

Лекция 3 – 4

Закон толерантности.
Факторы среды и их влияние
на гидробионтов

Самое простое определение экологии:

Экология – это наука о взаимоотношениях организмов со средой своего обитания.

Организм – самый низкий уровень организации биологических систем, способный к автономному существованию и самовоспроизводству.

Организмы бывают:

Неклеточные – вирусы;

Одноклеточные – археи, бактерии, протисты;

Многоклеточные – грибы, растения, животные.

Среда обитания, или окружающая среда - та часть природы, или совокупности конкретных природных условий, которая окружает живые организмы, оказывает на них прямое или косвенное влияние, вызывая приспособительные реакции, или *адаптации*.

Земные организмы освоили следующие *среды обитания*:

Водная;

Наземная, включая и воздушную;

Почвенная;

Тела других организмов (паразиты).

С 1957 г. человек, а с помощью него и другие виды живых организмов (начиная с собаки Лайки) начали освоение *Космического пространства*.

В последние 1-2 десятилетия выделяют новую среду обитания –

Глубоко залегающие (до 2 – 3 км) геологические породы – нефть, гранит и пр.

От понятия «*среда обитания*» следует отличать понятие «*условия существования*»,

т.е. совокупность жизненно необходимых факторов среды, без которых организмы не могут существовать.

Факторы - движущие силы совершающихся процессов или условия, влияющие на эти процессы

Экологические факторы –

такие факторы, которые вызывают у отдельных особей, популяций или сообществ приспособительные реакции, или адаптации.

Экологические факторы подразделяются на три основные группы:

Абиотические факторы, или факторы неорганической или неживой природы. К ним относятся:

Физические факторы – тяготение, спектр электромагнитного излучения, газовый состав атмосферы, освещенность и мн. др.

Климатические факторы – температура, влажность, скорость ветра, состав и давление атмосферы и т.д.;

Эдафические факторы (от греч. *эдафон* – почва) – структура почвы, содержание в ней минеральных солей и микроэлементов, определяющих ее плодородие, соленость, рН и пр.

Гидрологические факторы (от греч. *гидро* – вода) - прозрачность, скорость течения, концентрация в газовой и растворенных веществ, электропроводность, соленость, рН и мн. др.

Биотические факторы - это разнообразные формы влияния жизнедеятельности одних организмов на другие.

Их многочисленные формы с достаточной долей условности можно разделить на ряд групп:

Нейтрализм;

Конкуренция;

Паразитизм;

Хищничество;

Аменсализм;

Комменсализм;

Протокооперация;

Мутуализм.

Антропогенные факторы вызваны разнообразными формами человеческой деятельности.

Они могут быть подразделены на три основные группы:

Изменение природных ландшафтов;

Загрязнение окружающей среды;

Изменение (уменьшение или увеличение) численности отдельных видов.

Изменения природных ландшафтов могут быть выражены в разной степени — от незначительных, например, когда луг эпизодически используется для выпаса домашнего скота, до кардинальных — когда на месте осушенного болота создается пашня, или на месте вырубленного лесного массива — населенный пункт.

Крайним случаем изменения природного ландшафта является т. наз. *бедленд* (от англ. *badland* — «плохая земля») — территория, полностью лишенная естественного растительного покрова.

Примеры — места разработки полезных ископаемых открытым способом, терриконы пустой породы, открытые свалки промышленных и бытовых отходов.



Граничный карьер
в Микашевичах

Любое изменение природных ландшафтов нарушает естественную среду обитания для многих видов. Это часто приводит к снижению их численности вплоть до полного их исчезновения.

Однако этот же процесс часто создает среду обитания для других видов. Достаточно большое число видов более или менее успешно приспосабливается к обитанию в изменившихся условиях.

В крупных городах, где наблюдается повышенное разнообразие биотопов, обитает большое количество видов членистоногих, птиц и мелких млекопитающих, сорных растений.

Виды диких животных, живущие в поселениях человека, называются *синантропными видами*.

Загрязнение окружающей среды — привнесение в среду новых, обычно нехарактерных для нее агентов разной природы, или превышение естественного среднесуточного уровня содержания агентов, характерных для среды, выводящее природные экосистемы из состояния равновесия или стабильности.

Загрязнение среды может быть вызвано деятельностью человека и природными процессами — извержениями вулканов, пыльными бурями и т.п.

Формы загрязнения можно подразделить на следующие основные группы:

Физическое загрязнение связано с изменением физических параметров среды.

Среди его типов - температурное (тепловое), световое, шумовое, электромагнитное, радиационное и т.п. загрязнение.

Химическое загрязнение – увеличение в рассматриваемый период времени концентраций в среде обычно нехарактерных для нее химических элементов или соединений, а также обычных для нее соединений, до тех уровней, когда они начнут оказывать неблагоприятное воздействие на всю биоту или отдельные виды организмов.

Химическими загрязнителями могут быть отходы производства, минеральные удобрения, пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и т.д.

Искусственно синтезированные химические вещества, попавшие в природную среду называются *ксенобиотиками* (от греч. *ксенос* – чуждый).

Большинство их являются потенциально опасными для живых организмов, в т.ч. и человека.

Биологическое загрязнение – привнесение в среду или размножение в ней нежелательных для человека организмов, а также увеличение концентрации продуктов их жизнедеятельности в среде.

Важный компонент биологического загрязнения – очаги инфекционных заболеваний человека и других живых организмов.

Уменьшение численности отдельных видов может происходить целенаправленно результате их неконтролируемого промысла, добычи сбора и т.д. или являться побочным эффектом других форм антропогенного воздействия.

Неконтролируемый промысел того или иного вида, даже если он привел к его полному уничтожению, как правило, не оказывает непосредственного отрицательного воздействия на природную среду, где этот вид обитал.

Однако он может оказывать опосредованное влияние на экологические системы. Например, резкое снижение численности ламантинов, питающихся высшей водной растительностью, в реках тропического пояса Америки привело к значительному их зарастанию.

Ламантины



Закон толерантности

Влияние экологических факторов на организмы многообразно. Одни из них оказывают более сильное влияние, другие – более слабое.

Однако в характере воздействия многих факторов на можно выявить некоторые общие закономерности.

Впервые закономерности воздействия факторов среды на организмы начал изучать немецкий химик и агроном *Юстус фон Либих* в 1840 году на примере влияния содержания минеральных солей в почве на рост и урожайность культурных растений.

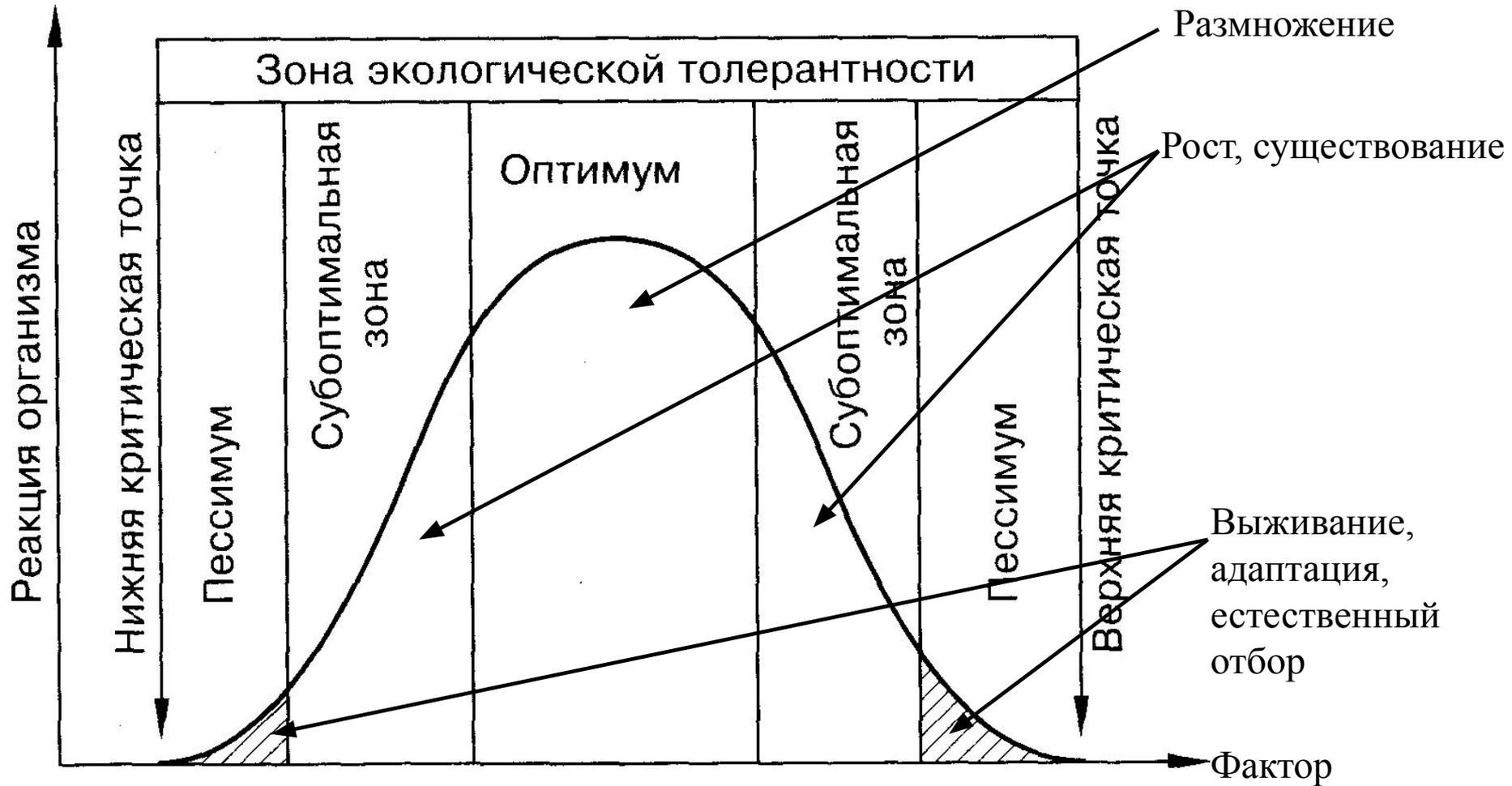
Он установил, что урожайность растений зависит не тех элементов их питания, которые имеются в избытке, например, углекислого газа и воды, а от тех, которые требуются растению в ограниченном количестве.

В их числе – соединения азота, фосфора, калия, серы, которые необходимы растению для нормального роста, но которых в почве, как правило, очень мало.

Лимитирующее воздействие на организмы может оказывать не только недостаток какого-либо фактора, но и его избыток.

Представления об этом сформулировал американский эколог *Виктор Шелфорд* в 1913 году.

Эти представления стали известны как «*закон толерантности Шелфорда*» (от англ. «*tolerance*» - выносливость, терпимость).



Графическая иллюстрация закон толерантности Шелфорда



Кривая толерантности

Виды, у которых интервал зоны толерантности достаточно широкой, называются *эврибионтными*, а у которых этот интервал узкий - *стенобионтными*.

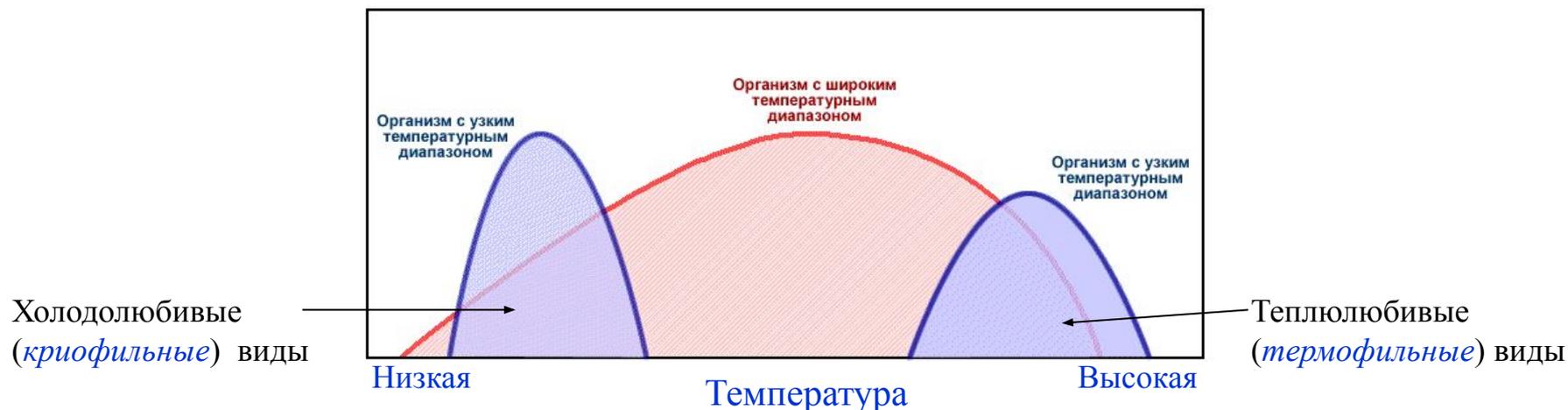
По отношению отдельным факторам такие виды будут называться соответственно:

Температура - *эвритермные* и *стенотермные*;

Соленость - *эвригалинные* и *стеногалинные*;

Свет - *эврифотные* и *стенофотные*,

Активная реакция среды (рН) – *эвриионные* и *стеноионные* и т.д.



Виды могут иметь различные пределы толерантности к факторам среды.

Например, сазан и его одомашненная форма – прудовой карп способны выдержать изменения температуры от 0 до 33°C, но могут обитать только в пресной и слабосоленой воде (не более 5‰).

Напротив, лососевые рыбы способны жить в пресных и океанических водах (диапазон солености от 0 до 35‰), но не выживают повышения температуры свыше 20°C. Поэтому они идут на нерест в реки только в конце лета.

Поэтому карп является эвритермным, но стеногалинным видом, а лососевые рыбы – стенотермными, но эвригалинными видами.

Виды, у которых зона толерантности к какому либо фактору особенно узка, могут рассматриваться как *виды-индикаторы* (или *экологические индикаторы*) состояния окружающей среды.

По наличию вида-индикатора в биотопе можно предполагать, что значение соответствующего фактора среды здесь не выходит за пределы зоны толерантности для этого вида.

Например, личинки веснянок способны выживать только в холодных и чистых, богатых кислородом водоемах. Поэтому они являются видами-индикаторами чистых вод.

Личинка веснянки



Выводы из закона толерантности Шелфорда:

- Любой фактор среды, приближающийся к пределам толерантности для данного организма или выходящий за эти пределы, оказывает на него негативное воздействие, даже если значения остальных факторов находятся в зоне оптимума.
- Виды с широким диапазоном толерантности обычно более широко распространены, чем с узким.
- Пределы толерантности для размножающихся особей (а также семян, проростков, эмбрионов и личинок) обычно более узкие, чем для неразмножающихся взрослых особей.
- Абсолютное большинство видов не размножается круглогодично, но в определенные сезоны года, чтобы отрождение молодежи происходило, когда условия среды являются для них наиболее благоприятными.

Поэтому некоторые экологи предлагают оценивать степень эврибионтности видов не по диапазону выживаемости взрослых особей, а по широте диапазонов факторов среды, в которых происходит их размножение.

- В природе организмы часто обитают в условиях, не соответствующих оптимальному для них диапазону факторов, поскольку распространение видов часто в значительной степени обусловлено конкурентными отношениями с другими видами.
- Если условия по одному фактору не оптимальны для вида, то может сузиться диапазон его толерантности и к другим факторам.
- Адаптация к одному фактору, выражающаяся в расширении зоны толерантности по отношению к нему, может привести к расширению зоны толерантности по отношению к другому фактору (*принцип неспецифичной адаптации*).

В природных условиях на организм действует множество факторов. При этом сами факторы часто оказывают влияние друг на друга, или находятся в зависимости от какого-либо иного фактора.

Например, изменения всех климатических факторов (температура, количество осадков и т.д.) зависит от продолжительности светового дня, а в конечном итоге – от изменения угла наклона оси вращения Земли к плоскости земной орбиты в результате вращения Земли вокруг Солнца.

Поэтому воздействие какого-либо одного фактора на живые организмы бывает очень трудно выделить. Например, при повышении температуры водоема растворимость различных газов в воде, в том числе кислорода, снижается.

Поэтому в жаркое лето водные организмы с жаберным дыханием могут страдать не столько от повышения температуры, сколько от дефицита кислорода в воде.

Температура занимает особое положение среди абиотических факторов среды.

Другие факторы (свет, соленость, содержание химических веществ, даже силу тяжести) можно устранить из природной среды или эксперимента. *Температуру никогда устранить нельзя*, ее можно лишь изменить.

Диапазон существующих во Вселенной температур огромен – от нескольких миллиардов градусов в центре самых массивных звезд до температуры космического вакуума («абсолютный нуль», $-273,15^{\circ}\text{C}$).

По сравнению с этим температурный диапазон, в котором может существовать земная жизнь, очень узок.

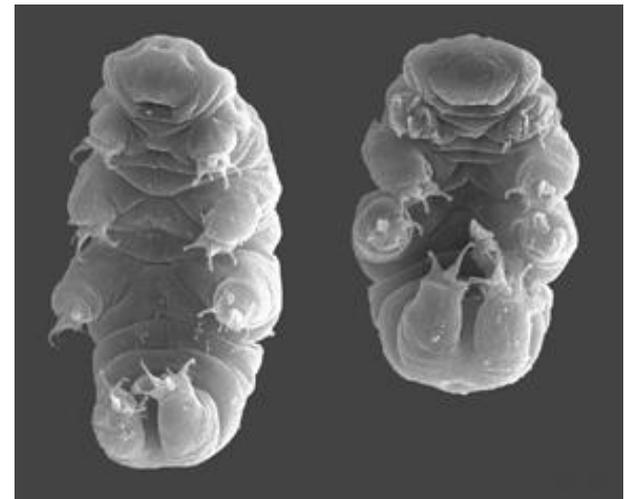
В экспериментах тихоходки в состоянии анабиоза выдерживают пребывание в течение 20 месяцев в жидком воздухе при -193°C и восьмичасовое охлаждение гелием до -271°C .

В состоянии анабиоза споры некоторых бактерий, цисты артемий и тихоходки не теряли жизнеспособности после нескольких месяцев пребывания в открытом космосе, где подвергались воздействию температуры абсолютного нуля и высокой космической радиации.

Тихоходки являются самыми мелкими беспозвоночными. Размеры их взрослых особей составляют 0,1–2,5 мм. Обитают в подстилке почвенного покрова, чаще всего во мху.

Таксономическое положение тихоходок неясно. Сейчас их относят к отдельному типу, родственному типам членистоногих и кольчатых червей.

В состоянии анабиоза отличаются чрезвычайно высокой толерантностью к экстремальным факторам среды.



В активном состоянии некоторые арктические и антарктические гомойотермные организмы (белые медведи, пингвины и т.д.) могут существовать и при $-45 \dots -60^{\circ}\text{C}$, однако температура их внутренних органов составляет свыше 36°C .

В гидросфере Земли температура жидкой воды изменяется в очень широких пределах: от $-7,5^{\circ}\text{C}$ (в пересоленных озерах Казахстана в зимний период) до 350°C – в местах выхода на дно океанов перегретых вод мантии Земли.

При увеличении солености воды на каждые 10‰ температура ее замерзания снижается в среднем на $0,54^{\circ}\text{C}$.

Поэтому соленые воды замерзают при отрицательной температуре.

Океаническая вода соленостью 35‰ в арктических и антарктических морях замерзает при $-1,9^{\circ}\text{C}$... - $2,2^{\circ}\text{C}$.

Их обитатели (водные беспозвоночные и рыбы) круглогодично существуют при температуре воды около $-2,2^{\circ}\text{C}$. При этом температура их тела практически равна этому значению.

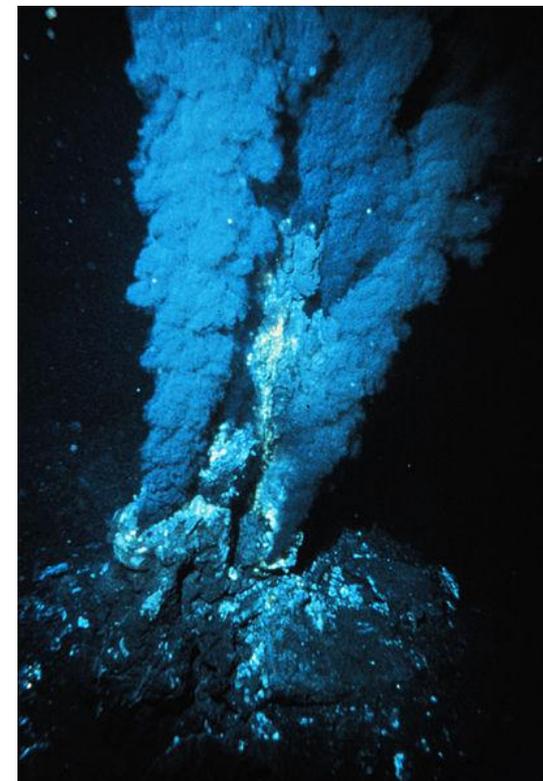
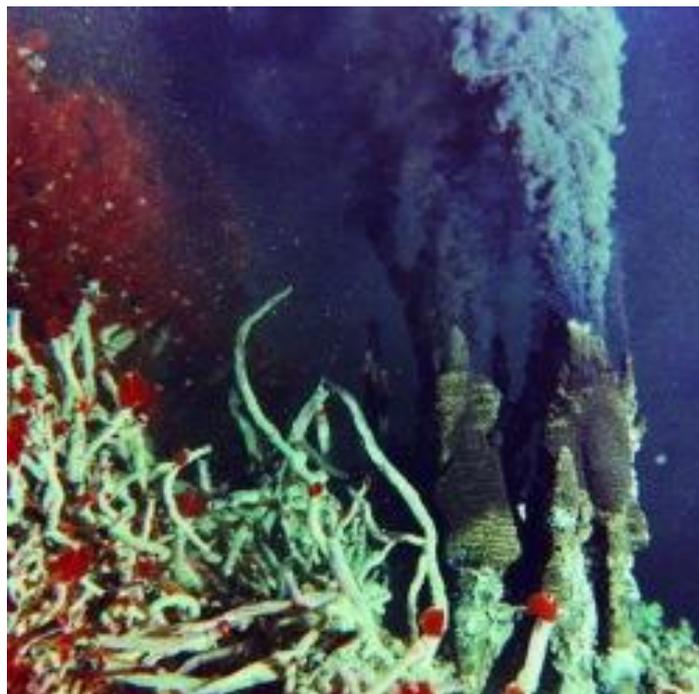
В светлый период года фитопланктон этих морей способен к интенсивному фотосинтезу, даже под покровом прозрачного для света льда.

Воды с температурой свыше 100°C (до 350°C) встречаются в местах изливов перегретых вод верхней мантии Земли на океаническое дно - *гидротермальных источниках*. Они приурочены к подводным срединно-океаническим хребтам, образующихся в местах раздвига океанических литосферных плит на глубинах 2 – 3 км. Испарению термальных вод препятствует высокое гидростатическое давление у дна – примерно 200 – 300 атмосфер.

Термальные воды имеют темный цвет вследствие очень высокого в них содержания сероводорода. Создается впечатление, что источники выделяют не воду, а темный дым, потому они названы *«черными курильщиками»*.

Изливающаяся на дно океана вода быстро остывает и при температуре около 100°C в ней уже встречаются живые организмы.

Гидротермальные
источники



Максимальная температура континентальных водоемов составляет 95 – 98°C. Она имеет место в геотермальных источниках.

Геотермальный источник (или подогреваемый водоем) – выход на поверхность подземных вод, нагретых свыше 20°C, а в жарких регионах – свыше среднегодовой температуры поверхностных водоемов данной местности.



Геотермальный источник
Ходутка на Камчатке



Геотермальные источники
в Долине гейдеров на
Камчатке

Самый крупный горячий источник Европы Дельгартунгюквер в Исландии. Его дебит составляет 180 л·сек⁻¹, а температура воды около 97°C

Максимальные температуры выживания гидробионтов значительно ниже максимальной температуры гидросферы. *Самым термоустойчивым, известным на сегодняшний день, видом водных организмов является архея Methanopyrus kandleri из гидротермальных источников.*

В лабораторных условиях она способна не только выживать, но и размножаться при 122°C.

Особи из лабораторного штамма *E-121* этого вида в эксперименте делились при 121°C и выживали до 2 часов при *130°C*. При этом они прекращали делиться при снижении температуры до 103°C.



В последнее время появились сведения, полученные океанологами США и Великобритании, что археи могут обитать в водах «черных курильщиков» с температурой 150°C и даже 169°C. Однако они пока не получили надежного подтверждения.

Во всяком случае, ДНК и другие жизненно важные макромолекулы у всех известных гипертермофильных архей в эксперименте разрушаются при температуре 150°C.

Споры некоторых бактерий в состоянии анабиоза выдерживают кратковременное нагревание до 140 - 150° С.

Термоустойчивость эукариотных организмов значительно ниже, чем прокариотов. Вероятно, это обусловлено тем, что срок полужизни незащищенных белками информационных РНК очень быстро сокращается с повышением температуры. Однако верхние температурные пределы существования эукариотов четко не определены.

Красная водоросль *Cyanidium caldarium* способна выживать при 57°C, а ее температурный оптимум составляет 45°C. Верхний предел существования для термофильных грибов в эксперименте достигает 61°C.

Еще в середине XX столетия, считалось, что отдельные виды моллюсков, ракообразных и даже рыб в геотермальных источниках суши могут обитать при температуре 40 - 45 и даже 50 – 55°C.

Однако сейчас эти сведения вызывают серьезные сомнения. По последним данным, беспозвоночные, обитающие в этих водоемах, сосредоточены в микрizonaх, где температурой не превышает 33 – 35°C, в частности, вблизи микровыходов холодных подземных вод.

Лишь отдельные особи могут заходить в поисках пищи на короткое время (до нескольких минут) в зоны с температурой до 37 – 42°C.

В последние годы появились данные, что беспозвоночные из экосистем «черных курильщиков» могут существовать и при более высоких температурах.

Так, кольчатый помпейский червь *Alvinella pompejana* живет в вертикальных трубках, которые образуются в результате застывания слизи, выделяемой поверхностью тела. Нижняя часть трубки, где находится хвостовая часть червя, в тканях которой обитают симбионтные археи, погружена в мягкий ил, температура которого достигает 68–81°C.

Однако выступающая из трубки головная часть червя с ротовыми щупальцами находится в гораздо более холодной воде – около 22°C. Поскольку материал трубки и слизь обладают хорошими термоизолирующими свойствами, температура внутри трубки может быть существенно ниже, чем в илу.



Помпейский червь в свободном состоянии (слева) и в трубке (справа)

Таким образом, температурные диапазоны, в которых могут существовать земные живые организмы, составляют:

Живые клетки: от $-7,5^{\circ}\text{C}$ до 122°C (130°C);

Живые организмы: от -60°C до 121°C ;

Организмы в состоянии анабиоза:

от -273°C до 150°C (423°C)

Соленость

Одной из важнейших характеристик природных вод является содержание в них минеральных солей, или *соленость*.

Соленость воды измеряется в *промилле*.

1 промилле (‰) равен 1 г солей, растворенному в 1 литре воды.

Следовательно, $1‰ = 0,1\%$ в единицах массы.

Согласно *Венецианской системе* (1958 г.), все природные воды по степени солености подразделяются на:

Пресные: $< 0,5\text{‰}$

Солоноватые: $0,5 - 30 \text{‰}$

Они, в свою очередь, подразделяются на:

Олигогалинные: $0,5 - 5\text{‰}$

Мезогалинные: $5 - 18 \text{‰}$

Полигалинные: $18 - 30 \text{‰}$

Морские (океанические): $30 - 40 (50) \text{‰}$

Пересоленные (ультрагалинные): $> 40 - 50 \text{‰}$

Все водные организмы по отношению к солености делятся на четыре большие группы:

Пресноводные,

Солоноватоводные,

Морские,

Ультрагалинные.

Перечислить все виды организмов, населяющие воды с разной соленостью просто невозможно.

Поэтому мы рассмотрим здесь лишь важнейшие таксономические группы высшего ранга (тип, подтип, класс), которые отличаются большим количеством видов (> 1000) и имеют важное значение в водных экосистемах.

Исключительно или преимущественно
(на 95 – 99%) морские таксоны

Автотрофные протисты:

- Бурые водоросли
- Красные водоросли

Животные

- Кишечнополостные
- Погонофоры
- Головоногие моллюски
- Иглокожие
- Оболочники
- Хрящевые рыбы

Бурые водоросли

Около 1500 – 2000 видов, из них только 7 являются пресноводными



Макроцистис *Macrocystis pyrifera*. Один из самых крупных видов водорослей. Его длина достигает 60 м, а скорость роста – до 0,5 м в сутки. Растет на каменистых и скалистых грунтах на глубинах 20 – 30 м. Важный объект промысла.



Фукус пузырчатый *Fucus vesiculosus*, обычный вид в северной части Атлантического океана. Произрастает в прибрежной полосе моря, преимущественно в зоне прилива-отлива, на каменистых и скалистых грунтах, обычно образует обширные заросли.

Красные водоросли



Родимения дланевидная
Rodimenia palmata.
Распространена в Северной
Атлантике.



Ложный ирландский мох *Mastocarpus stellatus*. Распространен в Северной Атлантике. Произрастает на скалистых грунтах несколько ниже литоральной зоны.



Заросли красных водорослей
на литорали при отливе

Кишечнополостные

Тип включает 11 тысяч видов, из которых абсолютное большинство живет в морях и океанах. Среди очень немногочисленных пресноводных видов наиболее известна пресноводная гидра *Hydra oligactis*.

Самые крупные отряды кишечнополостных – сцифоидные медузы и коралловые полипы – исключительно морские формы.



Волосистая цианея *Cyanea caoillata* – самый крупный вид сцифоидных медуз Мирового океана. Длина щупальцев самой большой особи достигала 36,5 м, а диаметр «купола» - 2,3 м.

Большинство видов коралловых полипов являются колониальными организмами.

Их колонии образуют коралловые рифы, на которых поселяются многочисленные виды морских беспозвоночных и рыб.

Поэтому коралловые полипы являются средообразующими видами (*виды – эдификаторы*).



Одиночный полип актиния *Actinia equina*. Известна своими симбионтными отношениями с раком-отшельником.



Колониальные коралловые полипы на Большом Барьерном рифе (Австралия)

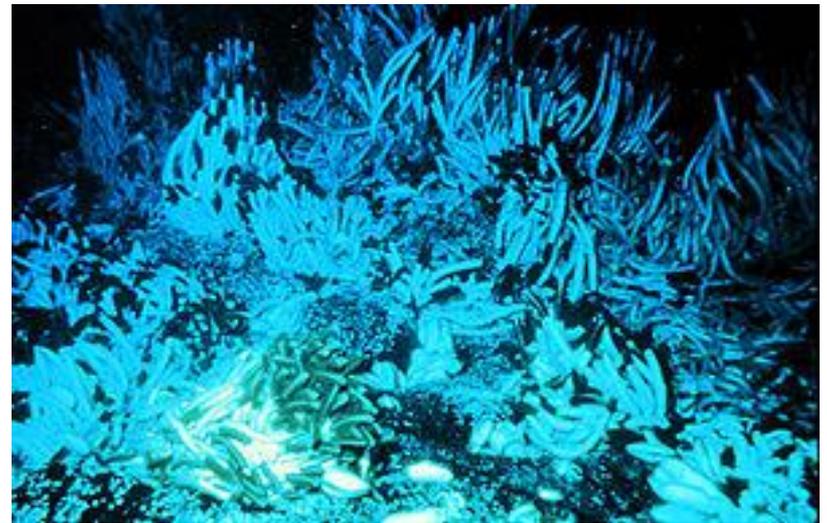
Погонофоры - одно из семейств типа кольчатых червей.

Являются видами-эдификаторами в экосистемах океанических гидротермальных источников – «черных курильщиков». У них полностью отсутствует кишечник, что является уникальным явлением у свободноживущих беспозвоночных.

В теле погонофор поселяются симбионтные хемотрофные серобактерии. Синтезируемое ими органическое вещество используется погонофорами для питания. В свою очередь, погонофоры поедаются многими видами рыб и ракообразных.



Погонофоры обычно обитают в вертикальных трубках, образованных слизистыми выделениями поверхности тела.



Трубки погонофор у выходов гидротермальных вод

Головоногие – самый высокоорганизованный класс типа моллюсков.

Около 800 современных видов, исключительно морские формы, единичные виды заходят в солоноватые воды – до 17‰.

Включает осьминогов, кальмаров, каракатиц и др.



Обыкновенный осьминог *Octopus vulgaris*.
Размеры тела вместе со щупальцами не
превышают 120 см, масса тела – до 10 кг.
Важный промысловый вид



Тропический вид *Octopus ornatus* вместе
с аквалангистом



Один из видов каракатиц. В случае нападения
хищников каракатицы выбрасывают в воду
содержимое своего чернильного мешка и под
защитой этой «дымовой завесы» скрываются



Лекарственная каракатица *Sepia officinalis*.
Размеры тела 20 – 30 см, из жидкости ее
чернильного мешка изготавливается краска сепия

Тип иглокожие.

Около 7000 современных видов – исключительно морские животные, обитают только в водах с океанической соленостью.

Наиболее известные группы – морские звезды, морские огурцы и голотурии.



Разные виды морских звезд.



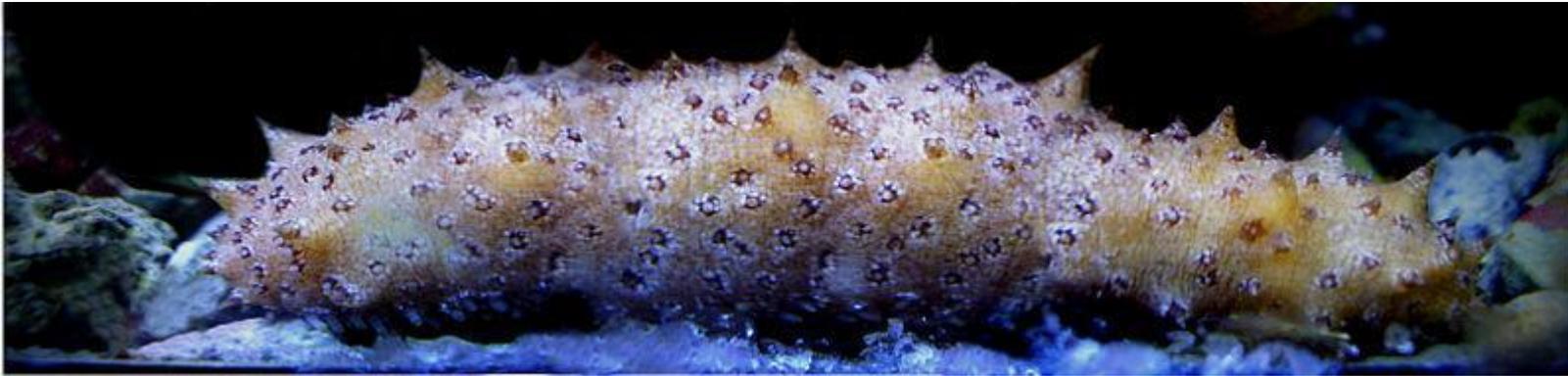
Морская звезда поедает моллюска. Она выворачивает желудок наружу и обволакивает им свою жертву



Пурпурный морской еж *Strongylocentrotus purpuratus*. С помощью своего «аристотелева» фонаря он способен проделывать углубления даже в базальтовых и гранитных скалах.



Грифельный морской еж *Heterocentrotus mammillatus*, имеет длинные красно-коричневые иглы, притупленные на конце. Ими раньше писали на грифельных досках.



Морской огурец (трепанг)



Трепанг *Stychopus fuscus*

Один из немногих видов плавающих иглокожих –
глубоководный морской огурец *Eupniastes sp.*

Подтип оболочники (около 1000 видов) – исключительно морские животные. Их важнейшие группы - асцидии, аппендикулярии и сальпы.



Колония асцидий *Didemnum molle*



Все асцидии во взрослом состоянии – донные, неподвижные животные.

Колониальные организмы асцидии обладают фильтрационным типом питания. Они поглощают большие объемы воды с находящимися в ней пищевыми частицами через один сифон, а выпускают- через другой. Поэтому колониям асцидий принадлежит важное значение в процессах очистки морских вод.

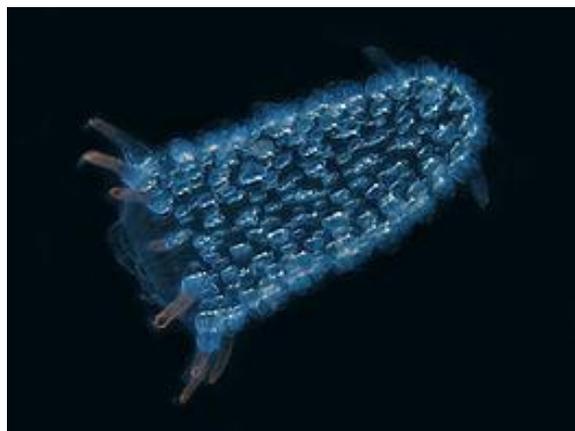
Аппендикулярии – мелкие свободноплавающие животные, их размеры изменяются от нескольких миллиметров до немногих сантиметров. Обычно они находятся в домике, являющимся видоизменённой оболочкой тела.

Сальпы - свободноплавающие морские беспозвоночные размером от нескольких мм до 30 см. Обитают главным образом в поверхностных водах океана (до глубины в несколько сот метров), где иногда образуют огромные скопления. Могут светиться за счёт развивающихся в них симбиотных бактерий.

Сальпы и аппендикулярии способны потреблять мельчайшие планктонные организмы и детрит, что делает накопленную в них энергию доступной для организмов более высоких трофических уровне. Поэтому эти группы выполняют в трофических цепях открытых районов Мирового океана функцию концентраторов.



Аппендикулярия



Светящаяся сальпа



Одна из групп сальп – бочоночники

Хрящевые рыбы – один из двух классов ныне существующих рыб.
Наиболее известные их группы – акулы, скаты и химеры.



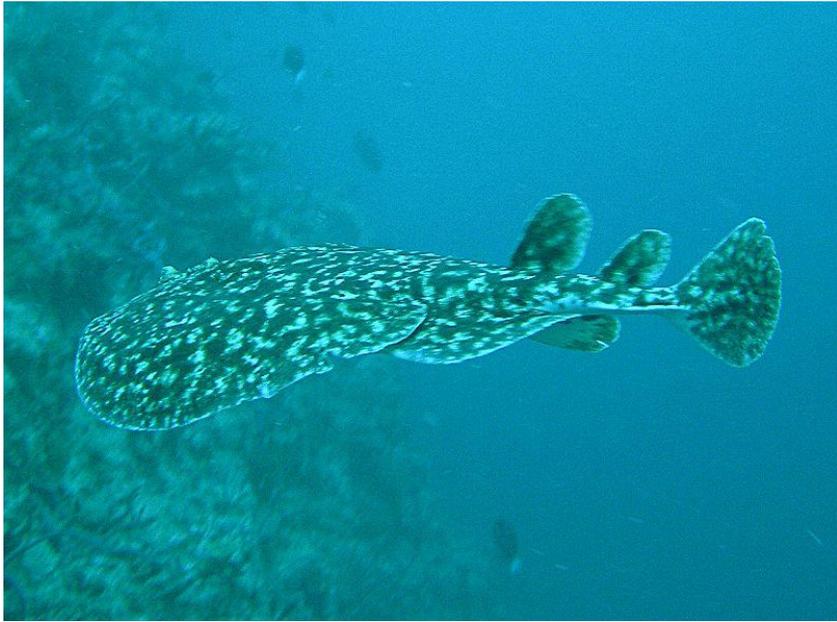
Акула-молот *Sphyrna lewini*



Зебровая акула *Stegostoma fasciatum*



Китовая акула *Rhincodon typus* – самый крупный вид рыб, ее длина достигает 20 м, а масса до 34 т. Несмотря на огромные размеры, китовая акула питается исключительно планктоном и никакой опасности для человека не представляет.



Электрический скат *Torpedo fuscumaculata*.
Способен производить электрический заряд,
напряжением от 8 до 220 вольт. Скаты могут
оглушить им врага.



Химера *Callorhynchus milii*

Исключительно или преимущественно (на 95 – 99%) пресноводные таксоны

Высшие растения

- Мохообразные
- Папоротникообразные
- Покрытосемянные

Животные

- Коловратки
- Легочные моллюски
- Насекомые (водные насекомые и водные личинки наземных насекомых)
- Амфибии

Мохообразные



Мох сфагнум – типичный вид верховых болот

Папоротникообразные



Сальвиния плавающая
Salvinia natans

Азолла *Azolla filiculoides*.
Может вступать в симбиоз
с азотфиксирующими
цианобактериями



Пресноводные покрытосемянные (цветковые) растения обычно называют макрофитами

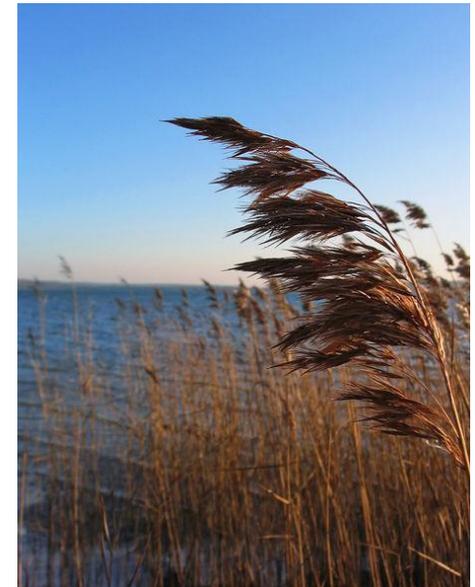
Они подразделяются на погруженных макрофитов, все части которых находятся под водой, и полупогруженных – верхняя часть которых возвышается над поверхностью воды.



Побеги полупогруженного
макрофита – элодеи канадской
Elodea canadensis



Воздушный цветок полупогруженного
макрофита телореза алоэвидного
Stratiotes aloides



Заросли тростника
обыкновенного
Phragmites australis
на озерной литорали

Коловратки

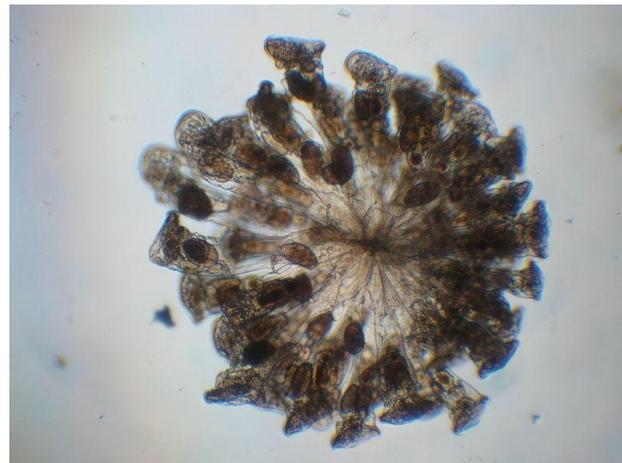
Около 1600, преимущественно пресноводных, видов. Одиночные и колониальные формы, свободно плавающие и сидячие формы.

Самые мелкие (не более 2 мм) многоклеточные животные, поэтому в водных экосистемах они выполняют функцию биоконцентраторов. В свою очередь, коловратки – важный корм для личинок рыб и мелких беспозвоночных.

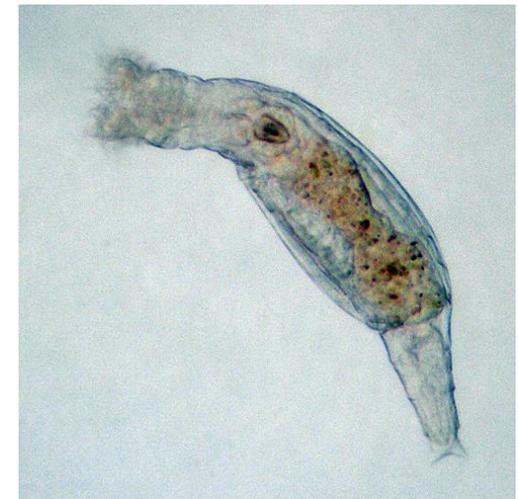
Коловратки – одна из немногих групп водных беспозвоночных, способных существовать в условиях сильного цветения водоемов.



Одиночная коловратка
Brachionus quadridentatus



Колония коловраток
Conochilium sp.



Коловратка
Habrotrocha rosa

Легочные моллюски

Неформальная группа пресноводных и наземных брюхоногих моллюсков. Немногочисленные морские виды встречаются лишь в прибрежных солоноватых водах.

Характерными особенностями легочных моллюсков являются гермафродитизм, способность к самооплодотворению и атмосферное дыхание. Это делает их независимыми от содержания растворенного кислорода в воде - одного из важнейших лимитирующих факторов для большинства гидробионтов.

Легочные моллюски доминируют в сообществах донных организмов большинства стоячих и медленно текущих водоемов умеренной зоны.



Большой прудовик *Lymnaea stagnalis*
(вверху) и физа *Physa acuta* (внизу)



Катушка *Planorbis corneus*

Из более чем 1 миллиона известных видов **насекомых** с водой связано не менее 20 тысяч видов. Из них ряд групп видов живет в воде на протяжении всего жизненного цикла – жуки из семейства плавунцов, клопы – гладыши и водомерки.

В море живет лишь несколько десятков видов насекомых – все из группы морских водомерок.



Один из самых крупных жуков – окаймленный плавунец *Dytiscus marginalis*, его размер может достигать 35 – 37 мм.



Гладыш *Notonecta glauca*, плывущий на спине.



Пресноводная водомерка из рода *Gerris*

Однако большинство видов водных насекомых связано с водой лишь на стадиях личинки. Это все виды из отрядов стрекоз, поденок, веснянок и вислокрылок, многие виды семейства двукрылых.



Личинка вислокрылки



Личинка стрекозы на водной растительности



Личинка поденки



Личинка веснянки – хороший индикатор чистоты воды



Личинки комаров, прикрепившиеся к нижней стороне поверхностной пленки воды

Таксоны, достаточно равномерно представленные в морских и пресных водах:

Прокариоты:

Многие группы археобактерий и бактерий, цианобактерии.

Автотрофные протисты:

- Диатомовые водоросли.
- Зеленые водоросли.

Гетеротрофные протисты:

Большинство свободноживущих групп.

Животные:

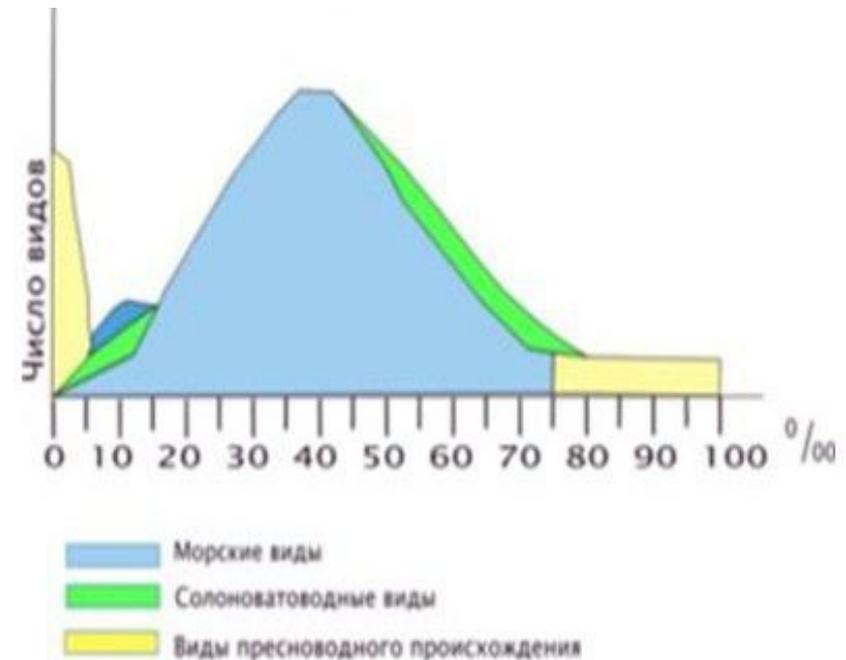
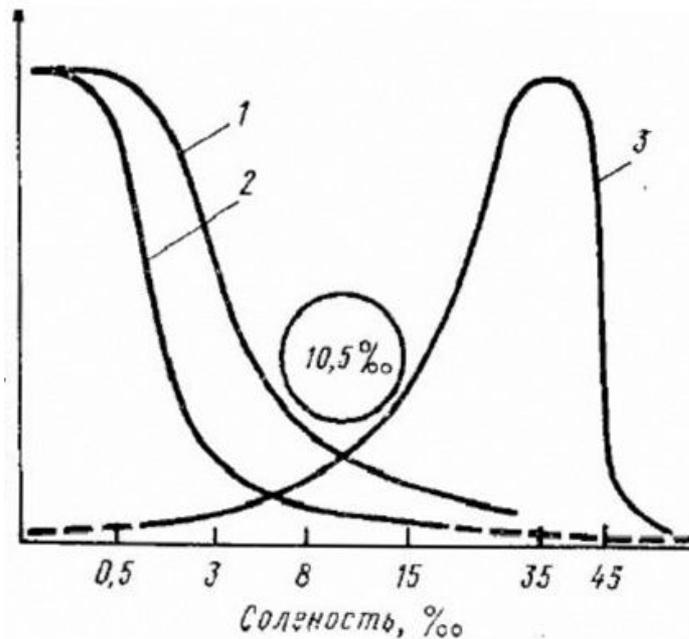
- Круглые черви;
- Кольчатые черви;
- Двустворчатые и переднежаберные моллюски;
- Ракообразные;
- Костные рыбы.

Лишь сравнительно небольшое число видов постоянно существуют и размножаются исключительно в солоноватых водах при солёности 5 – 8‰. Интересно, что такую же солёность имеет плазма крови человека и других млекопитающих

Ни один таксон гидробионтов достаточно высокого ранга (отряд и выше) не является характерным лишь для этого диапазона.

Этот феномен получил название *«парадокс солоноватых вод»*.

Число видов



Число видов беспозвоночных в водоёмах с разной солёностью. 1 Каспийская фауна. 2. Пресноводная фауна. 3. Средиземноморская фауна.

Рубеж 5–8‰, названный «критической соленостью», является естественным барьером, разделяющим морскую и пресноводную фауны.

Пресноводные организмы, как правило, не могут существовать при солености свыше 5-8‰, а морские – ниже 5–8‰.

Поэтому биоты пресных и морских водоемов не смешиваются.

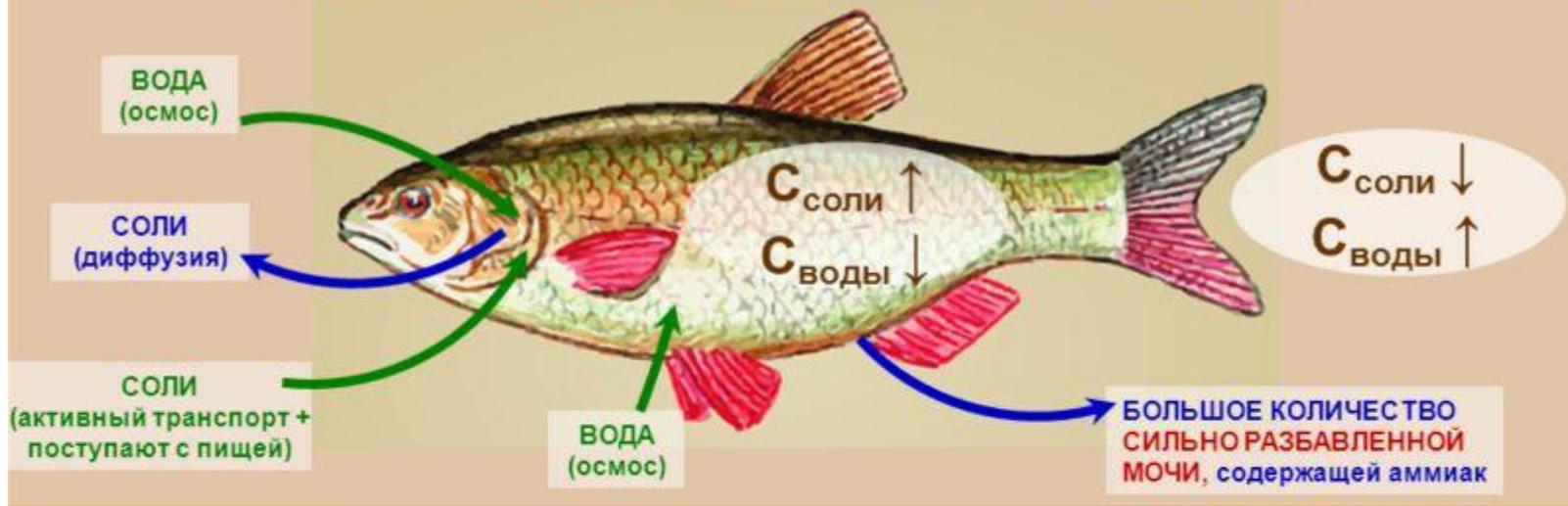
Немногие виды рыб (лососевые) и ракообразных (креветки) способны существовать как в пресных, так и в морских водах.

При этом смена водоема строго приурочена к определенным стадиям жизненного цикла особей. Например, лососевые рыбы поднимаются на нерест в реки, а отрожденная молодь идет в моря и океаны, где остается до достижения половой зрелости.

Такие рыбы называются *проходными*.

Схема осморегуляции пресноводных и морских рыб

ПРЕСНОВОДНЫЕ РЫБЫ – гипотоническая среда



МОРСКИЕ РЫБЫ – гипертоническая среда



Соленость внутренней среды пресноводных рыб значительно выше, чем пресной воды.

Поэтому для поддержания ее постоянства рыбе необходимо удалять большое количество воды, проникающей в организм через внешние покровы, а также поглощать минеральные элементы (Na, K, Cl и др.) из низкоминерализованной пресной воды.

Напротив, у морских рыб соленость внутренней среды ниже, чем морской воды.

Поэтому ей приходится поглощать большое количество воды и удалять из организма содержащиеся в ней минеральные соли.

В ультрагалинных континентальных водоемах видовое разнообразие значительно снижается.

В них встречаются мелкие жаброногие рачки из рода артемия (*Artemia*), личинки некоторых насекомых, ряд видов бактерий и водорослей.

Самыми галофильными видами являются артемии и зеленая водоросль *Dunaliella salina*, которые обнаруживаются даже в водоемах с соленостью до 200 – 250‰. Часто в таких водоемах перечисленные виды являются единственными видами живых организмов.

Из артемий американские индейцы, жившие у Большого Соленого озера, изготавливали пасту, которую употребляли в пищу.



Самка и самец (сзади) артемии. Размеры тела взрослых особей – до 15 мм. Оптимальная соленость для этих малоподвижных и беззащитных планктонных рачков – 30–35‰. Однако обитают они только в пересоленных озерах, где отсутствуют их потенциальные хищники и конкуренты. Способны выживать при солености до 150‰ и температуре до 30–33°C.

Отрождаются из покоящихся яиц весной, когда соленость воды в результате таяния снегов и атмосферных осадков снижается до 20–25‰. Достигают половой зрелости в возрасте 3–4 недель, могут производить личинок (науплиусов) и покоящиеся яйца. Могут размножаться двуполым размножением и партеногенезом. Погибают к концу лета, когда соленость водоема повышается до 150‰ и более.



Розовые колонии дуналиеллы *Dunaliella salina*

Атмосферные газы

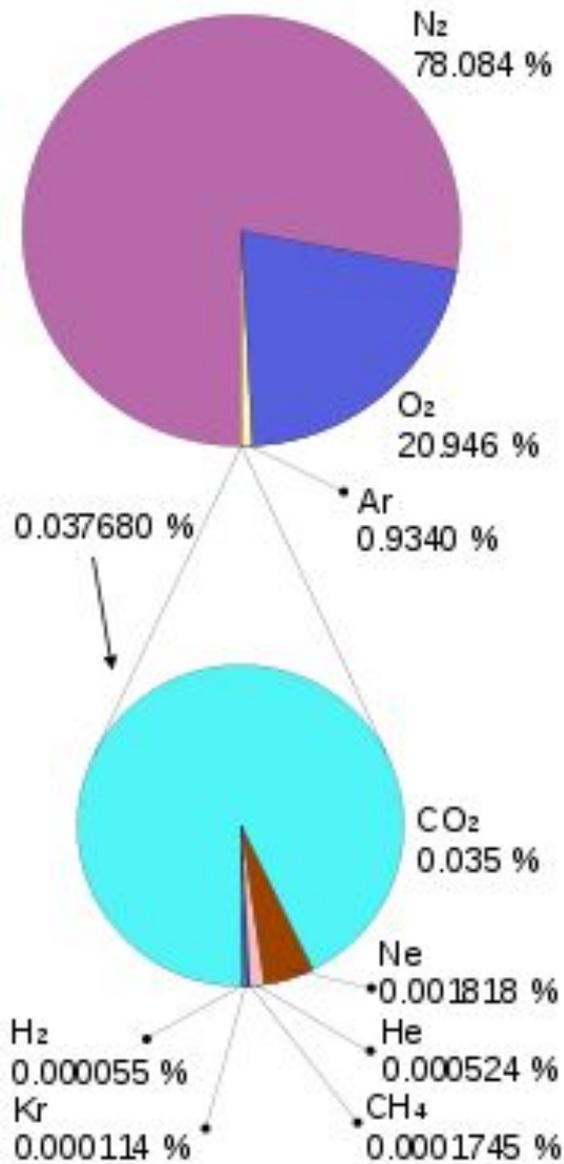
Объемный состав атмосферы Земли следующий:

Основу ее составляют **азот** (N_2) – прибл. 78% и **кислород** (O_2) – прибл. 21%.

Третье место занимает инертный газ **аргон** (Ar) – 0,93%.

На долю остальных газов приходится прибл. 0,07% объема атмосферы.

Среди них наиболее важным является **углекислый газ** (CO_2) – прибл. 0,04%.



Состав земной атмосферы

Газообразный **азот** (от греческого «*a*» – отрицательная частица и «*зоон*» - «жизнь», т.е. «безжизненный») не является ядовитым газом, иначе на Земле не было бы жизни.

Однако он является малоактивным газом, уступая в этом отношении лишь инертным газам.

Напротив, **кислород** – очень активный химический элемент. Он легко вступает в химические реакции окисления с различными органическими соединения и металлами, образуя окислы.

В верхних слоях атмосферы кислород под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца превращается в свой изомер **озон** (O_3):



Содержание озона в атмосфере очень невелико, не более 10^{-6} %. Наибольшая его концентрация («**озоновый слой**») наблюдается на высотах 21 – 25 км, или в нижнем слое стратосферы. Концентрация озона несколько выше над тропическим поясом Земли и ниже – над полюсами.

Обычно концентрацию озона в атмосфере измеряют в *единицах Добсона* (**ЕД**) Одна ЕД равна концентрации озона 10^{-9} %.

Обычно содержание озона изменяется в пределах 250 – 550 ЕД. Если его концентрация над каким-либо районом ниже этих величин, говорят об «**озоновой дыре**».

Кислород имеет огромное значение для дыхания подавляющего большинства видов живых организмов. Концентрация кислорода в земной атмосфере (21%) близка к верхнему критическому уровню для существования Биосферы.

Даже незначительное повышение его доли во вдыхаемом воздухе (до 25%) оказывает возбуждающее и наркотическое воздействие на людей.

Кроме того, при подобной концентрации кислорода даже при температуре ниже 100°C может происходить самовозгорание органических веществ.

Организмы, которые используют для дыхания кислород, называются *аэробными* (от греческого «*аэр*» - воздух) организмами, а такой тип дыхания – *аэробным* дыханием.

Однако существуют организмы, которым для жизнедеятельности вообще не нужен кислород.

Их открыл французский биолог *Луи Пастер* в 1861 году. Ими оказались бактерии из рода *Clostridium*.

Такие организмы Пастер называл *анаэробными*.

У анаэробных организмов отсутствуют митохондрии, а процессы получения энергии происходят в цитоплазме. Эти процессы с биохимической точки зрения правильнее называть не анаэробным дыханием, а *брожением*.

Примером является *спиртовое брожение*:



Кислород для анаэробов – смертельно ядовитый газ. Они способны жить лишь в тех средах, где содержание кислорода не превышает 1% от его современного содержания в атмосфере, т.е. менее 0,21% от объема воздушной среды (*точка Пастера*).

Такие условия имеют место в глубинных слоях земной коры, донных отложениях водоемов, в земной коре, во внутренних полостях организмов и т.д.

Анаэробные микроорганизмы по отношению к кислороду анаэробы разделяются на две группы.

Облигатные анаэробы способны существовать при концентрациях кислорода.

Факультативные анаэробы нуждаются в небольшом кислороде, но способны длительное время выживать при его концентрациях, ниже точки Пастера.

Анаэробные микроорганизмы по отношению к кислороду анаэробы разделяются на две группы.

Облигатные анаэробы способны существовать при концентрациях кислорода.

Факультативные анаэробы нуждаются в небольшом кислороде, но способны длительное время выживать при его концентрациях, ниже точки Пастера.

Очень важным показателем, характеризующим кислородные условия среды, является *окислительно-восстановительный потенциал (rH_2)*, или отношение между содержанием O_2 и H_2 в среде.

rH_2 измеряется в милливольтгах (мВ) и изменяется в пределах от 0 до 40 мВ.

Точка Пастера соответствует $rH_2 = 14$ мВ.

Аэробные микроорганизмы способны существовать при rH_2 от 14 до 40 мВ.

Облигатные анаэробы выживают при rH_2 от 0 до 14 мВ.

Факультативные анаэробы существуют при rH_2 от 7,4 до 20 мВ.

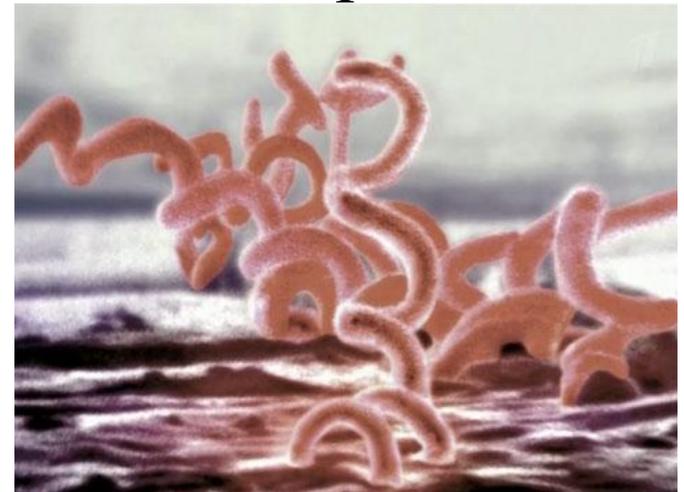
В настоящее время известно более 2000 видов облигатных анаэробов. В абсолютном большинстве – это прокариоты из разных таксономических групп.

Один порядок прокариотов – хладимии – представлен исключительно облигатными анаэробами.

К анаэробам относится ряд паразитических бактерий, вызывающих серьезные заболевания.

В их числе - *бледная трепонема* (*Treponema pallidum*), живущая в крови человека, и др.

Бледная трепонема – возбудитель сифилиса у человека. Является также stenothermным организмом, способным размножаться в очень узком температурном диапазоне - около 37°C.



Среди протистов также существуют облигатные анаэробы. Ими, очевидно, являются некоторые виды паразитических жгутиконосцев.

Их примером является лямблия (*Lambliа intestinalis*), паразитирующая в тонком кишечнике человека, у которой отсутствуют митохондрии.

Однако считается, что отсутствие митохондрий у паразитических жгутиконосцев, в отличие от анаэробных прокариотов, является вторичным, вызванным переходом к паразитизму.

Лямблия



Однако большинство паразитических протистов, хотя и существуют при очень низких концентрациях кислорода, нуждаются в некотором его количестве.

Ими, например, являются инфузории, живущие в рубце жвачных млекопитающих и жгутиконосцы, обитающие в желудке термитов.

В этом отношении они очень близки к факультативным анаэробным бактериям.

Все многоклеточные эукариотные организмы являются аэробными.

Однако многие виды грибов и животных в той или иной степени способны к факультативному анаэробнозису, поскольку способны выживать определенный период времени в условиях недостатка кислорода, получая энергию для своей жизнедеятельности за счет брожения.

Среди грибов их примером являются дрожжи. В анаэробных условиях, например в тесте, они переходят к брожению.

Ранее считалось, что некоторые гельминты внутрикишечные паразиты животных (печеночная двуустка, аскарида и др.).

В атмосфере чистого кислорода они быстро погибают, на чем основан один из методов борьбы с ними.

Основную часть энергии эти гельминты получают в результате брожения, однако в их клетках имеются митохондрии с полным набором цитохромов.

Эти паразиты нуждаются в определенном, хотя и очень малом, количестве кислорода. В бескислородной среде они достаточно быстро погибают.

В целом, наземные животные очень редко сталкиваются с дефицитом кислорода для дыхания. Поэтому у наземных организмов, обитающих на небольших высотах (до 3 км) нет особых физиологических адаптаций к существованию при недостатке кислорода.

С высотой парциальное давление кислорода в атмосфере сокращается, поэтому у организмов развивается «кислородное голодание». У высокогорных млекопитающих отмечено повышение содержания эритроцитов в крови, а сами эритроциты более крупные. Это повышает кислородную емкость крови.

Небольшая птичка чечевица из отряда вьюрковых вьет гнезда в Гималаях на высоте до 6000 м.

Люди на высотах свыше 7000 не могут обходиться без кислородных масок.

Чечевица *Carpodacus erythrinus*



В воде хорошо растворяются многие газы, в их числе кислород и углекислый газ, что имеет важнейшее значение для процессов дыхания и фотосинтеза водных организмов.

Один из важнейших показателей качества воды – *содержание растворенного кислорода*. Оно определяет условия существования *аэробных организмов* в водоеме и способность его вод к самоочищению.

Содержание кислорода в воде определяется многими факторами, среди них важнейшее значение имеют температура воды и содержание в ней минеральных веществ и органических веществ.

При повышении температуры воды и ее солености содержание кислорода в воде существенно снижается.

Растворимость атмосферного кислорода ($\text{мгO}_2 \cdot \text{л}^{-1}$) при давлении 1 атм
в воде, не содержащей органических веществ

Температура, °С	Соленость, ‰				
	0	10	20	30	40
0	10,29	9,65	9,01	8,36	7,71
10	8,02	7,56	7,10	6,63	6,17
20	6,57	6,22	5,88	5,53	5,18
30	5,57	5,27	4,96	4,65	4,35

$$1 \text{ млO}_2 = 1,43 \text{ мг}$$

Содержание кислорода в пресной воде при 20°C в среднем в 30 раз ниже, чем в атмосфере.

Однако рыбы, вытасненные из воды, быстро погибают. Это объясняется быстрым обыханием их жабер и слипанием жаберных лепестков, что снижает площадь дыхательной поверхности.

Снижение содержания кислорода в воде водоема называется *замором*. В континентальных водоемах заморы бывают зимними и летними.

Зимние заморы обусловлены поглощением кислорода донными отложениями и образованием ледового покрова, препятствующего газообмену между водоемом и атмосферой.

Летние заморы объясняются повышенной температурой и повышением концентрации органических веществ в воде, поскольку кислород расходуется на их окисление.

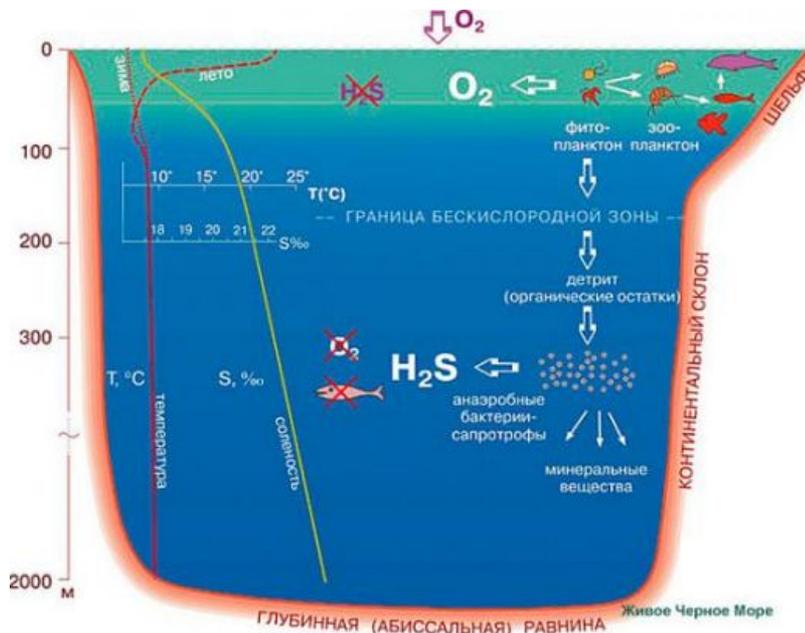
Самые сильные зимние заморы наблюдаются в неглубоких стоячих озерах и рыбоводных прудах.

Для спасения рыб во льду этих водоемов делают лунки.

Многие виды водных беспозвоночных и рыб, особенно обитающие в придонных слоях воды и донных отложениях, где дефицит кислорода ощущается сильнее всего, имеют целый ряд адаптивных механизмов, позволяющим им некоторое время существовать при почти полном отсутствии кислорода.

Их организмы приобрели более высокую устойчивость к повышенному содержанию молочной кислоты. Чем ниже температура, тем дольше эти организмы могут существовать без кислорода.

В участках водоемов, с постоянным дефицитом или отсутствием кислорода;f (обычно в илистых донных отложениях) кислород практически отсутствует. Поэтому там могут выжить только *анаэробные организмы*.



В Черном море на глубинах свыше 150 м очень высокое содержание сероводорода (H_2S), а кислород практически отсутствует (*сероводородный слой*).

Поэтому аэробные организмы в Черном море обитают лишь в поверхностном слое воды. Глубже встречаются лишь анаэробные серобактерии.

В водах морей и океанов содержание кислорода несколько ниже, чем в континентальных водоемах, в среднем составляя $4 - 5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$.

Как правило, концентрация кислорода на глубинах несколько меньше, чем на поверхности.

целом, вода в морях и океанах постоянно перемешивается в результате мощных горизонтальных и вертикальных течений.

Поэтому содержание кислорода изменяется в них значительно более узких пределах, чем в континентальных водоемах.

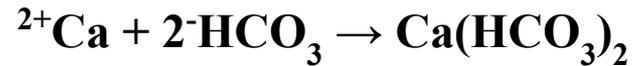
Отсюда в морях и океанах дефицит кислорода в воде наблюдается очень редко.

Напротив, **содержание углекислого газа (CO₂)** в воде приблизительно в 1,5 раза выше, чем в атмосфере. При 20°C - в оно составляет в среднем 0,54 мг·л⁻¹; для сравнения – в атмосфере – 0,3 мг·л⁻¹.

Атмосферный CO₂ хорошо растворяется в воде:



Образующийся карбонат-ион (HCO₃⁻) соединяется с атомом кальция, образуя нерастворимый в воде гидрокарбонат кальция



Гидрокарбонат кальция выпадает в донные отложения водоемов. Он также поглощается водными организмами и используется ими для постройки раковин (моллюски) или внешних покровов тела (ракообразные). Обыкновенный мел образован слежавшимися остатками раковин ископаемых моллюсков.

Анион HCO₃⁻, (а не CO₂, как у наземных растений) используется водными автотрофными организмами для фотосинтеза.

Поглощение CO_2 из атмосферы водами Мирового океана в значительной степени снижает негативные последствия «парникового эффекта» в планетарном масштабе.

Однако способность Мирового океана к поглощению избытков атмосферного CO_2 не безгранична и, как считается, в настоящее время близка к исчерпанию.

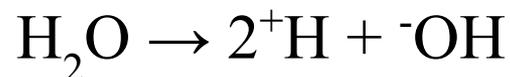
Активная реакция (кислотность) среды (рН)

определяется концентрацией водородных ионов в среде:

$$\text{pH} = - \lg[{}^+\text{H}],$$

где $[{}^+\text{H}]$ – концентрация водородных ионов (моль·л⁻¹).

Сами ионы водорода образуются при диссоциации воды:



По диапазонам изменений рН природные воды подразделяются на:

Кислые воды: рН в пределах от 3,4 до 6,95;

Нормальные воды: рН от 6,96 до 7,3;

Щелочные воды: рН > 7,3 (до 10 – 11).

Примеры pH некоторых сред

pH	Среда
0	Сильные кислоты
1	Желудочный сок
2	Лимонная кислота
3	Столовый уксус
4	Кислая почва
5	Жидкость в лизосомах
6	Цитоплазма в мышечных волокнах
7	Чистая вода и цитоплазма
8	Морская вода
9	Сильно щелочная почва
10	Щелочные озера
11	Нашатырный спирт
12	Известь
13 -14	---

По значениям рН выделяются следующие градации кислотности почвы:

< 4,5 – сильнокислые почвы;

4,5 – 5,0 - среднекислые почвы;

5,1 – 5,5 – слабокислые почвы;

5,6 – 6,0 – почвы, близкие к нейтральным;

6,1 – 7,0 – нейтральные почвы;

> 7,1 – щелочные почвы.

> 10 – солонцовые почвы.

Солончаковый луг



Концентрация водородных ионов в воде многом зависит от соотношения отдельных ионов в карбонатной системе.

При растворении CO_2 в воде происходит повышение ее рН, поскольку вода находится в частично диссоциированном состоянии (^+H и ^-OH).

Поэтому CO_2 связывает избыток ионов водорода, что приводит к повышению рН:



В этой системе соотношение различных компонентов зависит от концентрации ^+H .

Концентрация водородных ионов в воде многом зависит от соотношения отдельных ионов в карбонатной системе.

При растворении CO_2 в воде происходит повышение ее рН, поскольку вода находится в частично диссоциированном состоянии (^+H и ^-OH).

Поэтому CO_2 связывает избыток ионов водорода, что приводит к повышению рН.



В этой системе соотношение различных компонентов зависит от концентрации ^+H .

Интенсивный фотосинтез в водоемах при массовом развитии планктонных водорослей приводит к значительному повышению рН.

Это обусловлено тем, что водоросли поглощают необходимый для синтеза углекислый газ не в форме CO_2 , как наземные растения, а в форме гидрокарбонат-иона HCO_3^- , что приводит к снижению концентрации H^+ в воде.

При высокой концентрации фитопланктона в водоемах, где интенсивно идет фотосинтез, рН повышается до 10-11 в результате почти полного исчерпания CO_2 и подщелачивания воды гидрокарбонатами

Организмы, способные обитать при $\text{pH} < 2$ называют *ацидофилами*, а при $\text{pH} > 10$ – *алкалофилами*.

Известно по меньшей мере 4 вида эукариотных организмов, которые обитают в среде с pH , близким к 0. Это три вида низших грибов, а также упомянутая ранее водоросль *Cyanidium caldarium*, найденные в некоторых горячих источниках суши.



Cyanidium caldarium

Очень низкой кислотностью ($\text{pH} \leq 3,4$) характеризуются верховые (сфагновые) болота. В их воде мало карбонатов, которые интенсивно поглощаются сфагновыми мхами, и присутствует серная кислота.

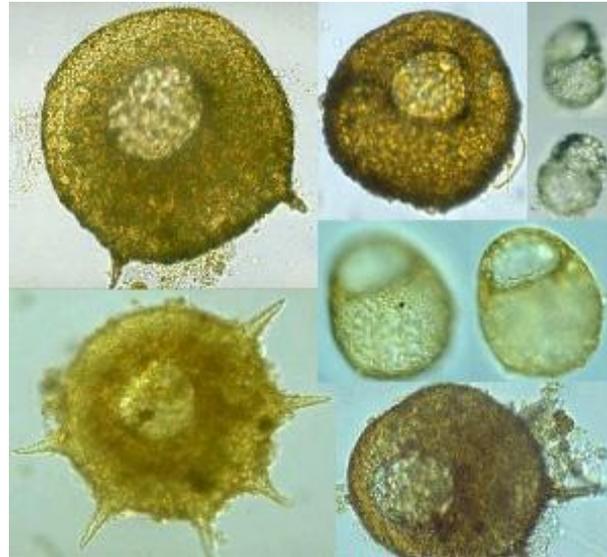
В сфагновых болотах обитают лишь беспозвоночные лишенные известкового скелета, например, личинки хирономид (при pH до 2), коловраток и др, а также раковинные амебы, у которых раковинки построены из мельчайших песчинок.

Типичными формами фитопланктона в сфагновых болотах являются одноклеточные десмидиевые водоросли.

Обитатели сфагновых болот



Мох сфагнум



Раковинные амебы (слева) и коловратка (справа) с раковинками, построенными из мельчайших песчинок



Личинки хирономид рода *Chironomus* с мягкими необызвествленными покровами



Десмидиевая водоросль

При $\text{pH} < 5$ плохо растут рыбы, а при $\text{pH} < 4,5$ они перестают размножаться. Моллюски и ракообразные, имеющие известковые раковины и экзоскелеты, обитают в водоемах при $\text{pH} > 6$.

Значения pH морских вод обычно изменяются в очень узких пределах (8,2 – 8,5) вследствие ее сильной забуференности солями.

В африканских содовых озерах ($\text{pH} > 10$) в массовых количествах развиваются некоторые виды цианобактерий. Они являются основным кормом фламинго, численность которых на этих озерах достигает миллионов особей.



Фламинго на щелочных озерах

Активная реакция почвы и водоемов индустриальных регионах в настоящее время в значительной степени определяется «*кислотными дождями*». Их образование происходит следующим образом.

Сернистый газ (SO_3) выделяется в больших количествах при сжигании низкосортных каменных углей и торфа.

В атмосфере он поглощается мельчайшими капельками воды.

Под действием энергии солнечных лучей там происходит реакция с образованием серной кислоты и диссоциации ее на ионы водорода и кислотного остатка:



Значение рН в атмосферных осадках в индустриальных странах Западной Европы, США и Канаде обычно составляет 4,2 – 4,5. В 1974 г. в Шотландии были зафиксированы осадки с рН = 2,4.

«Кислотные дожди» характерны и для всей территории Беларуси. На ее территории рН атмосферных осадков изменяется достаточно закономерно, но в целом повышается с запада на восток от 5,08 до 6,80.

«Кислотные дожди» повышают кислотность поверхностных водоемов и почв, что приводит к снижению их плодородия, что вызывает необходимость ее подщелачивания. Особенно неблагоприятное воздействие они оказывают на состояние еловых лесов, вызывая их усыхание.

Световой фактор

Основным источником света в Биосфере Земли является Солнце. Видимые на небосводе Луна и ряд ближних планет Солнечной системы светят отраженным светом Солнца.

Электромагнитное излучение звезд и искусственных источников света в Биосфере большого значения не имеют.

Однако предполагается, что птицы во время своих сезонных миграций могут ориентироваться по созвездиям звездного неба.

Для эколога важны следующие количественные характеристики света:

длина волны;

интенсивность светового потока
(количество энергии излучения, поступающей в единицу времени на единицу площади);

фотопериод (соотношение между светлой и темной фазой суток).

Зеленые растения для фотосинтеза используют волны в диапазоне «*фотосинтетически активной радиации*» (ФАР) от 3800 до 7100 Å.

У прокариотов имеются фотосинтетические пигменты, которые используют энергию излучения вне диапазона ФАР, а именно волны длиной 8000, 8500 и 8700 – 8900 Å.

Максимальная эффективность использования ФАР для фотосинтеза составляет не более 3 – 4,5%. Наблюдалась она в культуре морских водорослей при сумеречном освещении.

В тропических лесах это значение составляет 1 – 3%, в лесах умеренного пояса – 0,6 – 1,2%, в посевах сельскохозяйственных культур – не более 0,6%.

В целом, на долю ФАР приходится около 44% электромагнитной энергии Солнца, падающей на поверхность Земли.

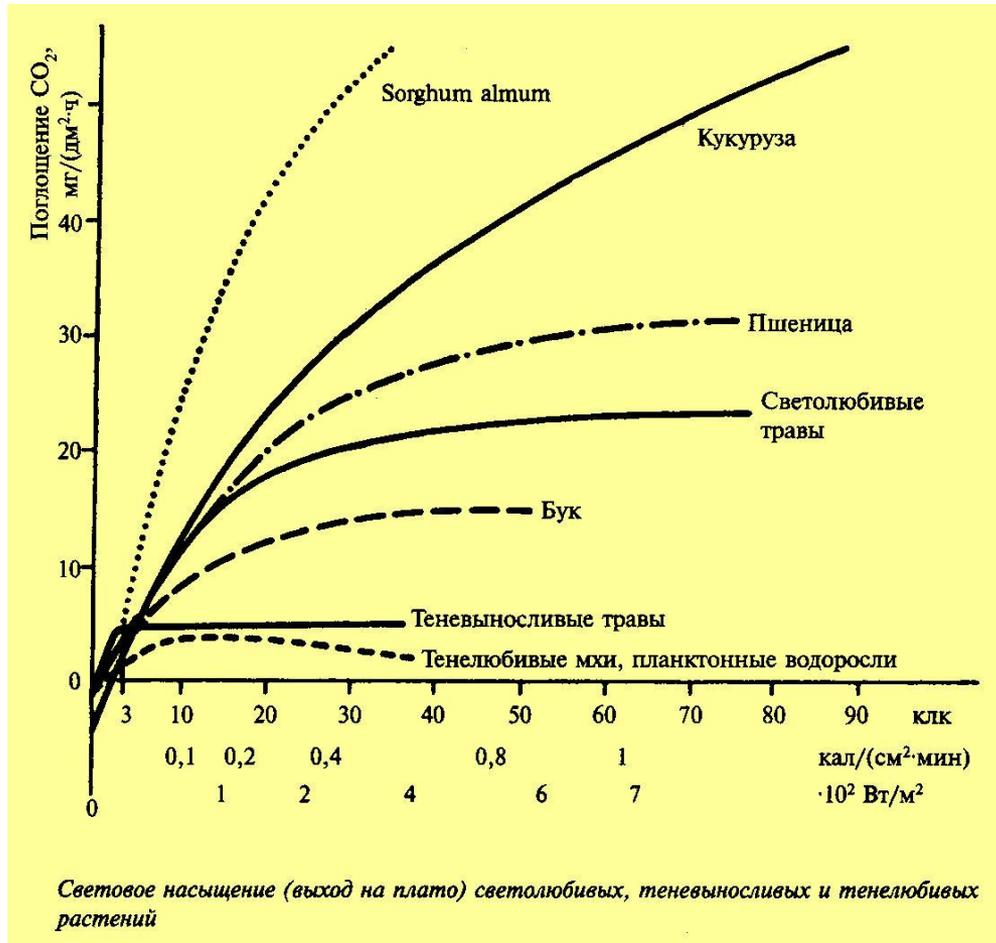
Примерно столько же приходится на тепловое излучение, а остальная часть – на УФ-излучение, лишь незначительную долю составляют радиоволны.

Таким образом, электромагнитное излучение Солнца не вносит никакого вклада в естественный фон ионизирующей радиации на поверхности Земли.

В целом, на долю ФАР приходится около 44% электромагнитной энергии Солнца, падающей на поверхность Земли.

Примерно столько же приходится на тепловое излучение, а остальная часть – на УФ-излучение, лишь незначительную долю составляют радиоволны.

Таким образом, электромагнитное излучение Солнца не вносит никакого вклада в естественный фон ионизирующей радиации на поверхности Земли.



Зависимость интенсивности фотосинтеза от освещенности у различных групп растений

Света полной Луны на безоблачном небе вполне достаточно для протекания фотосинтеза у некоторых наземных растений. Распространение растений в глубину водоема определяется глубиной проникновения света.

Последняя зависит от содержания в ней растворенных и взвешенных веществ.

В чистых водах Мирового океана свет проникает до глубины 200 м.

В чистых пресноводных озерах свет может проникать до глубины 60-70 м (Байкал). В озере Нарочь этот показатель в настоящее время составляет 6 – 8 м.

В загрязненных водоемах свет проникает на глубину до нескольких десятков сантиметров.

До половины органического вещества, созданного растениями при фотосинтезе сразу же расходуется на их дыхание. Поэтому они могут существовать лишь в таких световых условиях, когда количество органического вещества, созданного при фотосинтезе будет превышать или хотя бы быть равным, его количеству, использованному на дыхание.

Существуют целый ряд автотрофных жгутиконосцев, способных к биолюминесценции. Их примером является обитающая в Черном море ночесветка *Noctiluca mirabilis*. Ночью ее скопления образуют достаточно света для своего процесса фотосинтеза.



Годовой характер изменения соотношения между светлой (С) и темной (Т) фазой суток (*фотопериод*) подчинен строгим закономерностям, что обусловлено вращением Земли вокруг Солнца.

На экваторе фотопериод в течение года строго постоянен и составляет 12С : 12Т.

С продвижением в более высокие широты по направлениям к обоим полюсам фотопериод закономерно изменяется.

В Северном полушарии до широты примерно 67° с.ш. длина светового дня минимальна 22 декабря (зимнее солнцестояние).

Затем она постоянно возрастает и 22 марта (весеннее равноденствие) на всей планете день равен ночи.

Длительность светового дня достигает максимума 22 июня (летнее солнцестояние).

Чем выше географическая широта, тем длиннее световой день.

В Минске (54° с.ш.) 22 июня фотопериод составляет примерно 17С : 7Т, а в Санкт-Петербурге (60° с.ш.) – 22С : 2Т (*белые ночи*).

В Северном полушарии до широты примерно 67° с.ш. длина светового дня минимальна 22 декабря (зимнее солнцестояние).

Затем она постоянно возрастает и 22 марта (весеннее равноденствие) на всей планете день равен ночи.

Длительность светового дня достигает максимума 22 июня (летнее солнцестояние).

Чем выше географическая широта, тем длиннее световой день.

В Минске (54° с.ш.) 22 июня фотопериод составляет примерно 17С : 7Т, а в Санкт-Петербурге (60° с.ш.) – 22С : 2Т (*белые ночи*).

В Северном полушарии до широты примерно 67° с.ш. длина светового дня минимальна 22 декабря (зимнее солнцестояние).

Затем она постоянно возрастает и 22 марта (весеннее равноденствие) на всей планете день равен ночи.

Длительность светового дня достигает максимума 22 июня (летнее солнцестояние).

Чем выше географическая широта, тем длиннее световой день.

В Минске (54° с.ш.) 22 июня фотопериод составляет примерно 17С : 7Т, а в Санкт-Петербурге (60° с.ш.) – 22С : 2Т (*белые ночи*).