

# Цианобактерии (Cyanophyta)

# Отличия от бактерий

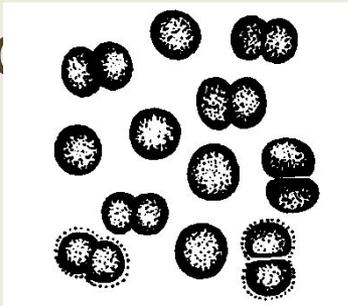
- Неспособны усваивать органические экзогенные соединения
- Наличие двух фотосистем расположенных на мембранах специализированных структур – тилакоидов.
- Возможность протекания двух взаимоисключающих процессов – оксигенного фотосинтеза и анаэробной азотфиксации
- Отсутствие жгутиков или жгутиковых стадий.

# В морфологическом отношении представлены следующими формами:

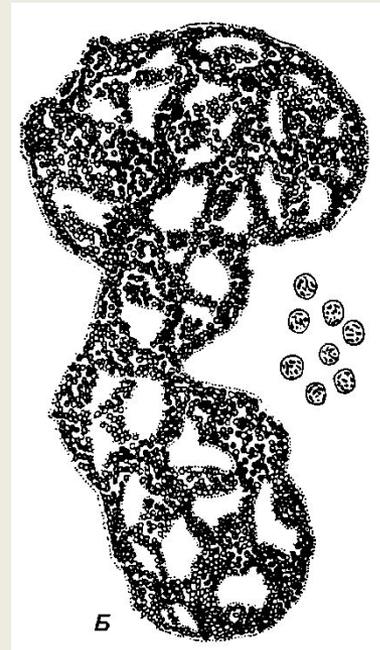
- Одноклеточными. Отдельные клетки функционируют как самостоятельные организмы.
- Колониальными. Отдельные клетки объединяются в колонии в которых связующим материалом является слизь.

Одноклеточные и колониальные формы имеют **коккоидный** тип организации для которого характерны неподвижные, одетые оболочками клетки.

- **Одиночные  
клетки  
Synechocystis  
(Chroococcales)**



## Колонии Microcystis (Chroococcales)



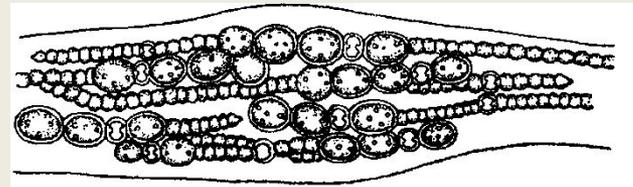
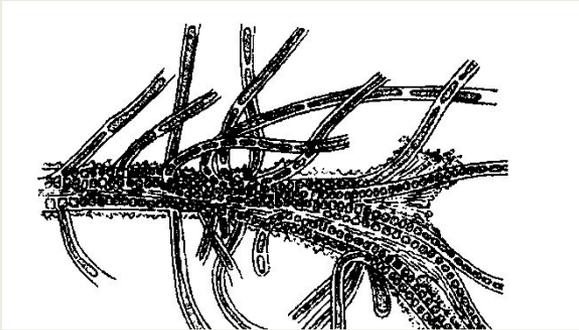
- Многоклеточными.

Имеют **нитчатый** тип организации.

Морфологической единицей у этих цианей является **трихом** – нитевидное образование, состоящие из нескольких рядов симпластно (посредством плазмодесм – микроскопических плазматических мостиков) связанных клеток. Трихом может быть разветвленным и неразветвленным.

# Трихом у многоклеточных форм

- Разветвленный, например, *Fischelopsis* (Stigonematales)
- Неразветвленный, например, *Anaebena* (Nostocales)



# Виды трихомов по дифференциации клеток

- Гомоцитные – все клетки одинаковы по форме и функциям
- Гетероцитные – клетки разные по форме и функциям

# Клетки гетероцитных трихомов

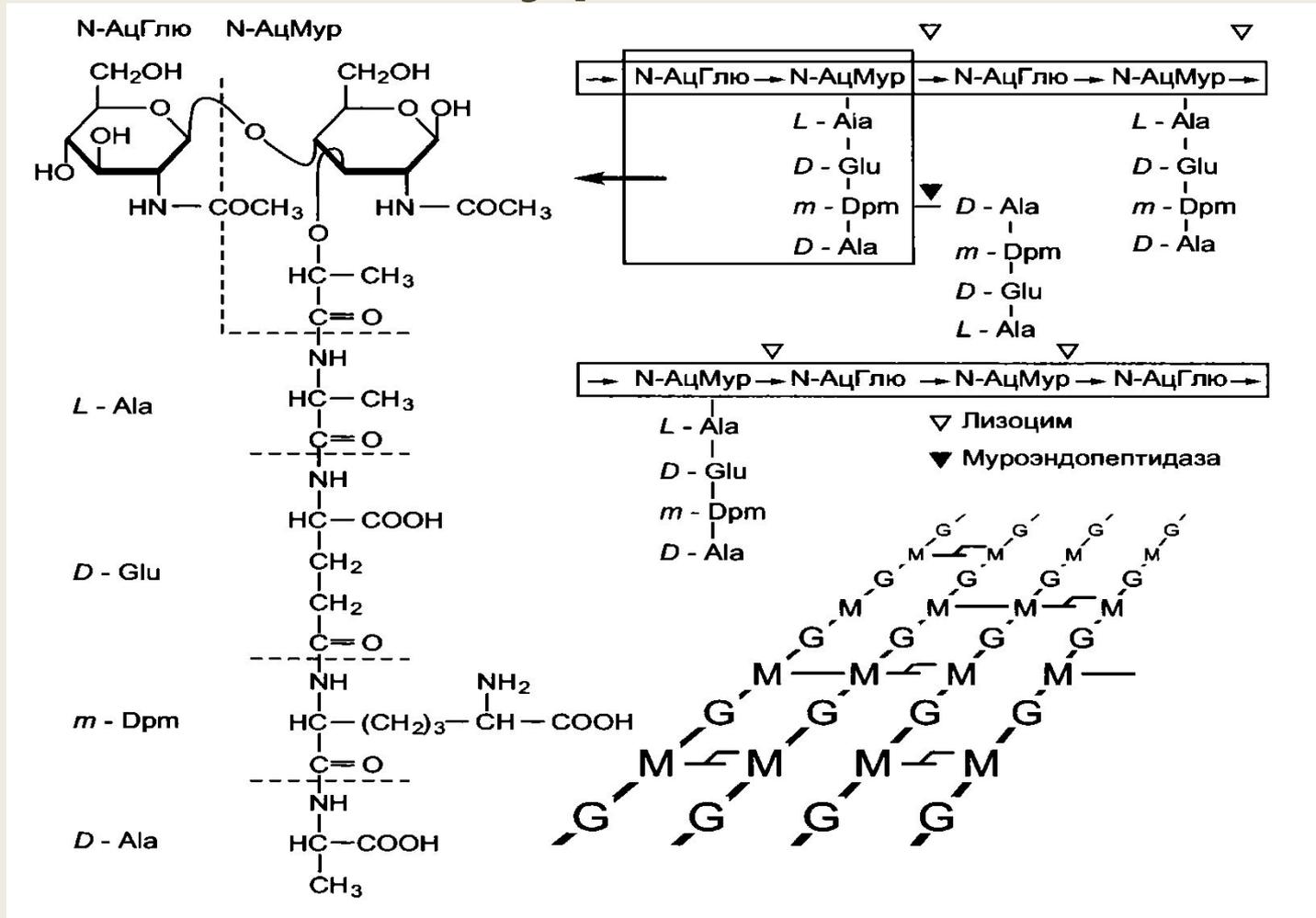
- **Вегетативные** (такие же как в гомоцитных трихомах)
- **Акинеты** (покоящиеся споры) – необходимы для размножения
- **Гетероцисты** – отвечают за фиксацию атмосферного азота.
- Верхушечные клетки. Только у морфологически прогрессивных форм. За их счет идет рост наиболее сложнодифференцированных талломов.

# Клеточная стенка

От 35 до 50 нм. Наиболее толстая у акинет и гетероцист. Сходна по строению с таковой у грамотрицательных бактерий.

Муреин – специфический пептидогликан. У отдельных видов есть кальциевые отложения. У многих – слизистые оболочки и чехлы.

# Муреин



Гетерополимерные цепочки, состоящие из чередующихся остатков N-ацетилглюкозамина (N-АцГлю) и N-ацетимурамовой кислоты (N-АцМур), связаны между собой пептидными мостиками. Слева — детальное строение фрагмента, изображенного справа в рамке. Треугольниками отмечены связи, расщепляемые лизоцимом (мурамидазой) и специфической муроэндопептидазой. Справа внизу — схематическое изображение структуры однослойного поперечношитого муреинового мешка, состоящего из N-АцГлю (G) и N-АцМур (M). m-Dpm — мезо-диаминопимелиновая кислота

# Запасные вещества

- Гликогеноподобный полисахарид
- Цианофицин – азотсодержащий полипептид.  
Найден только у синезеленых водорослей

# У цианобактерий нет:

- Полноценных хлоропластов
- Митохондрий
- Ядра

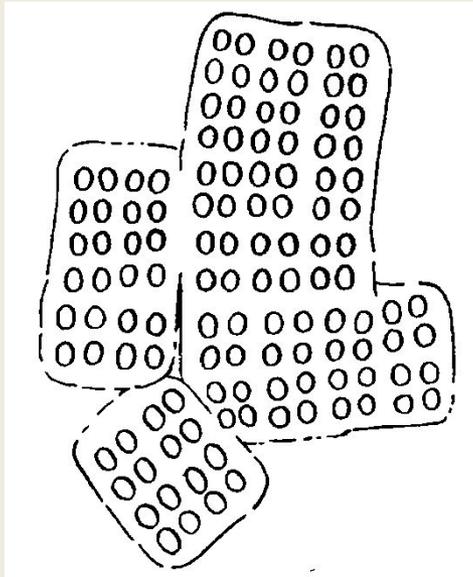
# Пигменты

- Хлорофилл *a* (у прохлорофилловых водорослей встречается хлорофилл *b*).
- Каротиноиды (бета-каротин и зеаксантин, специфические каротиноиды – миксоксантофилл, осциллаксантин, кантаксантин и эхиненон).
- Фикобилины (нет у прохлорофилловых водорослей): фикоцианин, аллофикоцианин и фикоэритрин. Работают только в связке с белками.
- Сцитомин (не у всех) – поглощает в ультрафиолетовой части спектра (212 – 300 нм).

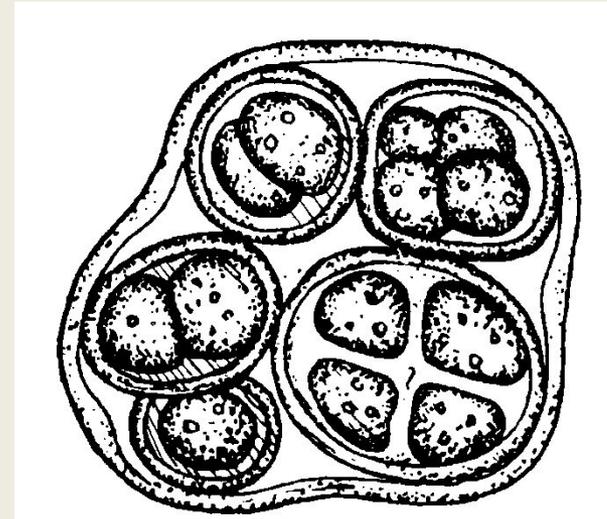
# Размножение

- Делением клеток.
- С помощью гонидий (эндоспоры – если внутри материнской клетки, экзоспоры (баеоциты) – если снаружи).
- Нитчатые – с помощью гормогониев. Обычно распад идет по гетероцистам (сами гетероцисты не способны к размножению!)
- Акинетами – спорами.
- Типичного полового размножения нет. Есть парасексуальные процессы при которых идет обмен геномами у разных клеток.

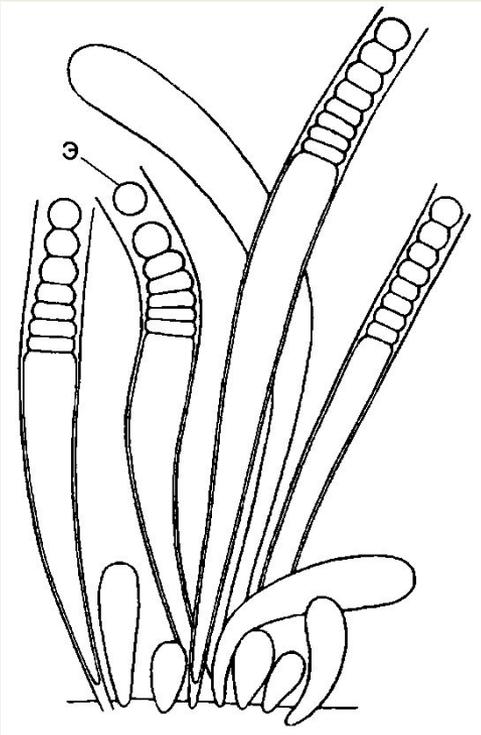
# Порядок Хроококковые (Chroococcales)



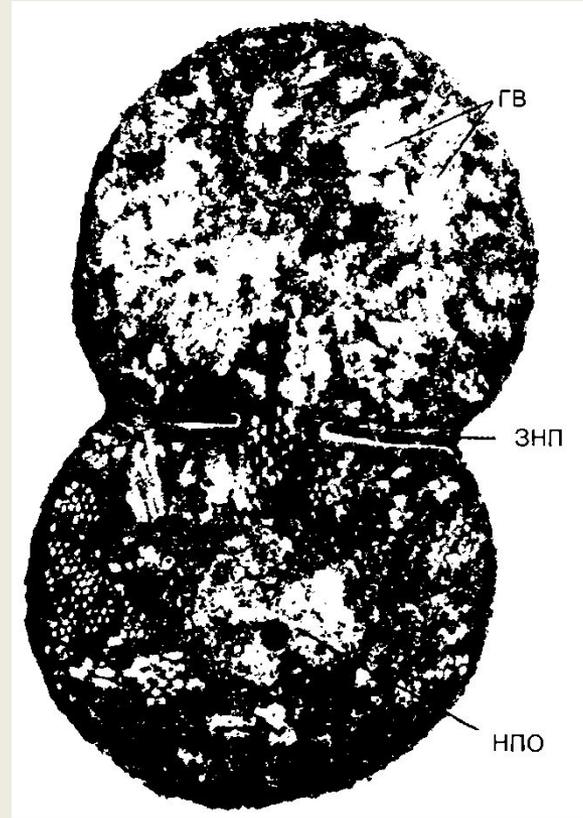
*Merismopedia* — пластинчатая  
КОЛОНИЯ



*Gloeocapsa* — вегетативная стадия  
(сложная колония)



*Chamaesiphon* — общий вид  
(э — экзоспоры)



Электронная микрофотография  
*Microcystis wesenbergii* Komárek  
на стадии деления.

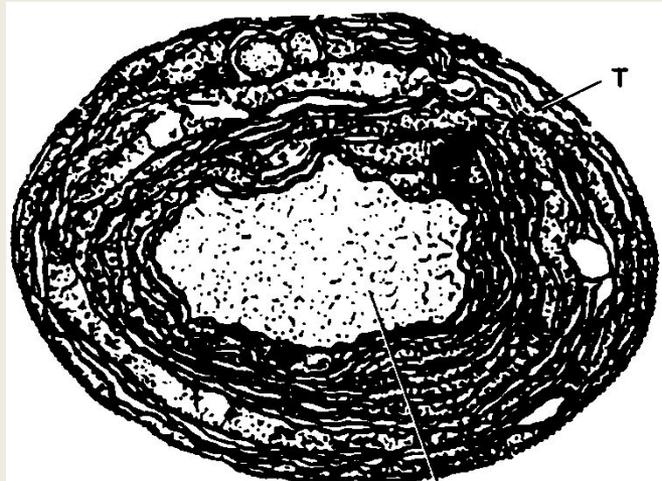
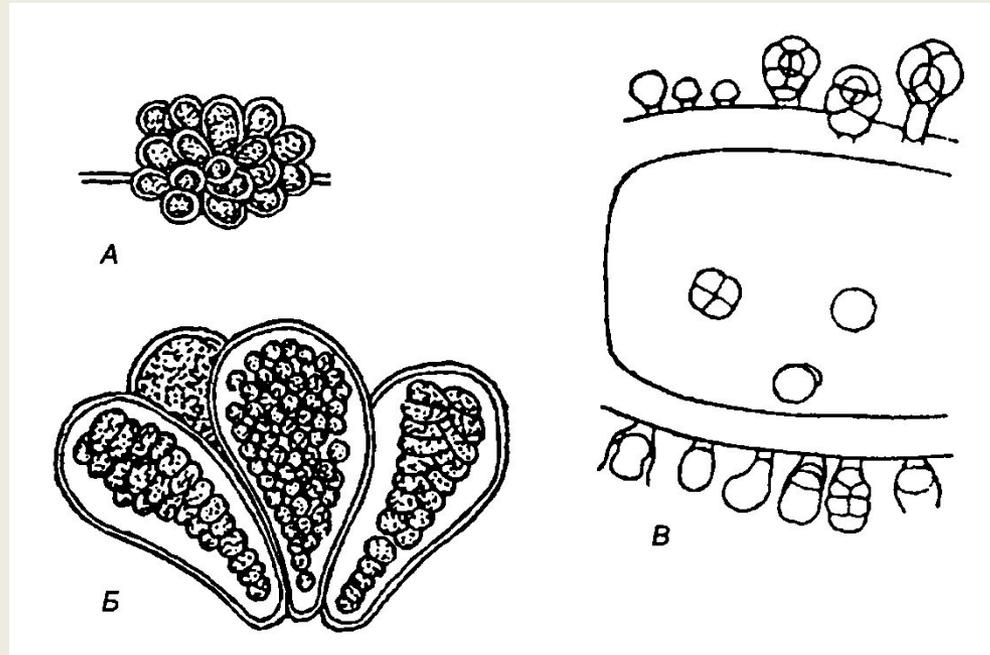


Схема строения *Prochloron*.

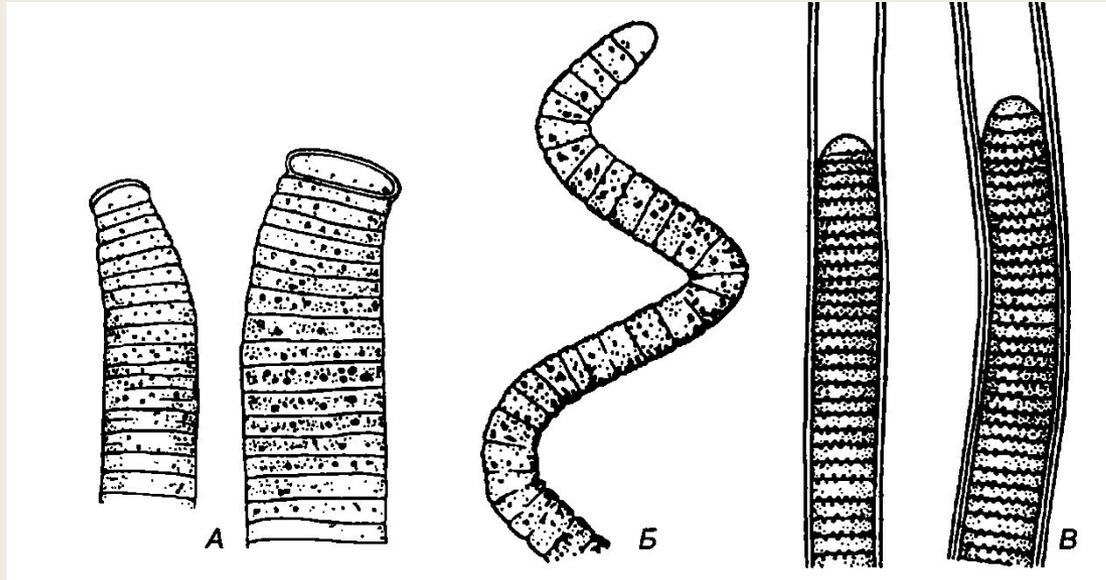
# Порядок плеурокапсовые (Pleurocapsales)



*Dermocarpa* — образование эндоспор.

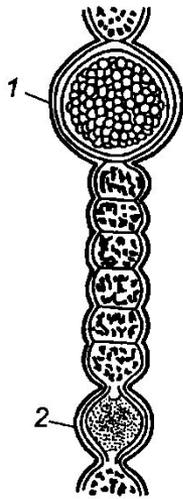
*A* — кучка клеток при небольшом увеличении; *Б* — эндоспорангий; *В* — клетки на *Cladophora* sp

# Порядок Осцилаториевые (Oscillaroriales)

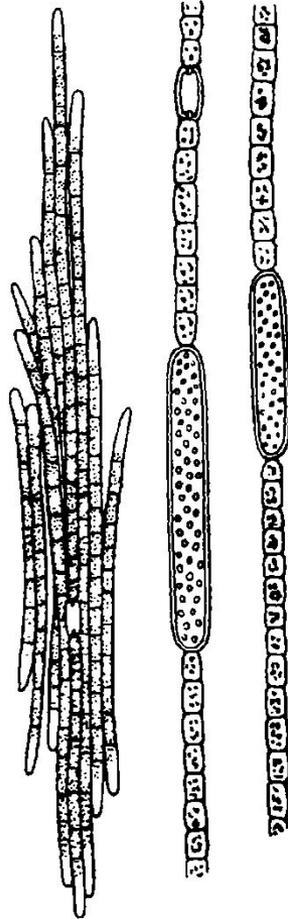


*A — Oscillatoria; Б — Spirulina; B — Lyngbya*

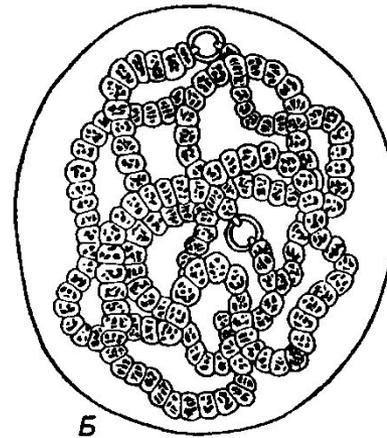
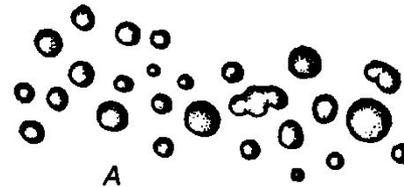
# Порядок ностоковые (Nostocales)



**Рис. 30.** *Anabaena* —  
общий вид нити.  
1 — спора; 2 — гетеро-  
циста



**Рис. 31.** *Aphanizomenon* —  
общий вид нитей

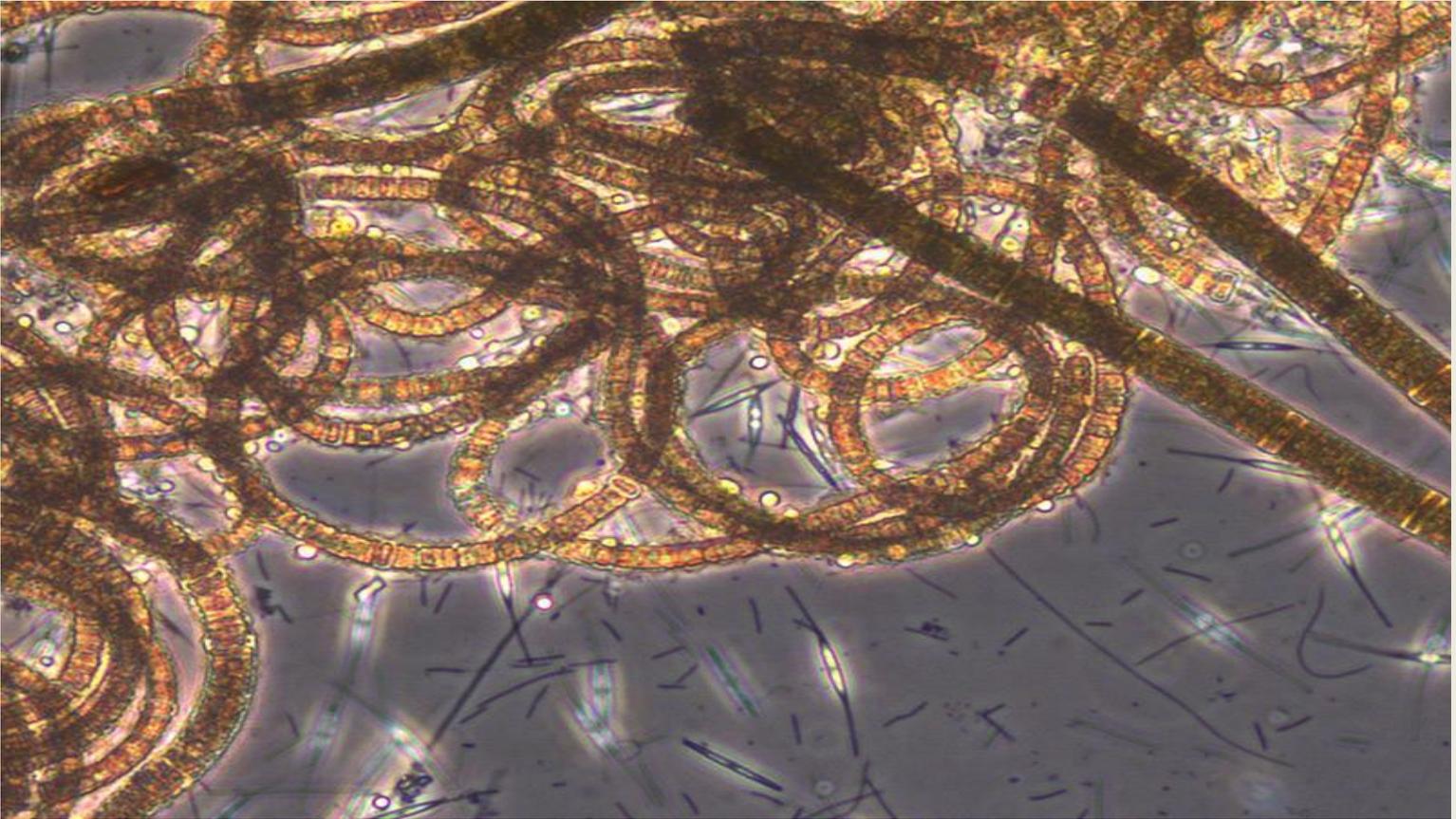


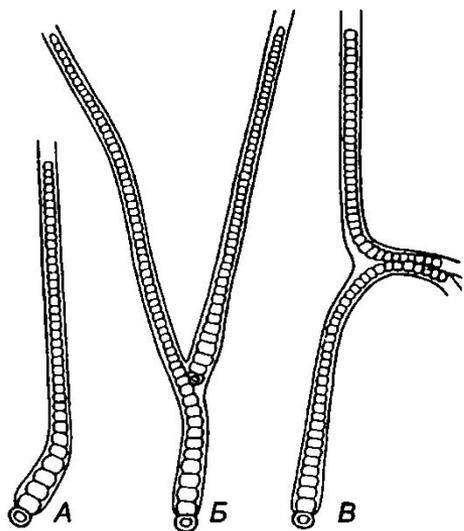
**Рис. 32.** *Nostoc*.  
А — колония в натуральную ве-  
личину; Б — молодая колония  
(большое увеличение)

# *Nostoc paludosum*



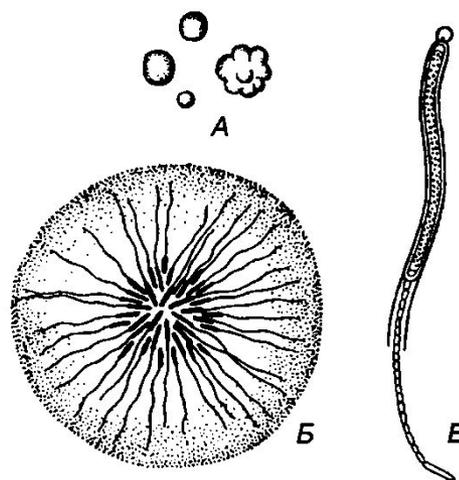
# *Nodularia spumigena*





*Calothrix.*

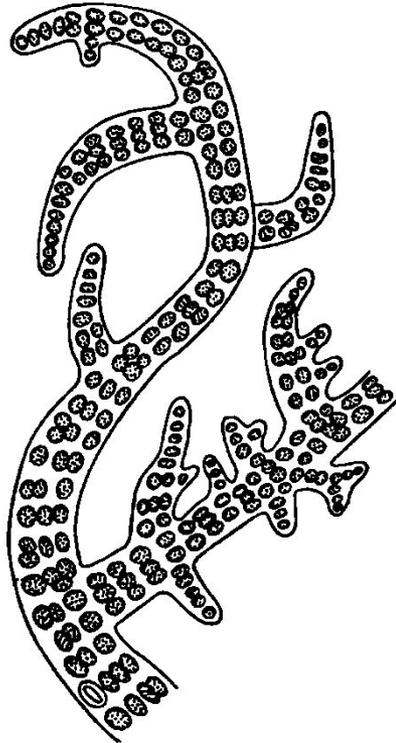
А — общий вид; Б, В — ложное ветвление: одиночное (Б) и двойное (В)



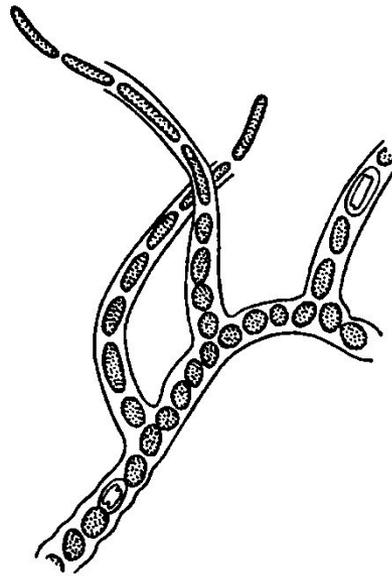
*Gloeotrihia.*

А — общий вид; Б — колония в разрезе (видны отдельные нити со зрелой спорой); В — от ельная нить

# Порядок Стигонемовые (Stigonematales)



*Stigonema* — общий вид,  
часть нити с гормогониями



*Mastigocladus* — общий вид

## Значение синезеленых водорослей в природе и в жизни человека:

- Появление кислорода и озонового слоя.
- Сыграли роль в создании горных пород и почвообразовании.
- Являются компонентами слоевища лишайников.
- Первичные продуценты.
- «Цветение воды».
- Выращиваются в качестве источника получения биологически-активных веществ.
- Применяются как тест-объекты.
- Применение для удобрений сельхозугодий как источника азота.

# Местообитания синезеленых водорослей

- Пресные воды
- Моря
- Почва, скалы
- Симбионты некоторых жгутиковых, корненожек и др.



Цветение микроцистиса



Цианобактериальный мат (синехоцистис)



Цианобактериальный мат в разрезе

# ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРОСЛИ – *EUGLENOPHYTA*

## Пигменты:

Хлорофиллы «а» и «b»

каротиноиды

У многих эвгленовых хлоропластов  
нет

## Запасное вещество:

парамилон

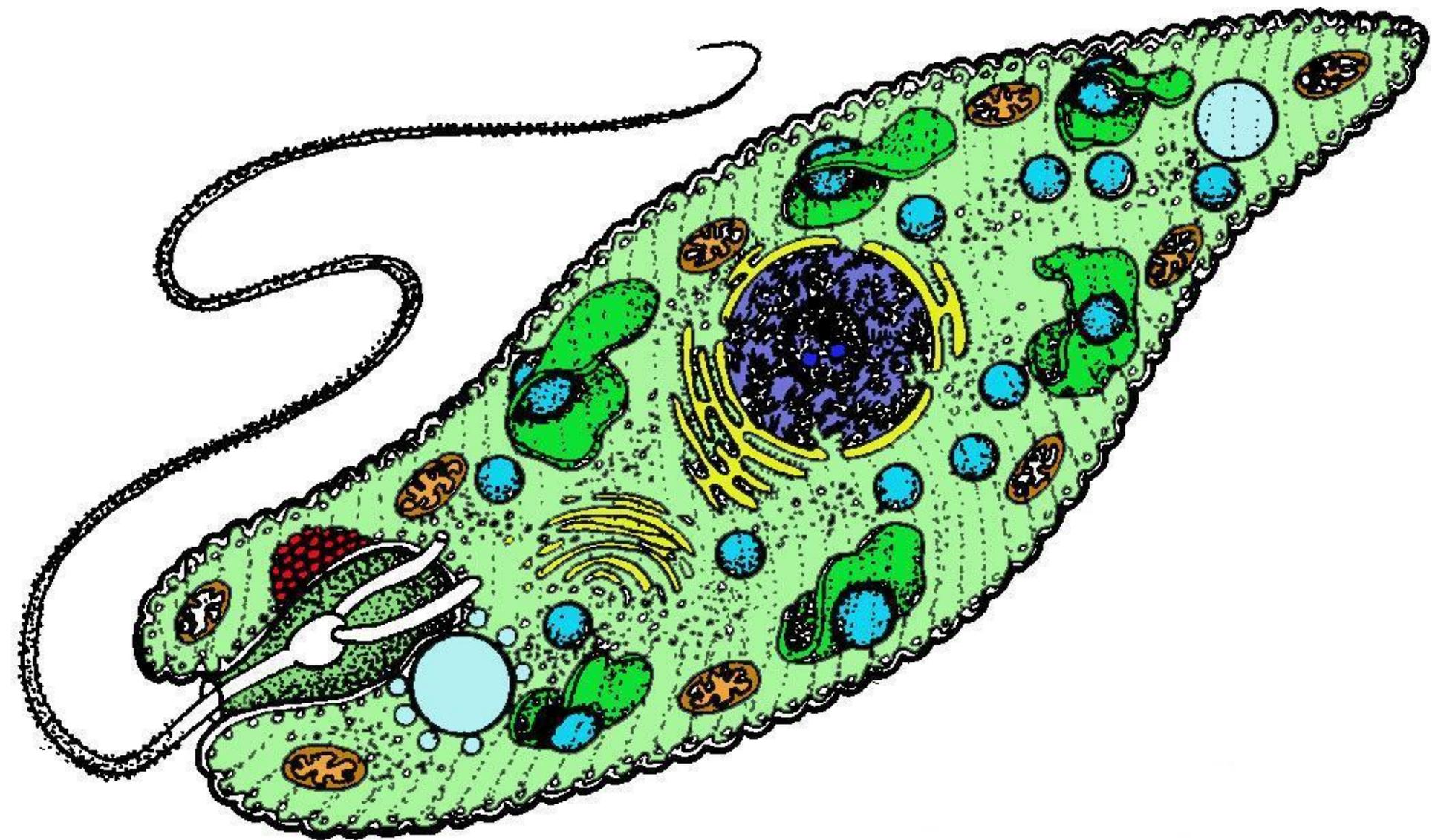
Около **1000** видов.

Большинство **монадные**, есть и **коккоидные** и **амебоидные**.

Тело покрыто *пелликулой* – эластичный белковый слой протопласта под плазмолеммой – это позволяет совершать ползающие движения



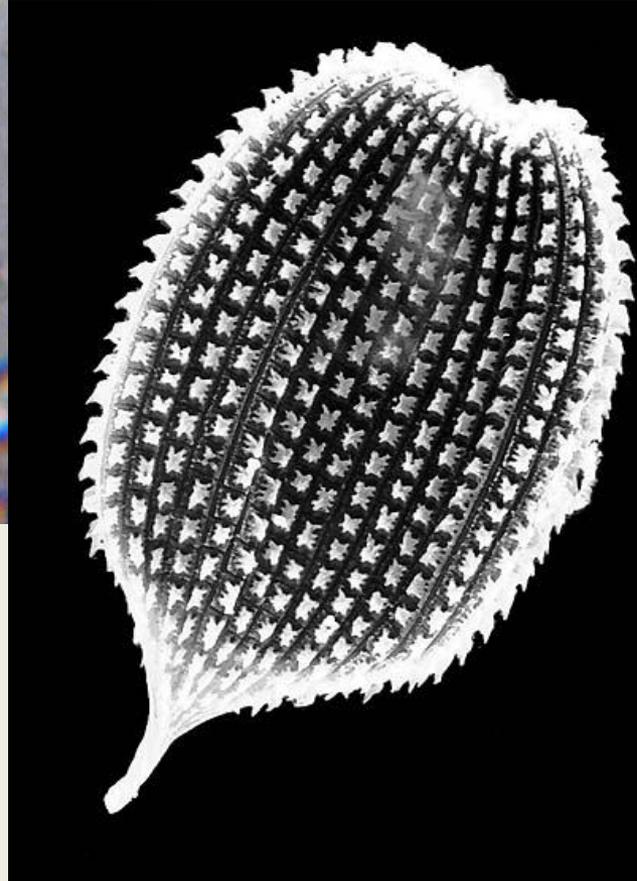
# строение клетки ЭВГЛЕНОВЫХ



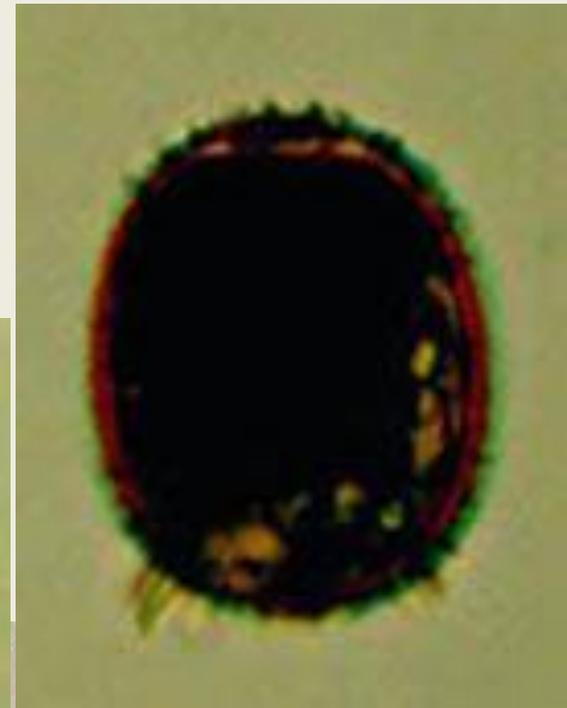
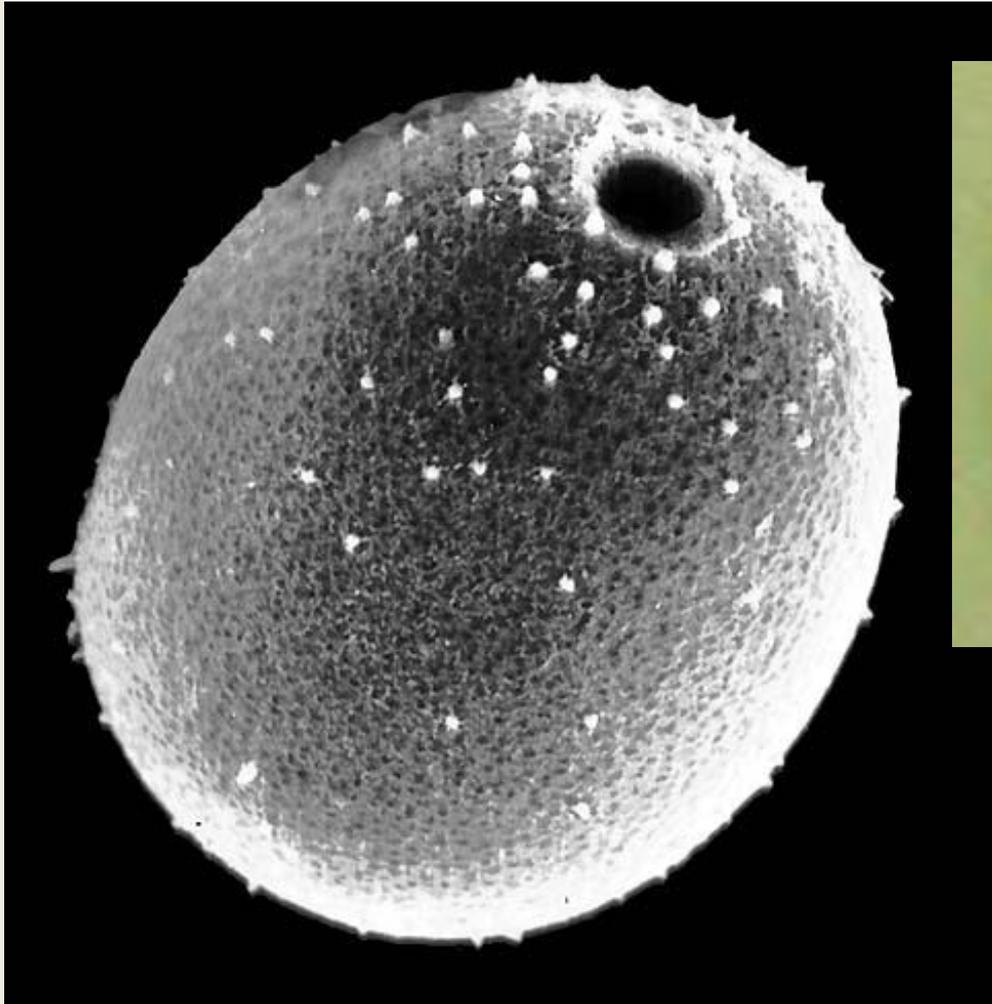
# *Euglena*



# *Phacus*



# *Trachelomonas*



# ЗНАЧЕНИЕ ЭВГЛЕНОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

- Участвуют в процессе самоочищения воды
- Индикаторы степени загрязнения воды
- Объекты для изучения фотосинтеза, строения хроматофоров, фототаксиса, движения жгутиков
- На них исследуют действие антибиотиков, гербицидов, ростовых веществ
- Их используют для количественного определения витамина В<sub>12</sub>

# Зеленые водоросли (Chlorophyta)

# Типы организации таллома зеленых водорослей

- Монадный
  - Пальмеллоидный
  - Кокоидный
  - Нитчатый
  - Разнонитчатый (гетеротрихальный)
  - Паренхиматозный
  - Псевнопаренхиматозный
  - Сифоновый . В основном у зеленых, есть у некоторых желто-зеленых
  - Харофитный.
  - Сифонокладальный. Только у зеленых
  - Сарциноидный.
- !!! Ризопоидальной организации таллома у зеленых водорослей не обнаружено!!!

# Особенности строения

Клеточная оболочка жесткая, чаще всего целлюлозная. Бывает и пептидогликановая; споропеллиновая (продукт деградации каротиноидов, у высших растений – входит в состав оболочки пыльцы).

Запасной продукт – крахмал, откладывается внутри хлоропласта (вокруг пиреноида и в строме). Но не у всех. У дазикаладовых – инулин. У некоторых (например, представители рода дуналиелла - липиды).

Хлоропласт, как правило, один. Расположен в центре клетки. Но есть исключения как по количеству, так и по расположению хлоропластов в клетке. Хлоропласты зеленого цвета.

Стигма (светочувствительный глазок) находится внутри хлоропласта и не связан со жгутиковым аппаратом.

У большинства видов имеется крупная внутриклеточная вакуоль с клеточным соком.

Подвижные виды имеют жгутики, число их разнится.

# Фотосинтетические пигменты

- Хлорофилл *a*
- Хлорофилл *b*
- Каротиноиды (альфа- и бета-каротин, лютеин, неоксантин, зеаксантин и другие)

# Размножение

- Бесполое (деление клетки надвое, неподвижными апланоспорами, подвижными зооспорами).
- Вегетативное (разрыв нитей).
- Половое (изогамия, гетерогамия, оогамия – чаще всего, конъюгация).

Жизненные циклы: зиготическая редукция, спорическая редукция (с гетероморфной сменой поколений).

# Чем отличаются подотделы Chlorophyta?

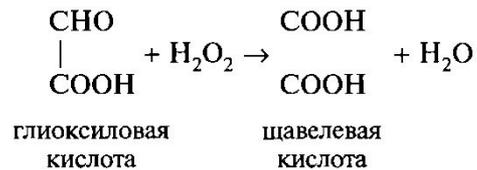
- Особенности жгутикового аппарата.
- Особенности митоза.
- Особенности цитокинеза.
- Особенности метаболизма.

1) отщеплением водорода с помощью ферментов дегидрогеназ — этот путь присущ подотделу Chlorophytina:



De — гликолатдегидрогеназа

2) присоединением кислорода с помощью ферментов оксидаз:



Такой путь окисления характерен для подотдела Charophytina

# Подотдел Chlorophytina

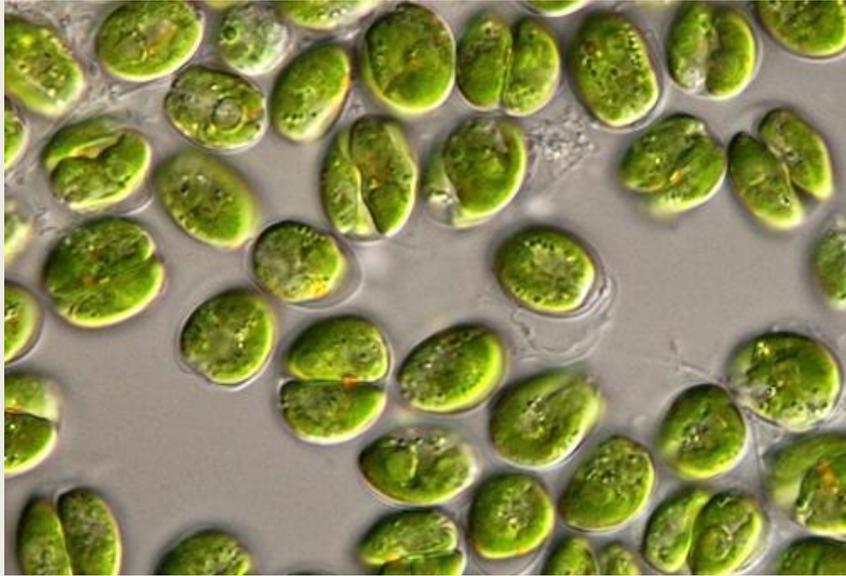
Класс прازیнофиты (Prasinophyceae)

Класс собственно зеленые водоросли  
(Chlorophyceae)

Класс требуксиевые (Trebouxiophyceae)

Класс ульвовые (Ulvothrixophyceae)

# Класс празиофиты (Prasinophyceae)



*Tetrastelmis* sp.

В класс входят формы: монадные, реже пальмеллоидные и коккоидные формы

Свободноживущие обитатели морей и пресноводных водоемов



# Класс собственно зеленые водоросли (Chlorophyceae)

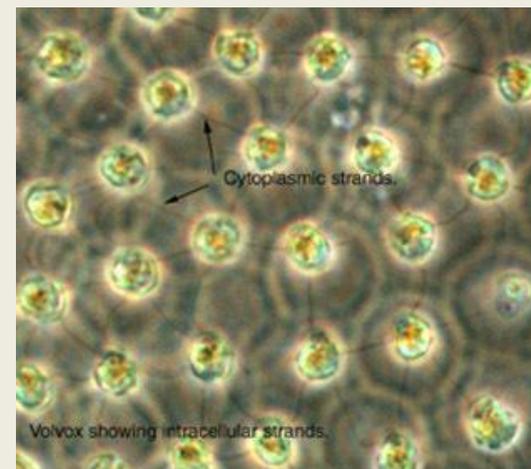
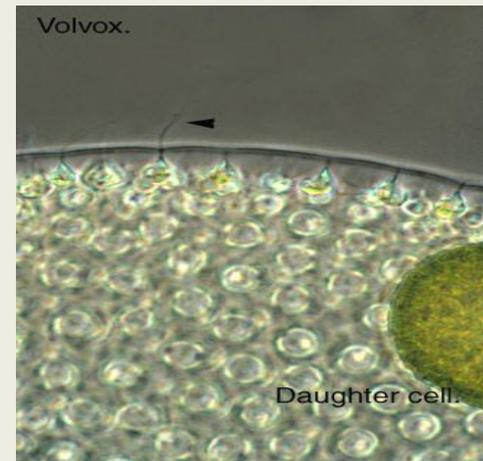
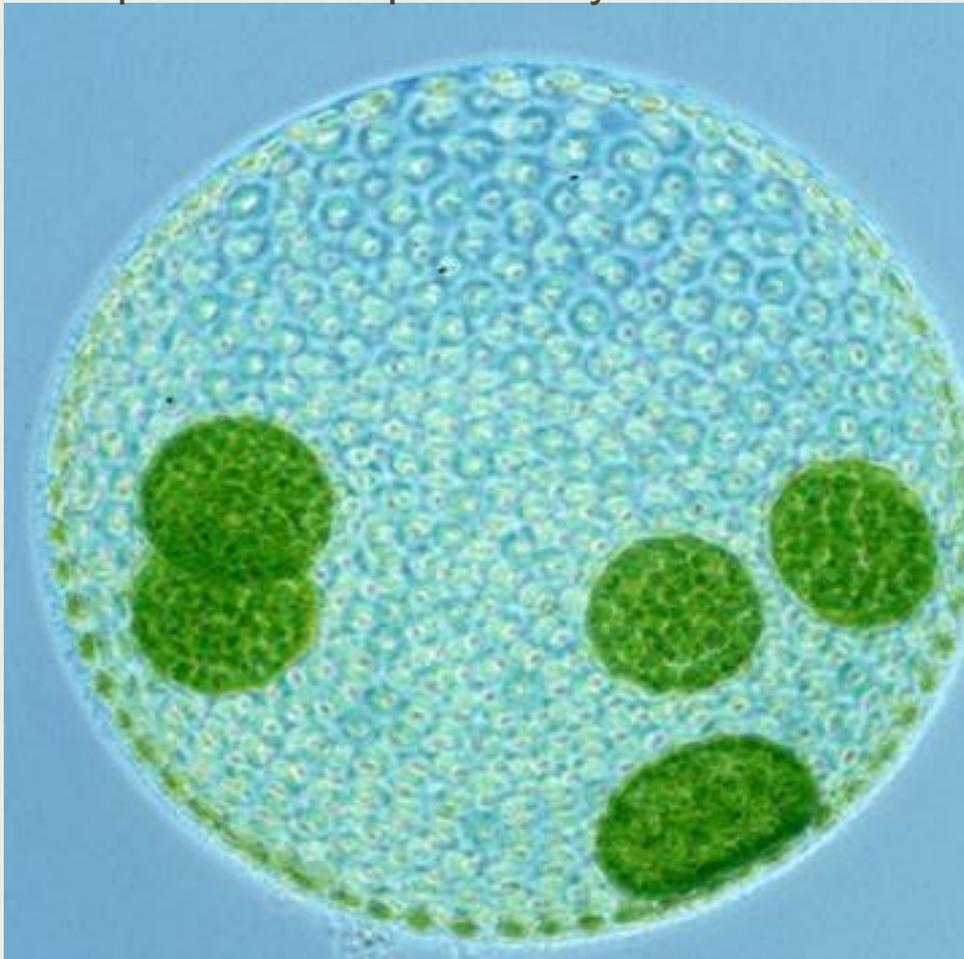
Типы организации талломов: монадные, пальмеллоидные, коккоидные, нитчанные, гетеротрихиальные.

При митозе телофазное тело не сохраняется, нити веретена в анафазе всегда укорачиваются. Деление клетки всегда происходит с бороздой или образованием пластинки с участием фикопласта (пластинки из микротрубочек). Из-за наличия такой структуры предполагается, что данный класс – тупиковая ветвь эволюции.

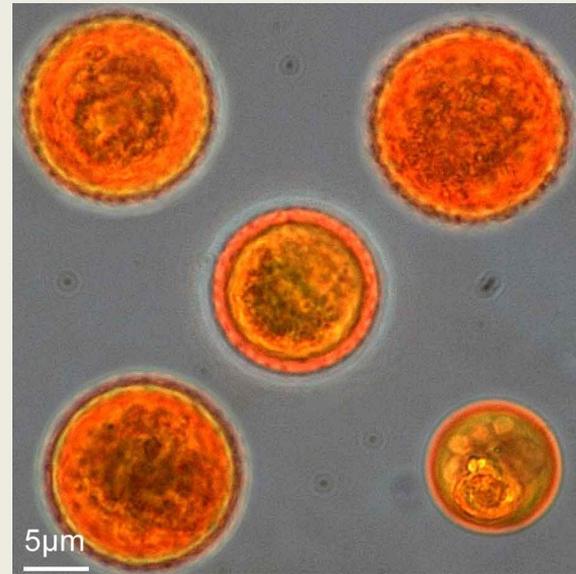
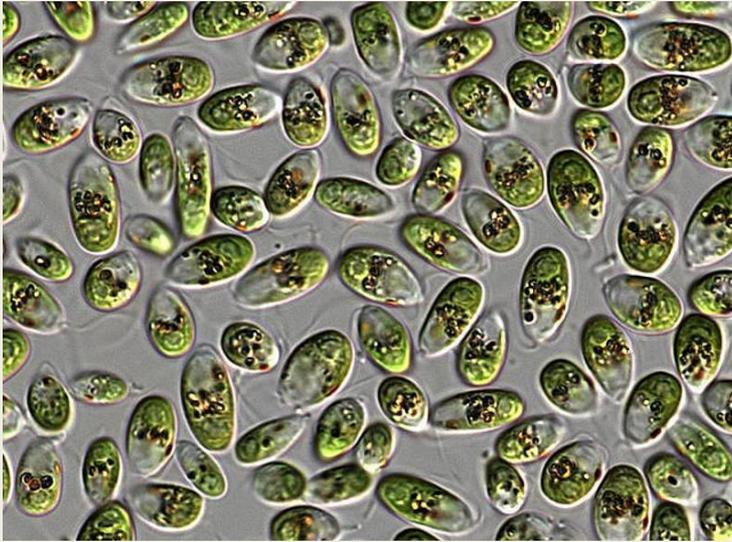
Жизненные циклы гаплоидные с зиготической

# Порядок вольвоксовые (Volvocales)

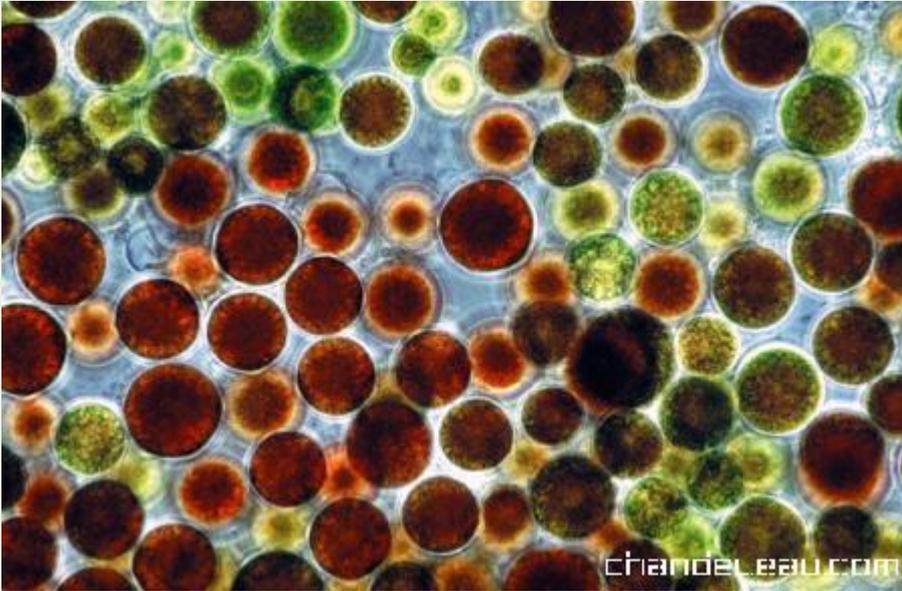
Одноклеточные, колониальные и ценобиальные монадные формы.  
При неблагоприятных условия – пальмеллоидное состояние.



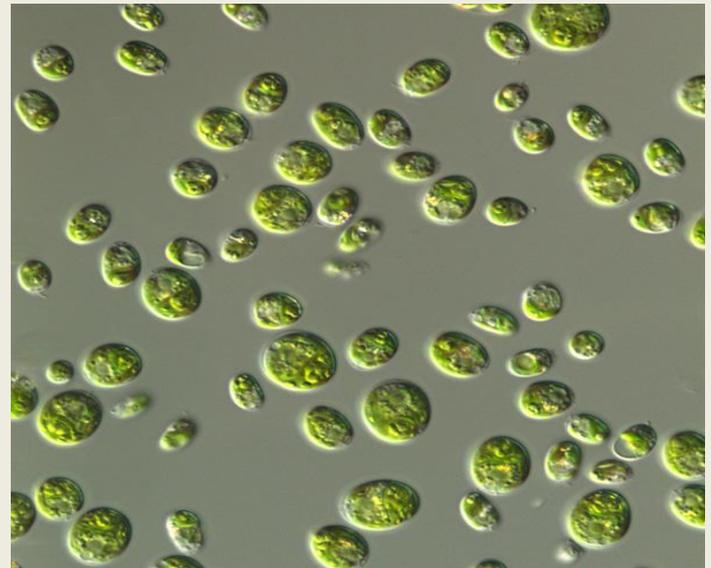
Размножение: вегетативное, бесполое, половое – изогамия (реже гетеро- и оогамия)



*Dunaliella salina*



*Haematococcus pluvialis*



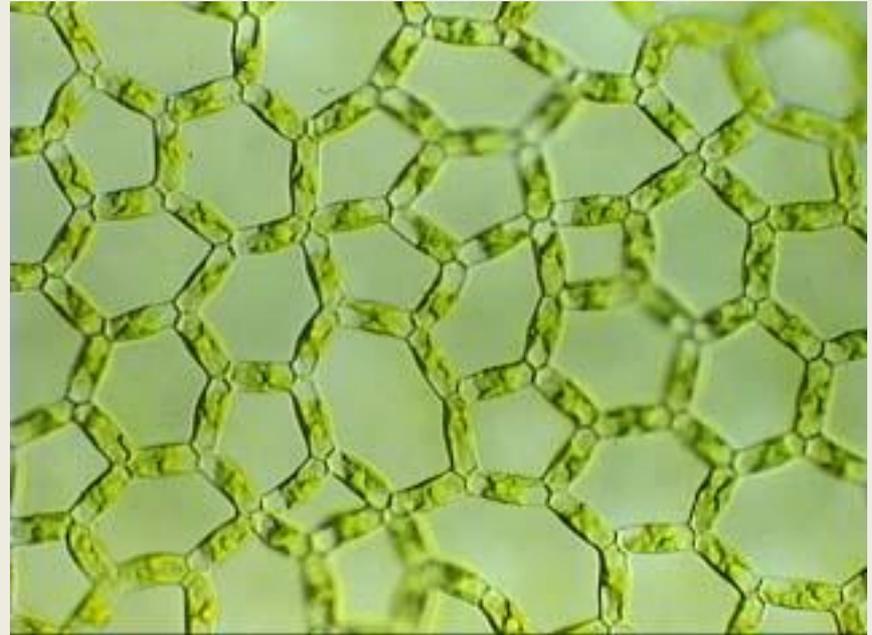
*Chlamydomonas reinhardtii*

# Порядок хлорококковые (Chlorococcales)



*Chlorococcum acidum*

Коккоидные формы как одноклеточные, так и колониальные.



*Hydrodictyon* sp.

Бесполое размножение – безжгутиковыми зооспорами и автоспорами. Половой процесс изогамный, оогамный и гетерогамный.

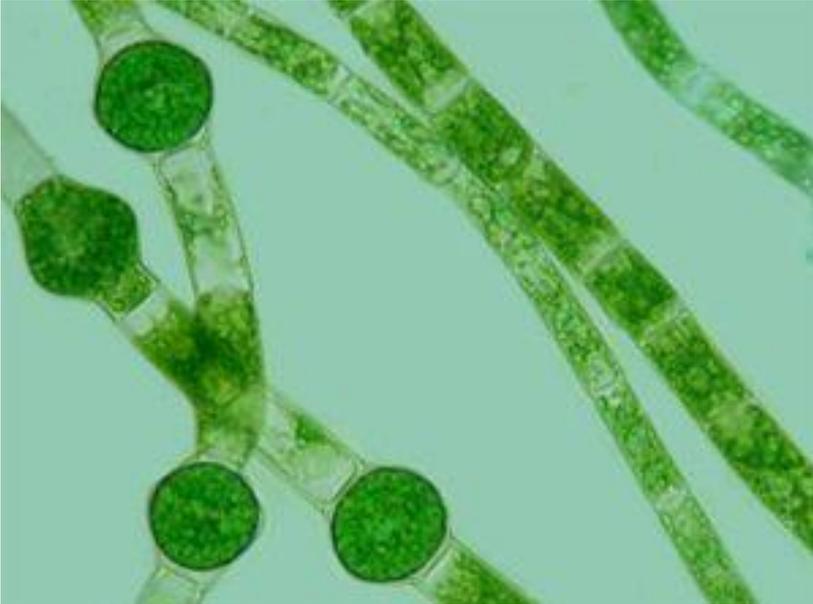


*Scenedesmus quadricauda*



*Pediastrum*

# Порядок эдогониевые (Oedogoniales)

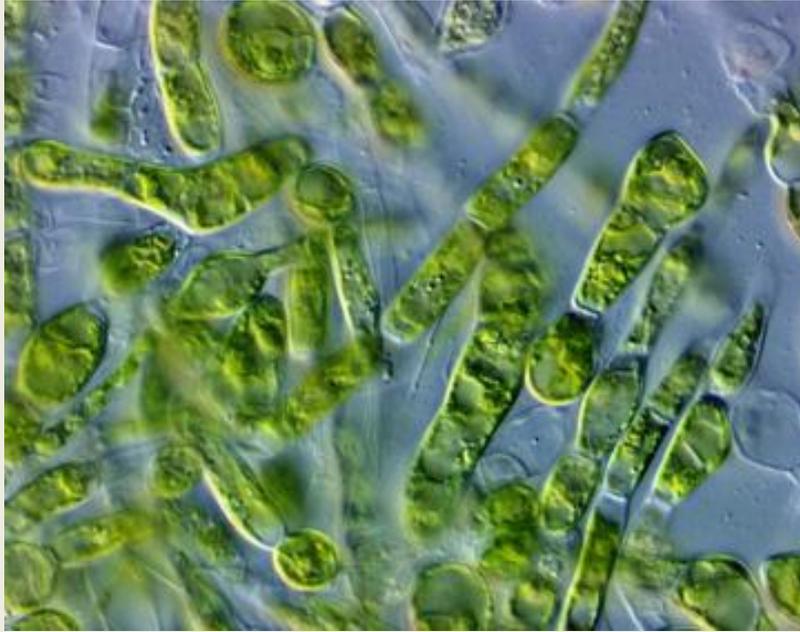


Нитчатый тип организации таллома.  
Нити чаще ветвящиеся.



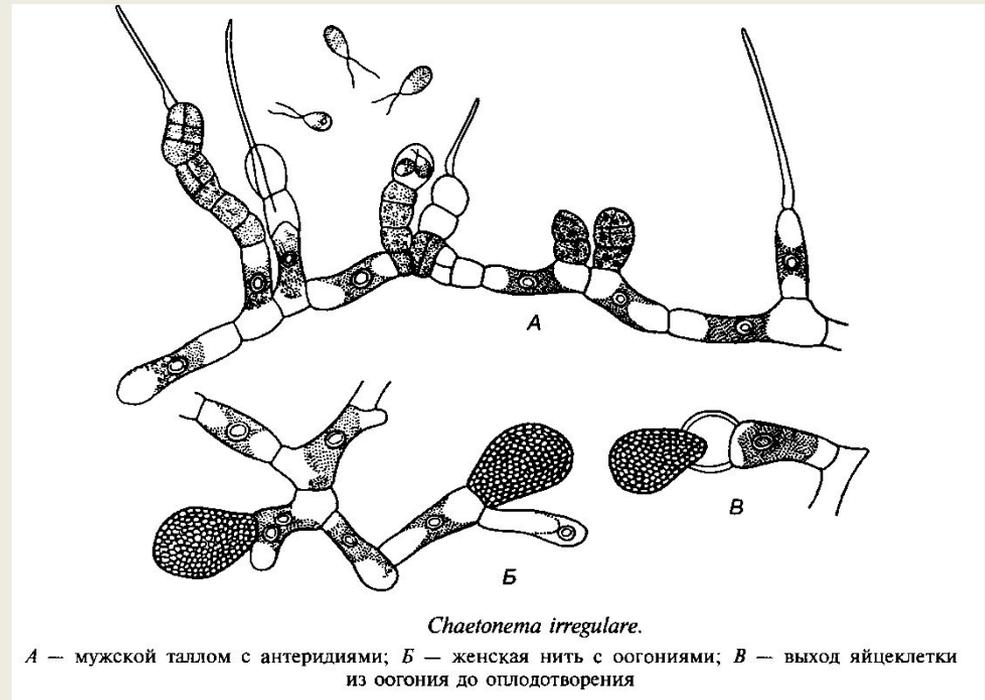
Бесполое размножение –  
зооспорами . Половой процесс оогамный

# Порядок хетофоровые (Chaetophorales)



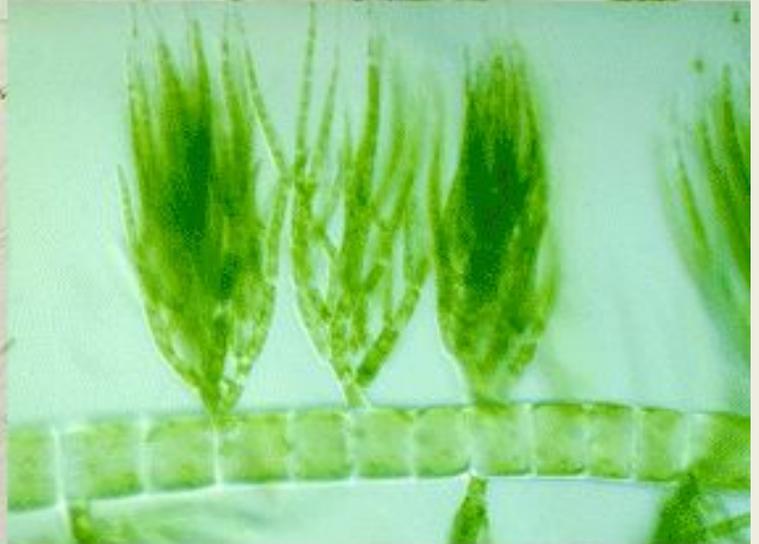
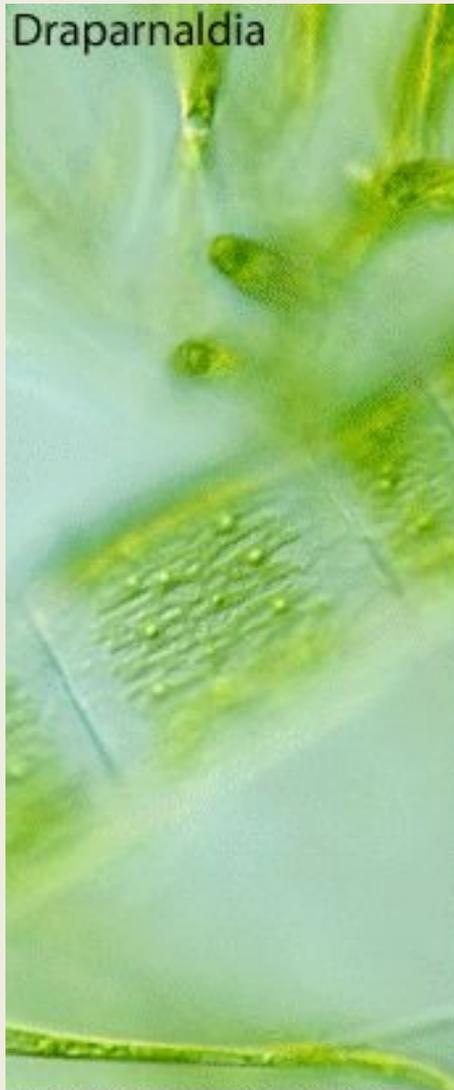
*Fritschiella tuberosa*

## Разнонитчатые талломы



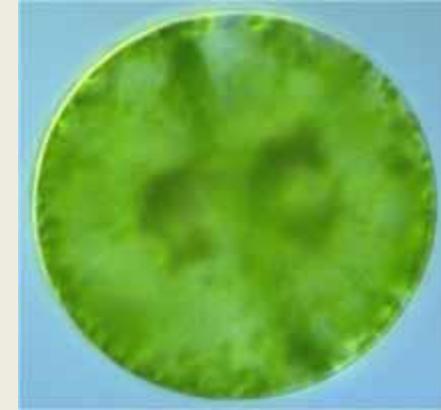
Изо-, гетеро- и оогамия

Draparnaldia



All after Entwisle et al. (1997)

# Класс требуксиевые (Trebouxiophyceae)



*Eremosphaera viridis*



*Prasiola stipitata*

Коккоидные, нитчатые и пластинчатые.

Бесполое размножение – автоспорами, деление клетки  
. Половой процесс оогамный .

# Класс ульвовые (Ulvophyceae) Порядок улотриксовые (Ulothricales)

- Талломы коккоидные, нитчатые, пластинчатые.



Бесполое размножение – автоспорами, половой процесс изогамный.

# Порядок ульвовые (Ulvales)

Таллом пластинчатый или трубчатый



Бесполое размножение – зооспорами, вегетативное - участками таллома.  
Половой процесс изогамный, и гетерогамный.

# Порядок бриопсидовые (Bryopsidales)



*Bryopsis*

Таллом сифоновый.  
Без радиальной симметрии

Бесполое размножение – почти нет.  
Половой процесс гетерогамный, реже изогамный

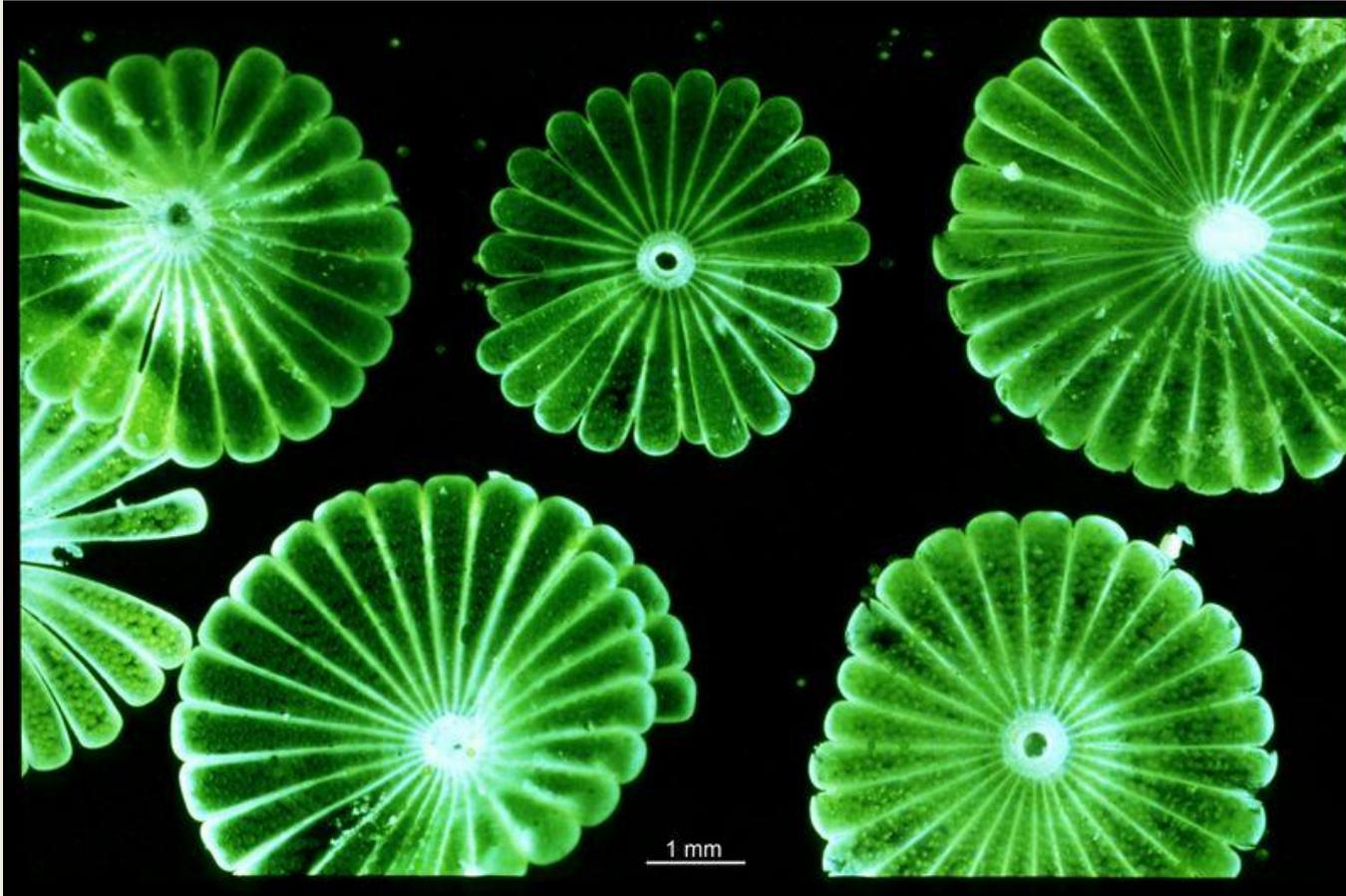


*Caulerpa*



*Codium*

# Порядок дазикладовые (Dasycladales)



Половой процесс изогамный.

Таллом сифоновый.  
С радиальной симметрией.

# Порядок сифонокладовые (Siphonocladales)



Таллом сифонокладальный

*Cladophora*



Бесполое размножение – зооспорами  
Половой процесс гетерогамный.

# Подотдел Charophytina

Класс трентеполиевые (Trentepohliophyceae)

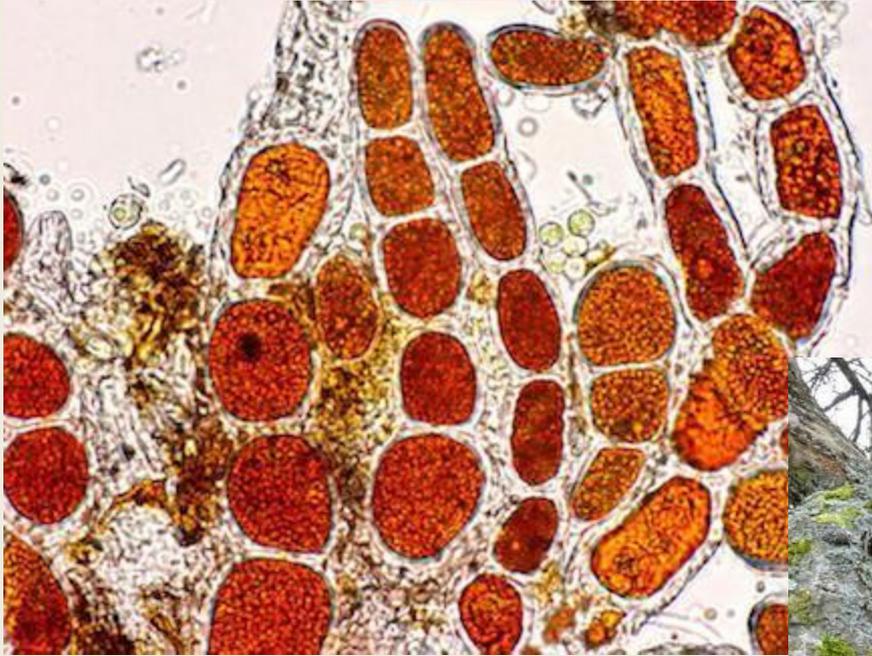
Класс клебсормидиевые  
(Klebsormidiophyceae)

Класс конъюгаты или сцеплянки  
(Zygnematorphyceae, Conjugatorphyceae)

Класс харовые (Charophyceae)

# Класс трентеполиевые (Trentepohliophyceae)

Таллом гетеротрихальный, но редуцированный

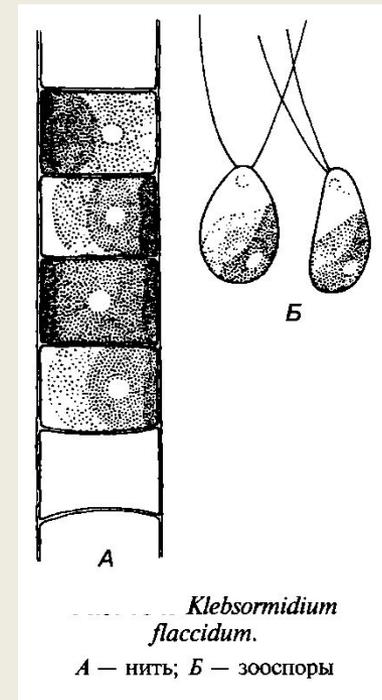


Бесполое размножение – зооспорами  
Вегетативное – основное.

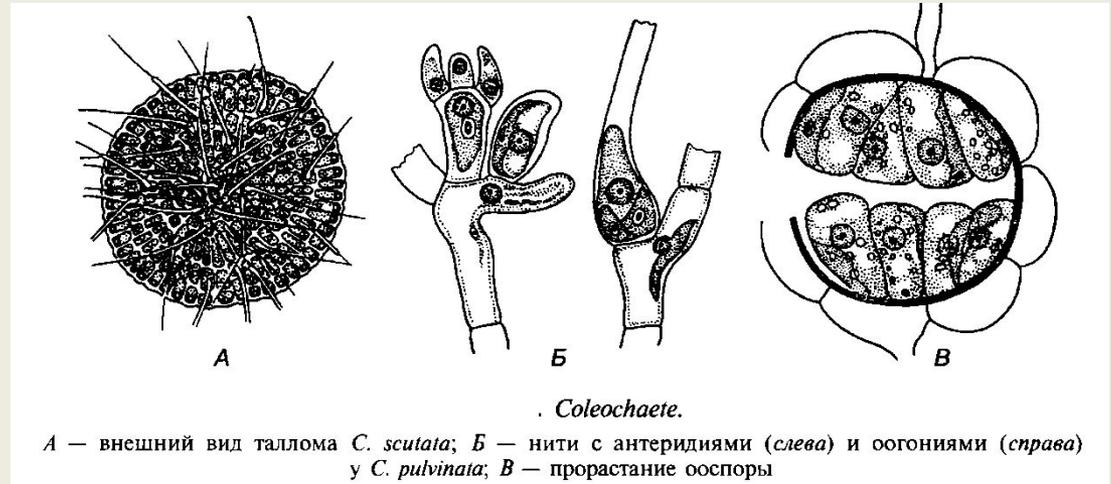
# Класс клебсормидиевые (Klebsormidiophyceae) Порядок клебсормидиевые

Кокоидные, сарциноидные и нитчатые талломы.

Бесполое размножение – зооспоры.  
Вегетативное.



# Порядок колеохетовые (Coleochaetales)



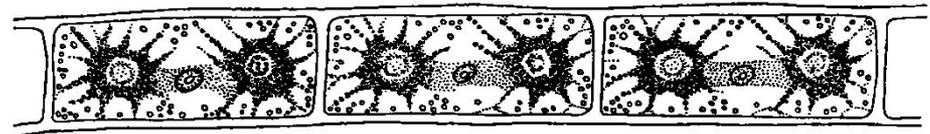
Нитчатый таллом.

Бесполое размножение — зооспоры

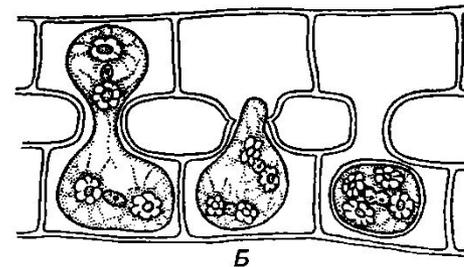
Половой процесс оогамный.

# Класс конъюгаты или сцеплянки (Zygnematorphyceae, Conjugatorphyceae) Порядок Zygnematales

Одноклеточные и нитчатые формы.



A



B

*Zygnema.*

A — строение клетки; B — конъюгация; B — прорастание зиготы

Вегетативное.

Половой процесс конъюгация.

# Порядок десмидиевые (Desmidiiales)

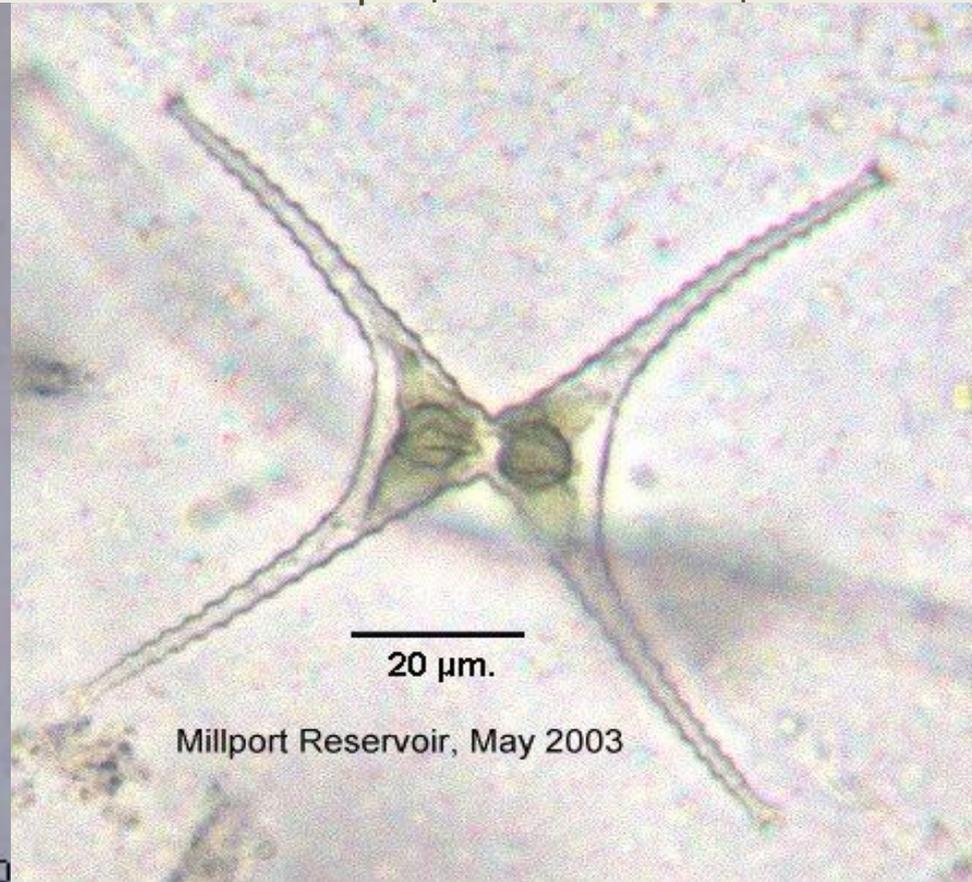
Одноклеточные и нитчатые формы.

Вегетативное.

Половой процесс конъюгация.



*Cosmarium*

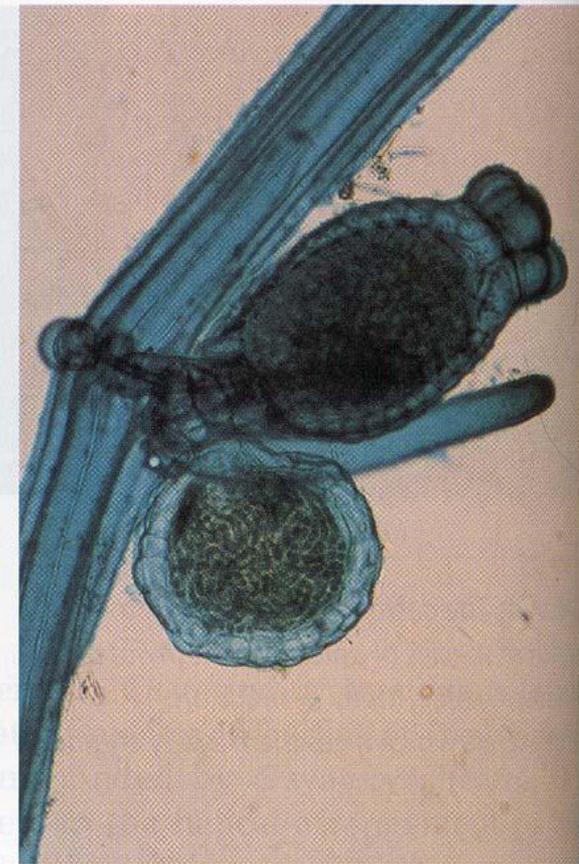


*Straurastum*

# Класс харовые (Charophyceae)



(a)



(b)

200 μm

Таллом гетеротрихальный, усложненный.

Вегетативное с помощью клубеньков, половой процесс усложненный.

# Значение зеленых водорослей в природе и жизни человека

- Первичные продуценты. Основа пищевых цепей.
- Продуценты кислорода.
- Тест-объекты.
- Выращиваются для получения биологически-активных веществ.
- Служат пищей для человека и сельскохозяйственных животных.

# Местообитания

- Моря
- Пресные воды
- На деревьях, зданиях.
- Почва