

**ЛЕКЦИЯ 4.  
ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛА  
НЕТЕРОКОНТОРНУТА.**

# ОТДЕЛ НЕТЕРОКОНТОРНОУТА

От греческого *Hetero* – разный, *konto* - жгутик



# Классификация отдела Heterokontophyta

## Классы:

### **Chrysophyceae**

Parmophyceae (включает часть порядков  
Chrysophyceae)

Sarcinochrysidophyceae

### **Xanthophyceae**

Eustigmatophyceae

### **Bacillariophyceae**

Raphidophyceae

Dictyochophyceae

### **Phaeophyceae**

# Отдел Heterokontophyta

1. Клеточные стенки разнообразные, часто включают **кремний**.
2. Два жгутика с трехчастными **мастигонемами**.
3. Запасное вещество **хризоламиарин**.

**4. Хлоропласт окружен двойной мембраной, и двумя слоями хлоропластной эндоплазматической сети, объединяющие хлоропласт и ядро**

**5. Тилакоиды сгруппированы в группы по три.**

**6. Пигменты: хлорофилл а и хлорофилл с,  $\alpha$ - $\gamma$ - $\beta$ -каротин, ксантофиллы (фукоксантин и ваушериаксантин).**

# КЛАСС *CHRYSOPHYCEAE*

От греческого *chryso* – золотой

Насчитывает до 800 видов.



*Dinobryon sp.*

# КЛАСС *CHRYSOPHYCEAE*

1. Одноклеточные, колониальные или многоклеточные организмы.

2. Большинство золотистых представлен **монадной формой**. Часто встречаются одно- или двужгутиковые формы со жгутиками разной длины. **У тех видов, которые имеют 2 жгутика: длинный называется главным, более короткий – боковым**. Если жгутик один (*Chromulina*), то он имеет перистое строение (**мастигонемы**). Если жгутиков 2 (*Ochromonas*) один из них перистый с мастигонемами, другой бичевидный.

## КЛАСС *CHRYSOPHYCEAE*

3. Клетки в большинстве случаев **лишены клеточной оболочки**, иногда покрыты лишь плазмалеммой, а часто мелкими **кремнеземными чешуйками**, нередко срастающимися в **панцирь**, реже выделяют **домики**.

Домики бывают разными. Стенки домиков состоят из **клетчатки**, пропитанной **углекислой известью и солями железа** (коричневые), иногда могут быть пропитаны **кремнием**. У некоторых видов имеется целлюлозная, или целлюлозно-пектиновая оболочка.

4. У некоторых видов есть особые стрекательные структуры - **дискоболоцисты**, выполняющие защитную функцию .





20 μm

*Dinobryon divergens*

Jason Oyadomari

*Mallomonas caudata*



20  $\mu\text{m}$

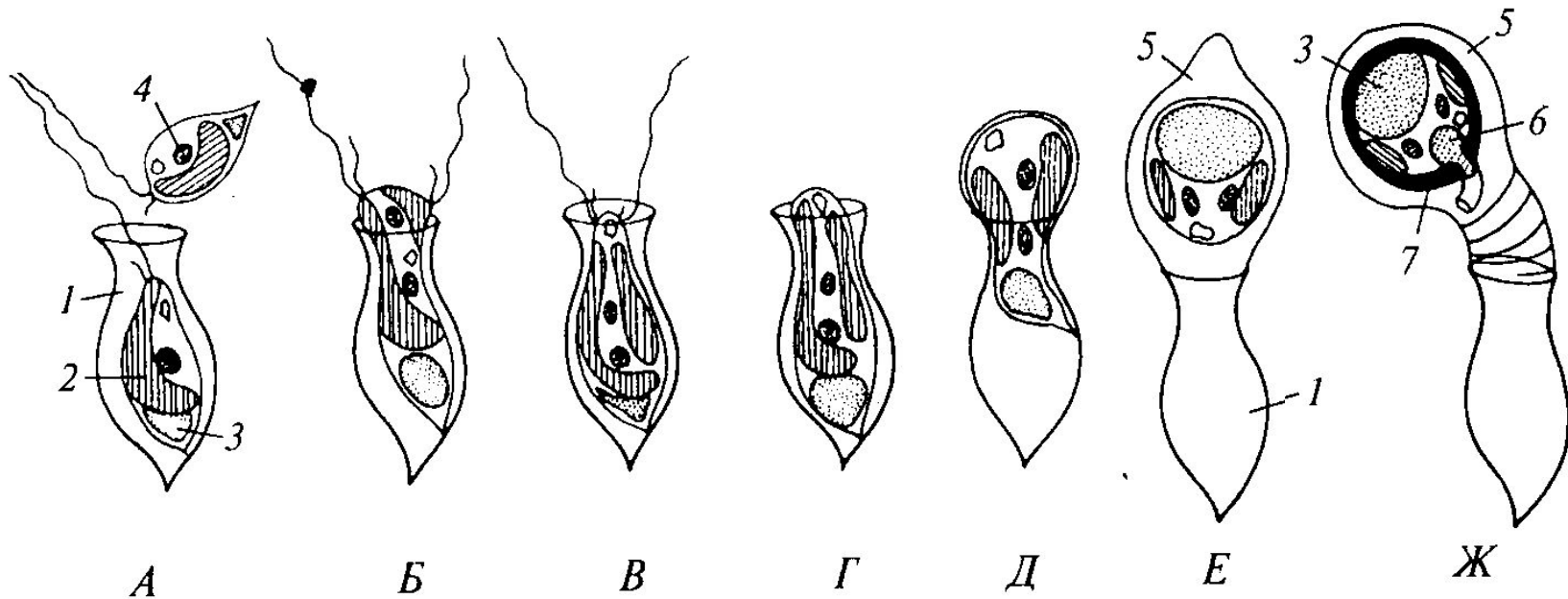
Jason Oyadomari

## КЛАСС *CHRYSOPLHYCEAE*

5. Хлоропластов в клетке может быть от 1 до 8. Они покрыты **4 мембранами**, имеют **трехтилакоидные ламеллы**; у некоторых видов **есть опоясывающая ламелла**; в хлоропластах находятся **пиреноиды** (обычно голые).
6. Пигменты: **хл а и хл с**; ксантофиллы, с преобладанием **фукоксантина** и  $\beta$ -каротина.
7. **Стигма** или глазок является частью хлоропласта, расположена на его переднем крае, непосредственно под боковым жгутиком, несущим фоторецептор.
8. Запасное вещество – **хризоламинарин**.

9. Бесполое и половое размножение. Бесполое размножение может быть вегетативным, осуществляемое с помощью специализированных **клеток-амебоидов** (у видов, имеющих домики); **зооспор и апланоспор**. Вегетативное деление характерно для одноклеточных форм.

10. Половой процесс редок и представлен в виде **гологамии** (*Dinobryon*) (слияние 2 целых подвижных, лишенных клеточных оболочек вегетативных клеток), **изогамии и автогамии** (то есть сначала идет мейоз, образуется 4 клетки, 2 разрушаются, а оставшиеся 2 сливаются, образуя зиготу, которая без периода покоя, вырастает и превращается в цисту).



**Половое размножение *Dinobryon cylindricum*):**

***A* - контакт гамет; *Б* - плазмогамия; *В* - двухядерная зигота; *Г* - начало образования цисты (исчезли жгутики); *Д*- выделение инцистирующего пузырька и выход из домика; *Е*- незрелая статоциста перед отложением кремнезема; *Ж* - зрелая гипнозигота с окремнелой стенкой цисты и порой, закрытой пробкой; 1- домик; 2 - хлоропласт; 3 - вакуоль с хризоламиарином; 4 - ядро; 5 - инцистирующийся пузырек; 6 - пробка; 7- стенка цисты**

КЛАСС *XANTHOPHYCEAE*



40  $\mu\text{m}$

*Vaucheria*

Jason Oyadomari

## КЛАСС *XANTHOPHYCEAE*

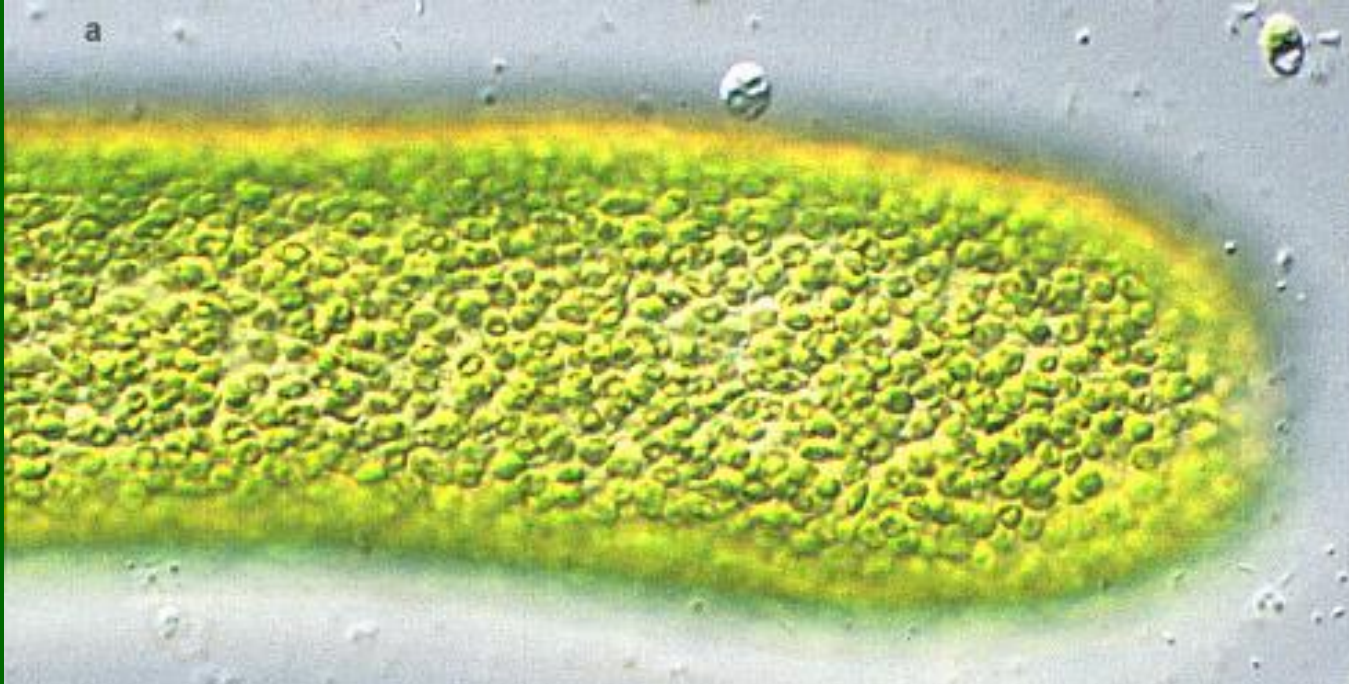
1. Объединяет около 600 видов в основном микроскопических размеров, хотя встречаются и макроскопические водоросли, имеющие желто-зеленую, светло- или темно-желтозеленую окраску, редко встречаются зеленого цвета и бесцветные, размеры от 0,5-1,5 мкм до нескольких сантиметров (*Tribonema*).

2. Наиболее характерным является **коккоидный** тип организации таллома, реже **монадный** и **ризоподиальный**, **нитчатый**, **пластинчатый**, **сифональный**.

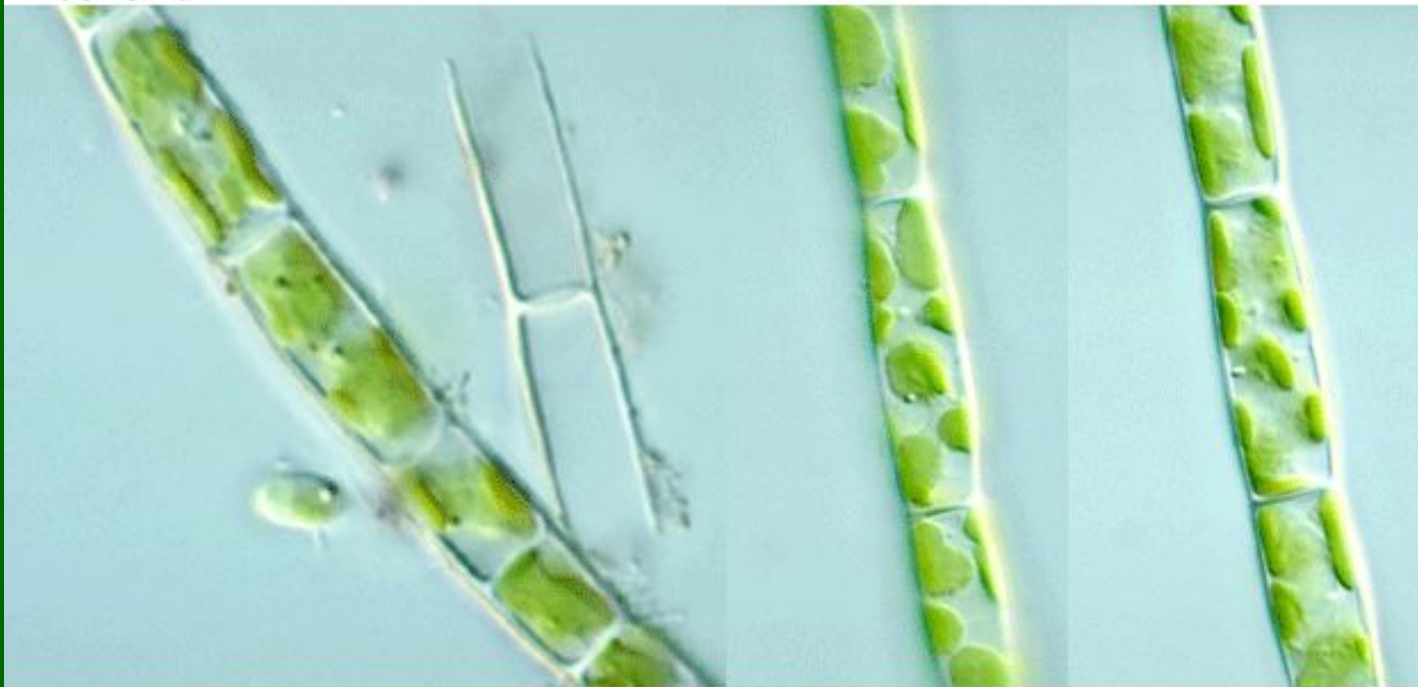
## КЛАСС ХАНТНОРНУСЕАЕ

3. Монады с **2 жгутиками**: длинный с двумя рядами **мастигоном**, короткий гладкий.
4. В состав клеточной стенки входят **целлюлоза и пектиновые вещества**. Клеточная стенка может быть цельной или состоять из **двух половинок**.
5. Запасное вещество – **липиды**, иногда в вакуолях присутствует **хризаламинарин**.





Tribonema



All after Entwisle et al. (1997)

## КЛАСС *XANTHOPHYCEAE*

6. Хлоропласт типичный для отдела *Heterokontophyta*.

7. Пигменты **хл а** и **хл с** и  $\beta$ -  $\epsilon$ - каротины. Из ксантофиллов преобладает **ваушериаксантин**, фукоксантин - отсутствует

8. **Стигма** расположена в хлоропласте .



*Ophiocytium*

# КЛАСС ХАНТОРФУСЕАЕ

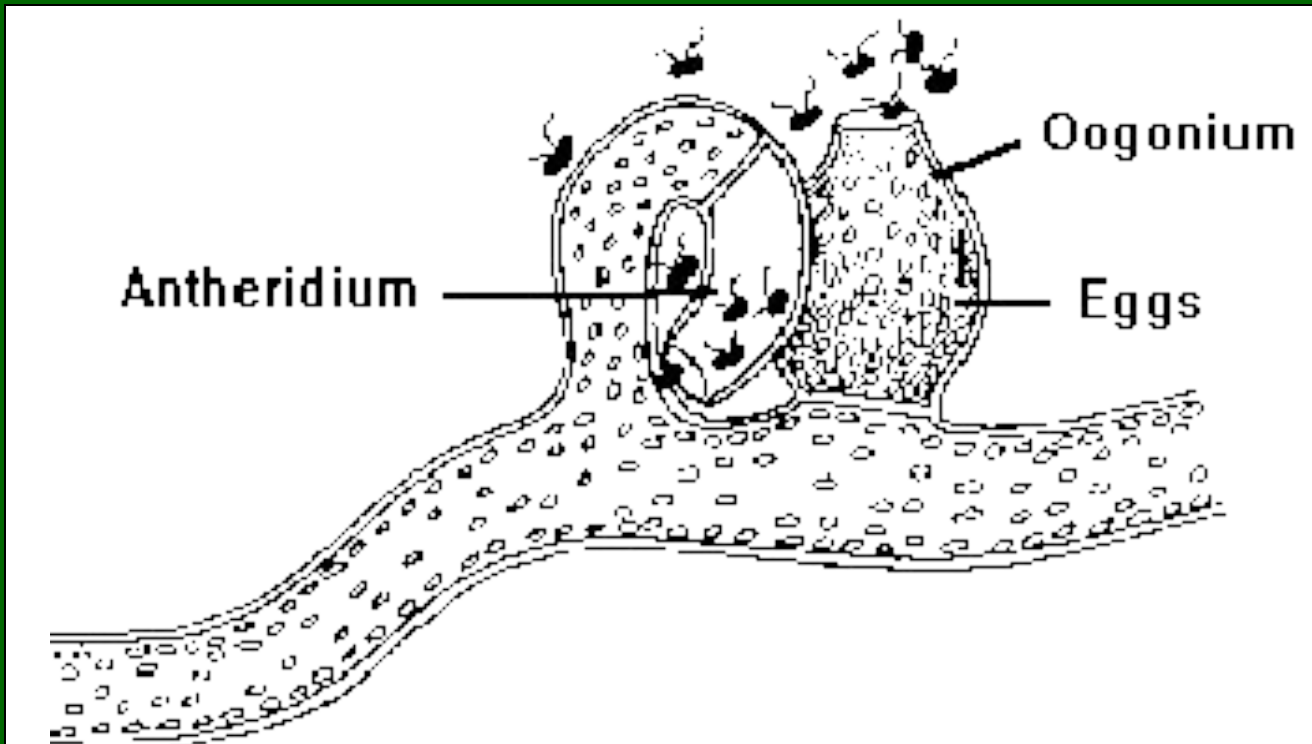
## 9. Размножение – вегетативное, бесполое, половое.

**Вегетативное** размножение одноклеточных - делением клеток **надвое** (*Rizochloris*). У колониальных и многоклеточных водорослей - **фрагментаций таллома** или **отчленением отдельных конечных клеток таллома** (*Heteropedia*). У вошерии- **выводковые почки**.

**Бесполое** размножение происходит с помощью **специализированных клеток: амебоидов, зооспор, синзооспор, гемизооспор и гемиавтоспор, автоспор и синавтоспор, апланоспор и синапланоспор, гинноспор.**

Разнообразные типы спор образуются в одноклеточных спорангиях.

Половой процесс у р. вошерии (**оогамия**). Половые органы – **оогонии и антеридии**.



Образующие в **антеридии** двужгутиковые **сперматозоиды**, проникая в **оогоний**, оплодотворяют **яйцеклетку**. Зигота или **ооспора** покрывается толстой многослойной **оболочкой** и после периода покоя прорастает в новые растения. Считают, что **место мейоза**, при **образовании гамет** (хотя есть мнение – при прорастании зиготы), но считают что цикл развития *Vaucheria* - диплобионтный.

## Класс *Eustigmatophyceae*

Типовой род *Eustigmatos* (от греч. *eu* – хороший, *stigma* – глазок, пятно)

Класс насчитывают более 15 видов из 10 родов и 4 семейств.

Считают, что этот класс наиболее примитивная группа гетероконт, находящаяся вблизи основания эволюционного ствола .



*Eustigmatos*

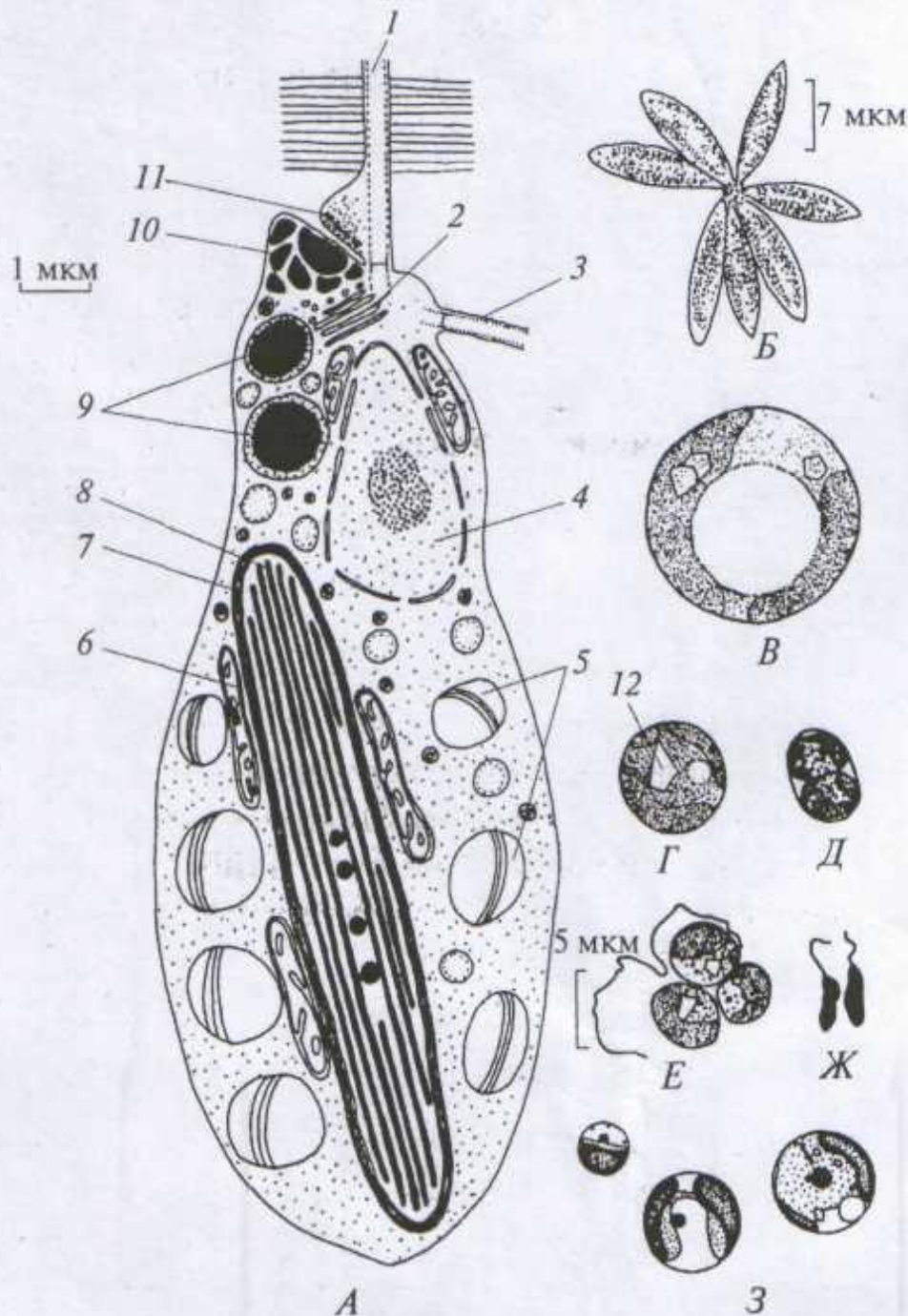


*Pseudocharaciopsis*

## Класс *Eustigmatophyceae*

1. Одноклеточный **коккоидный** таллом, иногда колониальные виды. Состав **клеточной стенки** изучен слабо, предполагают что она **полисахаридная**.
2. Жгутики наблюдаются только у зооспор. Их два: длинный несет два ряда **трехчастных мастигонем**, короткий – гладкий. В переходной зоне имеется **переходная спираль**. **Парабазальное вздутие** находится на переднем жгутике.
3. **Стигма** расположена вне связи с хлоропластом.





## Эвстигматофициевы е водоросли:

*Pseudocharaciopsis texensis*: А - зооспора; Б- вегетативные клетки *Eustigmatos*: В, Г - вегетативная клетка, Д, Е - образование и выход автоспор, Ж— зооспоры; *Nannochloropsis*: 3- вегетативные клетки; 1- длинный жгутик; 2- аппарат Гольджи; 3- короткий жгутик; 4- ядро; 5 - вакуоли с ламеллярным содержимым; 6 - митохондрия; 7- оболочка хлоропласта; 8 - хлоропласт; 9 - липидные капли; 10- глазок; 11 - парабазальное вздутие; 12- пиреноид

## Класс *Eustigmatophyceae*

4. **Хлоропласты** имеют **трехтилакоидные ламеллы** образующие стопки наподобие гран, нет опоясывающей ламеллы. ХЭС не переходит в наружную оболочку ядра.

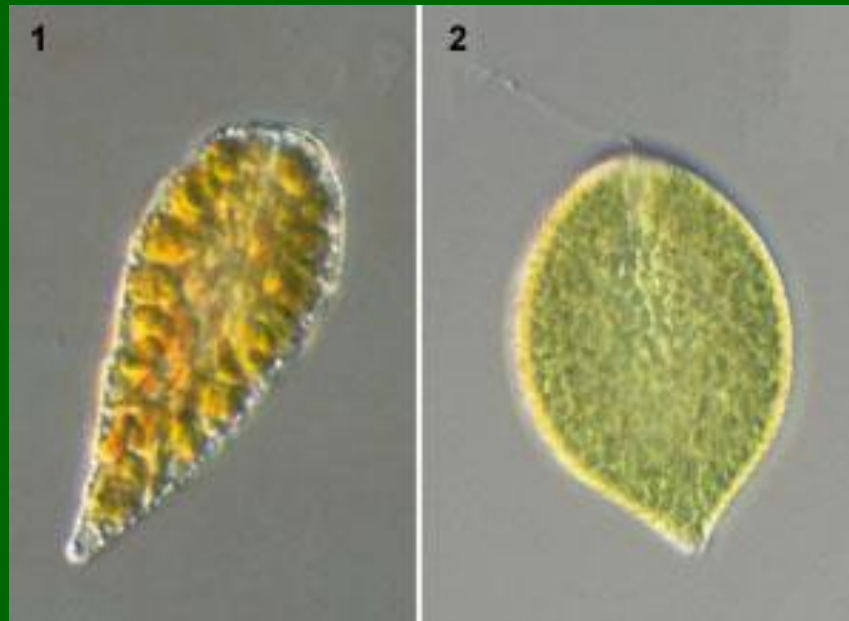
5. **Пигменты:** только **хлорофилл а**, из ксантофиллов - **виолоксантин**, фукоксантин отсутствует.

6. **Запасное вещество – масло** и неизвестного состава вещество, но не крахмал.
7. Размножение **вегетативное и бесполое** с помощью **зооспор или автоспор**. Половой процесс не известен.
8. Обитают данные водоросли на почве и в пресноводных водоемах.
9. Используется как корм для морских животных в аквакультуре (высокое содержание ПНЖК).

# КЛАСС *RAPHIDORHYZEAE*

Типовой род *Raphidomonas* (от греч. *raphid*- игла)

Класс объединяет около 20 видов



1. Chattonella

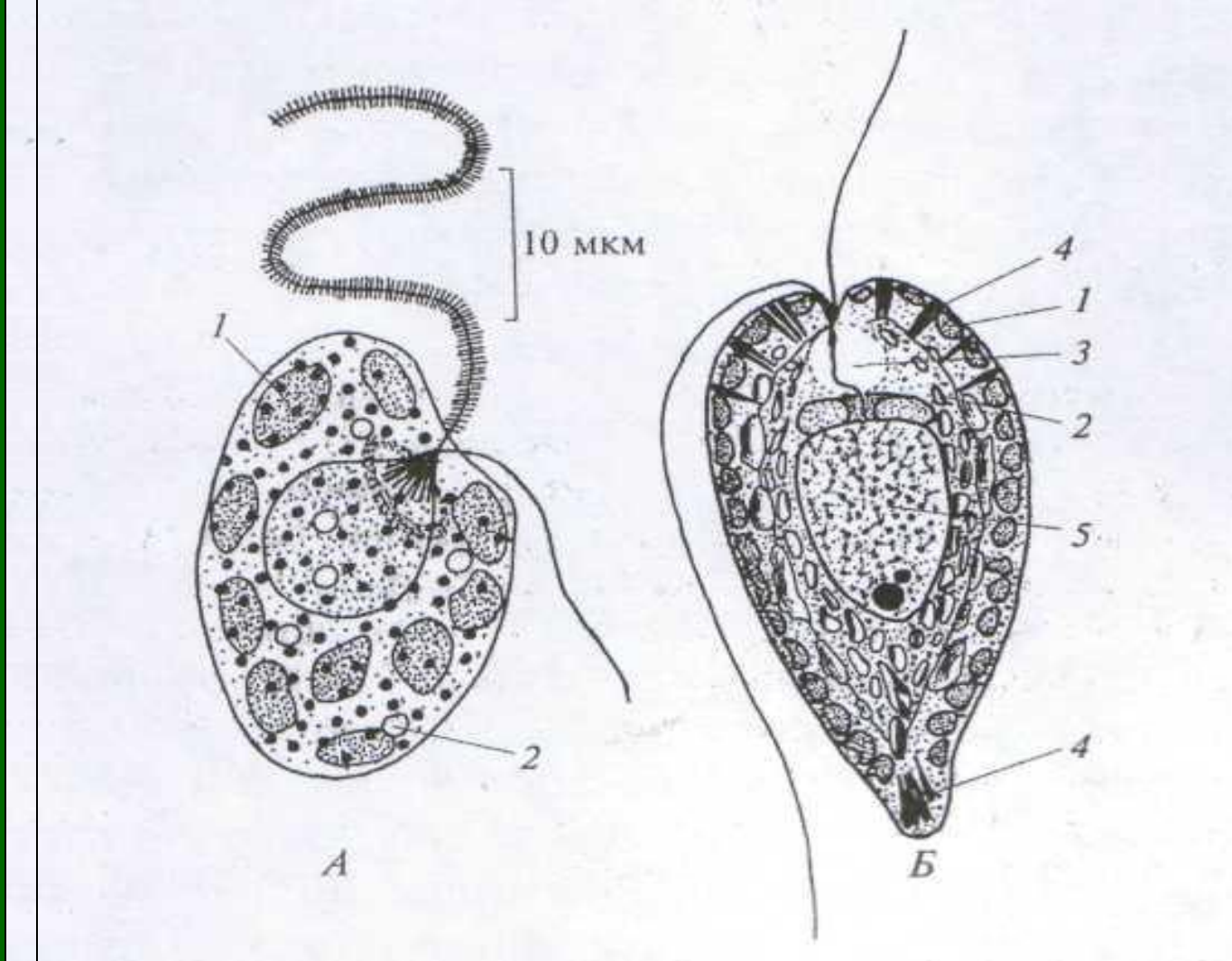
2. Gonyostomum,

## КЛАСС *RAPHIDOPHYCEAE*

1. Монады - круглые, дорсовентральные клетки с бороздкой вдоль вентральной стороны покрыты плазмолеммой. Клетки голые, клеточная стенка отсутствует
2. От переднего конца в углублении отходят 2 неравных жгутика, один направлен вперед и покрыт двумя рядами трехчастных мастигоном, другой гладкий, направлен назад и лежит в брюшной борозде. Ядро находится в центре клетки.

## КЛАСС *PARHIDOPHYCEAE*

3. Под плазмолеммой располагаются **трихоцисты** и **мукоцисты**.
4. Запасное вещество – **липиды**.
5. Клетки содержат мелкие многочисленные дисковидные или эллипсоидные парietальные **хлоропласты без пиреноидов** (но у морских видов пиреноид есть). ХЭС не переходит в оболочку ядра. **Опоясывающая ламелла** присутствует не у всех видов.



### Рафидомонадовые:

*А — Heterosigma, Б — Gonyosloium; 1 — хлоропласт; 2 — мукоциста; 3 — сократительная вакуоль; 4 — трихоциста; 5 — ядро*

## КЛАСС *RAPHIDOPHYCEAE*

6. Клетки окрашены в светло-зеленый цвет. Пигменты: **хлорофилл а и с**, каротиноиды (у морских водорослей – **фукоксантин**, у пресноводных – **воушериаксантин**).

7. Стигма отсутствует

8. Размножение – **вегетативное**. Клетки делятся продольным делением в подвижном или пальмеллоидном состоянии.

9. Встречаются в морях и пресноводных экосистемах. Могут вызывать локальное «цветение» воды.





NIES-6 *Heterosigma akashiwo* 10  $\mu$ m



NIES-1378 *Fibrocapsa* sp.

10  $\mu$ m



NIES-113 *Chattonella antiqua*

10  $\mu$ m



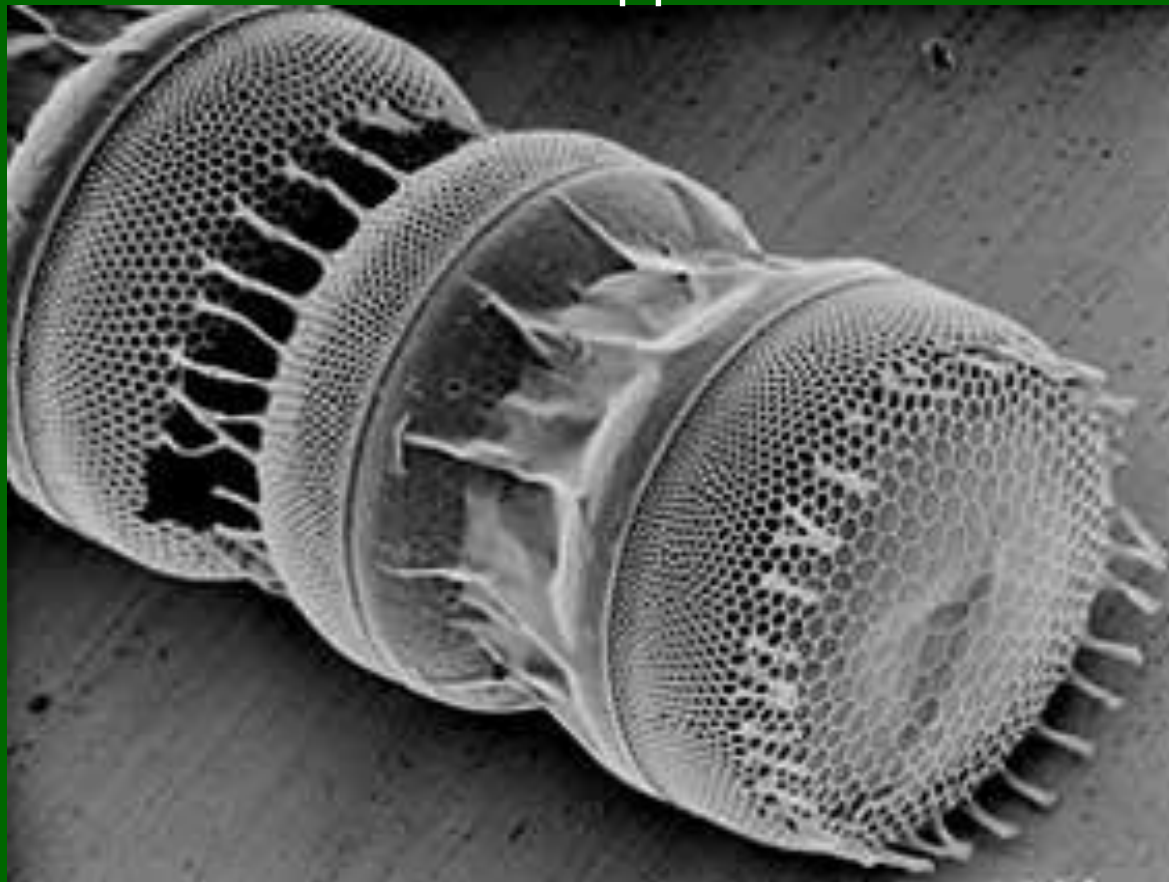
NIES-1380 *Gonyostomum semen*

10  $\mu$ m

## Рафидомонадовые:

# КЛАСС ДИАТОМОРФУСЕАЕ (ВАСИЛЛАРИОРФУСЕА)

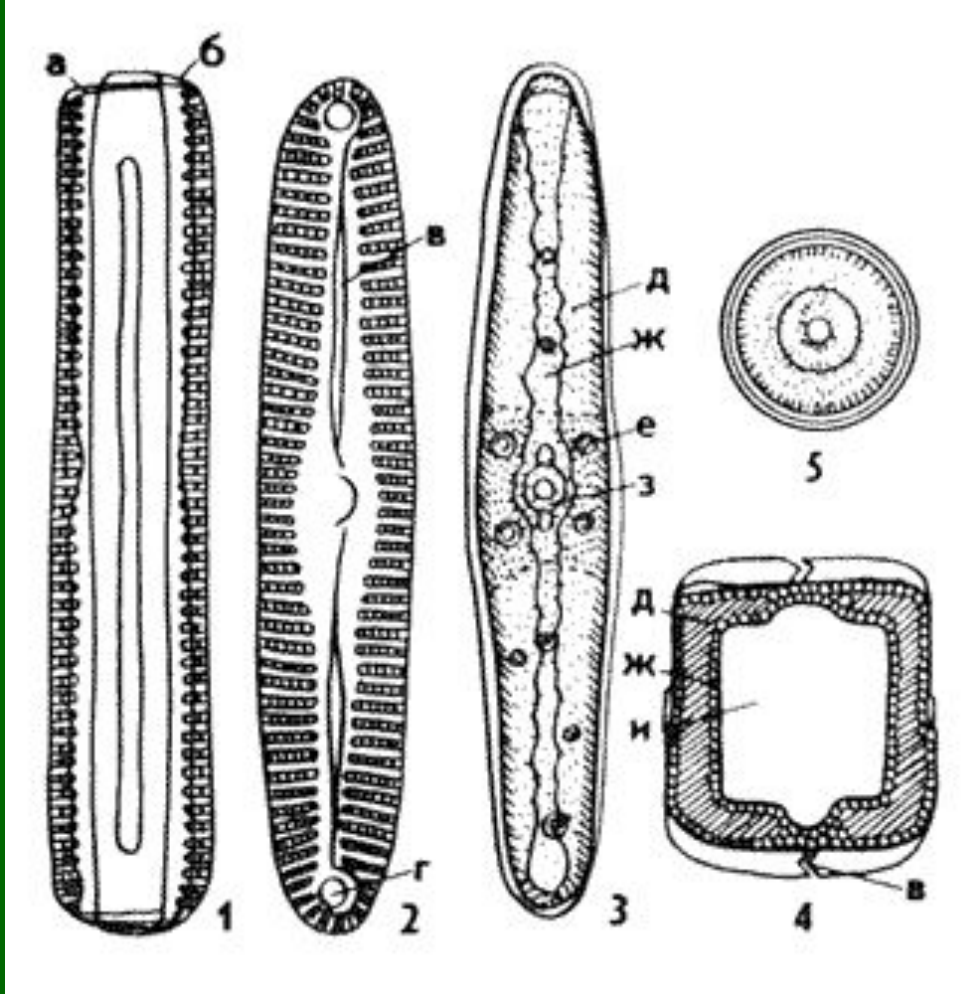
По типовому роду *Diatoma* . Всего насчитывают  
300 родов и 10-12 тыс. видов



*Talassiozira*

# КЛАСС DIATOMOPHYCEAE

1. Одноклеточные или колониальные **коккоидные** организмы.
2. Жгутик есть только у сперматозоидов.
3. Клеточный покров – **кремнеземный панцирь**, состоящий из двух частей: верхней – **эпитеки**, нижней – **гипотеки**.



Пиннулярия: вид со стороны пояска (1), со створки (2),  
 вскрытая клетка (3), поперечный срез через клетку (4),

5 – циклотелла; а – гипотека, б – эпитека, в – шов, г –  
 узелок, д – хлоропласт, е – пиреноиды, ж – цитоплазма, з  
 – ядро, и – вакуоль

# Микрофотография Navicula и Cyclotella



15kV

2.00kV

5.00kV

10kV

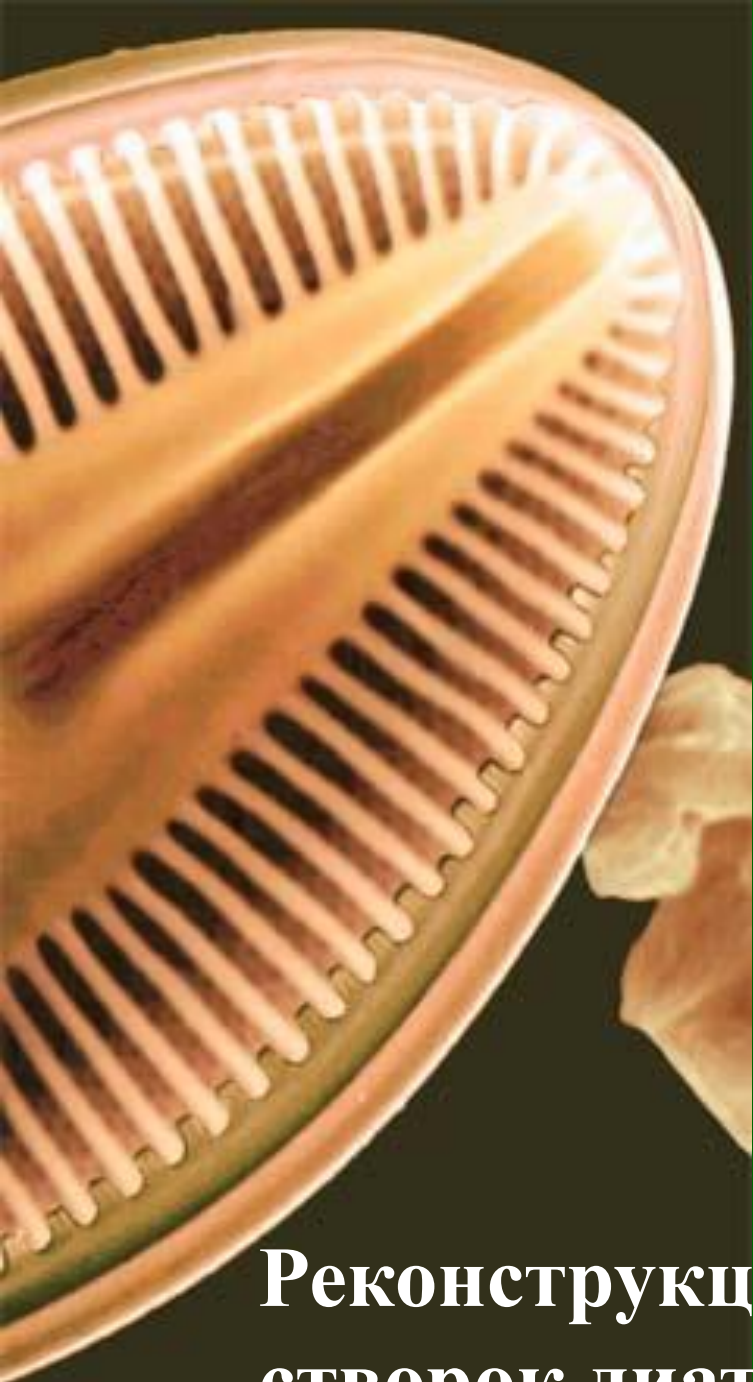
Панцирь имеет микроскопический рисунок, представленный порами разных типов (отверстия (поры), альвеолы, локулы) и штрихами.

**Пора** – сквозное, открытое с обеих сторон отверстие.

**Локула** – камера в толще кремнеземного панциря, закрывается на наружной или внутренней стороне тонким перфорированным слоем кремнезема (**велум**).

**Альвеола** – удлиненная камера или одна из серии камер, проходящих от осевого поля или центральной части створки к ее краю и открывающаяся внутрь панциря большими отверстиями, а с наружной стороны закрытая тонким перфорированным слоем.

**Штрих** – это ряд ареол или альвеол. Они отличаются по направлению их на створке.



**Реконструкция  
створок диатомовых**

4. Пигменты – хл а и с , β-каротин, ксантофиллы (фукоксантин, неофукоксантин, диадиноксантин, диатоксантин).
5. Хлоропласт типичный для гетероконтовых водорослей. Хлоропласты париетальные 1-2 в виде пластинок или дисков. Матрикс хлоропластов пересекается **трехтилакоидными ламеллами**, есть **опоясывающая ламелла**, связанная с эндоплазматической сетью и ядерной оболочкой. **Пиреноид** центральный, его либо пронизывают тилакоиды, либо прерываются перед ними.



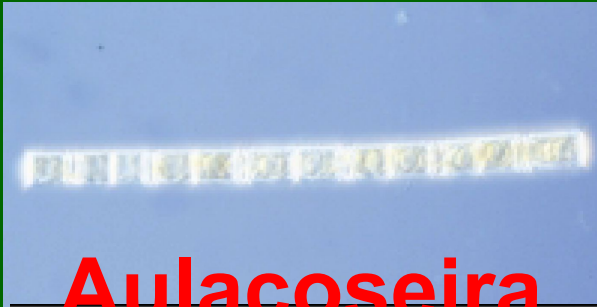
6. Продукты ассимиляции – **хризоламиарин, масло, волютин.**

7. Митохондрии с трубчатыми кристами

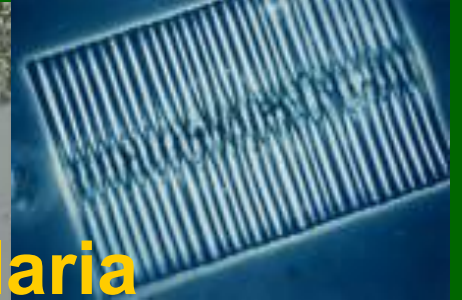
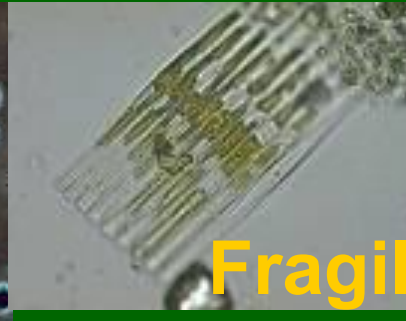
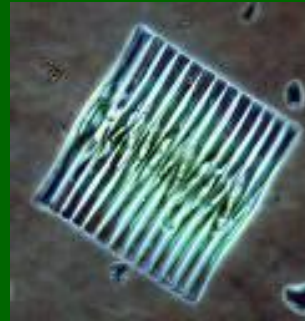
8. **Силикалемма** – сложная система цистерн и трубочек, в которых обнаружены элементы кремнеземного панциря.

Функция силикалемм двойная: формирование панциря за счет их содержимого и образование новой плазмолеммы за счет мембран пузырьков Гольджи.

# ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ



**Aulacoseira**



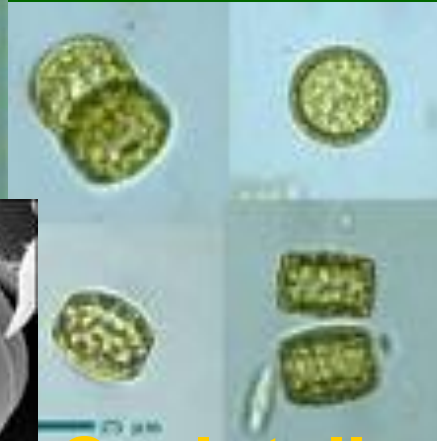
**Fragilaria**



**Asterionella**



**Stephanodiscus**



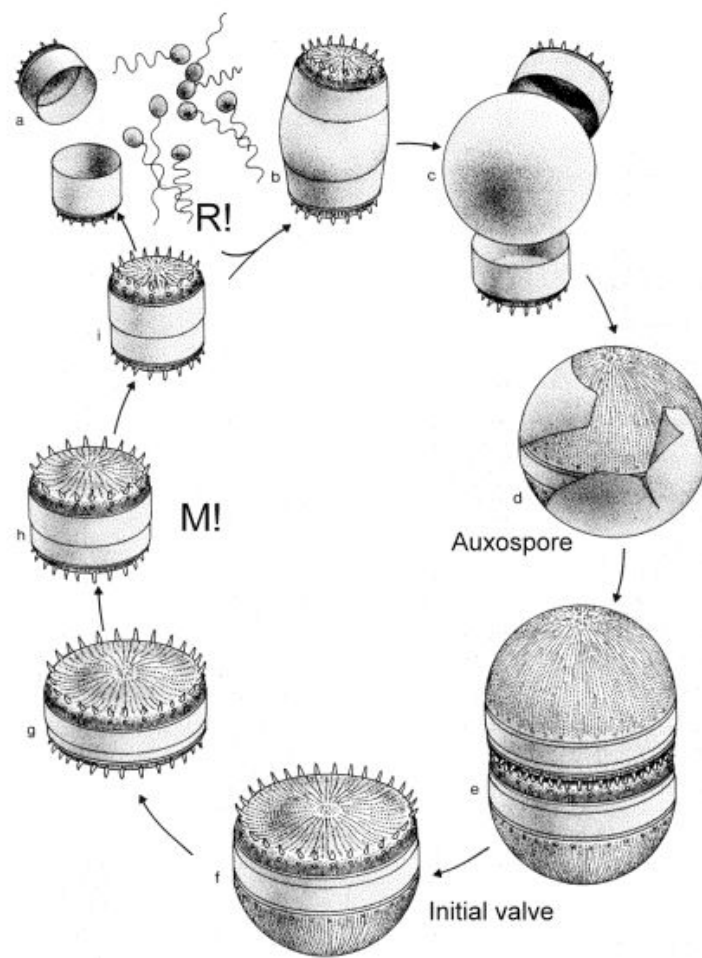
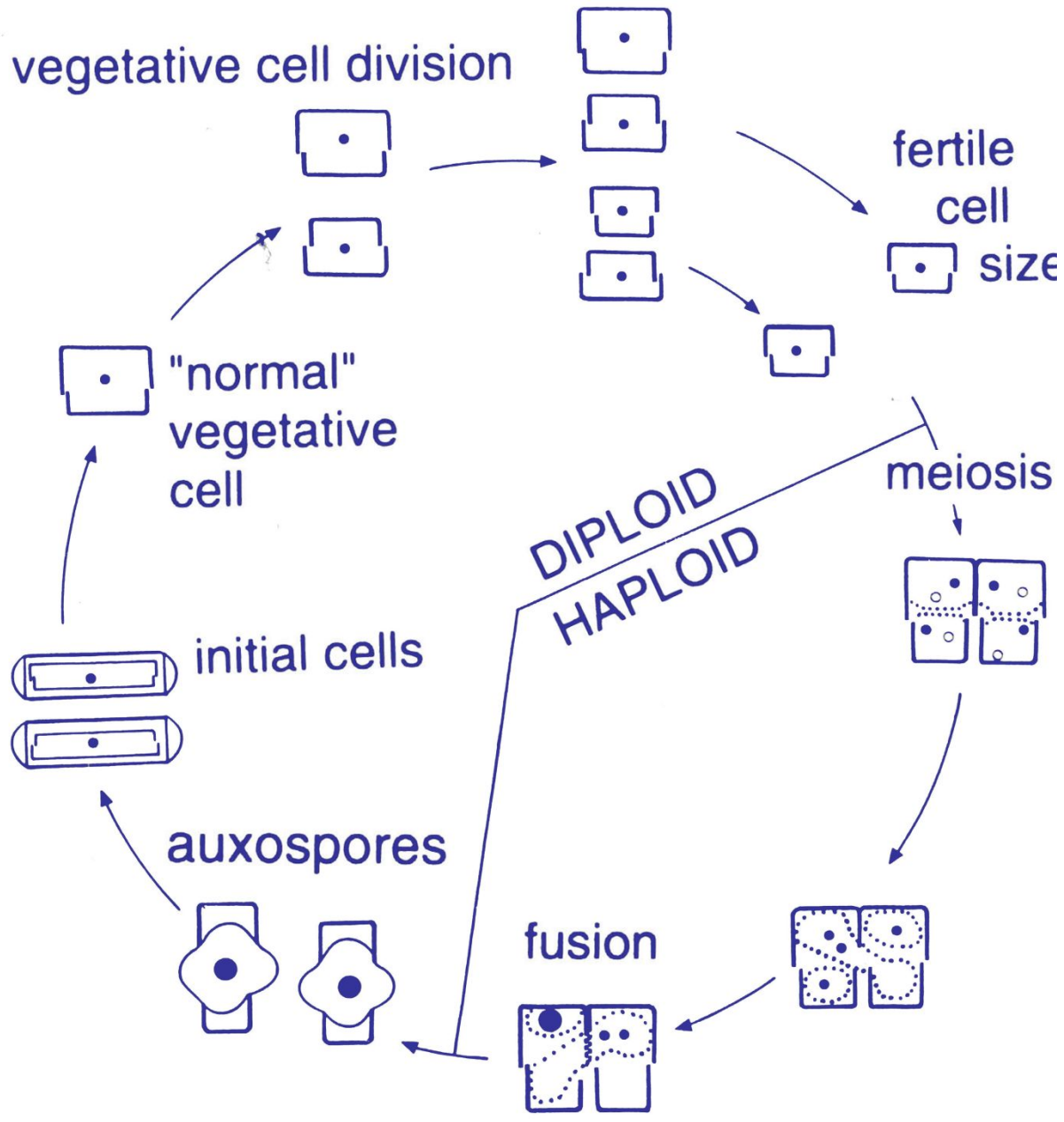
**Cyclotella**



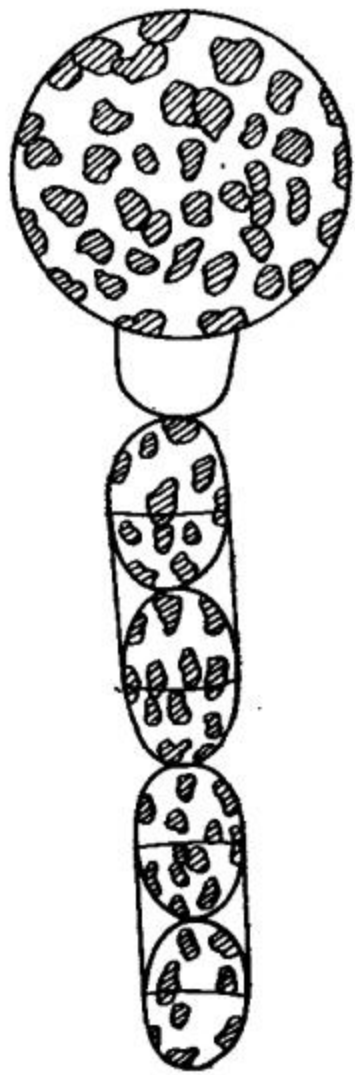
9. Размножение **вегетативное и половое ( из-оогамия)**

10. Основной способ размножения – вегетативное деление клетки **надвое**. Многократное вегетативное деление приводит к **уменьшению размеров клеток диатомей**. Восстановление максимальных размеров идет путем полового размножения и образования **ауксоспор**.

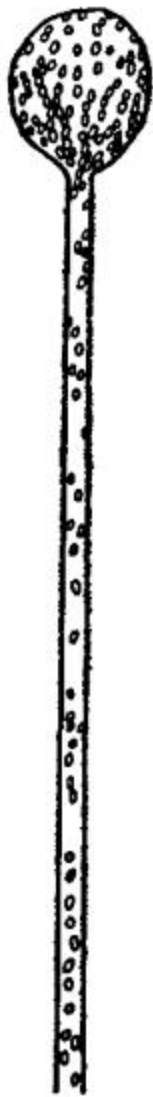
11. Жизненный цикл – **диплобионтный с гаметической редукцией**. Зигота формирует растущую **ауксоспору**.



**Жизненный цикл диатомей**



1



2



3



4



Auxospores  
of  
*Melosira*

[http://www.ohio.edu/plantbio/vislab/algaeimage/pages/Aux\\_melosira.html](http://www.ohio.edu/plantbio/vislab/algaeimage/pages/Aux_melosira.html)

Аукоспоры: 1 — *Melosira moniliformis*, цепочка с конечной аукоспорой; 2, 3 — *Rhizosolenia alata* (2 — начало образования аукоспоры, 3 — зрелая конечная аукоспора); 4 — *Thalassiosira excentrica*, интеркалярная аукоспора.

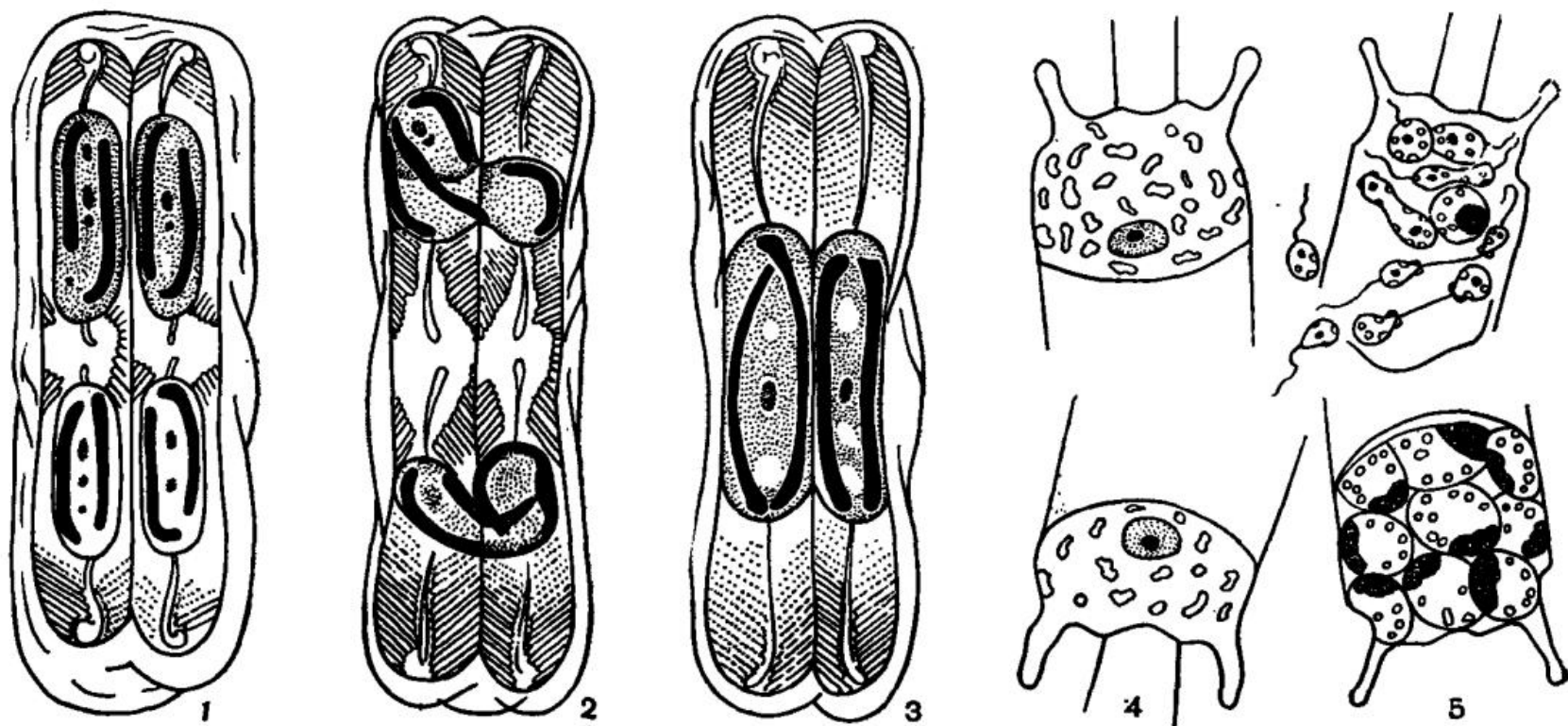


Рис. 94. Половой процесс у диатомей:

1—3 — анизогамный половой процесс у *Pinnularia* sp.; 4—5 — оогамный половой процесс у *Biddulphia mobiliensis*.



**ДИАТОМИТ**

## КЛАСС *PHAEOPHYCEAE (FUCOPHYCEAE)*

Греч. *phaios* – смуглый , от лат. основной род *Fucus*  
– морская трава , водоросль. 1500 видов из 240 родов





# КЛАСС *PHAEOPHYCEAE (FUCOPHYCEAE)*

- 1. Таллом** - гетеротрихальный, псевдо- или паренхиматозный (пластинчатый) разной формы: нитевидный, корковидный, мешковидный, пластичный и кустистый. От нескольких мкм до 100 и более м.
- 2. Оболочка** клеток двухслойная, внутренний слой целлюлозный (**альгулеза**). Внешний слой оболочки пектиновый, состоит из **альгиновой кислоты и ее солей**, основой пектина является камедиевидное вещество – **альгин** (растворимая натриевая соль альгиновой кислоты), у некоторых – **фукоидин**.

## КЛАСС РИЗОПОРХИСЕАЕ (*FUCOPHYCEAE*)

3. Хлоропласты пристеночные, многочисленные, мелкие, окружены **4 мембранами** и связаны с мембраной ядра хлоропластной эндоплазматической сетью.
4. Хлоропласты с **трехтилакоидными ламеллами**, окруженными одной или несколькими **опоясывающими ламеллами**.
5. **Пиреноид** не пронизывается ламеллами, почковидной формы и выступает из хлоропласта.
6. **Стигма** у жгутиковых стадий находится в пластидах.

# КЛАСС РНАЕОРНУСЕАЕ (FUCOPHYCEAE)

7. Сложное строение таллома ламинарии со специализацией клеток.

зооспорангии

**меристодерма** – делящаяся покровная ткань.

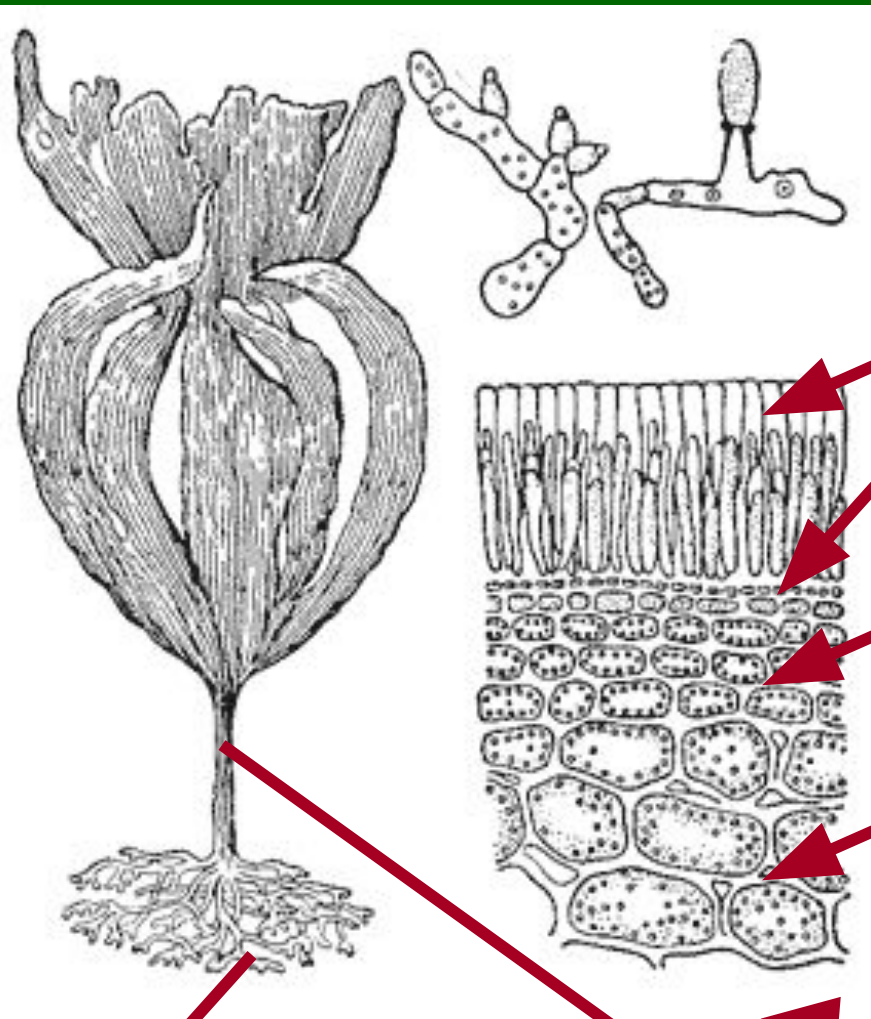
**кора** из более крупных окрашенных клеток.

**промежуточный слой** крупные бесцветные клетки

**сердцевина.**

**Ризоид**

**стебелек**



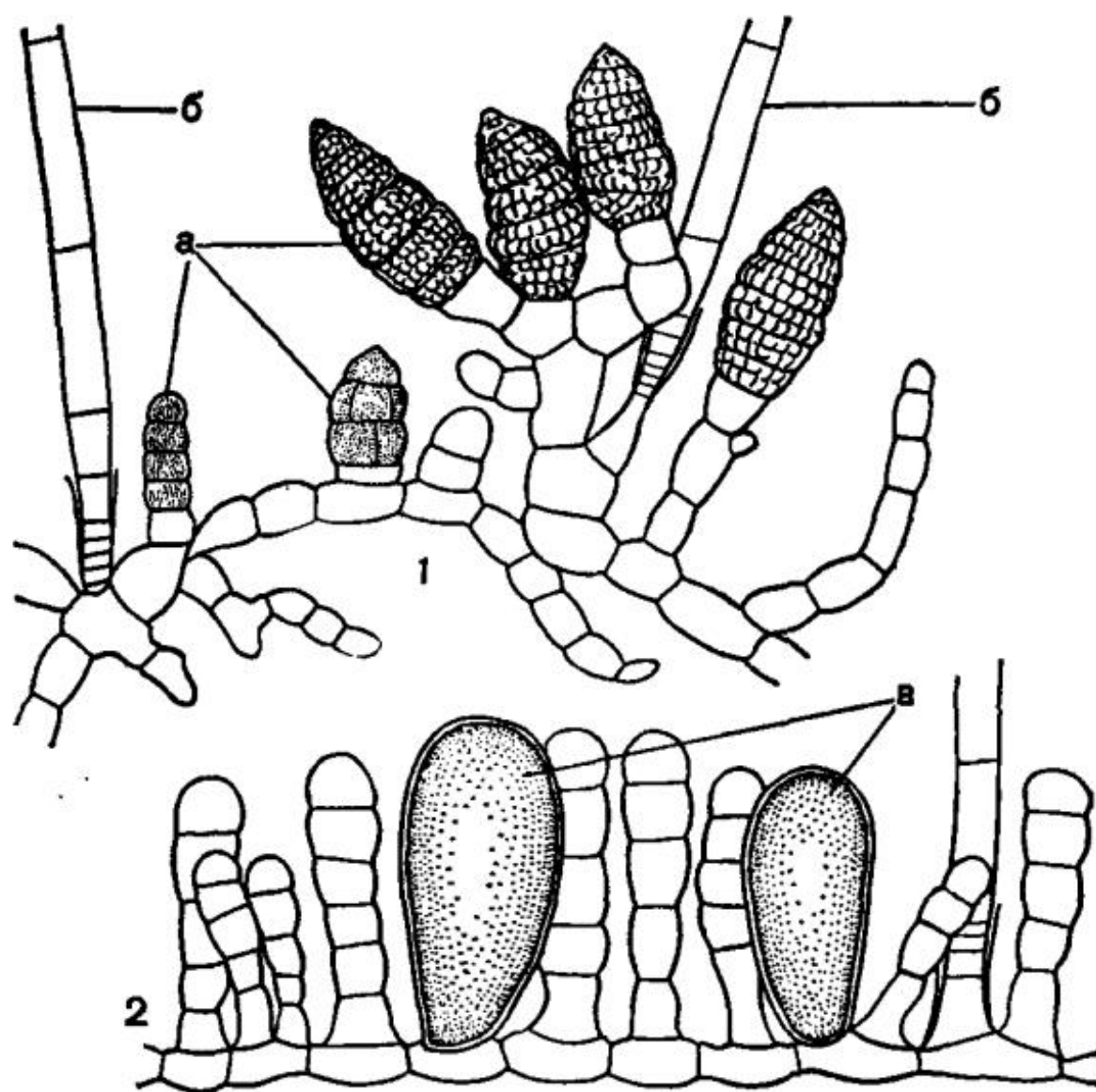
8. У бурых водорослей встречаются **бесполое и половое размножение.**

9. **Вегетативное размножение фрагментаций таллома** наблюдается тогда, когда оторванные талломы попадают в более или менее защищенные места и продолжают там вегетацию. Такие растения, плавающие или лежащие на грунте (т.е. не прикрепленные) никогда не образуют органов полового и бесполого размножения.

Имеются еще **специальные почки** вегетативного размножения у видов р. *Sphacelaria*.

10. Бесполое размножение осуществляется **зооспорами в одногнездовых спорангиях**, которые располагаются как боковые выросты ветвей или **многогнездовых**.

В спорангиях **происходит редукционное деление ядра с последующими многократными митотическими делениями**, образуется большое количество зооспор, которые выходят наружу через разрыв в оболочке на вершине спорангии, и недолго поплавав, прорастают в новое, но уже гаплоидное растение.



### Строение спорангиев:

1 — строблонема (Strebлонема): а — многогнездные спорангии на разных стадиях развития, б — волоски с базальной зоной роста; 2 — миринема (Миринема): в — одногнездные спорангии.

**11. Половой процесс может быть изо – гетеро – и оогамия.**

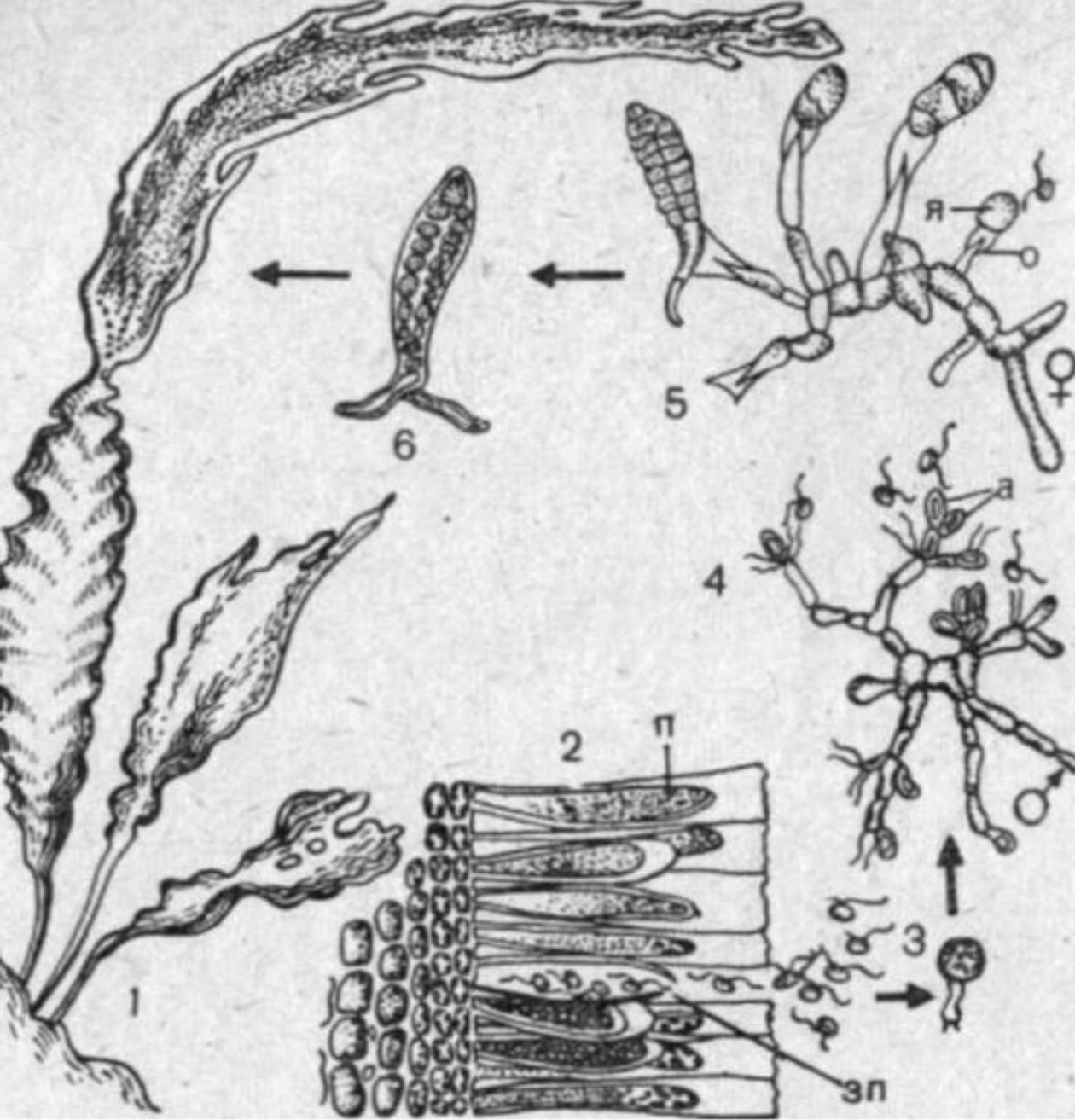
Гаметы образуются обычно в **многогнездовых гаметангиях** по одной в каждой камере.

**12. У большинство бурых водорослей наблюдается два самостоятельных поколения - спорофит и гаметофит.**



Ламинария или «морская капуста» — *Laminaria* sp.



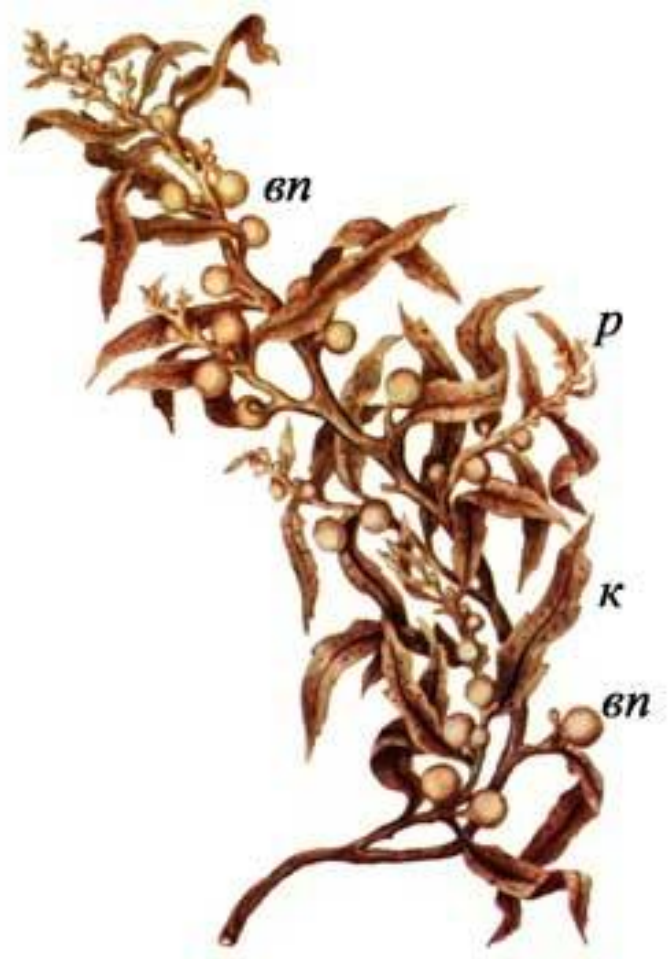


### Цикл развития ламинарии:

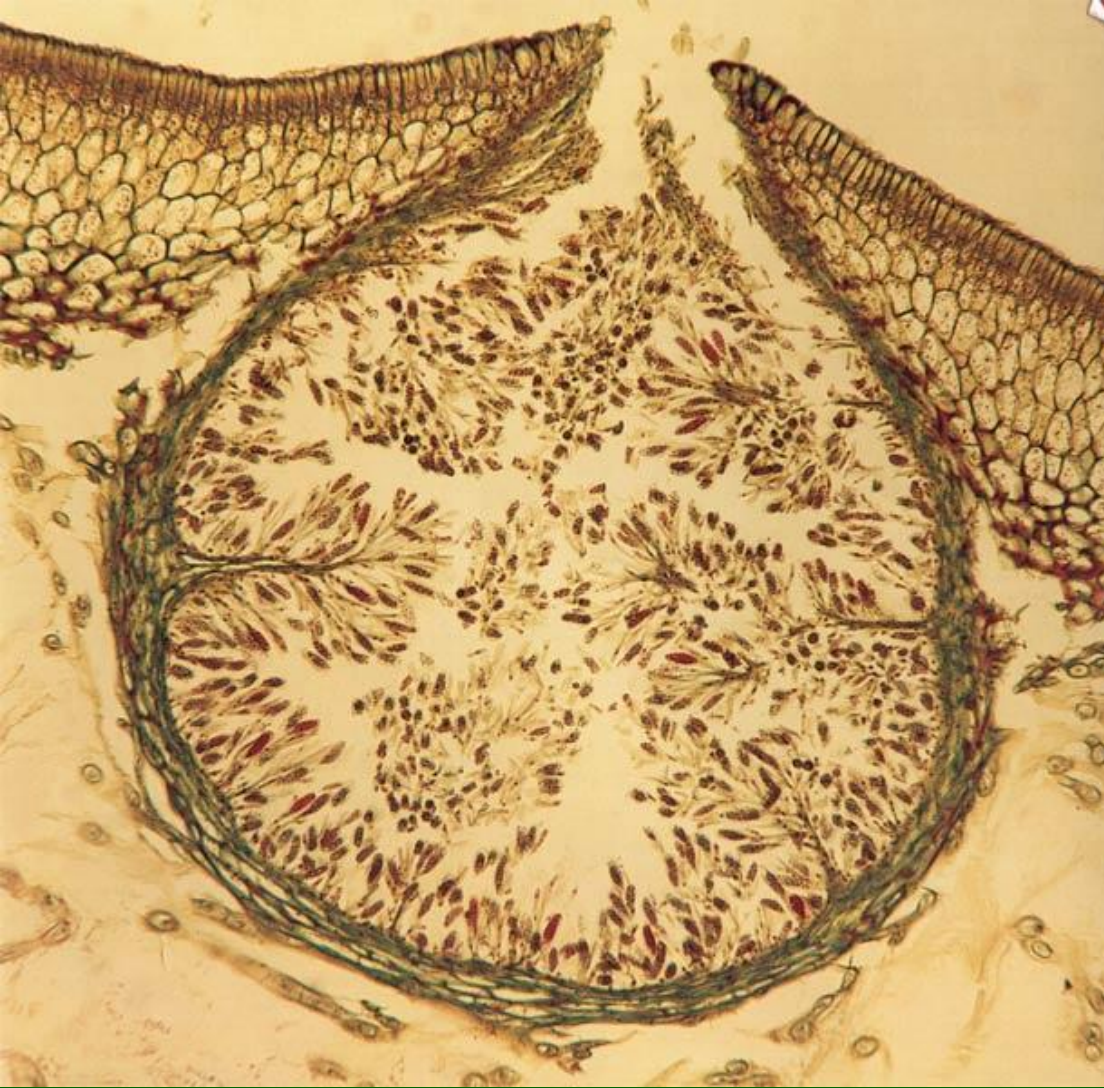
- 1 — спорофит;
- 2 — часть соруса с зооспорангиями (зп — зооспорангии, п — парафизы);
- 3 — зооспоры (общий вид и их прорастание);
- 4 — мужской гаметофит (а — антеридии);
- 5 — женский гаметофит с оогониями (о — оогоний, я — яйцеклетка) и начинающими развиваться спорофитами;
- 6 — молодой спорофит.

# Атлантический океан, мыс Доброй надежды, заросли *Ecklonia maxima*





**Саргассум смешанный — *Sargassum confusum* Ag.**  
**На рисунке справа: общий вид растения, к - криптосомы,**  
**вп - воздушные пузыри, р - рецептакулы**



**Мужской скафидий (концептакул) бурой фукусовой водоросли**

При размножении концы ветвей таллома вздуваются и превращаются в **рецептакулы**, в которых по периферии формируются **скафидии**, имеющие узкие выводные отверстия. От стенок скафидия внутрь его отрастают многоклеточные волоски – **парафизы**, иногда выходящие из выводного отверстия в виде хохолка.

На стенках женского скафидия в виде крупных овальных клеток с короткой ножкой развиваются **оогонии**, содержащие по 8 яйцеклеток.

**Антеридии** в виде овальных клеток с зернистым содержимым образуются на концах ветвящихся нитей, сходных с парафизами. В каждой антеридии созревает по 64 **сперматозоида**



**Бурые водоросли в Саргассовом море**

