

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное учреждение  
высшего образования**

**«Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «АмГПУ»)**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ЕГЭ  
ПО ПРЕДМЕТУ «БИОЛОГИЯ»  
(Раздел «Морфология и многообразие растений»)**

Комсомольск-на-Амуре  
2023

Рекомендовано к публикации  
кафедрой безопасности жизнедеятельности и естественных наук  
ФГБОУ ВО «АмГПГУ»

Методические рекомендации по выполнению заданий ЕГЭ по предмету «Биология» (Раздел «Морфология и многообразие растений») / сост. Е.В. Зимина. – Комсомольск-на-Амуре: АмГПГУ, 2023. – 37 с.

Методические рекомендации включают теоретический материал, рекомендации по выполнению заданий ЕГЭ с примерами решения задач, тестовыми заданиями по разделу «Морфология и многообразие растений».

Методические материалы и рекомендации предназначены для школьников, могут быть полезны учителям биологии, методистам, а также родителям.

Методические материалы могут использоваться при сопровождении одаренных школьников, для реализации образовательной (воспитательной, профориентационной) деятельности/допрофессиональной подготовки в классах/группах психолого-педагогической направленности.

© АмГПГУ, 2023.  
© Зимина Е.В., 2023.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Растительные ткани.....   | 4  |
| Строение и функции корня. Виды корней и корневых систем.<br>Задание с решением.....   | 7  |
| Общая характеристика, морфология побега. Морфология, анатомия<br>листа. Листопад, его механизм и значение. Задание с решением.....  | 10 |
| Цветок его строение и функции. Соцветие как специализированная<br>часть системы побегов. Задание с решением.....  | 15 |
| Плоды и семена. Классификация плодов. Биологическое значение<br>плодов. Строение семени цветкового растения. Задание с решением..   | 17 |
| Экологические группы и жизненные формы растений. Задание с<br>решением.....   | 20 |
| Общая характеристика, особенности строения, размножения<br>представителей Царства Грибы. Роль в природе и значение грибов<br>для человека.....  | 24 |
| Общая характеристика, особенности строения, размножения<br>лишайников. Роль в природе и значение лишайников для человека...   | 26 |
| Общая характеристика, особенности строения, размножения<br>водорослей. Роль в природе и значение водорослей для человека...   | 29 |
| Моховидные как особая (гаметофитная) линия эволюции высших<br>растений.....   | 31 |
| Особенности строения высших растений в связи с освоением ими<br>воздушно-наземной среды обитания.....   | 33 |
| Характеристика, описание жизненного цикла и основных<br>представителей отделов Плауновидных, Хвощевидных,<br>Папоротниковидных, Голосеменных, Покрытосеменных. Задание с<br>решением..... | 35 |
| Литература.....   | 37 |

## Растительные ткани

Ботаника – одна из современных комплексных наук, изучающая внешнее и внутреннее строение, развитие, классификацию, многообразие, распространение растений. Внешнее строение изучает морфология, внутреннее строение органов – анатомия, растительные ткани- гистология, классификацию – систематика растений, жизненные процессы исследует физиология растений, развитие – эмбриология растений, взаимоотношения и взаимозависимость растений и окружающей среды – экология растений, геоботаника (фитоценология) – различные типы растительных сообществ, палеоботаника- ископаемые остатки растений прошлых геологических эпох.

Огромно разнообразие растений, которые можно разделить на разные жизненные формы (деревья, кустарники, травянистые растения), но наименьшая единица живых организмов, в том числе и растительных, элементарная структурная единица организмов - клетка, которая представляет дифференцированный участок цитоплазмы, окружённый клеточной мембраной.

Группа клеток, с общим происхождением, структурой, предназначенная для выполнения конкретных функций называется растительной тканью. Тканью называют совокупность клеток, сходных по происхождению, функциям, строению и локализации в теле растения. Дифференциация на ткани свойственна высшим многоклеточным растениям, тела которых расчленены на органы – корни, стебли, листья. У низших многоклеточных растений клетки не специализированы. Их тело – слоевище состоит из почти одинаковых как в функциональном, так и в морфологическом отношении клеток. Специализированные клетки высших растений наиболее эффективно выполняют свойственные им функции, в результате приспособляемость организма к условиям жизни увеличивается. Выделяют шесть основных групп тканей: меристематические (образовательные), покровные, основные, механические, проводящие и выделительные.

Есть ткани простые, в которые входят однородные группы клеток (паренхима), и сложные, где встречаются клетки, отличающиеся по виду, размеру и функциям, но имеют одних предшественников (ксилема).

### Понятие тканей, принципы классификации

Тканями называют группы клеток, сходных по строению, происхождению и приспособленных к выполнению одной или нескольких определенных функций. Наибольшее разнообразие тканей наблюдается у взрослых покрытосеменных растений. Однако если рассмотреть под микроскопом строение зародыша любого семени, то видно, что весь он состоит из однородных клеток с тонкими целлюлозными стенками. Все клетки живые, с густой цитоплазмой и относительно крупными ядрами. При прорастании семени они интенсивно делятся путем митоза. Это клетки образовательной ткани. Большинство возникших из них клеток взрослого растения видоизменяются и превращаются в другие - уже постоянные ткани. В отличие от клеток образовательных тканей клетки постоянных тканей дифференцируются в пресинтетическом периоде интерфазы и, следовательно, к делению не способны. Классификации тканей весьма многочисленны. Наиболее часто различают шесть типов тканей: образовательные, или меристемы, и постоянные: покровные; основные; механические; проводящие; выделительные.

**Классификация тканей.** Ткани удобно рассмотреть в следующей системе.

I. Образовательные ткани (меристемы): 1) верхушечные (апикальные); 2) боковые (латеральные): а) первичные (прокамбий, перицикл), б) вторичные (камбий, феллоген); 3) вставочные (интеркалярные); 4) раневые (травматические).

II. Ассимиляционные ткани.

III. Запасные ткани.

IV. Аэренхима.

V. Всасывающие ткани: 1) ризодерма; 2) веламен; 3) всасывающий слой щитка в зародышах злаков; 4) гаустории паразитных растений; 5) гидропоты.

VI. Покровные ткани: 1) первичная (эпидерма); 2) вторичная (перидерма); 3) третичная (корка, или ритидом).

VII. Ткани, регулирующие прохождение веществ: 1) эндодерма; 2) экзодерма.

VIII. Выделительные ткани: 1) наружные: а) железистые волоски (трихомы) и выросты (эмергенцы), б) нектарники, в) гидатоды; 2) внутренние: а) выделительные клетки (с эфирными маслами, смолами, кристаллами, танинами и т. д.), б) многоклеточные вместилища выделений, в) смоляные каналы (смоляные ходы), г) млечники (членистые и нечленистые).

IX. Механические ткани (опорные, скелетные, арматурные): 1) колленхима; 2) склеренхима: а) волокна, б) склереиды.

X. Проводящие ткани: 1) ксилема (древесина); 2) флоэма (луб). Все ткани кроме меристем называют постоянными тканями.

Первичная и вторичная меристема. Первичная меристема возникает в самом начале развития организма. Оплодотворенная яйцеклетка делится и образует зародыш, который состоит из первичной меристемы, вторичная возникает, как правило, позднее из первичной или из уже дифференцированных тканей. Из первичной меристемы образуются первичные ткани, из вторичной -- вторичные.

Большинство растительных тканей многофункционально, т. е. одна и та же ткань может выполнять две или три функции (например, функции проведения и укрепления, или функции ассимиляции, укрепления и запасаения веществ и т.д.). Кроме того, одна ткань может состоять из разнородных элементов, выполняющих разные функции. В таком случае эту ткань называют сложной, в противоположность простой ткани, состоящей только из однородных элементов. Переход растений от сравнительно однообразных условий жизни в водной среде к наземным сопровождался интенсивным процессом расчленения однородного вегетативного тела на органы -- стебель, листья и корень. Эти органы состоят из разнообразных по структуре клеток, которые размещены не беспорядочно, а составляют легко различимые группы- ткани. Часто несколько тканей, имеющих одинаковое происхождение, образуют комплекс, функционирующий как единое целое. Основоположники науки о тканях - итальянский ученый М. Мальпиги и английский -- Н. Грю (1671).

По форме растительные клетки делятся на две группы: **паренхимные и прозенхимные.**

**Паренхимные** клетки имеют примерно одинаковые длину и ширину, т.е. эти клетки изодиаметрические. Их форма наиболее разнообразна: округлая, овальная многогранная, дисковидная, таблитчатая, звездчатая и др., как правило, живые и тонкостенные. Они составляют основные ткани растения -- сердцевину и кору стебля и корни, ткани листа, цветка и семени, мякоть плодов.

**Прозенхимные** клетки вытянутые, длина их превышает ширину в десятки и сотни раз. Окончания клеток заостренные, оболочки толстые, содержимое часто отсутствует. Прозенхимные клетки образуют главным образом проводящие и механические ткани растений. Живые физиологически активные клетки редко имеют прозенхимную форму.

Ткань из клеток плотно сомкнутых - плотная, с системой межклетников - рыхлая.

В зависимости от степени утолщения оболочек клеток, различают толстостенную и тонкостенную ткань, от наличия живого содержимого - живую и мертвую.

Другая классификация тканей растений исходит из их функций и анатомического строения.

В соответствии с этим все ткани делятся на 2 группы: 1. Образовательные ткани или меристемы; 2. Постоянные (дифференцированные).

Последние делятся на покровные, основные, проводящие, механические,

выделительные.

Ткани по происхождению делятся на первичные и вторичные, по своему строению – на простые и сложные, по функциям на образовательные, покровные, механические, проводящие и основные. Среди этих тканей особое место занимает образовательная ткань (меристема), поскольку из нее в результате дифференциации клеток развиваются все остальные ткани.

Образовательные ткани, или меристемы, являются эмбриональными тканями. Благодаря долго сохраняющейся способности к делению (некоторые клетки делятся в течение всей жизни) меристемы участвуют в образовании всех постоянных тканей и тем самым формируют растение, а также определяют его длительный рост.

Постоянные ткани - ткани, клетки которых полностью прошли дифференциацию и приобрели специфические свойства; остановившись на предсинтетическом периоде интерфазы, клетки П. т. утрачивают способность к делению.

## Строение и функции корня. Виды корней и корневых систем

Корень – осевой вегетативный, в типичном случае подземный орган сосудистых растений. Он эволюционировал позднее побега и устроен проще стебля. От побега корень отличается отсутствием листьев и их зачатков и тем, что его апекс (верхушка) прикрыт чехликом. Этот орган обладает радиальной симметрией и способностью неопределённо долгого нарастания в длину благодаря деятельности апикальной меристемы. Его главная функция – обеспечение почвенного питания растения. Кроме основной корня решают и другие задачи:

- **Укрепление** («заякоривание») растений в почве, что способствует росту побегов вверх и вынесению их к свету;
- **Синтезирование** веществ – алкалоидов, аминокислот, гормонов и др., которые доставляются к другим органам растения;
- **Запасание** веществ;
- **Вегетативное размножение**;
- **Взаимодействие** с корнями других растений, микроорганизмами, микоризными грибами.

Перечисленные функции характерны для корней большинства растений. Но у многих представителей флоры корень выполняет и другие, более специфические обязанности. Это связано с его видоизменением.

### Строение корня.

Снаружи корень состоит из следующих зон: чехлик на кончике; область с волосками; ростовая, прилегающая к корневому чехлику; проводящая, утолщенная вверху и прилегающая к стеблю. Чехлик представлен в виде колпачка, который покрывает хрупкий кончик и оберегает его от повреждений при встрече с твердыми и грубыми слоями почвы. Его главная функция - защита корня. Корневые волоски расположены на небольшом расстоянии (ростовая зона) от кончика в виде бесцветного пушка. Это и есть волоски, их основной функцией является всасывание питательных веществ из почвы в стебель и дальше в листья. У большинства растений продолжительность жизни волосков ограничиваются несколькими неделями. Это вызвано непрерывным ростом новых пушистых отростков, расположенных на постоянно растущем кончике.

При продольном срезе можно изучить внутреннее строение. Оно делится на зоны по месту расположения и функциональности:

**Область деления.** В области деления клетки образовательной ткани создают кожицу, которая служит внешней оболочкой и выполняет защитную функцию. Участок окружен корневым чехликом. Клетки этой части корня постоянно делятся.

**Зона роста или растяжения** характерна тем, что клетки перестают делиться и проходят фазу активного роста. Этот участок отвечает за увеличение корня в длину для поиска полезных веществ в глубине почв. Зона гладкая, без волосков и дополнительных корней.

**Область всасывания** представлена частью с волосками. Именно они отвечают за питание всего растения. Маленькие волоски всасывают воду и минеральные соли из почвы, как миниатюрные насосы. Данная зона занимает самую большую площадь всей поверхности корня.

**Часть проведения** является наиболее прочной и длинной. Она идет выше по корневищу к стеблю и имеет четко сформированную проводящую ткань. По клеткам этого отдела движется вода и другие питательные вещества в наземную часть растения (восходящий ток). Корню тоже нужны питательные и ростовые вещества, поэтому от стебля и листьев к нему поступают органические соединения – это нисходящий ток.

**Корневая система** В процессе роста корень растения глубоко проникает в питательные слои почв. Чем больше растение, тем больше питания ему необходимо, тем

больше у него корень. Его кончик, проникая в глубины земли, встречает по дороге разные участки: мягкие, острые, с вкраплениями песчинок и камешков. При этом клетки внешнего слоя стираются и отмирают, замещаясь новыми молодыми и растущими. Поэтому в течение жизни одного растения может формироваться много корней. Они развиваются на самом побеге и на ответвлениях главного корня. Таким образом формируются корневые системы. **Основной** либо главный корень. Растет и развивается эта часть из зародышевого корня. **Придаточные** корни - формируются на стеблевой части и могут расти также на листьях. **Боковые корни** - развиваются на основном и придаточных частях корня.

Некоторые виды растений обладают ходульными корнями. Они развиваются для того, чтобы обеспечить растение дополнительной устойчивостью и крепятся к основанию стебля. По форме и типу строения в биологии выделяют два основных вида корневых систем:

**Мочковатая форма.** Основной корень не слишком интенсивно развивается и часто останавливается в росте еще на ранних стадиях развития растения. Эту систему составляют приблизительно одинакового размера боковые и придаточные элементы. Мочковатая система похожа на корневой пучок и характерна для однодольных растений: лука, кукурузы, злаковых, чеснока.

**Стержневой тип строения.** У такой системы ярко выражен главный корень, расположенный строго вертикально. Встречается у двудольных растений: тыквы, одуванчика.

**Видоизменения корней.** Очень часто корни выполняют особые функции, и в связи с этим они претерпевают изменения или метаморфозы. Метаморфозы корней закрепляются наследственно.

Втягивающие (контрактивные) корни у луковичных растений служат для погружения луковицы в почву.

Запасающие корни утолщены и сильно паренхиматизированы. В связи с накоплением запасных веществ они приобретают репчатую, конусовидную, клубневидную и др. формы. К запасующим корням относят

1) корнеплоды у двулетних растений. В их формировании принимает участие не только корень, но и стебель (морковь, репа, свекла).

2) корнеклубни - утолщения придаточных корней. Их также называют корневыми шишками (георгин, батат, чистяк). Необходимы для раннего появления больших цветков.

Корни – прицепки имеют лазающие растения (плющ).

Воздушные корни характерны для эпифитов (орхидеи). Они обеспечивают растению всасывание из влажного воздуха воды и минеральных веществ.

Дыхательные корни имеют растения, растущие на заболоченных почвах. Эти корни приподнимаются над поверхностью почвы и снабжают подземные части растения воздухом.

Ходульные корни образуются у деревьев, произрастающих на литорали тропических морей (мангра). Укрепляют растения в зыбком грунте.

Микориза – симбиоз корней высших растений с почвенными грибами.

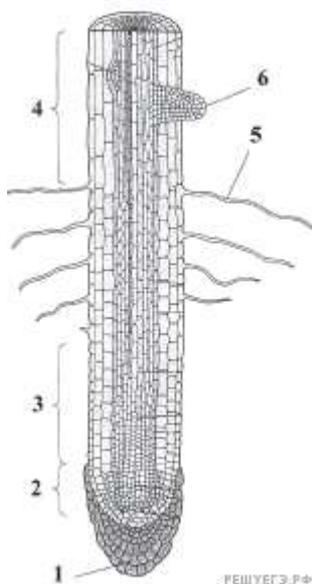
Клубеньки – опухлевидные разрастания коры корня в результате симбиоза с клубеньковыми бактериями.

Столбовидные корни (корни – подпорки) закладываются как придаточные на горизонтальных ветвях дерева, достигнув почвы, разрастаются, поддерживая крону. Индийский баньян.

У некоторых многолетних растений в тканях корня закладываются придаточные почки, развивающиеся в дальнейшем в наземные побеги. Эти побеги называют *корневыми отпрысками*, а растения – *корнеотпрысковыми* (осина – *Populustremula*, малина – *Rubusidaeus*, осот – *Sonchusarvensisi* др.).

Для благополучного роста и развития необходимо бережно относиться к наземным и подземным частям растения.

### Задание с решением



1. Выберите три верно обозначенные подписи к рисунку, на котором изображено строение корня. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) придаточный корень
- 2) зона, образованная постоянно делящимися клетками верхушечной образовательной ткани
- 3) зона растущих клеток с начальной дифференциацией
- 4) зона проведения
- 5) боковой корень
- 6) структура, обеспечивающая всасывание воды

Решение: Верно обозначенные подписи к рисунку:

- 2) зона, образованная постоянно делящимися клетками верхушечной образовательной ткани
- 3) зона растущих клеток с начальной дифференциацией
- 4) зона проведения

Ответ: 234.

2. Установите соответствие между характеристиками и видами корней: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ

- А) образует корнеплод при разрастании
- Б) развивается из зародышевого корешка
- В) формирует мочковатую корневую систему
- Г) развивается на побеге
- Д) отходит от корневища или луковицы
- Е) формируется при вегетативном размножении

#### ВИДЫ КОРНЕЙ

- 1) придаточный
- 2) главный

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| А | Б | В | Г | Д | Е |
|   |   |   |   |   |   |

Пояснение. Главный корень – первичный, стержневой корень, развивающийся после прорастания семени из зародышевого корня. Главный корень: А) образует корнеплод при разрастании; Б) развивается из зародышевого корешка.

Придаточный корень – отходящий от стебля.

Придаточный корень: В) формирует мочковатую корневую систему; Г) развивается на побеге; Д) отходит от корневища или луковицы; Е) формируется при вегетативном размножении.

Ответ: 221111.

## Общая характеристика, морфология побега. Морфология, анатомия листа. Листопад, его механизм и значение

Побег – это вегетативный орган растения, представляющий неразветвленный стебель с листьями и почками, образующийся в результате деятельности одной апикальной меристемы. Обладает способностью неограниченного роста в длину и отрицательным геотропизмом. Побег выполняет функцию воздушного питания, но нередко приобретает и другие функции.

Стебли и листья - структурные элементы побега. Листья прикрепляются к стеблю в определенных местах, называемых *узлами*. Расстояние между двумя соседними узлами - *междоузлие*.

Место между листом и стеблем, где находится почка, называется *пазухой* листа, а почка - *пазушной*. Из пазушных почек позднее отрастают боковые побеги. Почка, расположенная на верхушке побега, называется *верхушечной*, или *терминальной*.

Побег формируется из меристемы конуса нарастания побега и обладает единой проводящей системой.

При прорастании семени из зародышевой почечки формируется первый побег растения – его главный побег, или побег первого порядка. По мере роста он начинает ветвиться – формируется система боковых побегов.

Ветвление побега может быть трех основных типов – *верхушечным*, *боковым* и *анизотомическим*.

**Верхушечное ветвление** – когда верхушка главной оси делится вильчато – формируются оси следующего порядка. Такой тип ветвления сохраняется у водорослей, мхов, некоторых примитивных плаунов и папоротников.

**При боковом** ветвлении новые меристемы, дающие начало боковым ветвям, закладываются ниже главной верхушки. Может быть моно- и симподиальным.

При **моноподиальном** ветвлении (от греч. «монос» – один и лат. «pes» – нога) «боковые побеги формируются в результате деятельности одной верхушечной меристемы оси (первого, второго и т. д. порядков). Может быть трех типов : *очередным* , *супротивным* и *мутовчатым* .

При **симподиальном** ветвлении (от греч. «син» – вместе) формируются составные оси как результат перевершинивания из-за усиленного развития одной или нескольких боковых почек. Выделяют три типа симподиального ветвления: *монохазий*, *дихазий* и *плейохазий* ) (от греч. «хазис» – разделение).

**Анизотомическое** (неравномерное) ветвление – переходный тип между верхушечным и боковым ветвлением (ближе к верхушечному).

Для побега характерна *метамерность* (от греч. «мета» – через, «мера» – часть), то есть чередование одинаковых частей – *метамеров*. В зависимости от степени развития междоузлий различают **укороченные побеги** – побеги со слабо развитыми короткими междоузлиями, у которых узлы сильно сближены – например, плодушки яблони. К укороченным побегам относятся и побеги, несущие близко расположенные листья, называемые **розеткой** (у одуванчика).

**Удлиненные побеги** – побеги с длинными междоузлиями. Удлиненные побеги могут состоять из одного сильно вытянутого в длину междоузлия, заканчивающегося цветком или соцветием. Такой побег называют *цветочной стрелкой* (у лука, тюльпана).

На побеге можно обнаружить **почечные кольца** – следы от почечных чешуй и **листовые рубцы** – следы, остающиеся на стебле после опадания листьев.

**По характеру расположения в пространстве** побеги бывают : **прямостоячие**, с растущим вертикально вверх стеблем, **приподнимающиеся** – побеги, сначала растущие в горизонтальном, а затем вертикальном направлении, **стелющиеся** – растущие более или менее горизонтально. **Ползучие** побеги похожи на стелющиеся, но в отличие от них укореняются с помощью придаточных корней, образующихся в узлах (земляника).

**Вьющиеся** побеги способны обвиваться вокруг других растений или каких-либо опор (вьюнок полевой, хмель), **лазающие** побеги имеют приспособления (усики, присоски, крючки и т.д.) для удержания на опорах или на других растениях (горох, виноград, плющ).

Помимо листьев, на стеблях располагаются почки. Почка представляет собой укороченный зачаточный побег. Почки могут быть **вегетативными**, из них развиваются побеги с листьями, **генеративными**, из них развиваются цветки или соцветия и **вегетативно-генеративными (смешанными)**, из которых развиваются облиственные побеги с цветками. Снаружи почка защищена почечными чешуями, которые представляют собой видоизмененные листья.

Внутри почки находится зачаточный стебель, заканчивающийся конусом нарастания и зачаточные листья. В пазухах зачаточных листьев закладываются зачатки пазушных почек.

За счет **верхушечных почек**, находящихся на концах главного и боковых побегов, происходит удлинение побегов. Верхушечная почка с помощью особого фитогормона (растительного гормона) тормозит развитие боковых почек. Из **боковых**, или **пазушных почек** развиваются боковые побеги.

Если почка образуется на взрослых частях стебля, корня и листа, то такая почка называется **придаточной**.

Некоторые почки остаются нераскрытыми много лет. Их называют **спящими почками**. В случае повреждения растения почки «просыпаются», давая начало новым побегам. Побеги из спящих почек можно видеть на пеньке спиленного дерева или на стволах старых деревьев.

На листьях некоторых растений образуются придаточные почки, похожие на маленькие растения, они падают на землю и развиваются во взрослое растение (каланхое или бриофиллум). Такие почки называют **выводковыми**.

### **Морфология листа.**

Основными частями листа, закладывающимися в почке, являются листовая пластинка, черешок, основание листа и прилистники.

Листовая пластинка – главная часть листа, выполняющая его основные функции. По соотношению длины и ширины листовой пластинки и по тому, на какую часть пластинки приходится ее наибольшая ширина, подразделяется на формы.

По форме листовые пластинки бывают округлыми (настурция), овальными (лещина древовидная), эллиптическими (яблоня лесная), сердцевидными (сирень), линейными (пшеница), ланцетными (ива). Выделяют также стреловидный лист (стрелolist) и копьевидный лист (щавель).

Форма края листовой пластинки бывает:

- цельнокрайной (сирень) если край листа гладкий и
- цельной, если листья с неглубокими надрезами ( $1/20 - 1/10$  листовой пластинки).

Например, пальчатые (липа), зубчатые (крапива), городчатые (будра плющевидная), выемчатые (осина).

Если надрезанность пластинки больше, чем  $1/10$  листовой пластинки, то такие листья называют расчлененными (смородина, одуванчик).

По степени расчленения листовой пластинки различают:

- лопастные листья, у которых выемки не доходят до половины полупластинки (дуб, огурец).
- Раздельные листья, у которых выемки заходят глубже половины полупластинки (лютик, герань).
- Рассеченные листья, у которых выемки достигают главной жилки листа (картофель, гусиная лапка).

Расчленение листовой пластинки может быть пальчато – лопастным (клен), пальчато – раздельным (клещевина), пальчато – рассеченным (лютик), а также перисто – лопастным

(дуб), перисто – раздельным (полынь) и перисто – рассеченным (тысячелистник). Пальчатым расчленение считается в том случае, если разрезы листовой пластинки отходят от центра рахиса. Перистое расчленение осуществляется по всей длине главной жилки.

Лист прикрепляется к стеблю основанием. Основание может быть суженным, иметь форму небольшого утолщения (листовая подушечка), или оно разрастается, охватывая узел, и образует влагалище листа у злаков, зонтичных. Его роль – защита вставочных меристем, верхушечных и боковых почек во время их развития, дополнительная опора. По происхождению влагалище может быть разросшимся основанием листовой пластинки (злаки, осоки), или частью черешка (зонтичные).

Черешок – суженная часть листа, которая соединяет пластинку листа с его основанием. Он выполняет опорную, проводящую и ориентационную функции, создавая листовую мозаику.

Листовая мозаика – такое расположение листьев на побеге, при котором они не затеняют друг друга. Это достигается:

- различной длиной и изогнутостью черешка;
- различной величиной и формой листовой пластинки;
- светочувствительностью листьев.

В зависимости от длины черешка различают длинночерешковые и короткочерешковые листья. Если листовая пластинка переходит непосредственно в основание, и черешок не развивается совсем, то лист называется сидячим. Среди сидячих листьев выделяются:

- полустеблеобъемлющие – расширенное основание листовой пластинки частично охватывает стебель;
- стеблеобъемлющие – основание пластинки охватывает стебель полностью;
- пронзенные – основание пластинки охватывает стебель, и края основания срастаются между собой;
- низбегающие – края листовой пластинки прирастают к междуузлию, часто на большом протяжении;
- влагалищные – основание пластинки, разрастаясь, образует влагалище, охватывающее стебель.

Прилистники – парные боковые листовидные выросты основания листа. Они разрастаются раньше листовой пластинки и защищают зачаток листовой пластинки и пазушную почку. По мере развития побега из почки прилистники могут опадать или оставаться, выполняя дополнительные функции. Например, у гороха они становятся крупными и осуществляют функцию фотосинтеза. Прилистники могут быть листовидными, пленчатыми, свободными или сросшимися. У гречишных пленчатые прилистники срастаются между собой, охватывая нижнюю часть междуузлия, и образуя раструб. У некоторых бобовых прилистники превращаются в колючки. Прилистники более обычны для древесных форм.

Анатомия листа.

Важнейшей тканью листа является мезофилл. Это хлорофиллоносная паренхима листа. Сверху и снизу листовая пластинка покрыта покровной тканью эпидермой. Между клетками эпидермы находятся устьица. Они регулируют газообмен и транспирацию. Проводящие пучки (жилки) обеспечивают поступление воды, и отток ассимилятов. Механические ткани (колленхима и склеренхима) вместе с остальными тканями обеспечивают прочность листа.

Эпидерма. Клетки ткани плотно соединены друг с другом. На поверхности эпидермы могут образовываться трихомы.

Устьица. У листьев, расположенных в пространстве горизонтально (таких большинство) устьица располагаются главным образом на нижней стороне листа. У листьев, расположенных вертикально, устьица равномерно располагаются на обеих

сторонах листа. У плавающих на воде листьев устьица образуются лишь на верхней (вентральной) стороне листа, на нижней (дорзальной) они отсутствуют.

Мезофилл (основная паренхима) составляет основную массу листа, где происходит процесс фотосинтеза. Мезофилл находится между верхней и нижней эпидермой. Ткань может быть однородной (листья злаков, льна, гороха) или дифференцирована на палисадный (столбчатый) и губчатый мезофилл. *Палисадный мезофилл* состоит из одного или двух-трех слоев прозенхимных клеток, вытянутых перпендикулярно поверхности пластинки. В клетках содержится большое количество хлоропластов (до 75-80%) от всех хлоропластов листа, и располагаются они в постенном слое цитоплазмы. При сильном освещении хлоропласты собираются на вертикальных стенках клеток, расположенных параллельно солнечным лучам, при недостатке света перемещаются на горизонтальные стенки. В дневные часы хлоропласты собираются у стенки, примыкающей к межклетнику, по которому поступает углекислый газ.

Губчатый мезофилл – рыхлая ткань с крупными межклетниками. Клетки примыкают к палисадному мезофиллу, обеспечивая быстрый отток из них органических веществ. Содержание хлоропластов в таких клетках в 2-6 раз меньше, чем в клетках палисадного мезофилла.

*Жилки* образуют проводящую систему листа, связанную с проводящей системой стебля. Проводящий пучок закрытый коллатеральный. Ксилема обращена к верхней стороне листа, а флоэма – к нижней. Через черешок и основание листа проводящие пучки входят в стебель и образуют единое целое с его проводящей системой.

*Механические ткани* обеспечивают прочность листа. Волокна *склеренхимы* окружают жилки или примыкают к ним сверху и снизу. У двудольных под эпидермой над крупными жилками обычно расположена *колленхима*. В мезофилле могут встречаться отдельные клетки – одиночные звездчатые *склереиды* (чай, камелия, кувшинка).

### **Листопад**

*Листопад* – это биологическое явление, обусловленное жизнедеятельностью растений и их развитием. Листопаду предшествует старение листа, при котором замедляются жизненно важные процессы: дыхание, фотосинтез; преобладают процессы гидролиза, а не синтеза веществ, в результате чего образуются балластные вещества. Питательные минеральные и органические вещества оттекают из листа с наступлением листопада, старые листья опадают.

У многих деревьев и кустарников листопад сопровождается изменением окраски листьев. Появляются желтые, розовые, оранжевые, багряные листья. Это доказывает, что в листе наряду с хлорофиллом есть пигменты желтого цвета - ксантофилл и каротин.

Листопад – это приспособление растений к условиям существования, когда уменьшается световой день, понижается температура воздуха и почвы. Опадание листьев до наступления зимы предотвращает у растений физиологическую засуху, так как оставшиеся листья испаряли бы воду, которая не может в это время в достаточном количестве поступить в корни.

Ещё до того, как с побега упадёт лист, в его основании на границе со стеблем формируется слой пробки. Наружу от него образуется отделительный слой. Со временем клетки этого слоя одеваются друг от друга, так как ослизняется и разрушается межклеточное вещество, которое их соединяло, а иногда и оболочки клеток. Лист отделяется от стебля. Однако некоторое время он ещё сохраняется на побеге благодаря проводящим пучкам между листом и стеблем. Но наступает момент нарушения и этой связи. Рубец на месте отделившегося листа покрыт защитной тканью, пробкой.

Осенний листопад в лесу имеет важное биологическое значение. Опавшие листья – хорошее органическое и минеральное удобрение. Ежегодно на их листовых лесах опавшие листья служат материалом для минерализации, производимой почвенными бактериями и грибами. Кроме того, опавшая листва стратифицирует семена, опавшие до

листопада, предохраняет корни от вымерзания, препятствует развитию мохового покрова и т.д. некоторые виды деревьев сбрасывают не только листву, но и годовалые побеги.

### Задание с решением

1. Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

Какие утверждения о реакции растения на водный режим внешних и внутренних факторов являются верными?

- 1) С повышением температуры транспирация увеличивается.
- 2) При потере тургора устьица открываются.
- 3) Под влиянием света устьица закрываются.
- 4) С уменьшением влажности почвы транспирация уменьшается.
- 5) Чем меньше относительная влажность воздуха, тем выше интенсивность транспирации.
- 6) Чем концентрированнее клеточный сок, тем сильнее транспирация.

Решение . Верные утверждения о реакции растения на водный режим внешних и внутренних факторов:

- 1) С повышением температуры транспирация увеличивается.
- 4) С уменьшением влажности почвы транспирация уменьшается.
- 5) Чем меньше относительная влажность воздуха, тем выше интенсивность транспирации.

Ответ: 145.

2. При выращивании томатов рассадным способом часто происходит так называемое вытягивание саженцев: они имеют тонкие и длинные стебли. В таком случае при пересадке растений в грунт для повышения урожайности рекомендуется заглубление, достигаемое путём расположения растений в посадочной лунке под наклоном. Почему данный агротехнический приём способствует повышению урожайности? Ответ обоснуйте.

Пояснение. 1. При заглублении на стебле формируется дополнительные придаточные корни

2. При увеличении корневой системы при заглублении улучшается почвенное питание, вследствие этого повышается урожайность.

3. В условиях сезонного климата у большинства древесных растений осенью начинается листопад. Отрыв листа от стебля обусловлен суберинизацией клеточных оболочек – накоплением в них жироподобного вещества суберина. В результате этого процесса некоторые клетки опробковывают, становятся мёртвыми, толстостенными и заполняются воздухом.

К образованию какой структуры в листе приводит суберинизация (опробкование)? Где в листе она формируется и какую роль играет? Какое значение имеет листопад для растений? Что является сигнальным фактором для листопада?

Пояснение. 1. Суберинизация приводит к образованию отделительного слоя.

2. Отделительный слой формируется в основании черешка, играет роль при опадании листа.

3. Листопад необходим для удаления ненужных растению веществ, снижения испарения влаги.

4. Основным фактором, определяющим наступление листопада, является фотопериодизм – уменьшение светового дня.

## **Цветок его строение и функции. Соцветие как специализированная часть системы побегов**

Цветок – видоизмененный укороченный побег, приспособленный к образованию микро- и мегаспор, гамет и перекрестного опыления. Учеными в области растений было выдвинуто два направления. В одном направлении цветок характеризовался признаками в наличие тычинки, пестика и околоцветника. И был сделан вывод на данном основании о том, что цветок имеют только покрытосеменные растения. В другом направлении признаком цветка является образование спор и гамет. Из цветка развивалось семя или плод. Такое утверждение доказывало то, что цветок есть как у покрытосеменных растений, так и голосеменных. Цветком, заканчивается боковой или основной побег. Покровным цветком называют, цветок который оканчивается боковым побегом. Ось цветка называется цветоложем. Его можно считать главной частью, в цветке, так как на нем крепятся чашечка, венчик, тычинки, пестик.

### **Соцветия и их классификация**

Гораздо чаще цветки формируют группу цветков с определенным расположением, называемую соцветием. Нередко соцветия называют специализированным цветonoсным побегом. Отмечается большое разнообразие соцветий по их структуре, размерам и числу цветков. К настоящему времени выработаны два принципа классификации соцветий. Первый - местоположение соцветий на стебле. В связи с этим различают верхушечные - верхоцветные (закрытые) и боковые - бокоцветные (открытые) соцветия.

У верхоцветного соцветия верхушечный цветок развивается раньше, чем боковые, а боковые распускаются в нисходящей последовательности. У бокоцветных (открытых) соцветий верхушка главной оси не заканчивается цветком, но продолжает некоторое время формировать боковые цветки.

Второй принцип классификации основан на способе ветвления и последовательности развития цветков. По этой классификации выделяют два типа соцветий: моноподиальные и симподиальные.

Моноподиальные соцветия часто называют ботрическими, неопределенными, так как число боковых ветвей неопределенно. В этом типе соцветий четко выражен главный стержень, т.е. ось первого порядка. Различают простые и сложные моноподиальные соцветия.

Простые моноподиальные соцветия. К этому типу соцветий относятся следующие:

- колос - соцветие, в котором цветки лишены цветоножек и сидят непосредственно на оси - в пазухах кроющих листьев (подорожник, вербена, любка двулистная);
- сережка - повислый колос (береза, лещина);
- початок - колос с сильно утолщенной осью с поочередно расположенными цветками в пазухах листьев (белокрыльник, женское соцветие кукурузы);
- кисть - соцветие, у которого на главной оси на цветоножках сидят цветки в пазухе кроющих листьев (ярутка, барбарис, люпин);
- щиток - кисть, у которой нижние цветоножки длиннее верхних (груша, спирея);
- зонтик - соцветие, главная ось которого укорочена, а цветоножки имеют почти одинаковую длину и заканчиваются в одной плоскости (первоцвет, лук, сусак зонтичный);
- головка - соцветие с укороченной булавоподобной осью, а цветки часто почти без цветоножек (клевер);
- корзинка - на сильно расширенном цветоложе сидят сильно скученные цветки. Верхушечные листья образуют обертку соцветия (подсолнечник, календула, астра).

Сложные моноподиальные соцветия. Это соцветия, у которых оси второго порядка несут простые соцветия.

- сложный колос - на главной оси соцветия сидят простые колоски (пшеница, рожь).
- сложный зонтик - на оси первого порядка находятся оси второго порядка с простыми зонтиками (укроп, тмин).

- метелка - от главной оси отходят ветвящиеся боковые оси, заканчивающиеся цветками (сирень, полынь, мужские соцветия кукурузы).

- сложный щиток - иначе щитовидная метелка (бузина, калина).

Ботриодные, ботрические соцветия или рацемозные – соцветия, характеризующиеся моноподиальным ветвлением главной и боковых осей. Подразделяются на *сложные* и *простые*. У сложных – боковые оси ветвятся (метелка, сложная кисть, сложный зонтик, сложный щиток, сложный колос, антела), у простых – боковые оси (цветоножки) завершаются цветком (кисть, простой зонтик, простой колос, щиток и т. д.).

### Задание с решением

1. Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

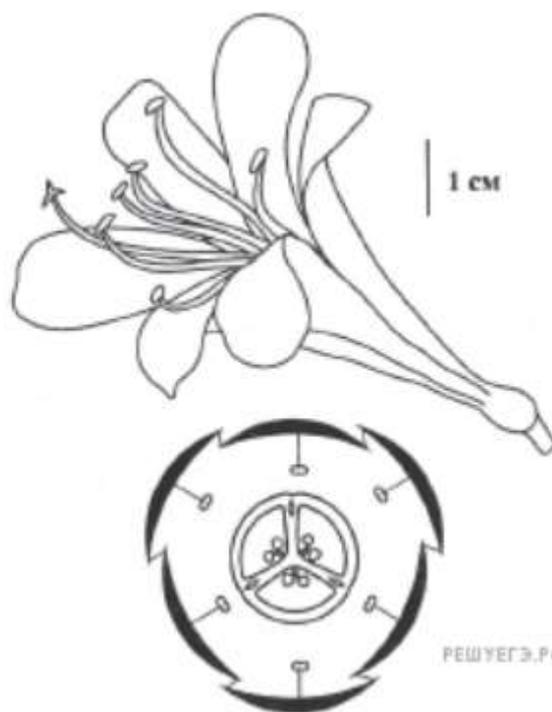
Если в процессе эволюции у растения сформировался цветок, изображённый на рисунке, то для этого растения характерны:

- 1) одна семядоля в зародыше семени
- 2) споры в стробилах на концах побегов
- 3) внешнее оплодотворение
- 4) мочковатая корневая система
- 5) сетчатое жилкование листьев
- 6) отсутствие камбия в стебле

**Решение.** Число элементов околоцветника, тычинок и пестиков у растения кратно трём. Для растения, чей цветок изображён на рисунке характерно:

- 1) одна семядоля в зародыше семени
- 4) мочковатая корневая система
- 6) отсутствие камбия в стебле

Ответ: 146.



## Плоды и семена. Классификация плодов. Биологическое значение плодов. Строение семени цветкового растения

Семя – многоклеточный зачаток нового растения, развивающийся после оплодотворения и содержащий зародыш.

### *Семя голосеменных растений*

У голосеменных растений семена развиваются после оплодотворения на поверхности семенных чешуй шишек (у хвойных), либо на вегетативных органах растения (у всех голосеменных, кроме хвойных).

Семя состоит из зародыша ( $2n$ ), семенной кожуры и гаплоидного ( $n$ ) эндосперма, выполняющего функцию питания зародыша.

Зародыш в семени гинкго имеет 2 семядоли

Наружный слой семенной кожуры (у саговниковых и гинкговых) или семенная чешуя (у тиса, подокарпуса и можжевельника) могут сильно разрастаться и приобретать яркую окраску. Это приспособление для привлечения птиц, распространяющих семена этих растений.

### *Семя покрытосеменных растений*

Семя цветковых растений состоит из зародыша, эндосперма и семенной кожуры.

Зародыш – зачаток нового растения; имеет диплоидный набор хромосом ( $2n$ ).

Зародыш состоит из зародышевого корешка, зародышевого стебелька и семядолей (зародышевых листьев). Из зародышевого корешка формируется главный корень.

Эндосперм – питательная ткань зародыша, имеющая триплоидный набор хромосом ( $3n$ ). Эндосперм образован запасящей паренхимой, содержащей большое количество крахмала, белка или растительных жиров (в зависимости от вида растения).

В состав семени входят ферменты, осуществляющие превращение запасных питательных веществ эндосперма в легко усвояемую зародышем форму.

Семенная кожура – покровная ткань семени, защищающая его от повреждений и высыхания. Образуется из покровов семязачатка (интегумента).

В семенной кожуре в месте прикрепления семени к плоду остается рубчик. В рубчике в месте входа пыльцевой трубки в семязачаток при оплодотворении остается отверстие – пыльцевход, или микропиле. Через него в семя при прорастании поступает вода.

### Строение семян однодольных и двудольных растений

Строение семян однодольных и двудольных покрытосеменных растений имеет некоторые отличия:

Зародыш однодольных имеет один зародышевый лист (семядолю); питание зародыша осуществляется за счет хорошо развитого эндосперма. Семядоля злаков и многих других однодольных растений – это сильно модифицированный лист, состоящий из щитка и колеоптиля.

Щиток – ткань в семени, которая специализируется на поглощении и хранении пищи из соседнего эндосперма.

Во время прорастания зерна за счет активизации ферментативных процессов происходит разжижение эндосперма. Наружные клетки щитка, граничащие с эндоспермом, удлиняются и наподобие корешков проникают в его питательную среду, откуда и высасывают необходимую пищу для роста зародыша. В центральной части эндосперма находятся паренхимные клетки с большим количеством крахмальных зерен, в наружной его части расположены квадратные клетки алейронового слоя, в котором откладываются запасные белки в форме алейроновых зерен.

Колеоптиль – защитный колпачок, который охватывает пёрышко (предшественник стебля и листьев растения).

Зародыш двудольных растений имеет две крупные мясистые семядоли, в которых находятся запасные питательные вещества. Именно за счет семядолей и осуществляется питание зародыша: эндосперм слабо развит или совсем отсутствует.

#### **Плод.** Разнообразие плодов

Плод – разросшаяся завязь пестика. Плод развивается на месте цветка после оплодотворения.

Настоящие плоды формируются из стенки завязи.

Ложные плоды формируются при участии цветоноса или других частей цветка.

*Плод* - орган, развивающийся после оплодотворения из завязи гинецея или гинецея и других частей цветка. Он защищает семена и способствует их распространению.

#### *Строение плода*

Плод состоит из околоплодника (перикарпия) и плодоножки.

Перикарпий, внутри которого лежат семена, включает

- экзокарпий – наружный слой плода;
- мезокарпий – средний слой плода;
- эндокарпий – внутренний слой плода.

Наружная часть плода - *околоплодник*. По своей консистенции околоплодник может быть сочным или сухим. На этом основании плоды довольно искусственно делят на сочные и сухие. Кроме того, околоплодник по своему строению неоднороден. Различают наружную, среднюю и внутреннюю части околоплодника. У одних плодов части околоплодников разные и четко выделены (слива), у других - стенки околоплодника одинаковы (лещина).

Так как завязь может образовываться из одного или нескольких плодолистиков (плодолистик – спороносный лист в цветке, несущий семязачатки и при срастании краями или с другими плодолистиками образующий завязь пестика), то и плоды могут иметь различное внутреннее строение.

Плоды:

- односемянные плоды образуются, если в завязи пестика только один семязачаток;
  - многосемянные плоды образуются, если в завязи пестика несколько семязачатков.
- в плодах может образовываться много семян (арбуз, дыня, мак, горох) или одно семя (липа, дуб). Сухие многосемянные плоды - вскрывающиеся (живокость, сочевичник).

Семена могут оставаться внутри плода до его разрушения и прорасти в нём.

Вскрывающиеся плоды при созревании лопаются, и семена высыпаются и распространяются самостоятельно.

Сочные плоды состоят в основном из живых клеток и сохраняют высокое содержание воды

#### **Классификация плодов.**

*Плоды сухие многосемянные вскрывающиеся.* *Листовка* - одногнездный плод, образованный одним плодолистиком. Плод многосемянный, сухой. Листовка может быть *однолистовкой*, если в цветке был один пестик (живокость полевая); *мноколистовкой* - в цветке было несколько пестиков. Расположение листовок в многолистовке различно. Могут быть спиральные (калужница) и круговые многолистовки (сусак зонтичный).

*Боб* - одногнездный плод, образованный одним плодолистиком. Вскрывается по брюшному и спинному швам (фасоль, вика). Иногда эти плоды вскрываются мелко (копеечник). Есть бобы спирально закрученные, а также односемянные (люцерна, эспарцет).

*Стручок, струночек* - двугнездный плод, сформированный двумя плодолистиками. Семена прикрепляются к продольной перегородке между двумя створками плода. Вскрываются двумя швами.

*Коробочка* - многосемянный, одно-, двух- или многогнездный сухой плод, возникший из двух или многих плодолистиков. Коробочки по размерам, характеру вскрывания и форме разнообразны. Среди них есть коробочки, образованные нижней (колокольчик, иван-чай) или верхней завязью (мак, чистотел).

*Плоды сухие односемянные невскрывающиеся. Орешек* - сухой невскрывающийся плод, сформированный одним плодолистиком. В зависимости от количества пестиков различают орешек (лютики, сабельник), многоорешек (рогоз, роголистник).

*Зерновка* - околоплодник кожистый, сросшийся с семенной кожурой (пшеница, рожь).

*Семянка* - околоплодник сухой, кожистый, односемянный, невскрывающийся, семя не срывается с околоплодником (подсолнечник).

*Крылатка* - семянка с кожистым или перепончатым крыловидным выростом околоплодника (вяз).

*Орех* - сухой односемянный невскрывающийся плод, околоплодник деревянистый (лещина, липа).

*Плоды сочные, одно- и многосемянные, невскрывающиеся.*

*Костянка* - околоплодник дифференцирован на три части: тонкая кожица - экзокарпий, мякоть - мезокарпий, эндокарпий (косточка) более или менее деревянистый (вишня, персик, боярышник). Из сложного гинецея развивается *многокостянка* (малина, ежевика, костяника).

Одногнездные односемянные костянки формируются из пестика с одним плодолистиком (маслина). У бузины многогнездный плод с одним семенем. Изредка встречается плод *сухая костянка*, если во время созревания плода средний сочный слой околоплодника становится сухим (миндаль, грецкий орех, кокосовая пальма).

*Яблоко* - многосемянный многогнездный плод с наружным кожистым, средним сочным и хрящеватым внутренним слоями околоплодника (яблоко, груша, рябина, айва).

*Ягода* - весь околоплодник, кроме наружного кожистого околоплодника, сочный. Плод многосемянный. Образуется из нижней (черника, смородина) и из верхней завязи (ландыш, томат).

*Тыква* - многосемянный плод, развивается из нижней завязи. Околоплодник наружный - твердый, деревянистый, средний и внутренний - сочный и мясистый (арбуз, тыква, кабачок, огурец).

*Померанец* - многосемянный многогнездный плод, образованный из нескольких плодолистиков с верхней завязью. Слои околоплодника разные: наружный - кожистый с эфирными железками, средний - губчатый, белый, внутренний - пленчатый, с сочными волосками (лимон, апельсин, мандарин).

**Биологическое значение плода** заключается в защите и распространении семян цветочных (покрытосеменных) растений

Плоды имеют огромное значение в жизни человека: в них накапливаются углеводы, белки, жиры, минеральные соли, органические кислоты, витамины и т.д., поэтому они являются основными продуктами питания. Плоды также составляют важную кормовую базу для животноводства.

## Экологические группы и жизненные формы растений

**Жизненная форма** – это внешний облик растения, отражающий его приспособленность к условиям среды. Она также характеризует продолжительность жизни вегетативных органов и всего растения. По жизненным формам растения делятся на древесные (деревья и кустарники), кустарники (полукустарники и полукустарнички) и травянистые (многолетние и однолетние травы).

*Жизненная форма* – понятие экологическое, но не следует его подменять другим – экологическая группа. Отличие состоит в том, что жизненная форма отражает историческую приспособленность растений к специфике местообитания в целом, а не к отдельному экологическому фактору.

*Экологические группы.* Экологических факторов очень много, и влияют они на растения комплексно. Но при определенных условиях один фактор может стать основным. Группа растений, выделенная по отношению к отдельному основному фактору, называется **экологической группой**. Для растений важнейшими экологическими факторами чаще всего является обеспеченность водой, светом и температурные условия. Приспособление ко всему комплексу факторов среды отражается в жизненных формах растений.

По обеспеченности водой растения делятся на засухоустойчивые, умеренно влаголюбивые, влаголюбивые и водные.

По условиям освещенности растения подразделяют на светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые

По температурным условиям растения разделяют на холодолюбивые и теплолюбивые. Температурные предпочтения почти не влияют на строение растений, поскольку приспособление к определенным температурам связаны в основном с физиологическими процессами.

**Ксерофиты**- растения, живущие в условиях значительного недостатка влаги (постоянного или временного) (виды родов: маслина, сорго, полынь и др.). Для ксерофитов характерны различные приспособления, уменьшающие транспирацию: толстые кутикула и наружная стенка эпидермы (виды рода сахарный тростник; семейства пальмовые), густое опушение, расположение устьичных аппаратов в углублениях (виды рода олеандр), мелкоклеточность тканей и одревеснение клеточных стенок, свертывание листьев (виды рода ковыль), редукция листьев (виды родов эфедра, саксаул) и др. Некоторые растения (суккуленты) накапливают в корнях и листьях большой запас воды (виды родов молодило, алоэ; сем. кактусовые), образуют мощную корневую систему (виды рода бодяк).

**Мезофиты**- растения, живущие в условиях достаточно умеренного увлажнения. Структура их корней, стеблей, листьев служит эталоном.

**Гидрофиты** - растения, обитающие в водной среде (виды родов: стрелолист, сусак, кувшинка и др.). Одни из них полностью погружены в воду (виды рода роголистник), другие - частично. Они либо прикрепляются ко дну водоема (виды родов кувшинка, кубышка), либо свободно плавают в воде (виды родов: сальвиния, ряска). Для них характерны большая поверхность органов, тонкие листья, отсутствие кутикулы, наличие больших межклетников, заполненных воздухом, слабо развитые сосуды.

**Гигрофиты** - растения, живущие при повышенной влажности почвы и воздуха (виды родов калужница, белокрыльник, рогоз, манник, рис и др.). У некоторых из них отсутствуют приспособления для уменьшения транспирации: клетки эпидермы тонкостенные, кутикула тонкая, устьичные аппараты расположены вровень с поверхностью листа, клетки крупные, лежат рыхло. У других имеются приспособления для быстрого скатывания воды с поверхности листа: гладкая кутикула, капельные острия (виды рода фикус).

По отношению к свету выделяют следующие экологические группы.

**Тенелюбивые растения (сциофиты)** живут в условиях постоянного затенения. Это преимущественно травы нижнего яруса леса (виды родов кислица, вороний глаз). Они

имеют тонкие вытянутые стебли с неразвитыми механическими тканями, содержат мало хлоропластов (этиолированные). Листья тонкие, толщина слоя палисадной паренхимы относительно небольшая, клетки крупные, с крупными хлоропластами, содержащими много хлорофилла.

**Светолюбивые растения (гелиофиты)** не выносят затенения, растут на открытых местах (виды родов картофель, томаты, свекла и др.). Листья у них более толстые, слой палисадной паренхимы мощный, мезофилл пронизан густой сетью проводящих пучков, число устьичных аппаратов на единицу поверхности листа большое. Клетки палисадной паренхимы более мелкие, содержат бедные хлорофиллом хлоропласты. Однако на единицу объема клетки приходится больше хлоропластов, чем у тенелюбивых растений.

Теневыносливые растения лучше растут на открытых местах, однако способны выносить и затенение.

В пределах кроны одного растения различают световые и теневые листья. Многие признаки световых листьев совпадают с признаками ксерофитов, так как яркому освещению всегда сопутствуют нагревание и повышенная транспирация, а признаки теневых листьев часто совпадают с признаками гигрофитов.

В дождевых тропических лесах в условиях глубокого затенения образовались особые жизненные формы растений, выносящие основную массу побегов в верхние ярусы к свету: лианы и эпифиты.

Лианы - это быстрорастущие лазающие растения, которые, используя твердую опору, продвигаются к свету (виды родов плющ, лимонник, актинидия, виноград и др.). **Эпифиты** - травянистые растения, поселяющиеся на стволах других растений высоко над землей, питаются самостоятельно - не паразитируют (виды сем. орхидные и др.).

По отношению к почве выделяют следующие экологические группы.

**Олиготрофы** - растения, живущие на очень бедных минеральными солями субстратах (на верховых болотах, песках и др.). Им свойственны ксероморфные признаки, которые сочетаются с наличием больших межклетников, способствующих аэрации и восполнению недостатка кислорода (виды родов белоус, вереск, клюква, багульник и др.).

**Галофиты** - растения, живущие на сильно засоленных субстратах (виды родов солерос, сарсазан, сведа и др.). Они также имеют черты ксероморфизма, хотя избыток солей часто сочетается с избытком влаги (морские побережья, мокрые солонцы). Клетки галофитов имеют высокий осмотический потенциал. Это необходимое условие поглощения воды. Среди них часто встречаются суккуленты. У других имеются мелкие жесткие листья, покрытые железками, выделяющими соли, которые накапливаются на поверхности листа в виде кристалликов.

Таким образом, в результате взаимодействия растений с окружающей средой и естественного отбора у них возникают новые физиологические свойства и признаки структуры, наиболее целесообразные в условиях конкретной экологической обстановки. Виды и внутривидовые отдельности, обладающие такими целесообразными признаками, оказываются наиболее приспособленными (адаптированными) к данным экологическим условиям. Такие виды и их комплексы - великолепные индикаторы (показатели) тех компонентов среды, к которым они адаптированы.

#### *Классификации жизненных форм растений*

Экологические факторы воздействуют на организмы в совокупности, комплексно. В результате длительного исторического взаимодействия растений и факторов среды у организмов выработались приспособления к условиям существования в виде морфологических, анатомических, физиологических, поведенческих признаков. Внешний облик растительного организма, в котором отражается его приспособленность к среде, называется *жизненной формой*. В сходных условиях растения из различных систематических групп могут приобретать аналогичную жизненную форму. Например, в суровых условиях субарктики и высокогорных тундр вырабатываются одинаковые

жизненные формы хвойных и листопадных деревьев и кустарников – можжевельники, сосны, березы, ивы имеют стелющуюся форму.

Термин «жизненная форма» впервые употребил в 1884 г. ботаник, датчанин Е. Варминг, один из основоположников экологии растений. В дальнейшем многие ученые предлагали различные системы жизненных форм. В начале XIX в. А. Гумбольдт обратил внимание на роль растений в формировании ландшафта и выделил 16 основных форм растений. По названию они совпадают с наименованием систематических групп от греческих слов – «форма пальм», «форма алоэ», «форма злаков» и т.д. Но в основе выделения этих форм лежит не систематический признак, а сходство во внешнем облике, которое происходит из-за схожести климатических, почвенных условий, особенностей рельефа, высоты над уровнем моря и других условий обитания растений.

По внешнему виду (габитусу) и продолжительности жизни выделяют следующие жизненные формы: деревья - многолетние растения с одревесневающими надземными частями, с хорошо выраженным одним стволом, высотой не ниже 2 м; кустарники - многолетние растения с одревесневающими надземными частями, в отличие от деревьев имеют несколько стволов, так как ветвление начинается от основания стебля; кустарнички - сходны с кустарниками, но не выше 50 см; полукустарники - отличаются от кустарников тем, что у них одревесневают только нижние части побегов, а верхние ежегодно отмирают; лианы - растения с вьющимися, цепляющимися, лазающими стеблями; суккуленты - многолетние растения с сочными побегами, содержащими запас воды; травы - надземная часть ежегодно отмирает; у многолетних трав под землей сохраняются корневища, луковицы, клубни, у однолетних отмирает и подземная часть.

Наибольшую популярность получила классификация, разработанная в 1905 г. Х. Раункиером, датским ботаником. В основу своей системы он положил признак расположения и способа защиты почек возобновления в неблагоприятный сезон года (сухой или холодный).

По Раункиеру, жизненные формы растений подразделяются на пять главных типов.

*Фанерофиты* (от греч. *Phaneros* – открытый и *phyton* – растение) – деревья, кустарники, эпифиты. Почки возобновления расположены высоко над землей и защищены специальными чешуями.

*Хамефиты* (от греч. *chamai* – низкий, приземистый) – кустарнички, полукустарники, стелящиеся растения. Почки возобновления расположены невысоко над почвой, зимой, кроме почечных чешуй, защищены снегом.

*Гемикриптофиты* (от греч. *hemi*– полу-, *kiyptos* – скрытый) – большинство луговых и степных трав. Почки возобновления расположены на уровне почвы и дополнительно защищены растительным опадом.

*Криптофиты*. Разделяются на *геофиты*, у которых почки находятся в земле (луковичные, корневищные, клубневые растения), и *гидрофиты*– водные растения.

*Терофиты* (от греч. *thews*–лето). Однолетники, которые сохраняются зимой в виде семян.

Существуют и другие классификации жизненных форм. Часто используют классификацию И. Г. Серебрякова. Он различал: *деревья*– многолетние растения с одним одревесневевшим стволом, который сохраняется всю жизнь; *кустарники* – многолетние растения с несколькими равноценными стволами, ветвящимися от земли; *кустарнички* – низкорослые растения, ветвящиеся под землей, в результате образуются несколько одревесневевших стволиков; *полукустарники* – имеют отмирающие неодревесневевшие надземные побеги и многолетние одревесневевшие части; *травы* – многолетние или однолетние растения, у которых отмирает вся надземная часть. Среди трав: *поликарпические* – многолетние травы, цветут и плодоносят много раз, органы возобновления - подземные побеги, *монокарпические* – двулетние или однолетние травы, после одного цветения и плодоношения полностью отмирают.

В работах И. Г. Серебрякова и ученых его школы подробно разработана схема эволюции жизненных форм – от деревьев к травам: древесные типы, в связи с эволюцией условий жизни на Земле, вырождались сначала в низкорослые промежуточные формы, а затем в травянистые; однолетние и травянистые жизненные формы являются более «молодыми». Основными тезисами в работах школы Серебрякова являются следующие: «жизненные формы отражают особенности экологической среды через специфику роста и развития растений в господствующих почвенно-климатических условиях. Среда действует на внешнюю форму через изменение жизнедеятельности организма, а также длительность жизни вегетативных органов... Жизненные формы – это результат всей жизнедеятельности организма в онтогенетическом плане, т.е. отражают не только неблагоприятные, но и благоприятные условия роста и развития... Среда действует на организм как формирующий отбирающий фактор».

### Задание с решением

1. Установите последовательность расположения систематических таксонов растения, начиная с самого крупного таксона. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) Мятлик луговой
- 2) Мятлик
- 3) Покрытосеменные
- 4) Однодольные
- 5) Растения
- 6) Злаковые

Пояснение. Последовательность расположения систематических таксонов растения, начиная с самого крупного таксона: Царство Растения → Отдел Покрытосеменные → Класс Однодольные → Семейство Злаковые → Род Мятлик → Вид Мятлик луговой.  
Ответ: 534621.

2. Выберите три предложения, где даны описания признаков морфологического критерия вида Сосна обыкновенная. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- (1) Сосна обыкновенная – светолюбивое растение. (2) Проросток сосны включает в себя пять–девять фотосинтезирующих семядолей. (3) Сосна способна развиваться на любой почве. (4) Зелёные листья сосны игловидные и расположены по два на укороченных побегах. (5) Удлиненные побеги расположены мутовками, которые образуются один раз в год. (6) Пыльца с мужских шишек переносится ветром и попадает на женские шишки, и происходит оплодотворение.

Пояснение. Морфологический критерий вида – критерий, позволяющий отнести организм к определённому виду, опираясь на его анатомию:

- (2) Проросток сосны включает в себя пять–девять фотосинтезирующих семядолей.  
(4) Зелёные листья сосны игловидные и расположены по два на укороченных побегах.  
(5) Удлиненные побеги расположены мутовками, которые образуются один раз в год.

Ответ: 245.

## **Общая характеристика, особенности строения, размножения представителей Царства Грибы. Роль в природе и значение грибов для человека**

Грибы относились к низшим растениям до конца XX века. В 1970 году они были окончательно выделены в отдельное царство Грибы, т.к. имеют ряд признаков, отличающих их от растений и сближающих с животными.

**Общие характеристики**

Царство грибы – это одноклеточные и многоклеточные организмы. В настоящее время систематики насчитали более 100 тыс. видов грибов.

*Грибы* – гетеротрофные организмы, не имеющие хлорофилла. Они занимают промежуточное положение между животными и растениями, так как характеризуются рядом свойств, сближающих их с животными и растениями.

**Общие признаки грибов и животных:**

- В оболочке клеток есть хитин;
- в качестве запасного продукта у них накапливается гликоген, а не крахмал;
- в результате обмена образуется мочевины;
- отсутствие хлоропластов и фотосинтезирующих пигментов;

**Общие признаки грибов и растений:**

- Неограниченный рост;
- абсорбтивное питание, т.е. не заглатывание пищи, а всасывание;
- наличие ярко выраженной клеточной стенки;
- размножение спорами;
- неподвижность;
- способность синтезировать витамины.

**Питание грибов**

Грибы-сапрофиты питаются мертвыми органическими веществами, а паразиты могут обитать на растениях, животных и человеке. Имеются также переходные формы грибов (трутовики и др.), которые часть своей жизнедеятельности проводят как сапрофиты, а другую часть – как паразиты. Грибы-сапрофиты обитают на опавших листьях, древесине и перегное.

Многие виды царства Грибов живут в сожительстве (симбиозе) с водорослями и с высшими растениями. Взаимовыгодное сожительстве мицелия грибов с корнями высших растений образует микоризу (например, подберезовик с березой, подосиновик с осинкой).

Многие высшие растения (деревья, твердая пшеница и др.) не могут нормально расти без микоризы. Грибы получают от высших растений кислород, выделения корней и соединения, не содержащие азота. Грибы «помогают» высшим растениям усваивать труднодоступные вещества из перегноя, активизируя деятельность ферментов высших растений, способствуют углеводному обмену, фиксируют свободный азот, который в ряде соединений используется высшими растениями, дают им ростовые вещества, витамины и т.п.

**Строение грибов**

Царство Грибы условно подразделяют на низшие и высшие. Основа вегетативного тела грибов – грибница, или мицелий. **Грибница** состоит из тонких нитей, или гиф, похожих на пушок. Эти нити находятся внутри субстрата, на котором обитает гриб.

Чаще всего грибница занимает большую поверхность. Через **мицелий** происходит всасывание питательных веществ осмотическим путем. Грибница низших грибов либо разделяется на клетки, либо межклеточные перегородки отсутствуют.

Одно- или многоядерные клетки грибов в большинстве случаев покрыты тонкой клеточной оболочкой. Под ней находится цитоплазматическая мембрана, окутывающая цитоплазму.

В клетке грибов имеются ферменты, белки и такие органоиды (лизосомы), в которых протеолитическими ферментами расщепляются белки. Митохондрии имеют сходство с

такowymi у высших растений. В вакуолях содержатся запасные питательные вещества: гликоген, липиды, жирные кислоты, жиры и др.

В съедобных грибах имеется много витаминов и минеральных солей. Примерно 50% сухой массы грибов составляют азотистые вещества, из которых на белки приходится около 30%.

Размножение грибов

Размножение грибов происходит бесполом путем:

- Специализированными клетками – спорами;
- вегетативно – частями мицелия, почкованием.

Процессу спорообразования может предшествовать половой процесс, который у грибов очень разнообразен. Зигота может образовываться в результате слияния соматических клеток, специализированных на гаметы, и половых клеток – гамет (образующихся в половых органах – гаметангиях). Образовавшаяся зигота прорастает сразу или после периода покоя и дает начало гифам с органами полового спороношения, в которых образуются споры.

Споры различных грибов распространяются насекомыми, различными животными, человеком и воздушными течениями.

*Значение грибов в природе и жизни человека*

Плесневые грибы поселяются на продуктах питания, в почве, на овощах и плодах. Они вызывают порчу доброкачественных продуктов (хлеба, овощей, ягод, фруктов и т.п.). Большинство этих грибов – сапрофиты. Однако некоторые плесневые грибы являются возбудителями заразных болезней человека, животных и растений. Например, гриб трихофитон вызывает стригущий лишай у человека и животных.

Всем хорошо известен одноклеточный гриб мукор, или белая плесень, который поселяется на овощах, хлебе и конском навозе. Первоначально белая плесень имеет пушистый налет, а со временем она чернеет, так как на грибнице образуются округлые головки (спорангии), в которых образуется огромное число спор темного цвета.

Из ряда родов плесени (пенициллин, аспергилл) получают антибиотики.

## Общая характеристика, особенности строения, размножения лишайников. Роль в природе и значение лишайников для человека

Лишайники – своеобразные комплексные организмы, слоевище которых представляет собой объединение гриба и водоросли, находящихся в сложных взаимоотношениях друг с другом, чаще – в симбиозе. Известно свыше 20 тыс. видов лишайников.

От других организмов, в том числе и от свободноживущих грибов и водорослей, они отличаются формой, строением, характером обмена веществ, особыми лишайниковыми веществами, способами размножения, медленным ростом (от 1 до 8 мм в год).

Особенности строения

**Слоевище лишайников** состоит из переплетенных грибных нитей – гиф, и расположенных между ними клеток (или нитей) водорослей.

Различают два основных типа микроскопической структуры слоевища:

- Гомеомерный;
- гетеромерный.

На поперечном срезе лишайника *гомеомерного* типа имеется верхняя и нижняя кора, которая состоит из одного слоя клеток гриба. Вся внутренняя часть заполнена рыхло расположенными грибными нитями, между которыми расположены клетки водорослей без какого-либо порядка.

В лишайнике *гетеромерного* типа клетки водорослей сосредоточены в одном слое, который получил название *гонидиального слоя*. Ниже него находится сердцевина, состоящая из рыхло расположенных нитей гриба.

Наружными слоями лишайника являются плотные слои грибных нитей, которые называются корковыми слоями. С помощью грибных нитей, отходящих от нижнего коркового слоя, лишайник прикрепляется к субстрату, на котором произрастает. У некоторых видов нижняя кора отсутствует, и он крепится к субстрату нитями сердцевины.

Водорослевой компонент лишайника состоит из видов, относящихся к отделам сине-зелёных, зелёных, жёлто-зелёных и бурых. Представители 28 родов из них вступают в симбиоз с грибами.

Большинство этих водорослей может быть и свободноживущими, но некоторые встречаются только в лишайниках и пока не обнаружены в свободном состоянии в природе. Находясь в слоевище, водоросли очень изменяются внешне, а также становятся более устойчивыми к высоким температурам, могут переносить длительное высушивание. При культивировании их на искусственных средах (отдельно от грибов) приобретают вид, характерный для свободноживущих форм.

Слоевище лишайников разнообразно по форме, размерам, строению, окрашено в различные цвета. Окраска слоевища обусловлена наличием пигментов в оболочках гиф и плодовых телах лишайников. Различают пять групп пигментов: зелёные, синие, фиолетовые, красные и коричневые. Обязательным условием для образования пигментов является свет. Чем ярче освещение в местах произрастания лишайников, тем ярче они окрашены.

Виды лишайников

Форма слоевища также может быть разнообразной. По внешнему строению слоевища лишайники делят на:

- Накипные;
- листоватые;
- кустистые.

У **накипных лишайников** слоевище имеет вид корочки, плотно сросшейся с субстратом. Толщина корочек различна – от едва заметной накипи или порошковидного налета до 0,5см, диаметр – от нескольких миллиметров до 20-30см. Растут накипные виды

на поверхности почв, горных пород, коре деревьев и кустарников, обнаженной гниющей древесине.

**Листоватые лишайники** имеют форму листовидной пластинки, горизонтально расположенной на субстрате (пармелия, стенная золотянка). Обычно пластинки округлые, 10-20см в диаметре. Характерной особенностью листоватых видов является неодинаковая окраска и строение верхней и нижней поверхностей слоевища. У большинства из них на нижней стороне слоевища образуются органы прикрепления к субстрату – ризоиды, состоящие из собранных в тяжи гиф. Растут они на поверхности почвы, среди мхов. Листоватые лишайники по сравнению с накипными являются более высокоорганизованными формами.

**Кустистые лишайники** имеют форму прямостоящего или повисающего кустика и прикрепляются к субстрату небольшими участками нижней части слоевища (кладония, исландский лишайник). По уровню организации кустистые виды – высший этап развития слоевища. Их слоевища бывают разных размеров: от нескольких миллиметров до 30-50см. Повисающие слоевища кустистых лишайников могут достигать 7-8м. Примером может служить лишайник, свисающий в виде бороды с ветвей лиственниц и кедров в таежных лесах (бородатый лишайник).

#### *Размножение*

Размножаются лишайники в основном вегетативным путем. При этом от слоевища отделяются кусочки, разносятся ветром, водой или животными и в благоприятных условиях дают новые слоевища.

У листоватых и кустистых лишайников для вегетативного размножения в поверхностных или более глубоких слоях формируются специальные вегетативные образования: соредии и изидии.

Соредии имеют вид микроскопических клубочков, в каждом из которых находится одна или несколько клеток водоросли, окруженных гифами гриба. Соредии образуются внутри слоевища в гонидиальном слое листоватых и кустистых лишайников. Сформированные соредии выталкиваются из слоевища наружу, подхватываются и разносятся ветром. При благоприятных условиях она прорастают в новых местах и образуют слоевища. Размножаются соредиями около 30% лишайников.

#### *Питание*

Особенности питания лишайников связаны со сложным строением этих организмов, состоящих из двух компонентов, которые получают питательные вещества разными способами. Гриб – гетеротроф, а водоросль – автотроф.

Водоросль в составе лишайника обеспечивает его **органическими веществами**, полученными путем фотосинтеза. Гриб лишайника получает от водоросли высокоэнергетические продукты: АТФ и НАДФ. Гриб, в свою очередь, с помощью нитевидных отростков (гифа) выполняет роль корневой системы. Так лишайник получает **воду и минеральные соединения**, которые адсорбируются из почвы.

Также лишайники способны всем телом впитывать воду из окружающей среды, во время туманов и дождей. Для выживания им нужны **азотистые соединения**. Если водорослевый компонент таллома представлен зелеными водорослями, то азот поступает из водных растворов. Когда же фиксобионтом выступают сине-зеленые водоросли, возможна фиксация азота из атмосферного воздуха.

Для нормального существования лишайников необходимы в достаточном количестве **свет и влага**. Недостаточная освещенность препятствует их развитию, так как замедляются фотосинтезирующие процессы и лишайники недополучают питательных веществ.

Светлые сосновые леса стали оптимальным местом для их жизни. Хотя лишайники и относят к наиболее устойчивым к засухе видам, все же вода им необходима. Только во влажной среде осуществляются дыхательные и обменные процессы.

Значение лишайников в природе и жизни человека

Лишайники очень чувствительны к вредным веществам, поэтому не растут в местах с высокой запыленностью и загазованностью воздуха. Так, их используют как индикаторы загрязненности.

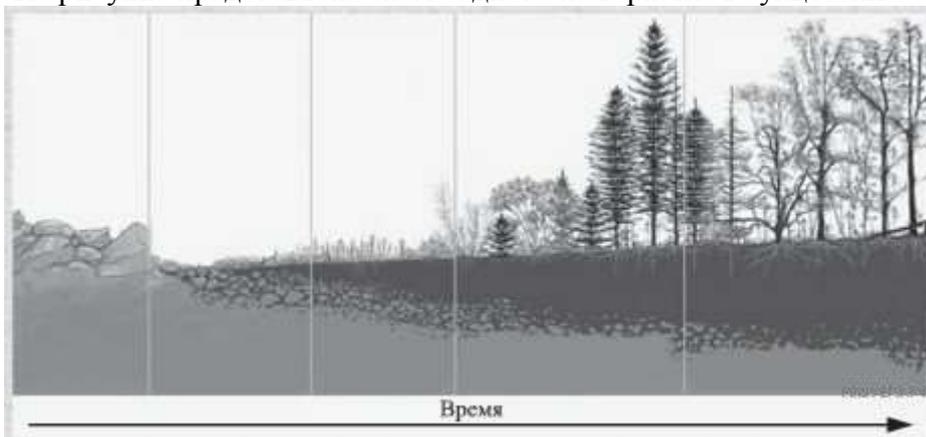
Принимают участие в круговороте веществ в природе. Их фотосинтезирующая часть способна продуцировать органические вещества в местах, где другие растения не могут выжить. Важная роль лишайников в почвообразовании, они селятся на безжизненной скалистой поверхности и после отмирания образуют гумус. Так появляются благоприятные условия для роста растений.

Кормовые лишайники являются важным звеном в пищевой цепочке. К примеру, олени, косули, лоси питаются оленем мхом или ягелем. Служат материалом для гнезд птиц. Лишайниковая манна или Аспицилия съедобная используется в кулинарии.

Парфюмерная промышленность применяет их для придания стойкости духам, а текстильная – для покраски тканей. Известны также виды с антибактериальными свойствами, которые используют при изготовлении лекарств, для борьбы с туберкулезом, фурункулезом.

### Задание с решением

На рисунке представлена схема одного из вариантов сукцессий.



Какой вариант сукцессии представлен на рисунке?

Ответ поясните, приведите аргументы. Почему именно с лишайников начинается этот вариант сукцессии? За счёт чего изменяется субстрат, на котором обитают лишайники?

Пояснение. 1. Первичная сукцессия.

2. Развитие начинается на безжизненном субстрате, на котором ранее не было почвы (голые камни/скалы, вулканические породы).

3. Лишайники не нуждаются в почве, так как получают минеральные соли из субстрата (скальных, вулканических пород, камня), на котором обитают, а также из дождевой воды, пыли.

4. Лишайники растворяют субстрат за счёт специфических лишайниковых веществ/кислот.

## **Общая характеристика, особенности строения, размножения водорослей. Роль в природе и значение водорослей для человека**

Водоросли – большая группа древнейших растений. Строение их тела и размеры характеризуются огромным разнообразием. Существуют микроскопических размеров одноклеточные, многоклеточные и колониальные формы (в 1-2мкм) и крупные, с различным строением слоевища, достигающие 30-45м. Рассмотрим общую характеристику водорослей.

Общим свойством всех водорослей является наличие хлорофилла. Кроме хлорофилла водоросли могут содержать и другие пигменты (фикоциан, фикоэритрин, каротин, ксантофилл, фикоксантин). Эти пигменты придают водорослям красную, бурую, желто-зеленую окраску, маскируя основную зеленую.

**Общая характеристика**

**Питание.** Наличие пигментов в клетках водорослей обеспечивает аутоτροφный тип питания. Однако многие водоросли обладают способностью в определенных условиях переключаться на гетеротрофное питание (эвгленовые – в темноте) либо сочетают его с фотосинтезом.

**Классификация водорослей.** Количество видов водорослей превышает 40тыс. Однако классификация их не завершена, так как не все формы достаточно хорошо изучены. У нас в стране принято деление водорослей на 10 отделов: синезеленые, пирофитовые, золотистые, диатомовые, желтозеленые, бурые, красные, эвгленовые, зеленые, харовые. Наибольшим числом видов представлены зеленые (13-20 тыс.) и диатомовые (10 тыс.).

Деление водорослей на отделы совпадает обычно с их окраской, связанной, как правило, с особенностями строения клеток и слоевища.

**Строение клеток водоросли.** Водоросли – единственная группа организмов, среди которых встречаются прокариоты (синезеленые) и эукариоты (все остальные). В ядрах эукариотических водорослей выявлены все структуры, свойственные ядрам других эукариот: оболочка, ядерный сок, ядрышки, хромосомы.

Строение, состав и свойства остальных клеточных компонентов у водорослей характеризуется большим разнообразием. В процессе эволюции естественный отбор сохранил наиболее перспективные формы, в том числе такой тип клеточной организации, который позволил растениям перейти к наземному образу жизни.

**Размножение водорослей** бывает вегетативным, бесполом (с помощью спор) и половым. У одного и того же вида в зависимости от условий и времени года способы размножения различны. При этом наблюдается смена ядерных фаз – гаплоидной и диплоидной.

**Условия жизни и места обитания водорослей.** Благоприятными условиями существования водорослей являются: наличие света, источников углерода и минеральных солей, а основной средой обитания для них служит вода. Большое влияние на жизнь водорослей оказывают температура, соленость воды и др.

Большинство водорослей – обитатели пресных и морских водоемов. Они могут населять толщу воды, свободно плавать в ней, образуя фитопланктон, либо поселяются на дне, прикрепляясь к разнообразным предметам, живым и мертвым организмам, образуя фитобентос. Заселяют водоросли и горячие источники, а также водоемы с повышенной соленостью.

Кроме планктонных и бентосных различают водоросли наземные, почвенные, снега и льда, известкового субстрата.

Многие водоросли способны вступать в симбиотические отношения с другими представителями растительного и животного царств. Наибольший интерес представляет симбиоз водорослей с грибами. В этом симбиозе возникает такое биологическое единство двух организмов, которое приводит к появлению третьего – лишайника, отличающегося от обоих.

В качестве представителей отдела зеленых водорослей рассмотрим из одноклеточных хламидомонаду, плеврококк и хлореллу, из многоклеточных нитчатых – улотрикс и спирогиру.

#### *Значение водорослей в природе*

Наземные водоросли часто выступают в роли пионеров растительности, поселяясь на бесплодных участках суши: скалах и песках. В симбиозе с грибами водоросли образуют своеобразные организмы – лишайники.

Водоросли – одни из древнейших организмов, населяющих нашу планету. От них произошли наземные растения. Обогатив атмосферу кислородом, они обусловили возможность существования разнообразного мира животных и способствовали развитию аэробных бактерий.

Благодаря деятельности водорослей в атмосфере появился озоновый экран, защищающий Землю от радиационного излучения. Органические вещества, создаваемые водорослями в процессе фотосинтеза, стали пищей бактерий и животных, в частности, рыб.

Водоросли принимают участие в круговороте веществ в природе, в улучшении газового режима водоемов и в образовании отложений сапропеля (органического ила).

Заросли крупных водорослей служат для укрытия и размножения многих прибрежных животных и мелких водорослей.

Из водорослей образовались мощные толщи горных пород:

- В меловых породах 95% обломков оболочек некоторых золотистых водорослей;
- диатомиты на 50-80% состоят из панцирей диатомовых водорослей.

Значительная роль водорослей в формировании рифов в морях и океанах. Так, в рифах островов Фиджи в Тихом океане водорослей почти в 3 раза больше, чем кораллов.

Значение водорослей в жизни человека

Водоросли находят широкое применение в жизни человека. Многие из них человек издавна использовал в пищу (ламинария, порфира), на корм скоту, в качестве удобрений.

Диатомиты находят применение в пищевой, химической, фармацевтической промышленности, строительстве.

Бурые водоросли являются сырьем для получения альгинатов (солей альгиновой кислоты), которые применяются в самых различных отраслях. Так, альгинат натрия дает клей, который используется в текстильном производстве, для проклеивания бумаги, скрепления цемента. Пленки из альгината натрия, нанесенные на бетонные сооружения, металлы, станки, древесину, защищают их от коррозии, гниения, разрушения.

Из красных водорослей (филофора) получают агар, используемый в микробиологии и кондитерской промышленности. Из зеленых (кладофора, ризоклониум) делают бумагу.

Некоторые виды водорослей обладают целебными свойствами и применяются в медицине (ламинарии, лечебные грязи с синезелеными водорослями, получение йода).

Многие водоросли являются биоиндикаторами при санитарно-биологической оценке вод либо выполняют функцию активных санитаров загрязненных водоемов.

В ряде стран водоросли выращивают в искусственных водоемах для индустриального производства органического вещества.

Вместе с тем водоросли могут играть и отрицательную роль. Так, при массовом размножении в водоемах они вызывают «цветение» воды, приводя ее в негодность, загрязняют насосные станции и водопроводы, некоторые виды обрастают днища судов, буи, ухудшая их эксплуатацию.

## Моховидные как особая (гаметофитная) линия эволюции высших растений

Мохообразные, представляют собой довольно крупный, насчитывающий около 20 тысяч видов, отдел растительного царства. Мохообразные – представители высших, или побеговых, растений. Это наиболее примитивный тип в категории высших растений.

Мохообразные имеют различные приспособления к наземному образу жизни, и в то же время у них сохранились черты водных растений. В большинстве случаев мохообразные слабо приспособлены к обитанию на сухих местах, они растут в среде с повышенной влажностью – болота, леса, сырые луга, где нередко образуют сплошной покров. Существуют виды, которые растут только в воде. Мхи – автотрофные растения.

В отличие от водорослей и лишайников – тело большинства мохообразных представлено побегом, состоящим из стебля и листьев; только у части мохообразных тело представлено слоевищем (талломом).

От низших растений мохообразные отличаются также многочисленными микроскопическими особенностями, в том числе наличием своеобразно устроенных гаметангиев (половых органов): мужских – антеридиев и женских – архегониев.

Другой отличительный признак мохообразных – правильное чередование в нормальном цикле развития растения двух различных по своей морфологии поколений. Одно из поколений называется гаметофитом (растение, производящее половые элементы – гаметы), другое – спорофитом (растение, производящее элементы бесполого размножения – споры).

Образующийся на слоевищном или листостебельном гаметофите антеридий имеет вид многоклеточного мешочка, внутри которого образуются мужские гаметы – сперматозоиды. Архегоний имеет вид многоклеточной колбочки, в расширенной части которой – брюшке архегония – образуется женская гамета, или яйцеклетка. Если антеридии и архегонии располагаются на одном гаметофите, то такие растения называются однодомными. Если на одном растении (мужском) располагаются антеридии, а на другом (женском) – архегонии, то такие виды называются двудомными. Есть и многодомные мохообразные, у которых антеридии и архегонии могут располагаться на одном и на разных растениях того же вида.

При наличии капельножидкой воды сперматозоид достигает яйцеклетки и оплодотворяет ее. Из возникающей в результате оплодотворения зиготы вырастает спорофит, который у мохообразных называется спорогонием и который может состоять из стопы, ножки и коробочки. Спорогонии первоначально развивается в брюшке архегония, которое, разрастаясь, превращается в колпачок. С помощью стопы спорогоний высасывает из гаметофита воду с минеральными солями и органическими веществами.

В коробочке спорогония образуется споровый мешок, или спорангий. Созревшая коробочка вскрывается, и споры попадают во внешнюю среду. При наличии благоприятных условий споры прорастают и дают начало новому гаметофиту. При этом первоначально образуется проросток, или протонема, имеющая вид многоклеточной нити, пластиночки, шаровидного тела и др., а затем уже вырастает гаметофор – собственно слоевищный или листостебельный гаметофит, несущий гаметангии, в которых вновь возникают сперматозоиды и яйцеклетки, и т. д. Таким образом происходит чередование поколений в жизненном цикле мохообразных.

Отличаясь рядом особенностей от низших растений, мохообразные стоят особняком и среди высших растений.

В то время как у мохообразных спорофит растет и развивается, оставаясь все время прикрепленным к гаметофиту и паразитируя на нем, у других групп высших растений – плаунообразных, хвощеобразных, папоротникообразных и семенных – спорофит, напротив, большую часть своей жизни существует независимо от гаметофита и превышает его по своим размерам и степени морфологической дифференцировки. Это преобладание в цикле развития спорофита или гаметофита находит свое отражение в том, что у

мохообразных растений мы обычно называем слоевищный или листостебельный гаметофит, а у остальных высших растений – листостебельный спорофит.

От большинства остальных высших растений мохообразные отличаются также отсутствием корней и некоторыми микроскопическими особенностями.

Мохообразные можно разбить на три класса: антоцеротовые (*Anthocerotae*), печеночники (*Hepaticae*) и мхи (*Musci*).

Все три класса возникли на Земле очень давно, около 300 миллионов лет назад, и с тех пор развивались независимо один от другого, а потому наряду с общими признаками, указывающими на происхождение их от общего предка, эти классы обладают и рядом специфических, присущих только им особенностей.

*Маршанция (печеночница) – Marckantia polymorpha.* Маршанция – наиболее распространенный мох из класса печеночников.

Эволюция и происхождение мохообразных

Существенной отличительной особенностью высших растений, к которым относят и мохообразных, от низших является наземный образ жизни. В результате длительной эволюции высшие растения вышли из воды и приспособились к жизни в новых своеобразных наземных условиях. В процессе приспособления к наземному образу жизни у высших растений выработалось много различных приспособительных признаков и свойств, произошла дифференциация органов и усложнилось анатомическое строение, что способствовало нормальному образу жизни их в разнообразных условиях суши.

Мохообразные произошли от зеленых или бурых водорослей. При прорастании спор у мхов развивается ветвистая зеленая нить – протонема, которая напоминает тело нитчатых водорослей. Половой процесс у мхов осуществляется только в водной среде. Это указывает на родство мхов и водорослей.

Высшие, или листостебельные, растения в отличие от низших имеют тело ясно дифференцированное на основные органы: стебель, листья, а более совершенные типы этих растений имеют хорошо развитые корни. Представители высших растений являются многоклеточными организмами, они обладают разнообразными специализированными тканями, и том числе хорошо выраженной проводящей системой, механическими и покровными тканями, которые развивались и усложнялись по мере эволюции высших растений.

Для высших растений характерно наличие ясно выраженного чередования двух поколений: полового (гаметофита) и бесполого (спорофита). Спорофит у них постепенно занял доминирующее положение над гаметофитом. Только мохообразные представляют исключение среди высших растений, так как у них большего развития достигает гаметофит, а спорофит, наоборот, значительно редуцирован.

Размножаются мохообразные бесполом, половым и вегетативным способами. Спора, прорастая, образует протонему в виде зеленой нити. Часто эта нить разветвляется, напоминая зеленые водоросли. От водорослей протонема мхов отличается расположением перегородок: у водорослей перегородки расположены перпендикулярно к стенкам клеток, а у протонемы косо. Протонема представляет собой начальную стадию развития мха, из нее развивается взрослое растение.

Половое размножение у мхов связано с образованием архегониев и антеридиев.

Характерной особенностью в цикле развития всех мохообразных является преобладание полового поколения (гаметофита) над бесполом (спорофитом). Гаметофит у мхов более развит и несет на себе спорофит, который выполняет подчиненную роль и ведет полупаразитический образ жизни за счет гаметофита. Спорофит через специальную присоску, получает от гаметофита воду и частично питательные вещества, но одновременно спорофит, имея хлорофилловые зерна, способен фотосинтезировать.

Вегетативное размножение осуществляется у мохообразных специальными выводковыми почками, подземными побегами, кусочками вегетативного тела.

## Особенности строения высших растений в связи с освоением ими воздушно-наземной среды обитания

Высшие растения, в отличие от низших, имеют хорошо выраженные ткани: образовательную, за счет которой осуществляется рост организма; покровную; проводящие, обеспечивающие транспорт питательных веществ, воды и продуктов фотосинтеза; механические, или опорные; выделительные, или секреторные и основные, к которым относится, в частности, запасающая ткань.

Ткани высших растений образуют органы: вегетативные – корень, стебель и лист, а также репродуктивные, участвующие в размножении, например спорангии, где образуются споры, или цветки и плоды у покрытосеменных растений. Сверх того, у всех высших мужские и женские репродуктивные органы многоклеточные.

Характерная особенность высших растений: индивидуальное развитие у них подразделяется на эмбриональный (зародышевый) и постэмбриональный (послезародышевый) периоды.

Подцарство высших растений включает две крупные группы растений: споровые и семенные. К споровым растениям относятся отделы: Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные и Плауновидные.

Основной отличительной чертой споровых служит менее четкая по сравнению с семенными специализация тканей и бесполое размножение при помощи спор. Половое размножение у споровых неразрывно связано с водной средой, так как оплодотворение происходит в капле воды.

Семенные растения включают два отдела: Голосеменные и Покрытосеменные (Цветковые) растения. Они размножаются половым путем при помощи семян, а бесполое размножение у них осуществляется вегетативно – частями тела. У семенных растений специализация тканей зашла особенно далеко: они образуют отчетливо выраженные системы органов – побеговую и корневую.

**Моховидные** – это многолетние растения, обычно низкорослые, их размеры колеблются от миллиметра до нескольких сантиметров. Некоторые группы мхов, например печеночники, имеют вегетативное тело в виде стелющегося таллома. У других тело расчленено, и зеленовато-коричневый стебель густо покрыт узкими зелеными листьями; корней у мхов нет. Они приспособлены к обитанию во влажных местах.

У моховидных имеется характерная особенность организации, резко выделяющая их среди всех современных наземных растений: половое поколение – гаметофит, представляющий собой стебель с листьями и образующий половые клетки (гаметы), больше выражен, чем бесполое – спорофит, на котором формируются споры. Кроме размножения спорами, зеленым мхам свойственно и вегетативное размножение – частями тела и специальными почками.

**Плауновидные** – это многолетние и вечнозеленые травянистые растения с прямостоячими и ползучими побегами. От стелющихся по земле участков стебля отходят придаточные корни. Листья мелкие, различной формы, располагаются на побегах поочередно, супротивно или мутовчато – в виде венчика вокруг себя.

**Хвощевидные** – это многолетние травянистые растения с жестким стеблем и хорошо развитым подземным стеблем – корневищем. От корневища отходят придаточные корни. В отличие от остальных споровых растений хвощевидные характеризуются членистостью побегов, т.е. их стебли расчленены на узлы и междоузлия. На стебле в узлах расположены мутовки ветвей и мелких чешуевидных листьев. Весной в корневищах вырастают побеги, которые заканчиваются спороносными колосками.

**Папоротниковидные** – распространены очень широко населяя самые разные места обитания – начиная с пустынь и кончая болотами. Размеры их колеблются от нескольких миллиметров до 25 метров. В жизненном цикле у папоротников чередуются бесполое и половое поколения – спорофит и гаметофит. Преобладает фаза спорофита – он, как

правило, многолетний, и именно его мы называем папоротником. В обычных лесах умеренной зоны у папоротников стебель короткий, находится в почке и представляет собой корневище. В стебле хорошо развита проводящая ткань, между пучками которой располагаются клетки основной – паренхимной ткани; имеются придаточные корни. Листья вырастают из почек корневища и разворачиваются над поверхностью почвы. Они обладают верхушечным ростом, достигают больших размеров и выполняют две функции – фотосинтеза и спорообразования.

**Голосеменные.** Голосеменными называют растения, которые образуют семена, но не формируют цветков и плодов. Семена лежат открыто и лишь иногда покрыты чешуями. Среди голосеменных большое количество древесных форм, имеющих подчас крупный хорошо выраженный ствол. В стебле на поперечном разрезе различают тонкую кору, хорошо развитую древесину и плохо выраженную сердцевину, состоящую из рыхлой паренхимной запасующей ткани. Древесина голосеменных состоит в основном из трахеид – мертвых веретенообразных клеток с толстыми оболочками, выполняющих проводящую и опорную функции. Паренхимы в древесине очень мало или она совсем отсутствует. У многих видов в коре и древесине имеются смоляные каналы, заполненные смолой, эфирными маслами и другими веществами. Листья у большинства хвойных жесткие, игольчатые и не опадают в неблагоприятное время года. Они покрыты толстой кутикулой – слоем особого вещества, выделяемого покровными тканями. Устьица погружены в ткань листа, что снижает испарение воды; замена игл происходит постепенно в течение всей жизни растения. У других голосеменных, например у саговников или гинко, листовая пластинка напоминает листья пальм и других цветковых растений.

**Покрытосеменные.** Основная особенность этой группы – наличие цветков и покрытосемянность. Семяпочка цветковых, в отличие от всех предыдущих групп, защищена от неблагоприятных воздействий завязью, отсюда и название этого отдела растений – покрытосеменные.

Покрытосеменные самая богатая видами группа растительного мира: по числу видов превосходит все остальные группы высших растений. 390 семейств цветковых составляют два класса – Двудольные и Однодольные.

Строение органов у цветковых достигает наибольшей сложности, а ткани их характеризуются высокой степенью специализации, т.е. максимально приспособлены к выполнению конкретных функций. Проводящая система покрытосеменных обеспечивает быстрый приток воды и минеральных веществ от корней к листьям, почкам, цветкам и быстрый отток органических веществ. Травянистая жизненная форма, свойственная большинству покрытосеменных, характеризуется более высокой приспособленностью к резким колебаниям условий внешней среды, чем древесная. Тело покрытосеменных (цветковых) растений подразделяют на побеговую и корневую системы. Корневая система представлена главным, боковыми и придаточными корнями. Побеговая – образована стеблем и расположенными на нем листьями и почками; на стебле могут развиваться органы воспроизведения – цветки, семена и плоды. Большинство древесных цветковых обладают деревянистым стеблем, достигающим в высоту иногда нескольких десятков метров. Все современные деревья, за исключением голосеменных, таких, как хвойные и гинкго, относятся к цветковым растениям, однодольным или двудольным. Покрывающая ствол дерева пробка является продуктом деления клеток особой ткани – пробкового камбия. Это защитный покров сильно варьирует по толщине и составу у разных видов деревьев. Листья деревьев чрезвычайно разнообразны по величине и форме и могут быть простыми и сложными. Жизнь каждого листа на дереве имеет свой срок, и его продолжительность зависит от климатических факторов.

## **Характеристика, описание жизненного цикла и основных представителей отделов Плауновидных, Хвощевидных, Папоротниковидных, Голосеменных, Покрытосеменных**

Мохообразные, представляют собой довольно крупный, насчитывающий около 20 тысяч видов, отдел растительного царства. Мохообразные – представители высших, или побеговых, растений. Это наиболее примитивный тип в категории высших растений.

**Отличительный признак мохообразных** – правильное чередование в нормальном цикле развития растения двух различных по своей морфологии поколений. Одно из поколений называется гаметофитом (растение, производящее половые элементы – гаметы), другое – спорофитом (растение, производящее элементы бесполого размножения – споры).

Особенности строения высших растений в связи с освоением ими воздушно – наземной среды обитания. Высшие растения, в отличие от низших, имеют хорошо выраженные ткани: образовательную, за счет которой осуществляется рост организма; покровную; проводящие, обеспечивающие транспорт питательных веществ, воды и продуктов фотосинтеза; механические, или опорные; выделительные, или секреторные и основные, к которым относится, в частности, запасающая ткань.

### **Жизненный цикл моховидных:**

гаметофит(листочек) → антеридии и архегонии → гаметы → оплодотворение → зигота → спорофит (коробочка на ножке) → споры → протонема → гаметофит. Представители: кукушкин лен, сфагнум.

**Жизненный цикл хвощевидных:** спорофит → споры → гаметофит → оплодотворение → зигота → спорофит. Представители: хвощ луговой, хвощ болотный, хвощ пестрый.

**Жизненный цикл плауновидных:** спорофит → спороносные колоски (спорангии) → споры → гаметофит (заросток) → симбиоз с гифами гриба → гаметы → оплодотворение → зигота → спорофит. Представители: плаун булавовидный, плаун сплюснутый, полушник озерный.

**Жизненный цикл папоротникообразных:** спорофит(листочек) → споры → гаметофит(заросток) → гаметы → зигота → спорофит. Размножение: бесполое размножение спорами чередуется с половым. Представители: щитовник мужской, орляк обыкновенный.

**Жизненный цикл голосеменных** состоит из чередования бесполого поколения - спорофита (диплоиден,  $2n$ ), и полового поколения - гаметофита (гаплоиден,  $n$ ). Господствует (доминирует) в цикле спорофит ( $2n$ ) - это взрослое растение сосны.

Голосеменные относятся к разноспоровым, как и все семенные растения. Они образуют разные споры: крупные женские (мегаспоры) и мелкие мужские (микроспоры). Образуются они в спорангиях, расположенных на спорофиллах, которые собраны в стробилы (шишки) - от лат. *strobilus* - сосновая шишка.

**Покрытосеменные** составляют большую часть массы растительного сообщества, являются звеном в цепи питания (продуцентами) - важнейшими производителями органических веществ на суше, как водоросли - в морях и океанах. Из генеративных почек спорофита развиваются цветки. У взрослого растения спорофита ( $2n$ ) в цветке в гнездах пыльников тычинок в ходе микроспорогенеза образуется пыльцевое зерно ( $n$ ) - мужской гаметофит. В завязи пестика в семязачатке формируется женский гаметофит - зародышевый мешок, внутри которого находятся центральная клетка ( $2n$ ) и яйцеклетка ( $n$ ).

В результате опыления (насекомым, ветром, человеком) пыльца с тычинок

переносится на рыльце пестика. Пыльцевое зерно состоит из вегетативной и генеративной клеток. Вегетативная клетка начинает растворять ткани пестика, образует пыльцевую трубку и прорастает до зародышевого мешка. Генеративная клетка делится, образуя два спермия ( $n$ ), из которых один сливается с центральной клеткой ( $2n$ ) с образованием эндосперма ( $3n$ ) - запасного питательного вещества. Другой спермий ( $n$ ) сливается с яйцеклеткой ( $n$ ), образуя зиготу ( $2n$ ).

В дальнейшем из семязачатка формируется семя, а завязь превращается в околоплодник - образуется плод. Своим внешним видом плоды привлекают животных, и те их охотно поедают) Благодаря семенной кожуре семена не подвергаются расщеплению в желудочно-кишечном тракте человека и животных. Они выходят из ЖКТ в неизменном виде и остаются способны к прорастанию: так происходит расселение растений. Попав в благоприятные условия, они прорастают в спорофит ( $2n$ ). Цикл замыкается.

### Задание с решением

Установите последовательность систематических групп организмов, начиная с самого низкого ранга. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) Ваниль душистая
- 2) Орхидные
- 3) Ваниль
- 4) Покрытосеменные
- 5) Растения
- 6) Однодольные

**Пояснение.** Последовательность расположения систематических групп ванили, начиная с **низкого** ранга: Ваниль душистая → Ваниль → Орхидные → Однодольные → Покрытосеменные → Растения.

Ответ: 132645.

### *Литература*

1. Андреев В.П. Биологический словарь [Электронный ресурс] / В.П. Андреев, С.А.Павлович, Н.В. Павлович. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 336 с. – 978-985-06-1893-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20061.html>
2. Биология [Электронный ресурс]: для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 640 с. – 978-985-06-2555-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35467.html>
3. Биология [Электронный ресурс]: тесты для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 700 с. – 978-985-06-1390-5. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20062.html>
4. Верхошенцева Ю.П. Биология с основами экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.П. Верхошенцева. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 146 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30101.html>
5. Заяц Р.Г. Биология [Электронный ресурс]: для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 639 с. – 978-985-06-2157-3. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20199.html>
6. Заяц Р.Г. Биология [Электронный ресурс]: терминологический словарь. Для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц, В.Э. Бутвиловский, В.В. Давыдов. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 238 с. – 978-985-06-2342-3. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20200.html>
7. ЕГЭ–2023: задания, ответы, решения. – Режим доступа: <http://www.sdamgia.ru>
8. Курбатова Н.С. Учебное пособие по общей биологии [Электронный ресурс] / Н.С. Курбатова, Е.А. Козлова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6314.html>
9. Маглыш С.С. Биология [Электронный ресурс]: интенсивный курс подготовки к тестированию и экзамену / С.С. Маглыш. – Электрон. текстовые данные. – Минск: ТетраСистемс, Тетралит, 2013. – 272 с. – 978-985-7067-25-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28054.html>
10. Никитин А.Ф. Биология. Современный курс [Электронный ресурс] : пособие для поступающих в Вузы по медицинским и биологическим специальностям / А.Ф. Никитин. – Электрон. текстовые данные. – СПб. : СпецЛит, 2008. – 496 с. – 978-5-299-00374-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47735.html>
11. Сыч В.Ф. Общая биология [Электронный ресурс]: учебник / В.Ф. Сыч. – Электрон. текстовые данные. – М. : Академический Проект, Культура, 2007. – 336 с. – 978-5-8291-0916-5. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/36438.html>
12. Тулякова О.В. Биология [Электронный ресурс] : учебник / О.В. Тулякова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2014. – 448 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21902.html>
13. Тулякова О.В. Биология с основами экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.В. Тулякова. – Электрон. текстовые данные. – Киров: Вятский государственный гуманитарный университет, 2011. – 373 с. – 978-5-93825-869-3. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21900.html>
14. Тулякова О.В. Экология [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.В. Тулякова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2014. – 181 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21904.html>
15. Решу ЕГЭ - сдам ГИА / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ege.sdamgia.ru/>