

ЛЕКЦИЯ

Альгология – наука о
водорослях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОРΟΣЛЕЙ

Составитель – Свирид А.А.

Водоросли

Водоросли – это древняя сборная группа талломных автотрофов, обитающих преимущественно в воде.

– Автотрофный тип питания осуществляется с помощью оксигенного фотосинтеза (т.е. ф-за с использованием воды в качестве донора электронов и выделением кислорода как побочного продукта). Для этой цели их клетки имеют фотосинтезирующий аппарат: хлоропласты, пигменты и ферменты.

- Способ поглощения воды и минеральных солей – осмотрофный, т.е. всасыванием всей поверхностью тела.
- Размножаются и распространяются водоросли - спорами.
- Имеют одноклеточные органы бесполого и полового размножения.

Встречаются водоросли в наземных местообитаниях, с многоклеточными органами размножения (харовые водоросли), гетеротрофным типом питания.

Понятие «водоросли» (Algae) не обозначает таксона, т.е. систематической группы организмов

- Понятие «водоросли» обозначает только то, что это фотосинтезирующие талломные организмы, живущие в воде
- Такое понятие называется морфо-эколого-трофическое (биологическое), т.к. объединяет организмы, сходные по строению тела и образу жизни, но не обязательно имеющие родственные связи.
- Оно объединяет не менее 13 отделов, самостоятельных по своему происхождению и эволюции и относимых к разным царствам и даже надцарствам, т.е., самостоятельным филогенетическим группам.
- Считают, что от зеленых водорослей произошли наземные растения.

В систематическом отношении понятие «Водоросли» объединяет от 6 до 13 самостоятельных отделов:

Прокариотические водоросли

- Отдел Синезеленые водоросли – *Cyanophyta*
- Отдел Прокариотические зеленые водоросли – *Prochlorophyta*

Эукариотические водоросли

- Отдел Эвгленовые водоросли – *Euglenophyta*
- Отдел Динофитовые водоросли – *Dinophyta*
- Отдел КRYPTOфитовые водоросли – *Cryptophyta*
- Отдел Рафидофитовые водоросли – *Raphidophyta*
- Отдел Золотистые водоросли – *Chrysophyta*
- Отдел Диатомовые водоросли – *Bacillariophyta*
- Отдел Желтозеленые водоросли – *Xanthophyta*
- Отдел Бурые водоросли – *Phaeophyta*
- Отдел Красные водоросли – *Rhodophyta*
- Отдел Зеленые водоросли – *Chlorophyta*
- Отдел Харовые водоросли – *Charophyta*

Критерии для выделения отделов:

1. Морфологические – тип таллома.
2. Биохимические: - набор пигментов,
 - - состав клеточной стенки,
 - - запасные вещества.
3. Цитологические:
 - - строение оболочки,
 - - число и строение жгутиков или их отсутствие,
 - - специфика митоза,
 - - специфика цитокинеза и др.
4. Субмикроскопические:
 - тонкая структура хлоропласта,
 - структура митохондрий и др.
5. Биологические – типы и способы размножения и циклы развития.
6. Молекулярно-генетические: последовательности нуклеотидов 18S рДНК и других молекул ДНК и РНК

Ступени морфологической дифференциации талломов

Вегетативное тело водорослей не имеет тканей и не разделено на стебель, листья и корни, а представлено *талломом*, или слоевищем. Таллом не имеет единого плана строения, в отличие от органов растений.

Размеры талломов варьируют от микроскопических (1 мкм одноклеточные) до ГИГАНТСКИХ (60 метров у макроцистиса из бурых).

Разнообразие форм талломов можно свести к нескольким типам и расположить в порядке усложнения их морфологической дифференциации.



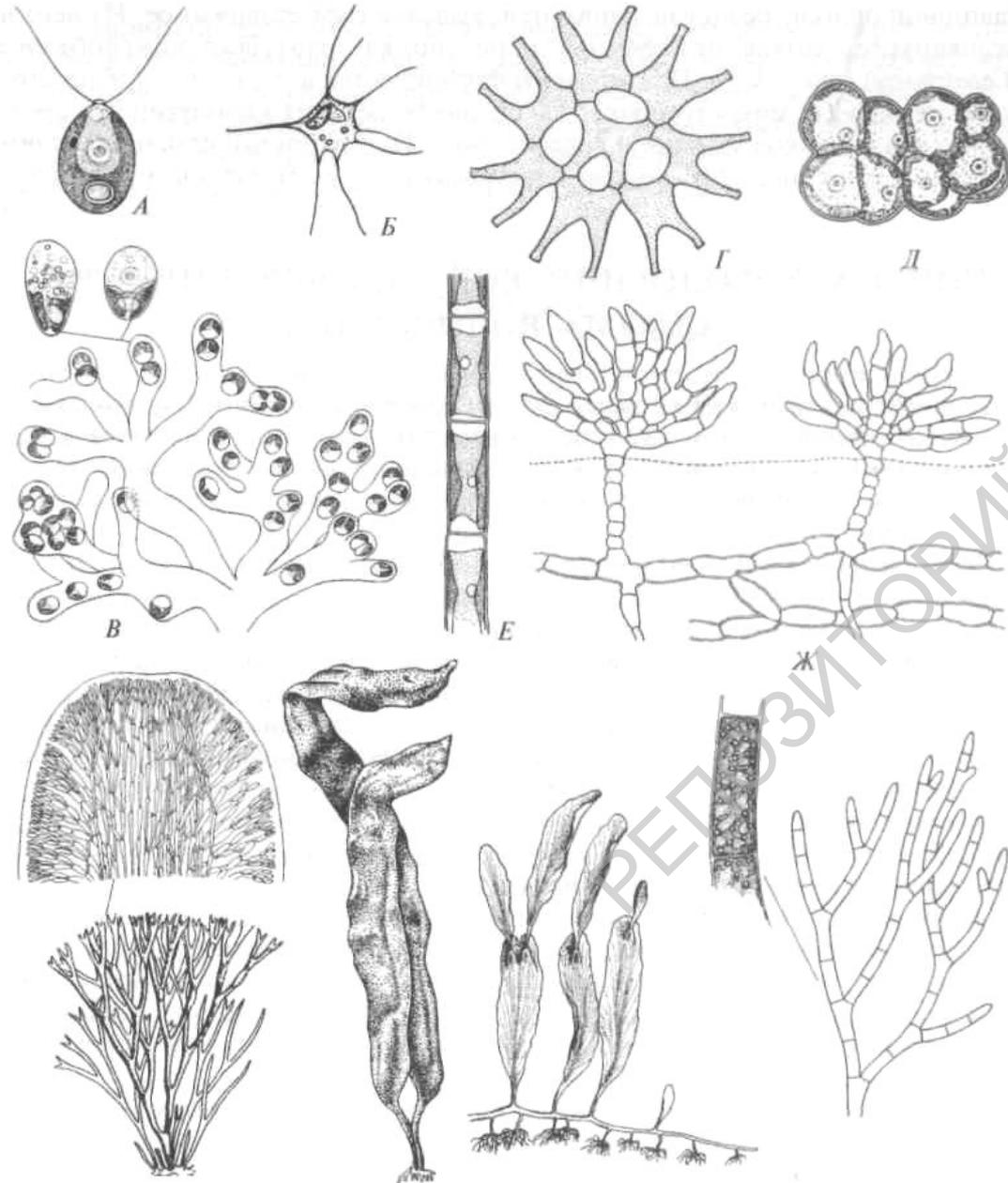
Микроскопические водоросли в период массового развития в планктоне водоема



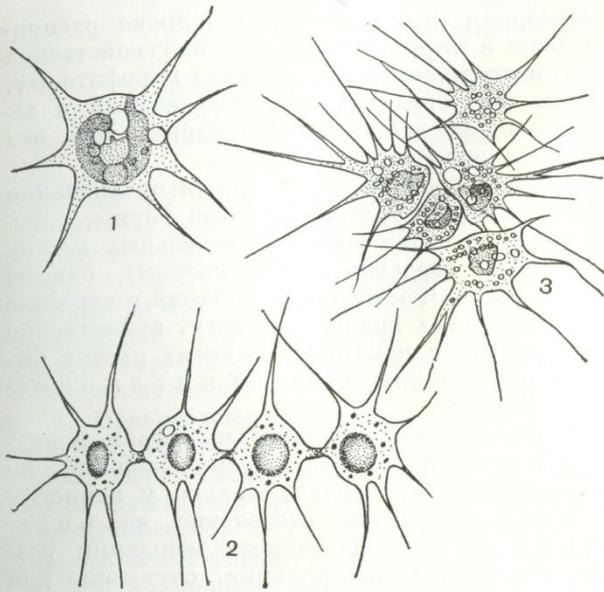
Бурые водоросли.

Типы морфологической дифференциации таллома у водорослей:

- А — монадный у *Chlamydomonas*;
Б — амебоидный у *Rhizochrysis*;
В — гемимонадный у *Hydrurus*;
Г — коккоидный у *Pediastrum*;
Д — сарциноидный у *Chlorosarcina*;
Е — нитчатый у *Ulothrix*;
Ж — разнонитчатый у *Fritschiella*;
З — ложнотканевый у *Furcellaria*;
И — тканевый у *Laminaria*;
К — сифональный у *Caulerpa*;
Л — сифонокдадальный у *Cladophoru*



Амебоидный или ризоподиальный таллом



одноклеточный, без оболочки и жгутиков. Могут образовать колонии.

Рис. 15. Амебоидная структура у золотистых водорослей:
1 — одиночные клетки Chrysamoeba; 2 — рядовое объединение клеток Chrysidiastrum; 3 — групповое объединение клеток Rhizochrysis.

- Существенные признаки: клетки не имеют клеточной плотной оболочки, покрыты только плазмалеммой и способны к амебоидному движению, образуя цитоплазматические отростки (псевдоподии или ризоподии), меняя свою форму при передвижении.
- Наблюдается данный тип структуры не часто, а в тех отделах, где имеется большое разнообразие монадных форм: **золотистые, желтозеленые, динофитовые**. Характерен для примитивных форм.

Монадный таллом

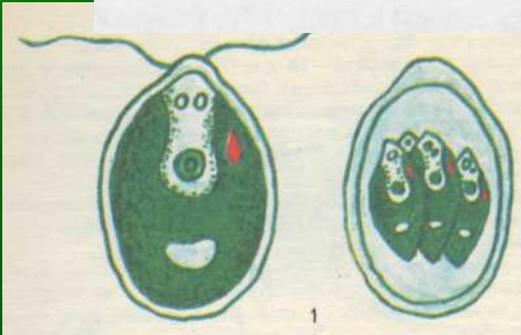
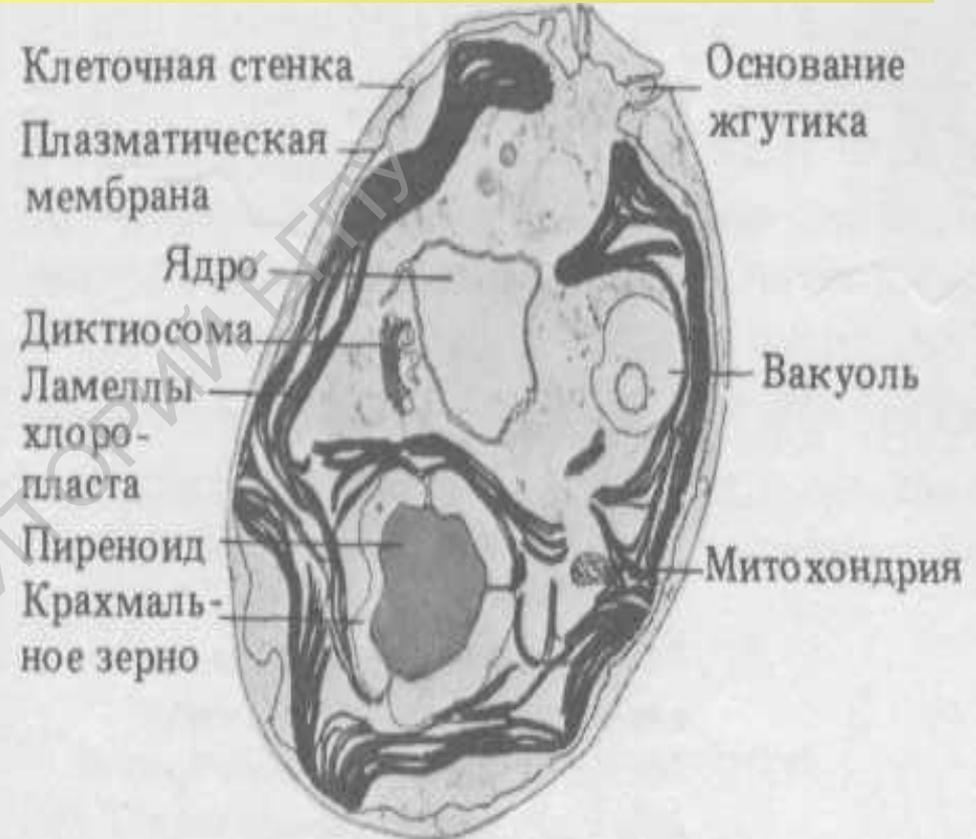
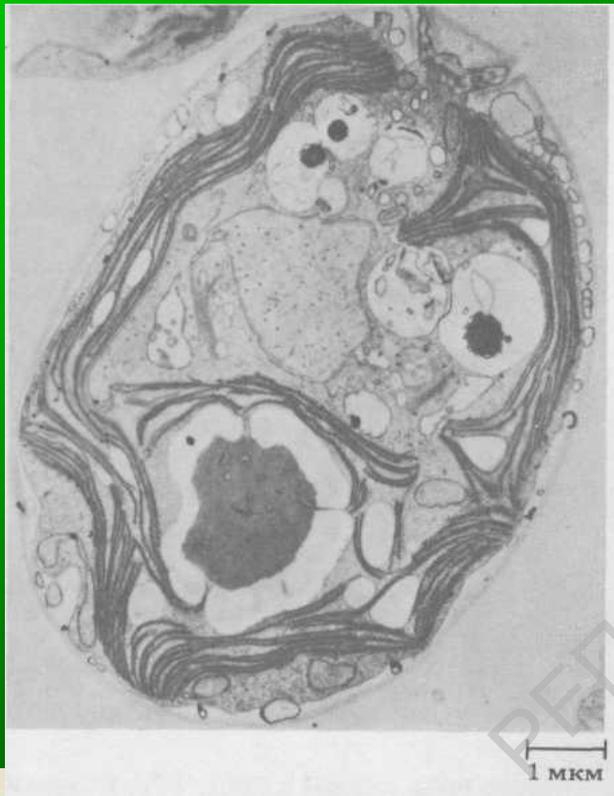
одноклеточный с одним или несколькими жгутиками. Могут образовывать колонии.



Рис. 16. Монадная структура у зеленых водорослей: 1 — одиночная клетка *Chlamydomonas*; 2 — колония *Pyrobotrys*, образованная срастанием клеток; 3 — колония *Eudorina*.

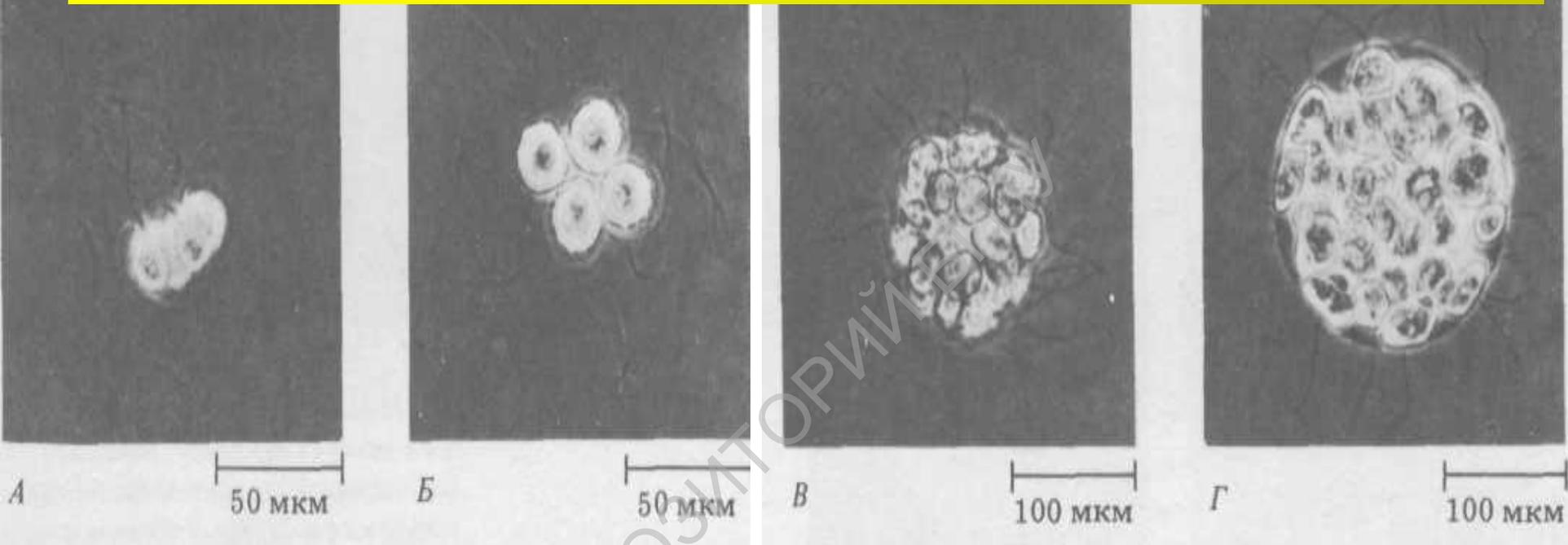
- Существенные признаки: имеются жгутики, стигма, сократительные вакуоли у пресноводных.
- Стигма – своеобразный органоид монадных форм. Она ранее считалась светочувствительной органеллой или фоторецептором. Сейчас установлено, что стигма выполняет роль ширмы или экрана, периодически затеняющей фоторецептор или рефлектора, усиливающего световой сигнал.
- Широко распространен у водорослей. Доминирует у **эвгленовых, динофитовых, криптофитовых, рафидофитовых, золотистых.** Встречается у **зеленых и желтозеленых.** У диатомовых и бурых в вегетативном состоянии отсутствует, но репродуктивные стадии (зооспоры и сперматозоиды) представлены монадными клетками. Только у красных водорослей не выявлены.
- Считается, что монадный тип структуры оказался эволюционно перспективным. На его основе развились другие, более сложные структуры, связанные с утратой подвижности в вегетативном состоянии.

Строение монадного таллома на примере *Chlamydomonas* (порядок *Chlamydomonadales*, отдел Зеленые водоросли)



Chlamydomonas — одноклеточная зеленая водоросль. Вверху слева электронная микрофотография (видны только основания жгутиков), справа — рисунок на основе микрофотографии. Внизу — рисунок клетки при СМ.

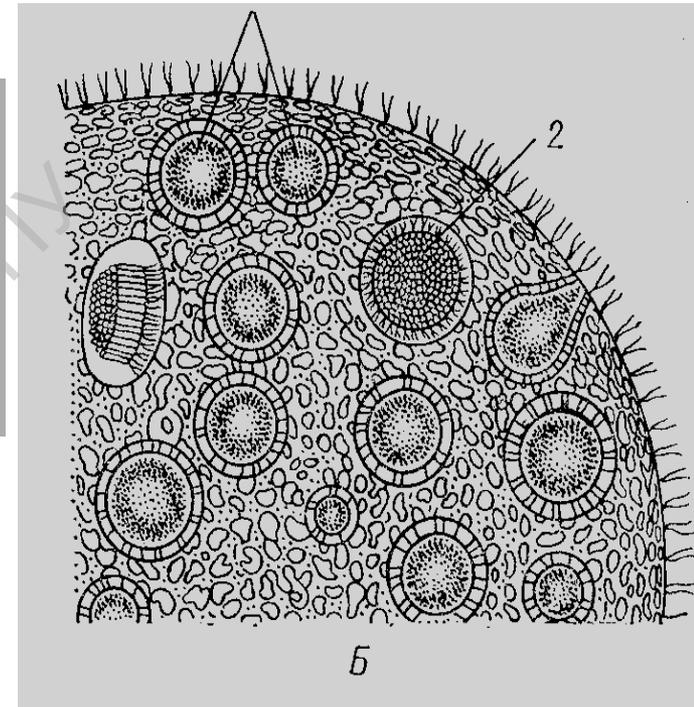
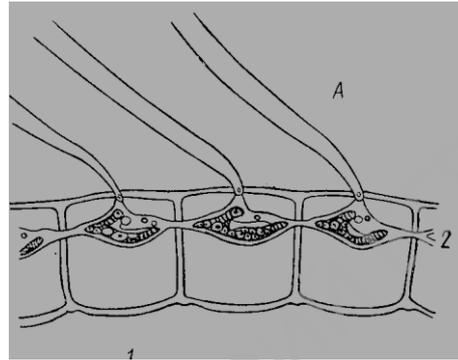
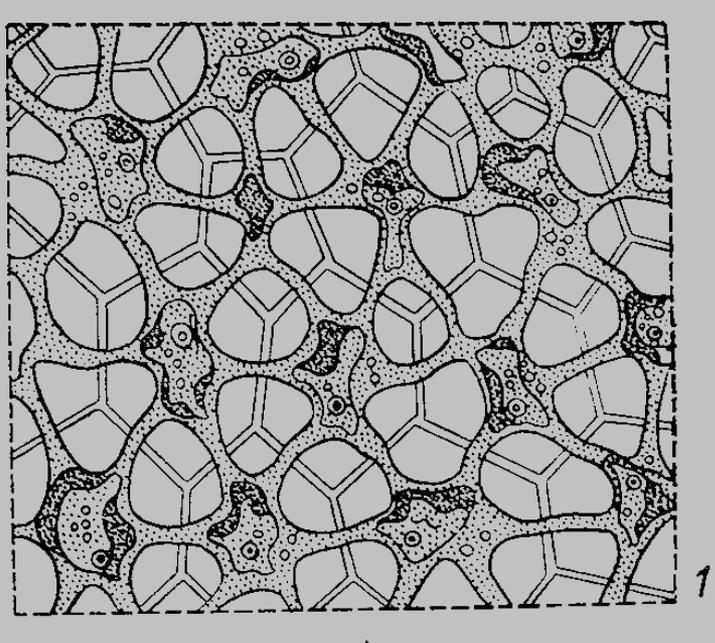
Монадный таллом колониального уровня организации на примере видов порядка Volvocales



А, Б — Gonium в двух ракурсах. В — Pandorina. Г — Eudorina

Клетки этих водорослей похожи на хламидомонаду; они соединены слизистым матриксом в многоклеточные колонии которые передвигаются за счет биения жгутиков отдельных клеток. У различных родов уровень специализации клеток неодинаков

Монадный таллом колониального уровня организации на примере видов порядка Volvocales **Volvox globator**

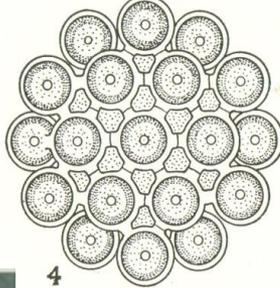
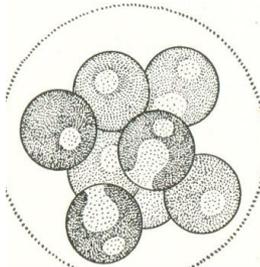
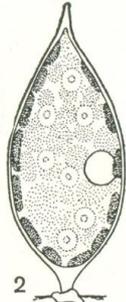
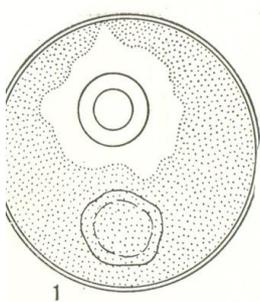


1 – строение стенки шара с поверхности (видно как удален протопласт клетки от наружного не ослизненного слоя клеточной стенки; **наружные стенки соседних клеток соприкасаются; протопласты соседних клеток соединяются плазмодесмами**, в которые даже заходят лопасти хлоропласта и поэтому с поверхности ценобии кажутся звездчатыми)

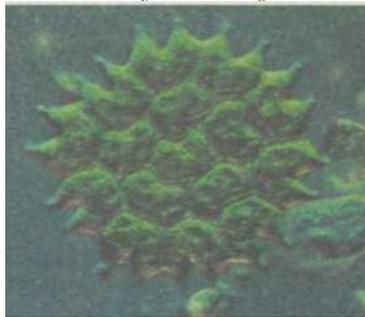
А – строение стенки шара в разрезе.

Б – фрагмент колонии с яйцеклетками (1) и сперматозоидами (2)

КОККОИДНЫЙ ТИП ТАЛЛОМА



ура у зеленых водорослей:



- Коккоидный – шаровидные или иной формы клетки с клеточной оболочкой и вакуолью с тонопластом одиночные или колониальные.

Существенные признаки: неподвижные вегетативные клетки, одетые клеточной оболочкой, и имеющие протопласт растительного типа (с тонопластом (вакуоль растительного типа) без сократительных вакуолей, стигм, жгутиков).

Широко распространен почти во всех отделах водорослей. Доминирует у протококковых, конъюгат из зеленых, диатомовых. Встречается у зеленых, золотистых, динофитовых, криптофитовых и желтозеленых. Только у рафидофитовых и эвгленовых не выявлен. У бурых не встречен.

Pediastrum – ценобиальный организм

В эволюционном плане коккоидную структуру рассматривают как исходную ступень для возникновения многоклеточных слоевищ, а также сифонального и сифонокладального типа структуры.

пальмеллоидный тип таллома

Состоит из нескольких клеток,
Существенные признаки:
неподвижные клетки погружены в
общую слизистую массу, но в них
имеются органеллы, характерные
монадным организмам: жгутики или их
производные псевдоцилии, стигма,
сократительные вакуоли. **Hydrurus** из
золотистых

Распространен у **золотистых** и **некоторых**
зеленых водорослей. У хламидомонады такое
состояние временно, наступает при высыхании
водоема и называется **пальмеллоидным**
состоянием.

Рассматривают как важный этап на пути
морфологической эволюции водорослей в
направлении от подвижных монадных к типично
растительным неподвижным формам, как
крупный ароморфоз, определивший дальнейший
путь развития всего растительного мира.

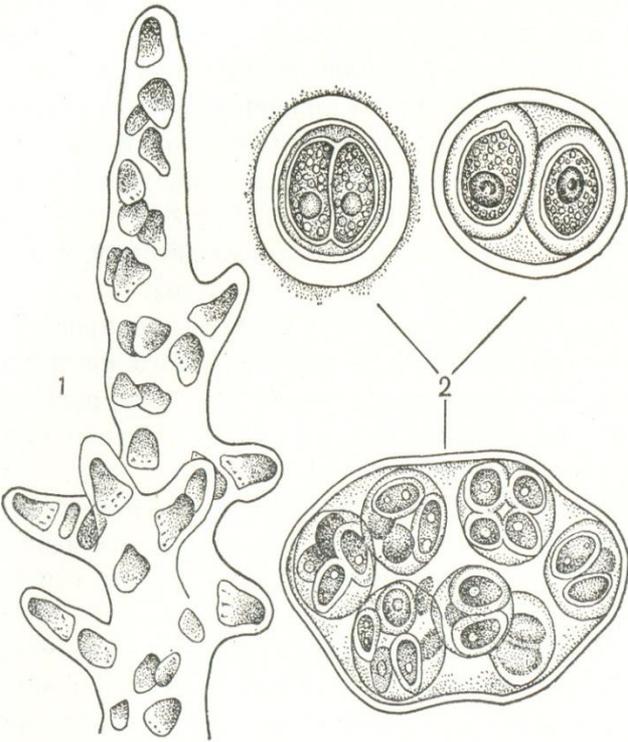
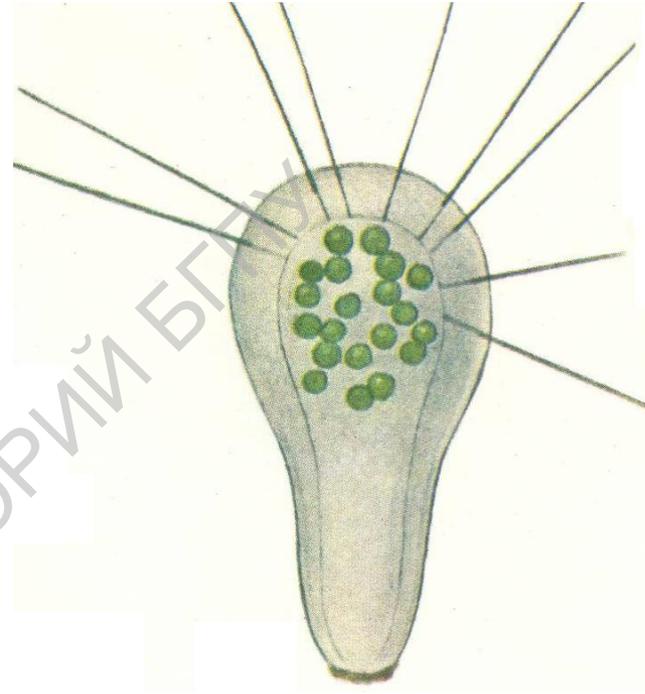
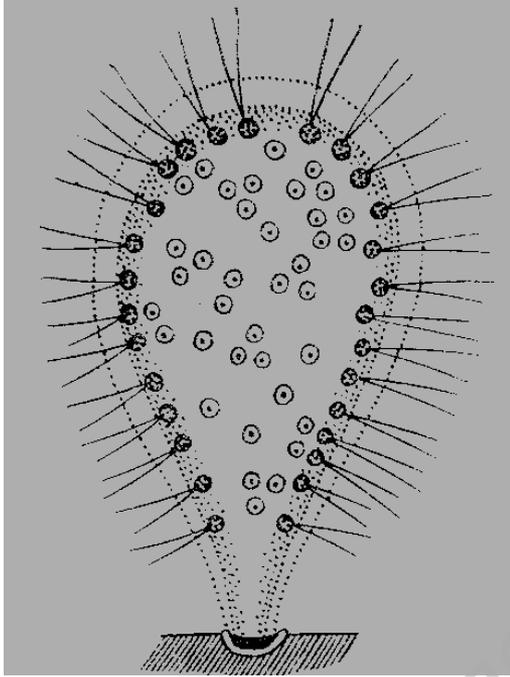


Рис. 18. Пальмеллоидная структура и пальмеллеидное состояние:

1 — пальмеллоидная структура у золотистой водоросли *Hydrurus* (часть таллома); 2 — пальмеллеидное состояние у зеленой водоросли *Chlamydomonas*.

порядок Tetrasporales



Ариосистис – общий вид колонии

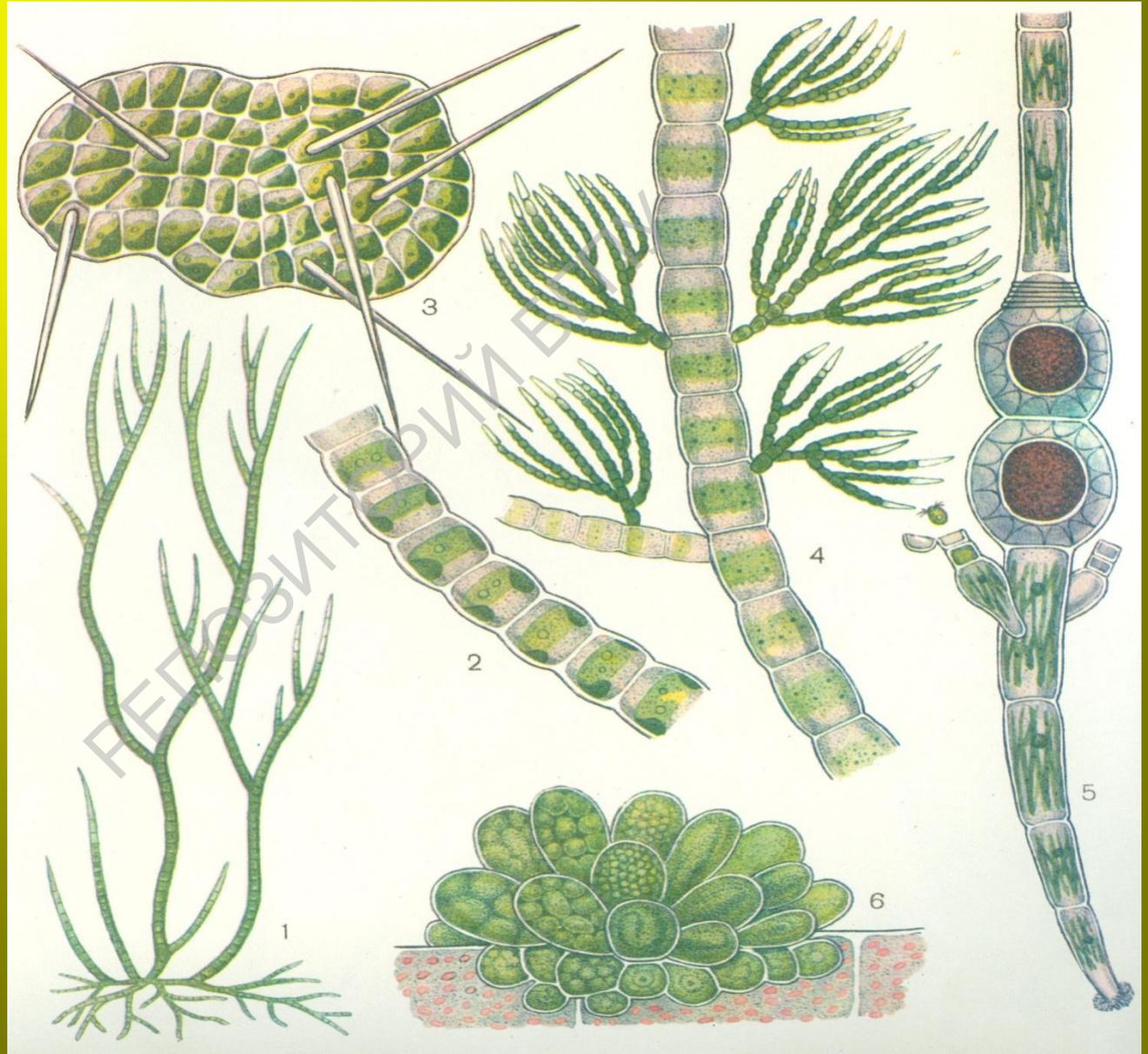
(колонии грушевидные, слизистые. Прикреплены к другим водорослям. В слизи находятся клетки, похожие на хламидомонаду, но несут обычно по 2 неподвижных жгутикоподобных отростка – псевдоцилии (базальные тельца почти идентичны, а свободная часть не несет центральных микротрубочек). Каждая клетка колонии может превратиться в зооспору с настоящими жгутиками). Представляют эволюционный интерес

НИТЧАТЫЙ ТИП СТРУКТУРЫ

- Существенные признаки: клетки соединены в нити, простые или разветвленные, клетки делятся в поперечном направлении (преимущественно в одной плоскости).
Клетки, составляющие нить, имеют полярное строение, способны расти лишь в одном направлении, совпадающем с осью ядерного веретена.
- Представлен в отделах **зеленых, золотистых, желтозеленых, красных.**
- Им присуще важнейшее свойство растительных организмов – способность к неограниченному росту в течение вегетативной фазы жизненного цикла и возможность возникновения многоклеточных макроскопических слоевищ.
- В эволюционном плане возникновение нитчатой структуры считают качественно новым этапом в развитии растительного мира, на котором сформировался ряд важных свойств многоклеточных растений, он послужил отправным пунктом для развития других, более сложных типов структуры.

Нитчатая и разноритчатый тип талломы

1. Стигеоклониум
(разноритчатая)
2. Улотрикс
(нитчатая)
3. Колеохете
(разноритчатая)
4. Драпарнальдия
(разноритчатая)
5. Эдогониум
(разноритчатая)
6. Прингсхемиелла



разнонитчатый тип структуры

- Существенные признаки: слоевище состоит большей частью из горизонтальных, стелящихся по субстрату нитей, выполняющих функцию прикрепления, и вертикальных нитей, поднимающихся над субстратом и выполняющих ассимиляционную функцию. Обычно на вертикальных нитях формируются органы размножения.
- Наблюдается у многих **зеленых, бурых, красных, некоторых золотистых и желтозеленых водорослей.**
- Иногда одна из частей может редуцироваться, а другая чрезмерно развиваться. (представители порядка улотриксовые).
- В эволюционном плане возник на базе нитчатой структуры в ходе ее функционально-морфологической дифференциации для выполнения различных функций: прикрепительной, опорной, ассимиляционной, воспроизводящей.
- Рассматривается как арогенез в морфологической эволюции водорослей, обусловивший появление новых крупных таксонов, завоевание ими новых экологических ниш и послуживший отправным пунктом для развития паренхиматозного и псевдопаренхиматозного типов структуры.

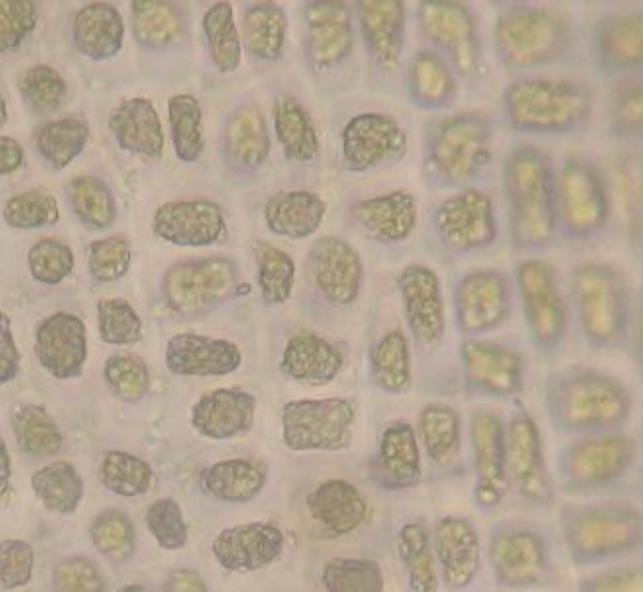
Харофитный тип структуры рассматривается как разновидность разноритчатого

Существенные признаки: таллом расчленен на «стебель» с узлами и междоузлиями, «листья» и ризоиды



От узлов могут отрастать также дополнительные нити, образующие коровое покрытие междоузлий. Функцию прикрепления к субстрату выполняют ризоиды.

- Наблюдается у многих **харовых** водорослей.
- Некоторые ученые не выделяют отдельно этот тип структуры, а рассматривают его в составе разноритчатой структуры как видоизмененное разноритчатое строение.
- В эволюционном отношении является тупиковой.



Пластинчатый тип структуры

Существенные признаки: таллом в виде паренхиматозных пластинок, которые образовались в результате деления клеток первичной нити не только в поперечной плоскости, но и в разных плоскостях.

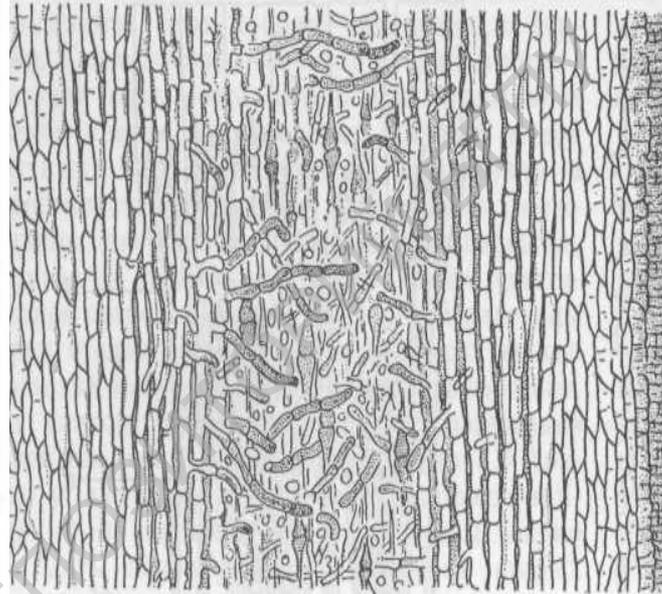
- Н.П. Масюк называет его **паренхиматозный** (тканевой) тип структуры. Представлен у **зеленых, бурых, красных** водорослей.
- Способность к неограниченному росту и делению клеток в разных плоскостях привела к образованию объемных крупных слоевищ с морфофункциональной дифференциацией клеток в зависимости от положения в слоевище, т.е к возникновению тканей.
- В пределах паренхиматозного типа структуры наблюдается постепенное усложнение слоевищ от простых недифференцированных пластинок с диффузным ростом (порфира, ульва) до сложно дифференцированных слоевищ с тканями, выполняющими ассимиляционную, проводящую, запасную, опорную функции и примитивными многоклеточными органами (лиминария, фукус).
- Паренхиматозный тип структуры рассматривают как наивысшую ступень в морфологической дифференциации тела водорослей.

Внешний вид пластинчатого таллома



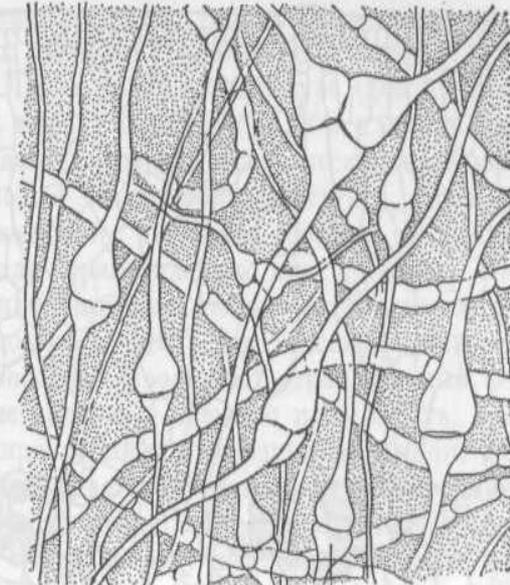
«Морской салат» *Ulva* (**Порядок Ulvales**) — широко распространенный вид, растущий по камням, сваям и сходным субстратам на морском мелководье всего земного шара

Паренхиматозный тип таллома



1

a



2

a

Laminaria.

Продольный разрез молодого слоевища:

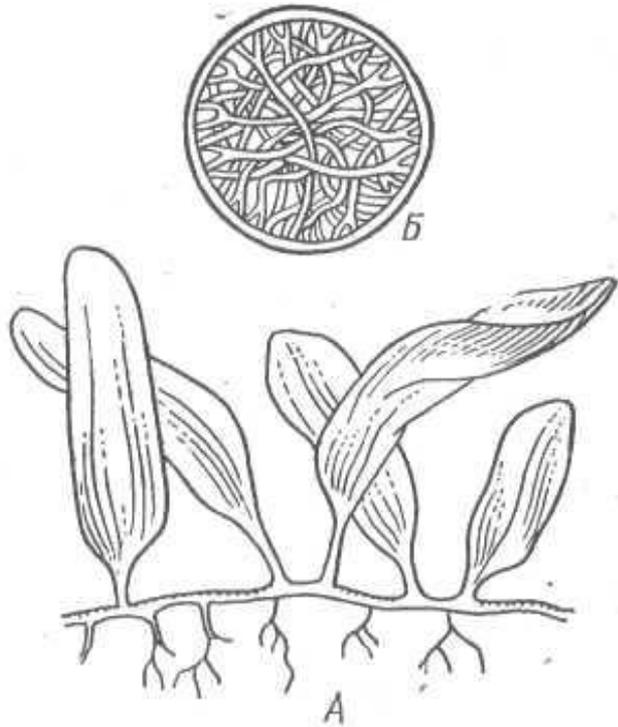
1 — при малом увеличении;

2 — при большом увеличении: о — трубчатые нити.

сифональный (неклеточный) тип структуры

- Существенные признаки: отсутствие внутри таллома (слоевища) клеточных перегородок при наличии большого количества ядер и органелл. При этом таллом простой нитевидный или сложно дифференцирован, сравнительно крупный, обычно макроскопических размеров.
- Представлен у некоторых **зеленых** и **желтозеленых** водорослей.
- Перегородки в слоевище могут появляться лишь случайно, при его повреждении или при образовании репродуктивных органов. Способ их образования несколько иной, чем при формировании клеточных стенок в многоклеточных растениях.

Сифональный таллом

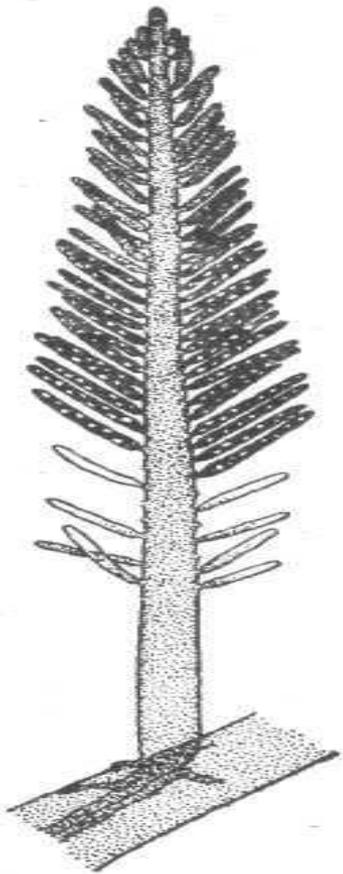


Caulerpa.
А — внешний вид таллома;
Б — разрез таллома с
балками

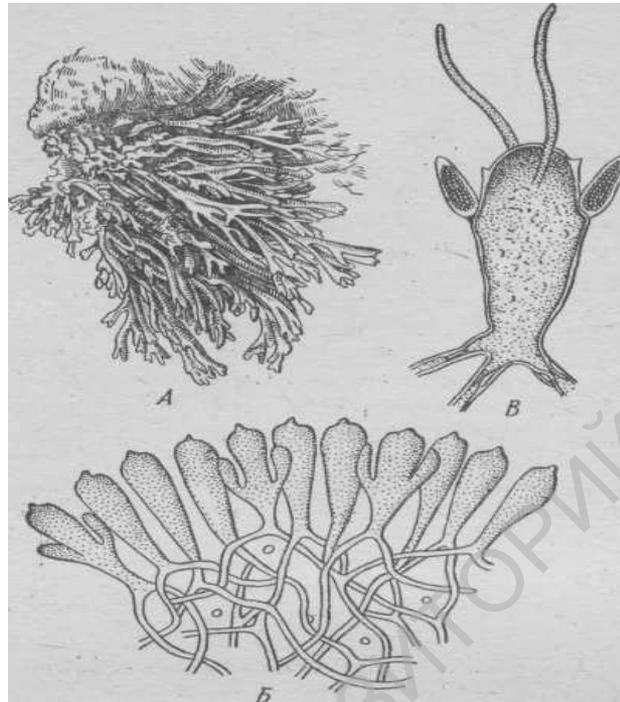


Vaucheria

Порядок Siphonales

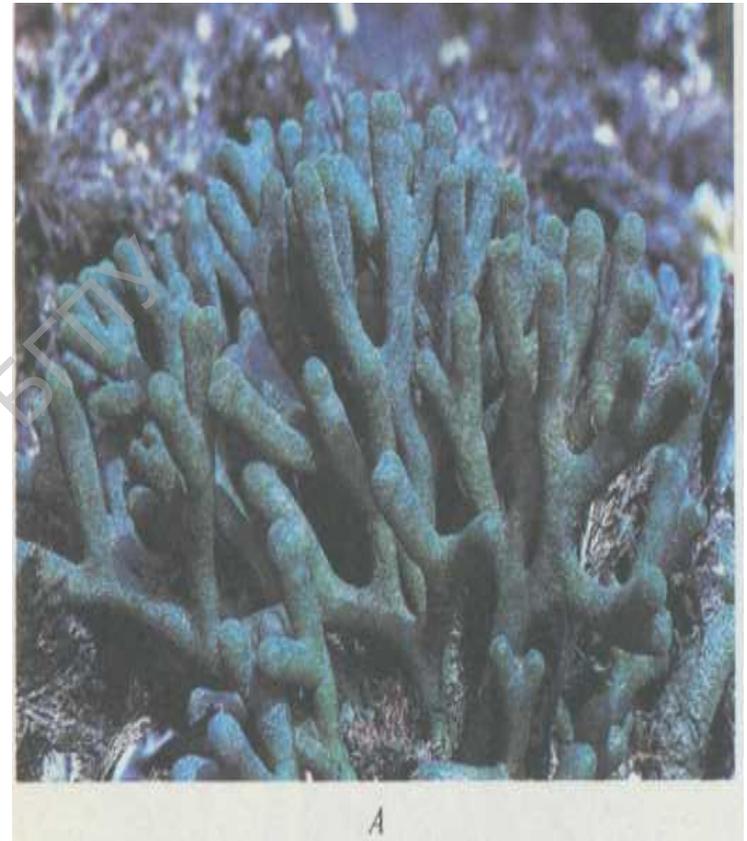


Gracilaria.
Общий вид
таллома



Codium tomentosum.

А — внешний вид таллома;
Б — часть поперечного
разреза таллома,
В — кортикальный пузырь
с гаметангиями



А. Один из видов
Codium, обильный вдоль
атлантического
побережья. (фото)

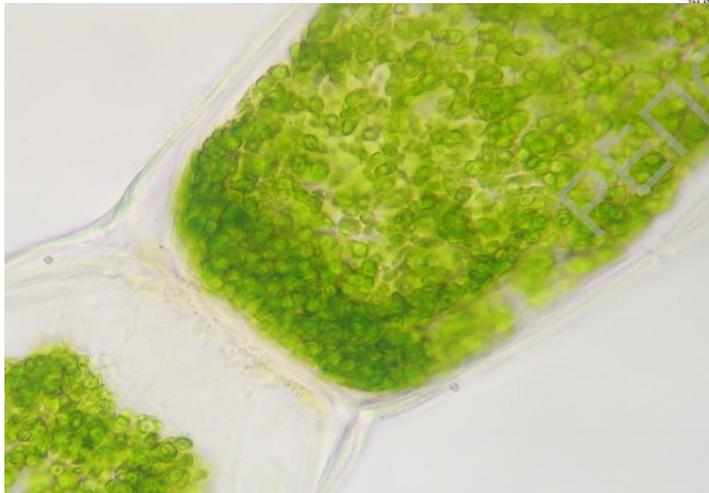
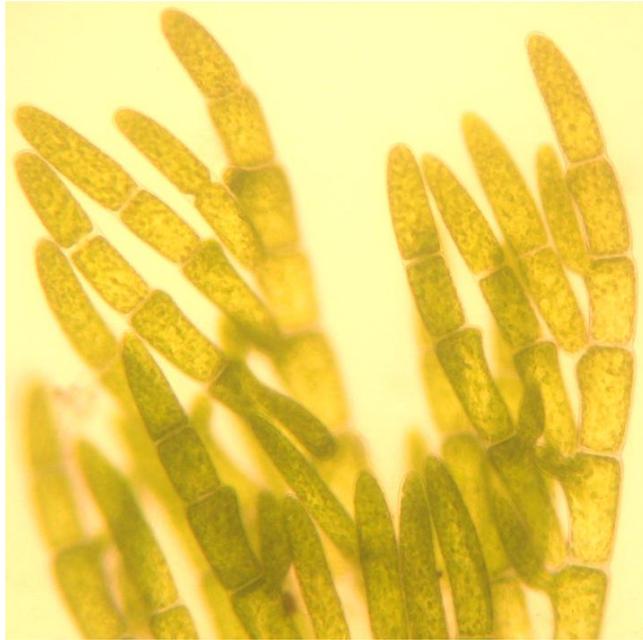


ЗОНТИКОВИДНЫЕ ТАЛЛОМЫ зеленой водоросли ацетабулярии средиземноморской. Этот род широко используется в генетических исследованиях. IGDA/P. Donnini

сифонокладальный тип структуры

- Существенные признаки: способность к образованию из первичного неклеточного слоевища в результате сегрегативного деления сложно устроенных слоевищ, состоящих из первично многоядерных сегментов.
- Представлен лишь у некоторых **зеленых** водорослей.
- Характерная особенность сегрегативного деления – это разобщенность во времени процессов митоза и цитокинеза.

Порядок Siphonocladales



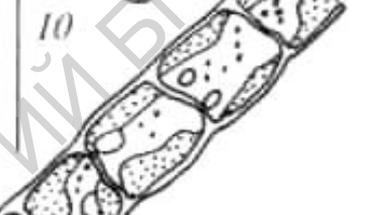
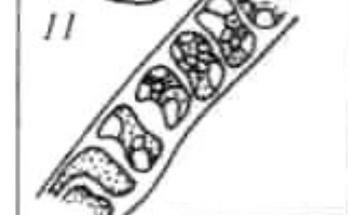
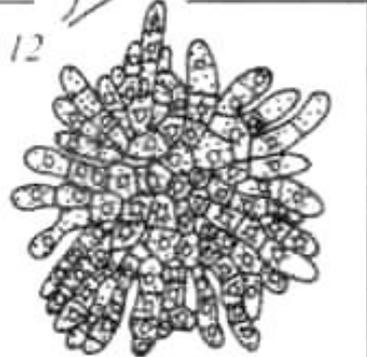
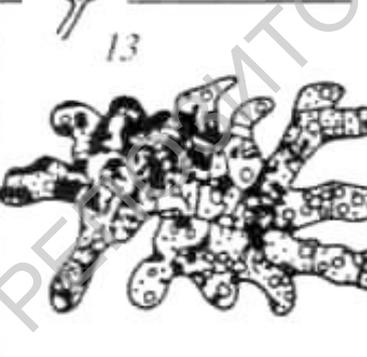
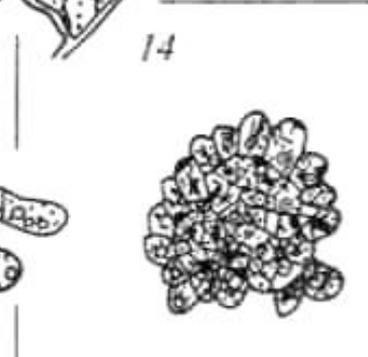
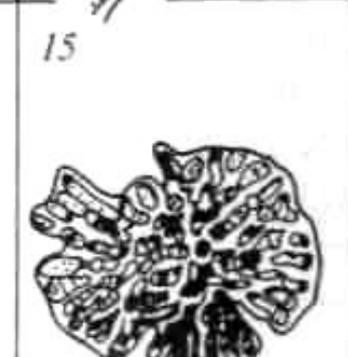
Cladophora.
А — часть нити с зооспорангиями (темные клетки);
Б — ооспорангии;
В — многоядерная клетка:
П — пиреноиды,
я — ядра,
х — хлоропласт

Строение таллома отражает уровень
организации водорослей. Таллом
может быть

одноклеточным,
колониальным и
многоклеточным.

Морфологический параллелизм

- Идея параллельного развития водорослей принадлежит А. Пашеру, в дальнейшем ее развили Ф.Е. Фритч, М.М. Голлербах, В.И. Полянский, А.В. Топачевский и др.
- Суть идеи: различно окрашенные водоросли, берущие начало от разных предков, в своем эволюционном развитии проходили сходные этапы – ступени морфологической дифференциации слоевища.

Форма таллома	Окраска таллома			
	зеленая	желто-зеленая	золотистая	красная
Монильная	1 	2 	3 	
Кокковидная	4 	5 	6 	7 
Нитчатая	8 	9 	10 	11 
Пластинчатая	12 	13 	14 	15 

Параллельные ряды морфологической организации в разных отделах водорослей:
 / — *Chlamydomonas*; 2 — *Chlorocardion*; 3 — ***Chmmulina***; 4 — *Chlorella*; 5 — *Botrydiopsis*; 6 — *Erychrysis*; 7 — *Porphyridium*; 8 — *Micmospora*; 9 — *Tribonema*; 10 — *Nematochrysis*; 11 — *Bangia*; 12 — *Stigeoclonium*; 13 — *Heteropedia*; 14 — *Phaeodermatium*; 15 — *Erythrocladia* (Ю.Т.Дьяков. 2000)

Предполагают, что возникновение множественных параллелизмов могло быть обусловлено,

- с одной стороны, общностью первичных исходных форм,
- с другой – влиянием сходных экологических условий, в которых развивались водоросли.