

Лекция 2

Физиология и экология диатомовых водорослей

Фотосинтез

- Диатомовые водоросли автотрофные растения, т.е. питающиеся путем синтеза органических веществ из неорганических.
- Процесс образования органического вещества происходит в хлоропластах с помощью пигмента в процессе фотосинтеза.
- Эти пигменты следующие: хлорофилл а, хлорофилл с, β -каротин, фукоксантин, диатоксантин, диадиноксантин, неофукоксантин А и неофукоксантин В.
- Содержание пигментов подвержено колебаниям в зависимости от интенсивности света, его качества, содержания питательных веществ в среде, от состояния клетки и ее возраста.
- Химизм фотосинтеза у диатомей несколько иной, чем у других растительных организмов, у которых конечным продуктом фотосинтеза являются углеводы, тогда как у диатомей – жиры.

Освещенность

- Различают три зоны освещенности:
- эуфотическая – от поверхности до 80 м глубины, в ней происходит фотосинтез;
- дисфотическая – от 80 до 2000 м;
- афотическая – ниже, в которой свет отсутствует.
- Исследования показали, что наибольшая интенсивность фотосинтеза совпадает с наибольшей солнечной радиацией.
- Среди диатомей, как планктонных, так и бентосных, существуют светолюбивые и тенелюбивые виды, у которых различны интенсивность фотосинтеза и коэффициент использования солнечной энергии при одинаковой радиации.
- У светолюбивых видов фотосинтез идет параллельно радиации и достигает максимума в полдень, а у тенелюбивых – днем наблюдается депрессия фотосинтеза, а максимум интенсивности этого процесса приходится на утренние и послеполуденные часы.
- У бентосных форм интенсивность фотосинтеза на единицу биомассы значительно больше, чем у планктонных, Это закономерно, потому что бентосные диатомеи имеют крупные, интенсивно окрашенные пигментами хлоропласты, т.е. общее количество фотосинтезирующих пигментов у них значительно

Питание

- Для нормального роста и размножения диатомеям необходимы: **фосфор, азот, кремний, сера, кальций, магний, калий, железо, марганец**, а также некоторые другие элементы в очень малом количестве и не для всех диатомей.
- Фосфор необходим для роста диатомей, он усваивается в виде соединений фосфорной кислоты, т.е. фосфатов.
- Азот диатомей способны использовать в виде неорганических и органических соединений: нитратов, нитритов и аммиака.
- Кремний лимитирует количественное развитие диатомей. Он усваивается ими, по-видимому, в виде кремневой кислоты, также известна способность диатомей усваивать кремний неорганических соединений, освобождаемый в результате расщепления каолиновых глинистых частиц в воде.

- Диатомеи особенно требовательны к железу. Диатомовые водоросли лучше развиваются тогда, когда в воде железа содержится больше, и в тех водоемах, где всегда содержание железа выше.
- Значение прочих солей в питании диатомей в природных условиях еще недостаточно исследовано, о необходимости многих из них можно судить только по влиянию их на рост (деление) диатомей в культурах. Стимулируют рост диатомей низкие сульфатные соединения, которые играют роль при усвоении кремния, а также бор, кальций, магний, марганец, йод, медь и некоторые минеральные вещества, роль которых еще не выяснена.
- К содержанию в воде NaCl диатомеи относятся различно, одни отрицательно, другие положительно, среди последних имеются формы, нуждающиеся в определенном количестве NaCl, и формы, выносящие NaCl в широких пределах.
- Автотрофные диатомеи помимо неорганических соединений требуют для своего роста в небольшом количестве некоторых органических веществ. К этим органическим веществам относятся **витамин В12, глицин, мочеви́на, мочева́я кислота, глютамин**, а также **органические соединения азота и**

Температура

- Для роста диатомей необходима определенная температура, они могут существовать при температуре 1-30 град.С, но оптимум для разных видов различный. У тепловодных видов оптимальный рост наблюдается при температуре от 20 до 28 град. С, у холодноводных – от 10 до 15 град.С. При температуре свыше 37 град. и ниже 1 град. у диатомей фотосинтез не происходит.
- Температура и свет регулируют питание, фотосинтез и рост (деление) диатомей.

Особенности диатомей

- Особенностью диатомей является большое содержание золы и жиров, превышающее содержание их у всех прочих водорослей. Высокое содержание золы объясняется наличием у диатомей кремневого панциря, достигающего 60% сухого веса клеток, а у бентосных видов часто и выше.
- Содержание жиров в клетке достигает 20% сухого веса. Содержание жиров и кремния варьирует в зависимости от географического положения водоема, сезона года, условий среды и состояния клеток диатомей.

Воспроизводство

Деление

- Размножение диатомовых водорослей происходит в основном путем вегетативного деления клетки на две.
- Наиболее интенсивно деление происходит в сезон, благоприятный для вегетации: весной и в начале лета, и постепенно уменьшается к осени, достигая минимума зимой. Содержание в воде кремния, фосфора, азота и биогенных веществ лимитирует рост диатомей, соответственно повышая и понижая темпы их деления.
- Например, у *Skeletonema costatum* максимальные темпы деления (апрель-май) 3-4 часа, а минимальные – 2-25 дней.
- Годичное увеличение биомассы диатомей довольно значительно: от 138 до 360% их веса.
- В результате делений происходит постепенное уменьшение размеров клетки

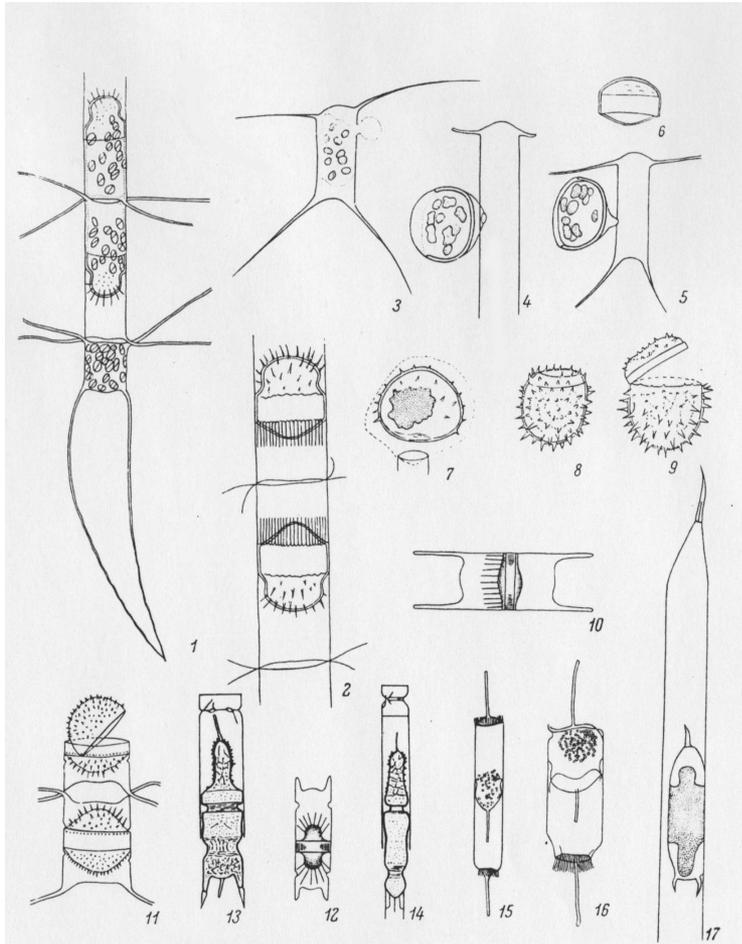
Микроспоры. Ауксоспоры

- У многих морских, преимущественно, планктонных, диатомей наблюдались в клетках мелкие тельца, которые рассматривались как микроспоры. Известно размножение микроспорами у *Sosonoeis ceticola*, обитающего на коже китов. Безжгутиковые микроспоры, освободившись из материнской клетки, укрепляются близ нее на коже кита и вырабатывают панцирь. Процесс возникновения этих микроспор гистологически не изучен.
- Диатомовые водоросли – единственная группа среди растительных организмов, у которых в жизненном цикле имеется стадия ауксоспрообразования. Процесс образования ауксоспор – стадия омоложения вегетативной клетки. Известно, что по мере деления клеток последние прогрессивно уменьшаются в размерах до определенного предела, свойственного виду, после которого клетка сбросив панцирь, остается в пектиновой оболочке и начинает увеличиваться до первоначального размера, а затем вырабатывает новый панцирь.

Покоящиеся стадии

- Диатомеи, обитающие в пересыхающих водоемах, способны переносить более или менее длительные периоды сухости. Наблюдения показали, что при подсыхании клетки протопласт передвигается к одному из ее концов и вследствие потери клеточного сока сильно сжимается. В таком состоянии покоя клетка может находиться некоторое время, а после наступления благоприятных условий жизнедеятельность их возобновляется.
- У большинства диатомей (и, как правило, у видов рода ***Chaetoceros***) образование спор предшествует делению вегетативной клетки на две, каждая из них в дальнейшем явится материнской клеткой споры. При образовании спор протопласт материнской клетки сжимается, округляется и на поверхности его сначала возникает первичная створка споры, затем вторичная, последняя вдвигается своими краями в края первичной (***Chaetoceros***) или обе створки смыкаются своими краями (***Melosira***). После этого хлоропласты и ядро становятся неразличимыми, все содержимое клетки делается гомогенным. У большинства видов первичная, а часто и вторичная створки покрыты шипиками, бородавками, реже морщинками и выростами. Скульптура оболочки споры постоянная для каждого вида и является одним из наиболее важных видовых признаков.

Покоящиеся споры и их образование



1,2 – *Chaetoceros lauderi* Ralfs: 1 – образование спор, 2 – зрелые споры;
3-6 – *Ch. heterovalvatus* Pr.-Lavr.: 3-5 – последовательные стадии развития споры, 6 – зрелая спора;
7-9 – *Leptocylindrus danicus* Cl.: 7 – образование спор, 8 – зрелая спора, 9 – створка споры открыта;
10 – спора *Hemiaulus hauckii* Grun., 11 – *Chaetoceros affinis* Laud., зрелые споры, одна из них открыта; 12 – спора *Biddulphia* (Lyngb.) Breb.;
13-14 – споры *Cerataulina bergonii* Perag. : 13 – с фронтальной стороны, 14 – с боковой стороны;
15,16 – *Ditylum brighwellii* (West) Grun.: 15 – образование споры, 16 – зрелая спора; 17 – спора *Rhizosolenia carcaravis* M., Schultze.

БИОЛОГИЯ

- **1. Движение**

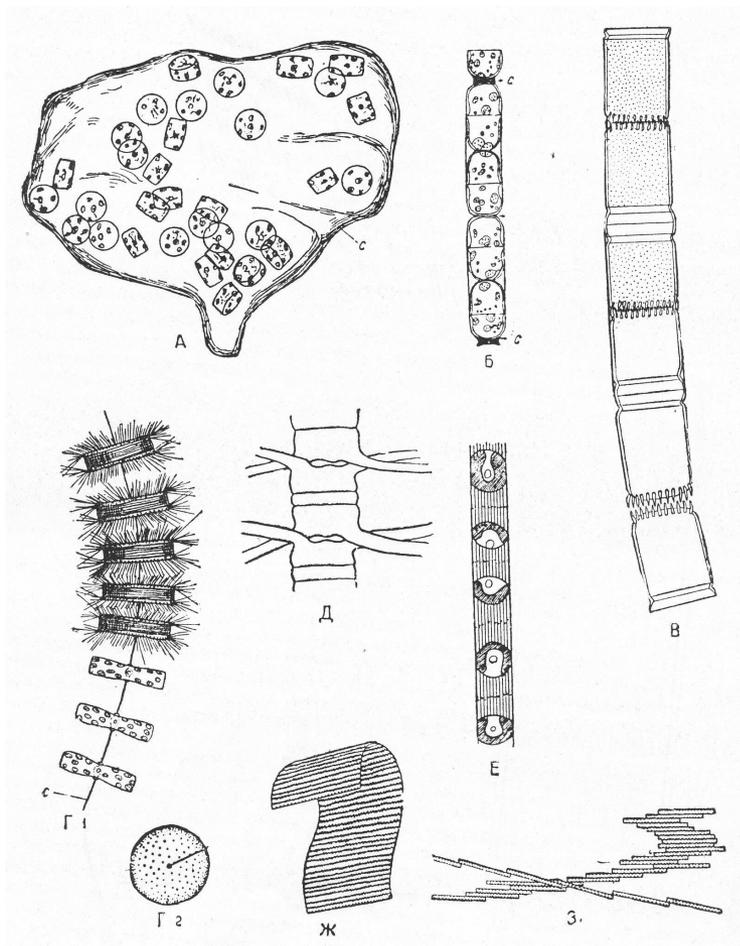
- Движения диатомей носят разнообразный характер. У *Pinnularia* и *Navicula* клетки движутся поступательно вперед, временами это движение идет в обратном направлении и слегка в стороны от продольной оси панциря. Большинство диатомей движется по субстрату, имея точку опоры, а некоторые движутся в толще воды, не нуждаясь в опоре.

- **2. Парение**

- Для планктонных диатомей основным жизненным условием является способность парения в воде. Клетки планктонных диатомей имеют небольшую удельную массу, их хлоропласты мелкие, цитоплазма имеет сравнительно небольшой объем, они богаты многочисленными включениями капелек масла. Панцирь их тонкий густо пронизанный тончайшими порами, масса его исключительно мала. Кроме того, многие пелагические морские виды снабжены тонкими щетинками, которые у многих видов густо пронизаны порами, вследствие чего они выполняют роль поплавков.
- Помимо морфологической адаптации к парению пелагические виды обладают еще и физиологической приспособляемостью.

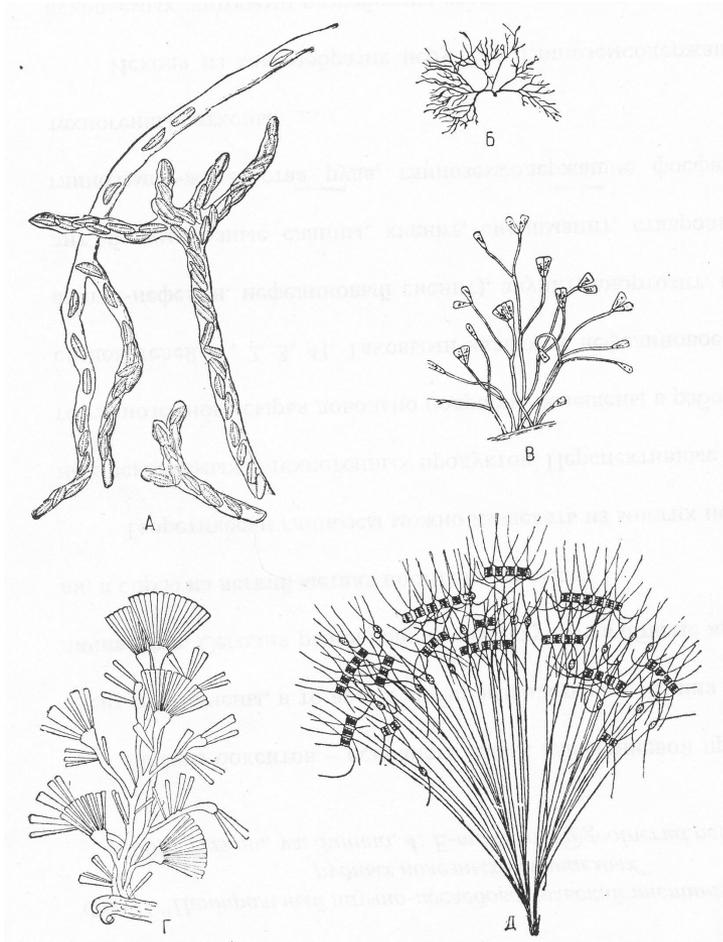
- Диатомовые водоросли живут одиночными клетками или образуют колонии. Одиночно живущие диатомеи бывают подвижными и неподвижными, свободно плавающими и прикрепленными к субстрату. Колонии, прикрепленные к субстрату, обычно неподвижны, свободноплавающие также неподвижны, только редкие из них подвижны.
- **Три основных типа колоний:**
- 1. Колонии , клетки которых выделяют большое количество слизи, в которую они целиком погружены (бесформенные колонии и оформленные колонии).
- 2. Ленточные, зигзаговидные и звездчатые колонии. Для них характерно скрепление смежных клеток с помощью слизи или зубчиков и выростов панциря.
- 3. Удлиненная инициальная клетка, укрепившись на субстрате слизью, выделяемой слизевой порой, образует слизистую подошву и в результате делений этой клетки возникает пучковидная колония.

Типы колоний (первый и второй типы)



- А – слюдистая колония;
- Б, В – лентовидные колонии;
- Г, Д, Е, Ж, З – цепочковидные колонии;
- Ж - сжатая колония;
- З – раздвинутая колония

Типы колоний (третий тип)



- А, Б, В, Г – кустистые колонии
- Д – сложная пучковидная колония

ИЗМЕНЧИВОСТЬ

- Проблема изменчивости диатомей, направленность ее и границы чрезвычайно важна для систематики диатомей.
- По природе изменчивость бывает прирожденной и проявляется в жизненном цикле вида – это видовой полиморфизм, как у *Melosira granulata*
- Некоторым диатомовым водорослям свойственен сезонный диморфизм, который хорошо выражен у *Rhizosolenia hebetate*, имеющий зимнюю форму - *f. hiemalis* и летнюю – *f. semispina*. Обе формы настолько разные, что были описаны как самостоятельные виды. Сезонный диморфизм известен у *Chaetoceros socialis* и *Ch. radians*, которые оказались сезонными формами одного вида (*Chaetoceros socialis*) они отличаются строением колоний, но клетки и споры тождественны у обоих сезонных форм.
- Изменение формы, размеров и отчасти расположения структуры панциря и створки происходят или в результате длинного ряда делений клетки, или под влиянием условий среды

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

- Диатомовые водоросли рассматриваются в качестве самостоятельного отдела **Bacillariophyta**, который делится на два класса: **Centrophycea** и **Pennatophycea**. Эти классы отличаются помимо биологических и морфологических признаков особенностями эволюционного развития. Класс **Centrophycea** развивался преимущественно в конце мезозоя-кайнозое. А расцвет класса **Pennatophycea** в основном приходится на поздний кайнозой.
- Каждый класс в свою очередь делится на порядки, в которых выделяются семейства, роды, содержащие виды.
- Класс **Centrophycea** делится на 7 порядков в зависимости от типа ареол (пороидные или локулярные с внутреннем или наружным велумом), характера их расположения, числа и расположения двугубых выростов, наличие выростов с опорами, специальных приспособлений для образования колоний или прикрепления клеток к субстрату, формы панциря и створок.

- Класс *Pennatophyceae* по наличию или отсутствию шва делится на два порядка: *Araphales* и *Raphales*.
- Порядок *Araphales* может рассматриваться как промежуточный между классами *CentropHYCEAE* и *Pennatophyceae*, поскольку он совмещает в себе черты обоих классов.
- Форма панциря и створок, билатеральная симметрия в расположении штрихов, осевое поле у него характерные для пеннатных, но наряду с этим, как и центрических, многие виды имеют двугубые выросты, глазки, ложные глазки и шипы.
- В порядке *Araphales*, у представителей которого в отличие от остальных пеннатных, на осевом поле нет шва, выделено 5 семейств, основными критериями их разграничения являются симметрия створок, наличие или отсутствие таких признаков, как изогнутость панциря, различие в строение створок одного панциря, развитие грубых ребер на внутренней поверхности створок, развитие септ на соединительных ободках, а также число двугубых выростов на полюсах.
- В порядке *Raphales*, объединяющем диатомеи, имеющие шов, выделяется 11 семейств. Критериями деления порядка являются такие признаки как, тип строения шва, развитие его на одной или обеих створках, особенности симметрии панциря и створки, наличие или отсутствие двугубых выростов, в целом для порядка

КЛАССИФИКАЦИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

- Отдел **BACILLARIOPHYTA**
- Класс **CENTROPHYCEA**
- 1. Порядок **PYXIDICULALES**
- 2. Порядок **THALASSIOSIRALES**
- 3. Порядок **MELOSIRALES**
- 4. Порядок **COSCINODISCALES**
- 5. Порядок **BIDDULPHIALES**
- 6. Порядок **AULISCALES**
- 7. Порядок **RHIZOSOLENIALES**
- Класс **PENNATOPHYCEAE**
- 1. Порядок **ARAPHALES**
- 2. Порядок **RAPHALES**
- Каждый порядок в свою очередь делится на семейства, в которых выделяются роды, содержащие виды.