поверхностные выросты стебля, и называются *филлоидами*.

В жизненном цикле преобладает спорофит. Бесполое размножение осуществляется с помощью спор, формирующихся в спорангиях, которые расположены на верхней стороне листьев – *спорофиллов*. У большинства плауновидных спорофиллы образуют специализированные спороносные побеги – *стробилы* в виде колосков.

Плауновидные используются человеком как лекарственные, краильные, косметические и декоративные растения. Споры плаунов (чаще всего булавовидного, сплюснутого и годичного) используют для приготовления детских присыпок, пересыпания пилюль, а также в народной медицине как заживляющее средство для засыпки ран, ожогов, обморожений, при экземах, фурункулах, лишаях. В России их называли липодий (плаунное семя), они содержат до 50 % жирного невысыхающего масла, алкалоиды, фенольные кислоты, белки, сахара, минеральные соли. Споры также применяют в металлургии при фасонном литье – при их сгорании образуется слой газов, препятствующих прилипанию изделия и придающих металлу гладкую поверхность.

Стебли плаунов используют при заболеваниях мочевого пузыря, печени, дыхательных органов, при болях в желудке. Растения плаунабаранца содержат ядовитый алкалоид селягин, который может применяться в гомеопатии как рвотное, слабительное средство, для лечения хронического алкоголизма и табакокурения (только под наблюдением врача). В косметологии плауны применяют при фурункулезе и против облысения.

Стебли всех видов плауна дают синюю краску, пригодную для окрашивания тканей.

Виды селагинеллы часто разводят как комнатные и оранжерейные декоративные растения. Из Шильниковых самым распространенным является полушник озерный, который является биоиндикатором

наиболее чистых вод, рекомендуется для посадки в водоемах и аквариумах.

Семейство *Плауновые* представлено родом Плаун (*Lycopodium*) (около 200 видов) и монотипным родом Филлоглоссум (*Phylloglossum*), представители которых массово произрастают в тропических условиях. В умеренной зоне произрастает 14 видов плаунов, среди которых самым распространенным является **плаун булавовидный** (рис. 7).



Рис. 7. Плаун булавовидный

Плаун булавовидный имеет ползучие дихотомически ветвящиеся побеги (длиной до 3 м), густо покрытые жесткими мелкими листьями. От стебля отходят тонкие придаточные корни.

На верхушках приподнимающихся побегов формируются спороносные колоски (стробилы) цилиндрической формы, расположенные чаще всего по два. Каждый стробил состоит из оси и чешуевидных спорофиллов треугольной формы, на верхней стороне которых находится крупный почкообразный спорангий. В спорангиях в результате мейоза образуются гаплоидные одинаковые по размеру и физиологически равноценные споры, покрытые желтой оболочкой (рис. 7, 8).

Споры высыпаются из спорангия и прорастают в почве очень медленно (3–8 лет) в *заросток* – гаплоидный обоеполюый гаметофит. Заросток мелких размеров бурого цвета имеет клубневидную форму. Для заростка плауна булавовидного характерен микотрофный тип питания. Он развивается медленно (до 10 лет), что зависит от интенсивности формирования микоризы.

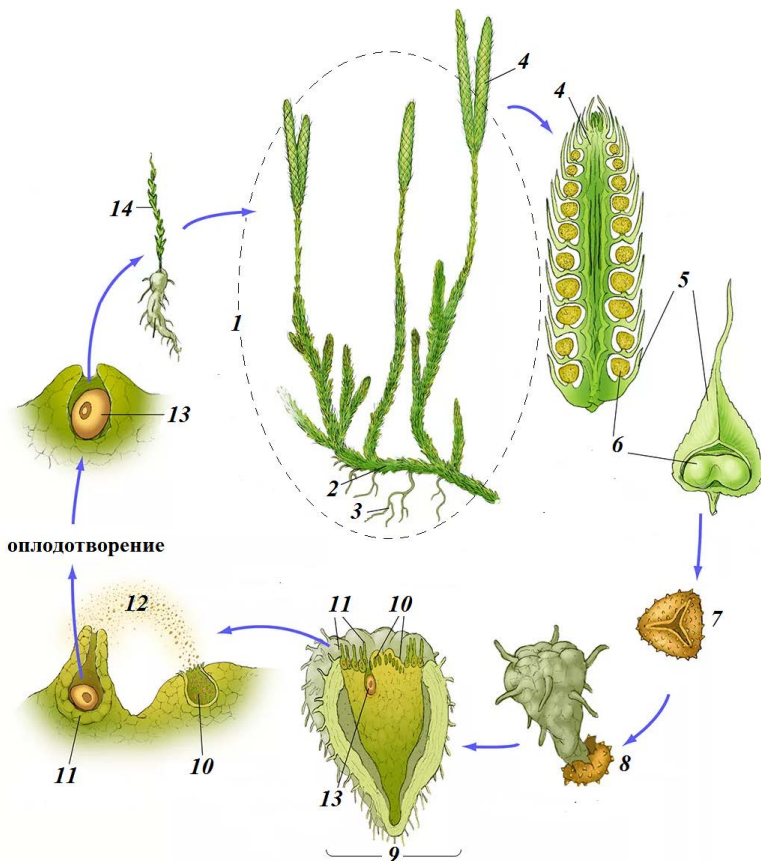


Рис. 8. Плаун булавовидный

- 1 – спорофит; 2 – ползучий стебель; 3 – придаточные корни; 4 – спороносный колосок;  
 5 – спорофиллы; 6 – спорангий; 7 – споры; 8 – прорастание споры в гаметофит;  
 9 – гаметофит; 10 – антеридии; 11 – архегоний с яйцеклеткой; 12 – сперматозоиды;  
 13 – зигота; 14 – развитие нового растения из зародыша

На его верхней поверхности формируются многочисленные антеридии и архегонии, от нижней стороны отходят ризоиды. Оплодотворение яйцеклетки двужгутиковыми сперматозоидами осуществляется в почве при достаточном количестве воды с образованием зиготы. Из нее развивается зародыш спорофита (в брюшке архегония), а затем и взрослое растение (рис. 9).

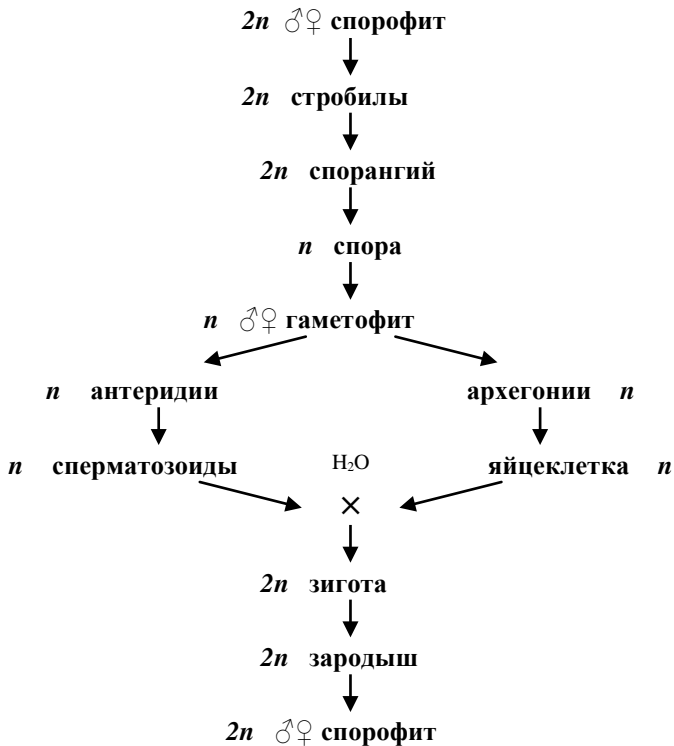


Рис. 9. Схема жизненного цикла плауна булавовидного

Класс *Полушниковые* включает:

- род Полушник (*Isoetes*), или Шильник (70 видов);
- род Селагинелла (*Selaginella*), или Плаунок (около 700).

Разноспоровые Плауновидные произрастают в условиях повышенной влажности или являются водными растениями. Растения рода Полушник характеризуются наличием подземных стеблей, несущих листья, похожие на иглы дикобраза (Шильник) (рис. 10).

Род *Селагинелла* среди современных плауновидных насчитывает самое большое число видов, представляющих собой многолетние травянистые растения, требующих высокой влажности. Но на территории России и на Кавказе произрастает всего 8 видов (рис. 11).

Как правило, растения селагинеллы небольших размеров (5–15 см) с нежными стелющимися побегами, образующие зеленые подушки,

похожие на моховые. На побегах часто формируются корневые подпорки, обладающие положительным геотропизмом. Стебли селлагинелл покрыты слабо кутинизированной эпидермой без устьиц. Листья мелкие (от 0,5 до 5 мм), но располагаются в четыре ряда (два нижних ряда имеют более крупные листья, а два верхних – более мелкие), что обеспечивает формирование листовой мозаики. В листьях находятся многочисленные (1–3 шт.) крупные пластинчатой формы примитивные хлоропласты.



Рис. 10. Полушник (Шильник):  
а – озерный; б – вуалевый



Рис. 11. Селлагинелла

В парных спороносных колосках находятся микроспорангии и мегаспорангии. В микроспорангиях образуются многочисленные микроспоры, а в каждом мегаспорангии – только 4 мегаспоры (рис. 12).

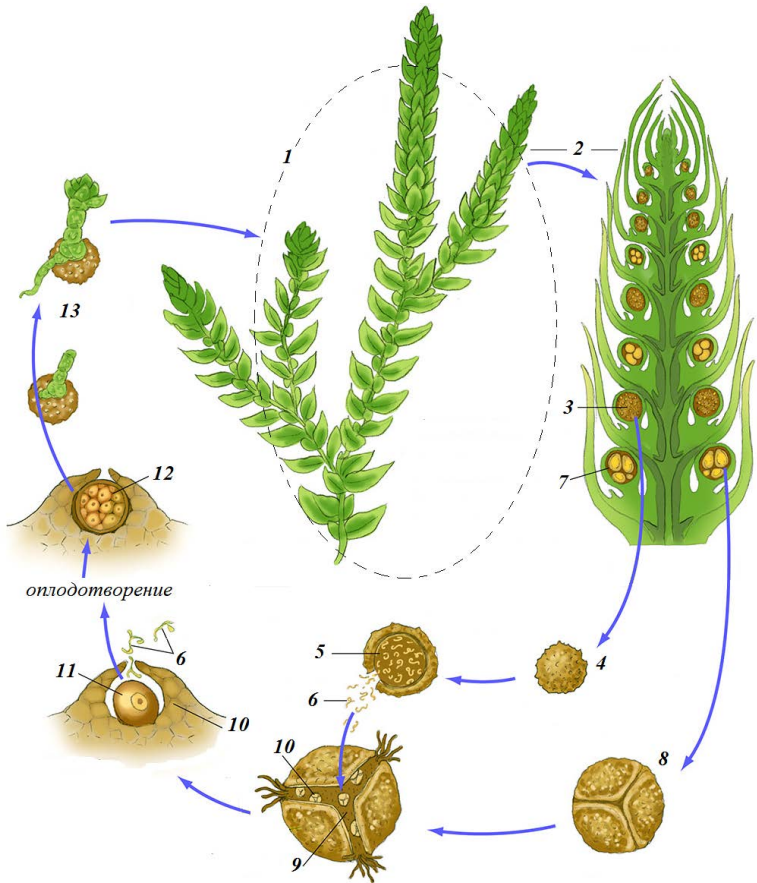


Рис. 12. Селагинелла:

- 1 – спорофит; 2 – стробилы (спороносный колосок); 3 – микроспорангий; 4 – микроспора; 5 – мужской гаметофит (внутри микроспоры); 6 – сперматозонды; 7 – мегаспорангий; 8 – мегаспора; 9 – женский гаметофит (внутри мегаспоры); 10 – архегоний; 11 – яйцеклетка; 12 – зигота; 13 – развитие нового растения из зародыша

При прорастании из микроспоры образуется мужской заросток (гаметофит). Он сильно редуцирован и состоит из одной вегетативной клетки, одного антеридия со сперматозоидами. Из мегаспоры образуется женский заросток (гаметофит), развитие которого проходит в пределах оболочки мегаспоры. На женском заростке развиваются архегонии с яйцеклетками. После оплодотворения (при наличии водных условий) возникает диплоидная зигота, из которой развивается новое бесполое поколение селлагинеллы (рис. 13).

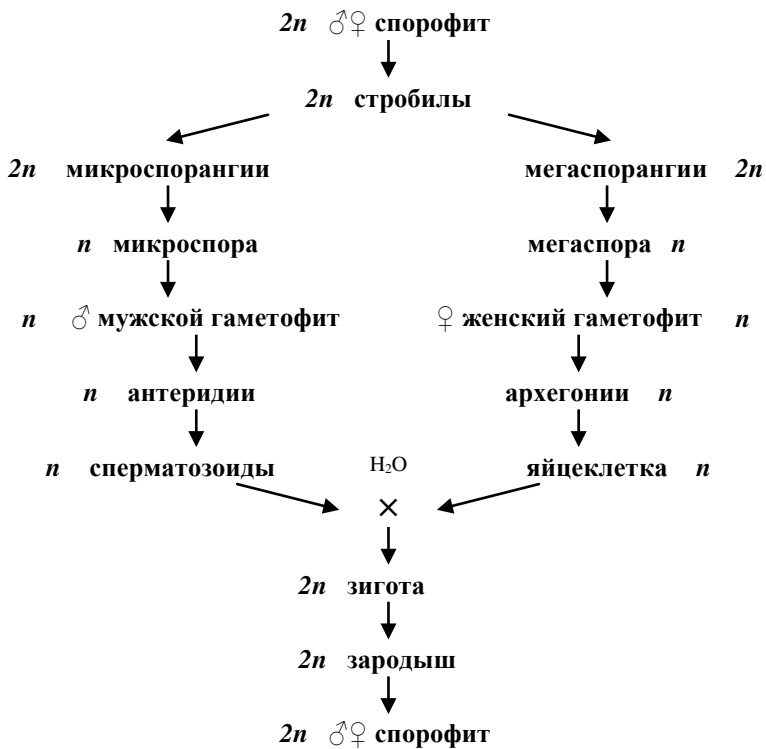


Рис. 13. Схема жизненного цикла селлагинеллы

Селлагинелла отличается от плауна булавовидного резкой морфологической и физиологической дифференциацией спор, наличием однополых сильно редуцированных гаметофитов, что является следствием разноспоровости данных растений.

**Материал:** гербарий и фиксированные экземпляры растений различных видов плауна, оранжерейные растения селлагинеллы; постоянные препараты продольного разреза спороносных колосков плауна булавовидного и селлагинеллы.

**Задание.**

1. Изучить и зарисовать внешнее строение плауна булавовидного.
2. Изучить на постоянном препарате строение спороносного колоска плауна булавовидного.
3. Зарисовать схему жизненного цикла плауна булавовидного.
4. Изучить на вегетирующем экземпляре строение селлагинеллы.
5. Зарисовать строение спороносного колоска и схему жизненного цикла селлагинеллы.

**Выполнение работы.** Класс Плауновые равноспоровые, представитель плаун булавовидный. Используя гербарный материал, изучить внешнее строение данного растения. Отметить наличие длинного ползучего побега и придаточных корней. Побеги и корни плауна булавовидного имеют дихотомический тип ветвления. На вертикально возвышающихся побегах располагаются парные спороносные колоски (стробилы). Используя постоянный микропрепарат, изучить строение спороносного колоска, отметить особенности строения спорофиллов и расположения спорангиев. Зарисовать внешнее строение растения, в том числе одного стробила.

Класс Полушниковые разноспоровые, представитель селлагинелла. Изучить внешнее строение селлагинеллы на вегетирующем экземпляре. На постоянном микропрепарате рассмотреть строение спороносного колоска селлагинеллы, особенности расположения микро- и мегаспорангиев. Зарисовать строение спороносного колоска и схему жизненного цикла селлагинеллы.

### **Тема 3. ОТДЕЛ ХВОЩЕВИДНЫЕ (*EQUISETOPHYTA*)**

Хвощевидные представляют собой древнюю группу растений с преобладанием их древовидных форм еще в карбоновом периоде. Древовидные ископаемые хвощевидные (каламиты) достигали высоты 20 м и имели вторичную ксилему. Отдел Хвощевидные делят на четыре класса, три из которых являются ископаемыми (Гиениевые, Клинолистные, Каламитовые).

Современные хвощевидные представлены лишь травянистыми растениями более 20 видов рода Хвощ (*Equisetum*) из класса *Хвощевые* (*Equisetopsida*) (рис. 14).



Рис. 14. Хвощ:  
*a* – болотный; *б* – большой; *в* – приречный; *г* – лесной

Хвощи – это многолетние корневищные травы, являющиеся космополитами. От корневищ формируются придаточные корни и надземные побеги. Растения хвощей отличаются наличием членистого (мутовчатого) строения: побеги и листья имеют ребристое строение и располагаются правильными мутовками (как листья, так и боковые побеги). Стебли на уровне междоузлий полые, в узлах выполненные. В анатомическом строении стеблей уже хорошо различима механическая ткань, проводящая система – в виде коллатеральных проводящих пучков с преобладанием трахеидов и ситовидных клеток.

Листья мелкие, бурые, чешуевидной формы (филлоиды), сросшиеся в трубчатое влагалище. Листья сильно редуцированы, поэтому функцию фотосинтеза выполняют стебли. Для надземной части характерна сильная минерализация, клетки эпидермы содержат большое количество кремнезема.

Виды хвощей различаются по строению побегов спорофита. Хвощ полевой имеет два типа побегов: весенние спороносные побеги (формируют спороносный колосок) и летние ассимилирующие побеги. У хвоща болотного и речного спороносные колоски образуются на ассимилирующих побегах.

В жизненном цикле хвощей преобладает спорофит. Все хвощи являются разноспоровыми растениями. На оси колоска находятся спорангиофоры (видоизмененные спороносные боковые побеги), имеющие вид щитка на ножке. К каждому спорангиофору крепятся 8–10 спорангиев, в которых образуются гаплоидные споры. Внешне споры одинаковы, но физиологически неравнозначны: одни из них прорастают в мужские заростки, а другие – в женские.

Споры хвощей имеют три оболочки: интина, экзина и перина. Внешняя оболочка перина не целостная. Она образует две элатеры, закрепленные в одной точке и образующие 4 конца. Элатеры гигроскопичны. В сухую теплую погоду элатеры раскручены, что способствует сцеплению спор, их распространению и прорастанию в заростки группами. В прохладную и влажную погоду – спирально закручены на поверхности спор (выполняют защитную функцию).

Заростки (гаметофиты) имеют вид мелких зеленых рассеченных пластинок, прикрепленных к почве ризоидами. Гаметофиты достигают зрелости спустя 3–5 недель. Сперматозоиды спирально скрученные, многожгутиковые.

Лекарственное направление использования растений хвоща объясняется их химическим составом: сапонины, алкалоиды, флавоноиды, гликозиды, витамин С (до 0,19 %), каротин (около 4,7 мг%), органические кислоты (аконитовая, щавелевая и др.), белки, жиры, кремниевая кислота (до 25 %), дубильные вещества, горечи, смолы. Травяные сборы хвоща используются как мочегонное, противовоспалительное, кровоостанавливающее, общеукрепляющее и ранозаживляющее средство; при сердечной недостаточности улучшают водно-солевой обмен; эффективны при лечении отеков и влажных плевритов.

Высушенные стебли хвощей с высоким содержанием солей кремния применяются для шлифования поверхностей (при столярных работах с деревом, художниками). Ядовитость большинства видов (в особенности хвоща лесного) объясняется наличием фермента тиаминазы. Хвощи не используются на корм животным, так как могут вызвать их отравление. Хвощ полевой является одним из самых злостных многолетних корневищных сорняков.

Ярким, наиболее распространенным представителем этого отдела является *хвощ полевой* (*Equisetum arvense*) (рис. 15). Это многолетнее травянистое растение с развитыми длинными корневищами (проникают в почву на глубину до 1,0–1,2 м). За один период хвощ полевой развивает два типа побегов.



*a*

*б*

Рис. 15. Хвощ полевой: *a* – весенний спороносный; *б* – летний ассимиляционный побеги

Сначала от корневищ развиваются весенние спороносные побеги: прямостоячие, неразветвленные побеги бурого цвета (бесхлорофиллоносные) с мелкими пленчатыми листьями. На верхушке такого побега формируется спороносный колосок булабовидной формы. К спорангиофорам с внутренней стороны крепятся по 8–10 спорангиев мешковидной формы (рис. 16).

В спорангиях образуются морфологически одинаковые, но физиологически разные споры. При созревании спорангии вскрываются и споры разносятся ветром. Благодаря элатерам споры разносятся группами и прорастают на почве в рядом расположенные мужские и женские заростки (гаметофиты). Заростки имеют вид зеленых лопастных пластинок. На мужских заростках развиваются антеридии с многожгутиковыми сперматозоидами, на женских – архегонии с одной яйцеклеткой в каждом. При наличии водной среды происходит оплодотворение, в результате чего образуется зигота, зародыш, а из него – новое взрослое поколение спорофита.

После распространения спор весенние спороносные побеги отмирают. На смену им из этих же корневищ развиваются летние ассимилирующие мутовчато разветвленные побеги. Такие побеги имеют мутовки из сросшихся мелких пленчатых листьев (рис. 17).

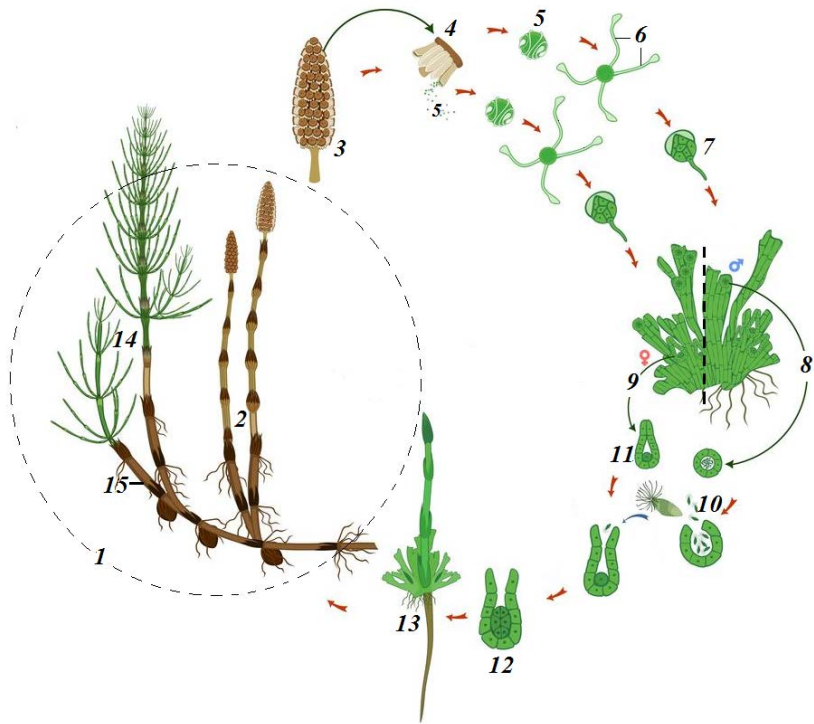


Рис. 16. Хвощ полевой:

1 – спорофит; 2 – весенний спороносный побег; 3 – спороносный колосок; 4 – спорангиефоры; 5 – споры; 6 – элатеры споры; 7 – прорастание споры в гаметофит; 8 – мужской гаметофит; 9 – женский гаметофит; 10 – антеридий со сперматозоидами; 11 – архегоний с яйцеклеткой; 12 – зигота; 13 – развитие нового растения из зародыша; 14 – летний ассимиляционный побег; 15 – корневище с придаточными корнями

**Материал:** живые экземпляры и гербарные образцы растений различных видов хвоща; засушенные спороносные колоски хвоща полевого; постоянные препараты продольного разреза спороносного колоска хвоща полевого.

**Задание.**

1. Рассмотреть гербарные экземпляры различных видов хвоща, указав их систематические признаки.

2. Рассмотреть гербарные (живые) экземпляры хвоща полевого, описать и зарисовать его внешнее строение.

3. Изучить на постоянном препарате строение спороносного колоска хвоща полевого.
4. Рассмотреть временный препарат из спор хвоща полевого и зарисовать их.
5. Зарисовать схему жизненного цикла хвоща полевого.

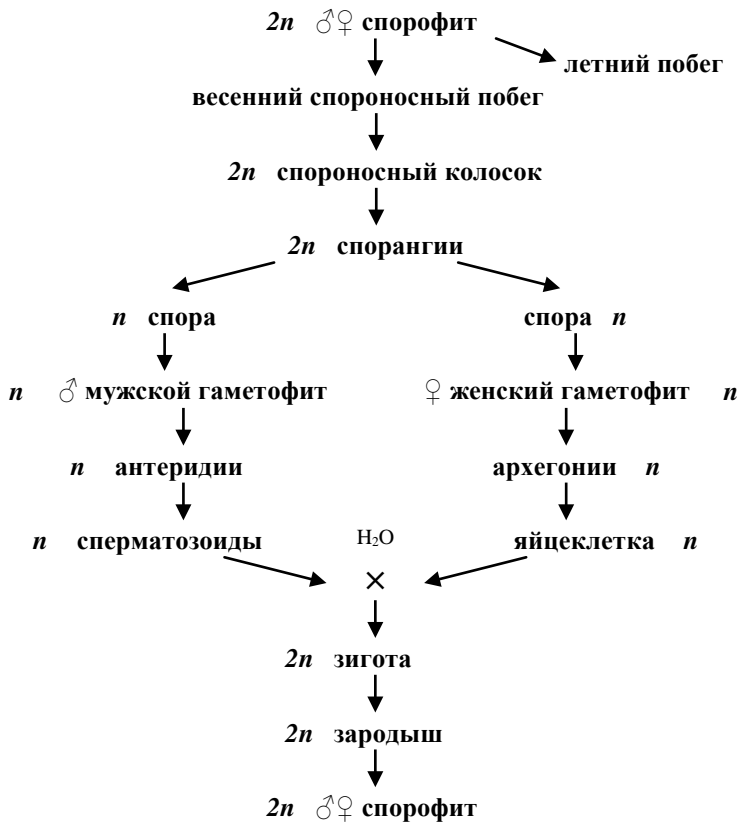


Рис. 17. Схема жизненного цикла хвоща полевого

**Выполнение работы.** Отдел Хвощевидные, представитель хвоща полевой. Используя гербарный материал (или живые экземпляры), изучить внешнее строение различных видов хвоща. Определить растения хвоща полевого и описать их.

Необходимо отметить, что хвощ полевой является многолетним травянистым растением, на корневищах которого образуются клубни, содержащие запасной крахмал (обеспечивают успешность вегетативного размножения). Используя гербарный и плакатный материал, определить, какой их побегов является весенним, какой – летним. Описать строение весеннего спороносного побега, отметить наличие его бурого окрашивания.

Используя постоянный препарат, рассмотреть и описать строение спороносного колоска хвоща полевого. Указать особенности его строения: булавовидная форма, наличие спорангиофоров в форме шестигранных щитков.

Для изучения строения спор необходимо сделать препарат, используя высушенные спороносные колоски хвоща полевого. На сухое предметное стекло, используя кисточку, поместить немного спор, не накрывая их покровным стеклом. Под микроскопом видно, что споры хвоща морфологически одинаковые, округлые. Споры хвоща, кроме экзины и интины, имеют третью оболочку, которая формирует элатеры. Они имеют вид четырех спирально скрученных лент. Для того чтобы рассмотреть их, необходимо осторожно подышать на препарат (согреть воздух вокруг спор) и сразу посмотреть в микроскоп. Хорошо видно, что при наличии более теплого сухого воздуха элатеры раскручиваются, с постепенным возвращением в исходное положение (это подтверждает гигроскопичность элатер спор хвоща полевого).

Используя гербарный материал или живые растения, описать строение летнего ассимилирующего побега, указав отличительные признаки в сравнении с весенним спороносным побегом.

Зарисовать внешнее строение весеннего спороносного и летнего ассимилирующего побегов хвоща полевого, его спороносного колоска и спор. Составить схему жизненного цикла хвоща полевого.

#### **Тема 4. ОТДЕЛ ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ (*POLYPODIOPHYTA*)**

Произошли папоротники от проптеридофитов, достигли максимального расцвета в каменноугольном периоде, когда древовидные папоротники вместе с ископаемыми плаунами и хвощами господствовали в растительном мире.

Современные папоротники насчитывают около 12 000 видов, относящихся к трем классам: Ужовниковые (*Ophioglossopsida*), Мараттиевые (*Marattiopsida*) и Полиподиевые (*Polypodiopsida*). В Беларуси произрастает 29 видов, из которых 7 видов охраняемых.

Класс *Ужовниковые* включает одно семейство *Ужовниковые* (*Ophioglossaceae*) и всего 3 рода – *Ужовник* (*Ophioglossum*), *Гроздовник* (*Botrychium*) и *Гельминтостахис* (*Helminthostachys*). Единственный вид *гельминтостахиса* обитает в тропических лесах восточного полушария.

*Гроздовники* и *ужовники* являются низкорослыми растениями, не имеющих привлекающих внимание признаков, поэтому часто оказываются незамеченными. Они широко распространены по земному шару: *гроздовники* чаще встречаются в северной умеренной зоне, а *ужовники* – в тропической зоне (рис. 18).



Рис. 18. *Ужовник обыкновенный* (а) и *гроздовник лунный* (б)

Род *Гроздовник* представлен 33 видами. В нашей стране произрастает 6 видов, из которых 4 вида занесены в Красную Книгу Республики Беларусь. Чаще всего встречается *гроздовник полулунный*, развернутый лист которого достигает размеров 10–16 см, примерно на половине разделен на две части (спороносную и вегетативную). Он является растением-компасом, так как в полдень лист поворачивается узким сечением в направлении юг-север, чем предохраняет себя от излишнего нагревания.

Среди *ужовников* насчитывают 35 видов, из которых 4 вида встречается во флоре Беларуси (*ужовник обыкновенный* занесен в Красную

Книгу Республики Беларусь). В переводе с греческого языка уховник означает «язык змеи». Виды этого рода имеют самое большое число хромосом из всех существующих в настоящее время организмов (в том числе растений): среднее значение  $n = 120$ ,  $\max n = 631$ .

Считают, что уховниковые являются наиболее древней группой современных папоротников. Лист не свернут улиткообразно и развивается медленно (до трех лет и более). Вегетативная часть листа может быть цельной или перисторассеченной, а спороносный участок расположен на верхушке в виде кисти или колоска. Корневище уховниковых имеет камбий, что резко отличает их от всех современных папоротников. Гаметофиты развиваются в почве, могут существовать до 20 лет, достигая 6 см в длину при диаметре 0,1 см.

Класс *Мараттиевые* также представлен единственным современным семейством *Marattiaceae*, включающим 4 рода и около 200 видов, произрастающих во влажных тропиках. Наиболее распространен род Мараттия (*Marattia*) и род Ангиоптерис (*Angiopteris*) (рис. 19).



а

б

Рис. 19. Мараттия:

а – внешний вид растения; б – листья со спорами

Это крупные папоротники, листья которых иногда достигают длины 6 м. Листья чаще всего перисто- или пальчаторассеченные, но могут быть и цельными. Молодые листья всегда спирально закручены. Стебли небольшие, около 1 м в высоту, и наполовину погружены в почву. Растения равноспоровые. Спорангии собраны в сорусы и расположены на нижней стороне листьев, число спор огромное. Гамето-

фит наземный, темно-зеленый сердцевидной или продолговатой формы, долгоживущий.

*Полиподиевые* самый многочисленный класс современных папоротников, представленный преимущественно многолетними травами и эпифитами. Этот класс папоротников делят на 3 подкласса (классификация Алана Смита, 2006 г.):

1) Полиподиевые (*Polyypodiidae*), включающий 4 порядка (Осмундовые, Схизейные, Полиподиевые, Циатейные) – равноспоровые папоротники;

2) Марсилиевые (*Marsileidae*) – папоротники;

3) Сальвиниевые (*Salviniidae*) – папоротники.

Марсилиевые и Сальвиниевые представляют систематическую группу водных разноспоровых папоротников.

Большинство представителей флоры Беларуси относятся к равноспоровым папоротникам: щитовники (7 видов), кочедыжники (4 вида), страусник, орляк. Растения имеют короткое, утолщенное корневище, на котором расположены 5–7 хорошо развитых листьев. Листья крупные, перисторассеченные (вайи), имеют стеблевое происхождение. Молодые листья имеют форму «улитки». Листья выполняют как фотосинтезирующую функцию, так и функцию спороношения (на нижней поверхности листа находятся сорусы). Спорангии таких папоротников собраны в сорусы, которые защищены индусием. Гаметофиты (заростки) обоеполые, имеют форму зеленых пластинок.

Значение папоротников очерчено небольшим кругом направлений. Остатки древних папоротников дали залежи каменного угля. Пищевое направление использования достаточно ограничено. В пищу используются молодые листья в форме улитки, черешки и клубневидные основания черешков некоторых мараттиевых, страусника обыкновенного, орляка обыкновенного, осмунды коричневой. Корневища и стволы древовидных папоротников содержат достаточно много крахмала (до 40 %), что успешно используется населением (например, гавайцами) в пивоварении, в приготовлении клея. Среди папоротников достаточно много ядовитых растений, особенно представители родов Щитовник, Кочедыжник и Страусник. Наиболее токсичными из представителей нашей флоры являются виды Щитовника, корневища которого содержат производные флороглюцина. Однако экстракты из щитовника обладают антигельминтным действием и используются в медицине.

Яркость и крупность вайев папоротников широко используются ландшафтными дизайнерами в озеленении открытых и замкнутых про-

странств (нефролепис, костенец, птерис, мараттия, страусник, кочедыжник и др.), оригинальность водных папоротников (сальвиния) – как декоративные аквариумные растения.

Водный плавающий папоротник азолла папоротниковидная (*Azolla filiculoides*) обладает способностью вступать в симбиоз с сине-зеленой водорослью анабеной азоллы, результатом которого является фиксация азота (до 50 кг/га). На этом основано широкое использование азоллы в Японии, Китае и Индокитае в качестве зеленого удобрения при возделывании риса, благодаря чему он может долго расти на одном и том же месте.

Одним из широко распространенных полиподиевых равноспоровых папоротников является **щитовник мужской**. Это многолетнее травянистое растение высотой до 80–100 см. Надземный стебель отсутствует. В почве формируется короткое утолщенное корневище с придаточными корнями. От корневища развиваются 5–7 крупных перисторассеченных листьев (вайи). Молодые листья улиткообразно скручены и постепенно от основания к верхушке разворачиваются, что подтверждает их стеблевое происхождение. Полное развитие листа завершается лишь на третий год (рис. 20, 21).



*a*

*б*

Рис. 20. Щитовник мужской: *a* – сорусы; *б* – лист на стадии улитки

В цикле развития папоротника преобладает спорофит. Папоротники размножаются спорами. Образование спор осуществляется в спорангиях, которые собраны в сорусы. Каждый спорангий имеет овально-

округлую форму, покрыт однослойной оболочкой и крепится на длинной тонкой ножке.



Рис. 21. Щитовник мужской:

- 1 – спорофит; 2 – нижняя поверхность листа; 3 – сорусы; 4 – спорангий; 5 – споры;  
 6 – прорастание споры в гаметофит; 7 – обоеполюый гаметофит; 8 – антеридий;  
 9 – сперматозоиды; 10 – археогоний с яйцеклеткой; 11 – зигота; 12 – развитие нового растения из зародыша

Сорусы располагаются с нижней стороны листа вдоль средней жилки и покрыты индузием (общим покрывальцем) (см. рис. 20). В одном спорангии, как правило, образуются 64 споры. Все споры

одинаковы и покрыты двухслойной оболочкой. Созревшие спорангии вскрываются с помощью механического кольца, расположенного по окружности спорангия (рис. 21–23).

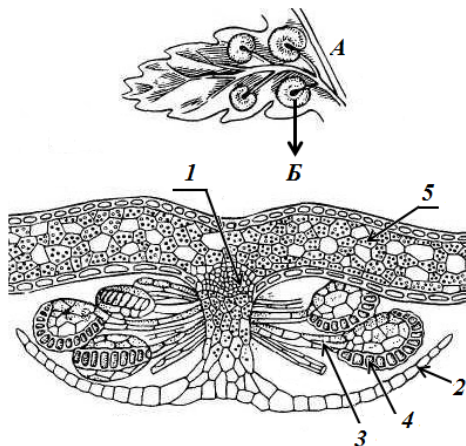


Рис. 22. Строение соруса:

*A* – сорус на нижней поверхности вайи; *Б* – поперечный срез вайи с сорусом;  
 1 – плацента; 2 – индузий; 3 – ножка спорангия; 4 – спорангий; 5 – мезофил вайи (листа)

При попадании в благоприятные условия споры прорастают в обоеполые заростки (гаметофиты). Каждый заросток имеет вид зеленой округло-сердцевидной пластинки размером не более  $1 \text{ см}^2$ , которые крепятся к почве с помощью ризоидов. На нижней поверхности заростка формируются антеридии и архегонии. Архегонии имеют колбовидную форму с расширенным брюшком (как у большинства споровых растений), антеридии – округлую форму с многочисленным спирально закрученными многожгутиковыми сперматозоидами. При наличии влажной среды происходит оплодотворение, в результате чего формируется зигота, а из нее развивается зародыш. Первоначально зародыш развивается за счет заростка (до образования корешка, стебелька и первого листа).

К разноспоровым (водным) папоротникам относится **сальвиния плавающая**, широко встречающаяся в теплых водоемах южной части России, Кавказа, Средней Азии, а также широко культивируемая как декоративное аквариумное растение.

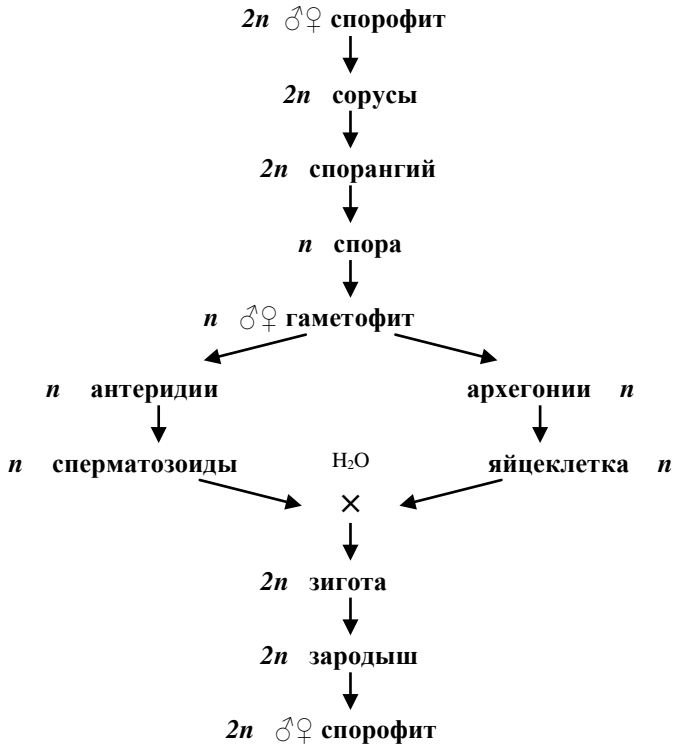


Рис. 23. Схема жизненного цикла щитовника мужского

Это небольшое растение, которое формирует на поверхности водоемов своеобразные «заросли». У этого папоротника нет корней. На тонком стебле от каждого узла крепятся мутовки из трех листьев. Два листа имеют цельные листовые пластинки длиной до 1,0–1,5 см, обладающие водоотталкивающим эффектом, и находятся на поверхности воды. Эти листья фотосинтезирующие. Третий лист сильно рассечен, погружен в воду и выполняет функцию корней (рис. 24, 25).

К основанию подводного листа крепится группа шаровидных, замкнутых, одинаковых по размеру сорусов: в одних сорусах находится множество мелких шаровидных микроспорангиев, в других – небольшое число крупных овальных мегаспорангиев. В каждом микроспорангии обычно образуются по 64 микроспоры. В одном мегаспорангии полного развития достигает только одна мегаспора.



*a*

*б*

Рис. 24. Сальвиния плавающая (внешний вид):

*a* – листья на поверхности воды; *б* – водный лист и прикрепленные к его основанию шаровидные сорусы

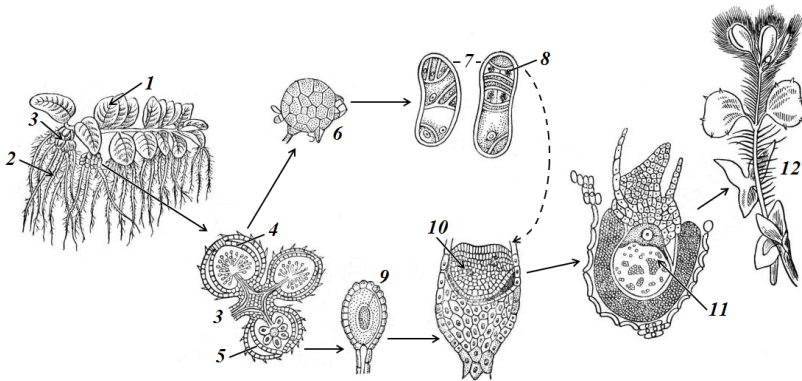


Рис. 25. Сальвиния плавающая (строение):

*1* – надводные листья; *2* – подводные рассеченные листья; *3* – шаровидные сорусы; *4* – сорусы с микроспорангиями; *5* – сорусы с мегаспорангиями; *6* – микроспангий с мужским гаметофитом; *7* – мужские гаметофиты; *8* – сперматозоиды; *9* – мегаспорангий; *10* – архегоний; *11* – женский гаметофит с зародышем; *12* – молодое растение

Сорусы со спорангиями оседают осенью на дно водоема и зимуют там. Весной, когда сгнивают оболочки сорусов, спорангии всплывают на поверхность водоема. Споры прорастают в заростки (гаметофиты),

не покидая оболочек спорангиев. Микроспора прорастает в сильно редуцированный мужской заросток, на котором развиваются только два антеридия с 4 сперматозоидами в каждом. Из мегаспоры формируется женский заросток, на котором развиваются 3–5 архегониев. Развившиеся заростки разрывают оболочки спорангиев и выходят наружу. После оплодотворения из зиготы развивается зародыш, который долгое время связан с женским заростком, из него – взрослое растение (рис. 26).

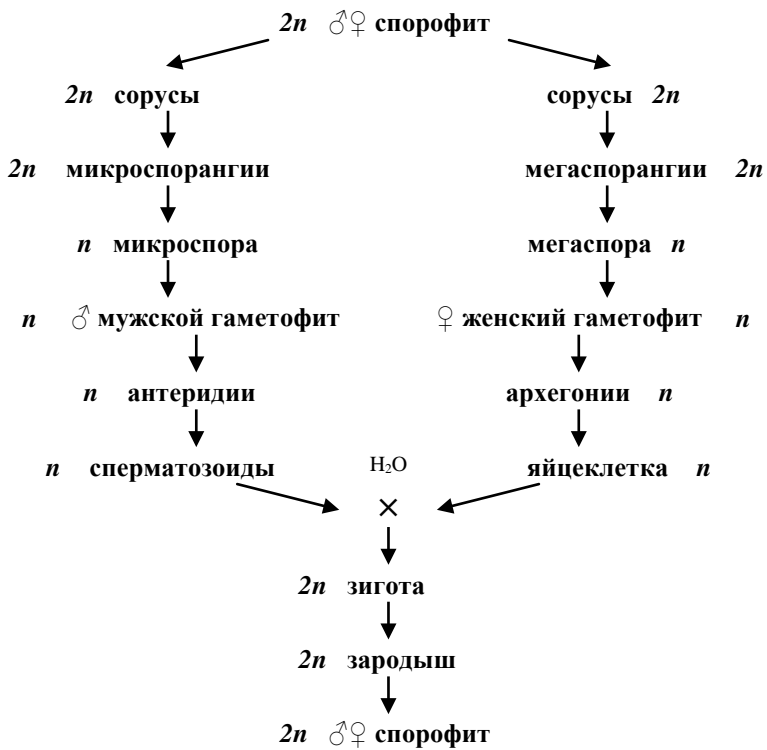


Рис. 26. Схема жизненного цикла сальвинии плавающей

**Материал:** живые экземпляры и гербарные образцы щитовника мужского, уховника обыкновенного, орляка обыкновенного, страусника, сальвинии плавающей; постоянные микропрепараты продольного разреза вайи со спорангиями, заростков.

### **Задание.**

1. Рассмотреть гербарные образцы представителей отдела Папоротниковидные, указав их систематические признаки и сравнив между собой.

2. Рассмотреть гербарные (живые) экземпляры щитовника мужского, описать его морфологическое строение и зарисовать.

3. Изучить на постоянном препарате участок вайи с сорусом и спорангиями, зарисовать его и привести обозначения.

4. Изучить строение заростка щитовника мужского, используя постоянный микропрепарат. Зарисовать его. Привести обозначения.

5. Зарисовать схему жизненного цикла щитовника мужского.

6. Используя гербарные образцы, изучить внешнее строение сальвинии плавающей.

7. Рассмотреть микропрепараты строения мужского и женского заростков сальвинии плавающей. Зарисовать схему жизненного цикла сальвинии плавающей.

**Выполнение работы.** Отдел Папоротниковидные, представители: щитовник мужской, уховник обыкновенный, орляк обыкновенный, страусник, сальвиния плавающая. Используя гербарный материал (или живые экземпляры), изучить внешнее строение различных папоротников. Определить растения щитовника мужского и описать их.

Необходимо отметить, что щитовник мужской является многолетним травянистым растением, на корневищах которого находятся крупные перисто-рассеченные листья (вайи). На нижней поверхности листьев вдоль средних жилок крепятся сорусы. Используя гербарный и плакатный материал, описать внешнее строение растений щитовника мужского.

Используя постоянный препарат, рассмотреть при малом увеличении и описать строение соруса. Указать особенности его строения: спорангий защищен пленчатым общим индусием соруса, каждый спорангий крепится с помощью ножки в плаценте. Стенка спорангия однослойная многоклеточная. На поверхности спорангия четко выделяется механическое кольцо, обеспечивающее при подсыхании его клеток вскрываемость спорангиев.

Зарисовать часть вайи с сорусом, привести соответствующие обозначения.

Рассмотрев постоянный микропрепарат, отметить особенности строения гаметофита щитовника мужского. Это обоеполюый заросток с сердцевидной выемкой, к почве прикрепляется ризоидами. На нижней поверхности вблизи выемки располагается группа архегониев (брюш-

ко погружено в ткань заростка), в ризоидальной зоне – группа округлых антеридиев. Зарисовать строение заростка, сделать обозначения. Составить схему жизненного цикла щитовника мужского.

Используя гербарный материал или живые растения, описать внешнее строение сальвинии плавающей, отметить наличие двух типичных листьев с цельной листовой пластинкой и третьего листа в виде тонких изрезанных сегментов, выполняющих функцию поглощения элементов питания.

Рассмотреть при малом увеличении на постоянных микропрепаратах строение женского и мужского заростков. Отметить их сильную редукцию: развитие заростков внутри оболочек спорангиев, строение с небольшим количеством гаметангиев и гамет. Составить схему жизненного цикла сальвинии плавающей.

## **Тема 5. ОТДЕЛ ГОЛОСЕМЕННЫЕ (PINOPHYTA, ИЛИ GYMNOSPERMAE)**

Отдел Голосеменные представлен древнейшими семенными растениями. Произошли они, предположительно, от древних разноспоровых папоротниковидных. Характерной отличительной особенностью голосеменных является наличие семян, которые открыто (голо) лежат на семенных чешуях. Поэтому эти растения и называют голосеменными.

Жизненными формами современных голосеменных являются деревья и кустарники, травянистых растений среди них нет.

Растения характеризуются развитием системы главного корня (стержневая корневая система), а также наличием моноподиального типа ветвления. Листья у большинства растений мелкие в виде иголок (хвоинок), чешуек, реже они крупные (у более древних голосеменных). Хвоя многолетняя (в зависимости от вида, от 2 до 10–15 лет), опадает ежегодно лишь частично, поэтому растения относятся к группе вечнозеленых растений. Исключением является лиственница, у которой вся хвоя опадает каждый год.

Анатомическое строение стебля голосеменных более сложное, чем у папоротников, что объясняется наличием камбия и феллогена (пробкового камбия). Стебель выделяется мощно развитой древесиной, представленной преимущественно трахеидами (слабое развитие сердцевины).

Голосеменные являются разноспоровыми растениями, у которых мужской и женский гаметофиты сильно редуцированы и развиваются за счет преобладающего спорофита. Женский гаметофит развивается

внутри семячатка при прорастании мегаспоры в нуцеллусе и представлен первичным эндоспермом с двумя архегониями. Формирование мужского гаметофита начинается внутри микроспорангия; он представлен пыльцой, дающей развитие двум спермиям (антеридиев нет).

Процесс оплодотворения уже не зависит от наличия водной среды; появляется процесс опыления, способствующий переносу пыльцы на женскую шишку.

Размножаются голосеменные растения семенами, вегетативное размножение встречается очень редко.

Представители отдела Голосеменные объединены в 7 классов, из которых 3 являются вымершими (Семенные папоротники, Беннеттитовые, Кордаитовые).

В современной флоре Голосеменные представлены растениями из 4 классов: Саговниковые (*Ginkgoopsida*), Гинкговые (*Cycadopsida*), Хвойные (*Pinopsida*) и Гнетовые (*Gnetopsida*). Общее число видов составляет около 800, причем большинство голосеменных относится к классу Хвойных (600 видов).

В настоящее время класс **Саговниковые** (*Ginkgoopsida*) представлен 130 видами из 9 родов одного семейства, произрастающими в тропиках и субтропиках. Саговники являются вечнозелеными двудомными деревьями с колонновидными или короткими бочонковидными стволами, на вершине которых находится розетка крупных перисторассеченных листьев. Из-за такой внешней схожести эти растения часто называют «саговыми пальмами» (рис. 27).



Рис. 27. Саговниковые

Новый лист развивается раз за один-два года, а остатки черешков старых листьев на стволе формируют своеобразный «панцирь». Стробилы (мужские и женские шишки) формируются на разных растениях, часто крупные (до 1 м, массой 40 кг). Оплодотворение происходит многожгутиковыми сперматозоидами (самые крупные в растительном мире: 3–3,5 мм). Размножаются саговники достаточно крупными мясистыми семенами (длиной до 3–4 см).

Класс Гинкговые в современном растительном мире представлен только одним видом – гинкго двухлопастное (*Ginkgo biloba*), природный ареал которого ограничен (Китай, Япония, Корея). Это высокие листопадные деревья (до 40 м) с диаметром ствола до 4,5 м и пирамидальной кроной. Листья имеют веерообразную форму – двухлопастные листовые пластинки с дихотомическим жилкованием.

Как и саговники, гинкго двухлопастное является двудомным растением. После опыления и оплодотворения многожгутиковыми сперматозоидами формируются крупные округлые семена с мясистым съедобным наружным слоем. Гинкго является ярким представителем древнейших растений, возраст которых достигает 2–2,5 тыс. лет (рис. 28).



Рис. 28. Гинкго двухлопастное

Класс **Хвойные** является господствующим в отделе Голосеменных, однако большинство родов и видов имеют ограниченные ареалы (осо-

бенно араукария, секвойя). Хвойные представлены преимущественно вечнозелеными деревьями, самыми крупными в растительном мире. Листья игловидные (хвоя) или чешуевидные.

Наибольшее распространение имеют растения четырех семейств:

1. Кипарисовые (*Cupressaceae*) – включает 130 видов, представлено небольшими деревьями и кустарниками с игловидными или чешуевидными листьями, произрастающими в умеренных, субтропических и тропических условиях (рис. 29).



а

б

в

Рис. 29. Кипарисовые:

а – кипарис вечнозеленый; б – можжевельник обыкновенный; в – туя западная

2. Таксодиевые (*Taxodiaceae*) – включает в настоящее время лишь 15 видов огромных крупных деревьев, древесина которых имеет хорошо развитую паренхиму без смоляных ходов (рис. 30).

3. Тисовые (*Taxaceae*) – представлено двудомными, редко однодомными вечнозелеными деревьями или кустарниками из 6 родов (31 вид), произрастающими в умеренном и субтропическом климате северного полушария. Тисовые представляют собой древнюю, вымирающую вечнозеленую хвойную породу с густой кроной. Их листья представлены в виде узкой (тисы) или широкой (торреи) хвои (жесткие, линейной и ланцетной формы), без смоляных ходов. Семя овально-яйцевидное, окружено красным или желтым, сладковатым ариллусом («кровелькой») (рис. 31).



*a*

*б*

Рис. 30. Таксодиевые:  
*a* – болотный кипарис; *б* – секвойядендрон гигантский



Рис. 31. Тис обыкновенный

4. Сосновые (*Pinaceae*) – насчитывают 250 видов, из которых многие являются основными лесообразующими породами (сосна, ель, лиственница, пихта, кедр).

Род Лиственница объединяет около 15 видов очень светолюбивых деревьев с ежегодно опадающей хвоей. Хвоинки короткие, собраны по

10–12 шт. Среди хвойных лиственница выделяется быстрым ростом и продолжительностью жизни до 500 лет (рис. 32, *a*).



*a*

*б*

Рис. 32. Сосновые:  
*a* – лиственница; *б* – пихта

К роду Ель относится около 45 видов теневыносливых деревьев, имеющих одиночные хвоинки, сохраняющиеся до 7–12 лет.

Основной темнохвойной породой тайги является пихта (около 40 видов), которая имеет прямостоячие, распадающиеся при созревании семян шишки. Пихта является теневыносливым, холодостойким представителем, не переносящим задымления и загрязнения воздуха (рис. 32, *б*).

Кедр представлен высокими вечнозелеными деревьями с пирамидальной кроной и хвоинками, собранными в пучки по 30–40. Данный род представлен только 4 видами с ограниченным ареалом. Кедр имеет мелкие несъедобные семена.

Класс **Гнетовые** (*Gnetopsida*) включает три семейства: Гнетовые, Эфедровые, Вельвичиевые, в каждом из которых только один род. Гнетовые, в отличие от других голосеменных, имеют признаки, сближающие их с Цветковыми (Покрытосеменными). Это двудомные кустарники и лианы с супротивным листорасположением. В древесине хорошо различимы сосуды. Для них характерна еще большая редукция полового поколения (отсутствуют архегонии) и прообраз двойного

оплодотворения, из-за чего в современной систематике их называют оболочкосеменными.

*Гнетум* (гнемон, или мелинжо) представлен вечнозелеными деревьями высотой до 15–18 м с сероватой корой, ланцетовидными листьями длиной до 20 см. Листья тонкие, темно-зеленые, блестящие с обеих сторон с супротивным листорасположением. Семена по форме и размеру напоминают оливки (рис. 33)



Рис. 33. Гнетум

*Эфедра*, или хвойник (кузьмичева трава, степная малина) – это двудомные вечнозеленые кустарники (высотой до 1 м) или кустарнички (высотой до 30–50 см), произрастающие в степной и полупустынной зонах. Побеги серо-зеленые, укороченные, членистые, мелкоребристые, прутьевидные, вверху изогнутые. Листья редуцированы; длиной не более 1,5–2 мм, сросшиеся на треть. Зрелые женские шишки шаровидные, ягодообразные, красные, реже желтоватые.

Эти растения успешно размножаются вегетативно с помощью корневых отпрысков (рис. 34, а).

Единственным современным видом семейства Вельвичиевые является реликтовое двудомное растение вельвичия удивительная, произрастающее в каменистой пустыне Намиб. Это двулистное растение с толстым укороченным стволонидным стеблем. Листья длиной 2–4 мм и шириной до 1 м обладают годовым приростом до 30–40 см, при этом

у основания нарастают, а на концах отмирают, делясь на длинные узкие ленты. Стебель короткий, выступает над поверхностью почвы лишь на 20–40 см (рис. 34, б).



а

б

Рис. 34. Класс Гнетовые:

а – эфедра двухколосковая; б – вельвичия удивительная

*Значение Голосеменных* неоспоримо велико как в биосфере, так и в хозяйственной деятельности человека. Около 95 % лесов Земли состоят только из хвойных пород или являются смешанными, что необходимо для пополнения запасов кислорода, сохранения водных запасов, смягчения климата. Хвойные породы выделяют фитонциды, обладающие сильным антибактериальным эффектом. Древесина хвойных лесов служит сырьем для деревообрабатывающей промышленности, получения канифоли, скипидара, спирта, бальзамов, эфирных масел для парфюмерной промышленности, лекарственных и других ценных веществ.

В современном мире Голосеменные успешно используются в декоративном направлении (пихты, туи, кипарисы, кедры, ели, сосны, саговники, гинкго, тисы и др.). Семена ряда сосен (сибирской, корейской, итальянской) употребляются в пищу, из них также получают масло. Крахмал сердцевины ствола и эндосперм семян саго используется в изготовлении натурального саго. Также съедобными являются семена и ягодоподобные оболочки многих голосеменных. Однако среди них есть и ядовитые растения – тисовые.

Среди голосеменных очень много древесных пород, имеющих ценную, уникальную древесину: лиственница, тис, можжевельник, кипарис, кедр, секвойя и др.

Особенности жизненного цикла рассмотрим на примере *сосны обыкновенной*, распространенного представителя из класса Хвойные. Бесполое поколение (спорофит) преобладает в жизненном цикле.

Сосна является светолюбивым растением со средней продолжительностью жизни деревьев около 500 лет. На укороченных побегах расположены парные хвоинки, которые существуют 2–3 года. Сосна обыкновенная имеет стержневую корневую систему сосны; прямостоячий стебель высотой до 35–50 м. Осевые органы (корень и стебель) имеют вторичное утолщение благодаря работе камбия.

Сосна обыкновенная является однодомным, разнospоровым растением: на одном растении формируются мужские и женские шишки. Формирование семян у нее начинается в среднем на 20–30-й годы жизни.

*Мужские шишки* образуются у основания весенних побегов, мелкие, удлиненной формы, желтого цвета. На оси мужской шишки по спирали расположены микроспорофиллы в виде чешуек. С нижней стороны каждого микроспорофилла прикрепляются два микроспорангия, в которых в результате мейоза из клеток спорогенной ткани образуется большое число микроспор. Формирование микроспор заканчивается к осени.

Все микроспоры одноядерные, с двумя оболочками: интина – внутренняя, тонкая; экзина – наружная, более плотная с сетчатым рисунком. Экзина в двух местах отходит от интины, благодаря чему образуются два воздушных мешка (полости) (рис. 35).

Еще в микроспорангиях микроспоры прорастают, в результате чего формируется мужской гаметофит – это пыльца. Развитие гаметофита проходит в пределах оболочки микроспоры. Ядро микроспоры делится дважды, в результате чего образуются две клетки: маленькая – антеридиальная и крупная – вегетативная (сифоногенная; клетка пыльцевой трубки). В таком состоянии пыльца сосны обыкновенной переносится ветром на женские шишки.

*Женские шишки* сосны одиночные, крупнее мужских и образуются на самой верхушке молодых весенних побегов (более доступное место для переноса пыльцы ветром). От опыления до полного созревания семян сосны проходит практически 3 года. В первый год жизни женские шишки имеют красноватый оттенок. На оси женской шишки расположены кроющие и семенные чешуи, расположенные попарно. Кроющие чешуи – наружные, тонкие, бесплодные. Семенные чешуи

являются внутренними, более крупными и утолщенными. На верхней стороне каждой семенной чешуи, в ее основании формируются два семязачатка (семенные чешуи являются мегаспорофиллами, а семязачаток – мегаспорангием) (рис. 36).



Рис. 35. Мужская шишка: *а* – внешний вид; *б* – пыльца (микрофото)



Рис. 36. Женская шишка:  
*а* – до опыления; *б* – после опыления (на второй год); *в* – шишка без семян

Семязачаток состоит из нуцеллуса (центральная часть семязачатка) и интегументов (покрова семязачатка). Интегументы вверху не срастаются, образуя таким образом микропиле (пыльцевход).

После полного формирования семязачатка одна клетка нуцеллуса семязачатка обособляется (археспориальная клетка – материнская клетка мегаспор) и редуционно делится (мейозом). В результате из одной диплоидной археспориальной клетки нуцеллуса образуются 4 гаплоидные мегаспоры.

Из четырех мегаспор три дегенерируют, а четвертая (нижняя) разрастается. Эта мегаспора в результате многократного деления митозом прорастает в женский гаметофит – первичный эндосперм. У голосеменных растений первичный эндосперм является гаплоидным (женский гаметофит) и формируется до оплодотворения. В верхней части первичного эндосперма, ближе к микропиле, образуются два архегония с одной яйцеклеткой в каждом. Женский гаметофит у голосеменных сильно редуцирован и развивается внутри семязачатка.

*Прорастание пыльцы, оплодотворение.* Пыльца из мужских шишек переносится с помощью ветра и попадает на нуцеллус семязачатка через микропиле. После опыления кроющие чешуи женских шишек сближаются, шишки покрываются тонким слоем смолы, что предохраняет пыльцу от воздействия внешних факторов (низкие температуры, доступ воды и воздуха). Женские шишки постепенно укрупняются, становятся зелеными (рис. 37).

Здесь пыльца остается в состоянии покоя целый год, до следующего лета. К этому времени в семязачатке формируется первичный эндосперм с архегониями. После этого пыльца прорастает: наружная оболочка пыльцы (экзина) разрывается, вегетативная клетка вытягивается в длинную пыльцевую трубку, которая проникает через микропиле к архегонию. К этому времени антеридиальная клетка пыльцы делится на базальную и спермагенную клетки. Далее спермагенная клетка делится с образованием двух спермиев (мужские гаметы без жгутиков).

Достигнув архегония, пыльцевая трубка лопается и один из спермиев сливается с ядром яйцеклетки, а другой погибает. В результате оплодотворения образуется диплоидная зигота, а из нее тотчас развивается зародыш семени (рис. 38).

*Формирование семян.* Развитие зародыша происходит за счет запасных питательных веществ первичного эндосперма и нуцеллуса. Сформировавшийся зародыш состоит из зародышевого корешка, стебелька, нескольких (5–12) семядолей и почечки. Нуцеллус остается в

виде тонкой пленки, а из интегументов образуется твердая семенная оболочка. Так семязчаток превращается в семя.

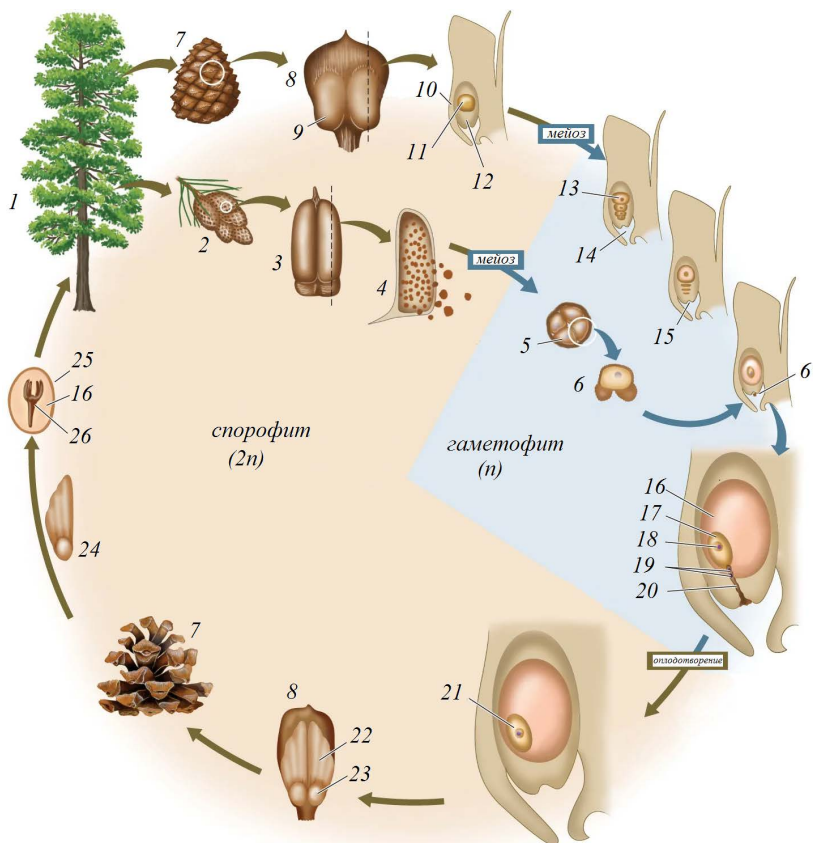


Рис. 37. Сосна обыкновенная:

1 – взрослое растение (спорофит); 2 – мужская шишка; 3 – микроспорофилл с двумя микроспорангиями; 4 – микроспорангий (срез); 5 – микроспоры; 6 – пыльца; 7 – женская шишка; 8 – семенная чешуя с двумя семязчатками; 9 – семязчаток; 10 – интегументы; 11 – материнская клетка мегаспор; 12 – нуцеллус; 13 – мегаспоры (разросшаяся, функциональная); 14, 15 – микропиле; 16 – первичный эндосперм; 17 – архегоний; 18 – яйцеклетка; 19 – спермии; 20 – пыльцевая трубка; 21 – зигота; 22 – крыловидный придаток; 23 – семя; 24 – семя (крылатое); 25 – семенная оболочка; 26 – зародыш

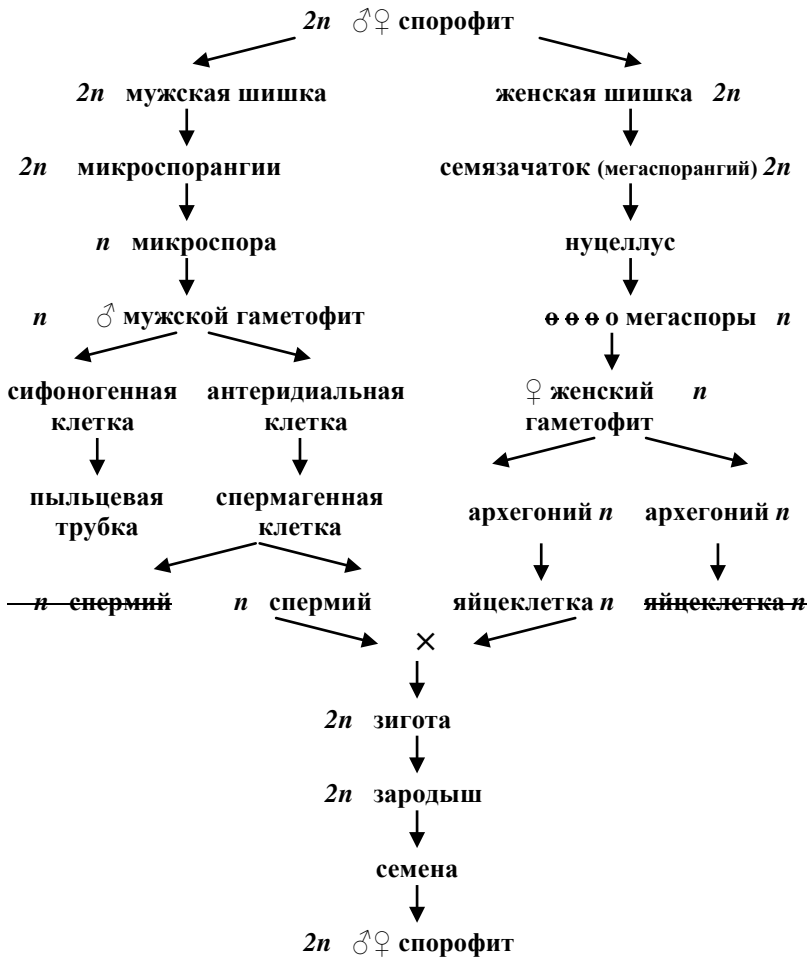


Рис. 38. Схема жизненного цикла сосны обыкновенной

Семена парами лежат в основании семенной чешуи и имеют крыловидные придатки – специальные приспособления, способствующие распространению их ветром. Созревание семян происходит осенью, на второй год после опыления. К этому времени женские шишки сильно разрастаются (длиной около 4–6 см), приобретают коричневый оттенок. Зимой женские шишки поникают, чешуи подсыхают и расходятся.

ся, в результате семена высыпаются. С наступлением благоприятных условий семена прорастают.

Полный жизненный цикл у сосны обыкновенной (от опыления до созревания семян) проходит за два года. Ежегодно на сосне можно рассмотреть несколько типов шишек: желтые мужские шишки; красные женские шишки (связаны с процессом опыления), зеленые женские шишки (несколько крупнее, в них происходит оплодотворение) и коричневые крупные женские шишки (созревание семян) (см. рис. 38).

**Материал:** живые экземпляры и гербарные образцы побегов с шишками (шишкоягодами) сосны обыкновенной и сибирской, ели обыкновенной, пихты сибирской, лиственницы сибирской, туи западной, кипариса вечнозеленого, можжевельника обыкновенного, тиса обыкновенного, гинкго двухлопастного, эфедры двухколосковой; постоянные микропрепараты продольных срезов мужских шишек и семязачатков сосны обыкновенной, ели обыкновенной.

#### **Задание.**

1. Рассмотреть гербарные образцы гинкго двухлопастного (класс Гинкговые), описать морфологические признаки строения.

2. Рассмотреть гербарные экземпляры эфедры двухколосковой (класс Гнетовые), описать морфологические признаки строения.

3. Рассмотреть гербарные образцы представителей класса Хвойные (сосна, ель, пихта, лиственница, туя, кипарис, можжевельник, тис), сравнить и описать морфологические признаки их строения.

4. Подробно изучить строение мужской и женских шишек сосны обыкновенной, особенности прохождения жизненного цикла и его продолжительность.

5. Изучить строение микроспорангия и микроспор, используя постоянный микропрепарат. Зарисовать его. Привести обозначения.

6. Изучить строение семязачатка и семян сосны обыкновенной, используя постоянный микропрепарат. Зарисовать их и привести обозначения.

7. Зарисовать схему жизненного цикла сосны обыкновенной.

#### **Выполнение работы.**

Отдел Голосеменные, класс Гинкговые, вид гинкго двухлопастное. Используя гербарный материал (или живые экземпляры), изучить внешнее строение побегов растения. Отметить веероподобную форму листовых пластинок (двухлопастные листья с дихотомическим жилкованием).

Отдел Голосеменные, класс Гнетовые, семейство Эфедровые, представитель эфедра двухколосковая. Используя гербарный материал (или

живые экземпляры), изучить внешнее строение растения: прутьевидная форма стеблей, редуцированные листья.

Отдел Голосеменные, класс Хвойные (сосна, ель, пихта, лиственница, туя, кипарис, можжевельник, тис). Используя гербарный материал (или живые экземпляры), изучить внешнее строение растений (особенности строения шишек, хвои), сравнить и определить представителей.

Особенности строения шишек хвойных необходимо рассмотреть на примере сосны обыкновенной. На живом экземпляре рассматривают строение мужской шишки, определяют местоположение микроспорангиев. На нижней стороне микроспорофилла имеются два мешковидных микроспорангия. Более детально изучают строение мужской шишки, используя постоянный микропрепарат ее продольного среза. Зарисовывают внешний вид, продольный разрез и микроспорофилл (вид снизу). Препаровальной иглой отделяют микроспорофилл. Для исследования содержимого микроспорангия раздавливают его на предметном стекле и изготавливают препарат, который рассматривают при большом увеличении. Пыльца (мужской гаметофит) имеет две стенки: внутреннюю – интину и наружную – экзину. Между ними образуются две воздушные полости. Пыльца состоит из вегетативной и антеридиальной клеток. Зарисовывают пыльцу и обозначают ее части.

Затем переходят к изучению женских шишек. Молодая шишка имеет красновато-зеленый цвет. Разрезают ее вдоль. На главной оси женской шишки расположены семенные чешуйки. Препаровальной иглой отделяют одну чешуйку и рассматривают с обеих сторон. На верхней стороне семенной чешуи, у ее основания находятся два семязачатка. С нижней стороны к семенной чешуе крепится кроющаяся чешуя. Зарисовывают общий вид шишки и семенную чешуйку с обеих сторон. Строение семязачатка изучают, используя постоянный микропрепарат. Зарисовывают и обозначают: интегумент, микропиле, нуцеллус, эндосперм с двумя архегониями и яйцеклетками (женский гаметофит). Затем рассматривают созревшую шишку. Она крупнее (до 6–7 см длиной), конусовидной формы, с заостренной верхушкой. Семенные чешуйки одревесневшие, коричневые. Зарисовывают внешний вид шишки.

Затем изучают строение семени и зарисовывают его. Семя имеет крыловидный вырост, способствующий переносу ветром. Созревание семени у сосны происходит через два года после опыления.

Учебное издание

**Порхунцова** Ольга Анатольевна  
**Сачивко** Татьяна Владимировна  
**Сандалова** Майя Викторовна

БОТАНИКА

СИСТЕМАТИКА АРХЕГОНИАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Методические указания  
к лабораторным занятиям

Редактор *О. Н. Минакова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать 22.11.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,75.  
Тираж 60 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.