

# Общая характеристика водорослей, принципы деления на отделы

# Что такое водоросли?

Водоросли – сборная группа растений у которых в вегетативном теле – **талломе** или **слоевище**, не выделяются стебель, корни, листья и корни.

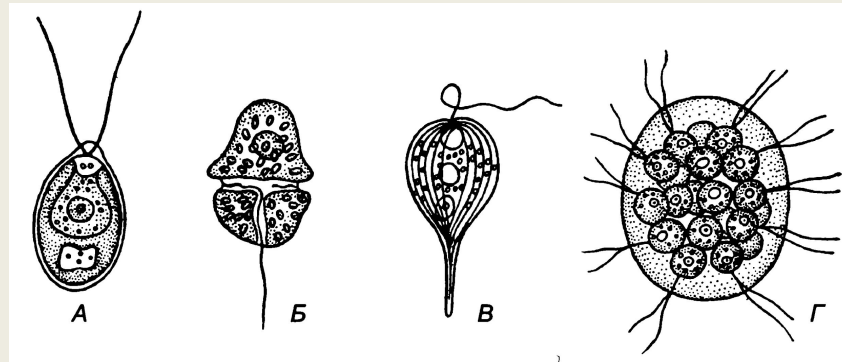
В ходе эволюции произошло появление талломов различных организаций.

# Виды организации талломов:

## 1. Монадная

Организмы активно двигаются в помощью жгутиков.

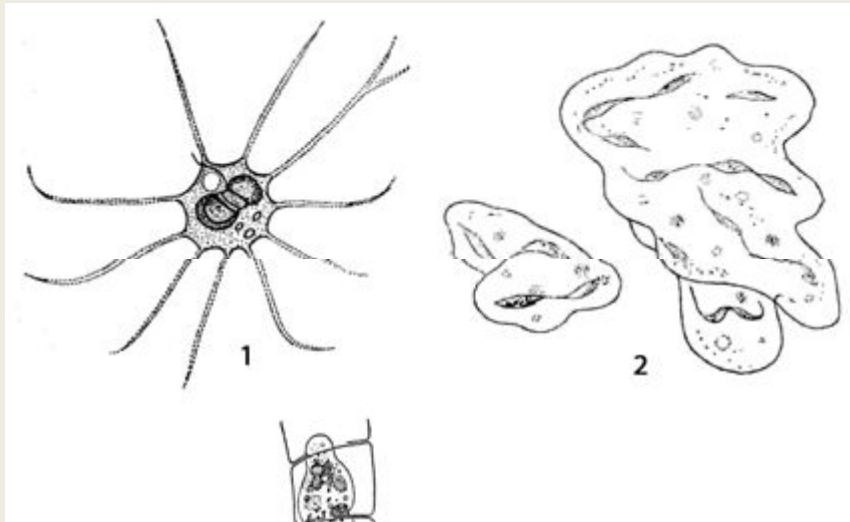
Имеется у одноклеточных жгутиконосцев, являющихся начальными звеньями эволюции многих отделов водорослей. К монадной организации относятся подвижные (с помощью жгутиков) колонии и ценобии.



А—Г — монадные формы: А — *Chlamydomonas* (Chlorophyta); Б — *Gymnodinium* (Dinophyta); В — *Phacus* (Euglenophyta); Г — *Eudorina* (Chlorophyta);

## 2. Ризопоидальная (амебоидная)

Отмечена у некоторых лишайных твердой оболочки форм, которые развивают цитоплазматические отростки – ризоподии. Такие организмы способны к движению за счет временно образующихся на поверхности клеток выростов – псевдоподий (если они тонкие и длинные называются ризоподиями).



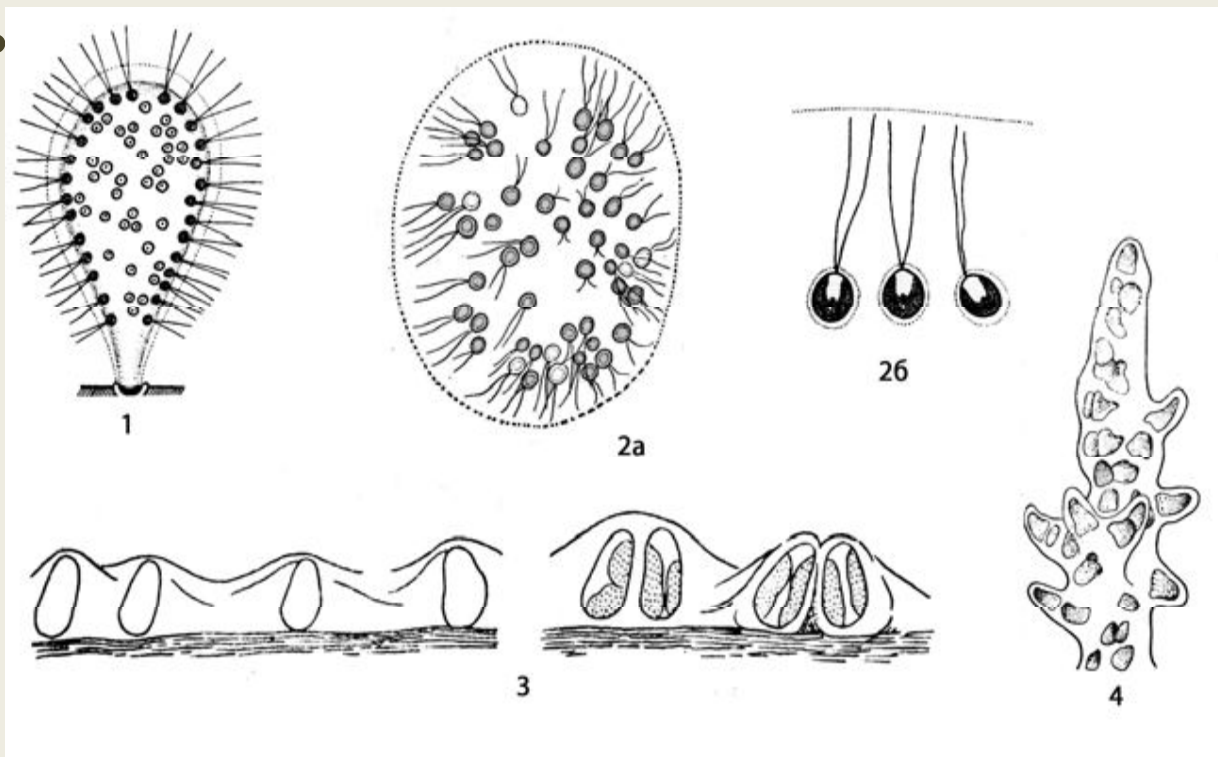
1 – Chrysamoeba;  
2 – Myxochrysis

# 3. Пальмеллоидная (капсальная)

Сочетание отсутствия подвижности с наличием клеточных органелл, свойственных монадным организмам: сократительных вакуолей, глазков, жгутиков или их производных. Клетки часто погружены в общую слизь

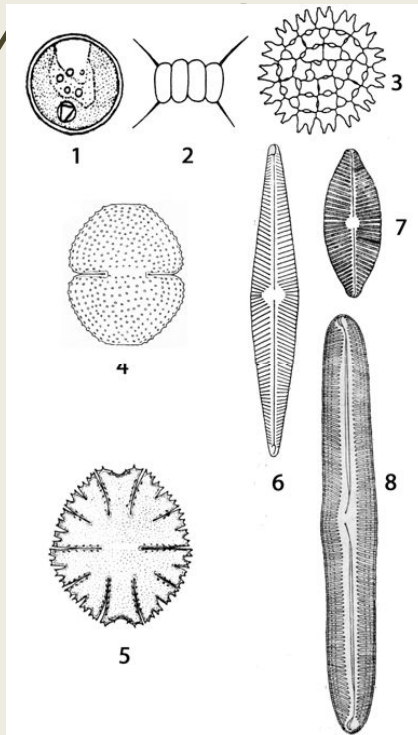
Рис. 28.

Пальмеллоидный (гемимонадный) тип структуры вегетативного тела у водорослей: 1 – *Apicocystis*; 2 – *Tetraspora* (а – общий вид колонии; б – часть колонии при большом увеличении); 3 – *Chlorosaccus*; 4 – *Hydrurus*



# 4. Коккоидная

Данная организация характеризуется неподвижными, одетыми оболочками клетками, одиночными или соединенными в колонии и

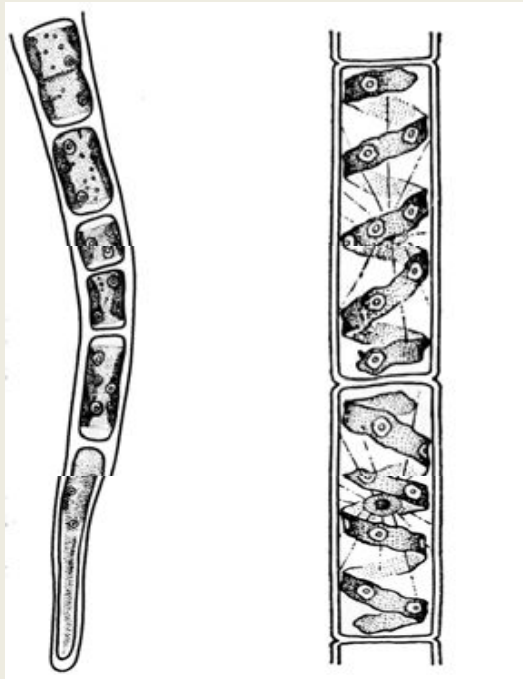


Коккоидный тип структуры таллома у водорослей:

- 1 – *Chlorella*;
- 2 – *Scenedesmus*;
- 3 – *Pediastrum*;
- 4 – *Cosmarium*;
- 5 – *Micrasterias*;
- 6, 7 – *Navicula* (разные виды);
- 8 – *Pinnularia*

# 5. Нитчатая (трихальная) организация

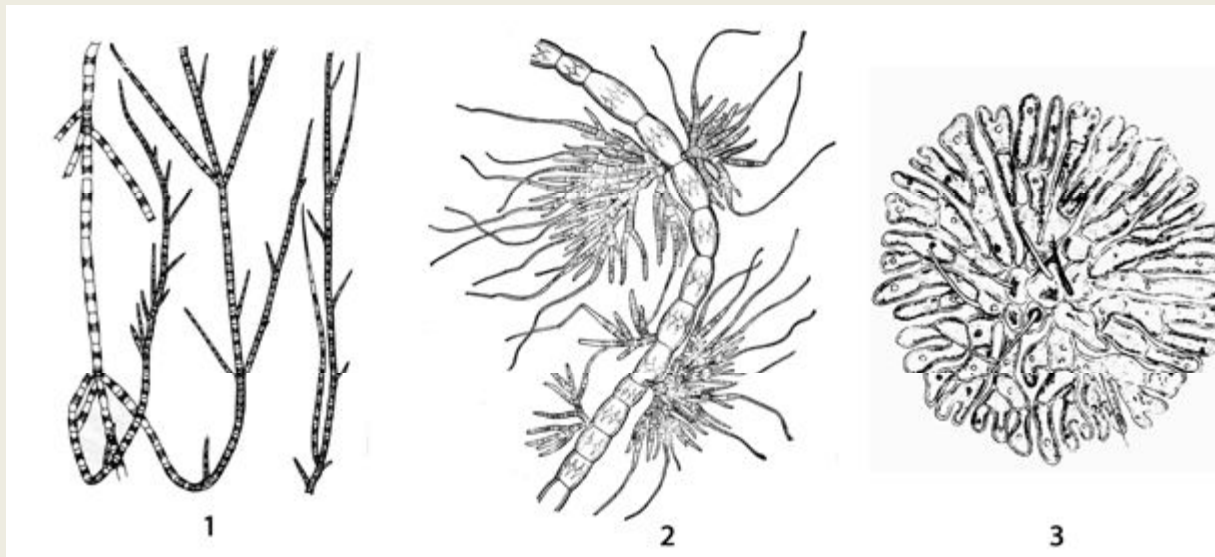
Клетки соединены в нити простые или разветвленные. Клетки нити непрерывно делятся поперечными перегородками, обуславливая ее нарастание в длину.



Водоросли  
нитчатой структуры  
(слева – Ulothrix,  
справа – Spirogyra)

## 6. Гетеротрихальная (разнонитчатая)

Усложненный вариант нитчатого строения для которого характерны две системы нитей: стелящиеся по субстрату и отходящие от них вертикальные нити.



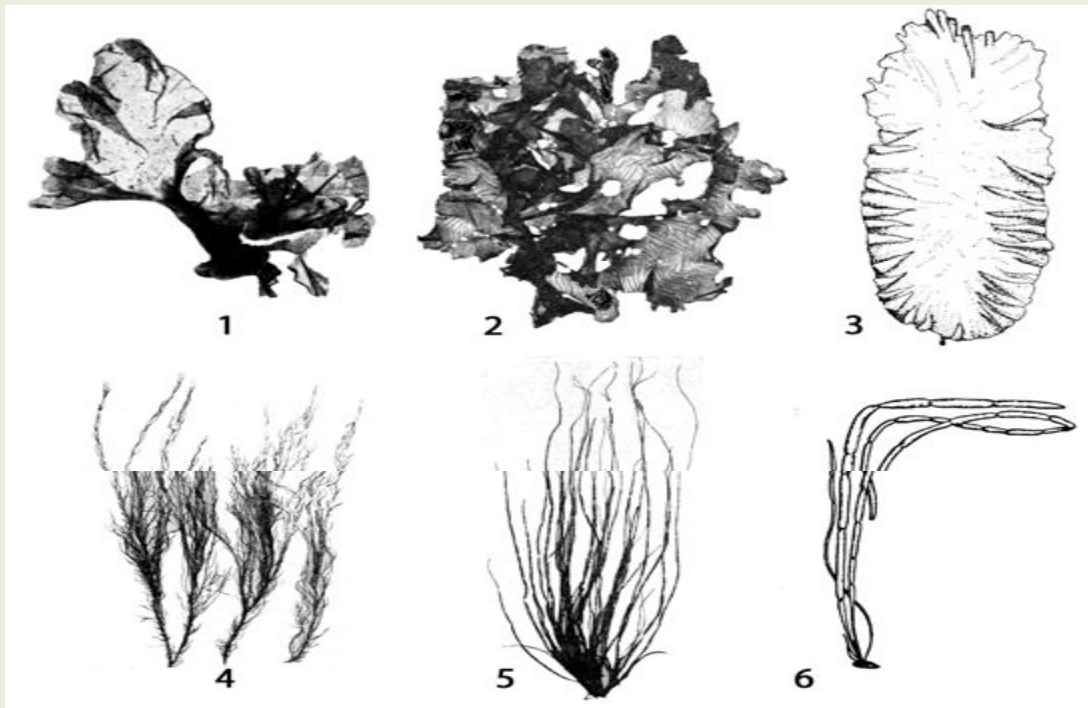
Разнонитчатая или гетеротрихальная структура таллома у водорослей:

1 – *Stigeoclonium*; 2 – *Draparnaldia*; 3 – *Coleochaete*



# 7. Тканевая (паренхиматозная)

Образуется в результате деления нитей в продольном и поперечном направлениях. Образуются паренхиматозные пластинки.



Пластинчатый или паренхиматозный тип структуры таллома у водорослей: 1 – Monostroma; 2 – Ulva; 3 – Porphyra; 4 – Enteromorpha; 5, 6 – Scytosiphon

# 8. Ложнотканевая (псевдопаренхиматозная)

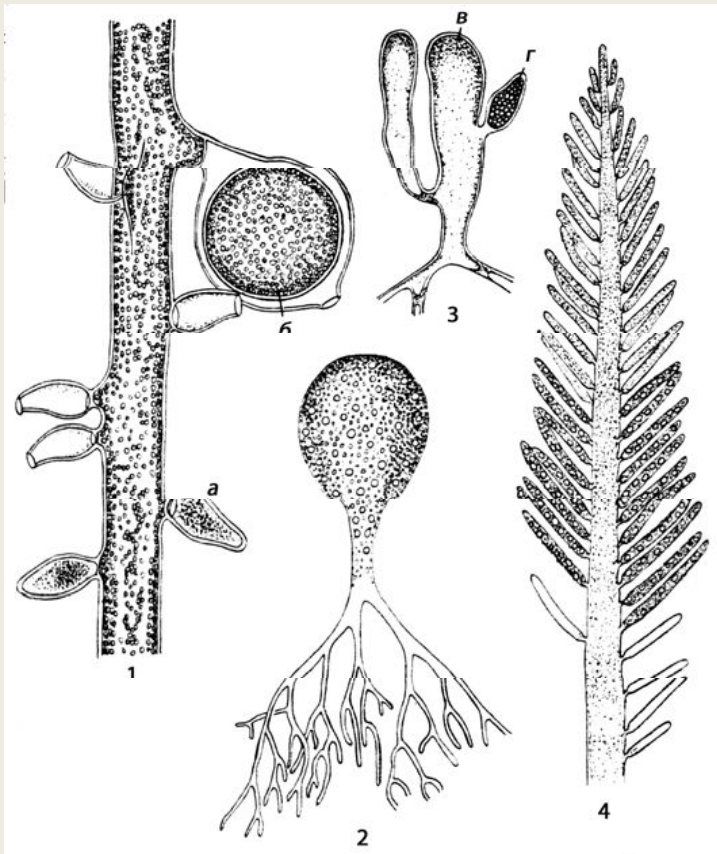
- Слоевища которые образовались в результате срастания разветвленных нитей, нередко сопровождаемого морфофункциональной дифференциацией получающихся ложных нитей.



Псевдопаренхиматозный тип структуры слоевища красной водоросли *Furcellaria*: 1 – продольный срез через вершину; 2 – поперечный срез слоевища; а – внешняя кора; б – внутренняя кора; в – пучок центральных нитей

# 9. Сифональная (сифоновая)

Отсутствие клеточных перегородок, таким образом, талломы представляют собой одну клетку с большим количеством ядер.



Высокоорганизованные водоросли сифональной структуры:  
1 – *Vaucheria*, часть таллома с антеридиями (а) и оогонием (б);  
2 – *Botrydium*, пузырь с многочисленными хлоропластами и разветвленными бесцветными ризоидами; 3 – *Codium*, фрагмент таллома с утрикулами (в) и гаметангием (г); 4 – *Bryopsis*, перистая часть таллома, образующая гаметангии

# 10. Сифонокладальная

Многоядерные клетки, соединенные в нитчатые или иной формы многоклеточные талломы.



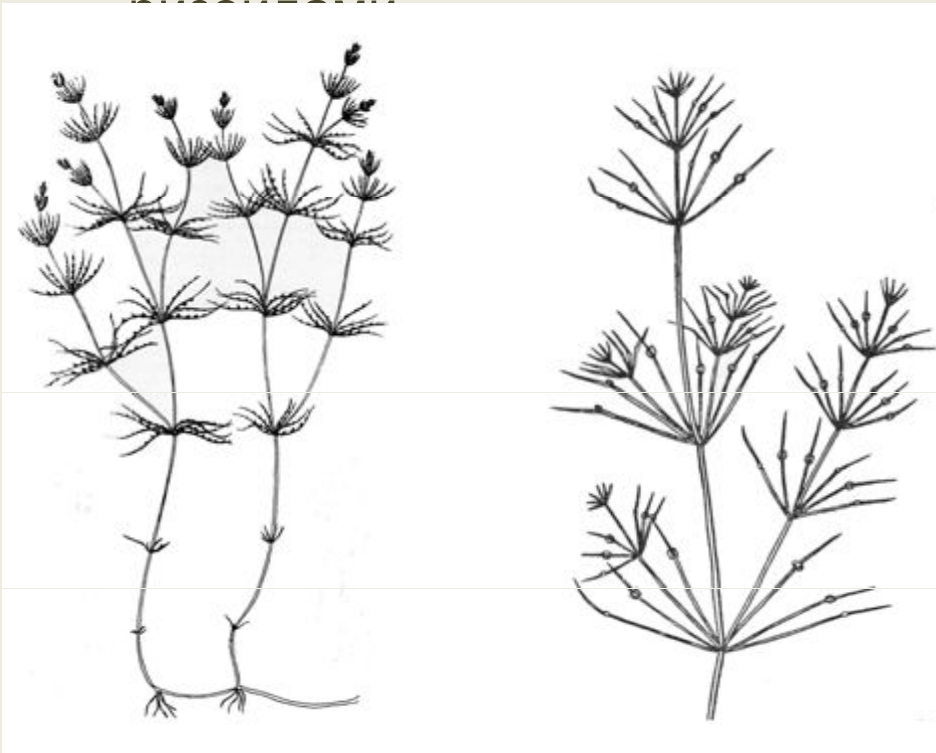
Сифонокладальная  
структура таллома *Cladophora*

# 11. Сарциноидная

Представляет собой группы клеток (пачки или нитевидные образования), которые возникают в результате деления одной исходной клетки и заключены в растягивающуюся оболочку этой клетки.

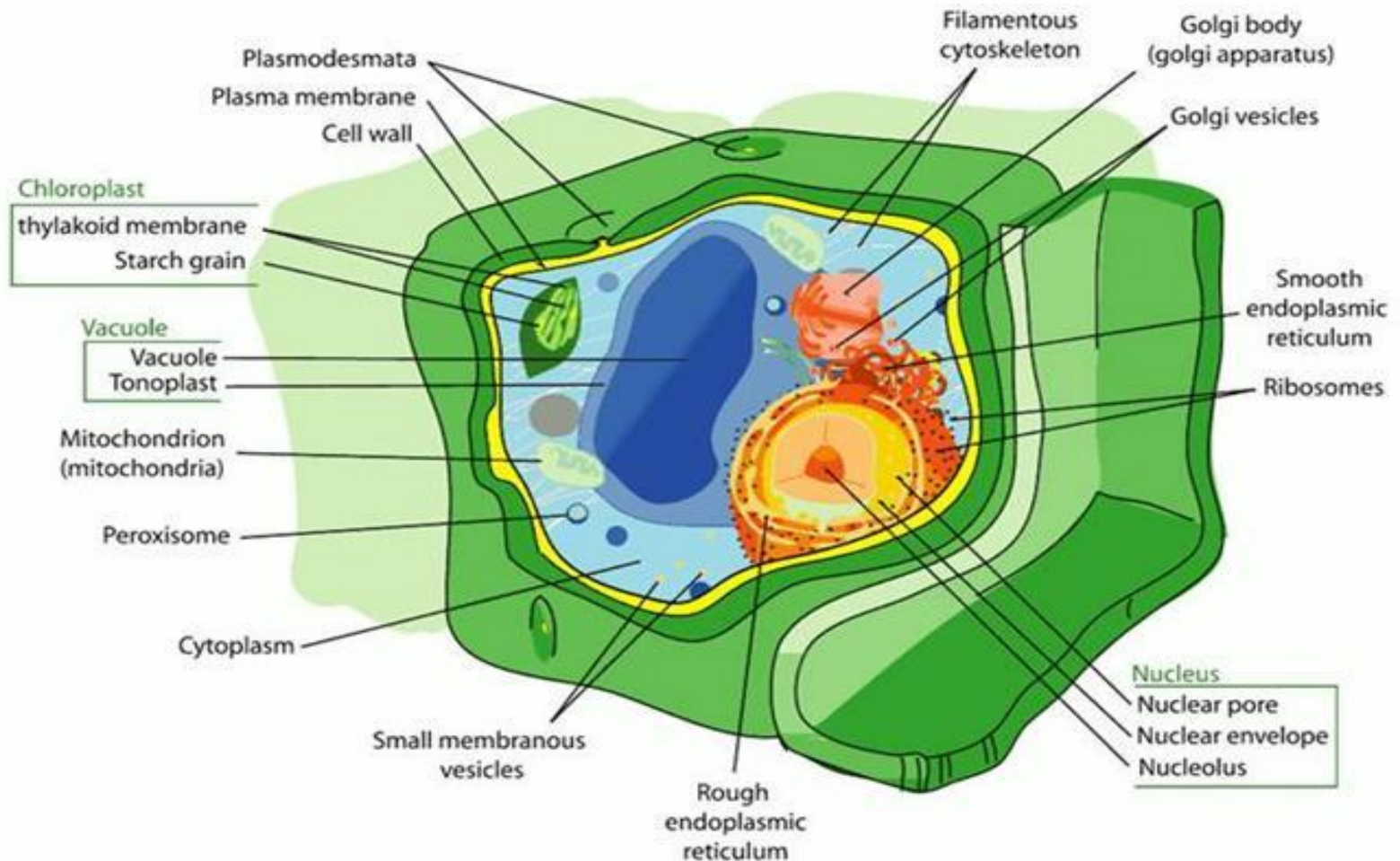
# 12. Харофитная

Харофитная организация, свойственная только харовым водорослям (*Chara*, *Nitella*), характеризуется крупными многоклеточными слоевищами членисто-мутовчатого строения. Таллом состоит из главного побега с сидящими на нем мутовками членистыми боковыми побегами и отходящими снизу



Внешний вид талломов  
*Chara* (слева) и *Nitella*  
(справа)

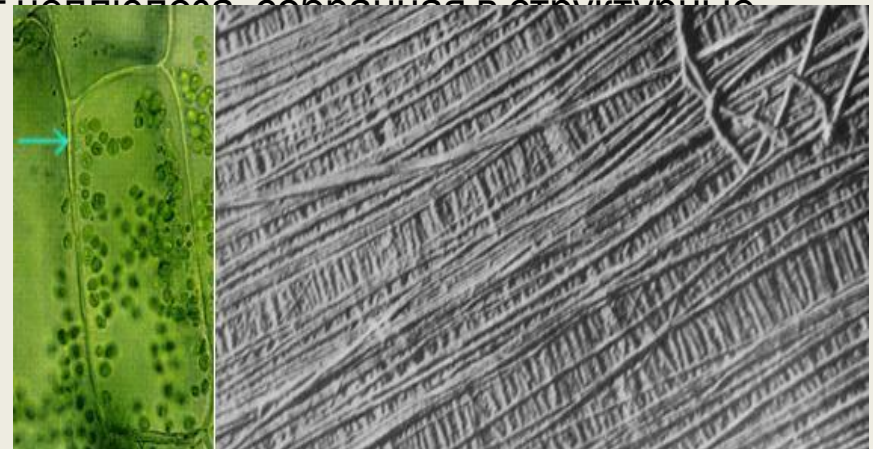
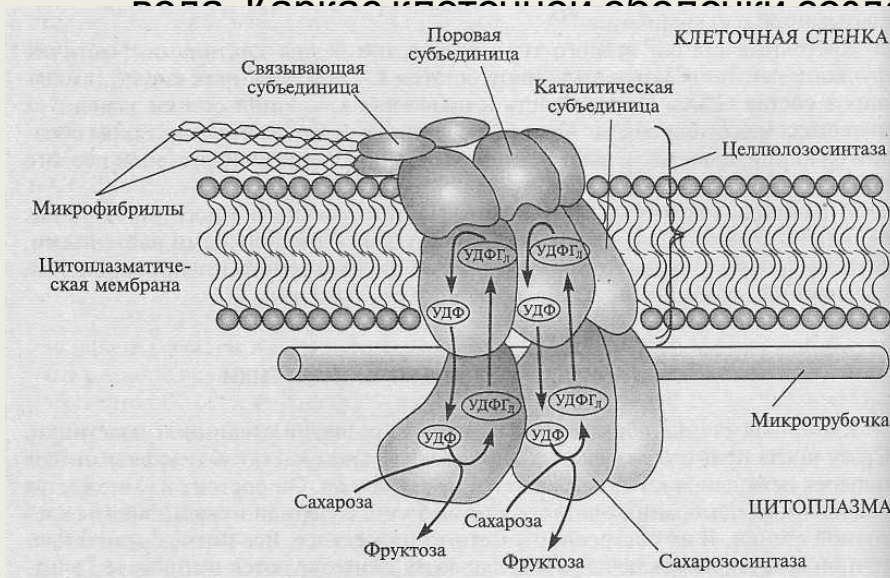
# Клетка водорослей



# Клеточная стенка

У всех водорослей содержимое клетки (или протопласт) снаружи отграничивается тонким белково-липидным слоем (6 – 10 нм) – плазматической мембраной или плазмолеммой.

Помимо плазмалеммы клетки могут формировать дополнительные клеточные покровы. У большинства водорослей клетки отграничены от внешней среды полисахаридной оболочкой (клеточной стенкой). Кроме полисахаридов в состав клеточной стенки входят гликопротеиды, минеральные соли, пигменты, липиды, вода. К основе клеточной оболочки относят целлюлозу, образованную структурой



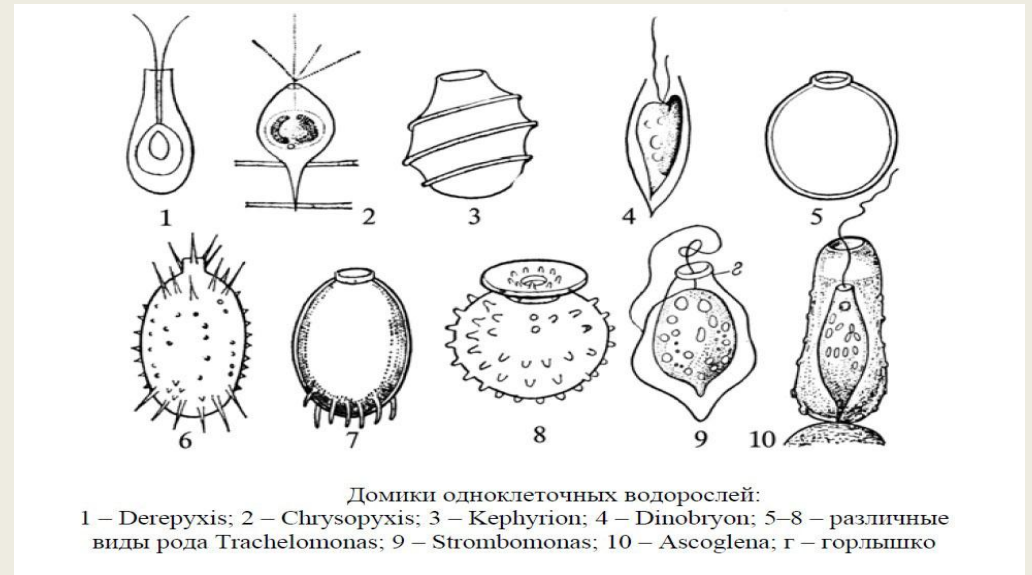


# Клеточная стенка

- Клеточная стенка может быть пропитана или инкрустирована солями железа, кальция, кремния; органическими соединениями – лигнином, кутином, спорпеллином (продукт полимеризации каротиноидов).
- На поверхности оболочки часто выделяется слизь через поры оболочки.



# Щетинки, шипы, домики



# Цитоплазма

У большинства водорослей расположена тонким постенным слоем, окружающим большую центральную вакуоль с клеточным соком. Вакуоль отсутствует в клетках сине-зеленых клеток.

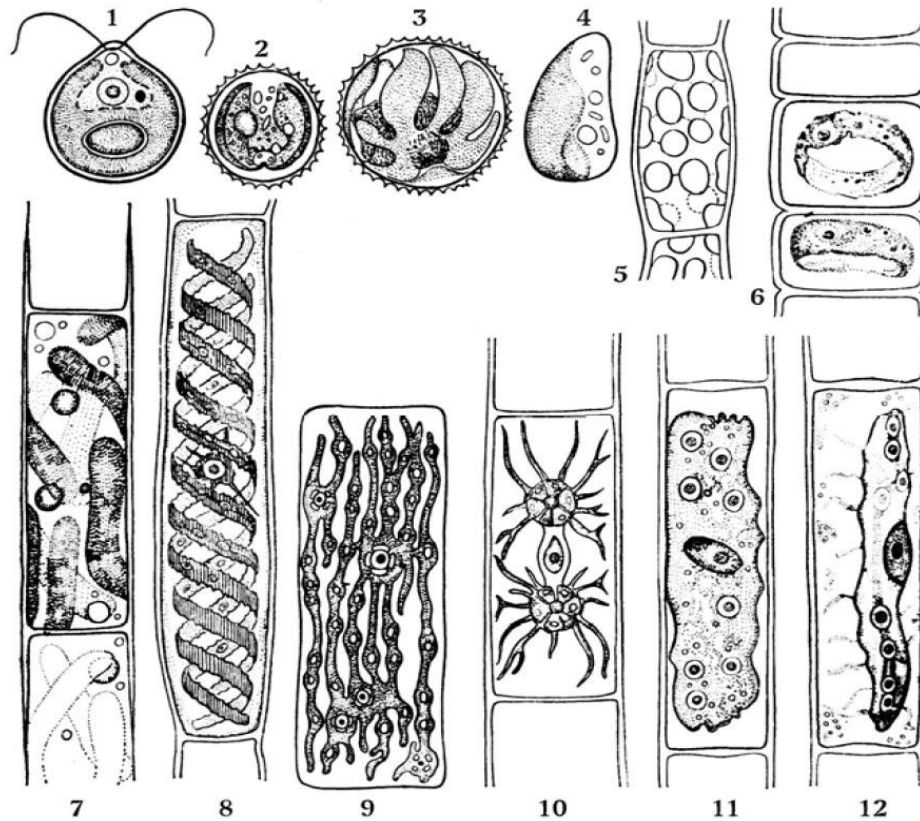
# МИТОХОНДИИ

Не отличаются от таковых у других организмов. Обладают наружной гладкой мембраной, обладающую сильноскладчатую (с кристами), которая заключает центральное пространство с матриксом. Форма крист разнообразна, отличается у разных отделов. В митохондриях существует своя ДНК, а также рибосомы.

# Аппарат Гольджи

- Аппарат Гольджи представлен в клетке совокупностью диктиосом, каждая из которых является системой собранных в стопки, уплощенных мешочков или цистерн, отграниченных элементарной мембраной. Диктиосом может быть от одной или нескольких десятков.
- Функции диктиосом: синтез из простых сахаров олигомерных углеводов, а также накопление, транспорт и секреция, главным образом, полисахаридов, принимающих участие в образовании клеточных покровов, а также эджектосом.
- Эндоплазматическая сеть и Аппарат Гольджи принимают участие в формировании вакуольной системы клетки.

# Хлоропласты



Основные формы хлоропластов у водорослей:

- 1 – чашевидный у *Chlamydomonas*; 2 – чашевидный двулопастный;
- 3 – чашевидный многолопастный у разных видов рода *Arachnochloris*;
- 4 – корытообразный у *Monodus*; 5 – дисковидные у *Tribonema utriculosum*;
- 6 – кольцевидные у *Ulothrix*; 7 – лентовидные у *Tribonema vermicloris*;
- 8 – спиралевидные у *Spirogyra*; 9 – сетчатый у *Oedogonium*; 10 – звездчатые осевые у *Zygnema*; 11, 12 – пластинчатый осевой у *Mougeotia*

# Строение хлоропласта

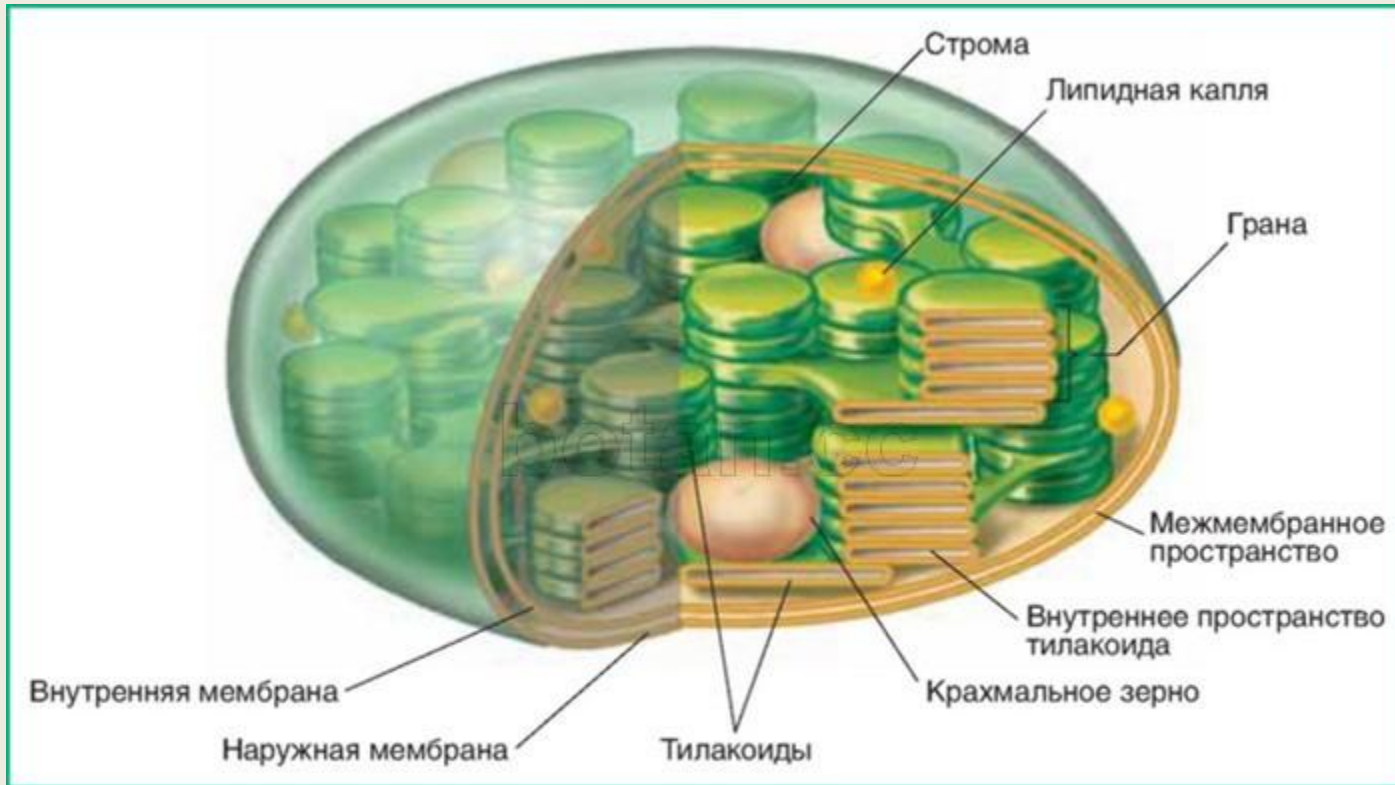


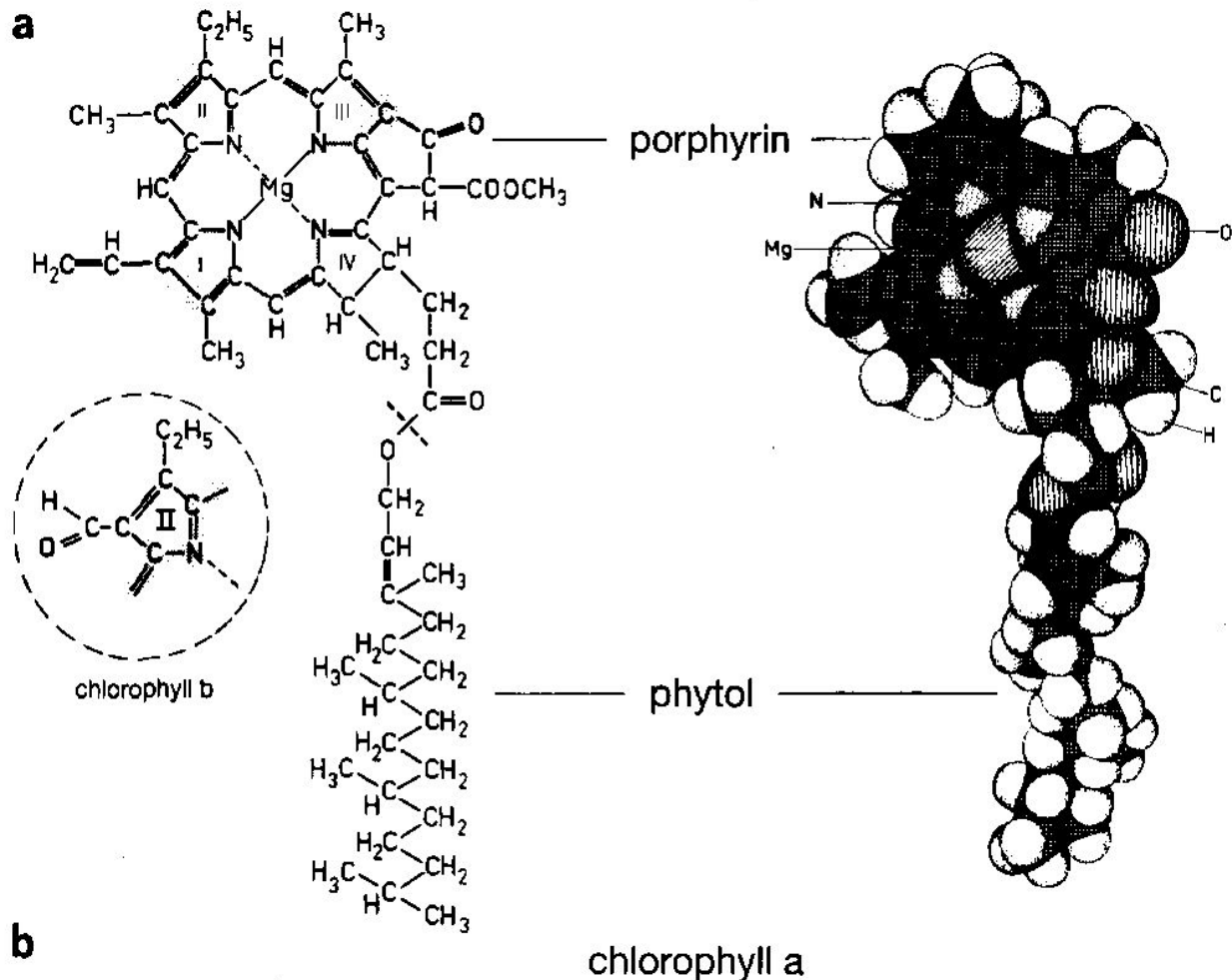
Рис. 45. Схема строения хлоропласта

# Фотосинтетические пигменты

- Хлорофиллы
- Каротиноиды
- Фикобилины

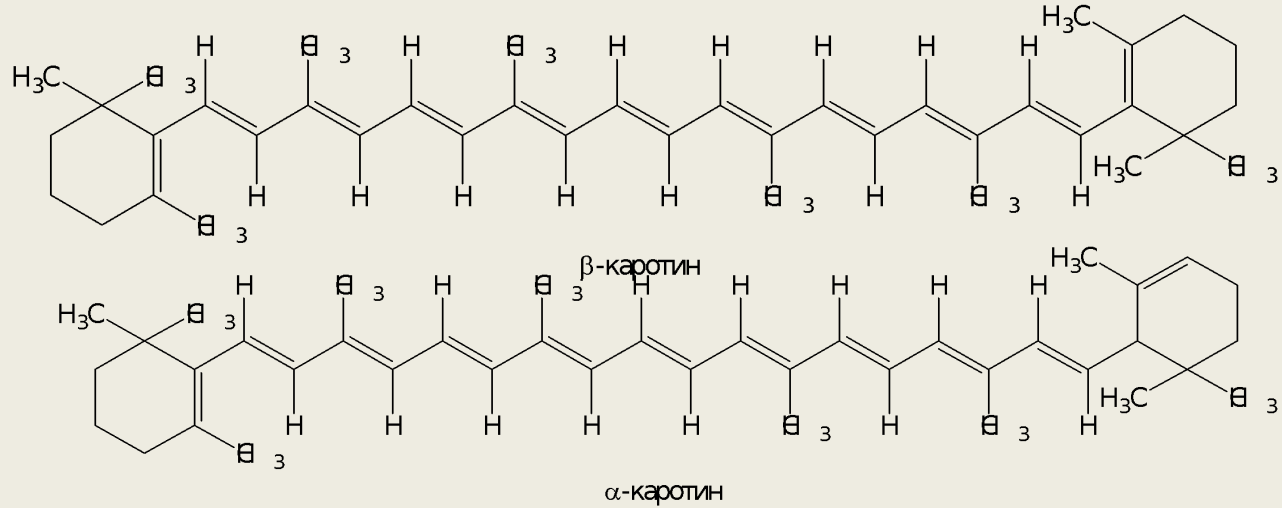


# Структурная формула хлорофилла *a*

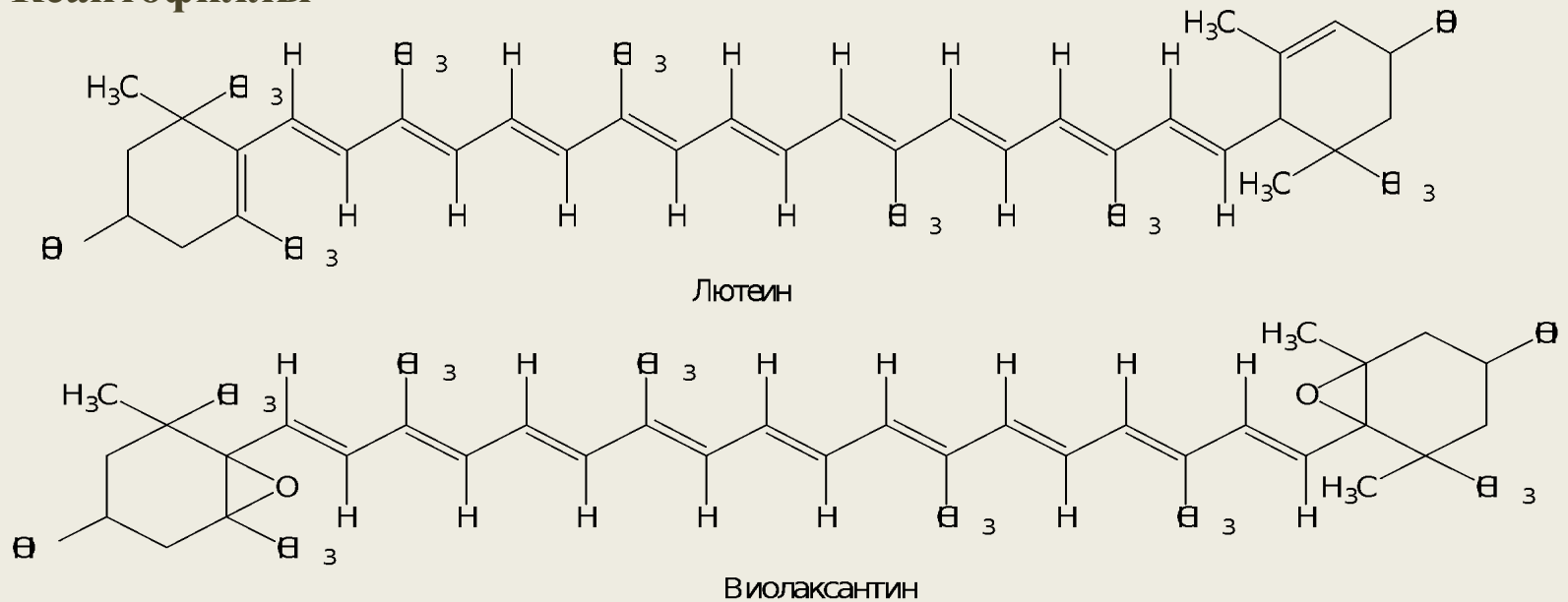


# Каротиноиды

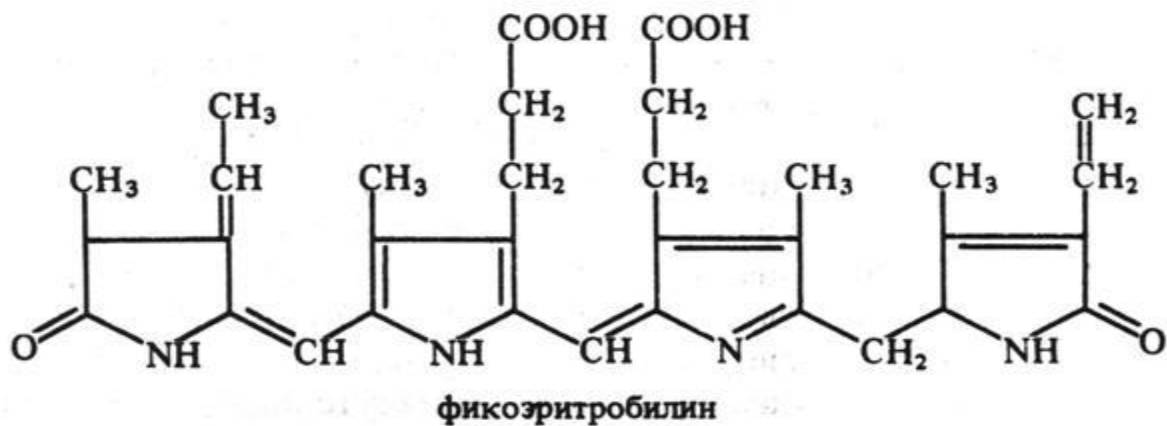
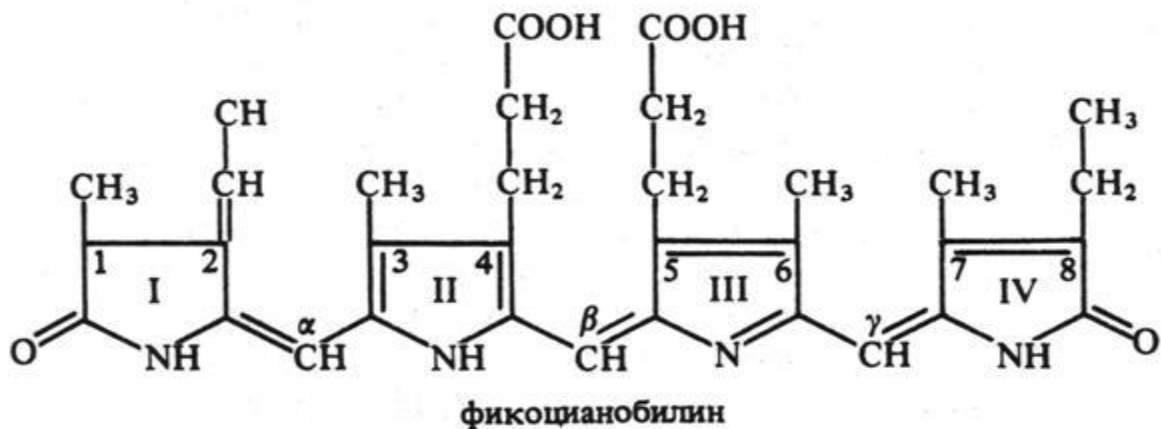
## Каротины



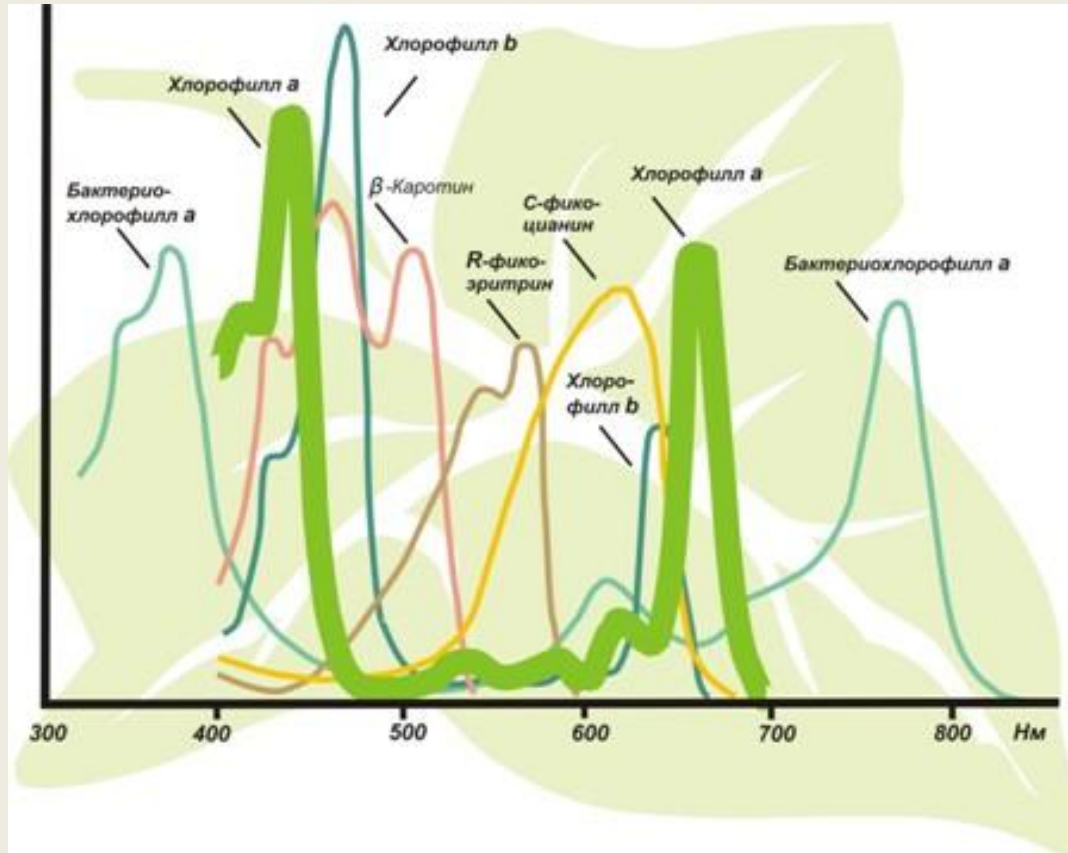
## Ксантофиллы



# Структурные формулы фикобилинов



# Спектры поглощения ПИГМЕНТОВ



Организмы	Хлорофиллы					Фикобилипротеины		Каротиноиды	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c<sub>1</sub></i>	<i>c<sub>2</sub></i>	<i>d</i>	фикоэритрин	фикоцианин	каротины	ксантофиллы
Высшие растения, папоротники и мохообразные	+	+	-	-	-	-	-	β-Каротин α-Каротин	Лютеин Виолаксантин Неоксантин
Водоросли:									
Зеленые	+	+	-	-	-	-	-	β-Каротин	Лютеин Виолаксантин Неоксантин
Эвгленовые	+	+	-	-	-	-	-	β-Каротин	Неоксантин Диодиноксантин Виолаксантин
Бурые	+	-	+	+	-	-	-	β-Каротин	Фукоксантин Виолаксантин
Золотистые	+	-	+	+	-	-	-	β-Каротин	Фукоксантин
Желто-зеленые	+	-	-	-	-	-	-	β-Каротин	Неоксантин Диодиноксантин
Диатомовые	+	-	+	+	-	-	-	β-Каротин	Неоксантин Диодиноксантин Фукоксантин
Криптофитовые	+	-	-	+	-	+	+	α-Каротин β-Каротин	Аллоксантин
Красные	+	-	-	-	+	+	+	α-Каротин β-Каротин	Лютеин Зеаксантин
Сине-зеленые	+	-	-	-	-	+	+	β-Каротин	Эхиненон Миксоксантофилл Зеаксантин

# Пиреноид

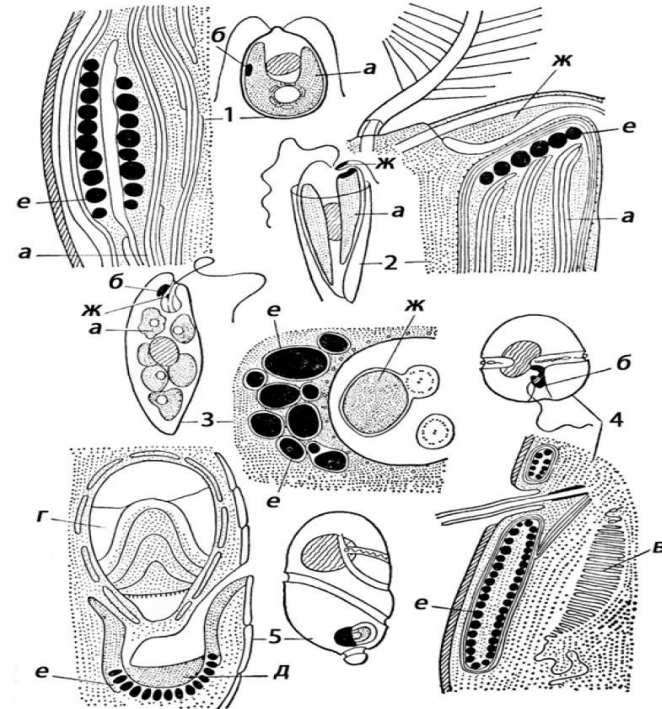
Пиреноиды – особые включения, принимают участие в синтезе различного рода запасных соединений, например, у зеленых водорослей – крахмала. Это также место скопления запасных веществ.



# “Химический определитель водорослей”

- I.** **Билипротеины** (функционально активные) присутствуют
1. *Мукополимеры* присутствуют — **CYANOPHYTA**
  2. *Мукополимеры* отсутствуют
    - A. Присутствуют *сульфатированные галактозиды, глицераты сахаров, сахарные спирты, хлорофилл d* — **RHODOPHYTA**
    - B. Присутствуют *крахмал и хлорофилл c*. Указанных в тезе I.2.A. признаков нет — **CRYPTOPHYTA**
- II.** **Билипротеины** отсутствуют
1. *Целлюлоза* присутствует
    - A. *Сахароза* присутствует
      - a). *Гликопротеины* присутствуют — **CHLOROPHYTA**
      - б). *Гликопротеины* отсутствуют — **CHAROPHYTA**
    2. *Сахароза* отсутствует
      - a). *Альгиновая кислота и фукостерол* присутствуют — **PHAEOPHYTA**
      - б). Указанных в тезе II.2.a. признаков нет
        1. *Хлорофилл b* присутствует, *хлорофилла c* нет — **EUGLENOPHYTA**
        2. *Хлорофилл e* и *перидинин* присутствуют, *хлорофилла b* нет — **PYRROPHYTA**
        3. *Маннит и флавацин* присутствуют, *хлорофилла b* и *крахмала* нет — **XANTHOPHYTA**
  2. *Целлюлоза* отсутствует
    - A. *ε-каротин* присутствует — **CHRYSOPHYTA**
    - B. *ε-каротин* отсутствует — **BACILLARIOPHYTA**

# Стигма



Строение стигм различных водорослей: 1 – Chlamydomonas; 2 – Dinobryon; 3 – Euglena; 4 – Glenodinium; 5 – Nematodinium; а – хлоропласт; б – стигма; в – пластинчатое тело; г – линзовидное тело; д – ретиноид; е – пигментные тела; ж – парабазальное тело



# Двигательный аппарат

- Временные структуры: ризоподии (длинные, до 140 мкм), псевдоподии (короткие).
- Постоянные структуры: жгутики (ундулиподии) – длинные (до нескольких десятков мкм). Характеризуются упорядоченной тонкой структурой, характерной для всех водорослей.
- У гаптофитовых водорослей есть еще и короткий, более толстый и плотный вырост – гаптонема.

# Ядро

Клетки большинства водорослей содержат одно ядро, но есть виды, содержащие в клетках 2 – 3 и более ядер, до нескольких десятков и сотен. Размеры ядра колеблются от 1 до 45 мкм, составляя в среднем около 4 мкм. Ядра окружены двухслойной оболочкой, пронизанной порами, внутри которой находится нуклеоплазма, одно или несколько ядрышек и хроматин.

# Размножение водорослей

- Вегетативное
- Бесполое
- Половое

# Вегетативное размножение

Части таллома отделяются без каких-либо заметных изменений в протопластах.

- Деление одноклеточных форм на две дочерние особи.
- Разрыв на отдельные участки талломов.
- Образование толстостенных, заполненных запасными продуктами клеток, которые предназначены для перенесения неблагоприятных условий. Данные клетки, **акинеты**, характерны для сине-зеленых и зеленых нитчатых водорослей.

# Бесполое (споровое) размножение

Осуществляется посредством особых спор.

**Зооспоры** – голые монадные клетки.

**Апланоспоры** – неподвижные, лишенные жгутиков споры.

**Автоспоры** – вид апланоспор, имеющие все отличительные черты материнской клетки (характерные очертания, особенности оболочки).

Образование дочерних колоний (у колониальных монадных и коккоидных форм).

# Половое размножение

Слияние двух гаплоидных клеток, приводящее к появлению диплоидной зиготы.

Идет в несколько этапов:

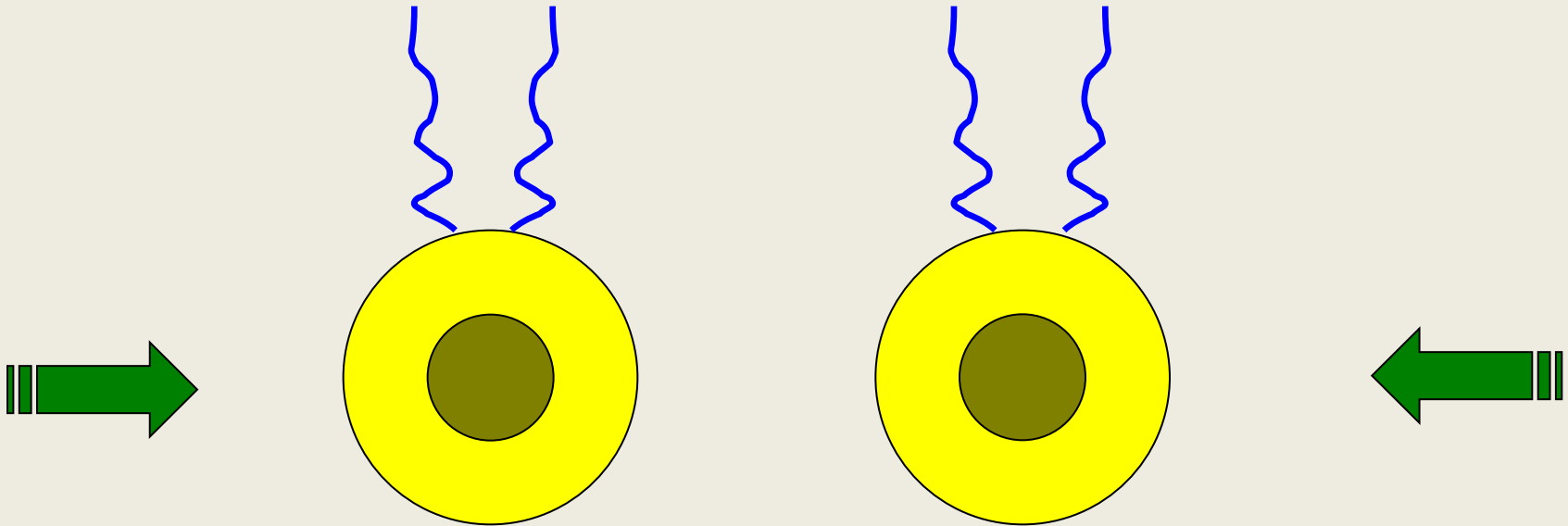
- Плазмोगамия - слияние цитоплазмы гамет.
- Кариогамия – слияние ядер гамет и ассоциация их хромосом внутри ядра зиготы.

# Виды полового размножения

- Изогамия
- Хологамия
- Гетерогамия
- Оогамия

# Изогамия

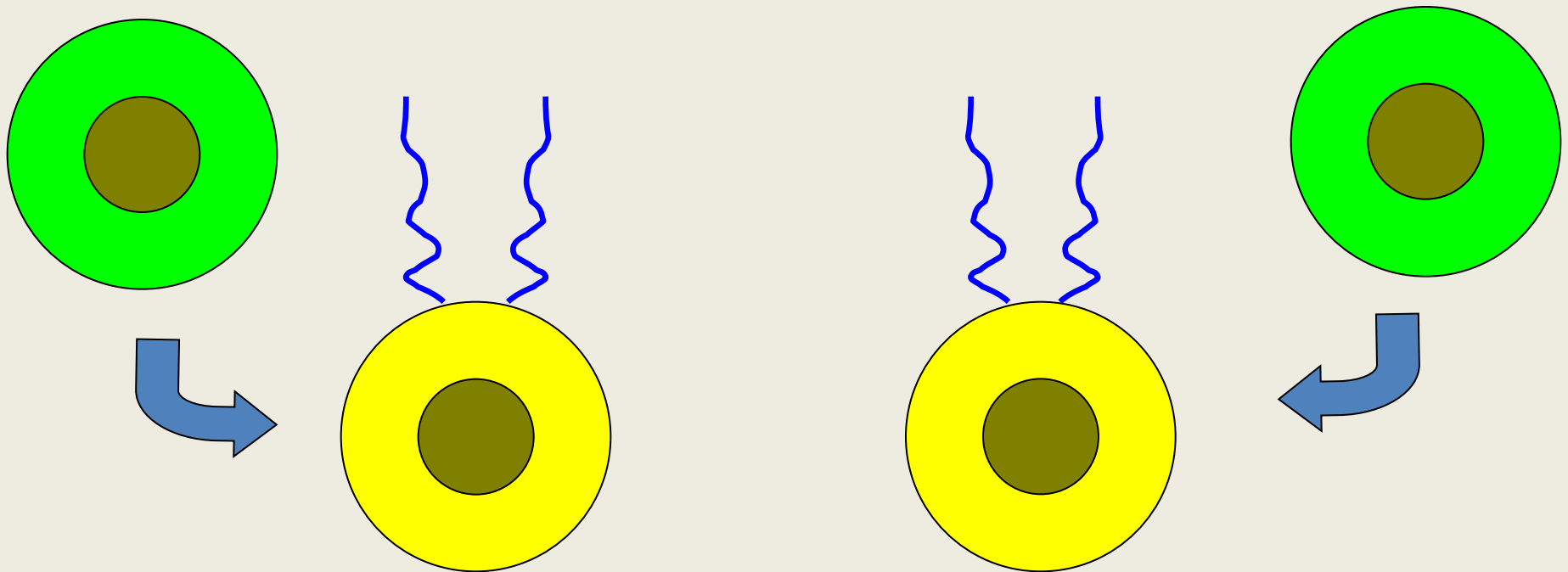
Слияние двух морфологически  
неразличающихся подвижных гамет.





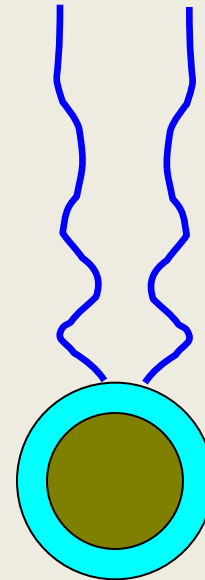
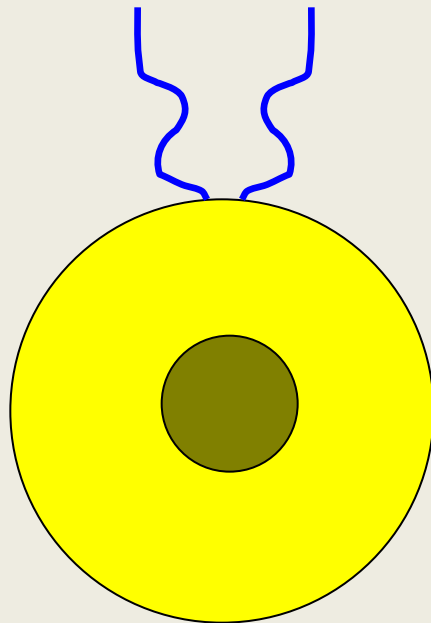
# Хологамия

Слияние двух вегетативных клеток.



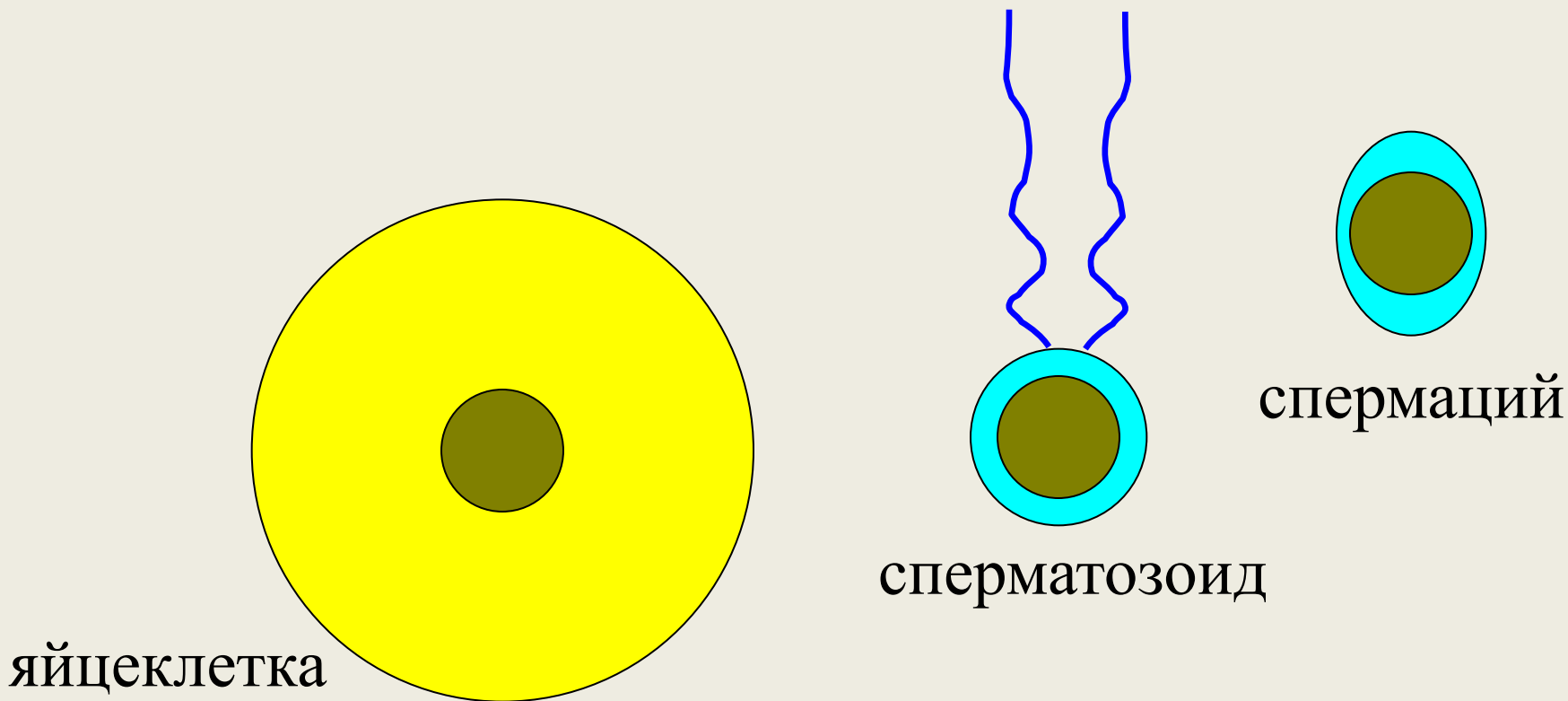
# Гетерогамия (анизогамия)

Сливающиеся подвижные гаметы отличаются размерами.

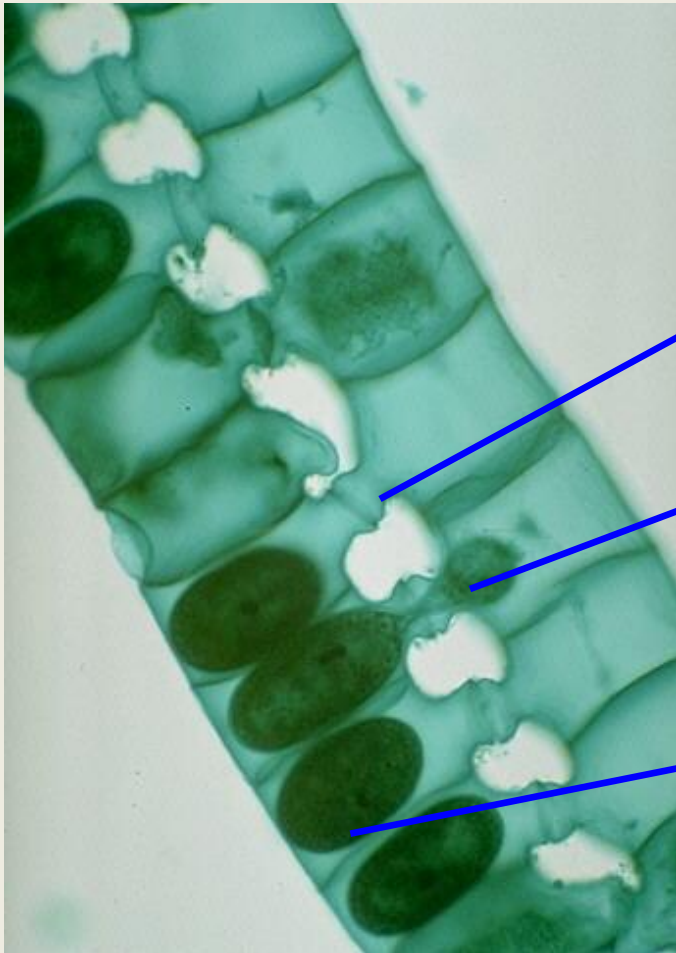


# Оогамия

Слияние крупной неподвижной, безжгутиковой яйцеклетки с мелким, снабженным жгутиком, сперматозоидом. Яйцеклетки и сперматозоиды, как правило, развиваются в специальных половых органах – оогониях (женских) и антеридиях (мужских).



# Конъюгация



конъюгационный мостик

переползающий  
протопласт

зигота

# Растения, производящие гаметы могут быть:

- Гомоталлические – однополые растения. К крестованию способны гаметы, происходящие из одного растения.
- Гетероталлические – разнополые растения. К крестованию способны только гаметы, происходящие из разных растений.

# Зигота

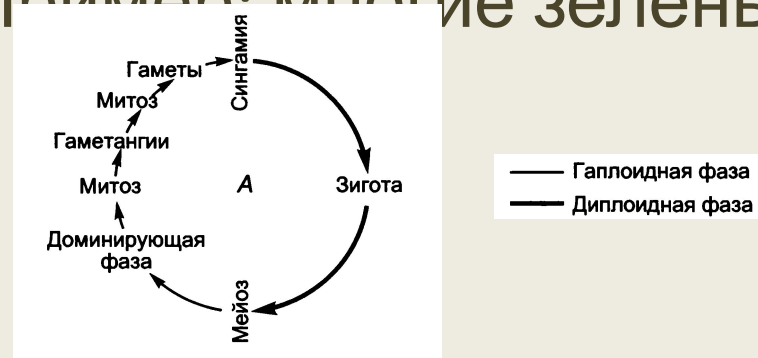
Образуется в результате слияния гамет и содержит одно копуляционное диплоидное ядро (продукт слияния ядер двух гамет). Чаще всего зигота окружена толстой оболочкой, в клетке очень много запасных продуктов и каротиноидов, растворенных в жирах. Зигота может прорасти как сразу, так и после периода покоя.

# Жизненные циклы водорослей

Соотношение диплоидной и гаплоидной фаз в жизненном цикле водорослей неодинаково.

# Зиготическая редукция

Прорастание зиготы сопровождается редукционным делением копуляционного ядра, при этом развивающиеся растения гаплоидны. Зигота – единственная диплоидная стадия в цикле развития, вся вегетативная фаза проходит в гаплоидном состоянии. Такие растения называются гаплонтами. Пример: многие зеленые водоросли.





# Гаметическая редукция

Вся вегетативная фаза диплоидна, гаплоидная фаза представлена лишь гаметой. Перед образованием гамет происходит редукционное деление ядра (гаметическая редукция). Зигота без редукционного деления ядра прорастает в диплоидный таллом. Такие водоросли – диплонты. Пример – многие водоросли, имеющие сифоное строение, все диатомовые, фукусовые из бурых.



# Споратическая редукция

Редукционное деление ядра предшествует образованию зооспор или апланоспор, развивающихся на диплоидных талломах. Эти споры бесполого размножения вырастают в гаплоидные растения, размножающиеся только половым путем. После слияния гамет зигота развивается в диплоидное растение, несущее органы только бесполого размножения. Таким образом, у водорослей происходит чередование поколений: диплоидного бесполого спорофита и гаплоидного полового гаметофита. Оба поколения могут быть одинаковы морфологически (изоморфная смена поколений) или резко различны по внешнему виду (гетероморфная смена поколений).

# Спорадическая редукция

Примеры видов с изоморфной сменой поколений: у представителей зеленых водорослей (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Cladophora*, *Chaetomorpha*), ряда порядков бурых и многих красных водорослей.

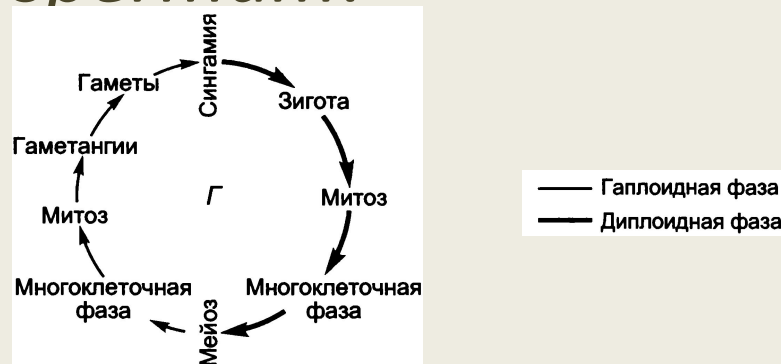
Примеры гетероморфной генерации поколений: большинство бурых водорослей, реже зеленых и к



— Гамлоидная фаза  
— Диплоидная фаза

# Соматическая редукция

Мейоз проходит в вегетативной клетке и непосредственно не ведет к образованию спор или гамет. Примеры: из зеленых *Prasiola*, из красных – *Batrahospermum*.



# Экологические группы водорослей

- Фитопланктон – совокупность водорослей живущих в толще воды.
- К нейстону относят мелкие водоросли и животных, обитающих в зоне поверхностной пленки воды. Различают эпинеuston – организмы, живущие над поверхностной пленкой, и гипонейстон – особи, прикрепляющиеся к пленке снизу.
- Бентосные – прикрепленные ко дну организмы. В зависимости от размеров делятся на: и макрофитобентос.

# Экологические группы водорослей

- Перифитонные. Представители: Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta и Xanthophyta.
- Аэрофитные или наземные. Среди них есть одноклеточные, колониальные и нитчатые, большинство которых относится к зеленым и синезеленым, меньше известно представителей диатомовых водорослей.
- Почвенные, или эдафофильные водоросли обитают как на поверхности почвы, так и в почве, поверхностном слое толщиной несколько сантиметров. В поверхностном слое почвенные водоросли являются фототрофами, в почве же они питаются как сапротрофы. Наиболее многочисленными из них – синезеленые и диатомовые. Заметно уступают им желтозеленые. Изредка встречаются золотистые, эвгленовые, динофитовые.
- Водоросли экстремальных местообитаний – горячих источников или льда.