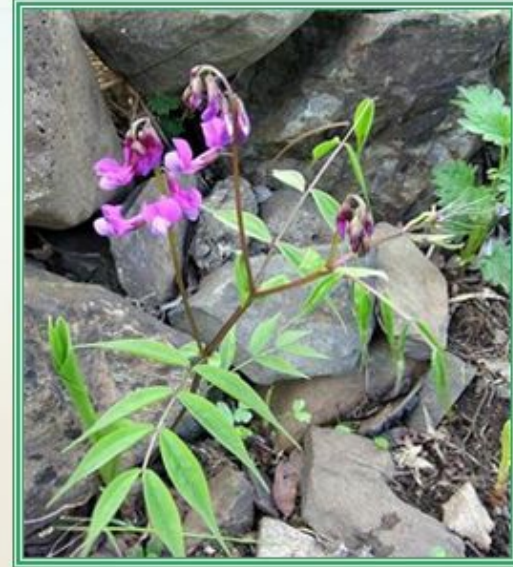


Многообразие живой природы

Иерархия и таксономия

Царство	Растения
Отдел	Покрытосеменные
Класс	Двудольные
Порядок	Бобовые
Семейство	Бобовые
Род	Чина
Вид	Чина весенняя



Царство	Животные
Тип	Членистоногие
Класс	Насекомые
Отряд	Чешуекрылые
Семейство	Парусники
Род	Парусники
Вид	Махаон александр



Бинарная номенклатура (Карл Линней)

Parus

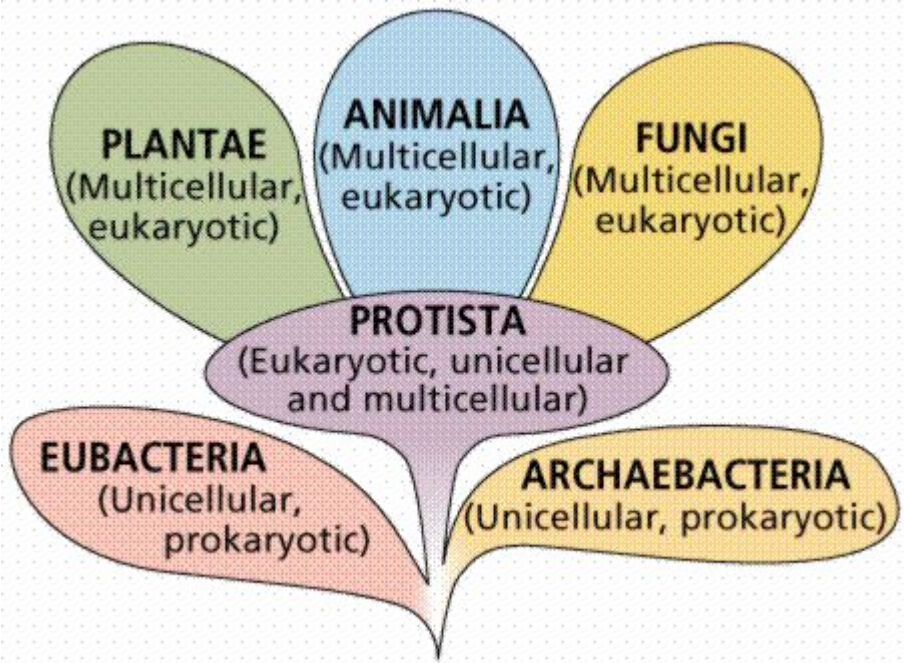
Родовое название

major

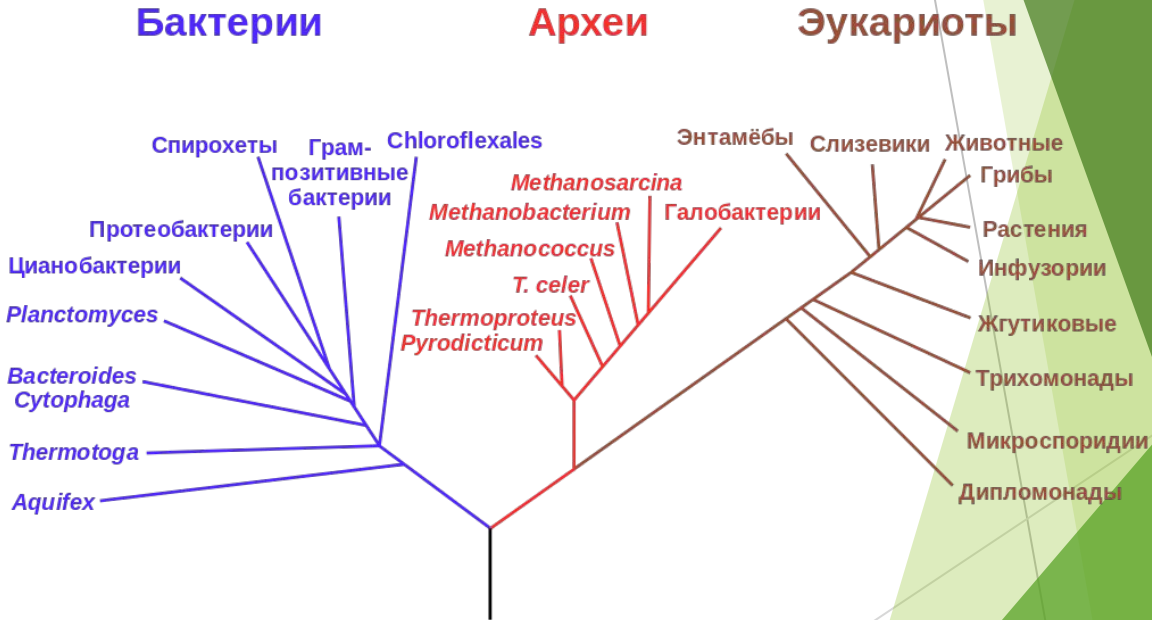
Видовое название



Филогения - наука, изучающая закономерности развития живого. Современная филогения основывается на данных геномных исследований

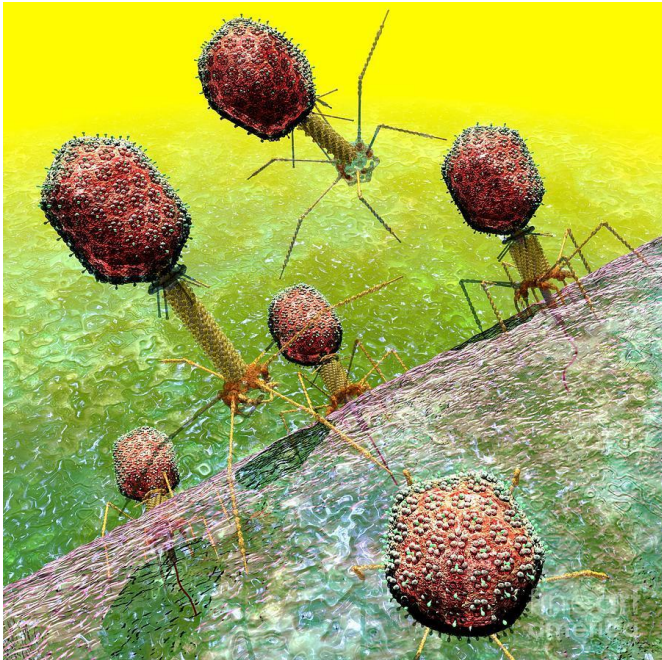


Филогения живых организмов



Вирусы - вне классификации

- ▶ Неклеточная форма жизни.
- ▶ Внутриклеточный паразит.
- ▶ Не проявляет свойств живого вне клетки-хозяина.
- ▶ Поражают клетки бактерий, грибов, растений, животных.
- ▶ В эволюции вирусы являются важным средством горизонтального переноса генов, обуславливающего генетическое разнообразие



Вирусы бактерий -
бактериофаги



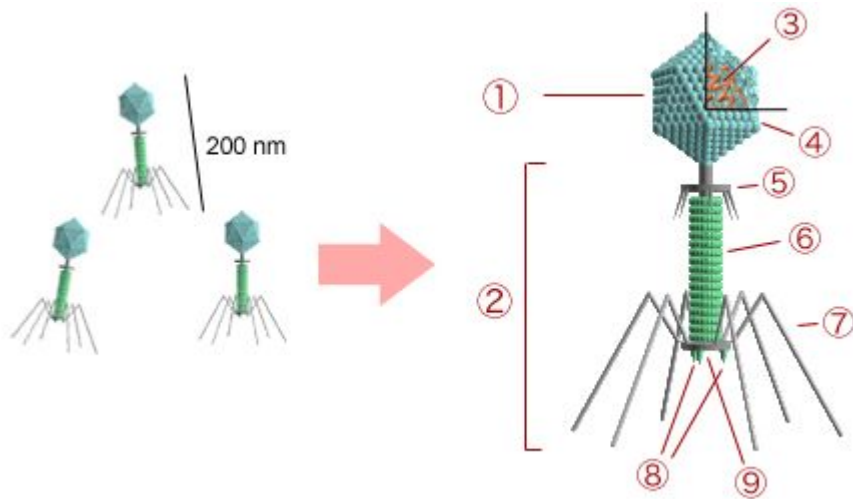
Вирусы растений,
например, вирус
табачной мозаики



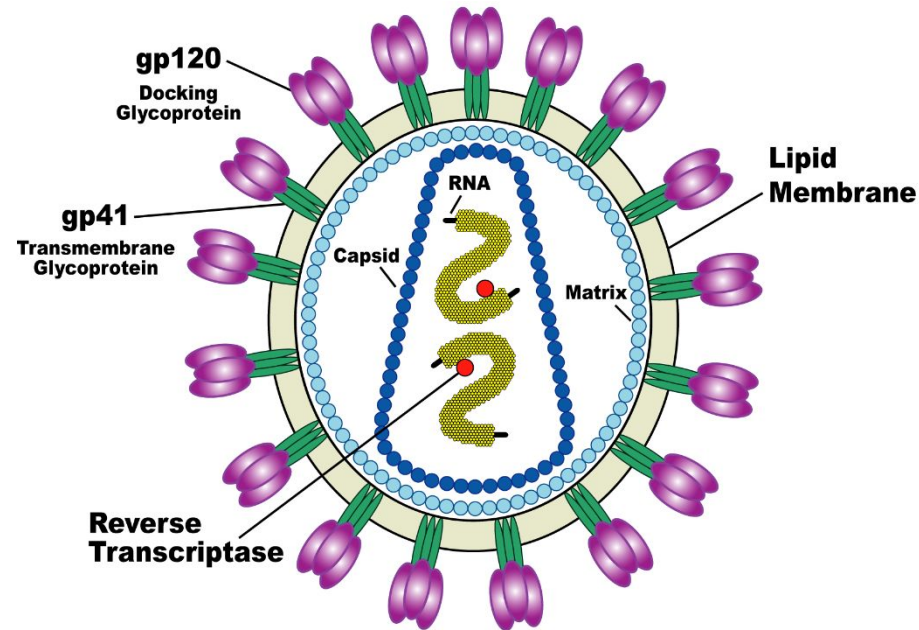
Вирусы животных,
например, ВИЧ

Строение вирусов

- ▶ Наследственный материал
- ▶ Белковая оболочка - капсид
- ▶ Иногда - дополнительная липидная оболочка (по происхождению - мембрана клетки-хозяина)
- ▶ Размеры - от 20 до 300 нм (чаще всего - мельче бактерий, не видны в световой микроскоп без специальных подходов)



Строение бактериофагов 1 – головка, 2 – хвост, 3 – нуклеиновая кислота, 4 – капсид, 5 – «воротничок», 6 – белковый чехол хвоста, 7 – фибрилла хвоста, 8 – шипы, 9 – базальная пластинка



Строение ВИЧ

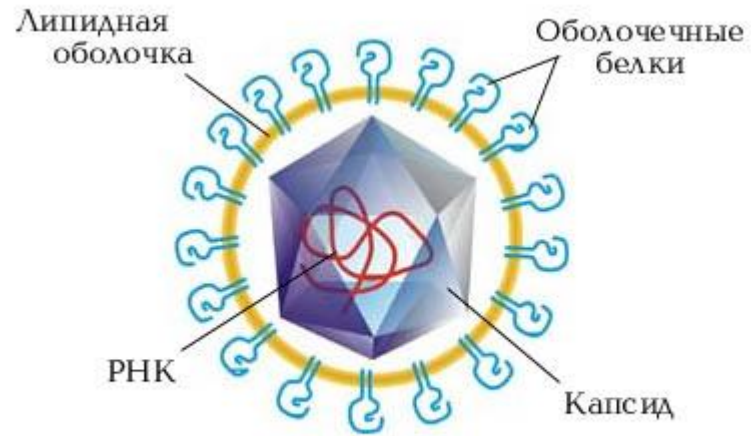
Формы капсида

- ▶ **Спиральный.** Эти капсиды состоят из одного типа капсомеров, уложенных по спирали вокруг центральной оси. В центре этой структуры может находиться центральная полость или канал. Такая организация капсомеров приводит к формированию палочковидных и нитевидных вирионов: они могут быть короткими и очень плотными или длинными и очень гибкими. Генетический материал, как правило, представлен одноцепочечной РНК (в некоторых случаях одноцепочечной ДНК) и удерживается в белковой спирали ионными взаимодействиями между отрицательными зарядами на нуклеиновых кислотах и положительными зарядами на белках. В целом, длина спирального капсида зависит от длины окружённой им нуклеиновой кислоты, а диаметр определяется размером и расположением капсомеров. Примером спирального вируса может служить вирус табачной мозаики.
- ▶ **Икосаэдрический.** Большинство вирусов животных имеют икосаэдрическую или почти шарообразную форму с икосаэдрической симметрией. Правильный икосаэдр является оптимальной формой для закрытого капсида, сложенного из одинаковых субъединиц. Минимальное необходимое число одинаковых капсомеров — 12, каждый капсомер состоит из пяти идентичных субъединиц. Многие вирусы, такие как ротавирус, имеют более двенадцати капсомеров и выглядят круглыми, но сохраняют икосаэдрическую симметрию. Капсомеры, находящиеся в вершинах, окружены пятью другими капсомерами и называются пентонами. Капсомеры треугольных граней имеют 6 соседей-капсомеров и называются гексонами. Гексоны, по существу, являются плоскими, а пентоны, образующие 12 вершин, — изогнутыми. Один и тот же белок может выступать субъединицей и пентомеров, и гексамеров, или же они могут состоять из различных белков.
- ▶ **Продолговатый.** Продолговатыми называют икосаэдрические капсиды, вытянутые вдоль оси симметрии. Такая форма характерна для головок бактериофагов.
- ▶ **Комплексный.** Форма этих капсидов ни чисто спиральная, ни чисто икосаэдрическая. Они могут нести дополнительные наружные структуры, такие как белковые хвосты или сложные наружные стенки. Некоторые бактериофаги, такие как фаг Т4, имеют комплексный капсид, состоящий из икосаэдрической головки, соединённой со спиральным хвостом, который может иметь шестигранное основание с отходящими от него хвостовыми белковыми нитями. Этот хвост действует наподобие молекулярного шприца, прикрепляясь к клетке-хозяину и затем впрыскивая в неё генетический материал вируса.

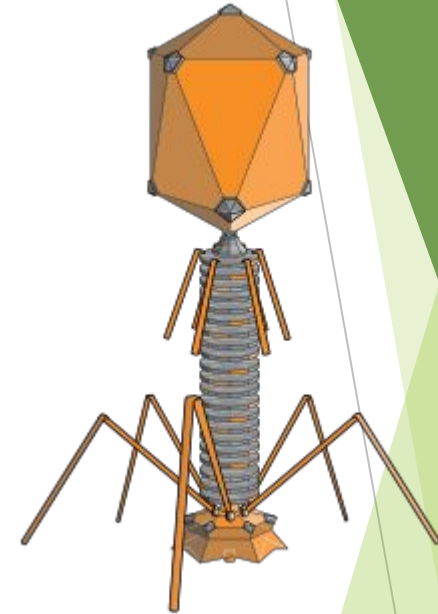
Формы капсида



Спиральный - вирус табачной мозаики



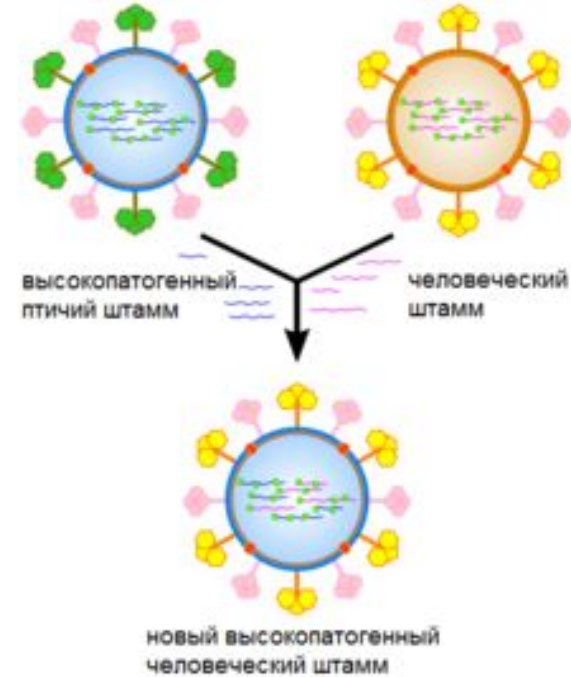
Икосаэдр - вирус гепатита А



Продолговатый - головка бактериофага

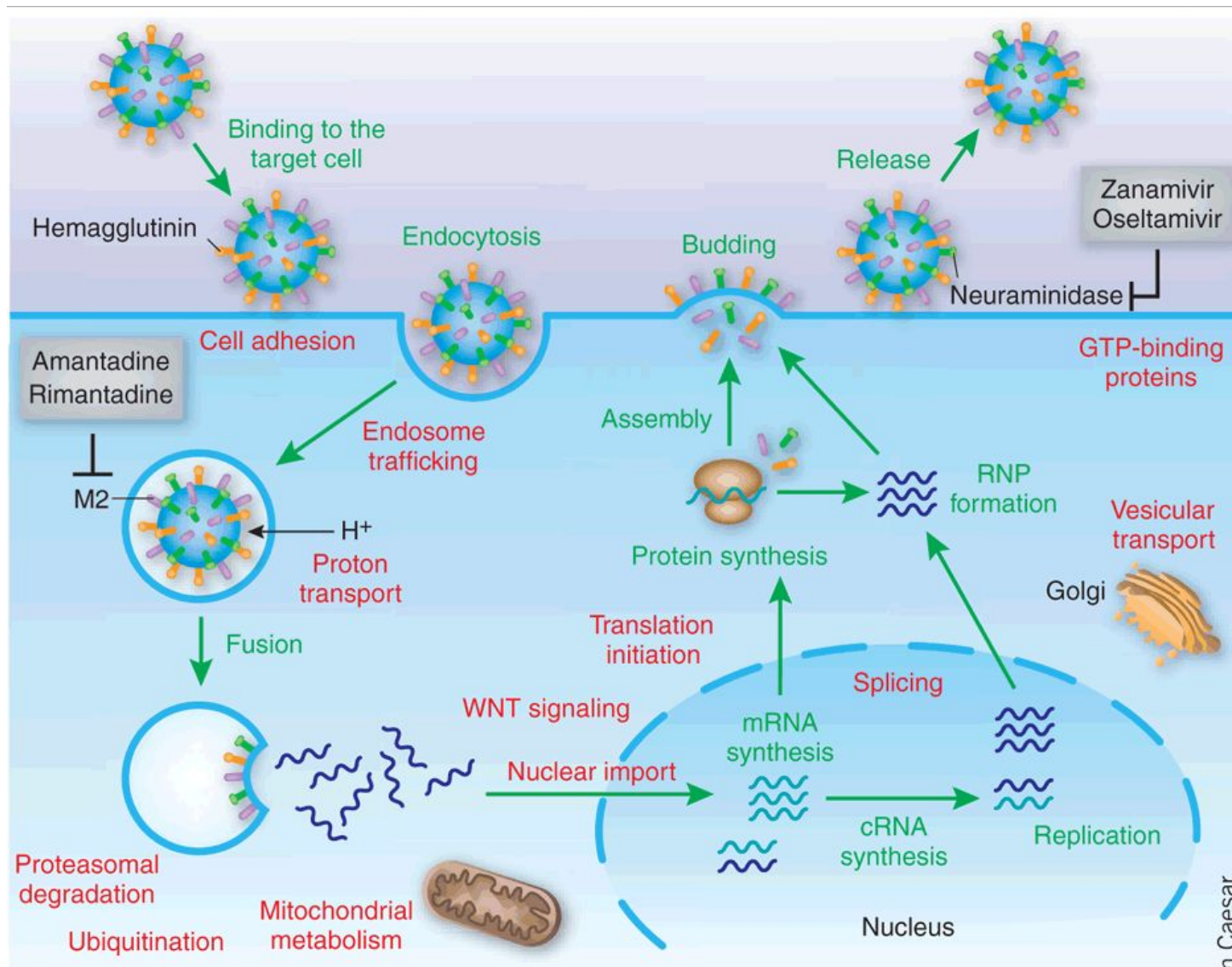
Геном вирусов

- ▶ Одно- или двухцепочечная РНК или ДНК (всего возможно 4 варианта).
- ▶ Может быть кольцевым или линейным.
- ▶ Иногда сегментирован (состоит из нескольких частей). Потеря сегментов не всегда критична.
- ▶ Размер генома широко варьирует у различных видов. Самым маленьким одноцепочечным ДНК-геномом обладает цирковирус из семейства *Circoviridae*: его геном кодирует лишь два белка и содержит всего 2000 нуклеотидов. Один из самых крупных геномов обнаружен у мимивируса: он содержит свыше 1,2 млн. пар оснований и кодирует более тысячи белков.
- ▶ Генетические изменения происходят у вирусов по разным механизмам. В их число входят случайные замены отдельных оснований в РНК или ДНК. В большинстве случаев эти точечные мутации являются «молчащими» — они не изменяют структуру белков, кодируемых мутантными генами, но иногда в результате таких изменений вирус может приобрести эволюционные преимущества, такие как устойчивость к противовирусным препаратам. Дрейф генов имеет место тогда, когда в геноме вируса происходят масштабные изменения. Это может быть результатом рекомбинации или реассортимента. Когда это случается с вирусом гриппа, результатом может стать пандемия. Генетическая рекомбинация — это процесс внесения разрыва в молекулу нуклеиновой кислоты с последующим «сшиванием» её с другими молекулами нуклеиновой кислоты. Рекомбинация может происходить между геномами двух вирусов, когда они заражают клетку одновременно. Исследования эволюции вирусов показали, что у изученных видов рекомбинация широко распространена. Рекомбинация характерна как для РНК-, так и для ДНК-содержащих вирусов.



Реассортимент
генов

Жизненный цикл вирусов



► <https://www.youtube.com/watch?v=ulut0oVWCEg>

Жизненный цикл вирусов

Вирусы не размножаются клеточным делением, поскольку не имеют клеточного строения. Вместо этого они используют ресурсы клетки-хозяина для образования множественных копий самих себя, и их сборка происходит внутри клетки. Условно жизненный цикл вируса можно разбить на несколько взаимоперекрывающихся этапов (обычно выделяют 6 этапов):

- ▶ Прикрепление представляет собой образование специфичной связи между белками вирусного капсида и рецепторами на поверхности клетки-хозяина. Это специфичное связывание определяет круг хозяев вируса. Например, ВИЧ поражает только определённый тип человеческих лейкоцитов. Это связано с тем, что оболочечный гликопротеин вируса gp120 специфично связывается с молекулой CD4 – хемокиновым рецептором, который обычно встречается на поверхности CD4-положительных Т-лимфоцитов. Этот механизм обеспечивает инфицирование вирусом только тех клеток, которые способны осуществить его репликацию. Связывание с рецептором может вызвать конформационные изменения белка оболочки (или белка капсида в случае безоболочечного вируса), что в свою очередь служит сигналом к слиянию вирусной и клеточной мембран и проникновению вируса в клетку.
- ▶ Проникновение в клетку. На следующем этапе вирусу необходимо доставить внутрь клетки свой генетический материал. Некоторые вирусы также переносят внутрь клетки собственные белки, необходимые для её реализации (особенно это характерно для вирусов, содержащих негативные РНК). Различные вирусы для проникновения в клетку используют разные стратегии: например, пикорнавирусы впрыскивают свою РНК через плазматическую мембрану, а вирионы ортомиксовирусов захватываются клеткой в ходе эндоцитоза и попадают в кислую среду лизосом, где происходит депротенинизация вирусной частицы, после чего РНК в комплексе с вирусными белками преодолевает лизосомальную мембрану и попадает в цитоплазму. Вирусы также различают по тому, где происходит их репликация: часть вирусов (например, те же пикорнавирусы) размножается в цитоплазме клетки, а часть (например, ортомиксовирусы) в её ядре. Процесс инфицирования вирусами клеток грибов и растений отличается от инфицирования клеток животных. Растения имеют прочную клеточную стенку, состоящую из целлюлозы, а грибы – из хитина, так что большинство вирусов могут проникнуть в них только после повреждения клеточной стенки. Однако почти все вирусы растений (включая вирус табачной мозаики) могут перемещаться из клетки в клетку в форме одноцепочечных нуклеопротеиновых комплексов через плазмодесмы. Бактерии, как и растения, имеют крепкую клеточную стенку, которую вирусу, чтобы попасть внутрь, приходится повредить. Но в связи с тем, что клеточная стенка бактерий намного тоньше таковой у растений, некоторые вирусы выработали механизм впрыскивания генома в бактериальную клетку через толщу клеточной стенки, при котором капсид остаётся снаружи.
- ▶ Лишение оболочек представляет собой процесс потери капсида. Это достигается при помощи вирусных ферментов или ферментов клетки-хозяина, а может быть и результатом простой диссоциации. В конечном счёте вирусная геномная нуклеиновая кислота освобождается.
- ▶ Репликация вирусов подразумевает, прежде всего, репликацию генома. Репликация вируса включает синтез мРНК ранних генов вируса (с исключениями для вирусов, содержащих положительную РНК), синтез вирусных белков, возможно, сборку сложных белков и репликацию вирусного генома, которая запускается после активации ранних или регуляторных генов. Вслед за этим может последовать (у комплексных вирусов с крупными геномами) ещё один или несколько кругов дополнительного синтеза мРНК: «поздняя» экспрессия генов приводит к синтезу структурных или вирионных белков.
- ▶ Вслед за этим происходит сборка вирусных частиц, позже происходят некоторые модификации белков. У вирусов, таких как ВИЧ, такая модификация (иногда называемая созреванием) происходит после выхода вируса из клетки-хозяина.
- ▶ Выход из клетки. Вирусы могут покинуть клетку после лизиса, процесса, в ходе которого клетка погибает из-за разрыва мембраны и клеточной стенки, если такая есть. Эта особенность есть у многих бактериальных и некоторых животных вирусов. Некоторые вирусы подвергаются лизогенному циклу, где вирусный геном включается путём генетической рекомбинации в специальное место хромосомы клетки-хозяина. Тогда вирусный геном называется провирусом, или, в случае бактериофага, профагом[101]. Когда клетка делится, вирусный геном также удваивается. В пределах клетки вирус в основном не проявляет себя; однако в некоторый момент провирус или профаг может вызвать активацию вируса, который может вызвать лизис клеток-хозяев.

Активно размножающийся вирус не всегда убивает клетку-хозяина. Оболочечные вирусы, в том числе ВИЧ, обычно отделяются от клетки путём отпочковывания. В ходе этого процесса вирус обзаводится своей оболочкой, которая представляет собой модифицированный фрагмент клеточной мембраны хозяина или другой внутренней мембраны[103]. Таким образом, клетка может продолжать жить и продуцировать вирус.

Особенности репликации разных групп вирусов

Генетический материал внутри вирусных частиц и способ его репликации, значительно отличается у различных вирусов.

- ▶ ДНК-содержащие вирусы. Репликация генома у большинства ДНК-содержащих вирусов происходит в клеточном ядре. Если клетка имеет соответствующий рецептор на своей поверхности, эти вирусы проникают в клетку либо путём непосредственного слияния с клеточной мембраной (напр. герпесвирусы), либо – что бывает чаще – путём рецептор-зависимого эндоцитоза. Большинство ДНК-содержащих вирусов полностью полагаются на синтетический аппарат клетки-хозяина для производства их ДНК и РНК, а также последующего процессинга РНК. Однако вирусы с крупными геномами (например, поксвирусы) могут сами кодировать большую часть необходимых для этого белков. Геному вируса эукариот необходимо преодолеть ядерную мембрану для того, чтобы получить доступ к ферментам, синтезирующим ДНК и РНК, в случае же бактериофагов ему достаточно просто проникнуть в клетку.
- ▶ РНК-содержащие вирусы. Репликация таких вирусов обычно происходит в цитоплазме. РНК-содержащие вирусы можно подразделить на 4 группы в зависимости от способа их репликации. Механизм репликации определяется тем, является ли геном вируса одноцепочечным или двухцепочечным, вторым важным фактором в случае одноцепочечного генома является его полярность (может ли он непосредственно служить матрицей для синтеза белка рибосомами). Все РНК-вирусы используют собственную РНК-репликазу для копирования своих геномов.
- ▶ Вирусы, использующие обратную транскрипцию. Эти вирусы содержат одноцепочечную РНК (Retroviridae, Metaviridae, Pseudoviridae) или двухцепочечную ДНК (Caulimoviridae и Herpadnaviridae). РНК-содержащие вирусы, способные к обратной транскрипции (ретровирусы, например, ВИЧ), используют ДНК-копию генома как промежуточную молекулу при репликации, а содержащие ДНК (параретровирусы, например, вирус гепатита В) – РНК. В обоих случаях используется обратная транскриптаза, или РНК-зависимая-ДНК-полимераза. Ретровирусы встраивают ДНК, образуемую в процессе обратной транскрипции, в геном хозяина, такое состояние вируса называется провирусом. Параретровирусы же этого не делают, хотя встроенные копии их генома могут давать начало инфекционным вирусам, особенно у растений. Вирусы, использующие обратную транскрипцию, восприимчивы к противовирусным препаратам, ингибирующим обратную транскриптазу, в том числе к зидовудину и ламивудину.

Вирусные заболевания человека

- ▶ Оспа (ветряная и черная)
- ▶ Гепатит
- ▶ Энцефалит
- ▶ Краснуха
- ▶ Бешенство
- ▶ Грипп
- ▶ Корь
- ▶ Полиомиелит
- ▶ СПИД

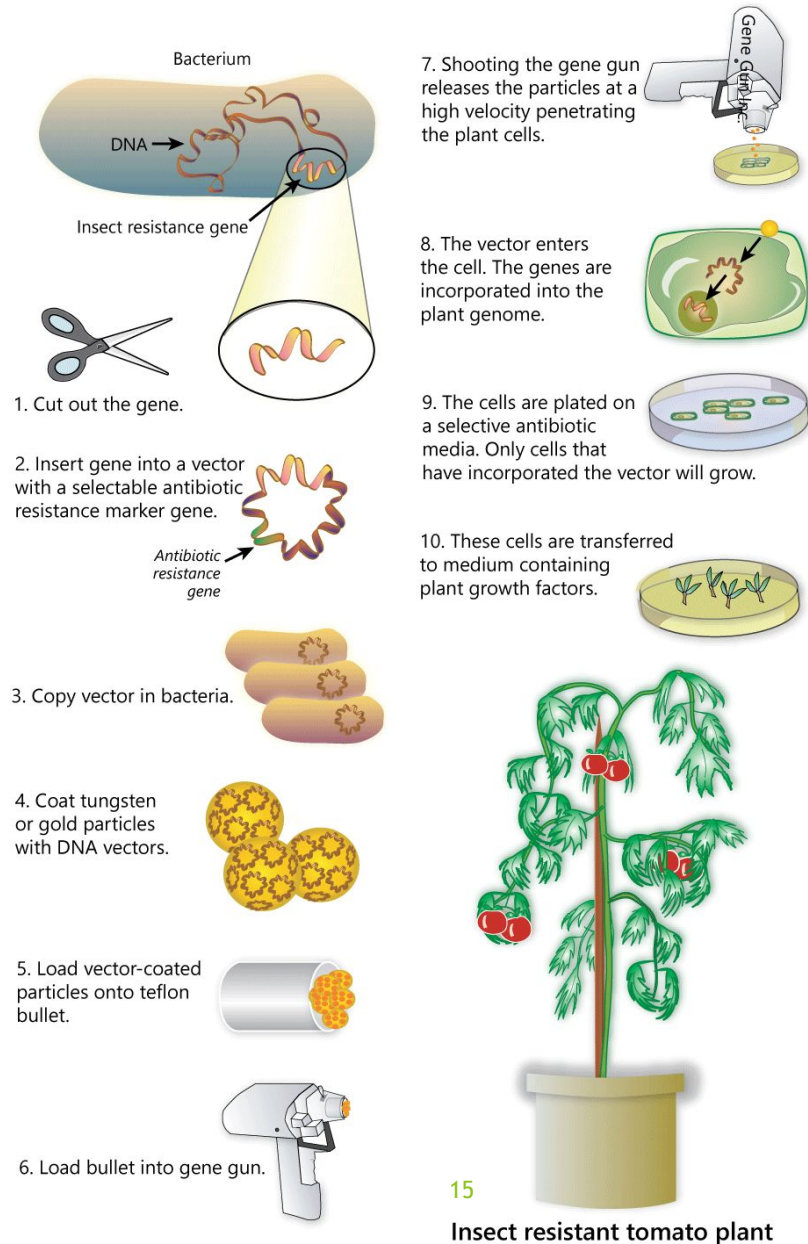
Пути передачи вирусной инфекции

- ▶ Вирусы распространяются многими способами: вирусы растений часто передаются от растения к растению насекомыми, питающимися растительными соками, к примеру, тлями; вирусы животных могут распространяться кровососущими насекомыми, такие организмы известны как переносчики. Вирус гриппа распространяется воздушно-капельным путём при кашле и чихании. Норовирус и ротавирус, обычно вызывающие вирусные гастроэнтериты, передаются фекально-оральным путём при контакте с заражённой пищей или водой. ВИЧ является одним из нескольких вирусов, передающихся половым путём и при переливании заражённой крови. Каждый вирус имеет определённую специфичность к хозяевам, определяющуюся типами клеток, которые он может инфицировать.

Использование вирусов в биотехнологии

- ▶ Использование обратной транскриптазы в ПЦР
- ▶ Вакцины
- ▶ Генная инженерия
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=TramK44tujA> - GFP fish
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=n0UzdYRnMtY> - GFP mice

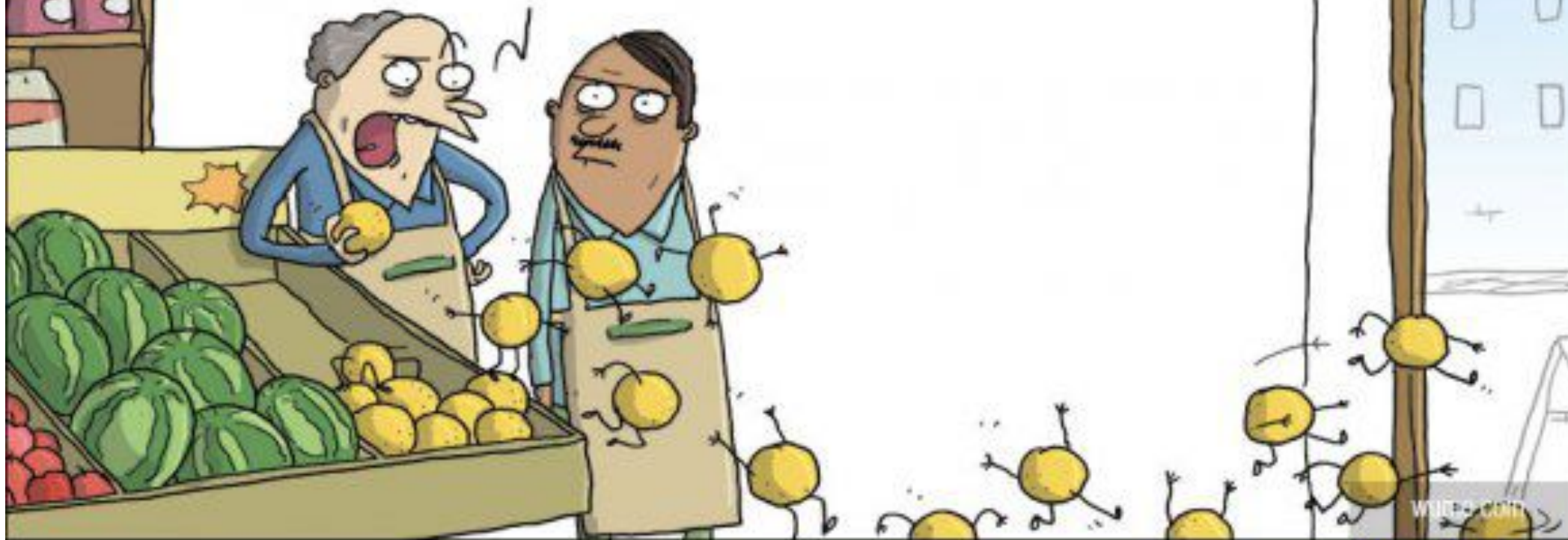
Creation of an Insect Resistant Tomato Plant



15

Insect resistant tomato plant

*Я не большой фанат генетически модифицированных фруктов и овощей...
В конце концов половина нашего товара всегда портилась...*



joyreactor.cc

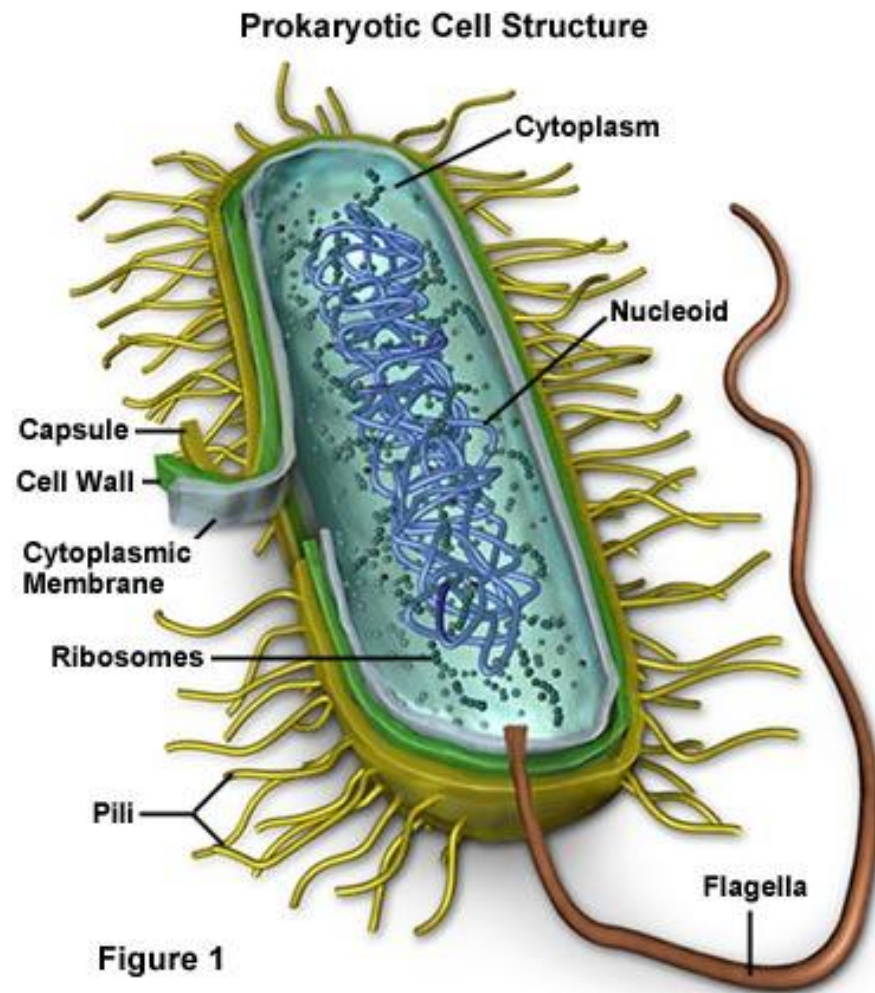
Самостоятельная работа

- ▶ История изучения вирусов
- ▶ Черты живого и неживого в биологии вирусов
- ▶ Почему антибиотики неэффективны при вирусных заболеваниях?
- ▶ Пути передачи ВИЧ
- ▶ Полезные видео ролики <http://www.youtube.com/watch?v=fehjAHNJ36s>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=HoJ7KxtE90c>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=Rpj0emEGShQ>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=PHp6iYDi9ko>
- ▶ Сложные ролики про иммунную систему
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=HNP1EAYLhOs>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=iVMIZy-Y3f8>

Прокариоты

- ▶ Включает два больших домена - Эубактерии (=бактерии) и Архебактерии (=Археи)
- ▶ Нет оформленного ядра и других мембранных органоидов (=нет компартментализации)
- ▶ Двухцепочечная ДНК в виде замкнутого кольца, часто наличие плазмиды - мобильного элемента. Линейные хромосомы обнаружены у *Streptomyces* и *Borrelia*. Область, в которой находится ДНК называется нуклеоидом
- ▶ Упаковка ДНК без участия гистонов
- ▶ Потомками прокариот являются митохондрии и пластиды
- ▶ Размножение с помощью бесполого процесса деления надвое
- ▶ Генетическое разнообразие обеспечивается процессами конъюгации (обмен плазмидами) или трансдукции (с помощью бактериофагов)
- ▶ 70S рибосомы

Бактерии

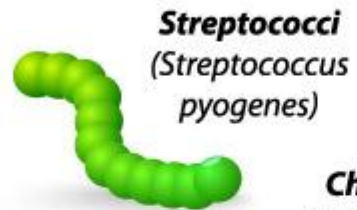


Типы питания бактерий

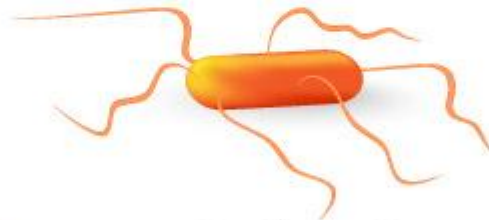
- Автотрофы
 - (синтезируют органические вещества из неорганических)
 - Фотосинтез (используют энергию света)
 - Хемосинтез (используют энергию окисления)
- Гетеротрофы (потребляют готовые органические вещества)
 - Сапротрофы
 - Паразиты
 - Симбионты

BACTERIA SHAPES

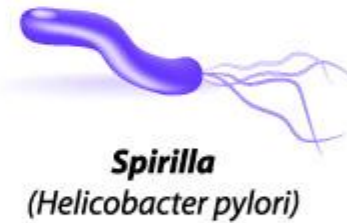
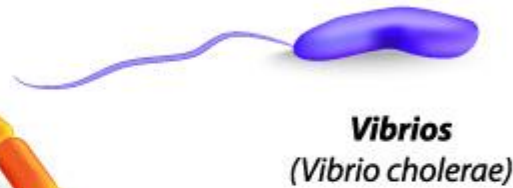
SPHERES (COCCI)



RODS (BACILLI)



SPIRALS

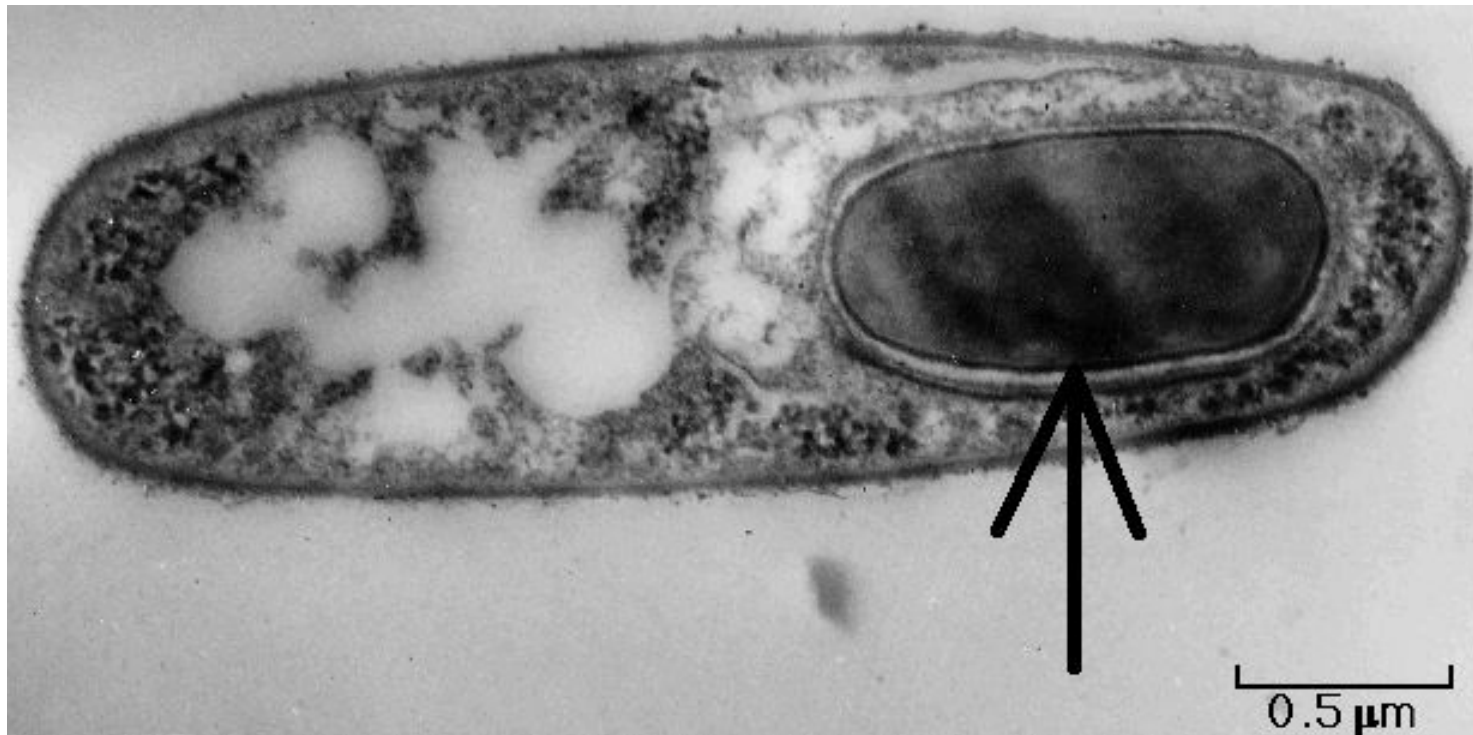


Размеры бактерий

- ▶ Самые крупные - до 750 мкм (0,75 мм)
- ▶ Самые маленькие - 0,1–0,25 мкм
- ▶ Почему нельзя меньше? Не хватает места для всех биополимеров, необходимых для размножения и метаболизма
- ▶ Почему выгодно быть вытянутым? Больше площадь соприкосновения с внешней средой, следовательно, больше возможностей для питания. Внимание! При линейном увеличении радиуса клетки её поверхность возрастает пропорционально квадрату радиуса, а объём – пропорционально кубу (для шариков)

Спорообразование у бактерий

- ▶ АТТ!!! Споры бактерий - это покаящаяся стадия, они служат для перенесения неблагоприятных условий среды. НИКОГДА НЕ служат для размножения
- ▶ Споры многих бактерий способны выдерживать 10-минутное кипячение при 100 °С, высушивание в течение 1000 лет и, по некоторым данным, сохраняются в почвах и горных породах в жизнеспособном состоянии миллионы лет.



Значение бактерий в биосфере

- ▶ Появились примерно 3,5 млрд лет назад
- ▶ 2 млрд лет назад возникли цианобактерии (=сине-зеленые водоросли), которые много фотосинтезировали и выделяли кислород - в атмосфере накопился кислород
- ▶ Способны ассимилировать азот атмосферы, вводя его в круговорот веществ (азотфиксирующие бактерии, образуют клубеньки на корнях бобовых)
- ▶ Продуценты в глубоководных сообществах
- ▶ Образование полезных ископаемых
- ▶ Редуценты во многих экосистемах
- ▶ Участвуют в формировании почв
- ▶ Образование лишайников - симбиотические отношения с грибами

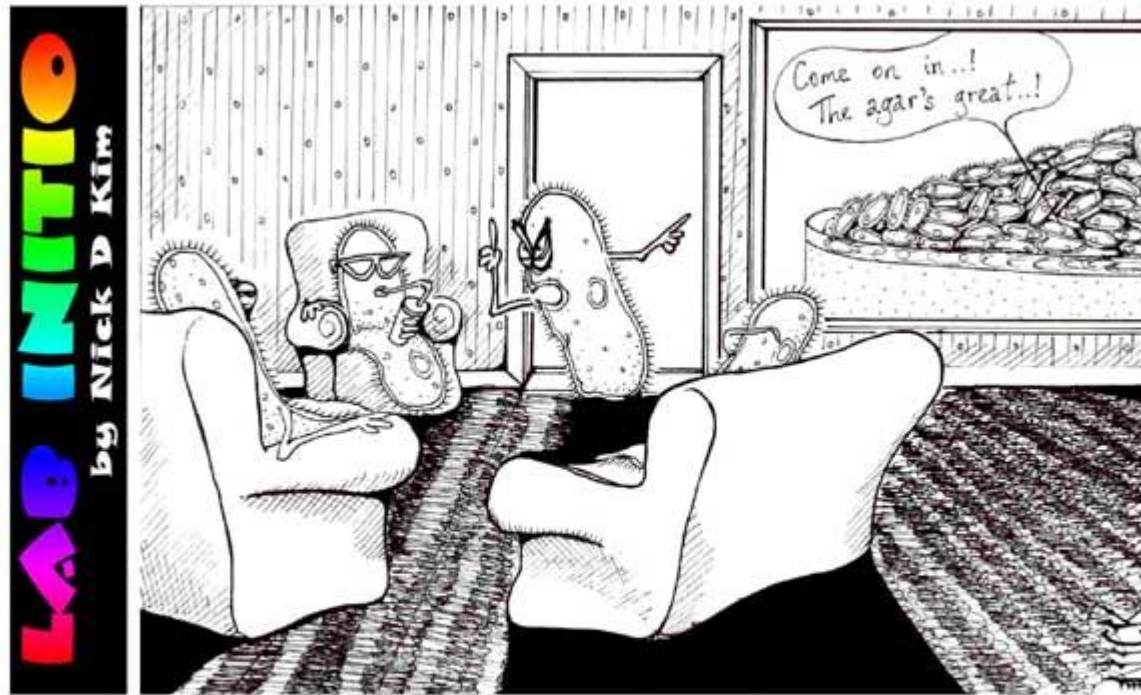
Значение бактерий в жизни человека

- ▶ Бактериальные инфекции
- ▶ Микрофлора кишечника
- ▶ Кисломолочные бактерии - использование при производстве сыров, кефира, йогурта и т.д.
- ▶ В настоящее время разработаны методики по использованию фитопатогенных бактерий в качестве безопасных гербицидов, энтомопатогенных – вместо инсектицидов. Наиболее широкое применение получила *Bacillus thuringiensis*, выделяющая токсины (Cry-токсины), действующие на насекомых.
- ▶ Бактериальные удобрения.
- ▶ Бактерии, вызывающие болезни человека, используются как биологическое (бактериологическое) оружие; кроме того, в качестве такого оружия могут использоваться бактериальные токсины.
- ▶ Благодаря быстрому росту и размножению, а также простоте строения, бактерии активно применяются в научных исследованиях по молекулярной биологии, генетике, генной инженерии и биохимии. Самой хорошо изученной бактерией стала *Escherichia coli*. Информация о процессах метаболизма бактерий позволила производить бактериальный синтез витаминов, гормонов, ферментов, антибиотиков и др.
- ▶ Перспективным направлением является обогащение руд с помощью сероокисляющих бактерий, очистка бактериями загрязнённых нефтепродуктами или ксенобиотиками почв и водоёмов.

Бактериальные инфекции

- ▶ Чума (*Yersinia pestis*)
- ▶ Сибирская язва (*Bacillus anthracis*)
- ▶ Лепра (проказа, возбудитель: *Mycobacterium leprae*)
- ▶ Дифтерия (*Corynebacterium diphtheriae*)
- ▶ Сифилис (*Treponema pallidum*)
- ▶ Холера (*Vibrio cholerae*)
- ▶ Туберкулёз (*Mycobacterium tuberculosis*)
- ▶ Листериоз (*Listeria monocytogenes*)
- ▶ Кишечные инфекции (*Salmonella*)
- ▶ Язва желудка (*Helicobacter pylori*) (??? Среди медиков продолжаются споры)

Скорость размножения бактерий



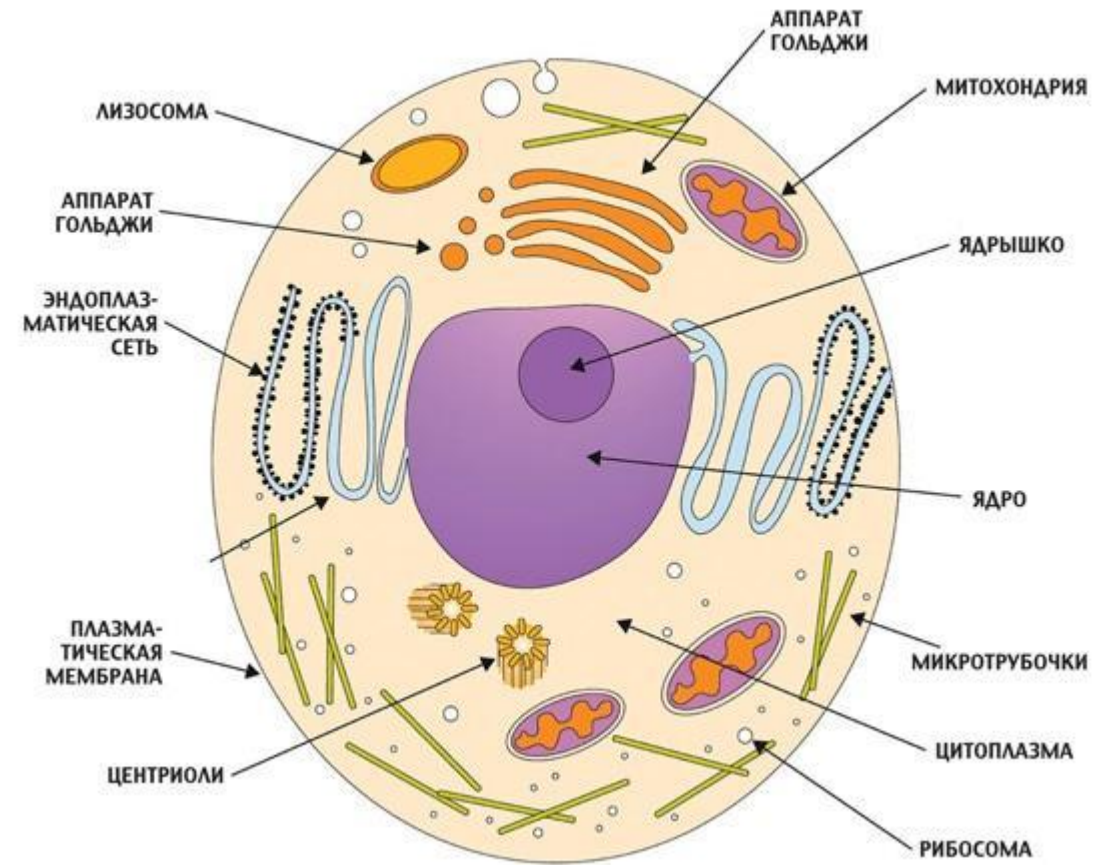
"I wish you'd learn to put the lid on your Petri dish, Harry..!! We came here with four kids, and now it looks like we've got twenty million..!!"

Полезные ссылки

- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=ShRdveEmhTs&index=32&list=PL57197768B5DDD4D8>
- ▶ http://www.youtube.com/watch?v=kxM_9DL2GYw
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=1X8p0vhsWRE>

Эукариотическая клетка

- ▶ Наличие ядра и других мембранных органоидов (Аппарат Гольджи, ЭПС, лизосомы, митохондрии, пластиды и др.)
- ▶ Наличие клеточного скелета
- ▶ Генетический материал - двуцепочечная ДНК, упакована с помощью гистонов, хромосомы линейные
- ▶ Иногда присутствует клеточная стенка
- ▶ 80S рибосомы
- ▶ Диплоидные (кроме определенных стадий клеточного цикла и образования половых клеток)
- ▶ Сложное деление - митоз и мейоз

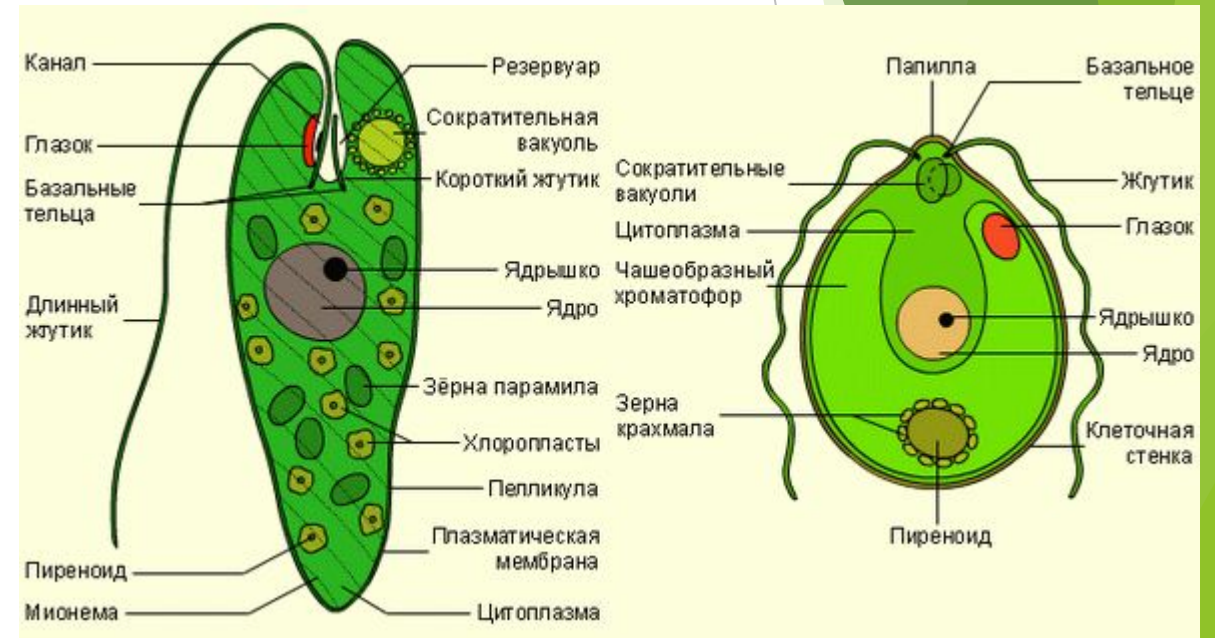


Простейшие

- ▶ Одноклеточные эукариотические организмы
- ▶ Способ питания - гетеротрофные или миксотрофные
- ▶ Размножение - бесполое (деление на двое, множественное деление) или половое (конъюгация)
- ▶ Могут формировать колонии

Жгутиковые

- ▶ На свету - автотрофы, в темноте - гетеротрофы
- ▶ Светочувствительный глазок - стигма
- ▶ Количество жгутиков и их длина - у всех разное
- ▶ Пелликула - жесткая внешняя оболочка
- ▶ Хлоропласты (как у растений), либо хроматофоры (большие чашеобразные пластиды)
- ▶ Запасное вещество (крахмал или парамил)
- ▶ Пиреноид - место запасания фермента рибулозобисфосфаткарбоксилаза (рубиско) и/или центр синтеза сахаров при помощи этого фермента
- ▶ Выделение жидких продуктов обмена - через сократительную вакуоль



Эвглена зеленая

Хлорелла

Амеба

- ▶ Способна формировать псевдоподии (ложноножки)
- ▶ Питание - фагоцитоз (захват твердых частиц с помощью псевдоподий)
- ▶ Встречаются раковинные формы (фораминиферы и радиолярии). Раковинные амебы сформировали залежи мела.
- ▶ Цитоплазма разделена на две части: эктоплазма (прозрачная, находится по периферии) и эндоплазма (много везикул, все органоиды)
- ▶ Сократительные вакуоли служат для удаления жидких продуктов обмена, отсутствуют у морских форм

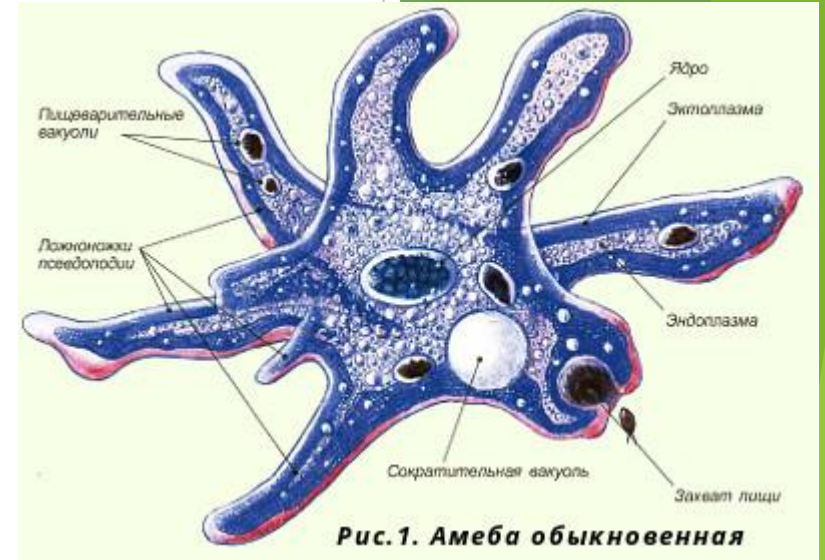
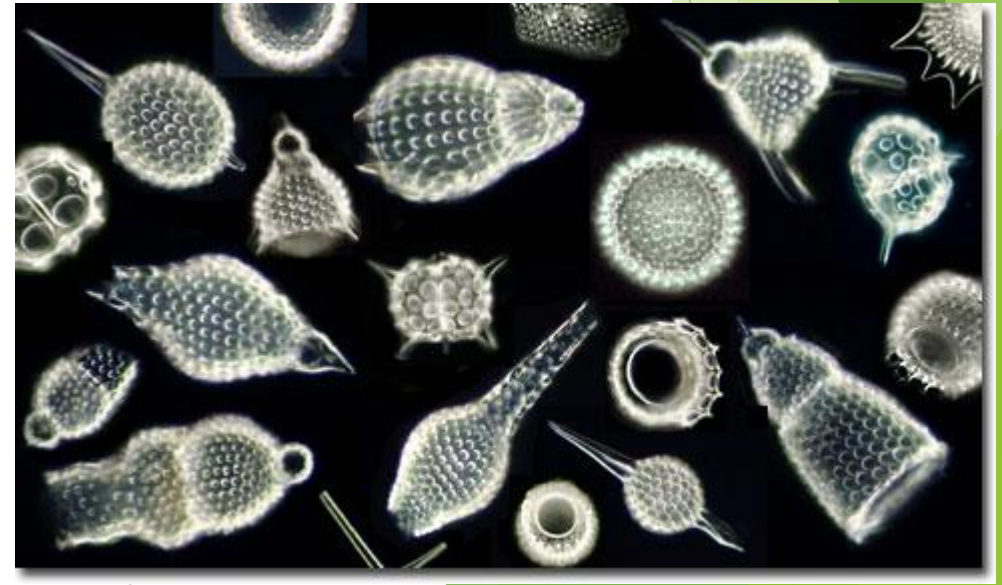
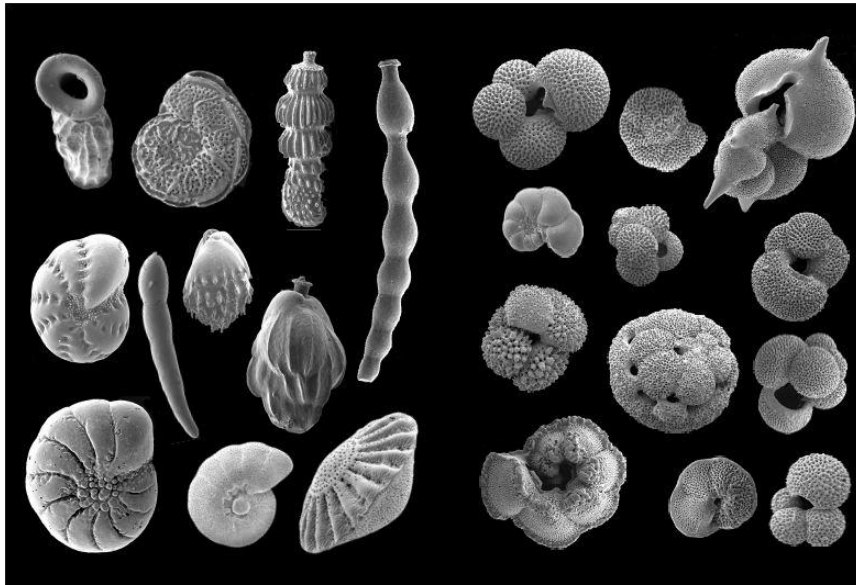
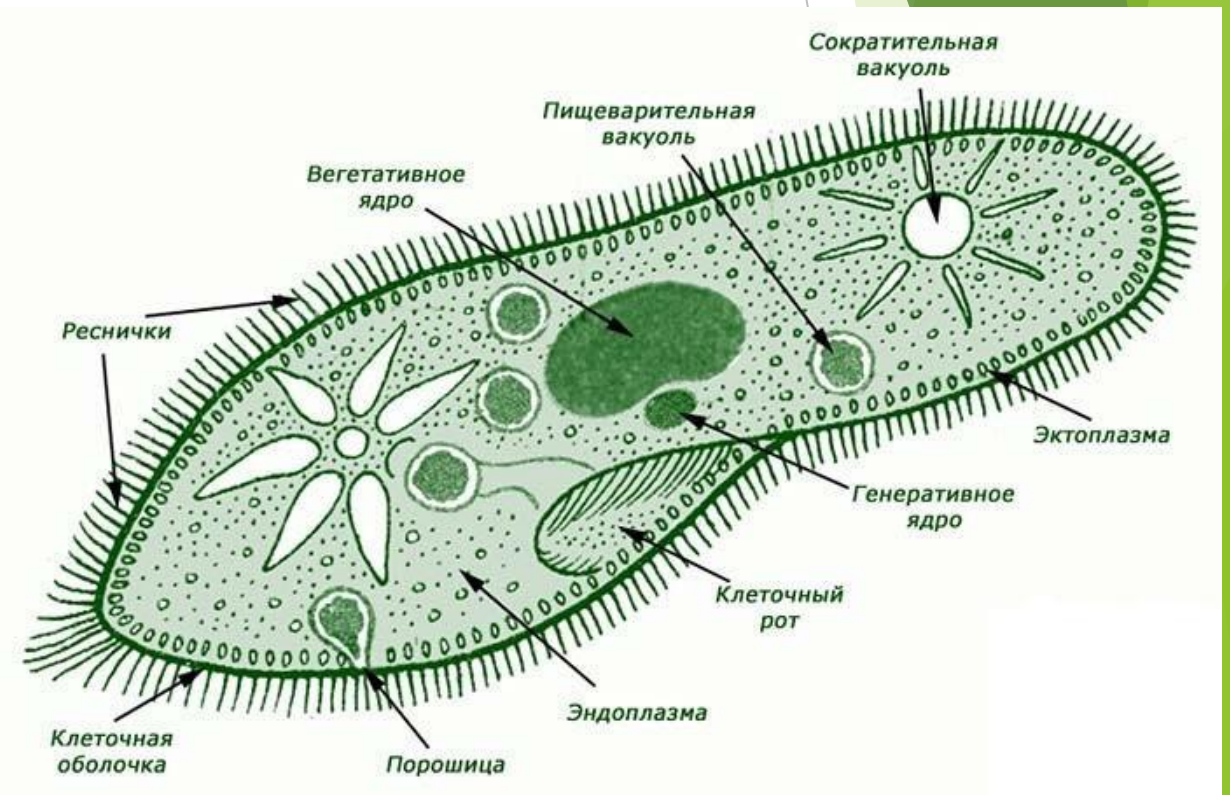
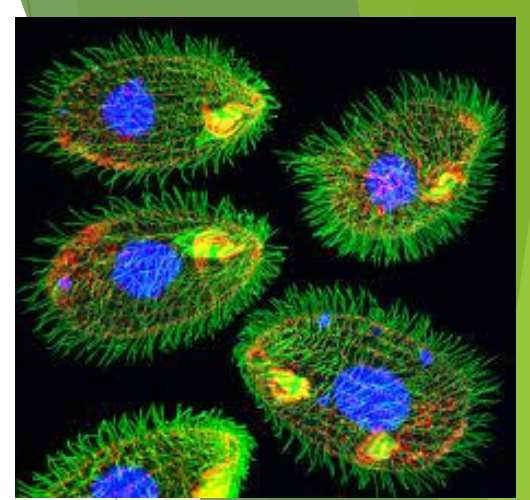
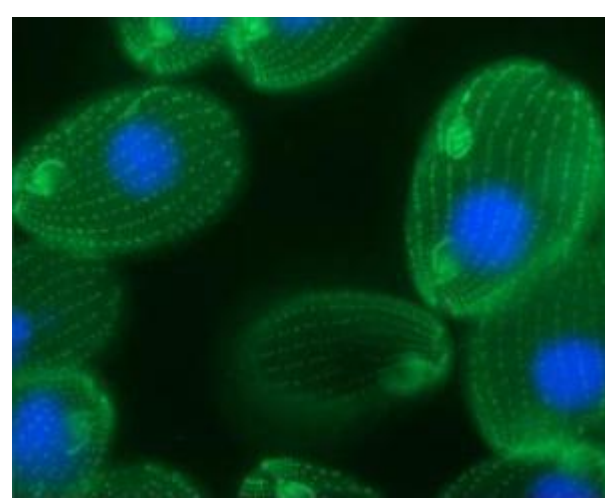


Рис.1. Амеба обыкновенная



Инфузория-туфелька

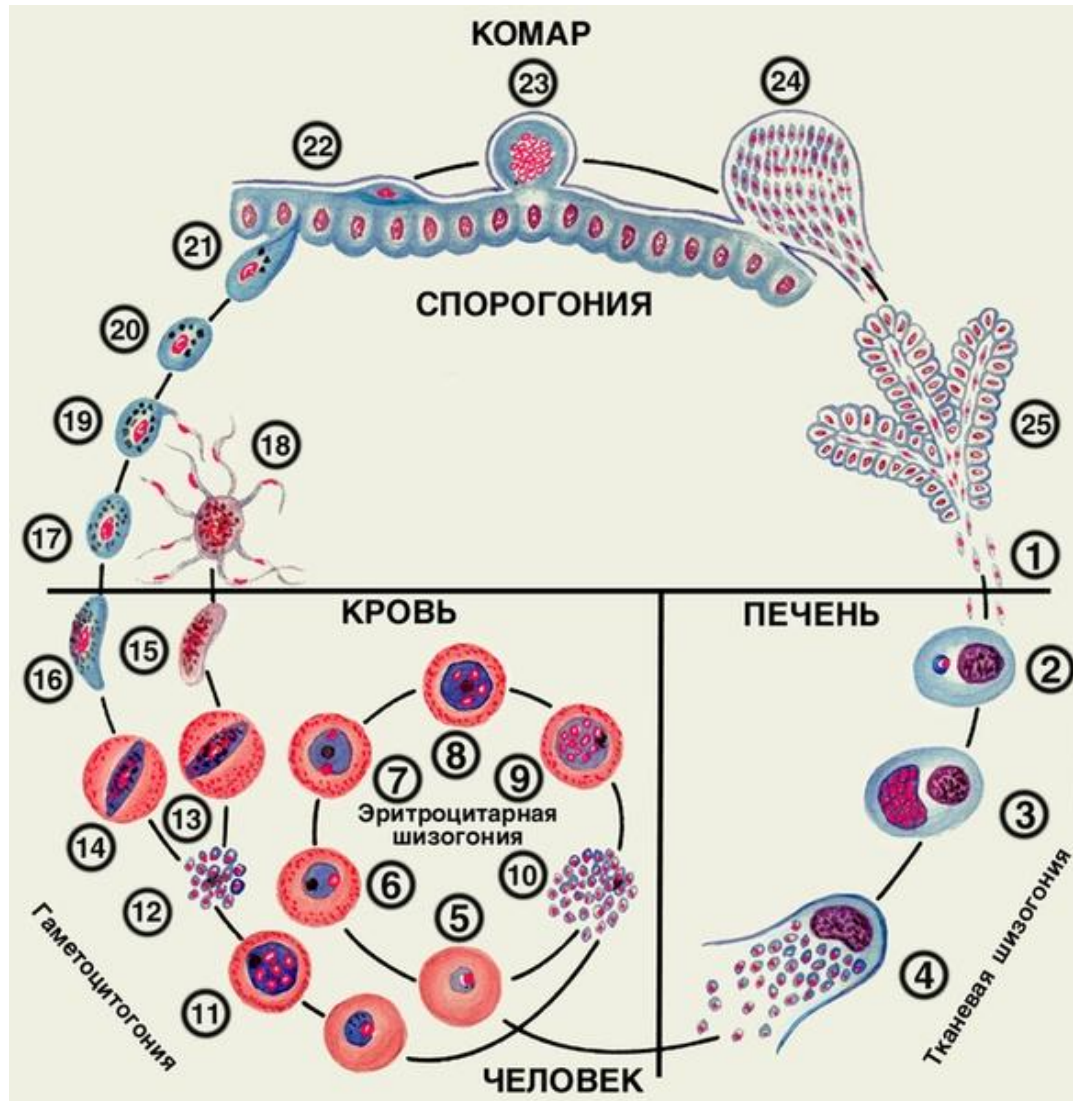
- ▶ 2 ядра (макро и микронуклеус). Обмен микронуклеосами происходит при конъюгации - форме полового размножения
- ▶ 2 сократительные вакуоли для удаления жидких продуктов обмена, работают в противофазе
- ▶ Имеется пелликула, поэтому питание происходит только в специальном регионе клетки (клеточный рот)
- ▶ Порошица - остатки пищеварительной вакуоли, удаление твердых остатков.



Патогенные простейшие

- ▶ Жгутиконосцы
 - ▶ Лейшмании
 - ▶ Лямблия
 - ▶ Трихомонада
 - ▶ Трипаносома - сонная болезнь
-
- ▶ Дизентерийная амеба

Жизненный цикл малярийного плазмодия



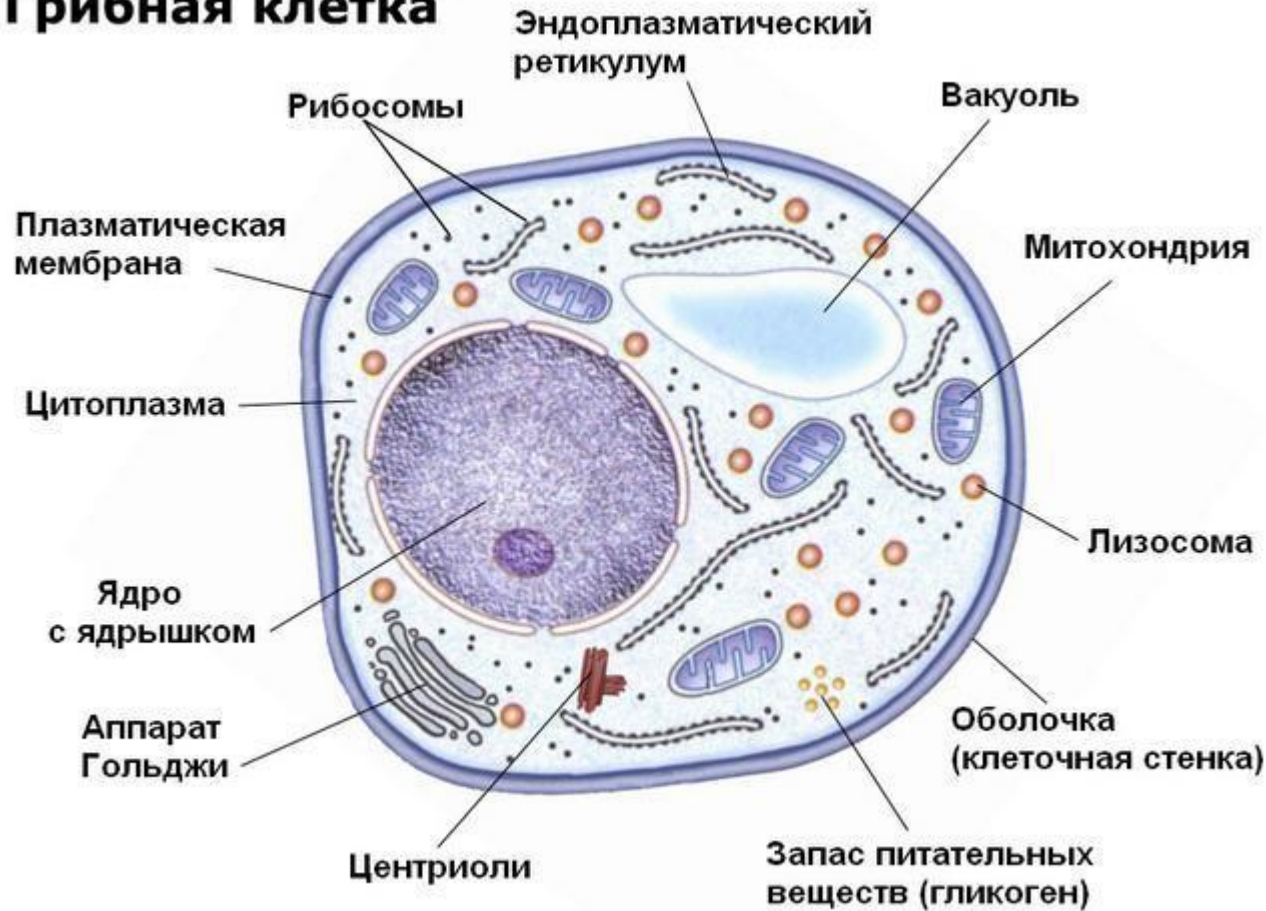
Грибы

- ▶ Наука - микология
- ▶ Гетеротрофное питание
- ▶ Тело представлено мицелием
- ▶ Клеточная стенка, состоящая из хитина
- ▶ Запасное питательное вещество - гликоген
- ▶ Неподвижны, осмотрофный тип питания
- ▶ Неограниченный рост в течение всей жизни
- ▶ Редуценты в экосистемах
- ▶ Образуют симбиоз с высшими растениями (микориза) или с водорослями (лишайники)
- ▶ Используются в виноделии, хлебопечении, производстве антибиотиков, сыров
- ▶ Могут быть паразитами (фитопатогены - ржавчинные грибы, спорынья, головня, трутовик)
- ▶ Размножение - бесполое (частями грибницы, спорами) и половое



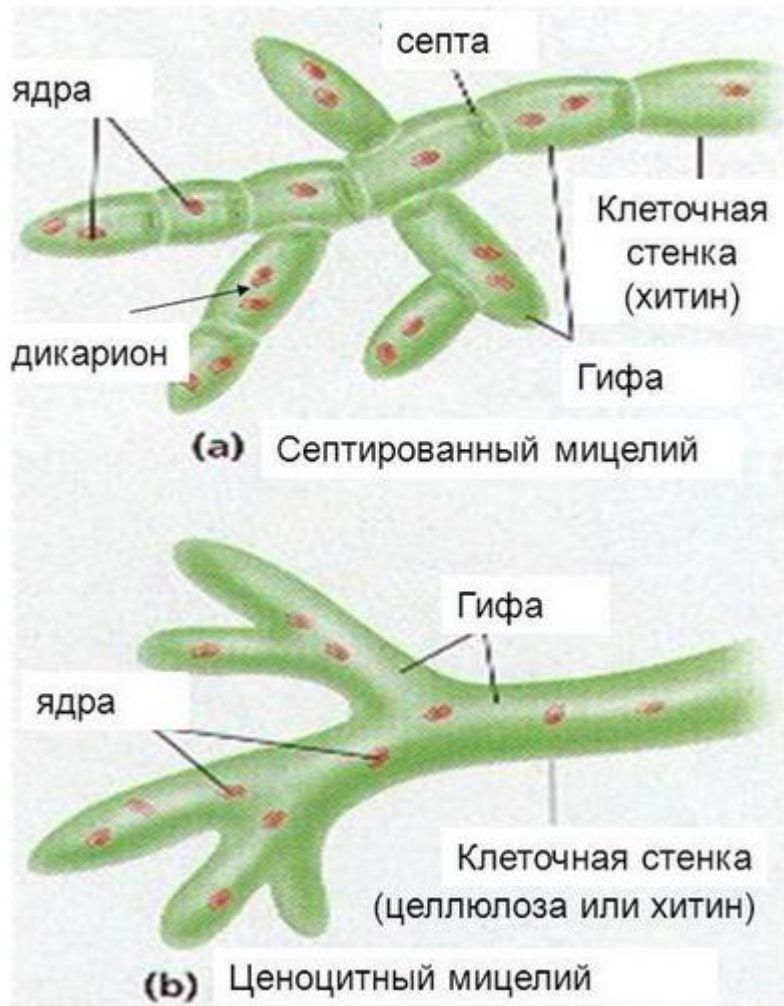
Грибная клетка

Грибная клетка



- ▶ Обычная эукариотическая клетка - имеется ядро и мембранные органоиды
- ▶ Клеточная стенка из хитина
- ▶ Запасное вещество - гликоген
- ▶ Есть вакуоли и центриоли

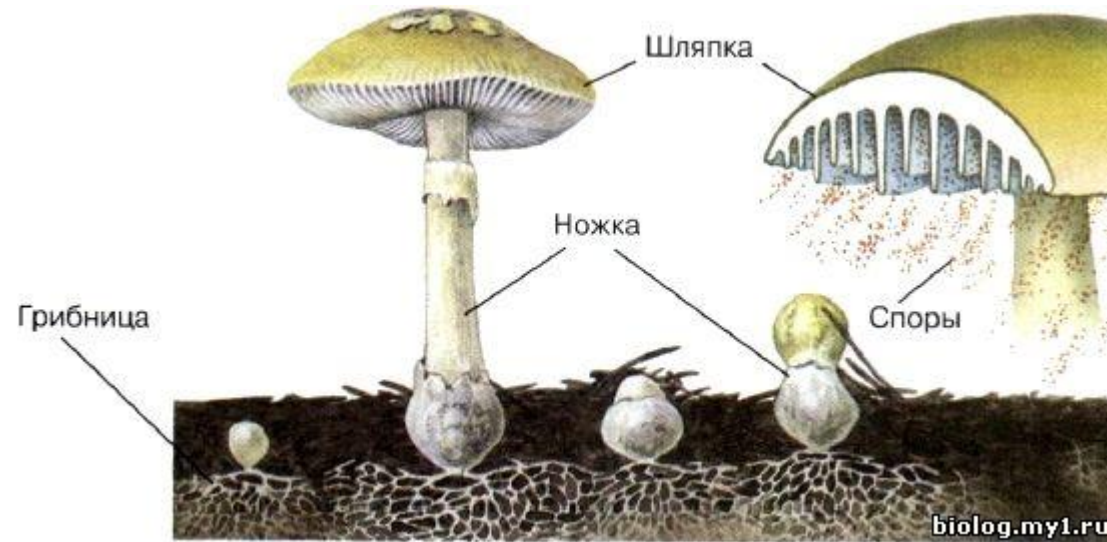
Мицелий (=гифы)



- ▶ Гифы гриба представляют собой синцитий - одну большую клетку, содержащую много ядер. Встречается также септированный мицелий с неполными перегородками между клетками (септами)
- ▶ Высшие грибы - септированный мицелий
- ▶ Низшие грибы - ценоцитный мицелий

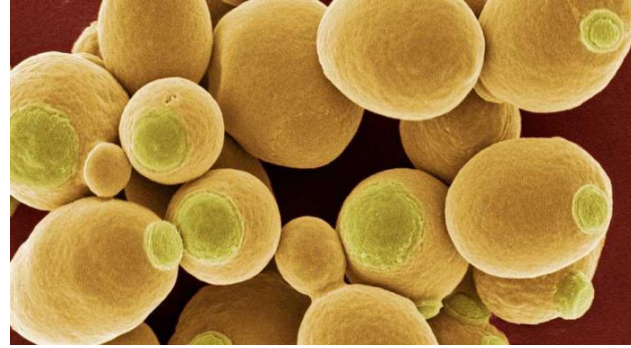
Плодовое тело

- ▶ Плотное переплетение гифов
- ▶ Имеется у высших грибов, служит для образования спор



Группы грибов

- ▶ Дрожжи - одноклеточные (!!!) грибы, размножаются почкованием



- ▶ Плесневые грибы - аспергилл, пеницилл, мукор



- ▶ Шляпочные грибы



Плесневые грибы

Mucor

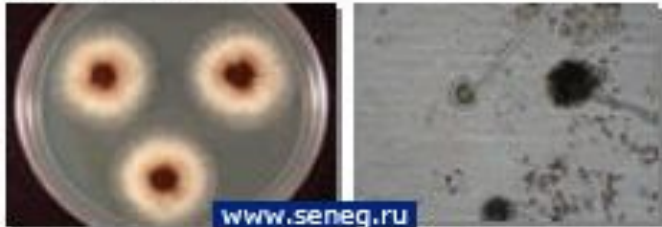


www.seneg.ru

Mucor, 460x

- ▶ А - без увеличения
- ▶ Б - Спорангии (световой микроскоп)

Аспергиллус



www.seneg.ru

Aspergillus, 460x

Penicillium



www.seneg.ru

Penicillium, 920x

A

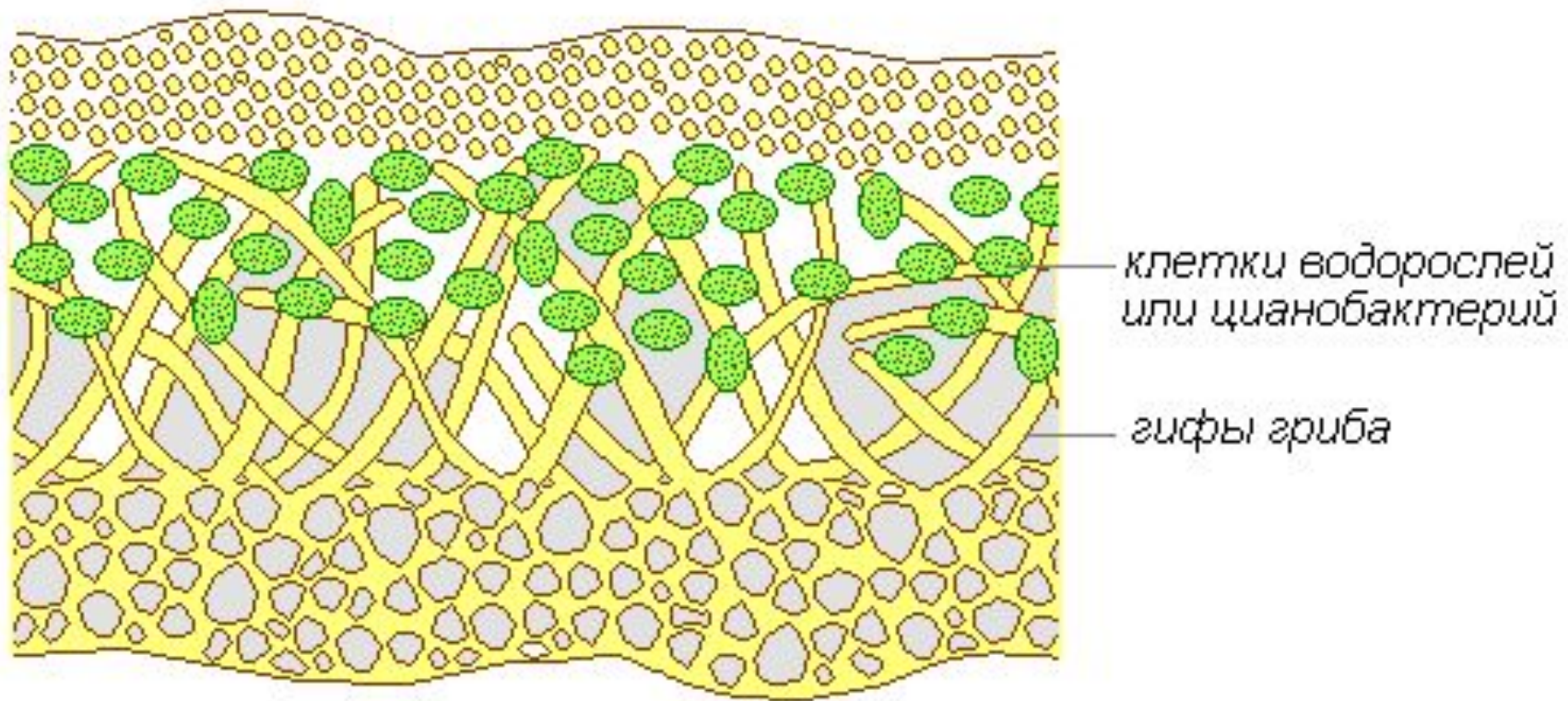
B

Лишайники

- ▶ Наука - лишенология
- ▶ Симбиотические организмы, образованные грибом и зеленой водорослью/цианобактерией, следовательно, НЕ имеют систематического ранга!
- ▶ Симбиоз - водоросль дает грибу органические вещества, полученные в ходе фотосинтеза, гриб дает воду и минеральные соли водоросли.
- ▶ Тело представлено слоевищем (таллом)
- ▶ Размножение: вегетативное (частями таллома) и половое (только гриб!)
- ▶ Чувствительны к загрязнению окружающей среды (особенно, соединениями серы). На этом основан метод лишеноиндикации
- ▶ Характерен очень медленный рост
- ▶ Разрушают горные породы - первый этап формирования почв, а следовательно, и растительного сообщества

Строение лишайников

Внутреннее строение лишайника на поперечном разрезе



Морфология слоевища

Накипные лишайники



Кустистые лишайники



Листоватые лишайники



Ягель (олений мох)

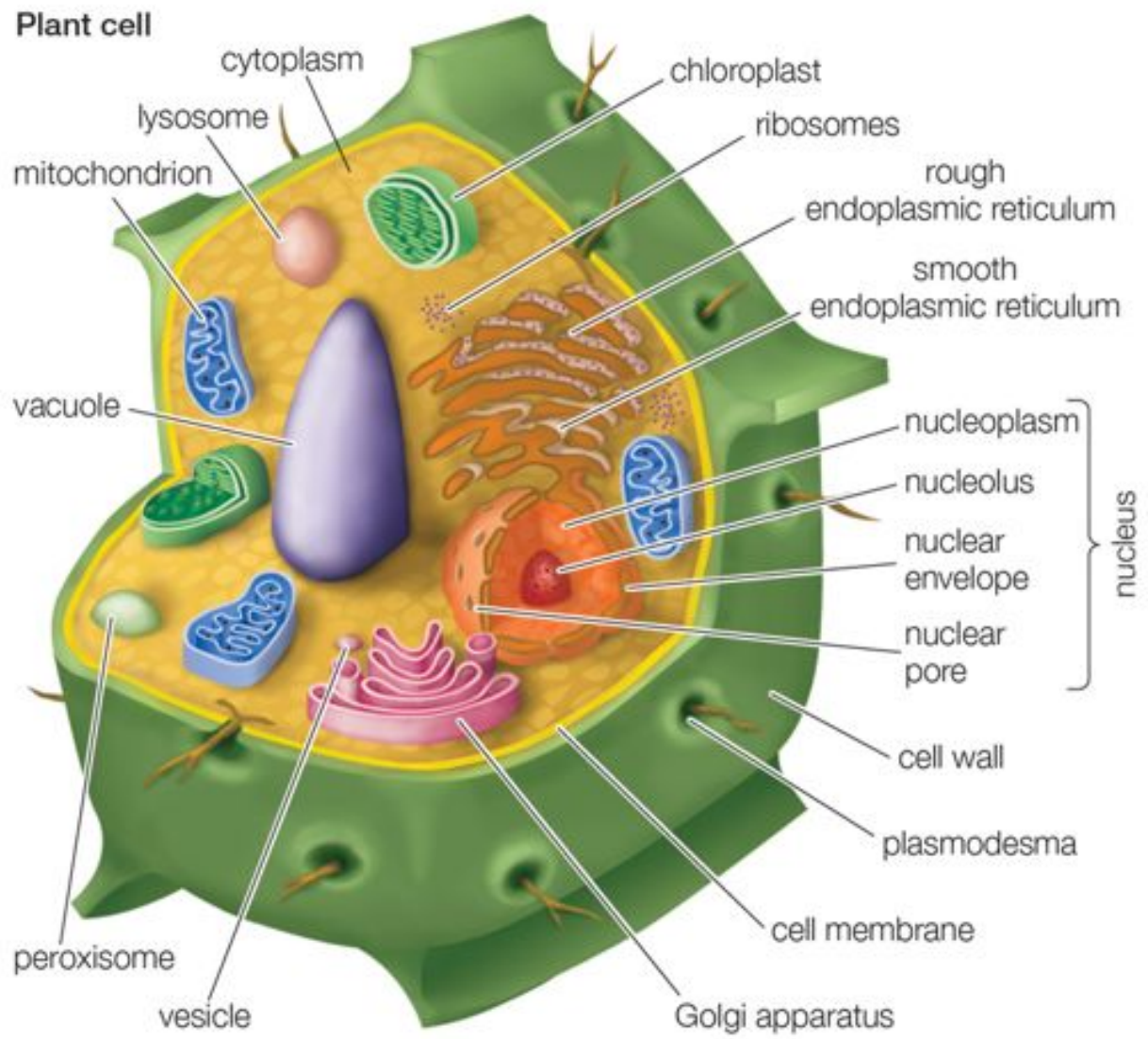
- ▶ АТТ!! Не имеет ничего общего с мхами, это лишайник. Является основным кормом для северных оленей



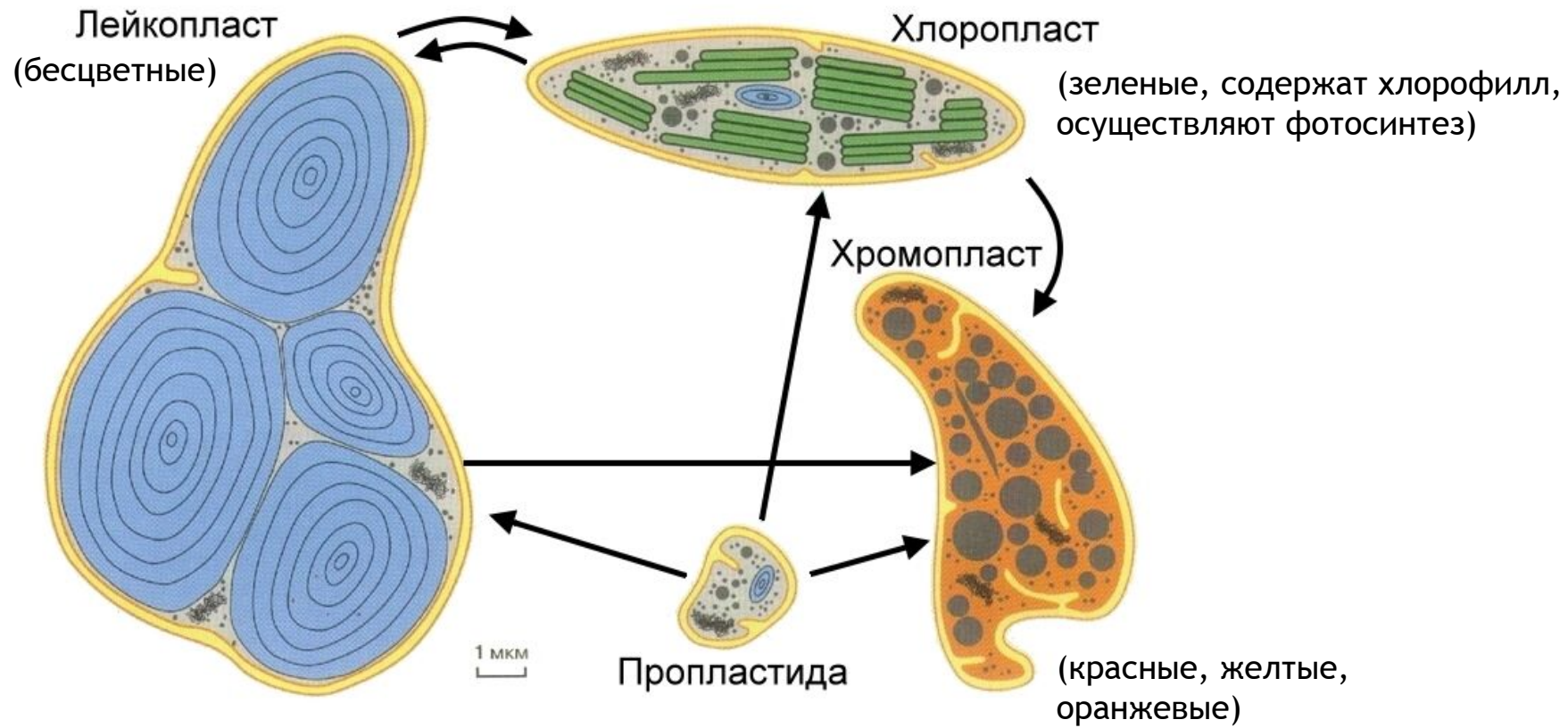
Растения

- ▶ Наука - ботаника
- ▶ Автотрофные фотосинтезирующие организмы (есть исключения - растения-паразиты)
- ▶ Особенности клетки - наличие пластид и клеточной стенки из целлюлозы, отсутствие центриолей, наличие вакуоли
- ▶ Запасное вещество - крахмал
- ▶ Неподвижны, рост в течение всей жизни
- ▶ Играют роль продуцентов

Растительная клетка

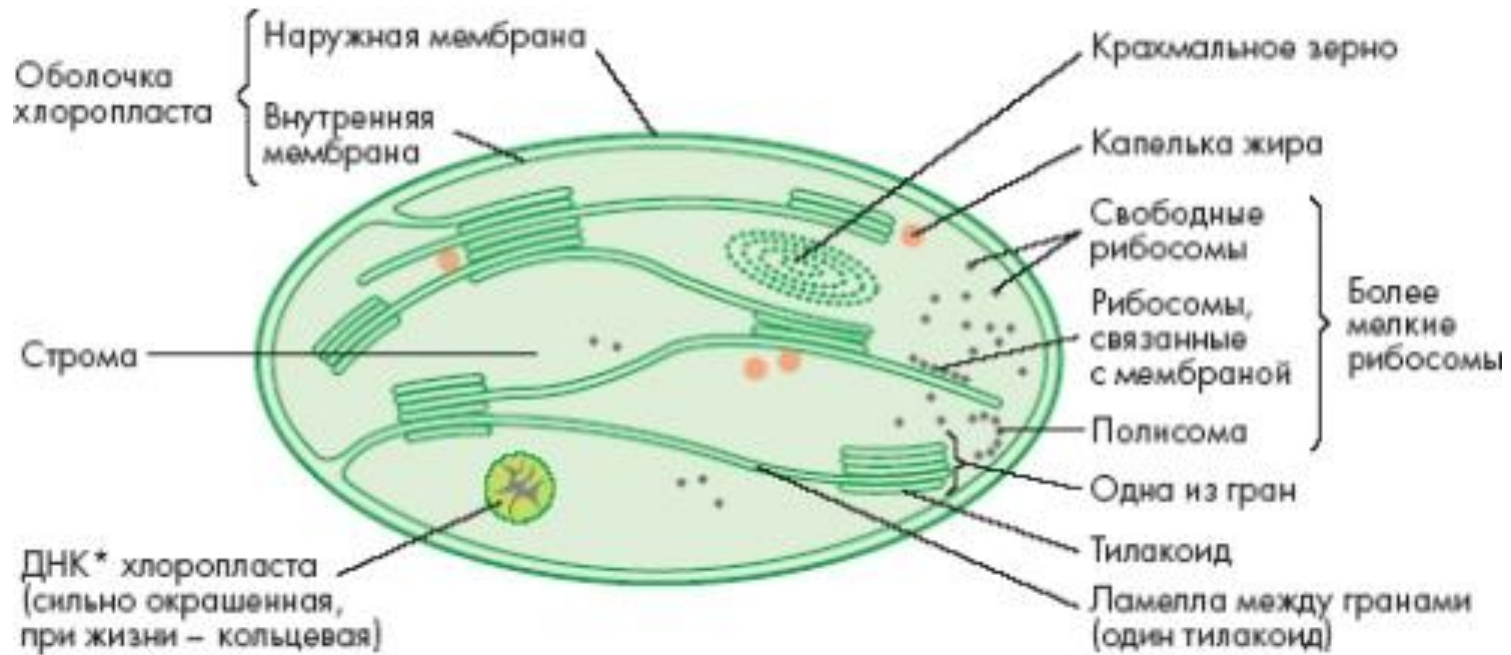


Пластиды



Пластиды

- ▶ Бывшие бактерии, имеется кольцевая ДНК и 70S рибосомы



- Растения
 - Низшие (не имеют органов и тканей)
 - Водоросли
 - Высшие (развиты ткани и органы)
 - Споровые
 - Мхи
 - Папоротники
 - Хвощи
 - Плауны
 - Семенные
 - Голосеменные
 - Покрытосеменные

Водоросли

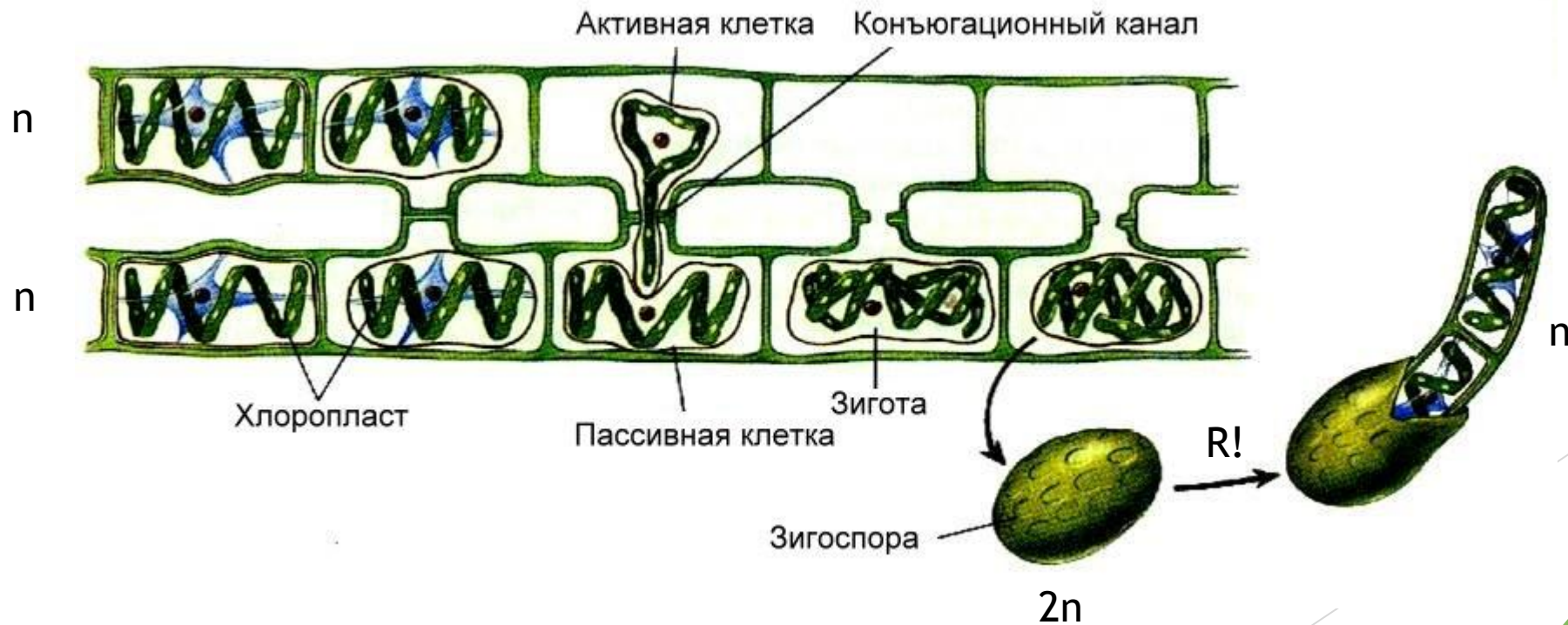
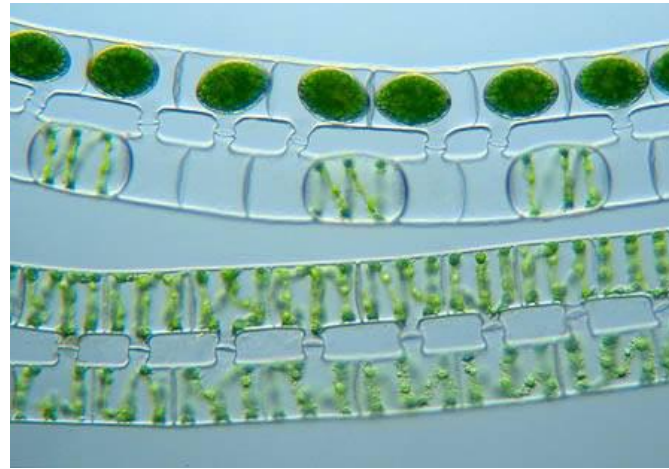
- ▶ Низшие растения, не имеют органов и тканей
- ▶ Тело представлено талломом (слоевищем)
- ▶ Пластиды часто называются хроматофорами (в зависимости от строения и систематической группы)
- ▶ Одноклеточные водоросли - хлорелла, хламидомонада (в современной систематике принадлежат к простейшим)
- ▶ Иногда имеются ризоиды (присоски), с помощью которых водоросль прикрепляется к грунту.

Отделы водорослей

	Зеленые водоросли	Бурые водоросли	Красные водоросли
Разделение тела на ткани	нет	нет	нет
Пигмент	хлорофилл	фукоксантин	фикоэритрин
Максимальная глубина обитания	До 15 м	До 40 м	До 280 м
Представители	Улотрикс, спирогира	Ламинария (морская капуста), фукус	Порфира
		Ламинария употребляется в пищу	Получают агар-агар (производство мармелада и зефира)

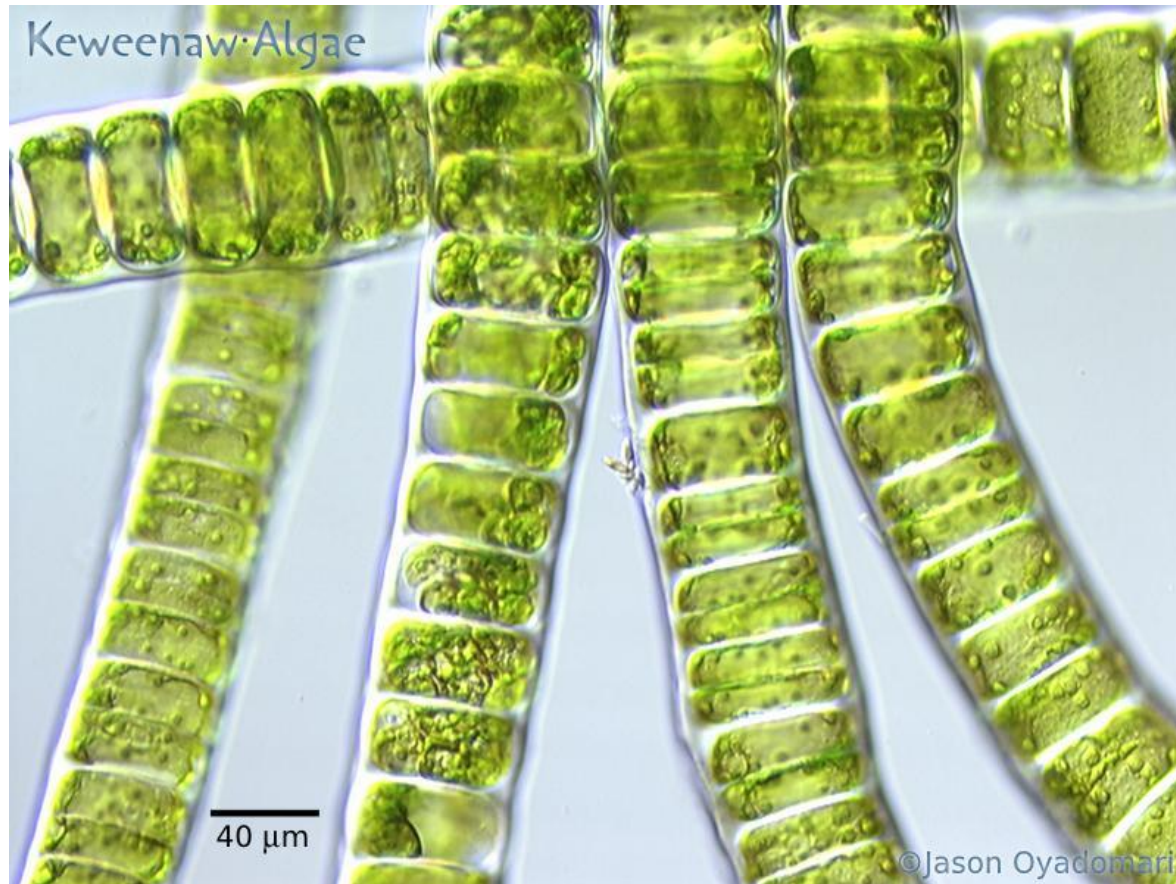
Зеленые водоросли

Спирогира - зеленая нитчатая водоросль (половой процесс - конъюгация)



Зеленые водоросли

Улотрикс (нитчатая водоросль)



Высшие растения

- ▶ Вышли на сушу - пришлось преодолевать силу тяжести и добывать воду из почвы. Поэтому клетки стали дифференцироваться и появились органы и ткани, в первую очередь - проводящая, покровная.
- ▶ Первые наземные растения - псилофиты (уже вымерли)
- ▶ Делятся на две группы: споровые (мхи, папоротники, хвощи, плауны) и семенные (голосеменные и покрытосеменные)

Растительные ткани

Ткань - система клеток и межклеточного вещества, объединённых общим происхождением, строением и выполняемыми функциями.

Особенности растительных тканей

1. Пролиферативным потенциалом (способностью делиться) обладают клетки только образовательной ткани
2. Могут быть образованы и живыми и мертвыми клетками

Образовательные ткани

- ▶ **Образовательная ткань (меристема)** - специализированная ткань, клетки которой могут делиться.
- ▶ Морфология клеток - мелкие, с большим ядром, слабыми клеточными стенками, вакуоли небольшие или отсутствуют
- ▶ Основная функция - рост растения, только эти клетки могут делиться и дифференцироваться в клетки других тканей
- ▶ Классификация

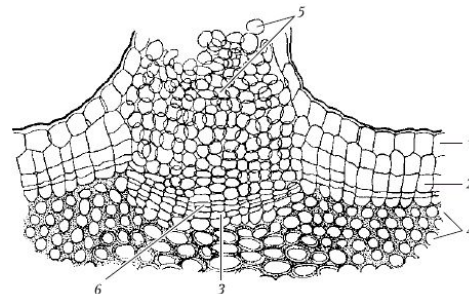
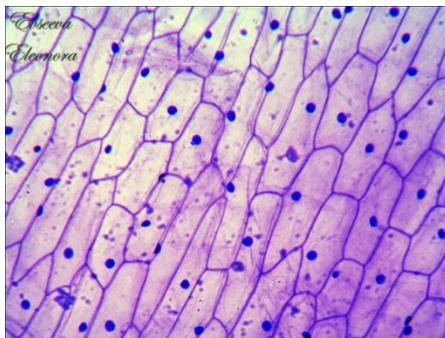
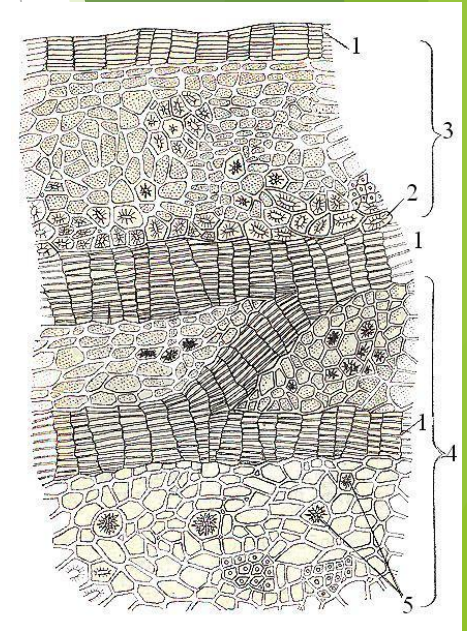
Тип меристемы	Где находится	Функция
Верхушечная	Верхушка побега и кончик корня	Рост в длину
Боковая (камбий и перицикл)	Под покровными тканями стебля и корня	Рост в ширину
Вставочная	Междоузлия	Вставочный рост в длину
Раневая	В месте повреждения	Репарация



Покровные ткани

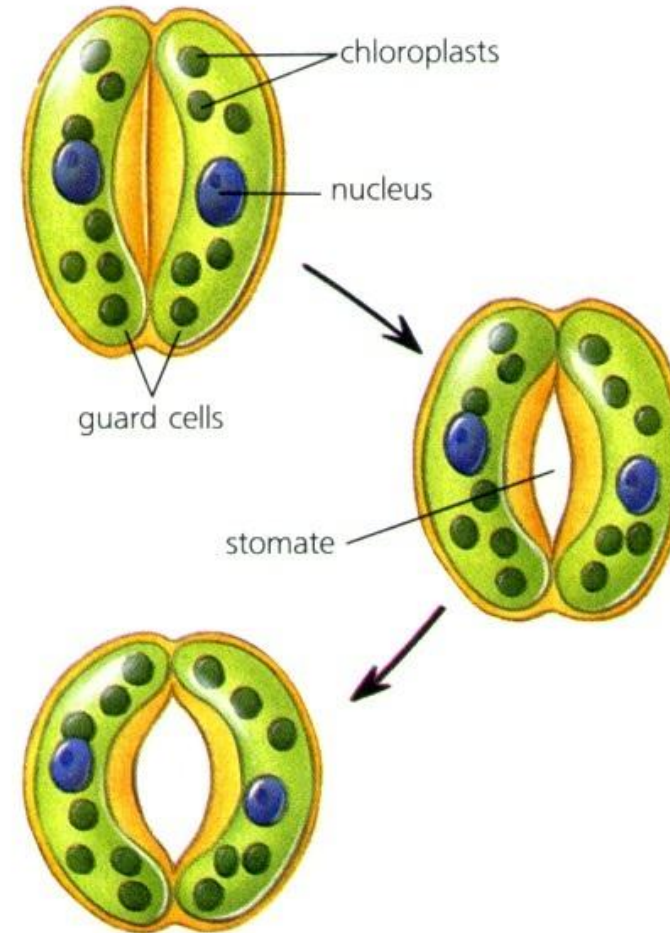
► Толстостенные клетки

	Первичная	Вторичная	Третичная
	Эпидерма (побег и лист), ризодерма (корень)	Перидерма (пробка)	Корма
Строение	Один слой живых клеток	Многослойная, клетки постепенно отмирают и пропитываются суберином	Многослойная, мертвые клетки
Функция	Транспирация (обмен воды), газообмен, защита	Защита, газообмен через чечевички	Защита



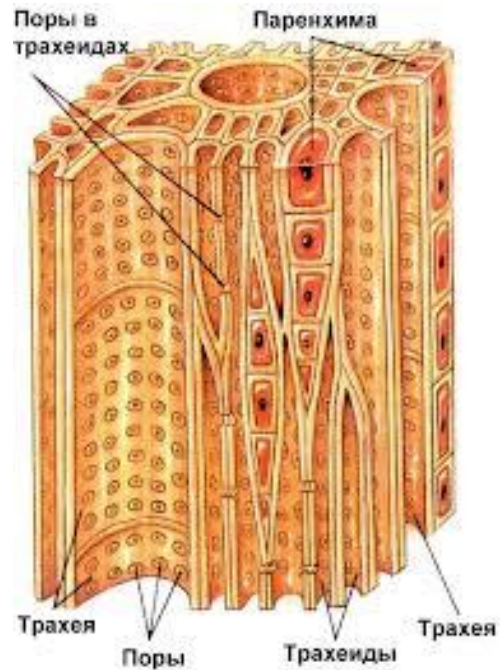
Устьица

- ▶ Эпидерма осуществляет газообмен и транспирацию за счет наличия устьиц
- ▶ Замыкающие клетки устьиц имеют неравномерно утолщенные клеточные стенки, поэтому, когда клетки наполняются водой, открывается устьичная щель
- ▶ На поверхности эпидермы часто имеется кутикула, которая препятствует испарению и газообмену.



Проводящие ткани

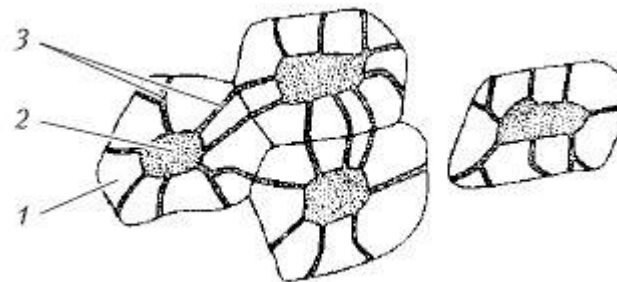
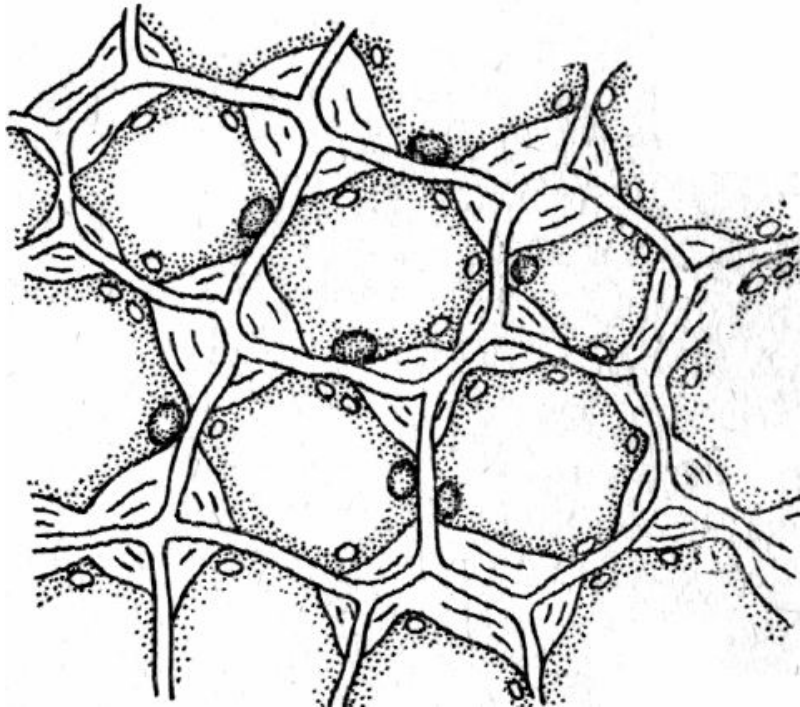
	Ксилема	Флоэма
Клетки	Мертвые клетки	Живые клетки
Структуры	Образуют сосуды или трахеиды	Образуют ситовидные трубки
Транспорт	Транспорт воды и минеральных солей вверх от корней к наземным частям растения	Транспорт органических веществ вниз от листьев к стеблю и корню



Механические ткани

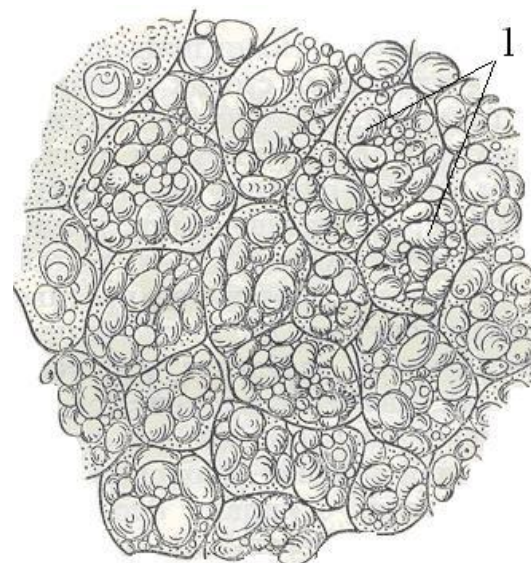
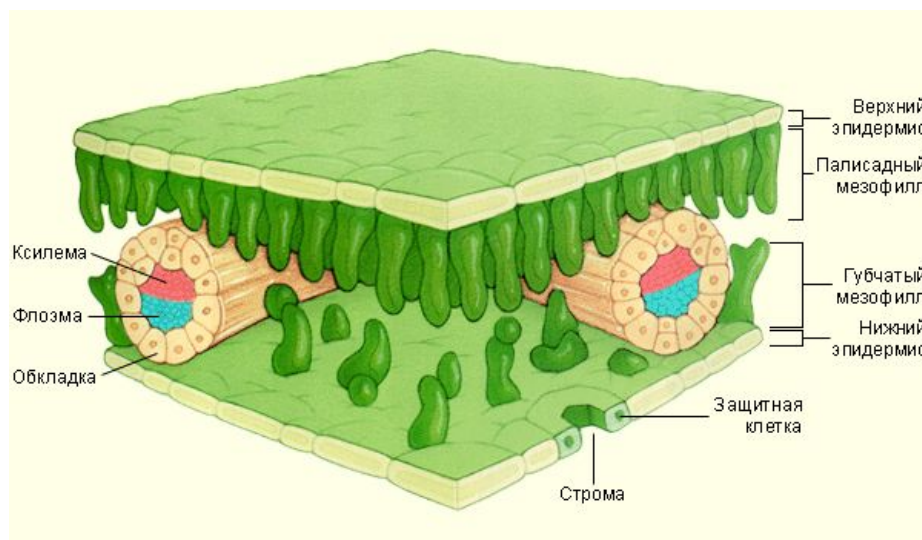
- ▶ Придают прочность

Колленхима	Склеренхима
Живые клетки	Мертвые клетки
Неравномерно утолщенные клеточные стенки	Вытянутые клетки, равномерно утолщенные клеточные стенки



Основная ткань (паренхима)

Ассимиляционная паренхима	Запасающая паренхима
Живые клетки	Живые клетки
Функция - фотосинтез	Функция - запасание крахмала
Имеются большие межклетники	Имеются межклетники (не всегда выражены)
Лист	Корень, стебель



Выделительные ткани



Гидатоды - выделение капель воды в условиях большой влажности



Млечники



Нектарники



Пищеварительные волоски (насекомоядные растения)

Органы растений

Вегетативные (для жизни)

- Корень
- Побег (надземная часть растения)
 - Лист

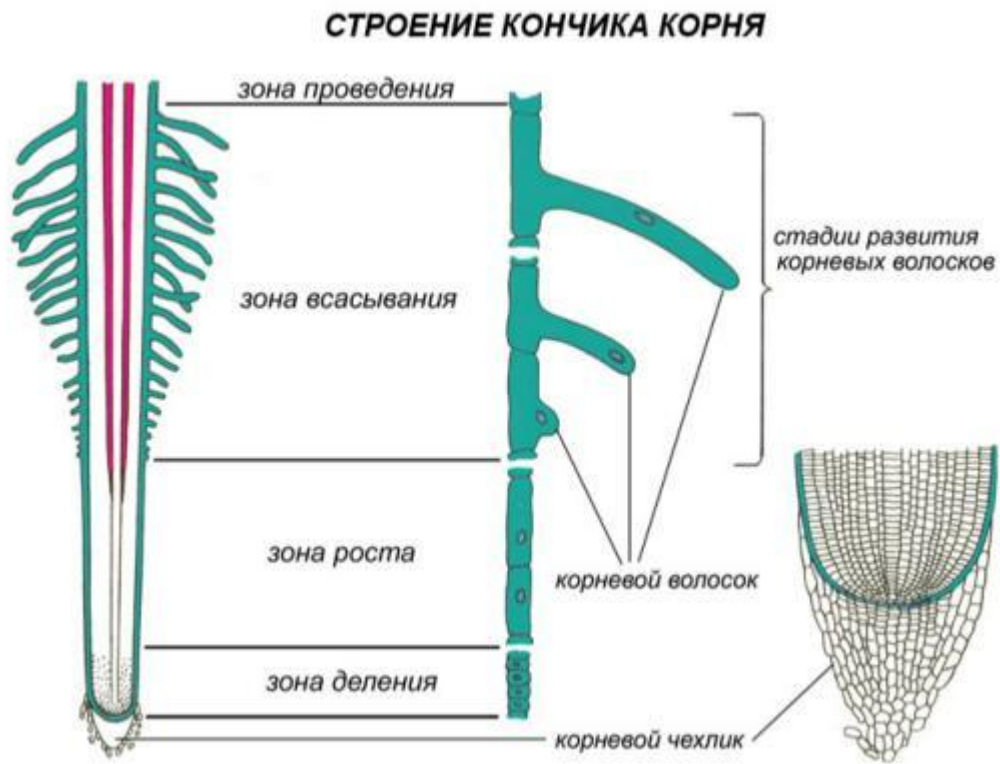
Генеративные (для размножения)

- Цветок и плод

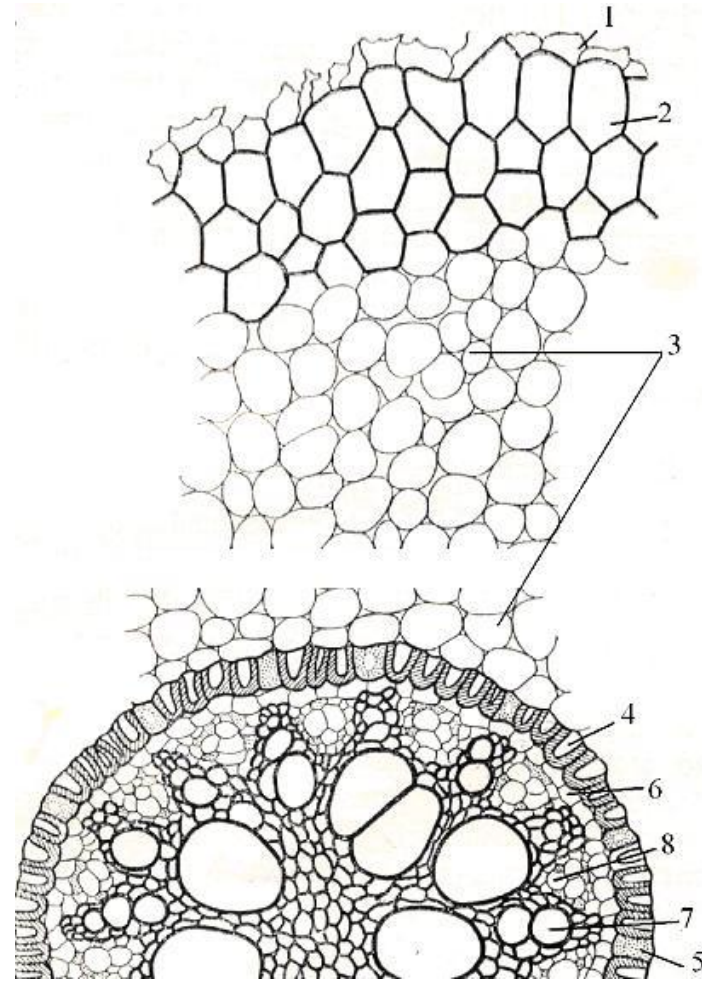
Корень

- ▶ Осевой орган
- ▶ Функции - закрепление в грунте, минеральное и водное питание, запасание питательных веществ, вегетативное размножение, взаимодействия с другими организмами (симбиоз - клубеньковые бактерии и микориза), синтез биологически активных веществ
- ▶ Неограниченный рост
- ▶ Положительный геотропизм

Строение корня



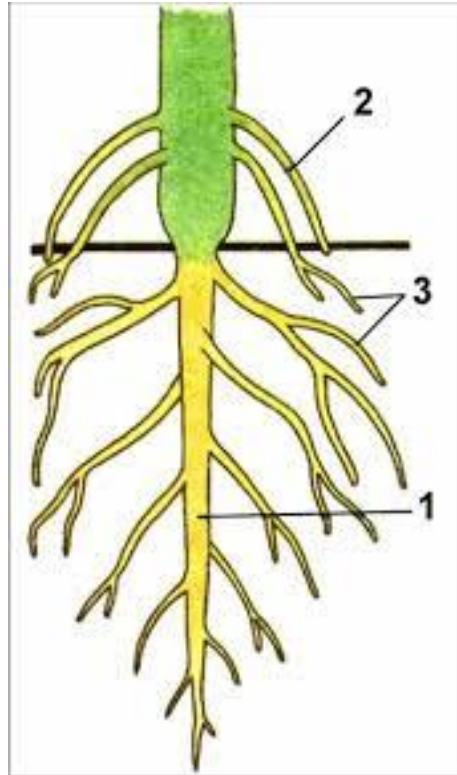
- ▶ АТТ! Корневой волосок - вырост клетки покровной ткани, одноклеточная структура



- 1 - ризодерма
- 2 - экзодерма
- 3 - основная паренхима (мезодерма)
- 4 - эндодерма
- 5 - пропускная клетка эндодермы
- 6 - перицикл
- 7 - луч первичной ксилемы
- 8 - участок первичной флоэмы (2-5 - первичная кора, 6-8 - центральный цилиндр).

В центре среза корня всегда находятся проводящие пучки!

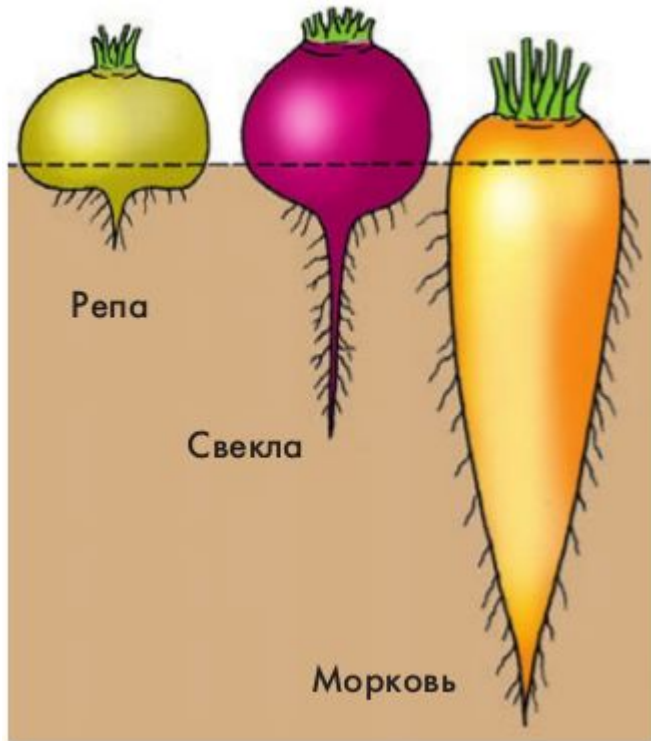
Типы корневых систем



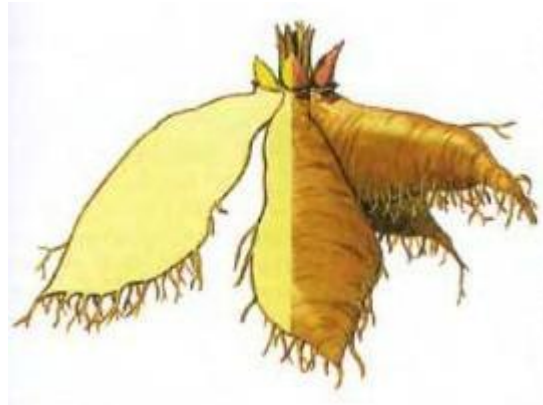
- 1- главный корень, развивается из зародышевого корешка
- 2 - придаточные корни, отходят от побега
- 3 - боковые корни, ответвления любых корней

Видоизменения корней

- ▶ Как отличить? Имеют внутреннее строение корня!



Корнеплоды (запасают питательные вещества)



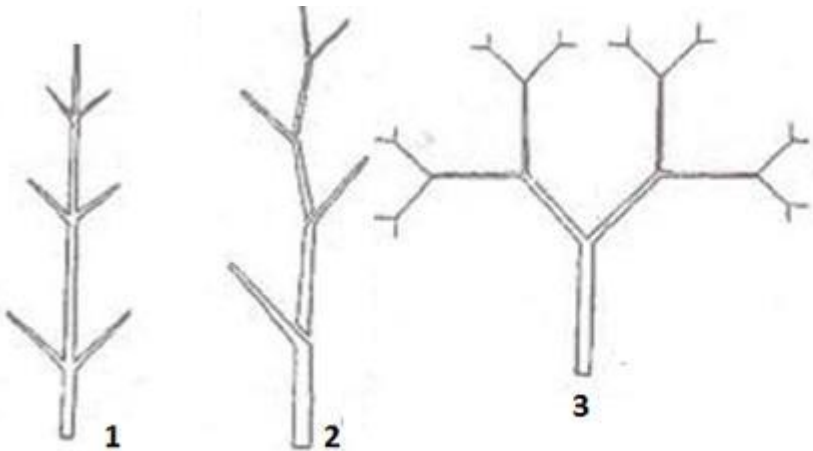
Корневые шишки
(=корневые клубни)
Батат, топинамбур,
георгин. Не путать с
клубнями!



Опорные корни

Побег

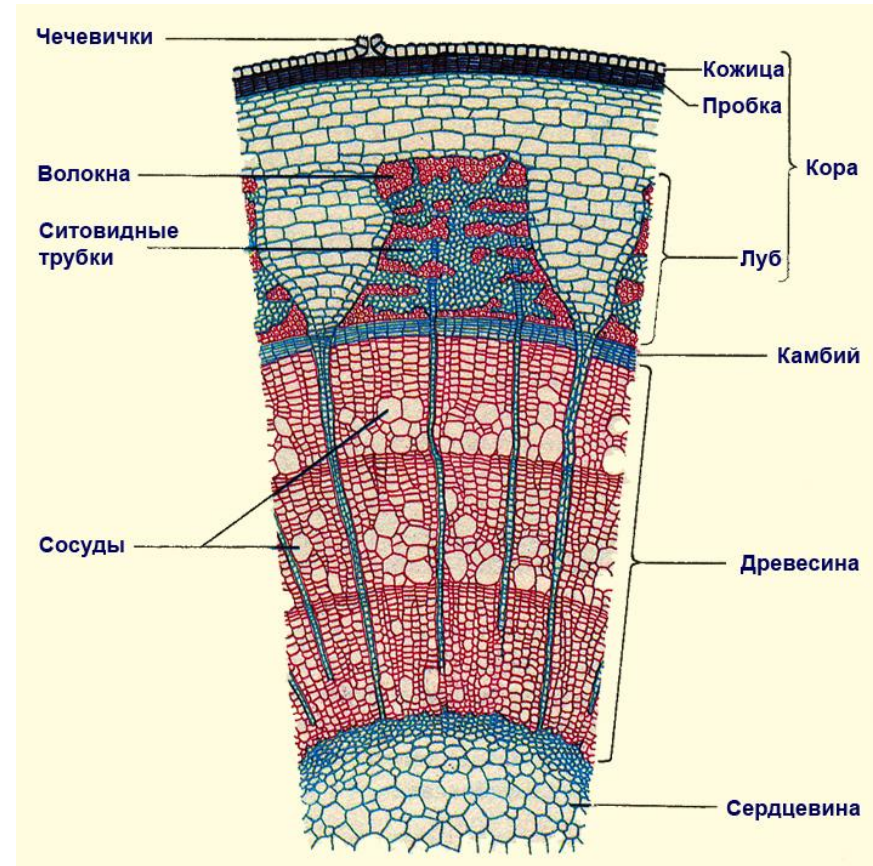
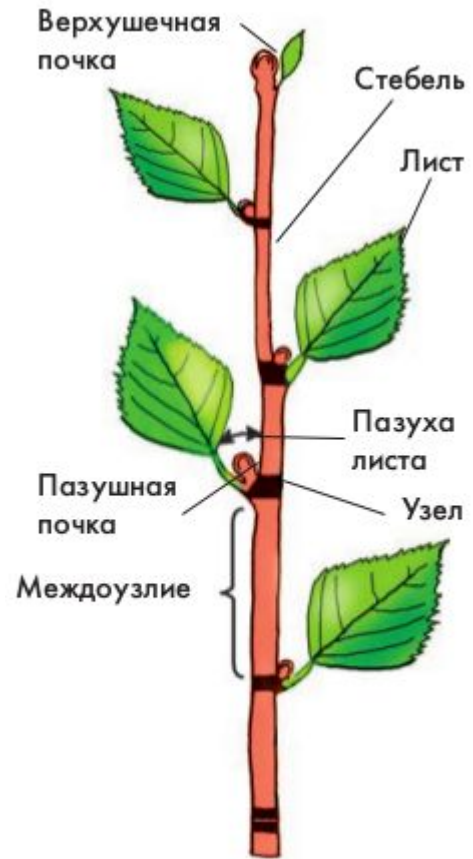
- ▶ Побег - надземная часть растений
- ▶ Состоит из стебля и листьев
- ▶ Развиваются из почек
- ▶ Вегетативные - несут листья, генеративные - несут цветы
- ▶ Характерна метамерность (узлы и междоузлия)
- ▶ Рост вставочный (за счет вставочных меристем) и верхушечный (за счет апикальных меристем)



Типы ветвления побегов

- 1 моноподиальное
- 2 симподиальное (самое продвинутое - большинство покрытосеменных)
- 3 дихотомическое (примитивные растения - псилофиты и мхи)

Строение побега



В центре всегда сердцевина -
основная ткань (=паренхима)

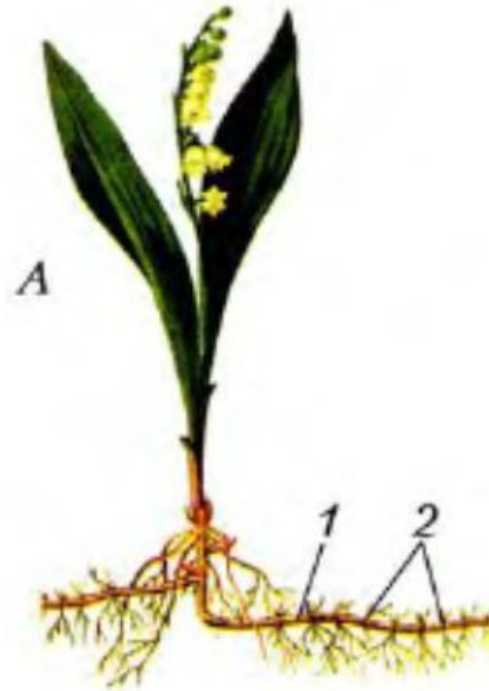
Видоизменения побега

- ▶ Внутренне строение - имеется сердцевина из паренхимы, как у побега
- ▶ Внешнее строение - наблюдается метамерия, как у побега
- ▶ Есть почки (как и у побега)
- ▶ Придаточные корни
- ▶ Зеленеют на свету (так как есть предшественники хлоропластов)
- ▶ Горизонтальная ориентации

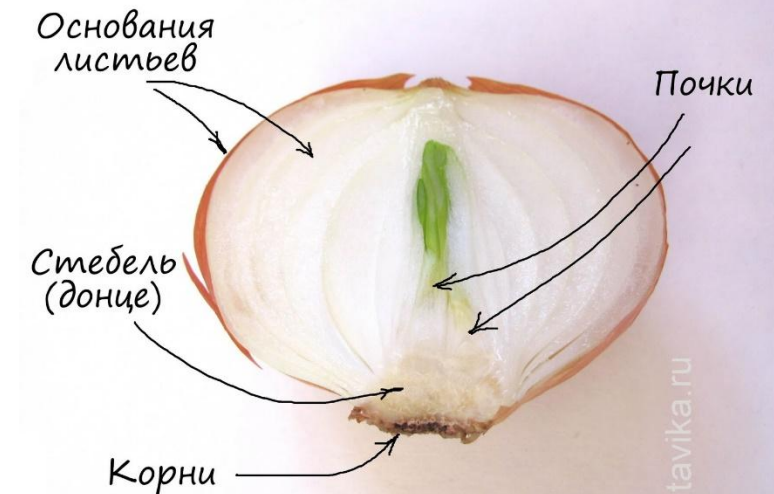


Клубень. Картофель

Клубень



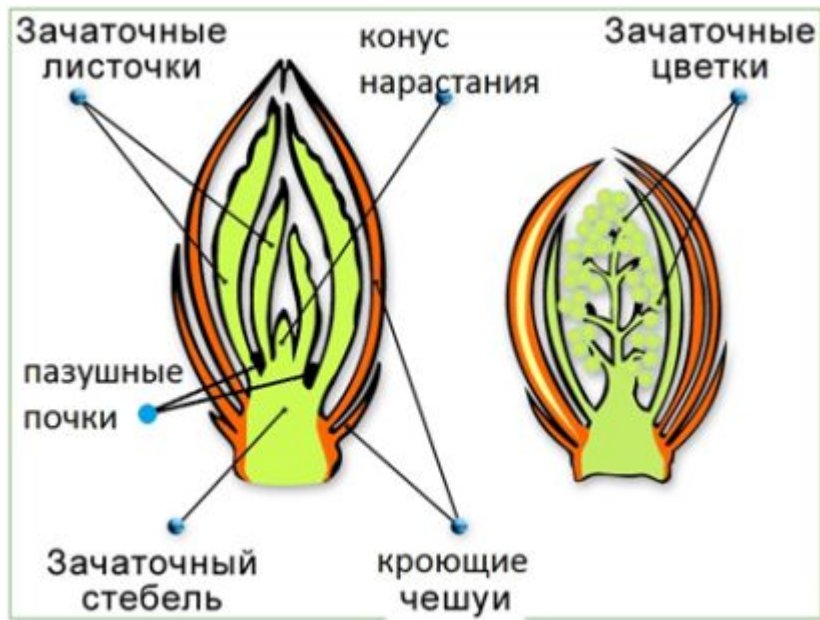
Корневище



Луковица

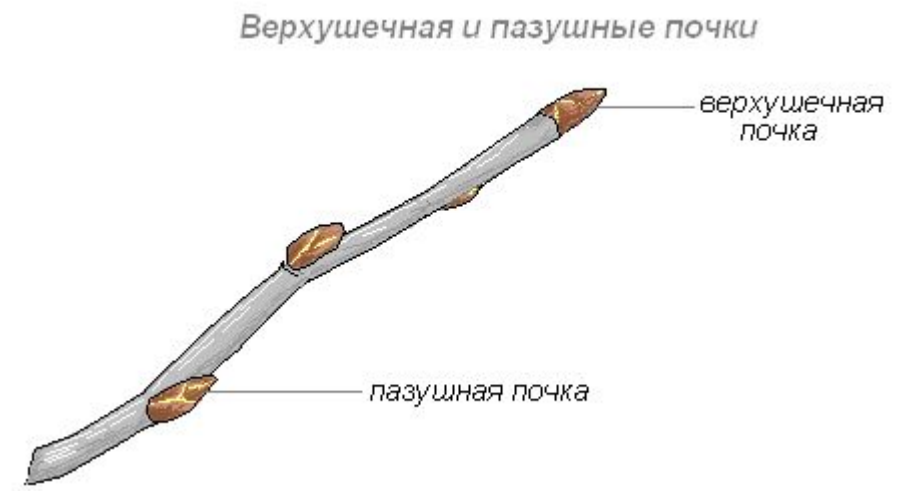
Почки

- ▶ Зачаточный побег
- ▶ Почки бывают



По функции - вегетативные и генеративные почки

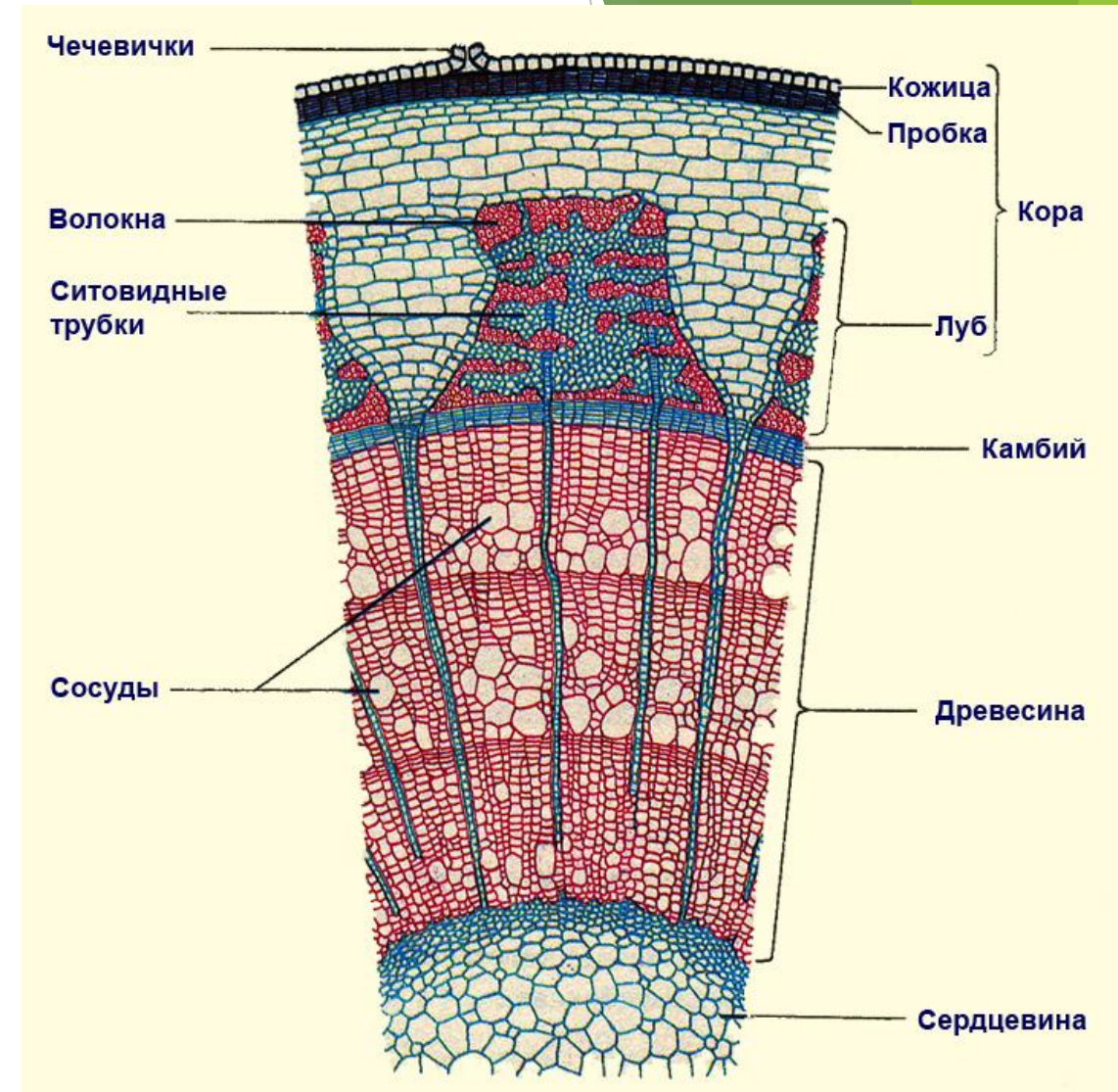
По защищенности - закрытые и голые



По расположению - верхушечная, пазушная или придаточная (может располагаться где угодно, кроме пазух и верхушек)

Стебель

- ▶ Осевой орган, обладает радиальной симметрией
- ▶ Функции - опорная, проводящая, запасаящая, фотосинтезирующая, рост и ветвление, вегетативное размножение
- ▶ Видоизменения - кактус (сочный, толстый, необходим для запасания воды и питательных веществ), колючки (боярышник, терновник) и усики (огурец и виноград).



Лист

- ▶ Боковой орган, обладает двусторонней симметрией
- ▶ Функции - фотосинтез, дыхание, испарение
- ▶ Видоизменения - колючки (кактус), усики (бобовые), ловчие листья (хищные растения), суккулентные листья (алоэ, агава)

Простые листья



Сложные листья



Очередное

Супротивное

Мутовчатое

Листорасположение

Простые листья - одна листовая пластинка на черешке, сложные - много листовых пластинок

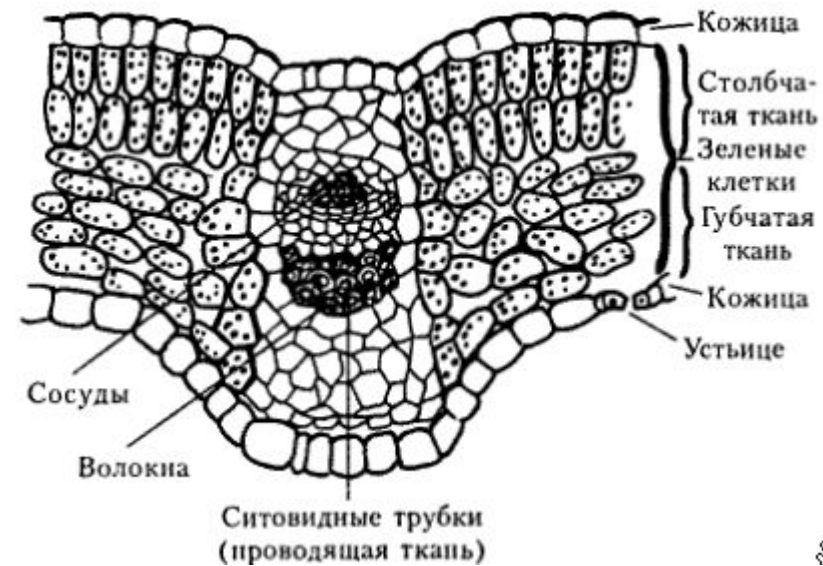
Строение листа

▶ Внешнее



Если черешок есть - лист черешковый, если нет - сидячий

Внутреннее



Столбчатая и губчатая ткань (=столбчатый и губчатый мезофилл) образованы ассимиляционной паренхимой. Жилки содержат проводящие пучки и механическую ткань. Кожица = эпидерма, покровная ткань

- Растения
 - Низшие (не имеют органов и тканей)
 - Водоросли
 - Высшие (развиты ткани и органы)
 - Споровые
 - Мхи
 - Папоротники
 - Хвощи
 - Плауны
 - Семенные
 - Голосеменные
 - Покрытосеменные

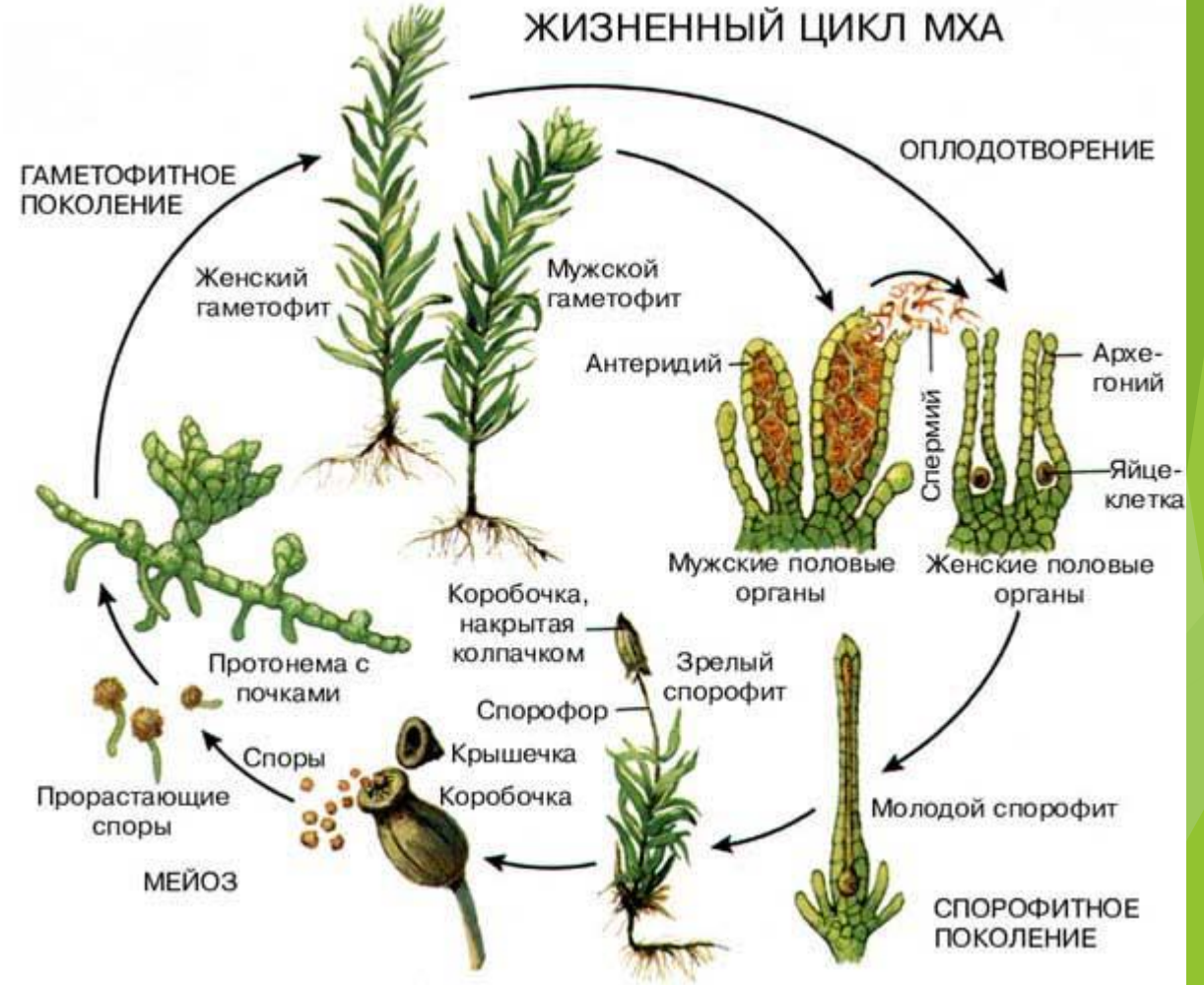
Отдел моховидные

- ▶ Наука - бриология
- ▶ Высшие растения - имеют органы и ткани
- ▶ Имеется стебель и лист, проводящая, механическая, покровная ткани, но они слабо развиты
- ▶ К субстрату прикрепляются ризоидами, корней нет
- ▶ Гаплоидная фаза жизненного цикла преобладает над диплоидной
- ▶ Оплодотворение происходит в капле воды!!



Жизненный цикл мхов

- ▶ На примере мха кукушкин лен
- ▶ Гаметофит (половое поколение) - гаплоидное поколение, дает гаметы. Листостебельное растение
- ▶ Спорофит (бесполое поколение) - диплоидное поколение, дает споры. Коробочка на ножке, не содержит хлорофилла, паразитирует на гаметофите



Представители мхов

Зеленые мхи

Кукушкин лен

Сфагновые мхи

Белый мох - сфагнум

Имеет два типа клеток - фотосинтезирующие и водосборные, поэтому хорошо впитывает воду. Растет на болотах или превращает то, где растет, в болото. Образуют торф



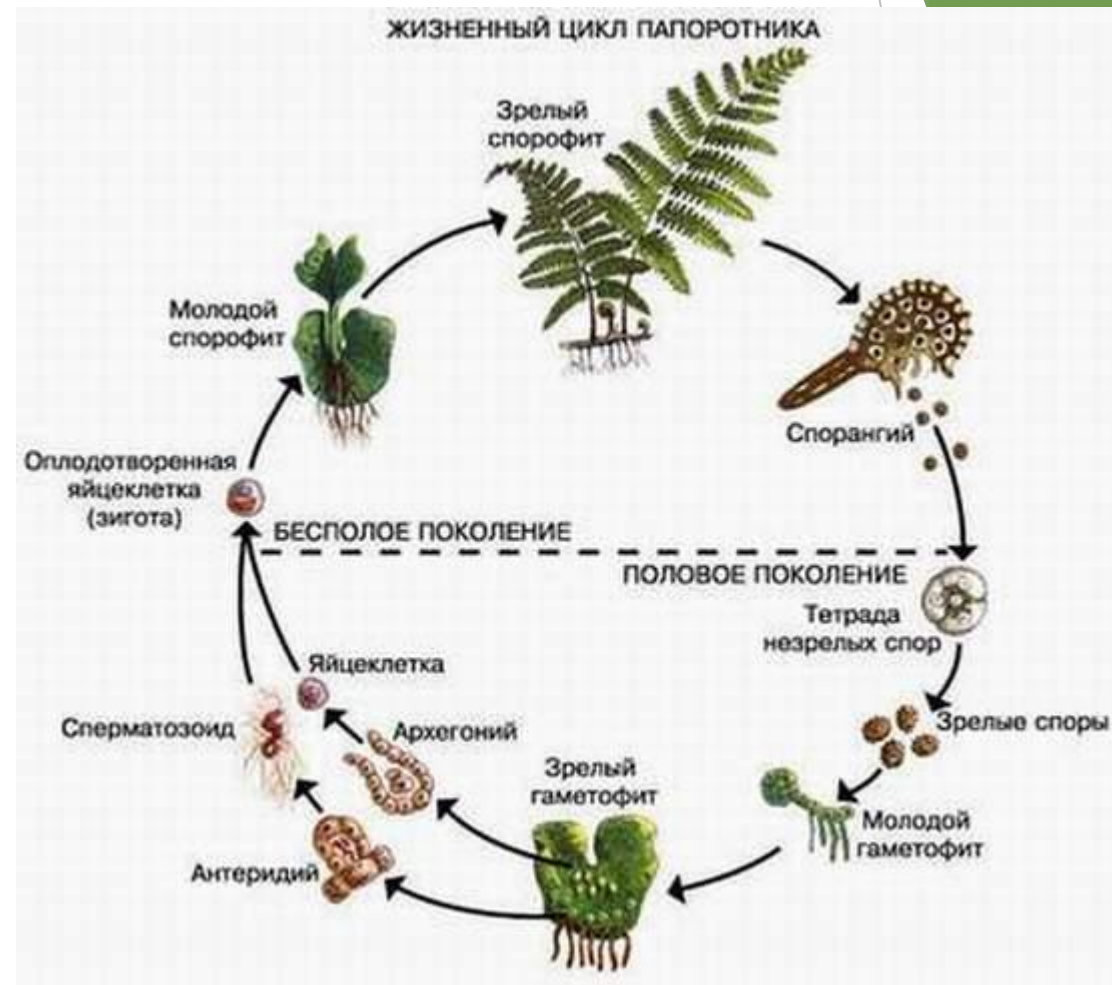
Отдел Папоротникообразные

- ▶ Появились настоящие корни, «листья» - вайи, корневая система
- ▶ Проводящая, механическая, основная ткани развиты, устроены сложнее, чем у мхов
- ▶ Диплоидная фаза жизненного цикла преобладает над гаплоидной
- ▶ Для оплодотворения необходима вода
- ▶ Появились в девонском периоде палеозойской эры, расцвет - каменноугольный период
- ▶ Каменный уголь - остатки древних папоротников
- ▶ Современные представители - орляк, щитовник мужской



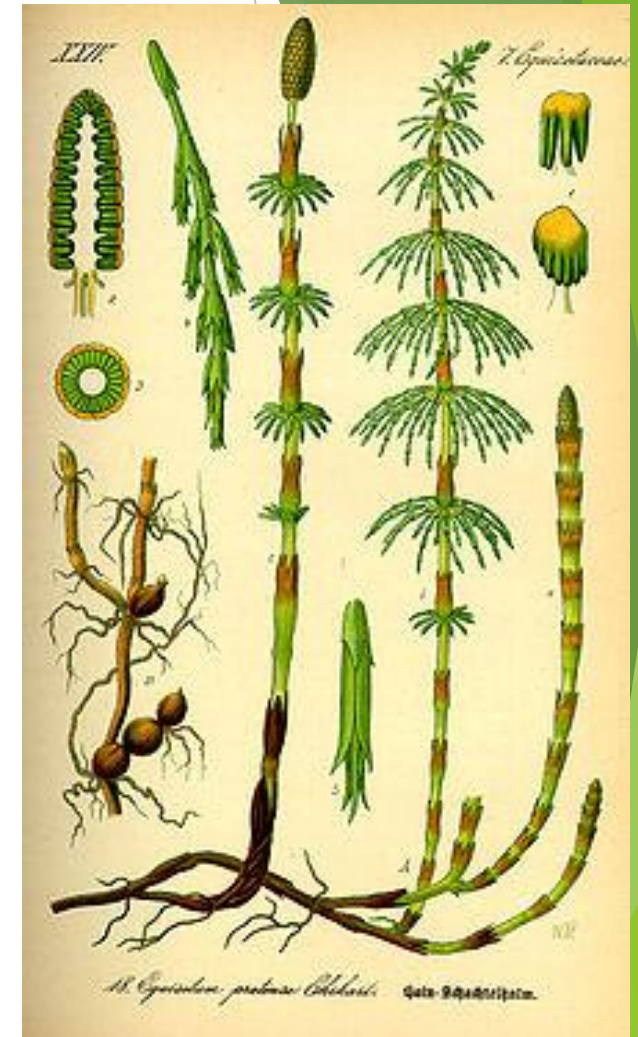
Жизненный цикл папоротников

- ▶ Гаметофит - маленькая фотосинтезирующая пластинка с ризоидами (=заросток)
- ▶ Спорофит - листостебельное растение
- ▶ Спорангии - бурые образования на нижней стороне вайи.

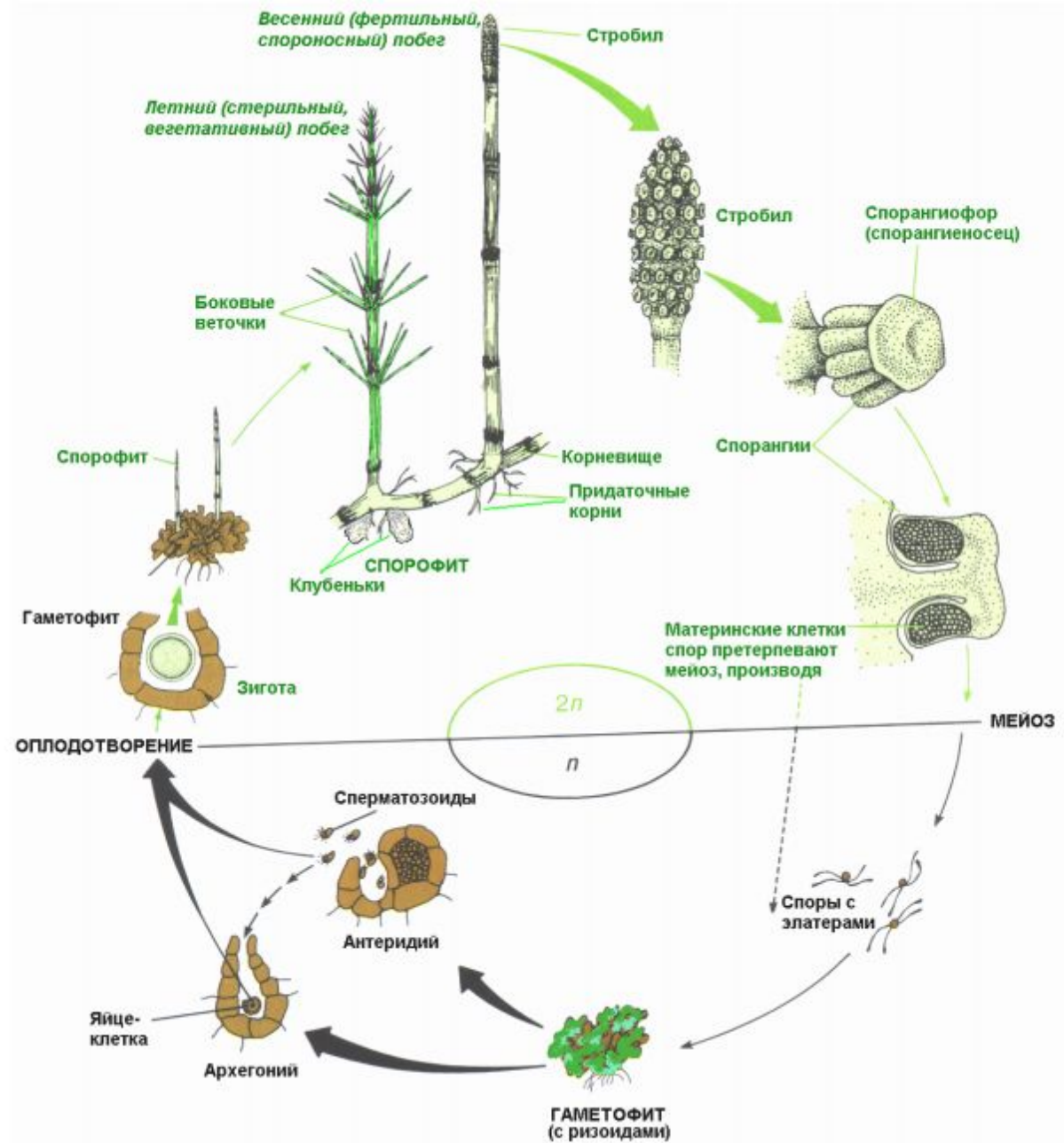


Отдел хвощевидные

- ▶ Высшие споровые растения
- ▶ Оплодотворение в капле воды, преобладает диплоидная фаза в жизненном цикле (общая схема цикла - как у папоротников)
- ▶ Ярко-выраженные узлы и междоузлия, мутовчатое листорасположение
- ▶ Чешуевидные листья
- ▶ Клеточные стенки содержат кремнезем
- ▶ Представители - хвощ полевой, хвощ болотный



Жизненный цикл

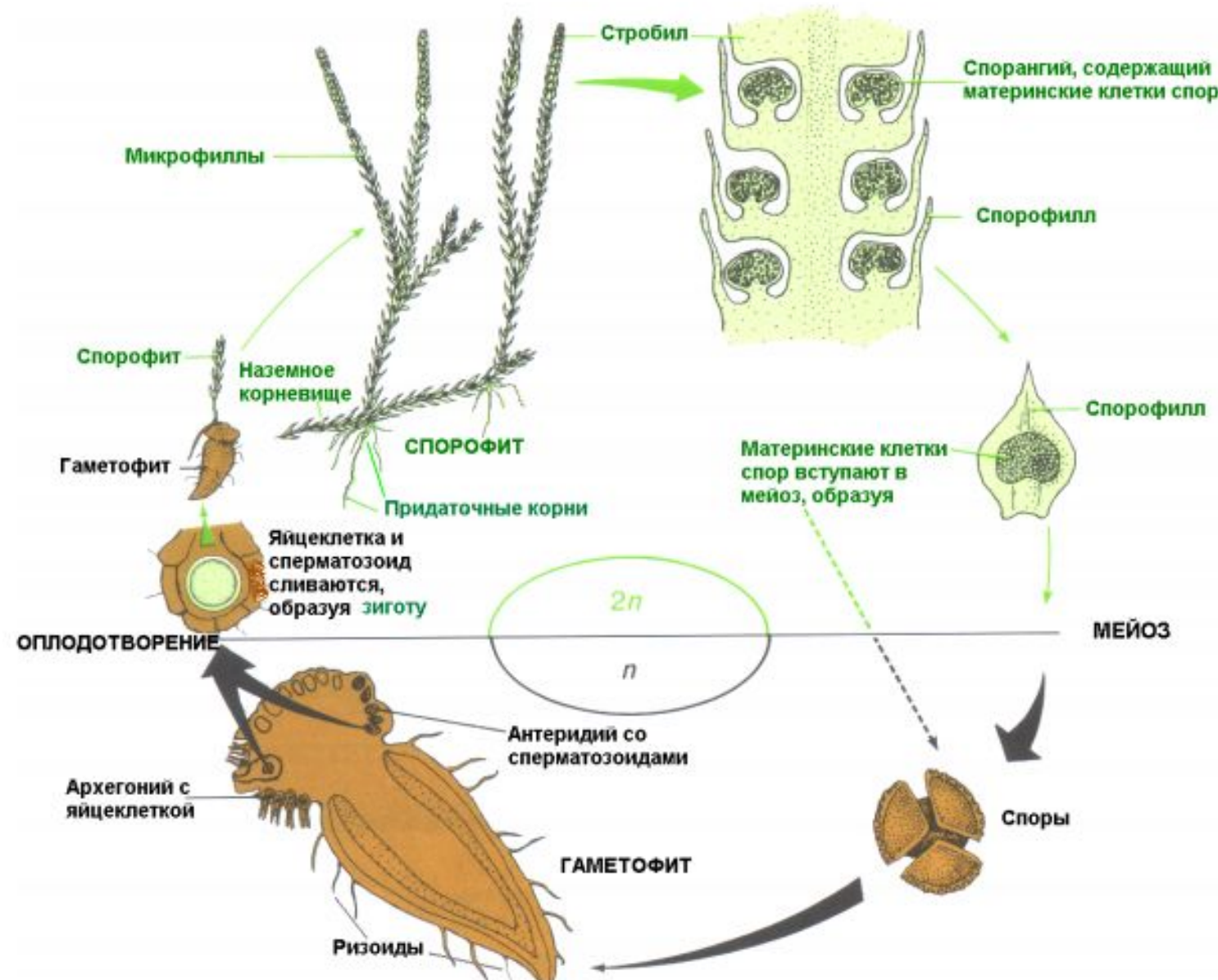


Отдел плауновидные

- ▶ Высшие споровые растения
- ▶ Жизненный цикл - преобладает спорофит, оплодотворение в капле воды (общая схема - как у папоротников)
- ▶ Побеги ползучие, преподнимающиеся, ветвление дихотомическое
- ▶ Представители - плаун булавовидный

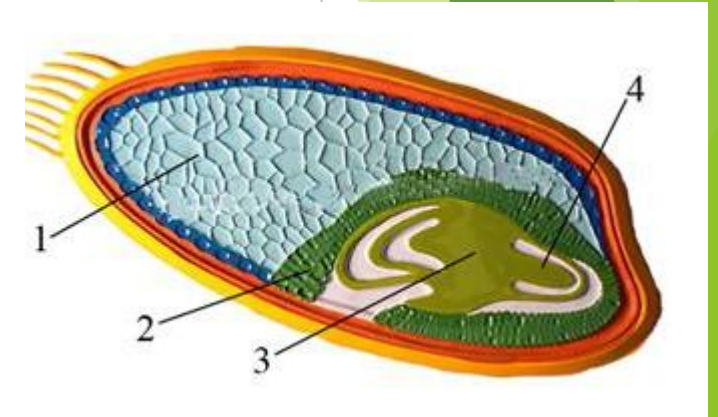


Жизненный цикл



Отдел голосеменные

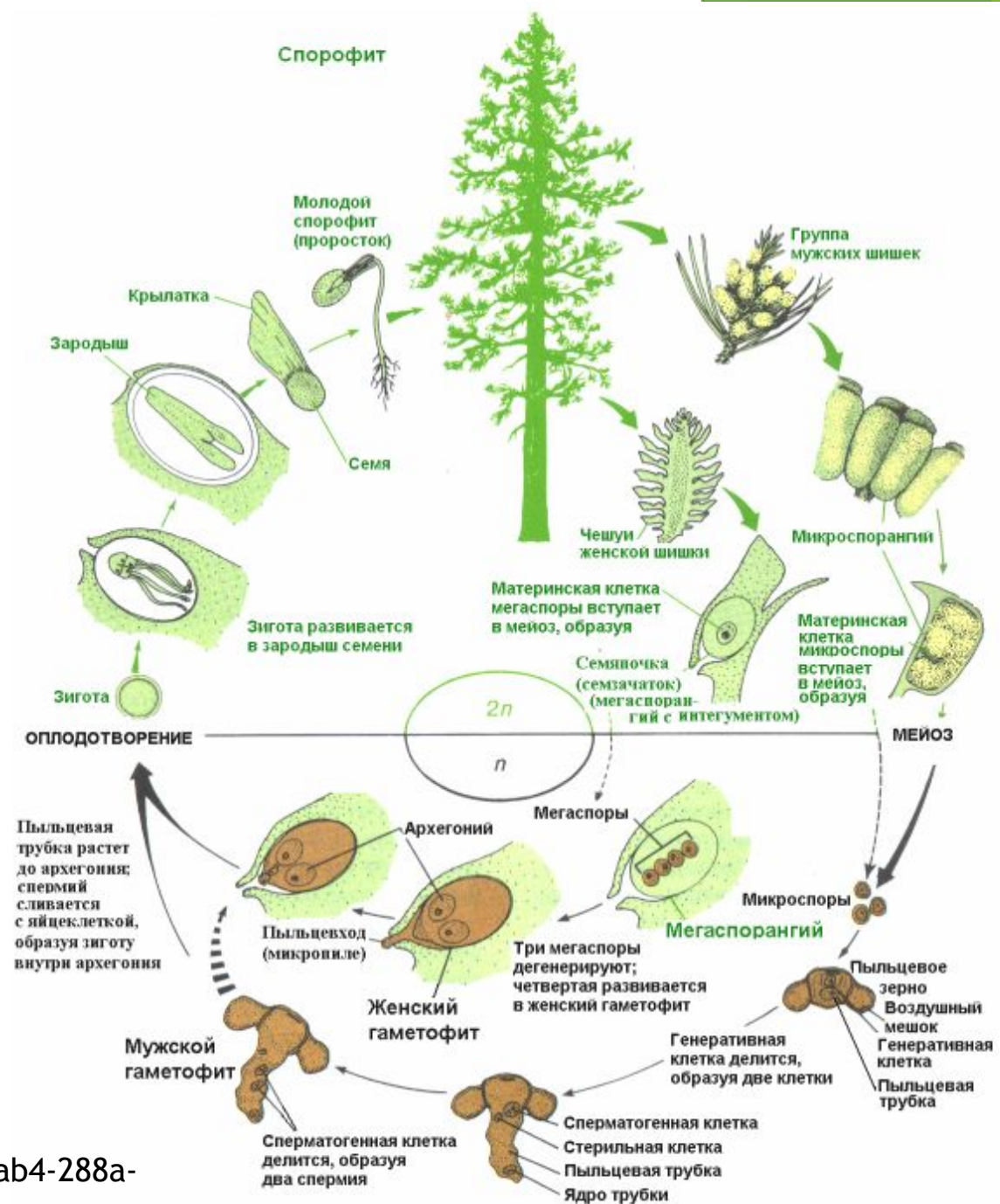
- ▶ Размножение семенами (в отличие от спор имеют запас питательных веществ, защищены семенной кожурой, внутри находится зародыш нового растения). Семена располагаются на чешуях - голые
- ▶ Редукция гаметофита, НЕзависимость оплодотворения от воды
- ▶ Ксилема представлена трахеидами (сосудов нет)
- ▶ Иголки - видоизмененные листья, чтобы уменьшить потери влаги (небольшая площадь поверхности, мощная кутикула)
- ▶ Представители - сосна, ель, пихта, лиственница, кедр, можжевельник (класс хвойные), вельвичия, гинкго, саговники
- ▶ Гаплоидный эндосперм
- ▶ Жизненная форма - деревья



Жизненный цикл сосны

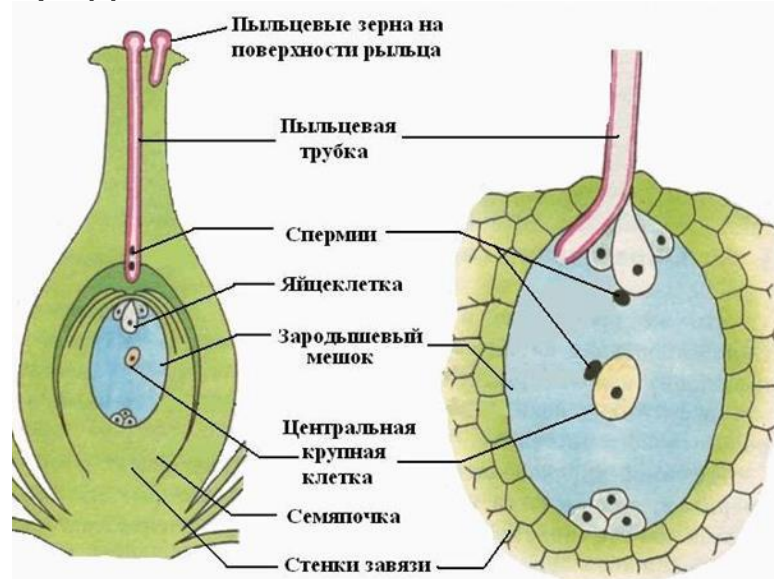
Как и все голосеменные, сосна – разноспоровое растение. На нижней стороне чешуек мужских шишек, лежащих в основании развивающихся побегов, весной образуются микроспорангии – пыльцевые мешки – с микроспорами – пылинками. Не покидая оболочки пыльцевого зерна, из микроспор вырастают сильно редуцированные мужские гаметофиты, состоящие из двух клеток – вегетативной и генеративной. Пылинка зачастую имеет два воздушных мешка для облегчения его переноса ветром. На чешуйках ярко окрашенных женских шишек, находящихся на концах развивающихся побегов, развивается по два видоизмененных мегаспорангия – семязачатка. В процессе спорообразования в семязачатке остается по одной мегаспоре, которая прорастает в многоклеточный женский гаметофит (n). На гаметофите образуется два архегония, в каждом из которых формируется по яйцеклетке.

Когда пылинка попадает на женскую шишку, она образует пыльцевую трубку, по которой начинают двигаться две мужские половые клетки – спермия, образовавшиеся в результате деления генеративной клетки. Рост трубки вскоре приостанавливается, а сама шишка зеленеет, деревенеет и разрастается. Через год после опыления в семязачатках созревают яйцеклетки, а пыльцевая трубка дорастает до них. Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, а оставшиеся спермий и яйцеклетка погибают. Из зиготы формируется зародыш (2n) с несколькими семядолями, а из клеток женского гаметофита – первичный эндосперм (n), тогда как интегумент (оболочка семязачатка) превращается в семенную кожуру (2n) с крыловидным выростом. Приблизительно через полтора года после опыления женская шишка полностью одревесневает и в хорошую погоду открывается, в результате чего семена разлетаются.

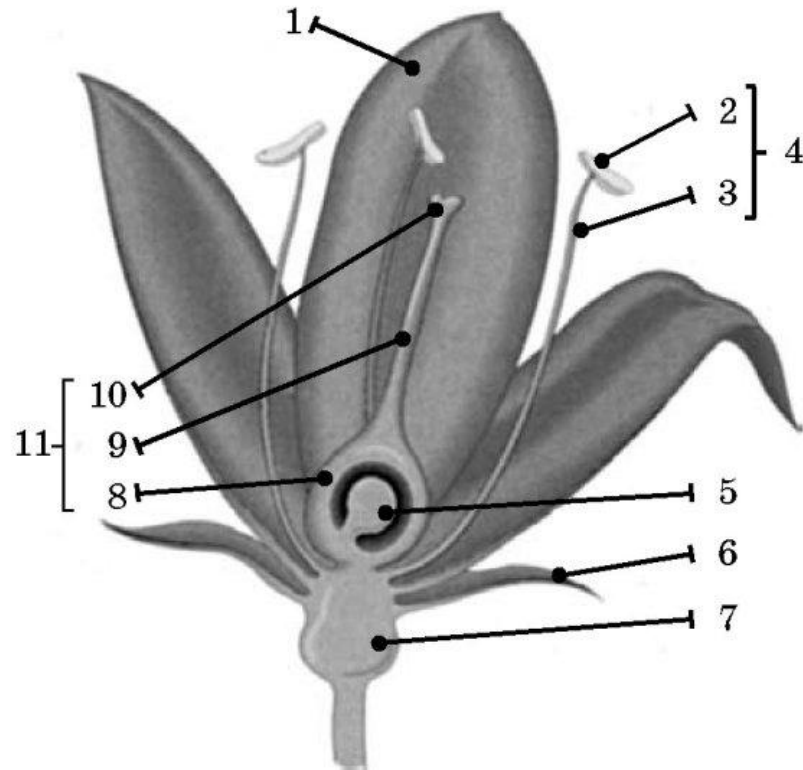


Отдел покрытосеменные (=цветковые)

- ▶ Цветок и плод - специализированные генеративные органы
- ▶ Преобладает спорофит в жизненном цикле, редукция гаметофита до 8 клеток
- ▶ Двойное оплодотворение (один спермий оплодотворяет яйцеклетку и дает начало семени, второй оплодотворяет центральную клетку дает начало триплоидному эндосперму). Открыл Навашин С.Г.
- ▶ 250 тыс. видов, представлены все возможные жизненные формы



■ Строение цветка

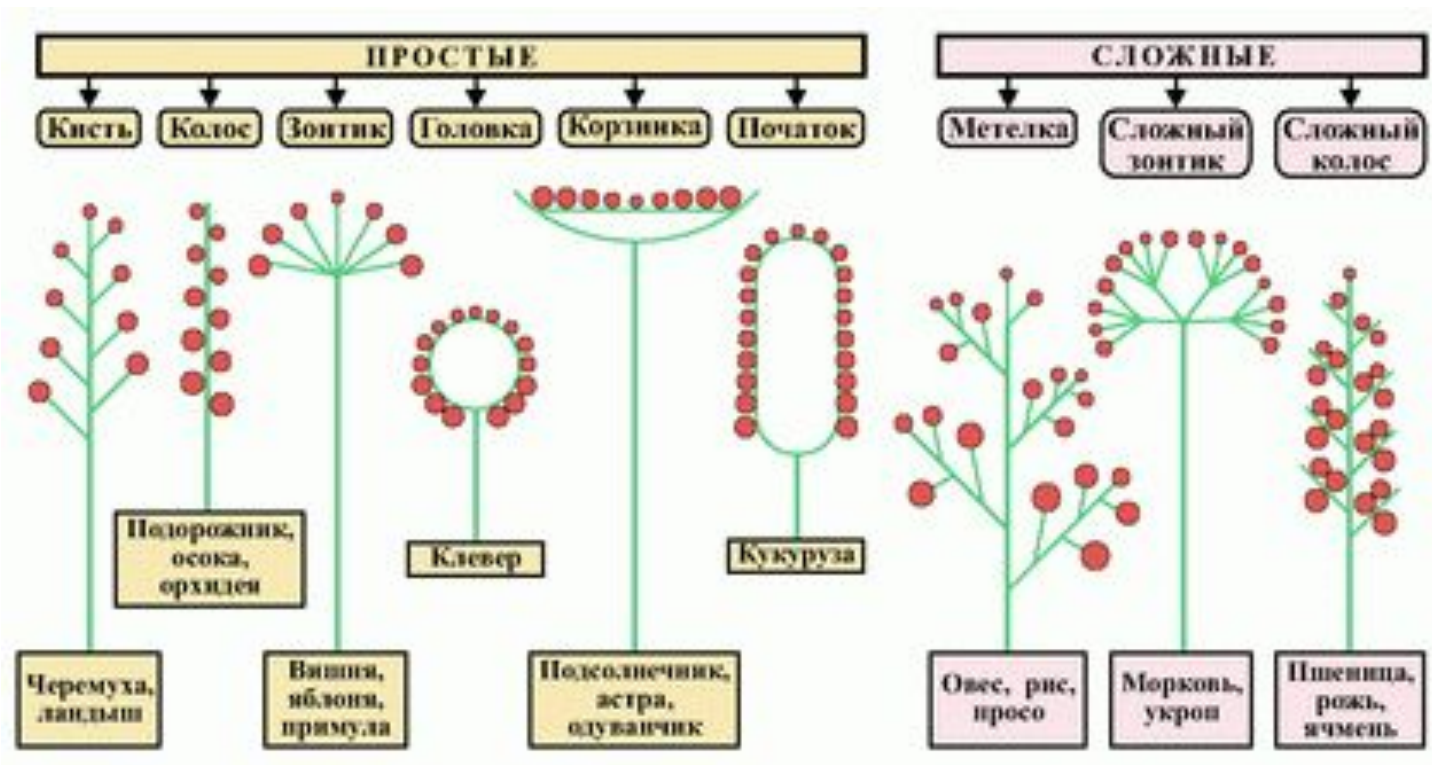


- 1 — лепесток,
- 2 — пыльник,
- 3 — тычинковая нить,
- 4 — тычинка,
- 5 — семязачаток,
- 6 — чашелистик,
- 7 — цветоложе,
- 8 — завязь,
- 9 — столбик,
- 10 — рыльце,
- 11 — пестик

- ▶ Обоеполые цветки - имеют и пестики, и тычинки, однополые - либо одно, либо другое.
- ▶ Формула цветка $\left[*C_{(5)}L_5T_nP_1 \right]$
- ▶ * цветок правильный (несколько осей симметрии); \uparrow цветок неправильный (одна плоскость симметрии)
- ▶ Ч - чашелистики, Л - лепестки, П - пестики, Т - тычинки
- ▶ Внизу указывается количество, если в скобочках - значит эти части срослись между собой

Соцветия

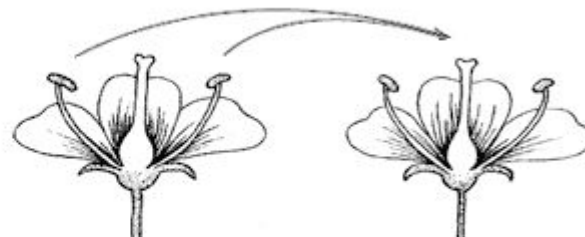
- ▶ Цветы нередко объединяются в группы - соцветия



Способы опыления



Самоопыление



Перекрестное опыление

Самоопыление

Гарантированное размножение
НО! Отсутствие генетического
разнообразия

Перекрестное

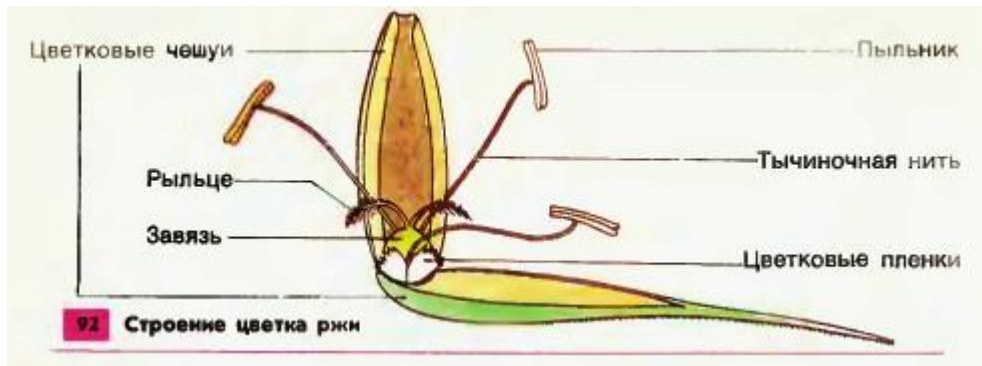
Обеспечивает генетическое
разнообразие

Механизмы ограничения самоопыления

1. одновременное созревание тычинок и пестиков в обоеполом цветке
2. различие в длине тычинок и пестиков в одном и том же цветке.

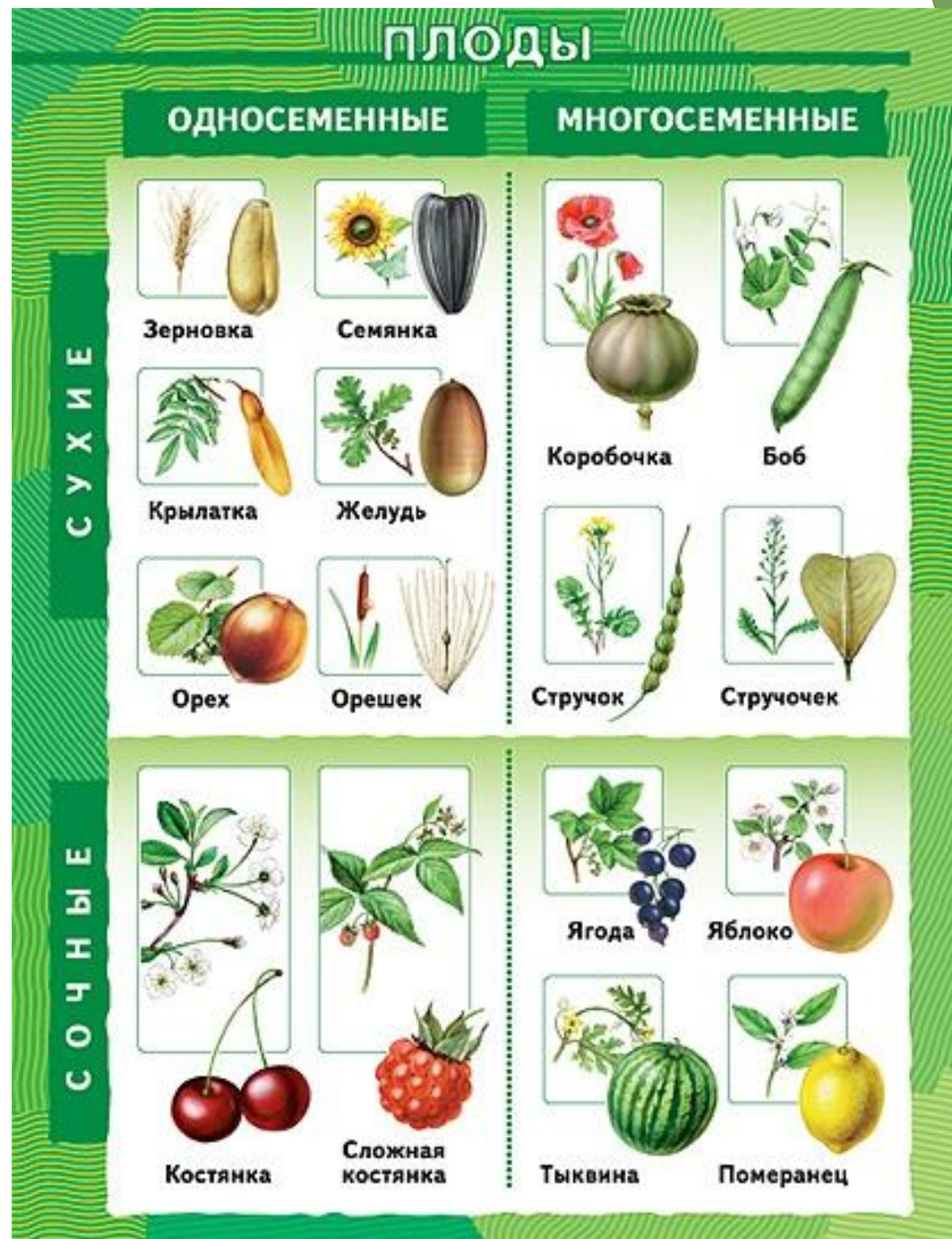
Способы перекрестного опыления

Ветром (анемофилия)	Насекомыми (энтомохория)
Мелкие, невзрачные, собраны в соцветия	Крупные, ярко окрашенные цветки
Нет запаха	Сильный запах
Тычиночные нити длинные, свисают за пределы цветка	Нектарники
Цветы распускаются до появления листьев	
Пыльцевые зерна мелкие, легкие, очень большое количество	Пыльца крупная, клейкая

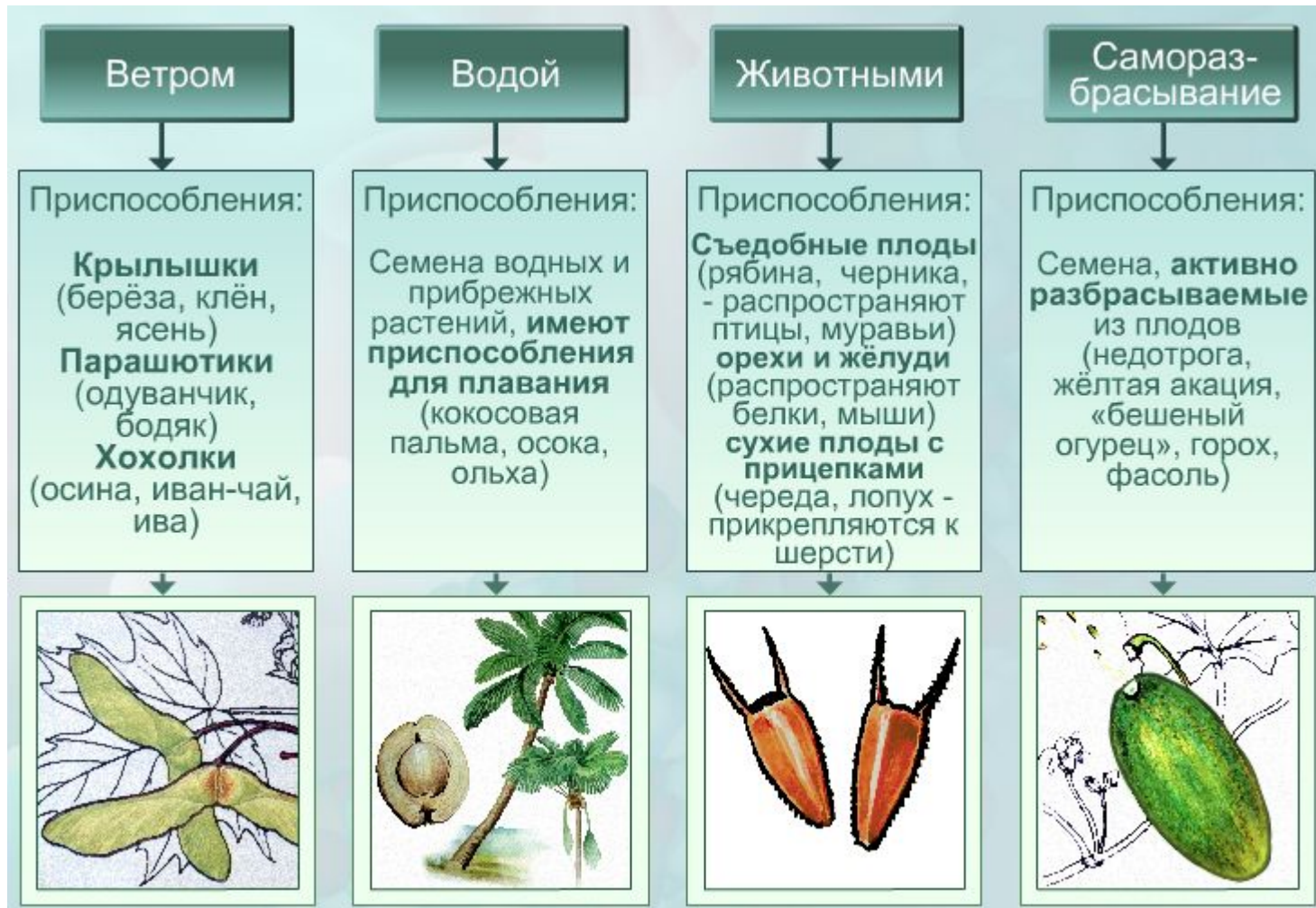


Плод

- ▶ Истинный - в образовании плода участвует только околоплодник, ложный - еще и завязь



Способы распространения семян



Классификация

Признак	Класс Двудольные	Класс Однодольные
Количество семядоль (зародышевых листьев)	2	1
Корневая система	стержневая	мочковатая
Жизненная форма	Деревья, кустарники, травы	Травы (за исключением пальм и агав)
Стебель	Четко выражены кора и сердцевина, имеется камбий	Кора и сердцевина не ясно выражены, камбий отсутствует
Листья	Простые или сложные, обычно черешковые, Жилкование перистое или пальчатое	Всегда простые, часто сидячие или влагалищные. Жилкование параллельное или дуговое
Цветок	Число членов цветка обычно кратно 5 или 4	Число членов цветка в основном кратно 3
Околоцветник	Сложный (состоит и лепестков и чашелистиков)	Простой
Семейства	Розоцветные, бобовые, пасленовые, крестоцветные, сложноцветные	Лилейные и злаки

Семейства цветковых растений

Семейство	Жизненная форма	Формула цветка	Плод	Представители	Значение
Крестоцветные	Травы	$\text{C}_4\text{L}_4\text{T}_{4+2}\text{P}_1$	Плод стручок или стручочек	Капуста, редька, редис, брюква	Пищевые и кормовые культуры, медоносы, сорняки
Розоцветные	Деревья, кустарники, травы	$*\text{C}_{(5)}\text{L}_5\text{T}_n\text{P}_1$ $*\text{C}_{5+5}\text{L}_5\text{T}_n\text{P}_1$	Плоды: многоорешек, костянка, яблоко, сложная костянка	Вишня, малина, абрикос, шиповник, яблоня, груша и др.	декоративные, лекарственные растения. Плодовые деревья
Бобовые	Кустарники, травы	$\text{C}_{(5)}\text{L}_{1+2+(2)}\text{T}_{(9)+1}\text{P}_1$	Плод боб	Горох, посевной, клевер красный, люпин, фасоль, люцерна	Кормовые и пищевые культуры. Медоносы, сорняки
Пасленовые	Травы	$\text{C}_{(5)}\text{L}_{(5)}\text{T}_{(5)}\text{P}_1$	Ягода, коробочка	Картофель, томаты, дурман, белена	Пищевые, кормовые, декоративные культуры. Ядовитые растения применяются для приготовления лекарственных препаратов
Сложноцветные	Травы	$*\text{C}_{(5)}\text{L}_5\text{T}_n\text{P}_1$ цветки трубчатые $\text{C}_{(5)}\text{L}_5\text{T}_n\text{P}_1$ цветки язычковые	Семянка	Подсолнечник, ромашка, астровые	Пищевые, декоративные культуры, медоносы
Лилейные	Травы	$*\text{O}_{3+3}\text{T}_{3+3}\text{P}_1$	Ягода, коробочка	Лук, чеснок, лилия, тюльпан	Пищевые культуры, лекарственные, декоративные растения
Злаковые	Травы	$\text{O}_{2+2}\text{T}_3\text{P}_1$	Зерновка	Пшеница, рожь, рис, овес, кукуруза, бамбук, мятлик	Хлебные и кормовые культуры, сорняки

Цветки семейства сложноцветные

<p>язычковые (одуванчик, цикорий)</p>	<p>трубчатые (бодяк, внутренние цветки василька)</p>
	
<p>воронковидные, не имеют тычинок и пестиков (наружные цветки василька)</p>	<p>ложноязычковые, имеют 3 сросшихся лепестка, могут быть бесполоыми (по краям соцветия у ромашки, подсолнечника)</p>
	

Цветок семейства бобовых



$\text{Ч}_{(5)}\text{Л}_{1+2+(2)}\text{T}_{(9)+1}\text{П}_1$

Ключевые ароморфозы растений

- ▶ Появление многоклеточности (водоросли)
- ▶ Появление органов и тканей (псилофиты)
- ▶ Преобладание спорофита в жизненном цикле
- ▶ Появление семени, редукция гаметофита до нескольких клеток и независимости оплодотворения от воды (голосеменные)
- ▶ Появление цветка и плода (цветковые)