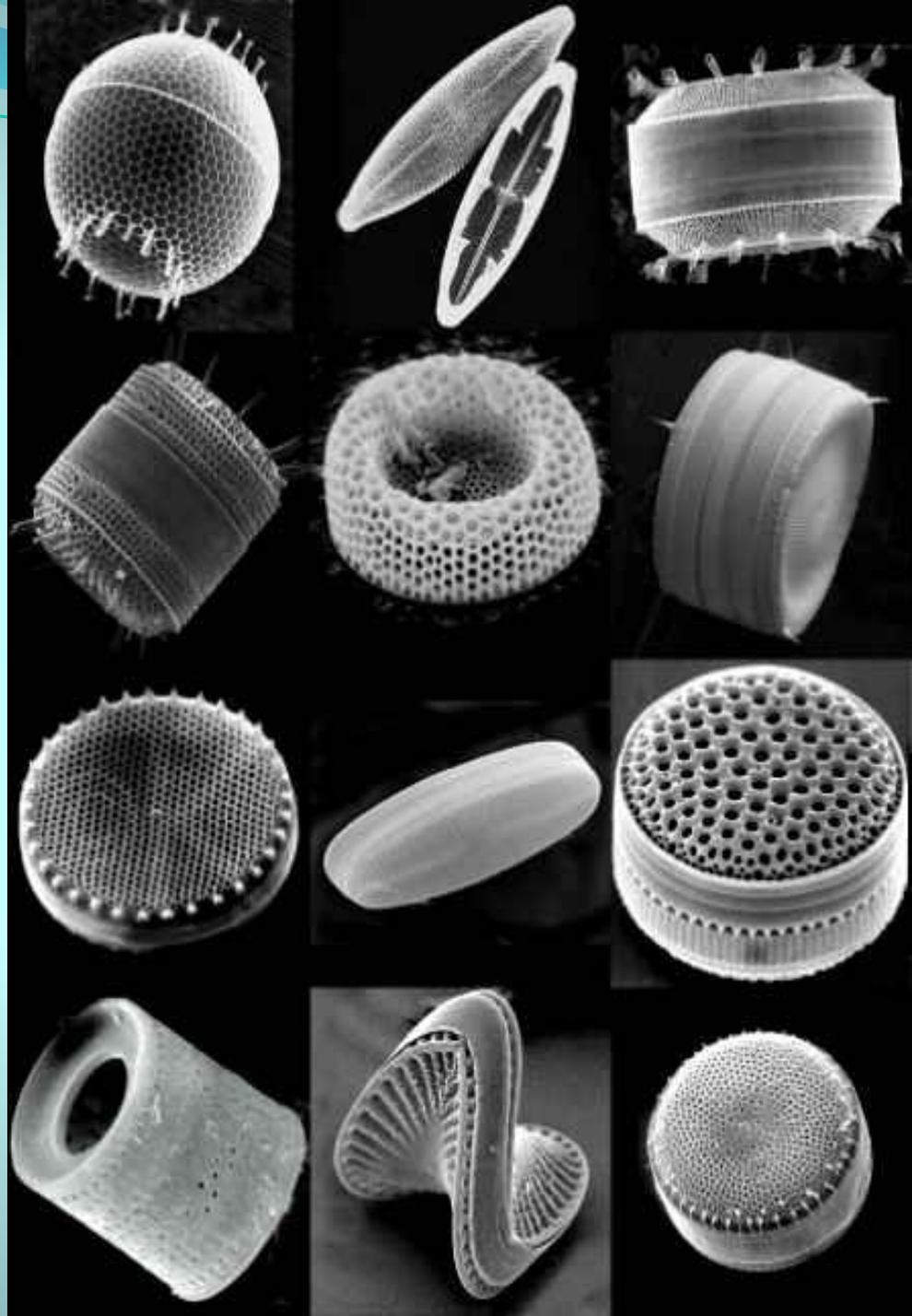


Диатомовые водоросли Diatomeae

Диатомовые водоросли, или диатомеи (лат. *Bacillariophyta*) — группа хромистов, традиционно рассматриваемая в составе водорослей, отличающаяся наличием у клеток своеобразного «панциря», состоящего из кремнезёма. Всегда одноклеточны, но встречаются колониальные формы. Обычно планктонные или перифитонные организмы, морские и пресноводные.



Считается, что к классу диатомей относится около 300 родов, включающих 10-12 тыс. видов, но некоторые авторы убеждены, что истинное количество видов диатомей может достигать 1 млн. Самый большой род, состоящий из более, чем 10 тысяч видов — Навикула. В настоящее время нет устоявшейся системы диатомовых. В большинстве работ, которые касаются изучения флор диатомей, систематики и классификации, класс диатомей рассматривается в ранге отдела с двумя (*Coscinophyceae*, *Fragilariophyceae*, *Bacillariophyceae*). Вместе с тем использование методов молекулярной биологии показало, что *Coscinophyceae* и *Fragilariophyceae* - парафилетичные группы и требуется дальнейший пересмотр системы диатомовых водорослей.



Систематика

Отдел Диатомовые водоросли (Bacillariophyta)

Класс Центрические диатомеи (Centrophyceae)

Пор. Косцинодисковые (Coscinodiscales)

Пор. Актинодисковые (Actinodiscales)

Пор. Аулакодисковые (Aulacodiscales)

Пор. Солениевые (Soleniales)

Пор. Биддильфиевые (Biddulphiales)

Класс Пеннатные диатомеи (Pennatophyceae)

Пор. Бесшовные (Araphales)

Пор. Одношовные (Monoraphales)

Пор. Двухшовные (Diraphales)

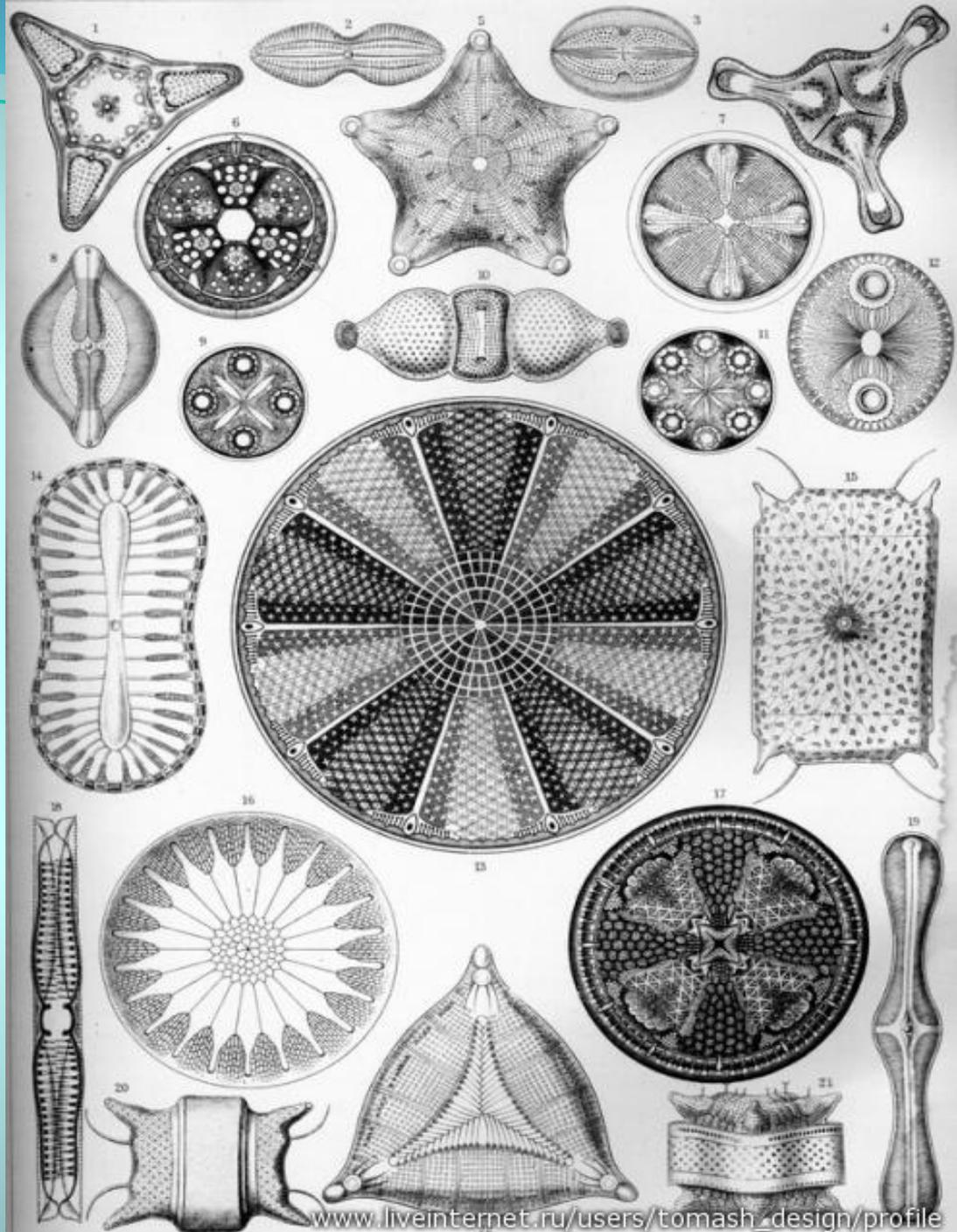
Пор. Каналошовные (Aulonoraphales)



Строение

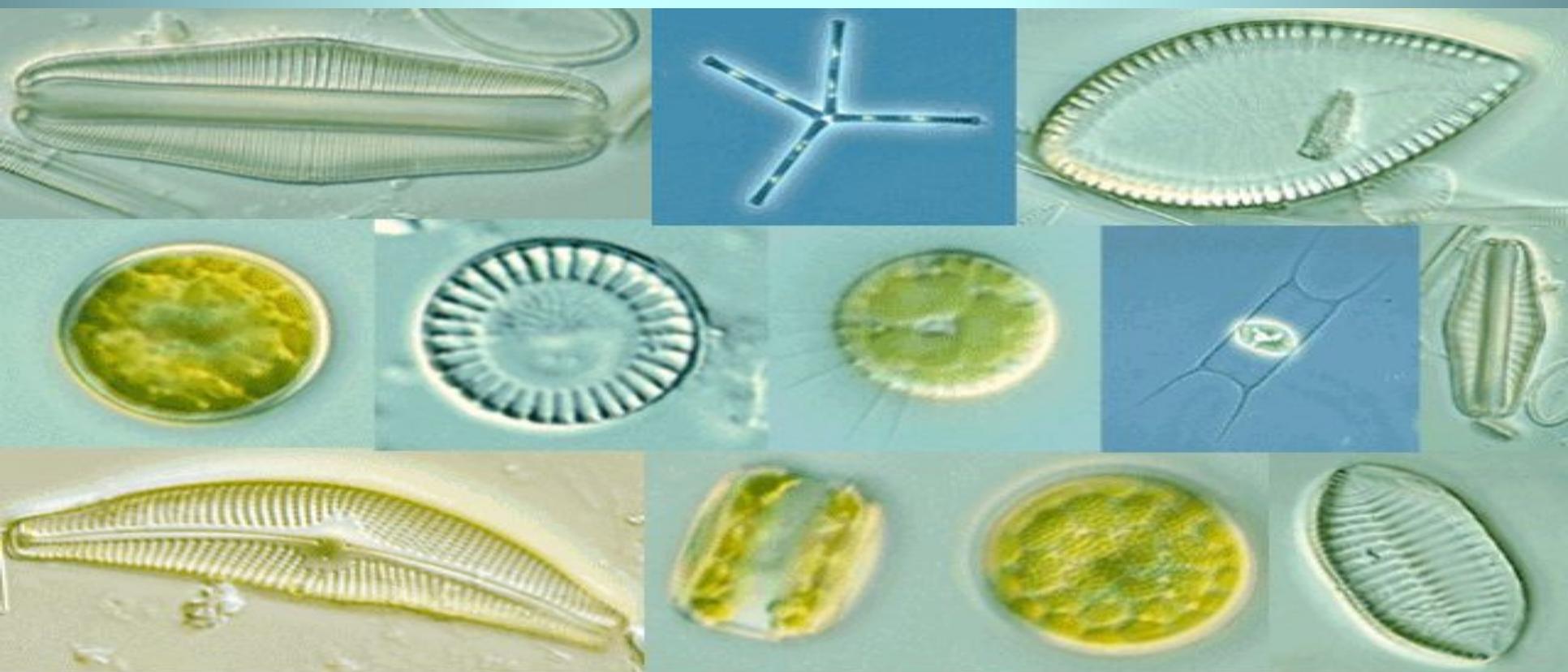
основными элементами являются:

- 1) сложная система пор, штрихов, ареол, камер и т. п., через которые происходит обмен веществ между протопластом и наружной средой;
- 2) панцирь с характерными утолщениями стенок (ребра, псевдосепты, бугорки) и разл. рода выростами (глазки, шипики, зубчики);
- 3) шов у пеннатных. Число и расположение структурных элементов являются постоянными и используются в качестве систематических признаков.



Клетка состоит из протопласта, окруженного кремнеземной оболочкой, называемой панцирем. Протопласт тесно примыкает к панцирю и заполняет его внутренние полости. По форме панциря все диатомей делятся на две группы: центрические — с радиально-симметричным панцирем и пеннатные — с двусторонне-симметричным панцирем. **Протопласт.** Цитоплазма в клетках диатомей располагается постенным слоем или скапливается в центре клетки или у ее полюсов. Остальные участки клетки заполнены множеством вакуолей с клеточным соком, которые иногда сливаются в одну крупную вакуолю.

Ядро обычно шаровидное и располагается чаще всего близ центра клетки в цитоплазматическом мостике или в периферическом слое цитоплазмы. У некоторых диатомей оно имеет H-образную форму. В ядре различают от 1 до 8 ядрышек.



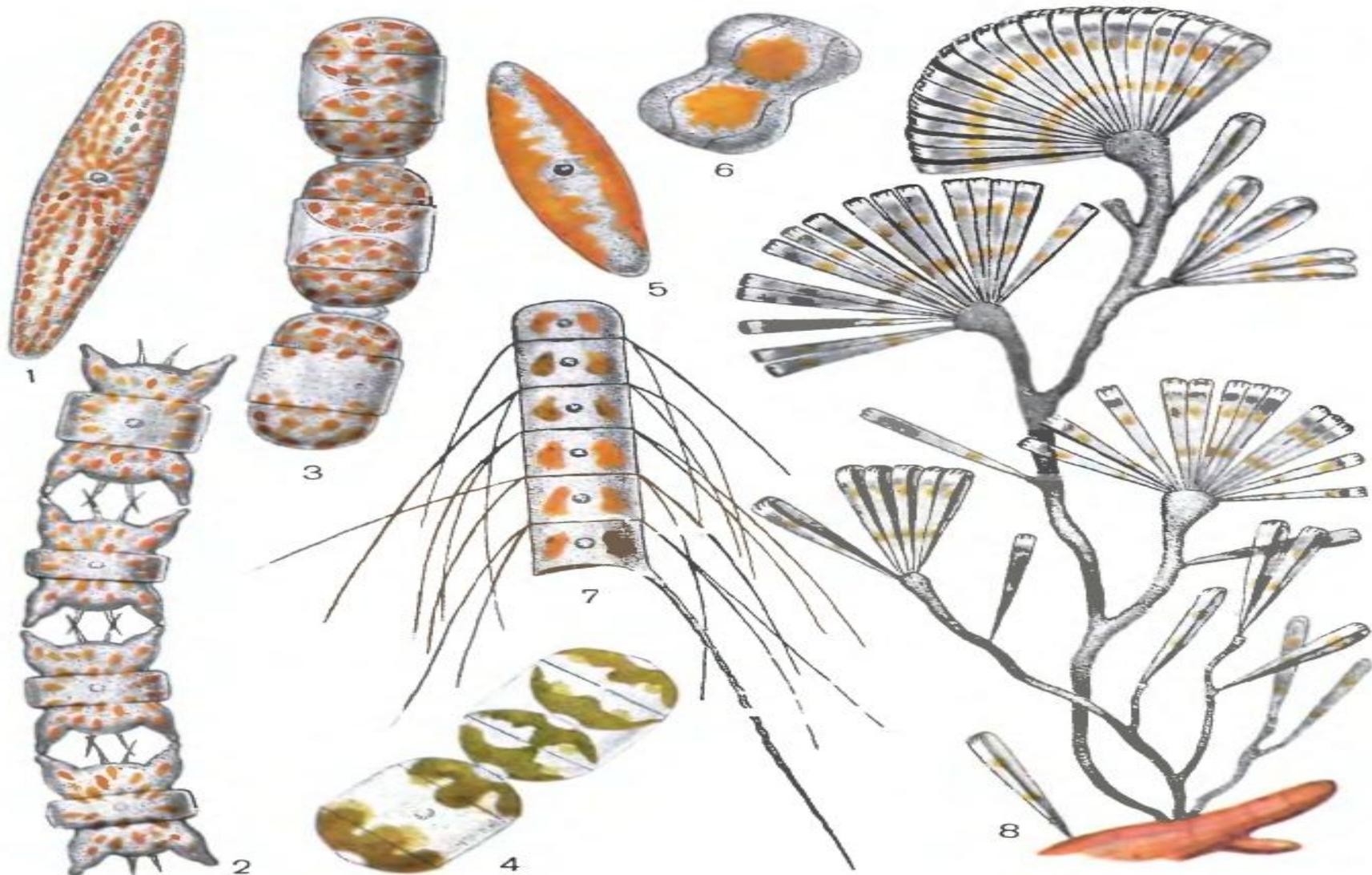


Таблица 10. Клетки диатомовых водорослей с хлоропластами различной формы:

1 — *Pleurosigma* sp.; 2 — *Biddulphia aurita*; 3 — *Melosira moniliformis*; 4 — *Hyalodiscus scoticus*; 5 — *Navicula* sp.; 6 — *Amphiprora* sp.; 7 — *Chaetoceros subtilis* var. *abnormis*; 8 — *Licmophora* sp.

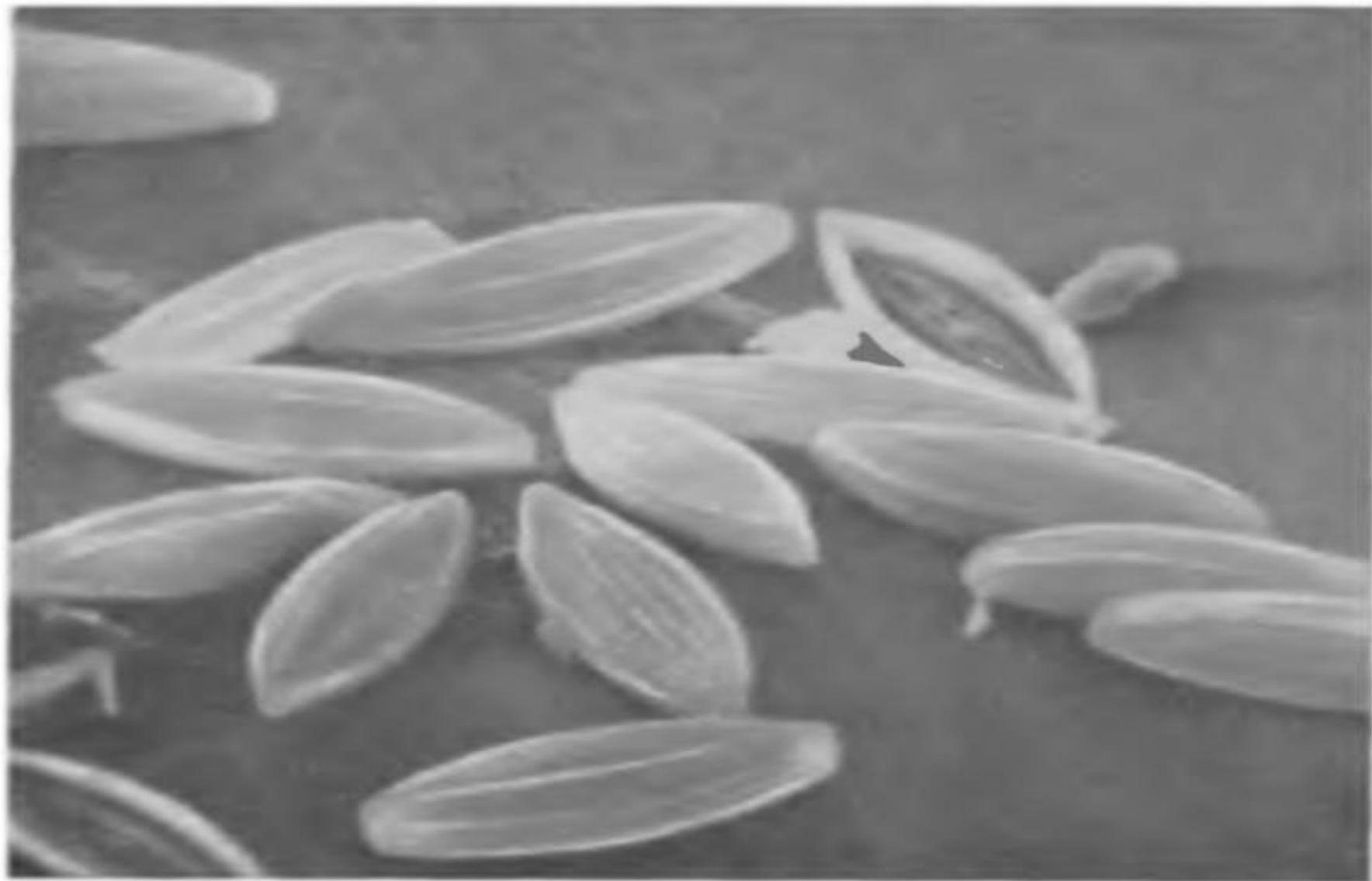


Рис. 76. Панцири *Mastogloia braunii*, объемное изображение при помощи сканирующего электронного микроскопа ($\times 630$). Электронная микрофотография Н. И. Караевой.

Виды створок

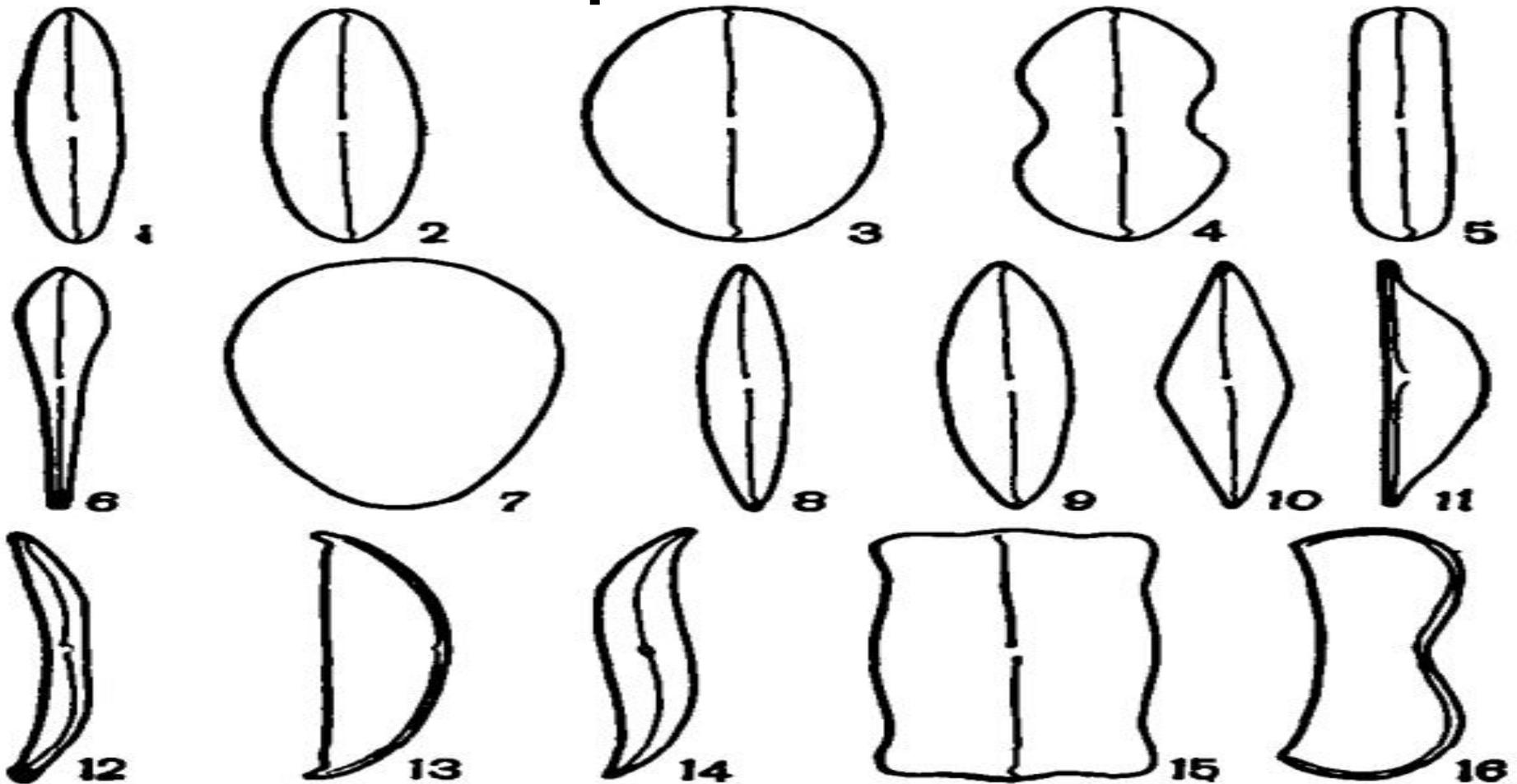
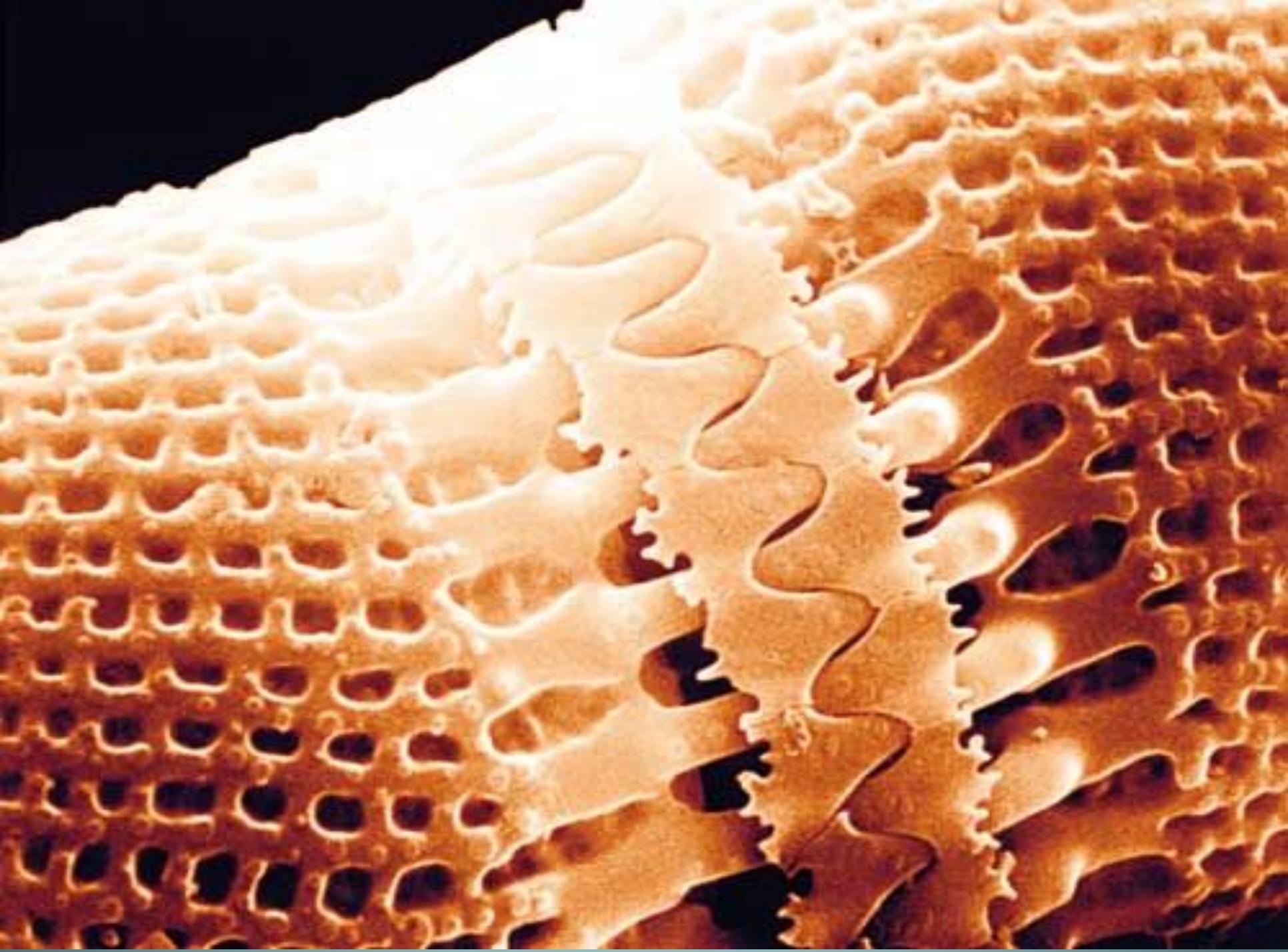


Рис. 77. Очертания створок:

1, 2 — эллиптическая; 3 — широкоэллиптическая; 4 — гитаровидная; 5 — линейная; 6 — булавовидная; 7 — яйцевидная; 8, 9 — ланцетная; 10 — ромбическая; 11, 13 — полуланцетная; 12 — полудугообразная; 14 — сигмовидная; 15 — прямоугольная; 16 — почковидная.



Вставочные ободки

- ✓ К каждой створке примыкает поясковый (соединительный) ободок, представляющий собой широкое или узкое кольцо, окаймляющее загиб створки, но не срастающееся с ним
- ✓ Наличие вставочных ободков в панцире имеет большое биологическое значение, так как они способствуют увеличению объема клетки и ее росту.

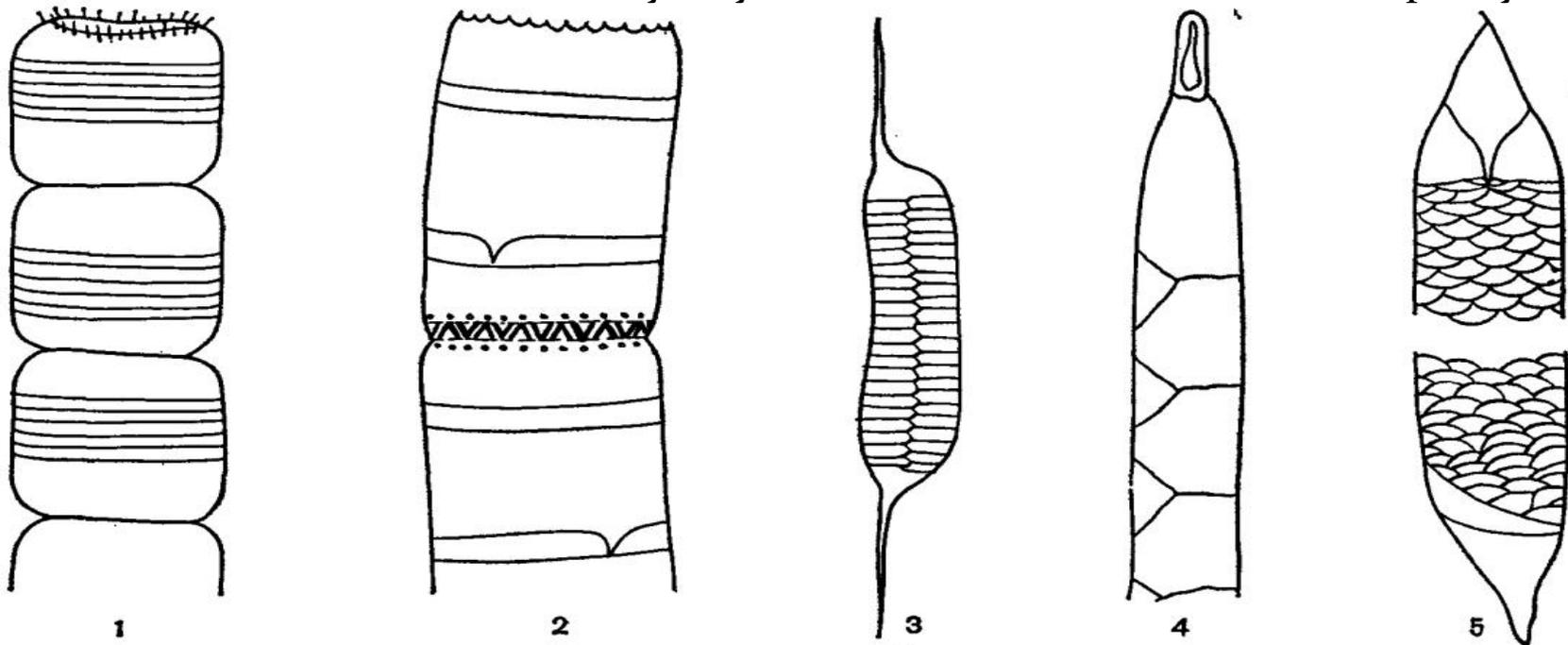


Рис. 79. Формы вставочных ободков:

1 — кольцевидные (Lauderia); 2 — воротничковидные (Stephanodiscus); 3 — трапециевидно-чешуевидные; 4 — полукольцевидные; 5 — чешуевидные (3—5 — Rhizosolenia).

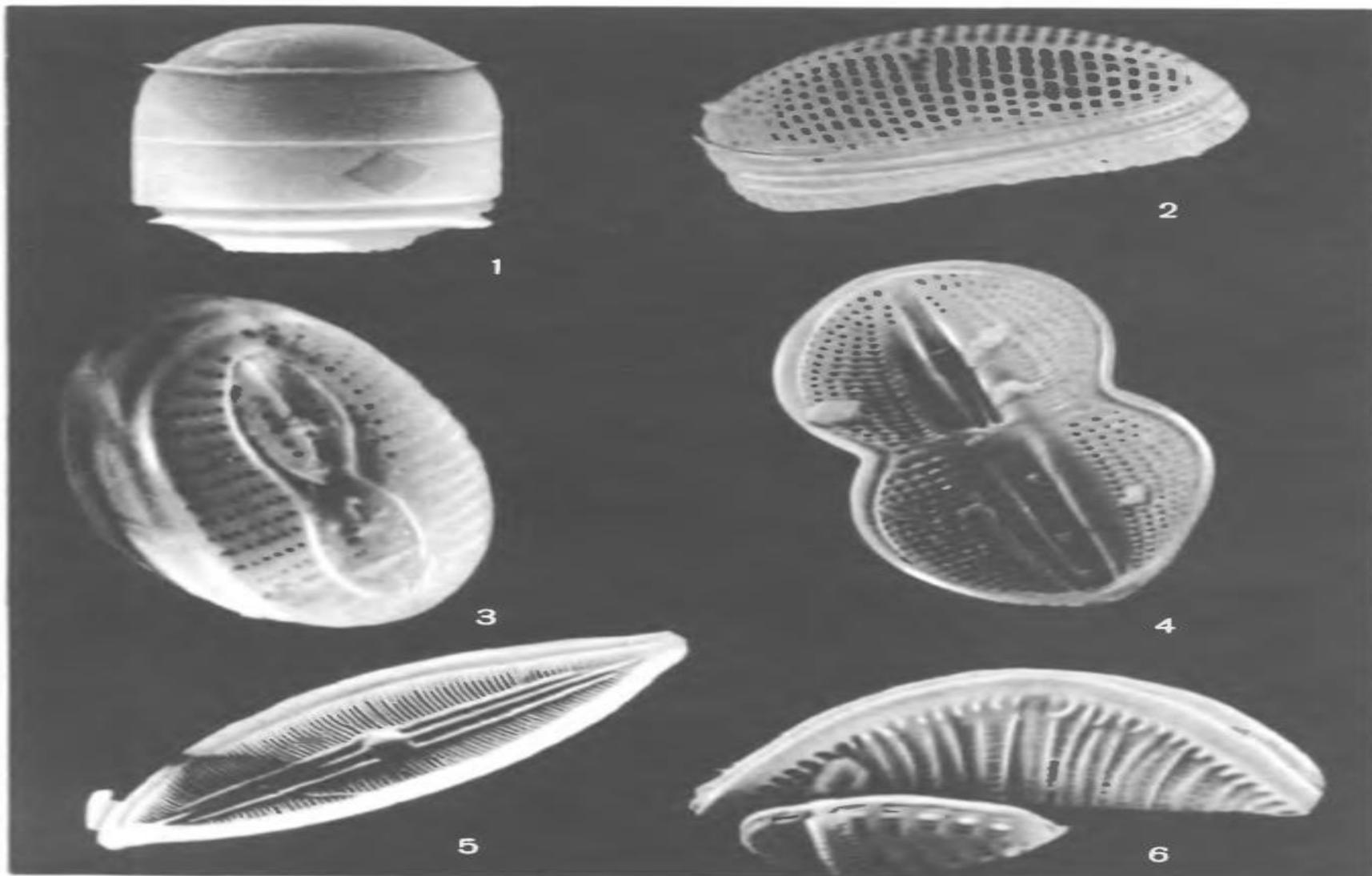
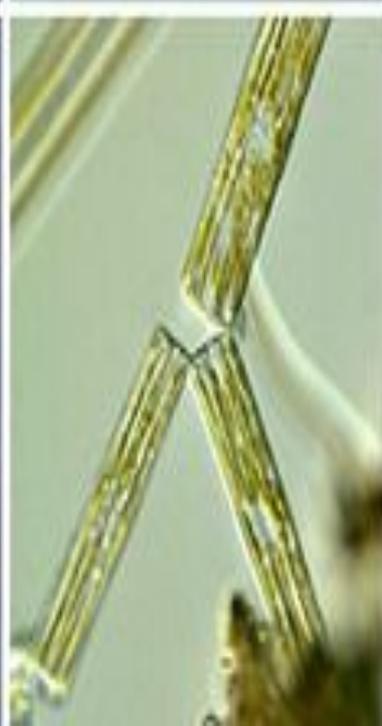
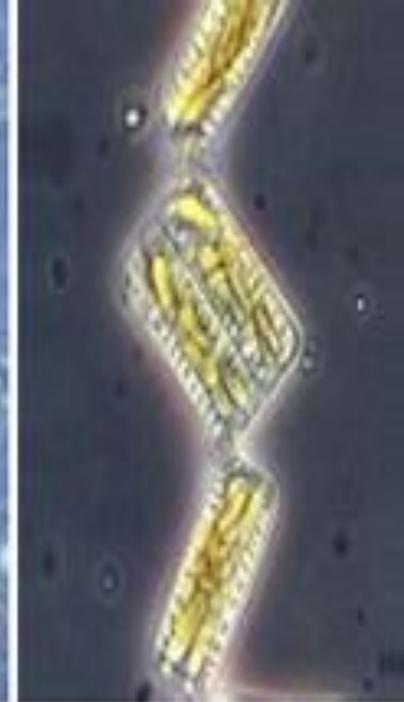
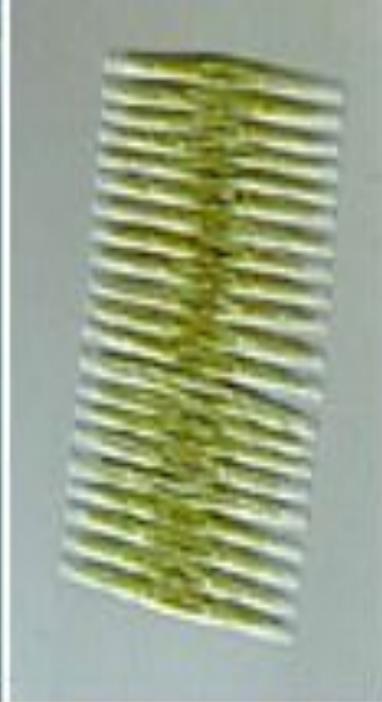


Таблица 11. Форма и структура панцирей современных видов диатомей:

1 — *Melosira nummuloides*; 2 — *Achnanthes brevipes* var. *parvula*; 3 — *Navicula brachium*; 4 — *Diploncis didyma*; 5 — *Mastogloia braunii*; 6 — *Rhopalodia musculus* var. *succincta*. Электронные микрофотографии Н. И. Карасовой.



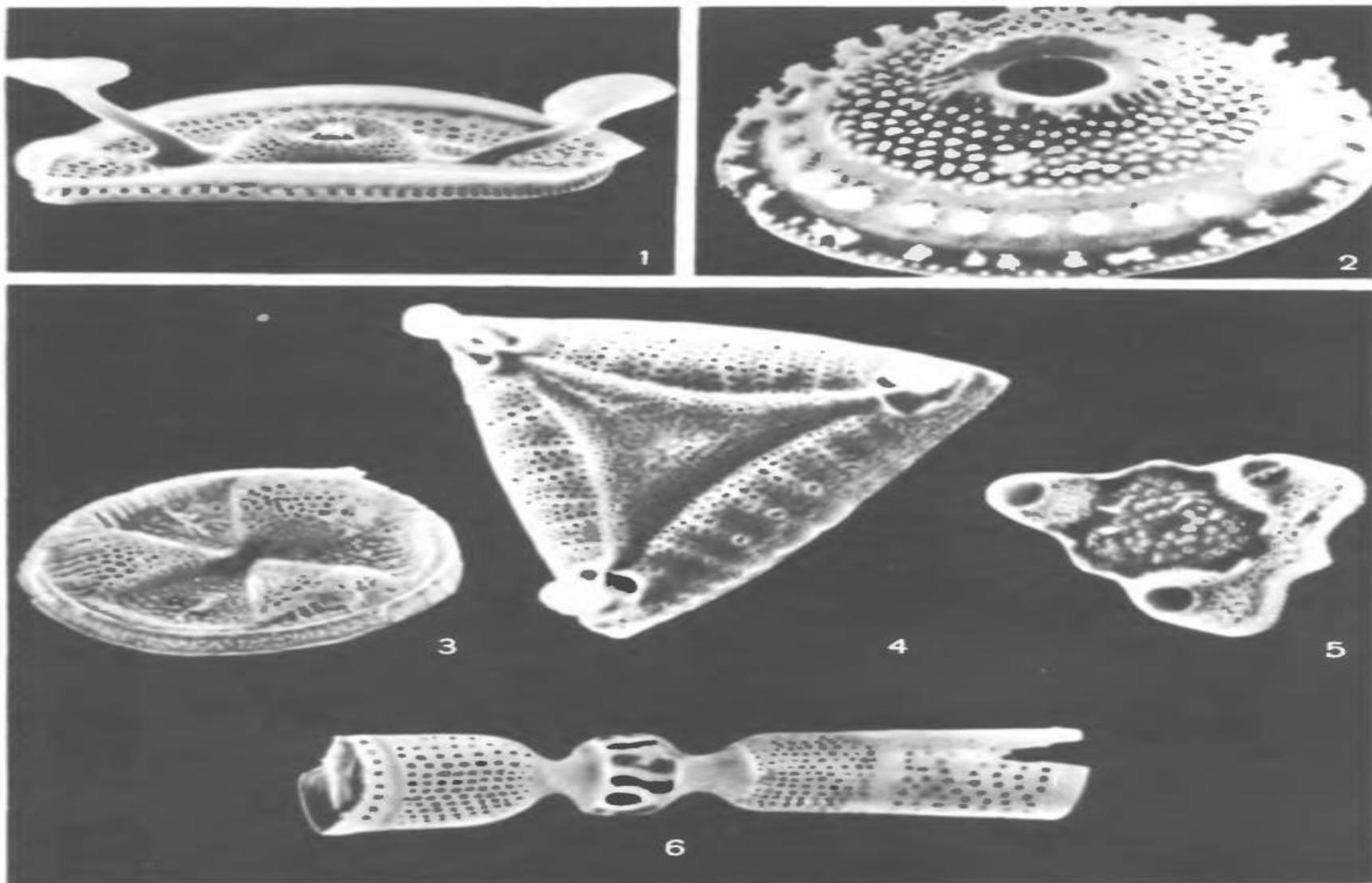


Таблица 12. Многообразие формы и структуры панцирей вымерших видов диатомей:

1 — *Kittonia elaborata*; 2 — *Porodiscus* sp.; 3 — *Actinoptychus senarius* (миоцен); 4 — *Entogonia* sp. (эоцен); 5 — *Triceratium flos* (эоцен); 6 — *Strangulonema barbadensis* (эоцен). Электронные микрофотографии: 1, 2, 3 — В. Уорнардта, 4, 6. — Х. С. Кальера, 5 — Р. Росса и П. Симс.

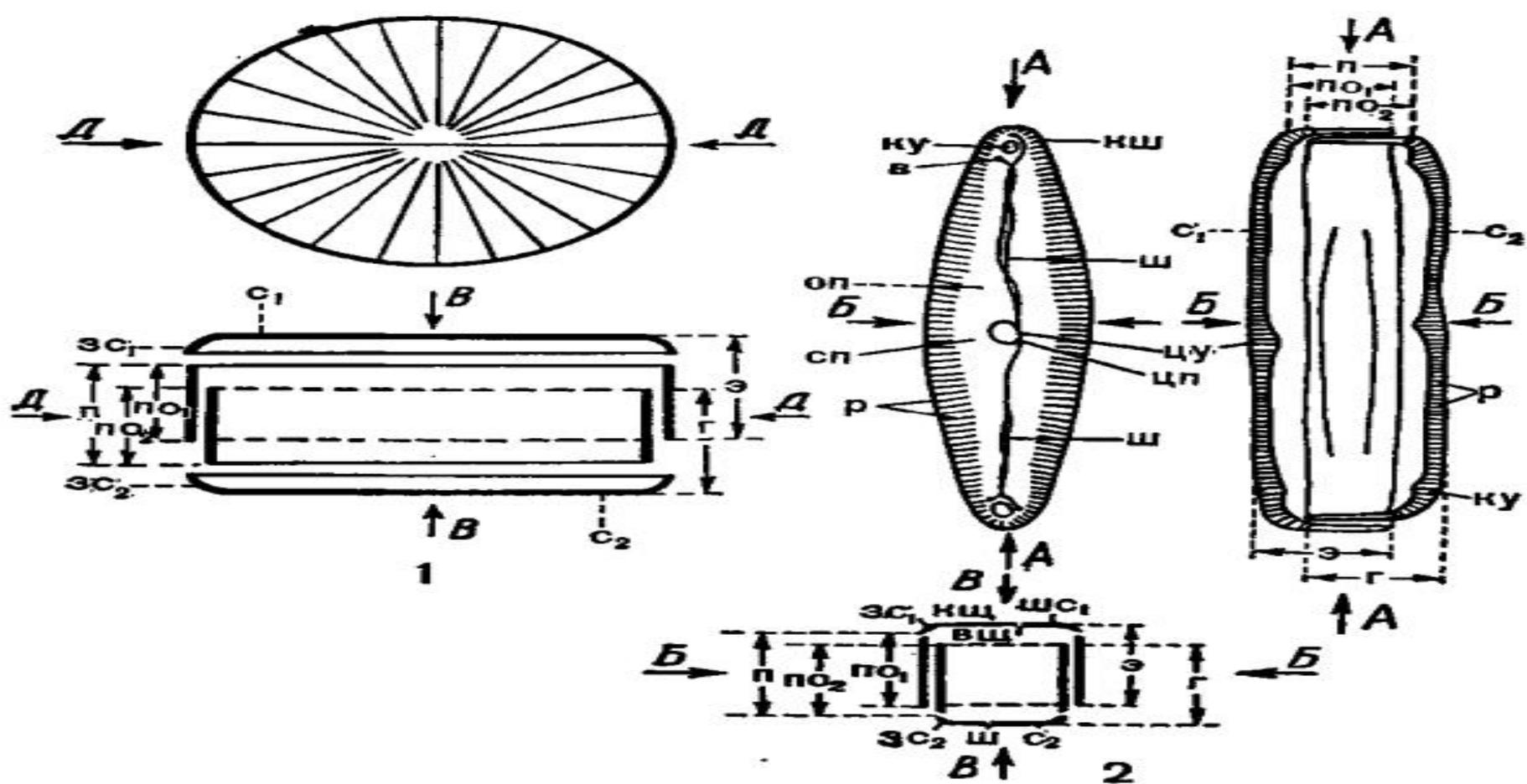


Рис. 80. Составные части панциря (схема):

1 — центрического типа: вверху — вид со створки, внизу — вид с пояска; DD — диаметр панциря, VV — центральная ось панциря; 2 — пеннатного типа: вверху слева — вид со створки, вверху справа — вид с пояска, внизу — сечение панциря в поперечной плоскости; AA — продольная ось, BB — поперечная ось, VV — вертикальная (первальварная) ось панциря. $э$ — эпитека, $г$ — гипотека, $с_1$ — створка эпитеки, $с_2$ — створка гипотеки, $эс_1$ — загиб створки эпитеки, $эс_2$ — загиб створки гипотеки, $по_1$ — поясковый ободок эпитеки, $по_2$ — поясковый ободок гипотеки, $р$ — ребра (ряды ареол), $цу$ — центральный узелок, $чп$ — центральная пора, $ш$ — шов, $ку$ — конечный (полярный) узелок, $кш$ — конечная (полярная) щель узелка, $в$ — воронка, $оп$ — осевое поле, $сп$ — среднее поле, $вщ$ — внутренняя щель шва, $нщ$ — наружная щель шва.

Шов

Большинство диатомей пеннатного типа характеризуется еще одним признаком — присутствием шва, представляющего собой короткую или длинную щель или две щели (ветви шва), прорезывающие стенку створки и идущие вдоль створки от ее концов к середине.

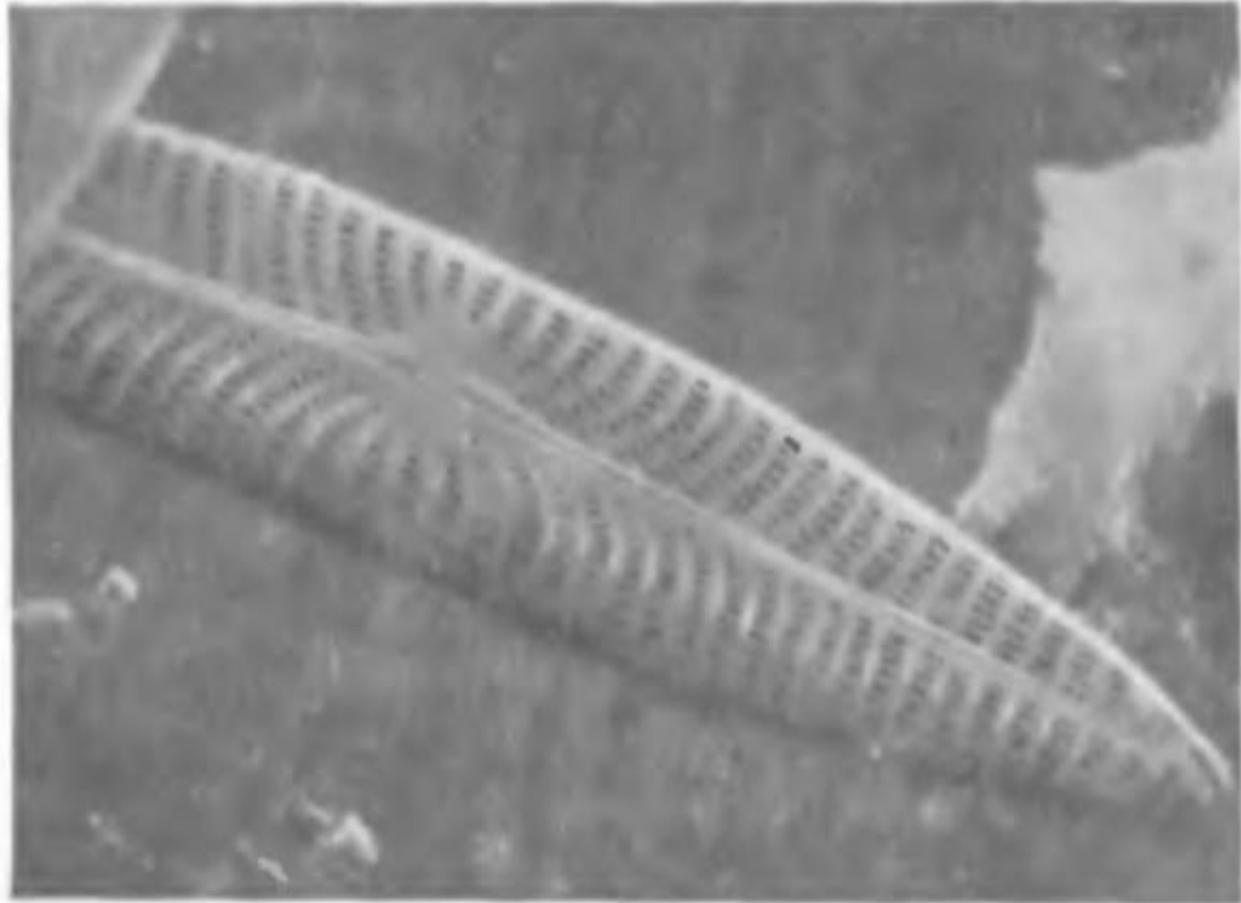


Рис. 83. Шов у *Navicula radiosa*.

Створка с проходящей вдоль нее щелью шва, которая в центральном узелке соединяется с другой щелью шва, а на конце створки заканчивается конечным узелком (X6000). Электронная микрофотография Н. И. Караевой.

Центральный узелок представляет собой внутреннее утолщение стенки створки, выпуклость на ее внутренней поверхности, а конечные узелки — внутреннее и наружное утолщения стенки створки.

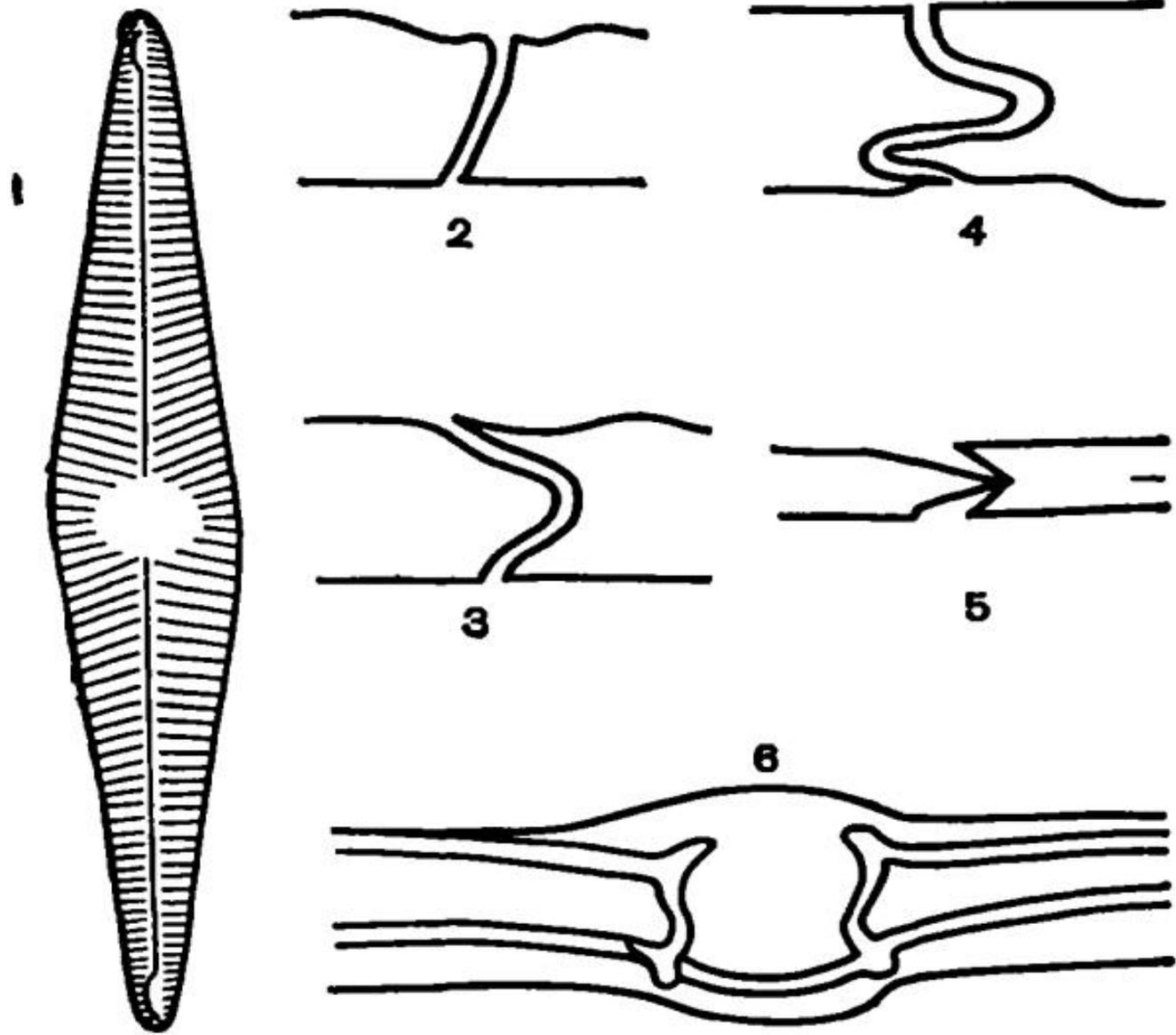


Рис. 84. Схема строения шва навиколоидного типа: 1 — створка со щелевидным швом, 2—5 — поперечный разрез щели шва, 6 — продольный разрез центрального узелка.

Вегетативное размножение

Вегетативное размножение диатомей происходит путем простого митотического деления. Цитокинез имеет ряд особенностей, связанных с наличием панциря. Поскольку получаемая от родительской клетки половинка панциря у дочерней становится эпитекой, а гипотека достраивается заново, размеры одной из клеток остаются равными родительской, а второй - становятся меньше. В ряде последовательных делений размеры клеток в популяции уменьшаются, а исходные максимальные размеры восстанавливаются либо за счет полового размножения, либо через формирование ауксоспор. Ауксоспоры могут возникать автогамно за счёт слияния двух гаплоидных ядер одной клетки или апогамно (из вегетативных клеток). В редких случаях для этого возможен выход цитоплазмы из панциря и формирование его заново

Головой процесс и образование ауксоспор

Ауксоспóра (от лат. *auxi* — расширять, увеличивать) — стадия жизненного цикла одноклеточных водорослей из класса диатомовых, обычно представляющая собой разросшуюся зиготу. Как и *покоящиеся споры*, ауксоспоры выполняют функцию восстановления диатомеями размера клеток, постоянно уменьшающегося в ходе бесполого размножения, поскольку новые панцири дочерние вегетативные клетки образуют внутри родительского

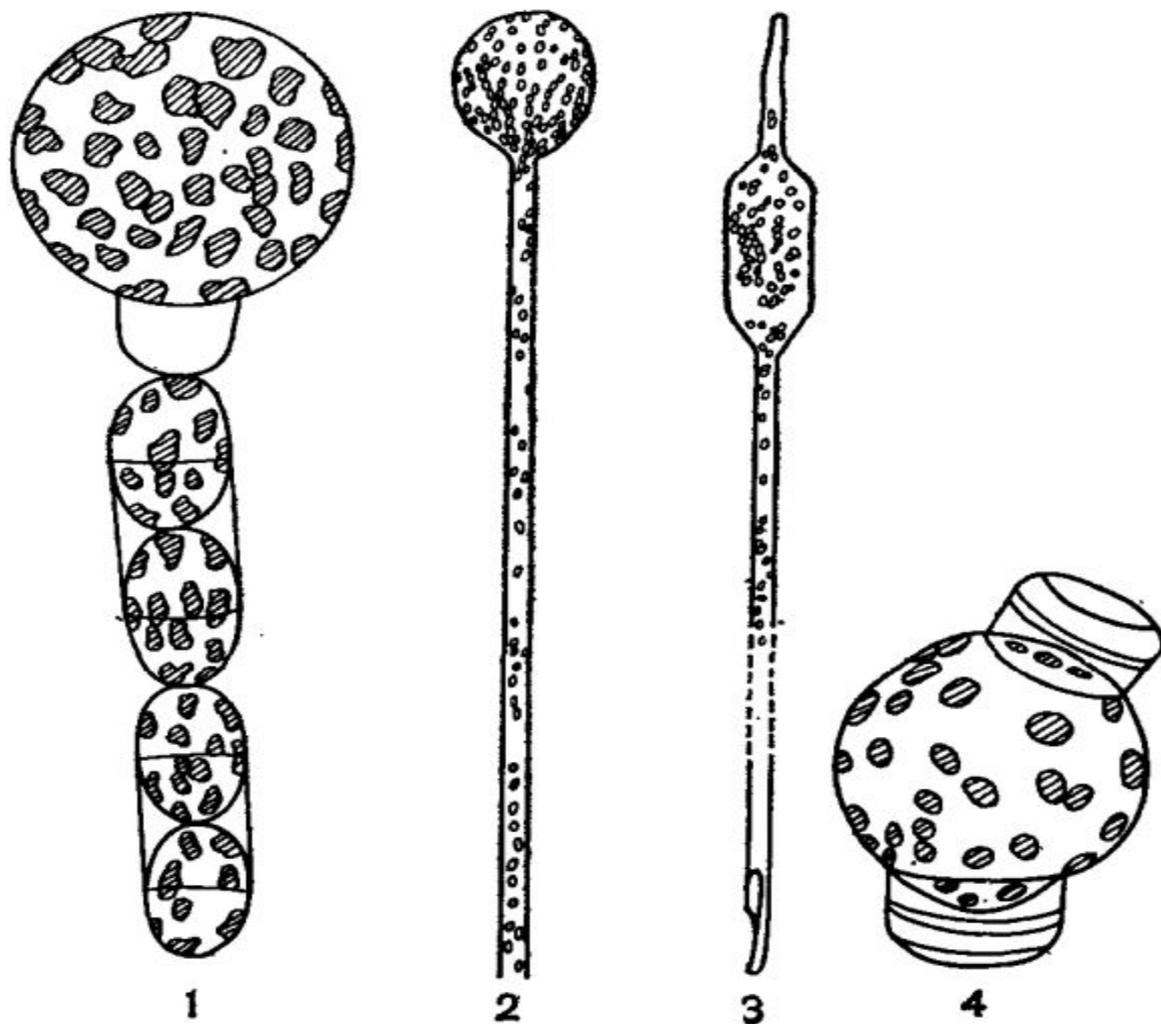


Рис. 92. Ауксоспоры: 1 — *Melosira moniliformis*, цепочка с конечной ауккоспорой; 2, 3 — *Rhizosolenia alata* (2 — начало образования ауккоспоры, 3 — зрелая конечная ауккоспора); 4 — *Thalassiosira excentrica*, интеркалярная ауккоспора.

- ✓ При изогамном половом процессе в двух материнских клетках образуется по две неподвижные гаметы, которые копулируют (сливаются) попарно
- ✓ Анизогамный (гетерогамный) половой процесс протекает двояко. В первом случае в ходе последовательных мейотического и митотического делений в каждой материнской клетке образуется по одной подвижной и одной неподвижной гамете. Подвижные гаметы передвигаются к неподвижным и сливаются с ними.
- ✓ При оогамном половом процессе женская репродуктивная клетка (оогоний) производит одну яйцеклетку или две, а мужская репродуктивная клетка (сперматогоний) образует или четыре сперматозоида, оплодотворяющих яйцеклетку.

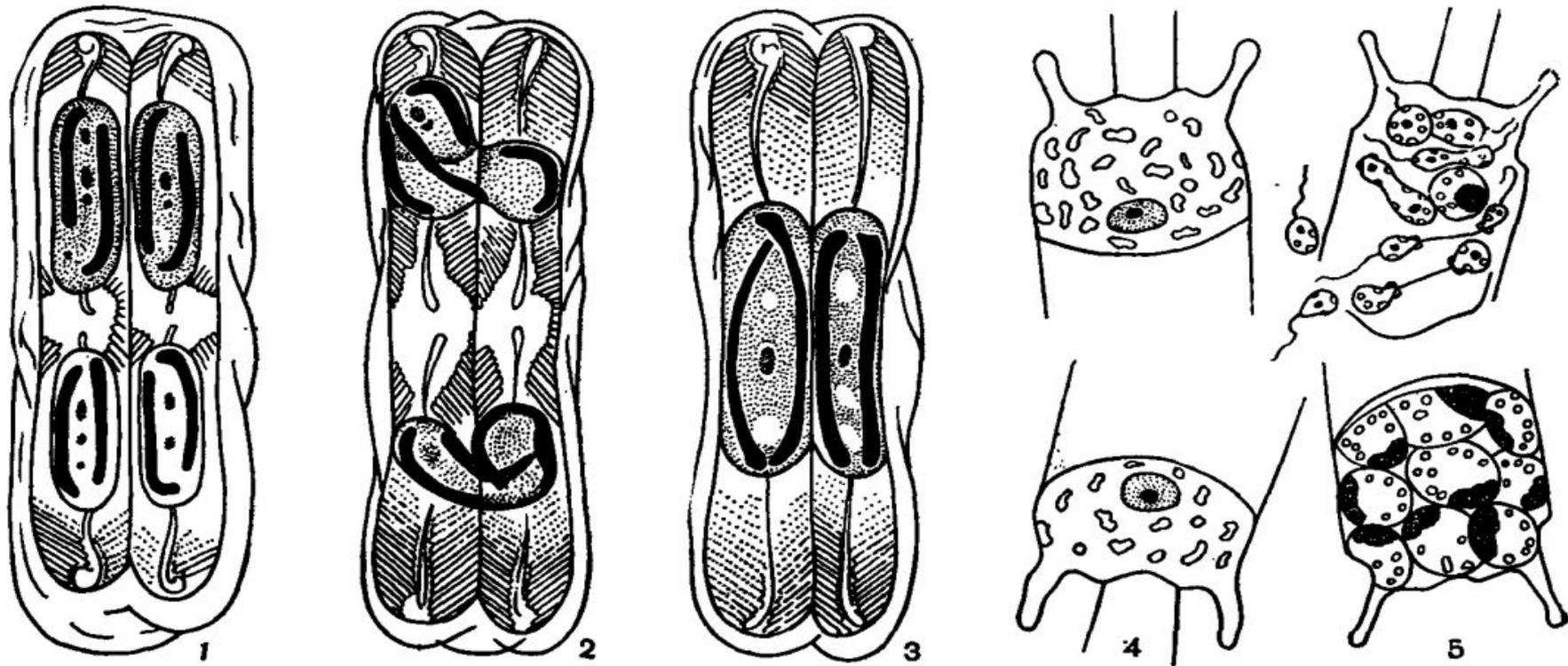


Рис. 91. Половой процесс у диатомей:

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

Покоящиеся споры

Образованию покоящихся спор обычно предшествует или обильная вегетация вида, или наступление неблагоприятных условий. Протопласт клетки сжимается, округляется, и на его поверхности появляется сначала первичная створка споры, а затем вторичная, обе плотно соединяются краями (поясок у них отсутствует). Створки часто отличаются структурными элементами, они покрыты шипиками, выростами и некоторыми другими образованиями. Обычно у диатомовых водорослей в клетке развивается только одна спора. Спустя определенное время покоящаяся спора, подобно ауксоспоре, увеличивается в объеме и дает начало новой клетке, вдвое большей по сравнению с исходной.

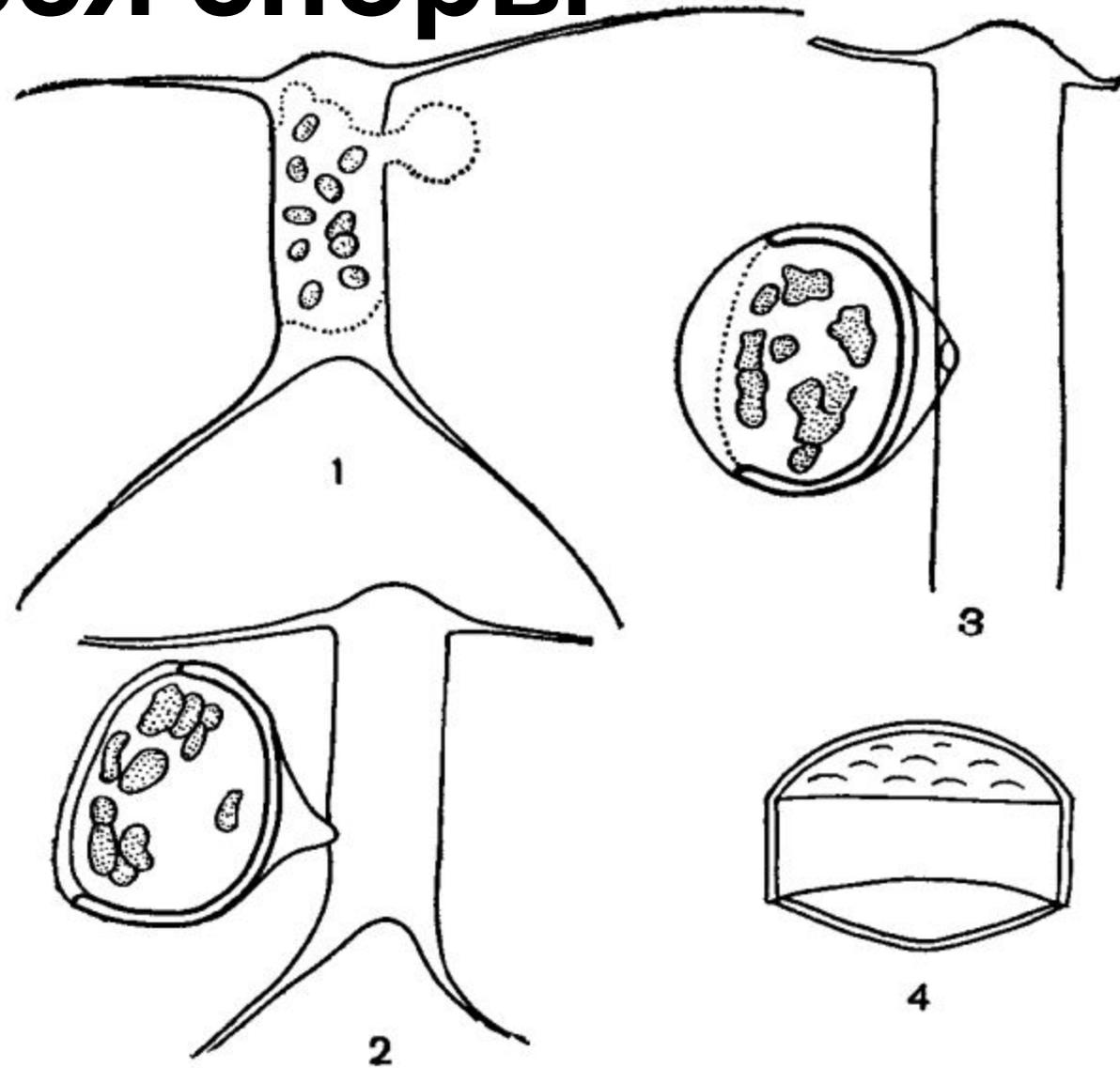


Рис. 93. Образование покоящихся спор:

1—4 — последовательные стадии развития споры у *Chaetoceros heterovalvatus*.

Способы передвижения

- Особый тип движения наблюдается у бациллярии парадоксальной (*Vacillaria paradoxa*), палочковидные клетки которой, образующие лентовидную колонию, способны перемещаться скользящими движениями одна относительно другой в направлении продольной оси панциря.
- Большинство диатомовых водорослей передвигается по субстрату, хотя некоторые движутся и в толще воды
- Одна из причин, вызывающих движение диатомей, — фототаксис. Некоторые виды обладают положительным фототаксисом, другие — отрицательным.



Колониальные формы

У некоторых диатомей клетки после деления не расходятся, образуя колонии.

Клетки в колониях не связаны между собой, плазмодесмы отсутствуют.

Клетки могут соединяться всей поверхностью створок, образуя нитевидные (у *Melosira*) или лентовидные (у *Fragilaria*) колонии.

Если клетки имеют клиновидную форму, формируется веерообразная колония (у *Meridion*).

Клетки, соединённые только уголками, формируют колонии в виде цепочек (*Tabellaria*) или звёздочек (*Asterionella*).

Колонии могут иметь вид слизистых трубок, внутри которых содержатся отдельные подвижные (*Navicula*, *Symbella*) или неподвижные клетки.

Колониальные диатомеи могут быть планктонными и прикреплёнными к субстрату слизистой ножкой[†]



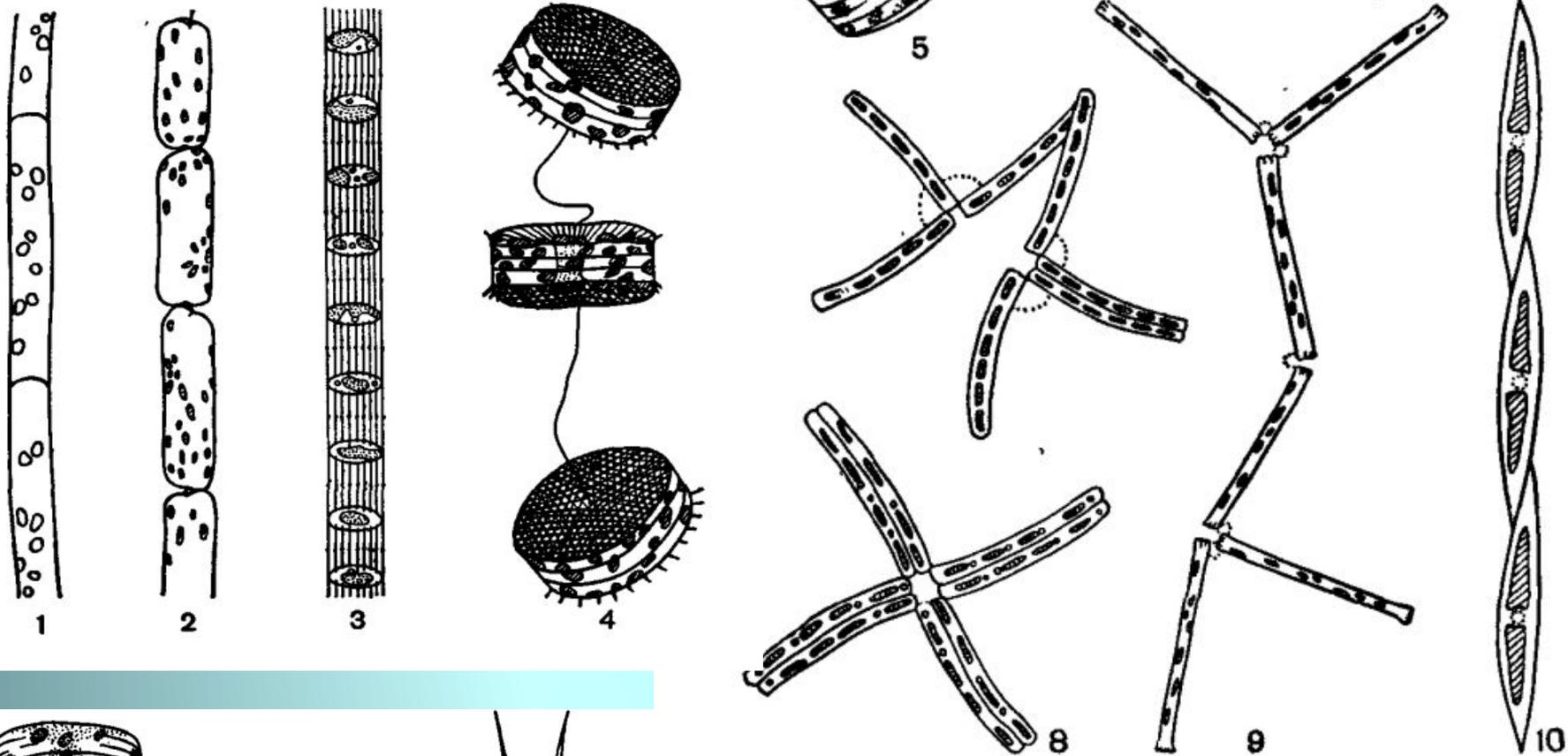
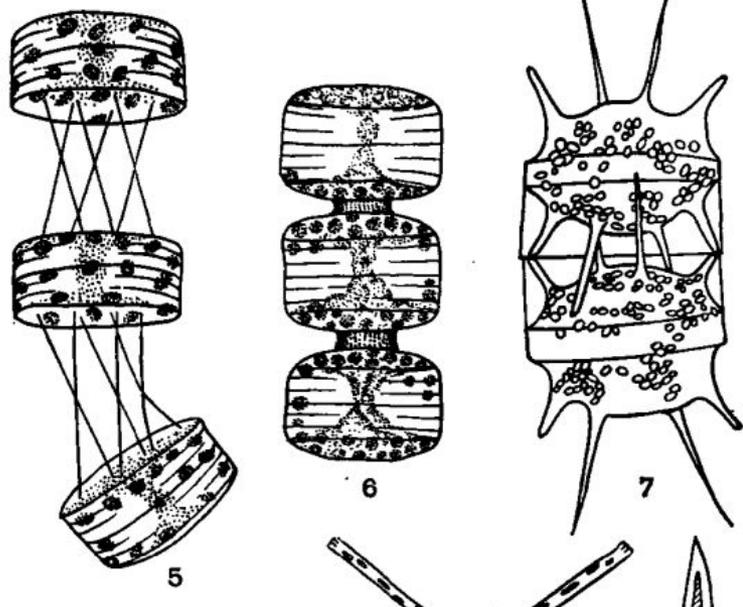


Рис. 95. Типы колоний:

1 — нитевидная колония (*Leptocylindrus danicus*); 2 — цепочковидная колония (*Rhizosolenia fragilissima*); 3 — цепочковидная колония (*Skeletonema costatum*); 4 — гибкая цепочка (*Thalassiosira excentrica*); 5 — гибкая цепочка (*Thalassiosira polychorda*); 6 — прямая цепочка, образованная при помощи выростов (*Biddulphia mobiliensis*); 7 — прямая цепочка, образованная при помощи выростов (*Biddulphia mobiliensis*); 8 — зигзаговидная цепочка (*Thalassionema nitzschioides*); 9 — зигзаговидная цепочка (*Diatoma elongatum*); 10 — нитевидная колония (*Nitzschia seriata*).



Значение

- ✓ постоянная кормовая база и первоначальное звено в пищевых цепях для многих организмов
- ✓ участвуют в процессах естественного очищения воды.
- ✓ играют первостепенную роль в осадконакоплении
- ✓ Силафины диатомовых перспективны для использования в области нанотехнологий, для получения материалов на основе диоксида кремния с заранее заданными свойствами



Зеленые водоросли Chlorophyta

ЧИСЛЕННОСТЬ: около 7000 видов

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ: микро- и макроскопические водоросли.

Хроматофоры чисто зеленые, разной формы.

ПИГМЕНТЫ: хлорофилл *a* и *b*, каротин, ксантофиллы.

ПРОДУКТ ЗАПАСА: крахмал.

ЭКОЛОГИЯ: преимущественно водные (большой частью - пресноводные); реже - наземные и симбионты с грибами (в лишайниках), простейшими.

РАЗМНОЖЕНИЕ:

вегетативное - деление, распад колонии и нитей (фрагментация)

половое - изогамия, гетерогамия, зигогамия (конъюгация), оогамия

бесполое - зооспоры, апланоспоры

СТРУКТУРЫ ТАЛЛОМОВ:

МОНАДНАЯ - одноклеточная структура со жгутиками и светочувствительным глазком - стигмой.

КОККОИДНАЯ СТРУКТУРА - одноклеточная безжгутиковая структура со стигмой

ПАЛЬМЕЛЛОИДНАЯ СТРУКТУРА - одноклеточная структура без жгутиков и стигмы, погруженная в общую слизь

МОНАДНАЯ - одноклеточная структура со жгутиками и светочувствительным глазком - стигмой.

КОККОИДНАЯ СТРУКТУРА - одноклеточная безжгутиковая структура со стигмой

ПАЛЬМЕЛЛОИДНАЯ СТРУКТУРА - одноклеточная структура без жгутиков и стигмы, погруженная в общую слизь

НИТЧАТАЯ (ТРИХАЛЬНАЯ) СТРУКТУРА - многоклеточная структура, имеющая вид нити

МОНОТРИХАЛЬНАЯ СТРУКТУРА - трихальная структура, клетки которой одинаковы по облику и выполняемым функциям

ГЕТЕРОТРИХАЛЬНАЯ СТРУКТУРА - трихальная структура, клетки которой отличаются по облику и выполняемым функциям

ПЛАСТИНЧАТАЯ СТРУКТУРА - многоклеточная структура, имеющая вид пластинки

ТРУБЧАТАЯ СТРУКТУРА - многоклеточная структура, имеющая вид трубки

СИФОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА - одноклеточная структура, состоящая из крупной многоядерной клетки

СИФОНОКЛАДАЛЬНАЯ СТРУКТУРА - многоклеточная структура, состоящая из ряда крупных многоядерных клеток

Класс собственно зеленые водоросли

Самый многочисленный класс одноклеточные, колониальные, ценобиальные организмы.

ЦЕНОБИЙ - тип организации, при которой организм изначально состоит из определенного числа клеток и его развитие сводится к увеличению их размеров

СТРУКТУРЫ ТАЛЛОМОВ:

монадная, коккоидная, пальмеллоидная, трихальная (моно- и гетеротрихальная)

КЛЕТОЧНОЕ ДЕЛЕНИЕ: при помощи фикопласта (**уникальность!**)

ФИКОПЛАСТ - пластинка из микротрубочек, располагающаяся в плоскости деления у собственно зеленых водорослей

ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ: с преобладанием гаметофита

ГАМЕТОФИТ - половое поколение, размножающееся гаметами

СПОРОФИТ - бесполое поколение, размножающееся спорами

ГАМЕТОСПОРОФИТ – растения, способные производить и гаметы и споры.

ЧЕРЕДОВАНИЕ ПОКОЛЕНИЙ – смена в жизненном цикле растения бесполого и полового поколения

ИЗОМОРФНОЕ ЧЕРЕДОВАНИЕ ПОКОЛЕНИЙ – чередование полового и бесполого поколений сходных по внешнему виду

ГЕТЕРОМОРФНОЕ ЧЕРЕДОВАНИЕ ПОКОЛЕНИЙ – чередование морфологический различных поколений

ЭКОЛОГИЯ: почти исключительно пресноводные; реже - вневодные формы

Ацетабулярия

- Род зеленых водорослей класса сифоновых. Слоевище высотой 0,4 - 5 (до 20) см, с вертикальной осью, несущей в вегетативном состоянии мутовки тонких веточек. При созревании веточки опадают и на вершине образуется диск в виде зонтика, разделенный на секторы. В основании вегетативного слоевища - гигантское ядро (до 1,7 мм)



Порядок Сифонокладовые (Syphonocladales)

Структура таллома сифонокладальная; деление клеток и ядер - независимое

Размножение:

- бесполое: 4-х или 2-х жгутиковыми зооспорами, иногда апланоспорами
- половое: изогамия, гетерогамия

Бывает изоморфное чередование поколений

Экология: морские, пресноводные обитатели; лишенизированные виды

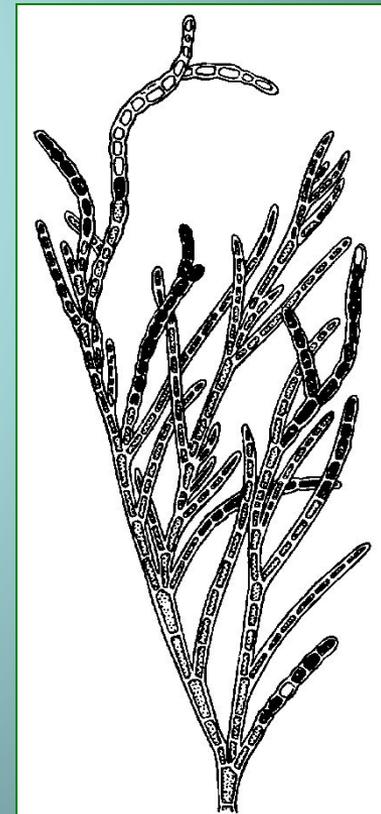


Род Валония

- пузыревидный сифональный таллом с ризоидом. Крайние отчленивающиеся клетки могут становиться вторичными ризоидами или ветви (2 и 3 порядка)
- бесполое размножение: зооспорами
- половое размножение: гетерогамия

Род Кладофора

- на ранних стадиях развития таллом прикрепленный к субстрату
- таллом ветвистый, оболочка клеток целлюлоза + хитин
- бесполое размножение: 4-х жгутиковыми зооспорами, образующимися в крайних клетках ветвей
- половое размножение: 4-х жгутиковыми гаметами
- чередования поколений изоморфное или отсутствует



Кладофора

- Род зеленых водорослей. Микроскопические прикрепленные организмы из однородных разветвленных нитей. Около 200 видов, в морях и пресных водоемах.



Кладофора



Каулерпа



- Стеблевидная стелющаяся часть каулерпы длиной до 1-2 м, вертикальные побеги высотой до 30 см. Около 60 видов. Встречаются в тропических и субтропических морях. В странах Азии и Океании используются в пищу.

Класс Ульвовые (Ulvophyceae)

Структура: талломы трихальные, паренхиматозные, сифоновые, сифонокладальные

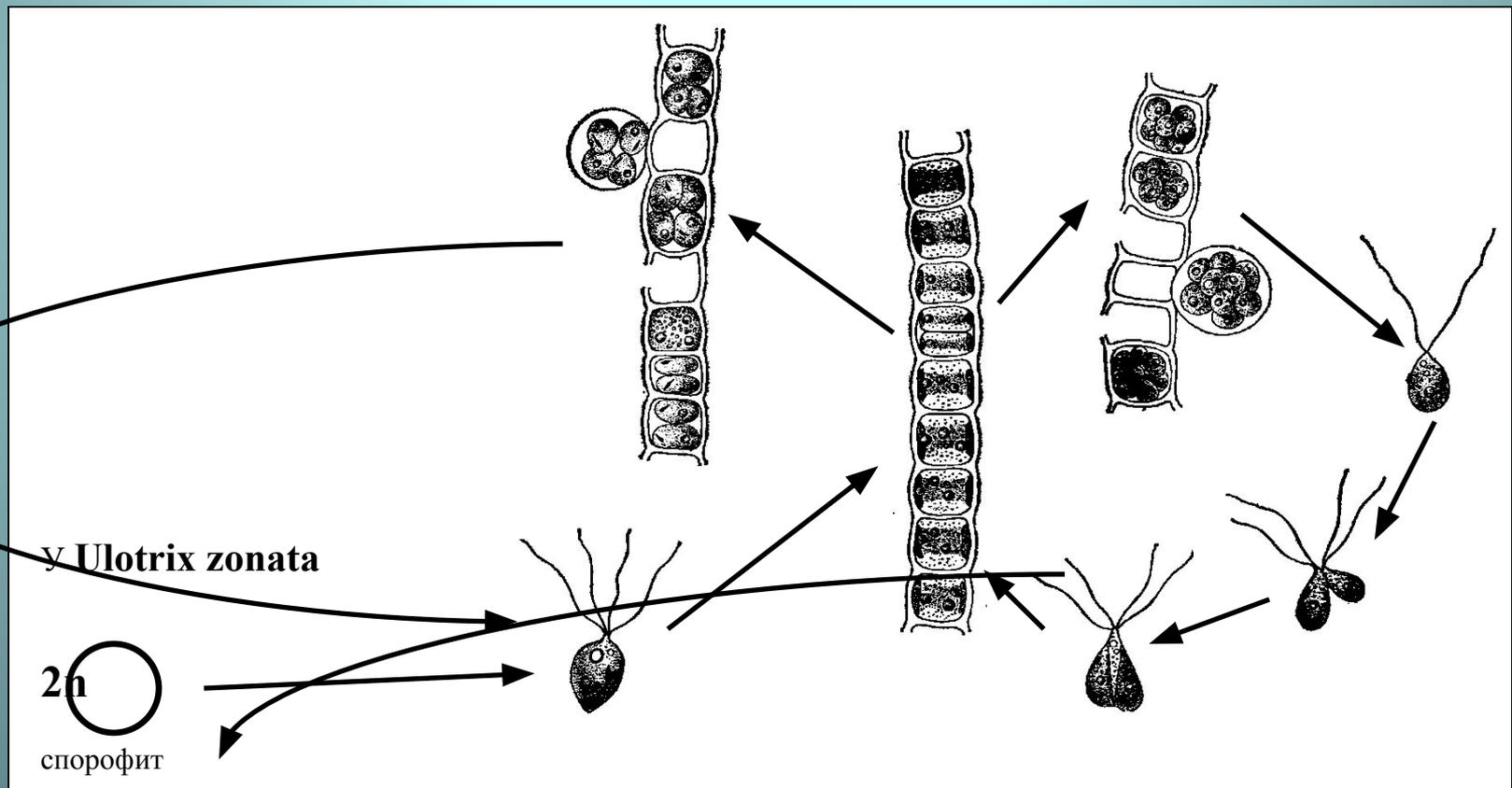
Экология: в основном морские формы.

Порядок Улотриковые (Ulotriales)

Нитчатые или пластинчатые формы.

В жизненном цикле - чередование долговечной гаплофазы и короткой диплофазы (изо- или гетероморфное чередование)

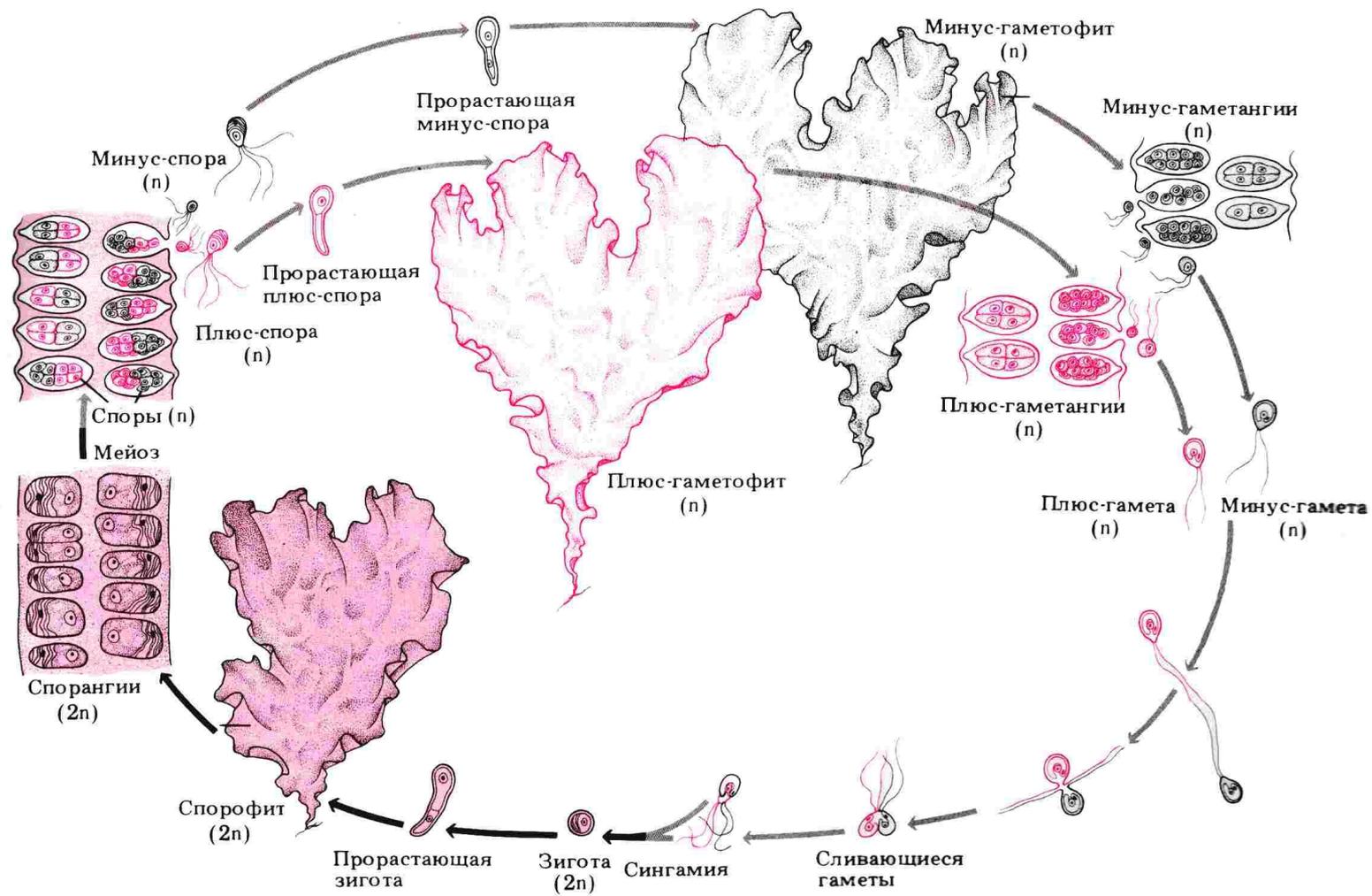
Базальные клетки; хроматофор в виде незамкнутого кольца



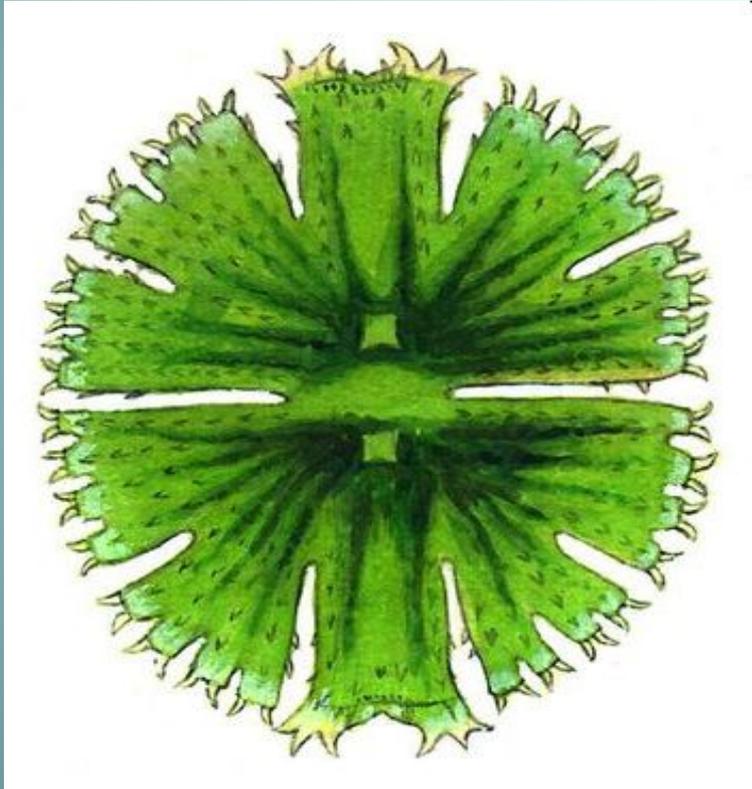
Ульва



- Ульва (морской салат), род улотриксовых водорослей. Слоевище пластинчатое, высота до 30-150 см. Всего около 20 видов. Обитают в субтропических и умеренных морях; в России 3 вида. Съедобны.



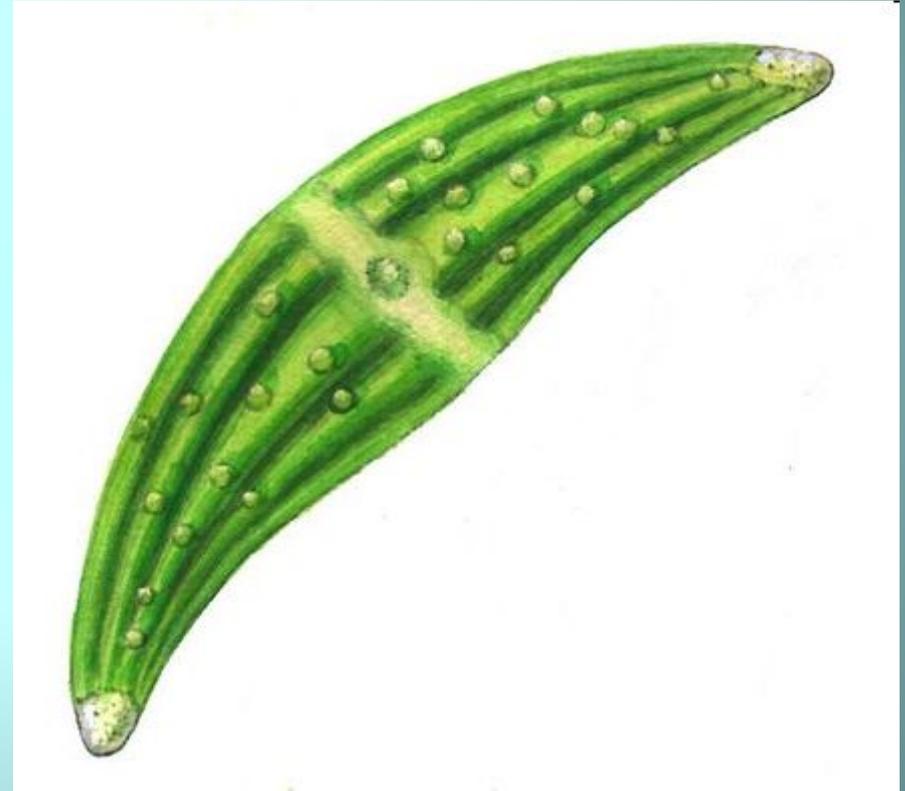
Микрастериас



- Одноклеточная зеленая водоросль семейства касмариевых. Встречается в озерах, реках, ручьях, канавах, прудах.

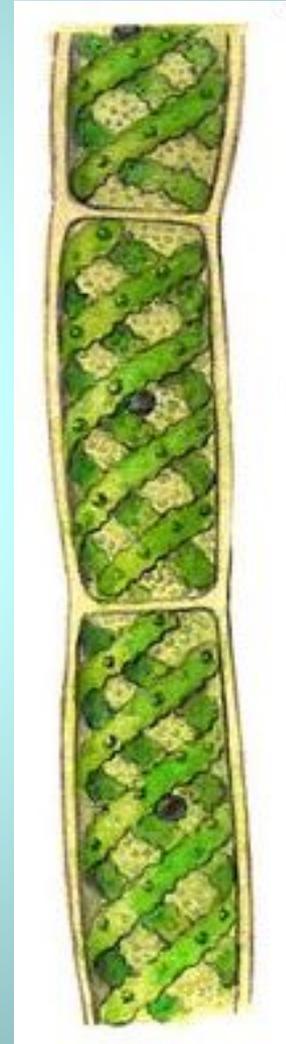
Клостериум

- Водоросли рода клостериум (Closterium) – одноклеточные организмы. Известно около ста видов этого рода, обитающих в прудах, сфагновых болотах, небольших спокойных озерах. Серповидно изогнутая, с заостренными концами клетка клостериума состоит из двух симметричных половинок – полуклеток. Клеточная стенка также состоит из двух половинок, спаянных в плоскости симметрии. В ней имеются поры, особенно крупные на концах клетки. Выделяясь через поры на одном конце клетки, слизь приподнимает его; после этого слизь начинает выделяться на другом конце. Таким образом клетка клостериума «кувыркается», передвигаясь вблизи дна.



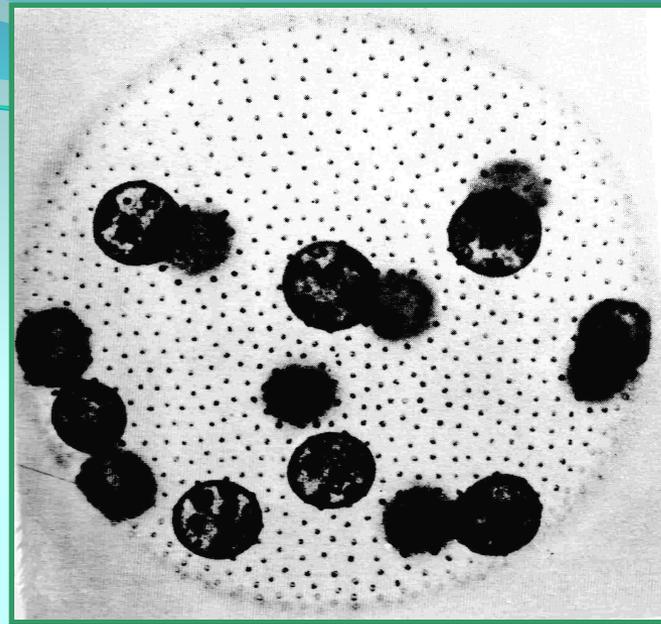
Спирогира (Spirogyra).

- Род нитчатых зеленых водорослей. Около 340 видов, в пресных водоемах со стоячей или медленно текущей водой. Образуют тину.



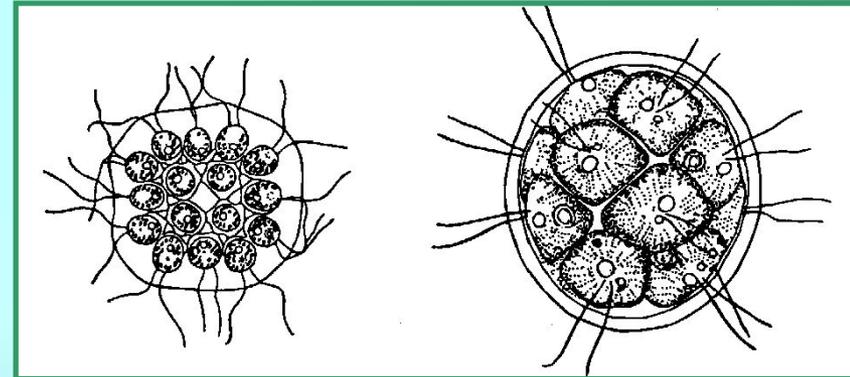
Род Вольвокс (Volvox)

- шаровидный ценобий из 50-60 тысяч клеток (до 3 мм диаметром)
- дифференциация клеток (вегетативные и генеративные - гонидии)
- дочерние колонии - внутри материнской
- половой процесс - оогамия. 5-15 клеток антеридии, 30 - оогонии



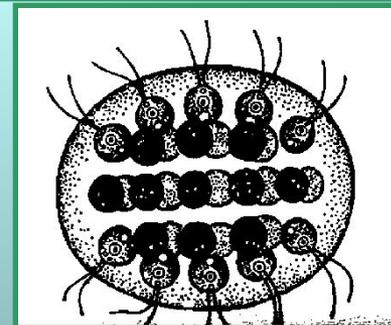
Рода Гониум (Gonium) Пандорина (Pandorina)

- ценобий (подвижная пластинка или шаровидная колония из 4-16 клеток)
- половой процесс - изогамия

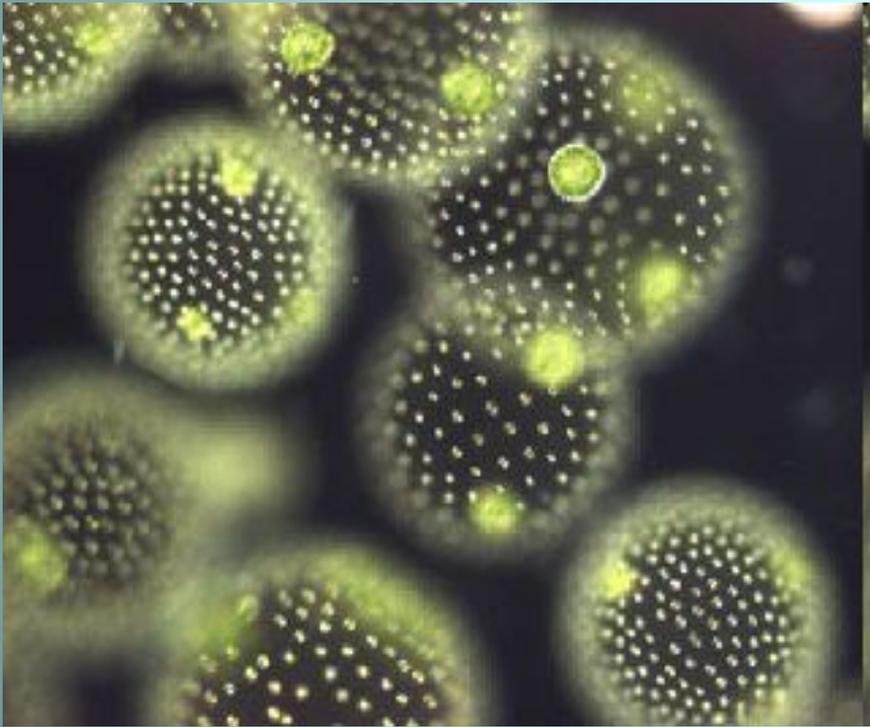


Род Эвдорина (Eudorina)

- эллипсоидный ценобий
- половой процесс - гетерогамия



Вольвокс



- Зеленые водоросли *volvox globator* существуют как сферическая колония клеток. Каждая клетка имеет два жгутика - с их помощью вся колония движется по воде.