

**Владимирский государственный университет**

# **БОТАНИКА**

**Учебное пособие**



**Владимир 2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

# БОТАНИКА

Учебное пособие

*Электронное издание*



Владимир 2024

ISBN 978-5-9984-1895-2  
© Шентерова Е. М., 2024

УДК 581  
ББК 28.5

**Автор-составитель** Е. М. Шентерова

Рецензенты:

Кандидат сельскохозяйственных наук  
и. о. зав. кафедрой земледелия и методики опытного дела  
Российского государственного аграрного университета – МСХА  
имени К. А. Тимирязева  
*И. А. Заверткин*

Кандидат биологических наук, доцент  
доцент кафедры биологии и экологии  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*Н. В. Чугай*

**Ботаника** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / авт.-сост. Е. М. Шентерова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2024. – 328 с. – ISBN 978-5-9984-1895-2. – Электрон. дан. (19,3 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Содержит разделы, посвященные анатомии, морфологии, физиологии и размножению растений. Практически для каждой таксономической группы приведены данные о содержании продуктов вторичного метаболизма, которые применяются в фармацевтике, а также сведения о полезных свойствах многих растений, используемых в хозяйственных целях и медицине.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 06.03.02 – Почвоведение и 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 11. Ил. 225. Библиогр.: 30 назв.

ISBN 978-5-9984-1895-2

© Шентерова Е. М., 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА .....	8
1.1. История возникновения растительного мира.....	8
1.2. История возникновения ботаники. Основные разделы ботаники.....	21
1.3. Основные разделы ботаники .....	49
1.4. Значение растений в природе и жизни человека .....	51
1.5. Значение ботаники в почвоведении .....	58
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	62
Глава 2. СТРОЕНИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ. ....	64
2.1. История изучения растительной клетки. ....	64
2.2. Строение растительной клетки. ....	89
2.3. Размножение растительной клетки. ....	136
2.4. Сходство и различие растительной и животной клетки .....	148
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	152
Глава 3. ТКАНИ РАСТЕНИЙ .....	153
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	197
Глава 4. ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ, ИХ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ .....	199
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	303
Глава 5. РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ .....	304
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	324
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	325
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	326



## ВВЕДЕНИЕ

Название науки «ботаника» восходит к греческому слову Βοτανική, что в переводе означает «овощ, зелень, трава». Это комплексная наука, время возникновения которой относится к глубокой древности.

Обращаясь к различным источникам, можно сказать, что изначально ботаника как наука носила описательный характер: с ее помощью судили о размерах растений, их окраске и особенностях строения отдельных органов.

Современная ботаника – это наука, использующая современную микроскопическую технику.

Если обратиться к Большой российской энциклопедии (2004 – 2017), то понятие ботаники и описание ее роли в современном мире выглядит следующим образом:



Рис. 1. Частные науки общей ботаники

Ботаника (от греч. βοτανική, лат. botanicus – относящийся к растениям) – комплекс наук о растениях; один из разделов биологии.

Познание мира растений на молекулярном уровне осуществляется биохимией и биофизикой, на клеточно-организменном – цитологией и морфологией (включая анатомию и эмбриологию растений, а также карпологию – учение о плодах и палинологию – учение о пыльце), на популяционно-видовом – репродуктивной биологией (учение о циклах воспроизведения растений).

Процессы жизнедеятельности растений на уровне тканей, клеток и внутриклеточных субъединиц, а также механизмы фотосинтеза, дыхание, передвижение веществ исследует физиология.

На ценотическом уровне растительный покров изучается геоботаникой, на биотическом – флористикой, географией растительности.

Взаимосвязь организмов и среды исследует экология растений.

Генетика растений составляет часть соответствующей общебиологической науки.

Синтезом всех наук о растениях является ботаническая систематика, различающая и обозначающая организмы, таксономически классифицирующая многообразие растений не только ныне живущих, но и вымерших (палеоботаника) и позволяющая оценить степень эволюционного родства организмов (филогения).

Методологически наука сформировалась в процессе изучения высших (сосудистых) растений – цветковых, а также голосеменных, папоротников, хвощей и плаунов.

Моховидными как особой линией эволюции высших растений занимается бриология. Водоросли изучает альгология, лишайники – лишенология.

Ботаническая систематика – единственная из биологических дисциплин, сохранившая латинский язык для морфологического описания нового таксона, необходимого для признания законным его научного названия (ботаническая номенклатура).

Различая вымершие виды, палеонтологическая систематика предоставляет богатый материал для реконструкции развития растительного мира, используемый как теорией эволюции, так и геологией, стратиграфией, палеогеографией и палеоклиматологией.

Независимым источником синтеза ботанических знаний (ещё с конца XIX в.) стала ботаническая география. Учение о происхождении

флоры (флорогенетика) анализирует структуру слагающих её пространственно-временных генетических элементов и представляет собой синтез систематики, ботанической географии и палеоботаники.

Прикладные дисциплины ботаники включают интродукцию растений, дендрологию, растениеводство, фитопатологию, ботаническое ресурсоведение, этноботанику (изучает использование растений различных этнических групп населения земного шара).

Говоря простыми словами, ботаника – это комплексная наука о растениях, рассматривающая их происхождение, развитие, внешнее и внутреннее строение, классификацию, распространение по земной поверхности, а также охрану и экологию.



Рис. 2. Ботаника и ее разделы

Ботаника – это раздел науки о растительном покрове поверхности Земли на всех уровнях: клеточном, молекулярном, организменном и популяционном.

Современная ботаника – это не просто наука, изучающая растения, и даже не наука, которая изучает классификацию растений. Современная ботаника – наука, включающая множество отраслей.

Ботаника изучает все, что касается растений, и включает в себя различные разделы. Один из наиболее важных разделов – систематика.

В ботанике выделяют флористику и ботаническую географию. Первая занимается изучением сообществ растений на конкретной территории, вторая – изучением особенностей распространения растений на планете.

В ботанике выделяют несколько основных разделов, каждый из которых занимается определенными аспектами растительного мира. Анатомия изучает строение растений и органов, физиология – физиологические процессы, биохимия – биохимические особенности, генетика – генетические процессы, таксономия – классификацию. Кроме того, ботаника изучает взаимодействие растений с другими организмами в экосистеме и их роль в совместном «производстве» кислорода и углекислого газа, которые являются важными компонентами нашей планеты.

Ботаника в настоящее время активно развивается благодаря современным технологиям и исследовательским методам, таким как молекулярная биология, генетический инжиниринг и сельское хозяйство на основе ДНК-технологий. Эта наука имеет большое значение в медицине и промышленности, ее результаты способствуют развитию экологической науки.

Ботаника – наука, которая изучает жизненные процессы, свойства и качества растений. Она является одной из ключевых наук, цель которых – познание природы и ее составляющих.

Предметом исследования ботаники выступают строение, функции и классификация растений, а также их биологические особенности и взаимодействие с окружающей средой. Ботаника включает в себя также изучение растительной систематики, генетики растительности, биохимии и биомедицинских аспектов растительных организмов.

Основные задачи ботаники:

- разработка новых методов использования растений в пищевой, фармацевтической, химической и перерабатывающей промышленности, а также сохранение и улучшение биоразнообразия растительного мира;
- поддержание экологического баланса в природе;
- влияние растений на атмосферную, водную и почвенную среду;
- выведение новых сортов растений для повышения их приоритетов в рынке.

Таким образом, ботаника имеет огромное значение для жизни и развития человечества и играет ключевую роль в понимании механизмов и закономерностей природы.

# Глава 1. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

## 1.1. История возникновения растительного мира

По мнению учёных, планета Земля образовалась приблизительно 4,5 млрд лет назад, а самые древние останки живых организмов датируются приблизительно 3,5 млрд лет назад.

Исследователи предполагают, что первыми появившимися на Земле живыми организмами были одноклеточные гетеротрофы, пищей которым служили растворённые в воде древнего океана органические вещества, синтезированные абиогенным путём (так называемый первичный бульон).

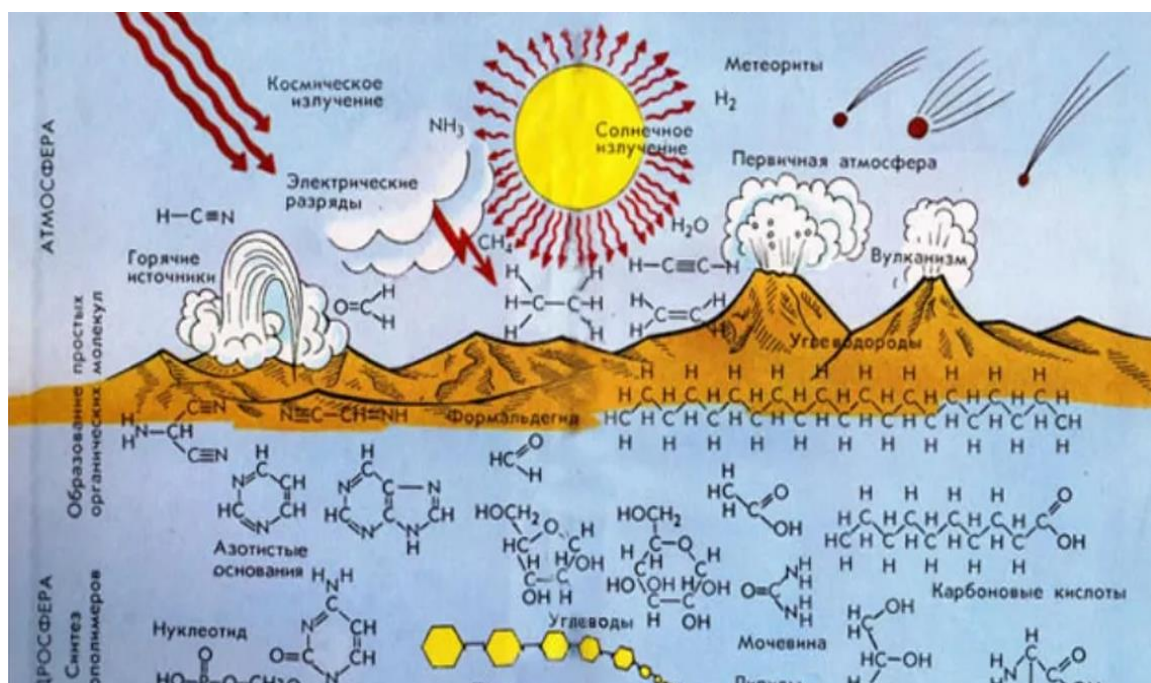


Рис. 3. Возникновение жизни на Земле

Все ныне существующие организмы возникли в ходе исторического развития форм жизни в течение длительного времени - в процессе эволюции (от лат. *evolutio* [эволюцио] - «развёртывание»), связанной с изменяющимися условиями среды на Земле. Этот процесс сопровождался появлением новых, более приспособленных форм жизни и вымиранием видов, не имеющих адаптаций для существования в изменившихся условиях.



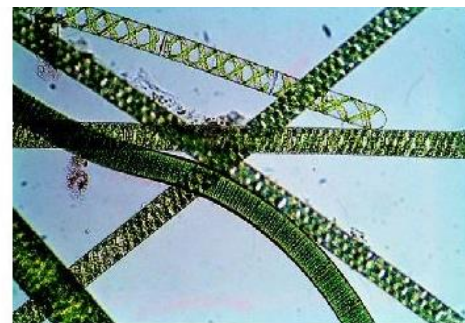


Рис. 4. Эволюция органического мира

Появление у древнейших одноклеточных организмов фотосинтетических пигментов, а следовательно, и способности к фотосинтезу привело к возникновению первых фототрофных прокариот - цианобактерий (синезелёных «водорослей»).



Цианобактерии Cyanobacteria



Спирулина (Spirulina)



Синезелёные водоросли. Анабена (Anabaena).



Aphanizomenon ovalisporum

Рис. 5. Цианобактерии

Вторым шагом на пути к возникновению первых настоящих растений стало появление в клетках ядра. Так возникли фототрофные эукариоты, первые примитивные растительные организмы - одноклеточные водоросли.

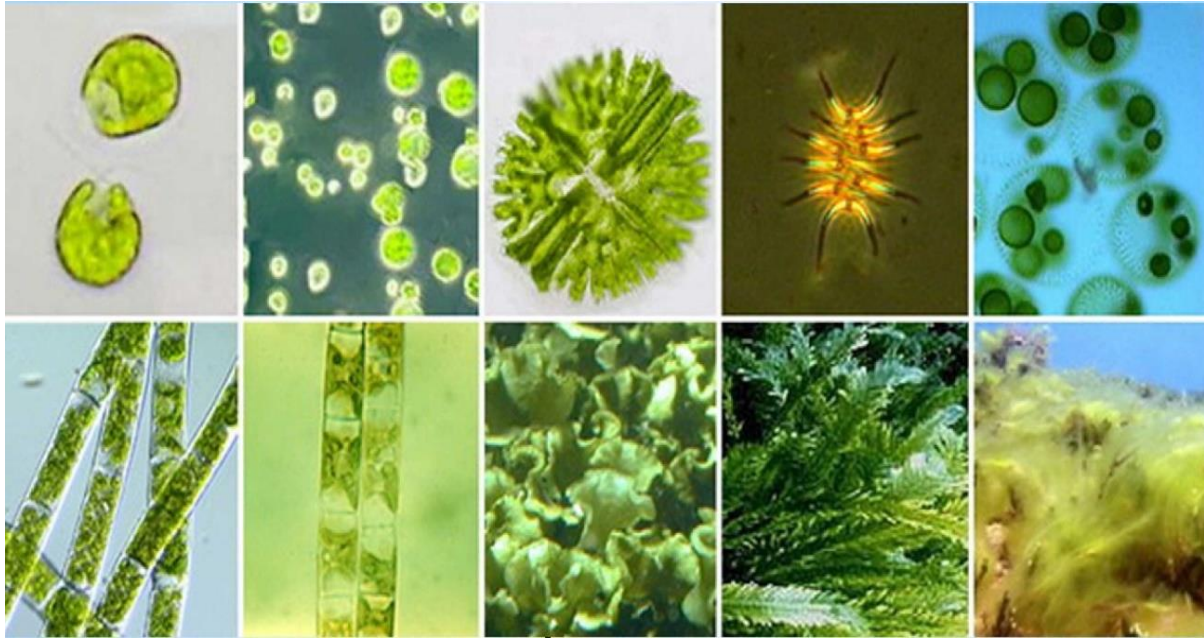


Рис. 6. Одноклеточные водоросли

Позднее появились многоклеточные водоросли. Их эволюция шла по пути усложнения строения слоевища (нитчатое, пластинчатое) и увеличения площади его фотосинтезирующей поверхности, благодаря чему выделялось больше кислорода.

Кислород поступал в атмосферу и накапливался, формировался озоновый слой, который поглощал часть жёсткого ультрафиолетового излучения Солнца.





Рис. 7. Многоклеточные водоросли

У водорослей появилась прогрессивная форма размножения - половое размножение, при котором начало новому поколению даёт зигота, сочетающая в себе наследственность двух родительских форм. Генетически разнообразные потомки имеют больше шансов приспособиться к меняющимся условиям среды.

450 - 420 млн лет назад очертания суши постоянно изменялись, большие участки земной поверхности то осушались, то снова затапливались океаном. Отступавшая вода задерживалась во впадинах, образуя внутренние водоёмы. Обмеление и осушение этих водоёмов происходило постепенно. Некоторые водоросли успевали приспособиться к изменению водного режима: у них появлялись адаптации к обитанию вне водной среды.

Такие формы водорослей дали начало новой группе - риниофитам (от названия населённого пункта в Шотландии - Райни, где нашли отпечатки этих растений). Устаревшее название риниофитов, которое тоже можно встретить в биологической литературе, - псилофиты (от др.-греч. *psilos* [псинос] - «голый» и *phyton* [фитон] - «растение»).



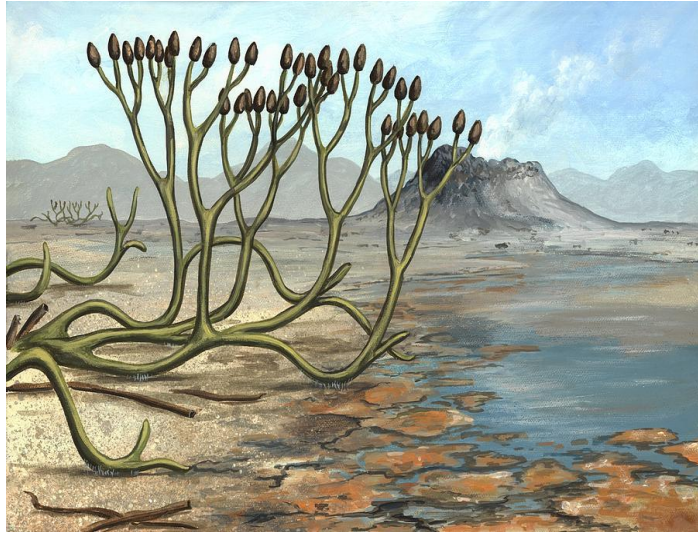


Рис. 8. Риниофиты

Риниофиты, некрупные примитивные наземные растения, росли по берегам водоёмов. Их организм, не разделённый на органы, представлял собой голые ветвящиеся стебли, на нижних частях которых развивались ризоиды.

От водорослей риниофиты отличались более сложным внутренним строением: развитием покровной и примитивной проводящей тканей. Кожица (покровная ткань) защищала их тела от высыхания, а древесина и луб (проводящие ткани) позволяли осуществлять транспорт воды из нижних, погружённых в воду частей растения к его надземным частям.

Размножались риниофиты спорами, созревающими в спорангиях на верхушках веточек.

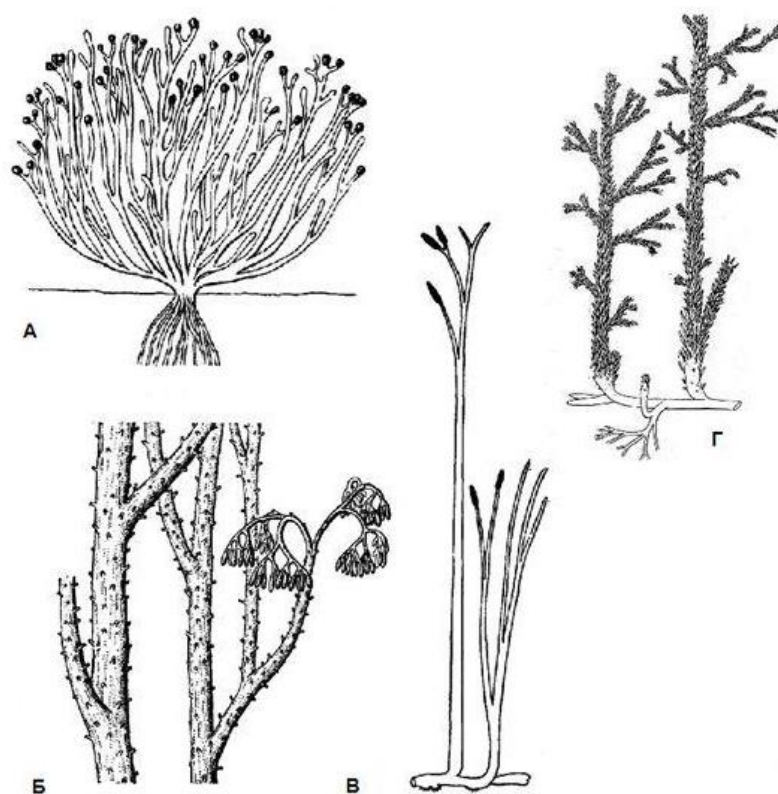


Рис. 9. Растения – первопоселенцы суши:  
А – кукусония; Б – псилофит; В – риния; Г – астероксилон

Ископаемые остатки риниофитов хорошо сохранились. Считается, что эта группа примитивных наземных растений существовала относительно недолго и вымерла 400 млн лет назад.

Учёные полагают, что от риниофитов произошли высшие споровые растения: мхи, хвощи, плауны и папоротники. Таким образом, риниофиты являются самыми древними известными науке сосудистыми растениями.

400 - 350 млн лет назад, в период тёплого и влажного климата палеозоя господствующей группой наземных растений стали папоротниковидные.

Гигантские растения из группы древовидных папоротников образовывали обширные лесные экосистемы.





Рис. 10. Древоподобные папоротники

В это же время, в палеозое, расцвета достигла ещё одна группа споровых растений - лепидофитов, относящихся к древним плауновидным. Это были крупные, до 40 м высотой, быстрорастущие плауны, жившие не более 20 лет (точнее сказать сложно из-за отсутствия годовых колец). Некоторые из них, например лепидодендроны, сильно ветвились, другие, такие как сигиллярии, имели всего одно-два дихотомических ветвления - раздвоения стебля.

Лепидофиты имели узкие длинные листья, прираставшие к главному стволу и ветвям без черешка. На стволе листья располагались спирально. Постепенно отмирая, листья опадали, но оставляли на стволе характерный рисунок, напоминающий чешую, за что эта группа растений и получила название (от др.-греч. *lepis* [лэпис] - «чешуя»).

Лепидофиты хотя и были крупными, но не являлись настоящими деревьями.

Во-первых, их стволы содержали очень мало древесины: основной частью была кора, которая не отслаивалась.

Во-вторых, стволы были зелёными: места прикрепления опавших листьев оставались фотосинтезирующими органами.



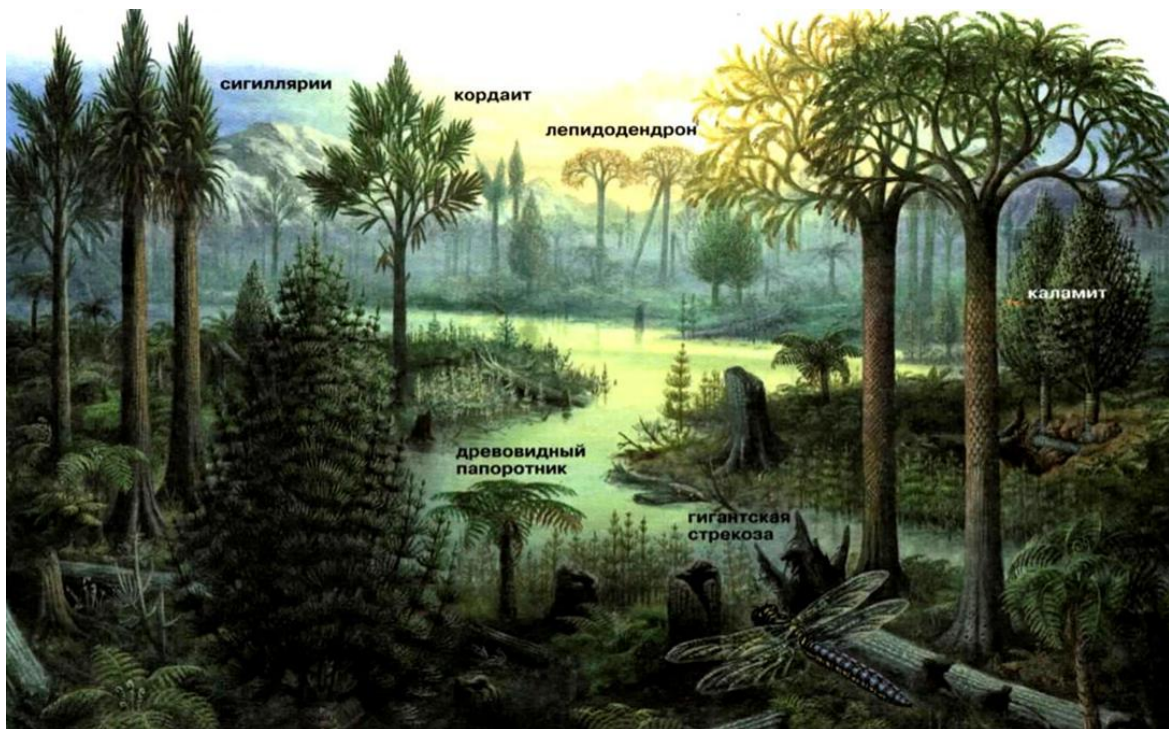
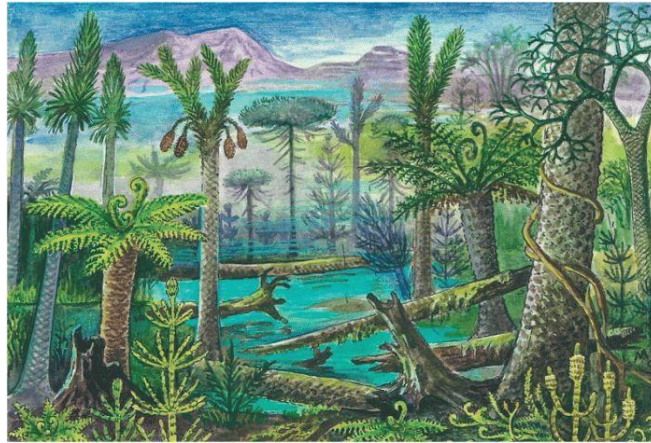


Рис. 11. Липидофиты (древние плауновидные)

Половое размножение древних папоротников, плаунов и хвощей зависело от наличия воды. Для оплодотворения мужские гаметы - сперматозоиды - могли переместиться к яйцеклеткам с помощью жгутиков только в водной среде.

Именно эта особенность привела большинство видов гигантских споровых растений к быстрому вымиранию с наступлением засушливого климата 300 - 250 млн лет назад. На смену им пришли семенные растения.

Первыми семенными растениями были семенные папоротники, впоследствии полностью вымершие. Их безжгутиковые мужские гаметы - спермии - не нуждались в присутствии воды для перемещения к яйцеклеткам и распространялись преимущественно ветром (ветроопыление), а оплодотворение происходило внутри семязачатков.

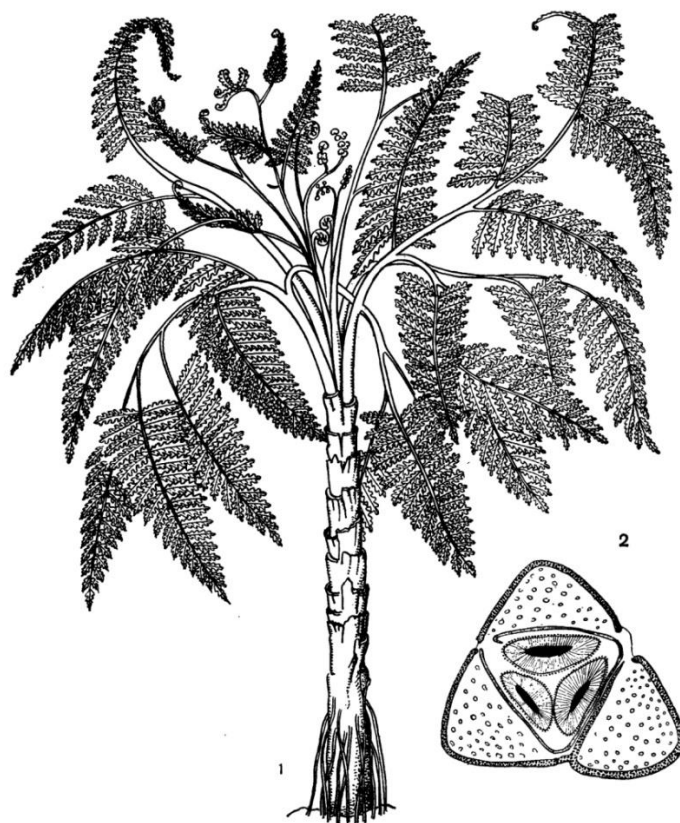


Рис. 12. Семенной папоротник птеридосперм: 1 – общий вид, реконструкция. 2 – схема поперечного среза через стебель с тремя меристемами



Семенные папоротники стали промежуточным этапом эволюции между папоротниковидными и голосеменными растениями, похожими на современные пальмы, - саговниками (цикадовыми).

Специальных органов для развития семян у саговников нет, но зародыш в семени лучше защищён и снабжён питательными веществами, чем спора.

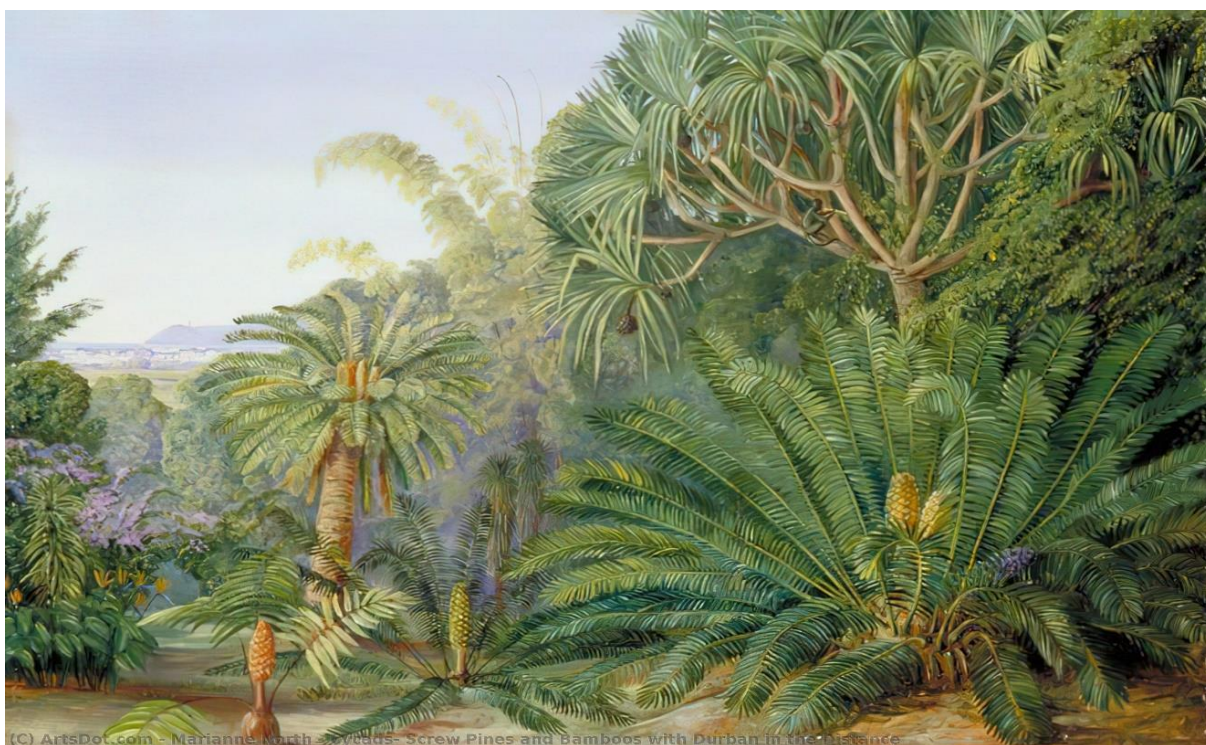


Рис. 13. Саговники мезозой

Саговниковые были широко распространены в мезозойскую эру, 250 - 60 млн лет назад. К настоящему времени сохранилось лишь около 300 тропических видов из этой когда-то многочисленной группы голосеменных.

В условиях более сурового климата, в умеренных широтах, возникли и распространились более приспособленные к холодным и сухим условиям обитания хвойные голосеменные растения.



Рис. 14. Хвойные Голосеменные растения

Первые отпечатки растений, имевших признаки покрытосеменных (цветковых), были обнаружены в пластах раннего мелового периода (около 130 млн лет назад), а в позднем мелу (100 - 66 млн лет назад) покрытосеменные оказались доминирующей формой растительной жизни.



Рис. 15. Покрытосеменные растения мезозойской эры





Рис. 16. Отпечаток цветка из отложений мелового периода

Появление цветка и плода стало ключевым событием в происхождении покрытосеменных.

Цветок представляет собой видоизменённый укороченный побег, приспособленный для образования спор и гамет, а также для осуществления полового процесса, который завершается образованием плода с семенами.

Плод - это особый генеративный орган покрытосеменных растений, который служит для формирования, защиты и распространения заключённых в нём семян.

Наиболее древними группами цветковых растений считаются современные семейства Нимфейные (Кувшинковые) и Магнолиевые со спиральным расположением частей цветка на его удлинённой оси.





Рис. 17. Представители семейства нимфейные



Рис. 18. Представители семейства Магнолиевые

Последней крупной группой растений, которые эволюционировали, были травы, которые стали важными в середине палеогена, примерно с 40 миллионов лет назад.

Травы, как и многие другие группы, развили новые механизмы метаболизма, чтобы выжить в условиях низкого содержания углекислого газа и теплых, засушливых условий тропиков в течение последних 10 миллионов лет.

## **1.2. История возникновения ботаники.**

### **Основные разделы ботаники**

В истории ботаники исследуются попытки человека понять жизнь на Земле, проследив историческое развитие дисциплины ботаники - той части естествознания, которая имеет дело с организмом, традиционно считающимися растениями.

Элементарная ботаническая наука началась с эмпирических знаний о растениях, передаваемых из поколения в поколение в устных традициях палеолита охотников-собирателей. Первые письменные упоминания о растениях были сделаны вовремя неолитической революции около 10 000 лет назад, когда письменность была развита в оседлых сельскохозяйственных сообществах, где растения и животные были впервые одомашнены.

Как стройная система знаний о растениях ботаника оформилась к XVII-XVIII векам, хотя многие сведения о растениях были известны и первобытному человеку, так как жизнь его была связана с полезными, главным образом пищевыми, лекарственными и ядовитыми растениями. Тексты, которые можно в какой-то мере считать ботаническими, известны из древнейших памятников письменности Двуречья (Шумер, Вавилон, Ассирия) и долины Нила (Древний Египет). Эти тексты, так же как и легендарная китайская книга о травах «Бэнь цао», относимая к концу 3-го тысячелетия до н. э., представляли собой скорее сочинения по прикладной ботанике, так как в основном содержали сведения о пищевых и лекарственных растениях.

Первыми книгами, в которых растения описывались не только в связи с их полезностью, были произведения греческих учёных Аристотеля и особенно его ученика Теофраста, который сделал первую в ис-

тории науки попытку классифицировать растения, разделив их на деревья, кустарники, полукустарники и травы; среди последних он различал многолетники, дву- и однолетники. Теофраст был назван «отцом ботаники». Он отчётливо представлял себе строение цветка, в частности положение завязи в нём, и различия между сростнолепестными и свободнолепестными венчиками. В его «Исследованиях о растениях» описано около 480 растений. Римский натуралист Плиний Старший в своей «Естественной истории» привёл все известные его современникам сведения о природе; он упомянул около 1000 видов растений, описав их достаточно точно.

В Европе эту раннюю ботаническую науку вскоре затмила средневековая озабоченность лечебными свойствами растений, продолжавшаяся более 1000 лет. В это время медицинских труды классической древности были воспроизведены в рукописях и книгах, называемых травами. В Китае и арабском мире греко-римская работа по лекарственным растениям сохранилась и расширилась.

В течение примерно 1500 лет, со времени Теофраста и Плиния Старшего, накопление знаний о растениях шло преимущественно вне Европы. В Индии в 1-м тысячелетии до н. э. появляется т. н. «Аюрведа» - «наука о жизни», включающая описание многих лекарственных растений Индии. Комментарии и дополнения к «Аюрведе» содержатся в сочинениях индийских врачей Чарака (X - VIII вв. до н. э.), Сушрута и Вадбака (VIII - VII вв. до н. э.).

В Европе Ренессанс XIV - XVII веков ознаменовал возрождение науки, в ходе которого ботаника постепенно вышла из естественной истории как самостоятельная наука, отличная от медицины и сельского хозяйства.

Herbals были заменены floras : книгами, описывающими местные растения местных регионов. Изобретение микроскопа стимулировало изучение анатомии растений, и были выполнены первые тщательно разработанные эксперименты по физиологии растений. С расширением торговли и разведки за пределы Европы, многие новые обнаруженные растения подверглись все более строгим методам присвоения имен, описания и классификации.

Постепенно более сложные научные технологии помогли развитию современных ботанических ответвлений в науках о растениях, начиная с прикладных областей экономической ботаники (в сельском

хозяйстве, садоводстве и лесном хозяйстве) до детального изучения структуры и функций растений и их взаимодействия с средой во многих масштабах, от крупномасштабного глобального значения растительности и растительных сообществ (биогеография и экология) до небольших предметов, таких как теория клеток, молекулярная биология и растения биохимия.

Ботаника (греч. Βοτάνη - трава, корм; средневековая латынь botanicus - трава, растение) и зоология исторически являются этими дисциплинами биологии, история которой связана с естественными науками химия, физика и геология. Ранняя естественная история разделила чистую ботанику на три основных направления:

- морфология - классификация,
- анатомия и физиология - то есть, внешняя форма, внутренняя структура и функциональное действие.

Древние знания. Кочевники, общества охотников-собирателей передали устную традицию того, что они знали (свои эмпирические наблюдения) о различных растениях, которые они использовали для еды, укрытия, ядов, лекарств, для церемоний и ритуалов и т. д. Использование растений в этих до-грамотных обществах повлияло на то, как растения были названы и классифицированы - их использование было включено в народные традиции. таксономии, как они были сгруппированы в соответствии с использованием в повседневном общении. Образ жизни кочевников был радикально изменен, когда в течение неолитической революции в двенадцати центрах по всему миру были основаны общие сообщества. Вместе с этими сообществами были разработаны технологии и навыки, необходимые для одомашнивания растений и животных, появление письменного слова самого начала систематических знаний и навыков одного поколения к другому.

Арабская экспансия во 2-й половине 1-го тысячелетия н. э. значительно расширила горизонты античности. Особое значение имели труды таджикского учёного Ибн Сины (Авиценны), описавшего в сочинении «Канон врачебной науки» множество растений, до того неизвестных европейцам. Единственным достижением европейской науки в области ботаники были труды немецкого философа и естествоиспытателя Альберта фон Больштедта (Альберт Великий), установившего, в частности, на основании разницы в строении стебля различие между однодольными и двудольными растениями.



Во время неолитической революции знания о растениях накапливали благодаря использованию растений для еды и медицины. Все сегодняшние основные продукты питания были одомашнены в доисторические времена, нынешний процесс отбора более урожайных разновидностей происходил, возможно, неосознанно, на протяжении сотен и тысяч лет.

Бобовые выращивались на всех континентах, но зерновые составляли большую часть обычного рациона: рис в Восточной Азии, пшеница и ячмень на Ближнем Востоке, кукуруза в Центральной и Южной Америке.

В греко-римские времена популярные сегодня пищевые растения, в том числе виноград, яблоки, инжир и оливки, были как названные разновидности в ранних рукописях. Ботаник Уильям Стерн заметил, что «культивируемые растения являются важным и ценным наследием человечества с глубокой древности».

Также из неолита, примерно в 3000 году до нашей эры, мы видим первые известные иллюстрации растений и описания впечатляющих садов Египта.

Первые изображения растений появились еще в Древнем Египте и Месопотамии около 4000 лет назад. Эти цивилизации славились развитым сельским хозяйством и высоким уровнем художественной культуры, поэтому неудивительно, что свои истоки ботаническое искусство берет именно там. Изображениями растений в первую очередь декорировали стены дворцов правителей, сосуды для вина, вазы, посуду, режечные монеты, оружие и одежду.



Рис. 19. Живопись фрагментов древности «Спелый ячмень», около 1353 - 1336 до н. э.

Однако протоботаника, первая донаучная письменная информация о растениях, началась не с еды; он был рожден из медицинской литературы Египта, Китая, Месопотамии и Индии. Историк-ботаник Алан Мортон отмечает, что сельское хозяйство было занятием бедных и необразованных, в то время как медицина царством социально влиятельных шаманов, священников, аптекарей, маги и врачи, которые с большей вероятностью записывали свои знания для потомков.

Со временем изображения растений стали служить не только мистическим и декоративным целям, но и научным. Лекари и ученые Древнего мира использовали ботанический рисунок при составлении травников и лечебников, в которые наряду с описанием свойств целебных растений помещали и их изображения. Ученики и преемники составителей таких документов дополняли их новыми зарисовками и описаниями, постепенно накапливая научные знания о пользе трав, ягод и кустарников и передавая их последующим поколениям.



Рис. 20. Псевдо-Апулей, Incipit Herbarium, страница из книги

Несмотря на то, что самые ранние экземпляры таких книг были утрачены, известно, что еще в IV веке до н. э. Аристотель изучал при-

менение растений в медицине и не обходился без визуализации объектов исследования. Его ученик Теофраст (ок. 371–287 годов до н. э.), которого справедливо называют отцом ботаники, внес огромный вклад в развитие естественных наук и медицины.

Он оставил два многотомных труда - трактаты «История растений» (*Historia Plantarum*) и «Причины растений» (*De causis plantarum*), - в которых впервые предпринял попытку систематизировать растительный мир и подробно описал структуру, размножение, пользу и вред, а также места произрастания более 500 видов растений.

Наряду с древнегреческим фармакологом Кратеуасом (I век до н. э.), чьи рисунки многократно копировались его последователями, именно Теофраст заложил основы ботанической иллюстрации в традиционном ее понимании.

Этого же стиля изображения придерживался древнегреческий врач Диоскорид (ок. 40 - 90) - составитель выдающегося сочинения *De materia medica*, или «О лекарственных веществах».

Знаменитая фармакопея, написанная в I веке, включала описания и изображения порядка 1000 медицинских препаратов, более 800 из которых - растительного происхождения.

В отличие от работ упомянутых авторов пятитомный трактат Диоскорида был переведен на латынь уже в начале VI века. Благодаря этому он получил широкое распространение и стал основным источником знаний о применении различных растений, который использовали лекари и ученые Запада и Востока вплоть до XVII века.

*Codex Vindobonensis*, или «Венский Диоскорид», - самый известный из сохранившихся списков.

В 512 году он был подарен дочери константинопольского императора Аниции Юлиане и в течение тысячи лет оставался эталоном ботанической иллюстрации



Рис. 21. Codex Vindobonensis, или «Венский Диоскорид»

Индия. Ранним примером древнеиндийских растений найдено в Ригведе, собрании ведических санскритских гимнов примерно 3700 - 3100 лет назад.

Растения делятся на *vṛska* (деревья), *osadhi* (травы, полезные для человека) и *virudha* (лианы), с другими подразделениями.

Священный индуистский текст Атхарваведа делит растения на восемь классов: вишакха (раскидистые ветви), манджари (листья с длинными гроздьями), стхамбини (кустистые растения), прастанавати (расширяющиеся); *ekasṛṅga* (те, у которых моноподиальный рост), *pratanavati* (ползучие растения), *amsumati* (с множеством стеблей) и *kandini* (растения с узловыми суставами).



Тайттирия-самхита классифицирует царство растений на врикша, вана и друма (деревья), вишакха (кусты с раскидистыми ветвями), шаша (травы), амсумали (раскидистые растения), вратати (альпинист), стамбини (кусты). растение), пратанавати (лианы) и аласала (стелющиеся по земле).

Другие примеры ранней индийской таксономии включают Манусмрити, книгу заката индуистов, в которых растения классифицируются по восьми основным категориям.

В Древнем Китае списки различных растений и отвары трав для фармацевтических целей, относящихся к крайней мере, к временам Воюющих царств (481 г. до н.э. - 221 г. до н.э.). Многие китайские писатели на протяжении веков внесли свой вклад в письменные знания о лекарственных травах.

Династия Хань (202 г. до н.э. - 220 г. н.э.) включает выдающиеся работы Хуанди Нейцзин и известный фармаколога Чжан Чжунцин.

Были также ученые и государственные деятели XI века Су Сун и Шен Куо, которые составили научные трактаты по естественной истории с упором на медицину травами.

Древний Афины, жившие в VI веке нашей эры, были оживленным торговым центром.

Философская мысль этого периода свободно калибровалась по многим темам. Эмпедокл (490 - 430 до н.э.) предвосхитил дарвиновскую эволюционную теорию в грубой формулировке изменчивости видов и естественного отбора.

Врач Гиппократ (460 - 370 до н. э.) избегал господствовавших в то время суеверий и подходил к исцелению путем пристального наблюдения и проверки опытом.

В это время возникло подлинное любопытство к растениям. Основные работы, написанные о растениях, выходят за рамки описания их использования в медицине и морской географии, морфологии, физиологии, питания, роста и воспроизводства растений.

Первым среди ученых, изучающих ботанику, был Теофраст Эресса (греч. : Θεόφραστος; ок. 371 - 287 до н.э.), которого часто называют «отцом ботаники». Он был студентом и близким другом Аристотеля (384 - 322 до н.э.) и сменил его на посту главы лицея в Афинах.

Особый трактат Аристотеля о растениях - θεωρία περὶ ἰσχυρῶν φυτῶν - сейчас утерян, хотя есть много ботанических наблюдений,

разбросанных по другим его сочинениям, которые были собраны Кристианом Виммером в *Phytologiae Aristotelicae Fragmenta*, 1836.

Лицей гордился традицией систематического наблюдения за причинными связями, критического эксперимента и рационального теоретизирования. Теофраст бросил вызов суеверной медицине, применяемой врачами его времени, называемой ризотомии, а также контролю над медициной, осуществляемому священнической властью и традициями. Вместе с Аристотелем он обучал Александра Великого. Именно в этом саду он приобрел большую часть своих знаний о растениях.

Основными ботаническими работами Теофраста были «Исследование растений» (*Historia Plantarum*) и «Причины растений» (*Causae Plantarum*), которые были его конспектами лекций для лицея.

Вступительное предложение Справочника звучит как ботанический манифест: «Мы должны рассматривать отличительные признаки и общую природу растений с точки зрения их морфологии, их поведение во внешних условиях. Условий, способов их зарождения и всего жизненного пути».

Справочник - это 9 книг по «Прикладной» ботанике, посвященным формам и классификации растений и экономической ботанике, которая рассматривает методы сельского хозяйства (связь сельскохозяйственных культур с почвой, климат, вода и среда обитания) и садоводство. Подробно описал около 500 растений, включая описания среды обитания и географического распространения, выделил некоторые группы растений, например, *Crataegus*, *Daucus* и *Asparagus*, сохранились до наших дней.

Он сгруппировал растения в «деревьях», «кустарники» и «травы», а также сделал несколько других важных ботанических различий и наблюдений.

В книгах отмечены растения как однолетние, многолетние, двулетние, они также были либо однодольными, либо двудольными. Кроме того, он заметил разницу между определенным и неопределенным ростом, включая детали цветочной структуры, степень слияния лепестков, положение завязи и многое другое.

Эти конспекты лекций Теофраста представляют собой первое четкое изложение основ анатомии, физиологии, морфологии и экологии растений, представленное таким образом, который не будет соответствовать последующим восемнадцати векам.

Между тем, изучение лекарственных растений не игнорировалась, и полный синтез древнегреческой фармакологии был составлен в *Materia Medica* с. 60 г. н.э., автор Педаний Диоскорид (ок. 40 - 90 гг.), который был греческим врачом в римской армии.

Эта работа оказалась исчерпывающим текстом о лекарственных травах, как восточных, так и западных. Несмотря на богатую медицинскую информацию с описанием около 600 лекарственных трав, ботаническое содержание работы было ограниченным.

Древний Рим. Римляне мало что внесли в основы ботанической науки, заложенные древние греки, но внесли весомый вклад в наши знания о прикладной ботанике как о сельском хозяйстве.

В произведениях под названием *De Re Rustica* четыре римских писателя внесли свой вклад в сборник *Scriptores Rei Rusticae*, изданный с эпохи Возрождения, в котором изложены принципы и практика ведения сельского хозяйства. Этими авторами были Катон (234 - 149 до н.э.), Варрон (116 - 27 до н.э.), Колумелла (4 - 70 н.э.) и Палладий (4 век н.э.).

Подсчитано, что во времена Римской империи на Западе было зарегистрировано от 1300 до 1400 растений.

Когда Европа вступила в средневековье (с 5 по 15 века), Китай, Индия и арабский мир пережили золотой век. Китайская философия пошла по тому же пути, что и древние греки. Китайский словарь-энциклопедия Эр Я, вероятно, датируется примерно 300 г. до н.э. и описывает около 334 растений, классифицируемых как деревья или кустарники, каждое из которых имеет общее название и иллюстрацию.

Между 100 и 1700 годами нашей эры было выпущено много новых работ по фармацевтической ботанике, включая энциклопедические отчеты и трактаты, составленные для китайского императорского двора. Они были свободны от суеверий и мифов, с тщательно исследованными описаниями и номенклатурой; они включали информацию о выращивании и заметки об экономическом и лекарственном использовании и даже подробные монографии по декоративным растениям. Но не было ни экспериментального метода, ни анализа половой системы, питания или анатомии растений.



Рис. 22. An Арабская копия Медицинского канона Авиценны от 1593 года

400-летний период с 9 по 13 века нашей эры был исламским ренессансом, время процветания исламской культуры и науки. Греко-римские тексты были сохранены, скопированы и расширены, хотя новые тексты всегда подчеркивали лечебные аспекты растений. Курдский биолог Абу Танифа Омад ибн Давуд Динавари (828 - 896 гг.) известен как основатель арабской ботаники; его Китаб ан-набат («Книга растений») описывает 637 видов, обсуждая развитие растений от прорастания до старения и включая детали цветов и плодов.

Мутазилит философ и врач Ибн Сина (Авиценна) (ок. 980 - 1037 гг.) был другой влиятельной фигурой, его Канон медицины является важной вехой в истории медицины, хранившейся до Просвещения.

В Индии простые системы классификации искусственных растений Ригведы, Атхарваведы и Тайттирия Самхита стала более ботанической с работой Парашара (ок. 400 – 500 гг.), автора Вукшай-

юрведы (науки о жизни деревьев). Он внимательно изучал клетки и листья и разделил растения на Двиматрка (Двудольные ) и Экаматрка (Однодольные ). Далее двудольные растения были разделены на группы (ганы), похожие на современные цветочные семейства: Самигания (Fabaceae ), Пупликагалия (Rutaceae ), Свастикагания (Cruciferae ), Трипуспагания. (Cucurbitaceae ), Mallikaganiya (Arosynaceae ) и Kircarpusraganiya (Asteraceae ). Важные средневековые индийские труды по физиологии растений включают Притхвинирапарьям Удаяны, Ньяявиндутика Дхармоттара, Саддаршана-самуччая из Гунаратны и Упаскара из Шанкарамисры.

В целом, в эпоху великих открытий значительно возрос интерес к растениям, пока в основном как источнику лекарств, пряностей и новых пищевых продуктов. Появляются (а вскоре и печатаются) «травники» с описанием всё возрастающего числа растений, создаются первые «сухие сады» - гербарии, организуются настоящие ботанические сады. Всё это способствовало накоплению новых фактов и созданию первых общих концепций, главным образом в области классификации растений.

Так, немецкий ботаник О. Брунфельс различает растения «совершенные», то есть несущие цветки, и «несовершенные», то есть лишённые их; итальянский врач и ботаник А. Чезальпино (в латинском произношении Цезальпин), опубликовавший важнейшее ботаническое сочинение эпохи - книгу «О растениях», в предисловии к ней сделал попытку классифицировать растения, привлекая в дополнение к обычному в то время делению растений на деревья, кустарники и травы также признаки цветков, плодов и семян.

Швейцарский ботаник Иоганн Баугин (Жан Боэн) в своей «Всеобщей истории растений», опубликованной (1650) после его смерти, описал около 5000 растений. Его брату Каспару Баугину ботаника обязана созданием бинарной номенклатуры, то есть наименованием каждого растения двумя словами, из которых первое обозначает родовое название, а второе - видовое. Как известно, такой порядок наименования растений впоследствии был узаконен К. Линнеем и существует по сей день.

После падения Константинополя (1453 г.) недавно расширенная Османская империя приветствовала европейские посольства в своей

столице, которая в очередь стала источниками растений из тех регионов на восток, которые торговали с империей. В следующем столетии по Шелковому пути в Европу попало в двадцать раз больше растений, чем было перевезено в предыдущие две тысячи лет, в основном в виде луковиц. Другие были приобретены в основном из-за их предполагаемой лечебной ценности.

Первоначально Италия извлекла выгоду из этих новых знаний, особенно Венеция, которая активно торговала с Востоком. Оттуда эти новые растения быстро распространились по остальной части Европы.

К середине шестнадцатого века уже была процветающая экспортная торговля различными луковицами из Турции в Европу.

В европейском средневековье XV-го и XVI-го веков жизнь основана на сельском хозяйстве, но с появлением книгопечатания с подвижным шрифтом и ксилография иллюстраций, публиковались не трактаты по сельскому хозяйству, а списки лекарственных растений с описанием их свойств или «достоинств».

Эти первые книги о растениях, известные как herbals, показали, что ботаника все еще была частью медицины, как и на протяжении большей части древней истории.







Рис. 23. Диоскорид de materia Medica

Фармакопея, содержащая сведения о лекарственных растениях, а также веществах и лекарственных препаратах, получаемых из них. Пять томов трактата были написаны примерно с 50 по 70 г. н.э. Педаниусом Диоскоридом, греческим врачом в римской армии.

Авторы травников часто были хранителями университетских садов и большинства других производных компиляций классических текстов, особенно De Materia Medica. Однако потребность в точных и подробных описаниях растений означала, что некоторые травы были скорее ботаническими, чем лекарственными.

Немецкий Отто Брунфельс (1464 - 1534) Herbarum Vivae Icones (1530) содержал описания около 47 новых видов науки в сочетании с точными иллюстрациями. Его земляк Иероним Бок (1498 - 1554) Крейттербух из 1539 года описал растения, которые он находил в близлежащих лесах и полях, и они были проиллюстрированы в издании 1546 года. Однако именно Валериус Кордус (1515 - 1544) первым ввел

формальное ботаническое описание, в котором подробно представлены как цветы, так и плоды, некоторые анатомические особенности, включая количество камер в завязи и тип яйцеклетки плацентации. Он также наблюдал за пыльцой и различал тип соцветий. Его пятитомник *Historia Plantarum* был опубликован примерно через 18 лет после его ранней смерти в возрасте 29 лет в 1561–1563 годах.

В Голландии Ремберт Додоэнс (1517–1585) в *Stirpium Historiae* (1583) включил описания многих новых видов из Нидерландов в научном порядке, а в Англии Уильям Тернер (1515–1515 гг.) 1568) в своем *Libellus De Re Herbaria Novus* (1538) опубликовал название, описания местонахождения местных британских растений.

Травы внесли свой вклад в ботанику, положив начало описания, классификации и ботанической иллюстрации растений. Вплоть до XVII века, ботаника и медицина были одними и тем же, но те книги, которые подчеркивают медицинские аспекты, в конечном итоге раскрывают знания о растениях и превратились в современные фармакопеи; те, в которых не упоминаются современные компиляции растений, которые мы называем Флора, стали более ботаническими и превратились в современные компиляции растений. Они подкреплялись образцами, хранящимися в гербарии, которые представляют собой коллекцию сушеных растений, часто подтверждающую описание растений, приведенные во Флорах. Переход от трав к флоре ознаменовало окончательное отделение ботаники от медицины.

Период европейского Возрождения возобновило интерес к растениям. Церковь, феодальная аристократия и все более влиятельный купеческий класс, поддерживающий науку и искусство, теперь теснились в мире растущей торговли. Морские путешествия и исследования вернули ботанические сокровища в большие общественные, частные и недавно созданные ботанические сады и познакомили жителей с новыми культурами, лекарствами и специями из Азии, Ост-Индии и Новой Зеландии.

Изобретение микроскопа привело к открытию клеточного строения растений. Первые наблюдения в этой области были сделаны английским учёным Р. Гуком. Позднее итальянец М. Мальпиги и англичанин Н. Грю заложили основы анатомии растений. Голландец Я. Б. ван Гельмонт поставил первый опыт по физиологии растений, вырастив ветку ивы в бочке и установив, что почти 40-кратное увеличение



её в весе за 5 лет не сопровождалось сколь-нибудь значительным уменьшением веса земли. Немецкий ботаник Р. Камерариус впервые обосновал наличие полового процесса у растений.

Увеличилось количество научных публикаций. В Англии, например, научному общению содействовали научные общества, такие как Королевское общество (основано в 1660 г.) и Линнеевское общество (основано в 1788 г.). Получили поддержку деятельность ботанических институтов, таких как Королевский сад в Париже, Физический сад Челси, Королевский ботанический сад Кью, а также Оксфорд и Кембриджские ботанические сады и богатые предпринимательские питомники.

В России в XV-XVII веках переводят с греческого, латинского и европейских языков и переписывают (а позднее печатают) описания лекарственных растений («травники», или, как их тогда называли, «вертограды»). Многие из них редактировались с учётом местных условий, главным образом добавлялись указания на места произрастания тех или иных растений (например: «растеть на Руси в Драгомилове»).

К XVII веку количество растений, описанных в Европе повысилось примерно до 6000.

Открытия в разных областях ботаники в XVIII в., разработка различных концепций принесли свои плоды позднее. Тем не менее это столетие в основном может быть охарактеризовано как столетие ботанической систематики и связывается главным образом с именем шведского ботаника К. Линнея. Положив в основу своей искусственной системы строение цветка, Линней разбил мир растений на 24 класса. Система Линнея ненадолго пережила своего создателя, однако значение её в истории ботаники огромно. Впервые было показано, что каждое растение может быть помещено в какую-то определенную категорию в соответствии с характерными для него признаками. Поистине титаническая работа, проделанная Линнеем, явилась основой для всех последующих исследований в области систематики растений.

Младшие современники Линнея - французы М. Адансон, Ж. Ламарк и особенно три брата де Жюсьё (Антуан, Бернар и Жозеф) и их племянник Антуан Лоран, основываясь на работах Линнея (а также на работах Д. Рея, К. Баугина и Ж. Турнефора), разработали естественные классификации растений, где в основу тех или иных систематических

групп были положены признаки «родства», под которыми, впрочем, понималась неопределённая «естественная близость».

Выдающиеся натуралисты XVIII в. уделяли много внимания общим вопросам. Так, русский академик К. Ф. Вольф в своей «Теории генерации» (1759) показал пути формирования органов растений и превращение одних органов в другие. Эти идеи особенно занимали немецкого поэта И. В. Гёте, опубликовавшего в 1790 книгу «Метаморфоз растений», полную блестящих прозрений. Наличие пола у растений окончательно было установлено немецкими ботаниками И. Кёльрёйтером, получившим и тщательно изучившим межвидовые гибриды табака, гвоздики и других растений, а также исследовавшим способы их опыления насекомыми, и К. Шпренгелем, опубликовавшим книгу «Раскрытая тайна природы в строении и оплодотворении цветов» (1793).

В XVIII в. в России шло интенсивное развитие научных исследований, в частности в созданной Петром I Академии наук в Петербурге. В её Кунсткамере начали впервые собирать ботанические коллекции. В 1714 был организован Аптекарский огород - основа будущего Императорского ботанического сада и нынешнего Ботанического института.

Особое значение для развития русской и мировой ботаники имели географические экспедиции Академии Наук, в которых принимали участие ботаники: С. П. Крашенинников, опубликовавший «Описание земли Камчатки», И. Г. Гмелин - автор 4-томной «Флоры Сибири», одной из первых в мире «флор» столь обширной области.

Ценные работы о флоре различных областей России вместе с данными о полезных растениях собраны И. И. Лепёхиным, Н. Я. Озерцовским, П. С. Палласом и К. Ф. Ледебуром.

В XVIII веке ботаника была одной из немногих наук, которые считались подходящими для благородных образованных женщин. Примерно в 1760 году, популяризация системы Линнея стала гораздо более распространенной среди образованных женщин, растений, посещающих классы по классификации растений, и собирали гербарные образцы, хотя упор делался на целебные свойства растений, а не на воспроизводство растений, которое имело оттенок сексуальность.

Женщины начали публиковать ботанические книги, появились детские книги по ботанике таких авторов, как Шарлотта Тернер Смит.

Культурные авторитеты утверждают, что указывает на образование в эпоху Просвещения. Однако в начале XIX века, когда ботаника была признана официальной наукой, женщины снова были исключены из этой дисциплины.

Ботанические сады и гербарии. Общественные и частные сады всегда были связаны с историческими исследованиями ботанической науки. Ранние ботанические сады были физическими садами, хранилищами лекарственных растений, описанных в траве. Они обычно были связаны с университетами или другими академическими учреждениями, растения также использовались для изучения.

Директорами этих садов были выдающиеся врачи с образовательной ролью «научных садовников», и именно сотрудники этих учреждений выпустили многие из опубликованных травников.



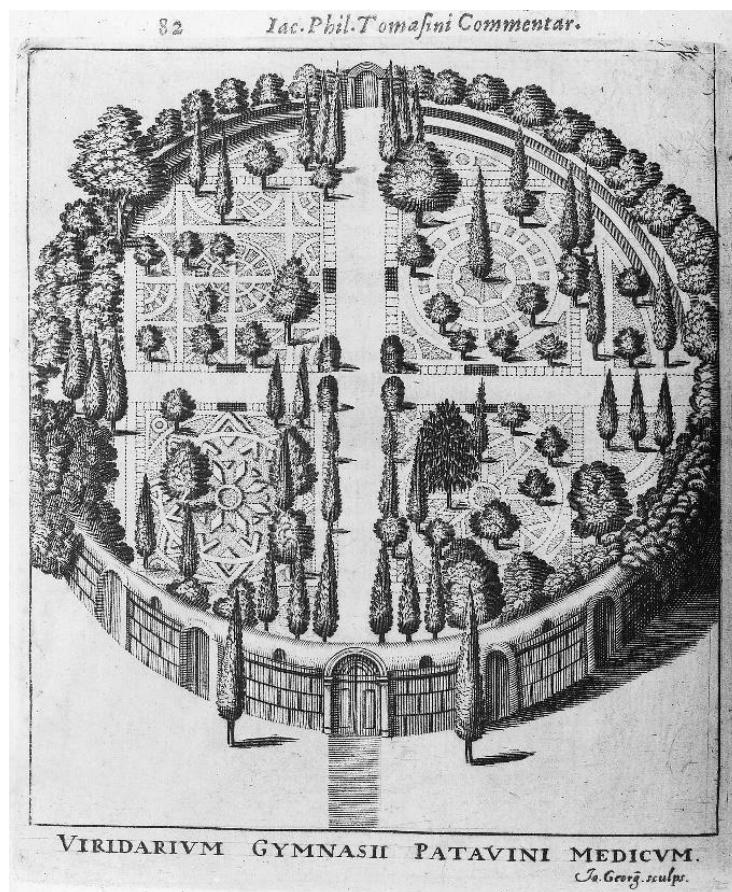


Рис. 24. Гравюра 16-го века с изображением ботанического сада Падуя (Сад простодушных) - старейший академический ботанический сад, который до сих пор находится на своем первоначальном месте

Ботанические сады современной традиции были основаны в северной Италии, первый из которых был основан в Пизе (1544 г.) и был основан Лукой Гини (1490 - 1556). Хотя часть медицинского факультета, первая кафедра Материи медики, по сути основания ботаники, основана в Падуе в 1533 году. Затем в 1534 году Гини стал читателем по Материи медицине в Болонском университете, где Улисс Альдрованди основал аналогичный сад в 1568 году (см. Ниже). Коллекции прессованных и использованных образцов называются *hortus siccus* (сад сухих растений), и первое использование растений таким образом (включая использование пресса для растений) приписывают Гини. В зданиях, называемые гербариями, эти образцы размещены на карточках с описательными этикетками. Таксономическая процедура, используемая до сих пор, хранящиеся в шкафах в систематическом порядке, они могут быть сохранены на неопределенный срок и переданы или обменены с



другими учреждениями, таксономическая процедура, которая используется до сих пор.

К XVIII веку физические сады были преобразованы в «демонстрирующие системы классификации, разработанные ботаниками того времени», - но они также были приспособлены к притоку любопытных, красивых и новых растений, пришедших из исследовательских путешествий, связанных с европейской колониальной экспансией.

Системы классификации растений XVII-го и XVIII-го веков теперь связывают растения друг с другом, знаменуя собой возврат к неантропоцентрической ботанической науке, продуманной Теофрастом, более 1500 лет назад.

В Англии различные сборники трав на латинском или английском языках были в основном компиляциями и переводами континентально-европейских работ, ограниченное значение для Британских островов. Это включало довольно ненадежную работу Герарда (1597). Первой систематической попыткой собрать информацию о британских заводах была попытка Томаса Джонсона (1629), который позже выпустил свою собственную редакцию работы Джерарда (1633–1636).

Однако Джонсон был первым аптекарем или врачом, организовавшим ботанические экспедиции для систематизации местной флоры.

В Италии Улисс Альдрованди (1522 - 1605) организовал экспедицию в Сивиллинские горы в Умбрии в 1557 году и сформировал местную Флору. Затем он начал распространять свои открытия среди других ученых, сформировав раннюю сеть обмена знаниями «*molti amici in molti luoghi*» (много друзей во многих местах), включая Шарля де Л'Эклуза (Клузиус) (1526-1609) в Монпелье и Жан де Брансьон в Малин. Вместе они начали придумывать латинские названия растений в дополнение к их общим названиям. Обмен информацией и образ между учеными часто ассоциировался с основанием ботанических садов, и с этой целью Альдрованди основал один из первых в своем университете в Болонье, Орто Ботанико ди Болонья в 1568 году.

Во Франции Клузиус путешествовал по большей части Европы, попутно открывая в царстве растений. Он составил Флору Испании (1576 г.), Австрии и Венгрии (1583 г.). Он был первым, кто занимается разделить растения на классы. Между тем, в Швейцарии с 1554 года Конрад Гесснер (1516-1565) регулярно исследовал Швейцарские Альпы из своего родного Цюриха и обнаружил много новых растений.

Он предположил, что существуют группы или роды растений. Он сказал, что каждый род состоит из многих видов и что они определяются схожими цветами и фруктами. Этот принцип организации заложил основу для будущих ботаников.

Европейским колониальным державам открывались новые земли, ботанические богатства возвращались европейским ботаникам для описания. Это была романтическая эпоха ботаников, бесстрашных охотников за растениями и садовников-ботаников. Значительные ботанические коллекции происходили из: Вест-Индии (Ганс Слоан (1660–1753)); Китай (Джеймс Каннингем); острова специй Ост-Индии (Молуккские острова, Джордж Румфиус (1627–1702)); Китай и Мозамбик (Жуан де Лоурейро (1717–1791)); Западная Африка (Мишель Адансон (1727–1806)), который разработал свою собственную классификационную схему и выдвинул грубую теорию изменчивости видов.

К середине XVIII века ботаническая добыча, полученная в эпоху исследований, накапливалась в садах и гербариях - и ее нужно было систематически каталогизировать. Это была задача систематиков, классификаторов растений.

Классификация растений со временем изменилась от «искусственных» систем, основанных на общих привычках и форме, к доэволюционным «естественным» системам, выражающим сходство с использованием одного или нескольких признаков, что привело к постэволюционным «естественным» системам, которые использовали символы, чтобы вывести эволюционные отношения.

Итальянский врач Андреа Цезальпино (1519 - 1603) изучала медицину и преподавал ботанику в Пизанском университете около 40 лет, впоследствии став директором Ботанического сада Пизы с 1554 по 1558 год. Его шестнадцатитомный *De Plantis* (1583) описал 1500 растений, а его гербарий из 260 страниц и 768 установленных образцов до сих пор сохранились.

Цезальпино предложил классы, основанные в основном на детальной структуре цветов и фруктов; он также применил понятие рода. Он был первым, кто попытался вывести принципы естественной классификации, отражающие общее сходство между растениями, и он разработал схему классификации задолго до своего времени.

Гаспар Баухин (1560 - 1624) выпустил две влиятельные публикации *Prodromus Theatrici Botanici* (1620 г.) и *Пинакс* (1623 г.). Это

привело к упорядочиванию 6000 видов, описанных сейчас, и в последних он использовал биномы и синонимы, которые вполне могли повлиять на мышление Линнея. Он также настаивал на том, что таксономия должна основываться на естественном сходстве.

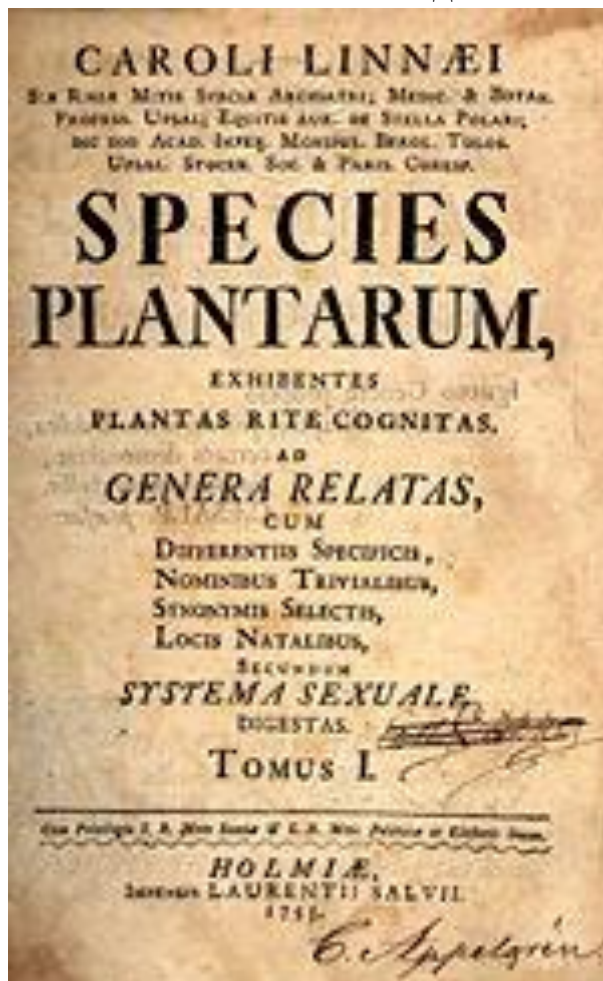


Рис. 25. Титульный лист первого тома издания Species Plantarum Карла Линнея (1753)

Чтобы повысить точность описания и классификации Иоахим Юнг (1587–1657) составил столь необходимую ботаническую терминологию, выдержавшую испытание временем.

Цезальпино более точным определением высоких уровней классификации, утверждал, что все части растений важны для классификации. Он признал, что вариации возникают как из-за внутренних (генотипических), так и из внешних (фенотипических) причин, что имеет таксономическое значение. Он также был одним из первых физиологов-экспериментаторов.

*Historia Plantarum* можно рассматривать как первый ботанический синтез и учебник по современной ботанике. По словам ботаника Алана Мортон, Рэй «повлиял как на теорию, так и на практику ботаники более решительно, чем любой другой человек во второй половине семнадцатого века».

Таксономия растений XVIII века завещала XIX веку точную биномиальную номенклатуру и ботаническую терминологию, систему классификации, основанную на природном сходстве, и ясное представление о природе растений.

XIX век ознаменовался интенсивным развитием естествознания в целом. Бурное развитие получили и все отрасли ботаники. Решающее влияние на систематику оказала эволюционная теория Ч. Дарвина. Воспринятая большинством ботаников, теория Дарвина поставила перед ними задачу создания филогенетической системы растительного мира, которая отражала бы последовательные этапы развития мира растений.

Первые системы XIX в. швейцарских ботаников О. П. Декандоля и его сына А. Декандоля, английских ботаников Дж. Бентама, У. Гукера и др. (с 1825 по 1845 было предложено около 25 подобных систем классификаций растительного мира) ещё не рассматривали проблему происхождения одних групп растений от других, но стремились к наибольшей «естественности», т. е. к соединению в группы растений, наиболее схожих друг с другом по важнейшим признакам их организации. Опираясь с огромным числом растений практически всех континентов, эти системы были настолько логично построены, что дожили почти до наших дней.

Тем не менее, будущее принадлежало филогенетическим системам, первая из которых (опубликована в 1875) принадлежит немецкому ботанику А. В. Эйхлеру.

Наибольшее же распространение получила система, разработанная немецким ботаником А. Энглером, который совместно со своими сотрудниками в 20-томном сочинении «Естественные семейства растений» (1887-1911) довёл систему растений до рода, а иногда и до вида.

Исследования, проведённые главным образом в 1-й половине XX в., показали, что большинство принципов, положенных Энглером в основу своей системы, были ложными, но его работу нельзя и недооценивать.



Противниками взглядов Энглера были американский ботаник Ч. Э. Бесси, немецкий - Х. Галлир и английский - Дж. Хатчинсон. Основные их разногласия с Энглером относились к систематике покрытосеменных (цветковых растений), наиболее примитивной группой которых они считали многоплодниковые (типа магнолии), в то время как Энглер исходной группой покрытосеменных считал однодольные, а среди двудольных - т. н. серёжкоцветные (типа ив и тополей); его противниками были и русские ботаники Х. Я. Гоби, Б. М. Козо-Полянский, А. А. Гроссгейм и др.

В последние годы наблюдается некоторое единодушие во взглядах ботаников на принципы построения системы высших растений, широкое признание получила система, разработанная советским ботаником А. Л. Тахтаджяном.

Не меньшее внимание уделялось в XIX и начале XX вв. и низшим растениям. В результате работ миколога Х. Г. Персона, работавшего в Германии и Франции, шведского лишенолога Э. Ахариуса, русских ботаников Л. С. Ценковского, И. Н. Горожанкина, немецких микологов А. де Бари и О. Брефельда, русского миколога М. С. Воронина, советского ботаника А. А. Ячевского и многое др. были собраны обширные сведения о водорослях, грибах, лишайниках, позволившие не только построить их рациональную классификацию, но и оценить их значение в биосфере.

Особое развитие получила микология, главным образом в связи со значением грибов в качестве возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. С этим связано и возникновение фитопатологии как особой дисциплины.

Основоположник географии растений немецкий натуралист А. Гумбольдт - автор ряда трудов, из которых наибольшее внимание привлекла книга «О закономерностях, наблюдаемых в распространении растений» (т. 1-2, 1816). Первая попытка описать растительность земного шара в связи с условиями климата была сделана немецким учёным А. Гризебахом в его труде «Растительность земного шара...» (1872). Датский ботаник Э. Варминг связывал распространение растений с определенными условиями существования, его книга «Экологическая география растений» (1896) заложила основы новой науки - экологии растений.

Одновременно с этими работами в течение всего XIX в. сотни исследователей вели кропотливую работу по составлению региональных «флор». Среди крупнейших изданий такого рода - «Флора Востока» Э. Буасье в 5 тт. (1867-88) и «Флора Британской Индии» Дж. Гукера в 7 тт. (1875-97). Наиболее капитальный труд в этой области - «Флора СССР» в 30 тт. (1934-64), изданная Ботаническим институтом АН СССР под редакцией В. Л. Комарова и Б. К. Шишкина.

Растительный мир почти всех областей земного шара описан в соответствующих руководствах, главным образом региональных «флорах».

Огромное значение для мировой науки имеет учение Н. И. Вавилова о центрах происхождения культурных растений и географических закономерностях в распределении их наследственных признаков (1926-1927).

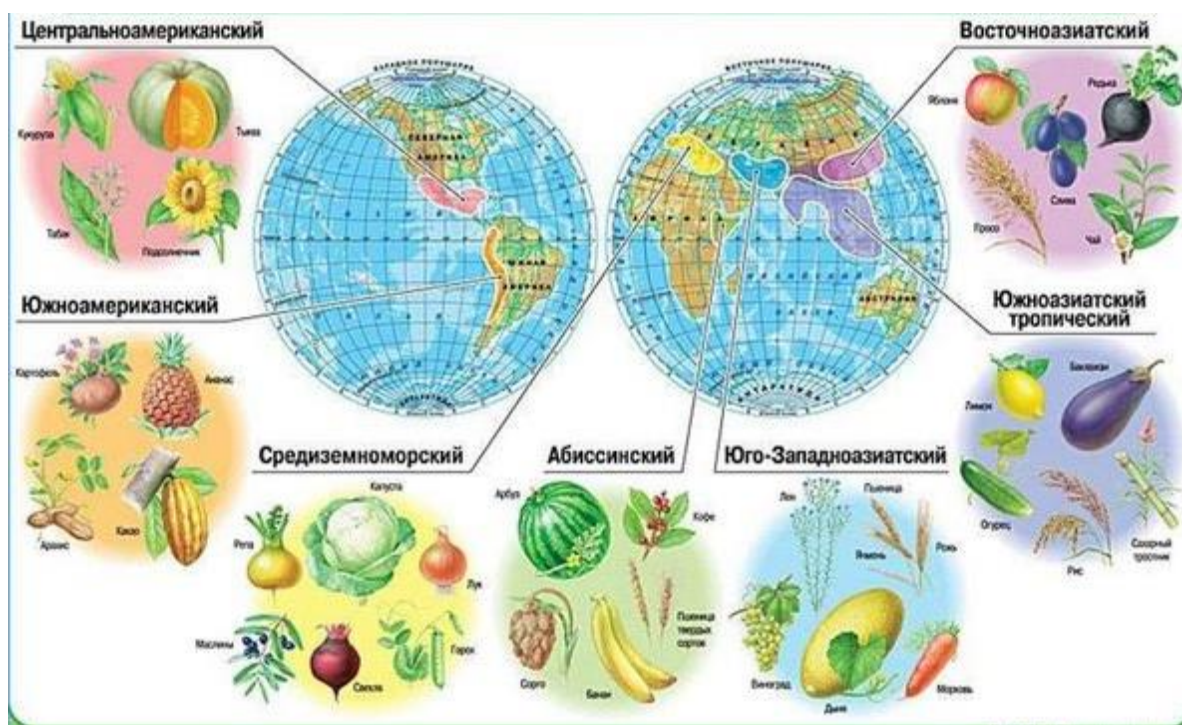


Рис. 26. Центры происхождения культурных растений (по Н.И. Вавилону)

В своих трудах Вавилов впервые представил картину эволюции форм культурных растений в немногочисленных первичных очагах их происхождения. В результате организованных им экспедиций собран

ценный фонд мировых растительных ресурсов, составивший богатейшую коллекцию растений, хранящуюся во Всесоюзном институте растениеводства.

Изучение систематики огромного числа растений из всех областей земного шара стимулировало развитие работ в области морфологии растений. Одним из первых морфологов XIX в. был английский ботаник Р. Броун, показавший, что голосеменные отличаются от покрытосеменных голым семезачатком, объяснивший природу цветка у злаков и выполнивший ещё ряд работ по морфологии. Работы Бруна по эмбриологии были продолжены итальянским учёным Дж. Б. Амичи, французским ботаником А. Броньяром и особенно немецким учёным В. Гофмейстером, описавшим процесс оплодотворения у растений. Классические работы Гофмейстера были продолжены его соотечественником Э. Страсбургером и русскими учёными И. Н. Горожанкиным, В. И. Беляевым и С. Г. Навашиным. Горожанкин впервые доказал, что ядра из пыльцевой трубки проникают в яйцеклетку. Беляев предсказал существование у голосеменных подвижных сперматозоидов, которые вскоре были открыты японскими ботаниками С. Хиразе у гинкго и С. Икено у саговника. После работ русского эмбриолога С. Г. Навашина, открывшего двойное оплодотворение, период становления эмбриологии растений как самостоятельной дисциплины был практически завершён.

Анатомия растений, начало которой было заложено ещё в XVII в., стала развиваться особенно интенсивно с середины XIX в. Ее успехи связаны с именами немецких ботаников Х. Моля, К. Санио, давших впервые сведения о микроскопическом строении тела высших растений.

К середине XIX в. в анатомии растений наметились два направления, из которых одно в основном интересовалось проблемами строения растений с их систематическим положением и эволюцией структур, в то время как другое больше внимания уделяло физиологическому и экологическому значению тех или иных тканей растения.

В числе деятелей первого направления - французы Ф. Э. ван Тигем, Ж. Веск и немец Г. Золередер - автор сводки «Систематическая анатомия двудольных» (1899). Американец Э. Джеффри в книге «Анатомия древесных растений» (1917) попытался дать общую картину эволюции анатомических структур у всех высших растений. Его ученики

Э. Синнотт, А. Имс и особенно И. У. Бейли создали концепцию об эволюции структуры у высших растений, хорошо увязанную с представлениями Ч. Э. Бесси, Х. Галлира и Дж. Хатчинсона. Среди анатомов второго направления - немецкие ботаники С. Швенденер, Г. Габерландт, советские анатомы В. Ф. Раздорский и В. Г. Александров.

Работы в области экологии и географии растений, а также запросы лесоводства и луговедения привели в конце XIX в. к выделению особой области Б., получившей в СССР название геоботаники, или фитоценологии. Русская и советская школа геоботаников была создана трудами С. И. Коржинского, И. К. Пачоского, Г. И. Тан-фильева, Г. Ф. Морозова, В. В. Алехина, Л. Г. Раменского, А. П. Шенникова и особенно В. Н. Сукачева. Острая необходимость в хозяйственном освоении огромных пространств СССР привела к тому, что проблемы геоботаники явились одними из наиболее насущных. Поэтому геоботаники - наиболее многочисленный отряд советских ботаников.

Североамериканская (Ф. Клементс) и европейская (Ж. Браун-Бланке, Э. Рюбель, А. Тенсли) школы фитоценологии развивались каждая своим путём и только в последнее время наблюдается некоторое сближение точек зрения советских и североамериканских исследователей.

Наука об ископаемых растениях - палеоботаника, зарождение которой можно отнести к XVIII в. (И. Шейхцер, Швейцария), неуклонно развивалась в XIX и XX вв. В XIX в. трудами исследователей, работавших на всех континентах, были не только описаны десятки тысяч растительных остатков из всех толщ осадочных отложений, но и создана достаточно стройная система ныне вымерших растений, увязанная с их современными потомками. В изучение ископаемых растений, найденных на территории СССР, большой вклад внесли М. Д. Залесский, И. В. Палибин и А. Н. Криштофович.

Характерные черты современного этапа развития ботаники - стирание граней между отдельными её отраслями и их интеграция. Так, в систематике растений для характеристики отдельных таксонов всё шире применяют цитологические, анатомические, эмбриологические и биохимические методы. Методы биохимии и физиологии берутся на вооружение экологами и геоботаниками, в результате чего возникает комплексная наука о физиологии растительного сообщества, появление которой предсказывали ещё в 20-х гг. XX в. русский учёный В. В.



Алехин и шведский учёный Э. Дю Рье и которую обычно называют ценофизиологией.

Всё больше осознаётся необходимость учитывать в геоботанических и экологических исследованиях роль микроорганизмов - водорослей, грибов, бактерий и актиномицетов; специалисты соответствующего профиля всё чаще работают в контакте с геоботаниками и экологами. Это приводит к расширению поля деятельности фикологов, бактериологов и микологов, изучающих интересные их организмы в природной обстановке.

Гораздо шире применяется эксперимент в тех областях ботаники, где ранее господствовало наблюдение. Значительное распространение получили работы в области экспериментальной систематики и геоботаники. В морфологии растений, помимо обычных экспериментальных воздействий, широко используется метод культуры тканей, изолированных от влияния организма как целого.

Разработка новых методов исследования, основанных на достижениях физики и химии, позволила решать задачи, недоступные ранее. Так, в результате использования электронного микроскопа, разрешающая сила которого по сравнению с другими оптическими приборами возросла в сотни раз, были выявлены многие новые детали строения растительной клетки, что с успехом используется не только в анатомии, но и в систематике растений.

Методы хроматографии, цитофотометрии и ряд др. позволяют проводить химические анализы с невиданной ранее скоростью и точностью на микроскопических объектах, что применяется практически во всех областях ботаники.

Достижения молекулярной биологии в какой-то мере способствовали выделению физиологии и биохимии растений из общей ботаники. Вместе с тем эти достижения, которые в будущем позволят раскрыть молекулярные основы онтогенеза и филогенеза растений, открывают новые горизонты в области систематики и морфологии растений. В наших знаниях ещё имеется большой пробел относительно тех механизмов, которые, управляя единым для всех клеток данной особи (или даже вида) генетическим кодом, приводят к поразительным различиям между клетками различных тканей.

Одновременно внимание ботаников всё больше занимают ботанические проблемы в масштабе всей нашей планеты. Вопросы продуктивности фитоценозов, их влияния на водный и газовый режим планеты, проблемы круговорота веществ, баланса энергии и вещества решаются на основе наблюдений, осуществляемых с помощью очень точных и всё более совершенствуемых приборов с автоматическим управлением. Глобальное воздействие человечества на природу, ведущееся иногда без точного учёта возможных последствий, делает эти работы ботаников жизненно важными для судеб цивилизации.

При рассмотрении истории ботаники становится очевидным, что благодаря силе научного метода большинство основных вопросов, касающихся структуры и функций растений, в принципе, были решены. Теперь различие между чистой и прикладной ботаникой становится нечетким, поскольку наша исторически накопленная ботаническая мудрость на всех уровнях организации растений необходима (но особенно на молекулярном и глобальном уровнях) для улучшения опеки человека над планетой Земля. Самые неотложные, оставшиеся без ответа ботанические вопросы сейчас связаны с ролью растений как основных продуцентов в глобальном круговороте основных жизненных ингредиентов: энергии, углерода, водорода, кислорода и азота, а также с тем, как наша забота о растениях может помочь в решении глобальных экологических проблем. управление ресурсами, сохранение, продовольственная безопасность человека, биологически инвазивные организмы, связывание углерода, климат изменить и устойчивость.

### **1.3. Основные разделы ботаники**

Как было написано выше, основы ботаники как науки заложили древние греки. Древнегреческий философ и естествоиспытатель Теофраст назван отцом ботаники.

После общего упадка естествознания в средние века, ботаника начинает интенсивно развиваться в XVIII веке. В XVIII - XIX веках происходит интенсивное дифференциация ботаники на отдельные дисциплины, и к первой половине XX века складывается весь комплекс наука о растениях.



Рис. 27. Разделы ботаники

Ботаника - это комплекс биологических наук исследующих растения. Крупнейший раздел ботаники ***систематика растений***. Систематика изучает номенклатуру, классификацию и филогению, то есть родство таксонов.

***Морфология*** исследует особенности и закономерности внешнего строения растений.

***Анатомия*** исследует внутренние структуры растений. Она зародилась в середине XVII века после изобретения микроскопа, но важнейшие открытия были сделаны в XVIII - XIX веках.

***Эмбриология*** - ботаническая дисциплина, изучающая закономерности образования и развития различных структур, обеспечивающих половое размножение растений.

***Физиология растений*** тесно связаны с морфологией и биохимии растений. Начало физиологии было положено опытами по питанию растений, осуществленными во вторую половину XVIII века.

***География растений*** нередко рассматривается как часть биогеографии, зародилась в начале XIX века. Она занимается изучением закономерностей формирования растительного покрова, распространения растительности типов и отдельных таксонов растений.

Из ботанической географии к концу XIX века выделилось *геоботаника* - наука, исследующая распространение растительных сообществ и их особенности.

*Экология растений* выясняет взаимоотношения растений со средой и другими организмами. Она возникла в середине XIX века и зачем стала основой общей экологии.

Помимо фундаментальных ботанических дисциплин выделяют ряд прикладных наук о главнейших. Главнейшей из них считается *ботаническое ресурсоведение или экономической ботаника, этноботаника*, в этих науках рассматривает все аспекты использования растений человеком.

В пределах морфологии растений выделяют *карпологию* - раздел знаний о плодах, в *анатомии палинология*, изучающий строение пыльцы. Предметом исследования *палеоботаники* являются ископаемые растения.

*Альгология* изучает водоросли, *бриология* - мхи, *птеридология* - папоротники. *Дендрология* исследует разнообразные аспекты жизни деревьев и кустарников.

Ботаника – комплекс дисциплин, изучающих жизнь растений и грибов во всех ее проявлениях: от субклеточных единиц до биосферы. Эта наука сыграла немаловажную роль в становлении биологии, начиная с трудов Аристотеля и Теофраста. Сегодняшняя фундаментальная биология немыслима без ботанических составляющих. Это касается и теоретических аспектов биологии, и ее прикладных направлений, и полноценного биологического образования.

#### **1.4. Значение растений в природе и жизни человека**

Значение растений для живой природы и человека не просто важное. Существующий ныне на Земле животный мир находится в неразрывной зависимости от царства растений.

- Растения дают нам кислород для дыхания.
- Растения очищают воздух от выдыхаемого нами углекислого газа.
- Растения обеспечивают нас питательными веществами.
- Растения создают среду обитания для животных, обеспечивают людей строительными материалами и топливом.



Растения, в отличие от других организмов, населяющих нашу планету, отличаются уникальной характеристикой - они способны к процессу фотосинтеза. Именно их деятельность способствует пополнению запасов органических веществ на планете.

Органика теряется регулярно - это неизбежный процесс в виду жизнедеятельности гетеротрофных организмов. Но растения могут накапливать большое количество энергии в продуктах фотосинтеза. Фотосинтезирующие растения поддерживают необходимый для существования других организмов уровень кислорода в атмосфере. Кроме того, растения предотвращают чрезмерное накопление в атмосфере углекислого газа.

Едва ли не самое главное значение растений в природе заключается в круговороте минеральных веществ в природе. Это, в свою очередь, гарантирует непрерывное существование жизни на планете, так как жизнь невозможна без регулярного минерального питания.

Заметно влияние растительного мира и на климат. Жизнедеятельность растений обеспечивает связывание плодородных частичек поверхностных слоев почвы, исключая смывание таких частичек и эрозию почвы.

Отдельные формы растений обуславливают накопление воды на поверхности Земли и влияют на образование болот

Ключевую, космическую роль в природе растения стали играть благодаря фотосинтезу – уникальному сложному биохимическому процессу, который когда-то, на ранних этапах развития жизни на Земле, появился у некоторых организмов. В процессе эволюции фотосинтезирующие организмы развились в растения, которые мы знаем сегодня.

Отличительной особенностью растительных клеток является имеющийся в них пигмент хлорофилл. С его помощью происходит улавливание энергии солнечного света и последующее преобразование в энергию химических связей органических веществ, которые при этом синтезируются из неорганических.

Конечно, все остальные живые организмы могут синтезировать органические вещества. Однако для этого сначала они должны получить готовые органические вещества в качестве пищи. В организме эта

чужеродная органика расщепляется до более простых веществ, из которых синтезируются новые соединения, необходимые данному организму.

Преимущество растений в том, что им не требуется поглощать готовые органические вещества. Исходную органику они синтезируют сами, осуществляя процесс фотосинтеза. В результате этого процесса из неорганических веществ (воды и углекислого газа) под действием энергии света образуется органическое вещество (глюкоза). Далее уже из глюкозы синтезируются другие органические вещества. У растений фотосинтез протекает в хлоропластах, которые содержат пигмент хлорофилл.

Создавая органические вещества, растения живут, растут и развиваются за их счет. Но не только. Они также накапливают их. Поэтому могут служить пищей для других организмов. Хотя многие животные едят не растения, а других животных, однако изначально пищей все равно являются растения. Травоядное животное ест растения, а хищник ест травоядное. Не будь растений, травоядное не смогло бы вырасти и послужить пищей хищнику.

В процессе фотосинтеза растения выделяют кислород. В этом заключается еще одно очень важное их значение, ведь большинство ныне живущих организмов дышит кислородом, в том числе и сами растения. Однако растения кислорода выделяют больше, чем поглощают для своего дыхания.

Когда-то на Земле атмосфера была бедна кислородом. Это тормозило процесс эволюции, так как дыхание у организмов в те времена было в основном бескислородным, а такое дыхание менее эффективно. Когда появился процесс фотосинтеза, произошло обогащение атмосферы кислородом. Как следствие, организмы смогли в процессе дальнейшей эволюции перейти на кислородный способ дыхания.

В процессе дыхания происходит распад органических веществ до неорганических. Этот распад осуществляется под действием кислорода, который обладает сильными окислительными свойствами. При этом выделяется много энергии, которая тратится на жизненные процессы. Однако кроме энергии образуются продукты окисления – соединения, на которые распадаются органические вещества. Одним из про-

дуктов дыхания является углекислый газ. Он должен выводиться из организма. Таким образом в процессе дыхания поглощается кислород, а выделяется в атмосферу углекислый газ.

Как уже было сказано, растения поглощают из атмосферы углекислый газ для процесса фотосинтеза. Это значит, что они не только обогащают атмосферу кислородом, но и очищают воздух от избытка углекислого газа.

Если бы растения не поглощали углекислый газ, он накапливался бы в атмосфере. Это привело бы к плачевным последствиям: проблемам с дыханием у животных и парниковому эффекту. Поэтому важное значение растений – это поглощение углекислого газа из атмосферы.

На этом определяющее для биосферы значение растений не исчерпывается. Образую различные растительные сообщества (степи, луга, леса, тундры, саванны) они создают места обитания для животных и других организмов. Так, например, животные не только питаются в растительных сообществах, но и прячутся здесь, размножаются. Растения создают определенные условия и микроклимат для них.

Как видно, растительные организмы и покров, который они образуют - важное звено во многих явлениях, составляющих окружающую нас природу. Поэтому сообщения о роли растений в природе и жизни человека, которая с каждым годом возрастает, небезосновательны.

Для человека растения имеют значение не только как пища и корм для скота. Остатки древних растений в виде каменного угля и торфа используются человеком в качестве источника энергии для обогрева помещений и в производстве. Можно сказать, природа за свой долгий путь развития сделала энергетический запас для человека. Благодаря этой запасенной энергии, человеческое общество получило шанс на быстрое развитие.



Рис. 28. Значение растений в природе и жизни человека

Обычно растения классифицируются в зависимости от того, как они используются человеком. Есть растения, используемые в пищевых целях и для корма животным, лекарственные, технические, декоративные растения и растения, у которых используют только древесину.

Растения, которые используются в пищевых целях и в качестве корма для скота, включают в себя следующие группы:

- хлебные злаки: пшеницу, рис, кукурузу, рожь, просо, ячмень, овес и др. По засеваемой площади, первое место занимает пшеница - около 210 млн. гектаров. Все потому, что для большинства населения планеты пшеничный хлеб является основным продуктом питания. Пшеница выращивается на Кубани, в Сибири, Украине, Казахстане, Средней и Южной Европе, на равнинах Америки и др.



Кукуруза не менее популярна, чем пшеница. Некоторые страны используют 100% собранного урожая в продовольственных целях. Объем производимого в мире зерна кукурузы - 2 млн. центнеров.

Еще один популярный злак - рис. Половина населения планеты может назвать его основной пищей. Также рисовая солома используется для изготовления бумаги, шляп, сумок, а также в качестве корма для скота;

- овощи: картофель, капуста, свекла, помидоры, огурцы, морковь и др;

- плодовые растения: груши, сливы, виноград, яблоки, вишни, клубнику, цитрусовые и др. Во фруктах и ягодах содержится очень много полезных соединений: витаминов, органических кислот, сахаров, минеральных солей, дубильных веществ;

- зернобобовые: бобы, горох, чечевица, соя, фасоль. В таких растениях много белков. В этом заключается особое значение растений для человека и животных;

- масличные: конопля, рапс, горчица, подсолнечник и др. Семена таких растений содержат от 20 до 40 процентов масла;

- сахаристые растения: сахарный тростник и сахарная свекла.

Лекарственные растения. Большинство таких растений - дико-растущие. Они используются в лечении человека и животных непосредственно или как сырье в химико-фармацевтической промышленности. В лекарственных растениях полно ценных веществ, таких как алкалоиды, дубильные вещества, эфирные масла. Даже ядовитые вещества, которые также встречаются у таких растений, могут проявлять лечебные свойства - в небольших дозах и по консультации врача.

В медицине сегодня используют около 300 видов различных лекарственных растений. Многие из них знакомы и людям, далеким от медицины: ромашка лекарственная, пустырник, шалфей, тимьян, калина, зверобой, валериана, алтей лекарственный, ландыш, пастушья сумка и др.

Отдельные лекарственные растения культивируются на плантациях.

Технические растения. Они используются в промышленных целях. Выделяют:

- волокнистые растения. Это группа растений, органы которых служат сырьем в процессе изготовления текстильных изделий, тканей,

шпагата, канатов и др. - всего таких изделий около 200. Для изготовления волокна используются различные части растения: стебель (конопля, лен), листья (новозеландский лен), волоски, покрывающие семена (хлопчатник). Самые распространенные волокнистые растения - хлопчатник, лен, кенаф, кендырь и пр;

- эфиромасличные растения. В органах таких растений содержатся ценные эфирные масла. В промышленных целях сегодня используется около 35 видов таких растений. Среди них - лаванда, тмин, кориандр, анис, шалфей лекарственный. У каждого растения индивидуальный химический состав. Эфирные масла используются в парфюмерии, мыловарении, кондитерской и лекарственной промышленности;

- дубильные растения. В них содержатся дубильные вещества. Представители - дуб, бадан, сумах, ель, ива и др. Основные сферы применения таких растений - медицина и кожевенная промышленность;

- каучуконосные растения. В тканях этих растений содержится каучук. Таких растений мало, но среди них встречаются деревья, кусты и даже травы. Самые распространенные - гевея, кендырь, веточник.

Растения, у которых используют только древесину. Древесина таких растений может быть строительным материалом, а также применяться в промышленности (лесохимической, целлюлозно-бумажной) и как топливо. Основные растения этой группы - дуб, сосна, граб, ель, бук, береза, осина и др.

Декоративные растения. К ним относятся однолетние и многолетние растения, кустарники, лианы открытого и закрытого грунта. Примеры - розы, бархатцы, хризантемы, георгины, петунии, тюльпаны и др.

Из растений получают бумагу, ткани, лекарства и многое другое.

В пищевом рационе человека присутствуют разные растения. У одних съедобными являются плоды, у других - семена, у третьих - зеленые части, а у многих - подземные части (клубни, корни). Люди перерабатывают растения и получают из них многие пищевые продукты: муку, каши, сахар и другое.

Для человека растения имеют эстетическое значение. У многих из них расцветают красивые цветы, другие выращиваются как комнатные растения.

В городах в воздух выбрасывается большое количество углекислого газа, различных вредных веществ. Это происходит из-за большого количества транспорта и различных производств. Поэтому важно значение растений как защитников от загрязнений. Различные зеленые насаждения в городах не только выделяют кислород и поглощают углекислый газ. Они также задерживают пыль и вредные вещества, увлажняют воздух, снижают уровень шума.

В связи с важным значением растений в природе и жизни человека необходимо осуществлять природоохранные мероприятия. Нельзя бездумно сводить леса, нарушать целостность растительных сообществ.

### **1.5. Значение ботаники в почвоведении**

Обязанная своим формированием климату, рельефу, геологической породе почва несет на себе следы влияния всех этих экологических факторов, которые объединены в биогеоценотический комплекс, экосистему, где почва является связующим между ее компонентами звеном.

Организатором такой экосистемы являются растения. Именно они производят ту первичную продукцию, которая служит началом трофических цепей, непосредственным источником энергии для почвообразования. Растения усваивают часть солнечной энергии, которая затем определяет всю жизнь биосферы. Остальные живые организмы лишь трансформируют запасенную растением солнечную энергию.

В естественных экосистемах растительность обеспечивает регулярный приток и постоянство приходной части баланса органического вещества. Почвы, находящиеся под лесом, луговой и степной растительностью, отличаются от пахотных значительно лучшим структурным состоянием и сравнительно хорошей водопрочностью структурных отдельностей. При пахотном использовании почвы с возделыванием культурных растений этот баланс нарушается.

Сельскохозяйственные культуры оказывают неодинаковое воздействие на свойства и плодородие почв и поэтому не любое из них может быть фитомелиорантом.

Высшие растения как продуценты и главный источник поступления в почву органического вещества играют особую роль в почвообразовании.

Они являются своеобразным мощным насосом, перекачивающим химические элементы и воду из почвы в свои органы. Корни растений, проникая в почву, разрыхляют ее и активно воздействуют на ее фазовый состав.

Площадь лесов на планете составляет около 30 %. Оптимальные условия для лесной растительности - превышение суммарного количества осадков над испарением. Избыток влаги при господстве древесной, особенно хвойной растительности способствует интенсивному выщелачиванию растворенных соединений, глубокому разрушению минералов и выносу продуктов почвообразования за пределы профиля.

Под лесной растительностью в почвах формируется специфический биоценоз из позвоночных, беспозвоночных, грибов. Общая фитомасса лесной растительности колеблется от 3 до 5 тыс. ц/га, при этом около 500 ц/га приходится на долю ризомассы, т. е. корней.

Главная роль в лесном почвообразовании принадлежит наземному опаду и тонким корням. Общая поверхность сосущих корневых окончаний столетнего древостоя сосны на 1 га может составить до 1,5 га. У хвойных пород до 95% ризомассы сосредоточено в верхнем слое почвы (0 - 30 см). С корнями деревьев всегда связана микориза. Поэтому в ризосфере деревьев обитает значительное количество микроорганизмов, а численность простейших в 5 - 10 раз выше по сравнению с их средним содержанием в почвах.

Кислотность почвы в хвойных лесах усиливается за счет выщелачивания дождевыми водами веществ кислотной природы из живых листьев, хвои и коры. Подкисление до pH 3,3 - 4,5 может быть вызвано жизнедеятельностью мхов и лишайников. В ризосфере хвойных пород концентрация водородного иона всегда выше (pH ниже на 0,2 - 0,6), чем вне ризосферы. Водная вытяжка из хвои ели имеет pH около 4, из подстилки сосны - 4,5, а листья широколиственных пород - около 7. Резкие различия в реакции растворов продуктов из листьев и хвои объясняются тем, что для листьев и хвои характерны разные зольность и содержание оснований. При низкой зольности подстилка может иметь pH около 4,5 - 4,6. Нейтральная реакция типична для лесной подстилки лиственных лесов.



Роли древесной и травянистой растительности в почвообразовании существенно различны. Это связано с глубиной проникновения в почвенную толщу и распределением корневой системы, а также с различиями в величине и характере поступления растительных остатков в почву, их зольном составе.

Совокупность процессов поглощения растениями химических элементов из почвы, синтеза и разложения органического вещества, возврата химических элементов в почву называется биологическим круговоротом веществ в системе «растение - почва».

Некоторые химические элементы, участвующие в биологическом круговороте, не удерживаются почвой, выносятся геохимическим внутрипочвенным стоком за пределы почвенного профиля и включаются в большой геологический круговорот химических элементов.

Для характеристики биологического круговорота веществ используются следующие показатели: запасы фитомассы (ц/га) в надземной и подземной частях растений, величина годичного прироста фитомассы и опада, содержание зольных химических элементов в разных частях растений и в опаде. Отношение массы подстилки к массе ежегодного опада служит показателем интенсивности биологического круговорота.

Корневая система растений поглощает из почвенного раствора макроэлементы (Ca, N, K, P, S, Al, Fe) и микроэлементы (Zn, B, Mn...) минерального питания и выделяет в эквивалентном количестве ионы ( $H^+$ ,  $OH^-$ ), ферменты и другие органические соединения, активно участвующие в почвенных процессах. В среднем растительность умеренного климата поглощает из почвы ежегодно 100 - 600 кг/га минеральных веществ. Количество поглощаемых из почвы и возвращаемых в нее с растительным опадом химических элементов зависит от типа фитоценозов.

Агроценозы, приходящие на смену биогеоценозам, вносят огромные изменения в биологический круговорот веществ. С урожаем культурных растений из почвы безвозвратно выносятся колоссальное количество зольных элементов. Так, с урожаем пшеницы 20 - 25 ц/га отчуждается из почвы до 150 - 200 кг/га основных элементов минерального питания (N, P, K, Ca, Mn, Fe, S, Si, Al, Mg).

Скорость разложения органических остатков и характер образующихся в результате этого процесса веществ зависят от климатических

условий и состава растительности. Химический состав органических веществ, образующихся в процессе фотосинтеза, зависит от типа растений. Мхи и древесина отличаются высоким содержанием лигнина. В злаках много гемицеллюлозы, в иглах сосны - воска, жиров и смол.

В процессе разложения органических остатков в почву возвращаются зольные элементы, поглощенные растениями из почвы.

Индекс интенсивности биологического круговорота веществ максимален в заболоченных ландшафтах (более 50), где происходит прогрессивное накопление торфа и образование болотных торфяных почв. В темнохвойных таежных лесах индекс интенсивности биологического круговорота значительно меньше (10 - 17). Минерализация опада в хвойных лесах происходит замедленно и на поверхности почвы формируются органические горизонты, часто наблюдается образование торфяного слоя. Интенсивность биологического круговорота в степях составляет 1,0 - 1,5. Образующийся в естественных степных экосистемах степной войлок из травянистой растительности разлагается в течение года.

Продукты разложения хвои, листьев, трав, стволов различны по химизму и влиянию на почвообразование. Так, продукты разложения степных трав имеют близкую к нейтральной реакцию ( $pH = 7$ ). Экстракты из хвои ели, вереска, лишайников, сфагнового мха имеют кислую реакцию ( $pH 3,5 - 4,5$ ). Экстракты из полыни имеют щелочную реакцию ( $pH 8,0 - 8,5$ ).

Растения и почвы - главные компоненты любой наземной экосистемы. Растения являются продуцентами, фиксирующими солнечную энергию и производящими первичную биологическую продукцию, почвы - хранители детрита и среда, в которой происходит разрушение органического вещества до минеральных соединений и осуществляется круговорот углерода.

В естественных экосистемах отношение блоков «растения-почвы» носят характер экологического равновесия, что поддерживает и продуктивность растений, и плодородие почв. Ситуация резко меняется при замене естественной растительности на агроценозы. В этом случае при отъеме органического вещества с урожаем и постоянной обработке почвы происходит нарушение естественного состояния почвы. «Расход» элементов питания и органического вещества начи-

нает превышать «приход» новой фитомассы. В итоге идет процесс снижения плодородия почв, разрушение органического вещества, деградация природной структуры почв, формируются дефицитные циклы элементов минерального питания.

Эти нарушения экологического равновесия могут быть смягчены за счет системы органических и минеральных удобрений, однако и то и другое - дорогостоящие мероприятия, энергоемкие и загрязняющие окружающую среду. По этой причине сверхзадачей агроэкологии является восстановление (разумеется, не полное, но максимально возможное) равновесия отношений «растения-почвы». Это достигается использованием фитомелиоративного эффекта растений. При фитомелиоративном подходе задействуется природный потенциал растений, которые исторически являлись главным фактором почвообразования. Данный подход позволяет улучшать плодородие почв при минимальных затратах, используя, в первую очередь, бесплатную, экологически чистую и неисчерпаемую энергию солнца, которая усваивается в процессе фотосинтеза. Ослабление этого процесса и воспроизводство плодородия почв связано с оптимизацией гумусного состояния и агрофизических свойств.

Длительное интенсивное использование сельскохозяйственных угодий приводит к деградации естественных кормовых угодий и в особенности пахотных почв. В последние годы нарушенные почвы повсеместно выводятся из хозяйственного оборота, однако процесс восстановления их оптимальных свойств происходит достаточно медленно, местами деградация почв продолжается. Необходимы меры по восстановлению деградированных почв и прежде всего - восстановление их утраченной структуры. Большим потенциалом для решения этих вопросов обладают растения-фитомелиоранты и в первую очередь многолетние травы.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Проанализируйте процесс исторического развития живой природы от начала появления жизни на Земле до настоящего времени. Назовите основные его этапы.
2. Дайте определение ботаники как биологической науки, объясните перевод этого слова с различных языков.

3. Расскажите историю развития ботаники от древности до наших времен. Перечислите основные имена ученых, которые внесли уникальный вклад в развитие науки.

4. Перечислите основные разделы ботаники, объясните предмет изучения каждого раздела. Расскажите о перспективах развития науки в современном мире ботаники.

5. Приведите примеры применения знаний по ботаники и ее разделов в современных технологиях. В чем заключается их практическая значимость в современном мире?

6. В чем заключается роль зеленых растений в природе и жизни человека. Расскажите о космической роли растений.

7. В чем заключается практическая значимость изучения вопросов различных разделов ботаники в жизни современного человека.

8. Расскажите о структуре современной ботаники. Каково ее положение в структуре современных наук.

9. В чем заключается сущность ботанических знаний для студентов – почвоведов?

10. Расскажите о роли древесной и травянистой растительности в почвообразовании.



## Глава 2. СТРОЕНИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Ботаника (гр. botane – росток, трава) – наука о растениях, их структуре, жизнедеятельности, распространении. Объектом изучения ботаники являются растения на разных уровнях их организации.

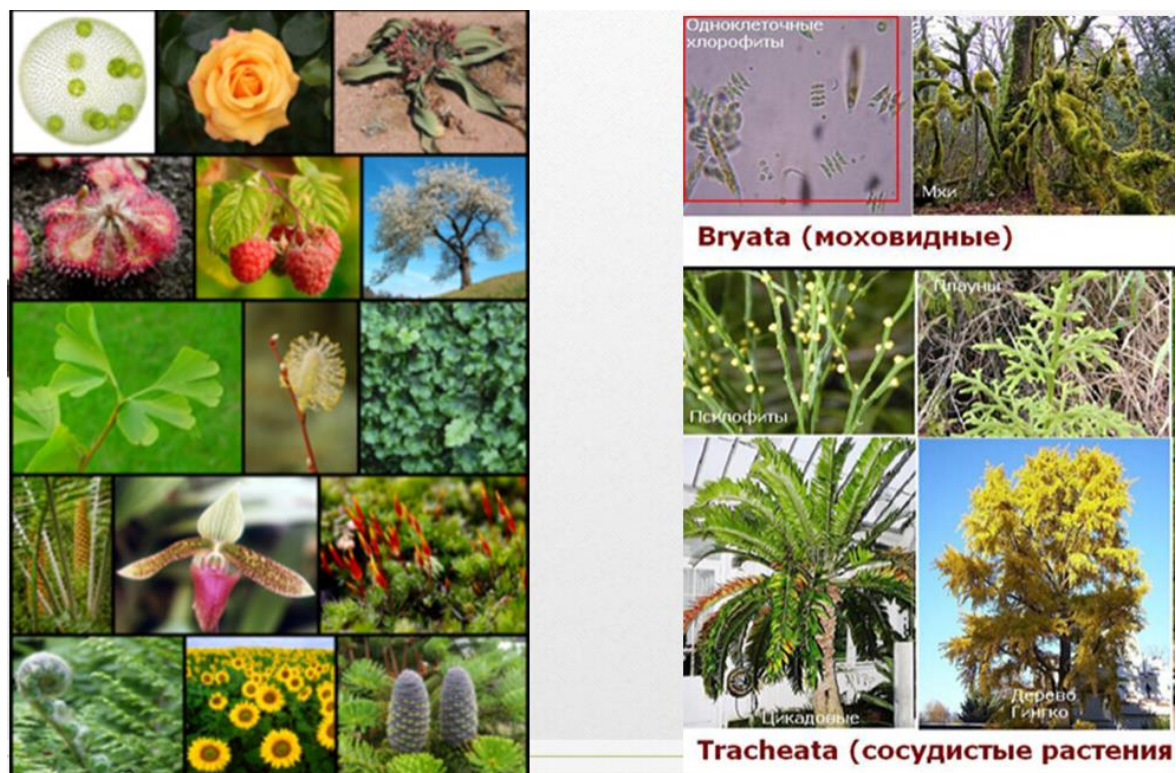


Рис. 29. Царство растений

Растительный мир богат и разнообразен. На поверхности Земли насчитывается свыше 500 000 видов растений, из них 200 000 – цветковых. Среди этой большой группы встречаются одноклеточные водоросли, которые можно увидеть только в микроскоп, и гиганты растительного мира – секвойи и секвойядендроны, высота которых может достигать 112 м, а диаметр – 11 м.

Растения характеризуются рядом особенностей организации, которые позволяют выделить их в особое царство.

### 2.1. История изучения растительной клетки

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что все живые организмы состоят из клеток.

Клетка - это структурный элемент растений и животных.

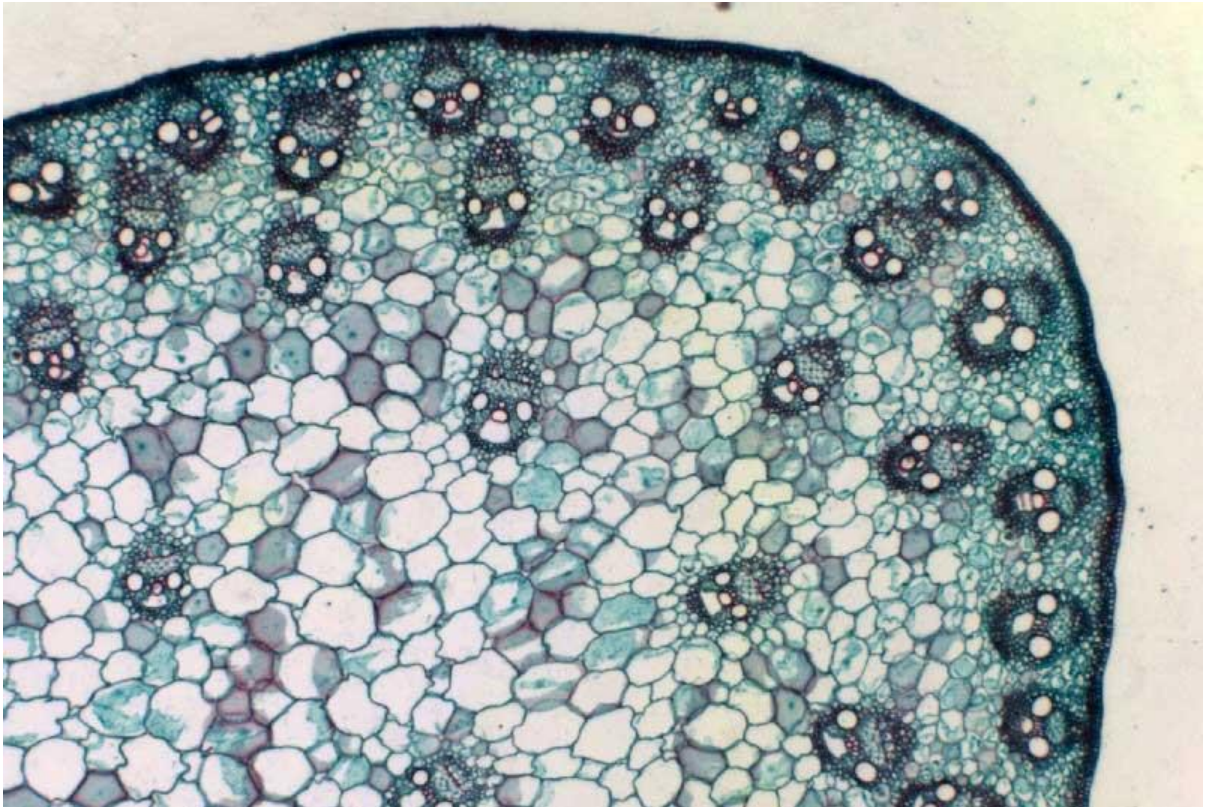


Рис. 30. Микропрепарат растительной клетки

Изучение клетки начинается с момента ее открытия. В 1665 г. английский естествоиспытатель Р Гук (1635 - 1703), исследуя под микроскопом тонкие срезы пробки, увидел картину, напоминающую пчелиные соты. Эти ячейки, отверстия или поры, по выражению Р Гука, он назвал *cellula* - клетка.



Рис. 31. Микроскоп Р. Гука 1665 год

Наблюдения Р. Гука были продолжены М. Мальпиги и Н. Грю, однако они обращали внимание только на форму клеток, не пытаясь выяснить внутреннее строение.

Анатомические исследования растений в XVII-XVIII вв. были немногочисленными и фактически не вносили ничего нового в представление о клетке по сравнению с представлениями Р. Гука, М. Мальпиги и Н. Грю.



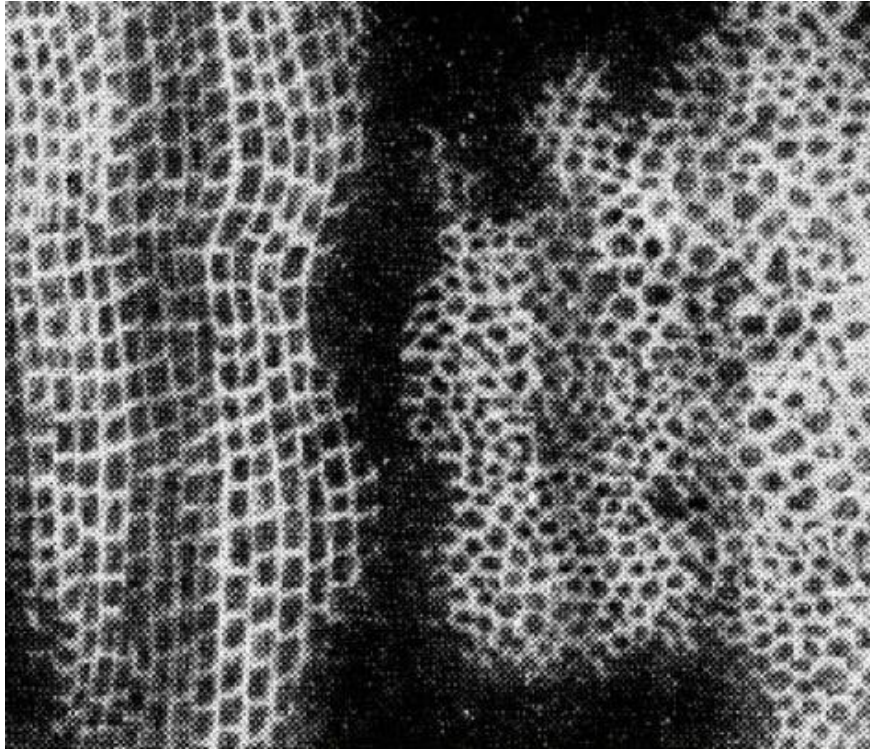


Рис. 32. Срез пробки под микроскопом. Роберт Гук 1665 год

Открытие клетки относится к тому периоду в истории человечества, когда наука впервые решилась сбросить с себя звание *Ancillae theologiae* (служанка богословия) и когда экспериментальное естествознание, отвечая запросам своего времени, предъявило права на звание *Dominae omnium scientiarum* (госпожа над всеми науками). Это была эпоха господства идеи **Фрэнсиса Бэкона** (1561–1626) о победе человека над природой, о победе, которой можно добиться не путем логических ухищрений и словесных формулировок, а путем опыта и наблюдения.

Воодушевленная этой идеей небольшая группа людей начиная с 1645 г. стала собираться по вечерам в разных кварталах Лондона на частных квартирах. Люди эти раскуривали трубки и при свете масляных ламп обсуждали устав нового задуманного ими общества. Это были профессора двух английских университетов, закрывшихся из-за междоусобной войны, и просто любители искусства и естественных экспериментов, ставших модными со времен Галилея во Флоренции и Ф.Бэкона в Англии.

Время было тревожное. И хотя на этих собраниях не велось никаких политических бесед и обсуждались только эксперименты из различных областей физики, химии, механики и наук о живой природе, приходилось соблюдать строгую конспирацию. Один из инициаторов создания общества, физик Р.Бойль (1627–1691), стал называть новую организацию «коллегией невидимых».

В 1660 г. был разработан устав и создано общество для борьбы с метафизикой и схоластикой, взявшее своим девизом изречение «Не клянись словами никакого учителя», или, в двух словах, «Ничего на слово». Тем самым члены общества заявляли, что в своей деятельности они не будут, как схоласты, полагаться на авторитеты вроде Аристотеля или отцов и учителей церкви, а будут признавать только свидетельство научного опыта.

В 1662 г. ряд членов «коллегии невидимых», став влиятельными людьми при дворе Карла II, добились утверждения королевским указом устава и нового названия коллегии – Лондонское Королевское общество. Пополнив свой состав «совершенно свободными и ничем не занятыми джентльменами», т.е. людьми состоятельными, общество получило средства для печатания наиболее важных трудов в виде отдельных книг.

В числе первых напечатанных книг была одна, заслуживающая нашего особого внимания. Это произведение ученика Бойля, великого мастера естественных экспериментов **Роберта Гука** (1635–1703), ставшего членом Лондонского Королевского общества в 1663 г. Гук был изобретателем и конструктором самых разнообразных приборов, в том числе и микроскопа улучшенной конструкции.

В течение нескольких лет он с увлечением рассматривал через этот микроскоп различные мелкие предметы, в числе которых ему однажды попалась обыкновенная бутылочная пробка. Рассматривая тонкий срез пробки, сделанный острым ножом, Роберт Гук был поражен сложной структурой вещества пробки, обнаружившейся при увеличении. Он увидел красивый узор из массы ячеек, напоминающих пчелиные соты.

Зная, что пробка представляет собой продукт растительного происхождения, Гук стал изучать под микроскопом такие же тонкие срезы ветвей и стеблей различных растений. Первым растением, попавшим ему под руку, была бузина. На тонком срезе ее сердцевины Гук



опять увидел картину, очень напоминавшую ячеистую поверхность пчелиных сот. Целые ряды мелких ячеек были отделены одна от другой тонкими перегородками. Эти ячейки он назвал клетками (*cellula*).

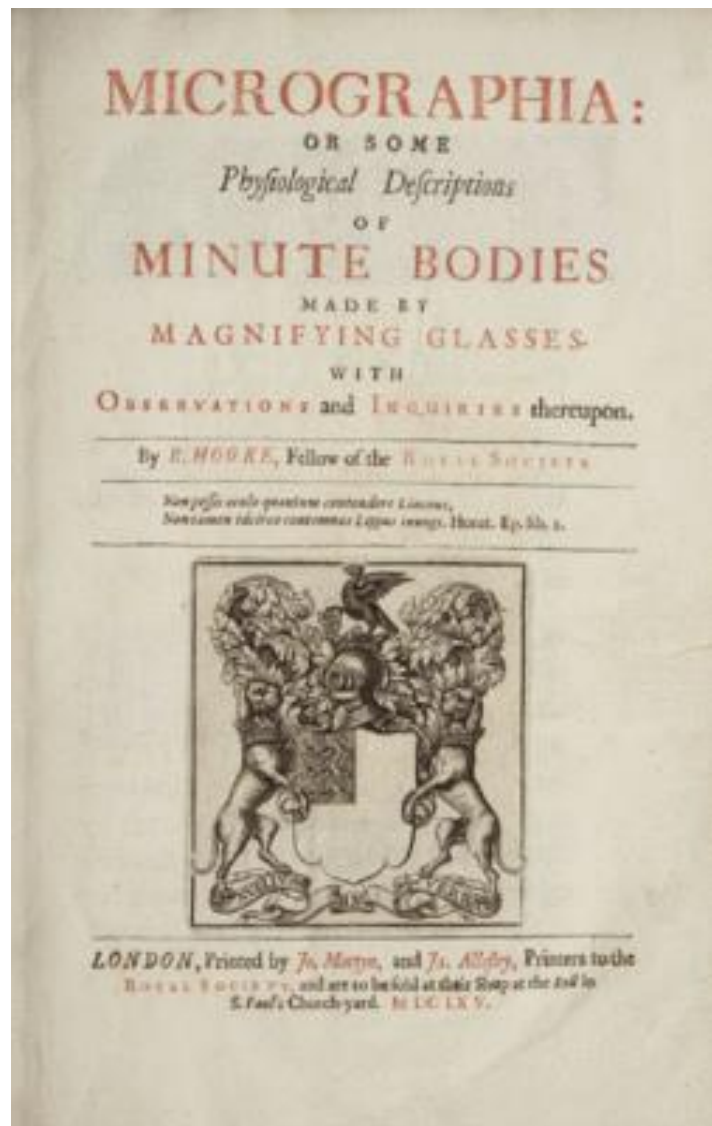


Рис. 33. Микрография. Автор Р. Гук. Оригинал издания – январь 1665 год

Вот как описывает Гук в книге «Micrographia» (1665) историю своего открытия.

*«Я взял кусочек светлой хорошей пробки и перочинным ножом, острым как бритва, срезал кусок ее прочь и получил, таким образом, совершенно гладкую поверхность. Когда я затем тщательно исследовал ее с помощью микроскопа, она показалась мне слегка пористой. Я*

не мог, однако, с полной уверенностью распознать, были ли это действительно поры, а тем менее – определить их форму. Но на основании рыхлости и упругости пробки я, конечно, не мог еще сделать заключение о том удивительном строении ее ткани, какое обнаружилось при дальнейшем прилежном изучении. Тем же перочинным ножом я срезал с гладкой поверхности пробки чрезвычайно тонкую пластинку. Положив ее на черное предметное стекло – так как это была белая пробка – и осветив ее сверху при помощи плоско-выпуклой стеклянной линзы, я мог чрезвычайно ясно рассмотреть, что вся она пронизана отверстиями и порами, совершенно как медовые соты, только отверстия были менее правильны; сходство с сотами увеличивалось еще следующими особенностями: во-первых, пробковые поры содержали относительно очень мало плотного вещества по сравнению с пустыми пространствами, заключавшимися внутри их. Так что эти стенки – если можно мне так назвать их – или перегородки этих пор, по отношению к самим порам были приблизительно так же тонки, как восковые перегородки медовых ячеек (которые состоят из шести-гранных клеточек) по отношению к самим ячейкам. Далее, поры, или клеточки, пробки были не очень глубоки, но многочисленны. Посредством особых промежуточных перегородок длинные поры подразделялись на ряды мелких, связанных между собой клеток. Открытие этих клеток, как мне кажется, дало мне возможность выяснить настоящую и понятную причину особенностей вещества пробки. Эти образования были первыми микроскопическими порами, которые я видел и которые вообще кем-либо были найдены, так как ни у одного писателя, ни у одного исследователя я не встретил какого-либо упоминания о них.

Я сосчитал поры в различных рядах и нашел, что ряды приблизительно в 50–60 этих узеньких клеток умещаются обыкновенно на протяжении  $1/18$  дюйма (1,44 мм), откуда я заключил, что приблизительно 1100 или немного более 1000 уместятся по длине 1 дюйма, в 1 кв. дюйме – более 1 млн, или 1 166 400, и свыше 1200 млн, или 1259 млн, – в 1 куб. дюйме. Это могло бы казаться невероятным, если бы микроскоп не убеждал нас в этом. Поры эти, – говорю я, – столь малы, что атомы, о которых думал Эпикур, все же были бы слишком велики, чтобы пройти через них. Ткань пробки не представляет чего-либо особенного; исследуя под микроскопом, я нашел, что и сердцевина бузины

или почти всякого иного дерева, внутренняя ткань или сердцевина по-  
лых стеблей различных других растений, как, например, укропа, мор-  
кови, репы и т.д., в большинстве случаев имеет подобного же рода  
ткань, какую я только что указал в пробке».

Так впервые была обнаружена растительная клетка. Но в голове  
Гука родились идеи других изобретений (пружинные часы, усовершен-  
ствованные компасы и т.д.), и он передал дальнейшее ведение микро-  
скопических исследований члену Королевского общества **Неемии  
Грю** (1641–1712).

В противоположность Гуку Грю был человеком крайне посто-  
янным и, посвятив все последующие годы своей жизни микроскопиче-  
скому изучению растений, открыл в их внутреннем строении много но-  
вого. Результаты своих исследований он изложил в опубликованном в  
1682 г. четырехтомном трактате «Анатомия растений с изложением  
философской истории растительного мира и несколько других докла-  
дов, прочитанных перед Королевским обществом».

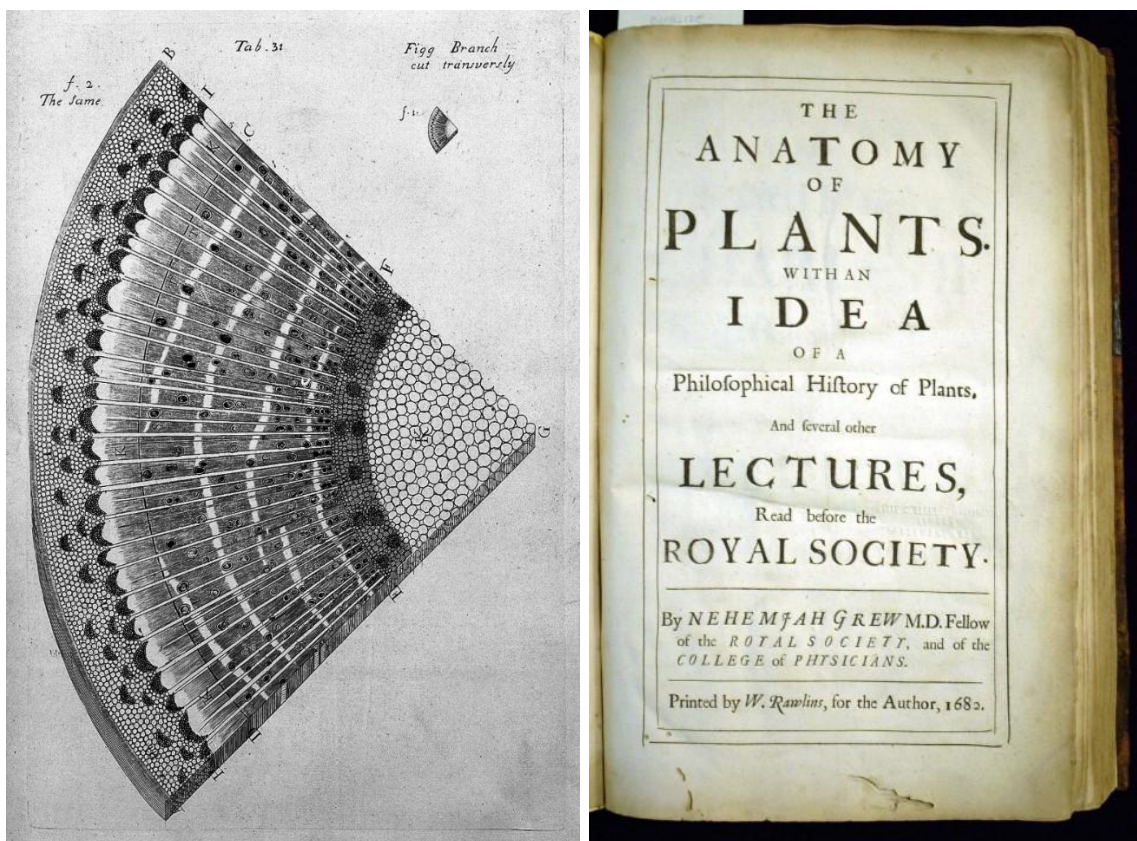


Рис. 34. Неемии Грю. Анатомия растений. 1682 год

В теле растений он различал плотные и рыхлые ткани: последним он, согласно терминологии Теофраста, дал название «паренхимы». Паренхима, по мнению Грю, *«весьма сходна в строении с пеной пива или с пеной яичного белка, являясь, по-видимому, жидким образованием»*.

Совершенно иную картину в описаниях Грю представляли плотные ткани стеблей и ветвей: *«Здесь ясно бросается в глаза наличие вертикальной и горизонтальной систем, сплетение которых дает некоторое подобие кружева»*.

Вот как Грю описывает эти плотные ткани: *«Наиболее верным и близким сравнением, которое мы могли бы теперь привести для выяснения сущности строения тела растения, могло бы быть сопоставление с куском тонкого кружева, сплетаемого женскими руками на коклюшечной подушке; действительно, и сердцевина, и ее лучики в паренхиме коры представляют прекрасную картину тончайшего кружева. Волокна сердцевины располагаются в горизонтальной плоскости, как основа в кружевной ткани, ограничивая отдельные пузырьки сердцевины и коры совершенно так же, как в кружеве нити оплетают ячей; сердцевинные лучи построены без пузырьков или с очень мелкими, наподобие плотных частей кружева или полотна...*

*...Затем все деревянистые и воздушные сосуды располагаются перпендикулярно к горизонтальным волокнам всех указанных выше паренхиматических частей: совершенно так же в кружеве на подушке относятся к плетению придерживающие его булавки. Стоит лишь представить себе булавки в виде трубочек и значительно увеличенными в длину, а работу над плетением кружева, повторяемой много тысяч раз в одном и том же направлении увеличения его толщины или высоты, сообразно высоте растения, и мы получим картину общего строения не только какой-либо ветви, но и всякой другой части растения в его развитии от семени до семени»*.



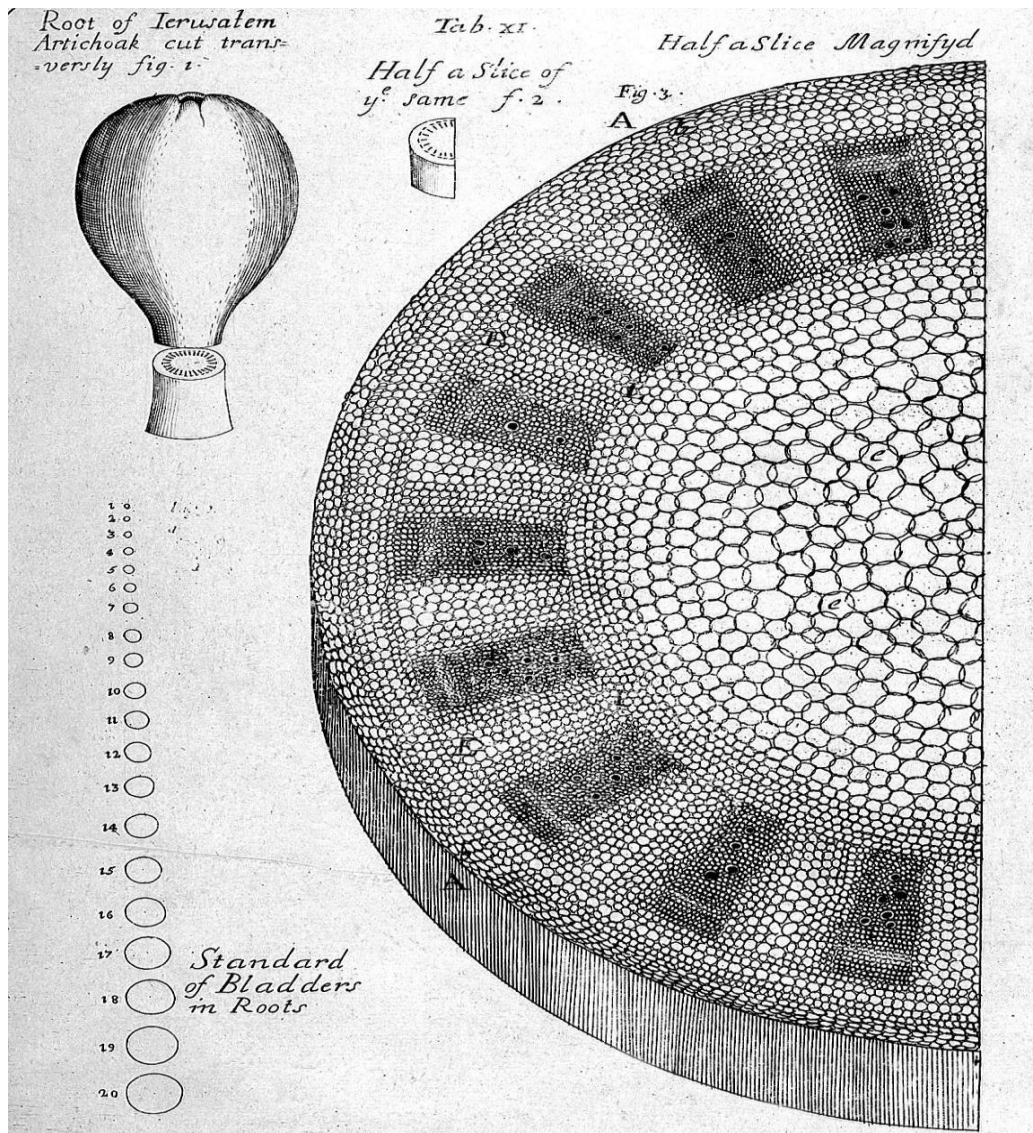


Рис. 35. Н. Грю. Анатомия растений

В то же время, что и Грю, микроскопическим изучением строения растений стал заниматься итальянский натуралист **Марчелло Мальпиги** (1628–1694). Он обратился к ботанике, разуверившись в возможности сразу понять всю сложность строения тела животных. Следуя классической традиции подразделения всех тел природы на животный, растительный и минеральный миры, он признает, что должен был бы начать с изучения последнего, но «всей жизни не хватило бы для этого».



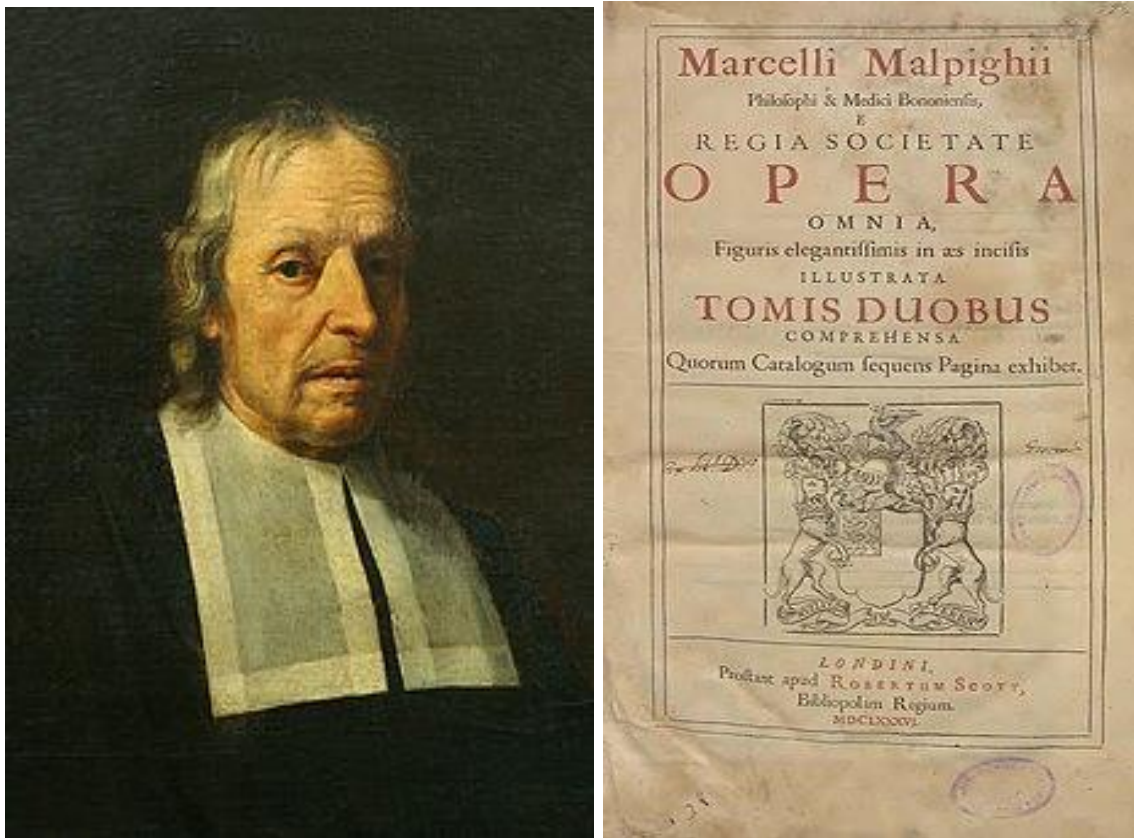


Рис. 36. Марчелло Мальпиги, прижизненный портрет Карло Чиньяни. Opera Omnia (полное собрание сочинений), Лондон, 1686

Главной заслугой Мальпиги является точная классификация элементов внутренней структуры растений. Он различает в теле растений пузырьки, или мешочки, часто наполненные жидкостью и окруженные плотной оболочкой; волокна, чрезвычайно мелкие и различимые только под микроскопом; сосуды. Особое внимание Мальпиги привлекают так называемые спиральные сосуды, которые он называет трахеями, приравнивая их к дыхательным трубкам (трахеям) насекомых. Каждая из этих групп структурных элементов, говорит Мальпиги, «объединяется в растении в отдельные однородные по структуре части тела растения», которые он называет «тканями».

Слово «ткань» подчеркивало сходство внутреннего строения растений со структурой льняных и шерстяных тканей. В признании этого сходства Мальпиги вполне соглашался с Грю.

Работая совершенно самостоятельно, оба исследователя пришли к весьма сходным результатам. Они произвели первое в истории науки

систематическое исследование внутренней структуры растений, поэтому им вполне заслуженно присвоено звание «отцов» микроскопической анатомии растений.

Приблизительно в одно и то же время оба исследователя представили свои доклады Лондонскому Королевскому обществу, и для их слушания было назначено одно общее заседание - 29 декабря 1671 г., который может считаться днем рождения анатомии растений.

Последующий XVIII в. стал эпохой иных запросов к естествознанию. Хозяйственная жизнь периода освоения колониальных районов настоятельно требовала от ботаники приведения в порядок того хаоса в названиях растений, который образовался из-за притока из захватываемых заокеанских стран все новых и новых видов растительного сырья. Поэтому внимание натуралистов сосредоточилось на создании рациональной системы классификации растительного мира.

Изучение микроструктуры растительного организма отодвинулось на задний план.

На протяжении всего XVIII в. не было работ, подобных исследованиям Мальпиги и Грю. В некотором роде исключением стала работа **Каспара Вольфа** «Теория генерации» (1759).

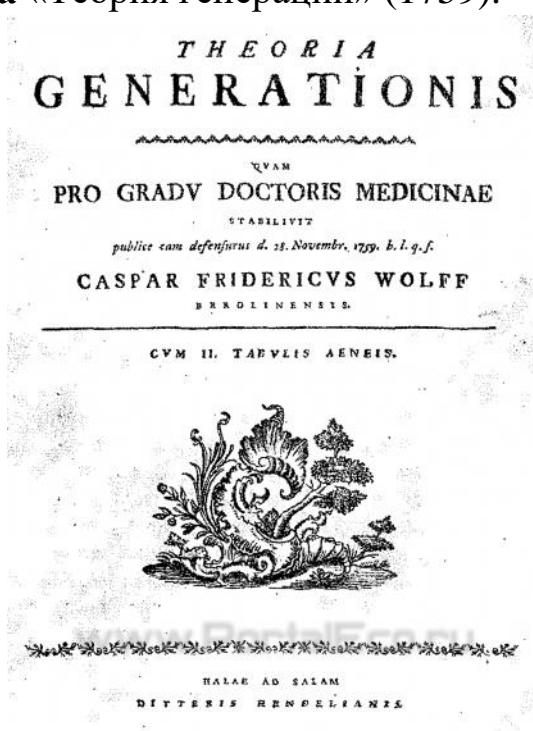


Рис. 37. Диссертация Вольфа «Теория генерации», напечатанная в 1759 г. на латинском языке. Снимок с экземпляра Библиотеки АН СССР

Часть этого труда была посвящена вопросу о развитии растений. Сама постановка проблемы генезиса растительных тканей была большим шагом вперед. Но разрешена она в этой работе была скорее умозрительно, чем путем точных наблюдений.

К.Вольф ошибочно считал, что растущая часть стебля, листа и корня состоит из гомогенной желатинообразной массы, в которой новые клетки возникают, «как пузырьки газа в поднимающемся при брожении тесте». Со временем эти пузырьки увеличиваются в объеме и числе, что и вызывает внешний эффект роста.

Эта теория, несмотря на чрезвычайно малую обоснованность, просуществовала довольно долго, и следы ее мы видим еще и на протяжении всей первой половины XIX в.

Начало XIX в. ознаменовалось целым рядом интересных ботанических работ, посвященных клетке. Три из них следует признать особо важными.

1. Открытие **Л. Тревиранусом** (1779–1864) способа образования сосудов из вертикальных рядов клеток, поперечные перегородки между которыми растворяются и исчезают, и весь вертикальный ряд клеток таким образом превращается в один полый сосуд.

2. Открытие **Д.Мольденгауером** (1766–1827) метода так называемой мацерации тканей путем обработки их горячей азотной кислотой и другими химическими реагентами, растворяющими межклеточное вещество, в результате чего вся ткань распадается на отдельные составлявшие ее клетки.

3. Открытие **Р.Броуном** (1773–1858) ядра клетки (1831), заставившее исследователей начать присматриваться к содержимому клетки. Прежде их исключительное внимание было обращено только на ее оболочку.



Рис. 38. Ядро растительной клетки. Р. Броун, 1831

Так, к 1830-м гг. выяснилось, что классификация Грю и Мальпиги, подразделявшая все внутренние структурные элементы растительного организма на три группы образований – пузырьки, волокна и сосуды, – не отвечает действительности. Волокна и сосуды оказались также клеточными образованиями, паренхима перестала быть «кружевом» Грю, или «пивной пеной», она под действием кислот распалась на отдельные клетки, а значит, и сам термин «ткань» стал очень условным.

Ткани растений на самом деле оказались совсем не похожими на льняные и шерстяные ткани или кружева, связанные из отдельных тяжей и нитей. Этот зрительный эффект возникал благодаря плотному соединению стенок смежных клеток, каждая из которых на самом деле была достаточно индивидуальной, связанной с соседними клетками растворимым межклеточным веществом. Все образования в организме растения сводились к основной форме – клетке.

Клетка стала единственным элементом внутренней структуры растений.

Такие выводы прозвучали в работах **П.Тюрпена** (1775–1840), писавшего в 1828 г.: *«Растение есть сложная индивидуальность; это*

– в некотором роде агрегат, состоящий из массы частных индивидуальностей, более мелких и более простых. Каждый из пузырьков сферической формы или становящийся иногда от взаимного давления гексаэдрическим, из которых составлена клеточная ткань, живет, растет и размножается, нисколько не заботясь о том, что делает его сосед: это, следовательно, самостоятельный жизненный центр в процессах роста и размножения, это – ячеистая индивидуальность, ассоциация которой с большим числом подобных же индивидуальностей и составляет наибольшую часть массы, из коей образована сложная индивидуальность дерева».

Приблизительно к таким же выводам, но в отношении структуры животного организма, пришел в начале XIX в. и натурфилософ **Л.Окен** (1779–1851), полагавший, что *«все тело животных состоит из маленьких составных частей, называемых инфузориями»*. Но взгляд этот, казавшийся не вполне обоснованным, не оставил заметного следа в науке того времени.

Наконец, идею единства клеточной структуры для мира животных и растений высказал в 1837 г. чешский физиолог **Я.Пуркинье** (1787–1869). Он отметил соответствие зернистой (клеточной) структуры органов животных ясному расчленению на клетки тела растений.

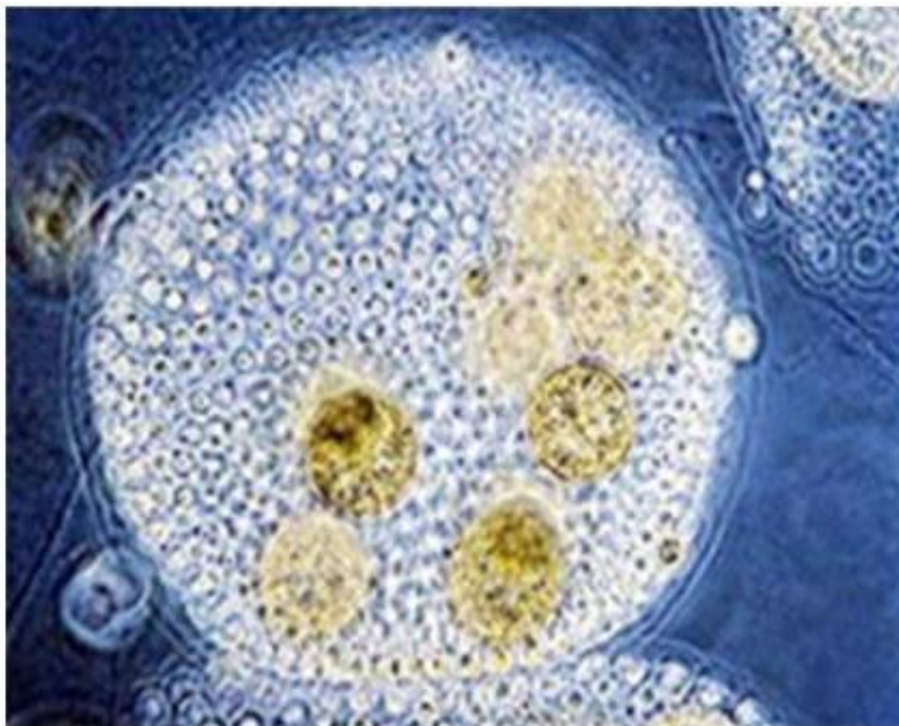


Рис. 39. Протоплазма. Я. Пуркинье



Таким образом, к концу 30-х гг. XIX в., когда на арену истории науки выступили творцы клеточной теории **М.Шлейден** (1804–1881) и **Т.Шванн** (1810–1882), представления о клеточной структуре организмов растительного и животного мира были не только подготовлены, но в значительной своей части и разработаны.

В работах Шлейдена «Материалы к развитию растений» и Шванна «Микроскопические исследования над единством структуры и роста у животных и растений» впервые показано и доказано не только то, что все живое состоит из клеток, но и самое главное, что все живое во всем его многообразии происходит (развивается) из клетки.

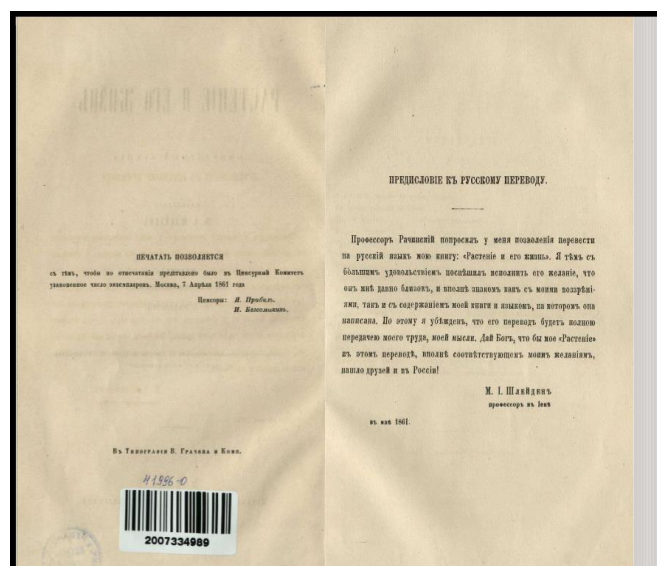
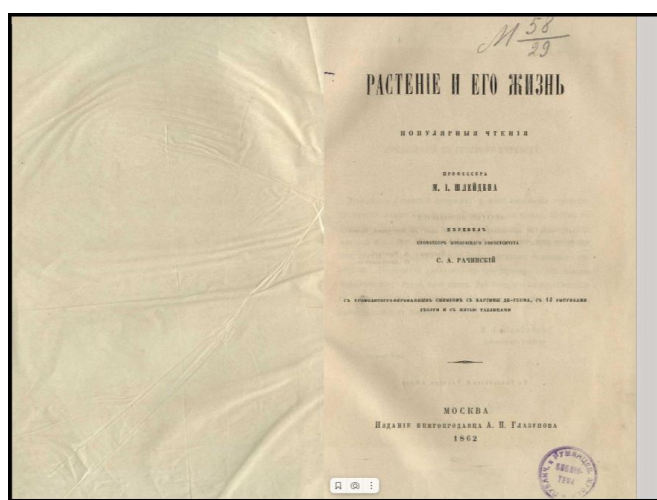


Рис. 40. Шлейденъ М.И. Растеніе и его жизнь. Москва: Изданіе книгопродавца А.И. Глазунова, 1862

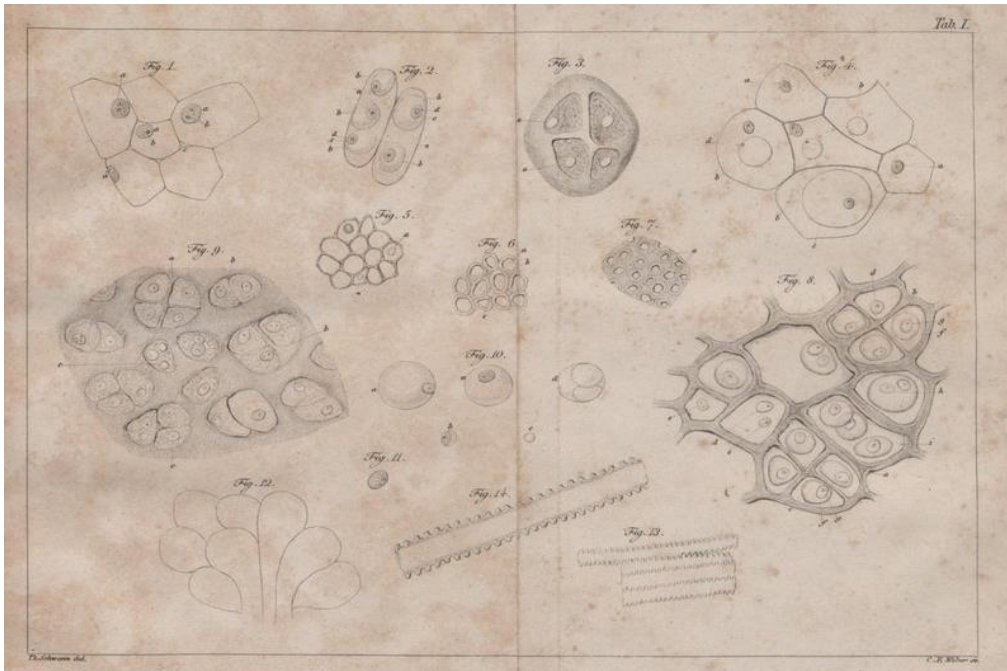


Рис. 41. Рисунки из монографии Т.Шванн. Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений, 1839

Ни Вольфу, ни Пуркинью не удалось разгадать этой истины, и они оба представляли себе процесс развития клеток как появление пузырьков в недифференцированной живой массе, подобной тесту.

Но и Шлейден, конечно, ошибался во многом. Например, о содержимом клеток он имел недостаточные и неправильные представления. Он думал, что клеточное ядро находится между листками двойной клеточной оболочки, и не мог разобраться в веществе, находящемся внутри клетки. Наблюдая цитоплазму, он не понял, что она-то, собственно, и является субстратом жизненных явлений. Он считал ее камедью и допускал возникновение в ней слизистых зерен, превращающихся в ядрышки и клеточные ядра – цитобласты, вокруг которых должна будто бы возникнуть новая клетка. Шлейден проглядел или игнорировал имевшиеся уже в то время в науке указания на процессы, связанные с делением клеток.

От конкретных форм, в которых и Шлейден, и Шванн представляли себе процесс развития растений и животных, в настоящее время мало что осталось. Но основная идея клеточного учения в формулировке Шлейдена и Шванна, что «все живые существа ведут свое происхождение от одной клетки, и на ранней стадии своего развития зародыш состоит действительно только из клетки», и поныне сохранила свою силу.

Основным недостатком учения Шлейдена и Шванна было чрезмерное внимание к клеточной оболочке и игнорирование живого содержимого клетки (Шванн видел оболочки животных клеток даже там, где их не было).

Важность живого содержимого клетки, названного протоплазмой, впервые разъяснил **Гуго Моль** (1805–1872) в статье «О движении соков внутри клеток», вышедшей в свет в 1846 г.

*«При ряде наблюдений по истории развития растительных клеток, которые я произвел минувшим летом, и результаты которых, если они будут подтверждены последующими наблюдениями, я намерен опубликовать позднее, я обратил внимание на явления, обнаруживаемые азотсодержащими составными частями клеточного содержимого... Так как эта вязкая жидкость появляется везде, где должны образоваться клетки, предшествуя первым плотным образованиям, обозначающим место развития будущих клеток, мы должны признать, что она же дает материал для образования ядра и первичной клеточной оболочки, причем эти образования не только стоят с ней в теснейшей связи по положению, но обнаруживают одинаковую реакцию на йод. Так как с обособлением участков этой вязкой жидкости*

начинается процесс возникновения новых клеток, то представляется вполне правильным для обозначения этого вещества воспользоваться наименованием, имеющим отношение к его физиологической функции, и я предлагаю для этого слово протоплазма.

...Чем старше клетка, тем больше увеличиваются в ней, по сравнению с массой протоплазмы, наполненные водянистым соком полости. Вследствие этого упомянутые полости сливаются между собой, и вязкая жидкость вместо сплошных перегородок образует лишь более или менее толстые нити, которые расходятся от массы, окружающей ядро, наподобие атмосферы, по направлению к клеточной стенке, перегибаются здесь, соединяются с другими нитями, тянущимися в обратном направлении, и таким путем образуют более или менее густо разветвляющуюся анастомозирующую сеть... Когда протоплазма образует подобные нити, то почти всегда можно наблюдать движение соков».

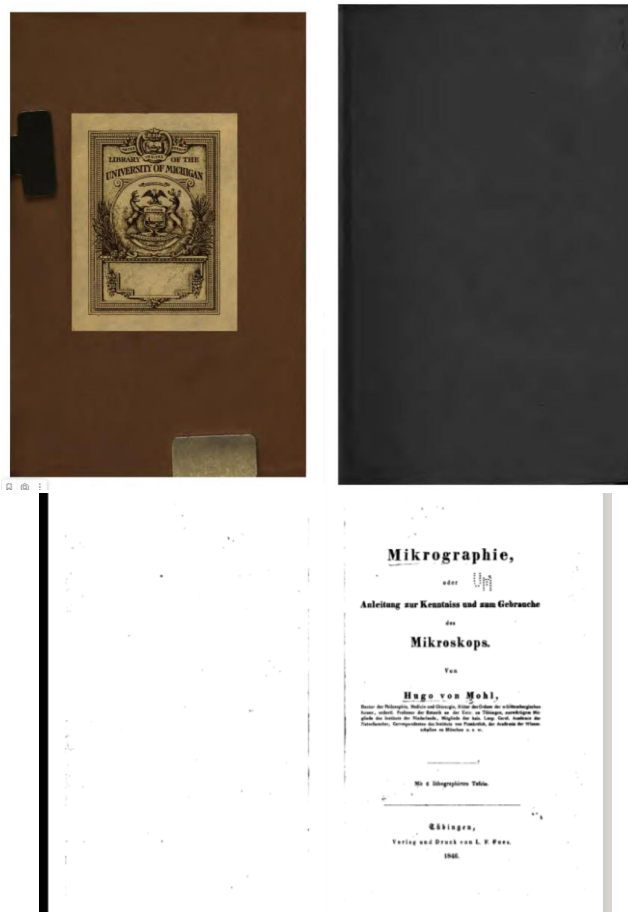


Рис. 42. Mikrographie; oder, Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops. By Hugo von Mohl. 1846

После этого исследования, отнявшего у клеточной оболочки растительной клетки ее внутренний слой, оказавшийся живым слоем протоплазмы, содержащим и ядро клетки, очевидно, должны были измениться и взгляды на процесс размножения клеток, который Шлейден представлял себе как «процесс, совершающийся внутри оболочки клетки».

Правильными представлениями о процессе размножения клеток мы обязаны ботанику **Ф.Унгеру** (1800–1870), наблюдавшему в 1841 г. процесс деления клеток в молодых нарастающих органах растения, а также образцовым исследованиям процессов роста (главным образом у низших растений), предпринятым **К.Негели** (1817–1891). В 1842–1844 гг. Негели изложил результаты своих работ в статье «Клеточные ядра, образование и рост клеток у растений»:

*«Для растений имеет силу следующий закон: нормальное образование клеток происходит только внутри клеток... Содержимое материнской клетки делится на две или большее число частей. Около каждой из этих частей образуется оболочка.*

*...На основании многочисленных исследований над водорослями, грибами, хвощами, сосудистыми тайнобрачными и явнобрачными растениями я считаю себя вправе установить как общий закон, что здесь, в материнской клетке, образуются две дочерние клетки, или, другими словами, одна клетка делится на две. Противоположные мнения и утверждения я считаю ошибочными».*

Весьма сложные процессы равномерного распределения ядерного вещества, наблюдаемые при делении клеток у высших растений, ускользнули от внимания первых исследователей, и честь этого замечательного открытия (1874), нередко ошибочно приписываемого немецким ученым Э.Страсбургеру и В.Флеммингу, принадлежит русскому ученому **И.Д. Чистякову** (1843–1876). История этого забытого в научной литературе открытия заслуживает того, чтобы на ней мы остановились подробнее.

Молодой русский ботаник Иван Дорофеевич Чистяков, выбившийся из нищеты, но из-за постоянных лишений «заработавший» к тридцати годам чахотку, посвятил свои последние годы разгадке роли ядра в процессе деления клетки. Не щадя сил, он месяцами просиживал над микроскопом, изучая процесс развития спор хвощей и плаунов.



Замечательная картина раскрылась перед ним. Материнские клетки спор перед созреванием начинали усиленно делиться. При этом контуры ядра клетки исчезали, а вещество, заключенное в клеточном ядре и названное позднее хроматином (по способности сильно окрашиваться анилиновыми красками), претерпевало ряд сложных изменений: сначала оно свертывалось в клубок, напоминающий клубок ниток, затем свернутая клубком нить разбивалась на отдельные червеобразно или подковообразно согнутые отрезки; эти отрезки плоским слоем в виде пояса собирались посередине делящейся клетки. Здесь каждая подковка хроматинового вещества аккуратно по длине расщеплялась на две подковки, которые и расходились к противоположным концам клетки. Затем происходило сворачивание обеих разошедшихся групп подковок в клубки, и на двух противоположных концах делящейся клетки образовывалось сначала по клубку, а затем по новому дочернему ядру. Наконец, посередине клетки возникала перегородка, и материнская клетка оказывалась разделившейся на две дочерние клетки.



Рис. 43. Деление клетки

Преодолевая болезнь, Чистяков много раз повторяет свои наблюдения. Слабеющей рукой делает он записи в тетрадь и зарисовки увиденного.

В 1871 г. в типографии А.И. Мамонтова он издает свой труд «История развития спорангиев и спор высших тайнобрачных пыльников и пыльцы явнобрачных: анатомико-физиологическое исследование», а затем публикует свое открытие в 1874 и 1875 гг. в европейских ботанических журналах на итальянском и немецком языках, и оно становится достоянием всего ученого мира.

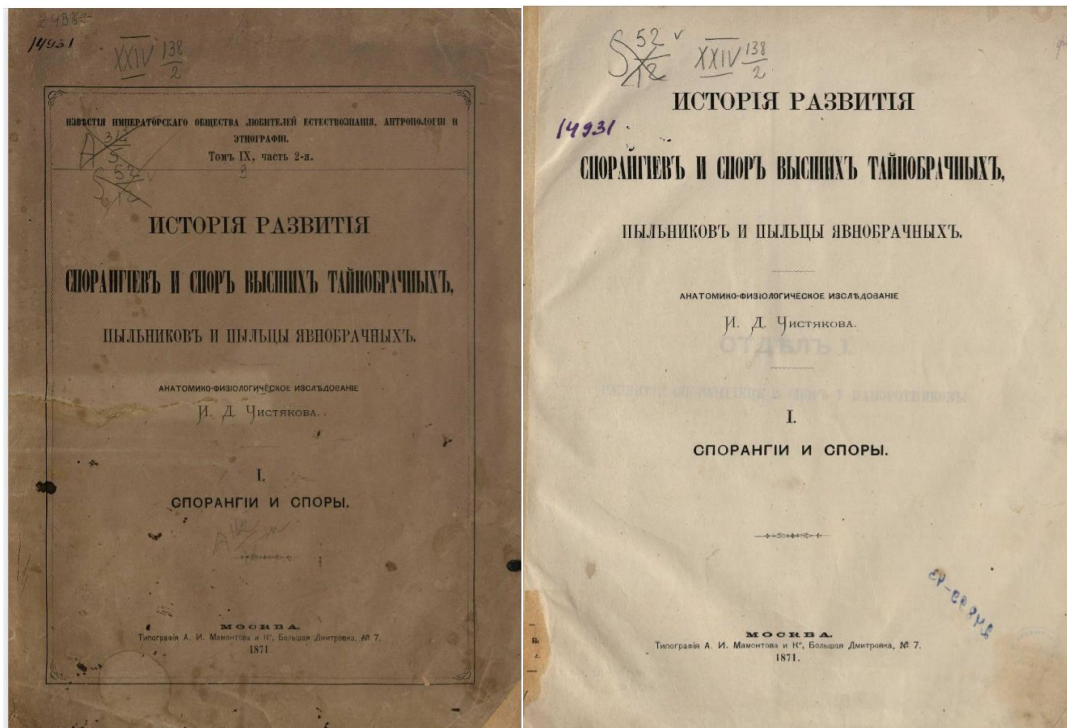


Рис. 44. И.Д. Чистяков «История развития спорангиев и спор высших тайнобрачных пыльников и пыльцы явнобрачных: анатомико-физиологическое исследование», 1871 г.

Известный немецкий ученый **Э. Страсбургер** (1844–1912) понял, что его русский коллега разгадал загадку, над которой столько лет бился он сам. Это аккуратное расщепление подковок хроматинового вещества, которое предшествует делению клетки, это расхождение расщепившихся половинок к противоположным концам клетки Страсбургер истолковал как процесс, с которым связана наследственная передача дочерним клеткам особенностей материнской клетки.

Страсбургер, оценивший громадное значение описанного Чистяковым факта, пытался приписать себе приоритет этого открытия, но печатные работы Чистякова сохранили за последним честь первенства. Впрочем, и эта честь, и денежная помощь, и отправка для лечения в

Италию – все оказалось сильно запоздавшим, и через год после публикации работ на 34-м году жизни Чистяков умер.

**В. Флемминг** (1843–1905) только в 1878 г., через четыре года после Чистякова, произвел точные наблюдения открытого русским ученым явления, детально описал его и назвал кариокинезом. Флеммингу принадлежала и идея назвать ядерное вещество, претерпевающее изменения в процессе кариокинеза, хроматином.

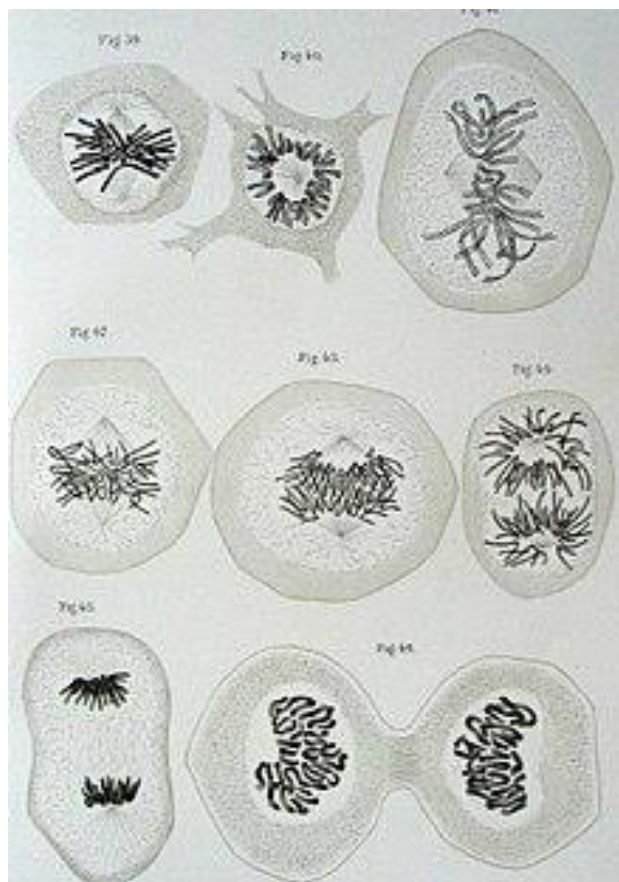


Рис. 45. Дальнейшие митотические фигуры из клеточного вещества, ядра и заживления клеток (1882) Walther\_Flemming

Исследования Чистякова продолжил другой русский ученый – **В.И. Беляев** (1855–1911), избравший объектом своих наблюдений клетки пыльцы голосеменных растений. Он открыл явление так называемого редукционного деления, которое имеет место при созревании мужских и женских половых клеток и заключается в том, что число хромосом в каждой из созревающих половых клеток становится вдвое меньше, чем число хромосом в других клетках тела растения. Таким образом, в каждой из зрелых половых клеток, и мужской, и женской, к

моменту созревания сохраняется лишь половинное число хромосом. В процессе оплодотворения при слиянии двух клеток, мужской и женской, вновь получается нормальное число хромосом, которое материнская клетка передает всем образующимся из нее клеткам тела нового растения.

Открытие Беляева стало одним из основных аргументов в обосновании учения о связи хромосом с процессом наследственной передачи особенностей родительских клеток дочерним. Попарное соединение при оплодотворении хромосом мужской и женской половых клеток наглядно объясняло, почему потомки соединяют в себе наследственные особенности обоих родителей. В свете учения о редукционном делении и о хромосомах стали понятны многие неясные до того времени явления, сопровождающие передачу по наследству прироченных свойств и признаков у растений и животных.

Экспериментальное выяснение роли ядра в клетке было впервые проведено в 1890-х гг. русским ботаником **И.И. Герасимовым** (1867–1920). Экспериментируя с водорослью спирогирой, он получал безъядерные и двуядерные клетки. Клетки без ядра не могли существовать долго, наличие двух ядер вызывало усиленное развитие и деление клеток.

Славу русских исследователей-цитологов продолжили и донесли до наших дней работы **С.Г. Навашина** (1857–1930) и его многочисленных учеников. Работы Навашина стали новой эпохой в изучении клеточного ядра. Им сделан ряд крупных открытий, например открытие спутников хромосом.

В 1870-е гг. появился ряд псевдонаучных теорий – возникла тенденция к превращению учения о клетке в теорию структурных элементов взрослого организма. Большое распространение получило грубое механистическое толкование, согласно которому клетки – это «отдельные, не зависящие друг от друга кирпичики», из которых слагается «сложная архитектура растения». Так считал, например, **Рудольф Вирхов** (1821–1902), выдающийся немецкий патолог.

Видный ботаник и микробиолог **Ф.Кон** (1828–1898) в своем двухтомном труде «Растение» одну из глав назвал «Государство клеток». В ней он приравнивал сучья дерева к провинциям, листья – к об-

щинам, а клетки – к личностям отдельных граждан. Прорастание, цветение и плодоношение он трактовал как государственные функции, а вегетативное размножение – как возникновение автономных колоний.

Еще дальше по пути подобных аналогий пошел известный немецкий физиолог **М.Ферворн** (1863–1921), приравнявший «государственное клеточное устройство» растительного организма к республике, в противоположность «более высокой организации животных» с их центральной нервной системой, напоминавшей милые его сердцу «черты монархического клеточного устройства». Ферворн считал, что всю физиологию можно свести к физиологии клетки, и пытался все сложные физиологические процессы у многоклеточных живых существ объяснять простым суммированием того, что можно наблюдать у амёб и инфузорий.

Все эти теории грубо схематизировали строение организма, пытались свести все происходящие в нем жизненные явления к простой арифметической сумме жизней отдельных частиц – «клеточных индивидуальностей». Естественной реакцией на крайности механицизма и вульгаризации в области учения о клетке стали выступления отдельных ученых, доказывавших неправильность абсолютизации роли клетки в организме и невозможность сведения жизни организма как целого к сумме жизней составляющих его отдельных клеток.

Крупнейшим поворотным событием в науке явилось открытие в 1877 г. русским ученым **И.Н. Горожанкиным** (1848–1904) плазмодесм, или тонких нитей протоплазмы, соединяющих через поры содержимое соседних клеток. Плазмодесмы как бы связывают содержимое отдельных клеток растительной ткани в одно целое.

Это важное открытие побудило ряд европейских ученых, в частности немецкого ученого **М.Гейденгайна**, высказать соображения о том, что «понятие живого вещества гораздо шире понятия клетки и во всяком случае не совпадает с ним» (1912). Гейденгайн признал живым и межклеточное вещество.

Если механисты – последователи Р.Вирхова – изображали организм сложносоставным, то критики клеточной теории в пылу полемики ударились в другую крайность и пытались представить его простым, подобно сплошному плазмодию. При этом игнорировалось то обстоятельство, что многоклеточный организм развивается из одной



клетки путем деления, повторяя тысячелетние этапы эволюции органического мира.

Любопытно в связи с оппозиционными высказываниями «антицеллюляристов», считавшимися одно время ультрареволюционными, привести историческую справку.

Самые ранние выступления противников клеточной теории в России были проникнуты явно реакционным духом. В 1901 г. на X съезде русских естествоиспытателей и врачей с речью выступил товарищ министра народного просвещения Лукьянов, который ранее заведовал кафедрой патологической анатомии в одном из высших учебных заведений и считался специалистом в области гистологии. Свою речь на съезде он начал с вопроса о живом межклеточном веществе, наличие которого якобы опровергает клеточную теорию; закончил же ее указанием на «непостижимость тайн жизни» и призывом к союзу науки с религией. Профессор Петербургского университета В.Шимкевич, сидевший за столом президиума съезда, по окончании этой речи демонстративно встал и перекрестился, сказав вслух: «Миром Господу помолимся».

Основным в учении о клетке, следуя завету Шлейдена и Шванна, теперь считают генетическую сторону и рассматривают клетку как биологическую единицу размножения и дифференциации разнообразных тканей организма. Новая концепция учения о клетке обогатилась громадной суммой новых, добытых наукой данных. Однако и теперь, так же как более 100 лет назад, учение о клетке является отправным пунктом при изучении всякого организма, в том числе и организма растений.

## **2.2. Строение растительной клетки**

На заре развития жизни на Земле все клеточные формы были представлены бактериями. Они всасывали органические вещества, растворённые в первичном океане, через поверхность тела.

Со временем некоторые бактерии приспособились производить органические вещества из неорганических. Для этого они использовали энергию солнечного света. Возникла первая экологическая система, в которой эти организмы были производителями. В результате

этого в атмосфере Земли появился кислород, выделяемый этими организмами. С его помощью можно из той же самой пищи получить гораздо больше энергии, а добавочную энергию использовать на усложнение строения тела: разделение тела на части.

Одно из важных достижений жизни - разделение ядра и цитоплазмы. В ядре находится наследственная информация. Специальная мембрана вокруг ядра позволила защитить от случайных повреждений. По мере необходимости цитоплазма получает из ядра команды, направляющие жизнедеятельность и развитие клетки.

Организмы, у которых ядро отделено от цитоплазмы, образовали надцарство ядерных (к ним относятся - растения, грибы, животные).

Таким образом, клетка - основа организации растений и животных - возникла и развилась в ходе биологической эволюции.

Даже не вооружённым глазом, а ещё лучше под лупой можно видеть, что мякоть зрелого арбуза состоит из очень мелких крупинок, или зёрнышек. Это клетки - мельчайшие «кирпичики», из которых состоят тела всех живых организмов, в том числе и растительных.

Жизнь растения осуществляется деятельностью его клеток, создающих единое целое. При многоклеточности частей растения существует физиологическое разграничение их функций, специализация различных клеток в зависимости от местоположения их в теле растения.

Растительная клетка отличается от животной тем, что имеет плотную оболочку, покрывающую внутреннее содержимое со всех сторон. Клетка не является плоской (как её принято изображать), она скорее всего похожа на очень маленький пузырёк, наполненный слизистым содержимым.

Клетка - это элементарная единица строения любого организма, в том числе растительного; она способна к самостоятельному обмену веществ, росту, развитию и воспроизведению. Таким образом, клетка представляет собой сложную систему, все части которой работают согласованно.

Постоянные части клетки, выполняющие определённые функции, называются **органоидами** (от др.-греч. *organon* [органон] - «орган» и *eidos* [эйдос] - «подобие», дословно «подобные органам») или **органеллами** (от др.-греч. *organella* [органэлла] - «маленький орган»).

Временные образования, входящие в состав клетки (крахмальные зёрна, белковые гранулы, кристаллы солей, капли жира), называются **включениями**.

Конкретные черты строения клеток многоклеточного организма зависят от функций, которые они выполняют. Изучением строения, развития и жизнедеятельности клеток занимается наука **цитология** (от др.-греч. *kytos* [кйтос] - «сосуд,местилище, клетка» и *logos* [лóгос] - «наука, учение»).

Клетки организмов из разных групп имеют общий план строения и состоят из трёх обязательных компонентов - цитоплазмы с органоидами, ядра и клеточной мембраны, - но отличаются некоторыми характерными чертами.

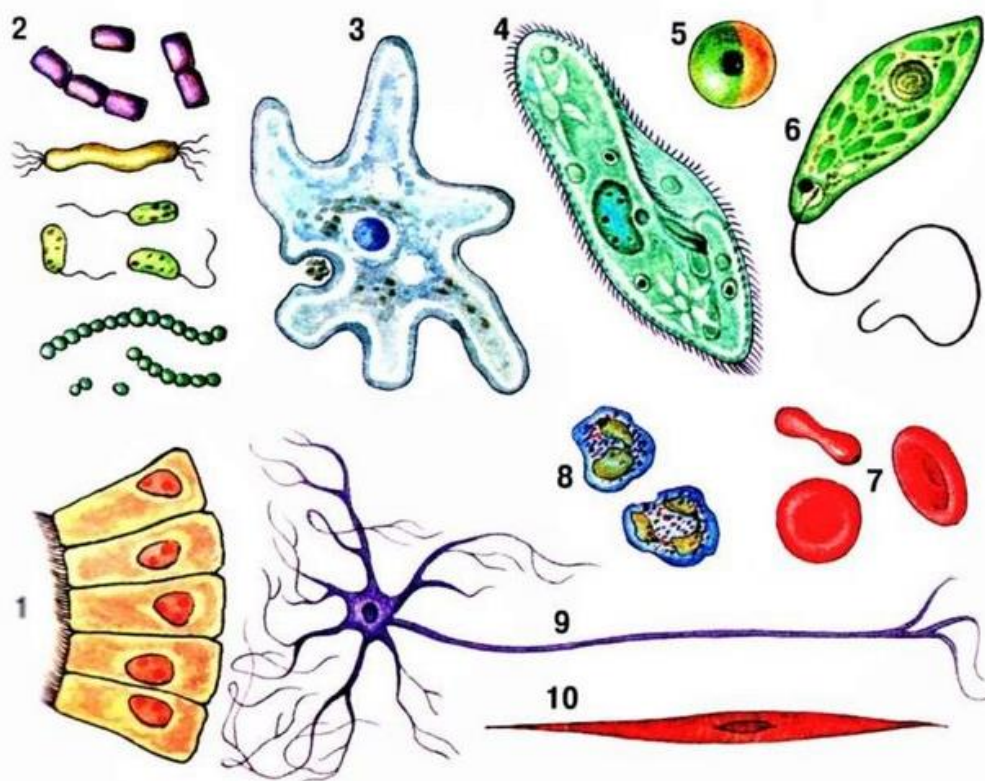


Рис. 46. Различные формы клеток: 1 – эпителий кишечника, 2 – бактерии, 3 – амеба, 4 – инфузория туфелька, 5 – икринка (яйцеклетка), 6 – эвглена зеленая, 7 – эритроциты, 8 – лейкоциты, 9 – нервная клетка, 10 – мышечная клетка

**Клетка** - основная форма организации живой материи, элементарная единица организма. Она представляет собой самовоспроизводящуюся систему, которая обособлена от внешней среды и сохраняет

определенную концентрацию химических веществ, но одновременно осуществляет постоянный обмен со средой.

Клетка - основная структурная единица одноклеточных, колониальных и многоклеточных организмов. Единственная клетка одноклеточного организма универсальна, она выполняет все функции, необходимые для обеспечения жизни и размножения. У многоклеточных организмов клетки чрезвычайно разнообразны по размеру, форме и внутреннему строению. Это разнообразие связано с разделением функций, выполняемых клетками в организме.

Несмотря на огромное разнообразие, клетки растений характеризуются общностью строения - это клетки *эукариотические*, имеющие оформленное ядро. От клеток других эукариот - животных и грибов - их отличают следующие особенности:

- 1) наличие пластид;
- 2) наличие клеточной стенки, основным компонентом которой является целлюлоза;
- 3) хорошо развитая система вакуолей;
- 4) отсутствие центриолей при делении;
- 5) рост путем растяжения.

Форма и размеры растительных клеток очень разнообразны и зависят от их положения в теле растения и функций, которые они выполняют. Плотнo сомкнутые клетки чаще всего имеют форму многогранников, что определяется их взаимным давлением, на срезах они обычно выглядят как 4 – 6-угольники. Клетки, диаметр которых по всем направлениям приблизительно одинаков, называются *паренхимными*.

*Прозенхимными* называются клетки сильно вытянутые в длину, длина превышает их ширину в 5-6 и более раз. В отличие от клеток животных, взрослые клетки растений всегда имеют постоянную форму, что объясняется присутствием жесткой клеточной стенки.

Размеры клеток большинства растений колеблются от 10 до 100 мкм (чаще всего 15-60 мкм), они видны только под микроскопом. Более крупными обычно бывают клетки, запасующие воду и питательные вещества. Мякоть плодов арбуза, лимона, апельсина состоит из столь крупных (несколько миллиметров) клеток, что их можно увидеть невооруженным глазом. Очень большой длины достигают некоторые прозенхимные клетки. Например, лубяные волокна льна имеют длину

около 40 мкм, а крапивы – 80 мкм, при этом величина их поперечного сечения остается в микроскопических пределах.

Число клеток в растении достигает астрономических величин. Так, один лист дерева насчитывает более 100 млн. клеток.

В растительной клетке можно различить три основные части:

1) углеводную **клеточную стенку**, окружающую клетку снаружи;

2) **протопласт** – живое содержимое клетки, - прижатый в виде довольно тонкого постенного слоя к клеточной стенке;

3) **вакуоль** – пространство в центральной части клетки, заполненное водянистым содержимым – **клеточным соком**. Клеточная стенка и вакуоль являются продуктами жизнедеятельности протопласта.

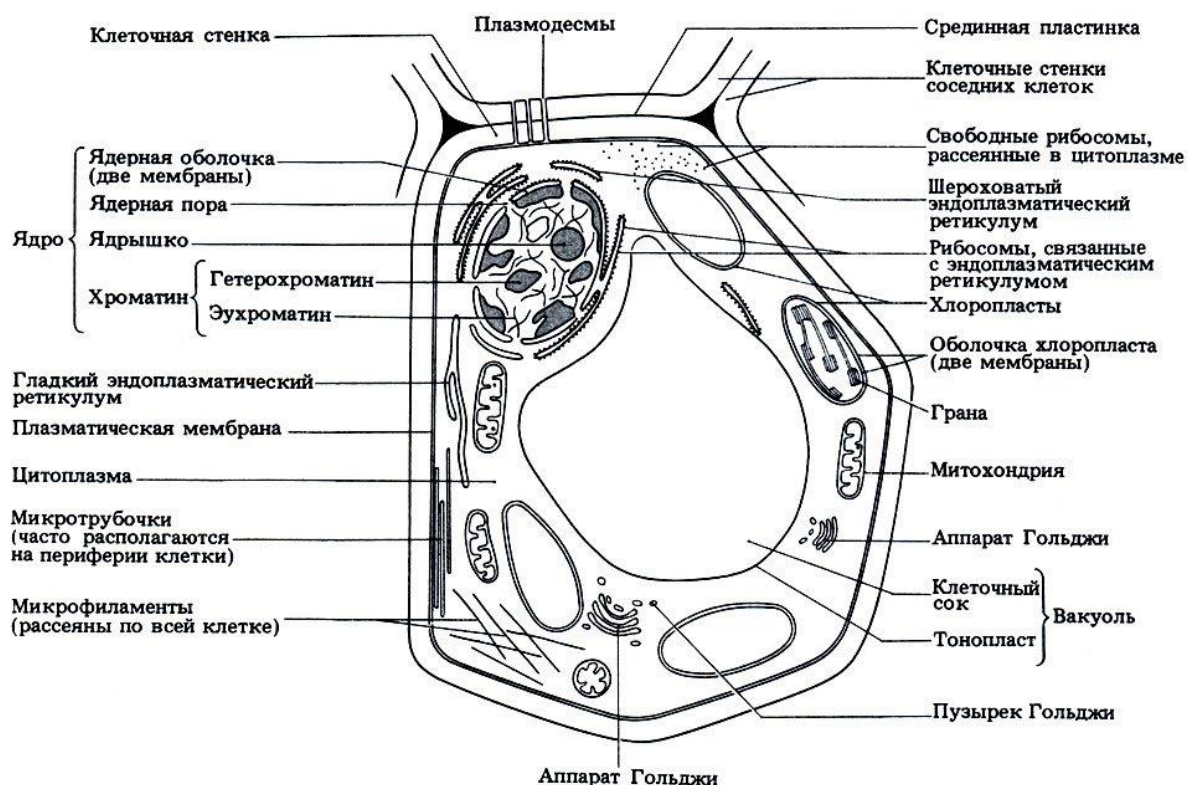


Рис. 47. Строение растительной клетки

**Протопласт** – активное живое содержимое клетки. Протопласт представляет собой чрезвычайно сложное образование, дифференцированное на различные компоненты, называемые органеллами (органоидами), которые постоянно в нем встречаются, имеют характерное строение и выполняют специфические функции.



К органеллам клетки относятся ядро, пластиды, митохондрии, рибосомы, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, микротельца.

Органеллы погружены в гиалоплазму, которая обеспечивает их взаимодействие. Гиалоплазма с органеллами, за вычетом ядра, составляет цитоплазму клетки.

От клеточной стенки протопласт отделен наружной мембраной – плазмалеммой, от вакуоли - внутренней мембраной – тонопластом. В протопласте осуществляются все основные процессы обмена веществ.

Химический состав протопласта очень сложен и разнообразен. Каждая клетка характеризуется своим химическим составом в зависимости от физиологических функций.

Основными классами *конституционных*, т. е. входящих в состав протопласта, соединений являются:

- вода (60-90%),
- белки (40-50% сухой массы протопласта),
- нуклеиновые кислоты (1-2%),
- липиды (2-3%),
- углеводы и другие органические соединения.

В состав протопласта входят и неорганические вещества в виде ионов минеральных солей (2-6%). Белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы синтезируются самим протопластом.

Помимо конституционных веществ, в клетке присутствуют *запасные* вещества (временно выключенные из обмена) и *отбросы* (конечные его продукты). Запасные вещества и отбросы получили обобщенное название *эргастических* веществ. Эргастические вещества, как правило, накапливаются в клеточном соке вакуолей в растворенном виде или образуют *включения* – оформленные частицы, видимые в световой микроскоп. К эргастическим обычно относят вещества вторичного синтеза.

По физическим свойствам протопласт представляет собой многофазный коллоидный раствор (плотность 1,03-1,1). Обычно это гидрозоль, т.е. коллоидная система с преобладанием дисперсионной среды – воды. В живой клетке содержимое протопласта находится в постоянном движении, его можно заметить под микроскопом по передвижению органоидов и включений. Движение может быть *враща-*

*тельным* (в одном направлении) или *струйчатым* (направление токов в разных течениях цитоплазмы различно). Ток цитоплазмы называется также *циклозом*. Он обеспечивает лучшую транспортировку веществ и способствует аэрации клетки.

**Цитоплазма** - обязательная часть живой клетки, где происходят все процессы клеточного обмена, кроме синтеза нуклеиновых кислот, совершающегося в ядре. Основу цитоплазмы составляет ее *матрикс*, или *гиалоплазма*, в который погружены органеллы.

**Гиалоплазма** – сложная бесцветная, оптически прозрачная коллоидная система, она связывает все погруженные в нее органеллы, обеспечивая их взаимодействие. Гиалоплазма содержит ферменты и активно участвует в клеточном метаболизме, в ней протекают такие биохимические процессы, как гликолиз, синтез аминокислот, синтез жирных кислот и масел и др. Она способна к активному движению и участвует во внутриклеточном транспорте веществ.

Часть структурных белковых компонентов гиалоплазмы формирует надмолекулярные агрегаты со строго упорядоченным расположением молекул - *микротрубочки и микрофиламенты*.

**Микротрубочки** – это тонкие цилиндрические структуры диаметром около 24 нм и длиной до нескольких микрометров. Их стенка состоит из спирально расположенных сферических субъединиц белка тубулина. Микротрубочки участвуют в ориентации образуемых плазмалеммой целлюлозных микрофибрилл клеточной стенки, во внутриклеточном транспорте, поддержании формы протопласта. Из них образуются нити веретена деления во время митоза, жгутики и реснички.

**Микрофиламенты** представляют собой длинные нити толщиной 5-7 нм, состоящие из сократительного белка актина. В гиалоплазме они образуют пучки – цитоплазматические волокна, или принимают вид трехмерной сети, прикрепляясь к плазмалемме, пластидам, элементам эндоплазматической сети, рибосомам, микротрубочкам. Считается, что, сокращаясь, микрофиламенты генерируют движение гиалоплазмы и направленное перемещение прикрепленных к ним органелл. Совокупность микротрубочек и микрофиламентов составляет *цитоскелет*.

В основе структуры цитоплазмы лежат **биологические мембраны** – тончайшие (4-10 нм) пленки, построенные в основном из фосфолипидов и белков – липопротеидов. Молекулы липидов образуют

структурную основу мембран. Фосфолипиды располагаются двумя параллельными слоями таким образом, что их гидрофильные части направлены наружу, в водную среду, а гидрофобные остатки жирных кислот – внутрь. Часть молекул белков располагается несплошным слоем на поверхности липидного каркаса с одной или обеих его сторон, часть их погружена в этот каркас, а некоторые проходят через него насквозь, образуя в мембране гидрофильные «поры» (рис. 48). Большинство мембранных белков представлено различными ферментами.

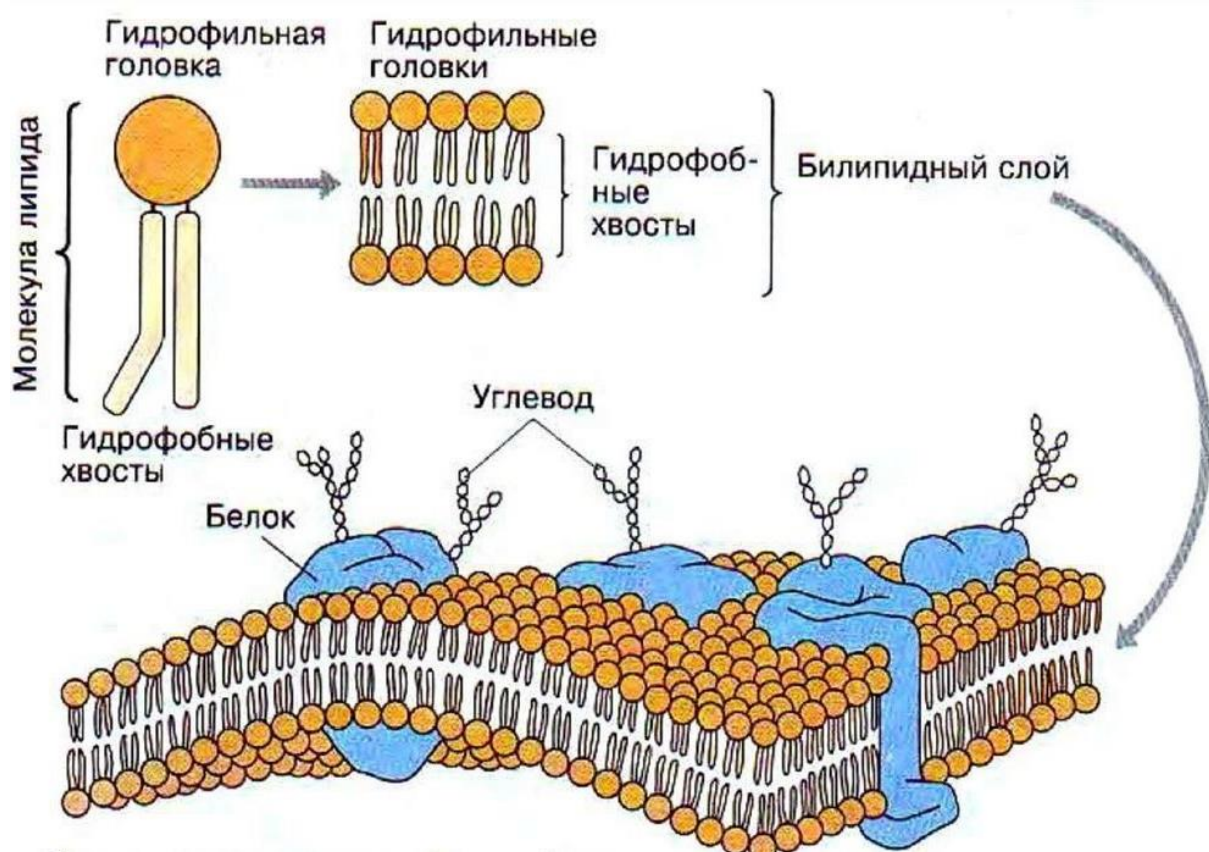


Рис. 48. Схема строения клеточной мембраны

Мембраны – живые компоненты цитоплазмы. Они отграничивают протопласт от внеклеточной среды, создают внешнюю границу органелл и участвуют в создании их внутренней структуры, во многом являясь носителем их функций. Характерной особенностью мембран является их замкнутость, непрерывность – концы их никогда не бывают открытыми. В некоторых особенно активных клетках мембраны могут составлять до 90% сухого вещества цитоплазмы.

Одно из основных свойств биологических мембран – их **избирательная проницаемость** (полупроницаемость): одни вещества проходят через них с трудом или вообще не проходят (барьерное свойство), другие проникают легко. Избирательная проницаемость мембран создает возможность подразделения цитоплазмы на изолированные отсеки – **компарменты** – различного химического состава, в которых одновременно и независимо друг от друга могут протекать различные биохимические процессы, часто противоположные по направлению.

Пограничными мембранами протопласта являются **плазмалемма** – плазматическая мембрана и **тонопласт** – вакуолярная мембрана.

**Плазмалемма** – наружная, поверхностная мембрана цитоплазмы, обычно плотно прилегает к клеточной стенке. Она регулирует обмен веществ клетки с окружающей средой, воспринимает раздражения и гормональные стимулы, координирует синтез и сборку целлюлозных микрофибрилл клеточной стенки. **Тонопласт** регулирует обмен веществ между протопластом и клеточным соком.

**Рибосомы** – важные органеллы клетки, которые находятся на поверхности эндоплазматической сети. Строение рибосомы связано с синтезом белка.

Рибосома – это немембранная органелла, состоящая из двух частей – субъединиц. Рибосомы попадают на ЭПС или в цитоплазму из ядрышка через поры мембранной стенки ядра.

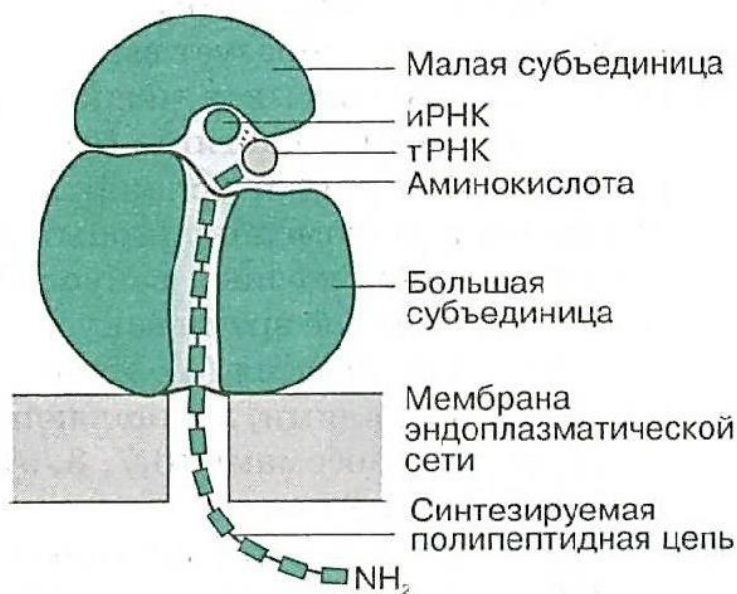


Рис. 49. Схема строения рибосомы

**В зависимости от расположения рибосомы бывают двух видов:**

- связанные – оседают на ЭПС;
- свободные – находятся в цитоплазме.

Субъединицы делятся на два типа – большие и малые. Каждая часть состоит из смеси нуклеиновых кислот и протеина, т.е. по химической структуре рибосома является нуклеопротеидом.

В состав рибосом эукариотической клетки входят четыре вида рибосомальной РНК (рРНК), различающихся количеством нуклеотидов:

- 18S – 1900 нуклеотидов;
- 5S – 120 нуклеотидов;
- 5,8S – 160 нуклеотидов;
- 28S – 4800 нуклеотидов.

18S-рРНК и 30-35 белков составляют малую субъединицу, остальные рибонуклеиновые кислоты и 45-50 белков входят в состав большой субъединицы. Большая субъединица прокариот включает два вида РНК, а малая – один.

В ядрышке субъединицы синтезируются по отдельности. Они собираются в месте в единую рибосому только для работы – синтеза белка, который происходит на матричной РНК. Субъединицы обхватывают мРНК, собираясь в комплексы, которые называются полисомами или полирибосомами.

**Эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум - ЭПС)** представляет собой разветвленную трехмерную сеть каналов, пузырьков и цистерн, ограниченных мембранами, пронизывающую гиалоплазму. Эндоплазматическая сеть в клетках, синтезирующих белки, состоит из мембран, несущих на наружной поверхности рибосомы. Такая форма получила название *гранулярной*, или *шероховатой* (рис. 50).



### Шероховатая эндоплазматическая сеть

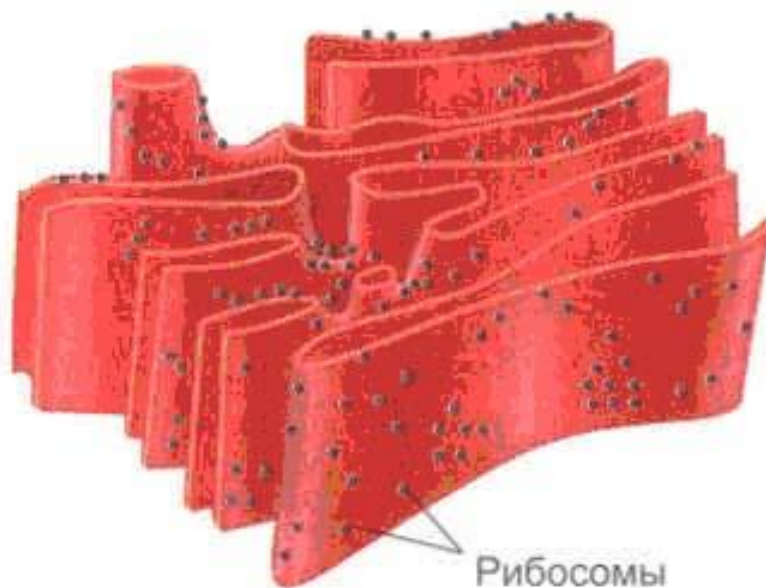


Рис. 50. Схема строения гранулярной (шероховатой) ЭПС

Эндоплазматическая сеть, не имеющая рибосом, называется *агранулярной*, или *гладкой* (рис. 51). Агранулярная эндоплазматическая сеть принимает участие в синтезе жиров и других липофильных соединений (эфирные масла, смолы, каучук).

### Гладкая эндоплазматическая сеть

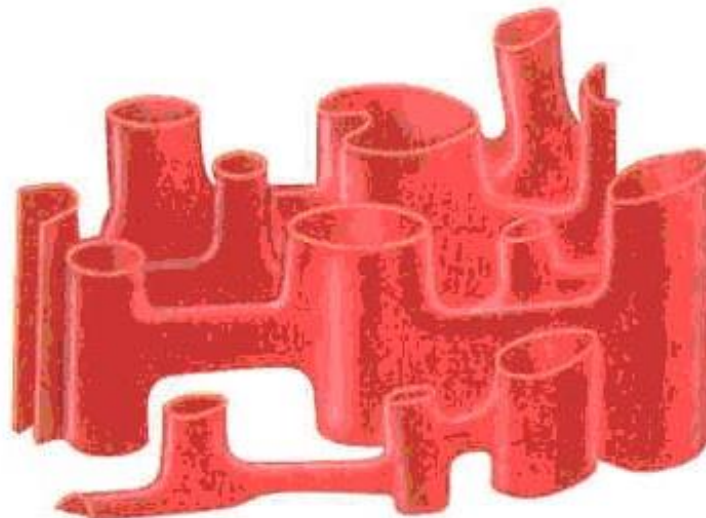


Рис. 51. Схема строения гладкой ЭПС

Эндоплазматическая сеть функционирует как коммуникационная система клетки и используется для транспортировки веществ.

Эндоплазматические сети соседних клеток соединяются через цитоплазматические тяжи – **плазмодесмы**, которые проходят сквозь клеточные стенки.

Эндоплазматическая сеть – центр образования и роста клеточных мембран. Она дает начало таким компонентам клетки, как вакуоли, лизосомы, диктиосомы, микротельца. При участии эндоплазматической сети осуществляется взаимодействие между органеллами.

**Комплекс Гольджи** (сокращенно **КГ**) по-другому еще называют внутренним сетчатым аппаратом.

**Комплекс Гольджи** - это особая часть метаболической системы цитоплазмы, которая принимает непосредственное участие в процессе выделения и формирования мембранных структур клетки.

Если посмотреть на строение аппарата Гольджи в оптический микроскоп, то можно увидеть, что Гольджи представляет собой сетку или палочкообразные тельца, изогнутые и лежащие вокруг ядра.

Если рассмотреть строение комплекса Гольджи под электронным микроскопом, то обнаружится, что органелла представляет собой 3 вида образований (рис. 52.):

1. Сплюснутые дискообразные цистерны в виде многоярусной системы, которые плотно располагаются пучками на расстоянии от 14 до 25 нм с внутренним пространством от 5 до 20 нм. Обычно в одном комплексе находится 5-6 мешочков.
2. Система трубочек. Их диаметр - от 20 до 50 нм.
3. Система пузырьков. Размеры мелких пузырьков или везикул - 20-30 нм, а больших - до 2000 нм.

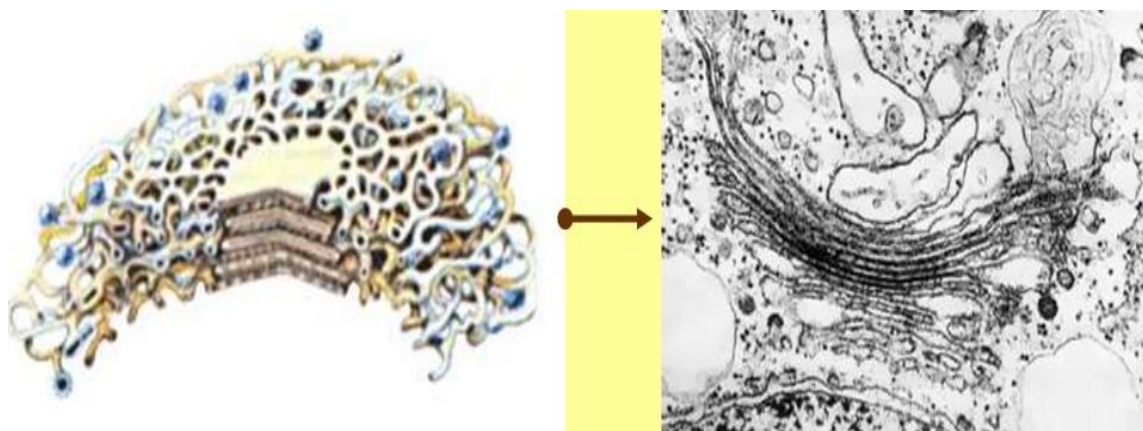


Рис. 52. Схема строения Аппарата Гольджи

Все компоненты строения аппарата Гольджи образуются с помощью гладких мембран.

В некоторых случаях строение комплекса Гольджи связано с зернисто-сетчатой структурой. Располагаются такие варианты непосредственно у ядра и имеют вид колпачка.

Неотъемлемый структурный элемент КГ - диктиосомы.

Диктиосома - это система плоских мембранных мешочков, которые расположены стопками по 5-8 штук.



Рис. 53. Аппарат Гольджи (диктиосомы)

Во всех клетках растений и животных есть аппарат Гольджи.

Отличительная характеристика аппарата Гольджи - это значительное развитие в секреторных клетках. Лучше всего его видно в нервных клетках.

Матрикс содержит специфические ферменты и заполняет внутреннее межмембранное пространство.

У аппарата Гольджи есть 2 зоны:

1. **Зона формирования.** При помощи везикул сюда доставляется материал, синтезируемый в эндоплазматической сети.
2. **Зона созревания.** Здесь происходит формирование секрета и секреторных мешочков. Накопление секрета происходит на термини-

нальных участках КГ: отсюда отпочковываются секреторные везикулы. Обычно секрет переносится этими везикулами за пределы клетки.



Рис. 54. Аппарат Гольджи

Локализация КГ зависит от типа клеток: в аполярных клетках (к примеру, в нервных) КГ размещается вокруг ядра, в секреторных - между ядром и апикальным полюсом.

Выделяют 2 поверхности КГ:

1. **Формирующая цис-поверхность.** Ее еще называют незрелой или регенеративной. Цис в переводе с латинского обозначает «с этой стороны». Выпуклая формирующая поверхность обращена в сторону ядра, прилегает к гранулярной эндоплазматической сети и состоит из мелких круглых пузырьков - их называют промежуточными.

2. **Функциональную транс-поверхность.** Это так называемая зрелая поверхность. С латинского транс переводится как «через», «за». Вогнутая зрелая поверхность смотрит на вершину клетки или апикальный полюс. Она оканчивается большими пузырьками.



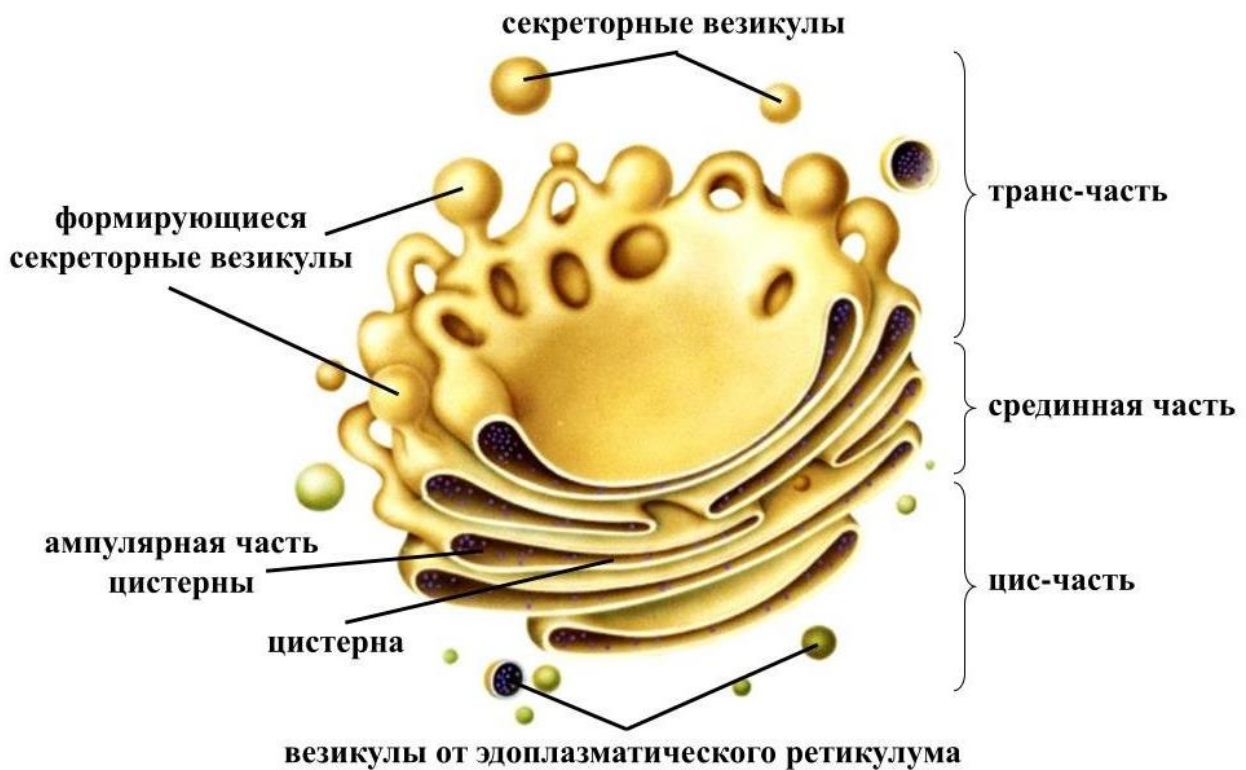


Рис. 55. Трехмерная реконструкция Аппарат Гольджи

К комплексу Гольджи прилегает гранулярная эндоплазматическая сеть, которая отвечает за синтез мембран аппарата.

Можно ли говорить о том, что комплекс Гольджи - это часть ЭПС? Участки ЭПС, находящиеся по соседству с КГ, теряют рибосомы, также от них отпочковываются мелкие транспортные или промежуточные везикулы. Далее происходит их перемещение к формирующей поверхности столбика Гольджи и слияние с первым ее мешочком.

Противоположная зрелая поверхность КГ размещает мешочек неправильной формы. Расширение этого мешочка - просекреторные гранулы или конденсирующие вакуоли - постоянно отпочковываются: происходит образование секреторных пузырьков (секреторных гранул) внутри.

Таким образом, пополнение мешочков формирующей поверхности происходит благодаря эндоплазматической сетке по мере того, как используются мембраны зрелой поверхности комплекса на секреторные везикулы.

Главная функция комплекса Гольджи - выводить вещества, синтезированные клеткой. Транспортировка этих веществ осуществляется



по клеткам эндоплазматической сети. В результате они скапливаются в пузырьках сетчатого аппарата. Далее происходит выведение их во вне или использование в процессах жизнедеятельности (клеткой).

Еще одна функция аппарата Гольджи заключается в том, что в нем собираются некоторые вещества (красители, к примеру), поступающие в клетку из вне, которые должны быть из аппарата Гольджи выведены.

Функция аппарата Гольджи заключается и в том, что он осуществляет синтез химических веществ, образующих клеточную мембрану.

Если обобщить, то можно выделить следующие функции комплекса Гольджи:

- накопление и модификация макромолекул, синтез которых произошел в эндоплазматической сети;
- формирование сложных секретов и секреторных везикул. Эта функция комплекса Гольджи осуществляется за счет конденсации секреторного продукта;
- синтез и модификация углеводов и гликопротеидов. Здесь аппарат Гольджи - это средство образования слизи и гликокаликса;
- модификация белков. Эта функция комплекса Гольджи заключается в добавлении к полипептиду различных химических образований (фосфатных, карбоксильных - получается фосфорилирование и карбоксилирование соответственно), расщеплении полипептидов и формировании сложных белков вроде липопротеидов, гликопротеидов и мукопротеидов;
- комплекс Гольджи - это средство формирования и обновления цитоплазматической мембраны и прочих мембранных образований. Происходит этот процесс в результате образования мембранных везикул, сливающихся после с клеточной мембраной;
- образование лизосом и зернистости в лейкоцитах, отличающейся специфичностью;
- образование пероксисом. Без упоминания этой функции также невозможно понимание того, что такое аппарат Гольджи.

Строение и функции аппарата Гольджи делают его главным регулятором движения макромолекул в клетке: он объединяет их в транспортные везикулы с дальнейшим распределением по клетке и за ее пределы.

**Лизосомы** – органеллы, отграниченные от гиалоплазмы мембраной и содержащие гидролитические ферменты, способные разрушать органические соединения. Лизосомы растительных клеток представляют собой мелкие (0,5-2 мкм) цитоплазматические вакуоли и пузырьки – производные эндоплазматической сети или аппарата Гольджи.



Рис. 56. Строение лизосомы клетки

Основная функция лизосом - локальный **автолиз** – разрушение отдельных участков цитоплазмы собственной клетки, заканчивающееся образованием на ее месте цитоплазматической вакуоли. Локальный автолиз у растений имеет в первую очередь защитное значение: при временном недостатке питательных веществ клетка может сохранять жизнеспособность за счет переваривания части цитоплазмы. Другая функция лизосом – удаление изношенных или избыточных клеточных органелл, а также очищение полости клетки после отмирания ее протопласта, например при образовании водопроводящих элементов.

**Микротельца** – мелкие (0,5-1,5 мкм) сферические органеллы, окруженные одной мембраной. Внутри находится тонкогранулярный плотный матрикс, состоящий из окислительно-восстановительных ферментов. Наиболее известны из микротелец **глиоксисомы** и **пероксисомы**.

Глиоксисомы участвуют в превращении жирных масел в сахара, что происходит при прорастании семян.



Рис. 57. Глиоксисома



Рис. 58. Пероксисома

В пероксисомах происходят реакции светового дыхания (фото-дыхания), при этом в них окисляются продукты фотосинтеза с образованием аминокислот.

**Митохондрии** - органеллы энергообеспечения метаболических процессов в клетке. Размеры их варьируют от 0,5 до 5-7 мкм, количество в клетке составляет от 50 до 1000 и более. В гиалоплазме митохондрии распределены обычно диффузно, однако в специализированных клетках сосредоточены в тех участках, где имеется наибольшая потребность в энергии.

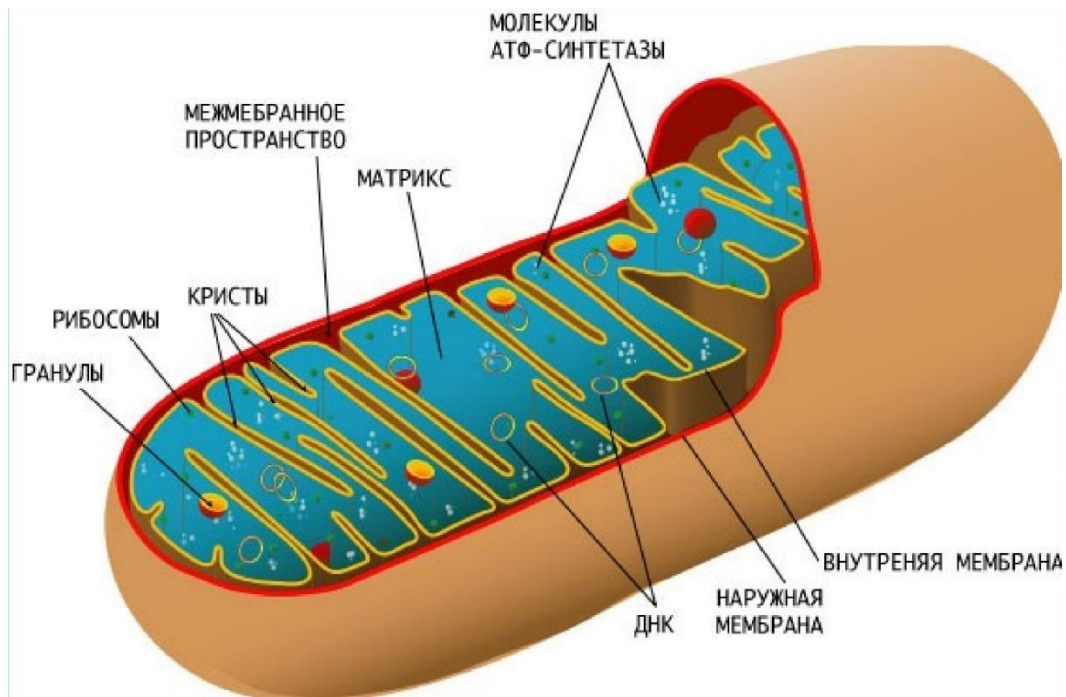


Рис. 59. Строение митохондрии клетки

**Митохондрия** - двумембранная сферическая или эллипсоидная органелла. Характерна для большинства эукариотических клеток. Митохондрии - «силовые» станции клетки, в них локализована большая часть реакций дыхания (аэробная фаза). В митохондриях происходит аккумуляция энергии дыхания в аденозинтрифосфате (АТФ). Энергия, запасаемая в АТФ, служит основным источником для физиологической деятельности клетки. Митохондрии обычно имеют удлиненную палочковидную форму длиной 4 - 7 мкм и диаметром 0,5 - 2 мкм.

Число митохондрий в клетке может быть различным от 500 до 1000 и зависит от роли данного органа в процессах энергетического обмена. Однако в некоторых организмах (дрожжах) имеется лишь одна гигантская митохондрия.

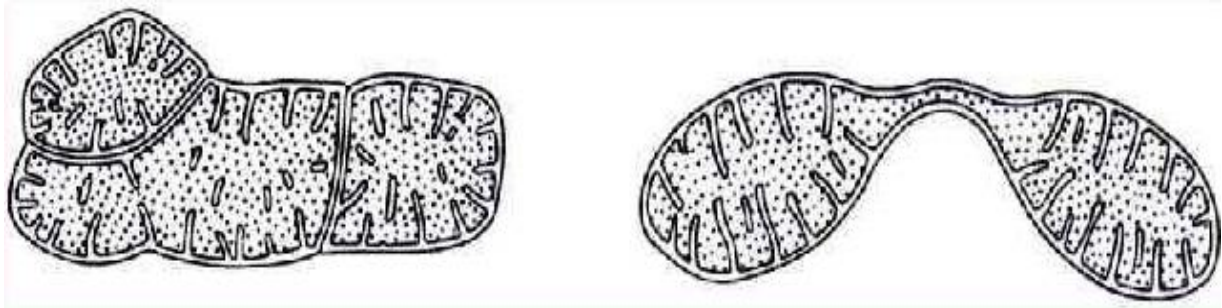


Рис. 60. Увеличение числа митохондрий в клетке



**Химический состав** митохондрий несколько колеблется. В основном это белково-липидные органеллы. Содержание белка в них составляет 60 - 65%, причем структурные и ферментативные белки содержатся примерно в равной пропорции, а также около 30% липидов. Очень важно, что митохондрии содержат нуклеиновые кислоты: РНК - 1 % и ДНК - 0,5%.

В митохондриях имеется не только ДНК, но и вся система синтеза белка, в том числе рибосомы. Митохондрии окружены двойной мембраной. Толщина мембран составляет 6 - 10 нм. Мембраны митохондрий на 70% состоят из белка. Мембраны митохондрий не пропускают  $H^+$  и служат барьером для их транспорта. Это важнейшее свойство лежит в основе образования электрохимического градиента.

Между мембранами находится заполненное жидкостью перимитохондриальное пространство, равное 10 нм. Внутреннее пространство митохондрий заполняет матрикс в виде студнеобразной полужидкой массы. В матриксе сосредоточены ферменты цикла Кребса.

Внутренняя мембрана дает выросты – **кристы** (рис. 59), расположенные перпендикулярно продольной оси органеллы и перегородки, разделяющие все внутреннее пространство митохондрий на отдельные отсеки. Однако, поскольку выросты-перегородки неполные, между этими отсеками сохраняется связь. Мембраны митохондрий обладают большой прочностью и гибкостью. Во внутренней мембране локализована дыхательная цепь (цепь переноса электронов).

На внутренней поверхности внутренней мембраны митохондрий равномерно расположены грибовидные частицы. Каждая митохондрия содержит 104 - 105 таких грибовидных частиц, которые представляют собой фермент АТФ-синтазу, катализирующую образование АТФ.

Митохондрии способны к движению. Это имеет большое значение в жизни клетки, так как митохондрии передвигаются к тем местам, где идет усиленное потребление энергии. Они могут ассоциировать друг с другом, как путем тесного сближения, так и при помощи связующих тяжей. Наблюдаются также контакты митохондрий с эндоплазматической сетью, ядром, хлоропластами.

Известно, что митохондрии способны к набуханию, а при потере воды - к уменьшению объема. В растущих клетках в митохондриаль-



ном матриксе количество крист растет - это коррелирует с увеличением интенсивности дыхания. В процессе дыхания ультраструктура митохондрий меняется.

В том случае, если в митохондриях протекает активный процесс преобразования энергии окисления в энергию АТФ, внутренняя часть митохондрий становится более компактной.

Митохондрии имеют свой онтогенез. В меристематических клетках можно наблюдать инициальные частицы, которые представляют собой округлые образования, окруженные двойной мембраной. Диаметр таких инициальных частиц составляет 50 нм. По мере роста клетки инициальные частицы увеличиваются в размере, удлинняются и их внутренняя мембрана образует выросты, перпендикулярные оси митохондрий.

Вначале образуются *промитохондрии*. Они еще не достигают окончательного размера и имеют мало крист. Из промитохондрии образуются митохондрии. Сформировавшиеся митохондрии делятся путем перетяжки или почкованием.

Сопоставление размеров митохондриальной ДНК с числом и размером митохондриальных белков показывает, что в ней заложено информации почти для половины белков. Это и позволяет считать митохондрии, как и хлоропласты, полуавтономными, т. е. не полностью зависящими от ядра.

Широко обсуждается вопрос, как рассматривать митохондрии и хлоропласты с *эволюционной* точки зрения. Еще в 1921 г. русский ботаник Б.М. Козо-Полянский высказал мнение, что клетка - это *симбиотрофная система*, в которой сожительствоует несколько организмов.

В настоящее время *эндосимбиотическая* теория происхождения митохондрий и хлоропластов является общепринятой. Согласно этой теории, митохондрии - это в прошлом самостоятельные организмы. Это могли быть эубактерии, содержащие ряд дыхательных ферментов. На определенном этапе эволюции они внедрились в примитивную, содержащую ядро, клетку. ДНК митохондрий и хлоропластов по своей структуре резко отличается от ядерной ДНК высших растений и сходна с бактериальной ДНК (кольцевое строение, нуклеотидная последовательность). Сходство обнаруживается и по величине рибосом.

Они мельче цитоплазматических рибосом. Синтез белка в митохондриях, подобно бактериальному, подавляется антибиотиком хлорамфениколом, который не влияет на синтез белка на рибосомах эукариот.

Кроме того, система переноса электронов у бактерий расположена в плазматической мембране, что напоминает организацию электронтранспортной цепи во внутренней митохондриальной мембране.

**Пластиды** – органеллы, характерные только для растений.

Различают три типа пластид:

- 1) *хлоропласты* (пластиды зеленого цвета);
- 2) *хромoplastы* (пластиды желтого, оранжевого или красного цвета)
- 3) *лейкопласты* (бесцветные пластиды).

Обычно в клетке встречаются пластиды только одного типа.

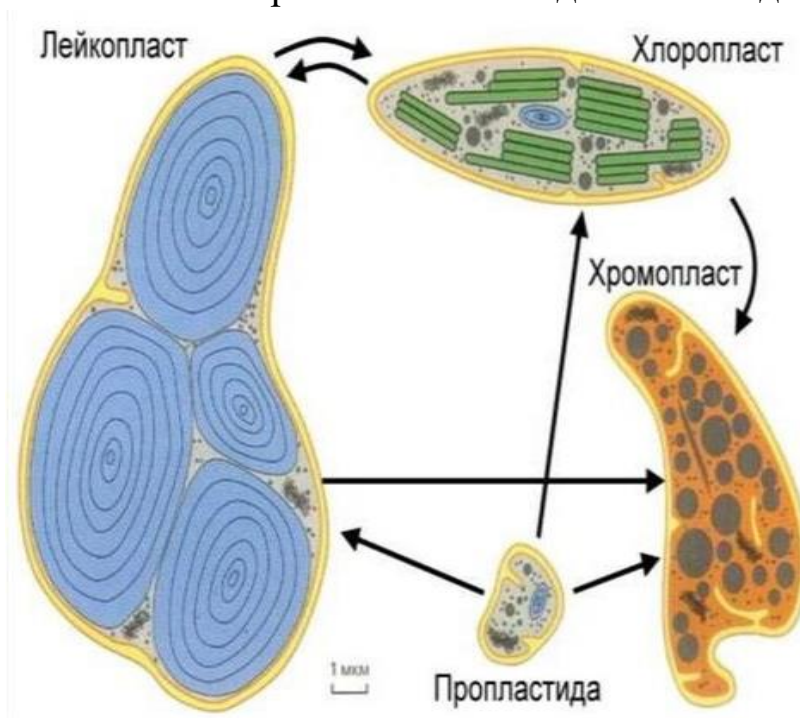


Рис. 61. Типы пластид в клетке

**Хлоропласты** имеют наибольшее значение, в них протекает фотосинтез. Они содержат зеленый пигмент *хлорофилл*, придающий растениям зеленый цвет, и пигменты, относящиеся к группе *каротиноидов*. Каротиноиды имеют окраску от желтой и оранжевой до красной и коричневой, но обычно она маскируется хлорофиллом. Каротиноиды делят на *каротины*, имеющие оранжевую окраску, и *ксантофиллы*,

имеющие желтую окраску. Это липофильные (жирорастворимые) пигменты, по химической структуре они относятся к терпеноидам.

Хлоропласты растений имеют форму двояковыпуклой линзы и размеры 4-7 мкм, они хорошо видны в световой микроскоп. Число хлоропластов в фотосинтезирующих клетках может достигать 40-50. У водорослей роль фотосинтетического аппарата выполняют **хроматофоры**. Их форма разнообразна: чашевидная (хламидомонада), лентовидная (спирогира), пластинчатая (пиннулярия) и др. Хроматофоры значительно крупнее, число их в клетке – от 1 до 5.

Хлоропласты имеют сложное строение.

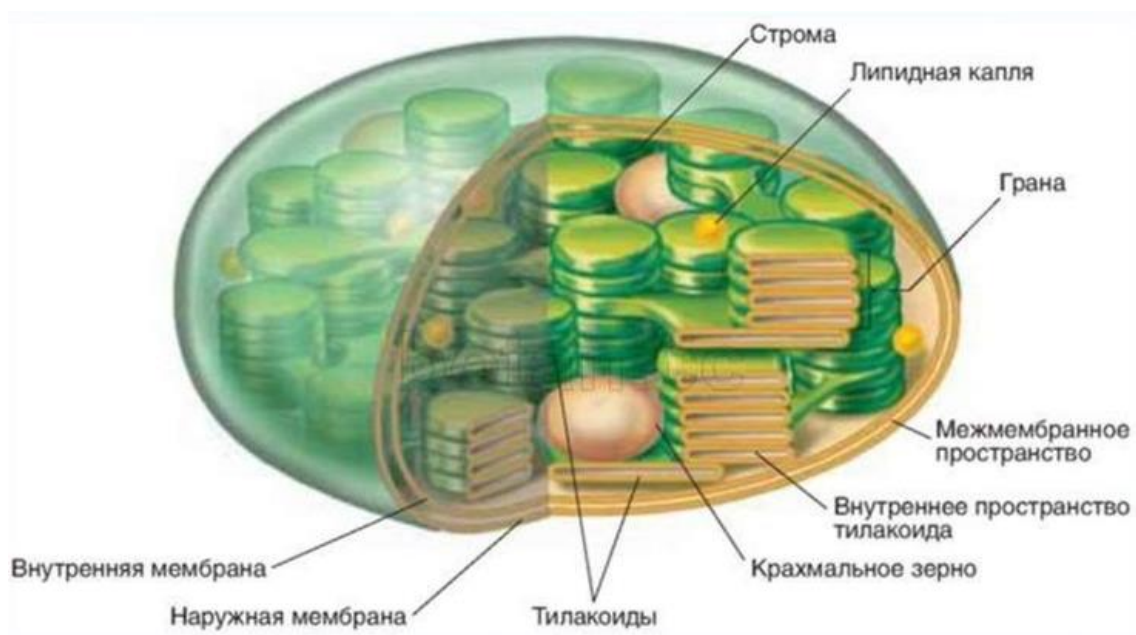


Рис. 62. Строение хлоропласта

От гиалоплазмы они отграничены двумя мембранами – наружной и внутренней. Внутреннее содержимое называется **stroma**.

Внутренняя мембрана формирует внутри хлоропласта сложную, строго упорядоченную систему мембран, имеющих форму плоских пузырьков, называемых **тилакоидами**.

Тилакоиды собраны в стопки - **граны**, напоминающие столбики монет. Граны связаны между собой тилакоидами стромы (межгранными тилакоидами), проходящими через них насквозь вдоль пластиды (рис. 62). Хлорофиллы и каротиноиды встроены в мембраны тилакоидов гран.

В строении хлоропластов находятся **пластоглобулы** – сферические включения жирных масел, в которых растворены каротиноиды, а также рибосомы, сходные по величине с рибосомами прокариот и митохондрий, и нити ДНК. Часто в хлоропластах встречаются крахмальные зерна, это так называемый *первичный*, или *ассимиляционный крахмал* – временное хранилище продуктов фотосинтеза.

Хлорофилл и хлоропласты образуются только на свету. Растения, выращенные в темноте, не имеют зеленой окраски и называются **этиолированными**. Вместо типичных хлоропластов в них образуются измененные пластиды, не имеющие развитой внутренней мембранной системы, - **этиопласты**.

Основная функция хлоропластов – **фотосинтез**, образование органических веществ из неорганических за счет энергии света. Центральная роль в этом процессе принадлежит хлорофиллу. Он поглощает энергию света и направляет ее на осуществление реакций фотосинтеза.

Эти реакции подразделяются на светозависимые и темновые (не требующие присутствия света).

Светозависимые реакции состоят в преобразовании световой энергии в химическую и разложении (фотолизе) воды. Они приурочены к мембранам тилакоидов.

Темновые реакции – восстановление углекислого газа воздуха водородом воды до углеводов (фиксация  $\text{CO}_2$ ) – протекают в строении хлоропластов.

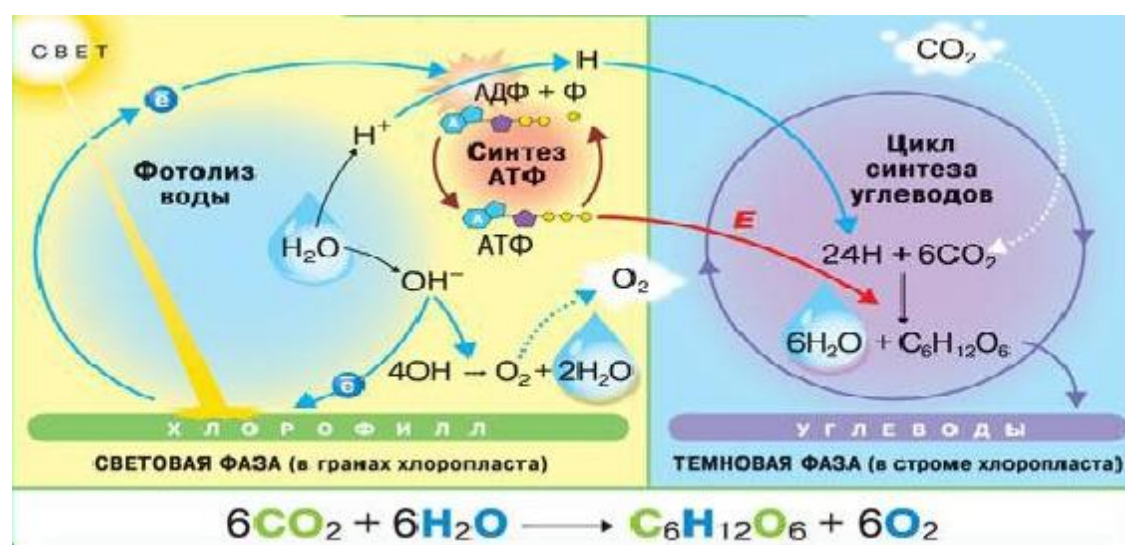


Рис. 63. Схема фотосинтеза

В хлоропластах, как и в митохондриях, происходит синтез АТФ. В этом случае источником энергии служит солнечный свет, поэтому его называют *фотофосфорилированием*. Хлоропласты участвуют также в синтезе аминокислот и жирных кислот, служат хранилищем временных запасов крахмала.

Наличие ДНК и рибосом указывает, как и в случае митохондрий, на существование в хлоропластах своей собственной белоксинтезирующей системы. Действительно, большинство белков мембран тилакоидов синтезируется на рибосомах хлоропластов, тогда как основное число белков стромы и липиды мембран имеют внепластидное происхождение.

**Лейкопласты** - мелкие бесцветные пластиды. Они встречаются в основном в клетках органов, скрытых от солнечного света, таких как корни, корневища, клубни, семена. Строение их в общих чертах сходно со строением хлоропластов: оболочка из двух мембран, строма, рибосомы, нити ДНК, пластоглобулы аналогичны таковым хлоропластов. Однако, в отличие от хлоропластов, у лейкопластов слабо развита внутренняя мембранная система.

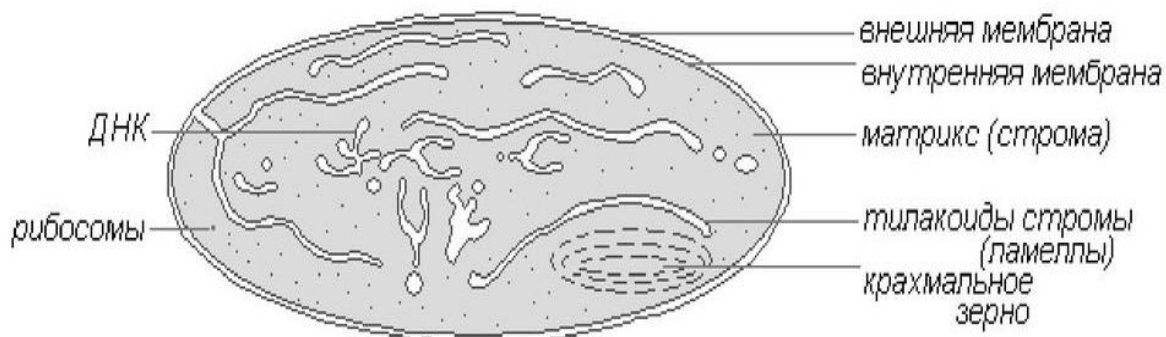


Рис. 64. Строение лейкопласта

Лейкопласты – это органеллы, связанные с синтезом и накоплением запасных питательных веществ, в первую очередь крахмала, редко белков и липидов. Лейкопласты, накапливающие крахмал, называются *амилопластами*. Этот крахмал имеет вид зерен, в отличие от ассимиляционного крахмала хлоропластов, он называется *запасным*, или *вторичным*. Запасной белок может откладываться в форме кристаллов или аморфных включений в так называемых *протеинопластах*, жирные масла – в виде пластоглобул в *элайопластах*.



Часто в клетках встречаются лейкопласты, не накапливающие запасные питательные вещества, их роль еще до конца не выяснена. На свету лейкопласты могут превращаться в хлоропласты.

**Хромопласты** - пластиды оранжевого, красного и желтого цвета, который обусловлен пигментами, относящимися к группе каротиноидов. Хромопласты встречаются в клетках лепестков многих растений (ноготки, лютик, одуванчик), зрелых плодов (томат, шиповник, рябина, тыква, арбуз), редко - корнеплодов (морковь), а также в осенних листьях.

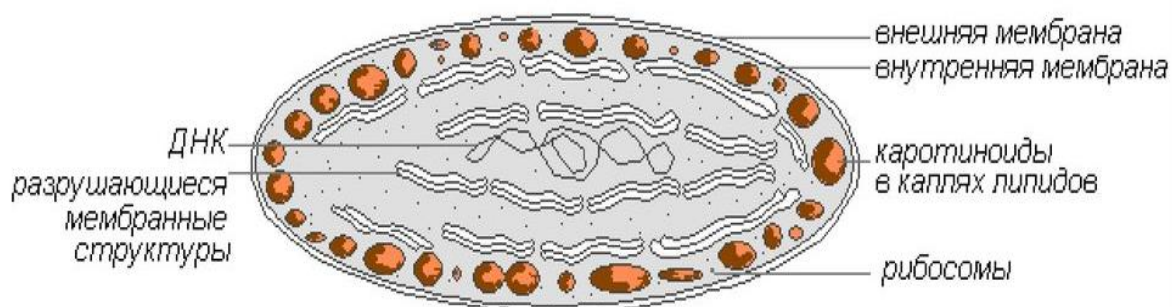


Рис. 65. Строение хромопласта

Внутренняя мембранная система в хромопластах, как правило, отсутствует. Каротиноиды чаще всего растворены в жирных маслах пластоглобул (рис. 65), и хромопласты имеют более или менее сферическую форму. В некоторых случаях (корнеплоды моркови, плоды арбуза) каротиноиды откладываются в виде кристаллов различной формы. Кристалл растягивает мембраны хромопласта, и он принимает его форму: зубчатую, игловидную, серповидную, пластинчатую, треугольную, ромбовидную и др.

Значение хромопластов до конца еще не выяснено. Большинство из них представляют собой стареющие пластиды. Они, как правило, развиваются из хлоропластов, при этом в пластидах разрушаются хлорофилл и внутренняя мембранная структура, и накапливаются каротиноиды. Это происходит при созревании плодов и пожелтении листьев осенью. Косвенное биологическое значение хромопластов состоит в том, что они обуславливают яркую окраску цветков и плодов,

привлекающую насекомых для перекрестного опыления и других животных для распространения плодов. В хромопласты могут превращаться и лейкопласты.

Пластиды всех трех типов образуются из *пропластид* – мелких бесцветных телец, которые находятся в меристематических (делящихся) клетках корней и побегов. Пропластиды способны делиться и по мере дифференциации превращаются в пластиды разного типа.

В эволюционном смысле первичным, исходным типом пластид являются хлоропласты, из которых произошли пластиды остальных двух типов. В процессе индивидуального развития (онтогенеза) почти все типы пластид могут превращаться друг в друга.

Пластиды имеют много общих черт с митохондриями, отличающих их от других компонентов цитоплазмы. Это, прежде всего, оболочка из двух мембран и относительная генетическая автономность, обусловленная наличием собственных рибосом и ДНК. Такое своеобразие органелл легло в основу представления, что предшественниками пластид и митохондрий были бактерии, которые в процессе эволюции оказались встроенными в эукариотическую клетку и постепенно превратились в хлоропласты и митохондрии.

**Ядро** – основная и обязательная часть эукариотической клетки. Ядро является центром управления обменом веществ клетки, ее ростом и развитием, контролирует деятельность всех других органелл. Ядро хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе клеточного деления. Ядро имеется во всех живых растительных клетках, исключение составляют только зрелые членики ситовидных трубок флоэмы. Клетки с удаленным ядром, как правило, быстро погибают.

Ядро – самая крупная органелла, его размер составляет 10-25 мкм. Очень большие ядра у половых клеток (до 500 мкм). Форма ядра чаще сферическая или эллипсоидальная, но в сильно удлинённых клетках может быть линзовидной или веретеновидной.



Рис. 66. Строение ядра

Клетка, как правило, содержит одно ядро. В молодых (меристематических) клетках оно обычно занимает центральное положение. По мере роста центральной вакуоли ядро смещается к клеточной стенке и располагается в постенном слое цитоплазмы.

По химическому составу ядро резко отличается от остальных органелл высоким (15-30%) содержанием ДНК – вещества наследственности клетки. В ядре сосредоточено 99% ДНК клетки, она образует с ядерными белками комплексы – дезоксирибонуклеопротеиды. В ядре содержатся также в значительных количествах РНК (в основном иРНК и рРНК) и белки.

Структура ядра одинакова у всех эукариотических клеток. В ядре различают *хроматин* и *ядрышко*, которые погружены в *кариоплазму*; от цитоплазмы ядро отделено *ядерной оболочкой* с порами (рис. 66).

**Ядерная оболочка** состоит из двух мембран. Наружная мембрана, граничащая с гиалоплазмой, несет прикрепленные рибосомы.

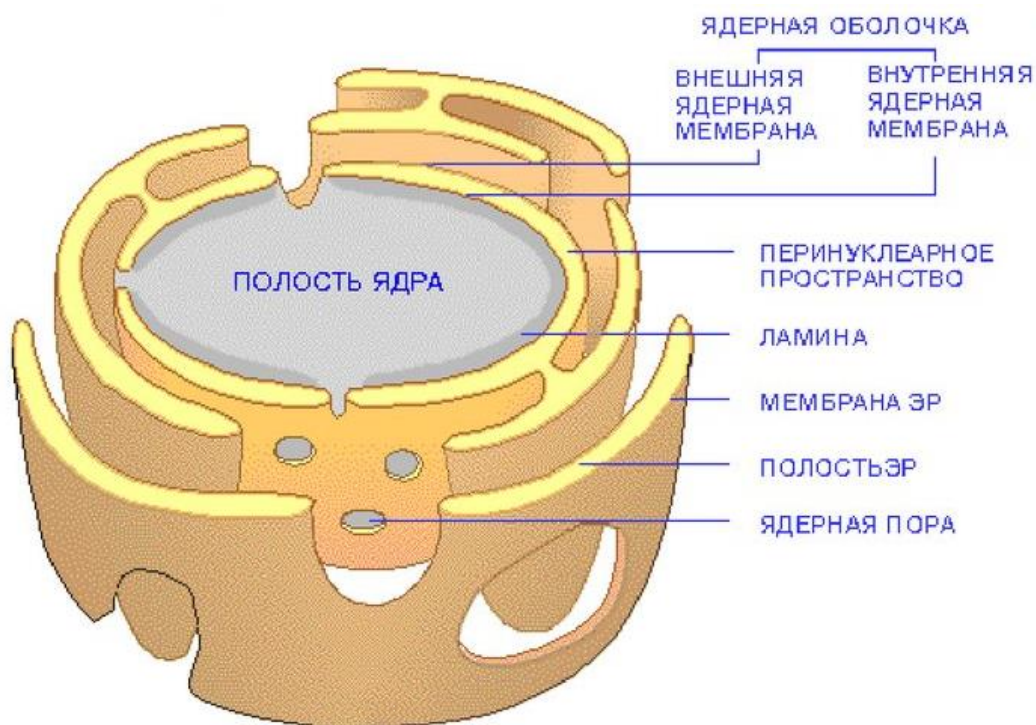


Рис. 67. Строение ядерной оболочки

Оболочка пронизана довольно крупными порами, благодаря которым обмен между цитоплазмой и ядром значительно облегчен; через поры проходят макромолекулы белка, рибонуклеопротеиды, субъединицы рибосом и др. Наружная ядерная мембрана в некоторых местах объединяется с эндоплазматической сетью.

**Кариоплазма (нуклеоплазма, или ядерный сок)** – основное вещество ядра, служит средой для распределения структурных компонентов – хроматина и ядрышка (рис. 66). В ней содержатся ферменты, свободные нуклеотиды, аминокислоты, иРНК, тРНК, продукты жизнедеятельности хромосом и ядрышка.

**Ядрышко** - плотное, сферическое тельце диаметром 1-3 мкм. Обычно в ядре содержатся 1-2, иногда несколько ядрышек. Ядрышки являются основным носителем РНК ядра, состоят из рибонуклеопротеидов. Функция ядрышек – синтез рРНК и образование субъединиц рибосом.

**Хроматин** - важнейшая часть ядра. Хроматин состоит из молекул ДНК, связанных с белками, - дезоксирибонуклеопротеидов. Во время деления клетки хроматин дифференцируется в **хромосомы**. Хромосомы представляют собой уплотненные спирализованные нити хро-

матина, они хорошо различимы в метафазе митоза, когда можно подсчитать число хромосом и рассмотреть их форму. Хроматин и хромосомы обеспечивают хранение наследственной информации, ее удвоение и передачу из клетки в клетку.

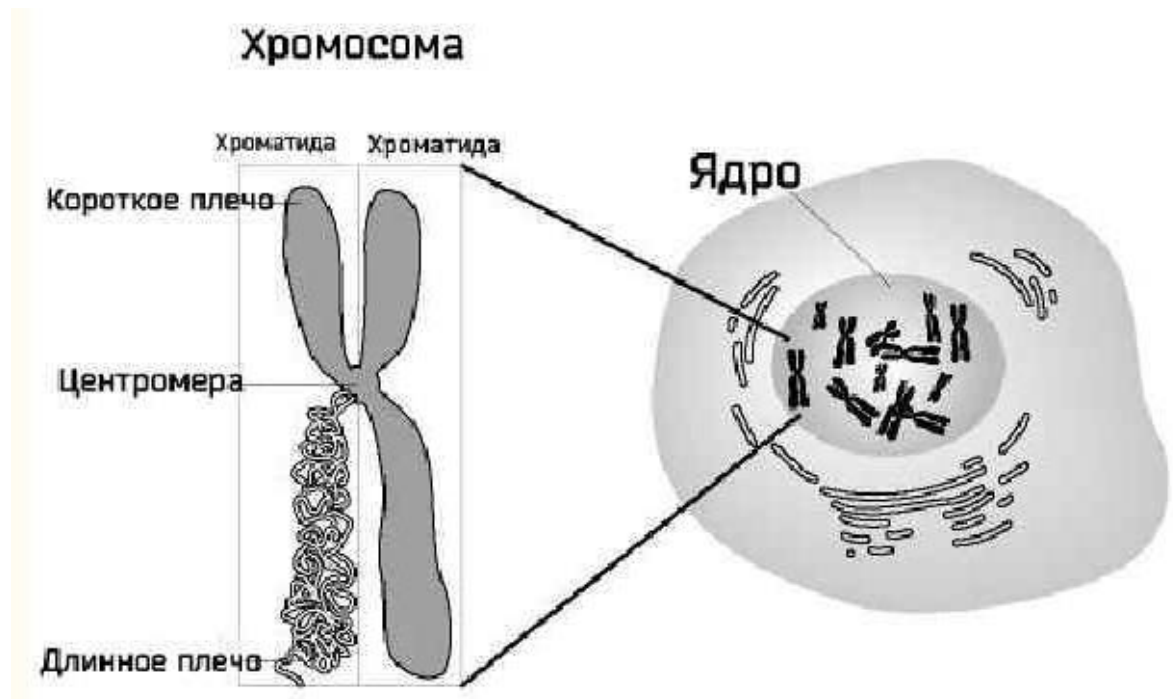


Рис. 68. Строение хромосомы

Число и форма хромосом (*кариотип*) одинаковы во всех клетках тела организмов одного вида. В ядрах соматических (неполовых) клеток содержится *диплоидный* (двойной) набор хромосом –  $2n$ . Он образуется в результате слияния двух половых клеток с *гаплоидным* (одинарным) набором хромосом –  $n$ . В диплоидном наборе каждая пара хромосом представлена гомологичными хромосомами, происходящими одна от материнского, а другая от отцовского организма. Половые клетки содержат по одной хромосоме из каждой пары гомологичных хромосом.



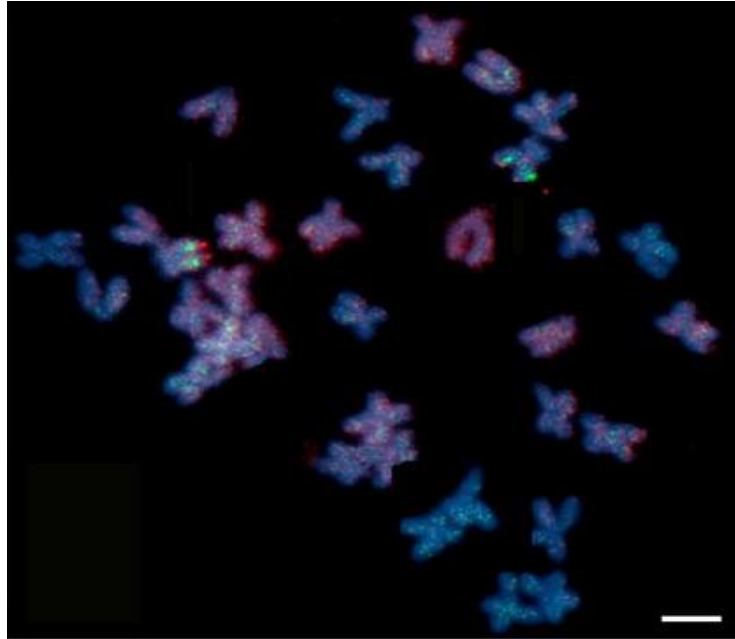


Рис. 69. Кариотип культивируемого подсолнечника (*Helianthus annuus* cv. HA89).  $2n = 34$

Число хромосом у разных организмов варьирует от двух до нескольких сотен. Как правило, каждый вид имеет характерный и постоянный набор хромосом, закрепленный в процессе эволюции данного вида.

Изменение хромосомного набора происходит только в результате хромосомных и геномных мутаций. Наследственное кратное увеличение числа наборов хромосом получило название *полиплоидии*, некратное изменение хромосомного набора – *анеуплоидии*.

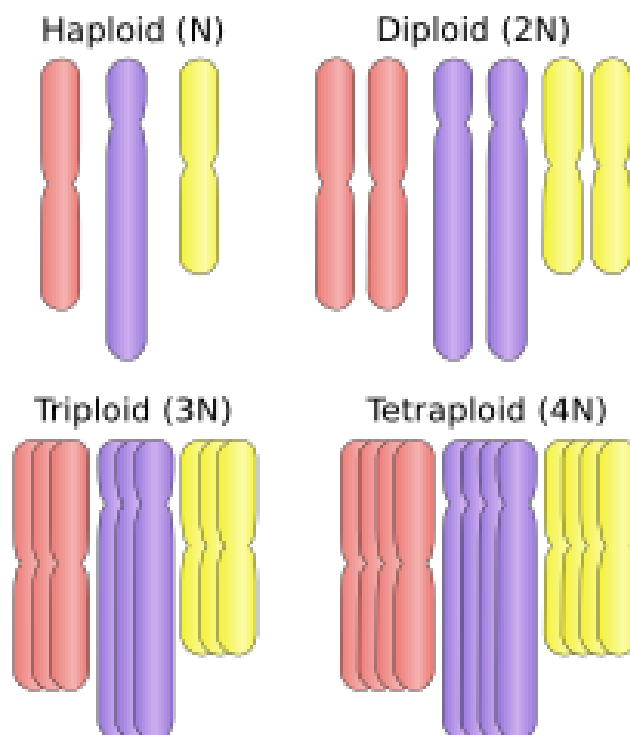


Рис. 70. Гаплоидные (одиночные), диплоидные (двойные), триплоидные (тройные) и тетраплоидные (четверные) наборы хромосом. Триплоидные и тетраплоидные хромосомы являются примерами полиплоидии

Растения – *полиплоиды* характеризуются более крупными размерами, большей продуктивностью, устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды.

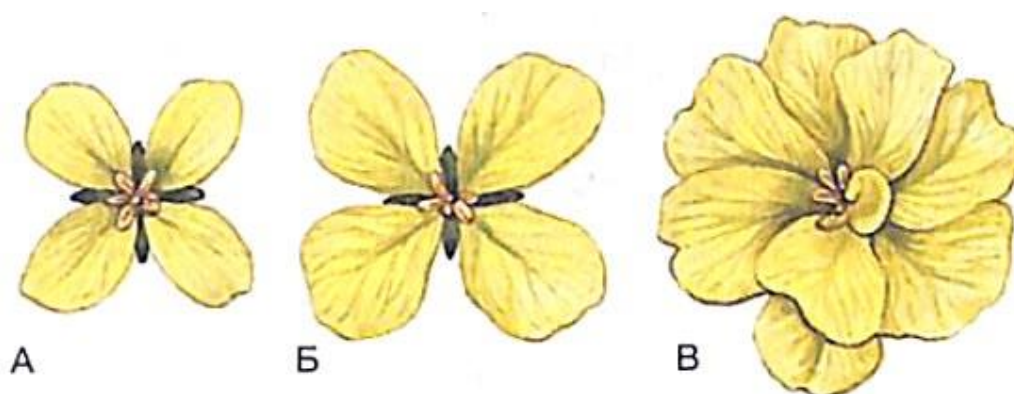


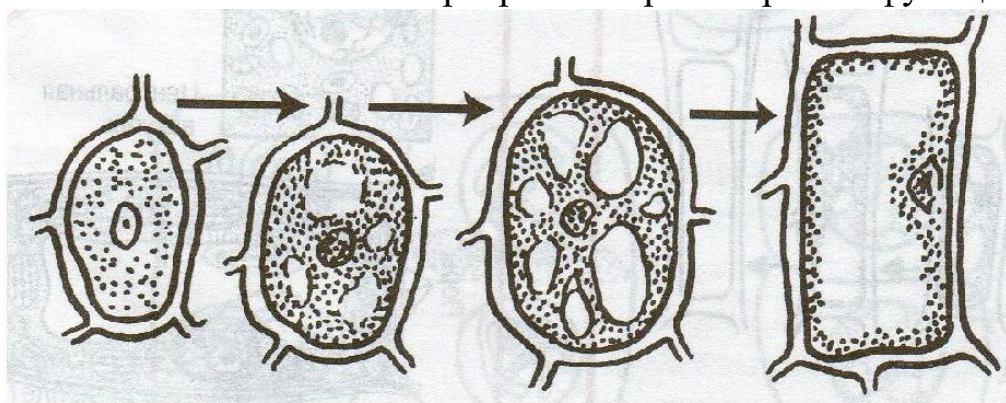
Рис. 71. Полиплоидия. Цветки капусты: А – диплоидная форма; В – тетраплоидная; В – октоплоидная



Рис. 72. Полиплоидия

Они представляют большой интерес как исходный материал для селекции и создания высокопродуктивных сортов культурных растений. Полиплоидия также играет большую роль в видообразовании у растений.

**Вакуоли** содержатся почти во всех растительных клетках. Они представляют собой полости в клетке, заполненные водянистым содержимым – *клеточным соком*. От цитоплазмы клеточный сок изолирован избирательно проницаемой вакуолярной мембраной – *тонопластом*. Тонoplast выполняет барьерные и транспортные функции.



Строение вакуоли

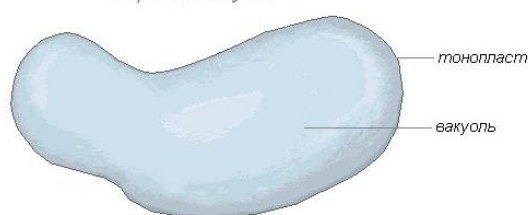


Рис. 73. Строение вакуоли

Для большинства зрелых клеток растений характерна крупная центральная вакуоль, занимающая до 70-90% объема клетки. При этом протопласт со всеми органеллами располагается в виде очень тонкого постенного слоя, выстилающего клеточную стенку. В постенном протопласте обычно встречаются мелкие цитоплазматические вакуоли. Иногда ядро располагается в центре клетки в *ядерном кармашке* цитоплазмы, который связан с постенным слоем тончайшими цитоплазматическими тяжами, пересекающими центральную вакуоль.

Клеточный сок представляет собой водный раствор различных веществ, являющихся продуктами жизнедеятельности протопласта, в основном, запасными веществами и отбросами. Реакция клеточного сока обычно слабокислая или нейтральная, реже щелочная. Вещества, входящие в состав клеточного сока, чрезвычайно разнообразны. Это углеводы, белки, органические кислоты и их соли, аминокислоты, минеральные ионы, алкалоиды, гликозиды, таниды, пигменты и другие растворимые в воде соединения.

Большинство из них относится к группе эргастических веществ – продуктов метаболизма протопласта, которые могут появляться и исчезать в различные периоды жизни клетки. Многие вещества клеточного сока образуются только в растительных клетках.

Углеводы клеточного сока растений представлены моносахаридами (глюкоза, фруктоза), дисахаридами (сахароза) и полисахаридами (слизи, инулин).

Глюкоза (виноградный сахар) и фруктоза (плодовый сахар) накапливаются в больших количествах в сочных плодах. Сахароза (свекловичный сахар) в больших количествах накапливается в корнеплодах сахарной свеклы и стеблях сахарного тростника. Для ряда семейств растений (кактусовые, толстянковые, орхидные) характерно накопление в клеточном соке слизей, удерживающих воду. Инулин – запасной полисахарид, откладывается в виде коллоидного раствора в клеточном соке подземных органов сложноцветных вместо крахмала.

Белки накапливаются в виде коллоидного раствора в вакуолях клеток созревающих семян. При обезвоживании семян на поздних этапах их развития вода удаляется из вакуолей, концентрация белка в клеточном соке повышается, и он переходит в состояние твердого геля. Дегидратированные вакуоли зрелых семян называют *алейроновыми зернами*.

Из органических кислот в клеточном соке наиболее часто встречаются лимонная, яблочная, янтарная и щавелевая. Эти кислоты находятся в большом количестве в клеточном соке незрелых плодов, придавая им кислый вкус. При созревании плодов органические кислоты могут использоваться как субстраты дыхания, поэтому кислый вкус плодов обычно исчезает. Соли органических кислот вместе с минеральными ионами играют большую роль в осмотических процессах.

Таннины (дубильные вещества) – полимерные фенольные соединения вяжущего вкуса. Они обладают антисептическими свойствами и защищают ткани растений от инфекций и загнивания. Особенно богаты дубильными веществами клетки коры стеблей и корней (дуб, ива), незрелых плодов (грецкий орех), листьев (чай) и некоторых патологических наростов – галлов. Таннины используются в медицине, для дубления кожи, окраски ткани в темно-коричневый цвет.

Алкалоиды – разнообразные в химическом отношении азотсодержащие органические вещества, имеющие горький вкус. Они обладают свойствами оснований и содержатся в клеточном соке, как правило, в виде солей. Многие алкалоидоносные растения ядовиты и не поедаются травоядными животными. В клетках, содержащих алкалоиды, не развиваются споры и зачатки микроорганизмов, растения не поражаются грибными и бактериальными болезнями. Особенно богаты алкалоидами представители семейств пасленовых, маковых, мареновых, лютиковых и др.

Гликозиды – обширная группа природных веществ, соединения сахаров со спиртами, альдегидами, фенолами и другими веществами. Ряд гликозидов растений используется в медицине. К гликозидам принадлежат также пигменты клеточного сока – *флавоноиды*. Одни из них – *антоцианы* – придают клеточному соку красный, синий или фиолетовый цвет; другие – *флавоны* – желтый. С антоцианами связана окраска цветков многих растений. Цветовая гамма обусловлена реакцией клеточного сока: если она кислая, то господствуют красные тона, нейтральная – фиолетовые, при слабощелочной реакции – синие. На возникновение оттенков оказывает влияние также образование антоцианами комплексов с различными металлами. Флавоны обуславливают желтый цвет лепестков ряда растений.



Значение органических кислот, таннидов, алкалоидов и гликозидов клеточного сока в обмене веществ клетки выяснено недостаточно. Раньше их рассматривали как конечные продукты обмена. В настоящее время показано, что многие из них могут вновь вовлекаться в процессы метаболизма и поэтому их можно рассматривать и как запасные вещества.

Кроме функции накопления запасных веществ и отбросов, вакуоли в растительных клетках выполняют еще одну важную функцию – поддержание тургора. Концентрация ионов и сахаров в клеточном соке центральной вакуоли, как правило, выше, чем в клеточной стенке; тонопласт значительно замедляет диффузию из вакуоли этих веществ и в то же время легко проницаем для воды. Поэтому вода будет поступать в вакуоль. Такой однонаправленный процесс диффузии воды через избирательно проницаемую мембрану носит название *осмоса*. Поступающая в клеточный сок вода оказывает давление на постенный протопласт, а через него и на клеточную стенку, вызывая напряженное, упругое ее состояние, или *тургор* клетки. Тургор обеспечивает сохранение неодревесневшими органами растения формы и положения в пространстве, а также их сопротивление действию механических факторов.

Если клетку поместить в гипертонический раствор какой-нибудь нетоксичной соли или сахара (т. е. в раствор большей концентрации, чем концентрация клеточного сока), то происходит осмотический выход воды из вакуоли. В результате этого ее объем сокращается, эластичный постенный протопласт отходит от клеточной стенки, тургор исчезает, наступает *плазмолиз* клетки (рис.74).

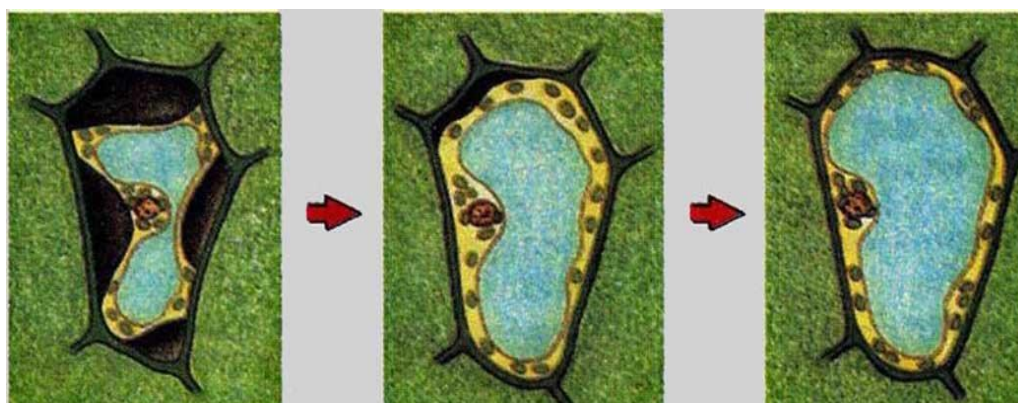


Рис. 74. Схема плазмолиза: 1 – клетка в состоянии тургора; 2 – начало плазмолиза (деплазмолиз); 3 – полный плазмолиз

Плазмолиз обычно обратим. При помещении клетки в воду или в гипотонический раствор вода снова энергично поглощается центральной вакуолью, протопласт опять прижимается к клеточной стенке, тургор восстанавливается. Плазмолиз может служить показателем живого состояния клетки, мертвая клетка не плазмолизируется, так как не имеет избирательно проницаемых мембран.

Потеря тургора вызывает завядание растения. При завядании на воздухе в условиях недостаточного водоснабжения тонкие стенки клеток сморщиваются одновременно с протопластом и делаются складчатыми.

Тургорное давление не только поддерживает форму неодревесневших частей растений, оно является также одним из факторов роста клетки, обеспечивая *рост* клеток *растяжением*, т. е. за счет поглощения воды и увеличения размера вакуоли. У животных клеток центральная вакуоль отсутствует, их рост происходит главным образом за счет увеличения количества цитоплазмы, поэтому размер животных клеток обычно меньше, чем растительных.

Центральная вакуоль возникает путем слияния многочисленных мелких вакуолей, которые имеются в меристематических (эмбриональных) клетках. Эти цитоплазматические вакуоли образуются, как считают, за счет мембран эндоплазматической сети или аппарата Гольджи.

Образование **включений** вызвано избыточным накоплением некоторых продуктов обмена веществ в определенных участках клетки – в вакуоли, гиалоплазме, различных органеллах, реже в клеточной стенке.

Эти вещества часто выпадают в осадок в аморфном виде или в форме кристаллов – **включений**. Включения имеют определенную форму и хорошо видны в световой микроскоп. По наличию тех или иных включений, их форме и распределению можно отличить одни виды, роды и семейства растений от других, поэтому они часто служат важным диагностическим признаком при анализе лекарственного растительного сырья.

Капли жира в цитоплазме инфузории-туфельки



Крахмальные зёрна картофеля



Белковые включения в зерновке пшеницы



Кристаллы оксалата кальция в клетках черенка листа бегонии



Рис. 75. Трофические включения в клетке

Включения представляют собой либо *запасные вещества* (временно выведенные из обмена веществ соединения), либо *конечные продукты* обмена. К первой категории включений относятся *крахмальные зерна*, *липидные капли* и *отложения белков*; ко второй – *кристаллы* некоторых веществ.

**Крахмальные зерна** – наиболее распространенные включения растительных клеток. Полисахарид *крахмал* – основной тип запасных питательных веществ растений. Он является и самым важным соединением, используемым в пищу растительноядными животными. Крахмал зерновок хлебных злаков, клубней картофеля, плодов банана – важнейший источник питания людей. Пшеничная мука состоит из зерен крахмала почти на 75%, в клубнях картофеля крахмал составляет 20-30%. В химическом отношении крахмал представляет собой альфа-1,4-D-глюкан, молекулы имеют вид разветвленных цепей, в крахмальном зерне они располагаются по радиусам.

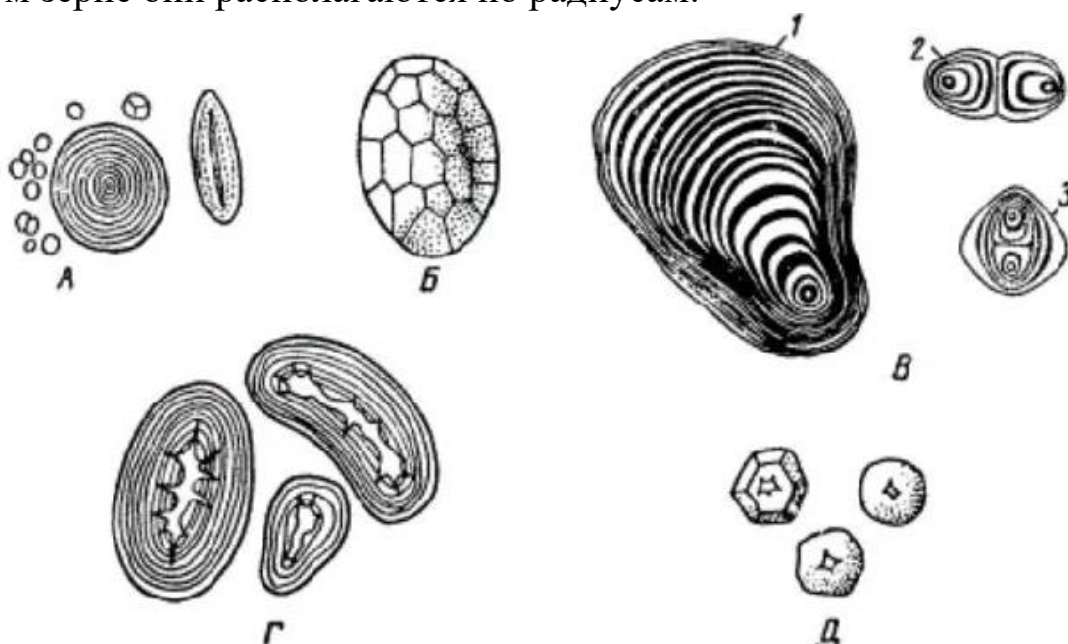


Рис. 76. Крахмальные зерна: А – пшеница; Б – овес;  
В – картофель; Г – фасоль; Д – кукуруза

Крахмальные зерна образуются в строме пластид. В хлоропластах на свету откладываются зерна *ассимиляционного (первичного) крахмала*, образующиеся при избытке сахаров – продуктов фотосинтеза.

Образование осмотически неактивного крахмала предотвращает повышение осмотического давления в хлоропласте. Ночью, когда фотосинтез не происходит, ассимиляционный крахмал с помощью ферментов гидролизуется до сахаров и транспортируется в другие части растения. *Запасной (вторичный) крахмал* откладывается в амилопластах клеток различных органов растений (корнях, подземных побегах, семенах) из сахаров, притекающих из фотосинтезирующих клеток. При необходимости запасной крахмал также превращается в сахара.

Образование крахмальных зерен начинается в определенных точках стромы пластиды, называемых *образовательными центрами*.

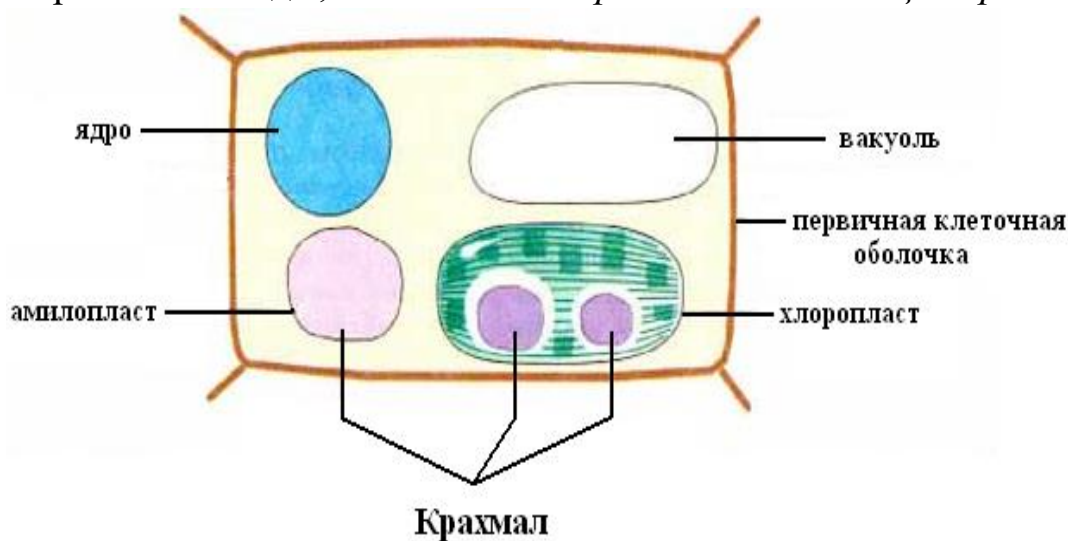


Рис. 77. Крахмал в клетках растения

Рост зерна происходит путем последовательного отложения слоев крахмала вокруг образовательного центра. Смежные слои в одном зерне могут иметь различный показатель преломления света, и тогда они видны под микроскопом – *слоистые* крахмальные зерна.

Расположение слоев может быть *концентрическим* (пшеница) или *эксцентрическим* (картофель). Если в амилопласте имеется один образовательный центр, вокруг которого откладываются слои крахмала, то возникает *простое зерно*, если два и более – то образуется *сложное зерно*, состоящее как бы из нескольких простых. *Полусложное зерно* образуется в том случае, если крахмал сначала откладывается вокруг нескольких точек, а затем, после соприкосновения простых зерен, вокруг них возникают общие слои.



Форма, размер, количество в амилопласте и строение (положение образовательного центра, слоистость, наличие или отсутствие трещин) крахмальных зерен часто специфичны для вида растения. Обычно крахмальные зерна имеют сферическую, яйцевидную или линзовидную форму, однако у картофеля она неправильная. Наиболее крупные зерна (до 100 мкм) характерны для клеток клубней картофеля, в зерновке пшеницы они двух размеров – мелкие (2-9 мкм) и более крупные (30-45 мкм). Для клеток зерновки кукурузы характерны мелкие зерна (5-30 мкм). Сложные крахмальные зерна у риса, овса, гречихи.

Реактивом на крахмал является раствор йода в растворе калия йодида – *реактив Люголя*. Он окрашивает крахмальные зерна в синевioletовый цвет.

Отложения крахмала широко распространены во всех органах растения, но особенно богаты им семена, подземные побеги (клубни, луковицы, корневища), паренхима проводящих тканей корней и стеблей древесных растений.

**Липидные капли** встречаются практически во всех растительных клетках. Жирные масла накапливаются у огромного количества растений и по своему значению являются второй после крахмала формой запасных питательных веществ. Особенно богаты ими семена и плоды. Семена некоторых растений (подсолнечник, хлопчатник, арахис) могут содержать до 40% масла от массы сухого вещества. Поэтому растительные жиры получают, главным образом, из семян.

Липидные капли накапливаются непосредственно в гиалоплазме. Они выглядят как мелкие сферические тела, каждая капля отделена от гиалоплазмы мембраной. Иногда липидные капли называют *сферосомами*.

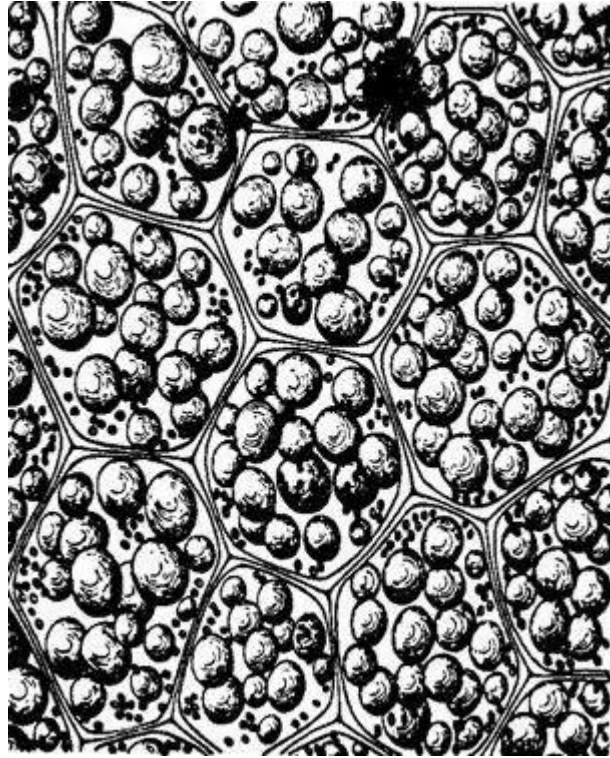


Рис. 78. Жировые капли в семенах кокоса

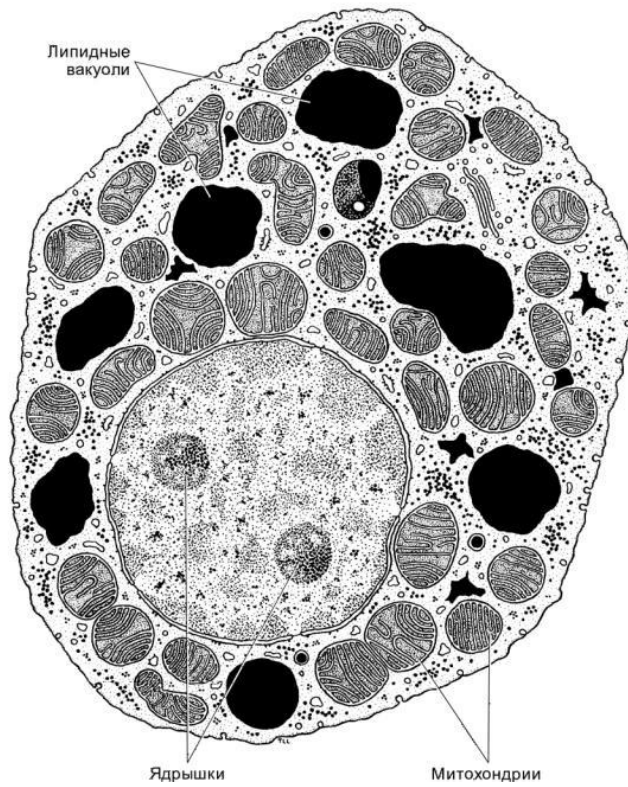


Рис. 79. Липидные капли в клетке

Реактивом на жирное масло является краситель *судан III*, липидные капли окрашиваются им в оранжево-красный цвет.

**Белковые включения** в виде разнообразных аморфных или кристаллических отложений образуются в различных органеллах клетки. Наиболее часто белковые кристаллы можно встретить в ядре, реже - в гиалоплазме, строме пластид, в расширениях цистерн эндоплазматической сети, матриксе пероксисом и митохондрий. Размер белковых кристаллов чаще всего находится за пределами разрешающей способности светового микроскопа.



Рис. 80. Белковые включения в растительной клетке

Запасные белки относятся к категории простых белков – *протеинов*, в отличие от сложных белков – *протеидов*, составляющих основу протопласта. В наибольшем количестве они откладываются в запасящей ткани сухих семян в виде *алеироновых зерен*, или *белковых телец*.

Алейроновые зерна обычно имеют сферическую форму и различный размер (0,2-20 мкм). Они окружены мембраной и содержат аморфный белковый матрикс, в который погружены кристаллические включения – один (реже, 2-3) белковый кристалл ромбоэдрической формы и округлые *глобонды* (от одного до многих).

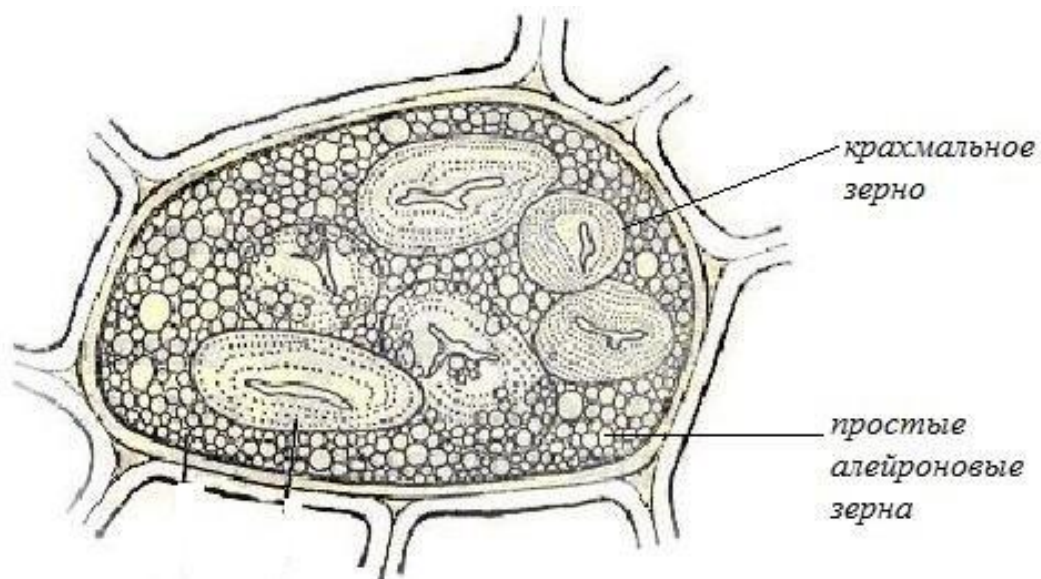


Рис. 81. Алейроновое и крахмальное зерно на примере фасоли

Глобиды состоят из фитина (соли инозитгексафосфорной кислоты) и являются местом хранения запасного фосфора. Алейроновые зерна, содержащие кристаллы, называют *сложными*.

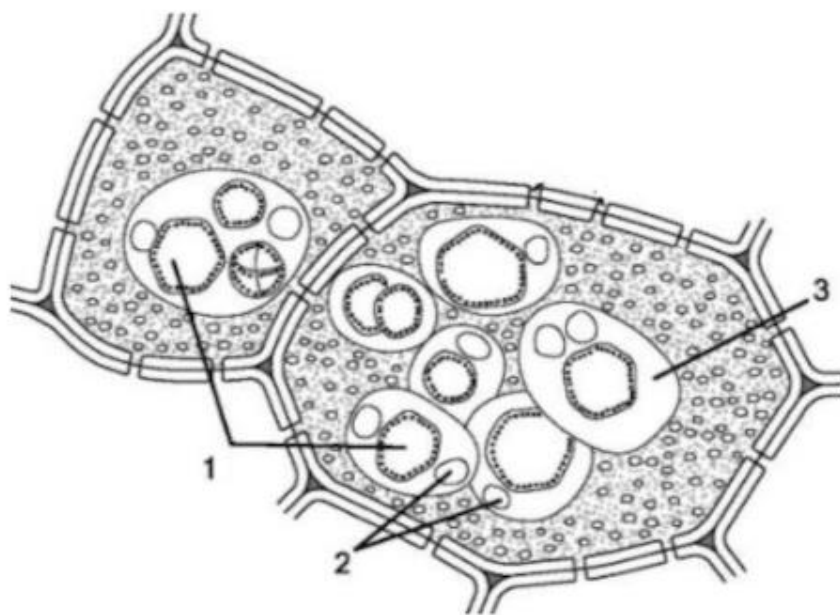


Рис. 82. Сложные алейроновые зерна: 1 – кристаллы; 2 – глобиды; 3 – аморфная белковая масса

Они характерны для запасяющих клеток семян масличных растений (лен, подсолнечник, тыква, горчица, клещевина и др.). Реже встречаются *простые* алейроновые зерна, не содержащие кристаллов, а только аморфный белок (бобовые, рис, кукуруза).

Запасные белки во время развития семян откладываются в вакуоли. При созревании семян, сопровождающемся их обезвоживанием, белковые вакуоли высыхают, белок и фитин выпадают из раствора в осадок и могут кристаллизоваться. При прорастании семян алейроновые зерна поглощают воду, набухают и постепенно превращаются в типичные вакуоли. Белки и вещества глобидов расходуются на рост и развитие проростка.

Белковые включения можно окрасить реактивом Люголя в золотисто-желтый цвет.

**Кристаллы кальция оксалата** часто встречаются в растительных клетках. Они откладываются только в вакуолях. Форма кристаллов кальция оксалата довольно разнообразна (рис. 83.) и часто специфична для определенных растений, что используется при диагностике лекарственного растительного сырья. Это могут быть *одиночные кристаллы* ромбоэдрической, октаэдрической или удлиненной формы (листья белены),  *друзы* – звездчатые сrostки кристаллов шаровидной формы (листья спорыша, дурмана, санны, корни ревеня), *рафиды* – мелкие игольчатые кристаллы, собранные в пучки (листья ландыша, корневища марены), *стилоиды* – более крупные, палочковидные кристаллы (листья ландыша) и *кристаллический песок* – скопления множества мелких одиночных кристаллов (листья красавки). Наиболее часто встречаются друзы.

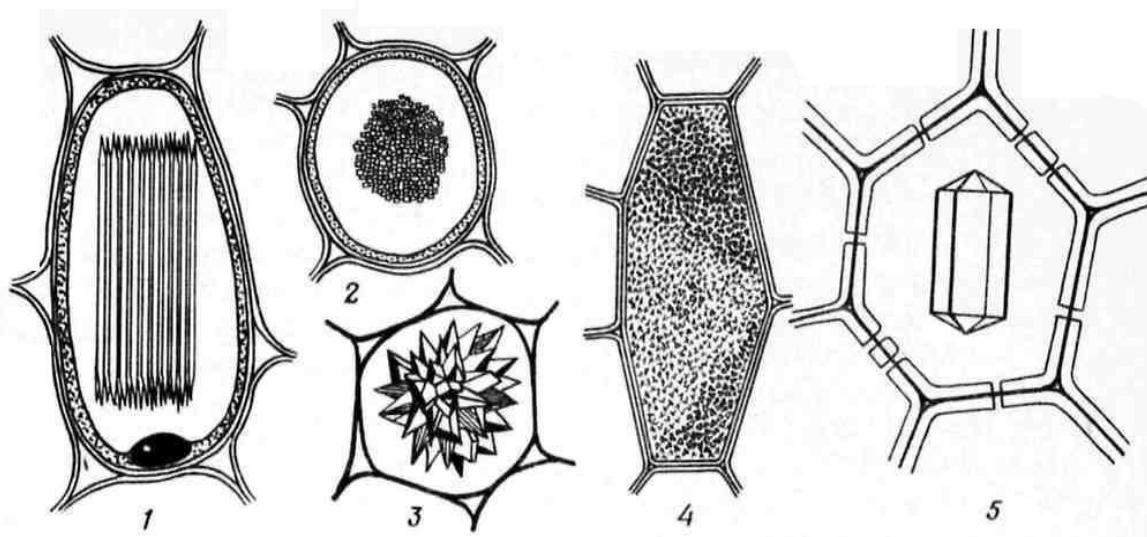


Рис. 83. Формы кристаллов кальция оксалата:

- 1,2 – рафиды (1 – вид сбоку, 2 – вид на поперечном срезе);  
3 – друза; 4 – кристаллический песок; 5 – одиночный кристалл



Вдоль волокон в коре или вдоль жилок листьев у ряда растений (кора дуба, корни солодки, листья сенны) встречается *кристаллоносная обкладка* – расположенные параллельными рядами клетки с одинокими кристаллами кальция оксалата (рис.84.).



Рис. 84. Жилка с кристаллоносной обкладкой в листе сенны

В отличие от животных, которые выделяют избыток ионов во внешнюю среду вместе с мочой, растения, не имеющие развитых органов выделения, вынуждены накапливать их в тканях. Обычно считают, что кристаллы кальция оксалата – конечный продукт жизнедеятельности клетки, предназначенный для выведения излишков кальция. Действительно, кристаллы образуются в больших количествах в тех органах и тканях, которые растения время от времени сбрасывают (листья и кора). Однако имеются данные, что кристаллы могут исчезать из вакуолей. В таком случае их можно рассматривать как место отложения запасного кальция.

Подтвердить химическую природу кристаллов кальция оксалата можно действием концентрированных минеральных кислот. Под действием кислоты хлористоводородной кристаллы растворяются. При действии кислоты серной кальция оксалат переходит в нерастворимый кальций сульфат (гипс), образующий многочисленные игольчатые кристаллы.

К кристаллическим включениям близки **цистолиты**. Они чаще всего состоят из кальция карбоната или кремнезема и представляют собой гроздевидные образования, возникающие на выступах клеточной стенки, вдающейся внутрь клетки (рис. 85). Цистолиты характерны для растений семейств крапивных, тутовых. Значение цистолитов пока не выяснено.

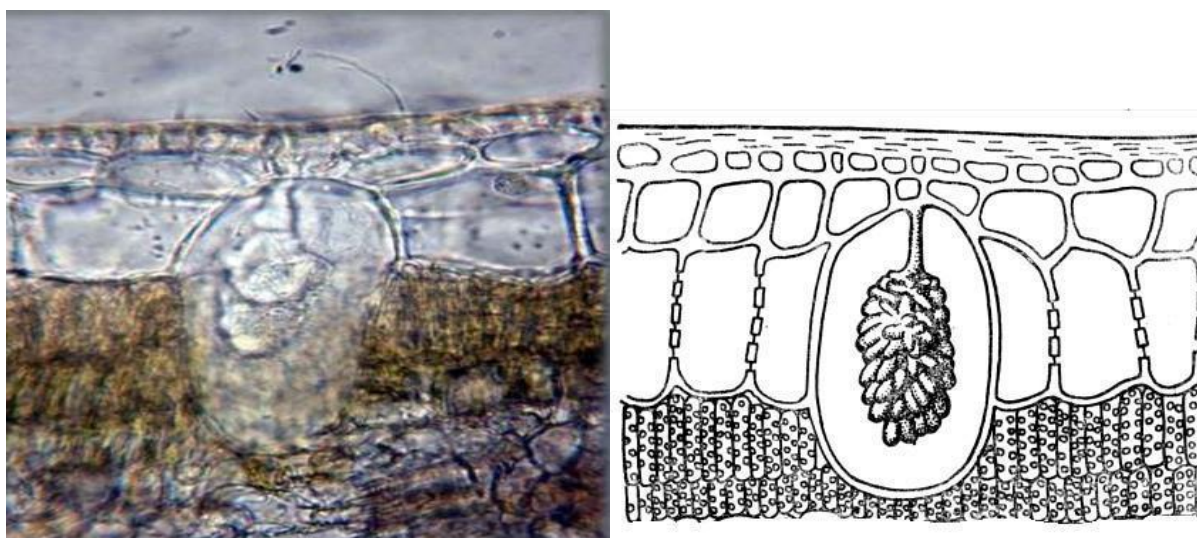


Рис. 85. Цистолит в клетке эпидермы листа фикуса

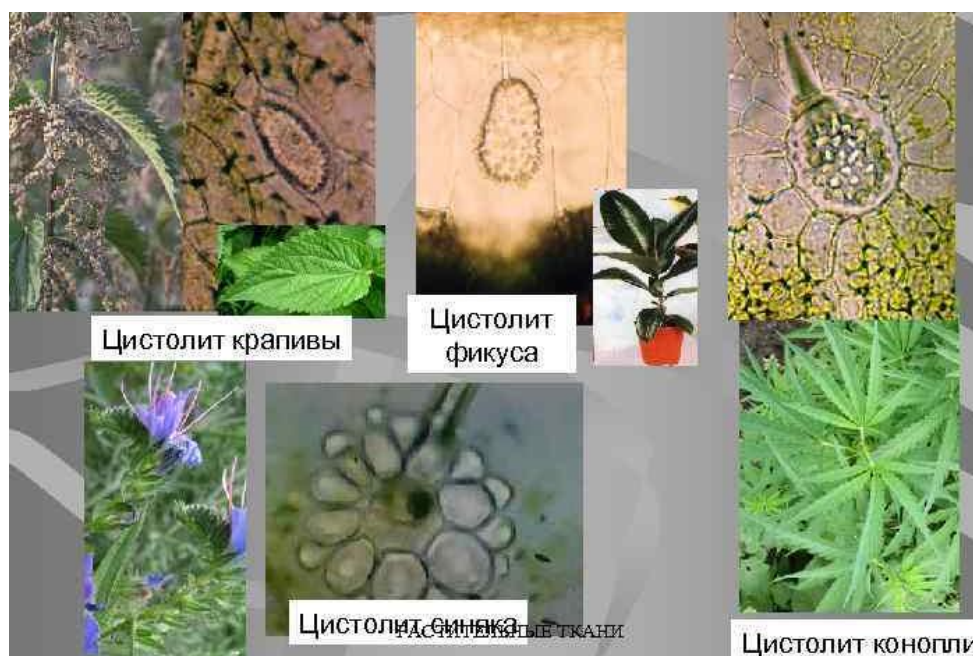


Рис. 86. Кристаллы карбоната кальция - цистолиты

### 2.3. Размножение растительной клетки

Размножение – одно из основных свойств растительной и животной клетки. Клетки в растении размножаются путём деления. Известны 4 способа деления растительной клетки: амитоз, митоз, эндомитоз, мейоз.

**Амитоз** – прямое деление – суть его состоит в том, что при этом способе в начале происходит простое деление ядра на два путём образования перетяжки, затем начинает делиться протопласт.

Амитоз – наиболее простой процесс, чем митоз или мейоз. Амитоз у эукариотов встречается довольно редко и более свойственен прокариотам. Это более быстрый и экономичный процесс, чем митоз. Наблюдается при стремительном восстановлении тканей. Амитозом делятся стареющие клетки и клетки ткани, которые в дальнейшем не будут делиться митотическим способом. Чаще всего это группа клеток, выполняющая строго определённые функции.

#### **Амитоз наблюдается:**

- при увеличении корневого чехлика;
- в клетках эпителия;
- при росте лука;
- в рыхлой соединительной ткани;
- в хрящевой ткани;
- в мускулатуре;
- в клетках зародышевых оболочек;
- при увеличении тканей водорослей;
- в клетках эндосперма.

#### ***Основные особенности амитоза, по сравнению с митозом:***

- не сопровождается перестройкой всей клетки;
- отсутствует веретено деления;
- не происходит спирализация хроматина;
- не выявляются хромосомы;
- отсутствие репликации (удвоения) ДНК;
- генетический материал распределяется неравномерно;
- образовавшаяся клетка не способна к митозу.

Амитоз может происходить в опухолевых тканях. При неравномерном распределении генетического материала образуются дефектные эукариотические клетки с нарушенными внутриклеточными процессами.

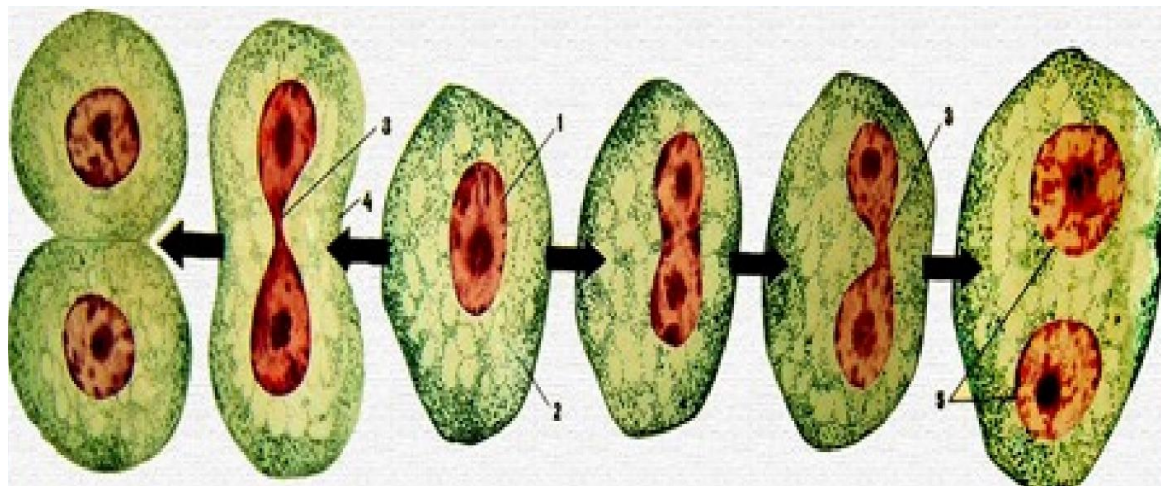


Рис. 87. Амитотическое деление клетки: 1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – перешнуровка ядра; 4 – цитотомия; 5 – двуядерная клетка

Амитоз – простой и редкий способ деления клеток, который мало изучен. Известно, что амитоз происходит за счёт простой перетяжки (инвагинации) кариолеммы – ядерной оболочки, что приводит к разделению родительской клетки на две части. Во время деления клетка находится в интерфазе, т.е. в состоянии роста и развития, никак не подготавливаясь к делению. Процесс амитоза описан в таблице 1.

Таблица 1

#### Фазы амитоза

Фазы	Происходящие процессы	Результат
Кариокинез	Образование перетяжки ядра. Постепенное углубление перетяжки разделяет ядро пополам	Образуется два ядра с неравномерным распределением генетической информации
Цитокинез	Разделение цитоплазмы с находящимися в ней органоидами на две части. Образуется перетяжка, делящая всю клетку пополам	Образуется две дочерние клетки с ядрами и неравномерным количеством оргanelл

Не всегда при амитозе происходит цитокинез, т.е. деление тела клетки – цитоплазмы со всем её содержимым. В этом случае образуется

два и более ядра под одной оболочкой (многоядерная клетка), что может приводить к образованию колоний (дрожжи).

Амитоз имеет биологическое значение для быстрого восстановления тканей, размножения одноклеточных эукариотических и прокариотических организмов. Амитоз свойственен дрожжам, размножающимся бесполом путём (почкованием), бактериям, лейкоцитам человека.

Бактерии и другие прокариоты не имеют ядра. Поэтому амитоз происходит несколько иначе. Сначала удваивается кольцевая ДНК, прикреплённая к складке цитоплазматической мембраны (мезосоме). Затем между двумя закреплёнными на мезосомах ДНК образуется перетяжка, разделяющая клетку пополам. Такое деление часто называют простым или бинарным.

**Митоз** – кариокинез – является характерным типом деления для всех высших и большинства низших растений. Происходит в вегетативных (соматических) клетках.

Митоз как способ деления ядра в растениях впервые открыт и описан Чистяковым (1874).

Митотическое деление – сложный процесс, основная суть которого заключается в передаче дочерним клеткам такого количества, вида и типа хромосом, которые были у родительской клетки. Смысл деления заключается в равномерном распределении ядерного вещества в дочерних клетках.



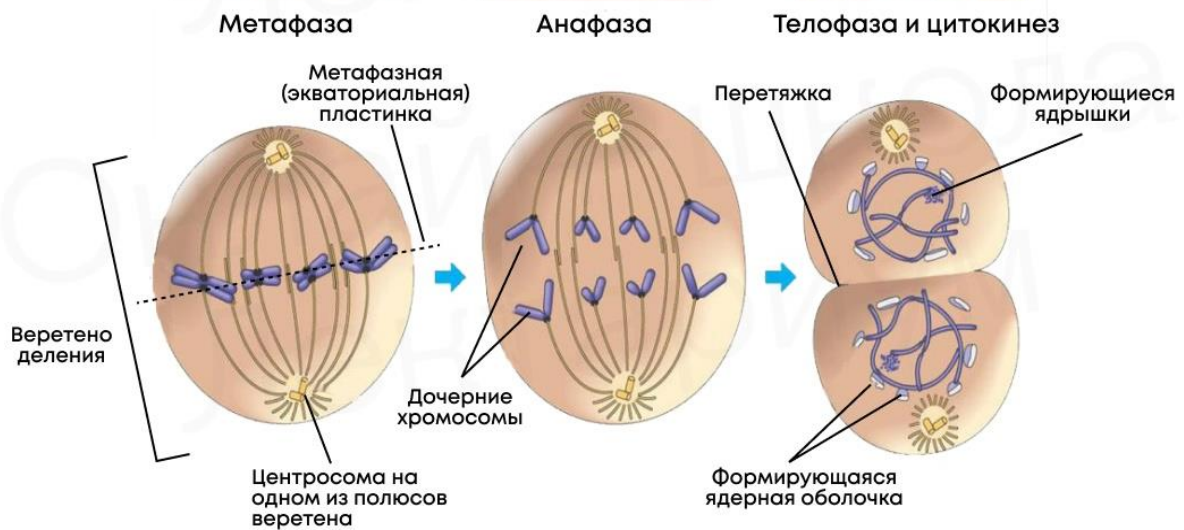
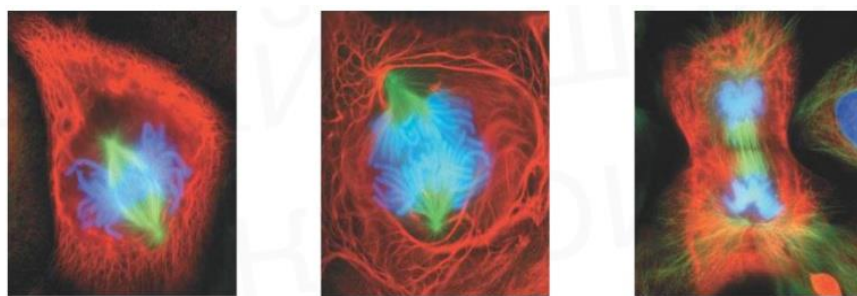
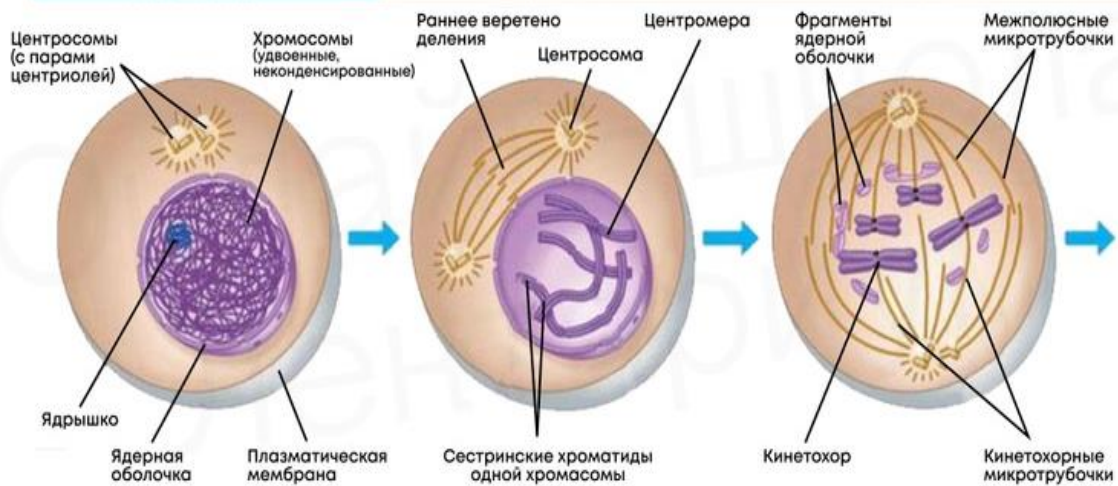


Рис. 88. Митоз растительной клетки

Это достигается в результате редупликации ДНК в теле хромосомы. Этот процесс идёт в интерфазе.

Митозу предшествует деление пластид, митохондрий.

Митоз имеет 4 фазы

- 1) профаза,
- 2) метафаза,
- 3) анафаза,
- 4) телофаза и цитокинез – делится сама клетка.

Каждый вид растения, животные, человек имеет определенный набор хромосом в соматических клетках.

*Кариотип* – представлен двойным набором хромосом (диплоидный). Он может изменяться под воздействием внешней среды (увеличение числа хромосом – полиплоидия).

В природе могут возникать новые виды. Научились искусственно получать полиплоиды. Для этого на семена или взрослое растение воздействуют химическими или радиоактивными факторами. Подавляющее большинство плодов, ягод – полиплоидны.

#### ***Биологическое значение митоза***

1. Сохранение генетического материала у дочерних клеток
2. Лежит в основе образования соматических клеток (всех клеток организма, кроме половых)
3. Обеспечивает генетическую стабильность организма
4. Рост организма и регенерация после повреждений
5. Лежит в основе бесполого размножения. Например, деление надвое у простейших.

***Эндомитоз*** – внутриклеточное деление. При эндомитозе нормально идет редупликация, но ядро и клетка не делятся, хромосомы к полюсам не расходятся. Ядро оказывается с удвоенным количеством хромосом.

Эндомитоз – пример полиплоидии. В результате его образуются 2 дочерние клетки с полным набором хромосом.

Эндомитоз, или внутреннее деление - это особый тип репликации хромосом внутри ядра без развития митотического аппарата (рис. 89). В таких случаях в клетке происходит внутриядерное кратное увеличение числа хромосом без типичного, отчетливо выраженного деления вещества, которое сопровождается укрупнением ядра и повышением содержания в нем хроматина.

При эндомитозе после репликации хромосомы вначале спирализуются, становятся отчетливо видимыми, а затем уже расходятся и деспирализуются внутри ядерной оболочки. В промежутке между делениями ядро выглядит интерфазным.

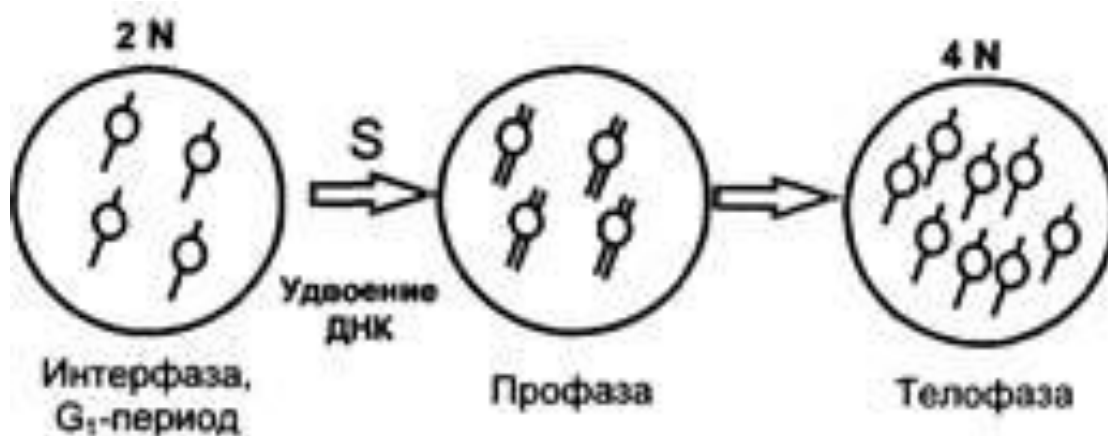


Рис. 89. Схема эндомитоза

Чаще всего эндомитоз наблюдается в дифференцированных клетках растений, а также в клетках пыльника и антипод, и в других специализированных тканях. Очевидно, эндомитоз имеет определенное функциональное значение, при нем деятельность клетки не нарушается. Поэтому в клубнях картофеля, находящихся в периоде интенсивного крахмалообразования, митотическое деление заменяется эндомитозом.

Эндомитоз связан с увеличением генетического материала ядра, количества синтезируемых белков и нуклеиновых кислот, а также с усилением роста цитоплазмы, что, естественно, приводит к нарушению ядерно-цитоплазменных отношений в клетке. Таким образом, путем эндомитоза клетка из диплоидной превращается в тетраплоидную, октаплоидную и далее, при этом плоидность может увеличиваться до 256 раз. Для установления плоидности таких клеток путем подсчета хромосом необходимо вызвать их деление воздействием различных стимуляторов.

Впервые эндомитоз был описан Мейером в клетках тапетума шпината. Формы эндомитоза весьма разнообразны и недостаточно изучены.

Во время эндомитоза хромосомы проходят весь митотический цикл, но, поскольку веретено деления не образуется, все удвоенные (реплицированные) хромосомы остаются в ядре. При этом оболочка ядра и ядрышко сохраняются.

Фазы эндомитоза соответственно фазам митоза называются: эндодпрофаза; эндометафаза; эндоанафаза; эндотелофаза.

***Основные характеристики эндомитоза:***

- хромосомы удваиваются и спирализуются;
- ядерная оболочка не разрушается;
- веретено деления не образуется;
- разделение материнской клетки на две дочерние не происходит, поэтому в ней остается удвоенное число хромосом.

Например, у винограда эндомитоз был обнаружен в кончиках молодых корней сорта «Фоль бланш». По своему происхождению, большинство известных полиплоидных сортов винограда возникло на основе соматических мутаций в результате спонтанного образования полиплоидных клеток путем эндомитоза. При определённых благоприятных условиях эти клетки занимают апикальное положение и, делясь в дальнейшем путём митоза, дают начало полиплоидным побегам на диплоидных кустах.

От таких побегов возникли, например, тетраплоидные клоны:

- «Шабаш крупноягодный»,
- «Рислинг крупноягодный».

Термин «*мейоз*» произошел от греческого слова мейозис, т.е. уменьшение. Поскольку при мейозе наступает редукция (уменьшение вдвое) числа хромосом, раньше этот процесс называли редукционным делением.

Сущность мейоза становится понятной лишь при изучении этого явления в связи с другим процессом у растений - чередованием поколений. Собственно, под этим, не совсем удачным, названием подразумевается процесс чередования двух различных фаз гаплофазы и

диплофаза в одном жизненном цикле растения. Гаплофаза характеризуется наличием в ядрах одного набора хромосом ( $n$ ), а диплофаза - двойного ( $2n$ ).

Мейоз свойствен всем организмам, размножающимся половым путем. Относительное значение его в жизненном цикле растения зависит от их эволюционного развития. Так, у многих низших растений диплофаза представлена только оплодотворенной женской гаметой (зиготой), в которой и происходит мейоз перед образованием спор, вновь дающих начало гаплофазе. Подобный тип характерен для многих водорослей и простейших, у которых диплоидное состояние продолжается, лишь пока существует зигота. Здесь производные зиготы - вегетативные клетки - имеют гаплоидное число хромосом. Следовательно, в цикле развития таких организмов гаплоидная фаза преобладает, а сам организм гаплоиден,

У некоторых водорослей гаплофаза и диплофаза имеют примерно одинаковое значение. У мхов доминирует гаплофаза, у папоротников - диплофаза. По-видимому, в эволюционном плане мейоз первоначально следовал за слиянием гамет (сингамией), таким образом, восстанавливая исходное гаплоидное состояние. У высших (покрытосеменных) растений гаплофаза еще более редуцирована, чем у папоротников, так как у них гаплоидное поколение представлено лишь зародышевым мешком и прорастающей пыльцой. Мейоз у покрытосеменных, связанный с чередованием поколений, составляет часть общего процесса спорогенеза, осуществляющегося в семяпочках и пыльниках цветка. Споры, обладающие гаплоидным числом хромосом, развиваются в гаплоидное поколение - гаметофит, который дает начало гаметам, а после их слияния возникает зигота, из которой снова развивается спорофит.



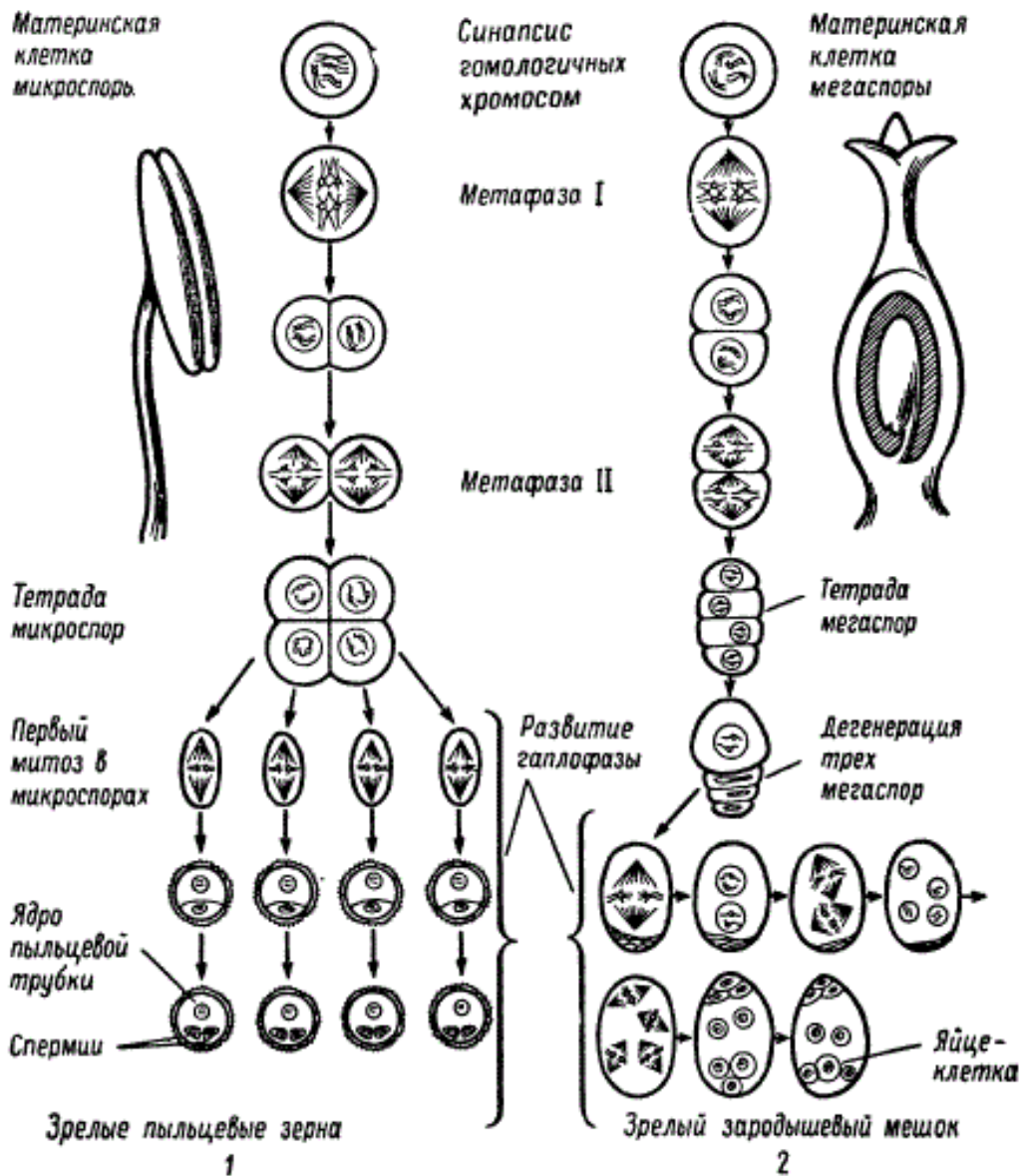


Рис. 90. Схема образования микроспор и пыльцевых зерен (А) и мегаспор и зародышевых мешков (Б) у покрытосеменных растений (по Мюнтцингу): 1 – процесс созревания мужских клеток; 2 – процесс созревания женских клеток

На рис. 90 схематично изображено развитие микро- и мегаспор, образование пыльцевых зерен и зародышевого мешка у покрытосеменных растений. При мейозе образуются комплексы из четырех клеток (тетрад), содержащих в ядрах гаплоидное число хромосом, из которых в дальнейшем развиваются мужской и женский гаметофиты.

В пыльниках цветковых почек на ранних фазах развития закладывается большое число клеток археспория, которые в дальнейшем

развиваются в материнские клетки микроспор. Последние в результате мейоза превращаются в тетрады микроспор с гаплоидным числом хромосом. На этом заканчивается микроспорогенез.

Дальнейшие изменения в зрелых пыльцевых зернах относятся к формированию мужских гамет, т.е. к гаметогенезу.

Мейоз происходит и в материнской клетке мегаспор, находящейся в семязпочке. В результате двух делений мейоза образуется четыре мегаспоры с гаплоидным числом хромосом, чем и заканчивается мегаспорогенез. Дальнейшие изменения, связанные с формированием женского гаметофита (зародышевого мешка) из мегаспоры, относятся к гаметогенезу.

Сущность этого процесса очень проста. Уменьшение числа хромосом вдвое при образовании гамет необходимо, поскольку при оплодотворении происходит их удвоение в результате слияния гамет (в зиготе). Если бы это удвоение не компенсировалось уменьшением (редукцией) хромосом вдвое при образовании гамет число их неизбежно возрастало бы от поколения к поколению. Поэтому для всех организмов, размножающихся половым путем неизбежен акт чередования фаз, отличающихся по числу хромосом, т.е. гаплофазы - гаметофита и диплофазы - спорофита.

Мейоз состоит из двух делений, следующих одно за другим. Первое (редукционное) сопровождается уменьшением числа хромосом вдвое, второе (эквационное) протекает по типу обычного митоза. Эти деления называют первым и вторым делением или просто делением I и II.

Мейоз - очень сложный кариокINETический процесс, при котором, с одной стороны, происходит редукция числа хромосом, что обеспечивает превращение диплоидного ядра (2n) в гаплоидное (n), с другой, осуществляется конъюгация, т.е. соединение гомологичных хромосом. Гомологичными, или аллеломорфными, хромосомами называются такие парные хромосомы, из которых одна получена от яйцеклетки, а другая, соответствующая ей, - от спермия. Эти хромосомы сходны между собой не только по внешнему морфологическому строению, но имеют и более глубокое внутреннее единство, например число хромомер и т.д.

Первое из делений мейоза отличается длинной профазой, в течение которой гомологичные хромосомы конъюгируют попарно и обмениваются наследственным материалом. Конъюгация гомологичных хромосом заключается в их сближении во время профазы деления I с образованием бивалентов, состоящих из двух гомологичных хромосом. В анафазе деления I гомологичные хромосомы расходятся к противоположным полюсам, в результате чего число хромосом уменьшается вдвое, т.е. становится гаплоидным. Такова схема мейоза, приводящая к возникновению гаплоидных ядер.

Цикл мейоза состоит из ряда последовательных фаз, во время которых хромосомы претерпевают определенные изменения (рис. 91). Различают следующие фазы I и II деления мейоза:

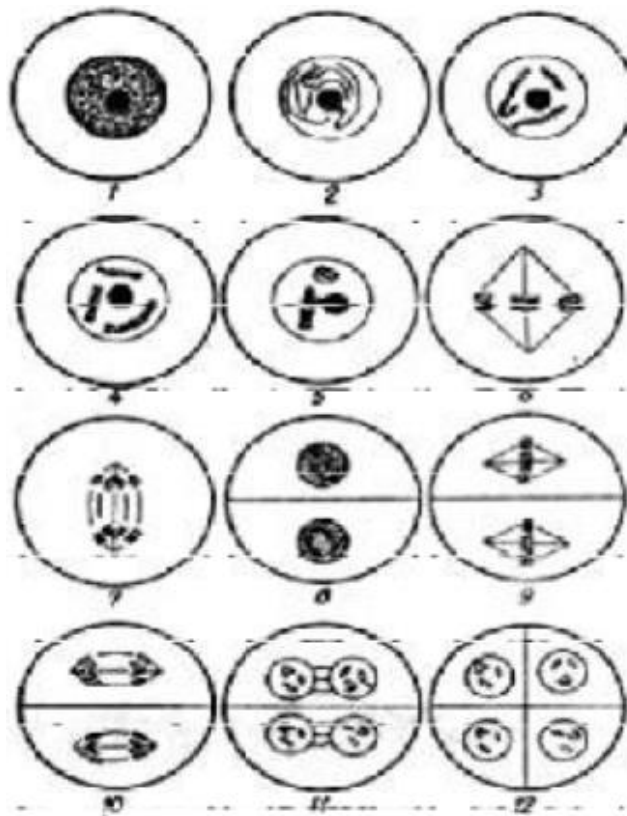


Рис. 91. Схема мейоза у покрытосеменных растений (по А. И. Атабековой); 1 - интерфазное ядро; 2 - лептонема; 3 - зигонема; 4 - пахинема -стрепсинема; 5 - диакинез; 6 - метафаза I; 7 - анафаза I; 8 - интеркинез; 9 - метафаза II; 10 - анафаза II; 11 - телофаза и 12 - образование тетрады (четырех гаплоидных клеток - микроспор и мегаспор)

Собственно к мейозу относят цикл изменений ядра, начиная с профазы I до телофазы I, после чего наступает интерфаза - промежуточная фаза между первым и вторым делениями. Нередко в телофазе, как и в интерфазе, ядро не приобретает телофатического состояния, а остается профатическим.

### ***Биологическое значение мейоза:***

#### ***1. Половое размножение.***

У организмов, размножающихся половым путем, в результате мейоза образуются четыре дочерние клетки, каждая из которых содержит половинное число хромосом по сравнению с родительской клеткой. Таким образом этот процесс обеспечивает постоянство числа хромосом в ряду поколений размножающихся половым путем организмов.

#### ***2. Генетическая изменчивость.***

Мейоз создает также возможности для возникновения в клетках новых генных комбинаций. Это ведет к изменениям в генотипе и фенотипе потомства, получаемого в результате слияния гамет. Механизмы мейоза, участвующие в создании этой изменчивости, следующие:

- уменьшение числа хромосом от диплоидного до гаплоидного сопровождается расхождением (разделением аллелей, так что каждая гамета несет только один аллель по данному локусу (месту);

- расположение бивалентов в экваториальной пластинке веретена в метафазе I и хромосом в метафазе II определяется случайным образом. Последующее их разделение в анафазах I и II соответственно создаст новые комбинации аллелей в гаметах. Этот процесс называется *независимым распределением* и лежит в основе второго закона Менделя;

- в результате образования хиазм между гомологичными хромосомами в профазе I часто происходит кроссинговер, ведущий к возникновению новых комбинаций аллелей в хромосомах половых клеток. При этом распадаются существовавшие ранее группы сцепления и возникают новые.

В процессе мейоза I в формирующихся клетках оказываются с равной вероятностью отцовские и материнские хромосомы от предков организма, в котором происходит мейоз. Вероятность того, что в одной половой клетке человека окажутся только материнские или отцовские хромосомы, равна  $C/2^n$ , т. е. менее одной четырехмиллионной. Таким

образом, происходит перемешивание в потомстве генетической информации, полученной от предков. Процесс мейоза может нарушаться под влиянием различных внешних неблагоприятных факторов.

Патология мейоза обычно приводит к сбою в процессе распределения хромосом в гаметах.

## **2.4. Сходство и различие растительной и животной клеток**

Основой любого живого организма является клетка. Она способна к самовоспроизведению и регенерации, несёт в себе генетическую информацию, обеспечивает важные обменные процессы. Клетки характерны для животных и растений. Их объединяют общие свойства и строение, но при этом каждая из них обладает уникальными особенностями. Различия растительной и животной клетки лежат в основе удивительного многообразия живого мира нашей планеты.

### ***Сходства в строении растительной и животной клетки***

Каждая клетка, независимо от своего происхождения, включает в себя стандартный набор органелл, играющих ключевую роль в процессах жизнедеятельности самой клетки. К таким органеллам относят:

- Ядро - важнейший компонент клетки, содержащий генетическую информацию и обеспечивающий её передачу потомкам. Ядро окружено двойной мембраной, благодаря чему полностью изолировано от цитоплазмы.

- Цитоплазма - вязкая прозрачная среда, заполняющая все пространство клетки. Цитоплазма позволяет органеллам свободно перемещаться внутри клетки, а также обеспечивает транспорт синтезированных веществ.

- Клеточная мембрана - оболочка, отделяющая клетку от внешней среды. Обеспечивает поступление веществ в клетку и вывод продуктов жизнедеятельности.

- Комплекс Гольджи - пластинчатый комплекс, предназначенный для синтеза белков и последующего их транспорта из клетки.

- Эндоплазматическая сеть - система плоских цистерн, каналов и пузырьков, ограниченных мембранами. Участвует в обменных процессах, обеспечивая транспорт веществ из окружающей среды в цитоплазму.



- Митохондрии - микроскопические мембранные органоиды, которые обеспечивают клетку энергией. Поэтому их называют энергетическими станциями (аккумулятором) клеток. Также выполняют дыхательную функцию (поглощают кислород и выделяют углекислый газ).

- Рибосомы - микроскопические немембранные органеллы, необходимые для синтеза белка. Они объединяют аминокислоты в пептидную цепь, образуя новые белковые молекулы.

- Лизосомы - мембранные органеллы, содержащие множество ферментов, способных разрушать все типы биологических полимеров: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Выполняют функцию пищеварительной системы.

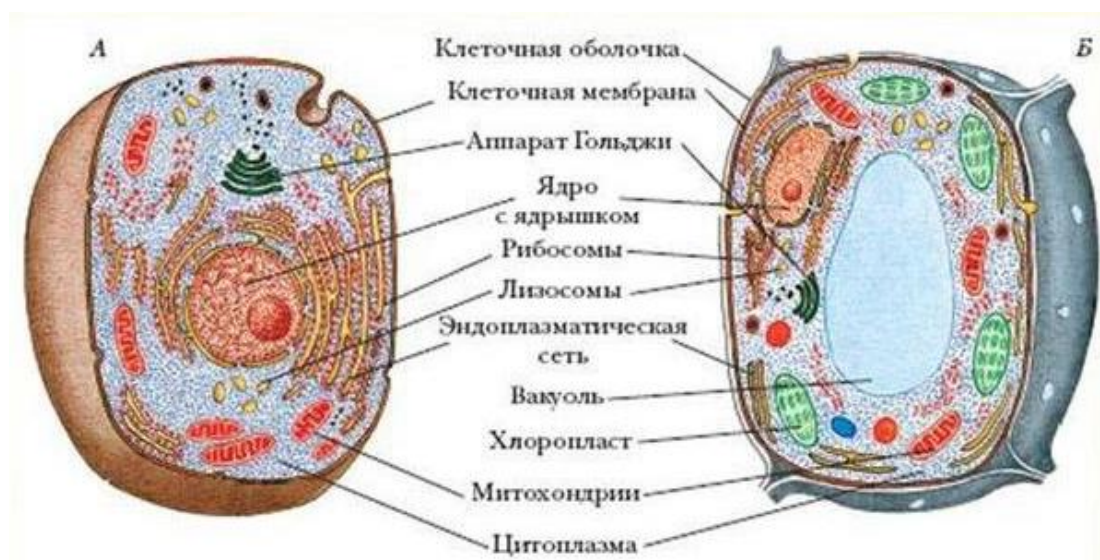


Рис. 92. Строение животной (А) и растительной (Б) клеток

Принципиальное сходство в особенностях строения и молекулярного состава клеток растений и животных указывает на родство и единство их происхождения. Отличаться они стали в ходе эволюции, под воздействием разных сред обитания и образа жизни.

### ***Отличия в строении растительной и животной клетки***

Помимо общих признаков, растительные и животные клетки имеют ряд существенных отличий в строении и выполняемых функциях.

Главное отличие растительных и животных клеток заключается в их способе питания. Клетки растений способны синтезировать органические вещества из неорганических за счёт энергии солнечного

света в процессе фотосинтеза. Источником энергии для животных клеток служат органические вещества, поступающие вместе с пищей.

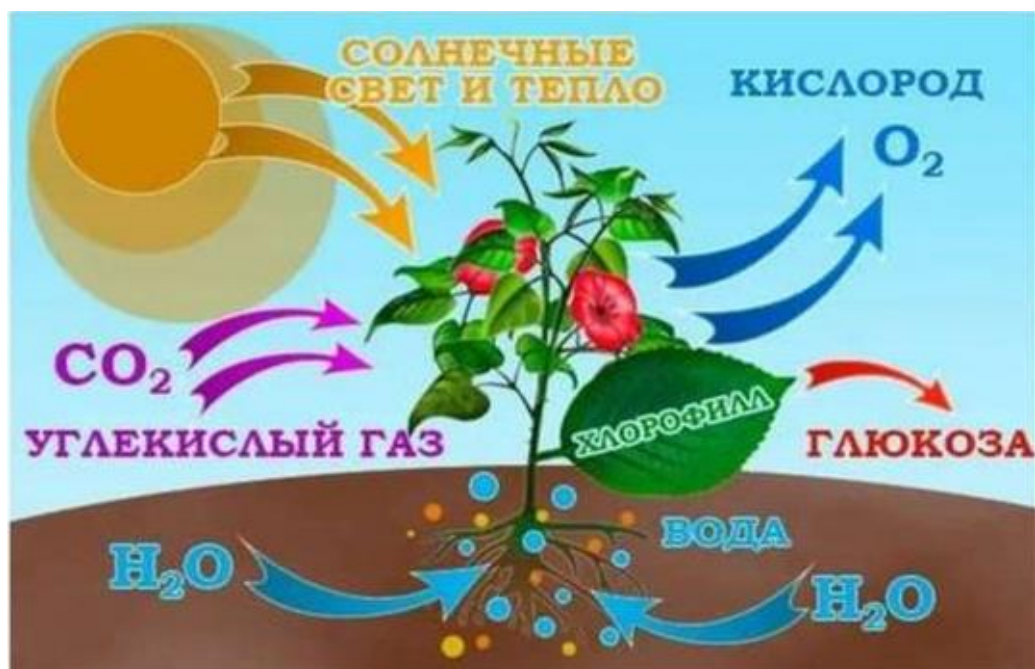


Рис. 93. Схема процесса фотосинтеза

Отличие растительной клетки от животной можно кратко подать в виде таблицы.

Таблица 2

Отличия растительной клетки от животной

Признак	Растительная клетка	Животная клетка
Способ питания	Автотрофный (фототрофный, хемотротрофный). Способный получать органические вещества из неорганических (фотосинтез)	Гетеротрофный (хемотротрофный, сапротрофный, паразитический). Не способны самостоятельно производить органические вещества
Способ хранения питательных веществ	В клеточном соке вакуоли	В цитоплазме в виде клеточных включений
Основной запасной углевод	Крахмал - твёрдое нерастворимое в воде вещество	Гликоген - быстрорастворимое в воде вещество

Синтез АТФ	В хлоропластах и митохондриях	В митохондриях
Расщепление АТФ	В хлоропластах и всех частях клетки, где тратится энергия	Во всех частях клетки, где тратится энергия
Деление	Между дочерними клетками образуется перегородка	Между дочерними клетками образуется перетяжка
Клеточный центр	Только у низших растений	Есть клеточный центр с центриолями
Центриоли	Только у низших растений	Есть центриоли
Клеточная стенка	Клетка покрыта целлюлозной клеточной стенкой, которая расположена снаружи от мембраны. Толстая плотная стенка сохраняет постоянную форму клетки	Клетка лишена плотной оболочки и может менять свою форму

Деление растительной и животной клеток выглядит следующим образом:

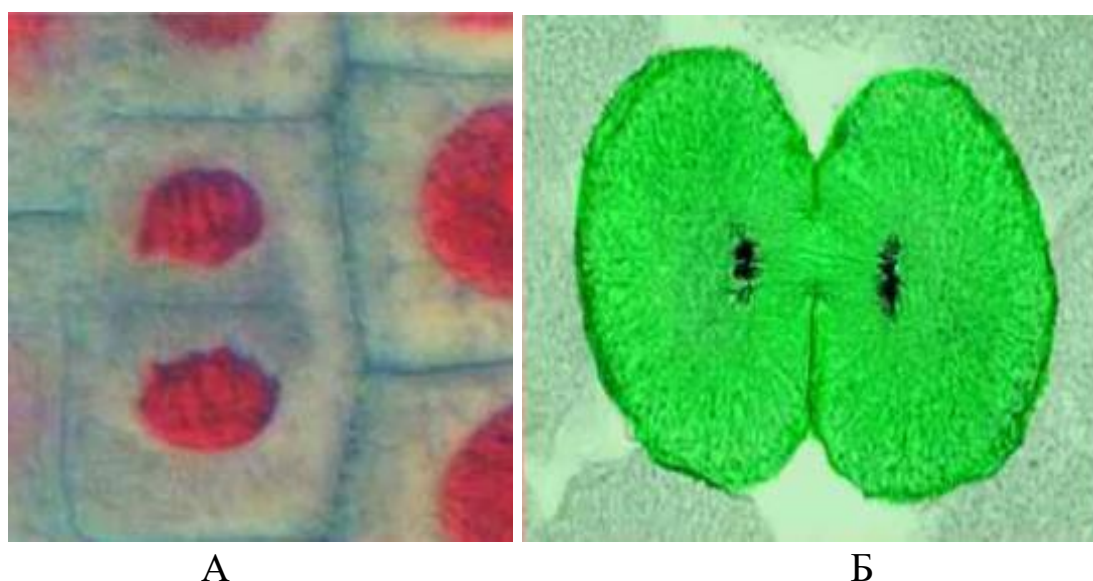


Рис. 94. Деление растительной (А) и животной клетки (Б)

Растительная и животная клетки имеют много общего во внутреннем строении, но принципиально отличаются способами питания и деления, наличием тех или иных органелл. Сравнение растительной и животной клетки позволяет убедиться в том, что они имеют общее происхождение.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Клетка как основная структурно-биологическая единица тела растения, её составные части. Отличия растительной клетки от животной в связи со способом питания и образом жизни.

2. Оболочка растительной клетки, её пространственное положение и функции. Образование первичной клеточной стенки в ходе митоза. Первичная оболочка, её химический состав, ультраструктура и физические свойства.

3. Вторичное утолщение клеточной оболочки и клеточной стенки в ходе развития клетки. Химический состав, ультраструктура и физические свойства вторичной оболочки. Образование и типы пор, их биологическая роль.

4. Пластиды растительной клетки: строение, разнообразие, функции, особенности ультраструктуры. Появление пластид в процессе развития клетки и их взаимные превращения. Образование и строение крахмальных зерен. Первичный и вторичный крахмал.

5. Вакуоль растительной клетки: возникновение, строение, функции. Образование алейроновых зерен. Осмотические явления в растительной клетке.

6. Пограничные цитоплазматические мембраны растительной клетки, их химический состав. Аппарат Гольджи и его роль в растительной клетке.

7. Строение растительной клетки и функции органоидов.

8. Каковы основные различия между клетками растений и животных?

9. Что такое тургор, плазмолиз, деплазмолиз?

10. Может ли происходить плазмолиз в мертвой клетке? Обоснуйте ответ.



### Глава 3. ТКАНИ РАСТЕНИЙ

**Ткань** – это группа клеток, имеющих сходное строение, происхождение и выполняющие одинаковые функции.

Строение тканей изучает наука гистология.

Ткани можно обнаружить только у многоклеточных организмов, но не у всех. Например, органы высших растений образованы различными тканями, а тела водорослей (талломы) не имеют органов и не образуют настоящих тканей.

Разделение тела растений на органы - результат их приспособления к наземным условиям среды, оно происходило в процессе длительной эволюции растительного мира и сопровождалось усложнением тканевой организации.

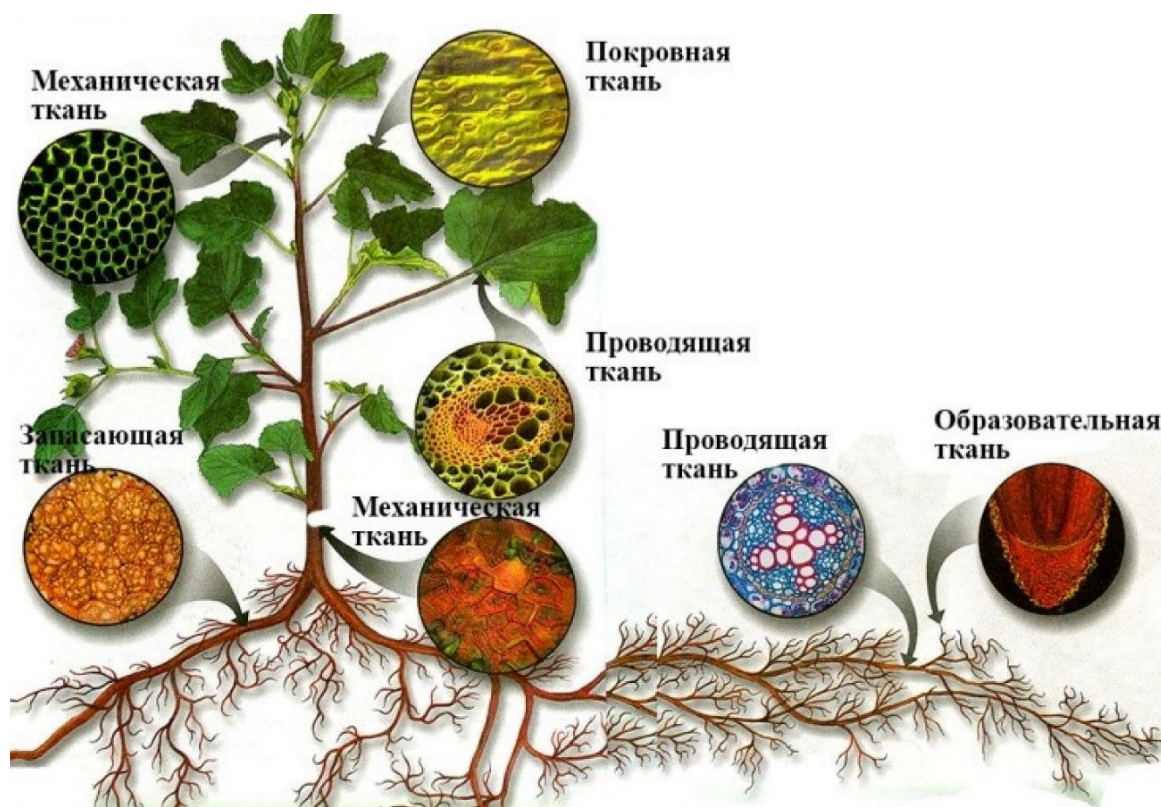


Рис. 95. Ткани растений

У растений наиболее разнообразные и сложно устроенные ткани развились в процессе эволюции у покрытосеменных (цветковых). Органы растений обычно образованы несколькими тканями.

Можно выделить шесть типов тканей растений:

- образовательная (меристема);



- основная (паренхима);
- проводящая,
- механическая,
- покровная,
- секреторная (выделительная).

Каждая ткань включает подтипы. Между тканями, а также внутри них бывают межклетники - промежутки между клетками.

### **Образовательная ткань (Меристема)**

Образовательная ткань занимает особое место в организме растения. Благодаря её жизнедеятельности происходит рост растения и образование всех остальных тканей.

Благодаря делению клеток образовательной ткани растение увеличивается в длину и толщину. При этом часть клеток образовательной ткани дифференцируется в клетки других тканей.

Второе название образовательной ткани растений – меристема. Слово происходит от греческого слова *meristos* – делимый. Основная особенность клеток меристем – постоянное деление, за счёт чего и происходит рост. Можно сказать, что эти клетки всё время или делятся, или готовятся к делению, накапливая энергию и нужные вещества.

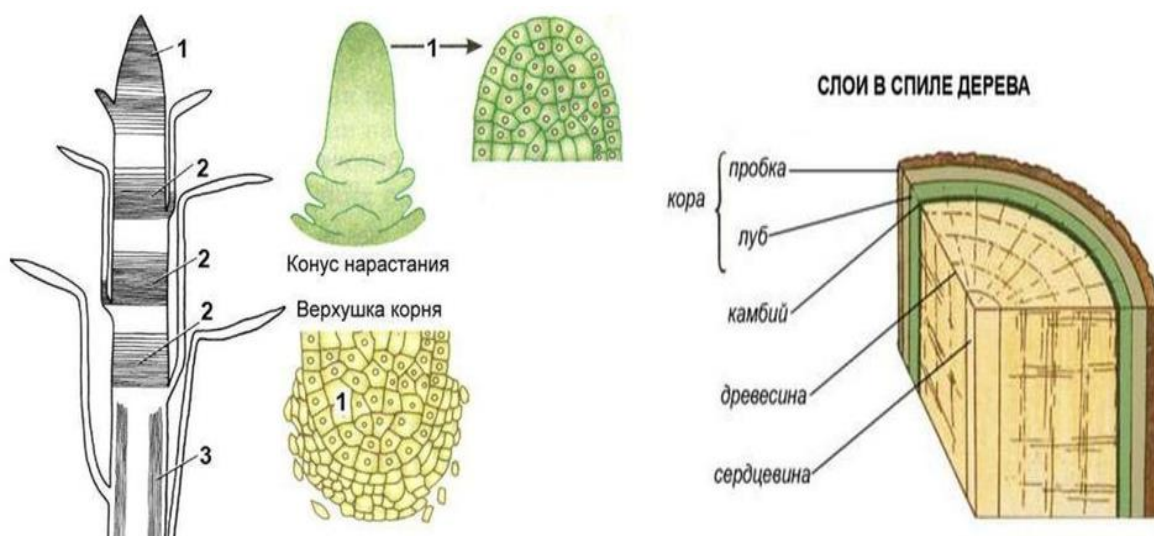
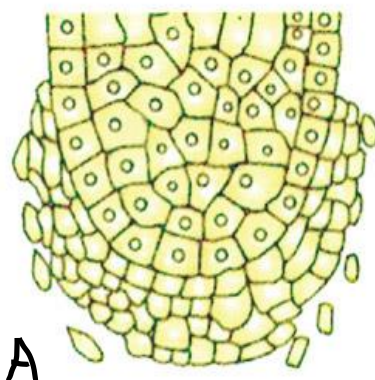
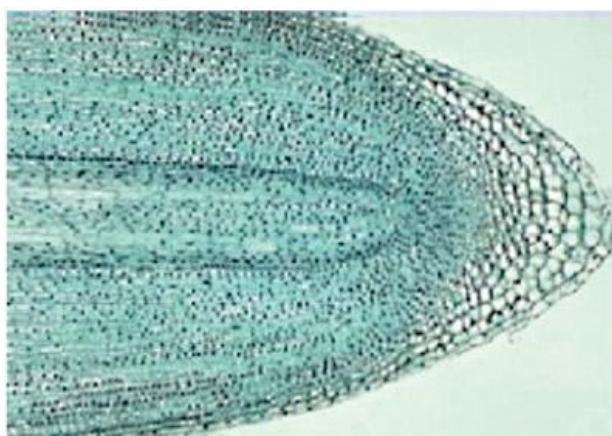


Рис. 96. Образовательная ткань (меристема): 1 – верхушечная меристема (в конусе нарастания почки, в зоне деления корня; 2 – меристема у основания междоузлий; 3 – боковая меристема (в местах ветвления побега)

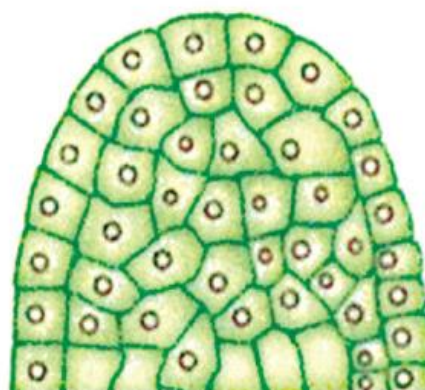
Клетки образовательной ткани достаточно мелкие, плотно прилегают друг к другу, имеют крупное ядро и тонкую оболочку.

Строение клеток соответствует их деятельности. Клетки меристем мелкие, так как не успевают вырасти. Они имеют тонкие оболочки и крупные ядра. В цитоплазме много рибосом и митохондрий. Рибосомы синтезируют белковые молекулы для новых клеток. Митохондрии являются поставщиками энергии для разных клеточных процессов.

Образовательная ткань в растениях находится в *конусах нарастания* корня (кончик корня) и стебля (верхушка стебля), бывает в основаниях междоузлий, также образовательная ткань составляет *камбий* (который обеспечивает рост стебля в толщину).



А



Б

Рис. 97. Верхушечные образовательные ткани: А – зона деления корня; Б – конус нарастания стебля (под микроскопом)

Среди клеток меристемы есть два типа клеток:

- *инициали*;
- *гистогены*.

*Инициали* выполняют только функцию деления и никогда не превращаются в клетки других тканей. Они способны делиться неопределённое число раз.

Остальные клетки меристем называются *гистогенами* (от греческих слов *histos* – ткань, и *genesis* – происхождение). Они делятся несколько раз, а затем оттесняются новыми клетками и перестраиваются в клетки других тканей.

### ***Виды меристем***

Разделение на виды у меристем происходит по размещению в теле растения. Выделяют 4 вида меристем:

- *верхушечные*;
- *боковые*;
- *вставочные*;
- *раневые*.

*Верхушечные* меристемы расположены на верхушках корней и стеблей растения. При делении их клеток происходит рост корней вглубь, а стеблей вверх.

*Боковые* меристемы (камбий) размещены в корне и стебле. На поперечном срезе имеют вид кольца. При делении их клеток идёт утолщение осевых органов (корня и стебля).



Рис. 98. Верхушечные (апикальные) меристемы

*Вставочные меристемы* - первичные меристемы, находящиеся в основаниях междоузлий стебля, реже - черешков листьев и обеспечивающие их рост в длину (вставочный рост). Особенно хорошо выражены у представителей семейства Мятликовые (Злаки), в частности у бамбука, обуславливая совместно с верхушечной меристемой очень быстрый рост его побегов.

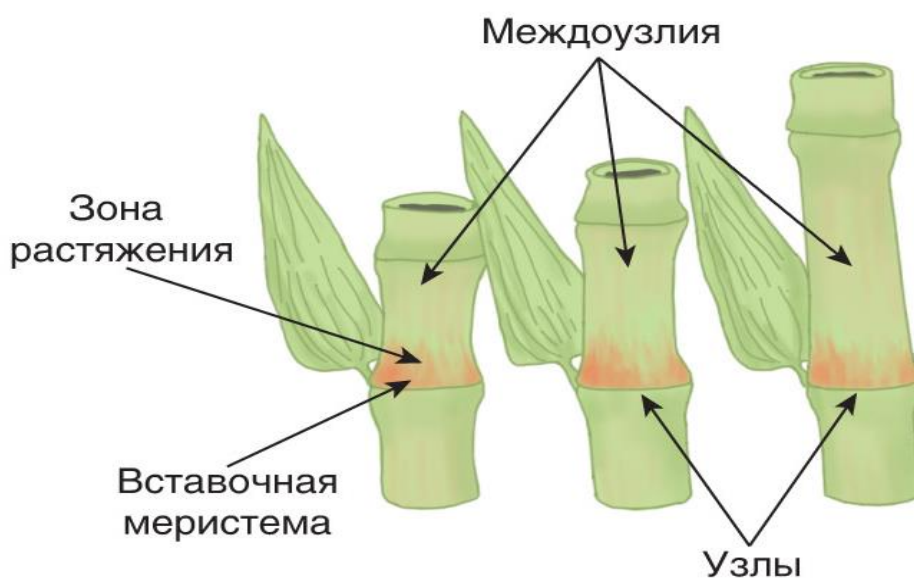


Рис. 99. Вставочная меристема в стеблях злаковых



*Раневые меристемы* - тип вторичной меристематической ткани, клетки которой образуются из расположенных рядом с поврежденными участками специализированных живых клеток паренхимы и обеспечивают восстановление поврежденной части тела. Клетки раневых меристемы обычно крупнее, чем клетки других меристемами, они имеют хорошо развитые клеточные стенки.

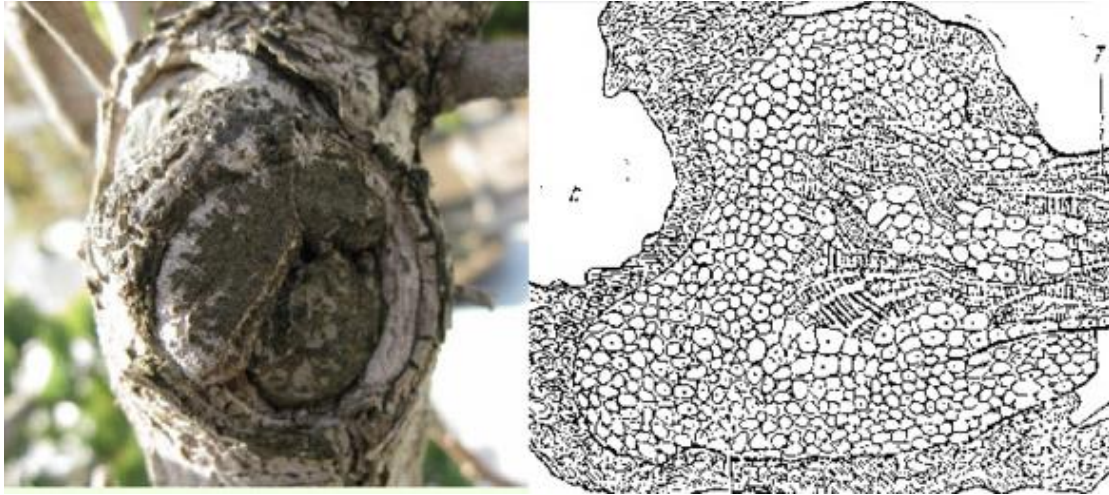


Рис. 100. Раневые меристемы

Раневые меристемы образуют *каллюс* – плотную ткань беловатого или желтоватого цвета, которая состоит из беспорядочно расположенных округлых клеток.





Рис. 101. Заращение ран. Каллюс

Образовательные ткани ещё не изучены до конца. Их свойства удивляют учёных. Почему из одинаковых клеток возникают клетки разных тканей, столь непохожие друг на друга? Видимо, эта способность превращения заложена в меристемах, но сам механизм превращения пока не понятен.

### ***Основная ткань (Паренхима)***

Основные ткани составляют основную массу тела растения. Они состоят из живых, относительно мало специализированных клеток, чаще паренхимной формы, поэтому их часто называют паренхимными тканями, или паренхимой. В зависимости от выполняемой функции, различают несколько типов основных тканей.

*Различают:*

- *ассимиляционная (фотосинтезирующая, хлорофиллоносная паренхима, хлоренхима),*

- *запасающую,*
- *водоносную*
- *воздухоносную основную ткань.*

*Ассимиляционная ткань* выполняет функцию фотосинтеза. Она располагается в основном в листьях и стеблях травянистых растений сразу за эпидермой. Клетки живые, тонкостенные, чаще паренхимной формы. 70-80% объема протопласта составляют хлоропласты. Характерно наличие межклетников, которые облегчают газообмен.

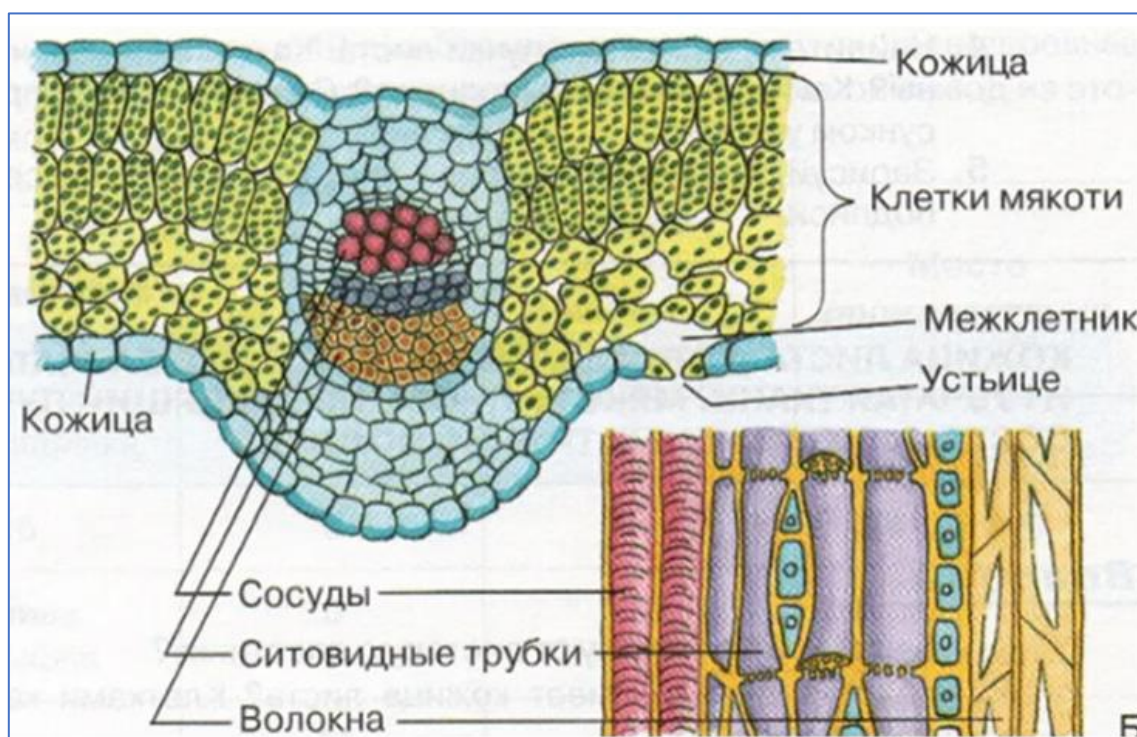


Рис. 102. Ассимиляционная ткань

Клетки, содержат хлорофилл, имеют тонкие стенки, содержат большое количество хлоропластов.

Основная их функция - фотосинтез.

Ассимиляционная ткань составляет мякоть листьев, входит в состав коры молодых стеблей деревьев и стебли трав.



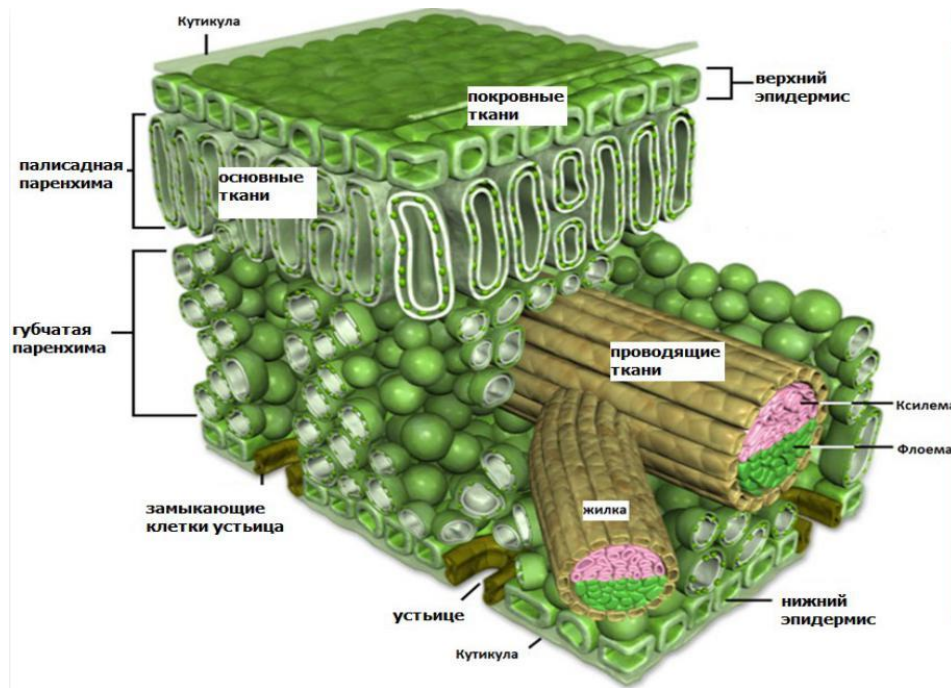


Рис. 103. Клеточное строение ассимиляционного участка листа

В клетках *запасяющей ткани* накапливаются запасы питательных веществ. Эта ткань составляет эндосперм семян, входит в состав клубней, луковиц и др. Сердцевина стебля, внутренние клетки коры стебля и корня, сочный околоплодник также обычно состоят из запасяющей паренхимы.

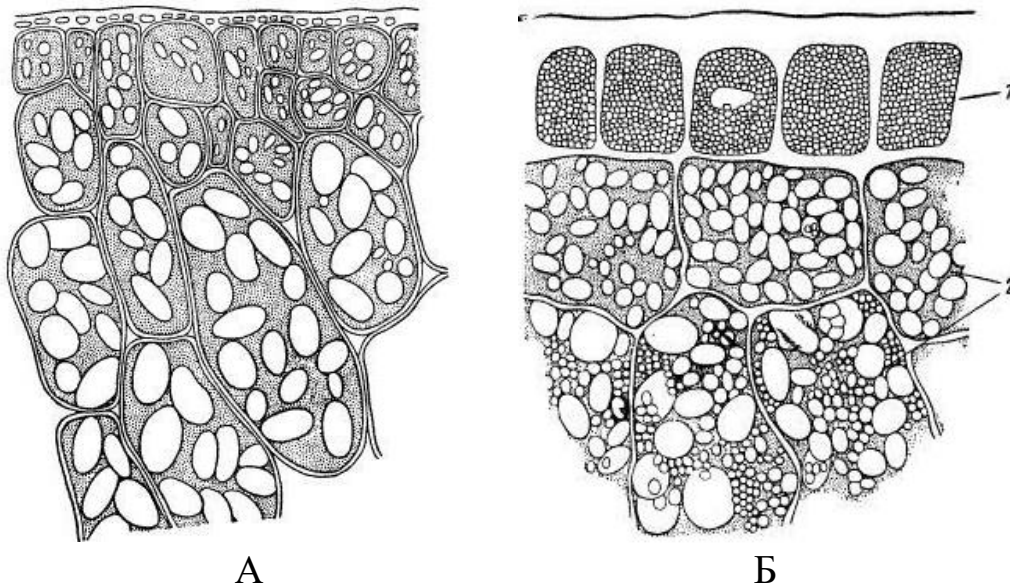


Рис. 104. Запасяющие ткани.

А – запасяющая ткань семядоли гороха. Крахмал и алейрон.

Б - запасяющая ткань в эндосперме пшеницы:

1 – алейроновый слой; 2 – ткань, содержащая крахмал

*Водоносная паренхима* свойственна лишь ряду растений, обычно засушливых мест обитания. В клетках этой ткани накапливается вода. Водоносная ткань может быть как в листьях (алоэ), так и в стебле (кактусы).

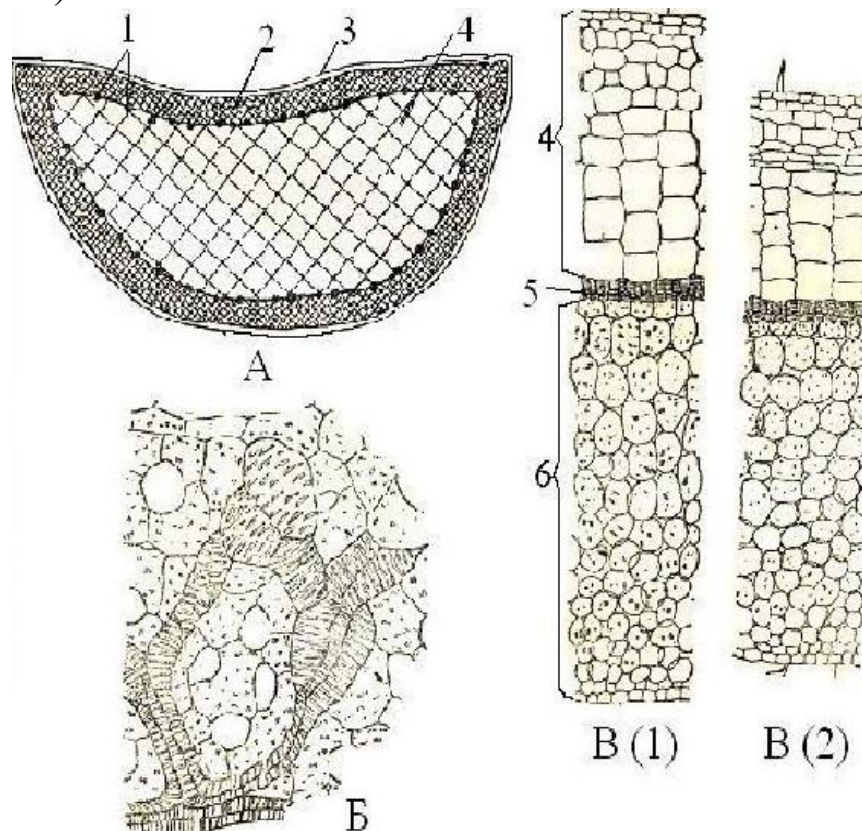


Рис. 105. Водоносная паренхима. А – схема поперечного разреза листа Алоэ; Б – водоносные трахеиды в листе Молочая;

В – поперечный срез листа эпифитного растения Пеперомия: (1) – свежий лист, (2) – лист, отдаленный от стебля, в течении четырех дней выдерживался при температуре 18°-20°С.

1 – проводящие пучки; 2 – хлоренхима; 3 – эпидерма; 4 – водоносная ткань; 5 – столбчатая паренхима; 6 – губчатая паренхима

*Воздухоносная ткань* свойственна водным и болотным растениям.

В растениях довольно часто встречается ткань с большим числом очень крупных межклетников - аэренхима. Соединяясь между собой, ее межклетники образуют единую вентиляционную сеть. Поэтому эту ткань иногда называют вентиляционной. Газовый состав межклетников значительно отличается от состава атмосферного воздуха, так

как клетки в процессе своей жизнедеятельности выделяют в межклетники одни газы и поглощают другие. От условий обитания и особенностей строения того или иного растения зависит характер циркуляции газов по межклетникам, обеспечивающий нормальную жизнедеятельность растительного организма.

Проходя по всему телу растения от корней до листьев, аэренхима выполняет вентиляционные и отчасти дыхательные функции, обеспечивая близлежащие ткани растения кислородом. Газы в аэренхиме перемещаются только путем диффузии.

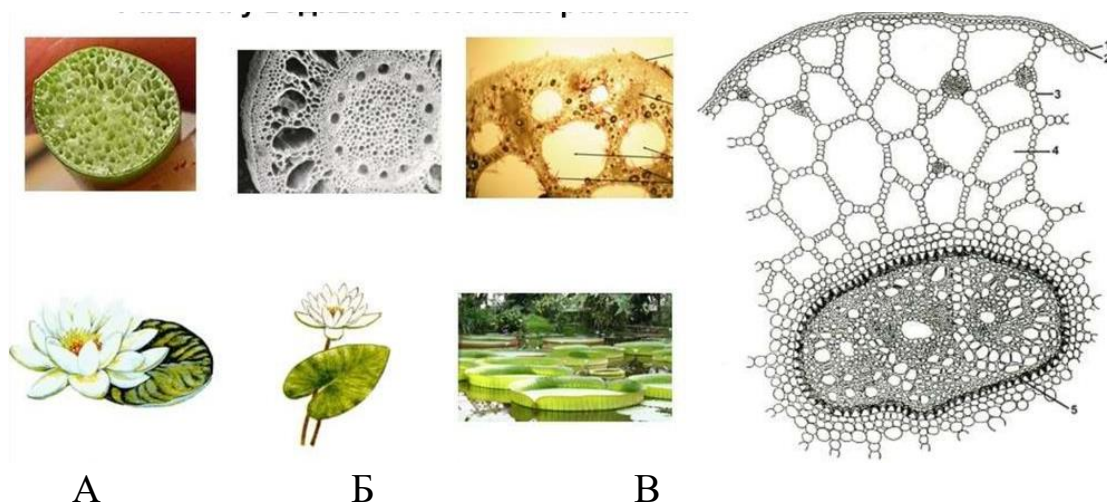


Рис. 106. Воздухоносная ткань. А – кувшинка; Б – кувшинка; В – Виктория амазонская; Воздухоносная паренхима в стебле Рдеста блестящего: 1 – кутикула; 2 – эпидерма; 3 – клетки воздухоносной паренхимы; 4 – воздухоносные полости; 5 – эндодерма

Аэренхиму можно рассматривать как модификацию паренхимы. Однако форма ее клеток очень разнообразна. Они могут быть округлыми (цветоножка кубышки), звездчатыми (стебель ситника) и др.

Аэренхима - первичная ткань. Ее клетки имеют тонкие первичные стенки, покрытые со стороны межклетников слизью, уменьшающей транспирацию. Вакуоли крупные, цитоплазма занимает постенное положение и содержит много мелких лейкопластов. Аэренхима хорошо развита в органах водных и болотных растений: в цветоножках кубышки, стеблях белокрыльника, пушицы, рдеста, ситника, корнях



камыша. У водных растений аэренхима выполняет не только вентиляционные функции. Воздушные полости в стеблях и листьях уменьшают удельный вес растений, позволяя им свободно плавать в воде.

### ***Проводящая ткань***

Общей функцией различных проводящих тканей является проведение веществ от одних органов растения к другим. В стволах древесных растений клетки проводящей ткани расположены в древесине и лубе. Причем в древесине расположены сосуды (трахеи) и трахеиды, по которым перемещается водный раствор от корней, а в лубе - ситовидные трубки, по которым перемещаются органические вещества от фотосинтезирующих листьев.

Проводящие ткани служат для передвижения по растению растворенных в воде питательных веществ. Они возникли как следствие приспособления растений к жизни на суше. В связи с жизнью в двух средах – почвенной и воздушной, возникли две проводящие ткани, по которым вещества передвигаются в двух направлениях. По ксилеме от корней к листьям поднимаются вещества почвенного питания – вода и растворенные в ней минеральные соли (восходящий, или транспирационный ток). По флоэме от листьев к корням передвигаются вещества, образовавшиеся в процессе фотосинтеза, главным образом сахароза (нисходящий ток). Так как эти вещества представляют собой продукты ассимиляции углекислого газа, транспорт веществ по флоэме называют током ассимилятов.

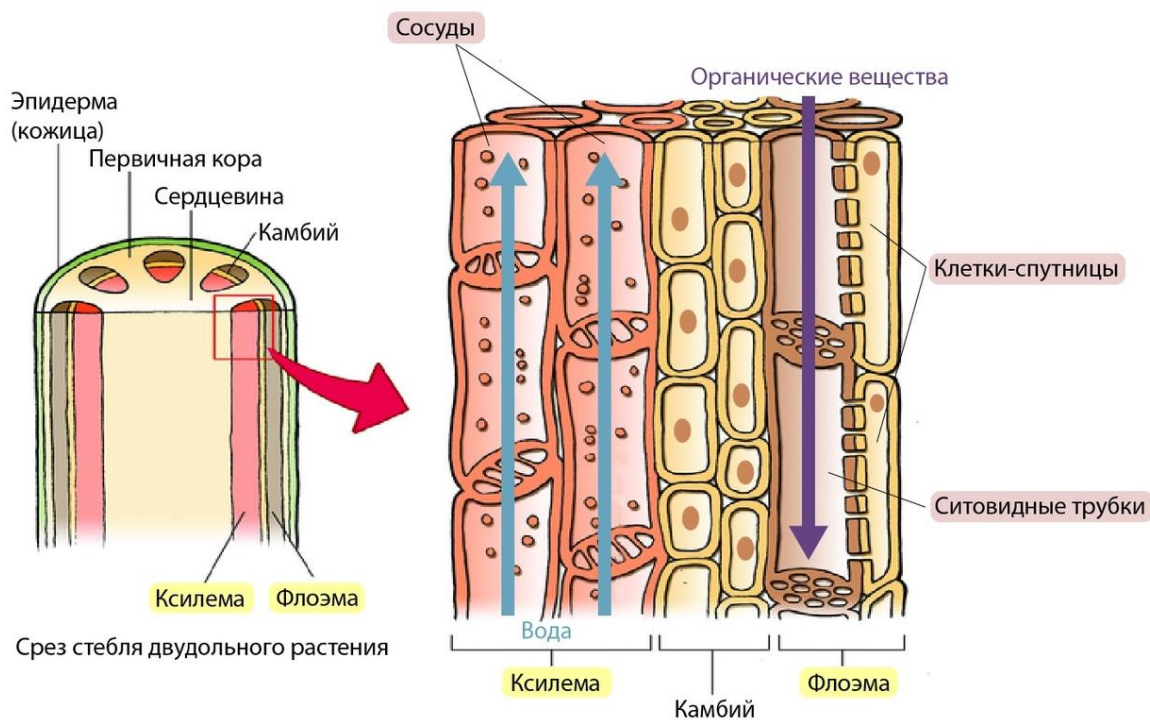


Рис. 107. Проводящие ткани растений

Проводящие ткани образуют в теле растения непрерывную разветвленную систему, соединяющую все органы – от тончайших корешков до самых молодых побегов. Ксилема и флоэма представляют собой сложные ткани, в их состав входят разнородные элементы – проводящие, механические, запасные, выделительные. Самыми важными являются проводящие элементы, именно они выполняют функцию проведения веществ.

Ксилема и флоэма формируются из одной и той же меристемы и, поэтому, в растении всегда располагаются рядом. *Первичные* проводящие ткани образуются из первичной латеральной меристемы – *прокамбия*, *вторичные* – из вторичной латеральной меристемы – *камбия*. Вторичные проводящие ткани имеют более сложное строение, чем первичные.

*Ксилема (древесина)* состоит из проводящих элементов – *трахеид* и *сосудов (трахей)*, механических элементов - *древесинных волокон (волокон либриформа)* и элементов основной ткани - *древесинной паренхимы*.

Проводящие элементы ксилемы носят название *трахеальных* элементов. Различают два типа трахеальных элементов – *трахеиды* и *членики сосудов*.

*Трахеида* представляет собой сильно вытянутую в длину клетку с ненарушенными первичными стенками. Передвижение растворов происходит путем фильтрации через окаймленные поры. *Сосуд* состоит из многих клеток, называемых *члениками* сосуда. Членики расположены друг над другом, образуя трубочку. Между соседними члениками одного и того же сосуда имеются сквозные отверстия – *перфорации*. По сосудам растворы передвигаются значительно легче, чем по трахеидам.

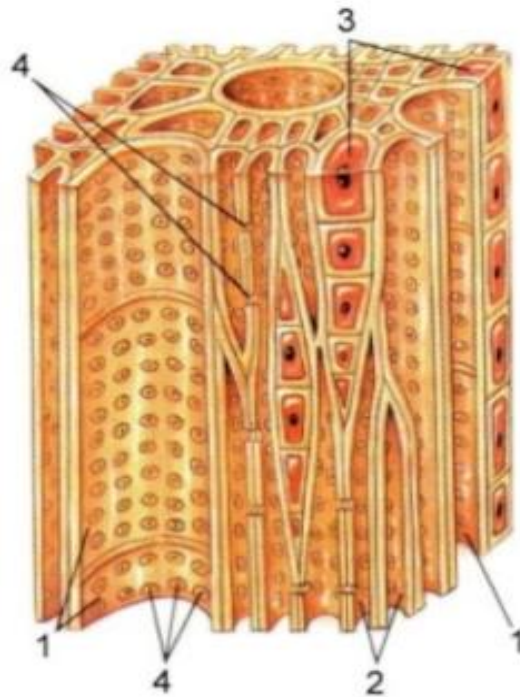


Рис. 108. Ксилема: 1 – сосуд ксилемы; 2 – трахеиды; 3 – клетки древесной паренхимы; 4 – поры

Сосуды и трахеиды - это мертвые клетки. По сосудам водный раствор поднимается быстрее, чем по трахеидам.

Ситовидные трубки являются живыми, но безъядерными клетками.

В процессе эволюции первыми появились трахеиды. Они найдены у первых примитивных наземных растений. Сосуды появились значительно позже путем преобразования трахеид. Сосудами обладают почти все покрытосеменные растения. Споровые и голосеменные растения, как правило, лишены сосудов и обладают только трахеидами. Лишь в виде редкого исключения сосуды встречены у таких споровых, как селлагинелла, некоторых хвощей и папоротников, а

также у немногих голосеменных (гнетовые). Однако у этих растений сосуды возникли независимо от сосудов покрытосеменных. Возникновение сосудов у покрытосеменных растений означало важное эволюционное достижение, так как облегчило проведение воды; покрытосеменные растения оказались более приспособленными к жизни на суше.

Древесинная паренхима и древесинные волокна выполняют запасающие и опорные функции соответственно.

Флоэма (луб) состоит из проводящих - *ситовидных* - элементов, *сопровождающих клеток (клеток-спутниц)*, механических элементов – *флоэмных (лубяных) волокон* и элементов основной ткани – *флоэмной (лубяной) паренхимы*.

В отличие от трахеальных элементов проводящие элементы флоэмы и в зрелом состоянии остаются живыми, а их клеточные стенки – первичными, неодревесневшими. На стенках ситовидных элементов имеются группы мелких сквозных отверстий – *ситовидные поля*, через которые сообщаются протопласты соседних клеток и происходит транспорт веществ. Различают два типа ситовидных элементов – *ситовидные клетки* и *членики ситовидных трубок*.

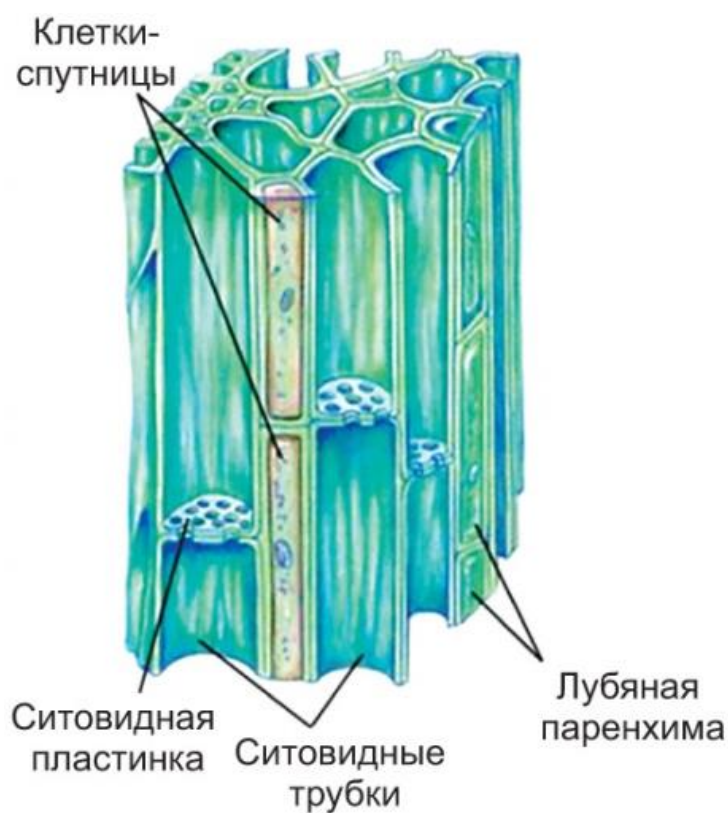


Рис. 109. Флоэма

*Ситовидные клетки* являются более примитивными, они присутствуют споровым и голосеменным растениям. Ситовидная клетка – это одна клетка, сильно вытянутая в длину, с заостренными концами. Ее ситовидные поля рассеяны по боковым стенкам. Кроме того, ситовидные клетки имеют и другие примитивные признаки: они лишены специализированных сопровождающих клеток и в зрелом состоянии содержат ядра.

У покрытосеменных растений транспорт ассимилятов осуществляют ситовидные трубки. Они состоят из многих отдельных клеток – *членков*, расположенных один над другим. Ситовидные поля двух соседних членков образуют *ситовидную пластинку*. Ситовидные пластинки имеют более совершенное строение, чем ситовидные поля.

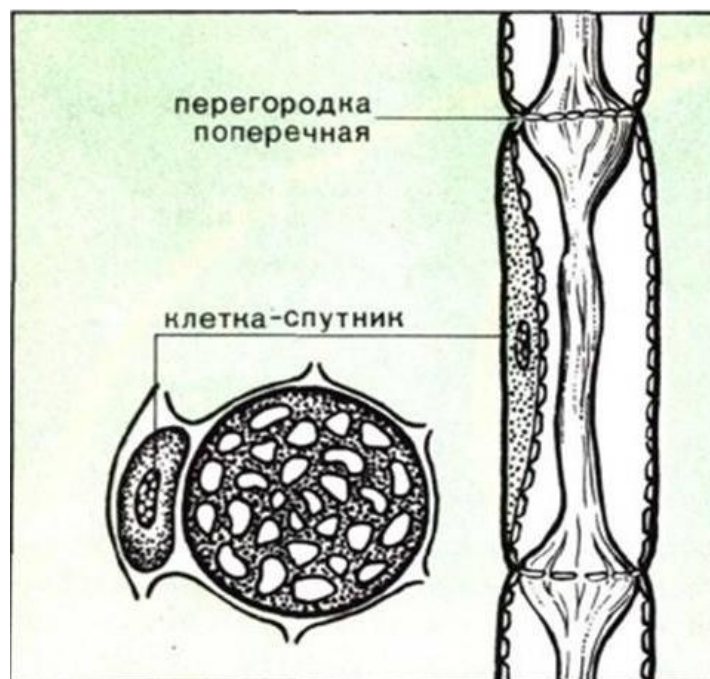


Рис. 110. Ситовидная трубка и клетка-спутник

В члениках ситовидных трубок в зрелом состоянии отсутствуют ядра, однако они остаются живыми и деятельно проводят вещества.

Важная роль в проведении ассимилятов по ситовидным трубкам принадлежит *сопровождающим клеткам (клеткам-спутницам)*. Каждый членок ситовидной трубки и его сопровождающая клетка (или две-три клетки в случае дополнительного деления) возникают одновременно из одной меристематической клетки.



Клетки – спутницы имеют ядра и цитоплазму с многочисленными митохондриями; в них происходит интенсивный обмен веществ.

Между ситовидными трубками и прилегающими к ним сопровождающими клетками имеются многочисленные цитоплазматические связи. Считается, что клетки-спутницы вместе с члениками ситовидных трубок составляют единую физиологическую систему, осуществляющую ток ассимилятов.

Длительность функционирования ситовидных трубок невелика. У однолетников и в надземных побегах многолетних трав – не более одного вегетационного периода, у кустарников и деревьев – не более трех-четырех лет. При отмирании живого содержимого ситовидной трубки, отмирает и клетка-спутница.

*Лубяная паренхима* состоит из живых тонкостенных клеток. В ее клетках часто накапливаются запасные вещества, а также смолы, таннины и др. *Лубяные волокна* играют опорную роль. Они присутствуют не у всех растений.

В теле растения ксилема и флоэма расположены рядом, образуя или слои, или обособленные тяжи, которые называют *проводящими пучками*.

Различают несколько типов проводящих пучков:

- *закрытые пучки* состоят только из первичных проводящих тканей, они не имеют камбия и далее не утолщаются. Закрытые пучки характерны для споровых и однодольных растений;

- *открытые пучки* имеют камбий и способны к вторичному утолщению. Они характерны для голосеменных и двудольных растений.

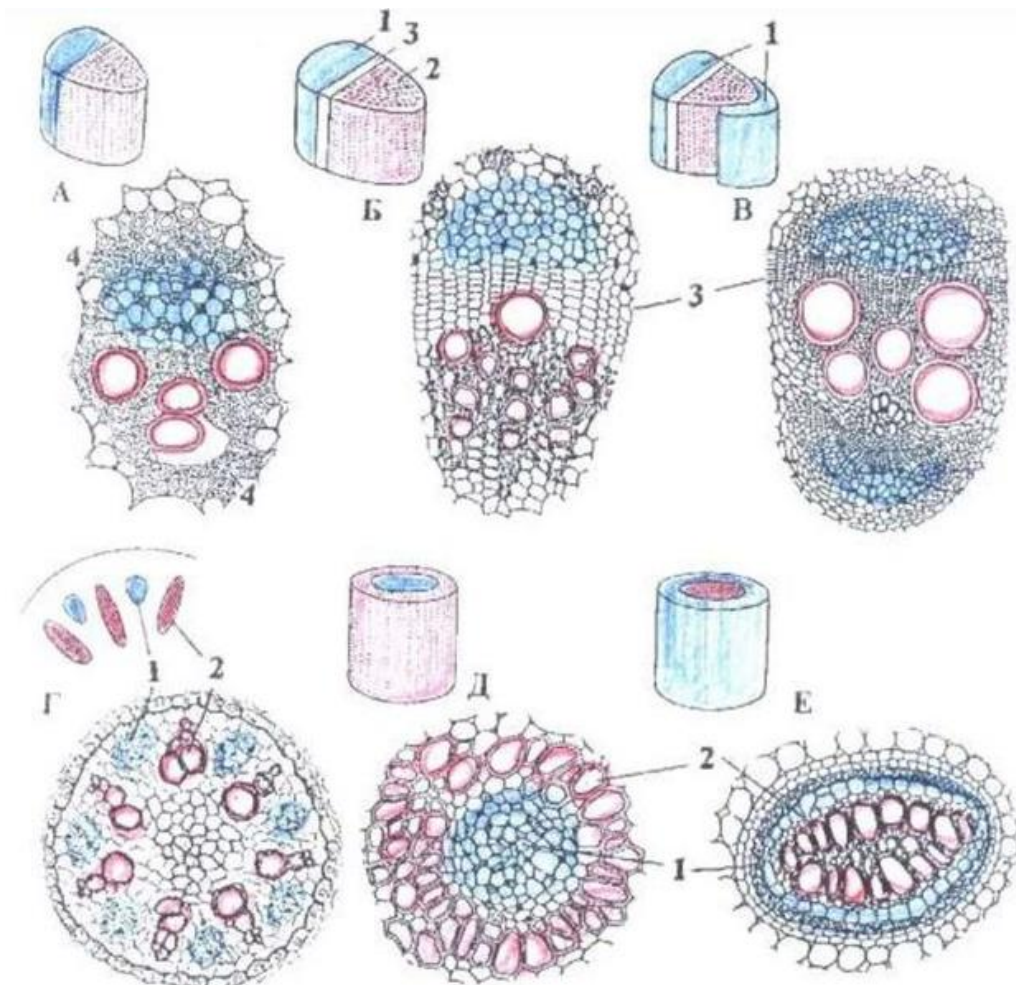


Рис. 111. Типы проводящих пучков:

- А – коллатеральный закрытый; Б - коллатеральный открытый;  
 В - биколлатеральный открытый; Г – радиальный;  
 Д – концентрический центрофлоэмный;  
 Е - концентрический центроксилемный: 1 – флоэма; 2 – ксилема;  
 3 – камбий

Примером сосуществования ксилемы и флоэмы являются жилки листа - сосудисто-волокнистые пучки, сформированные этими двумя видами ткани. Ксилема в жилке находится сверху. Флоэма - в нижней плоскости.

*Роль проводящей ткани в жизни растения:*

1. Перемещение растворенных в воде минеральных солей, поглощенных с почвы в стебель, листья, цветы.
2. Транспорт энергии от фотосинтезирующих органов растения в иные участки: корневую систему, стебли, плоды.

3. Равномерное распределение фитогормонов в организме, что способствует гармоничному росту и развитию растения.

4. Радиальное перемещение веществ в остальные ткани, к примеру, в клетки образовательной ткани, где идет интенсивное деление. Для такого рода транспорта необходимы также передаточные клетки с множественными выступами в мембране.

5. Проводящие ткани делают растения более гибкими и устойчивыми к внешним воздействиям.

6. Сосудистая ткань представляет собой единую систему, которая объединяет все органы растений.

*Человек использует кору и древесину.*

Из древесины получают используемые в медицине: алигнин, древесный уголь и получаемые в результате сухой перегонки её креозот, дёготь, отчасти скипидар и уксусную кислоту. Древесина некоторых растений служит для получения лекарственных веществ: камфоры, хризаробина, пригорелого можжевёлового масла. Другие деревья, главным образом, тропического или субтропического происхождения, доставляют древесину, применяемую в медицине непосредственно или в виде галеновых препаратов из неё. Например, квассия, применяемая как горечь; бакаутовое (гваяковое) дерево, применяемое как мочегонное и накожное средство; кампешевое дерево, применяемое в качестве вяжущего средства; санталовое дерево, применяемое как антисептик мочевых путей; отчасти сассафрас, доставляющий ароматическую древесину, имеющую также мочегонное значение.

Хинин - лекарство против малярии. Деготь - темная густая жидкость, содержащая бензол, ксилол, крезол, толуол, фенол и другие вещества. Деготь применяют в медицине (мазь Вишневского) и косметике (дегтярное мыло).

В медицинских целях используется молодая кора дуба, гладкая снаружи и без древесины изнутри, в которой содержится 10-20% дубильных веществ, пектины, сахар, флавоноиды кверцетин и другие соединения. Оказывает на ткани сильное противовоспалительное действие и сильное вяжущее действие, что обусловлено большим содержанием дубильных веществ. Лекарства из коры дуба можно использовать при заболеваниях полости рта: стоматитах, гингивитах, язвах и др. На ожоговую поверхность делают примочки, в результате которых на них

происходит образование пленки нерастворимых альбуминатов, которая препятствует проникновению микробов и предохраняет от химических раздражителей, благодаря чему ткани регенерируются. Также кора дуба рекомендуется для полоскания при фарингитах и глосситах.

### ***Покровная ткань***

Покровные ткани расположены на границе с внешней средой, т. е. на поверхности всех органов растения. Они защищают внутренние структуры растений от неблагоприятных внешних воздействий - излишнего испарения и иссушения, проникновения микроорганизмов, резкой смены температуры и т. д. В то же время покровные ткани осуществляют связь растения с окружающей средой. Эти на первый взгляд прямо противоположные функции обуславливаются в каждом конкретном случае специфической структурой клеток. Покровные ткани принимают также участие в метаболических процессах.

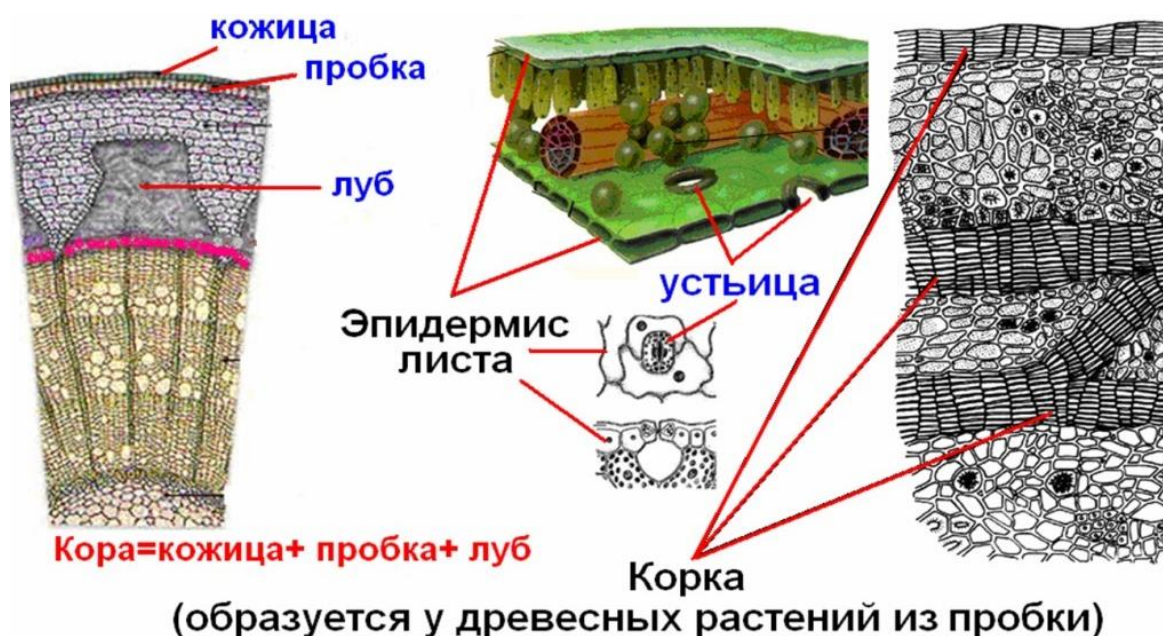


Рис. 112. Покровные ткани растений

В связи с выполняемыми функциями строение покровных тканей имеет следующие характерные особенности:

- клетки их соединены плотно, без межклетников;
- клеточные оболочки (чаще всего наружные) обычно утолщаются и претерпевают различные видоизменения, что повышает их защитные свойства;

- для сообщения с внешней средой образуются специальные структурно оформленные отверстия в виде устьиц или чечевичек;

- покровные ткани относятся к *многофункциональным*, одна и та же ткань может выполнять функции газообмена, всасывания, защиты от перегрева, выделения и т. д. Поэтому классификация их ведется по *преобладающей* функции;

- в процессе онтогенеза покровные ткани *закономерно сменяют* одна другую или одна и та же ткань меняет свою функцию с возрастом.

*К покровной ткани относится:*

- *кожица (эпидермис),*

- *пробка,*

- *корка.*

Кожица покрывает листья и зеленые стебли, это живые клетки. Пробка состоит из мертвых клеток, пропитанных жироподобным веществом, не пропускающим воду и воздух.

*Эпидермис* (эпидерма, кожица; греч. ері - над, сверху и derma - кожа) - самый наружный слой клеток растений, образующийся из прото-дермы конуса нарастания и имеющий первичное строение. В редких случаях эпидермис может иметь вторичное строение.

Так как тело растения - открытая живая система, непрерывно взаимодействующая с окружающим миром, в процессе эволюции возникла особая ткань, лежащая на границе окружающей, среды и внутренней структуры растения и регулирующая их взаимосвязь. Без эпидермиса существование высших наземных растений было бы невозможно. Первые структурно довольно примитивные сухопутные растения - *ринии* - обладали вполне типичным эпидермисом.

Особая функция эпидермальной ткани, расположенной на границе двух сред, осуществляется благодаря специфической структурной организации. Плотные расположенные клетки эпидермиса образуют покров, защищающий растение от механических повреждений, иссушения, проникновения микробов, грибов-паразитов и т. д. Другие структурные особенности кожицы - кутикула, воск, волоски - усиливают защитные функции. В то же время живые, функционирующие клетки эпидермиса, изолируя внутренние ткани, обладают повышенной проницаемостью для целого ряда веществ, в том числе для углекислого газа, кислорода, паров воды, интенсивный обмен которых происходит в процессе фотосинтеза, дыхания и транспирации (лат. trans -



через и  $\text{CO}_2$  - дышу, выдыхаю; физиологическое испарение воды растением). Это противоречие разрешается с помощью высокоспециализированных устьичных клеток, между которыми находится отверстие - устьичная щель. Щели периодически открываются и закрываются, регулируя газообмен и обмен паров воды.

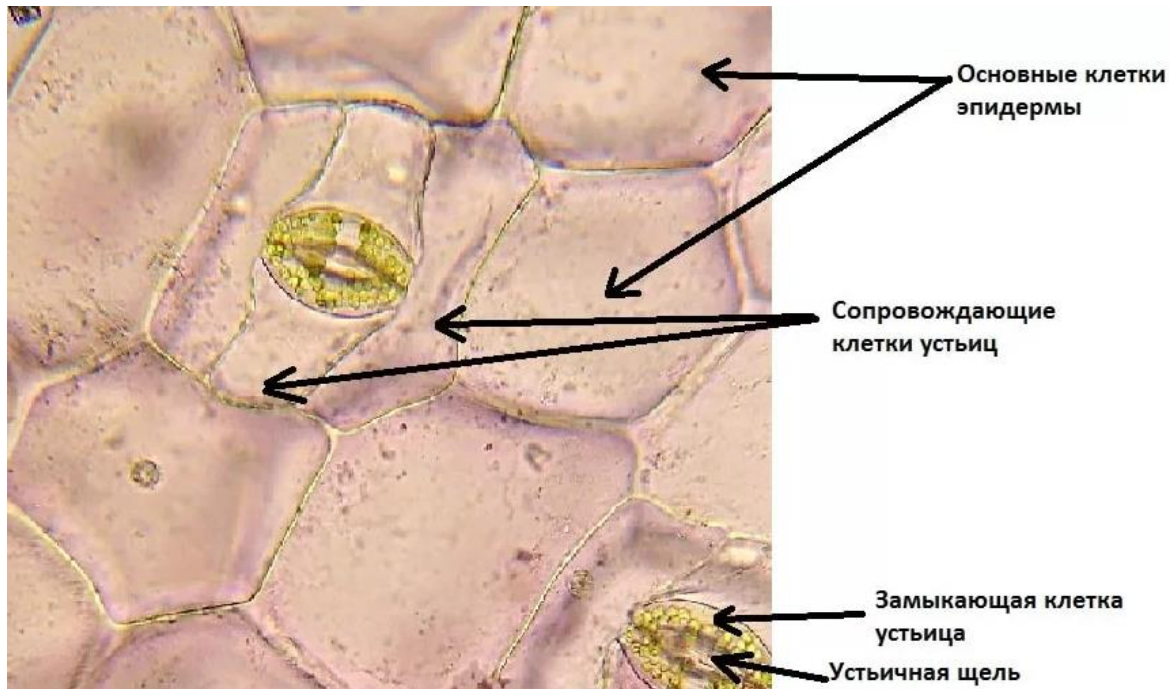


Рис. 113. Строение эпидермы листа традесканции

Защита растения от неблагоприятных внешних факторов и регуляция газо- и парообмена - важнейшие функции эпидермиса. Кроме того, ткань кожицы может выделять наружу различные вещества (соли, воду, эфирные масла), принимать участие в фотосинтезе, поглощении воды и питательных веществ, синтезе различных соединений, в движении листьев, воспринимать раздражение и т. д.

*Устьица.* Одна из основных функций эпидермиса, регуляция газообмена растений, осуществляется с помощью системы высокоспециализированных клеток - *устьиц*, резко отличающихся по структуре от основных эпидермальных клеток. Устьица представляют собой отверстия (устьичные щели, или апертуры), ограниченные двумя специализированными клетками эпидермиса, которые называют *замыкающими*. Термин «устьице» обозначает весь комплекс - отверстие и замыкающие клетки. Обычно устьица окружены клетками, не отличающимися

от других эпидермальных клеток. У многих растений, наоборот, к устьицам примыкают отличающиеся по форме и иногда по содержанию клетки эпидермиса. Эти особые клетки носят название *сопровождающих* или *побочных*. Они участвуют в изменении осмотического давления, регулирующего изменение формы и движение замыкающих клеток, которые открывают или закрывают устьичную щель.

Форма и число клеток устьичного комплекса могут быть различными, на основании этого различают *типы устьиц*.

У *двудольных растений* чаще всего используется классификация устьиц, предложенная в 1950 г. К. Меткафом и Л. Чокком в «Анатомии двудольных». Они выделяют четыре основных типа устьиц:

1. *Аномоцитный тип* - устьица окружены неопределенным числом клеток, не отличающихся по форме и размерам от остальных эпидермальных клеток

2. *Анизоцитный тип* - имеются три околоустьичные клетки, при этом одна из них гораздо меньше двух других

3. *Парацитный тип* - сопровождающие клетки располагаются вдоль замыкающих клеток

4. *Диацитный тип* - замыкающие клетки окружены двумя побочными, смежные стенки которых располагаются под прямым углом к длинной оси устьица.

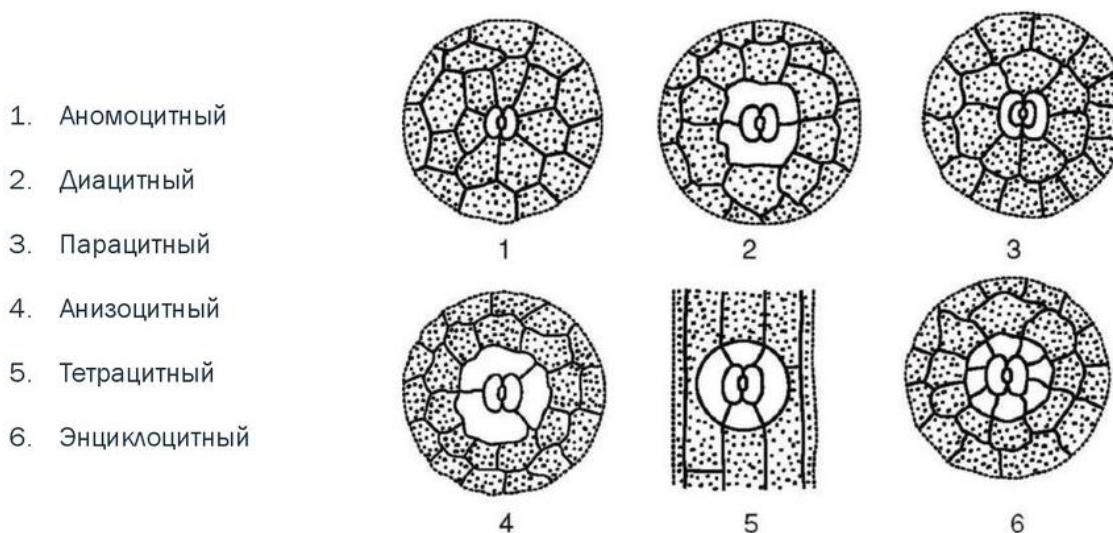


Рис. 114. Типы устьичных аппаратов двудольных растений

У *однодольных* различают следующие типы устьиц, выделенные Г. Стеббинсом и Г. Кушем (1961):

1. Замыкающие клетки окружены четырьмя или шестью сопровождающими, которые образуют кольцо
2. Замыкающие клетки окружены четырьмя или шестью побочными, две из которых значительно меньше других и располагаются у концов замыкающих клеток. Остальные располагаются параллельно длинной оси устьичной щели вдоль замыкающих клеток
3. Замыкающие клетки сопровождаются двумя побочными, длинные оси которых направлены параллельно длинной оси устьичной щели
4. Околоустьичные клетки отсутствуют.

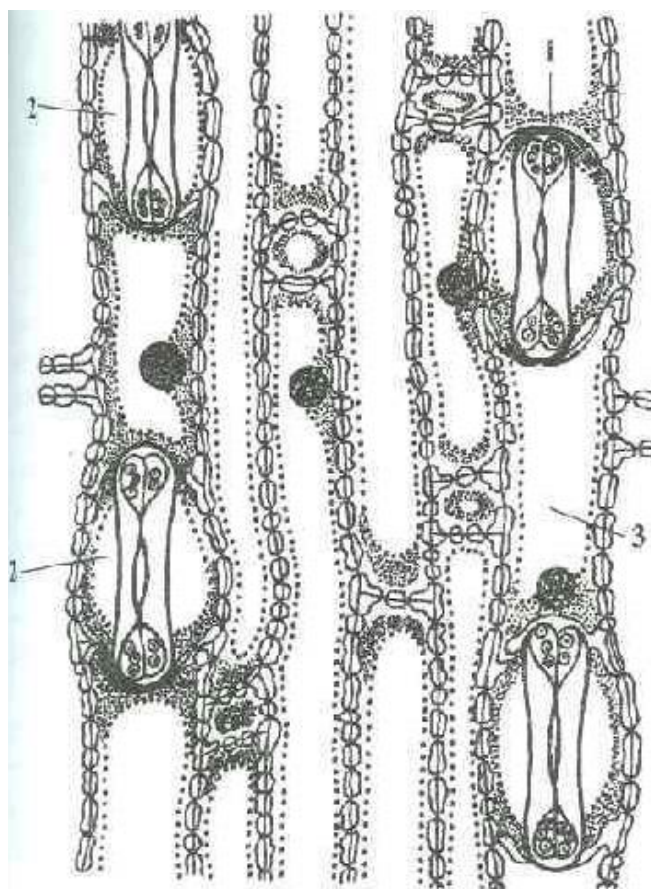


Рис. 115. Типы устьичных аппаратов однодольных растений:  
 1 - замыкающие клетки устьиц; 2 – побочные клетки;  
 3 – клетки эпидермиса с многочисленными порами

Существуют и другие классификации устьиц.

Устьица встречаются на всех надземных частях растений, но преимущественно в эпидермисе листьев. Причем большая их часть сосредоточена на нижней поверхности листьев (гипостоматические листья), что способствует менее интенсивному испарению. Есть и такие

растения, у которых устьица образуются лишь на верхней стороне (на листьях, плавающих на поверхности воды, - эпистоматические листья), либо на обеих сторонах (амфистоматические листья).

Количество устьиц сильно варьирует в зависимости от вида растения и от условий обитания. У обычных растений леса, луга, у многих культурных растений число их колеблется от 90 до 700 на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листа, у некоторых насчитывается до 1300 устьиц на 1 мм<sup>2</sup>.

У экземпляров одного и того же вида растений плотность и размеры устьиц в значительной степени зависят от экологических условий. Например, на листьях подсолнечника, растущего в условиях полного освещения, на 1 мм<sup>2</sup> листа приходится около 220 устьиц, а при небольшом затенении - около 140. Плотность устьиц обычно возрастает от нижних листьев к верхним. Устьица также различаются по уровню расположения относительно поверхности эпидермиса. Некоторые из них расположены вровень с другими эпидермальными клетками, другие подняты выше или погружены ниже поверхности. У однодольных, листья которых растут преимущественно в длину, устьица образуют правильные параллельные ряды, тогда как у двудольных они разбросаны в различных направлениях, поскольку листья интенсивнее растут в ширину или в плоскостном направлении.

**Пробка** состоит из клеток призматической (таблитчатой) формы, расположенных правильными радиальными рядами. Оболочки ее клеток постепенно опробковывают и плотно, без межклетников, сомкнуты между собой. Иногда они вытянуты вертикально или радиально. Во взрослом состоянии мертвые клетки феллемы либо заполнены воздухом, либо имеют жидкое или твердое содержимое из ранее отложенных веществ, чаще всего буроватого цвета.



Рис. 116. Пробка – покровная ткань



Толщина оболочки пробковых клеток варьирует у разных растений, но пробка всегда непроницаема для воды, устойчива к действию жиров, имеет термоизолирующие свойства, что позволяет ей эффективно защищать поверхность растений от потери влаги, проникновения болезнетворных организмов, резких колебаний температуры. Эти качества пробки обуславливают ее широкое использование в хозяйственных целях.

Мощный пробковый слой развивается у амурского бархатного дерева и пробкового дуба. В средиземноморских странах пробковый дуб разводится на больших плантациях в целях получения пробки, которая срезается через каждые 10 - 15 лет, пока дерево не достигает примерно 200-летнего возраста. Пробковый дуб произрастает также на небольших площадях Черноморского побережья Кавказа и Крыма.

Все ткани, лежащие снаружи от пробки, изолируются от живого организма и постепенно отмирают. У некоторых растений, например пихты, березы, пробковые клетки в феллеме чередуются с неопробковевшими (феллоидными), часто имеют утолщенные оболочки.

У большинства древесных растений на смену гладкой перидерме приходит трещиноватая *корка (ритидом)* – третичная покровная ткань. У сосны это происходит на 8-10-м году, у дуба – в 25-30 лет, у граба – в 50 лет. Лишь у некоторых деревьев (осина, бук, платан, эвкалипт) корка вообще не образуется.

Корка возникает в результате многократного заложения новых прослоек перидермы во все более глубоких слоях коры. Живые клетки, заключенные между этими прослойками, погибают. Таким образом, корка состоит из чередующихся слоев пробки и прочих отмерших тканей коры



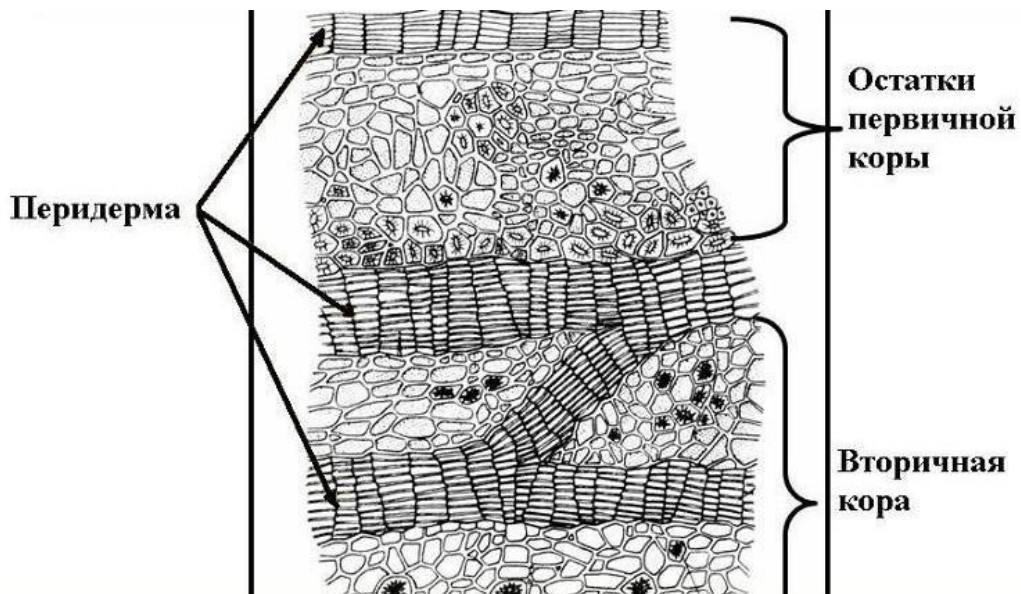


Рис. 117. Кора (ритидом)

Мертвые ткани корки не могут растягиваться, следуя за утолщением ствола, поэтому на стволе появляются трещины, не доходящие, однако, до глубинных живых тканей. Граница между перидермой и коркой внешне заметна по появлению этих трещин, особенно ясна эта граница у березы, у которой белая береста (перидерма) сменяется черной трещиноватой коркой. Толстая корка надежно предохраняет стволы деревьев от механических повреждений, лесных пожаров, резкой смены температур.

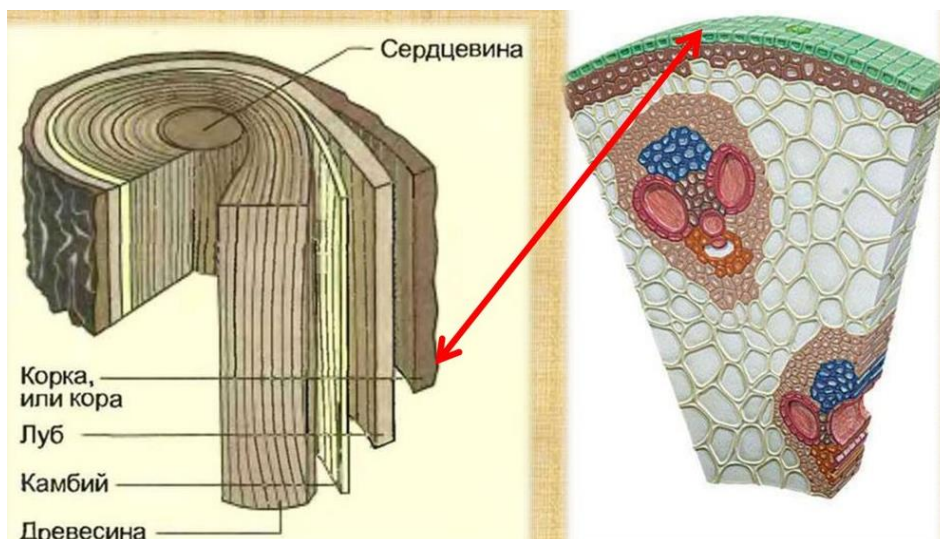


Рис. 118. Кора, или кора

Главные функции любой покровной ткани - это защита внутренних клеток растения от механического повреждения, высыхания, проникновения микроорганизмов, перепадов температуры.

### ***Механическая ткань***

*Механические* (скелетные, опорные, арматурные) ткани выполняют в растении роль скелета, который скрепляет ткани и части органов между собой. Они придают растениям прочность, способность противостоять действию тяжести собственных органов, порывам ветра, дождю, снегу, вытаптыванию животными.

Для клеток механической ткани характерны сильно утолщенные одревесневшие оболочки.

Функции механической ткани - это придание телу и органам растений прочности и упругости.

В стеблях покрытосеменных растений механическая ткань может располагаться одним целостным слоем или же отдельными тяжами, отстоящими друг от друга.

В листьях волокна механической ткани обычно располагаются рядом с волокнами проводящей ткани. Вместе они образуют жилки листа.

Различают два типа механических тканей: 1) *колленхиму* и 2) *склеренхиму*.



Рис. 119. Механическая ткань растений: колленхима, склеренхима

**Колленхима** – механическая ткань молодых растущих органов, возникает очень рано, когда еще продолжается рост органа в длину. Колленхима состоит из живых, вытянутых по оси органа клеток с тупыми или скошенными концами. В клетках часто содержатся хлоропласты. Клеточные стенки утолщены неравномерно и никогда не одревесневают. Граница между первичной и вторичной стенками не выражена, в утолщениях чередуются слои целлюлозы и сильно обводненные слои, богатые пектинами и гемицеллюлозами. В растущем органе стенки клеток должны сохранять способность к растяжению, что возможно только в живых клетках. Функции опорной ткани колленхима может выполнять только в состоянии тургора. Если растение теряет воду, тонкие участки клеточных стенок складываются «гармошкой», побеги теряют упругость и обвисают.

Колленхима располагается сразу за покровной тканью в молодых стеблях, цветоносах, черешках листьев, образуя сплошной цилиндр или тяжи в ребрах. В корнях колленхима обычно не встречается. Наиболее характерна колленхима для двудольных, у однодольных растений она встречается редко.

В зависимости от характера утолщения стенок клеток различают три типа колленхимы:

- *уголковую*,
- *пластинчатую*
- *рыхлую*.

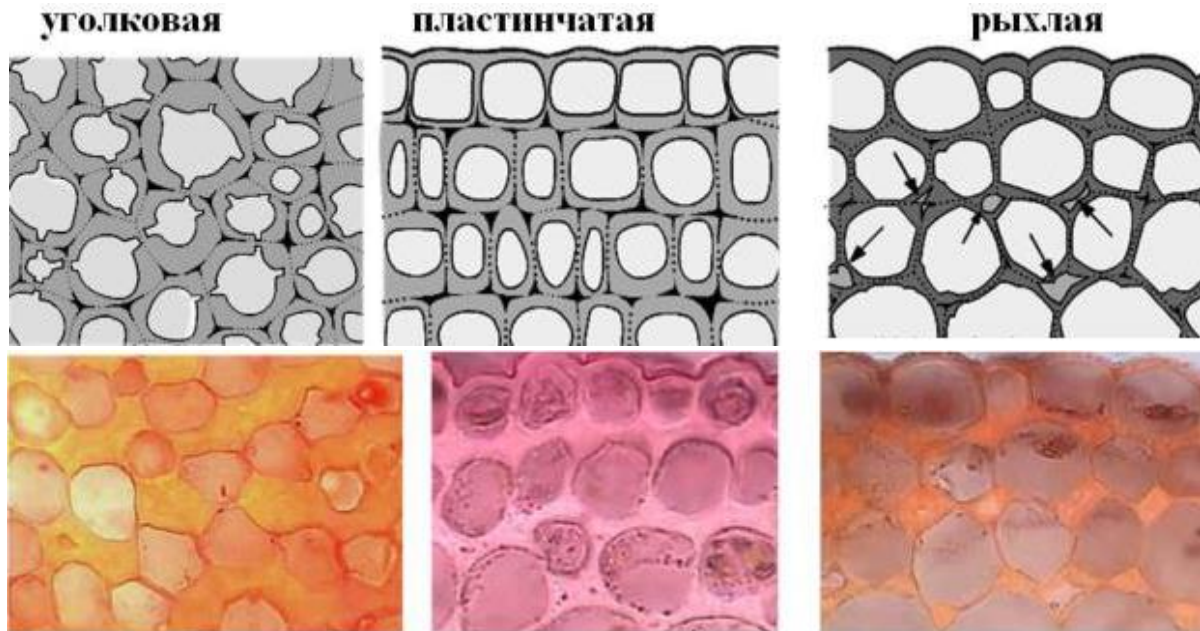


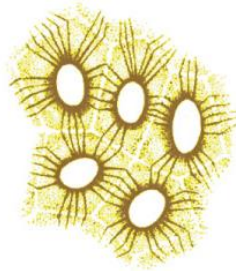
Рис. 120. Типы колленхимы

**Склеренхима** встречается наиболее часто, во всех органах: корнях, стеблях, листьях, плодах, цветках, семенах. Клетки склеренхимы имеют равномерно утолщенные и, как правило, одревесневшие стенки. Полость клетки мала, поры простые, щелевидные, немногочисленные. Протопласт, как правило, рано отмирает, и опорную функцию выполняют мертвые клетки.

Различают два типа склеренхимы, различающиеся формой клеток:

- *волокна*
- *склереиды*





Склерейды



Волокна склеренхимы

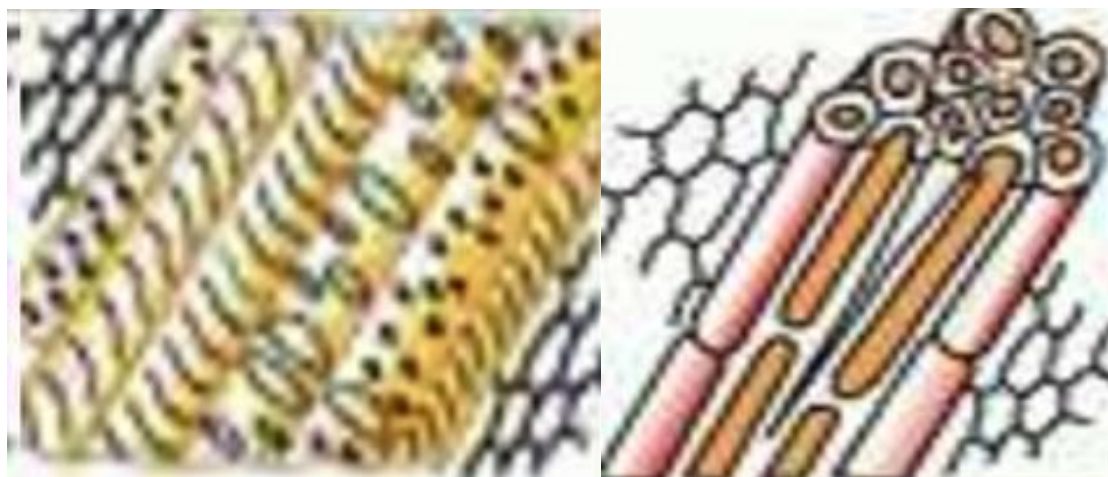
Рис. 121. Механические ткани растений

*Волокна* – прозенхимные клетки, сильно вытянутые в длину и заостренные на концах. Они обеспечивают прочность органов растений на растяжение, сжатие и изгибы. Прочность волокон повышается благодаря тому, что фибриллы целлюлозы проходят в них винтообразно, меняя направление во внешних и внутренних витках.

Волокна, расположенные в коровой части осевого органа (во флоэме), называются *лубяными*. Их длина сильно колеблется: у льна - 40-60 мм, у кендыря – 2-55 мм, а у рами – 350-420 мм. Лубяные волокна с неодревесневающей клеточной стенкой являются ценным сырьем для текстильной промышленности (лен, рами, кенаф).

Волокна, находящиеся в древесине (ксилеме), называются *древесинными*, или *волоконнами либриформа*. Их стенки всегда одревесневшие, длина их не превышает 2 мм. В растениях также часто присутствуют волокна, не связанные с проводящими тканями (листья однодольных).





А

Б

Рис. 122. Механическая ткань: А – древесные волокна; Б – лубяные волокна

*Склерейды* – клетки, имеющие различную форму, чаще паренхимную. Они встречаются как поодиночке, в виде идиобластов, так и группами. Это мертвые клетки с очень толстыми одревесневшими стенками, пронизанными поровыми каналами, которые часто ветвятся.

В зависимости от формы клеток выделяют несколько типов склерейд:

- *брахисклерейды*, или *каменистые клетки*;
- *остеосклерейды*;
- *макросклерейды*;
- *астросклерейды*.

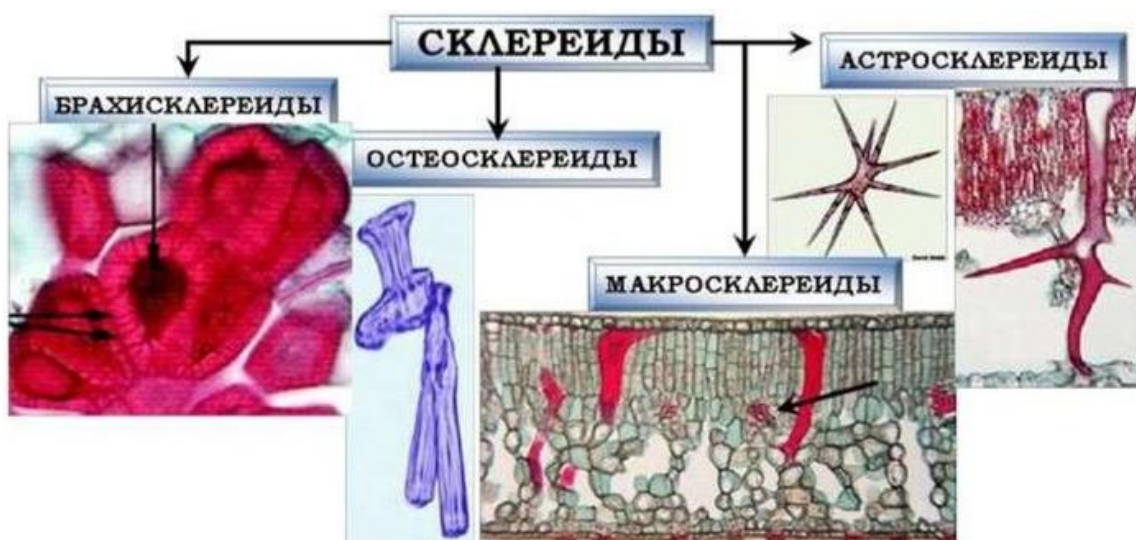


Рис. 123. Типы склерейд

Склерейды встречаются в различных органах растений: плодах, листьях, стеблях, могут формироваться на протяжении всего онтогенеза. Группы склерейд бывают рассеяны в мякоти плодов, либо частично перемешаны с паренхимными клетками, либо составляют плотную, без межклетников, ткань (косточки плодов сливы, черешни, абрикоса, скорлупа ореха и т. д.).

### ***Секреторная, или выделительная ткань растений***

Клетки секреторной ткани выделяют различные вещества, и поэтому функции у этой ткани разные. Выделительные клетки у растений выстилают смоляные и эфиромасличные ходы, образуют своеобразные железы и железистые волоски. К секреторной ткани принадлежат нектарники цветков.

Смолы выполняют защитную функцию при повреждении стебля растения. Нектар привлекает насекомых-опылителей.

Бывают секреторные клетки, выводящие продукты обмена, например, соли щавелевой кислоты.

*Выделительные ткани* представлены различными образованиями (чаще многоклеточными, реже одноклеточными), выделяющими из растения или изолирующими в его тканях продукты обмена веществ либо воду. У растений различают выделительные ткани внутренней и наружной секреции.

Выделительные ткани растений имеют ряд особенностей.

1. Элементы выделительных тканей, в отличие от уже изученных, не имеют определенной локализации в растениях, а располагаются диффузно среди других клеток и тканей.

2. Элементы выделительных тканей по своей структуре очень разнообразны: отдельные выделительные клетки, волоски, клетки-идиобласты, одноклеточные и многоклеточные вместилища и др.

3. Для выделительных тканей характерно разнообразие выделяемых и накапливаемых веществ не только в разных вместилищах, но и в одном и том же. Причем выделяемыми продуктами могут быть не только органические соединения, но также и минеральные соли, и вода.

4. Выделительные структуры имеют различное происхождение. Они могут формироваться из протодермы - меристемы, образующей

эпидерму, из прокамбия и камбия и т. д. При этом выделительные элементы обычно дифференцируются раньше других постоянных тканей.

5. Клетки выделительных тканей, как правило, имеют тонкие целлюлозные оболочки с немногочисленными плазмодесмами. Они заполнены цитоплазмой с крупным ядром, из пластид содержатся обычно лейкопласты, имеются митохондрии. Развитие остальных органелл зависит от типа синтезируемых для выделения или отложения веществ.

6. Выход веществ из секреторных клеток во внешнюю среду или в полость вместилищ происходит разными путями. Если секретируемые соединения низкомолекулярны, то они могут транспортироваться через плазмалемму путем пассивной диффузии или активно с затратой энергии. Вещества могут также выделяться с помощью пузырьков Гольджи. Далее секреторные вещества проходят через клеточную оболочку. В случае наружной секреции они накапливаются под кутикулой и выходят наружу через специальные каналы или после ее разрушения.



Рис. 124. Выделительные ткани

Секреторные ткани весьма разнообразны по морфологии и топографии в теле растения.

*Различают два типа выделительной ткани:*

- внешней*
- внутренней секреции.*

К первому типу относят разнообразные железистые волоски и железки, нектарники и гидатоды. Второй тип выделительных тканей включает в себя смоляные каналы (смоляные ходы), вместилища выделений, идиобласты (специализированные клетки), млечники (млечные трубки).

### ***Выделительные ткани внешней секреции***

*1. Гидатоды - устройства, служащие для выделения воды.*

У многих растений, особенно у тропических, разные органы (главным образом листья), выделяют воду в виде капель. Это явление называется *гуттацией*. Гуттация происходит особенно интенсивно в условиях, затрудняющих транспирацию, т.е. испарение воды листьями.

Такие условия создаются, например, в прохладные безветренные ночи при влажном воздухе. В ранние утренние часы после таких ночей можно наблюдать капельки воды на листьях растений.



Рис. 125. Гидатоды

Гуттационные капли обычно легко отличаются от росы. Они располагаются большей частью под верхушкой листа или на кончиках



зубцов его пластинки. Положение капель гуттационной воды показывает и положение органов ее выделяющих  $\approx$  гидатод.

Гидатоды наиболее простого типа представляют собой видоизмененные клетки кожицы или многоклеточные волоски. Они пространственно не связаны с тканями, проводящими воду.

Наиболее сложный тип представляют гидатоды, у которых кожа участвует в формировании специальных выводных отверстий для воды, в виде водяных устьиц или водяных щелей. В отличие от обычных устьиц, водяные устьица лишены подвижности, а щели постоянно открыты.

Гидатода снабжена либо одним крупным устьищем с широкой щелью, как у первоцветов и аконитов, либо имеется группа мелких устьиц обычно с узкими щелями, как у многих толстянок, сложноцветных, зонтичных.

## 2. Наружные эпидермальные железки.

У многих растений кожа листьев и стеблей обладает высокоспециализированными многоклеточными *железистыми волосками*. Эти волоски имеют обычно многоклеточную ножку и округлую одноклеточную головку (как у первоцветов, пеларгоний). Эфирные масла заполняют пространство между целлюлозной оболочкой и кутикулой.



Рис. 126. Железистые волоски крапивы

Достаточно часто встречаются и многоклеточные головки.

Железистый волосок может быть и ветвистым, как у некоторых бегоний или хмеля.

Очень своеобразны жгучие волоски крапивы. Они имеют многоклеточное основание, переходящее в крупную клетку с хрупкими кремниевыми стенками. Едкая жидкость наполняет эту клетку под



большим давлением. При легком прикосновении верхушка клетки-ампулы обламывается, оставляя острые края. Волосок впивается в кожу, впрыскивая сок.

3. *Нектарники*. Нектарники - это органы выделения сахаристой жидкости нектара. Обычно они находятся в цветке. Нектар служит средством привлечения животных, чаще всего насекомых, которые производят перекрестное опыление растений.

4.

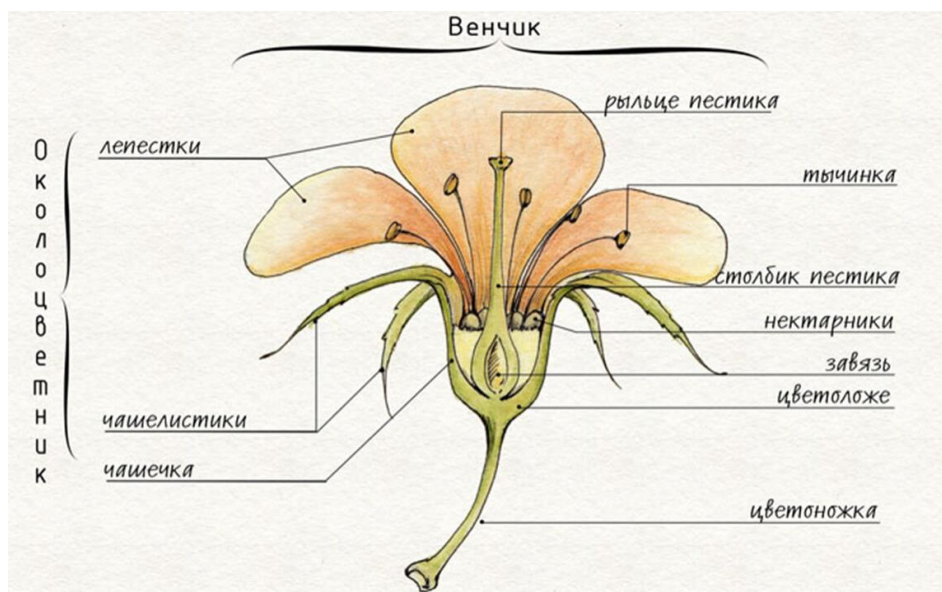


Рис. 127. Строение цветка. Расположение нектарника

5. *Переваривающие железы* насекомоядных растений. Наружными переваривающими железами обладают, например, листья росянки.



Рис. 128. Переваривающие железы насекомоядных растений

Говоря о наружных выделительных органах, необходимо отметить, что в целом, растительные выделения, в противоположность животным, относительно редко выводятся наружу. В этом состоит одна из характерных особенностей растений. Объясняется это отчасти тем, что выделяемые вещества образуются внутри клеток, одетых к тому же клеточными оболочками. Значительно чаще растительные выделения собираются внутри самого растения. Поэтому и внутренние выделительные ткани заметно разнообразнее.

### ***Выделительные ткани внутренней секреции***

Вместилища выделений весьма разнообразны по форме, величине и происхождению.

*В зависимости от способа их образования различают:*

- *схизогенные;*
- *рексигенные;*
- *лизигенные вместилища.*

***Схизогенные*** вместилища образуются путем расхождения оболочек клеток, первоначально тесно примыкавших друг к другу. Расхождение клеток происходит путем расщепления срединной пластинки.



Рис. 129. Схизогенные вместилища

**Рексигенные** межклетники возникают путем разрыва целых участков тканей, а затем высыхания и отмирания клеток. Таким способом образуются крупные полости в междоузлиях стеблей многих злаков, зонтичных и др.

**Лизигенные** вместилища появляются при растворении - лизисе клеток и их оболочек. Обычно это полости или карманы правильной сферической формы. Таковы, например, вместилища в наружной корке плодов апельсина и других цитрусовых.

Наибольшие шаровидные полости, наполненные выделениями, встречаются преимущественно в листьях. Эти вместилища лежат чаще вблизи поверхности под кожицей, поэтому нередко просвечивают и видны невооруженным глазом, как светлые прозрачные точки. Подобные вместилища встречаются в листьях зверобоя, лавра, эвкалипта, мирта, магнолии и представляют собой идиобласты среди паренхимной ткани.

Каналообразные выделительные устройства или ходы образуются преимущественно в стеблях и корнях, реже в листьях. Каналы по их содержанию называют: масляными, смоляными, слизевыми и камедевыми. Обычно полости выделительных ходов возникают схизогенным путем.

Смоляные ходы имеются, например, у многих хвойных, зонтичных, сложноцветных. Типичный смоляной ход представляет собой



длинный трубчатый межклетник, окруженный живыми клетками эпителия. Выстилающие эпителиальные клетки выделяют в полость канала экскреты в виде смол и эфирных масел.

Расположение смоляных ходов сложное. Они проходят и в вертикальном, и в горизонтальном направлениях, соединяясь в общую систему.

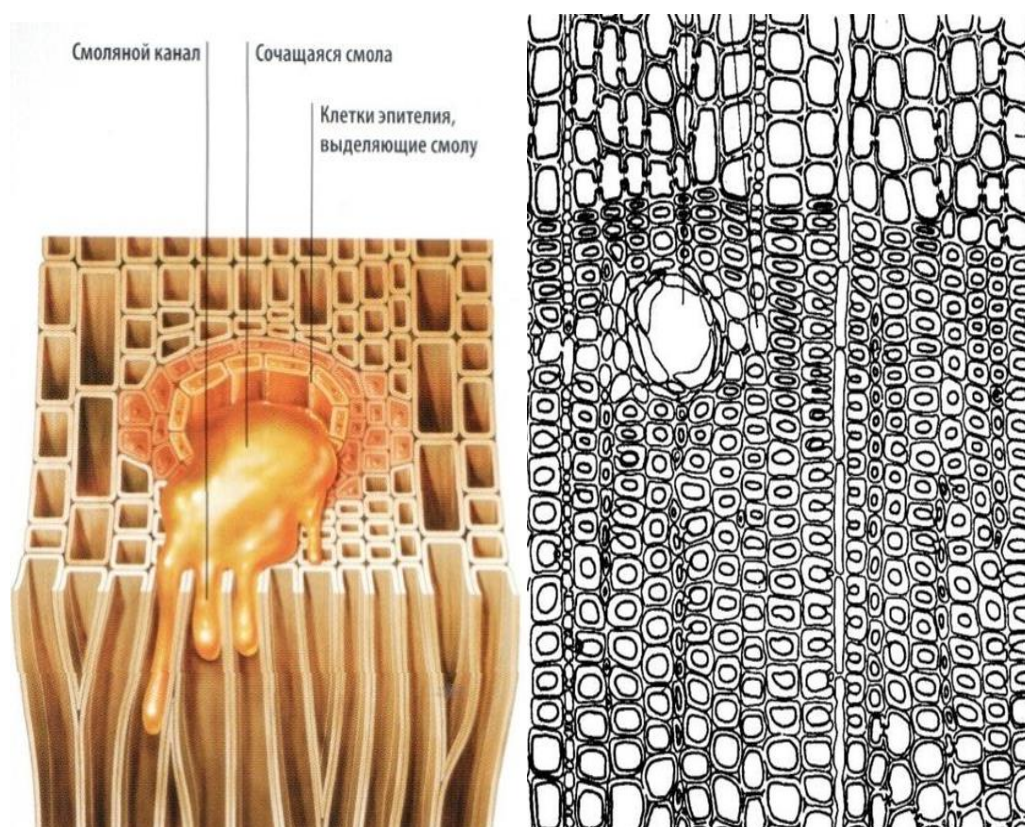


Рис. 130. Смоляной ход на поперечном срезе древесины сосны

Наиболее своеобразными трубчатыми каналами являются млечные сосуды или *млечники*.

Содержащийся в млечниках млечный сок (или *латекс*) представляет собой эмульсию или суспензию, водный раствор, в котором во взвешенном состоянии находятся гидрофобные капельки разнообразных веществ и твердые частицы: смолы, камеди, каучук и др.



Рис. 131. Млечники одуванчика

Типичный млечный сок похож на молоко и обычно молочно-белого цвета. Реже молочный сок бывает желтого цвета, например, у некоторых маков или оранжевого (у чистотела) цвета.

Помимо смол и каучуков латекс содержит сахара, белковые вещества, эфирные масла и алкалоиды, гликозиды. Так, в опиине (затвердевшем млечном соке незрелых коробочек опийного мака) найдено до 20 алкалоидов, в том числе морфин, папаверин, кодеин.

Наличие в млечниках продуктов ассимиляции, таких как белки, углеводы, жиры, заставляет многих исследователей считать млечники проводящей тканью, подобно ситовидным трубкам, тем более что при наличии млечников ситовидные трубки немногочисленны. Более того, в проводящих пучках снотворного мака ситовидные трубки вообще отсутствуют. Однако наличие в млечниках конечных продуктов обмена



веществ, таких как смолы, эфирные масла позволяет относить млечники к выделительной системе. Так что классификационная принадлежность млечников очень спорный вопрос.

*Сами млечники бывают двух видов:*

- *членистые*
- *нечленистые.*

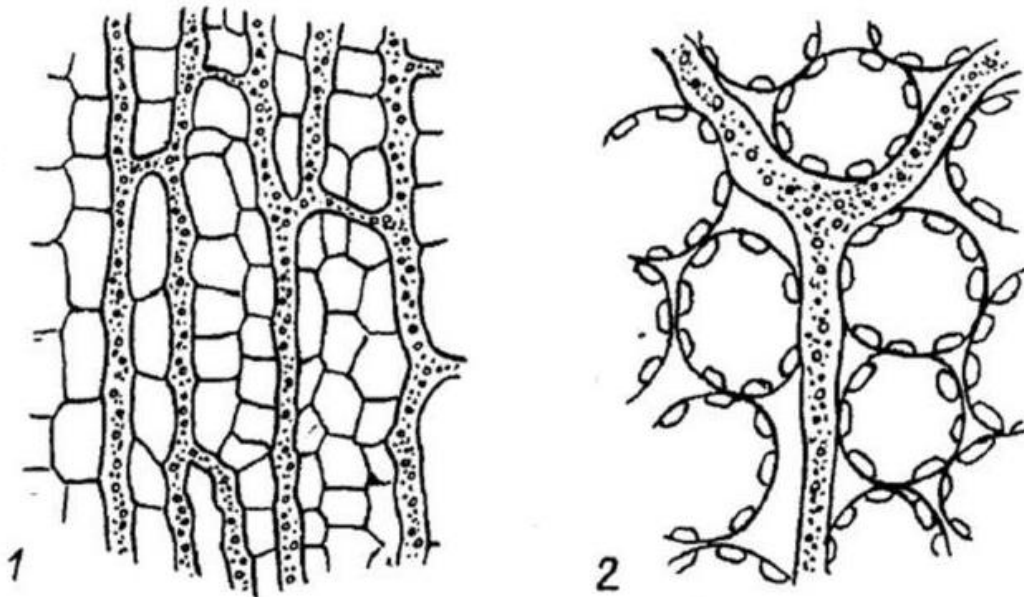


Рис. 132. Млечники: 1 – членистый; 2 – нечленистый

*Нечленистый млечник* представляет собой гигантскую многоядерную клетку с одной непрерывной вакуолью. Одновременно с развитием проростка клетка-млечник растет в длину, ветвится и, протискиваясь подобно гифам гриба-паразита, проникает в разные части тела растения.

Нечленистые млечники имеют большинство молочайных, некоторые тутовые, бересклеты.



Рис. 133. Нечленистый млечник молочая: 1 – крахмальное зерно; 2 – латекс; 3 – стенка

*Членистые млечники* состоят из многих отдельных млечных клеток. Эти клетки в простейших случаях сообщаются друг с другом порами (как у кленовых, в чешуях луков). Но в большинстве случаев перегородки с порами имеются только в ранней стадии развития членистых млечников. Позже поперечные перегородки растворяются и исчезают полностью или частично. Членистые млечники характерны для растений семейств маковых, колокольчиковых, ароидных, банановых, некоторых сложноцветных и многих других.

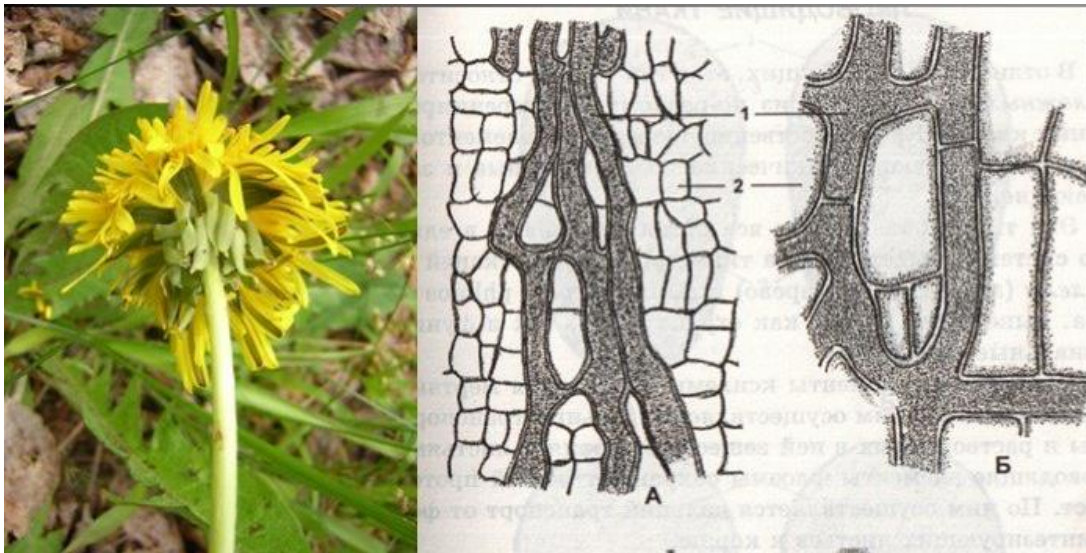


Рис. 134. Членистый млечник: А – корень одуванчика; Б – латук; 3 – латекс; 2 – стенка

Вопрос о значении млечников для растений до сих пор не выяснен.

Несомненна лишь побочная роль некоторых млечников в жизни растений, в том случае, когда латекс содержит горькие или ядовитые вещества и предохраняет растение от поедания.

Если значение многих выделений в жизни растений не вполне понятно, то их значение в хозяйственной деятельности человека очевидно.

Бальзамы, смолы, эфирные масла, каучук широко используются в промышленности и медицине.

Например, ароматические летучие жидкости, эфирные масла специфичны для каждого вида растений. Запахи розы, сирени, фиалки нельзя спутать. Эфирные масла применяются в технике, медицине, парфюмерной, кондитерской и других отраслях промышленности. В наибольшем количестве они употребляются для приготовления ликеров и водок, и используются как растворители смол для приготовления лаков.

Эфирные масла при соприкосновении с воздухом затвердевают, превращаясь в смолы. Смеси смол и эфирных масел, имеющие вид густой сиропообразной жидкости и отличающиеся характерным запахом называются *бальзамами*.

При поранении деревьев бальзамы вытекают, окончательно затвердевают и превращаются в *смолы*.

В отличие от бальзамов, смолы практически не имеют запаха. Особенно ценны даммаровая смола, акароня и масличная смола, получаемые из тропических и субтропических деревьев. Смолы применяются при изготовлении лаков, мастики, смазочных масел, типографской краски.

К числу наиболее широко распространенных и имеющих практическое значение относятся бальзамы хвойных деревьев. Главнейшим продуктом этих бальзамов является *скипидар*. "Канадский бальзам", широко применяющийся в микроскопии, в нашей стране получают из пихты сибирской.

Народная медицина много веков применяла различные бальзамы для лечения ран. Выражение "бальзам на рану" вошло в обиход-

ную речь. Знаменитый перуанский бальзам добывается из живицы тропического дерева *Myroxylon balsamum*. Отличными заживляющими свойствами обладают бальзамы сибирской пихты.

И, наконец, до тех пор, пока не была разработана технология синтетического получения каучука, он добывался исключительно из растений. Впервые сырьевой каучук был обнаружен европейцами в бассейне р. Амазонки в XVII веке. Индейцы добывали его из тропического лесного дерева *Hevea brasiliensis*, относящегося к семейству молочайных. Только в конце 19 века семена были перевезены в Европу, и оттуда доставлены на о. Цейлон и на Малайский полуостров. Ныне Малайя и Индонезия - основные центры культивирования гевеи.

В 30-х годах в нашей стране был своеобразный бум по поиску растений-каучуконосов, в целях избавиться от импорта каучука из-за границы. Впервые были найдены и введены в культуру травянистые каучуконосы, такие как кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение понятию «ткань».
2. Принципы классификации растительных тканей. Системная классификация тканей.
3. В чем заключается роль образовательных тканей в онтогенезе растений?
4. Перечислите все растительные ткани, охарактеризуйте их клеточный состав и функции.
5. Назовите основную функцию ассимиляционных тканей. Охарактеризуйте их строение.
6. Какие вещества могут накапливаться в клетках запасающих тканей растений? Приведите примеры.
7. Что такое аэренхима? Каково ее строение и функции?
8. Образовательные ткани, их функции, особенности строения клеток. Первичные и вторичные меристемы. Классификация меристем.
9. Покровные ткани. Классификация. Первичные, вторичные, третичные покровные ткани. Эпидерма. Особенности строения клеток. Функции.
10. Пробка. Образование, особенности строения клеток. Функции.

11. Перидерма. Корка. Образование, особенности строения клеток. Функции.
12. Основные ткани, их функции и особенности строения клеток. Классификация. Характеристика каждой группы.
13. Механические ткани, строение и функции. Классификация. Характеристика каждой группы.
14. Колленхима. Склеренхима. Склерейды.
15. Проводящие ткани, их функции. Классификация. Характеристика каждой группы.
16. Трахеиды. Сосуды. Ситовидные трубки.
17. Ксилема: строение, функции.
18. Флоэма: строение, функции. Локализация ксилемы и флоэмы в растении.
19. Проводящие пучки. Строение и классификация.
20. Закрытые и открытые проводящие пучки.
21. Выделительные ткани. Классификация, строение.
22. Выделительные ткани внешней и внутренней секреции.
23. Железистые волоски, нектарники, гидатоды, схизогенные и лизигенные вместилища выделений, млечники.



## Глава 4. ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ, ИХ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

У одноклеточных водорослей тело представлено одной клеткой, которая выполняет все необходимые для жизнедеятельности функции. У многоклеточных водорослей структурно однородные клетки объединяются в таллом. На первый взгляд таллом может быть похож на тело растений, однако клетки таллома однотипны и не имеют ни специализированных элементов. Поэтому такие растения относят к низшим.

В ходе эволюции с выходом растений на сушу клетки начали дифференцироваться по выполняемой функции, сформировались ткани и органы, а такие растения получили название высших.

Орган - это часть растения, выполняющая одну или несколько функций.

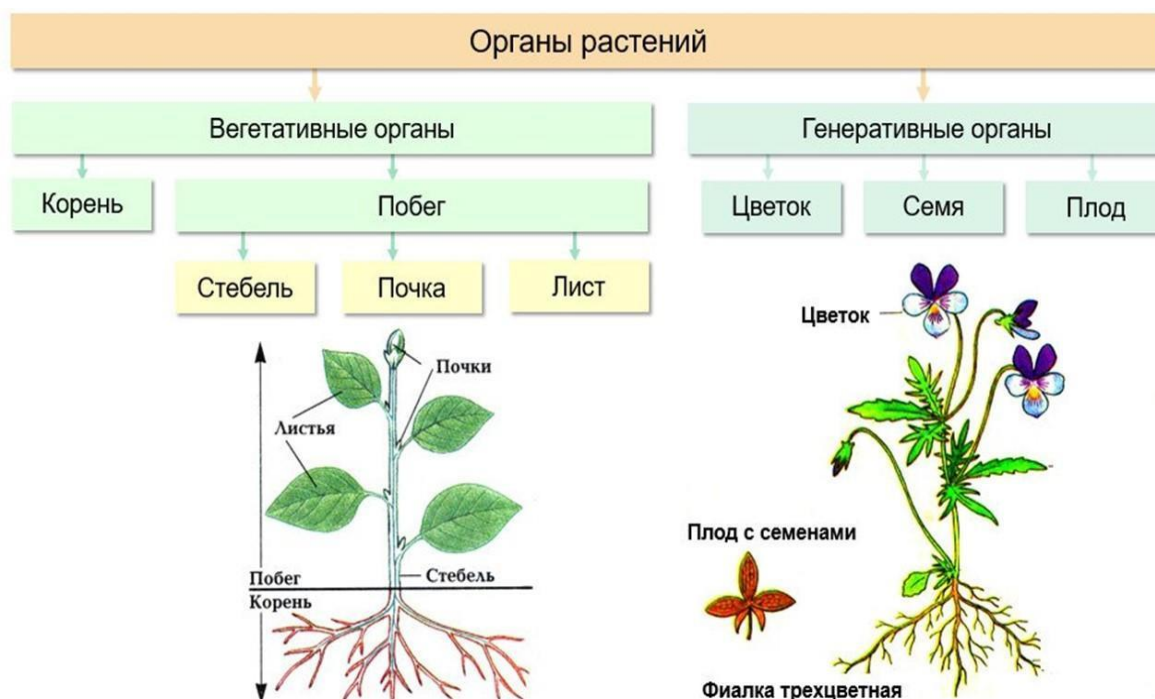


Рис. 135. Органы растений

**Органы растения делятся на:**

- **вегетативные:** к ним относят корень и побег. Побег в свою очередь состоит из стебля, листьев и почек;
- **генеративные** или органы размножения - цветок, плод и семя (спорангий у споровых и шишка у голосеменных).



Рис.136. Вегетативные и генеративные органы растений

**Вегетативными** называются органы растений, служащие для поддержания индивидуальности жизни растения (корень, стебель, лист). Они находятся в зачаточном состоянии в каждом семени и поддерживают основные жизненные процессы, то есть исполняют основные функции его питания и обмена веществ со средой.

Благодаря вегетативным органам растение растет, питается, происходит газообмен со средой, т.е. процессы фотосинтеза и дыхания, из тонкого прутика вырастает мощное дерево - т.е. вегетативные органы обеспечивают жизнедеятельность растений.

*К общим признакам строения вегетативных органов относятся:*

- полярность, когда вершина и основание растения находятся в противоположных направлениях одной прямой, то есть на разных полюсах. Это явление довольно легко наблюдать у растений, которые размножаются черенками. Например, у ивы. Если черенок поместить во влажную среду, то через некоторое время на нижнем полюсе у основания образуются корни, на верхнем листья. И любой отрезок черенка будет вести себя подобным образом.

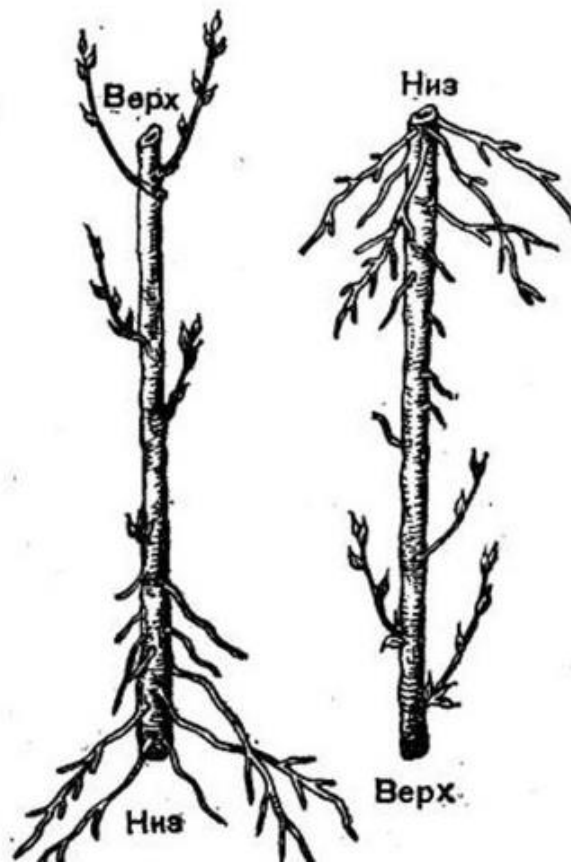


Рис. 137. Полярность черенков: естественное вертикальное положение и перевернутое вертикальное положение

- геотропизм - способность различных растительных органов ощущать земное притяжение и расти в определённом направлении по отношению к центру земного шара. Это явление также легко продемонстрировать на опыте. Если растущее растение положить горизонтально, через некоторое время его корни вновь будут расти вниз, а стебель займет вертикальное положение.

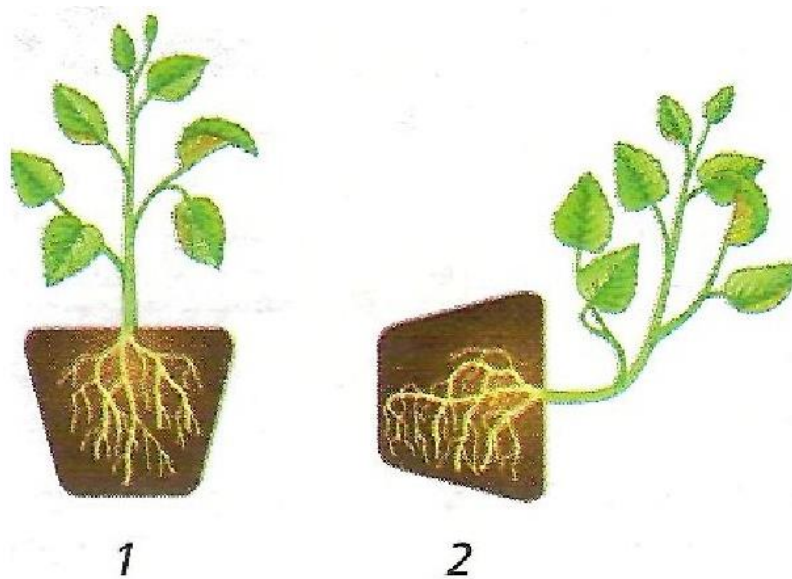


Рис. 138. Геотропизм корней у растений: 1 – растение растущее нормально; 2 – в перевернутом виде, спустя 4 дня

Корень обладает положительным геотропизмом, поскольку его рост направлен к центру земли, надземные части растения обладают отрицательным геотропизмом. Наземные части обладают отрицательным, так как они растут в противоположном направлении от действия земного притяжения.

Подземный вегетативный орган - корень характеризуется неограниченным ростом. К его основным функциям относятся обеспечение растительного тела питанием, водой, закрепление в субстрате.

Благодаря геотропизму ландшафтные дизайнеры могут создавать фантазийные композиции, придавая деревьям причудливые формы. Но самый загадочный дизайнер – природа, в связи с чем, в Польше можно наблюдать целый кривой (или танцующий) лес.



Рис. 139. Изогнутый лес

Это любопытное скопление деревьев состоит из 400 изогнутых сосен, которые изгибаются на  $90^\circ$  к северу, на несколько метров над уровнем земли. Затем они отклоняются вверх с боковым отступлением.

Некоторые растения можно размножить вегетативно - черенками, усами, клубнями. Но селекцию и эволюцию обеспечивают лишь генеративные органы.

Выполняемая функция органов растений различна.

Корень - у большинства растений это подземный орган. Основная функция закрепление в почве или другом субстрате и обеспечение растения полезными минеральными веществами и водой, а также запасание питательных веществ.

Иногда форма того или иного органа растения (например, корень свеклы) изменяется в результате деятельности человека.

У некоторых растений корень модифицировался в клубень, как например у георгина или топинамбура.

Основные вегетативные органы растения – корень, стебель и лист. Кроме типичных вегетативных органов часто встречаются их видоизменения, возникшие в длительном процессе эволюции. Эти явления называют *метаморфозом*, что значит превращение. Видоизменённые органы бывают иногда настолько своеобразны, что нельзя сразу определить их происхождение.



Иногда форма того или иного органа растения (например, корень свеклы) изменяется в результате деятельности человека.

**Корень** – специализированный орган почвенного питания. Он выполняет следующие функции:

- поглощает воду и минеральные элементы
- служит для закрепления в почве;
- обладает двигательной активностью (зона растяжения);
- может иметь также запасные функции, приобретая форму корневых клубней (георгин);

Кроме перечисленных функций, корни выполняют и другие функции:

- корни укрепляют («заякоривают») растения в почве, делают возможным вертикальный рост и вынесение побегов наверх;
- в корнях синтезируются различные вещества, которые затем передвигаются в другие органы растения;
- в корнях могут откладываться запасные вещества;
- корни взаимодействуют с корнями других растений, микроорганизмами, грибами, обитающими в почве.

Выполнение новых функций приводит к возникновению:

- а) дыхательных корней у болотных растений;
- б) корней – прицепок (плющ);
- в) воздушных корней орхидеи и др.

Но основная функция корня – почвенное питание. Эта функция определяет особенность строения.

Во-первых, корень должен иметь, возможно большую поверхность соприкосновения с почвенными частицами и плотно срастаться с ними.

Во-вторых, всасывающие рабочие участки корня не могут оставаться на месте – они должны передвигаться, осваивая всё новые пространства и преодолевая сопротивление плотной почвы.



Рис. 140. Корень растения

Продвижение в плотной почве становится возможным благодаря верхушечному росту корня и защитным приспособлениям, позволяющим нежной верхушечной меристеме пробиваться между частицами почвы.



Рис. 141. Строение корня

Всасывающая ткань выполняет важнейшую функцию корня – почвенное питание. Она состоит из одного слоя клеток, расположенных на поверхности молодого корня. Весь наружный слой клеток, покрывающим молодой корень, называют ризодермой.

Клетки всасывающего слоя обладают тонкими оболочками и плотно прилегают к частичкам почвы. Они активно воздействуют на почву и всасывают необходимые вещества. Эта деятельность требует значительной затраты энергии, что обеспечивается, во-первых, постоянным притоком органических веществ и, во-вторых, интенсивным окислением этих веществ, т.е. дыханием с потреблением кислорода. Поэтому в корне хорошо развита система межклеточников, заполненных газами и облегчающих газообмен.

Клетки всасывающего слоя образуют длинные выросты – корневые волоски, в несколько раз увеличивающие поверхность корня.

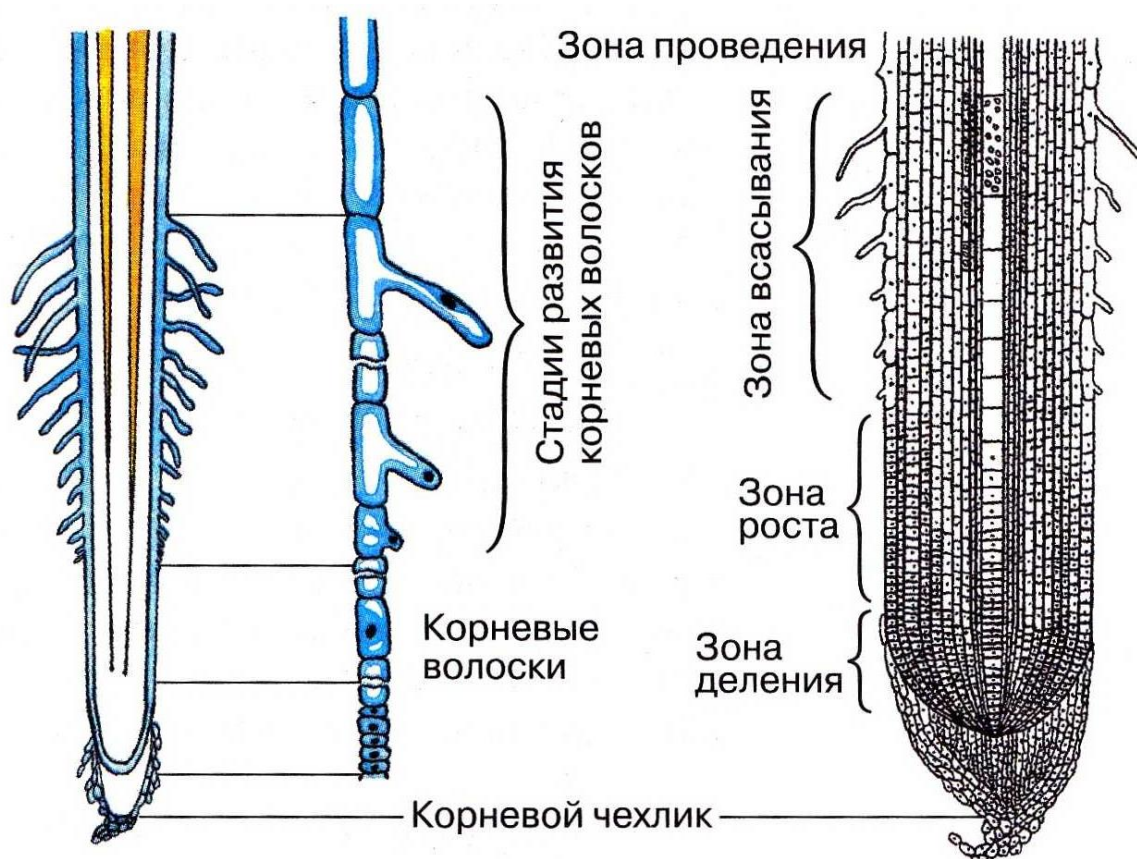


Рис. 142. Микроскопическое строение корня

Корневые волоски возникают только на некотором удалении от корня. Это объясняется тем, что участок корня между волосками и чехликом испытывают сильное растяжение и скользит между частичками почвы. Всякие неровности и выступы на этом участке корня затруднили бы проникновение в почву.

Первым при прорастании семени появляется главный корень, который развивается из зародышевого корня. Главный корень – ось первого порядка. От него отходят боковые корни, это оси второго порядка, от них идут корни третьего порядка и т.д. В результате формируется корневая система.

На растениях из стебля или листьев часто образуются придаточные корни. Строение и функции их такие же, как и у главного и бокового корней.

Так как стебель более толстый по сравнению с корнем, то граница между ними обычно заметна. Место перехода стебля в корень называется корневой шейкой, а участок стебля, находящийся между корневой шейкой и семядолями, - гипокотилем, или подсемядольным коленом.

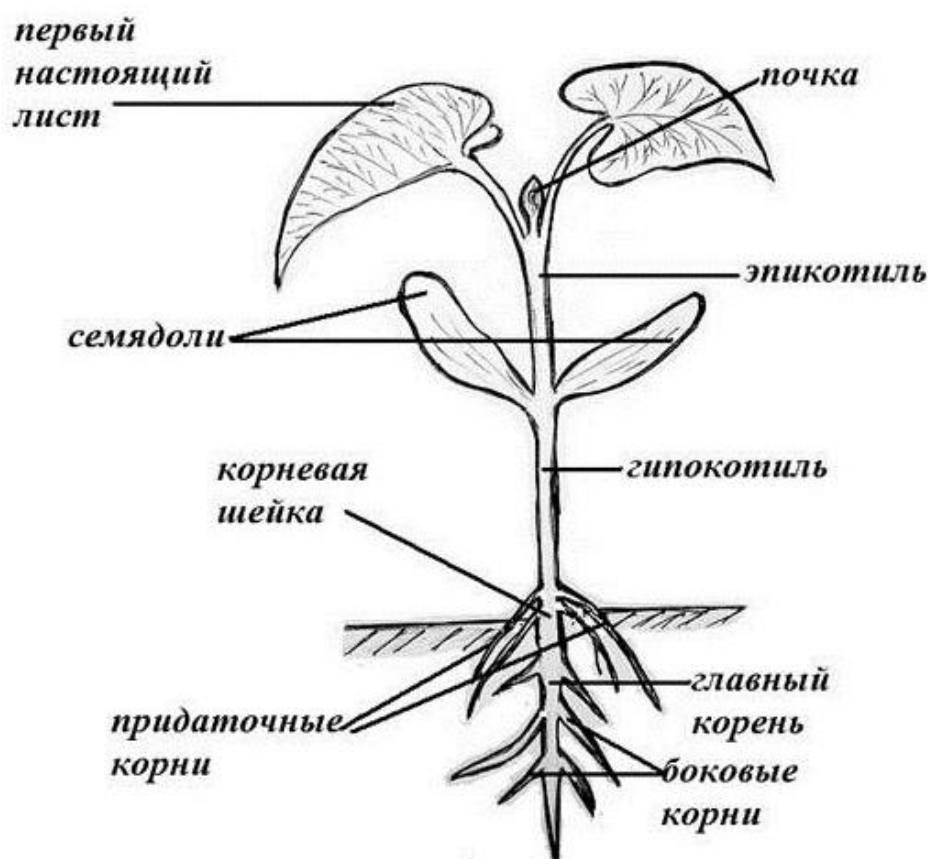


Рис. 143. Корневая шейка, гипокотиль растений

От него часто отходят придаточные корни. Образованию их способствует окучивание растений. За счет придаточных корней увеличивается корневая система, что улучшает питание растения, делает его более устойчивым.

*Главный корень* развивается из зародышевого корешка. *Боковые корни* образуются на корне (главном, боковом, придаточном), который по отношению к ним обозначается как *материнский*. Они возникают на некотором расстоянии от апекса, в направлении от основания корня к его верхушке. Боковые корни закладываются *эндогенно*, т.е. во внутренних тканях материнского корня. Если бы ветвление происходило в самом апексе, это бы затруднило продвижение корня в почве. *Придаточные корни* могут возникать и на стеблях, и на листьях, и на корнях. В последнем случае они отличаются от боковых корней тем, что не обнаруживают строгого порядка заложения вблизи апекса материнского корня и могут возникать на старых участках корней.

По происхождению выделяют следующие типы корневых систем:



- *система главного корня* представлена главным корнем (первого порядка) с боковыми корнями второго и последующих порядков (у многих кустарников и деревьев, большинства двудольных растений);

- *система придаточных корней* развивается на стеблях, листьях; встречается у большинства однодольных растений и многих двудольных, размножающихся вегетативно;

- *смешанная корневая система* образована главным и придаточными корнями с их боковыми ответвлениями (многие травянистые двудольные).

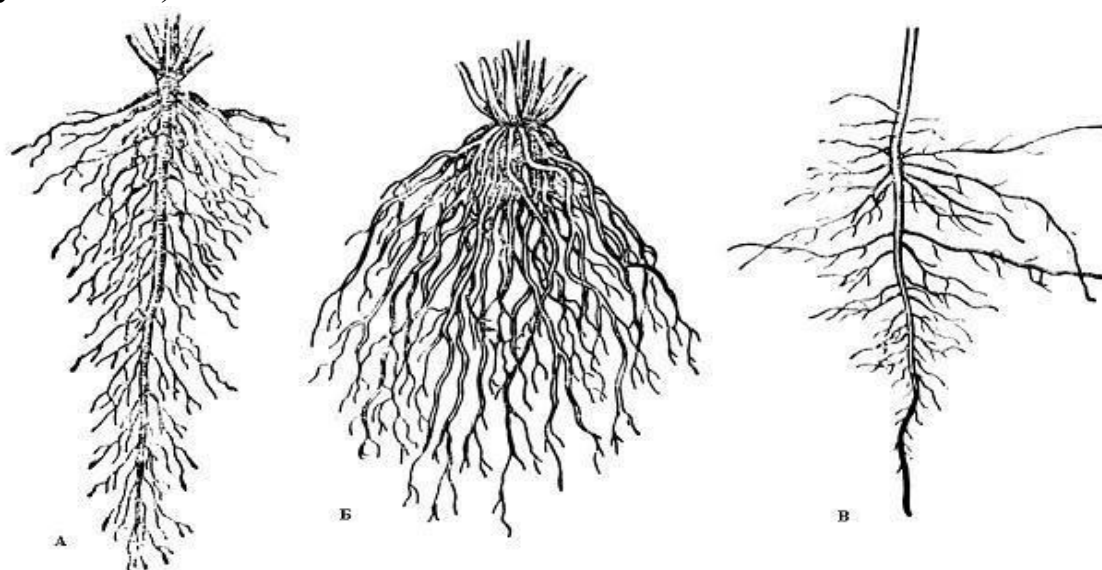


Рис. 144. Типы корневых систем: А – система главного корня; Б – система придаточных корней; В – смешанная корневая система (А и В – стержневые корневые системы; Б – мочковатая корневая система)

*Корневая система может быть:*

- *стержневой*, если главный корень выделяется среди других корней своей величиной;

- *мочковатой*, если главный корень слабо развит и не отличается от остальных корней.

В *стержневой* корневой системе главный корень сильно развит и хорошо заметен среди остальных корней. В *мочковатой* корневой системе главный корень незаметен или его нет, а корневая система составлена многочисленными придаточными корнями.

Корень обладает потенциально неограниченным ростом. Однако в естественных условиях рост и ветвление корней ограничены влиянием других корней и почвенных экологических факторов. Основная масса корней располагается в верхнем слое почвы (15 см), наиболее богатом органическими веществами.

Корни деревьев углубляются в среднем на 10-15 м, а в ширину распространяются обычно за пределы радиуса крон. Корневая система кукурузы заходит на глубину около 1,5 м и примерно на 1 м во все стороны от растения. Рекордная глубина проникновения корней в почву отмечена у пустынного мескитового кустарника – более 53 м.

У одного куста ржи, выращенного в теплице, общая длина всех корней составила 623 км. Суммарный прирост всех корней за одни сутки равнялся примерно 5 км. Общая поверхность всех корней у этого растения составила 237 м<sup>2</sup> и была в 130 раз больше поверхности надземных органов.

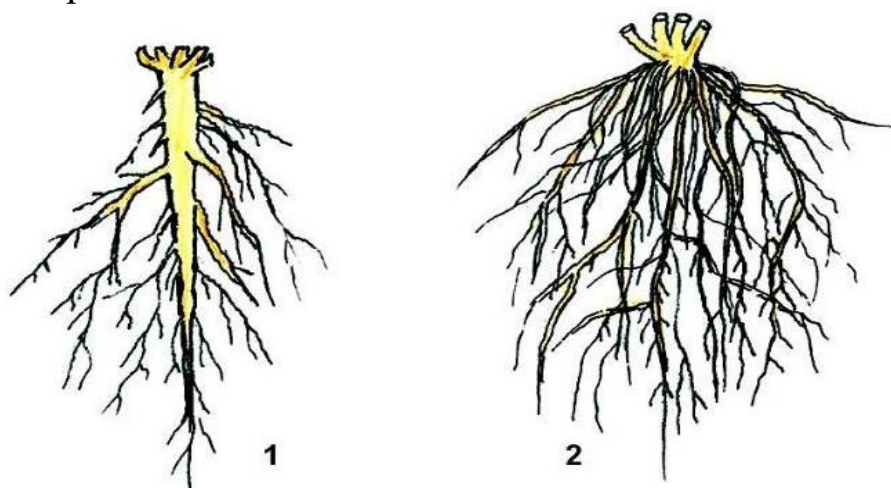


Рис. 145. Типы корневых систем: 1 – стержневая; 2 – мочковатая

По форме стержневые корни бывают:

- конусовидные (петрушка);
- реповидные (репа, свекла);
- нитевидные (проростки льна);
- веретеновидные (некоторые сорта моркови).

Длина корней варьирует в значительных пределах. У культурных злаков главная масса их развивается в пахотном горизонте, но отдельные корни уходят на глубину 1.5 – 2 м.

Общая длина корней у одного растения ржи или пшеницы (без корневых волосков), выращенного в полевых условиях, равна 600 м – 70 км.

Различают ростовые и сосущие корни.

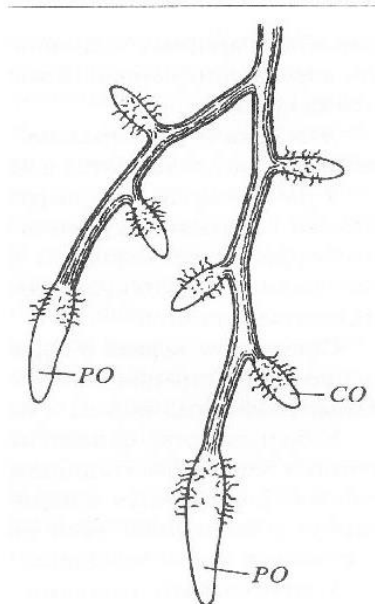


Рис. 146. Корневая мочка: РО – ростовое окончание; СО – сосущее окончание

Первые быстро растут, вскоре покрываются пробкой и не всасывают воду. Сосущие растут медленно, долго остаются нежными и хорошо всасывают почвенные растворы. Они являются окончанием корней высших порядков.

Ростовые окончания обычно более мощные, быстро удлиняются и продвигаются вглубь почвы. Зона растяжения у них хорошо выражена, и апикальные меристемы работают энергично. Сосущие окончания, возникающие в большом количестве на ростовых корнях, удлиняются медленно, и их апикальные меристемы почти перестают работать. Сосущие окончания как бы останавливаются в почве и интенсивно ее «обсасывают».

У древесных растений различают толстые *скелетные* и *полускелетные* корни, на которых образуются недолговечные *корневые мочки*. В состав корневых мочек, непрерывно заменяющих друг друга, входят ростовые и сосущие окончания.

Если корни выполняют особые функции, их строение меняется. Резкое, наследственно закрепленное видоизменение органа, вызванное

сменой функций, носит название метаморфоза. Видоизменения корней очень разнообразны.

Корни многих растений образуют симбиоз с гифами почвенных грибов, называемый *микоризой* («грибокорень»). Микориза образуется на сосущих корнях в зоне поглощения. Грибной компонент облегчает корням получение воды и минеральных элементов из почвы, часто гифы грибов заменяют корневые волоски. В свою очередь, гриб получает от растения углеводы и другие питательные вещества. Различают два основных типа микоризы. Гифы *эктотрофной* микоризы образуют чехол, окутывающий корень снаружи. Эктотрофная микориза широко распространена у деревьев и кустарников. *Эндотрофная* микориза встречается в основном у травянистых растений. Эндотрофная микориза находится внутри корня, гифы внедряются в клетки коровой паренхимы. Микотрофное питание очень широко распространено. Некоторые растения, например орхидные, вообще не могут существовать без симбиоза с грибами.

На корнях бобовых возникают особые образования – *клубеньки*, в которых поселяются бактерии из рода *Rhizobium*. Эти микроорганизмы способны усваивать атмосферный молекулярный азот, переводя его в связанное состояние. Часть веществ, синтезированных в клубеньках, усваивают растения, бактерии, в свою очередь, используют вещества, находящиеся в корнях. Этот симбиоз имеет большое значение для сельского хозяйства. Бобовые растения благодаря дополнительному источнику азота богаты белками. Они дают ценные пищевые и кормовые продукты и обогащают почву азотистыми веществами.

Очень широко распространены *запасающие* корни. Они обычно утолщены и сильно паренхиматизированы. Сильно утолщенные придаточные корни называют *корневыми шишками*, или *корнеклубнями* (георгин, некоторые орхидные). У многих, чаще двулетних, растений со стержневой корневой системой возникает образование, носящее название *корнеплода*. В образовании корнеплода принимают участие и главный корень, и нижняя часть стебля. У моркови почти весь корнеплод составлен корнем, у репы корень образует лишь самую нижнюю часть корнеплода.

Корнеплоды культурных растений возникли в результате длительного отбора. В корнеплодах сильно развита запасающая паренхима и исчезли механические ткани. У моркови, петрушки и других

зонтичных паренхима сильно развита во флоэме; у репы, редьки и других крестоцветных – в ксилеме. У свеклы запасные вещества откладываются в паренхиме, образованной деятельностью нескольких добавочных слоев камбия.

У многих луковичных и корневищных растений образуются *втягивающие*, или *контрактильные* корни. Они могут укорачиваться и втягивать побег в почву на оптимальную глубину на время летней засухи или зимних морозов. Втягивающие корни имеют утолщенные основания с поперечной морщинистостью.

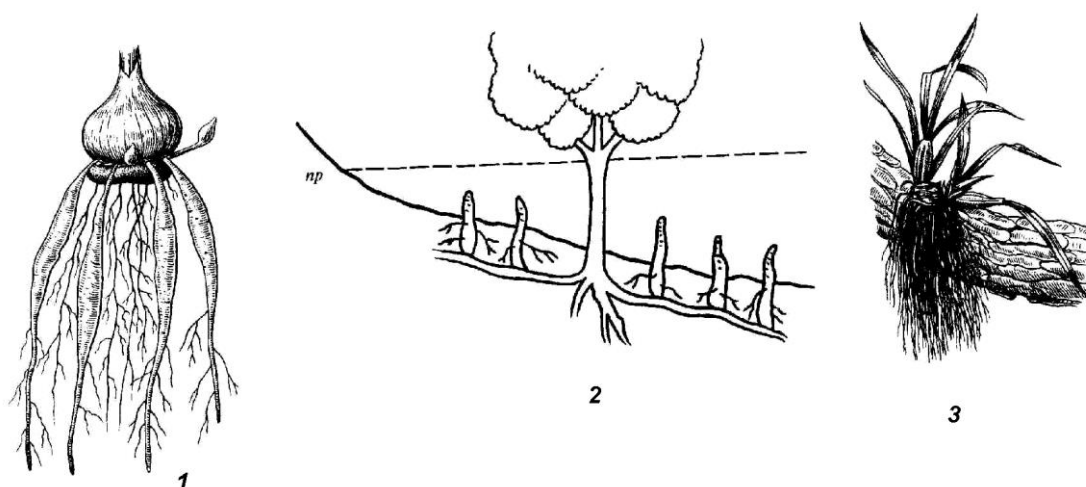


Рис. 147. Метаморфозы корня: 1 – клубнелуковица гладиолуса с утолщенными у основания втягивающими корнями; 2 – дыхательные корни с пневматофорами у авиценнии (*np* – зона прилива); 3 – воздушные корни орхидеи

*Воздушные* корни образуются у многих тропических эпифитных однодольных из семейств орхидных, ароидных, бромелиевых. Эпифиты поселяются на других растениях, но не паразитируют на них, а используют как подпорку для поднятия вверх, к свету. Воздушные корни свободно висят в воздухе и приспособлены к поглощению атмосферной влаги. На их поверхности образуется *веламен*. Веламен, как и ризодерма, образуется из протодермы, но это многослойная ткань. Клетки веламена отмирают, их стенки имеют сетчатые или спиральные утолщения. Через поры и сквозные отверстия в клеточных стенках влага проникает капиллярным путем. Изнутри веламен подстиляется экзодермой со сложно построенными пропускными клетками, через которые вода передается в клетки коры и осевого цилиндра. Веламен



встречается и у некоторых наземных однодольных (кливия, хлорофитум), в этом случае он выполняет функцию механической защиты и предохраняет растение от потери воды из первичной коры.

*Дыхательные* корни, или *пневматофоры* образуются у некоторых тропических древесных растений, живущих в условиях недостатка кислорода (таксодиум, или болотный кипарис; растения мангровых зарослей, обитающие по болотистым берегам океанических побережий). Пневматофоры растут вертикально вверх и высовываются над поверхностью почвы. Через систему отверстий в этих корнях, связанных с аэренхимой, воздух поступает в подводные органы.



Рис. 148. Дыхательные корни

У некоторых растений для поддержания побегов в воздушной среде образуются дополнительные *опорные* корни. Они отходят от горизонтальных ветвей кроны и, достигнув поверхности почвы, интенсивно ветвятся, превращаясь в столбовидные образования, поддерживающие крону дерева (*столбовидные* корни баньяна).



Рис. 149. Столбовидные корни баньяна

*Ходульные* корни отходят от нижних участков стебля, придавая стеблю устойчивость. Они образуются у растений мангровых зарослей, растительных сообществ, развивающихся на затопляемых во время прилива тропических берегах океанов, а также у кукурузы.



Рис. 150. Ходульные корни

У фикуса каучуконосного образуются *досковидные* корни. В отличие от столбовидных и ходульных, они являются по происхождению не придаточными, а боковыми корнями.





Рис. 151. Досковидные корни фикуса

Побеги плюща, стремясь к солнцу, обвивают другие растения или прикрепляются к стенам при помощи корней - *прицепок*. У паразитических растений корни видоизменяются в присоски – *гаустории*, которые внедряются в ткани других растений и поглощают из клеток воду и питательные вещества.



Рис. 152. Корни-прицепки

Корни обеспечивают питание и себе и другим организмам. Корни широко употребляются в пищу людьми и животными, придают плодородие почвенным слоям. Корневое многообразие появилось в результате видоизменений главных с придаточными корнями, что существенно расширило их функциональные возможности.

**Побег** – это наземный орган растения, включающий в себя стебель и имеющиеся на нем листья, почки, соцветия и плоды с единой проводящей системой. Главная внешняя черта, отличающая побег от корня - наличие листьев.

Однако нередко *побег* выполняет и другие функции и способен к метаморфозам.

**Вегетативный побег**, выполняющий функцию воздушного питания, состоит из **стебля, листьев и почек**.

**Стебель** – осевая часть *побега*, имеющая более или менее цилиндрическую форму и выполняющая две главные функции – опорную и проводящую;

**Листья** – в типичном случае плоские боковые части (органы) побега, сидящие на *стебле* и выполняющие главную функцию побега – фотосинтез;

**Почки** – представляют собой зачатки новых побегов, которые обеспечивают длительное нарастание побега и его ветвление.



Рис. 153. Строение побега

Каждый побег развивается из почки. Первый побег растения, развивающийся из почечки зародыша, называют главным побегом. Все остальные побеги - боковые побеги. Одни из них, формирующиеся из почек в пазухах листьев, называют пазушными побегами. Вторые, образующиеся из придаточных почек, формирующихся на любой части растения кроме пазухи листа, называют придаточными побегами.

Побег, формирующийся в течение одного периода вегетации, называют годичным побегом. Если побег живет несколько лет, то его называют многолетним. Рост годичного и многолетнего побегов осуществляется за счет деятельности верхушечной (апикальной) меристемы, находящейся в верхушечной почке побега.

Для побега характерна метамерность, т.е. чередование одинаковых частей – метамеров. Листья располагаются на стебле в определенном порядке, в соответствии с типом листорасположения, а участок стебля на уровне отхождения листа называется узлом. Если основание листа полностью окружает стебель, узел называется закрытым, в противном случае – открытым. Промежутки стебля между соседними узлами называются междоузлиями. Угол между черешком листа и стеблем называется пазухой листа. Метамером называют отрезок побега, который включает в себя узел, с находящимся под ним междоузлием, а также расположенные на этом отрезке листья и почки.

Стебель является осевой частью побега. Он обеспечивает оптимальное расположение в пространстве листьев и цветков. По стеблю осуществляется передвижение воды, минеральных и органических веществ между корневой системой и листьями.

По форме стебель у большинства растений цилиндрический, но он может быть четырехгранным (крапивные, яснотковые) или трехгранным (осоковые). Часто встречаются ребристые стебли (хвощ, тыква). У некоторых растений на стеблях образуются плоские продольные выросты, увеличивающие фотосинтезирующую поверхность побега; такие стебли называют крылатыми (чина, картофель). Обычно стебель бывает выполненным, т.е. заполненным тканями, но встречаются и полые стебли - с хорошо выраженной полостью внутри (злаки, сельдерейные). Полый стебель злаков принято называть соломиной.





Рис. 154. Формы стебля на поперечном разрезе

Побеги отличаются закономерностями расположения листьев на стебле. Выделяют несколько типов листорасположения:

- очередное,
- супротивное
- мутовчатое

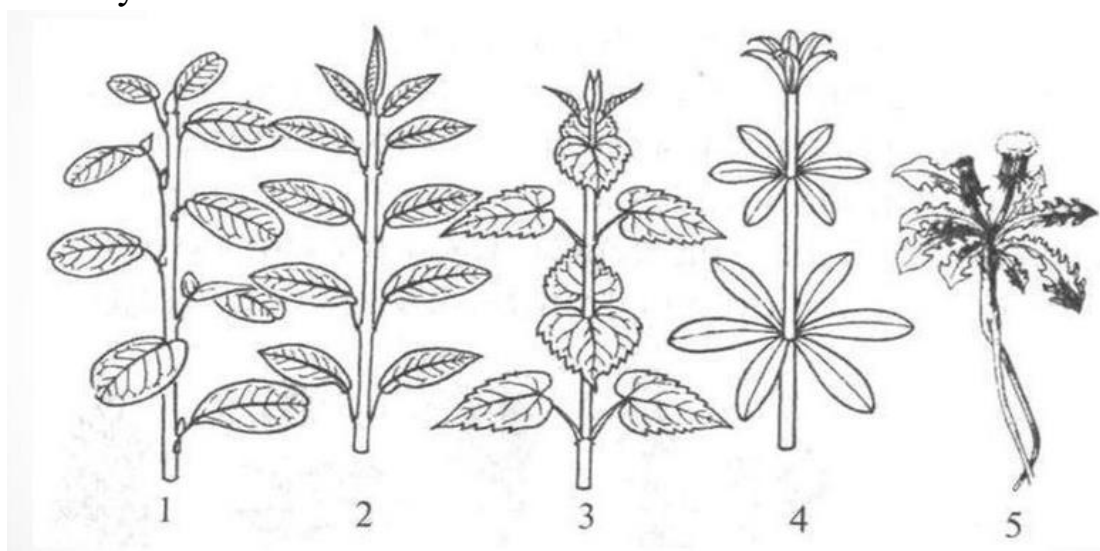


Рис. 155. Типы листорасположения: 1 – очередное или спиральное (в узлах по одному листу); 2,3 – супротивное и накрест супротивное (в узлах по два супротивных листа); 4 – мутовчатое (в узлах более двух листьев); 5 – прикорневая розетка

Наиболее распространено очередное, или спиральное, листорасположение, при котором от каждого узла стебля отходит лишь один лист (яблоня, горох, морковь, картофель, подсолнечник). Если при оче-

редном листорасположении все листья располагаются в одной плоскости, то говорят о двурядном очередном листорасположении (мятликовые, ирисовые). На трехгранном стебле осоки листья располагаются в три ряда (трехрядное очередное листорасположение).



Рис. 156. Трехгранный стебель осоки

При супротивном листорасположении от каждого узла отходят два листа, располагающихся напротив друг друга (клен, сирень, георгина).



Рис. 157. Листорасположение сирени

У растений с четырехгранным стеблем выделяют особый тип супротивного листорасположения - накрест супротивное (мята, шалфей, крапива).



А

Б

Рис. 158. Растения с четырехгранным стеблем: А – мята;  
Б – шалфей

Реже встречается мутовчатое листорасположение, при котором от каждого узла стебля отходят более двух листьев (хвощ, молочай).



Рис. 159. Мувчатое листорасположение, Молочай



*Лист* - боковой плоский структурный элемент побега (часть ме-тамера), выполняющий функции фотосинтеза, газообмена и транспирации.

В процессе фотосинтеза в листьях образуются из воды и углекислого газа (диоксида углерода) органические вещества, главным образом сахара. Побочный продукт фотосинтеза - кислород выделяется в атмосферу. Сахара в виде раствора переносятся по проводящим тканям растения ко всем растущим органам, где служат источниками энергии и строительного материала. Интенсивность фотосинтеза - основа продуктивности сельскохозяйственных растений. Чем лучше будет развита листовая поверхность растения, чем меньше она будет повреждена болезнями и вредителями, тем более высокий урожай можно получить.

*Транспирация* - регулируемое испарение, обеспечивающее подъем воды с растворенными минеральными веществами из корневой системы в листья. Кроме этого, транспирация обеспечивает охлаждение растения на 5 - 7°C по сравнению с температурой окружающего воздуха, что создает оптимальные условия для процесса фотосинтеза (при слишком высокой температуре он прекращается). Транспирация идет очень активно - например, одна береза испаряет в день до 200 л воды.

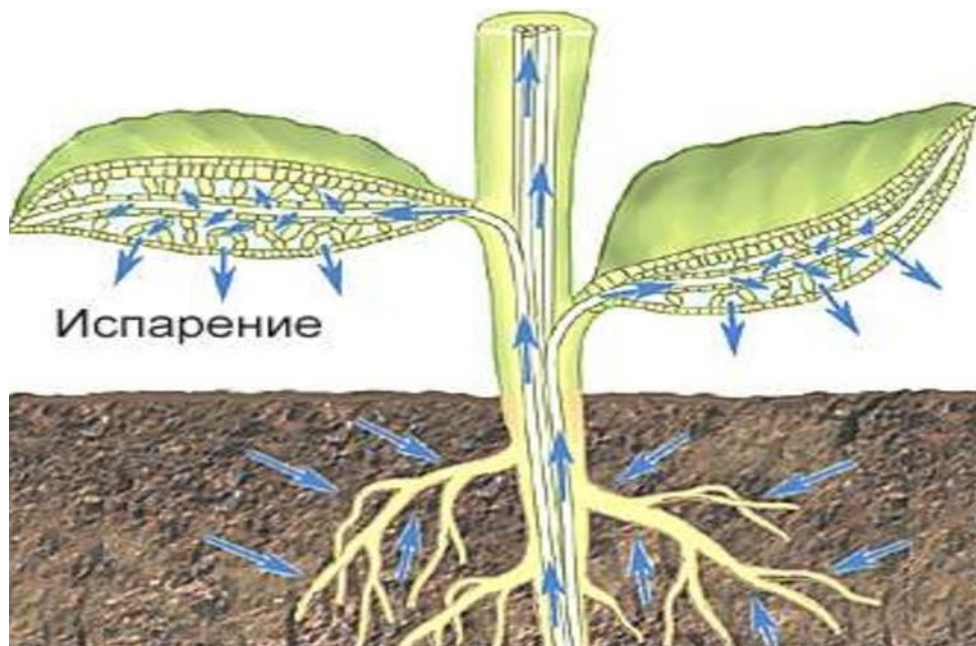


Рис. 160. Транспирация у растений

*Газообмен* обеспечивает фотосинтез и дыхание растений. При дыхании растение поглощает кислород, а выделяет в атмосферу углекислый газ. Для осуществления фотосинтеза растение поглощает из воздуха углекислый газ, а выделяет в него кислород. Фотосинтезирующие растения - основные поставщики кислорода в атмосферу нашей планеты.



Рис. 161. Газообмен растений

Кроме основных, названных выше, листьям свойственны и другие функции. Видоизменяясь в чешуи, они могут стать местом отложения запасных веществ (луковицы) или защищать зимующие почки от иссушающего действия мороза. С помощью листьев, превратившихся в колючки, растения защищаются от травоядных животных. Усики листового происхождения, прикрепляя побеги к опорам, обеспечивают им нужное расположение в пространстве.

Размер листьев сильно варьируется: от нескольких миллиметров (у растений-эфемеров) до 10-15 м (у некоторых пальм). Общая листовая поверхность культивируемых растений может быть очень большой. На одном гектаре кукурузного поля общая поверхность листьев может достигать 12 га, а картофельного - 40 га. Отношение площади поверхности листьев растений к единице площади, которую они занимают, называют индексом листовой поверхности. У кукурузы он равен 12, у картофеля - 40. Среди лесных растений один из самых высоких у ели - до 12 (недаром еловый лес - самый темный).



У большинства листопадных растений умеренного климата листья живут недолго: от нескольких дней до нескольких месяцев, и осенью все они массово отмирают и опадают. У вечнозеленых растений продолжительность жизни листьев тоже ограничивается несколькими месяцами, реже годами, но смена листьев там менее заметна, так как происходит постепенно. Наиболее долго живущие листья у голосеменного растения вельвичии удивительной: они функционируют всю жизнь растения, т.е. более 200 лет!

*В зависимости от выполняемой функции различают побеги вегетативные и генеративные.*

*Вегетативные побеги* выполняют функцию воздушного питания и обеспечивают синтез органических веществ из неорганических. Вегетативный побег включает в себя стебель, представляющий собой ось побега; листья, которые являются уплощенными боковыми органами побега; а также почки, являющиеся зачатками молодых побегов, они обеспечивают нарастание побега и его ветвление.

*В генеративных побегах* фотосинтез чаще всего не происходит, зато там образуются спорангии, задача которых сводится к обеспечению размножения растения (к таким побегам относят и цветок). Иными словами, генеративный побег несет органы размножения – спорангии, цветки. В зависимости от степени выраженности междоузлий по длине стебля у травянистых растений выделяют несколько типов побегов.

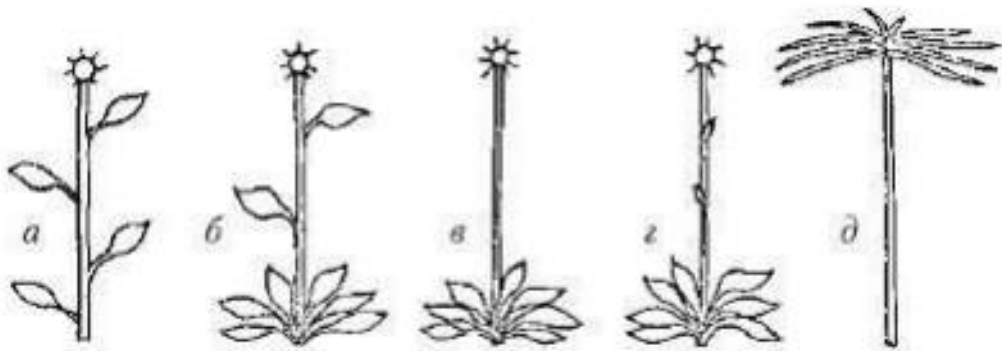


Рис. 162. Типы побегов по степени выраженности междоузлий стебля (по О.А. Коровкину, 2007): А - безрозеточный; Б - полурозеточный; В, Д - розеточные (В, Г - с прикорневой розеткой, Д - с присоцветной розеткой)

У безрозеточного побега все междоузлия стебля хорошо заметны (подсолнечник, георгина).

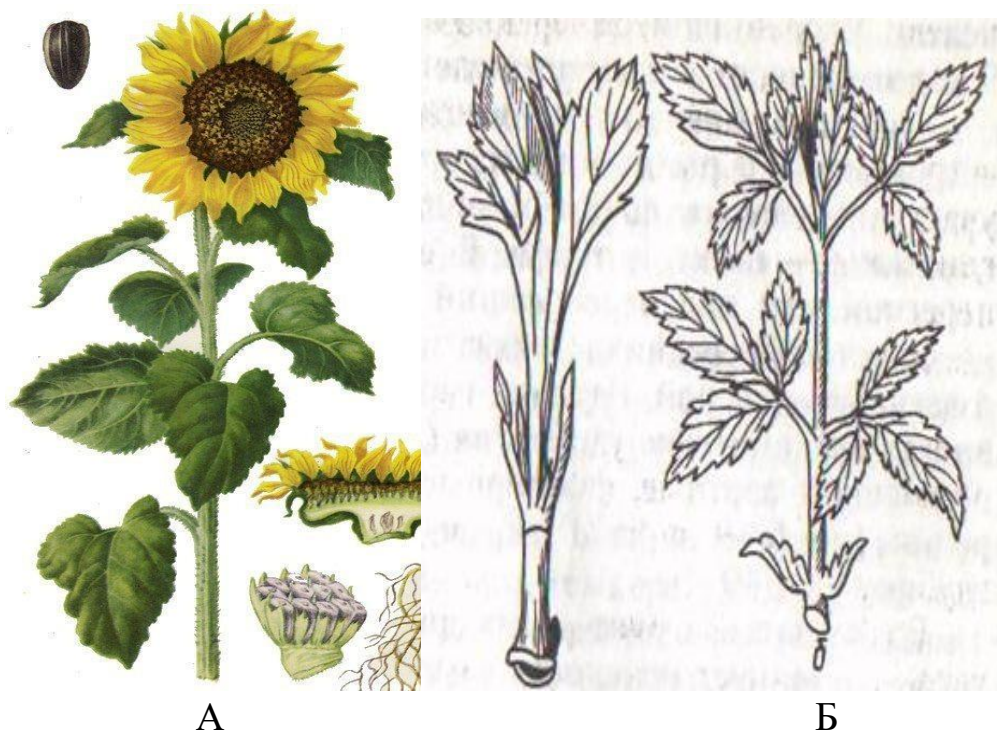


Рис. 163. Междоузлия стебля: А - подсолнечник, Б – георгин

У розеточного побега междоузлия стебля очень короткие, едва заметные; поэтому все листья такого побега располагаются почти на одном уровне - скученно, как говорят, в виде розетки (одуванчик, подорожник).



Рис. 164. Розеточный побег

Так как все листья розеточного побега располагаются близко к корням, то их розетку называют прикорневой. Редко можно встретить розетку листьев на верхушке побега - присоцветную розетку (циперус). У многих растений образуются полурозеточные побеги, у которых большинство листьев образует прикорневую розетку, но некоторые располагаются и на расположенной выше удлиненной (цветоносной) части стебля (земляника, салат, щавель, укроп, редис).

Безлистную удлиненную часть стебля розеточных побегов, несущую на себе соцветие, иногда называют стрелкой (лук, одуванчик, подорожник). Стрелку, несущую соцветие, не следует путать с длинной цветоножкой одного цветка (тюльпан).

У древесных растений по степени выраженности междоузлий стебля различают удлиненные побеги - ауксибласты и укороченные побеги - брахибласты. Брахибласты образуются не у всех растений.



Рис. 165. Побеги осины

Обычно с образованием брахибластов связана генеративная функция растения - у покрытосеменных растений на них формируются цветки, а затем и плоды. Хорошо, например, выражены брахибласты у наших плодовых растений - яблони и груши. В пловодстве они известны под названием плодушек.

По особенностям роста и положению в пространстве побеги разделяют на:

- прямостоячие (лен, подсолнечник, рожь),
- приподнимающиеся (плаун булавовидный),
- вьющиеся (вьюнок), цепляющиеся (горох, виноград, чина),
- стелющиеся (арбуз, тыква) и ползучие (клевер ползучий, вербейник монетчатый).

В отличие от стелющихся ползучие побеги способны укореняться - на их стебле образуются придаточные корни.

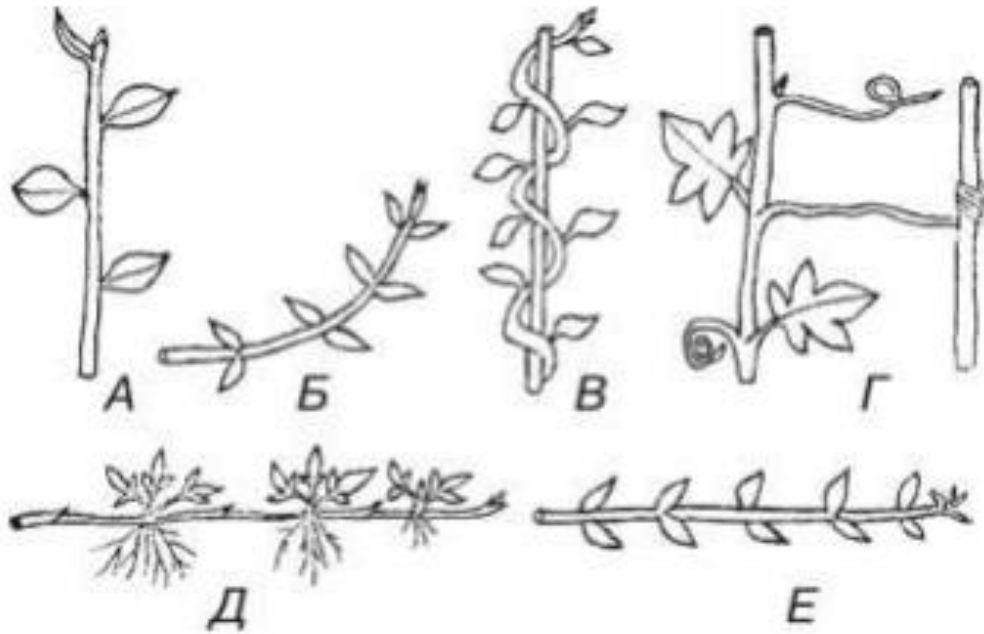


Рис. 166. Типы побегов по направлению роста (по О.А. Коровкину, 2007): А - прямостоячий; Б - приподнимающийся; В - вьющийся; Г - цепляющийся; Д - ползучий; Е - стелющийся

*Почка* представляет собой орган побега, который обеспечивает его верхушечное нарастание и ветвление. В состоянии покоя почка является зачаточным побегом, в нем имеется сильно укороченная ось – зачаток стебля, заканчивающийся конусом нарастания. На оси вегетативной почки располагаются зачаточные листья (листовые примордии), причем в их пазухах уже находятся зачатки пазушных почек следующего поколения. Листовые примордии, определяющие положение узла на зачаточном стебле, располагаются настолько близко друг к другу, что определить здесь междоузлия становится довольно трудно. При развитии из почки побега междоузлия метамеров сильно удлиняются, а из листовых примордиев развиваются взрослые листья. Благодаря делению клеток конуса нарастания формируются новые метамеры побега, т.е. происходит его рост.

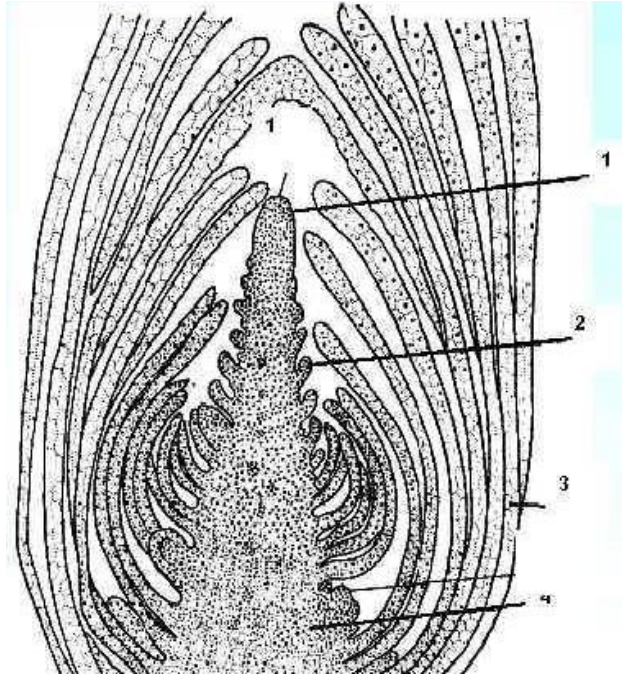


Рис. 167. Строение почки: 1 – конус нарастания; 2 – листовые при-  
мордии; 3– зачаточные листья; 4 – бугорок пазушной почки

Зимующие почки защищены снаружи почечными чешуями,  
представляющими собой видоизмененные наружные листья.

*почечные чешуи*



*листовой рубец*

Рис. 168. Строение почки



Такие чешуи полностью перекрывают доступ воздуха внутрь почки и надежно защищают ее от иссушающего действия мороза. У некоторых растений (береза, конский каштан, тополь) для более надежной защиты зимующие почки снаружи покрываются смолистыми клейкими веществами, а чешуи почек ивы густо опушены волосками.

В летний период почки покрыты более тонкими чешуями, защищающими их от высыхания и солнечных ожогов.

У древесных и кустарниковых растений новые побеги развиваются из почек побегов предыдущих порядков ветвления, располагающихся над уровнем почвы. Образование молодых побегов обеспечивает нарастание побеговой системы - ее дальнейшее распространение в пространстве.

У травянистых многолетних растений надземные побеги ежегодно осенью почти полностью отмирают. На следующий год новые побеги - побеги возобновления формируются из почек подземных органов растения - корневищ, клубней, луковиц или остающихся живыми нижних частей прошлогодних побегов. Почки, дающие начало побегам возобновления, называют почками возобновления.

Существует несколько принципов классификации почек.

Почки различают по местоположению на растении, по составу, по степени защищенности, по функциям и т.д.

По местоположению почки бывают верхушечными и боковыми.



Рис. 169. Почки

*Верхушечные почки* находятся на верхушках побегов, они обеспечивают апикальное нарастание побега (рост побега в длину). Самую первую верхушечную почку можно обнаружить еще в зародыше. Из нее в последующем будут образовываться все органы побега. Боковые почки, в свою очередь, представлены пазушными и придаточными. Пазушные почки развиваются в пазухах листьев - обычно по одной, но иногда и группами. Положение их на стебле напрямую зависит от листорасположения.

У двудольных растений (аморфа, жимолость, грецкий орех) группа почек в пазухе листа располагается в виде вертикального ряда - друг над другом. Такое расположение почек называют сериальным (рис. 168).

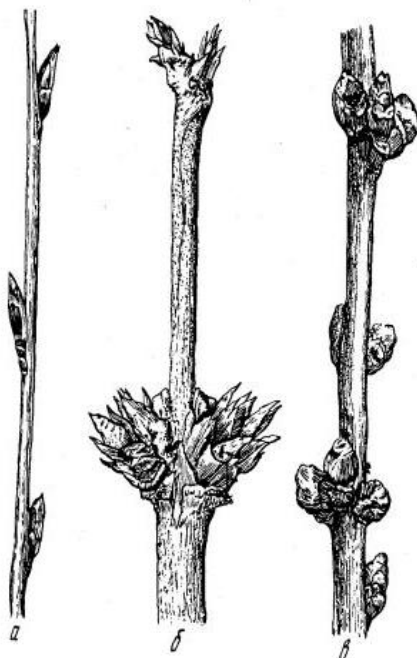


Рис. 170. Расположение почек: а – одиночное (черемуха);  
Б – сериальное (жимолость); в – ложноколлатеральное (абрикос)

У однодольных растений (гладиолус, чеснок) несколько почек в пазухе листа с широким основанием образуют горизонтальный ряд (коллатеральное расположение). У некоторых двудольных растений коллатеральное расположение почек может возникнуть в результате ветвления единственной почки, заложившейся в конусе нарастания побега. Например, в средней части клубня картофеля в пазухе разросшегося основания листа («бровки») обычно находятся три почки, но цен-

тральная значительно превосходит по размерам боковые, которые формируются позже в пазухах нижних чешуй этой почки, т.е. они являются боковыми по отношению к ней. Такие почки иногда называют ложно коллатеральными.

У многих растений боковые почки образуются не только в пазухах листьев, но и на других органах растения - на междоузлиях стебля, листьях, корнях. Такие почки называют *придаточными*, или *адвентивными*. Они часто обеспечивают вегетативное размножение растений. На стебле они образуются из камбия, на листьях - из клеток фотосинтезирующей паренхимы, на корнях - из перицикла. Активное образование придаточных почек можно наблюдать на пнях срубленных деревьев (березы, вяза, дуба, липы). Из таких почек быстро развиваются очень мощные придаточные побеги с огромными листьями - так называемые водяные побеги. Совокупность развивающихся на пне побегов называют пневой порослью.

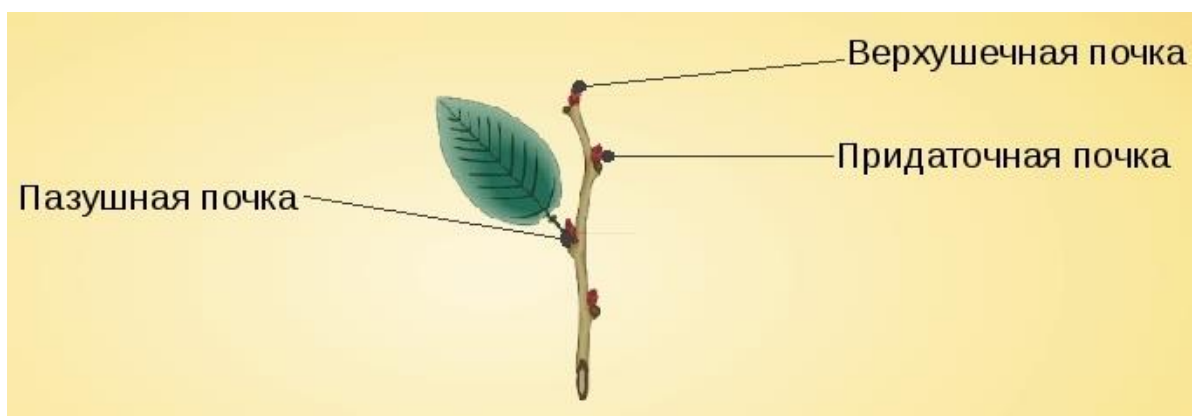


Рис. 171. Придаточные почки

Побеги, развивающиеся из придаточных почек на корнях, называют *корневыми отпрысками*, а растения, у которых они образуются, корнеотпрысковыми растениями. Корнеотпрысковыми растениями бывают как деревья и кустарники (вишня, слива, облепиха, боярышник, осина, сирень), так и травы (бодяк, вьюнок, осот, хрен).

Корневую поросль культивируемых растений можно использовать для вегетативного размножения растений. Некоторые корнеотпрысковые многолетние травы - трудноискореняемые сорняки, сильно засоряющие поля (осот, бодяк).

Придаточные почки на листьях образуются редко (каланхоэ, сердечник). При искусственном вегетативном размножении растений специальными приемами можно вызвать формирование придаточных почек на листьях распространенных декоративных растений: бегонии, глоксинии, сенполии.

По составу различают почки вегетативные, генеративные (цветочные) и вегетативно-генеративные (смешанные).

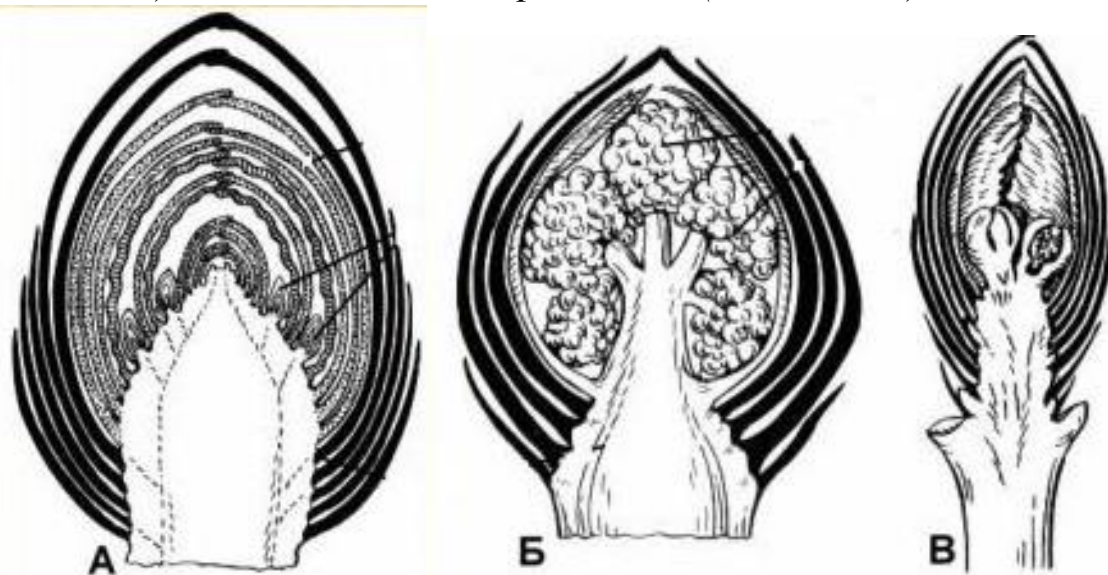


Рис. 172. Типы почек: А – вегетативные; Б – генеративные; В – смешанные

*Вегетативные почки* содержат только зачатки метамеров побега. Поэтому растения с таким типом почек зацветают обычно не ранее второй половины лета (липа, георгина, хризантема).

*В генеративных почках* находятся только зачатки соцветий, которые развиваются в соцветия сразу же после сбрасывания почечных чешуй; такие почки типичны для растений, зацветающих ранней весной одними из первых (ива).

*Смешанные (вегетативно-генеративные) почки* содержат как зачатки метамеров с зачаточными листьями, так и зачатки цветков или соцветий (яблоня, сирень, ландыш, черемуха).

*По степени защищенности в зимний период почки делят на закрытые и открытые (голые).*



Рис. 173. Типы почек: А – закрытые (есть чешуи);  
Б – открытые

*Закрытые почки* защищены почечными чешуями, а у открытых их нет. *Открытые* почки на самом деле не лежат абсолютно «голо», а обычно бывают прикрыты прилистниками или листовыми влагалищами.

Часто одно и то же растение (как правило, многолетнее) летом имеет открытые почки, а зимует с закрытыми. Вообще, голые почки встречаются у растений нашей флоры редко. Они характерны для бузины, барбариса, крушины ломкой.

Отсутствие у растений почек с защитными чешуями свидетельствует о происхождении их из областей с более теплым климатом. Многие тропические и субтропические растения имеют только открытые почки. Некоторые пазушные почки, длительное время (несколько десятков лет!) оставаясь живыми, не развиваются в побеги. Они ежегодно нарастают стеблевой частью на величину годичного прироста ветви или ствола, оставаясь вблизи от их поверхности. Такие почки называют спящими почками.



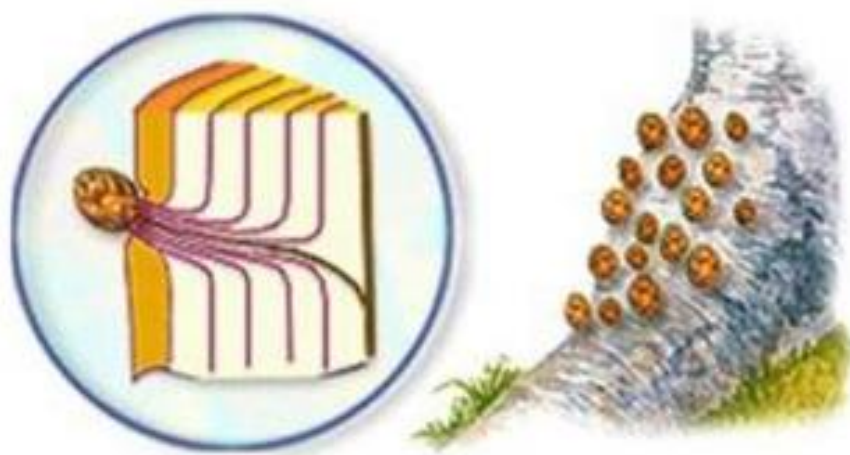


Рис. 174. Спящие почки березы

Зачаточные листья спящей почки трансформируются в чешуи, а образовавшиеся в них пазушные почки позволяют ей ветвиться. Сигналом для выхода из состояния относительного покоя спящей почки служит повреждение или снижение активности нормальных почек. Иными словами, побеги из них образуются после сильного повреждения побеговой системы растения в результате подмерзания, обгорания, объедания животными и т.д.

Побеги, развивающиеся на старых стволах или ветвях из спящих почек, называют волчками. Появление большого числа волчков у плодовых деревьев - признак их старения. Сильная обрезка таких деревьев позволяет сформировать у них новую крону на базе оставленных наиболее мощно развитых волчков. Обрезка, стимулирующая образование большого числа волчков, применяется в декоративном садоводстве при создании загущенных живых изгородей.

Спящие почки в основном характерны для цветковых растений, причем встречаются не только у деревьев и кустарников, но и у многолетних трав. Особенно они важны для кустарников, поскольку способствуют кущению. У голосеменных спящие почки образуются менее интенсивно, поэтому появление молодой поросли на пнях ели или сосны обычно не происходит.

Развитие побега начинается с распускания почек. Когда почечные чешуи опадают, начинается интенсивный рост побега. Побег удлиняется за счет деления клеток конуса нарастания. Следующее за деле-

нием растяжение клеток приводит к удлинению побега. По мере удаления от конуса нарастания способность клеток к делению ослабевает и вскоре совсем утрачивается. Происходит дифференциация клеток, в результате чего образуются новые участки стебля с листьями и почками. У некоторых растений наряду с верхушечным ростом долгое время активно растут основания междоузлий побега. Такой рост называется вставочным. У бамбука, пшеницы и других злаковых благодаря этому стебли растут очень быстро. Например, стебли бамбука за сутки могут вырасти более чем на метр.

Побег, выросший из почечки семени, называется главным. Для увеличения площади соприкосновения со средой главный побег, выросший из почечки зародыша семени, образует новые побеги, обеспечивающие ветвление стебля.

Растения являются живыми организмами, которые имеют множество физиологических и анатомических особенностей. Среди них существуют *генеративные органы*, ответственные за процесс размножения. Такие органы растений содержат половые клетки и позволяют растению производить потомство.

Некоторые генеративные органы растений являются цветками, а другие – шишками, конусами или другими формами. Внутри генеративного органа находится мужская или женская половая клетка. При опылении эти клетки соединяются и происходит начало новой жизни.

Кроме того, генеративные органы растений играют важную роль в размножении и сохранении видов. Благодаря разнообразию генеративных органов, растения могут размножаться как половым, так и бесполом способом. Это позволяет им адаптироваться к различным условиям среды обитания и выживать в трудных условиях.

Генеративные органы растений – это части растения, отвечающие за процесс размножения и создание новых особей. Они делятся на мужские и женские. Мужские органы растений называются тычиночные, а женские – пестики.

Тычиночные органы представляют собой составную часть цветка и выполняют функцию выработки мужской половой клетки – пыльцы. Пыльца выделяется из микроскопических мешочков на концах тычинок и переносится на пестик для опыления.

Пестики – женские органы растений, принимают на себя пыльцу, из нее формируется женская половая клетка – яйцеклетка. Яйцеклетка находится в овуле, который кажется микроскопическим узелком.

Процесс опыления объединяет мужские и женские органы растения в единое целое и позволяет создавать новые растения и увеличивать их популяцию. Опыление может происходить различными способами, например, за счет ветра, насекомых или даже воды.

Генеративные органы растений являются ключевыми элементами в их жизненном цикле. Именно благодаря ним растения могут размножаться, создавать новые поколения и приспосабливаться к различным условиям окружающей среды.

***Генеративные органы растений*** - это структуры, которые принимают участие в процессе размножения. Они играют важную роль в жизненном цикле растений.

Цветки являются основными генеративными органами растений. Именно они содержат репродуктивные части растений - мужские и женские органы. Цветки выполняют роль магнита для пчел и других насекомых, которые переносят пыльцу с мужских органов на женские органы, что способствует опылению цветка и процессу размножения растения.

Плоды - это генеративные органы растений, которые образуются после опыления. Плоды содержат семена, которые могут разноситься ветром, животными или водой. Семена играют важную роль в процессе размножения растений и являются источником питания для животных и птиц.

Спорангии - это генеративные органы, которые образуются у простейших растений, таких как папоротники. Они производят споры, которые могут вырасти в новое растение. Спорангии также являются генеративными органами у многих грибов.

Таким образом, генеративные органы являются важным элементом жизненного цикла растений. Они играют роль в процессе размножения и являются источником питания для многих видов животных.

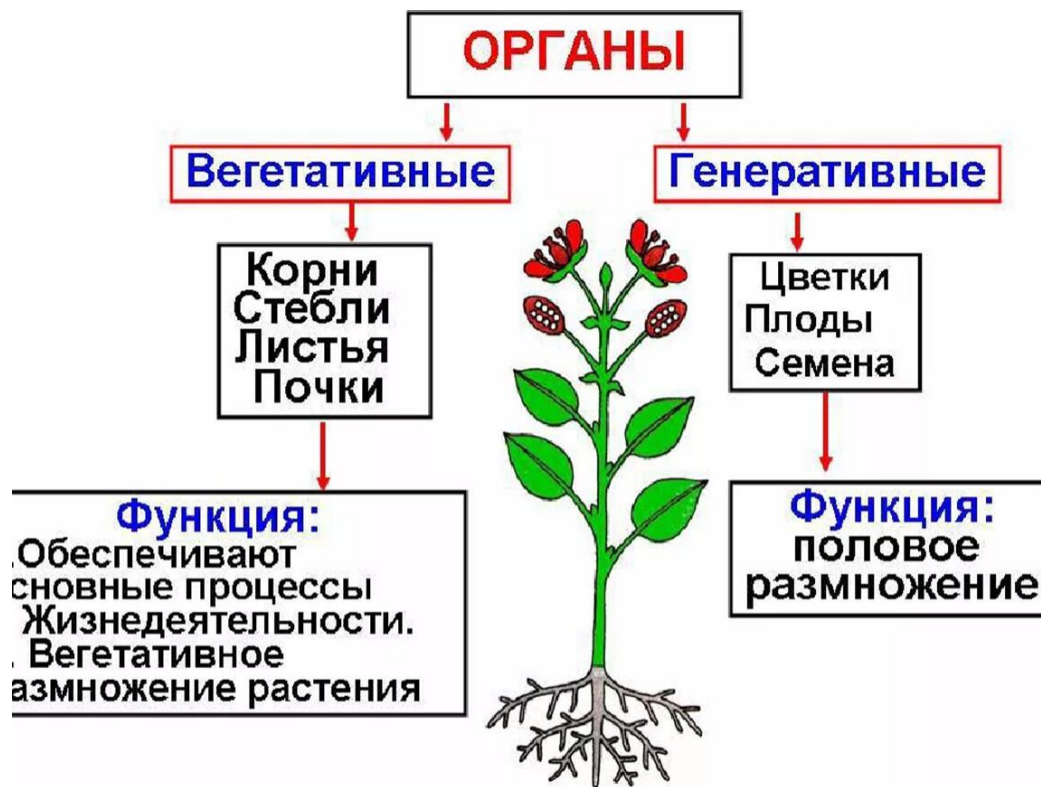


Рис. 175. Органы растений

Генеративные органы растений - это структуры, которые принимают участие в процессе размножения. Они играют важную роль в жизненном цикле растений.

Цветки являются основными генеративными органами растений. Именно они содержат репродуктивные части растений - мужские и женские органы. Цветки выполняют роль магнита для пчел и других насекомых, которые переносят пыльцу с мужских органов на женские органы, что способствует опылению цветка и процессу размножения растения.

Плоды - это генеративные органы растений, которые образуются после опыления. Плоды содержат семена, которые могут разноситься ветром, животными или водой. Семена играют важную роль в процессе размножения растений и являются источником питания для животных и птиц.

Спорангии - это генеративные органы, которые образуются у простейших растений, таких как папоротники. Они производят споры, которые могут вырасти в новое растение. Спорангии также являются генеративными органами у многих грибов.

Таким образом, генеративные органы являются важным элементом жизненного цикла растений. Они играют роль в процессе размножения и являются источником питания для многих видов животных.

Генеративные органы растений – это органы, которые отвечают за размножение растений. Они создают сперматозоиды и яйцеклетки, необходимые для процесса оплодотворения и развития новых растений.

Самыми важными генеративными органами являются цветки и шишки. Цветки представляют собой множество окрасочных лепестков, образующих корону центральной части, где находятся микроскопические мужские и женские органы. Мужские органы, или тычинки, производят сперматозоиды, которые опыляют женские репродуктивные органы.

Женские органы включают в себя пестики, которые содержат яйцеклетки. Если сперматозоиды попадают на яйцеклетку, то они ее оплодотворяют, и растение начинает развиваться.

Цветение – процесс, связанный с генеративными органами растений;

Цветы играют важную роль в процессе опыления и сохранении и распространении генетической информации растений;

Природа создала различные механизмы опыления, например, механический пыльник или пыльцевые губки на корпусе насекомоопыляемых растений.

Таблица 3

Генеративные органы растений и их функции

Генеративные органы	Функции
Цветки	Создание сперматозоидов и яйцеклеток, опыление
Шишки	Создание сперматозоидов и яйцеклеток, опыление
Тычинки	Производство сперматозоидов
Пестики	Хранение яйцеклеток и процесс опыления

В целом, генеративные органы растений – это ключевые компоненты, обеспечивающие размножение, продолжение и сохранение их видов. Понимание работы этих органов позволяет нам лучше понять мир растительности и работу природы в целом.

Цветок (множ. цветки, лат. *flos -oris*, греч. *ἄνθος -ου*) - сложный орган семенного размножения цветковых (покрытосеменных) растений.



Цветок представляет собой видоизменённый, укороченный и ограниченный в росте спороносный побег, приспособленный для образования спор и гамет, а также для проведения полового процесса, завершающегося образованием плода с семенами. Исключительная роль цветка как особой морфологической структуры связана с тем, что в нём полностью совмещены все процессы бесполого и полового размножения. От шишки голосеменных растений цветок отличается тем, что у него в результате опыления пыльца попадает на рыльце пестика, а не на семязачаток непосредственно, а при последующем половом процессе семязачатки у цветковых развиваются в семена внутри завязи.

Ученые, изучающие растения, сформировали два направления, которые по-разному определяли основные признаки цветка и что такое цветок вообще.

В первом направлении цветок характеризовался наличием тычинки, пестика и околоцветника. Поэтому на основании этого предполагалось, что цветок, может быть, только у покрытосеменных растений.

Второе направление выделяло в качестве признака принадлежности к цветку образование спор и гамет, поскольку из цветка формируется семя и плод. Согласно этому утверждению, цветок могут иметь покрытосеменные и голосеменные растения.

Цветок, будучи уникальным образованием по своей природе и функциям, поразительно разнообразен по деталям строения, окраске и размерам.

Весной и летом цветы всевозможных форм и размеров, одиночные и собранные в соцветия радуют глаз. Однако основная функция цветка - половое размножение растений.

Именно из этого модифицированного побега после опыления и оплодотворения завязи пестика формируется плод, который состоит из семян и околоплодника. В живой природе плоды весьма разнообразны: некоторые из них съедобны, и очень вкусны, как томат или яблоко. А другие, наоборот, ядовиты, как белладонна или волчьи ягоды.

Самые мелкие цветки растений семейства Рясковые имеют в диаметре всего около 1 мм, в то же время как самый крупный цветок у раффлезии Арнольда (*Rafflesia arnoldii* R.Br.) семейства Раффлезиевые, обитающей в тропических лесах на острове Суматра (Индонезия), достигает в диаметре 91 см и имеет массу около 11 кг.



Рис. 176. Ряска

Цветок по строению - довольно сложная конструкция. Цветок представляет собой видоизменённый неразветвлённый побег с ограниченным ростом, приспособленный для полового размножения с последующим образованием семян и плода.



Рис. 177. Цветок раффлезии Арнольда

Органы цветка являются видоизмененными листьями: покровные листья формируют чашелистики и лепестки, а спорообразующие листья дают начало тычинкам и пестикам. Особенности строения цветка связаны со способами опыления.

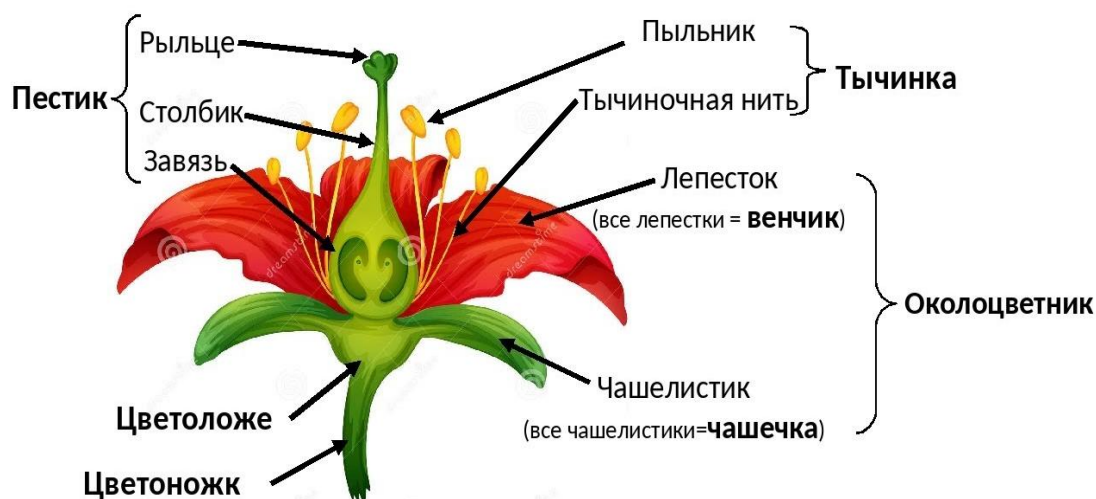


Рис. 178. Строение цветка

Цветок состоит из стеблевой части (цветоножка и цветоложе), листовой части (чашелистики, лепестки) и генеративной части (тычинки, пестик или пестики). Цветок занимает апикальное положение, но при этом он может располагаться как на верхушке главного побега, так и бокового. Он прикрепляется к стеблю посредством цветоножки. Если цветоножка сильно укорочена или отсутствует, цветок называется сидячим (подорожник, вербена, клевер). На цветоножке располагаются также два (у двудольных) и один (у однодольных) маленьких предлиста - прицветника, которые часто могут отсутствовать.

Боковой или основной побег могут заканчиваться цветком. Цветок, который оканчивается боковым побегом - это покровный цветок.



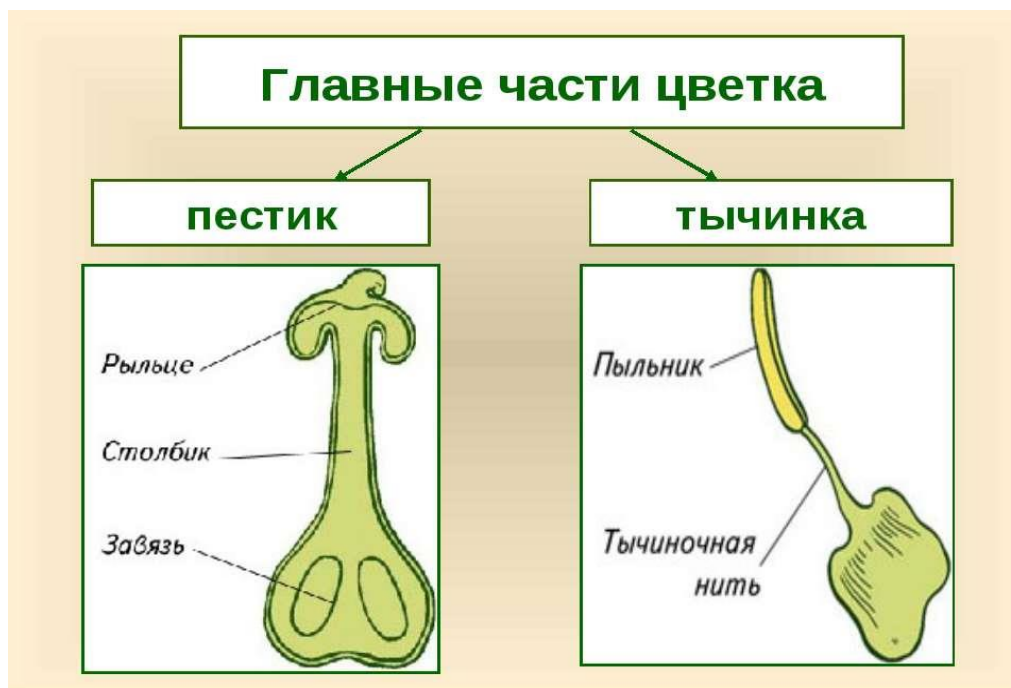


Рис. 179. Главные части цветка

Ось цветка - *цветоложе*: главная часть цветка, на которой крепятся чашечка, венчик, тычинки и пестик.

У каждого отдельного растения индивидуальное цветоложе. К примеру, пионы имеют плоское цветоложе, лютик - выпуклое, а вишня и роза - вогнутое.

Некоторые растения имеют на цветках *цветоножки*, которые являются частью стебля, несущего цветок. Цветок без цветоножки называется сидячим. На цветоножке могут находиться прицветники: у одних их вообще нет, у других - несколько. С помощью прицветников растения классифицируются на семейства, роды и виды.

Покров цветка - *околоцветник* - может быть расчленён на чашечку и венчик.

*Чашечка* образует наружный круг околоцветника, её листочки обычно сравнительно небольших размеров, зелёного цвета. Различают раздельно- и сростнolistную чашечку. Обычно она выполняет функцию защиты внутренних частей цветка до раскрытия бутона. В некоторых случаях чашечка опадает при распускании цветка, чаще всего она сохраняется и во время цветения.

Части цветка расположенные вокруг тычинок и пестика называют околоцветником.

Внутренние листочки - это лепестки, составляющие венчик. Наружные листочки - чашелистики - образуют чашечку. Околоцветник, состоящий, из чашечки и венчика называю двойным. Околоцветник, который не подразделяется на венчик и чашечку, а все листочки цветка более или менее одинаковы - простой.

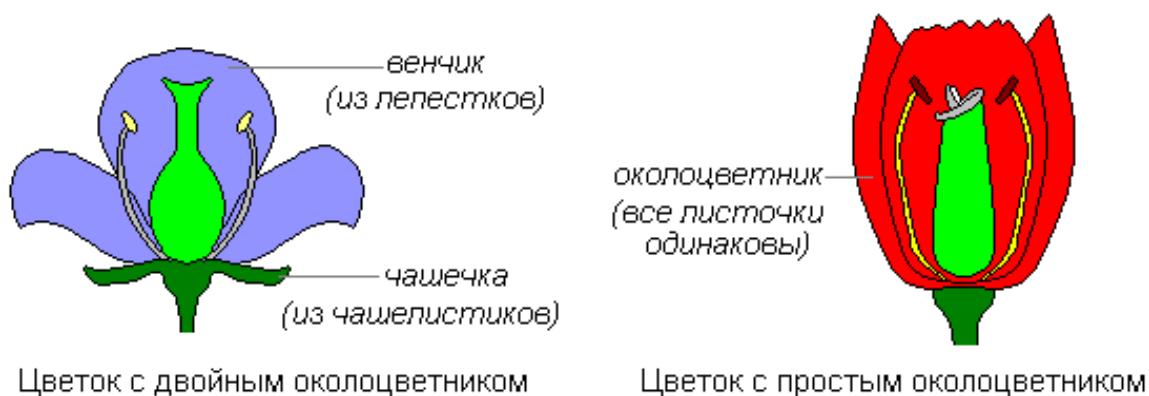


Рис. 180. Околоцветник

*Венчик* - внутренняя часть околоцветника, отличается от чашечки яркой окраской и более крупными размерами. Цвет лепестков обусловлен наличием хромопластов. Различают раздельно- и сростнолепестной венчики. Первый состоит из отдельных лепестков. В сростнолепестных венчиках различают трубку и перпендикулярно расположенный по отношению к ней отгиб, имеющий определённое количество зубцов или лопастей венчика.



Рис. 181. Раздельно- и сростнолепестной венчики



Цветки бывают симметричные и несимметричные. Существуют цветки, не имеющие околоцветника, их называют голыми.



Рис. 182. Симметрия цветка

*Симметричные (актиноморфные)* - если через венчик можно провести много осей симметрии.

*Несимметричные (зигоморфные)* - если можно провести только одну ось симметрии.

Махровые цветки имеют аномально увеличенное число лепестков. В большинстве случаев они возникают в результате расщепления лепестков.

Все эти разновидности представлены огромным количеством растений самых разных родов и семейств. Тип цветка, кстати, является важным критерием для правильной систематики.

### ***Симметричные венчики***

Первый тип цветов в биологии называется актиноморфным. Все части венчиков у таких растений абсолютно симметричны. Характеризуется актиноморфный цветок прежде всего тем, что через его ось можно провести не менее двух плоскостей. Смотрятся такие растения, конечно же, очень привлекательно. Однако при этом считается, что для опыления насекомыми они приспособлены не слишком хорошо.

### ***Разнообразие форм симметричных венчиков***

Правильный цветок актиноморфный, помимо всего прочего, может иметь разное количество лепестков. Иногда они располагаются в один ряд, иногда - в несколько. Собственно сами актиноморфные венчики различаются по таким признакам, как:

- длина трубки;
- форма отгиба;
- величина отгиба.

Актиноморфный цветок может быть:

1. *Колесовидным*. Трубка у таких венчиков маленькая или практически отсутствует. Отгиб же при этом развернут практически в одной плоскости.

2. *Воронковидным*. У таких цветков трубка очень крупная. Отгиб же венчика при этом небольшой.

3. *Трубчатым*. Венчики этой группы характеризуются цилиндрической трубкой и прямостоячим коротким отгибом.

4. *Колокольчатым*. Такой актиноморфный цветок имеет чашеобразную сферическую трубку, постепенно переходящую в малозаметный отгиб.

5. *Колпачковым*. У таких цветков лепестки срастаются верхушками.

### ***Несимметричные цветы***

Растения с венчиками этой разновидности в природе встречаются довольно часто. Биологи называют такие цветы зигоморфными. Через центр несимметричного венчика можно провести только одну плоскость.

### ***Типы зигоморфных цветов***

Венчики этой группы имеют особую форму, которая нередко является морфологическим признаком вида (а иногда даже и семейства). Лепестки у них чаще всего сращенные. В природе встречаются зигоморфные цветы:

1. *Двугубые*. У таких венчиков отгиб состоит из верхней и нижней губы.

2. *Язычковые*. От трубки венчиков отходят сросшиеся лепестки.

3. *Шпористые*. Лепестки таких цветов образуют полный вырост, который называют шпорцем.

### ***Асимметричные цветы***

Что такое актиноморфный и зигоморфный цветок, мы выяснили. Асимметричные же венчики характеризуются, прежде всего, тем, что через их центр нельзя провести ни одной плоскости симметрии. Встречаются подобные растения в дикой природе не так часто. Подавляющее большинство декоративных культур имеет все же симметричные или несимметричные венчики.

То, что симметричные венчики плохо опыляются насекомыми, по мнению биологов, служит признаком их низкой организации. Но как бы там ни было, в природе чаще всего встречаются именно растения с актиноморфными цветами. К этой группе принадлежат всем хорошо известные луговые, полевые и лесные цветы, включая:

- незабудки (колесовидные);
- дурман, табак (воронковидные);
- цветы семейства Астровых (трубчатые);
- ландыши (колокольчатые);
- дикий виноград (колпачковый).

В садах подавляющее большинство декоративных травянистых и кустарниковых культур также имеет симметричные венчики. Актиноморфный цветок имеют, например, пионы, нарциссы, подсолнухи, лилии, мальвы.

Из кустарниковых культур к этой же группе относится шиповник, сирень, спирея. Актиноморфными являются и цветы садового винограда.

### ***Примеры растений с зигоморфными венчиками***

Мы выяснили, у каких растений цветки правильные, актиноморфные. Группа эта в природе является самой распространенной. Зигоморфные же растения на полях и в лесах встречаются несколько реже. Примерами таких культур могут служить:

- двугубые норичниковые;
- язычковый одуванчик;
- шпористые льнянка и водосбор.

Декоративные качества у цветов этой группы обычно не слишком высокие. Поэтому для украшения улиц и дворов, а также для составления букетов они выращиваются достаточно редко. Но иногда такие цветы в садах и на клумбах увидеть, конечно же, можно. К при-

меру, неплохим украшением участка может стать вязель (садовый мышиный горошек). Эту культуру часто используют в ландшафтном дизайне в качестве почвопокровной.

### ***Примеры асимметричных цветов***

Растения этой группы, как уже упоминалось, и в природе, и в садах встречаются редко. Их венчики выглядят довольно привлекательными и необычными, а потому могут использоваться в ландшафтном дизайне. Очень яркими представителями группы растений с асимметричными цветами являются, к примеру, хорошо известные всем канны. Также в ландшафтном дизайне часто используется конский каштан.

Конечно же, растения этой группы могут встречаться и в дикой природе. Асимметричные цветы, к примеру, имеет лекарственное растение валериана.

**Тычинка** - (лат. Stamen, устар. пылцелистик) - часть цветка цветковых растений, мужской репродуктивный орган, в котором образуется пыльца.

Тычинка состоит из тычиночной нити (стерильной части) и пыльника, в котором образуются пыльцевые зёрна. Тычиночная нить является гомологом микроспорофилла разноспоровых плауновидных и голосеменных.

Таким образом, тычинка представляет собой своеобразную специализированную структуру, которая образует микроспоры и пыльцу. Состоит из тычиночной нити, посредством которой она прикреплена к цветоложу, и пыльника, содержащего пыльцу.

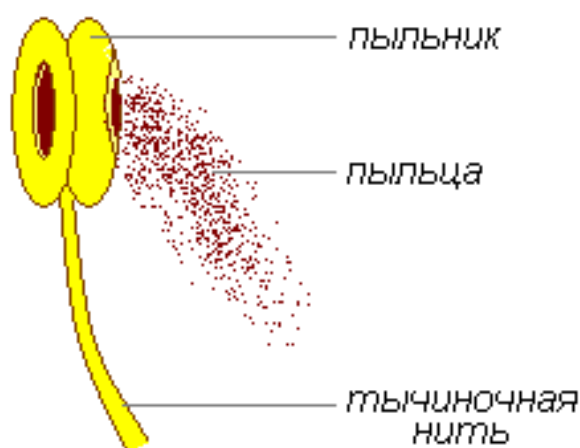


Рис. 183. Строение тычинки

Число тычинок в цветке является систематическим признаком. Различают тычинки по способу прикрепления к цветоложу, по форме, размеру, строению тычиночных нитей, связника и пыльника. Совокупность тычинок в цветке называют андроцеом.

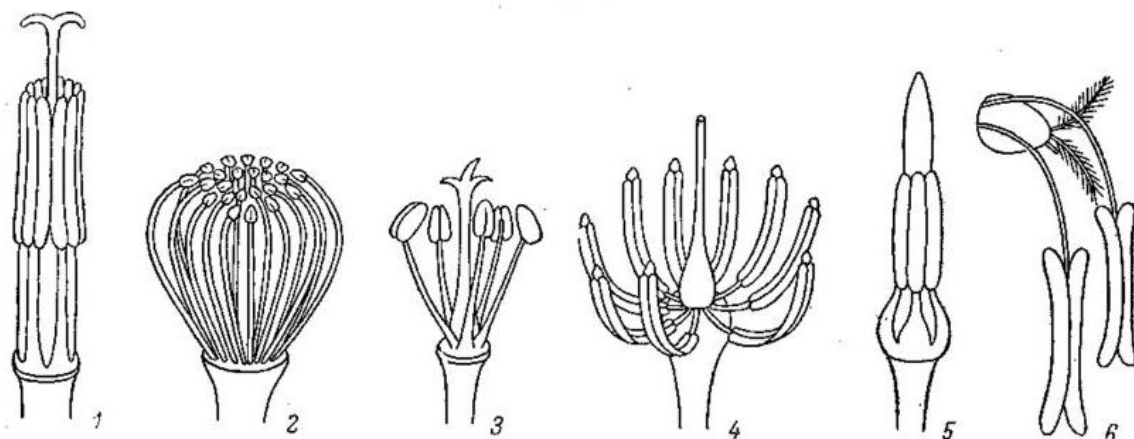


Рис. 184. Типы андроцея (по положению тычинок в пространстве)  
1 – прямые; 2 – изогнутые внутрь; 3 – отогнутые; 4 – расходящиеся;  
5 – сближенные; 6 – свисающие

Количество тычинок, которые образуют андроцей, варьирует от одной (орхидные) до нескольких сотен (мимозовые из семейства бобовых). На цветоложе тычинки могут располагаться по спирали (у многих лютиковых) или кругами (лилейные, розовые). Для большинства цветковых характерно наличие 3, 4, 5, 6 или 10 тычинок, которые обычно располагаются в 1 – 2 круга.

Эволюция шла в основном от андроцея полимерного (состоит из большого, неопределенного числа тычинок) к олигомерному (состоит из небольшого, определенного числа тычинок). Однако у некоторых покрытосеменных растений (мальвовые, мимозовые) неопределенное количество тычинок возникает вторично в результате расщепления немногих (обычно 5 – 10) зачаточных тычиночных бугорков.

Как правило, число тычинок для вида постоянно. Но иногда, как, например, у монотипного рода адокса (*Adoxa*), т. е. включающего только один вид, их может быть 4, 5 или 6.

**Тычиночная нить** - стерильная часть тычинки, несущая на своей верхушке пыльник. Это суженная нитевидная, реже лентовидная часть. Основная ткань тычиночной нити – паренхима, в центре нахо-



дится один проводящий пучок. Длина тычиночных нитей у разных растений варьирует. Чаще тычиночные нити по длине равны околоцветнику, но иногда значительно короче или во много раз его превышают. Иногда тычиночные нити почти отсутствуют, тогда тычинки (имеют только пыльники) называют *сидячими* (фиалка). Они могут быть голыми или в разной степени опушенными (коровяк, многие гвоздичные).

Тычиночная нить бывает прямой, изогнутой, скрученной, извилистой, изломанной. По форме - волосовидной, конусовидной, цилиндрической, уплощённой, булавовидной. По характеру поверхности - голой, опушённой, волосистой, с железками. У некоторых растений она короткая или вовсе не развивается.

**Пыльник** расположен на вершине тычиночной нити и прикреплен к ней связником.

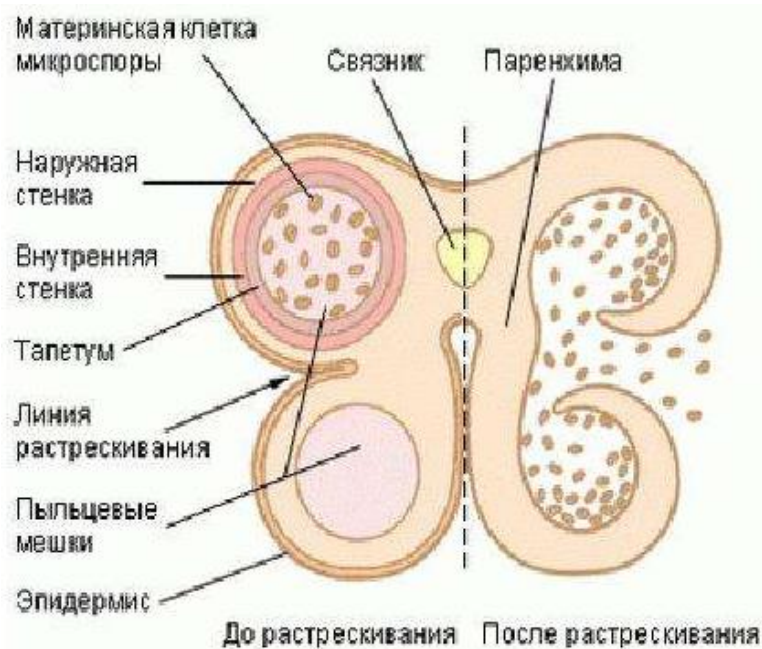


Рис. 185. Строение пыльника

Состоит он из двух половин, соединённых между собой связником. В каждой половине пыльника имеется две полости (пыльцевые мешки, камеры или гнёзда), в которых развивается пыльца.

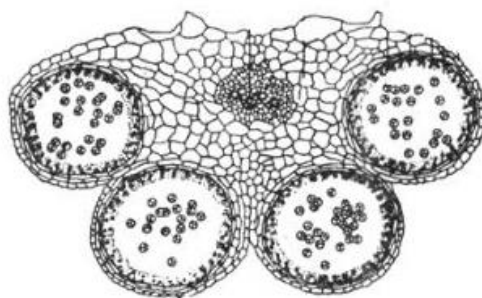
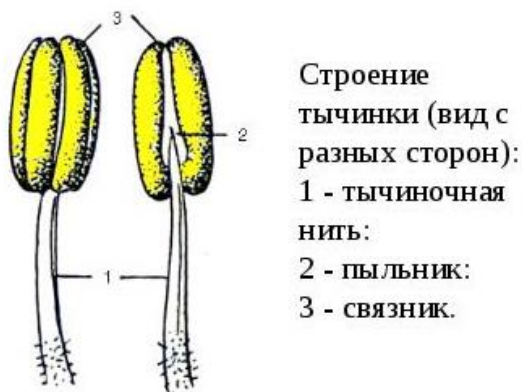


Рис. 186. Поперечный срез пыльника капусты огородной

Как правило, пыльник четырёхгнёздный, но иногда перегородка между гнёздами в каждой половинке разрушается, и пыльник становится двухгнёздным. У некоторых растений пыльник бывает даже одnogнёздным. Очень редко встречается трёхгнёздным. По типу прикрепления к тычиночной нити различают неподвижный, подвижный и качающийся пыльники.

В пыльниках находится пыльца или пыльцевые зёрна.

### ***Строение пыльцевого зерна***

Пылинки, образуемые в пыльниках тычинок, представляют собой мелкие зёрнышки, их так и называют пыльцевые зёрна. Самые крупные достигают 0,5 мм в диаметре, обычно же они гораздо меньше. Под микроскопом видно, что пылинки разных растений совсем не одинаковы. Они отличаются по размерам, и по форме.

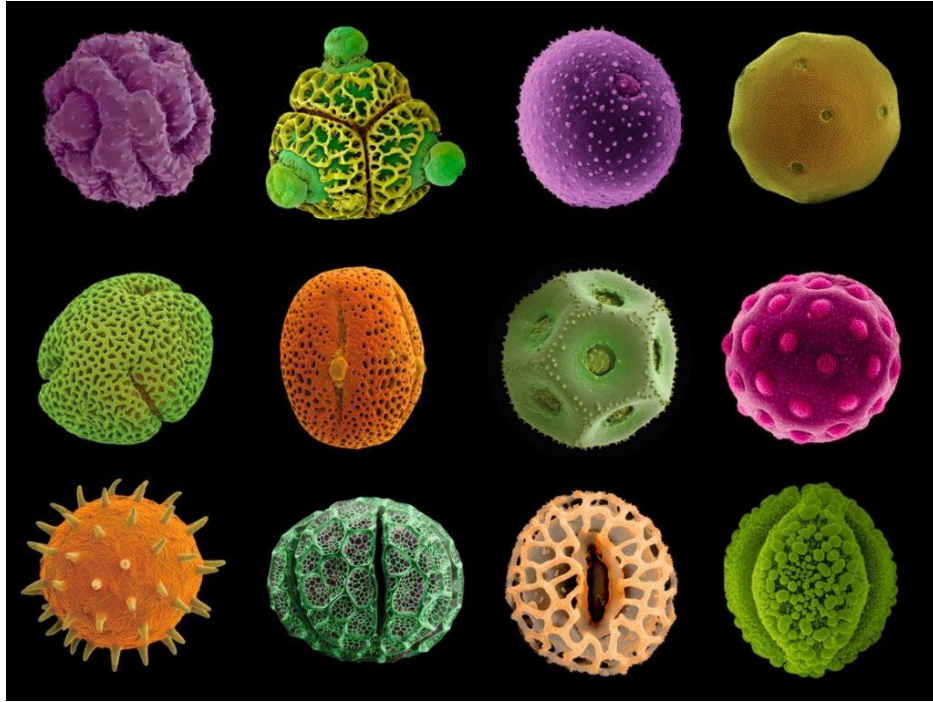


Рис. 187. Пыльца растений под микроскопом

Поверхность пылинки покрыта различными выступами, бугорками. Попадая на рыльце пестика, пыльцевые зёрна удерживаются при помощи выростов и выделяющейся на рыльце липкой жидкости.

Гнёзда молодого пыльника содержат особые диплоидные клетки. В результате мейотического деления из каждой клетки образуются четыре гаплоидные споры, которые называются микроспорами за очень маленькие размеры. Здесь же, в полости пыльцевого мешка, микроспоры превращаются в пыльцевые зёрна.

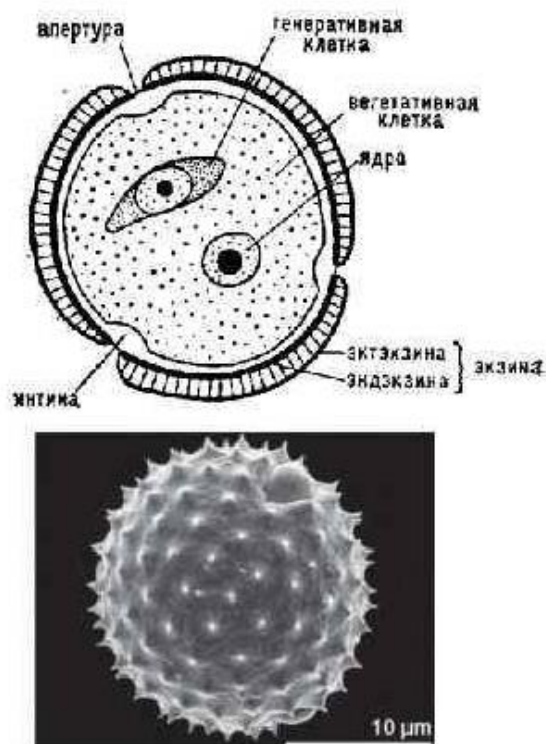


Рис. 188. Строение пыльцевого зерна

Происходит это следующим образом: ядро микроспоры делится митотически на два ядра - вегетативное и генеративное. Вокруг ядер концентрируются участки цитоплазмы и формируются две клетки - вегетативная и генеративная. На поверхности цитоплазматической мембраны микроспоры из содержимого пыльцевого мешка образуется очень прочная оболочка, нерастворимая в кислотах и щелочах. Таким образом, каждое пыльцевое зерно состоит из вегетативной и генеративной клеток и покрыто двумя оболочками. Множество пыльцевых зёрен составляет пыльцу растения. Пыльца созревает в пыльниках к моменту распускания цветка.

### ***Прорастание пыльцы***

Начало прорастание пыльцы связано с митотическим делением, вследствие чего образуются маленькая репродуктивная клетка (из неё развиваются спермии) и большая вегетативная клетка (из неё развивается пыльцевая трубка).

После того как пыльца тем или иным способом попадает на рыльце, начинается её прорастание. Липкая и неровная поверхность рыльца способствует удерживанию пыльцы. Кроме того, рыльце выделяет специальное вещество (энзим), которое действует на пыльцу, стимулируя её прорастание.

Пыльца набухает, а сдерживающее влияние экзины (наружный слой оболочки пыльцевого зерна) заставляет содержимое пыльцевой клетки разрывать одну из пор, через которую интина (внутренняя, лишенная пор оболочка пыльцевого зерна) выпячивается наружу в виде узкой пыльцевой трубки. В пыльцевую трубку переходит содержимое пыльцевой клетки.

Под эпидермисом рыльца находится рыхлая ткань, в которую проникает пыльцевая трубка. Она продолжает расти, проходя либо по специальному проводящему каналу между ослизняющимися клетками, либо извилисто по межклеточникам проводниковой ткани столбика. При этом обыкновенно в столбике одновременно продвигается значительное число пыльцевых трубок, и от индивидуальной скорости роста зависит «успех» той или другой трубки.

В пыльцевую трубку переходят два спермия и одно вегетативное ядро. Если образование спермиев в пыльце ещё не произошло, то в пыльцевую трубку переходит генеративная клетка, и здесь уже путём её деления образуются спермии-клетки. Вегетативное ядро часто располагается впереди, у растущего конца трубки, а за ним последовательно расположены спермии. В пыльцевой трубке цитоплазма находится в постоянном движении.

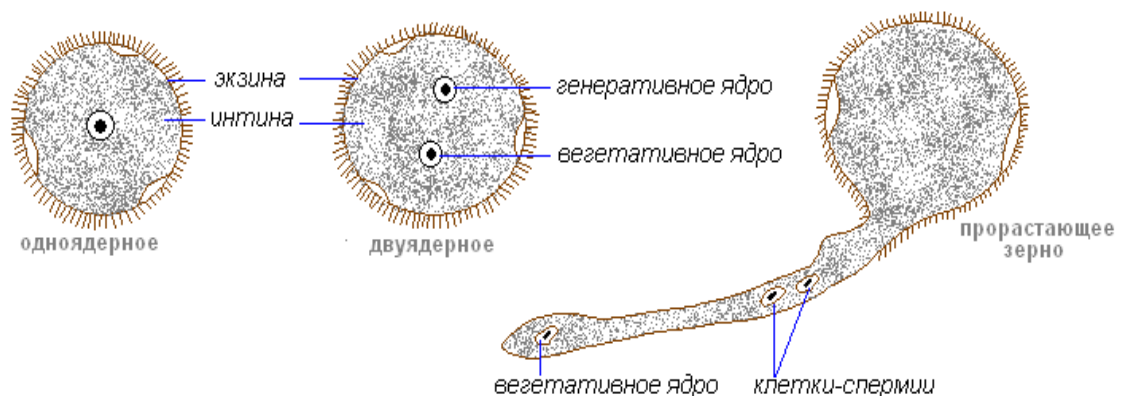


Рис. 189. Пыльцевое зерно и его прорастание у сирени

Пыльца богата питательными веществами. Эти вещества, особенно углеводы, (сахар, крахмал, пентозаны) усиленно расходуются во время прорастания пыльцы.



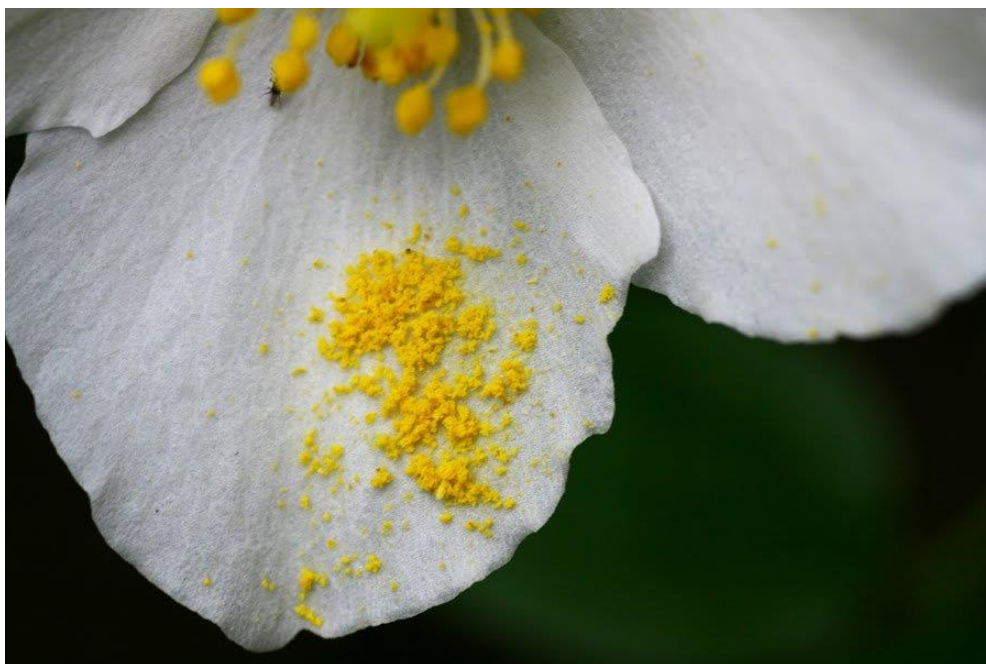


Рис. 190. Пыльца цветкового растения

Кроме углеводов в химический состав пыльцы входят белки, жиры, зола и обширная группа ферментов. В пыльце находится высокое содержание фосфора. Вещества находятся в пыльце в подвижном состоянии. Пыльца легко переносит низкие температуры до  $-20^{\circ}\text{C}$  и даже ниже, в течение продолжительного времени. Высокие температуры быстро понижают всхожесть.

**Пестик** - часть цветка, образующая плод. Возникает из плодолистика (листовидная структура, несущая семязачатки) впоследствии срастания краёв последнего.

Бывает простым, если составлен одним плодолистиком, и сложным, если составлен несколькими простыми пестиками, сросшимися между собой боковыми стенками. У некоторых растений пестики недоразвиты и представлены лишь рудиментами. Пестик расчленён на завязь, столбик и рыльце.

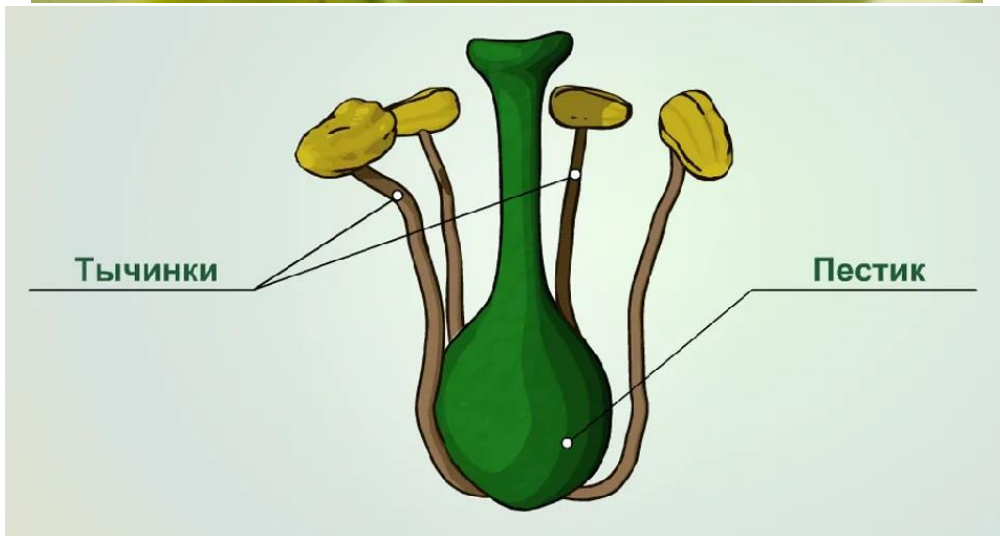


Рис. 191. Пестик цветка

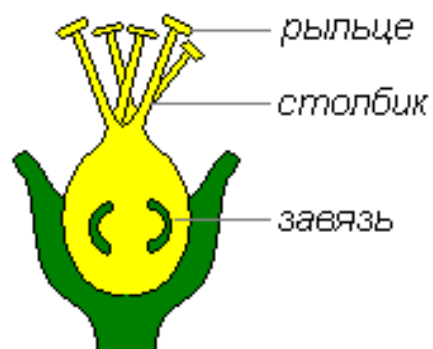


Рис. 192. Строение пестика

Нижняя округлая и утолщенная часть пестика называется **завязью**. В ней расположена полость, разделенная перегородками (сплошными или отдельными) на гнезда. Внутри завязи заключены семязачатки (семяпочки), из которых потом развиваются семена, а из стенок

завязи образуется околоплодник. Одна завязь может иметь один или множество семязачатков, и называется такая завязь, соответственно, односемянная или многосемянная.

**Столбик** расположен между завязью и рыльцем, то есть это центральная стерильная часть пестика. Через столбик проходит канал, внутренняя полость которого покрыта рыхлой, нежной проводящей тканью, облегчающей продвижение пыльцы через столбик к семязачаткам завязи и снабжающей их питанием, что необходимо для развития плода. В некоторых растениях столбик отсутствует, и рыльце расположено непосредственно на завязи.

**Рыльце** – верхняя, несколько расширенная часть пестика, расположенная на конце удлинённого столбика. Эта часть предназначена для улавливания, удерживания пыльцы и обеспечения ее прорастания. На поверхности рыльца имеется покрытие, образованное железистой проводниковой тканью, которая создает благоприятные условия для прорастания пыльцы и формирования пыльцевой трубки. Оно может быть простым или лопастным, расчленённым, верхушечным, боковым, поперечным.

Цветок может иметь один (бобовые, вишня) или несколько, а иногда множество (пион, лютик, земляника) пестиков. Совокупность пестиков в цветке носит название гинецея.

По количеству пестиков гинецей делят:

1) на *простой* – состоит из одного пестика (бобовые, капустные, астровые, мятликовые, махорка, мак);

2) *сложный* – состоит из двух или нескольких пестиков (сусак, земляника, лютик, шиповник).

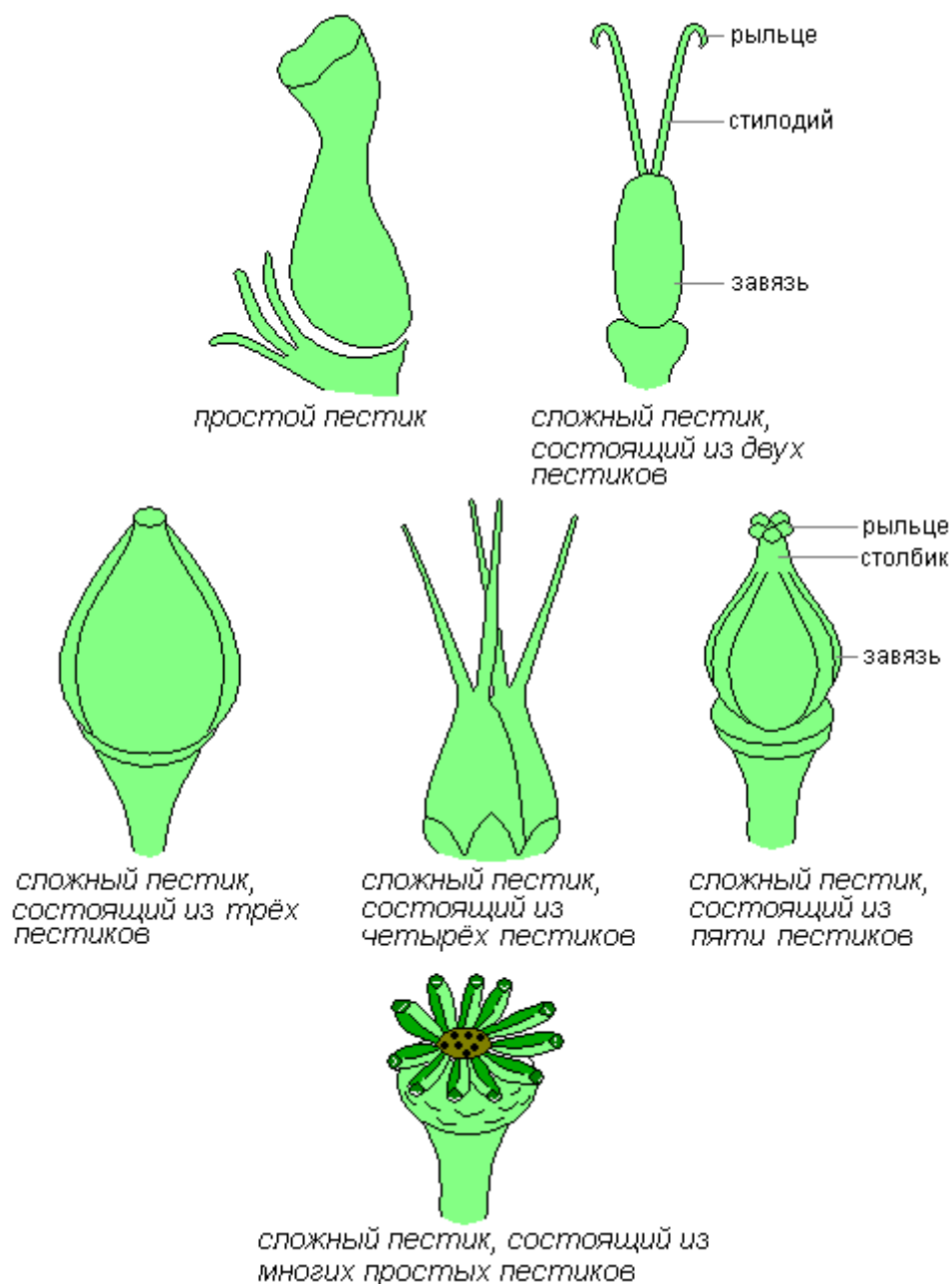
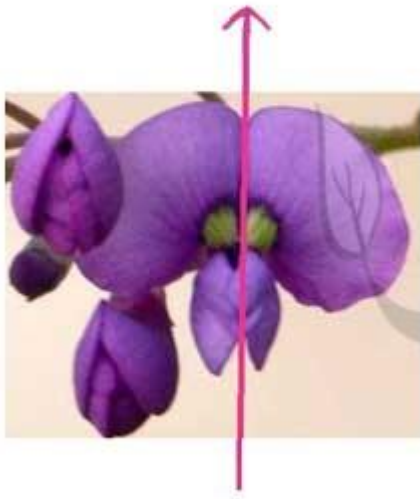


Рис. 193. Типы пестика

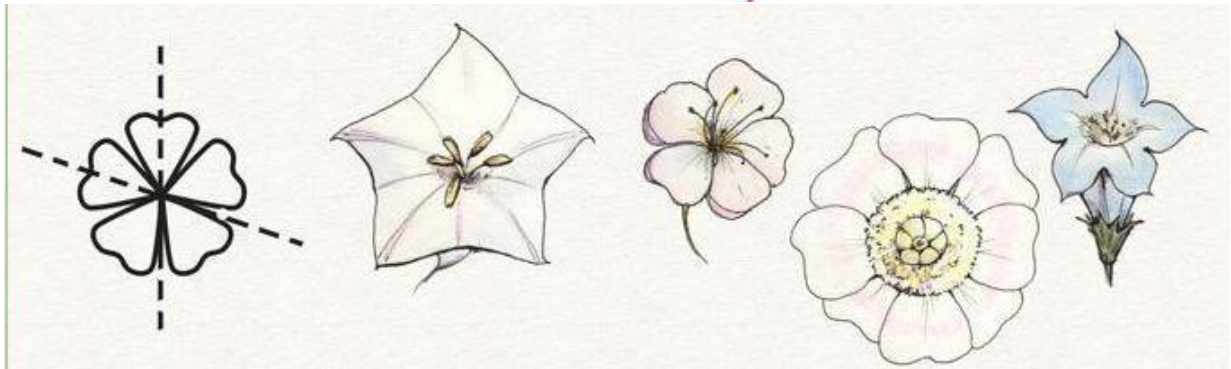
### *Цветки правильные и неправильные*

Листочки околоцветника (простого и двойного) могут располагаться так, что через него можно провести несколько плоскостей симметрии. Такие цветки называют правильными. Цветки, через которые можно провести одну плоскость симметрии, называют неправильными.

Неправильный  
цветок



Правильный  
цветок



Правильные цветки



Неправильные цветки

Рис. 194. Правильные и неправильные цветки

*Цветки обоеполые и раздельнополые*

Большинство растений имеют цветки, в которых есть как тычинки, так и пестики. Это обоеполые цветки. Но у некоторых растений одни цветки имеют только пестики - пестичные цветки, а другие -



только тычинки - тычиночные цветки. Такие цветки называют раздельнополыми.

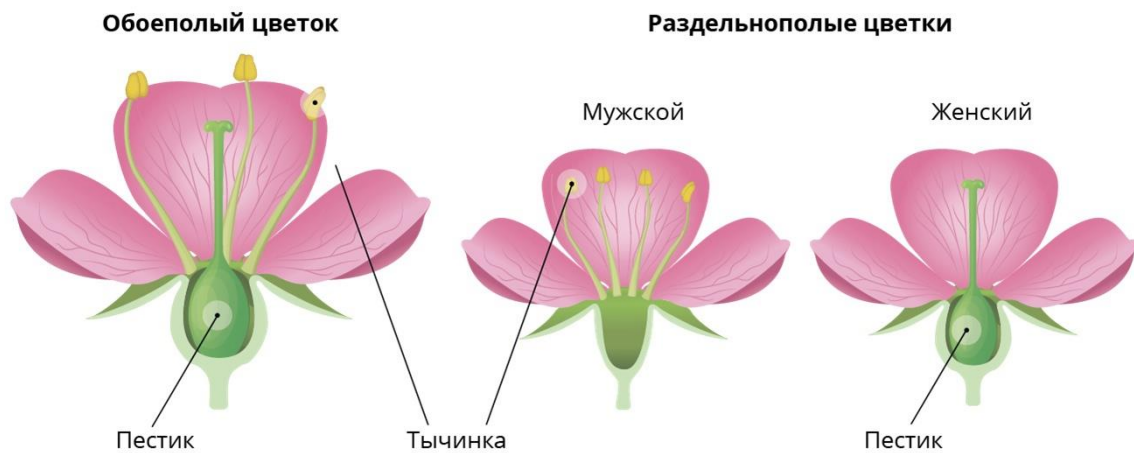


Рис. 195. Цветки обоеполюые и раздельнополюые

*Растения однодомные и двудомные*

Растения, на которых развиваются как пестичные, так и тычиночные цветки называются однодомными. Двудомные растения - тычиночные цветки на одном растении, а пестичные - на другом.

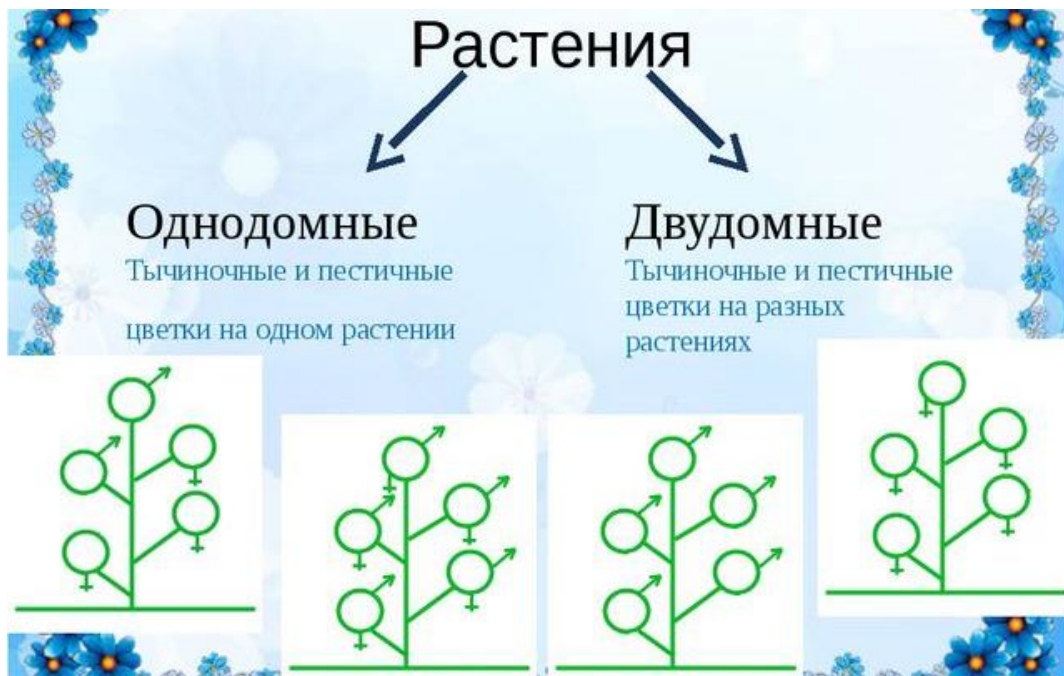


Рис. 196. Однодомные и двудомные растения

Существуют виды, у которых на одном растении можно обнаружить обоеполые и однополые цветки. Это так называемые многобрачные (полигамные) растения.

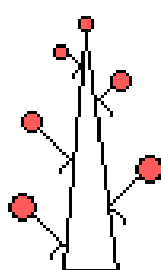
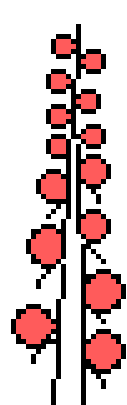
### **Соцветия**

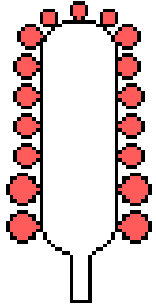
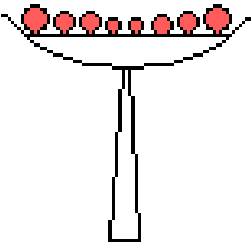
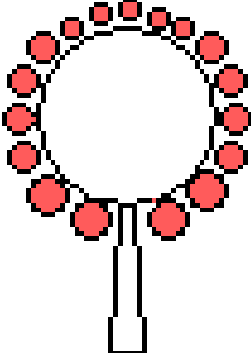
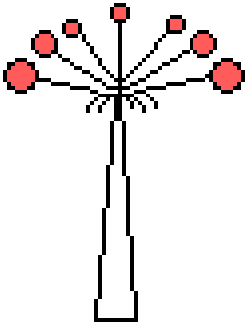
Цветки образуются на побегах. Очень редко они расположены по одиночке. Гораздо чаще цветки собраны в заметные группы, которые называются соцветиями. Начало изучению соцветий положено было Линнеем. Но для него соцветие не являлось типом ветвления, а способом цветения.

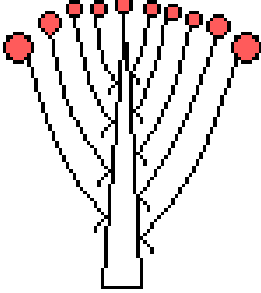
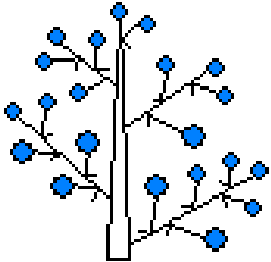
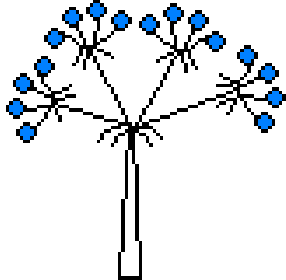
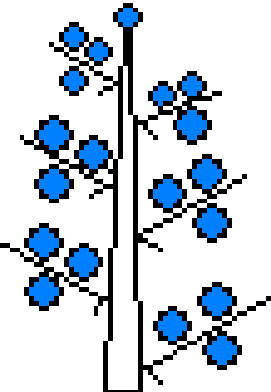
В соцветиях различают главную и боковую оси (сидячие или на цветоножках), то такие соцветия называют простыми. Если цветки на боковых осях - то это сложные соцветия.

Таблица 4

Типы соцветия и их характеристика

Тип соцветия	Схема соцветия	Особенности	Пример
<b><i>Простые соцветия</i></b>			
Кисть		Отдельные боковые цветки сидят на удлинённой главной оси и при этом имеют свои цветоножки, приблизительно равной длины	Черёмуха, ландыш, капуста
Колос		Главная ось более или менее удлинённая, но цветки без ножек, т.е. сидячие.	Подорожник, ятрышник

Тип соцветия	Схема соцветия	Особенности	Пример
Початок		Отличается от колоса мясистой утолщённой осью.	Кукуруза, белокрыльник
Корзинка		Цветки всегда сидячие и сидят на сильно утолщённом и расширенном конце укороченной оси, имеющем вогнутый, плоский или выпуклый вид. При этом соцветие снаружи имеет так называемую обёртку, состоящую из одного или много последовательных рядов прицветных листьев, свободных или сросшихся.	Ромашка, одуванчик, астра, подсолнечник, василёк
Головка		Главная ось сильно укорочена, боковые цветки сидячие или почти сидячие, тесно расположенные друг к другу.	Клевер, скабиоза
Зонтик		Главная ось является укороченной; боковые цветки выходят как бы из одного места, сидят на ножках разной длины, располагаясь в одной плоскости или куполообразно.	Примула, лук, вишня

Тип соцветия	Схема соцветия	Особенности	Пример
Щиток		Отличается от кисти тем, что нижние цветки имеют длинные цветоножки, так что в результате цветки располагаются почти в одной плоскости.	Груша, спирея
<i>Сложные соцветия</i>			
Сложная кисть или метелка		От главной оси отходят боковые ветвящиеся оси, на которых расположены цветки или простые соцветия.	Сирень, овёс
Сложный зонтик		От укороченной главной оси отходят простые соцветия.	Морковь, петрушка
Сложный колос		Отдельные колоски расположены на главной оси.	Рожь, пшеница, ячмень, пырей

Биологическое значение соцветий в том, что мелкие, часто невзрачные цветки, собранные вместе, становятся заметными, дают

наибольшее количество пыльцы и лучше привлекают насекомых, которые переносят пыльцу с цветка на цветок.

Для того чтобы произошло оплодотворение, необходимо, чтобы пыльца попала на рыльце пестика.

Процесс переноса пыльцы с тычинок на рыльце пестика называют *опылением*. Различают два основных типа опыления: самоопыление и перекрёстное опыление.



Рис. 197. Типы опыления

*При самоопылении* пыльца с тычинки попадает на рыльце пестика того же самого цветка. Так опыляются пшеница, рис, овёс, ячмень, горох, фасоль, хлопчатник. Самоопыление у растений чаще всего происходит в ещё не раскрывшемся цветке, то есть в бутоне, когда цветок раскроется, оно уже закончено.

При самоопылении сливаются половые клетки, образовавшиеся на одном растении и, следовательно имеющие одинаковые наследственные признаки. Вот почему потомство, образовавшееся в результате процесса самоопыления, очень похоже на родительское растение.



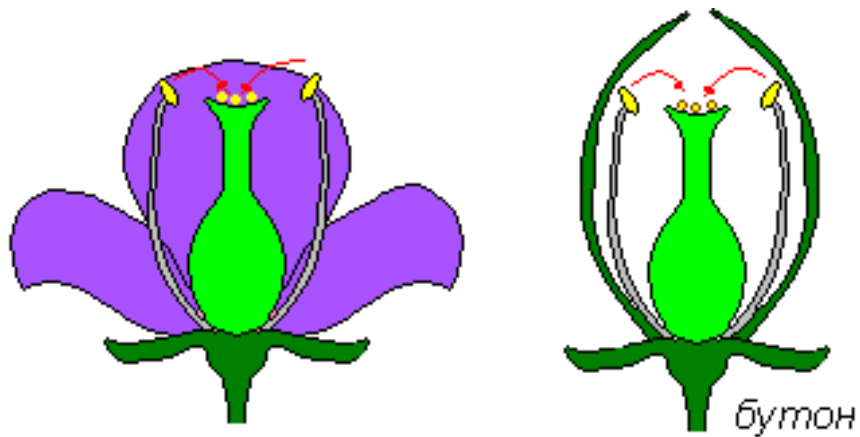


Рис. 198. Схема самоопыления

*При перекрёстном опылении* происходит рекомбинация наследственных признаков отцовского и материнского организмов, и образовавшееся потомство может приобрести новые свойства, которых не было у родителей. Такое потомство более жизнеспособно. В природе перекрёстное опыление встречается значительно чаще, чем самоопыление.

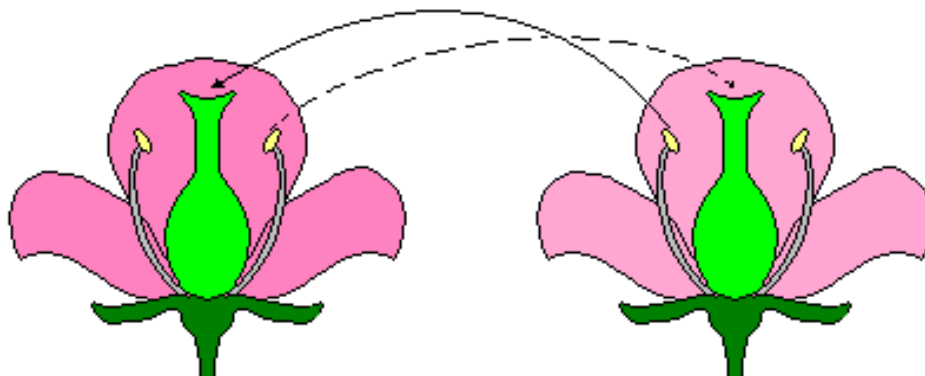


Рис. 199. Схема перекрестного опыления

Перекрёстное опыление осуществляется с помощью разных внешних факторов.

*Анемофилия* (ветроопыление). У анемофильных растений цветки мелкие, часто собраны в соцветия, пыльцы образуется очень много, она сухая, мелкая, при раскрытии пыльника с силой выбрасывается наружу. Лёгкая пыльца этих растений может переноситься ветром на расстояния до нескольких сотен километров.



Рис. 200. Опыление ветром лесообразующих пород

Пыльники расположены на длинных тонких нитях. Рыльца пестика широкие или длинные, перистые и высовываются из цветков. Анемофилия свойственна почти всем злакам, осокам.

*Энтомофилия* (перенесение пыльцы насекомыми). Приспособлением растений к энтомофилии являются запах, цвет и размер цветков, липкая пыльца с выростами. Большинство цветков двуполые, но созревание пыльцы и пестиков происходит не одновременно либо высота рылец больше или меньше высоты пыльников, что служит защитой от самоопыления.



Ночная бабочка на цветке дурмана



Шмель на цветке аконита



Шмель на цветке клевера лугового



Пчела в одуванчике

Рис. 201. Перенесение пыльцы насекомыми

В цветках насекомоопыляемых растений имеются участки, выделяющие сладкий ароматный раствор. Эти участки называются нектарниками. Нектарники могут находиться в разных местах цветка и иметь разные формы. Насекомые, подлетев к цветку, тянутся к нектарникам и пыльникам и во время трапезы пачкаются пылью. Когда насекомое перебирается на другой цветок, переносимые им пыльцевые зёрна прилипают к рыльцам.

При опылении насекомыми меньше пыльцы тратится впустую, и поэтому растение экономит вещества, производя меньше пыльцы. Пыльцевым зёрнам нет необходимости долго удерживаться в воздухе, и поэтому они могут быть тяжёлыми.

Насекомые могут опылять редко расположенные цветки и цветки в безветренных местах - в лесной чаще или гуще травы.

Как правило, каждый вид растений опыляется насекомыми нескольких видов и каждый вид насекомых-опылителей обслуживает несколько видов растений. Но есть такие виды растений, цветки которых опыляются насекомыми лишь одного вида. В таких случаях взаимное

соответствие образов жизни и строения цветков и насекомых бывает настолько полным, что кажется чудесным.

*Орнитофилия* (опыление птицами). Характерно для некоторых тропических растений с яркоокрашенными цветками, обильным выделением нектара, прочной эластичной структурой.



Рис. 202. Орнитофилия (опыление птицами)

*Гидрофилия* (опыление с помощью воды). Наблюдается у водных растений. Пыльца и рыльце этих растений чаще всего имеют нитеобразную форму.





Валлиснерия

Тычиночные цветки собраны в пучках. После созревания они отрываются и всплывают. Опыление происходит в результате контакта тычинок с рыльцами пестиков.

Пестичные цветки выносятся на поверхность воды. После опыления цветонос закручивается и втягивает цветок под воду, где происходит созревание плода.

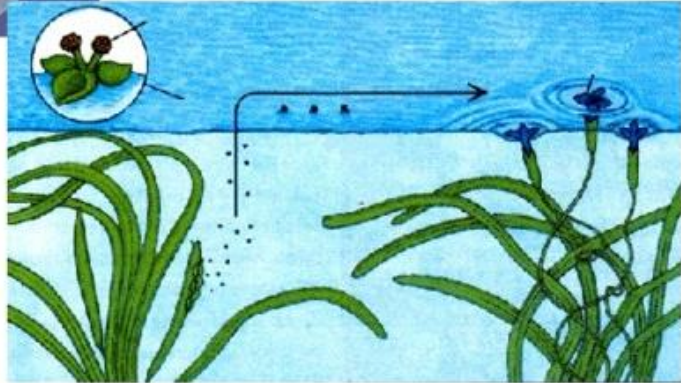


Рис. 203. Гидрофилия (опыление с помощью воды).

*Зоофилия* (опыление с помощью животных). Для этих растений характерны крупные размеры цветка, обильное выделение нектара, содержащего слизи, массовая продукция пыльцы, при опылении летучими мышами - цветение ночью.



Рис. 204. Летучие мыши опыляют растение



**Оплодотворение.** Пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика и прикрепляется к нему благодаря особенностям строения оболочки, а также липким сахаристым выделениям рыльца, к которым пыльца прилипает. Пыльцевое зерно набухает и прорастает, превращаясь в длинную, очень тонкую пыльцевую трубку. Пыльцевая трубка образуется в результате деления вегетативной клетки. Сначала эта трубка растёт между клетками рыльца, затем - столбика и наконец врастает в полость завязи.

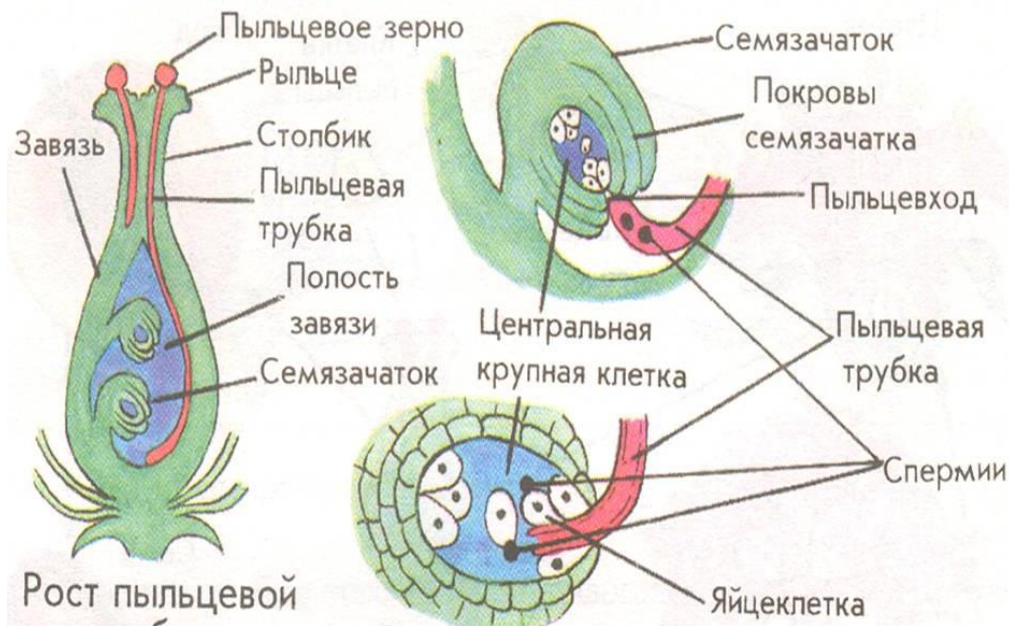


Рис. 205. Схема оплодотворения у цветковых растений

Генеративная клетка пыльцевого зерна перемещается в пыльцевую трубку, делится и образует две мужские гаметы (спермии). Когда пыльцевая трубка через пыльцевход проникает внутрь зародышевого мешка, один из спермиев сливается с яйцеклеткой. Происходит оплодотворение, и образуется зигота.

Второй спермий сливается с ядром крупной центральной клеткой зародышевого мешка. Таким образом, у цветковых растений при оплодотворении происходит два слияния: первый спермий сливается с яйцеклеткой, второй - с крупной центральной клеткой. Этот процесс открыл в 1898 году русский ботаник, академик С.Г.Навашин и назвал его *двойным оплодотворением*. Двойное оплодотворение характерно только для цветковых растений.

Образовавшаяся при слиянии гамет зигота делится на две клетки. Каждая из возникших при этом клеток снова делится и т. д. В

результате многократных делений клеток развивается многоклеточный зародыш нового растения.

Центральная клетка тоже делится, образуя клетки эндосперма, в которых накапливаются запасы питательных веществ. Они необходимы для питания и развития зародыша. Из покрова семязачатка развивается семенная кожура. После оплодотворения из семязачатка развивается семя, состоящее из кожуры, зародыша и запаса питательных веществ.

После оплодотворения к завязи притекают питательные вещества, и она постепенно превращается в спелый плод. Околоплодник, защищающий семена от неблагоприятных воздействий, развивается из стенок завязи. У некоторых растений в образовании плода принимают участие и другие части цветка.

Одновременно с образованием пыльцы в тычинках, в семяпочке происходит образование крупной диплоидной клетки. Эта клетка делится мейотически и даёт начало четырём гаплоидным спорам, которые называются макроспорами, так как по размерам они больше, чем микроспоры.

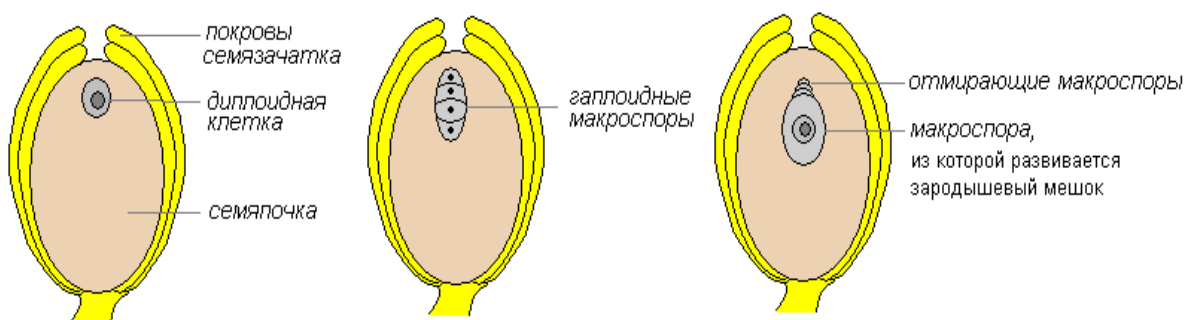


Рис. 206. Образование спор

Из четырёх образовавшихся макроспор три отмирают, а четвертая начинает разрастаться и постепенно превращается в зародышевый мешок.

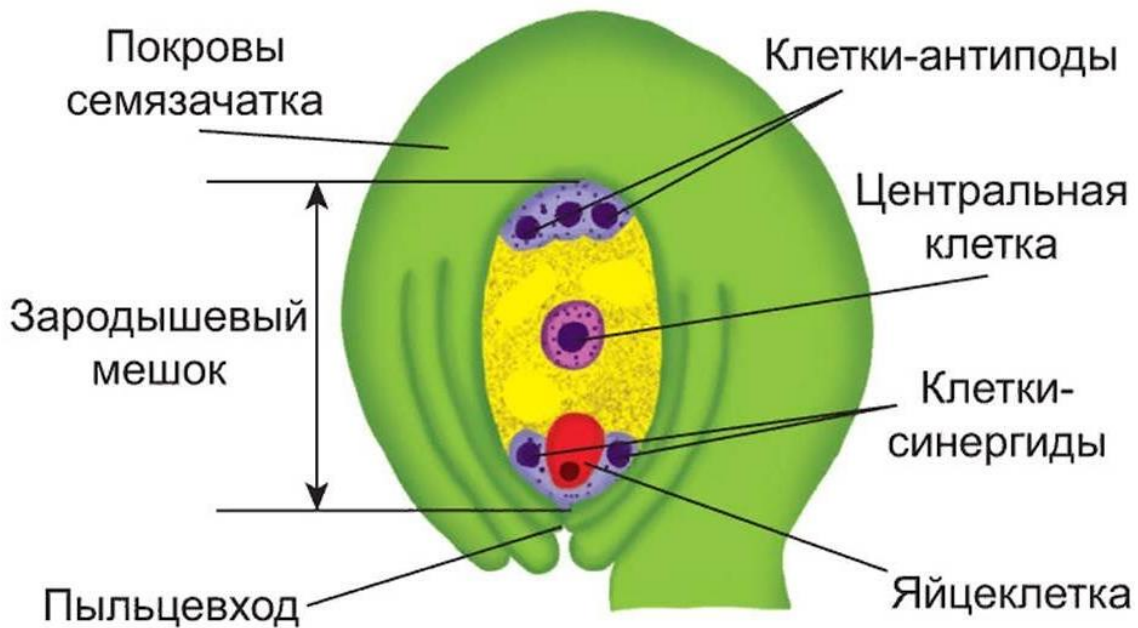


Рис. 207. Строение зародышевого мешка

В результате трёхкратного митотического деления ядра в полости зародышевого мешка образуются восемь ядер, которые облекаются цитоплазмой. Образуются лишённые оболочки клетки, которые располагаются в определённом порядке. На одном полюсе зародышевого мешка формируется яйцевой аппарат, состоящий из яйцеклетки и двух вспомогательных клеток. На противоположном полюсе располагаются три клетки (антиподы). С каждого полюса к центру зародышевого мешка мигрирует по одному ядру (полярные ядра). Иногда полярные ядра сливаются и образуют диплоидное центральное ядро зародышевого мешка. Зародышевый мешок, в котором произошла дифференцировка ядер, считается зрелым, он может воспринимать спермии.

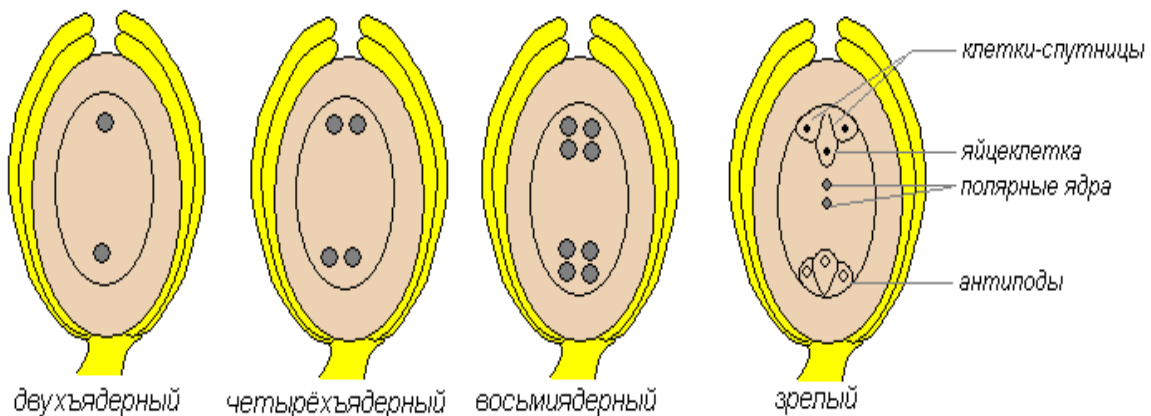


Рис. 208. Стадии развития зародышевого мешка

К моменту созревания пыльцы и зародышевого мешка цветок раскрывается.

Семязачатки развиваются на внутренних сторонах стенок завязи и, как все части растения, состоят из клеток. Число семязачатков в завязях разных растений различно. У пшеницы, ячменя, ржи, вишни завязь содержит только один семязачаток, у хлопчатника - несколько десятков, а у мака их число достигает нескольких тысяч.

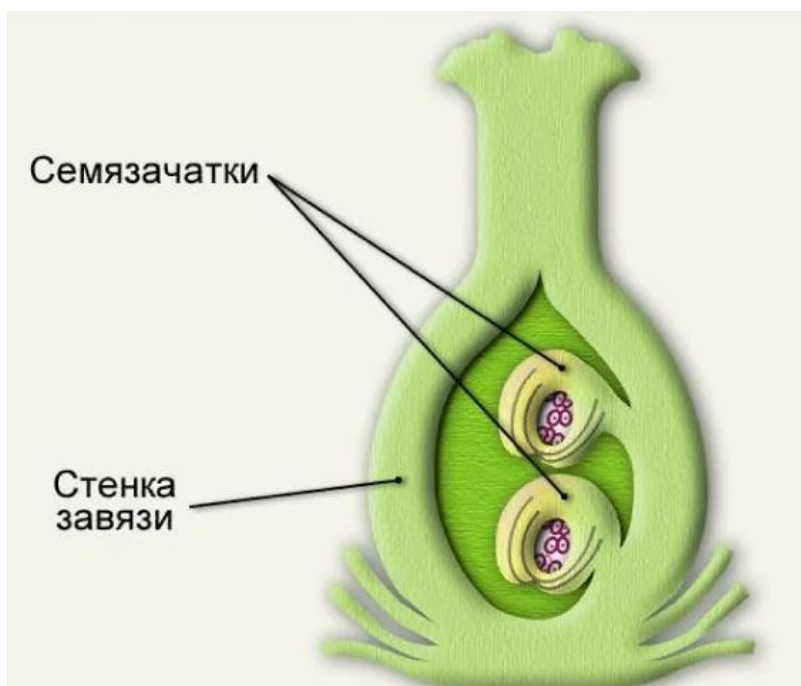


Рис. 209. Семязачатки

Каждый семязачаток одет покровом. На вершине семязачатка есть узкий канал - пыльцевход. Он ведёт к ткани, занимающей центральную часть семязачатка. В этой ткани в результате деления клеток образуется зародышевый мешок. Напротив пыльцевхода в нём находится яйцеклетка, а центральную часть занимает крупная центральная клетка.

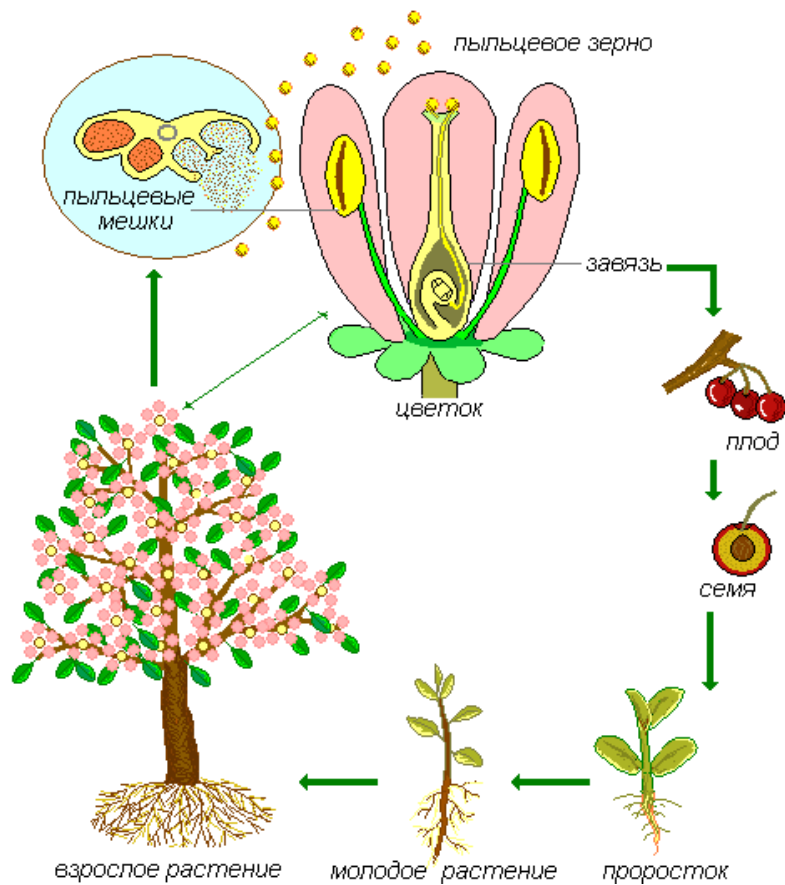


Рис. 210. Цикл развития цветковых растений

При образовании семени и плода один из спермиев сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу. В дальнейшем зигота делится многократно, и в результате развивается многоклеточный зародыш растения.

Центральная клетка, слившаяся со вторым спермием, также многократно делится, однако второй зародыш не возникает. Образуется особая ткань - эндосперм. В клетках эндосперма накапливаются запасы питательных веществ, необходимых для развития зародыша. Покровы семязачатка разрастаются и превращаются в семенную кожуру.



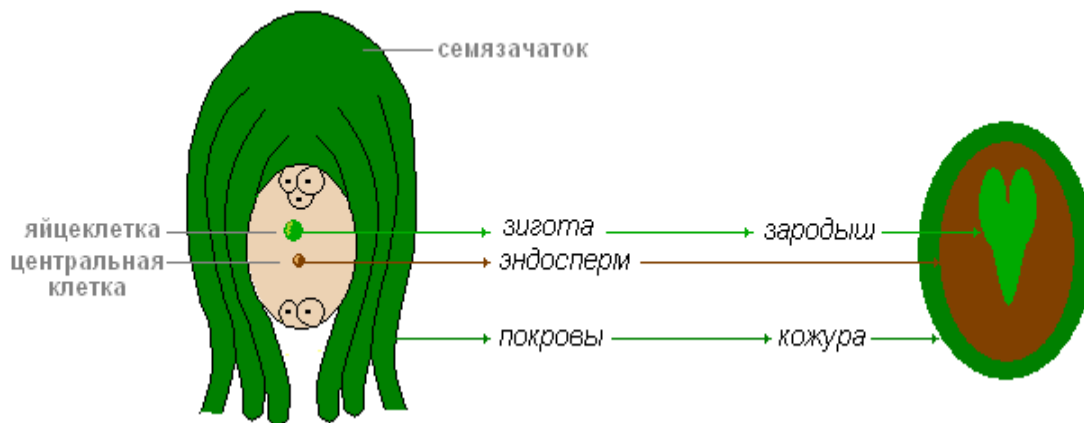


Рис. 211. Формирование семени и плода

Таким образом, в результате двойного оплодотворения образуется семя, которое состоит из зародыша, запасающей ткани (эндосперма) и семенной кожуры. Из стенки завязи образуется стенка плода, называемая околоплодником.

Половое размножение покрытосеменных растений связано с цветком. Его важнейшие части - тычинки и пестики. В них происходят сложные процессы, связанные с половым размножением.

У цветковых растений мужские гаметы (спермии) очень мелкие, женские (яйцеклетки) гораздо крупнее.

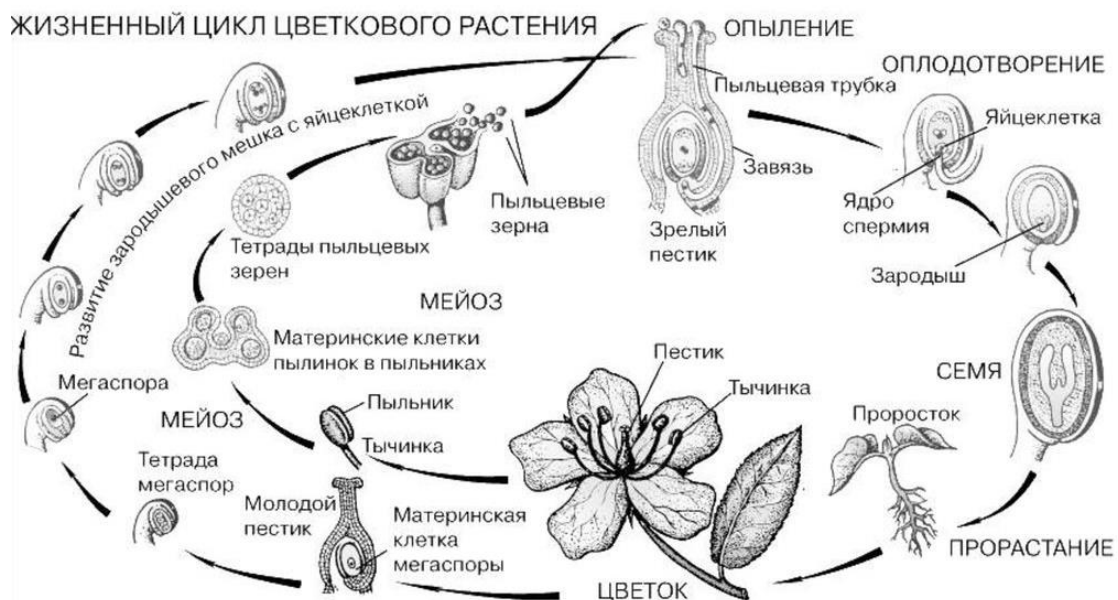


Рис. 212. Жизненный цикл цветкового растения

В пыльниках тычинки происходит деление клетки, в результате которого образуются пыльцевые зёрна. Каждое пыльцевое зерно покрытосеменных растений состоит из вегетативной и генеративной клеток. Пыльцевое зерно покрыто двумя оболочками. Наружная оболочка, как правило, неровная, с шипиками, бородавочками, выростами в виде сеточки. Это помогает пыльцевым зёрнам удерживаться на рыльце пестика. Пыльца растения, созревающая в пыльниках, к моменту распускания цветка состоит из множества пыльцевых зёрен.

Основные признаки строения цветка можно выразить в виде так называемой **формулы**. Для условного выражения строения цветков применяют формулы.

Формула цветка представляет собой краткую запись, в которой в зашифрованной форме обозначены все части цветка, а также указаны их численность и особенности. Обычно вначале указывают пол цветка. Если в нем имеются только тычинки, но нет плодолистиков, то он обозначается как мужской -  $\sigma$  (стрела Марса), или тычиночный; если, наоборот, имеются только плодолистики - женский -  $\rho$  (зеркало Венеры), или пестичный. Обоеполые (гермафродитные) цветки, имеющие как тычинки, так и плодолистики, либо не указываются вообще, либо обозначаются совмещенным значком -  $\sigma\rho$ .

Для составления формулы цветка используют следующие обозначения:

Таблица 5

Обозначения формулы цветка

О.	Простой околоцветник, состоящий из одних чашелистиков или из одних лепестков, его части называют листочками околоцветника.
Ч	Чашечка, состоит из чашелистиков
Л	Венчик, состоит из лепестков
Т	Тычинка
П	Пестик
1,2,3...	Количество элементов цветка обозначается цифрами
,	Одинаковые части цветка, различающиеся по форме
( )	Сросшиеся части цветка

+	Расположение элементов в два круга
–	Верхняя или нижняя завязь – чёрточкой над или под цифрой, которая показывает количество пестиков
↑	Неправильный цветок
*	Правильный цветок
♂	Однополый тычиночный цветок
♀	Однополый пестичный цветок
♂♀	Двупольный
∞	Число частей цветка, превышающее 12

Число частей цветка обозначают цифрами ( $L_5$  – пять лепестков). Если число частей цветка так велико, что не сосчитать, то ставят знак бесконечности –  $\infty$ .

Когда части цветка срастаются между собой, соответствующую цифру ставят в скобки:  $L(5)$  – сростнолепестный венчик из пяти лепестков.

Интересно, что все части цветков располагаются обычно кругами. Бывает, что одноимённые части расположены в несколько кругов – тогда между ними ставят знак +. Например,  $T_{5+5}$  – в цветке 10 тычинок расположены в два круга. Так, формула цветка сурепки  $Ч_{2+2}L_4T_{2+4}П_1$  обозначает, что в цветке 4 чашелистика расположены в двух кругах, 4 лепестка, 6 тычинок, из которых 2 в одном кругу, а 4 – в другом и один пестик.

Таблица 6

## Формулы цветков по семействам

Семейство	Формула цветка	Соцветие	Плод	Примеры растений
Крестоцветные	$C_4L_4T_{2+4}P_1$	Кисть	Стручок, стручочек	Только травы. Капуста, редька, сумка, сурепка, пастушья сумка
Розоцветные	$C_5L_5T_{\infty}$ или $C_5L_5T_{\infty}P_{\infty}$	Кисть, простой зонтик, щиток	Костянка, яблоко, много орешек	Травы, деревья, кустарники. Шиповник, яблоня, рябина, земляника, боярышник, груша, вишня, слива
Бобовые	$C_{\infty}L_{12}T_{\infty}P_1$	Кисть, головка	Боб	Травы, деревья, кустарники. Бобы, соя, люпин, горох, чина луговая, акация, фасоль, клевер, кашка, донник
Пасленовые	$C_{(6)}L_{(6)}T_{(6)}P_1$	Кисть, завиток, метелка	Ягода, коробочка	Травы. Томаты, паслен, душистый табак, петуния, перец, баклажан, белена, дурман
Лилейные	$O_{3+3}T_{3+3}P_1$	Кисть, чаще одиночные	Ягода, коробочка	Только травы. Лук, чеснок, лилии, нарциссы, тюльпаны
Злаковые	$O_{(2)+2}T_{3+3}P_1$	Сложный колос, метелка, початок	Зерновка	Только травы. Пшеница, овес, рис, кукуруза, пырей

Примеры формул цветков:

\*?  $Ca\ 4\ Co\ 4\ A\ 2+4\ G\ (2)$  – формула цветка капусты огородной: актиноморфный, обоеполый; околоцветник двойной, в котором чашечка состоит из 4 свободных чашелистиков, венчик – из 4 свободных лепестков; андроцей имеет 4 длинные и 2 короткие тычинки (четырёх-сильный андроцей); гинецей простой, ценокарпный, образован 2 плодолистиками (1 пестик – из 2 плодолистиков), завязь верхняя.

\*?  $P\ 3+3\ A\ 3+3\ G\ (3)$  – формула цветка лилии: актиноморфный, обоеполый; простой околоцветник состоит из 6 листочков, которые размещены по 3 в 2 круга (простой венчикообразный околоцветник); андроцей состоит из 6 свободных тычинок, расположенных по 3 в 2 круга; гинецей простой, ценокарпный, образован 3 плодолистиками (1 пестик – из 3 плодолистиков), завязь верхняя.

↑?  $Ca\ (5)\ Co\ 1+2+(2)\ A\ (9)+1\ G\ 1$  – формула цветка гороха: зигоморфный, обоеполый; околоцветник двойной, в котором чашечка состоит из 5 сросшихся чашелистиков, лепестки имеют различную

форму и величину: один большой лепесток – парус, два свободных боковых – весла (крылья) и два сросшихся – лодочка (венчик мотылькового типа); андроцей состоит из 10 тычинок, из которых 9 сросшихся в трубку и 1 свободная – двубратственный андроцей; гинецей простой, монокарпный (1 пестик образован 1 плодолистиком), завязь верхняя.

Строение цветка можно выразить не только формулой, но и *диаграммой* - схематическим изображением цветка на плоскость, перпендикулярную к оси цветка.

*Диаграмма цветка* более наглядна, чем формула. Она представляет условную схематическую проекцию частей цветка на плоскость и отражает их число, относительные размеры и взаимное расположение, а также наличие сростаний (рис. 208, 209).

На диаграмме указывается расположение кроющего (прицветного) листа, прицветничков и оси соцветия или побега, несущего цветок. Прицветник, прицветнички и чашелистики изображаются скобками с килем (фигурными скобками) различного размера, лепестки – круглыми скобками, тычинки – в виде среза через пыльник или в виде затушеванного эллипса, гинецей – также в виде среза через завязь с прорисовкой места плацтации и семязачатков, через которые прошел срез.

Диаграмму проектируют так, чтобы кроющий лист находился внизу, ось соцветия – сверху, а между ними кругами условными знаками располагались части цветка. При сростании частей цветка в диаграмме условные знаки соединяются между собой линией.



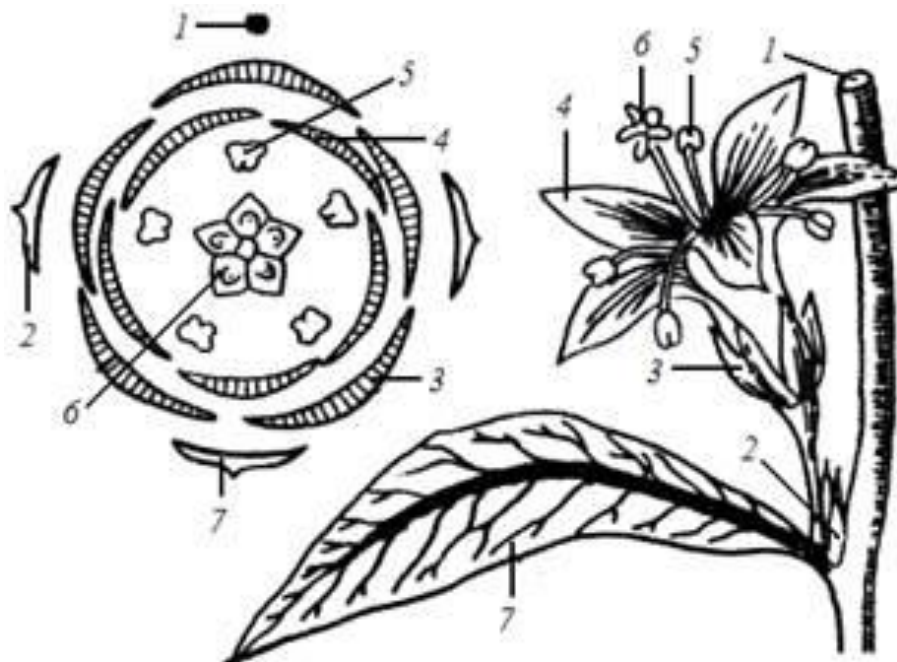


Рис. 213. Построение диаграммы цветка: 1 – ось соцветия; 2 – прицветник; 3 – чашелистик; 4 – лепесток; 5 – тычинка; 6 – гинецей; 7 – кроющий лист

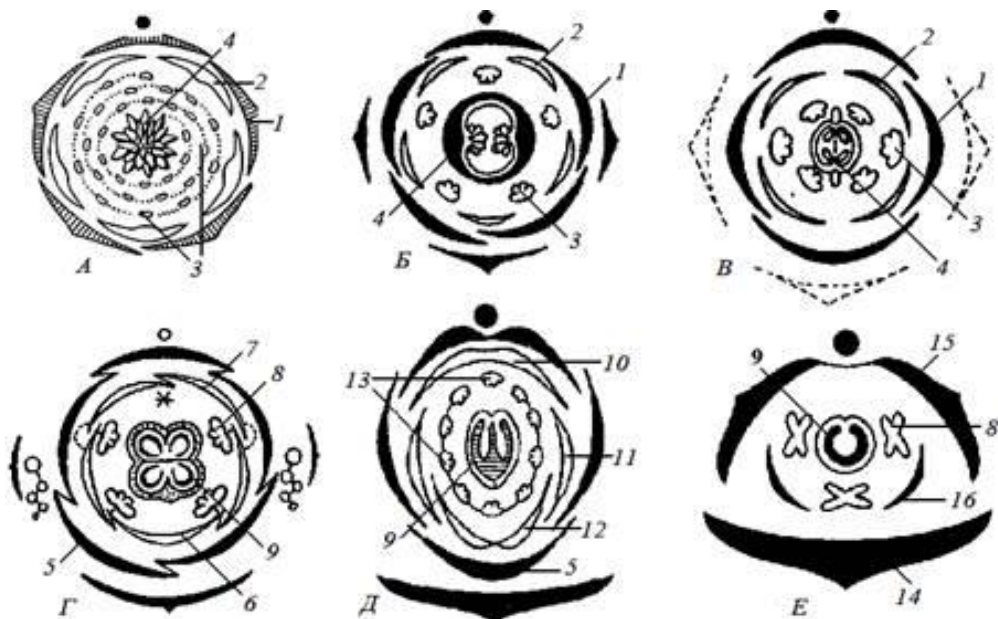


Рис. 214. Диаграммы цветков:

А – магнолия (ациклический цветок); Б – смородина красная; В – горчица черная; Г – яснотка белая; Д – боб обыкновенный; Е – типичный цветок злаковых; 1, 5 – чашечка; 2 – венчик; 3, 8 – тычинки; 4, 9 – гинецей; 6 – нижняя губа из 3 лепестков; 7 – верхняя губа из 2 лепест-

ков; 10 – парус; 11 – весла; 12 – лодочка; 13 – двубратственный андроцей; 14 – нижняя цветковая чешуя; 15 – верхняя цветковая чешуя;  
16 – лодикулы

Семя - это зачаток полноценного растения, необходимый ему для размножения, переживания неблагоприятных условий внешней среды и расселения на новые территории.

Семя – связующее звено между двумя поколениями растений. Являясь частью материнского организма, оно одновременно содержит в себе зачаток дочернего.

В строении семян есть общие черты, характерные для любого семени, и отличия, которые делят цветковые растения на два больших класса.

В структуре семени выделяют кожуру, зародыш, запас питательных веществ. Зародыш содержит зачатки вегетативных органов - корня, стеблей, листьев, из которых в подходящих условиях вырастает новое растение.

Семя образуется из семязачатка, который находится внутри завязи пестика. Семязачаток имеет вид мешочка и содержит несколько клеток. Самые важные из них – это яйцеклетка (женская половая клетка) и центральная клетка.

После опыления цветка в завязь проникают два спермия (мужские половые клетки). Один спермий сливается с яйцеклеткой и образует зиготу. Другой спермий сливается с центральной клеткой и образует эндосперм. Этот процесс называется двойным оплодотворением.

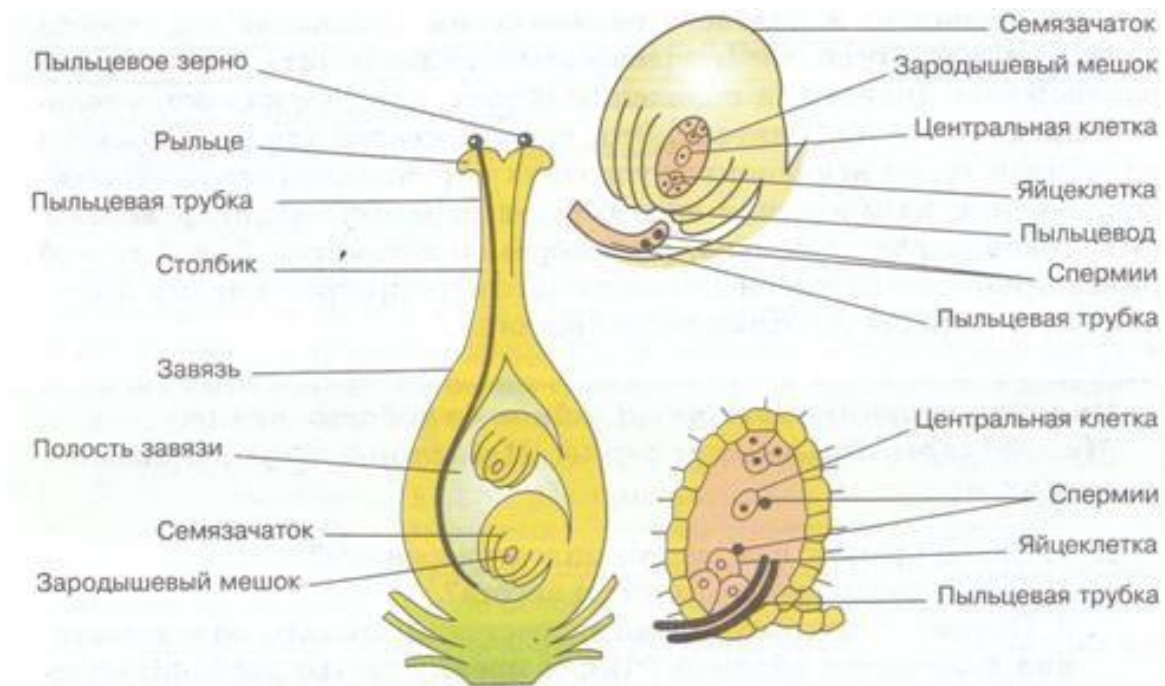


Рис. 215. Схема двойного оплодотворения

Семя имеет следующие части:

- зародыш;
- эндосперм;
- семенная кожура.

Зародыш развивается из зиготы – это главная часть семени. Зародыш хорошо заметен у бобовых растений (боб, горох, фасоль). Он выглядит как миниатюрное растение и имеет:

- корешок;
- побег;
- семядоли.

Корешок первым начинает рост при прорастании семени и образует главный корень. Побег – это зачаточный стебель с почкой. Семядоли прикреплены к побегу и являются первой парой листьев будущего растения.

Эндосперм состоит из крупных клеток запасающей ткани. Его назначение в том, чтобы питать зародыш, пока он не перейдет на самостоятельное питание путём фотосинтеза.

Семенная кожура предохраняет семя от высыхания, повреждения и преждевременного прорастания. Для проникновения внутрь семени воды кожура имеет отверстие (микропиле).

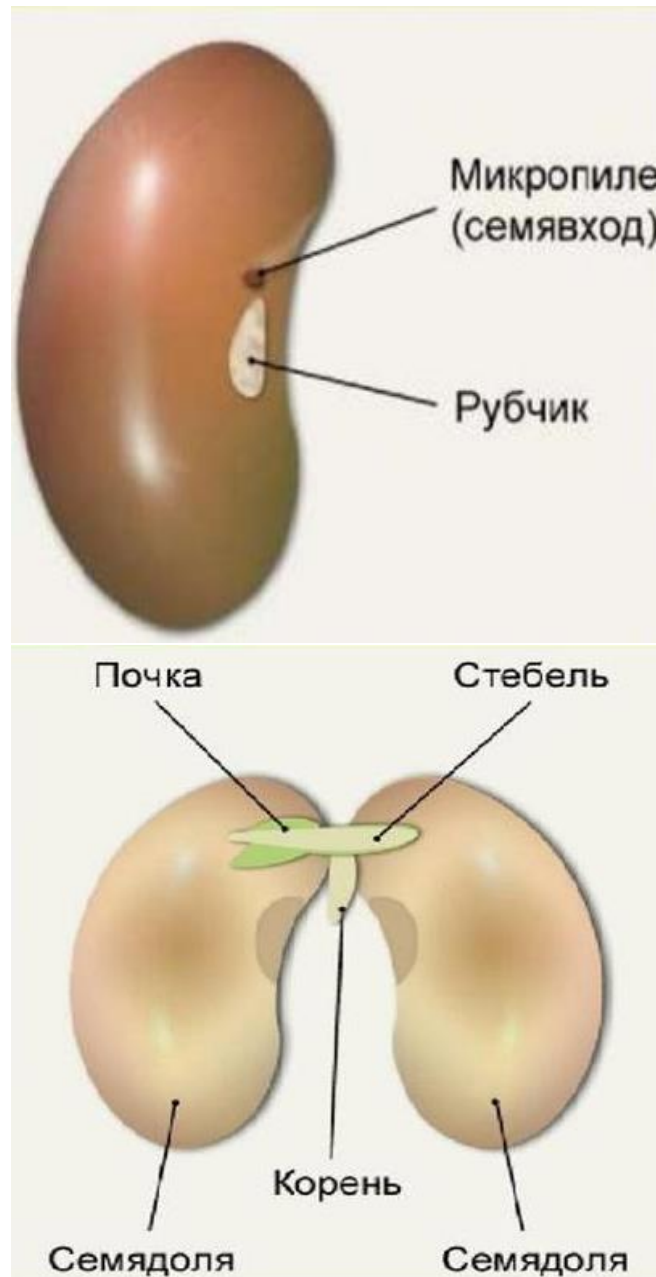


Рис. 216. Строение семени фасоли

Если зародыш растения имеет две семядоли, как у бобовых, то оно относится к классу *двудольных*. Примерно 75% цветковых растений являются двудольными. Остальные 25% – *однодольные*, у них развивается только одна семядоля.

### ***Особенности строения семян однодольных растений***

Семядоля однодольных называется *щитком*. Её функция – передача питательных веществ от эндосперма к зародышу. Эндосперм занимает большую часть семени.

Эндосперм имеется примерно у 85% цветковых растений. Его наличие или отсутствие не является признаком двудольных или однодольных. Эндосперм встречается и у тех, и у других.

Чаще всего он содержит маслянистые вещества, т. к. жиры содержат наибольшее количество энергии. Некоторые семена (бобовые) богаты белками.

Большинство однодольных имеет эндосперм, содержащий углеводы. Это, в первую очередь, злаковые, из зерна которых получают муку и пекут хлеб.

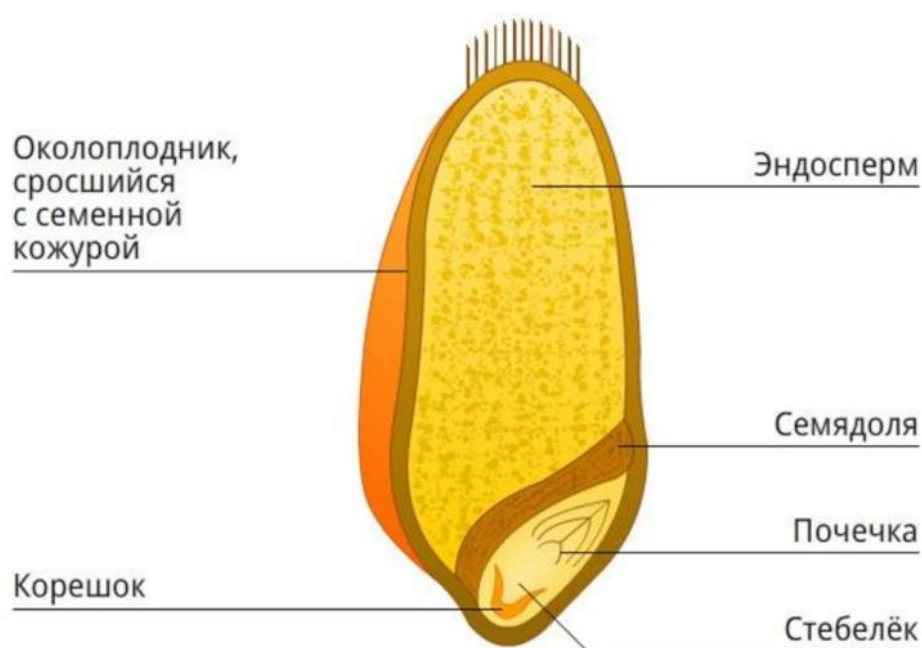


Рис. 217. Строение зародыша однодольных растений

Различия в строении семени – не всё, что разделяет два класса цветковых растений. Двудольные и однодольные имеют различное жилкование листа, строение корневой системы и стебля.



### **Особенности строения семян двудольных растений**

Типичные семена двудольных имеют горох и фасоль. Под толстой кожурой у них расположены две крупные симметричные семядоли, которые при прорастании выносятся с побегом на свет, и вскоре засыхают.

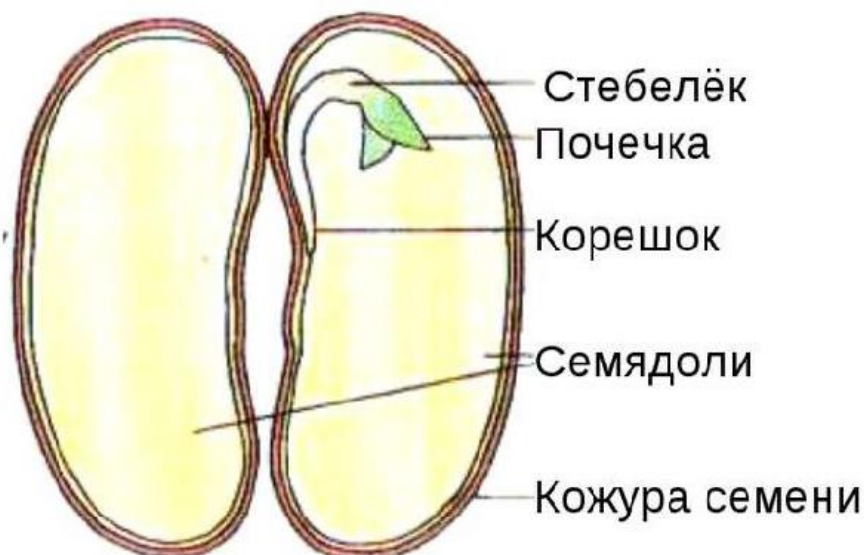


Рис. 218. Строение зародыша двудольных растений (на примере фасоли)

Между семядолей зажат зародыш.

Кожура фасоли и гороха плотная. Семя может долго находиться в состоянии покоя. Но, при попадании во влажную среду, вода проникает через микропиле и семя набухает. Клетки зародыша начинают делиться и корешок прорывает кожуру.

Семена цветковых растений имеют большое значение в питании животных и человека.

Питательные вещества эндосперма или семядолей, – это то, ради чего человек выращивает растения. Самую важную роль в питании человека играют семена злаковых и бобовых растений.

**Стебель** - надземный орган растения, с неограниченным верхушечным ростом. Благодаря проходящим в стебле сосудистым пучкам обеспечивается питание всего растения.

**Стебель** - это осевой надземный орган растения. По строению стеблей выделяют несколько жизненных форм растений: деревья, кустарники, кустарнички и травы.

В строении стебля различают несколько концентрических зон: эпидерму, сменяемую у древесных растений пробкой и коркой, луб, камбий, древесину и сердцевину. Они отличаются друг от друга по строению и выполняемым функциям. Покровные ткани - эпидерма, пробка и корка - защищают стебель от воздействий окружающей среды. Луб и древесина содержат волокна механической ткани и проводящие элементы; луб обеспечивает нисходящий ток растворов по стеблю, а древесина - восходящий. В сердцевине накапливаются запасные вещества. Стебель растёт в длину благодаря делению клеток верхушечной части (конуса нарастания), а в ширину - клеток камбия.

Стебель служит опорой для листьев и обеспечивает их оптимальное размещение относительно источников света.

Стебель - это ось побега, несущая листья и почки.

Рост стебля в длину происходит благодаря делению клеток верхушечной части стебля - **конуса нарастания**. Нижние клетки конуса нарастания приобретают специализацию и превращаются в клетки тканей стебля: покровную, проводящую и механическую.

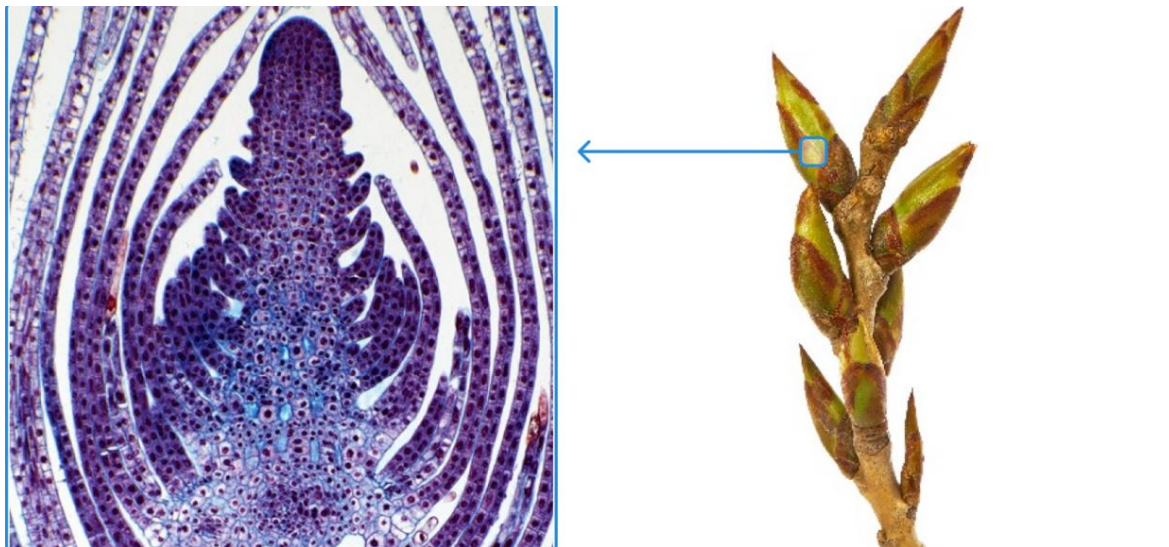


Рис. 219. Конус нарастания в верхушечной части стебля

Рост стебля двудольных растений в толщину осуществляется благодаря деятельности тонкого слоя образовательной ткани - камбия. Клетки камбия залегают в плоскости, параллельной поверхности стебля, и делятся в этой же плоскости. Из двух образовавшихся клеток одна остаётся камбиальной, а вторая начинает превращаться в клетку

проводящей системы. Внутренние вновь образовавшиеся клетки становятся клетками древесины, а внешние - клетками луба. По древесине растворы веществ передвигаются от корней к наземным органам растения (восходящий ток), а по лубу - в обратном направлении (нисходящий ток).

Клетки камбия имеют тонкие клеточные стенки, в отличие от проводящих элементов луба, древесины и клеток механической ткани. Если снять кору с живой молодой ветки, то разрыв пройдет как раз по слою камбиальных клеток. Место разделения коры и древесины окажется на ощупь влажным.



Рис. 220. Кора отделяется от древесины по слою клеток камбия

Молодые стебли снаружи покрыты *кожицей*. На многолетних стеблях кожа замещается *пробкой*. Клетки пробки имеют толстые клеточные стенки, пропитанные жироподобным веществом; эти клетки отмирают после созревания. Поскольку внешний слой пробки состоит из мёртвых, не способных к растяжению клеток, он трескается. Наружная потрескавшаяся часть коры многолетних побегов и корней, состоящая из нескольких слоёв мёртвых клеток пробки и погибших элементов проводящей ткани, называется *коркой*. Для обеспечения газообмена в пробке есть *чечевички* - бугорки, заполненные тонкостенными, рыхло расположенными округлыми клетками. Чечевички хорошо видны на молодых ветвях в виде бородавочек или штрихов.



Центральную часть стебля занимают рыхло расположенные клетки основной ткани. Это *сердцевина*. В ней накапливаются запасные питательные вещества.

Она образована рыхлой паренхимной запасавшей тканью. У некоторых видов растений она содержит млечники, смоляные и эфиромасляные ходы. Паренхимные клетки сердцевины запасают питательные вещества. Лубяные и древесные волокна усиливают опорные качества стебля.

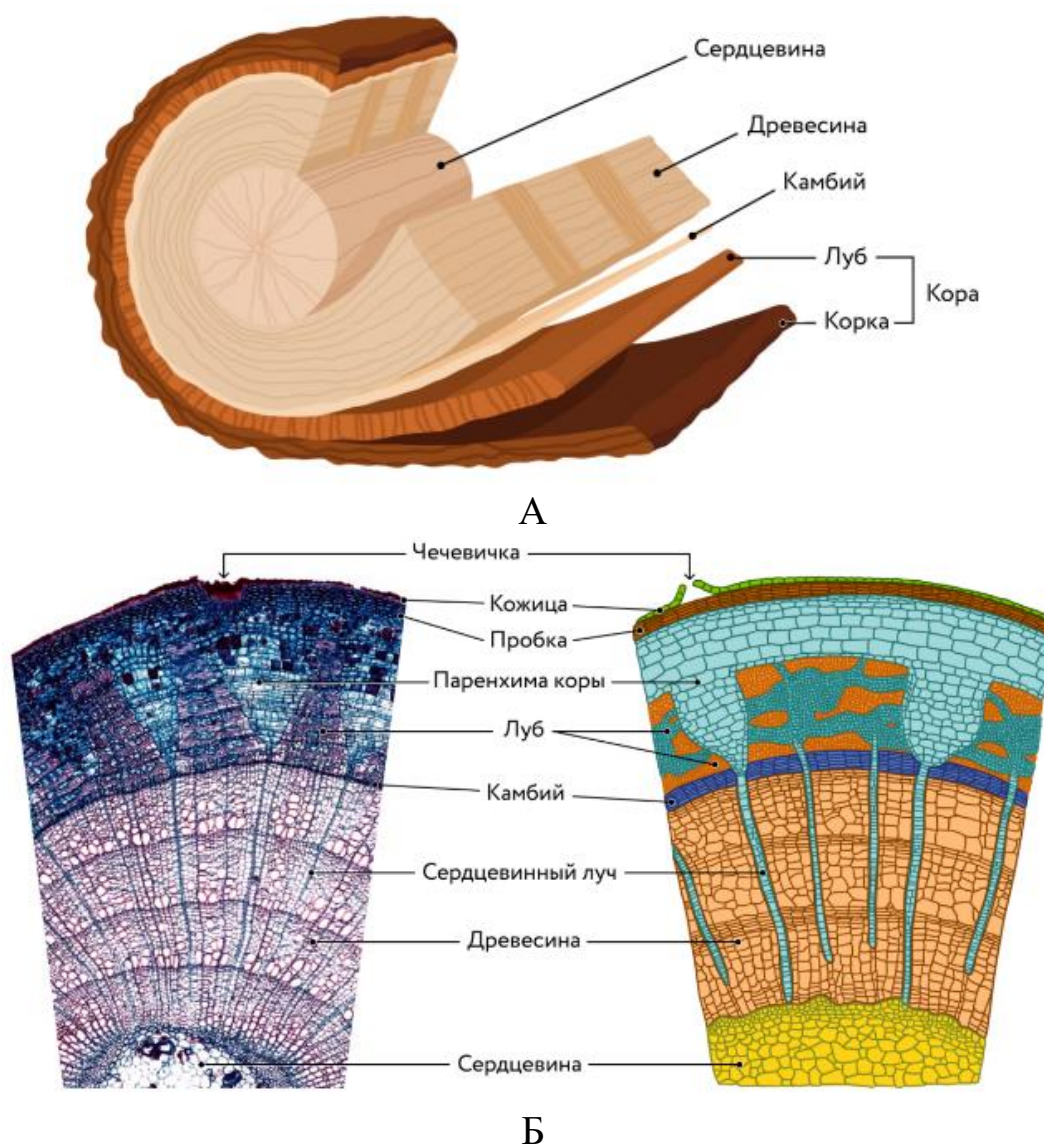


Рис. 221. Строение многолетнего стебля двудольного растения: А - макростроение; Б - микростроение (на схеме тёмно-голубым изображены ситовидные трубки, а тёмно-оранжевым - механические элементы луба)

У многолетних древесных растений умеренного климата рост стебля идёт неравномерно. Весной и в начале лета стебель растёт быстро, образуя толстые сосуды с большими просветами. На поперечном срезе они кажутся тёмными из-за заполняющего их воздуха. В конце лета и в начале осени рост замедляется, образуются мелкие сосуды с узким просветом, которые на срезе кажутся светлыми. Так формируются годовичные кольца. По их количеству можно узнать возраст дерева.

Проводящие ткани луба и древесины пересекаются лубо-древесными лучами. Они соединяют все слои стебля друг с другом. По ним питательные вещества доставляются из луба в древесину, из древесины - в луб. В клетках лучей откладываются запасные вещества.

В тропических лесах, где нет смены времён года, у деревьев нет годовичных колец, хотя иногда видна небольшая исчерченность, соответствующая чередованию влажных и засушливых периодов.

Следует отметить, что нарастание стволов деревьев происходит за счёт увеличения толщины древесины, а клетки луба, входящие в состав коры, довольно быстро отмирают и разрушаются.



Дуб

Гевея

Рис. 222. Поперечные спилы стволов дуба (видны годовичные кольца) и тропического дерева гевеи (годовичные кольца незаметны)

Стебли древесных и травянистых растений отличаются по продолжительности жизни. Надземные побеги трав умеренного климата живут, как правило, один год (продолжительность жизни побегов определяется продолжительностью жизни стебля, листья могут сменяться).



У древесных растений стебель существует много лет. Главный стебель дерева называется стволом, у кустарников отдельные крупные стебли называют стволиками.

Передача веществ по стеблю осуществляется по проводящей системе, состоящей из ксилемы и флоэмы. *Ксилема* транспортирует жидкость из корней к листьям, а *флоэма* доставляет питательные вещества, образованные в листьях, в корни и другие части растения. Вода и растворенные в ней минеральные соли, поглощенные корневой системой, поднимаются в надземные органы по сосудам древесины (ксилемы). В процессе фотосинтеза в листьях растений вырабатываются питательные вещества. Растворяясь в воде, они переносятся от листьев во все части растения по ситовидным трубкам луба (флоэма).

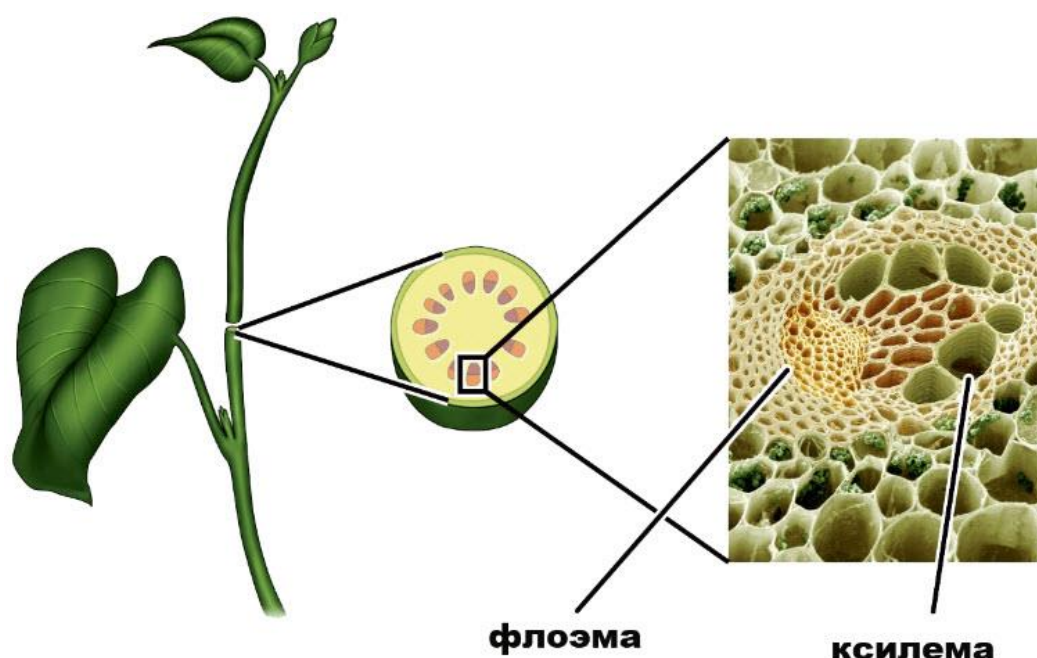


Рис. 223. Проводящая система стебля

**Видоизмененный стебель** - определенный орган растения, который выполняет функцию накопления питательных веществ, а также принимает участие в распространении и размножении растения.

Видоизменение стебля по своему строению ничем не отличается от обычного строения стебля - за одним исключением: все примеры видоизмененных побегов растут над землей горизонтально. Главная функция стебля в этом случае - накопление питательных веществ.

Есть как минимум 4 варианта классификации стеблей.  
 Виды стеблей по расположению:

- надземные;
- подземные.



Рис. 224. Виды стеблей по расположению

Виды стеблей по степени одеревенения:

- травянистые;
- древесные.



Рис. 225. Виды стеблей по степени одеревенения

Виды стеблей по направлению и характеру роста:

- стелящиеся;
- вьющиеся;
- восходящие;

- прямостоячие;
- цепкие;
- ползущие.

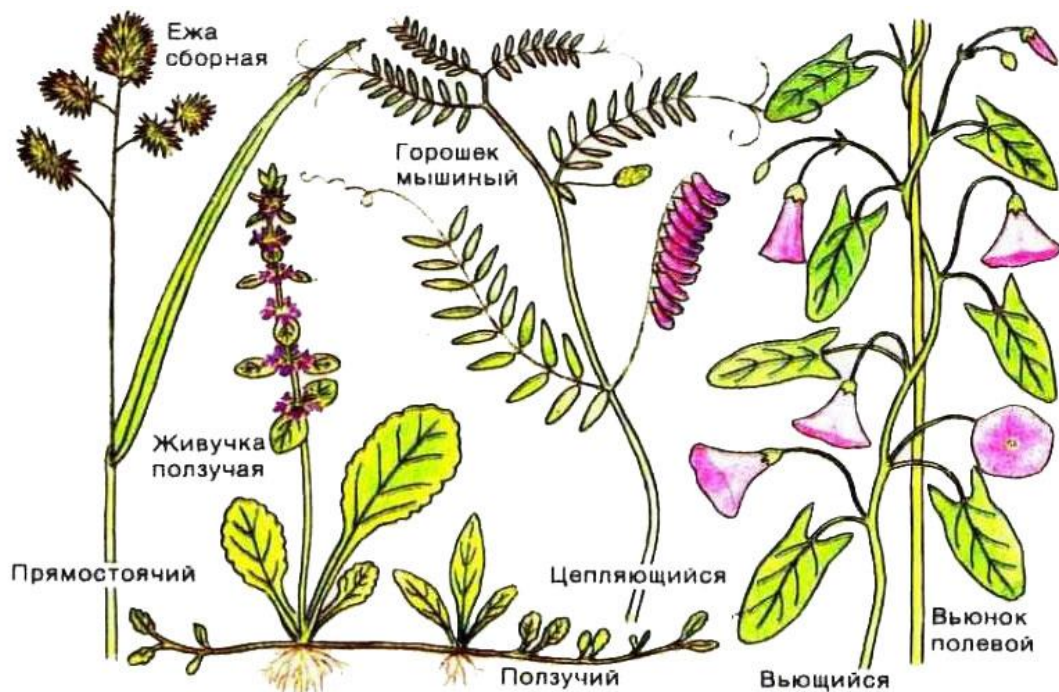


Рис. 226. Виды стеблей по направлению и характеру роста

Виды стеблей по форме поперечного сечения:

- граненные;
- крылатые;
- округлые;
- ребристые;
- сплюснутые;
- бороздчатые.





Рис. 227. Виды стеблей по форме поперечного сечения

Основных видоизменений стеблей *шесть*. Это:

1. **Клубень** - столон подземного побега, который имеет верхушечное утолщение. Накопление питательных веществ происходит в виде крахмальных зерен.

Клубень - это стебель: чтобы в этом убедиться, достаточно разрезать его пополам и обнаружить на срезе кольца, что является характерной приметой стебля. Пробка коры выступает в качестве кожицы клубня. Отсутствие зеленого цвета в клубне объясняется тем, что он не имеет хлорофилла: находясь под землей, он лишен солнечного света, необходимого для фотосинтеза.



Рис. 228. Растения образующие клубни

К примеру, у клубня картофеля междуузлия очень укорочены. Глазками у него выступают пазушные и верхушечные почки.

Подземные клубни возникают как утолщения на тонком безлистном подземном побеге - столоне (картофель, топинамбур). Место прикрепления клубня к столону является основанием клубня.

На клубне картофеля имеются листья-чешуйки, которые быстро отмирают, оставляя рубцы (бровки), а рядом, в углублениях разросшегося стебля, - пазушные почки глазки. В клубнях накапливаются запасные вещества, преимущественно крахмал. Размножают картофель целыми клубнями или глазками с частью клубня. Из них развиваются 2 вида побегов: надземные с листьями и цветками и подземные - столоны. На столонах образуются новые клубни.

2. **Клубнелуковица** представляет собой видоизмененный стебель строение и функция которого - вегетативное размножение и запас питательных веществ (за это отвечает мясистая часть стебля). Внешне похожа на луковицу, но отличается от нее сильно разросшимся донцем.

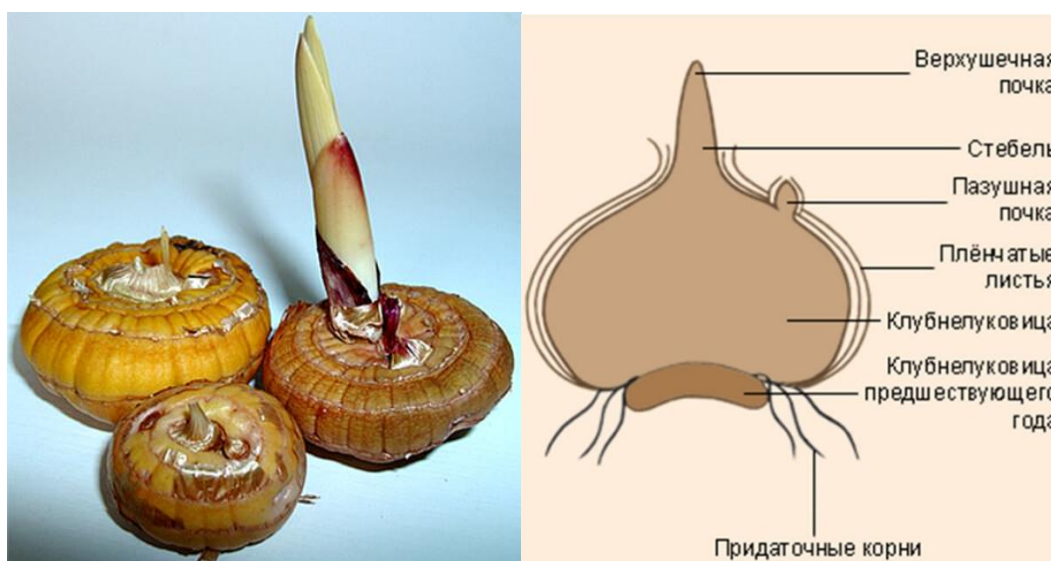


Рис. 229. Клубнелуковица

3. **Ус** является ползучим видоизмененным стеблем, отличающийся длинными междуузлиями. Ус появляется из почек в основании растения в пазухе листьев. Стебли характеризуются чешуевидными листиками и придаточными корнями, которые необходимы для укоренения. Усы нужны растению для размножения.



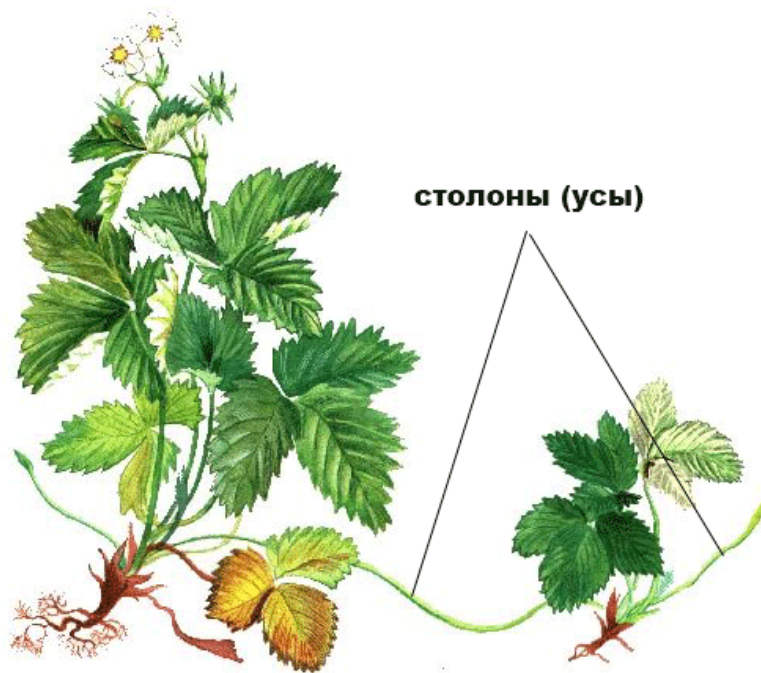


Рис. 230. Видоизмененный стебель – ус

4. Под *луковицей* понимают видоизмененный стебель с чешуйчатыми листьями. Луковица состоит из сильно укороченного стебля - донца, от которого снизу отходит пучок придаточных корней. Наружные листья луковицы - чешуи - сухие и кожистые. Они защищают внутренние мясистые и сочные листья, накапливающие воду и сахара. Из верхушечной и пазушных почек развиваются зеленые надземные побеги и молодые листья.

*Пленчатые* луковицы (тюльпан, тюльпаны, нарциссы, гиацинты). У таких луковиц чешуи плотно охватывают луковицу, а наружная превращается в кроющую, которая выполняет функцию защиты.

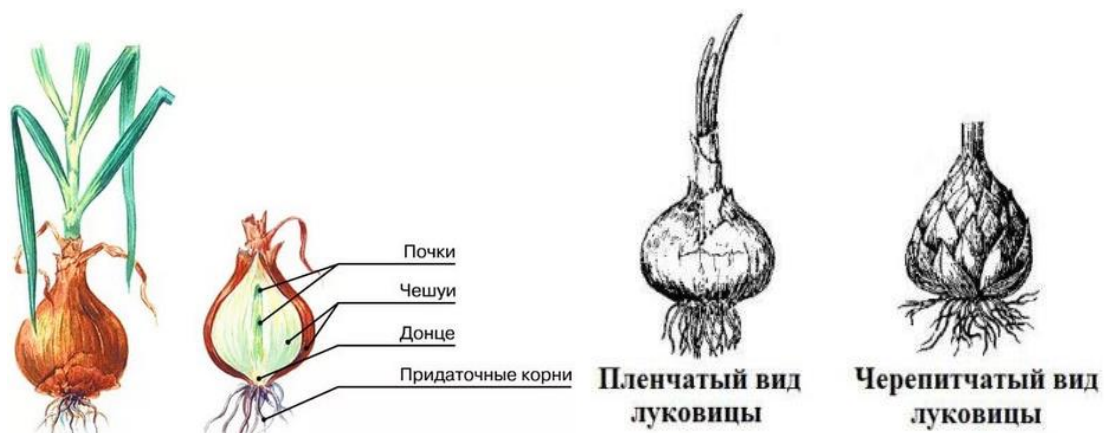


Рис. 231. Строение и виды луковиц

*Чешуйчатые* (черепитчатые) луковицы (лилии, рябчики). У этих луковиц чешуи накладываются друг на друга, как черепица. Таким образом, луковицы не имеют пленчатой защиты и, соответственно, хуже хранятся.

5. **Отпрыском** называют подземный или надземный видоизмененный боковой побег. Его образование происходит в области корневой шейки - из почки. Отпрыски делятся на разные варианты исходя из положения на основном стебле. Бывают волчки, отростки и корневые отпрыски.



Рис. 232. Корневые отпрыски

6. **Корневище**. Особенность этого видоизмененного побега в том, что имеет узлы и междоузлия и отличается горизонтальным ростом. А еще у него нет корневого чехлика, в отличие от корня. Придаточные корни формируются в узлах корневища. В междоузлиях находятся боковые пазушные и верхушечные почки: с их помощью формируются боковые ответвления и надземные побеги.

Корневище выполняет одну важную функцию: запасают питательные вещества.

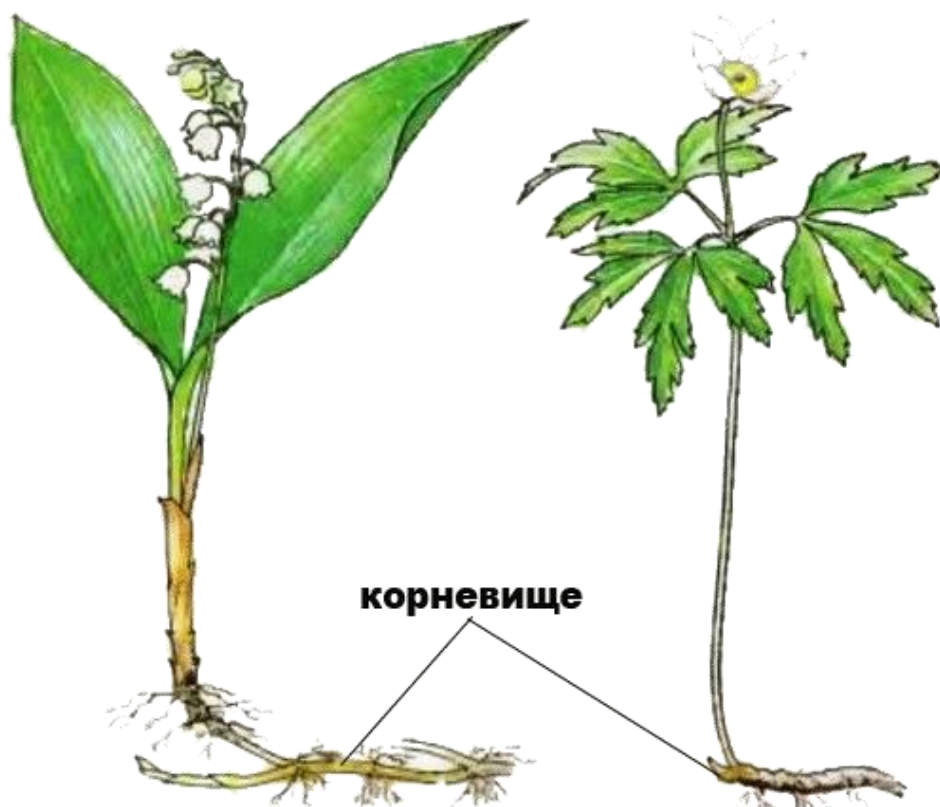


Рис. 233. Корневище ландыша и ветреницы

Таблица 7

## Видоизмененные побеги

Видоизменения стеблей	Растения	Функции	Примечание
Ус	Виноград, тыква, горох	Помогают растению передвигаться	Происхождение из побегов определяют по положению на стебле и по редуцированным листьям на них
Корневище	Осоки, пырей (длинное, тонкое), щавель, цикута, первоцвет, ирисы (короткое, толстое)	Являютсяместилищем запасных питательных веществ. Некоторые злаки с длинными корневищами используют для закрепления песков. Размножение – вегетативное	Отличается от корня отсутствием чехлика, наличием буроватых пленочных листочков или листовых следов. Растет верхушкой, может образовывать дополнительные корни
Клубень	Кольраби (надземные), редис (подземные, с утолщением подсемядольного колена); картофель, земляная груша (подземные, с утолщенными подземными побегами)	У некоторых растений надземные клубни – это метаморфизированные пазушные почки с зачатками листьев, которые опадают и служат для вегетативного размножения (живородная гречиха). Являютсяместилищем запасных питательных веществ. Размножение вегетативное	Часто имеют листья. На подземных клубнях листья редуцированы до чешуек, которые часто опадают. В пазухах листьев находятся почки – глазки.
Луковица – подземный, очень укороченный, недоразвитый побег, к которому крепятся сближенные листья. На верхушке донца есть почка, которая может развиваться в надземный побег или новую луковицу.	Лили, лук, чеснок, тюльпаны, гиацинты, нарциссы, подснежник белый	Служат для перенесения неблагоприятных времен года. Размножение вегетативное	Форма луковиц: шарообразная, круглая, яйцевидная, продолговатая. В пазухе некоторых чешуек луковицы есть почки, из которых развиваются дочерни луковицы – детки.
Клубнелуковицы	Крокусы, гладиолусы	Являютсяместилищем питательных веществ. Размножение вегетативное	Листовые чешуйки сухие, запасные питательные вещества находятся на донце
Стебель сукулентов	Кактусы, молочай, опунции	Стебель содержит много воды в водоносной паренхиме. Выполняет функцию листьев	Листья редуцированы, превращены в колючки, чешуйки.
Отпрыск	Малина, Смородина, вишня и многие комнатные растения	Размножение	Боковой побег стебля, бывает надземным и подземным, образуется из почки.

**Побег** - стебель, на котором есть листья и почки.

В филогенезе побег появился в качестве приспособления к наземному образу жизни, с помощью которого растение смогло укорениться в почве. Происхождение побега - цилиндрические теломы риниофитов. Появление побега принято считать эффективным ароморфозом и одним из наиболее крупных преобразований в эволюции растительного мира.

На побегах впоследствии появились плоские листья, расширившие возможности фотосинтеза, увеличили транспирацию и положили начало интенсивного развития корневой системы растений.

В отогенезе побег берет начало в зародыше или адвентивной почки (придаточной). Почка считается зачаточным побегом, формирующимся в процессе прорастания семени: она дает начало побегу или побегу первого порядка.

Из главного побега берут начало побеги второго порядка, а с продолжением ветвления возникают побеги третьего порядка. Из придаточных почек образуются придаточные побеги.

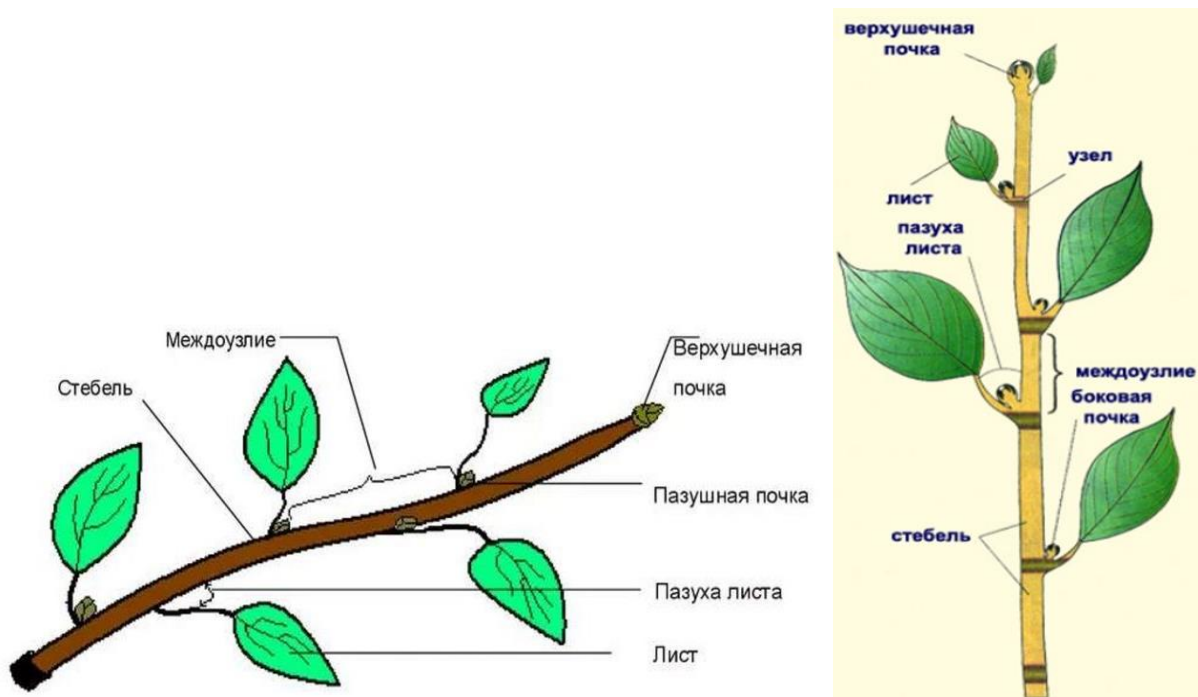


Рис. 234. Строение побега



Так образуется система побегов - она включает в себя боковые побеги различного порядка. Благодаря побеговой системе, которая увеличивает площадь соприкосновения растения с наземно-воздушной средой, эффективность фотосинтеза сильно возрастает.

### ***Классификация побегов***

Все эти побеги в биологии можно классифицировать с учетом выполняемых ими функций на:

- вегетативные, состоящие из листьев, стеблей и почек. Какую функцию выполняет стебель, почки и листья в таком побеге? За этими побегами закреплена функция воздушного питания растения. Также они обеспечивают синтез органических веществ;
- вегетативно-генеративные. Кроме указанных ранее элементов, на таком побеге могут быть соцветия или цветки;
- генеративные, которые представляют собой полностью видоизмененные побеги. Они помогают образовывать растению органы размножения. В случае образования на растении цветков, растение считается цветущим.

### ***Отличительные признаки побегов***

Вегетативный побег у растений - это то, что обычно формируется из общего массива меристемы - происходит это в месте конуса нарастания побега. У вегетативного побега отмечается единая проводящая система. Основные структурные элементы побега - листья и стебли. В большинстве случаев они считаются основными его частями или органами второго порядка. Почки - обязательный элемент побега. Наличие листьев - то, что отличает побег от корня.

***Лист*** - боковой вегетативный орган растения ограниченного роста.

Лист является важным органом любого растения. Основные функции листа - фотосинтез и транспирация. Строение листа характеризуется наличием черешка и листовой пластинки. Внешне черешок похож на стебель, однако по происхождению он все же является частью листа.

Лист по строению предполагает наличие кожицы, которой покрыта поверхность любого листа. Кожица является защитой от различных повреждений, высыхания и попадания внутрь болезнетворных бактерий.

Строение кожицы листа характеризуется тем, что ее клетки плотно примыкают друг к другу: это объясняется тем, что они являются покровной тканью. Почти все клетки в листьях не имеют цвета и прозрачные, поэтому свет без проблем проникает через поверхность листка в клетку. Как видим, строение листьев и строение клетки листа напрямую связаны с функциями листьев и формируют их особенности.

У большинства растений листья окрашены в зелёный цвет. Их размеры могут составлять от нескольких миллиметров (ряска) до 15 метров (пальмы).

Лист формируется из клеток образовательной ткани конуса нарастания стебля, и в дальнейшем зачаток листа делится на:

- листовую пластинку;
- черешок;
- прилистники.



Рис. 235. Внешнее строение листа

Листовая пластинка представляет собой расширенную, обычно плоскую часть листа. При помощи черенка она крепится к стеблю. У некоторых растений черешков нет, и такие листья называются не черешковыми, а сидячими. Прилистники - парные придатки различной формы у основания черешка листа. Прилистники также бывают не у всех растений.

В зависимости от количества листовых пластинок листья бывают:

- Простые - имеют одну пластинку. При листопаде простой лист отпадает целиком вместе с черешком.

- Сложные - имеют несколько листовых пластинок, которые крепятся к главному черешку своими маленькими черешочками. При отмирании первыми опадают листочки, а затем - главный черешок.



Рис. 236. Простые и сложные листья

Лист, как и все другие органы растения, имеет клеточное строение. В большинстве случаев он состоит из следующих тканей:

- Эпидермис - слой клеток, защищающий лист от излишнего испарения воды и негативного воздействия среды.
- Мезофилл (паренхима) - внутренняя ткань, содержащая хлорофилл.
- Сеть жилок - образованы проводящей тканью, состоящей из сосудов и ситовидных трубок. Они необходимы для переноса воды, растворённых солей, сахаров и микроэлементов.
- Устьица - комплексы клеток, расположенные на нижней поверхности листьев, благодаря которым происходит испарение избытка воды и газообмен.



Рис. 237. Клеточное строение листа

Листья являются жизненно важными органами у растений. Они принимают самое активное участие в следующих процессах:

- Фотосинтез - процесс образования органических веществ из воды и углекислого газа под воздействием солнечного света. В результате этого сложного химического процесса растения получают все необходимые питательные вещества.
- Газообмен - осуществляется главным образом через устьица листа. Заключается в процессах дыхания и фотосинтеза. Дыхание растений, как и у всех живых организмов, заключается в поглощении кислорода и выделении углекислого газа и выполняется круглосуточно. В ходе фотосинтеза, напротив, происходит выделение кислорода в качестве побочного продукта и поглощения клетками углекислого газа.
- Транспирация - испарения воды с поверхности листа. Осуществляется через устьица в эпидермисе. Лишь небольшое количество поступающей жидкости расходуется на потребности растения. До 99 % испаряется в процессе транспирации.

Помимо основных функций, у многолетних растений лист выполняет функции запасяющего органа (мясистые листья луковицы), органа защиты (колючки), органа вегетативного размножения (бегония), органа, поддерживающего стебли растений (усики).

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое побег?
2. Что такое метамерное строение побега?
3. Из каких частей состоит побег?
4. Что такое стебель? Какие формы стебля вам известны?
5. Какие типы листорасположения вам известны? Каковы функции листа?
6. Какие типы побегов по степени выраженности междоузлий стебля вам известны?
7. Какими бывают побеги по выполняемым функциям и направлению роста?
8. Что собой представляет почка?
9. Где и как могут располагаться почки?
10. Какие типы почек вы знаете?



## Глава 5. РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

У всех живых клеток наблюдаются общие свойства: питание, выделение, дыхание, обмен веществ, деление. В клетках идет постоянное расщепление одних веществ и синтез других.



Рис. 238. Признаки живых организмов

Синтезированные молекулы белков, жиров и углеводов идут на обновление внутренних структур клеток, которое происходит постоянно, пока клетка жива; используются для деления и роста новых клеток. В свою очередь, ненужные вещества удаляются из клетки. Эти процессы называются пластическим обменом веществ, или ассимиляцией.

Существует также энергетический обмен, или диссимиляция, в результате которого происходит синтез и расщепление молекул АТФ на более простые молекулы. Выделяющаяся при этом энергия идет на нужды клетки. Молекулы АТФ, или аденозинтрифосфорной кислоты, единственный и универсальный источник энергии в клетке.



Рис. 239. Обмен веществ

В клетке происходит постоянное движение цитоплазмы, благодаря которому различные вещества и энергия перемещаются туда, где они в данный момент необходимы.

Растения - автотрофы, их клетки могут синтезировать органические вещества из углекислого газа и воды в процессе фотосинтеза. Фотосинтез представляет собой ряд последовательных химических реакций, протекающих в хлоропластах. С помощью хлорофилла растение преобразует энергию солнечного света, из бедных энергией молекул углекислого газа и воды растение образует богатые энергией углеводы и кислород, а кроме того, энергия запасается в виде АТФ.

Часть кислорода используется для клеточного дыхания, но большая его часть выделяется в атмосферу. В темноте фотосинтез прекращается, и кислород не образуется. Поскольку клеточное дыхание продолжается и в темноте, растение ночью выделяет углекислый газ.

Кроме углекислого газа, кислорода и воды, клетке еще необходимы минеральные вещества. Минералы входят в состав ферментов, встраиваются в клеточную стенку и т.д. Растение получает минеральные вещества в растворенном виде из почвы или воды.

Клеточное дыхание, или диссимиляция, - это процесс окисления органических веществ, чаще всего глюкозы и др. до углекислого газа и воды, в результате чего выделяется энергия, необходимая для жизне-

деятельности клетки. Окисление - это химическая реакция расщепления при участии кислорода. Таким образом, в результате клеточного дыхания растением потребляется кислород и выделяется углекислый газ. Этот процесс происходит и днем, и ночью в митохондриях. Энергия, выделившаяся при окислении, запасается впрок в виде молекул АТФ и используется клеткой по мере надобности. Наиболее интенсивно процессы дыхания происходят в молодых и делящихся клетках. По своей сути клеточное дыхание является противоположностью фотосинтеза, за исключением того, что фотосинтез протекает только на свету, днем, а дыхание - как на свету, так и ночью, в темноте.

Таблица 8

Отличительные признаки процесса фотосинтеза

№	Фотосинтез	Дыхание
1	Поглощение углекислого газа	Поглощение кислорода
2	Выделение кислорода	Выделение углекислого газа
3	Образование органических веществ из углекислого газа и воды	Разложение органических веществ на углекислый газ и воду
4	Поглощение из окружающей среды и расходование воды	Образование и выделение в окружающую среду воды
5	Поглощение солнечной энергии и накопление ее в органических веществах и АТФ	Высвобождение энергии и накопление ее в виде АТФ
6	Происходит только на свету	Происходит непрерывно на свету и в темноте
7	Протекает в хлоропластах	Протекает в митохондриях
8	Происходит в листьях и других зеленых частях растения	Протекает во всех клетках растения

***Существует два основных типа размножения:***

- половое;
- бесполое.

Для большинства видов растений характерно наличие и полового, и бесполого размножения. Каждый вид размножения имеет свои

преимущества. У разных групп растений в процессе эволюции сформировались различные органы и формы полового размножения.

### ***Половое размножение***

При этом типе размножения дочерние организмы появляются в результате слияния половых клеток.

Особенностью половых клеток (гамет) является то, что они имеют не двойной (диплоидный) набор хромосом, как все остальные клетки, а одинарный (гаплоидный).

При слиянии мужской и женской гамет образуется зигота. Это первая клетка нового организма, которая содержит двойной набор хромосом, причём половина из них получена от мужской, а половина от женской родительской клетки.

Мужские и женские гаметы могут образовываться на одном растении, а могут на разных.

Новые особи имеют благодаря половому процессу признаки обоих родительских организмов, что усиливает их способность к выживанию.

Высшей группой растений являются ***покрытосеменные или цветковые***.

Половые клетки (гаметы) развиваются в цветке:

- мужские – в тычинках (пыльниках);
- женские – в завязи пестика (в семязачатке).

Для того, чтобы произошёл процесс оплодотворения (соединения гамет), пыльца, содержащая мужские гаметы должна быть перенесена на пестик. Этому может содействовать ветер, насекомые, вода и даже человек.

Внутри пестика происходит слияние двух спермиев с двумя клетками (яйцеклеткой и центральной клеткой):

- 1 спермий + яйцеклетка = зигота (будущий зародыш);
- 2 спермий + центральная клетка = эндосперм (питательная ткань).

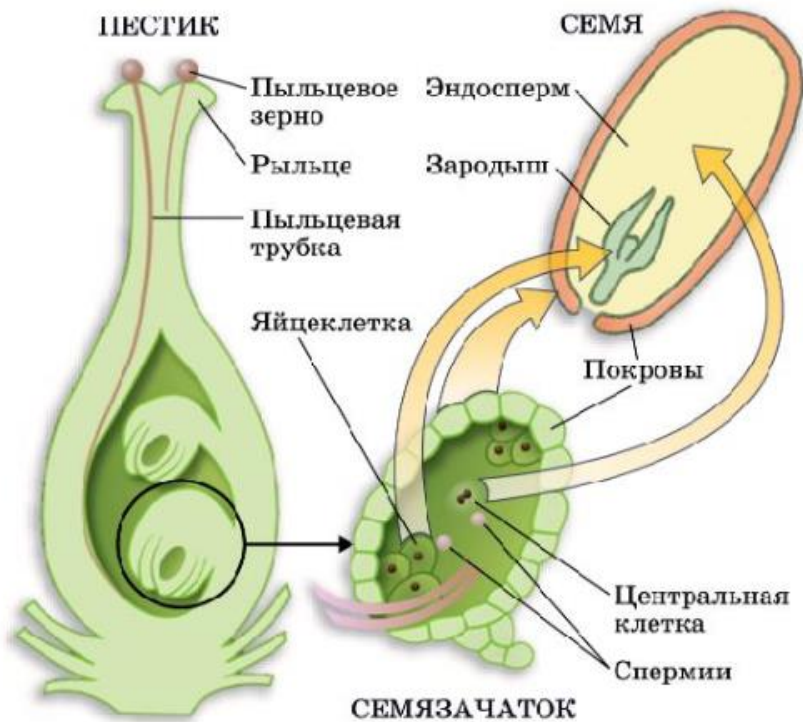


Рис. 240. Двойное оплодотворение

Тип размножения цветковых растений называется **двойным оплодотворением**.

После образования зиготы и эндосперма начинается процесс превращения цветка в плод, который содержит семена – зачатки нового поколения растений.

**Для голосеменных и споровых растений** характерно чередование полового и спорового поколения.

Из зиготы вырастает спорофит – поколение, на котором развиваются споры.

Из споры вырастает гаметофит, называемый также заростком. Это половое поколение, имеющее особые органы – гаметангии. В гаметангиях развиваются половые клетки. После выхода из гаметангиев мужские гаметы сливаются с женскими, образуя зиготу.





Рис. 241. Жизненный цикл голосеменных растений на примере Сосны обыкновенной

У голосеменных растений половой процесс происходит внутри шишек и не зависит от наличия воды. У споровых гаметы соединяются только в воде, поэтому споровые растения зависимы от фактора влажности.

Гаметофит голосеменных сильно редуцирован и состоит всего из нескольких клеток пыльцевого зерна. Он развивается в мужских и женских шишках. Ветер переносит пыльцу с мужской шишки на женскую, где и происходит оплодотворение и развитие семян.

*Для споровых* характерно различное соотношение спорофита и заростка в жизненном цикле. Так, у папоротникообразных заростки мелкие, преобладает бесполое поколение-спорофит.

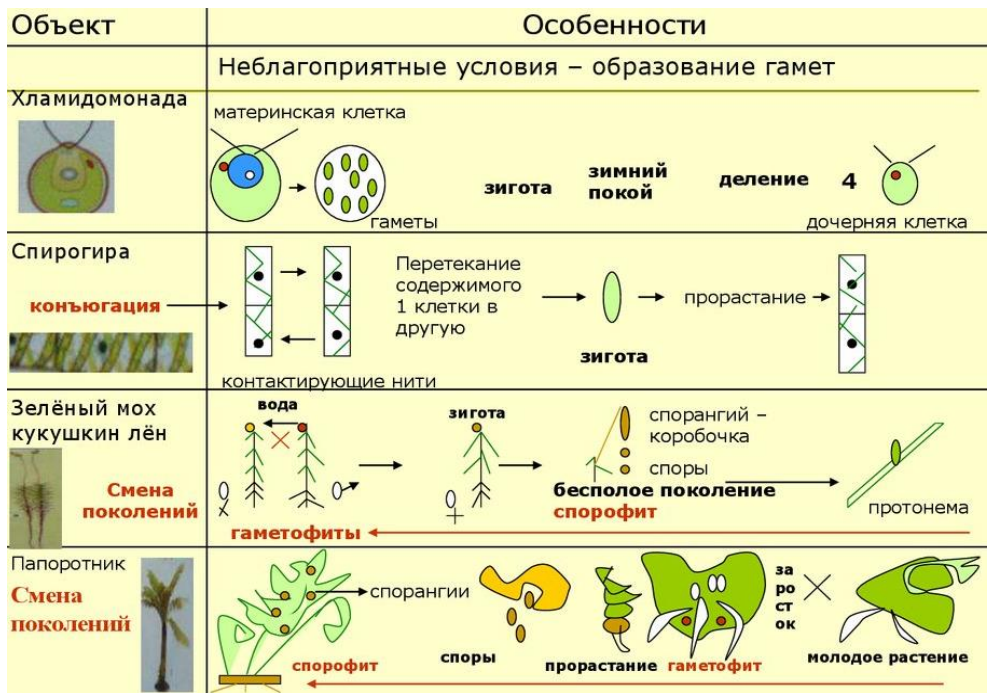


Рис. 242. Особенности полового размножения низших и высших споровых растений

У мхов, наоборот, гаметофит доминирует над спорофитом. Мхи имеют мужские и женские растения.

*Для водорослей* характерны различные формы полового размножения.

Некоторые многоклеточные водоросли имеют специальные клетки, в которых развиваются гаметы. Гаметы выходят в воду и образуют зиготу, из которой вырастает новый организм.

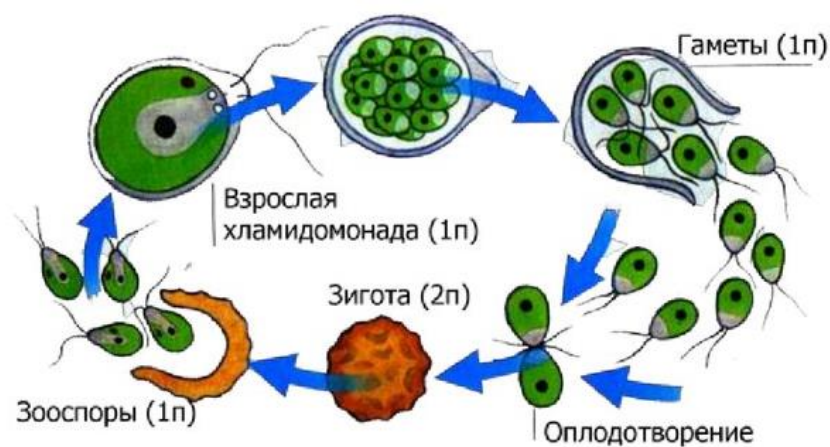


Рис. 243. Размножение водорослей на примере хламидомонады

Есть особый тип полового размножения, при котором не происходит увеличения числа организмов. Это конъюгация, – временное соединение клеток водорослей для обмена генетическим материалом.



Рис. 244. Половой процесс – конъюгация

Суть полового размножения – объединение генетической информации родительских особей в наследственном материале нового поколения.

Для ряда одноклеточных видов характерно слияние клеток. Оно наступает при неблагоприятных условиях. После слияния клетка покрывается защитной оболочкой и перестаёт двигаться.

При нормальных условиях клетка делится на 4 подвижные клетки нового поколения.

### ***Бесполое размножение***

Бесполом путём способны размножаться одноклеточные и многоклеточные растения. Многие цветковые растения облагают способностью размножаться половым (семенами) и бесполом (вегетативными органами) путём. Для бесполого размножения достаточно одной особи. Способы и примеры бесполого размножения у растений представлены в таблице.

Таблица 9

#### Бесполое размножение

<b><i>Способ</i></b>	<b><i>Особенности</i></b>	<b><i>Пример</i></b>
Деление	Характерно только для одноклеточных растений. В основу положен митоз – процесс непрямого деления, при котором дочерним клеткам достаётся одинаковое количество хромосом. Растения могут делиться на две и более части. Многократное деление под одной оболочкой называется шизогонией (хламидомонада)	Хлорелла, эвглена зелёная, плевроккок

Спорообразование	Образование многочисленных спор в специальных органах – спорангиях. При созревании спорангий прорывается, и лёгкие споры рассеиваются на больших территориях. Спора – это клетка, окружённая защитной оболочкой	Многоклеточные водоросли, папоротники, хвощ, мхи
Вегетативное размножение	Происходит путём регенерации растений. Размножение вегетативными органами растений (побегами, корнями). При создании благоприятных условий у разных растений могут прорасти листья, стебли, части корней. Может происходить естественно, например, с помощью усиков, или искусственно при вмешательстве человека	Клубника, ива, черёмуха, многоклеточные водоросли

Бесполое размножение у растений *бывает двух видов:*

- споровое;
- вегетативное.

*При споровом размножении* образуются специальные клетки – споры. Органами, в которых они развиваются являются спорангии. После созревания споры высыпаются из спорангиев и прорастают.

Оно характерно для следующих организмов:

- мхи и папоротники;
- водоросли;
- грибы.

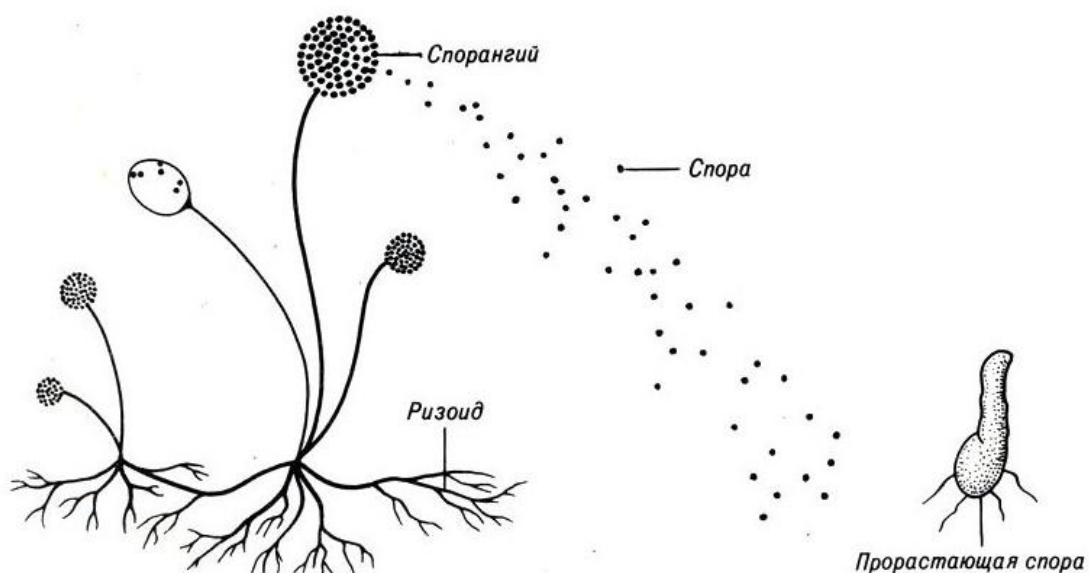


Рис. 245. Бесполое размножение спорами



Споры также образуются у бактерий, однако бактериальные споры не принимают участия в размножении. Они неактивны и служат надёжной защитой для бактерий в неблагоприятных условиях среды.

**Спора** - это специализированная клетка, в состав которой входят ядра с небольшим запасом питательных веществ и цитоплазма. Каждая спора в состоянии дать жизнь новому организму.



Рис. 246. Растительная спора

Споры покрыты плотной оболочкой, благодаря которой долгое время могут переносить неподходящие условия. Попадая в благоприятную среду, споры прорастают, образуя новые растения.

У наземных растений и грибов споры не способны к самостоятельному передвижению. Однако у большинства водорослей споры имеют жгутики, благодаря которым передвигаются в воде. Подобная разновидность спор называется зооспоры.

#### ***Особенности размножения спорами***

Споры образуются в специальных органах бесполого размножения: спорангиях или зооспорангиях. У водорослей практически любая клетка может выполнять функцию спорангия, в то время как у высших растений это многоклеточный орган.

Растение, на котором образуются споры, называется спорофитом. Они могут быть двух видов:



- Равноспоровые - растения, у которых образующиеся споры имеют одинаковые размеры.

- Разноспоровые - растения, у которых споры отличаются между собой по величине и физиологическим характеристикам. Разноспоровость чаще всего встречается у высших растений.

У всех наземных растений, а также у наиболее высокоорганизованных водорослей и мхов наблюдается чередование поколений.

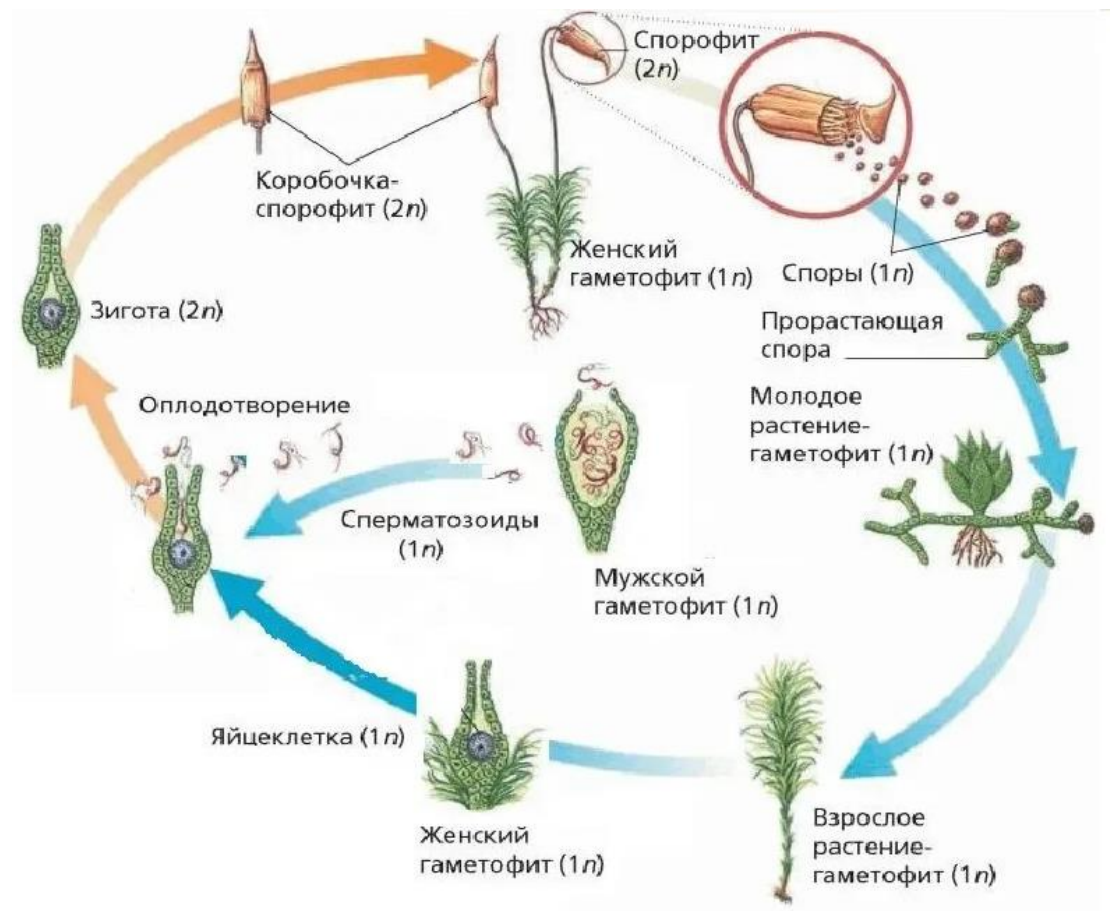


Рис. 247. Жизненный цикл чередования поколений у мхов

Бесполое поколение спорофитов, размножающееся спорами, сменяется поколением гаметофитов, которые размножаются половыми клетками – гаметами:

- из споры вырастает половое поколение, гаметофит, размножающийся гаметами;

- из зиготы вырастает спорофит, бесполое поколение, размножающееся спорами.

Так обеспечивается разнообразие растений, так как «дети» всегда отличаются от «родителей».

К преимуществам размножения спорами относят:

- Вариативность генетического материала.
- Образование большого количества спор, что приводит к высокой интенсивности размножения.
- Освоение новых территорий. Благодаря малым размерам и низкому весу споры переносятся на большие расстояния.
- Наличие плотной оболочки у споры, которая является надёжной защитой от неблагоприятных условий среды.

Известные нам внешне споровые растения являются бесполом поколением.

### ***Вегетативное размножение***

При этом типе размножения новые особи появляются из частей материнского организма. Способы вегетативного размножения растений различны.

Вегетативное размножение - это бесполое размножение семенных растений при помощи регенерации вегетативных органов или отдельных их частей: корня, побега, листка, группой соматических клеток этих органов.

Такой тип размножения основывается на склонности растений регенерировать - восстанавливать и возобновлять органы или части тела, которые были потеряны. У растений практически безграничные возможности регенерации. Новые растения легко получают из цветоножки, тычинки, а в некоторых случаях - даже из одной клетки.

Вегетативным способом в естественных условиях не размножаются только некоторые семенные одно- и двухлетние растения.

Такой вид размножения растений - приспособление, используемое растением для образования потомства в случае отсутствия благоприятных условий для полового размножения.

Вегетативное размножение предполагает повторение набора генов родительской формы у потомства. Этот момент является крайне важным для сохранения признаков.

Совокупность этих особей называют клоном.

Клон - популяция клеток или особей, которые образуются в результате бесполого деления из одной клетки или особи.

Термин «клон» первым предложил британский генетик Джон Бардон Сандэрсон Хэлдан.

Серьезные видоизменения органов растений - результат усиления функции вегетативного размножения.

### ***Виды вегетативного размножения***

Специализированные побеги вегетативного размножения - это надземные и подземные столоны, корневища, клубни, луковицы и др.

### ***Размножение корнем***

Корни очень часто участвуют в процессе вегетативного размножения. Некоторые растения образуют на корнях придаточные почки, из которых появляются придаточные ростки. Среди таких растений - вишня, ольха, слива, малина, калина, осина, осот, сирень.

Новые особи появляются, когда эти ростки укореняются с последующим отделением от материнского растения.

Очень много растений размножается при помощи корневых ростков, развивающихся из придаточных почек. Эти придаточные почки закладываются на корнях - как у вишни, осины, малины, сирени, ежевики, хрена, щавеля.

В естественных условиях также можно встретить вариант вегетативного размножения при помощи корневых отсадок. К примеру, у дикого винограда, смородины, крыжовника.



Рис. 248. Размножение корнями

### ***Размножение корневищем***

Какие растения размножаются корневищами? Размножение корневищами присуще части многолетних травянистых растений, таких как пырей, ирис, мелисса, душица, мята, тысячелистник.

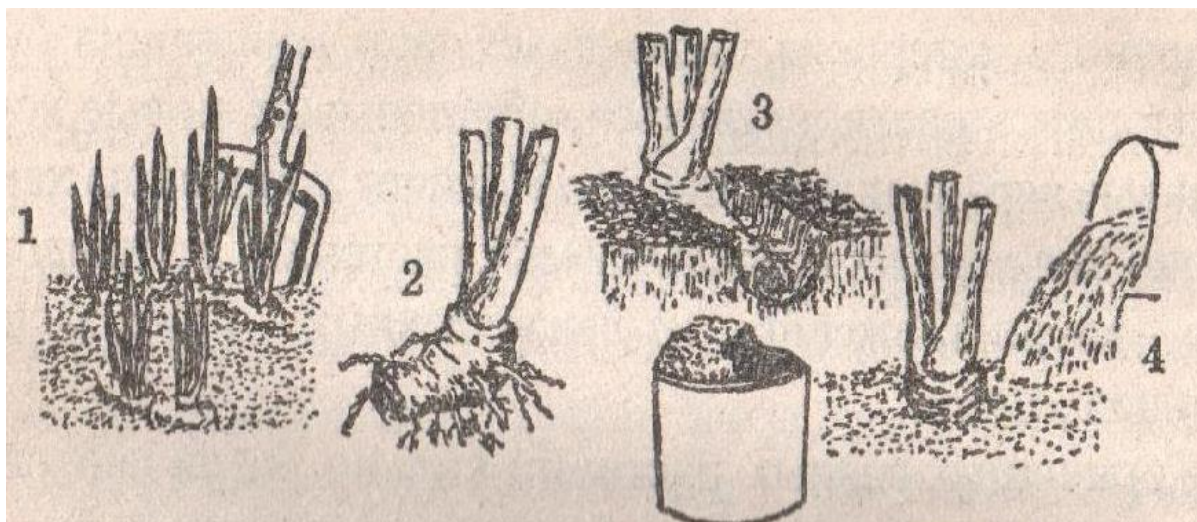


Рис. 249. Размножение корневищем: 1 – выкопка; 2 – кусок корневища; 3 – укладка корневища; 4 – засыпка землей

### ***Размножение столонами***

Столоны - вытянутые боковые побеги растений, у которых есть удлиненные междоузлия, недоразвитые листочки и пазушные почки.



Рис. 250. Столоны

На пазушных почках формируются укороченные побеги - такие как клубни картофеля, луковички тюльпана, розеточные побеги. Они характеризуются тем, что достаточно рано отмирают.



### ***Размножение клубнями***

Клубень является видоизмененным укороченным побегом растения, отличающимся примерно округлой формой.

Клубень образуется в результате разрастания одного или нескольких междоузлий с редуцированными листьями.

Клубень стеблевого происхождения - вариант размножения картофеля и топинамбура.

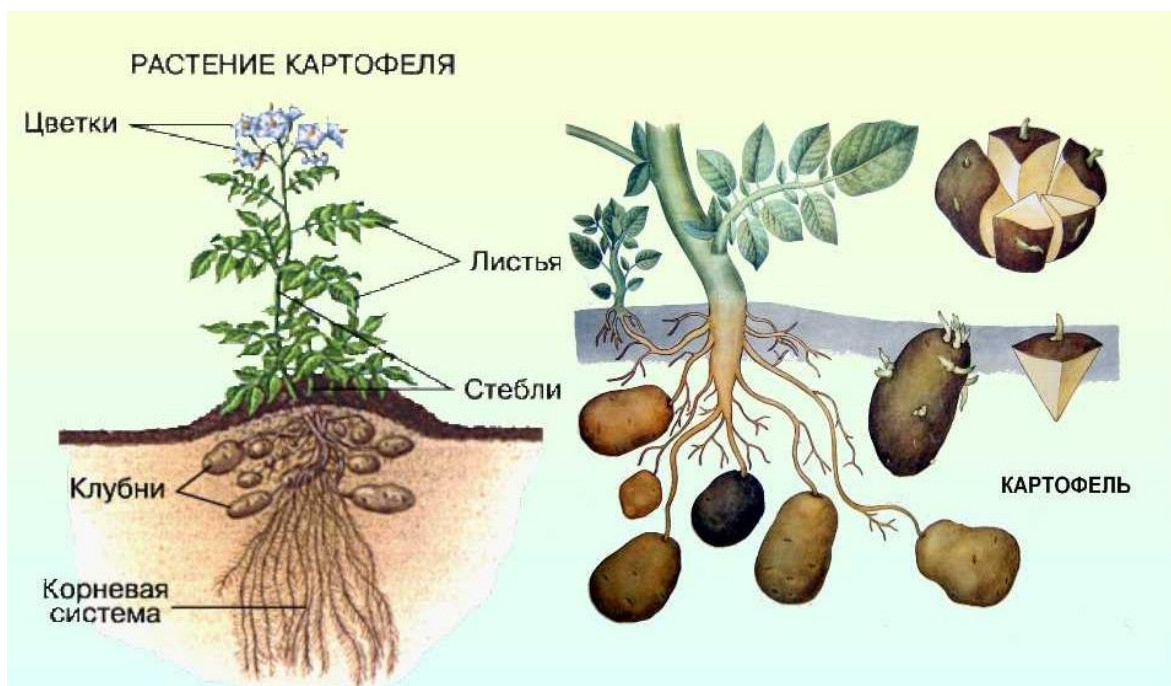


Рис. 251. Размножение клубнями

Примеры вегетативного размножения с помощью мясистых корневых клубней - георгины, чистец весенний и батат.

### ***Размножение луковичами***

Луковичи - видоизмененные подземные побеги растений с утолщенным коротким плоским стеблем и мясистыми бесцветными пленчатыми основами листьев.

Такие листья запасают воду и питательные вещества, а также участвуют в вегетативном размножении.

Луковичи как орган вегетативного размножения характерны для травянистых растений, принадлежащих семейству Лилейных, Амариллисовых и некоторых других. К примеру, луковичами размножаются тюльпаны, гиацинты, лилии, нарциссы.





Рис. 252. Размножение луковицами

***Размножение побегами***

Отделенные части побегов - вариант вегетативного размножения у таких растений как ряска, верба, элодея, традесканция.

Еще есть надземные ползучие побеги (усы), которыми активно размножаются земляника, костяника, лапчатка, ястребинка.

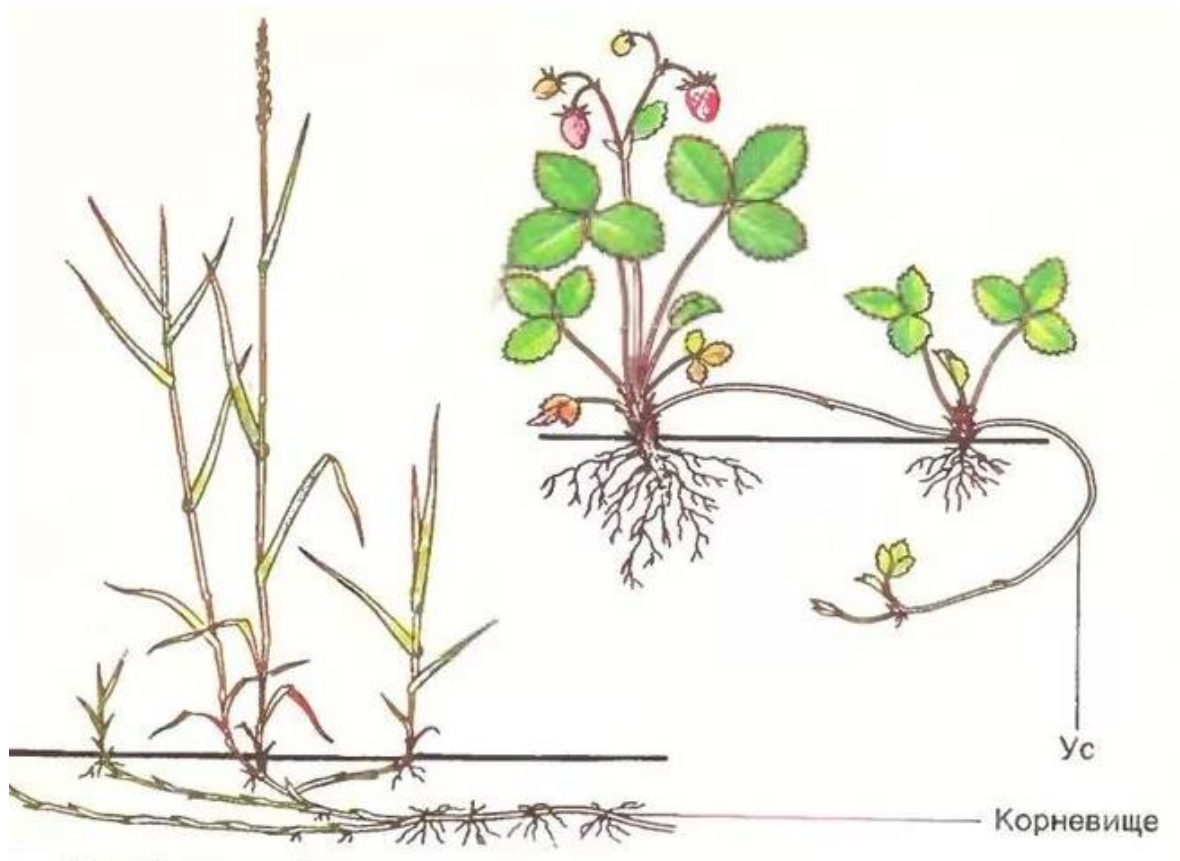


Рис. 253. Размножение побегами

Также встречается вариант размножения с помощью выводковых почек (бриофиллум, очиток) или луковичек (лилия, мятлик луговой), которые образуются у некоторых растений в пазухах листьев или в соцветиях.

#### ***Размножение листьями***

С помощью листьев растения в природе размножаются не так активно и часто.

К примеру, таким способом размножается сердечник луговой. На листьях этого растения, расположенных у основания побега и прилегающих к субстрату, формируются придаточные почки.

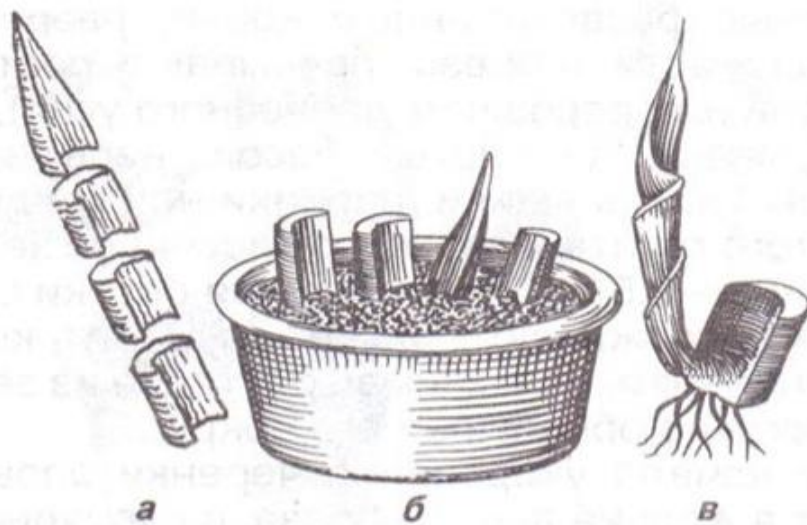


Рис. 254. Размножение частями листа: а – листовые черенки; б – посадка листовых черенков; в – молодое растение

Вегетативное размножения растений осуществляется в результате прорастания почек и дальнейшего укоренения новых побегов.

Сравним особенности разных способов размножения растений в таблице

Таблица 10

Сравнительная характеристика способов размножения

	Сущность	Преимущества
Половое	Слияние гамет	Образование особей с новым набором признаков
Споровое	Из специальных клеток вырастают гаметофиты – растения полового поколения	Широкое расселение за счёт лёгкости спор
Вегетативное	Осуществляется за счёт регенерации	Скорость и независимость от погодных условий и наличия опылителей

Размножение – одно из основных свойств растительной и животной клетки. Клетки в растении размножаются путём деления. Известны 4 способа деления растительной клетки: amitoz, mitoz, endomitoz, meioz.

**Амитоз** – прямое деление – суть его состоит в том, что при этом способе в начале происходит простое деление ядра на два путём образования перетяжки, затем начинает делиться протопласт.

Амитоз – наиболее простой процесс, чем митоз или мейоз. Амитоз у эукариотов встречается довольно редко и более свойственен прокариотам. Это более быстрый и экономичный процесс, чем митоз. Наблюдается при стремительном восстановлении тканей. Амитозом делятся стареющие клетки и клетки ткани, которые в дальнейшем не будут делиться митотическим способом. Чаще всего это группа клеток, выполняющая строго определённые функции.

**Амитоз наблюдается:**

- при увеличении корневого чехлика;
- в клетках эпителия;
- при росте лука;
- в рыхлой соединительной ткани;
- в хрящевой ткани;
- в мускулатуре;
- в клетках зародышевых оболочек;
- при увеличении тканей водорослей;
- в клетках эндосперма.

***Основные особенности амитоза, по сравнению с митозом:***

- не сопровождается перестройкой всей клетки;
- отсутствует веретено деления;
- не происходит спирализация хроматина;
- не выявляются хромосомы;
- отсутствие репликации (удвоения) ДНК;
- генетический материал распределяется неравномерно;
- образовавшаяся клетка не способна к митозу.

Амитоз может происходить в опухолевых тканях. При неравномерном распределении генетического материала образуются дефектные эукариотические клетки с нарушенными внутриклеточными процессами.

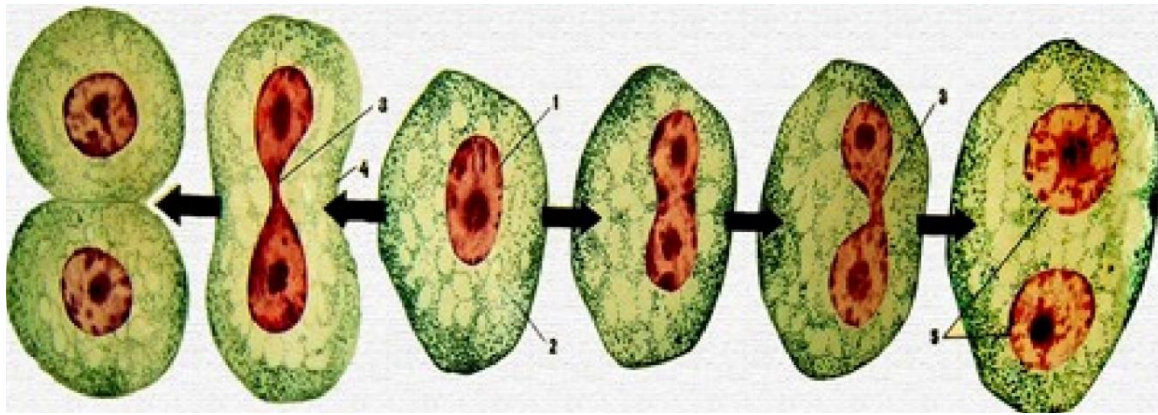


Рис. 255. Амитотическое деление клетки: 1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – перешнуровка ядра 4 – цитотомия; 5 – двуядерная клетка

Амитоз – простой и редкий способ деления клеток, который мало изучен. Известно, что амитоз происходит за счёт простой перетяжки (инвагинации) кариолеммы – ядерной оболочки, что приводит к разделению родительской клетки на две части. Во время деления клетка находится в интерфазе, т.е. в состоянии роста и развития, никак не подготавливаясь к делению. Процесс амитоза описан в таблице.

Таблица 11

#### Фазы амитоза

Фазы	Происходящие процессы	Результат
Кариокинез	Образование перетяжки ядра. Постепенное углубление перетяжки разделяет ядро пополам	Образуется два ядра с неравномерным распределением генетической информации
Цитокинез	Разделение цитоплазмы с находящимися в ней органоидами на две части. Образуется перетяжка, делящая всю клетку пополам	Образуется две дочерние клетки с ядрами и неравномерным количеством оргanelл

Не всегда при амитозе происходит цитокинез, т.е. деление тела клетки – цитоплазмы со всем её содержимым. В этом случае образуется два и более ядра под одной оболочкой (многоядерная клетка), что может приводить к образованию колоний (дрожжи).

Амитоз имеет биологическое значение для быстрого восстановления тканей, размножения одноклеточных эукариотических и прокариотических организмов. Амитоз свойственен дрожжам, размножающимся бесполом путём (почкованием), бактериям, лейкоцитам человека.



Бактерии и другие прокариоты не имеют ядра. Поэтому амитоз происходит несколько иначе. Сначала удваивается кольцевая ДНК, прикрепленная к складке цитоплазматической мембраны (мезосоме). Затем между двумя закрепленными на мезосомах ДНК образуется перетяжка, разделяющая клетку пополам. Такое деление часто называют простым или бинарным.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Размножение растений путем деления.
2. Размножение спорами.
3. Естественное вегетативное размножение.
4. Размножение фрагментацией и делением кустов.
5. Размножение надземными побегами (усами, отводками, стеблевыми черенками).
6. Основные способы и особенности размножения прививкой.
7. Основные способы размножения подземными побегами.
8. Основные способы размножения корнями.
9. Основные способы размножения растений листьями.
10. Размножение культурой ткани.
11. Преимущества полового размножения.
12. Характеристика основных типов половых процессов (хологамия, конъюгация, изогамия, гетерогамия, оогамия).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ботаника представляет собой базовую дисциплину для фармакогнозии – одного из специальных предметов в системе подготовки провизора.

Особое внимание в пособии уделено анатомии, морфологии, систематике и географии растений, т. е. тем разделам ботаники, которые наиболее тесно связаны с основными разделами фармакогнозии. Не так подробно излагаются сведения по физиологии и размножению растений. Знания об этом студенты могут почерпнуть из курсов по биологии и биохимии. Полностью исключен раздел генетики, поскольку его материал также составляет часть курса биологии.

Для успешной профессиональной деятельности в области флористики, садово-паркового и ландшафтного строительства будущим специалистам необходимо знать основы биологии и экологии растительных организмов, особенности их влияния друг на друга, закономерности протекания процессов жизнедеятельности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белякова, Г. А. Ботаника. В 4 томах. Том 1. Водоросли и грибы / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. - Москва: Мир, 2010. - 320 с.
2. Билич, Г. И. Биология. Полный курс. В 4 томах. Том 2. Ботаника / Г.И. Билич, В.А. Крыжановский. - М.: Оникс, 2012. - 544 с.
3. Билич, Г. Л. Биология. Полный курс. В 3 томах. Том 2. Ботаника / Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский. - М.: Оникс, 2009. - 544 с.
4. Богданов, П.Л. Ботаника. Морфология и систематика растений / П.Л. Богданов. - М.: М.-Л.: Гослесбумиздат, 1977. - 348 с.
5. Ботаника / Под редакцией Т.Ю. Татаренко-Козминой. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 128 с.
6. Ботаника и Зоология. 7 класс. - М.: ИДДК, 2010. - 845 с.
7. Ботаника. В 4 томах. Том 2. Физиология растений / П. Зитте и др. - М.: Academia, 2008. - 496 с.
8. Ботаника. В 4 томах. Том 3. Эволюция и систематика / П. Зитте и др. - М.: Академия, 2007. - 576 с.
9. Ботаника. В 4 томах. Том 4. Экология / П. Зитте и др. - М.: Академия, 2007. - 272 с.
10. Ботаника. Курс альгологии и микологии. - М.: МГУ, 2007. - 560 с.
11. Васильева, Е.А. Ботаника / Е.А. Васильева. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 480 с.
12. Долгачева, В. С. Ботаника / В.С. Долгачева, Е.М. Алексахина. - М.: Академия, 2007. - 416 с.
13. Зайчикова, С. Г. Ботаника / С.Г. Зайчикова, Е.И. Барабанов. - Москва: Огни, 2013. - 304 с.
14. Захарова, Ольга Алексеевна Ботаника Как Наука / Захарова Ольга Алексеевна. - Москва: ИЛ, 2012. - 422 с.
15. Келлер, Б. А. Ботаника / Б.А. Келлер. - М.: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы, 1998. - 472 с.
16. Комарницкий Ботаника (систематика растений) / Комарницкий, Н.А. и. - М.: Просвещение, 1975. - 608 с.
17. Комарницкий, Н. А. Ботаника / Н.А. Комарницкий. - М.: ЁЁ Медиа, 1975. - 618 с.
18. Корчагина, В.А. Ботаника / В.А. Корчагина. - М.: Просвещение; Издание 17-е, перераб., 1984. - 256 с.

19. Лазаревич, С. В. Ботаника / С.В. Лазаревич. - М.: ИВЦ Минфина, 2012. - 480 с.
20. Марина, А. В. Биология. 6 класс. Уроки ботаники. Конспекты уроков для учителя / А.В. Марина. - М.: Владос, 2003. - 176 с.
21. Огуреева, Галина Ботаника / Галина Огуреева, Инесса Микляева. - Москва: Наука, 2008. - 236 с.
22. Суворов, В.В. Ботаника с основами геоботаники / В.В. Суворов. - М.: Арис, 2012. - 611 с.
23. Тарасов, А. Ботаника, зоология, химия. Книга для учащихся и учителей / А. Тарасов. - М.: Русич, 2001. - 256 с.
24. Тимонин, А. К. Ботаника. В 4 томах. Том 3. Высшие растения / А.К. Тимонин. - М.: Академия, 2007. - 352 с.
25. Тимонин, А. К. Ботаника. В 4 томах. Том 4. Систематика высших растений. В 2 книгах. Книга 1 / А.К. Тимонин, В.Р. Филин. - М.: Академия, 2009. - 320 с.
26. Тимонин, А. К. Ботаника. В 4 томах. Том 4. Систематика высших растений. В 2 книгах. Книга 2 / А.К. Тимонин, Д.Д. Соколов, А.Б. Шипунов. - М.: Академия, 2009. - 352 с.
27. Чебышев, Н. В. Биология. Пособие для поступающих в ВУЗы. Том 2. Ботаника. Анатомия. Эволюция и экология / Н.В. Чебышев, С.В. Кузнецов, С.Г. Зайчикова. - М.: Оникс, Новая Волна, 2006. - 412 с.
28. Яковлев, Г. П. Ботаника / Г.П. Яковлев, В.А. Челомбитько, В.И. Дорофеев. - М.: СпецЛит, 2008. - 688 с.
29. Яковлев, Г. П. Ботаника / Г.П. Яковлев, В.А. Челомбитько. - М.: Высшая школа, 1990. - 368 с.
30. Яковлев, Г.П. Ботаника для учителя / Г.П. Яковлев, Л.В. Аверьянов. - М.: Просвещение, 1996. - 560 с.

*Учебное электронное издание*

## БОТАНИКА

Учебное пособие

Автор-составитель  
ШЕНТЕРОВА Екатерина Михайловна

*Издается в авторской редакции*

**Системные требования:** Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;  
дисковод CD-ROM.

**Тираж 25 экз.**

Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
Изд-во ВлГУ  
rio.vlgu@yandex.ru

Институт биологии и экологии  
кафедра почвоведения, агрохимии и лесного дела  
k.vlgu@yandex.ru