

Тема 46

БИОТА ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ СРЕД

План лекции

Гидробионты и их классификация

Водоросли и цианобактерии

Макрофиты водоемов

Бактерии

Грибы и дрожжи

Простейшие

Макрозоопланктон

Позвоночные

Вопросы в экзаменационных билетах

1. Основные представители гидробионтов.
2. Водоросли и цианобактерии, их роль в загрязнении и самоочищении природных водоемов. Влияние условий окружающей среды на их численность.
3. Макрофиты водоемов, их роль в загрязнении и самоочищении природных водоемов.
4. Роль бактерий, грибы и дрожжи в загрязнении и самоочищении водных сред. Особенности существования в природных водоемах.
5. Простейшие и макрозоопланктон, их роль в самоочищении природных водоемов.

Кн. 1, с. 102-117

Терминологическая классификация гидробионтов

Гидробионты – организмы, обитающие в водных экосистемах

В зависимости от места обитания и типа водоема гидробионты можно разделить на **пелагос** – население толщи воды и **бентос** – обитатели дна бассейна.

В толще воды различают **планктон**, **нектон** и **нейстон**.

К **планктону** (греч. планктос – парящий) относятся бактерии, одноклеточные растения и животные, мелкие рачки, которые парят в толще воды и пассивно переносятся вместе с ней, следуя движению волн и течений, а также яйца и личинки большого числа видов организмов, которые во взрослом состоянии обитают на дне, икринки рыб и др.

Различают **фитопланктон** и **зоопланктон**, а также **ультрапланктон**, **нанопланктон** или **карликовый планктон**, **микропланктон**.

Фитопланктон – одноклеточные водоросли и цианобактерии, их скопления или нити, которые держатся в верхней толще воды либо на ее поверхности.

Зоопланктон, питающийся фитопланктоном, детритом и бактериями, – это простейшие, микроскопические рачки и питающиеся ими хищные рачки циклопы.

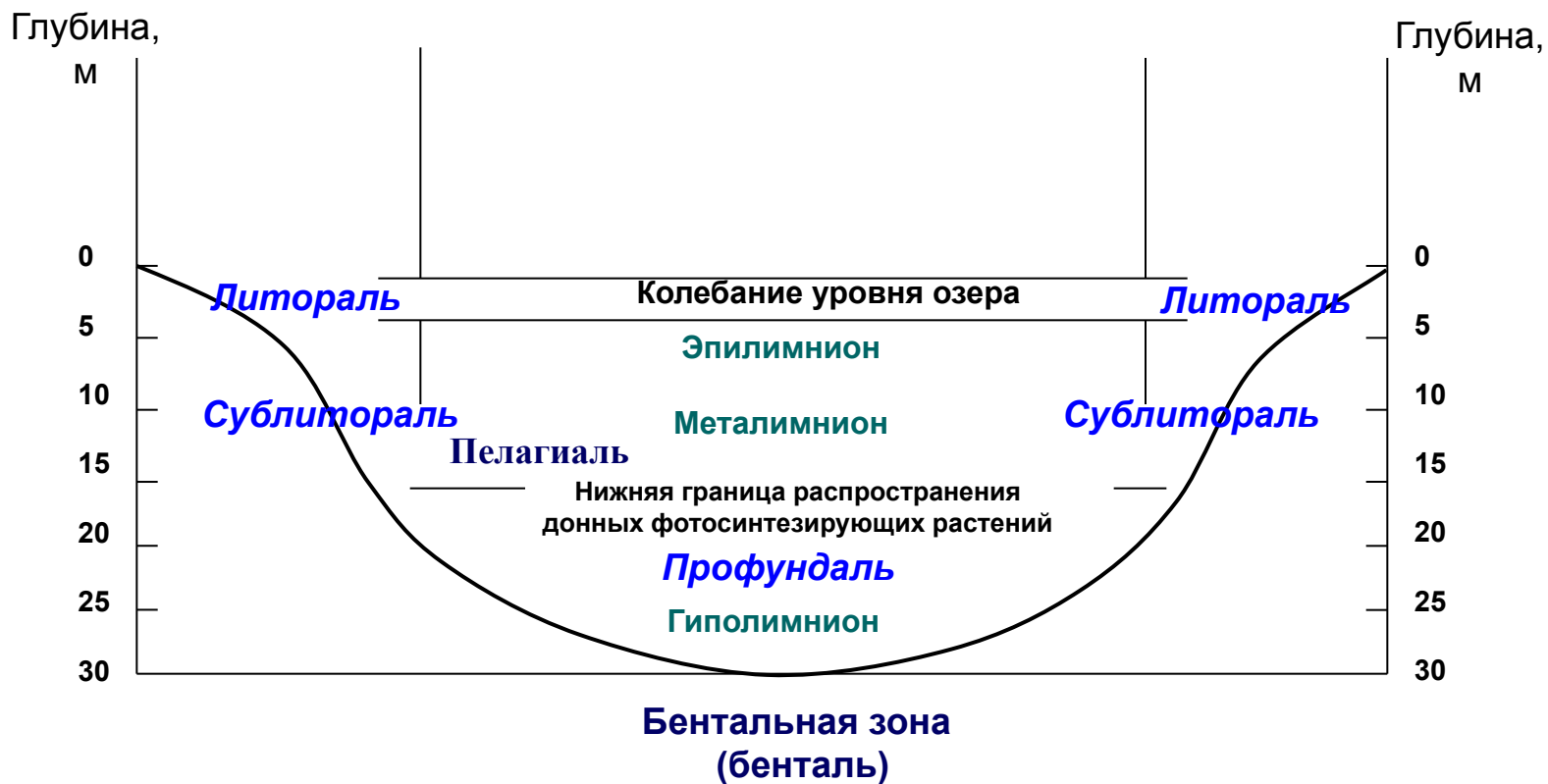
Ультрапланктон – бактерии.

Нанопланктон или **карликовый планктон** – мельчайшие низшие растения и простейшие.

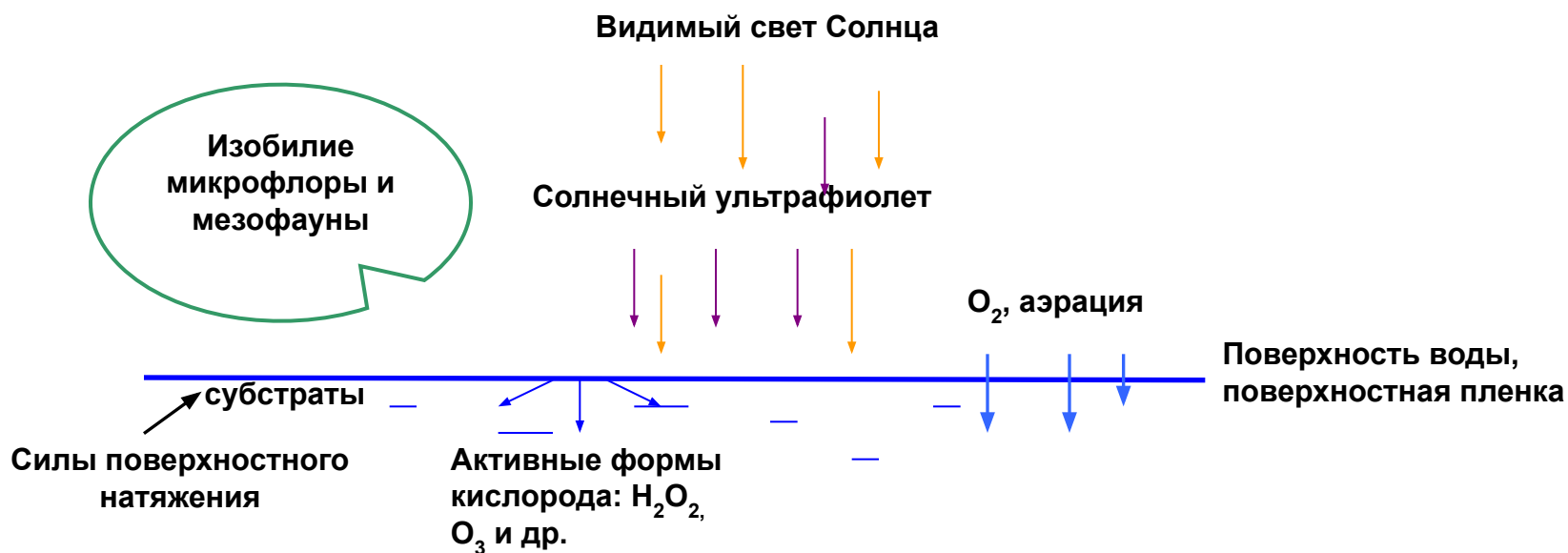
Микропланктон – это большинство водорослей, крупные простейшие, коловратки, мелкие ракообразные.

Нектон (греч. *нектос* – плавающий) – взрослые особи рыб, кальмаров и морских млекопитающих

Экологические зоны озер



Нейстон (греч. *неин* – плавать) – организмы, обитающие у самой поверхности воды – в поверхностной пленке, на границе водной поверхности и атмосферы.



Специфика условий окружающей среды в тонком поверхностном слое воды

Бентос (греч. *бентос* – глубина) – донные водоросли и высшие растения, взрослые особи губок, мидий, устриц и других моллюсков, червей, крабов и т.д. Различают **макробентос** – организмы размером >1 мм, **микробентос** – <1 мм. В неглубоких водоемах с прозрачной водой развит **фитобентос** – растения, которые развиваются, прикрепившись или укоренившись на дне. Растения фитобентоса получают биогены из донных отложений, поэтому выживают в воде, бедной биогенами, обеспечивают пищей и убежищем водных животных, поддерживают на глубине высокое содержание растворенного O_2 , который выделяется в процессе фотосинтеза.

Перифитон (оброст) – водные организмы, обитающие на поверхностях различных погруженных в водоем предметов и растений.

Плейстон (греч. *плео* – плавать в полупогруженном состоянии) – плавающие в полупогруженном состоянии растения типа ряски, а также отдельные части донных водных растений, например листья кувшинок.

Организмы, приспособившиеся к жизни при сильном течении воды, называются **реофилами**. Они очень требовательны к содержанию кислорода в воде. Многие из них снабжены приспособлениями, позволяющими прикрепляться к твердому субстрату и противостоять потоку. Организмы, предпочитающие малопроточные условия, называются **стагнофилами**.

Водоросли и цианобактерии

По составу клеток, содержанию в них разных типов хлорофилла, других пигментов, составу клеточных стенок и другим признакам выделяют: **красные, бурые, диатомовые и динофлагелляты, зеленые и харовые, эвгленовые водоросли.**

Красные и бурые водоросли отличаются сложной организацией и распространены только в морских водах.

Зеленые водоросли и динофлагелляты живут преимущественно в пресных водах. Многие из них являются одноклеточными.

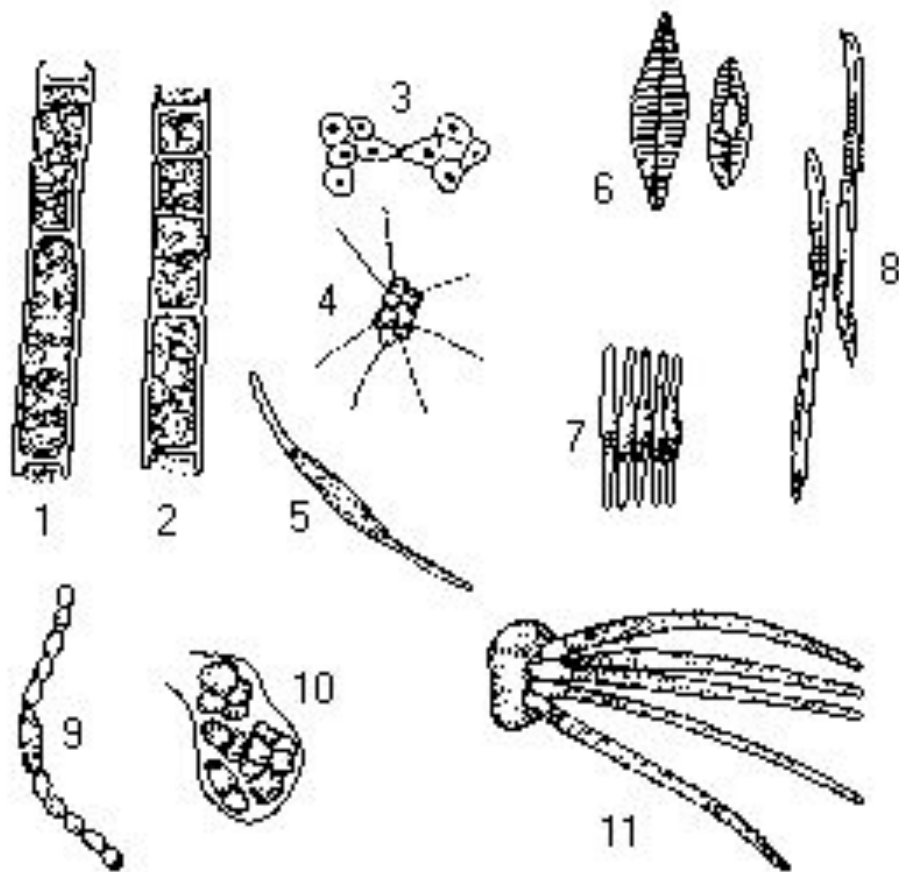
Зеленые водоросли по строению близки к высшим растениям. Среди них встречаются одноклеточные и нитчатые. Зеленые водоросли играют существенную роль в биологических процессах, происходящих в воде, в цветении и самоочищении водоемов. Они преобладают летом, в хорошо прогреваемых водах.

Диатомовые водоросли (диатомеи) широко распространены в пресных и соленых водах. Стенки их импрегнированы кремнеземом. После отмирания скелеты диатомовых водорослей образуют мощные отложения диатомита. Наряду с биогенными элементами нуждаются в кремнии, а также в высоких концентрациях железа. Они предпочитают холодные воды (<16 °С) и преобладают зимой, в более холодных, богатых биогенами водах.

Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) относятся к прокариотам. Это единственная группа прокариотов, которые осуществляют кислородный (с выделением кислорода) фотосинтез и единственные обитатели, которые способны усваивать ряд газообразных соединений: CO_2 – в процессе фотосинтеза, O_2 – в процессе дыхания, N_2 – в процессе азотфиксации, H_2S – при анакисгенном фотосинтезе. Для размножения их благоприятно низкое содержание O_2 . Скорость размножения цианобактерий максимальна при 20–30 °С. Среди цианобактерий имеются колониальные, нитчатые и одноклеточные формы.

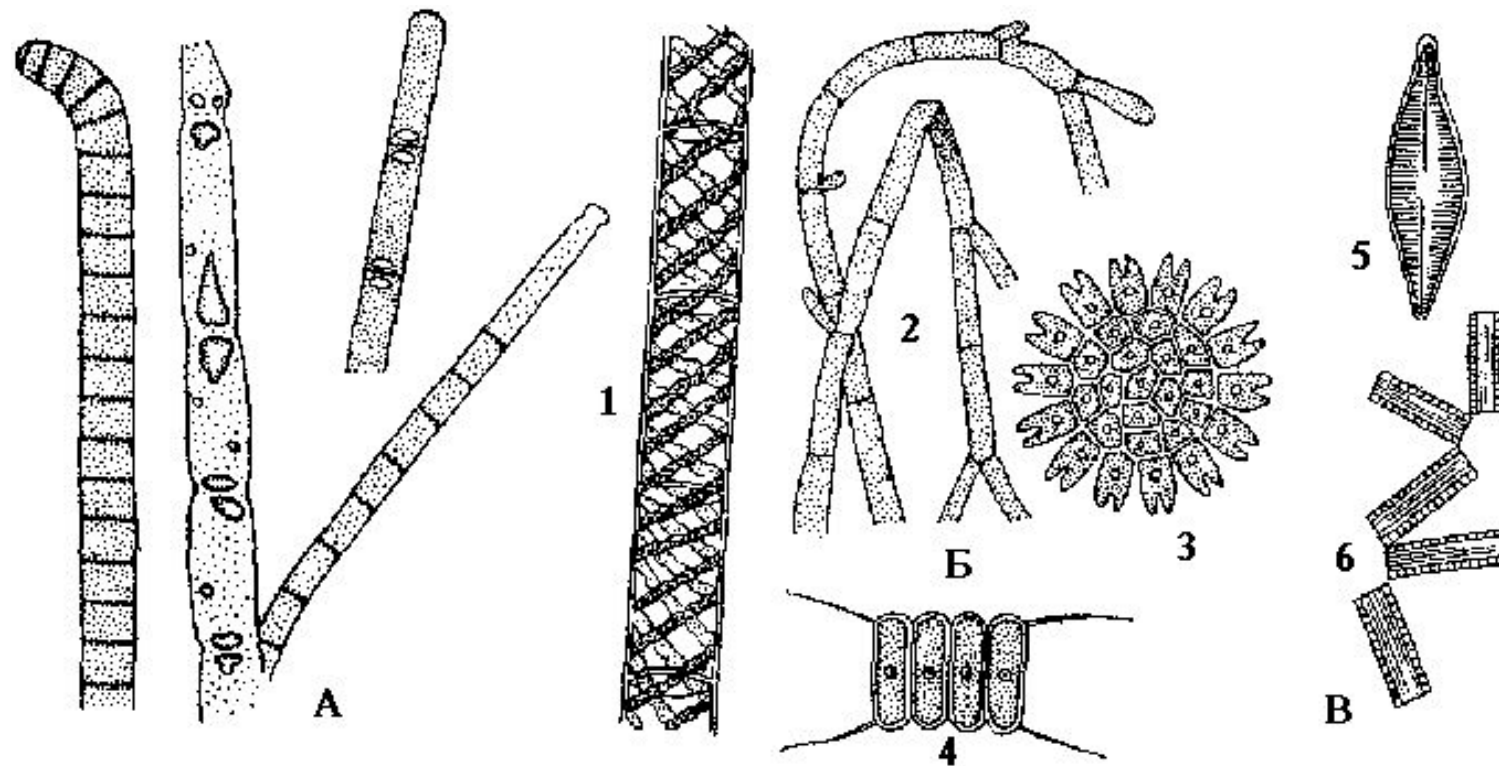
Цианобактерии способны образовывать и выделять в окружающую среду ряд **токсинов**, которые в периоды интенсивного цветения воды могут приводить к гибели водоплавающих птиц, животных, и даже людей. Токсины цианобактерий помогают им выживать в конкурентной борьбе.

При невысокой освещенности фотосинтез у цианобактерий осуществляется более интенсивно, чем у водорослей, в темноте они тратят меньше энергии на дыхание, чем зеленые и диатомовые водоросли. В силу этих особенностей *цианобактерии преобладают в периоды массового цветения и в загрязненных водоемах*. По мере снижения загрязненности численность их уменьшается, появляются диатомеи и нитчатые зеленые водоросли, а затем развиваются водоросли других групп.



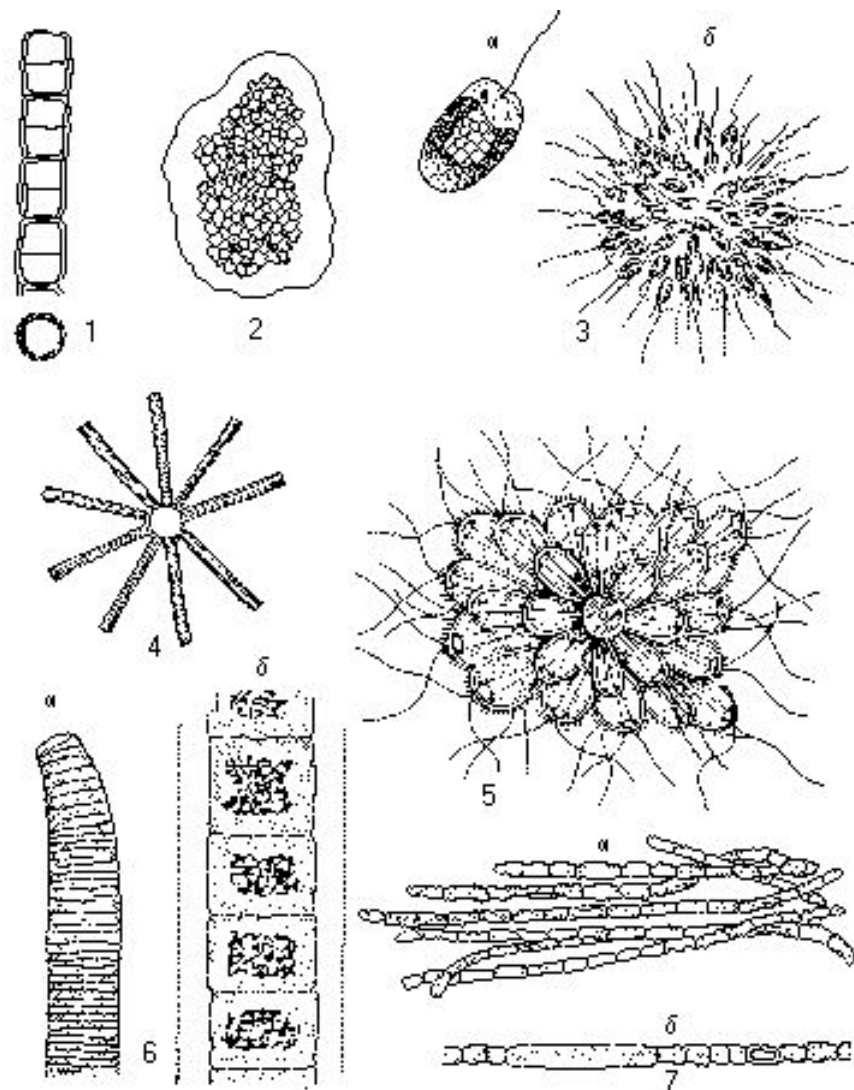
Типичные представители фитопланктона.

1,2 – нитчатые зеленые, 3-5 – зеленые, 6-8 – диатомовые, 9-11 – цианобактерии.



Представители различных типов водорослей.

A – цианобактерии – различные виды *Oscillatoria*; **Б**—зеленые водоросли; 1 – *Spirogyra crassa*, 2 – *Cladophora crispata*, 3 – *Pediastrum borianum*, 4 – *Scenedesmus quadricauda*, **В** – диатомовые; 5 – *Navicula*, 6 – *Diatoma vulgare*



Некоторые водоросли, вызывающие "цветение" водоемов и влияющие на органолептические качества воды.

**1 – *Melosira*; 2 – *Microcystis*; 3 – *Uroglonopsis* (а – отдельная особь, б – колония);
 4 – *Asterionella*; 5 – *Synura*; 6 – *Oscillatoria* (а – общий вид нити, б – часть нити);
 7 – *Aphanizomenon* (а – пучок нитей, б – часть нити со спорой)**

Влияние условий окружающей среды на развитие различных групп водорослей и цианобактерий

В зависимости от сезона

Весной и осенью в бедных биогенными элементами и органическим веществом водах умеренных широт наблюдается пик численности популяций водорослей и цианобактерий, минимальная численность – зимой.

Весной начинается бурное развитие диатомовых водорослей, затем их сменяют зеленые, вслед за которыми начинают усиленно размножаться цианобактерии. Осенью цианобактерии отмирают, и в этот период часто размножаются диатомеи.

Дефицит биогенных элементов

В олиготрофных водах больше водорослей с высоким отношением S/V (площадь/объем клетки).

Избыток биогенных элементов

Как правило, определяющим биогеном является избыток фосфора, реже – азота. Наибольшая интенсивность цветения водоема наблюдается при соотношении N/P ≈ 10 .

Температура

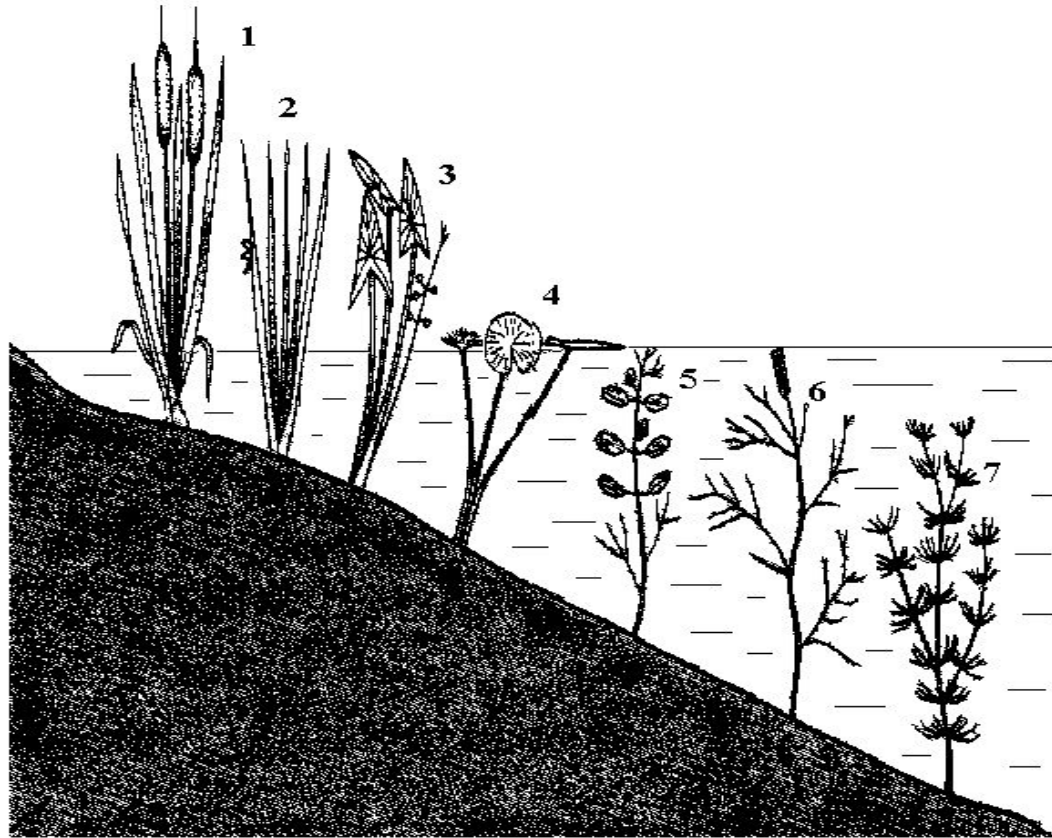
Для продуктивности оптимальна температура 20–30 °С, при этой температуре видовой состав водорослевого ценоза поверхностных пресноводных водоемов наиболее разнообразен. При температуре выше 30 °С фитопланктон менее разнообразен, в ценозе начинают доминировать цианобактерии.

Концентрация тяжелых металлов

Видовой состав водорослей определяется уровнем загрязнения. Цианобактерии и диатомовые водоросли менее устойчивы к тяжелым металлам, чем зеленые водоросли.

Макрофиты водоемов

Макрофиты – это высшие водные растения, такие как тростник, камыш, рогоз, рдест, стрелолист и другие растения. Это главным образом бентосные растения, укореняющиеся на дне. Некоторые растения (ряска, эйхорния или водяной гиацинт) свободно плавают на поверхности водоема.



Бентосные растения, укореняющиеся на дне
1- Рогоз. 2- Ситник. 3- Стрелолист. 4- Кувшинка. 5, 6- Рдесты. 7- Хара.

Роль макрофитов

- осуществляют кислородный фотосинтез, **обогащая воду кислородом**;
- участвуют в **удалении из воды взвесей, биогенных элементов, органических веществ**. В результате потребления макрофитами фосфора в местах их роста не наблюдается цветения воды,
- многие из макрофитов устойчивы к тяжелым металлам и токсичным загрязнениям, способны накапливать их в своих тканях, что используется **для очистки загрязненных вод**;
- способствуют **выпадению взвесей в осадок**, поскольку среди растений скорость течения воды ниже, чем в открытом водоеме;
- поверхность стеблей и листьев макрофитов покрыта слизью, к которой прилипают содержащиеся в воде взвеси, поэтому макрофиты **выполняют роль фильтров взвесей в водоемах**;
- **поддерживают значительную эпифитную популяцию** гетеротрофных бактерий, а также моллюсков, червей, личинок насекомых, которые также активно участвуют в удалении загрязнений;
- **способствуют заболачиванию** на мелководьях.

Поскольку макрофиты способствуют окислению и минерализации органических веществ в водоемах и устойчивы ко многим загрязнениям, их используют **для интенсификации самоочищения водоемов и в системах искусственной биологической очистки – гидрботанических площадках, биоплато** и др. Преимущество макрофитов – их легко собирать и удалять из водоема.

Бактерии

Роль бактерий

- **бактериальное окисление и бактериальный синтез** – наряду с фотосинтезом самые крупномасштабные биологические процессы, протекающие в водоемах. Бактерии перерабатывают все аллохтонное вещество, поступающее со стоком в водоем, и около 80% всей создаваемой в водоеме продукции фотосинтеза.
- способны **потреблять питательный субстрат, присутствующий в крайне малых концентрациях**, недоступный для других организмов (1–5 мкг/л).
- **обеспечивают питание организмы других трофических уровней**. Особенно существенна роль бактерий в продуктивности водоемов, в которые поступает большое количество органического вещества со стоком с суши.
- как редуценты, **обеспечивают низшее звено трофической цепи биогенными элементами и CO₂**.
- участвуют и в **формировании донного ила и осадочных пород, трансформации и депонировании вещества осадков, в самоочищении водоемов**, поддержании их необходимого санитарно-гигиенического и санитарно-экологического состояния.
- **в системах биологической очистки сточных вод** в составе активного ила и биопленки удаляют основную массу загрязнений.

В пресной воде численность бактерий составляет 1–30 млн./мл, т.е. в сотни и тысячи раз меньше, чем в почве или в донных отложениях.

Влияние условий окружающей среды на развитие бактерий

Важны температура, pH, Eh, концентрация растворенного кислорода, биогенных элементов, органических соединений и другие факторы.

Скорость течения воды

В водоемах со стоячей водой (озерах, прудах) в прибрежной зоне, непосредственно соприкасающейся с почвой, бактерий всегда больше, чем в середине озера или на удалении от берега. В месте замедленного течения реки в иле бактерий также больше, чем в месте быстрого течения.

Естественное отмирание бактерий, как правило, не играет существенной роли в регулировании их численности. В основном бактерии **выедаются фильтрующим зоопланктоном**, для которого они являются основным источником пищи.

Численность микроорганизмов в водоемах меняется **в зависимости от времени года**. Максимальное содержание микробов летом в периоды отмирания и распада массы фитопланктона, которая накапливается в водоеме за время его цветения, а минимальное зимой, что связано с понижением температуры воды.

В силу малых размеров клеток **распределение бактерий в толще воды** более равномерное, чем фитопланктона.

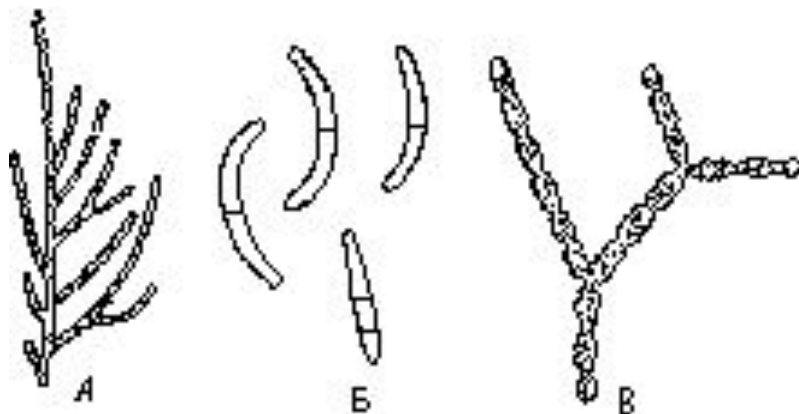
Для выживания и развития бактерий в водных средах важное значение имеет их **способность прикрепляться к поверхности твердых субстратов (перифитонные бактерии)**, особенно в естественных средах, бедных органическим веществом (не более 10 мг/л). Благодаря адгезии *основная масса бактерий в водной среде находится в иммобилизованном состоянии на взвешенных минеральных и органических частицах и на поверхности водорослей и макрофитов.*

Зоной скопления бактерий является **приповерхностный слой воды** толщиной в несколько сантиметров. В нем бактерий в десятки и сотни раз больше, чем в глубинных горизонтах. Много микроорганизмов и в пене, образующейся на поверхности воды.

В речном и озерном иле, особенно **в верхнем слое ила**, бактерий больше, чем в водной толще.

Грибы и дрожжи

Число видов водных грибов невелико, но иногда в водоемах, особенно в загрязненных, они активно развиваются и создают серьезные помехи в водоснабжении. В сточных водах предприятий пищевой промышленности, гидролизно-дрожжевых производств дрожжи присутствуют в большом количестве.



Водные грибы:

А – *Nematosporangium*, Б – споры *Fusarium aquaeductum*, В – *Leptomitus lacteus*

Простейшие

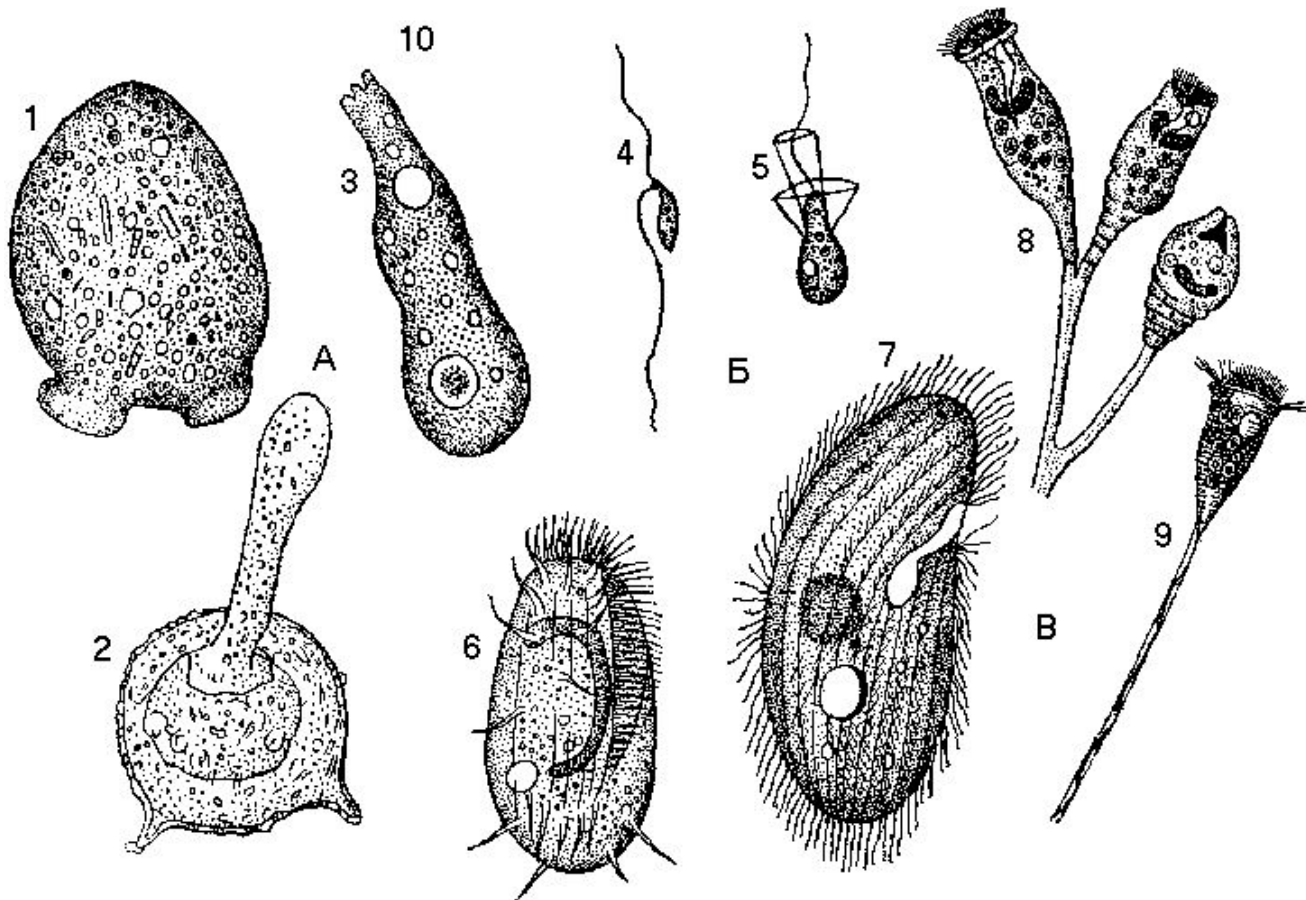
Входят в состав зоопланктона.

Основной тип питания их – голозойное, т.е. твердыми частицами, главным образом бактериями и мелкими взвешенными веществами. В свою очередь, простейшие служат пищей грубым фильтраторам и хищным беспозвоночным. Питаясь бактериями, простейшие регулируют численность и состав популяций бактерий и выполняют существенную роль в самоочищении водоемов.

В мелководных участках водохранилищ и закрытых водоемов количество простейших достигает 100 млн./м³.

Многие виды простейших (особенно инфузории), питающиеся преимущественно бактериями и детритом, являются фильтраторами и седиментаторами и очищают (осветляют) воду. Одна особь инфузории тетрахимены за 1 ч может заглотить около 10⁴ взвешенных частиц.

Простейшие по сравнению с бактериями более чувствительны к неблагоприятным условиям окружающей среды. Их состояние часто служит индикатором качества работы сооружений биологической очистки.

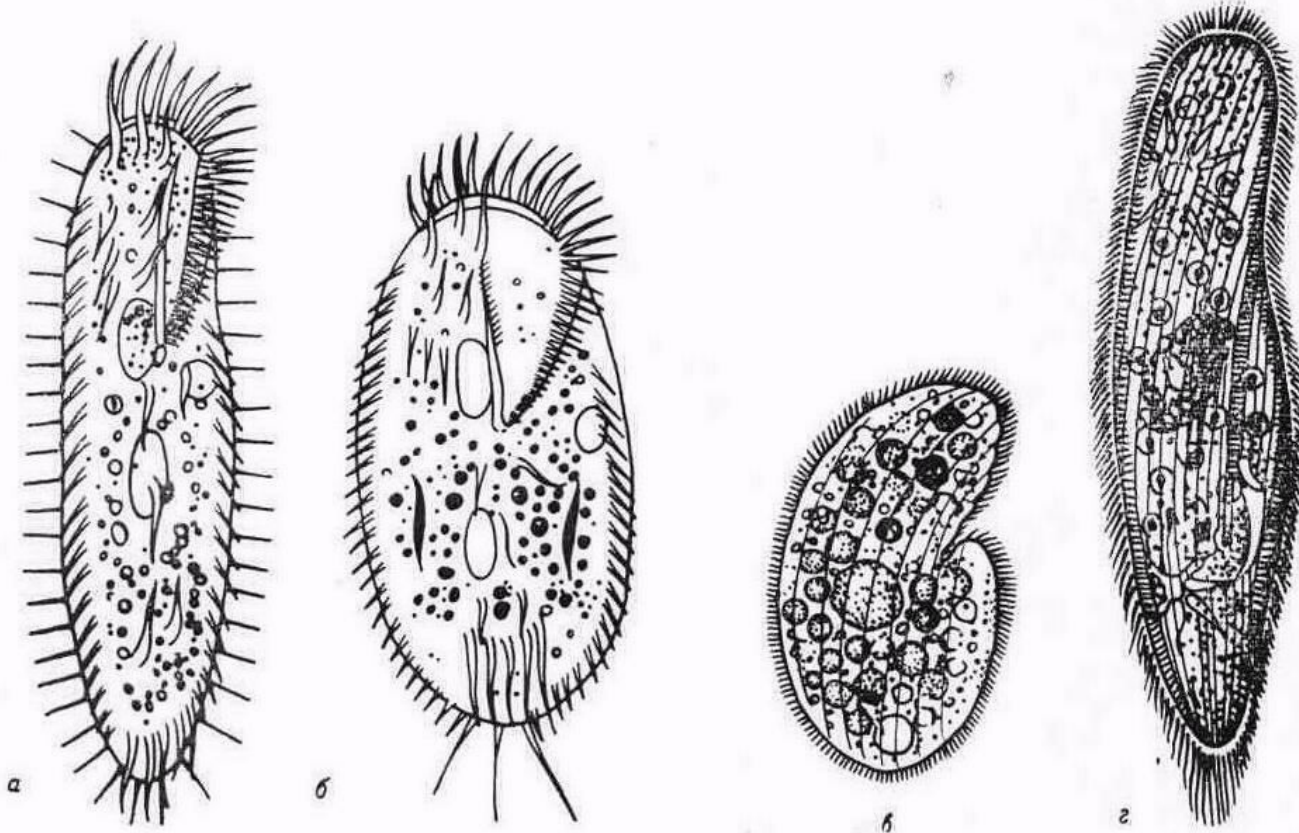


Представители различных классов простейших.

А – саркодовые: 1 – *Pelomyxa palustris*, 2 – *Centropixis aculeata*, 3 – амеба *Amoeba limax*;

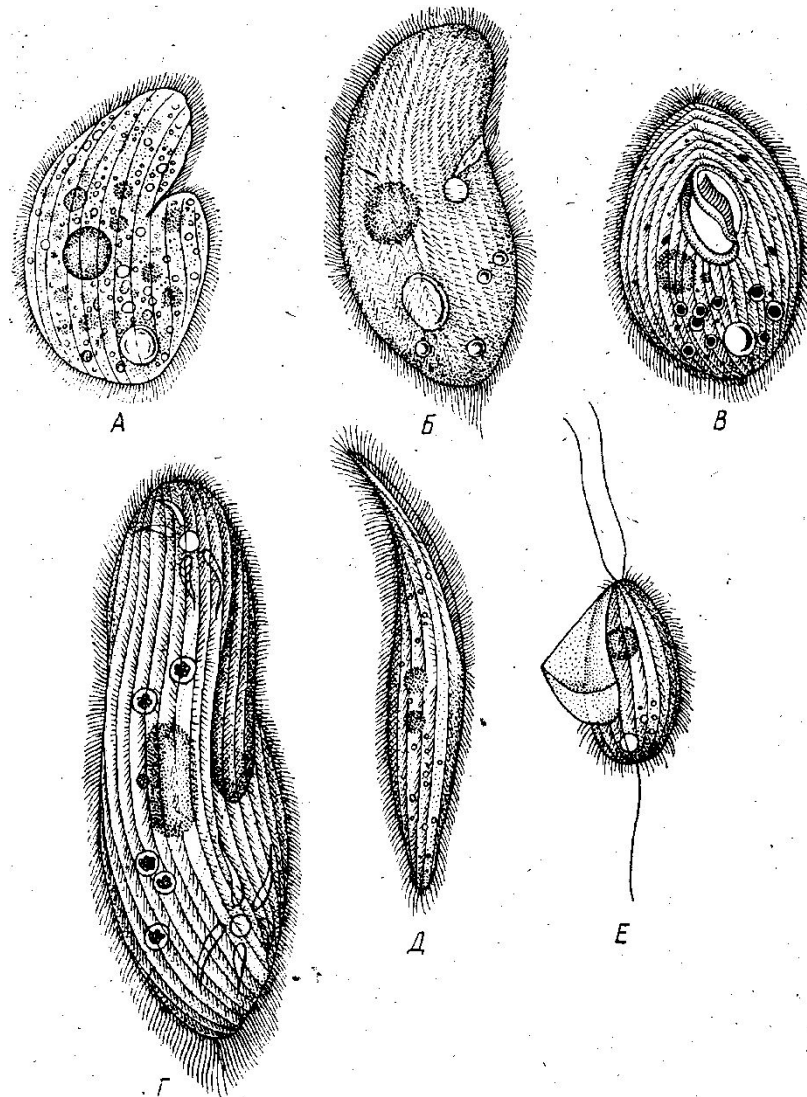
Б – жгутиковые: 4 – *Bodo putrinus*, 5 – *Diplosiga socialis*;

В – инфузории: 6 – *Euplotes charon*, 7 – *Colpidium colpoda*, 8 – *Epistylis plicatilis*, 9 – *Vorticella convallaria*



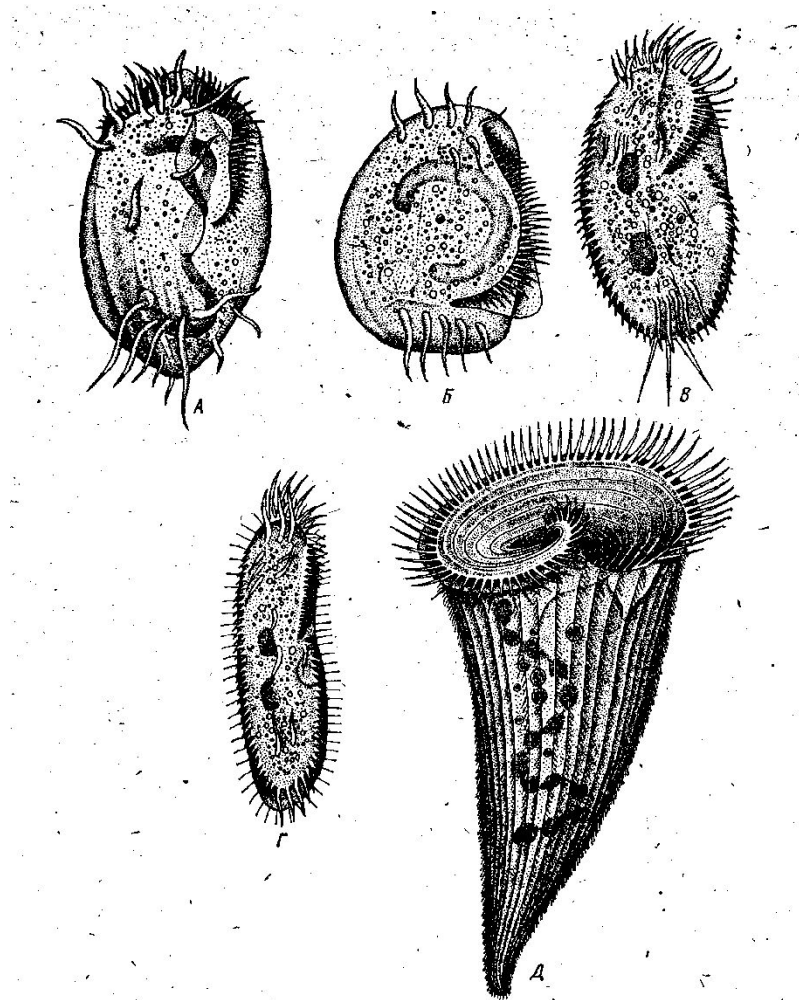
Ресничные инфузории.

а – *Oxytricha pellionella*, длина 80-100 мкм; б – *Stylonychia pustulata*, длина 180-220 мкм;
в – *Colpoda steini*, длина 90-120 мкм; г – *Paramecium caudatum*, длина 120-330 мкм.



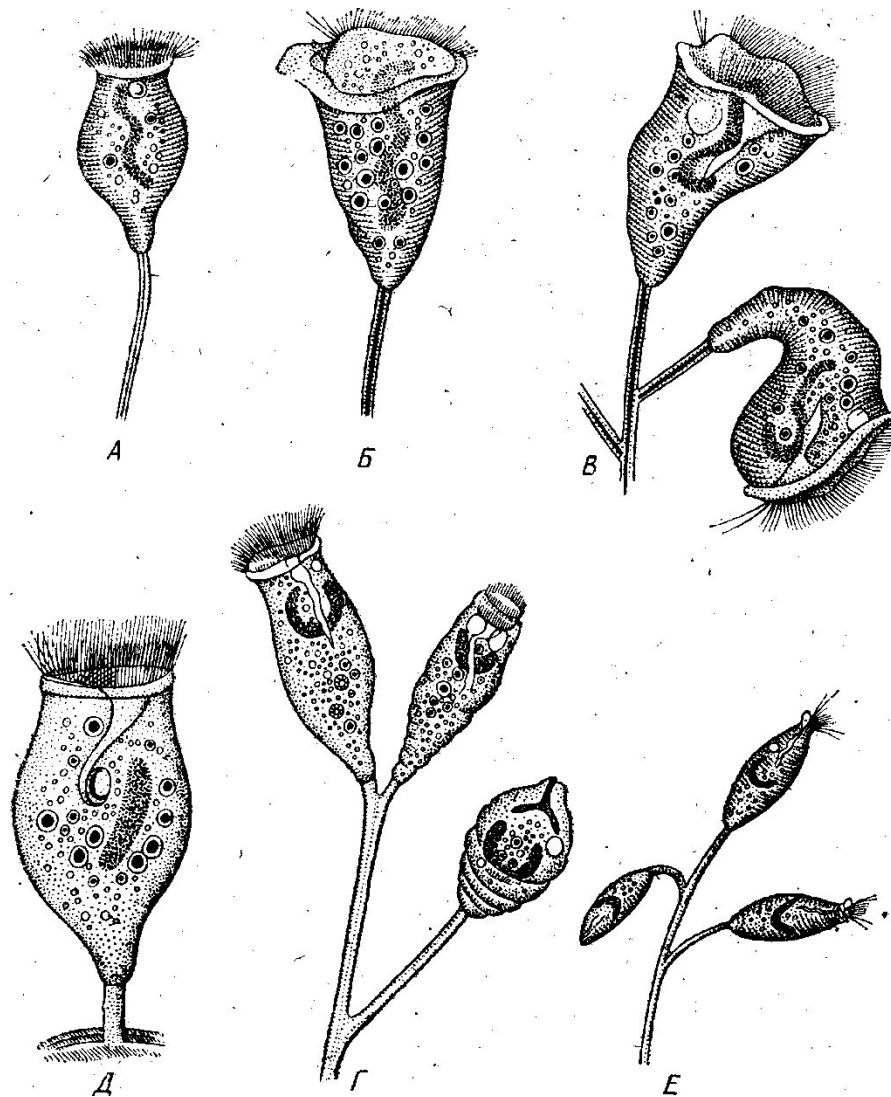
Равноресничные инфузории.

**A – *Colpoda steini*; Б – *Colpidium colpoda*; В – *Glaucoma scintillans*;
Г – *Paramecium caudatum*; Д – *Litonotus*; Е – *Cyclidium***



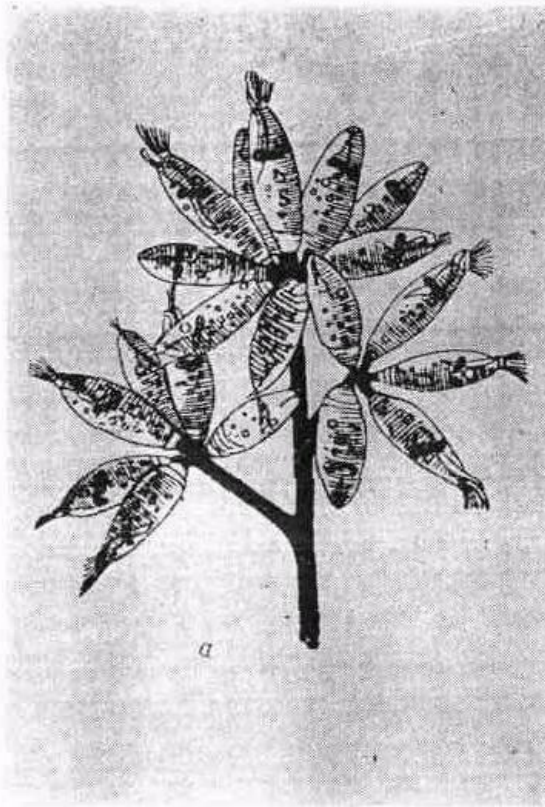
Спиралересничные инфузории.

A – *Euplotes*; Б – *Aspidisca*; B – *Stylonichia*; Г – *Oxytricha*; Д – *Stentor*



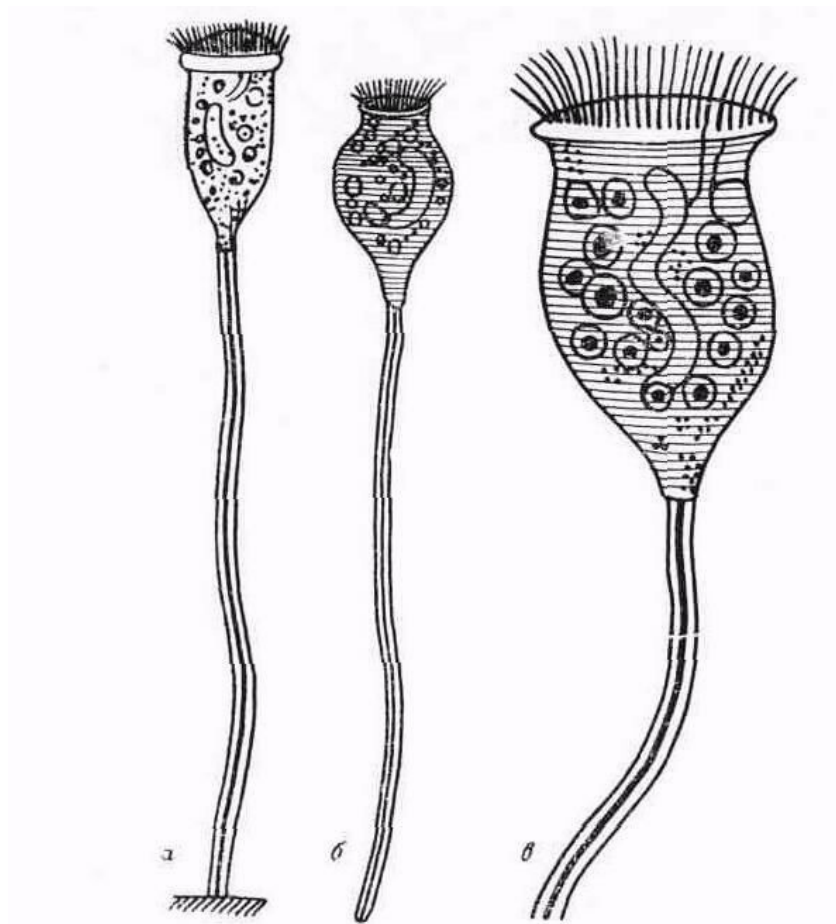
Кругоресничные инфузории.

**A – *Vorticella microstoma*; Б – *Vorticella convallaria*; В – *Carchesium polypinum*;
 Г – *Epistylis plicatilis*; Д – *Rhabdostyla ovum*; Е – *Opercularia coarctata***



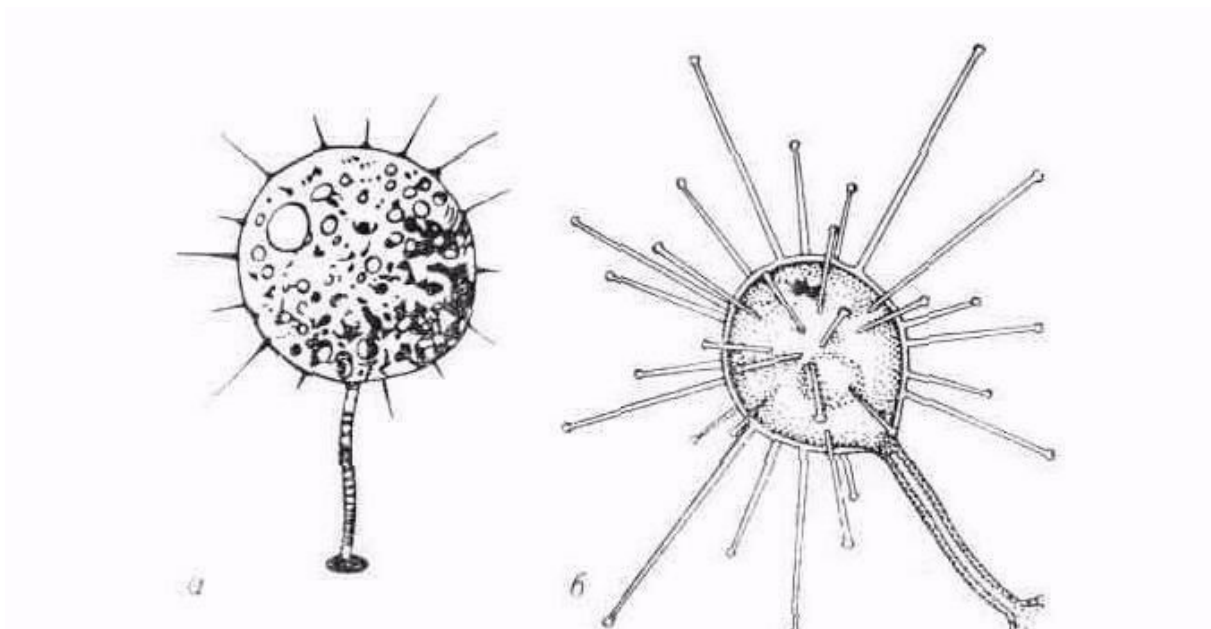
Колониальные ресничные инфузории.

а – *Opercularia glomerata*, длина 400-450 мкм; б – *Epistylis plicatilis*, длина 90-110 мкм.



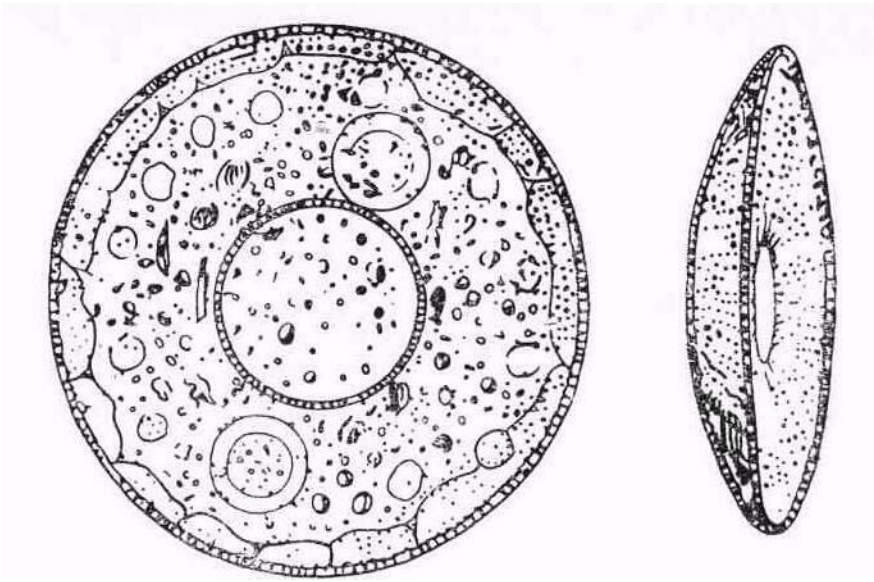
Сувойки:

а – *Vorticella alba*, длина 60-120 мкм; б – *Vorticella microstoma*, длина 60-120 мкм; в – *Vorticella convallaria*, длина 60-120 мкм.

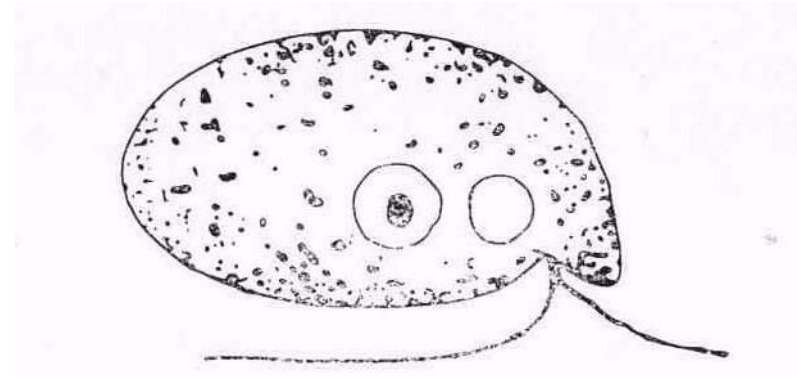


Сосущие инфузории.

а – *Podophrya fixa*, длина 10-28 мкм; б – *Podophrya collini*, длина 25-35 мкм



Arcella discoidea (диаметр 15-20 мкм)



Bodo globosus (длина 10-20 мкм)

Макрозоопланктон

Представлен **беспозвоночными**. Из многоклеточных к беспозвоночным относятся губки, кишечнополостные, черви, моллюски, членистоногие, иглокожие. В пресноводных водоемах присутствуют все эти типы, кроме иглокожих.

Растительноядный макрозоопланктон поедает фитопланктон, бактерии и частицы детрита отмершей биомассы.

Хищный макрозоопланктон поедает растительноядный.

Роль макрозоопланктона.

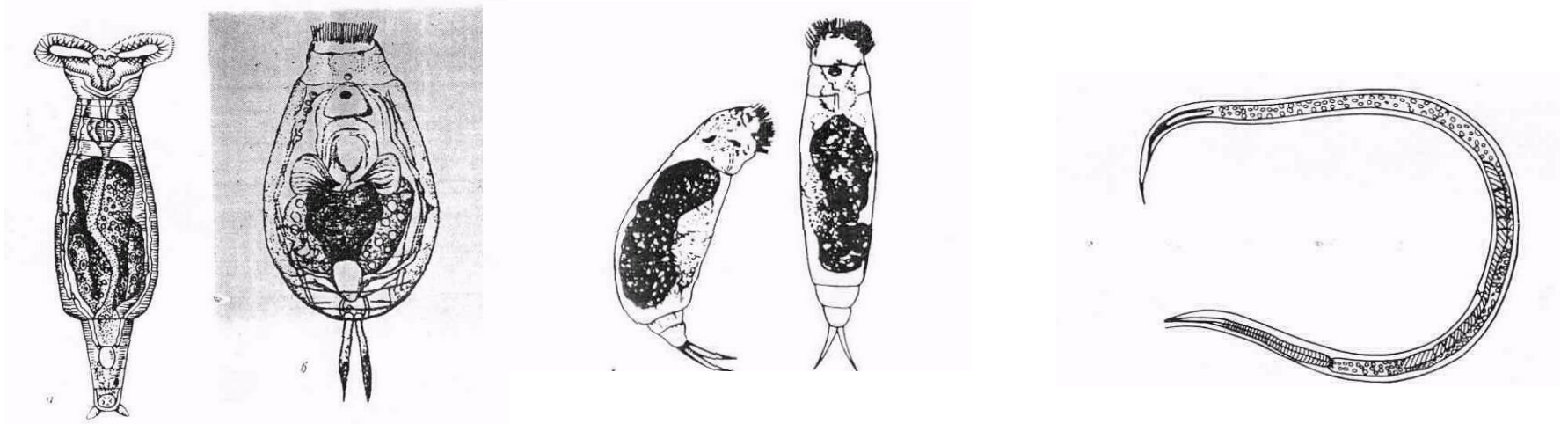
- многие представители зоопланктона – **организмы-фильтраторы**. При фильтрации они пропускают через имеющиеся у них мелкопористые структуры поток воды и используют для питания задержанные частицы. В небольшом водоеме вода с биомассой зоопланктона 1–2 г/м³ может быть полностью профильтрована фильтраторами за 10–15 суток. Глубокие воды океана профильтровываются полностью за 4–5 лет.

- **удаляет из воды взвешенные вещества, осветляет воду и изменяет концентрацию кислорода** в ней в результате дыхания и выедания первичных продуцентов и консументов;

- способствует **перемешиванию воды, уменьшению численности патогенных микроорганизмов** и ее обеззараживанию.

Массовое развитие зоопланктона наблюдается в середине лета и совпадает с массовым развитием водорослей.

В пресноводных водоемах основными представителями макрозоопланктона являются коловратки, дафнии, циклопы, донные и другие рачки, круглые черви, малощетинковые черви (олигохеты), многощетинковые черви (полихеты), личинки насекомых, двустворчатых моллюсков (дрейссен, беззубок, перловиц), червей, ракообразных, рыб, а также взрослые особи моллюсков и ракообразных.



Коловратки

а – *Callidina vorax*; б – *Cathypna luna*; в – *Notommata ansata*

Круглый червь Nematoda

Позвоночные

Рыбы и земноводные.

Такие рыбы, как толстолобик, способны к фильтрации фито- и бактериопланктона. Однако большинство рыб в качестве основного источника питания используют сравнительно крупный макрозоопланктон или макрофитов.

Рыбы завершают пирамиду трофических уровней: растительноядные выедают фитопланктон, тем самым препятствуя цветению водоема, хищные влияют на состав макрозоопланктона и растительноядных рыб и таким образом на весь режим жизни гидробионтов различных уровней.

Способность организмов развиваться в среде с тем или иным содержанием органических веществ, при той или иной степени загрязнения называется **сапробностью** (гр. *sapros* – разложение, гниение) или **токсосапробностью** (по отношению к загрязнению) данного организма. При загрязнении водоемов различают **полисапробную, мезосапробную, олигосапробную** зоны.

Полисапробная зона (зона сильного загрязнения, обозначается индексом p) – большое количество нестойких органических соединений и отсутствие свободного кислорода. Биохимические процессы – анаэробные. Много CO_2 , H_2S , CH_4 . Наблюдается массовое развитие гетеротрофных организмов, до десятков млн./мл.

Мезосапробная зона (зона среднего загрязнения) подразделяется на две подзоны: α -мезосапробную и β -мезосапробную.

α -мезосапробная подзона (α -*m*- зона) – аэробные процессы окисления органических веществ с образованием NH_3 . Дефицит O_2 . Обитают микроорганизмы, выносливые к недостатку O_2 .

β -мезосапробная подзона (β -*m*- зона) – почти полное отсутствие легкоокисленных органических веществ, присутствуют NH_3 , NO_2^- , NO_3^- . O_2 – в достатке. Развиваются автотрофные организмы.

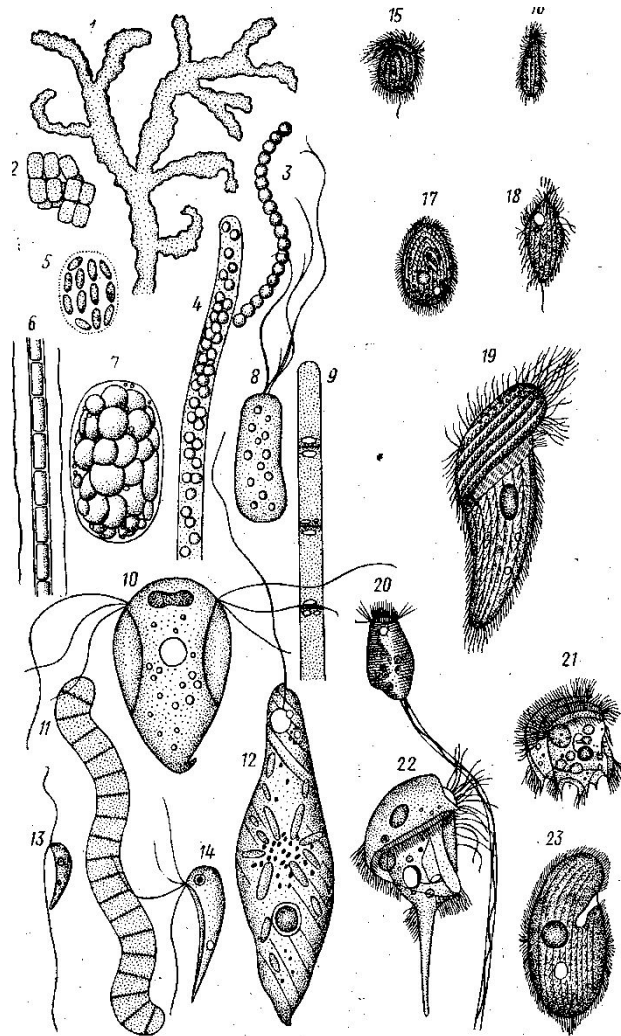
Олигосапробная зона (зона чистой воды, *o*- зона) – практически отсутствуют растворенные органические вещества. Развиваются в основном автотрофные организмы. Количество O_2 близко к насыщению. Процессы нитрификации закончены. Общее количество бактерий – от десятков/мл до тысяч/мл. Большое видовое разнообразие микроорганизмов.

Каждая зона сапробности характеризуется определенными физико-химическими свойствами воды, а также присущим ей биоценозом.

В различных условиях присутствуют наиболее характерные виды.

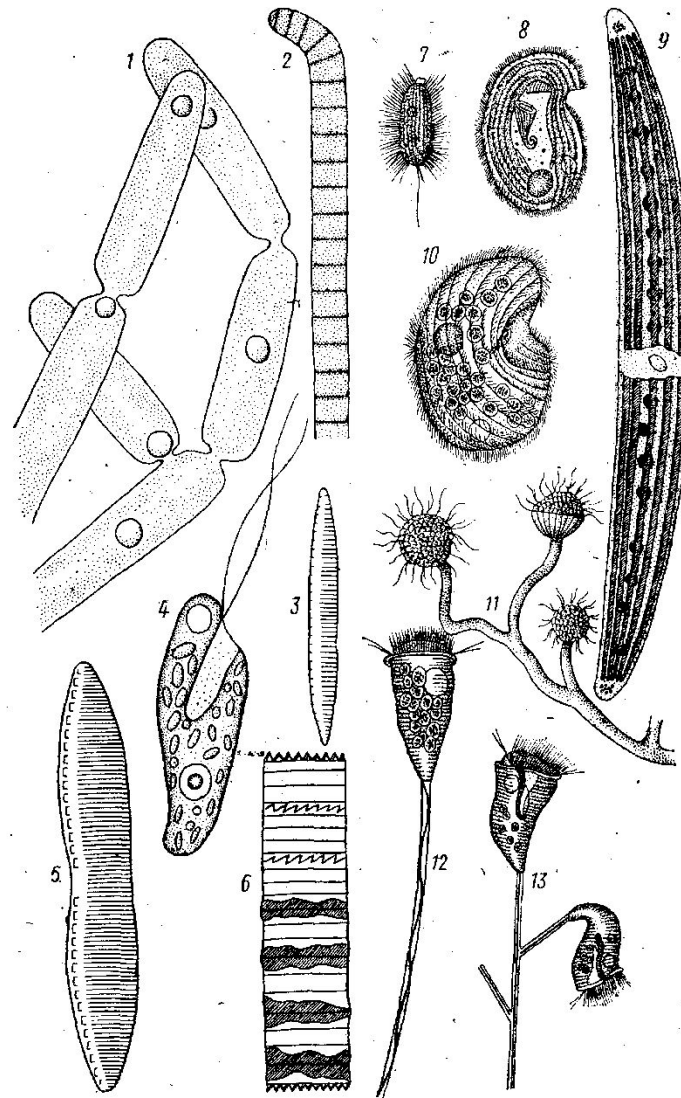
Обитателей полисапробной зоны используют для биоиндикации санитарно-гигиенического состояния воды (например, коли-титр и коли-индекс в санитарной микробиологии как показатель содержания кишечной микрофлоры в воде).

Олигосапробные организмы, которые обитают в чистой воде, более чувствительны к содержанию загрязнений в воде, поэтому в первую очередь можно использовать их для биотестирования токсичности загрязнений.



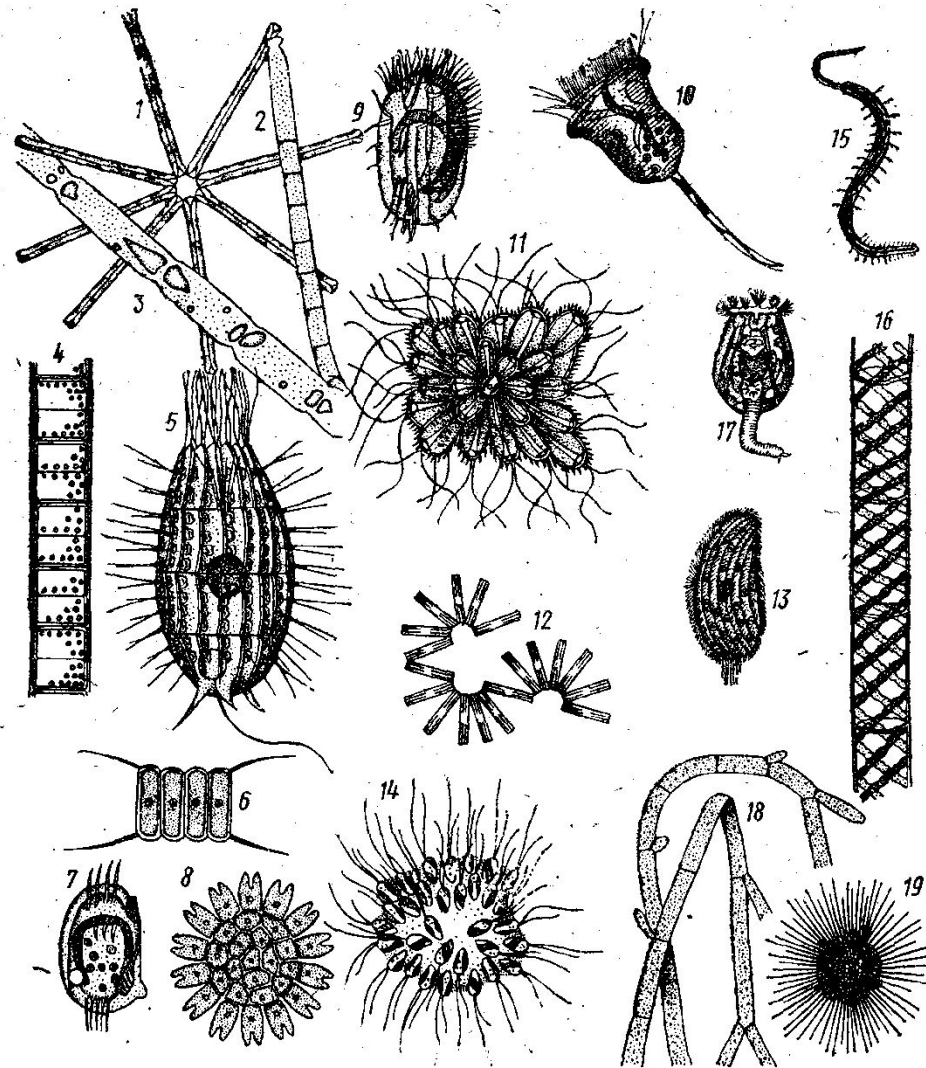
Организмы полисапробной зоны.

- 1 — *Zoogloea ramigera*, 2 — *Sarcina paludosa*, 3 — *Streptococcus margaritaceus*, 4 — *Beggiatoa alba*,
 5 — *Chlorobacterium aggregatum*, 6 — *Sphaerotilus natans*, 7 — *Achromatium oxaliferum*, 8 — *Chromatium okenii*,
 9 — *Oscillatoria putrida*, 10 — *Trigonomonas compressa*, 11 — *Spirulina jenneri*, 12 — *Euglena viridis*,
 13 — *Bodo putrinus*, 14 — *Tetramitus pyriformis*, 15 — *Hexotricha caudata*, 16 — *Enchelys vermicularis*,
 17 — *Glaucoma scintillans*, 18 — *Trimyema compressa*, 19 — *Metopus*, 20 — *Vorticella microstoma*,
 21 — *Saprodinium dentatum*, 22 — *Caenomorpha medusula*, 23 — *Colpidium colpoda*



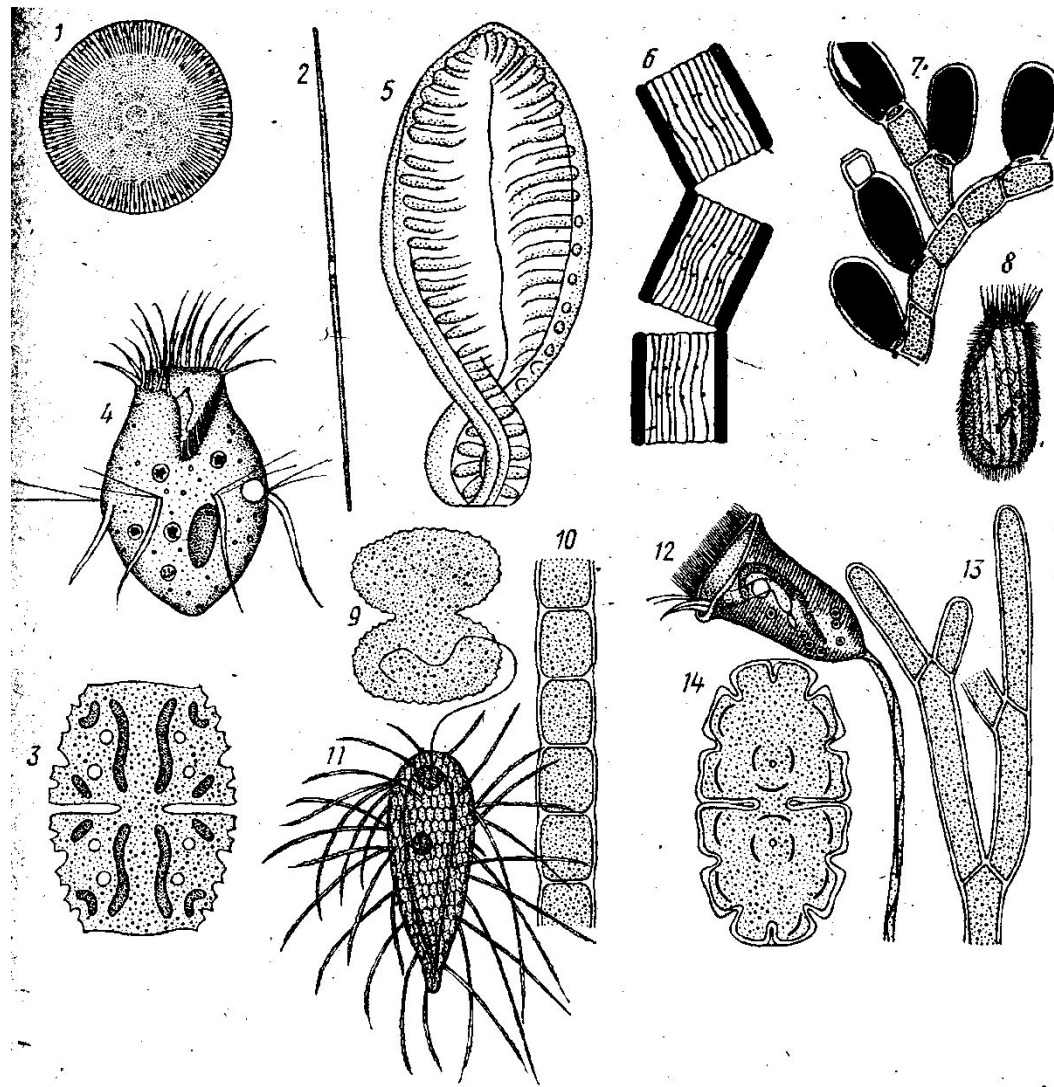
Организмы α-мезосапробной зоны.

1 — *Leptomitus lacteus*, 2 — *Oscillatoria formosa*, 3 — *Nitzschia palea*, 4 — *Chilomonas paramecium*,
 5 — *Hantzschia amphioxys*, 6 — *Stephanodiscus hantzschii*, 7 — *Uronema marinum*, 8 — *Chilodonella uncinata*,
 9 — *Closterium acerosum*, 10 — *Colpoda cucullus*, 11 — *Anthophysa vegetans*, 12 — *Vorticella convallaria*,
 13 — *Carchesium polypinum*



Организмы β -мезосапробной зоны.

1 — *Asterionella formosa*, 2 — *Oscillatoria rubescens*, 3 — *Oscillatoria redekei*, 4 — *Melosira varians*, 5 — *Coleps hirtus*, 6 — *Scenedesmus quadricauda*, 7 — *Aspidisca lynceus*, 8 — *Pediatrum boryanum*, 9 — *Euplotes charon*, 10 — *Vorticella campanula*, 11 — *Synura uvella*, 12 — *Tabellaria fenestrata*, 13 — *Paramecium bursaria*, 14 — *Uroglena volvox*, 15 — *Stylaria lacustris*, 16 — *Spirogyra crassa*, 17 — коловратка *Brachionus urceus*, 18 — *Cladophora crispata*, 19 — *Actinosphaerium*.



Организмы олигосапробной зоны:

- 1 — *Cyclotella bodanica*, 2 — *Synedra acus* var. *angustissima*, 3 — *Micrasterias truncata*, 4 — *Halteria cirrifera*,
 5 — *Surirella spiralis*, 6 — *Tabellaria flocculosa*, 7 — *Bulbochaete mirabilis*, 8 — *Strombidinopsis gyrans*,
 9 — *Staurastrum punctulatum*, 10 — *Ulothrix zonata*, 11 — *Mallomonas caudata*,
 12 — *Vorticella nebulifera* var. *similis*, 13 — *Cladophora glomerata*, 14 — *Euastrum oblongum*