

A microscopic image showing a grid of plant cells. Each cell is roughly hexagonal and contains numerous small, green, oval-shaped chloroplasts. The cell walls are clearly visible, forming a network of lines. The background is a light blue color, likely due to the staining used in the preparation.

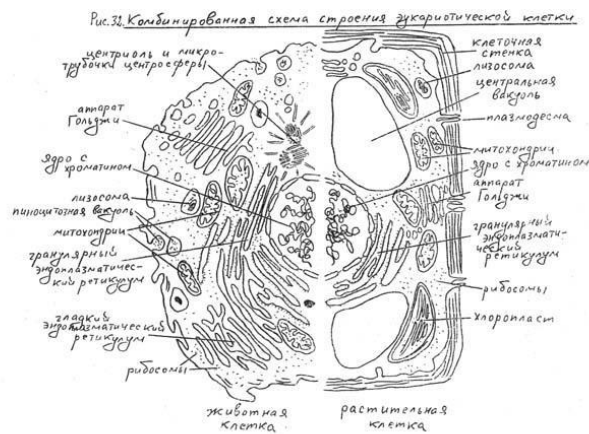
#### Лекция 4.

### ОСНОВЫ БОТАНИКИ. НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

**Строение эукариотической клетки. Отличие эукариот от прокариот. Особенности строения и функционирования растительной клетки. Фотосинтез. Систематика и общая характеристика водорослей. Водоросли одноклеточные и многоклеточные, их роль в природных процессах.**

## Строение эукариотической клетки. Отличия эукариот от прокариот

**Эукариоты** (лат. *Eukaryota* от др.-греч. εὖ- «хорошо» и κάρυον «ядро»), или **ядерные**, — домен (надцарство) живых организмов, клетки которых содержат ядро. Животные, растения, грибы, а также группы организмов под общим названием протисты — все являются эукариотическими организмами.

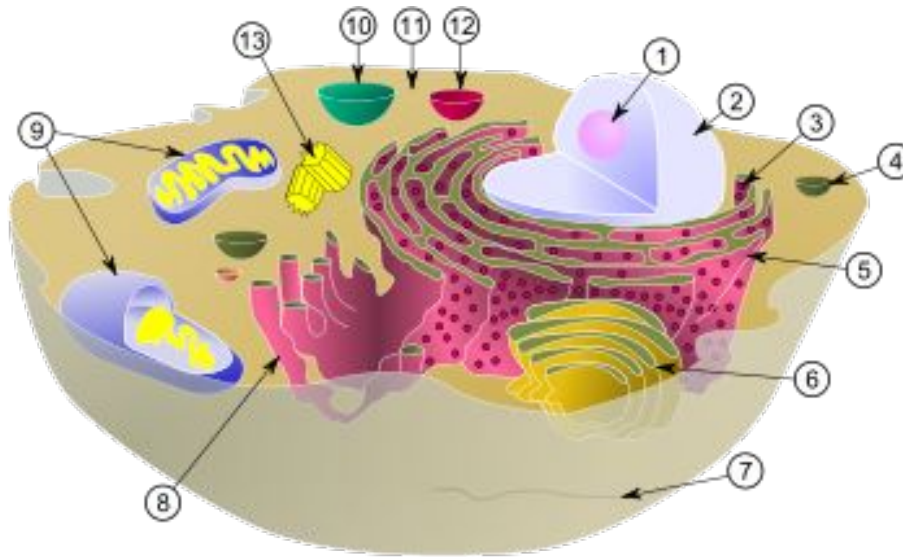


Типичной эукариотической клетки не существует, но можно выделить общий план строения.

Оболочку, покрывающую клетку снаружи, называют **клеточной мембраной**. Внутри клетки часто встречаются пузырьки, оболочка которых очень похожа на клеточную мембрану. Их называют **мембранными пузырьками**, или **вакуолями**.

Различные части клетки называются **органоидами**: ядра, **эндоплазматическая сеть (ЭПС)**, комплекс Гольджи, митохондрии, центриоли (вместе они имеют название "**клеточный центр**"). Внутреннее содержимое клетки, за исключением ядра, называют **цитоплазмой**.



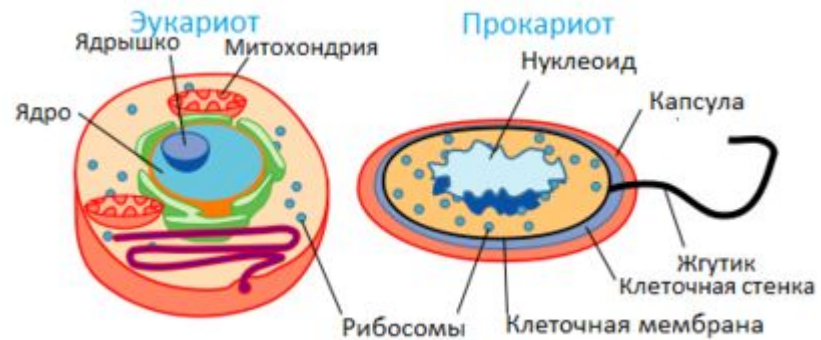
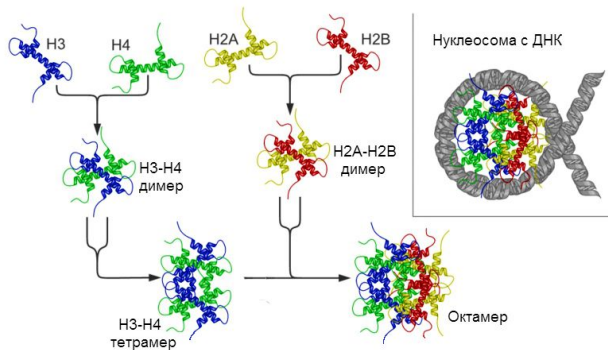


**Схема типичной клетки животного.** 1. Ядрышко 2. Ядро 3. Рибосома 4. Везикула 5. Шероховатый (гранулярный) эндоплазматический ретикулум 6. Аппарат Гольджи 7. Клеточная стенка 8. Гладкий (агранулярный) эндоплазматический ретикулум 9. Митохондрия 10. Вакуоль 11. Гиалоплазма 12. Лизосома 13. Центросома (Центриоль)

Согласно наиболее распространённым гипотезам, **эукариоты** появились 1,5—2 млрд лет назад. Важную роль в эволюции эукариот сыграл **симбиогенез** — симбиоз между **эукариотической клеткой**, видимо, уже имевшей ядро и способной к фагоцитозу, и поглощёнными этой клеткой **бактериями** — предшественниками митохондрий и пластид.

## Отличия эукариот от прокариот

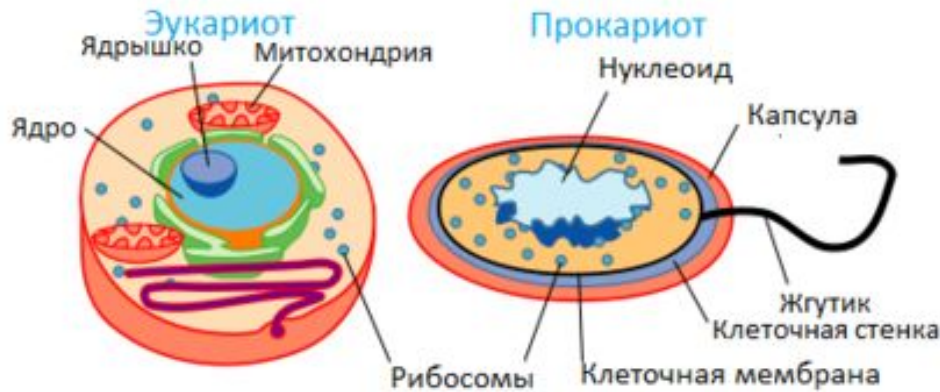
1. **Расположением генетического аппарата в клетке.** Генетический аппарат всех эукариот находится в ядре и защищён ядерной оболочкой. ДНК эукариот линейная, а у прокариот ДНК кольцевая и находится в особой области клетки — **нуклеоиде**, который не отделён мембраной от остальной цитоплазмы. ДНК связана с белками-гистонами и другими белками хромосом, которых нет у бактерий.



2. **В жизненном цикле эукариот обычно присутствуют две ядерные фазы** (гаплофаза и диплофаза). Первая фаза характеризуется гаплоидным (одинарным) набором хромосом, далее, сливаясь, две гаплоидные клетки (или два ядра) образуют диплоидную клетку (ядро), содержащую двойной (диплоидный) набор хромосом. Иногда при следующем делении, а чаще спустя несколько делений клетка вновь становится гаплоидной. Такой жизненный цикл и в целом диплоидность для прокариот не характерны.

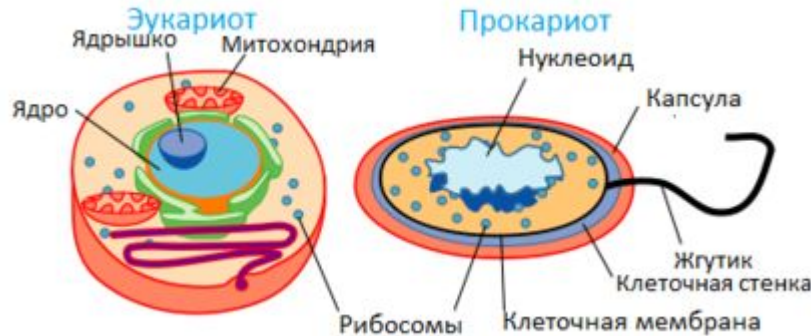
3. **Наличие у эукариотических клеток особых органелл, имеющих свой генетический аппарат, размножающихся делением и окружённых мембраной.** Эти органеллы — **митохондрии и пластиды.**

Прокариоты характеризуются малым количеством органелл, и ни одна из них не окружена двойной мембраной. В клетках прокариот нет эндоплазматического ретикулума, аппарата Гольджи, лизосом.



4. **Наличие у эукариот эндоцитоза, в том числе у многих групп — фагоцитоза.** Этот процесс обеспечивает в организме важную защитную функцию. Появление фагоцитоза у эукариот скорее всего связано с размерами. Размеры прокариотических клеток несоизмеримо меньше, и поэтому в процессе эволюционного развития эукариот у них возникла проблема снабжения организма большим количеством пищи. Как следствие среди эукариот появляются первые настоящие, подвижные хищники.

**5. Различия в организации цитоскелета.** Некоторое время считалось, что цитоскелет свойственен только эукариотам, но в середине 1990-х гг. белки, гомологичные основным белкам цитоскелета эукариот, были обнаружены и у бактерий.

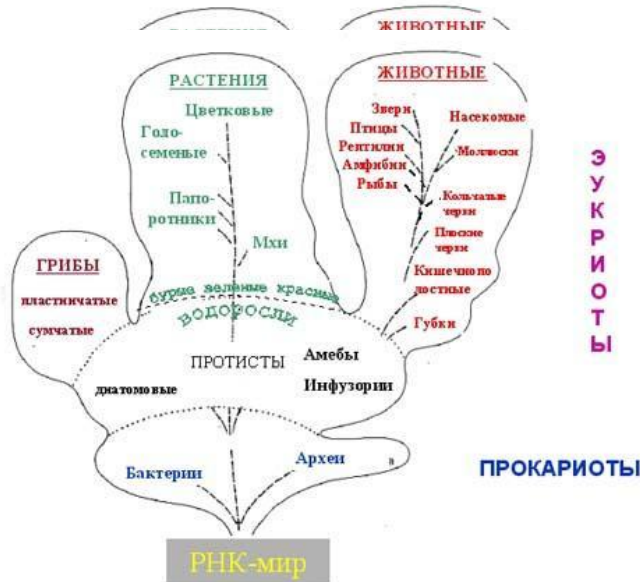


Именно наличие специфическим образом устроенного цитоскелета позволяет эукариотам создать систему подвижных внутренних мембранных органоидов. Кроме того, **цитоскелет позволяет осуществлять эндо- и экзоцитоз** (как предполагается, именно благодаря эндоцитозу в эукариотных клетках появились внутриклеточные симбионты, в том числе митохондрии и пластиды).

Другая **важнейшая функция цитоскелета эукариот — обеспечение деления ядра (митоз и мейоз) и тела (цитотомия) эукариотной клетки** (деление прокариотических клеток организовано проще).

**Различия в строении цитоскелета** объясняют и другие отличия про- и эукариот — например, постоянство и простоту форм прокариотических клеток и **значительное разнообразие формы и способность к её изменению у эукариотических**, а также относительно большие размеры последних.

# Особенности строения и функционирования растительной клетки



**Растения** – это **фотоавтотрофные** эукариоты. Это значит, что растения создают органические вещества из неорганических соединений – диоксида углерода ( $CO_2$ ) и воды ( $H_2O$ ) под действием света.

Царство **Растения** включает в себя около 400 000 видов и делится на подцарства – **низшие растения (водоросли)** и **высшие растения – споровые (мхи, плауны, хвощи, папоротники) и семенные (голосемянные и покрытосемянные).**

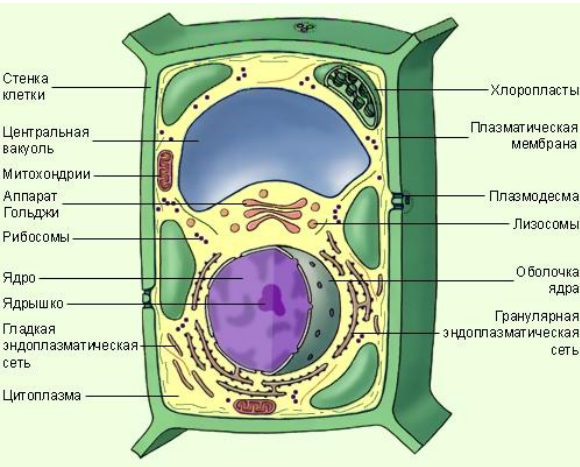
**Водоросли** – это растения, у которых тело представлено **одной клеткой** или нерасчлененным на органы **слоевидцем**, т. е. у водорослей клетки **не дифференцированы**.

Тело **высших растений** в той или иной мере расчленено на органы – **корень, стебель, лист**.





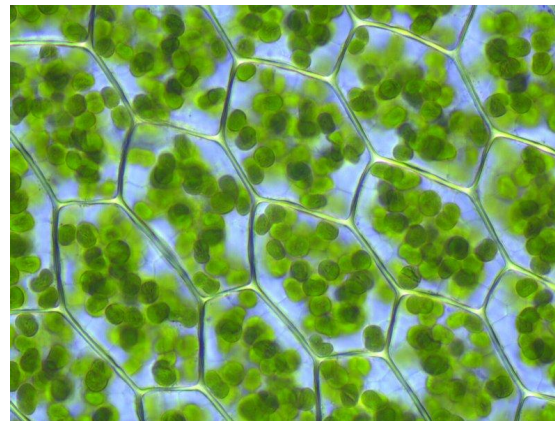
## Особенности строения растительной клетки



Растительная клетка

1. Клетки растений имеют плотные **целлюлозные стенки**, основным компонентом которой является **целлюлоза**.
  2. В клеточных стенках растений существуют углубления — поры, через которые проходят **цитоплазматические канальца** — **плазмодесмы**, осуществляющие контакт соседних клеток и обмен веществами между ними.
  3. В клетках находятся зелёные пластиды — **хлоропласты**, в них зелёный пигмент хлорофилл (обеспечивает **фотосинтез**).
  4. В основном ведут **прикреплённый образ жизни**.
  5. **Запасные вещества** в клетках накапливаются в виде **крахмала**.
- Растут** в течение **всей жизни**.  
Жизнедеятельность регулируется **фитогормонами**.

Аристотель поместил растения в промежуточное состояние между неодушевлёнными предметами и животными. Он определил растения как живые организмы, которые **не способны самостоятельно передвигаться** (в противоположность животным).



Хлоропласты в клетках листа





Строение клетки растений

## Фотосинтез

**Фотосинтез** — синтез органических веществ из углекислого газа и воды с обязательным использованием энергии света:



### **Общая характеристика процесса фотосинтеза**

Процесс фотосинтеза состоит **из двух фаз** и нескольких этапов, которые идут последовательно.

#### I Световая фаза

**1. Фотофизический этап** – происходит **во внутренней мембране** хлоропластов и связан с **поглощением солнечной энергии** пигментными системами.

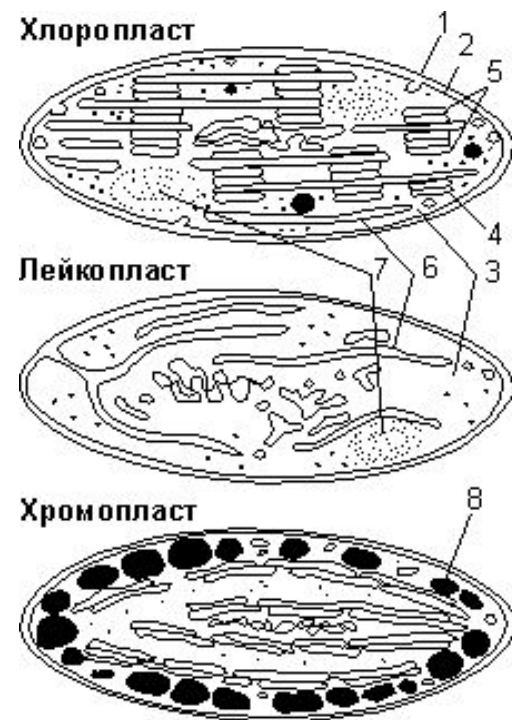
**2. Фотохимический этап** – проходит **во внутренней мембране** хлоропластов и связан с **преобразованием солнечной энергии в химическую энергию АТФ и НАДФН<sub>2</sub>** и фотолизом воды.

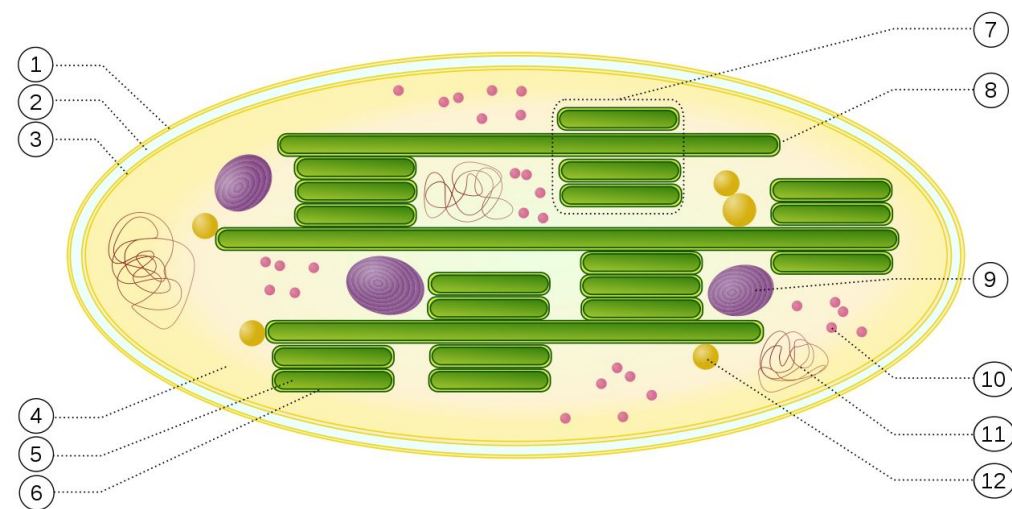
#### II Темновая фаза

**3. Биохимический этап или цикл Кальвина** – проходит в **строме** хлоропластов. На этом этапе **углекислый газ восстанавливается до углеводов**.

В ходе эволюции растений сформировался специализированный орган фотосинтеза – лист, органоиды фотосинтеза — **хлоропласты**

**Пластиды** (от др.-греч. πλαστός — *вылепленный*) — полуавтономные органеллы высших растений, водорослей и некоторых фотосинтезирующих простейших. Пластиды имеют от двух до четырёх мембран, собственный геном и белоксинтезирующий аппарат.





### Ультраструктура хлоропласта:

1. внешняя мембрана
2. межмембранное пространство
3. внутренняя мембрана (1 + 2 + 3: оболочка)
4. строма (жидкость)
5. тилакоид с просветом (люменом) внутри
6. мембрана тилакоида
7. грана (стопка тилакоидов)
8. тилакоид (ламелла)
9. зерно крахмала
10. рибосома
11. пластидная ДНК
12. пластоглобула (капля жира)

Функционально фотосинтез приурочен к специализированным органеллам – хлоропластам. **Хлоропласты** высших растений имеют форму **двойко выпуклой линзы**, которая наиболее удобна для поглощения солнечных лучей. Внутри хлоропластов находится **однородное вещество – строма**, пронизанная системой параллельно расположенных мембран, имеющих вид плоских мешочков - **тилакоидов**, они собраны в стопки, называемые **гранами**. В тилакоидах гран находятся **хлорофилл и каротиноиды**, в строме – молекулы ДНК, рибосомы, капли липидов, крахмальные зёрна и др. включения.

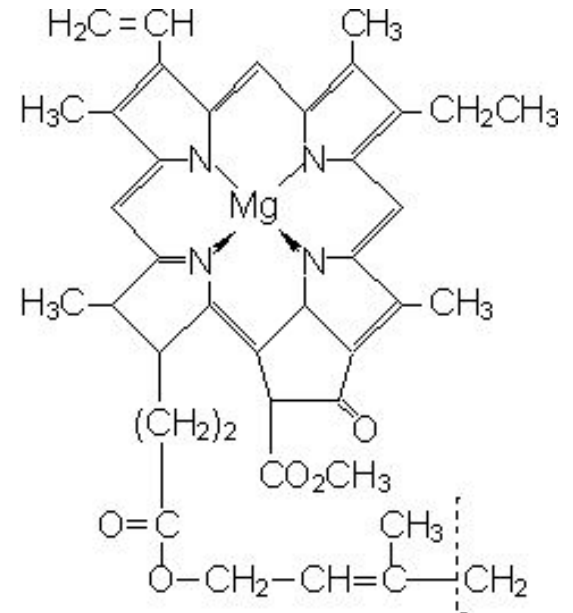


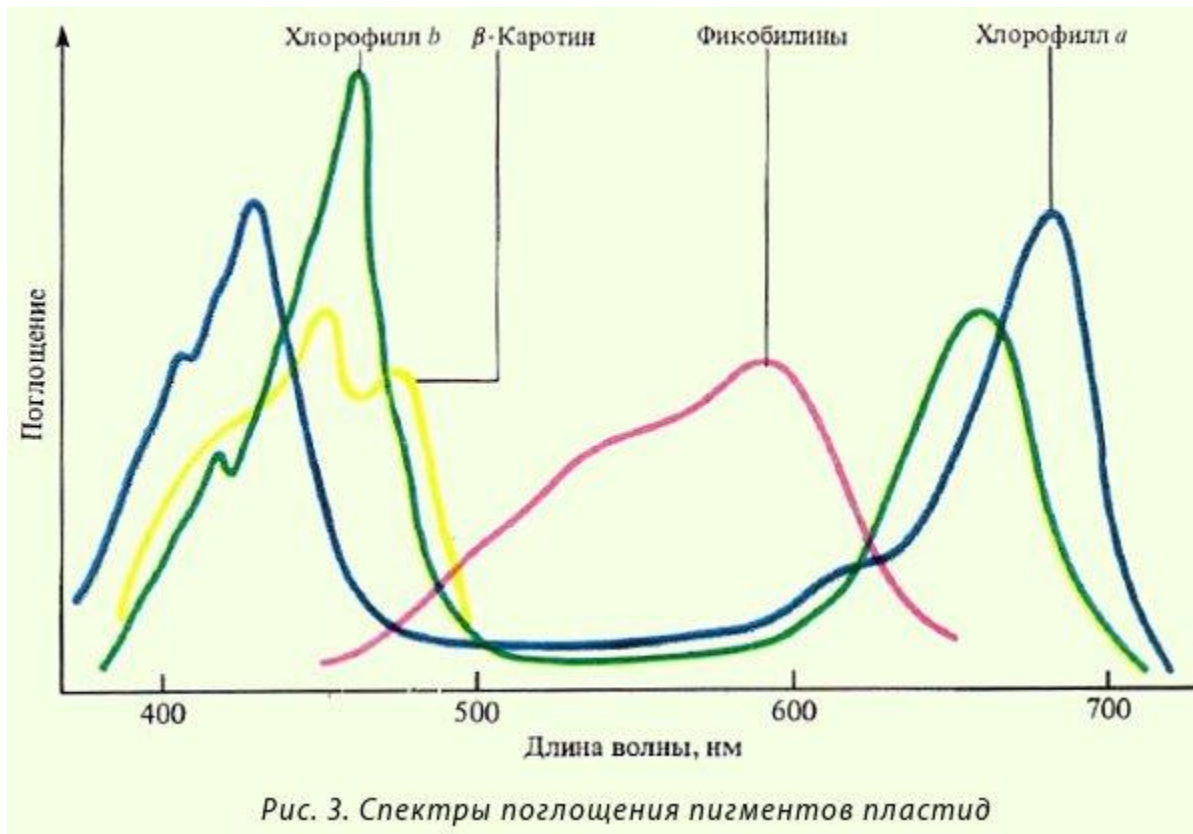
**В мембраны тилакоидов** хлоропластов встроены фотосинтетические **пигменты: хлорофиллы и каротиноиды**. Существует несколько разных типов хлорофилла (*a*, *b*, *c*, *d*), хлоропласты высших растений содержат хлорофилл *a* и хлорофилл *b*.

В молекуле хлорофилла можно выделить **порфириновую «головку» с атомом магния в центре** и фитольный «хвост». Порфириновая «головка» представляет собой плоскую структуру, **является гидрофильной** и поэтому лежит на той поверхности мембраны, которая **обращена к водной среде стромы**. **Фитольный «хвост» — гидрофобный** и за счет этого **удерживает молекулу хлорофилла в мембране**.

**Хлорофиллы** поглощают красный и сине-фиолетовый свет, **отражают зеленый** и поэтому **придают растениям характерную зеленую окраску**. Молекулы хлорофилла в мембранах тилакоидов организованы в **фотосистемы**.

У растений и синезеленых водорослей имеются фотосистема-1 и фотосистема-2, у фотосинтезирующих бактерий — фотосистема-1. Только фотосистема-2 может разлагать воду с выделением кислорода и отбирать электроны у водорода воды.

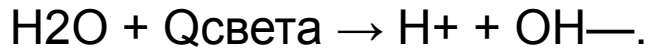




**Каротиноиды** — это желтые, оранжевые, красные или коричневые **пигменты**, сильно поглощающие **свет в сине-фиолетовой области**. Они называются вспомогательными пигментами, поскольку **поглощенную ими световую энергию они переносят на хлорофилл**. В спектре поглощения каротиноидов обнаруживаются три пика в сине-фиолетовой области. Помимо своей функции как вспомогательных пигментов **каротиноиды защищают хлорофиллы от избытка света и от окисления кислородом**, образующимся в процессе фотосинтеза. Они хорошо замаскированы зелеными хлорофиллами, но становятся видны в листьях до начала листопада, поскольку хлорофиллы разрушаются первыми.

# 1. Фотофизический этап

**Световая фаза** происходит в мембранах тилакоидов только в присутствии света при участии хлорофилла, белков-переносчиков электронов и фермента — АТФ-синтетазы. Под действием кванта света электроны хлорофилла возбуждаются, покидают молекулу и попадают на внешнюю сторону мембраны тилакоида, которая в итоге заряжается отрицательно. Окисленные молекулы хлорофилла восстанавливаются, отбирая электроны у воды, находящейся во внутритилакоидном пространстве. Это приводит к распаду или **фотолизу воды**:



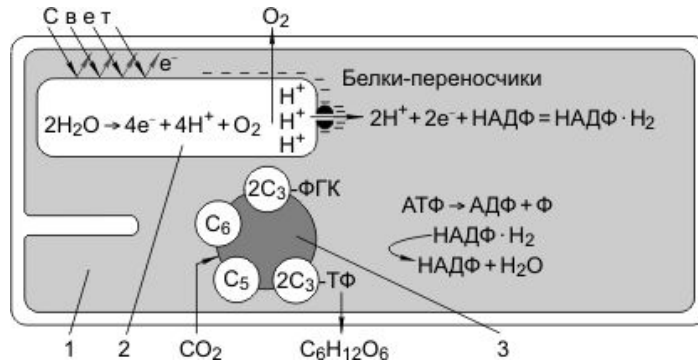
Ионы гидроксила отдают свои электроны, превращаясь в реакционноспособные радикалы  $\cdot\text{OH}$ :



Радикалы  $\cdot\text{OH}$  объединяются, образуя воду и свободный кислород:



**Кислород** при этом удаляется во внешнюю среду, а **протоны** накапливаются **внутри тилакоида** в «протонном резервуаре». В результате мембрана тилакоида с одной стороны за счет  $\text{H}^+$  заряжается положительно, с другой за счет электронов — отрицательно.



1 — строма хлоропласта; 2 — тилакоид грани.



## 2. Фотохимический этап

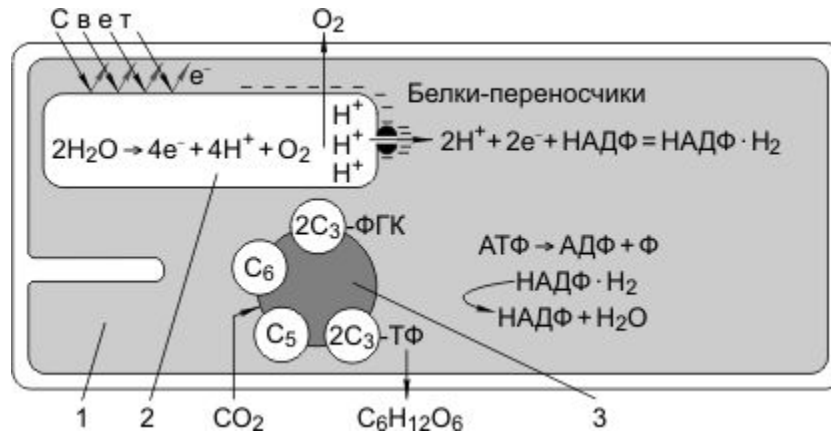
Когда разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны тилакоида достигает 200 мВ, **протоны проталкиваются через каналы АТФ-синтетазы** и происходит **фосфорилирование АДФ до АТФ**; атомарный водород идет на восстановление специфического переносчика

НАДФ+ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат) до НАДФ·Н<sub>2</sub>:



Таким образом, в световую фазу происходит фотолиз воды, который сопровождается тремя важнейшими процессами: 1) синтезом АТФ; 2) образованием НАДФ·Н<sub>2</sub>; 3) образованием кислорода.

Кислород диффундирует в атмосферу, АТФ и НАДФ·Н<sub>2</sub> транспортируются в строму хлоропласта и участвуют в процессах темновой фазы

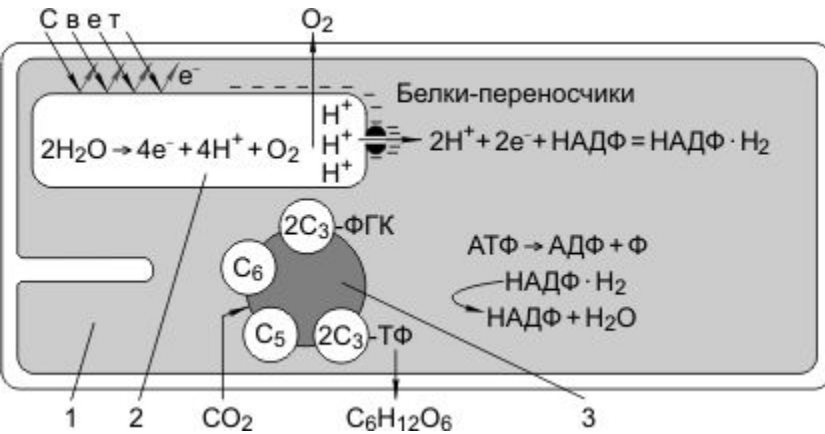


1 — строма хлоропласта; 2 — тилакоид граны.

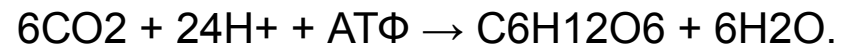
## Темновая фаза

Эта фаза протекает **в строме хлоропласта**. Реакции темновой фазы представляют собой цепочку последовательных преобразований углекислого газа (поступает из воздуха), приводящую к образованию глюкозы и других органических веществ.

**Первая реакция** в этой цепочке — **фиксация углекислого газа**; акцептором углекислого газа является пятиуглеродный сахар **рибулозобифосфат** (РиБФ); катализирует реакцию фермент **рибулозобифосфат-карбоксилаза** (РиБФ-карбоксилаза). В результате карбоксилирования рибулозобисфосфата образуется неустойчивое шестиуглеродное соединение, которое сразу же распадается на две молекулы **фосфоглицериновой кислоты** (ФГК).



Затем происходит цикл реакций, в которых через ряд промежуточных продуктов фосфоглицериновая кислота **преобразуется в глюкозу**. В этих реакциях используются энергии АТФ и НАДФ·Н<sub>2</sub>, образованных в световую фазу; **цикл этих реакций получил название «цикл Кальвина»:**



Кроме глюкозы, в процессе фотосинтеза образуются другие мономеры сложных органических соединений — аминокислоты, глицерин и жирные кислоты, нуклеотиды.

## Систематика и общая характеристика водорослей

**Водоросли** (лат. *Algae*) — гетерогенная экологическая группа преимущественно фотоавтотрофных **одноклеточных, колониальных или многоклеточных организмов**, обитающих, как правило, в водной среде, в систематическом отношении представляющая собой совокупность многих отделов.

Вступая в симбиоз с грибами, эти организмы в ходе эволюции образовали совершенно новые организмы — лишайники.

На основании различий в наборе пигментов, структуре хроматофора, особенностях морфологии и биохимии (состав клеточных оболочек, типы запасных питательных веществ) большинством отечественных систематиков выделяется 11 отделов водорослей

**Прокариоты, или Доядерные**  
**Царство Бактерии**  
Подцарство Цианобактерии  
**Отдел Сине-зелёные водоросли**

**Эукариоты, или Ядерные**  
**Царство Растения**  
**Подцарство Водоросли**

Отдел Зелёные водоросли  
Отдел Эвгленовые водоросли  
Отдел Золотистые водоросли  
Отдел Жёлто-зелёные водоросли  
Отдел Диатомовые водоросли  
Отдел Динофитовые водоросли  
Отдел Криптофитовые водоросли  
Отдел Бурые водоросли

**Подцарство Багрянки**  
Отдел Красные водоросли

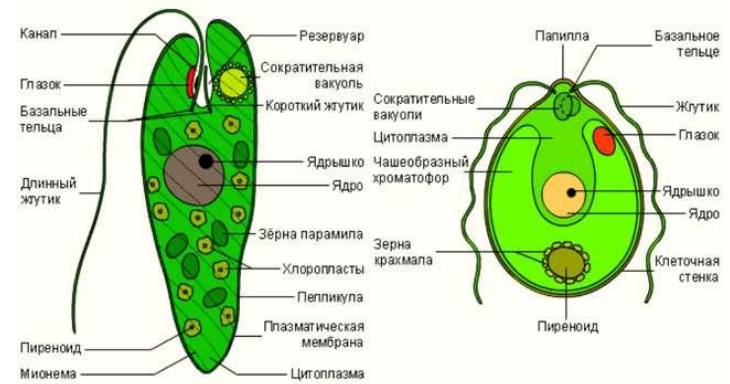
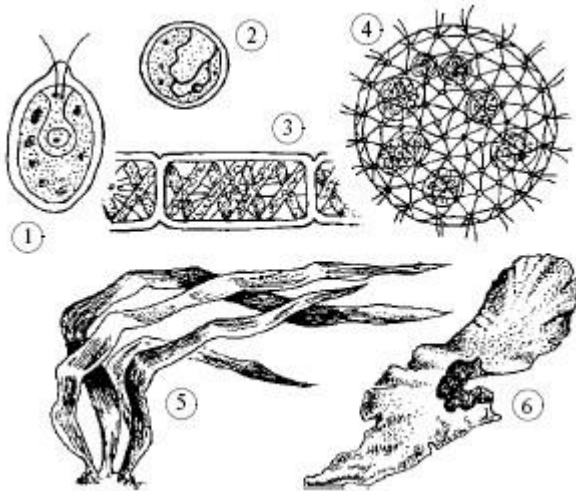


Некоторые водоросли **способны к гетеротрофии**, как **осмотрофной** (поверхностью клетки), например жгутиконосцы, так и путём **заглатывания через клеточный рот** (эвгленовые, динофитовые).

**Размеры** водорослей колеблются от **долей микрона** (некоторые диатомеи) до **30—50м** (бурые водоросли — ламинария, саргассум).

Среди одноклеточных **есть колониальные формы**, когда отдельные клетки тесно связаны между собой (соединены через плазмодесмы или погружены в общую слизь).

**Среда их обитания** преимущественно **водная**, но **встречаются они в почве, на коре деревьев и даже в снегу** – снежная хламидомонада. Скопления этой водоросли придают таящему снегу различные оттенки – от красного до зеленого.



эвглена

хламидомонада

Одноклеточные водоросли: 1 – хламидомонада;  
2 – хлорелла; 3 – нитчатая водоросль спирогира;  
4 – колониальная водоросль вольвокс;  
многоклеточные водоросли: 5 – ламинария; 6 – порфира

**Водоросли являются наиболее древней группой растений.** Они прошли длительный эволюционный путь, приспособившись к различным сменявшимся условиям на Земле. Тело водорослей называется **талломом**, или **слоевищем**. У некоторых водорослей есть **ризоиды** — нитевидные **выросты**, в основном предназначенные для **прикрепления к субстрату**. Могут выполнять **функцию всасывания воды и минеральных веществ**. Обитая в водной среде, они поглощают питательные вещества всей поверхностью. Вода поглощает и рассеивает свет, поэтому по мере погружения освещенность падает. Волны красной части спектра практически не проникают на глубину свыше 12 м. А именно в этой области спектра "работает" хлорофилл. Поэтому для лучшего обеспечения фотосинтеза у многих групп водорослей появились **дополнительные пигменты, поглощающие свет в синей области спектра**. Для каждого отдела водорослей характерен свой набор пигментов, что отражается в их названиях.



## Водоросли одноклеточные и многоклеточные, роль в природных процессах

**Диатомовые водоросли.** Их тело состоит из одной клетки (встречаются колонии), которая заключена в **прозрачный панцирь**. Причем панцири бывают украшены различными рисунками, и по этим рисункам водоросли и различаются. Панцирь состоит из **кремнезема**, они прозрачны для света, поэтому водоросли могут осуществлять фотосинтез. Когда водоросли отмирают, панцири осаждаются на дно водоема и **образуют породу диатомит**.



Одноклеточные водоросли: диатомовые и эвгленовые

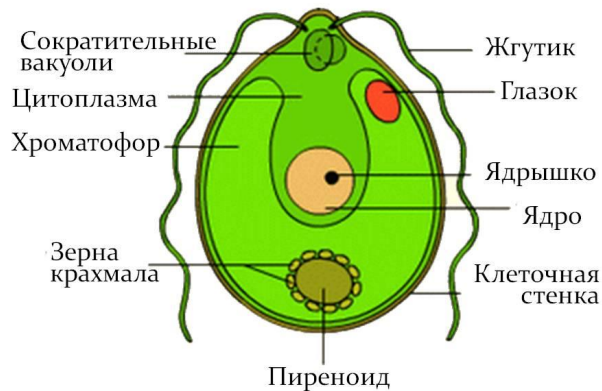
**Эвгленовые водоросли:** ботаники относят их к растениям, а зоологи – к простейшим животным (содержат хлорофилл – признак растений; могут двигаться – животные). Кроме того, они могут терять хлорофилл и питаться уже готовыми органическими веществами (гетеротрофы).



**Зеленые водоросли** не имеют дополнительных пигментов, поэтому их окраску определяет хлорофилл. Именно **эта группа водорослей дала начало высшим растениям**. Они широко распространены в пресных и морских водах, встречаются также на суше в увлажненных местах: в почве, на коре деревьев, на камнях. Размеры их варьируют от нескольких микрометров до метров.

Они представлены различными жизненными формами: **одноклеточными, колониальными, нитчатыми и многоклеточными**.

Представителями **одноклеточных водорослей** являются **хламидомонада и хлорелла**.

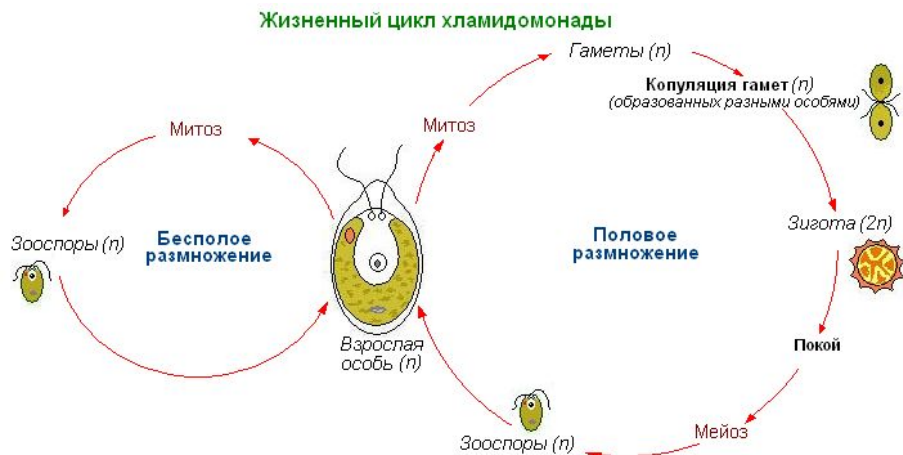


СТРОЕНИЕ ХЛАМИДОМОНАДЫ

**Хламидомонада** - округлая клетка, вытянутая с переднего конца. На нем находится **пара жгутиков**, за счет которых **она передвигается**. Снаружи клетка покрыта клеточной стенкой. В центре клетки находится **гаплоидное ядро**. Единственная крупная пластида, называемая **хроматофор**, располагается по периферии клетки, делая ее окрашенной. В клетке имеется обычный набор органелл. Кроме того, на переднем конце располагается пара **сократительных вакуолей**, выводящих из клетки избыток воды.

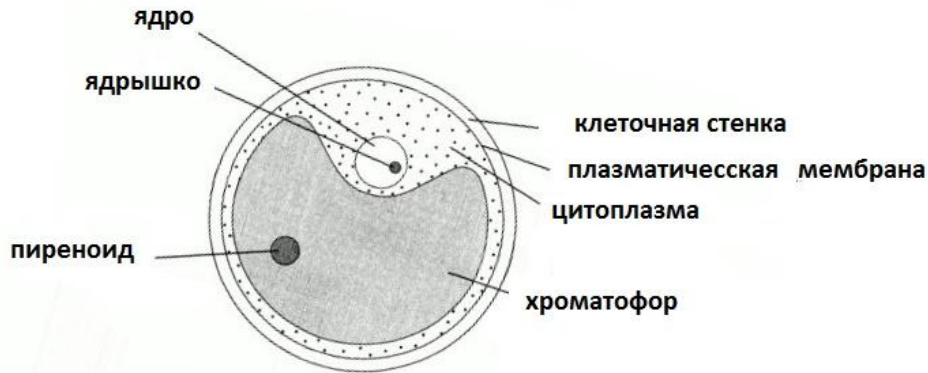
В условиях неравномерного освещения хламидомонада всегда плывет на свет. Это явление называется положительным **фототаксисом**. Для его осуществления у хламидомонады есть специальный органоид, видимый как маленькая красная точка в основании жгутиков. Он называется **стигма, или глазок**.

**Размножение и жизненный цикл хламидомонады.** Жизненный цикл хламидомонады идет с чередованием гаплоидной и диплоидной форм. В благоприятных условиях хламидомонада быстро размножается бесполом путем. Достигнув определенных размеров, клетка отбрасывает жгуты и округляется. Происходит, в зависимости от вида, 1, 2 или 3 митотических деления ядра. Под оболочкой материнской клетки образуется 2, 4 или 8 мелких клеток, имеющих пару жгутиков. Оболочка материнской клетки разрывается, и мелкие клетки, называемые зооспорами, выходят в среду. Они растут и превращаются во взрослых хламидомонад.



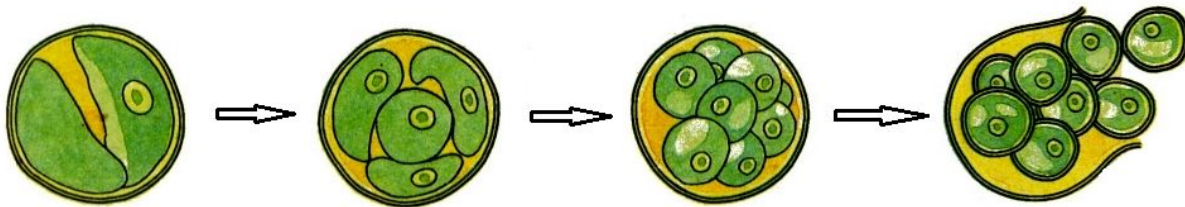
**В неблагоприятных условиях** хламидомонады начинается **половой процесс**. Внутри родительских клеток формируются **подвижные гаметы**, которые выходят в воду. Гаметы, происходящие из **разных родительских клеток**, соединяются попарно и образуют **зиготу**. Она **покрывается плотной оболочкой** и превращается в **зигоцисту**, способную переживать неблагоприятные условия. При наступлении благоприятных условий **в зигоцисте происходит мейоз**, и из нее выходят **4 зооспоры**, вырастающие во **взрослую хламидомонаду**.

**Хлорелла.** В отличие от хламидомонады, хлорелла не имеет жгутиков и удерживается в верхних слоях воды за счет низкой плотности. Выглядит она как зеленая муть в воде — вода «цветет».



**пиреноид** — особое включение внутри хлоропласта. Функция - запасание фермента рибулозобисфосфаткарбоксилаза (рубиско) и/или центр синтеза сахаров при помощи этого фермента.

**Размножается она только бесполом путем, а неблагоприятные условия переживает в форме цисты,** в которые превращаются обычные клетки. Для хлореллы характерна высокая скорость фотосинтеза, она богата белками и липидами, благодаря чему ее выращивают на корм скоту и применяют для регенерации кислорода в космических аппаратах



**Многочелочные зеленые водоросли** самой разнообразной формы: кустистые, нитчатые, слоевидные. Но у всех клетки не дифференцированы.

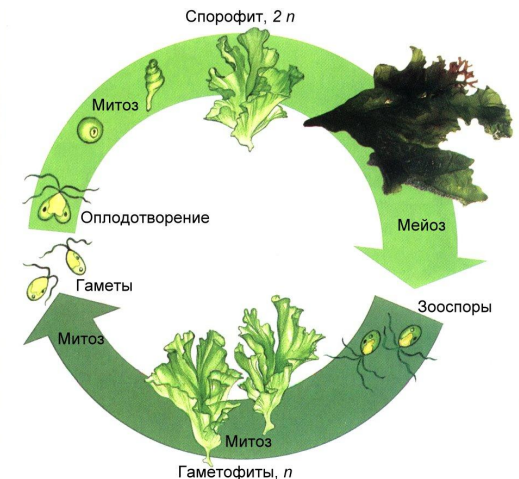
**Ульва, или морской салат** – род зеленых водорослей, включающему около 20 видов. Ульва растет чаще всего на мелководье, это светолубивое и теплолюбивое растение.



**Строение.** Многочелочное ярко-зеленое слоевище этой водоросли **пластинчатое**, может быть цельное, рассеченное либо ветвистое. Длина таллома составляет, в среднем, 0,3-1,5 метра. В основании слоевища имеются крупные **клетки с ризоидами, образующие подошву**, посредством которой водоросль прикрепляется к подводному субстрату.

**Размножение.** Возможен **вегетативный и половой** способы размножения. Из фрагментов организма появляется новое растение. От основания ульвы, точнее **из ее подошвы могут развиваться молодые растения.**

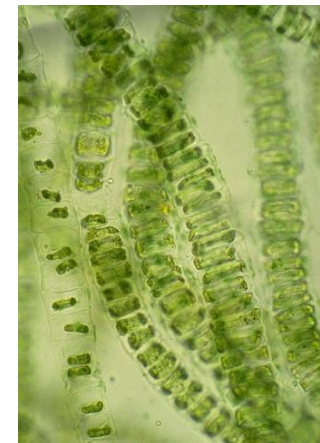
**При половом процессе** происходит слияние гамет из разных талломов (с помощью подвижных клеток, которые образуются на месте материнского таллома). Жизненный цикл ульвы включает два поколения - гаметофит и спорофит, которые выглядят абсолютно одинаково и имеют сходное строение. Половое размножение может протекать как изогамия или гетерогамия.





Представителями **нитчатых зеленых водорослей** являются улотрикс и спирогира.

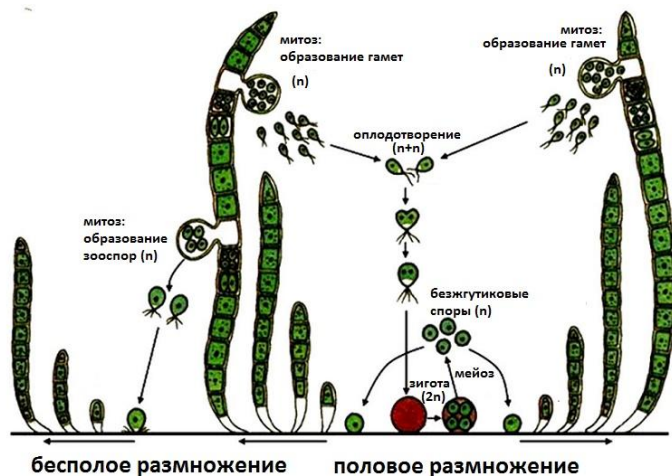
**Улотрикс** растет в прикрепленном состоянии. Нижняя клетка нити, называемая **прикрепительной (ризоидальной) клеткой**, плотно врастает в поверхность какого-либо подводного предмета, образует толстую клеточную стенку, ее цитоплазма отмирает. Остальные клетки имеют одинаковое строение и способны к делению и фотосинтезу. За счет их деления водоросль растет в длину.



**Улотрикс размножается половым и бесполом путем.**

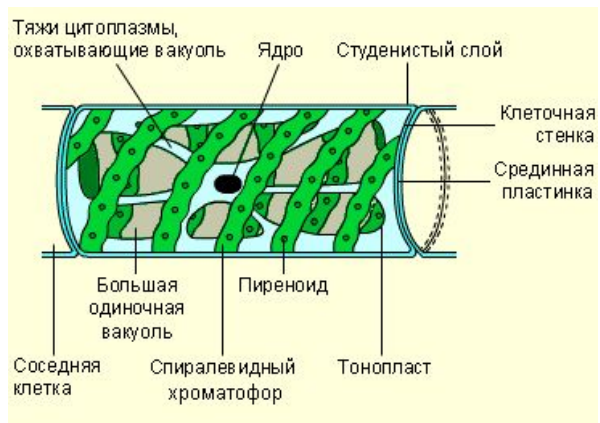
**Бесполое размножение** улотрикса осуществляется с помощью **подвижных 4-жгутиковых зооспор**. Они образуются путем митотического деления из клеток средней части нити. Прикрепившись к какой-нибудь поверхности, они сбрасывают жгуты и делятся митозом в плоскости, параллельной поверхности. Нижняя клетка превращается в прикрепительную, а верхняя продолжает делиться, образуя нить.

**Нити улотрикса могут размножаться фрагментацией.**



В неблагоприятных условиях улотрикс размножается половым путем. **В клетках** нити формируются **подвижные гаметы**. Они, соединяясь попарно, **образуют зиготу**, которая превращается в **зигокисту**, переживающую неблагоприятные условия. В благоприятных условиях **в ней происходит мейоз**, и образовавшиеся **гаплоидные клетки** дают **начало новым нитям улотрикса**.

**Спирогира** представляет собой длинные плавающие в толще воды нити, состоящие из крупных клеток. Центр клетки занимает крупная центральная **вакуоль**, цитоплазма находится в пристенном слое и пронизывает вакуоль отдельными тяжами. Особенность спирогиры: один или несколько **лентовидных хроматофоров**, закрученных в **спираль**, и **гаплоидное ядро**.



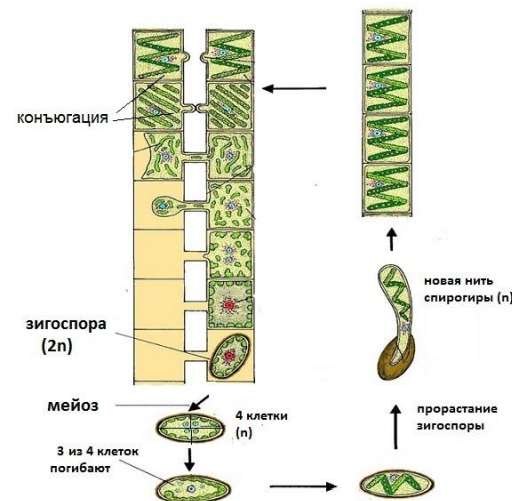
Нить растет за счет деления всех клеток. При фрагментации нити **каждый ее кусочек может дать начало новой нити - вегетативное размножение** спирогиры. Часто в водоемах спирогира образует густые сплетения, похожие на зеленую вату.

**Половой процесс — конъюгация** — у спирогиры происходит между обычными клетками двух разных нитей.

При сближении нитей между ними образуется конъюгационная трубка. Содержимое одной клетки, принадлежащей к «+»-нити, перетекает в другую, принадлежащую «-»-нити.

Происходит слияние клеток, а затем и ядер. Формируется **диплоидная зигота**, которая окружается плотной оболочкой — образуется **зигоспора**.

Зигота **делится мейозом**, образуя **4 гаплоидные клетки**. В дальнейшем **3 из 4 клеток погибают**. Оставшаяся прорастает в гаплоидную нить спирогиры.



**Бурые водоросли** – это многоклеточные водоросли, обитающие исключительно в соленых водах. К бурым водорослям относится морская капуста ламинария, фукус, цистозира, саргассум. Они замечательны тем, что накапливают много йода, содержащегося в морской воде. Они содержат хлорофилл и, кроме того, желтые и оранжевые пигменты, которые помогают улавливать свет и осуществлять фотосинтез.



Фукус



Ламинария



Падина павлинья



Цистозира бородатая



С помощью дополнительных пигментов они могут осуществлять фотосинтез на глубине до 30 метров. Они представляют собой крупные растения (до 30 метров в длину), состоящие из **диплоидных клеток**. Таллом образует **ризоиды** для прикрепления к субстрату. Многие из них растут в приливно-отливной зоне (**литорали**) и во время отлива оказываются на суше. Для защиты от высыхания бурые водоросли образуют много слизистых веществ. Таллом **фукуса** содержит многочисленные **пузырьки воздуха** для увеличения плавучести



**В жизненном цикле бурых водорослей наблюдается чередования гаплоидного гаметофита и диплоидного спорофита с преобладанием спорофита.**

Размножаются бурые водоросли **половым и бесполом путем.**

**Диплоидные** растения посредством мейоза **образуют гаплоидные клетки.** У одних (род фукус) **они становятся гаметами**, при слиянии которых образуется **зигота**, дающая начало новому растению. У большинства же **продуктами мейоза являются споры**, которые дают начало гаплоидной стадии.

бесполое размножение



**Гаплоидная стадия** представляет собой мелкие **нитевидные образования**, которые недолго живут на дне моря. Они **раздельнополы**. На них формируются **многоклеточные половые органы**, в которых образуются **гаметы: яйцеклетки и сперматозоиды**. Они, сливаясь, образуют **зиготу**, из которой вырастают крупные диплоидные растения.

Жизненный цикл ламинарии



**Сифоновые водоросли** - одни из самых древних групп зеленых водорослей. У них таллом образован, как правило, одной гигантской клеткой. В цитоплазме кроме одного или нескольких ядер содержится также один или несколько хлоропластов. Многочисленные хлоропласты обладают дисковидной или веретеновидной формой; когда хлоропласт один, он имеет сетчатое строение. Примерами таких водорослей являются каулерпа и ацетабулярия.



каулерпа

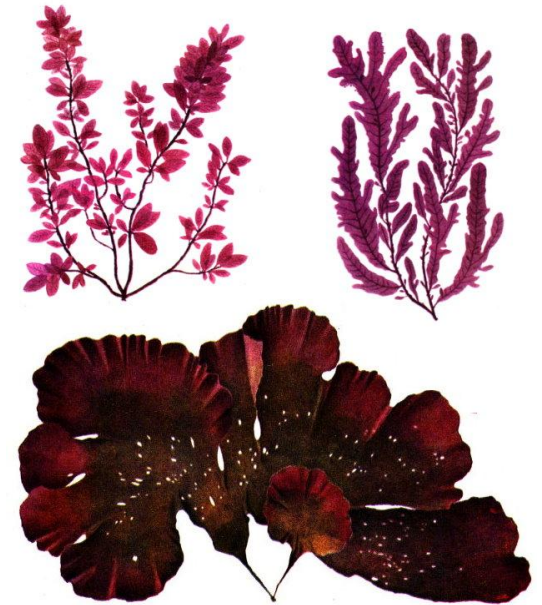


ацетабулярия

**Ацетабулярия.** Нижняя часть одноклеточного слоевища (**ризоид**) находится в грунте. **В ризоиде расположено ядро.** Вверх растет ножка, достигающая в длину нескольких сантиметров. На ее конце формируется шляпка. Для размножения **по периферии шляпки образуются споры**, из которых вырастают новые растения.

**Красные водоросли** – совершенно особая группа водорослей, которая благодаря особым ферментам способна обитать на больших глубинах (до пятисот метров).

Среди багрянок встречаются как одноклеточные, так и многоклеточные нитчатые и пластинчатые водоросли. Из 4000 видов только 200 приспособились к жизни в пресных водоемах и на почве, остальные – обитатели морей. Окраска красных водорослей определяется различным количественным содержанием пигментов: хлорофиллы *a* и *d*, каротиноиды и фикобиллины: красный (фикоэритрин) и синий (фикоцианин). Причем окраска водорослей различна на разной глубине, на мелководье они желто-зеленые, затем розовые и на глубине более 50 м становятся красными.



Формы таллома багрянок



филлофора ребристая

У берегов Крыма узкой полосой встречается прикрепленная форма **филлофоры ребристой** на валунах и скалах **на глубинах до 60 м**. Крупный таллом, до 50 см, с плоскими ветвями образует кусты малиново-красного цвета. **Филлофора** — важный источник получения **желирующих веществ**, в частности **агароидов**, которые находят применение в текстильной, пищевой и микробиологической промышленности.

**Харовые водоросли** - класс, которые объединяют в себе признаки водорослей и высших растений. По строению они похожи на хвощи. Их тело состоит из отдельных члеников, ветвеподобных образований. Всего известно не более 700 видов харовых

Высота их таллома составляет обычно 20—30 см, но может достигать и 1—2 м, боковые ветви ограниченного роста, расположены мутовками на многоклеточных узлах. Междоузлия состоят из одной длинной клетки, которая может обрастать корой из узких клеток.

Хлоропласты зелёные, содержат хлорофиллы *a* и *b*, из дополнительных пигментов — ликопин. Запасное вещество — крахмал.



Размножение: вегетативное и половое. **Вегетативное** размножение осуществляется посредством **специальных клубеньков на ризоидах** или **звездообразных скоплений клеток на нижних стеблевых узлах**, которые дают начало новому таллону.

Репродуктивные органы харовых водорослей (*сверху*: оогоний, *снизу*:антеридий)



Хара ломкая

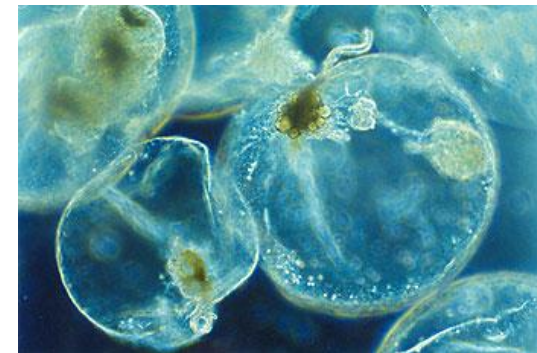
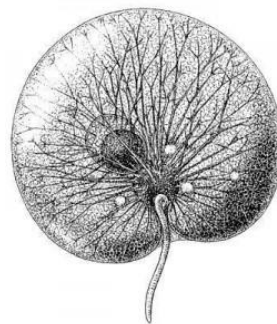
Женский половой орган —оогоний и мужской — антеридий многоклеточны и развиваются у большинства видов на одном растении, но известны и двудомные виды.



**Пирофитовые водоросли** - группа одноклеточных морских (реже пресноводных) жгутиковых водорослей, объединяющая около 2100 видов из двух подотделов: **криптофитовые** и **динофитовые**. Хлоропласты бурые, клетка, как правило, заключена в панцирь из целлюлозы, нередко причудливой формы. Большинство пирофитов – автотрофы. Размножаются делением и спорами, половой процесс наблюдается редко. Пирофитовые водоросли – причина «красных приливов»; выделяемые множеством этих микроорганизмов токсичные вещества служат причиной гибели рыб и моллюсков. Другие пирофиты – симбионты радиолярий и коралловых полипов.

К ним относится **ночесветка**. Несмотря на микроскопические размеры, её можно увидеть невооруженным глазом.

Она обладает удивительным свойством — ярко светиться. Днем это явление незаметно, но ночами свечение становится очень хорошо видимым. Многие представители пирофитовых водорослей обладают способностью биолюминесценции. Этот живой свет имеет множество оттенков, но в основном бывает серебристо-белым.



Шаровидное тело ночесветки едва достигает 2 мм в диаметре. Имеющиеся жировые включения обеспечивают «парение» организма в воде. Она лишена оболочки из клетчатки и не имеет, в отличие от других панцирных жгутиконосцев, хроматофоров, а потому **неспособна к фотосинтезу**. Питается ночесветка, **заглатывая и переваривая мелкие виды простейших водорослей**, для чего у нее имеется отверстие, выполняющее функцию рта.

## **Значение водорослей.**

1. В основном, все пищевые цепи в морях и океанах начинаются с планктонных водорослей. Водоросли являются строителями экосистем в шельфовой, прибрежной, зоне и большую роль некоторые красные водоросли играют в строении коралловых рифов. Они строятся не только кораллами, но и красными водорослями, в теле которых тоже может откладываться известь.
2. Поглощение углекислого газа и выделение кислорода.
3. Место обитания рыб.
4. Панцири диатомовых – источник диатомита.
5. Источник агар-агара.
6. Источник йода и минеральных веществ.
7. Удобрение
8. Корм для скота.

