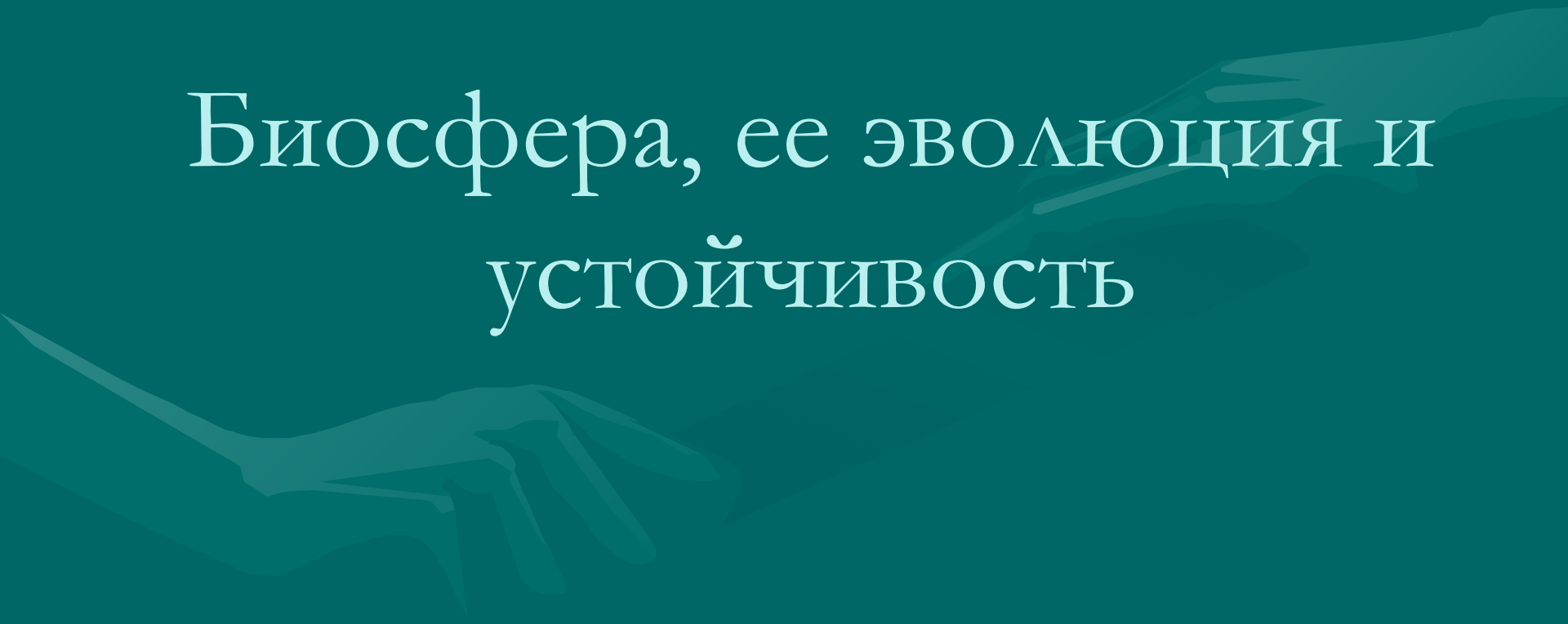


ТЕМА 3

Биосфера, ее эволюция и устойчивость



Земля - третья планета от Солнца. Она имеет почти сферическую форму, слегка сплюснута с полюсов и состоит из трех concentрических слоев: ядра, мантии и коры. Около 70% ее поверхности (включая северные и южные полярные ледяные шапки) покрыты водой. Земля окружена атмосферой, поддерживающей жизнь, и является единственной планетой из известных, на которой существует жизнь.

Среднее расстояние до Солнца 149 500 000 км. Экваториальный диаметр 12 756 км. Окружность 40 070 км. Период вращения 23 часа 56 мин. 4,1 сек. Год (полный оборот вокруг Солнца) 365 дней 5 часов 48 мин. 46 сек. Средняя скорость движения вокруг Солнца - 30 км/сек. Ось вращения Земли наклонена по отношению к плоскости орбиты на 23,5", что является причиной смены сезонов.

Атмосфера: азот 78,09%; кислород 20,95%; аргон 0,93%; диоксид углерода 0,03%; неон, гелий, криптон, водород, ксенон, озон, радон менее 0,0001%.

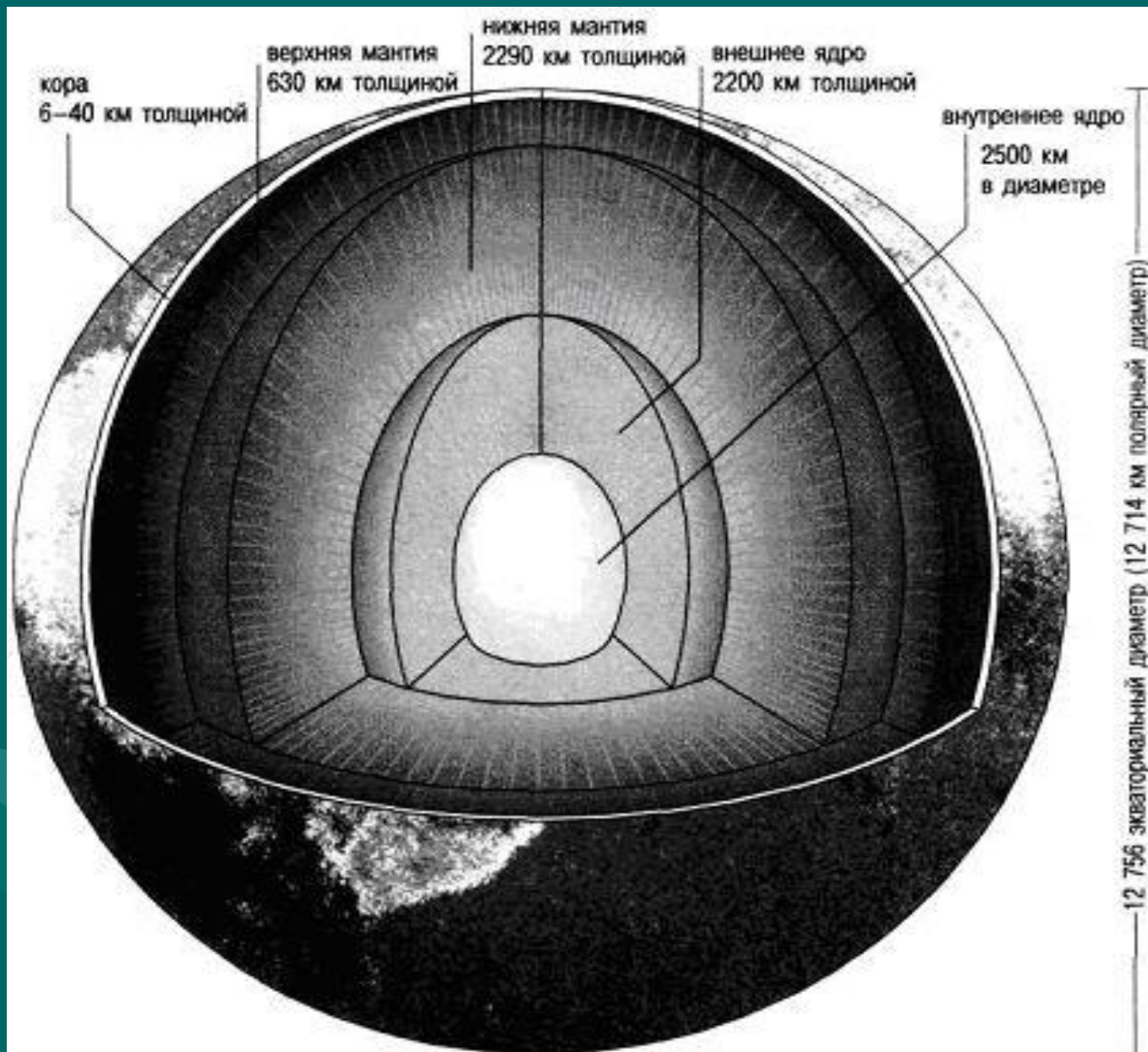
Поверхность: площадь суши - 150000000 км^2 (высочайшая вершина - гора Эверест 8872 м); площадь водной поверхности - 361000000 км^2 (глубочайшая точка - Марианская впадина в Тихом океане 11034 м).

Кора и верхний слой мантии состоят из 12 основных постоянно движущихся плит, некоторые из которых несут континенты. Спутник Луна.

Возраст 4,6 млрд. лет. Появление жизни - 3,5-4 млрд. лет назад.

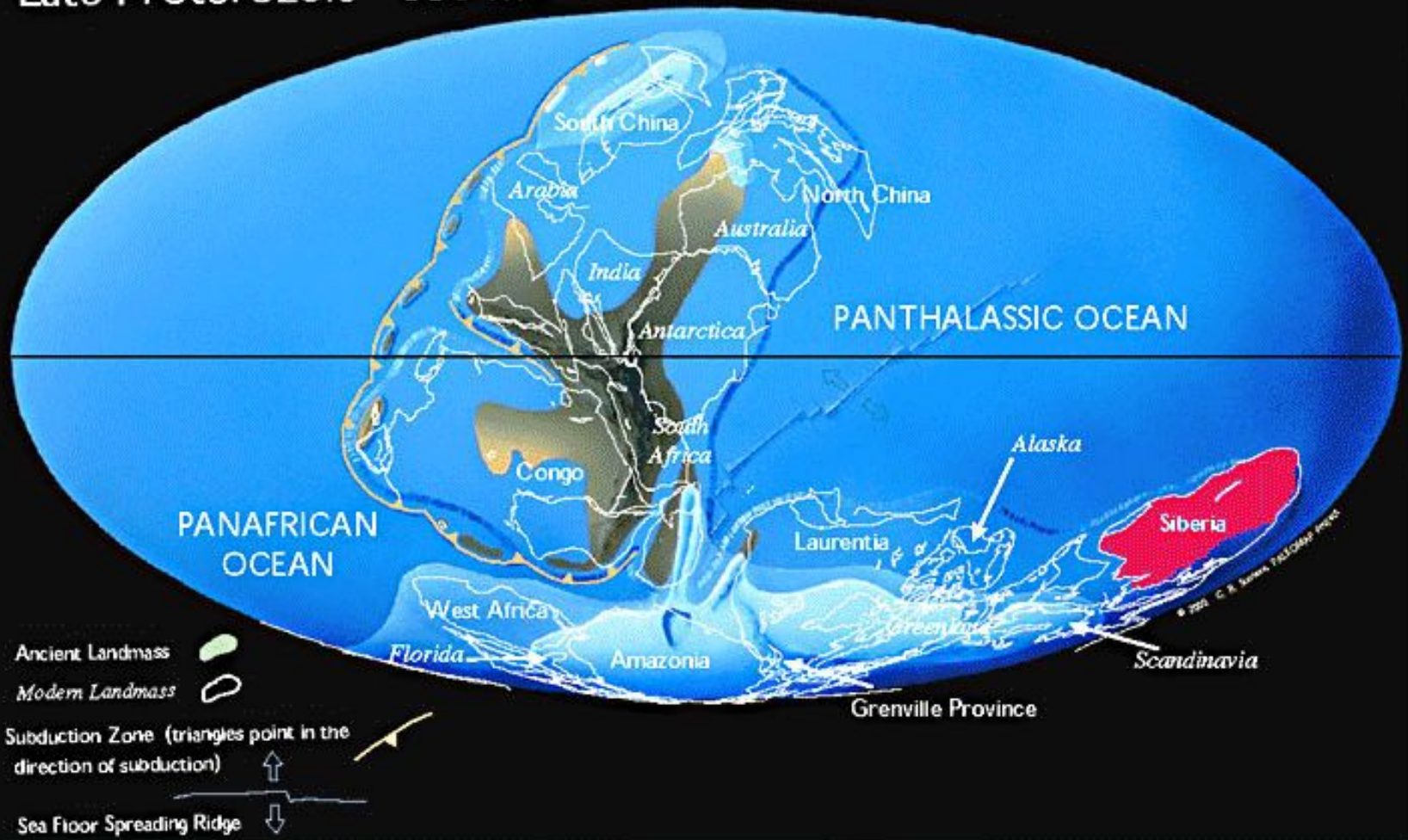
Внешний слой Земли - это тонкая кора толщиной 6 км под океанами и 40 км под континентами. Под корой лежит мантия толщиной около 2900 км, имеющая температуру 1500°C - 3000°C . Внешнее ядро имеет толщину 2250 км и состоит из расплавленных железа и никеля. Внутреннее ядро состоит, предположительно, из твердых железа и никеля и имеет температуру 5000°C .

Схема строения планеты Земля

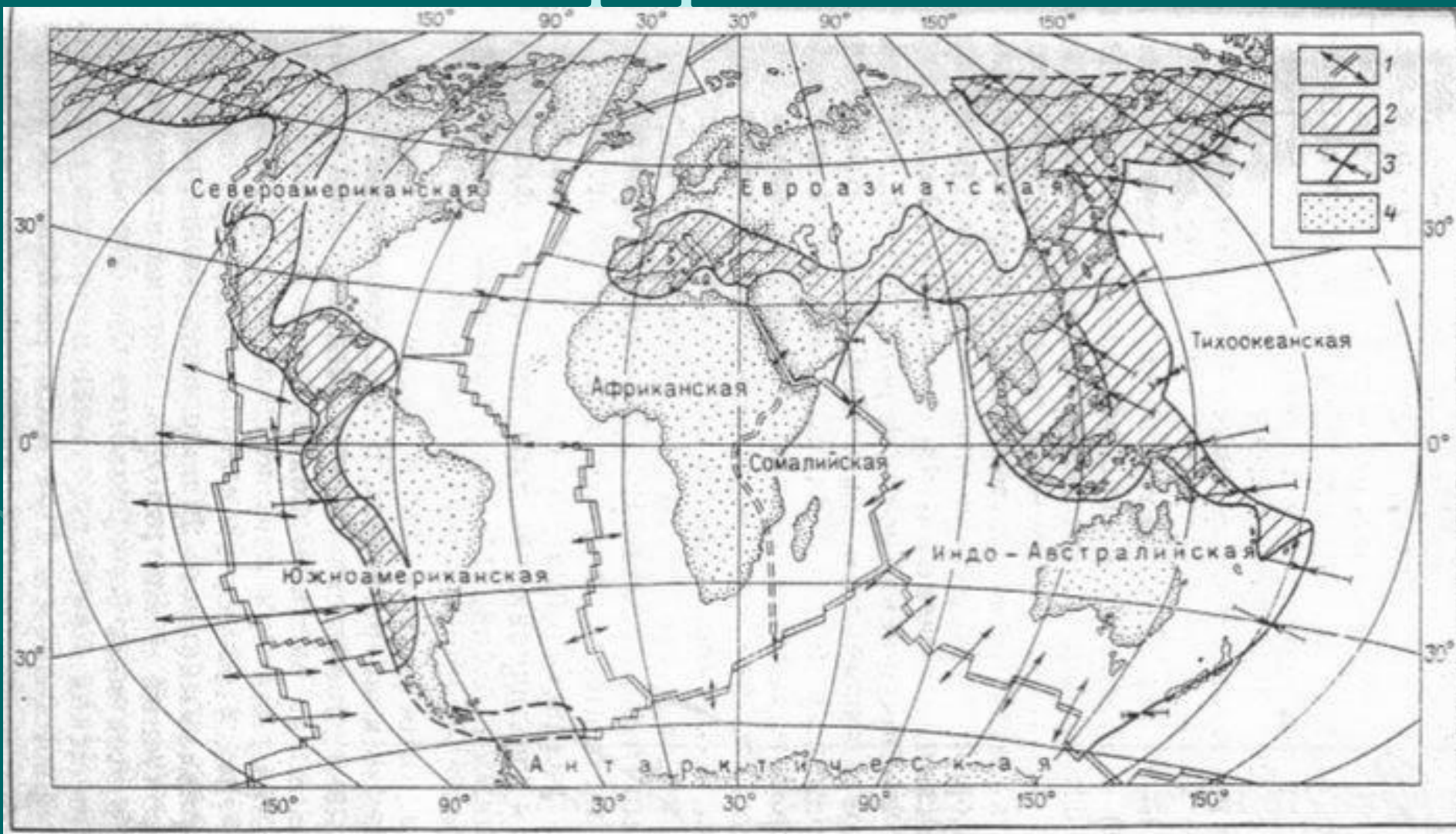


Изменение положения континентов в разные исторические эпохи

Late Proterozoic 650 Ma



Литосферные плиты



Процентный состав основных элементов коры Земли

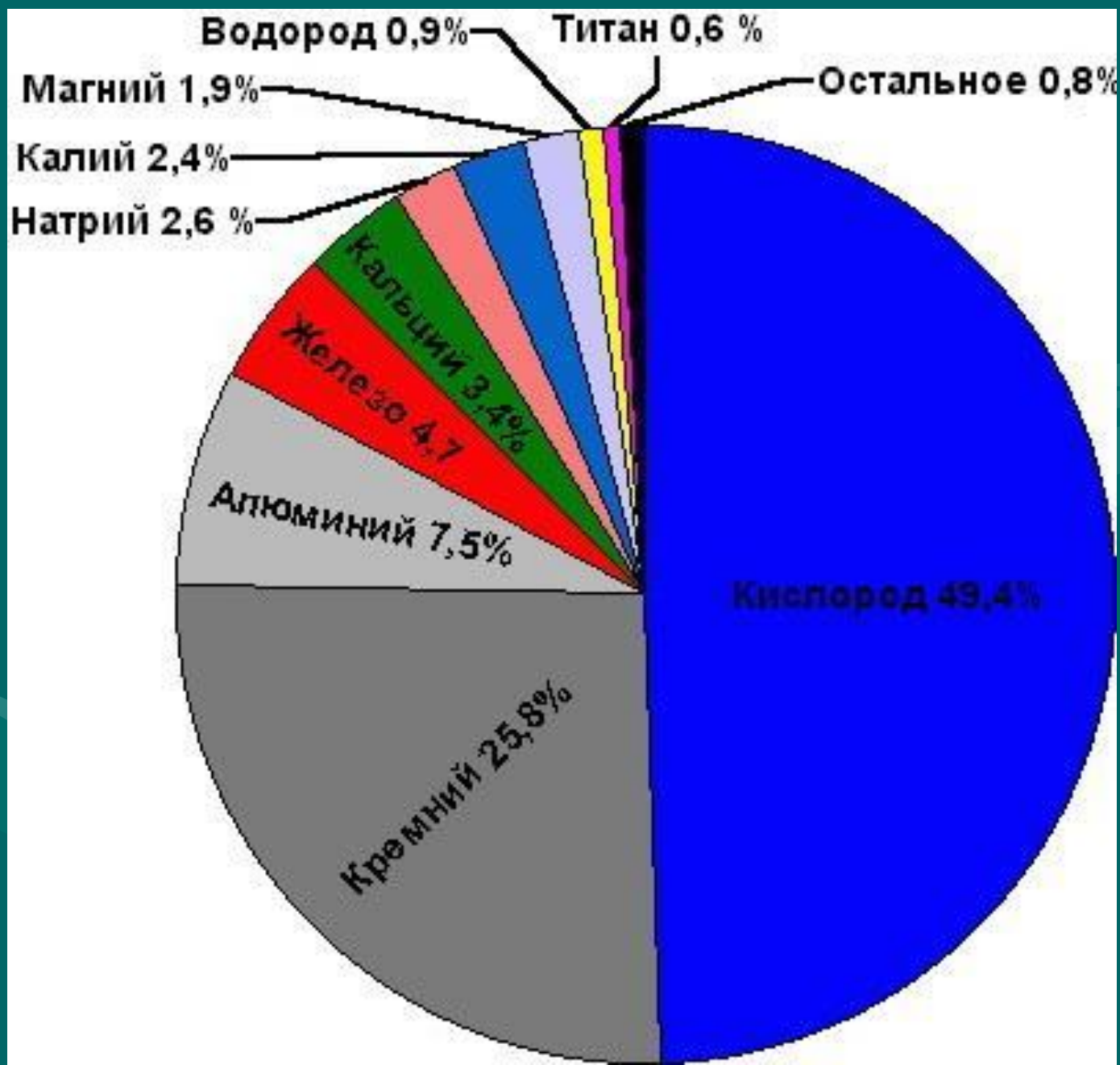
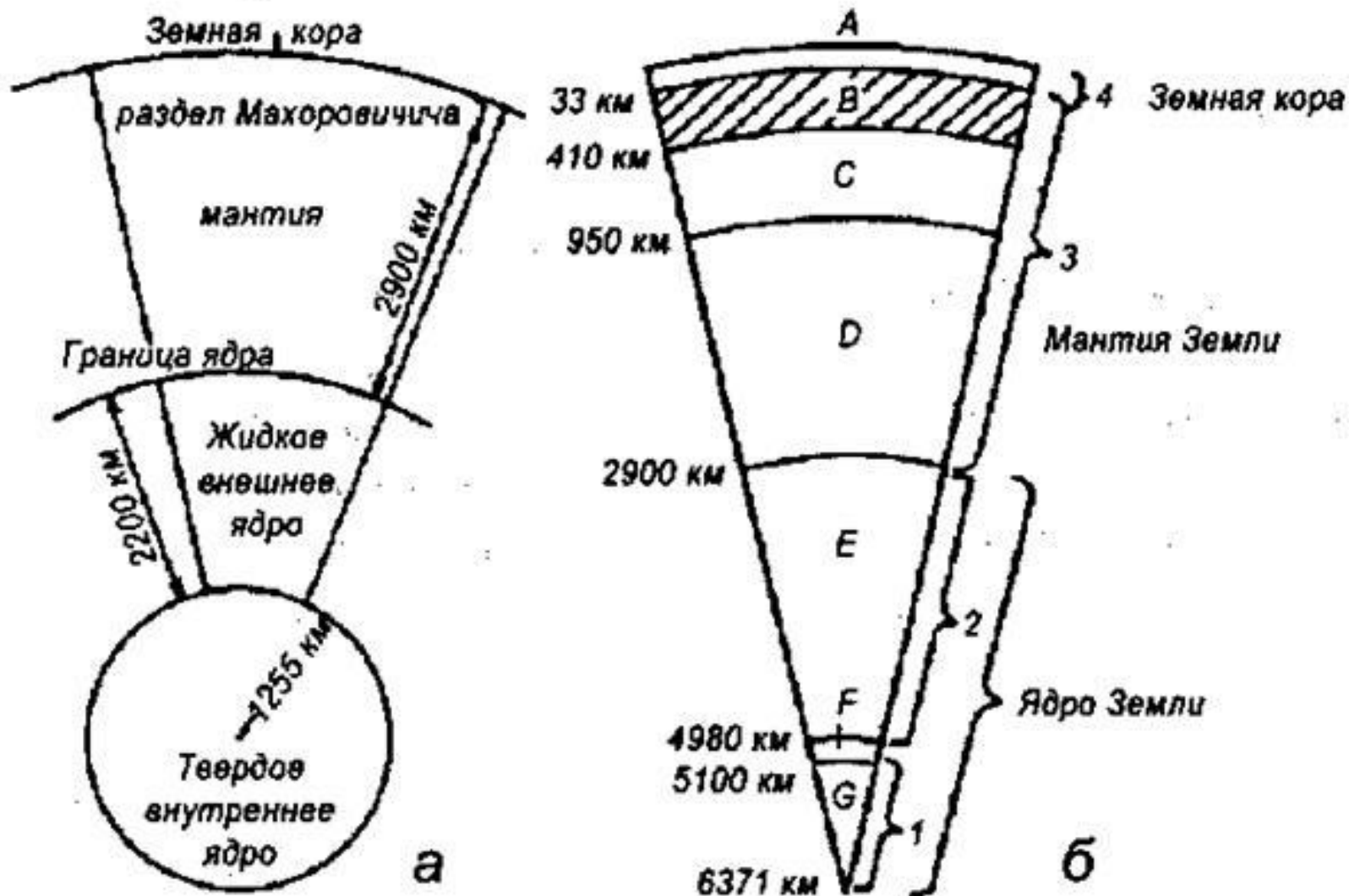
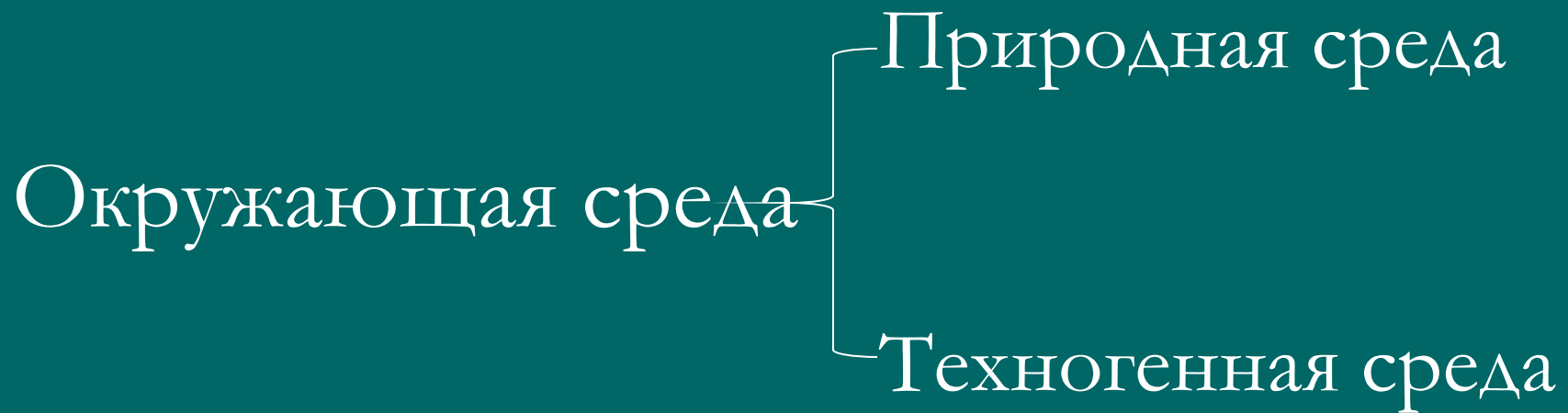


Схема строения планеты Земля



- «Экология» от греч. «ойкос» - дом и «логос» - наука: наука о жизни в доме.
- Экология — наука, которая изучает законы существования организмов (живых систем) в их взаимодействии с окружающей средой.



- Природная среда – существует на земле Мамоновский пер., 10, независимо от человека, определяется совокупностью естественных условий существования организма.
- Техногенная среда – создана человеком.

Любой элемент среды, способный оказывать прямое воздействие на живые организмы хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития, называется *экологическим фактором*.

Экологические факторы

```
graph TD; A[Экологические факторы] --> B[Абиотические]; A --> C[Биотические]; A --> D[Антропогенные];
```

Абиотические

Биотические

Антропогенны
е

АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ

Экосистема состоит из различных живых и неживых компонентов. Неживые, или **абиотические**, компоненты экосистемы включают различные физические и химические факторы. К важным физическим факторам относятся: солнечный свет; тень; испарение; ветер; температура; водные течения.

Главными химическими факторами являются питательные элементы и их соединения в атмосфере, гидросфере и земной коре, необходимые в больших или малых количествах для существования, роста и размножения организмов.

Наиболее важные для жизни химические элементы, необходимые в больших количествах, называются **макроэлементами** (C, O, H, N, P, S, Ca, Mg, K, Na).

Элементы, необходимые для жизни в малых или следовых количествах – **микроэлементы** (Fe, Cu, Zn, Cl).

БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ

Основные типы организмов, которые формируют живые, или биотические, компоненты экосистемы, принято подразделять по преобладающему способу питания на продуцентов, консументов и редуцентов.

БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ

К основным способам взаимодействия видов относятся межвидовая конкуренция, хищничество, паразитизм.

Межвидовая конкуренция

Пока экосистема обладает достаточным количеством ресурсов общего пользования, разные виды потребляют их сообща. Однако если два или более видов в одной экосистеме начнут потреблять один и тот же дефицитный ресурс, они окажутся в отношениях межвидовой конкуренции.

Наиболее характерной формой взаимодействия видов в пищевых цепях является **хищничество**, при котором отдельная особь одного вида (**хищник**) питается организмами (или частями организмов) другого вида (**жертвы**), причем хищник живет отдельно от жертвы. Эти два вида организмов вовлечены в отношения типа **хищник – жертва**.

Еще один тип взаимодействия видов – **паразитизм**.

Паразиты питаются за счет другого организма, называемого хозяином, однако в отличие от хищников они живут на хозяине или внутри его организма на протяжении значительной части их жизненного цикла. Паразит использует для своей жизнедеятельности питательные вещества хозяина, тем самым постепенно ослабляя и нередко даже убивая его.

Например, ленточные черви, болезнетворные бактерии и другие паразиты живут внутри своих хозяев. Вши, клещи и такие растения-паразиты, как омела белая, прикрепляются к своим хозяевам снаружи.

ДИАПАЗОНЫ ТОЛЕРАНТНОСТИ И ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Диапазон толерантности – амплитуда колебаний различных факторов (температура, влажность, свет) при которой существует полноценный рост популяций.

Закон толерантности – существование, распространённость и распределение видов живых организмов в экосистеме определяется тем, может ли уровень одного или нескольких физических или химических факторов быть выше или ниже уровней толерантности этих видов.

Уровень толерантности отдельного организма зависит от его возраста, здоровья, физиологического состояния, генотипа (например, толерантность к спиртному). К постепенно изменяющимся условиям можно адаптироваться (привыкнуть).

Принцип лимитирующего фактора – избыток или недостаток одного абиотического фактора может повлечь за собой ограничение или остановку роста численности популяции в экосистеме, даже если значения других факторов оптимальны.

Лимитирующий фактор – любой фактор, тормозящий рост популяции в экосистеме.

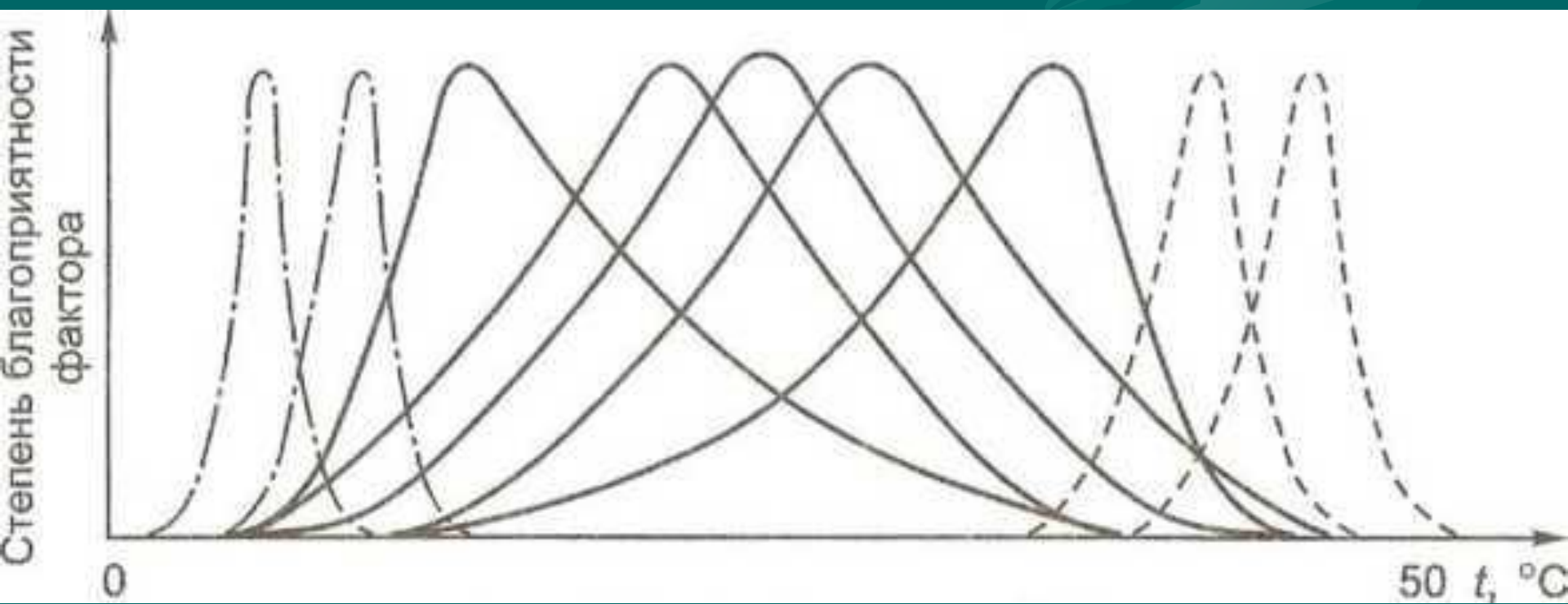
Лимитирующие факторы для наземных экосистем:

- температура,
- вода,
- свет,
- питательные вещества в почве.

Лимитирующие факторы для водных экосистем:

- температура,
- солнечный свет,
- содержание растворенного кислорода,
- соленость.

Виды, способные существовать в пределах широкого диапазона изменения экологических факторов, называются *эврибионтами*, а приспособленные к жизни в стабильных слабо меняющихся условиях среды называются *стенобионтами*.



Живая
система



Окружающая
среда



Биосфера - или сфера жизни Земли, не занимает обособленного положения, а располагается в пределах других оболочек, охватывая гидросферу, тропосферу и верхнюю часть земной коры - ее приповерхностный и почвенный слои. Живые организмы встречаются и ниже почвенного слоя - в глубоких трещинах, пещерах, подземных водах и даже в нефтеносных слоях на глубине в сотни и тысячи метров.

В состав живых организмов входят не менее 60 химических элементов, главные из которых (биогенные элементы) - это С, О, Н, N, S, Р, К, Fe, Са и некоторые другие.

Живые организмы приспосабливаются к жизни при экстремальных условиях. Споры некоторых низших растений выдерживают температуры до -100 - -200°C . Бактерии встречаются в горячих источниках при $T=100^{\circ}\text{C}$ и даже в океанских гидротермах при $T=200-250^{\circ}\text{C}$.

Живая масса биосферы в пересчете на сухое вещество составляет около 1015 т. В целом на растения приходится 99% биомассы, а на животных и микроорганизмы - всего 1%. Таким образом, живая масса биосферы планеты преимущественно растительная.

Биосфера, ее биохимическая деятельность **обеспечивает планетарное равновесие** на Земле - равновесное состояние газов, состава природных вод, круговорот вещества. Образование живого вещества и аккумуляция им энергии сопровождается одновременно и диаметрально противоположными процессами - распадом органических соединений и превращением их в простые минеральные соединения - CO_2 , воду, аммиак (NH_4) с освобождением энергии; в этом и состоит сущность биологического круговорота вещества.

Биосферный уровень организации ЖИЗНИ

Один из первых естествоиспытателей, смотревших на Землю как на целое, был М.В. Ломоносов. Он писал в работе «О слоях земных», что «чернозем не первообразная и не первозданная материя, но произошел от согнития животных и растущих тел со временем», что бурый уголь, каменный уголь и чернозем – результаты влияния организмов на грунт. Ломоносов дал общий очерк геологии Земли, доказав ее древность как планеты.

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б.Ламарк (1744-1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Русский ученый В. Р. Вильямс доказал роль биологических факторов (природных сообществ высших зеленых растений и микроорганизмов) в формировании плодородия почв. Он первым подчеркнул значение биологического круговорота элементов в формировании не только органической, но и минеральной части почв, разработал научные основы травопольной системы земледелия в 1914г.

Биосферный уровень организации жизни

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других преимущественно биологических наук, а также геологических дисциплин. Те элементы знания, которые стали необходимыми для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии, науки, которая изучает взаимоотношения организмов и окружающей среды. Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ при участии живых организмов.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Пфедером (1845-1920) трех способов питания живых организмов:

- автотрофное — построение организма за счет использования веществ неорганической природы;
- гетеротрофное — строение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
- миксотрофное — смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

Биосферный уровень организации жизни

Биосфера (в современном понимании) — своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы.

Атмосфера — наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом. Атмосфера имеет несколько слоев:

- тропосфера — нижний слой, примыкающий к поверхности Земли (высота 9–17 км). В нем сосредоточено около 80 % газового состава атмосферы и весь водяной пар;
- стратосфера;
- ноносфера — там “живое вещество” отсутствует.

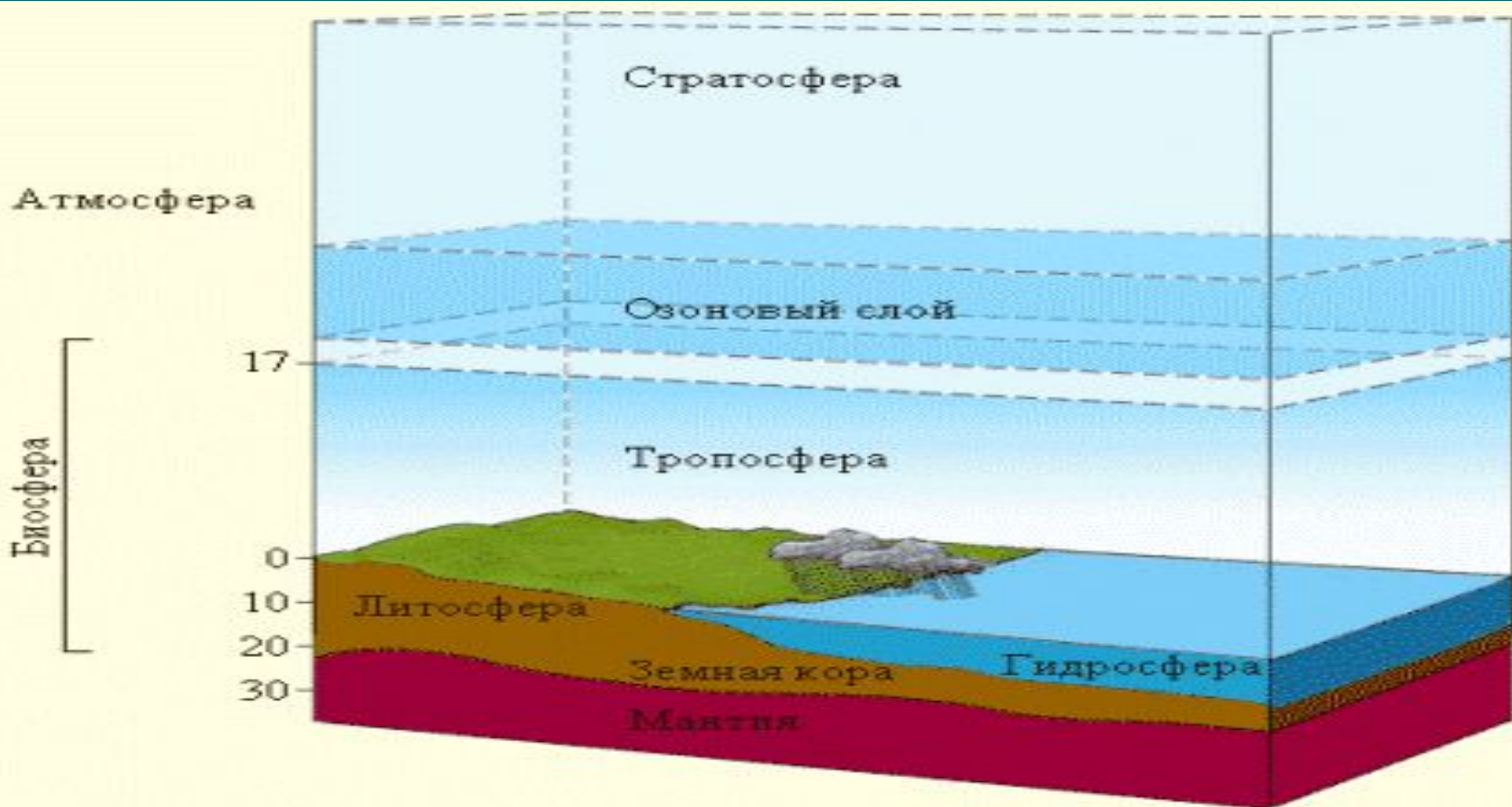
Преобладающие элементы химического состава атмосферы: N_2 (78 %), O_2 (21 %), CO_2 (0,03 %).

Биосферный уровень организации жизни

Гидросфера — водная оболочка Земли. В следствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мг/л растворимых веществ. Преобладающие элементы химического состава гидросферы: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , S, C. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов, обитающих в ней. В этом отношении ведущая роль принадлежит N, P, Si, которые усваиваются живыми организмами. Главной особенностью океанической воды является то, что основные ионы характеризуются постоянным соотношением во всем объеме мирового океана.

Литосфера — внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы. Элементы химического состава литосферы: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

Биосферный уровень организации жизни

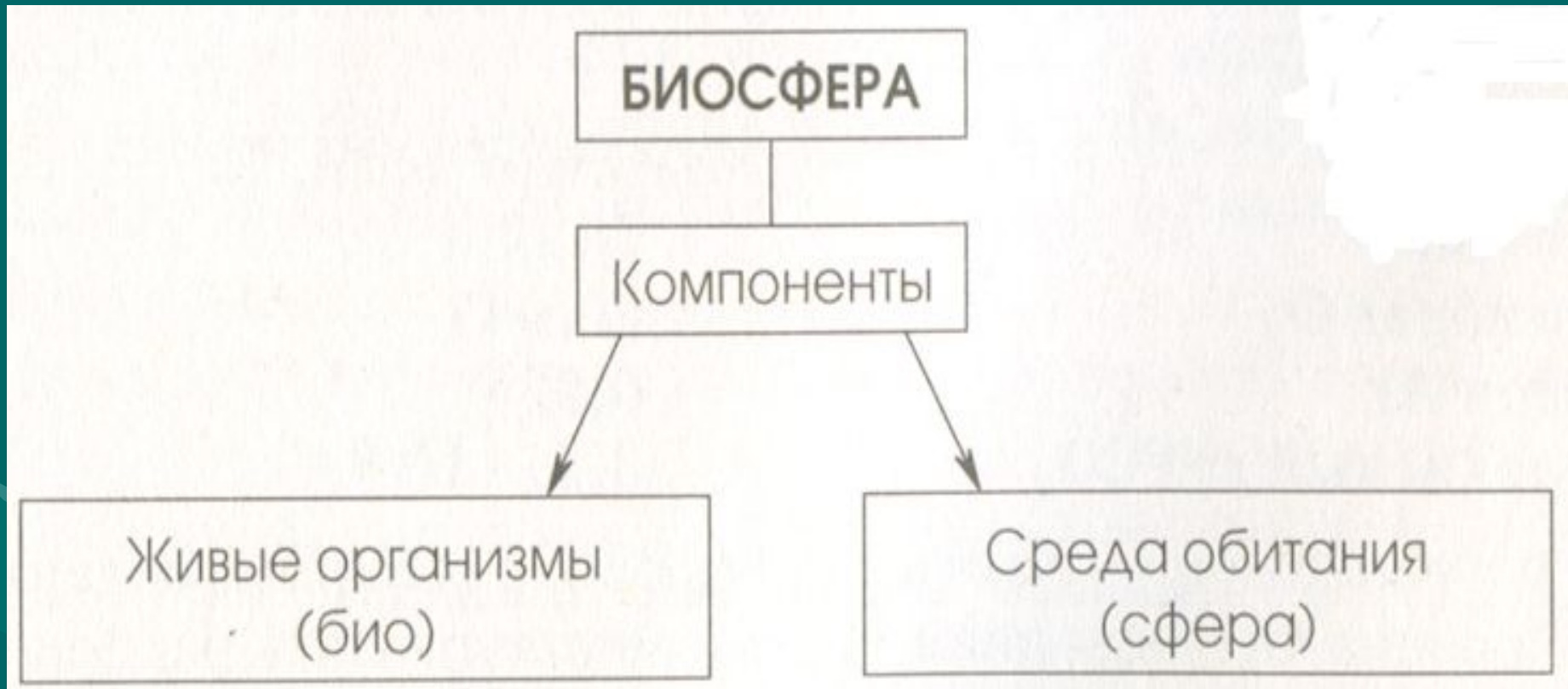


Учения В.И. Вернадского о биосфере

Перед естествоиспытателями возникает задача — исследовать, каким образом живое вещество влияет на физико-химические и геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в земной коре. Только подобный подход может дать глубокое представление о концепции биосферы.

Такую задачу как раз поставил перед собой выдающийся российский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863 — 1945). «Биосфера» Вернадского дает целостную картину механизма формирования земной коры с учетом определяющего влияния жизни. Он создал учение о биосфере как об активной оболочке Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов — геохимический фактор планетарного масштаба и значения. Термин «биосфера», введенный в 1875г. Э. Зюссом, относился к совокупности организмов, обитающих на поверхности Земли. В понятие живых организмов Вернадский включил и человека. Он выделял в биосфере косное (солнечная энергия, горные породы, минералы и т.д.) и биокосное (почвы, поверхностные воды и органические вещества). Хотя живое вещество по массе и объему составляет незначительную часть биосферы, оно играет основную роль в геологических процессах, связанных с изменением нашей планеты. По Вернадскому биосфера — это живое вещество планеты и преобразованное им косное вещество. Понятие «биосфера» - фундаментальное понятие биогеохимии, а не биологическое и не геологическое.

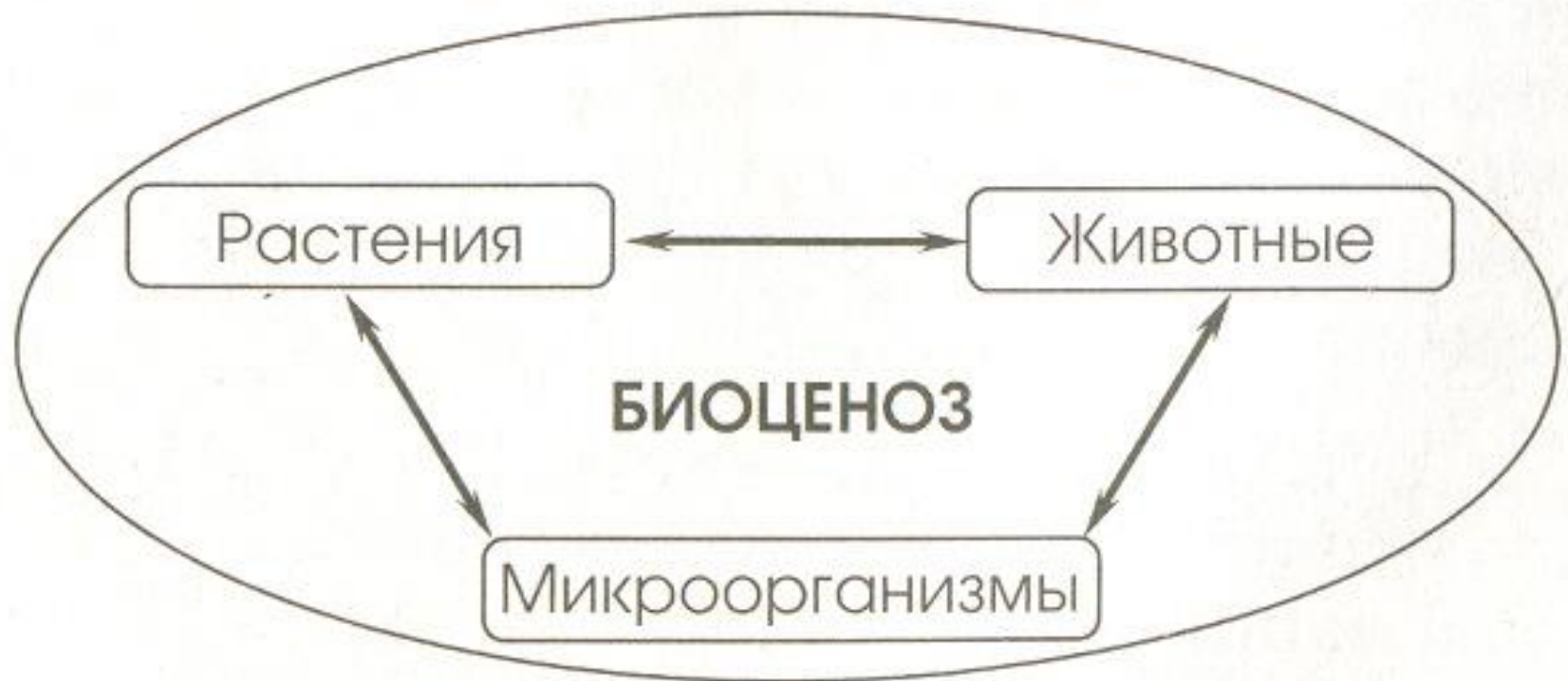
Биосфера и ее границы



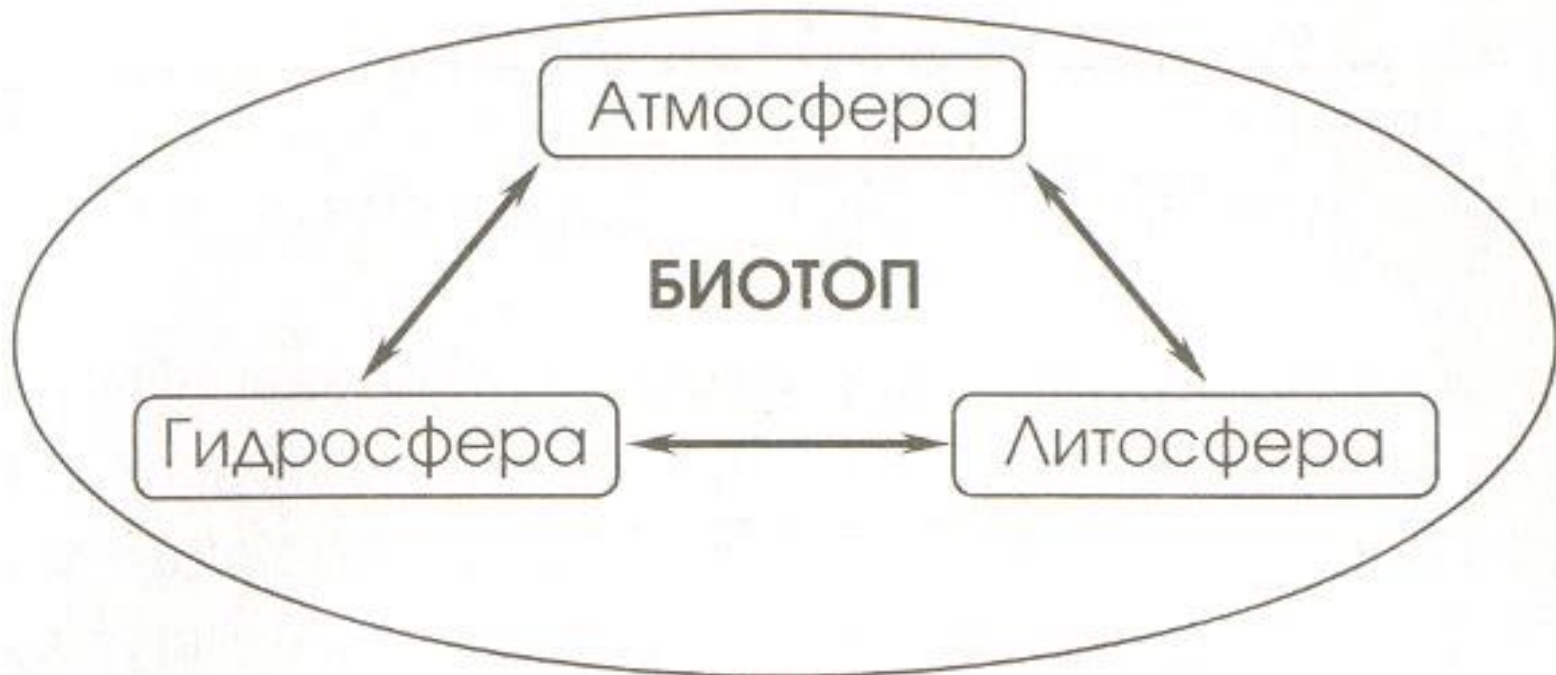
Состав атмосферы

Газ		Содержание в сухом воздухе, %
N_2	азот	78,08
O_2	кислород	20,95
Ar	аргон	0,93
CO_2	углекислый газ	0,03
Ne	неон	0,0018
He	гелий	0,0005
Kr	криптон	0,0001
H_2	водород	0,00005
Xe	ксенон	0,000009

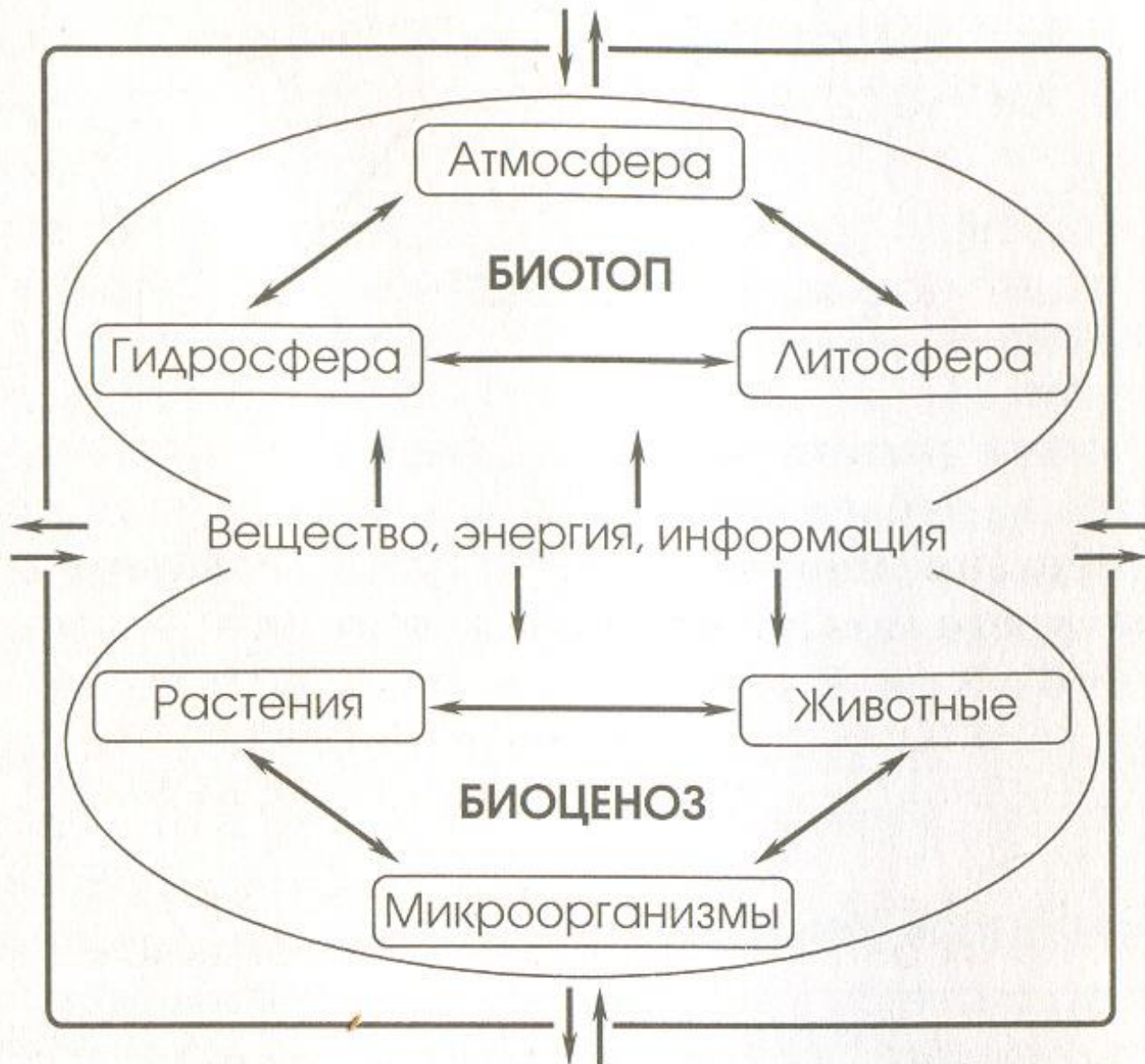
Понятие об экосистемах



Понятие об экосистемах



Структура биоценоза



Гомеостаз – способность биологического объекта к саморегуляции при изменении условий окружающей среды; для организма сохранение постоянства внутренней среды организма и устойчивость основных физиологических функций при изменении внешних условий.

Пороговый эффект – малое изменение или воздействие может оказаться критическим и вызвать негативные последствия (если система находится в предпороговой области). Например, массовая гибель деревьев после длительного воздействия загрязненного воздуха.

Примеры экосистем



ОРГАНИЗМЫ

```
graph TD; A[ОРГАНИЗМЫ] --> B[Продуценты  
(от лат. продуце-  
ре — производить)]; A --> C[Консументы  
(от лат. консуме-  
ре — потреблять)]; A --> D[Редуценты  
(от лат. редуце-  
ре — возвращать)]; B --> B1[Организмы, кото-  
рые производят  
первичные орга-  
нические вещест-  
ва из неорганиче-  
ских]; B --> B2[Это комплекс зе-  
леных растений]; C --> C1[Организмы, кото-  
рые потребляют  
органические ве-  
щества]; C --> C2[Это все животные  
и большинство]; D --> D1[Организмы, кото-  
рые разлагают ор-  
ганические веще-  
ства и превраща-  
ют их в неоргани-  
ческие]; D --> D2[Это бактерии, гри-  
бы и некоторые];
```

Продуценты
(от лат. продуце-
ре — производить)

Организмы, кото-
рые производят
первичные орга-
нические вещест-
ва из неорганиче-
ских

Это комплекс зе-
леных растений

Консументы
(от лат. консуме-
ре — потреблять)

Организмы, кото-
рые потребляют
органические ве-
щества

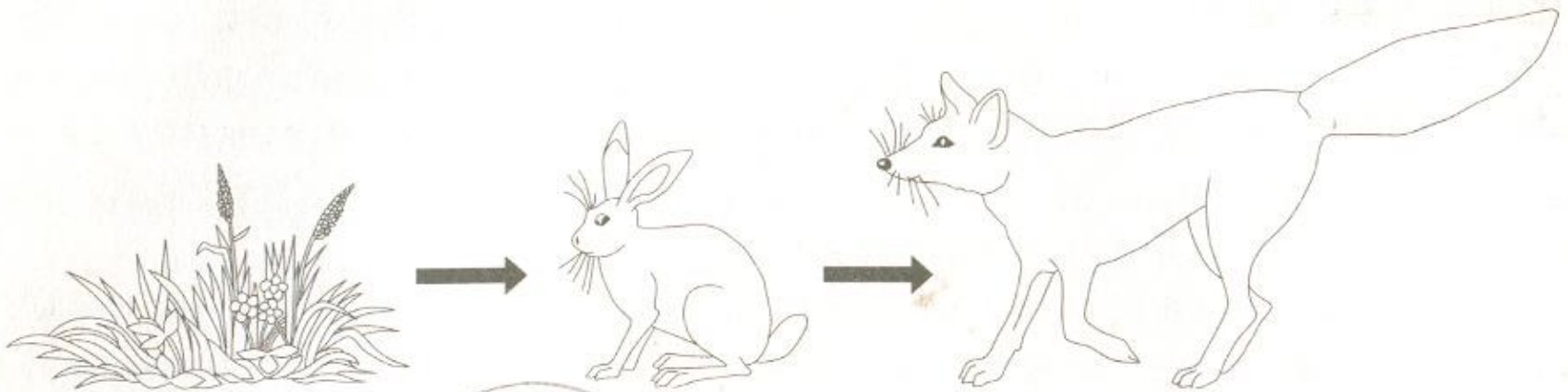
Это все животные
и большинство

Редуценты
(от лат. редуце-
ре — возвращать)

Организмы, кото-
рые разлагают ор-
ганические веще-
ства и превраща-
ют их в неоргани-
ческие

Это бактерии, гри-
бы и некоторые

Пример пищевой цепи



ПИРАМИДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

С каждым переходом из одного трофического уровня в другой в пределах пищевой цепи или сети совершается работа и в окружающую среду выделяется тепловая энергия, а количество энергии высокого качества, используемой организмами следующего трофического уровня, снижается.

Правило 10%: при переходе с одного трофического уровня на другой 90% энергии теряется, и 10% передается на следующий уровень.

Чем длиннее пищевая цепь, тем больше теряется полезной энергии. Поэтому длина пищевой цепи обычно не превышает 4 - 5 звеньев.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере

- Деструктивная
- Концентрационная
- Энергитическая
- Средообразующая

Важнейшие функции живого вещества в биосфере

первая функция — деструктивная
живые организмы (редуценты) —
разлагают органические вещества до
неорганических.

Биогеохимический цикл -

круговорот химических веществ из
неорганической среды через растительные и
животные организмы обратно в
неорганическую среду с использованием
солнечной энергии и энергии химических
реакций

Существование подобных круговоротов создает возможность для саморегуляции системы (или гомеостаза), что придает экосистеме устойчивость;

удивительное постоянство процентного содержания различных элементов.

Различают три основных типа биогеохимических круговоротов:

- круговорот воды,
- круговорот элементов преимущественно в газообразной фазе,
- круговорот элементов преимущественно в осадочной фазе.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере

Вторая функция —
концентрационная

Организмы накапливают в своих телах
многие химические элементы,

среди которых на первом месте стоит
углерод

Концентрационная функция - организмы накапливают в своих телах многие химические элементы:

концентраторами кремния

являются

диатомовые водоросли,

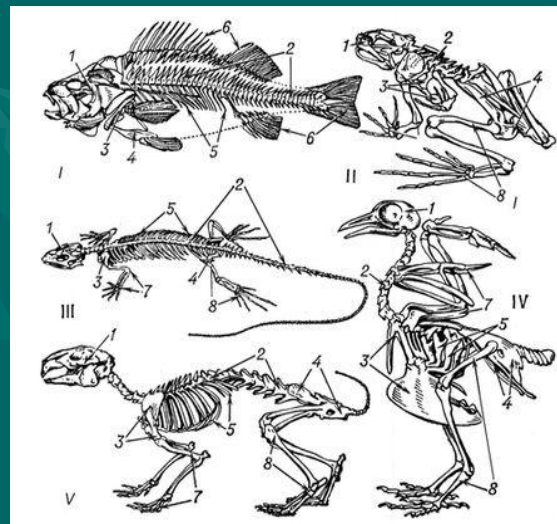
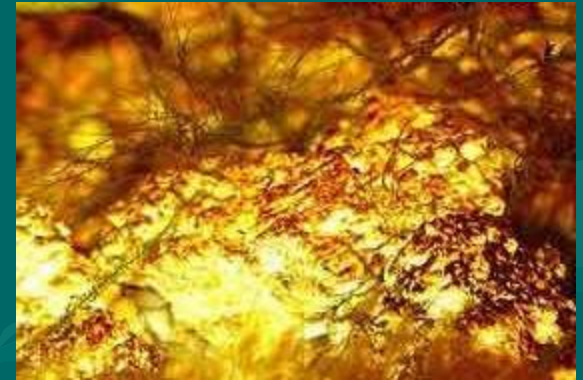
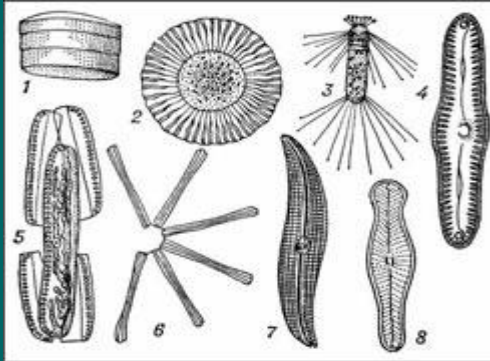
йода-

водоросли ламинария,

фосфора —

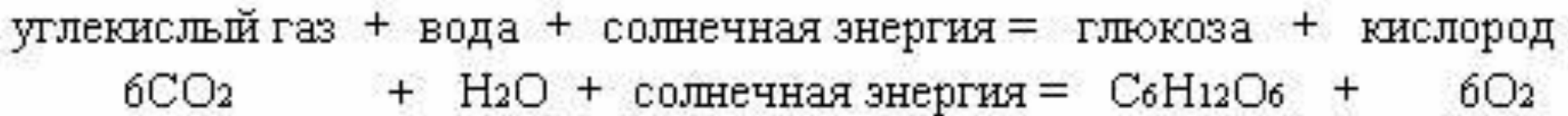
скелеты позвоночных

животных



Важнейшие функции живого вещества в биосфере

Третья функция — энергетическая Выполняется растениями



Хемосинтез — преобразование неорганических соединений в питательные органические вещества в отсутствие солнечного света, за счет энергии химических реакций.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере

Четвертая функция —
средообразующая

Организмы приспособливают физико-химические параметры биосферы в благоприятные для них условия

Экологическая пирамида и ее трофические уровни

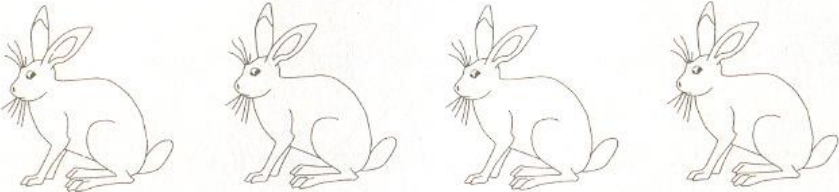
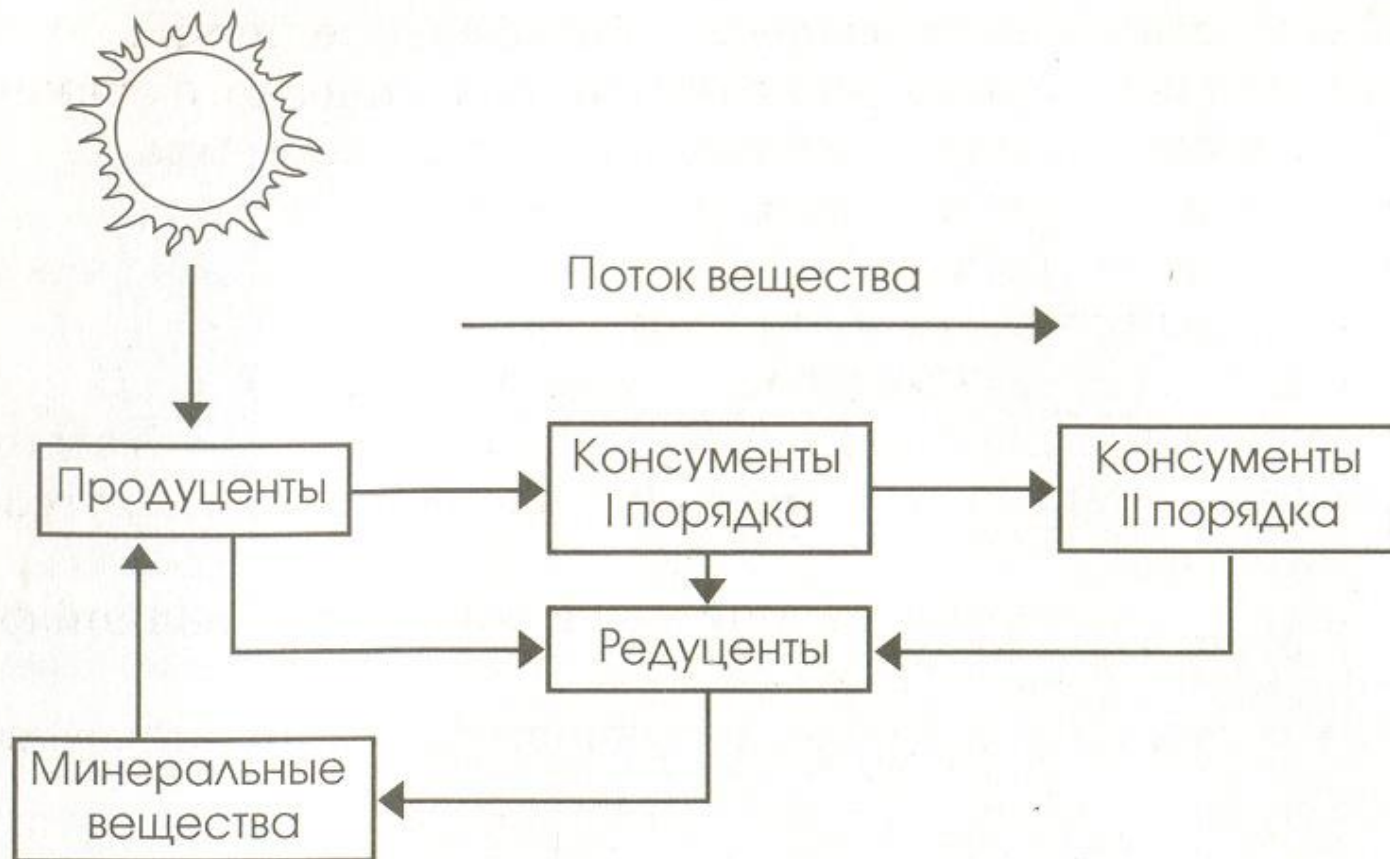
 Хищники	Уровень третичных консументов
 Хищники	Уровень вторичных консументов
 Травоядные животные	Уровень первичных консументов
 Зеленые растения	Уровень продуцентов

Схема круговорота веществ в биосфере



Живой организм – это любая форма жизнедеятельности.

Популяция – это группа организмов одного вида, проживающих в определенном районе (местообитании).

Примерами популяций являются все окуни в пруду, белки в лесах Московской области, население в отдельной стране или население Земли в целом.

Вид – это совокупность популяций особей, представители которых фактически или потенциально скрещиваются друг с другом в естественных условиях.

Каждый организм или популяция имеет свое **местообитание**: местность или тип местности, где они проживают. Когда несколько популяций различных видов живых организмов живут в одном месте и взаимодействуют друг с другом, они создают так называемое сообщество, или биологическое сообщество. Таким образом, **сообщество** – комплекс взаимосвязанных популяций разных видов, обитающих на определенной территории с более или менее однородными условиями существования.

Экосистема – это совокупность сообществ, взаимодействующих с химическими и физическими факторами, создающими неживую окружающую среду. Другими словами, экосистема - это система, образуемая биотическим сообществом и абиотической средой.

Переходная область между двумя смежными экосистемами называется **ЭКОТОН**.

Главные экосистемы суши, такие, как леса, степи и пустыни, называются **наземными экосистемами**, или **биомами**. Экосистемы гидросферы называются **водными экосистемами**.

Экосфера – совокупность живых и неживых организмов (биосфера), взаимодействующих друг с другом и со своей неживой средой обитания (энергией и химическими веществами) в планетарном масштабе.

Консументы – организмы, получающие питательные вещества и необходимую энергию, питаюсь живыми организмами - продуцентами или другими консументами.

Редуценты – организмы, получающие питательные вещества и необходимую энергию питаюсь останками мертвых организмов (животных, растений).

Только продуценты способны сами производить для себя пищу. Более того, они непосредственно или косвенно обеспечивают питательными элементами консументов и редуцентов.

По типу питания все продуценты являются **автотрофами** - сами производят органические вещества из неорганических. Консументы и редуценты по типу питания являются **гетеротрофами** - питаются органическим веществом, произведенным другими живыми организмами.

В зависимости от источников питания консументы подразделяются на три основных класса:

- **фитофаги** (растительноядные) — это **консументы 1-го порядка**, питающиеся исключительно живыми растениями. Например, птицы едят семена, почки и листву.

- **хищники** (плотоядные) — **консументы 2-го порядка**, которые питаются исключительно растительноядными животными (фитофагами), а также **консументы 3-го порядка**, питающиеся только плотоядными животными.

- **эврифаги** (всеядные), которые могут поедать как растительную, так и животную пищу. Примерами являются свиньи, крысы, лисы, тараканы, а также человек.

Существует два основных класса редуцентов:

1. **Детритофаги** – напрямую потребляют мертвые организмы или органические остатки. (пример: шакалы, грифы, дождевые черви).
2. **Деструкторы** – разлагают мертвую органическую материю на простые неорганические соединения (процесс гниения и разложения). Примером могут служить грибы и микроскопические одноклеточные бактерии.

Парниковый эффект

- Парниковый эффект – разогревание нижних слоев атмосферы, возникающее за счет поглощения теплового излучения поверхности Земли молекулами следующих газов:
- водяной пар, находящийся в атмосфере
- углекислый газ (диоксид углерода) (CO_2),
- метан (CH_4),
- оксиды азота, в особенности N_2O
- озон (O_3)
- хлорфторуглероды

Парниковый эффект

Часть излучения проходит сквозь атмосферу, а часть поглощается и переизлучается молекулами парниковых газов



Часть солнечного излучения отражается атмосферой и земной поверхностью

Большая часть солнечного излучения поглощается и нагревает поверхность Земли

Тепловое излучение земли частично уходит за пределы атмосферы



ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМАХ

Химическая энергия, накопленная в глюкозе и других углеводородах, используется продуцентами, консументами и редуцентами для поддержания жизнедеятельности, что является частью одностороннего движения энергии через организмы в экосистеме.

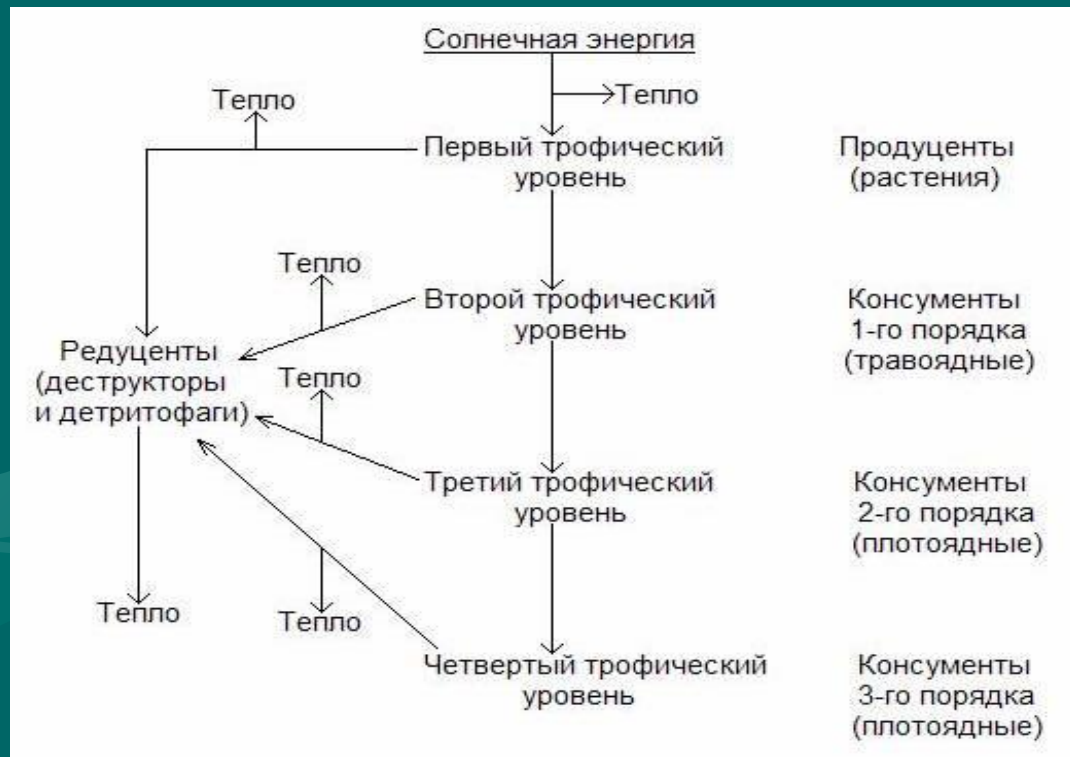
Преобразование органических соединений в энергию происходит за счет клеточного дыхания в митохондриях клетки. Получение органических соединений происходит в основном за счет фотосинтеза:



ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ И ПИЩЕВАЯ СЕТЬ

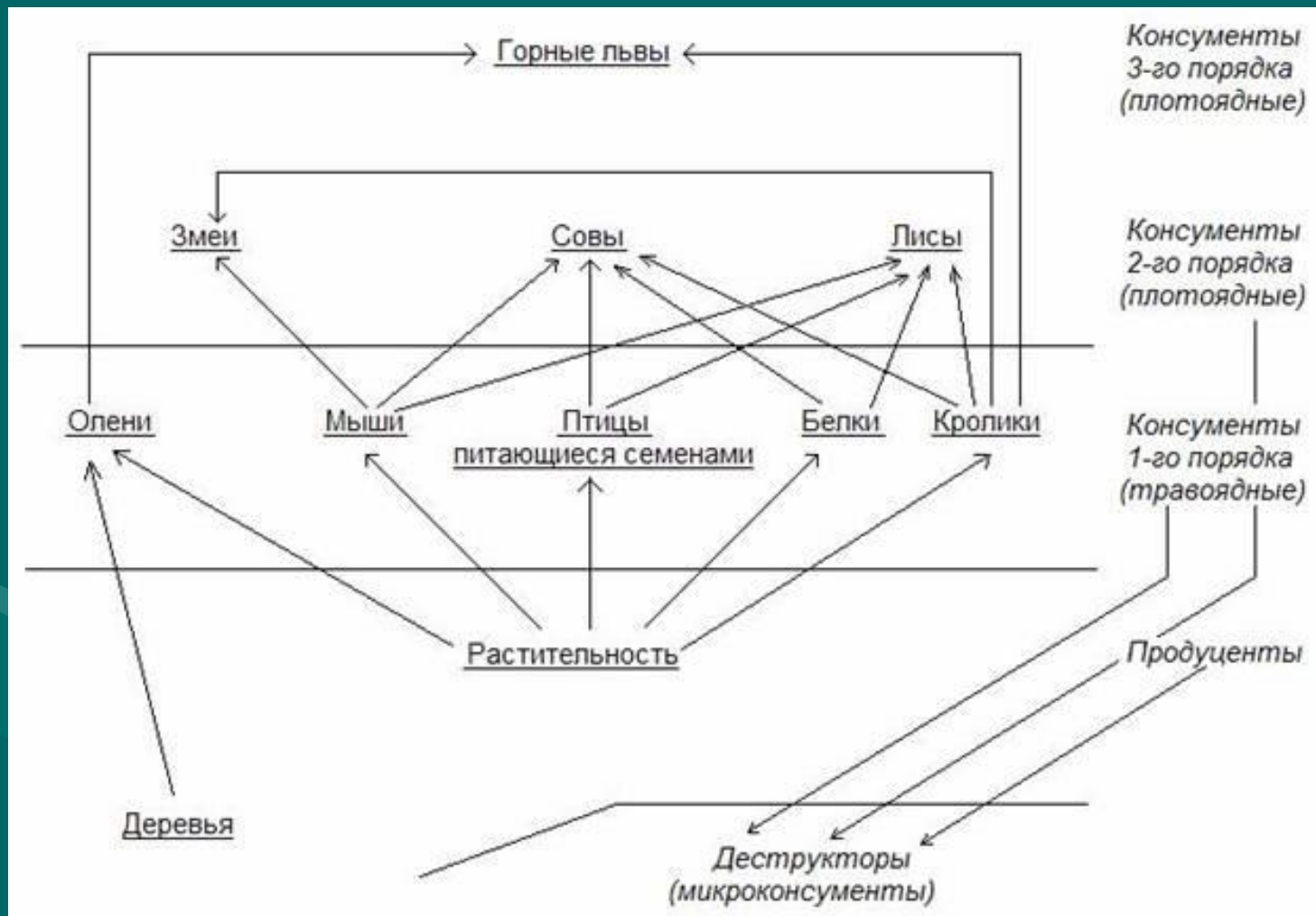
В функционирующей природной экосистеме не существует отходов. Все организмы, живые или мертвые, потенциально являются пищей для других организмов: гусеница ест листву, дрозд питается гусеницами, ястреб способен съесть дрозда. Когда растения, гусеница, дрозд и ястреб погибают, они в свою очередь перерабатываются редуцентами.

Пищевая цепь – последовательность организмов, в которой каждый из них съедает или разлагает другой. Пищевые цепи – это также движение питательных веществ от продуцентов, консументов (травоядных, плотоядных и всеядных) к редуцентам и обратно к продуцентам.



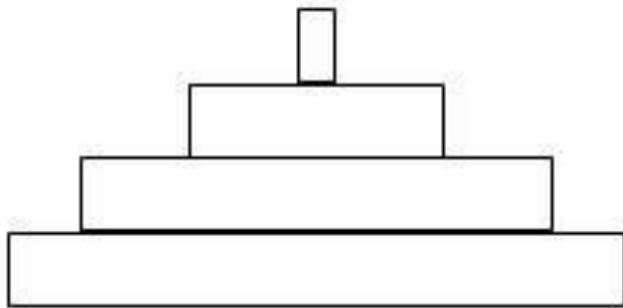
Все организмы, пользующиеся одним типом пищи, принадлежат к одному **трофическому уровню** (от греческого слова *trophos* – «питающиеся»).

Организмы природных экосистем вовлечены в сложную сеть многих связанных между собой пищевых цепей. Такая сеть называется **пищевой сетью**.



Мы можем собрать все образцы организмов в экосистеме и подсчитать численность всех видов, обнаруженных на каждом трофическом уровне. Такая информация необходима для создания **пирамиды численностей** для экосистем.

Пастбища (лето)



Консументы

3-го порядка

2-го порядка

1-го порядка

продуценты

Лес умеренного пояса (лето)

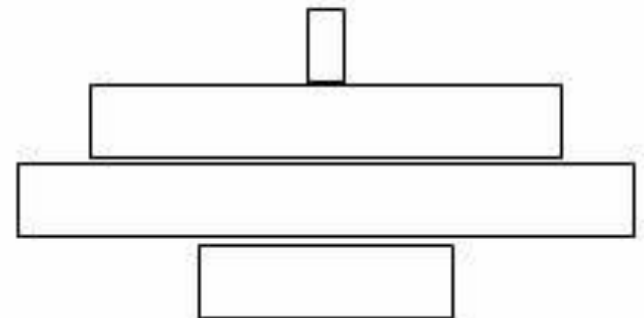


Рис. Обобщенные пирамиды численностей в экосистемах.

Сухой вес всех органических веществ, содержащихся в организмах экосистемы, называется **биомассой**. Каждый трофический уровень пищевой цепи или сети содержит определенное количество биомассы. Ее можно вычислить, если собрать все живые организмы с различных произвольно выбранных участков. Собранные экземпляры необходимо рассортировать по трофическим уровням, высушить и взвесить. Полученные данные в дальнейшем используются для построения **пирамиды биомасс** для определенной экосистемы.

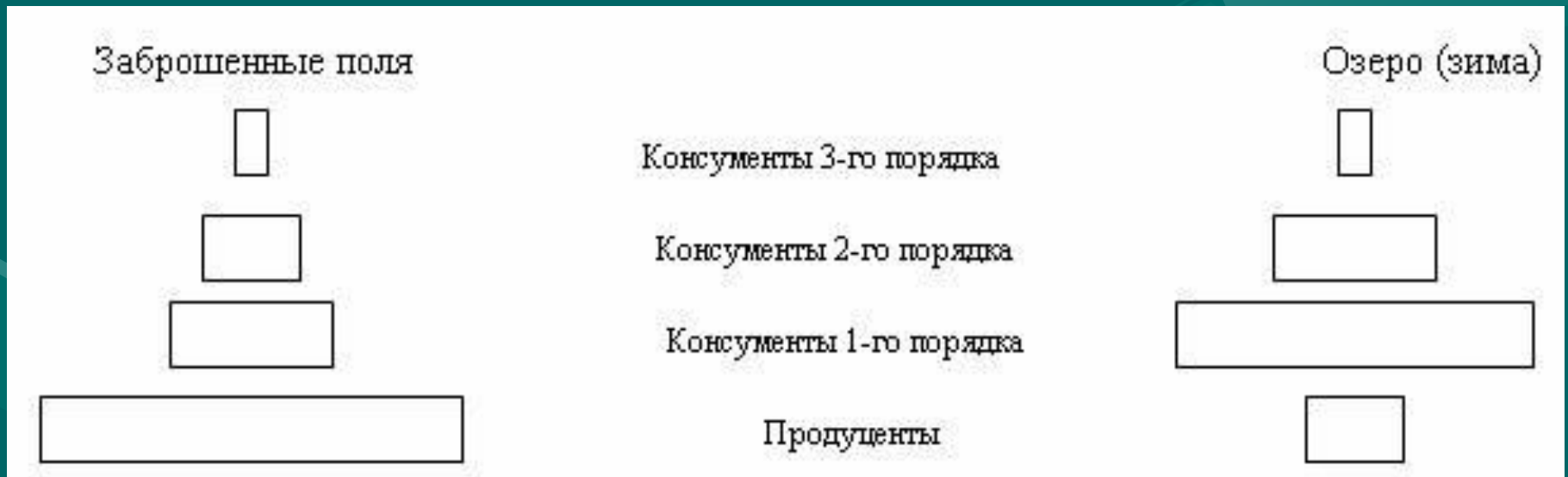


Рис. Обобщенные пирамиды биомасс в экосистемах. Размер каждого слоя пропорционален сухой массе на квадратный метр всех организмов на данном трофическом уровне.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ



Важнейшие функции живого вещества в биосфере по В.И. Вернадскому

- Газовая
- Концентрационная
- Окислительно-восстановительная
- Биохимическая
- Связывание и запасание солнечной энергии

Важнейшие функции живого вещества в биосфере по В.И. Вернадскому

Первая функция — газовая

Основные газы атмосферы Земли:

азот и кислород,

биогенного происхождения.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере по В.И. Вернадскому

Третья функция — окислительно-восстановительная

Организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (V, Mn, Fe) и неметаллов (S) с переменной валентностью.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере по В.И. Вернадскому

Четвертая функция — биохимическая

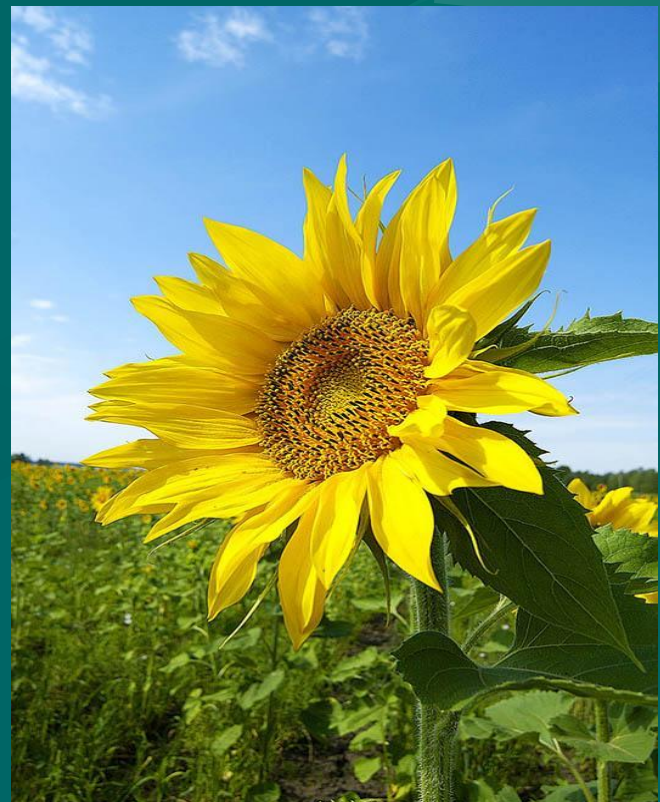
Размножение, рост и перемещение в пространстве («расползание») живого вещества.

Важнейшие функции живого вещества в биосфере по В.И. Вернадскому

Пятая функция — биогеохимическая деятельность человека

Охватывает все вещества земной коры, в том числе такие концентраторы углерода, как уголь, нефть, газ и др.

В связывании и запасании
солнечной энергии заключается
основная планетарная функция
живого вещества
на Земле.



Гомеостáз -

(греч. ομοιοστάσις: homoios — одинаковый, подобный и stasis — состояние, неподвижность) — способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

Круговорот воды (гидрологический цикл):

- переход из жидкого в газообразное и твердое состояние и обратно, - один из главных компонентов абиотической циркуляции веществ;
- происходят перераспределение и очистка планетарного запаса воды;
- время оборота пресной воды составляет примерно 1 год.

Количества воды во всех фондах и перемещающиеся количества воды (цифры в скобках) выражены в миллиардах миллиардов (10^{18}) граммов в год, из Ф.Рамад, 1979)



Влияние деятельности человека на глобальный круговорот воды

Сток воды в океан увеличивается, и пополнение фонда грунтовых вод сокращается в результате:

- покрытия земной поверхности непроницаемыми материалами,
- строительства оросительных систем,
- уплотнения пахотных земель,
- уничтожения лесов и т.п.

Влияние деятельности человека на глобальный круговорот воды

Рост объема поверхностного стока приводит к:

- увеличению риска наводнений,
- усилению эрозии почв.

Резервуары подземных вод выкачиваются
быстрее, чем заполняются

(депрессивные воронки площадью до 50000 км²,
снижение уровня в центре воронки 80-130 м
(Москва, Брянск, Санкт-Петербург)).

Круговорот азота



Потребление азота происходит:

- в процессе биологической фиксации N_2 из воздуха - азотфиксации благодаря деятельности азотфиксирующих микроорганизмов;
- в результате естественных физических процессов фиксации N_2 в атмосфере и превращения его в оксиды NO_x и NH_3 (при грозовых электрических разрядах);
- при фотосинтезе минеральные соединения азота (NH_4^+ , NO_2 , NO_3) потребляются растениями.
- в процессе промышленного синтеза NH_3 .

Поступление азота в атмосферу происходит:

- в процессе минерализации азотсодержащих органических веществ до оксидов азота и последующей денитрификации, т. е. восстановления их до молекулярного газа N_2 ;
- с вулканическими газами;

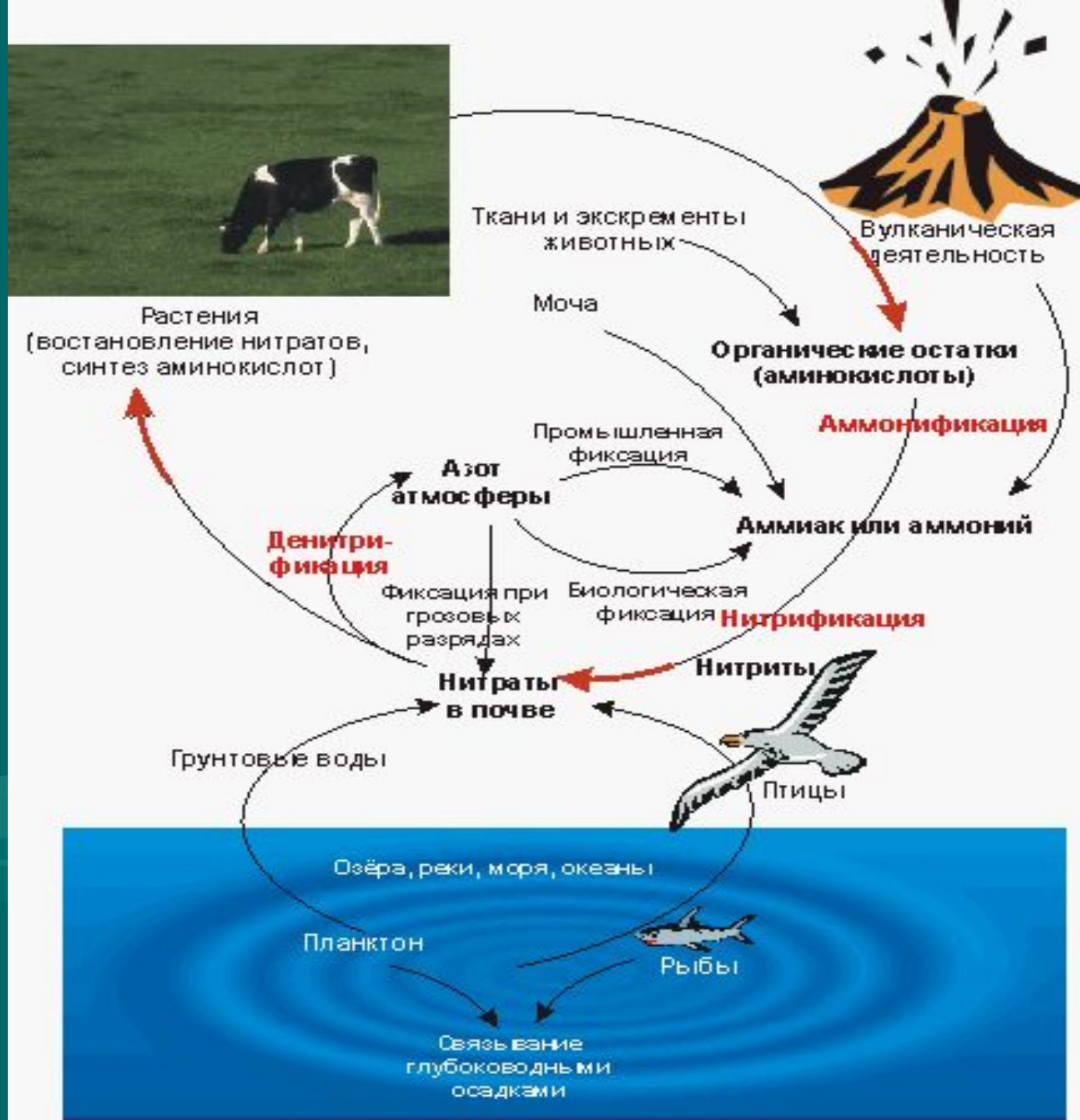
Поступление азота в атмосферу происходит:

- с «индустриальными вуканами» (дымом, выхлопными газами).

В водоемы соединения азота поступают:

- со стоками с городских и сельских территорий;
- с городскими, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами.

КРУГОВОРОТ АЗОТА



Денитрификация -

разрушение группой почвенных и водных бактерий солей азотной кислоты (нитратов) до нитритов, молекулярного азота и аммиака,

процесс потери экосистемой доступного азота:



Нитрификация

- процесс превращения азотосодержащих веществ в форму, пригодную для усвоения высшими растениями:

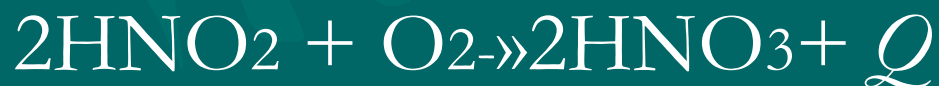
аммиак - нитриты - нитраты.

Круговорот азота

В первой фазе аммиак окисляется до азотистой кислоты (или нитритов):



Во второй фазе азотистая кислота окисляется до азотной (или до нитратов):



Аммонификация

Аммонификация - разложение, гниение белков с образованием аммиака.

Аммонификация осуществляется редуцентами.

Аминокислоты ($\text{RCHNH}_2\text{COOH}$) разлагаются бактериями, грибами как в аэробных:



так и в анаэробных условиях:



Аммонификация

В результате белкового обмена в животных организмах выделяется мочевина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, которая тоже служит источником NH_3 :



Поступление азота в биотический круговорот

Поступление азота в атмосферу происходит:

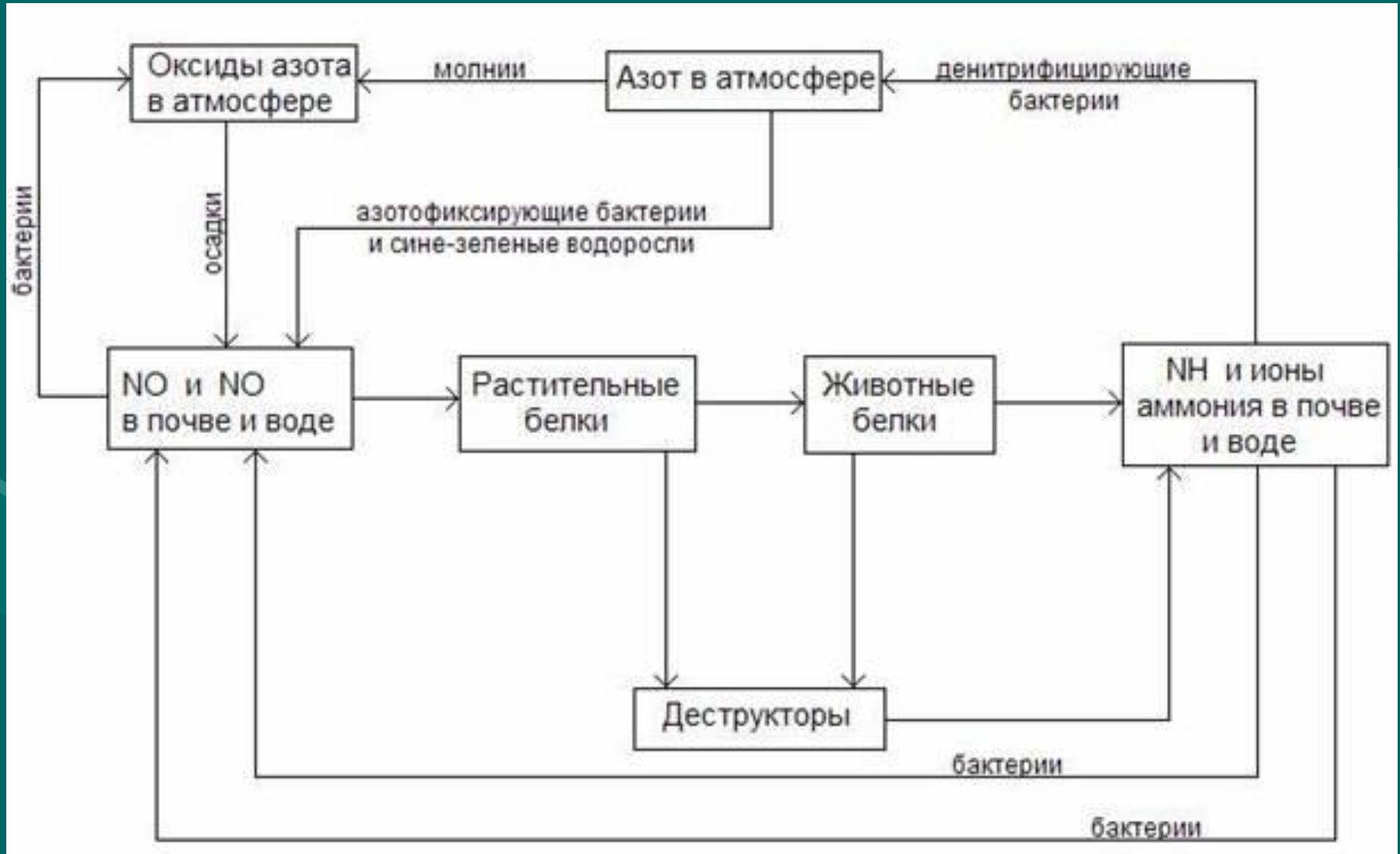
- в процессе минерализации азотсодержащих органических веществ до оксидов азота и последующей денитрификации, т. е. восстановления их до молекулярного газа N_2 ;
- с вулканическими газами;
- с «индустриальными вуканами» (дымом, выхлопными газами).

Поступление азота в биотический круговорот

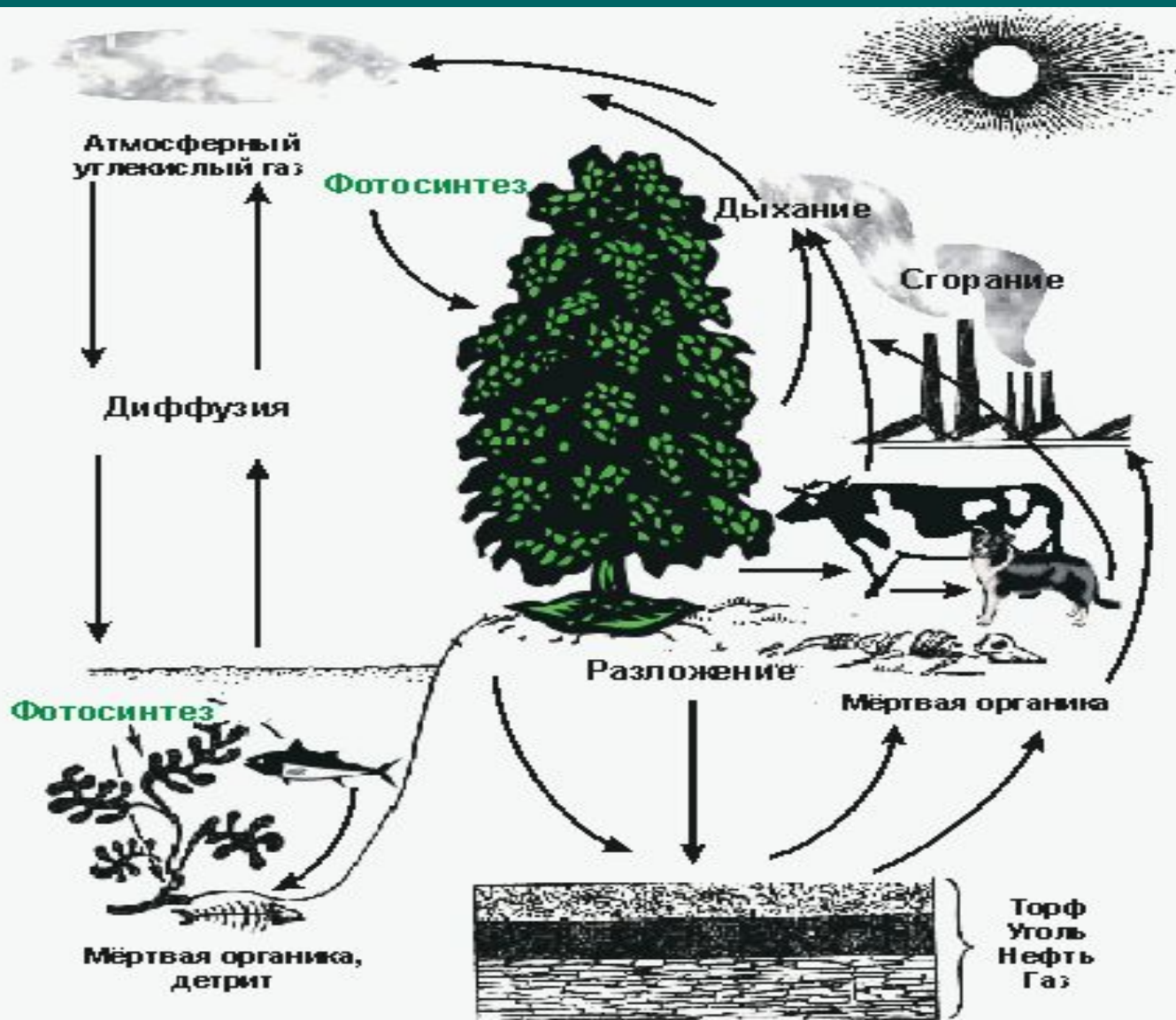
В водоемы соединения азота поступают:

- с поверхностным и дренажным стоком с городских и сельских территорий;
- с городскими, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами

Упрощенная диаграмма круговорота азота



Круговорот углерода



Потребление углекислого газа из воздуха -

в процессе фотосинтеза:



Потребление углекислого газа из воздуха -

в реакциях с карбонатами в океане:



Потребление углекислого газа из воздуха -

при выветривании горных пород:



Поступление углекислого газа в атмосферу:

- дыхание всех организмов;
- минерализация органических веществ.

Минерализация - распад органического вещества до CO_2 , воды и гидридов, оксидов или минеральных солей любых других присутствующих элементов.

Поступление углекислого газа в атмосферу:

- выделение по трещинам земной коры из осадочных пород ;
- выделение из мантии Земли при вулканических извержениях (незначительная часть - до 0,01 %);
- сжигание древесины и топлива.

Низкое содержание CO_2 и высокие концентрации O_2 в атмосфере сейчас служат лимитирующими факторами для фотосинтеза, а зеленые растения и карбонаты океана являются регуляторами этих газов, поддерживающими относительно стабильное их соотношение (0,03 % и 21 %).

Таким образом, «зеленый пояс» Земли и карбонатная система океана являются буферной системой, которая поддерживает относительно постоянное содержание CO_2 в атмосфере.

Полагают, что до наступления индустриальной эры потоки углерода между атмосферой, материками и океанами были сбалансированы.

Влияние человека на круговорот углерода

С развитием индустрии и сельского хозяйства поступление CO_2 в атмосферу стало расти за счет антропогенных источников.

Основная масса углерода находится в земной коре в связанном состоянии.

Важнейшие минералы - карбонаты, количество углерода в них оценивается в $9,6 \cdot 10^{15}$ т.

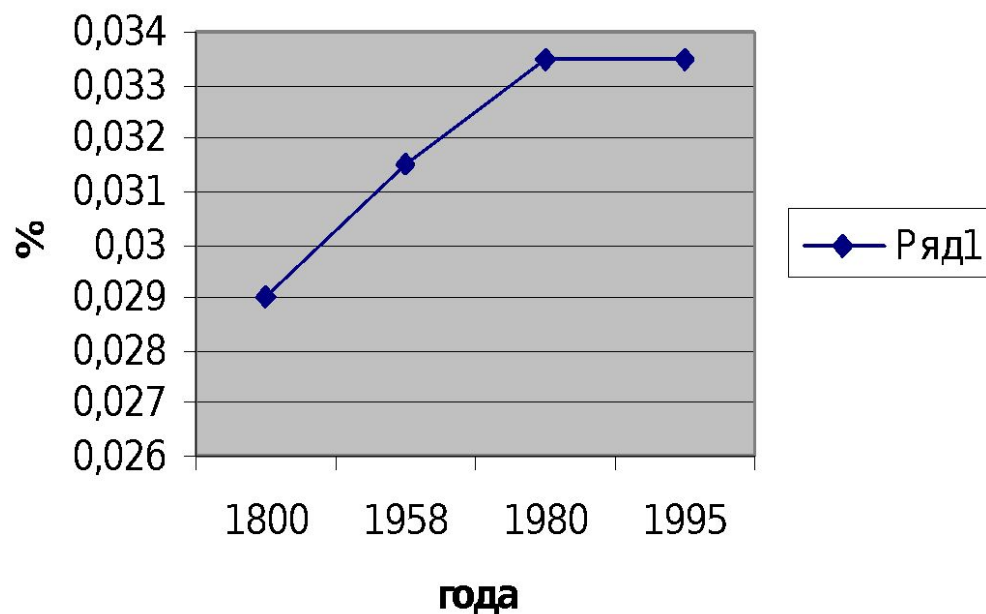
Разведанные запасы горючих ископаемых (угли, нефть, битумы, торф, сланцы, газы) содержат еще около $1 \cdot 10^{13}$ т углерода.

Человек тем или иным путем извлекает
эти запасы из недр и постепенно
увеличивает поток CO_2 в атмосферу

Главные причины
увеличения
содержания CO_2 в
атмосфере – это:

- сжигание горючих ископаемых в промышленности,
- на транспорте,
- уничтожение лесов.

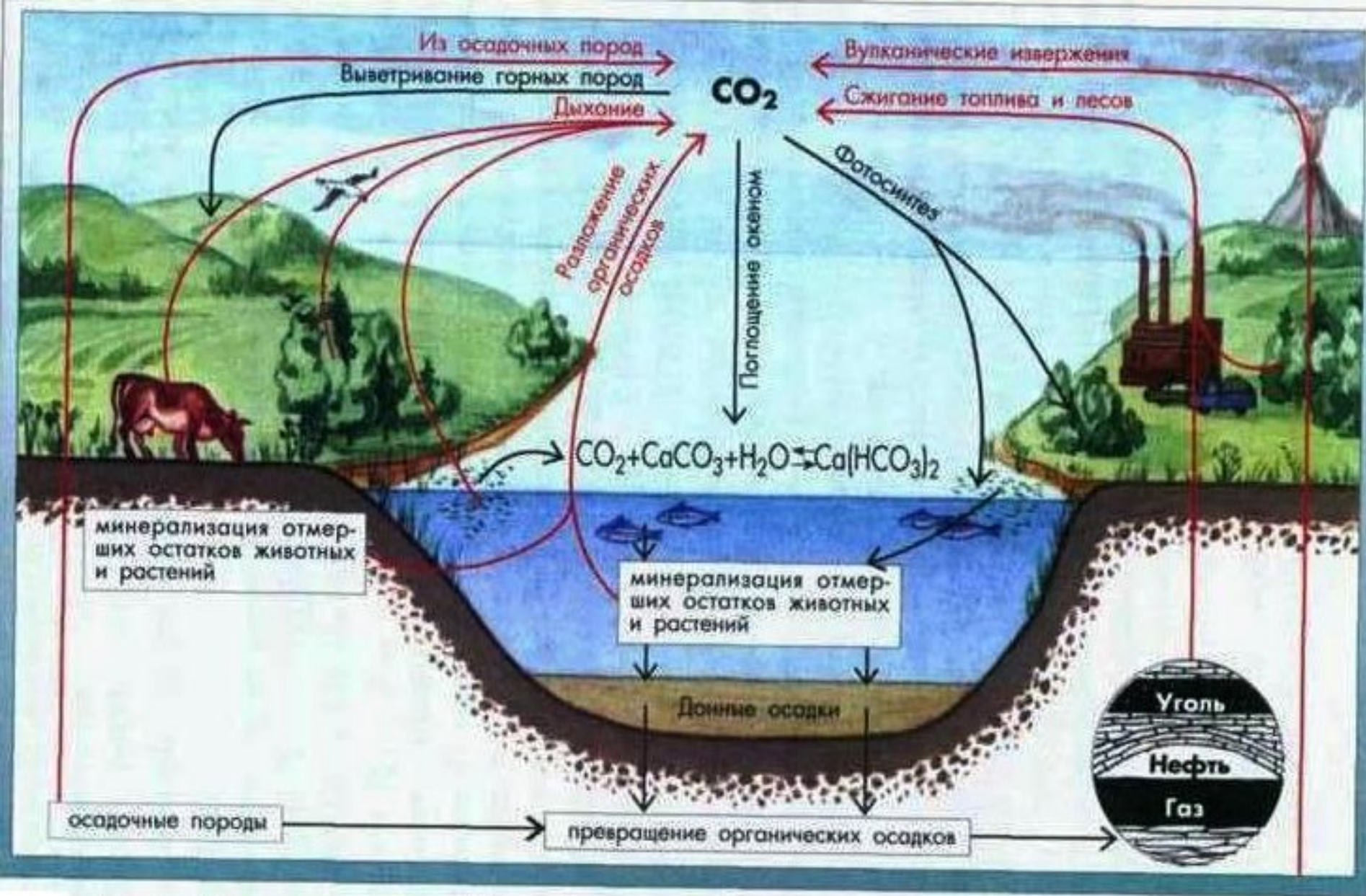
Концентрация CO_2 в атмосфере



**При уничтожении лесов
содержание углекислого газа в
атмосфере увеличивается ,
т.к. леса важные накопители
углерода:**

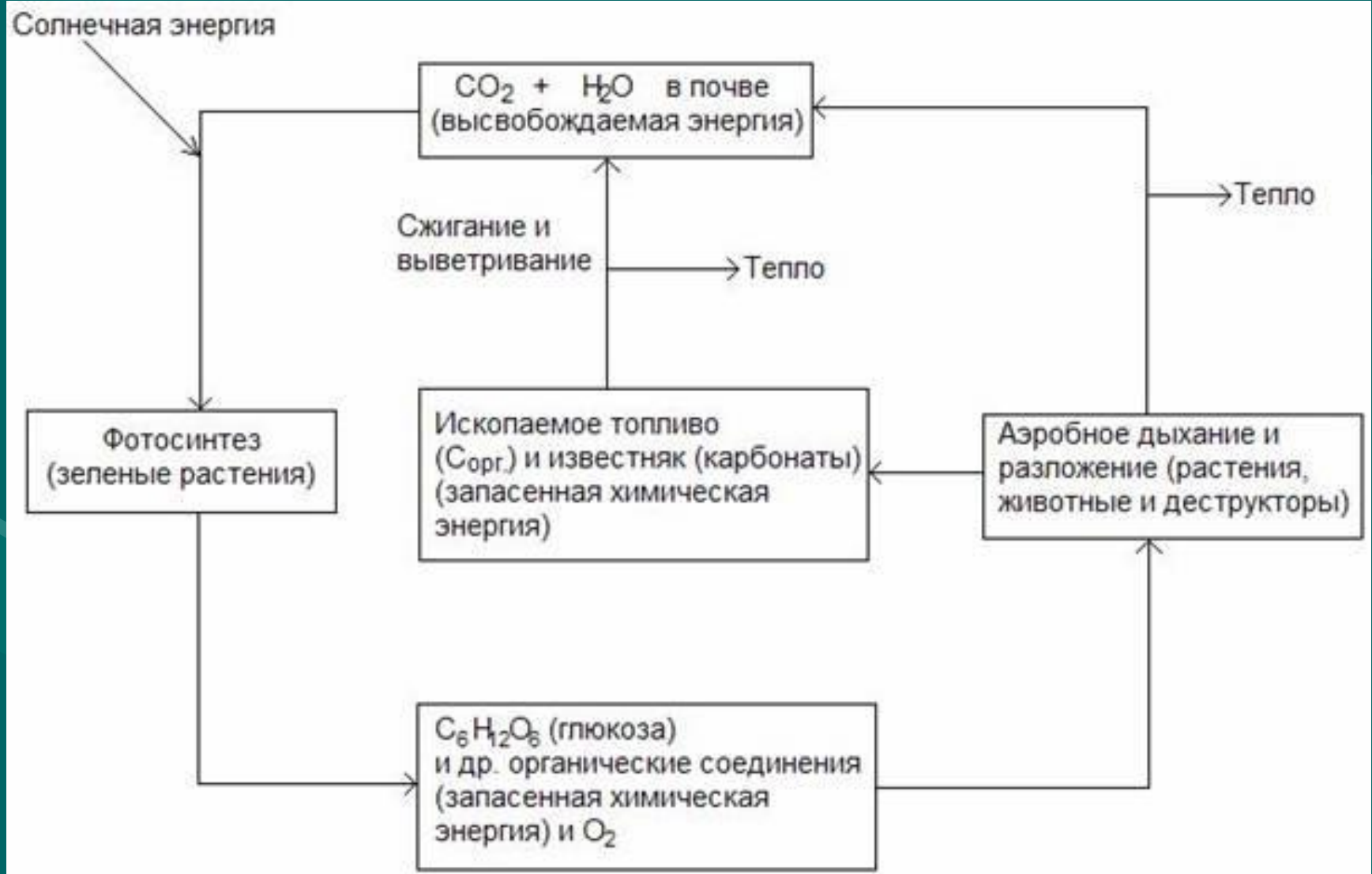
**в биомассе лесов приблизительно
в 1,5, а в лесном гумусе - в 4 раза
больше углерода, чем в атмосфере.**

Сельское хозяйство также приводит к потере углерода в почве, так как потребление CO_2 из атмосферы агрокультурами в течение лишь части года не компенсирует полностью высвобождающийся из почвы углерод, который теряется при окислении гумуса в результате частой вспашки.



Биотический круговорот углерода: $\rightarrow$ - потребление CO_2 ; $\rightarrow$ - поступление CO_2 в атмосферу

Упрощенная схема круговорота углерода



Круговорот фосфора



Особенность биогеохимического цикла фосфора заключается в том, что, в отличие от азота и углекислого газа, резервным фондом его является не атмосфера, а горные породы и отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи;

фосфор очень медленно перемещается из фосфатных пород на суше к живым организмам и обратно.

Круговорот фосфора

Потребляется фосфор:

- растениями и животными для построения белков протоплазмы,
- в промышленном производстве удобрений, моющих средств и рыбопродуктов.

Круговорот фосфора

Поступление фосфора в биотический круговорот происходит:

- в процессе эрозии фосфатных пород,
- вследствие минерализации продуктов жизнедеятельности и органических остатков растений и животных.

Круговорот фосфора

Образующиеся при минерализации органических веществ фосфаты поступают с отходами и сточными водами в наземные и водные экосистемы, где вновь могут потребляться растениями в процессе фотосинтеза.

Механизмы возвращения фосфора в круговорот в природе недостаточно эффективны и не возмещают той его части, которая захоранивается в осадках.

Вынос фосфатов на сушу осуществляется в основном с рыбой. Но это не компенсирует их поток с суши в море.

Круговорот фосфора

Добывается ежегодно около 2 млн. т фосфорсодержащих пород.

Большая часть этого фосфора попадает в море с моющими средствами, в производстве которых он используется, и с удобрениями, т. е. выключается из круговорота.

Следовательно, деятельность человека приводит к потерям фосфора из круговорота, которые происходят вследствие его избыточного поступления в водоемы из антропогенных источников и последующего захоронения в глубоководных океанических осадках.

Источники поступления фосфора в океаны:

- бытовые сточные воды, обогащенные фосфорсодержащими моющими средствами;
- промышленные сточные воды от предприятий, производящих удобрения;
- поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий.
- после биологической очистки сточные воды обогащаются минеральным фосфором вследствие интенсификации минерализации органических веществ на очистных сооружениях.

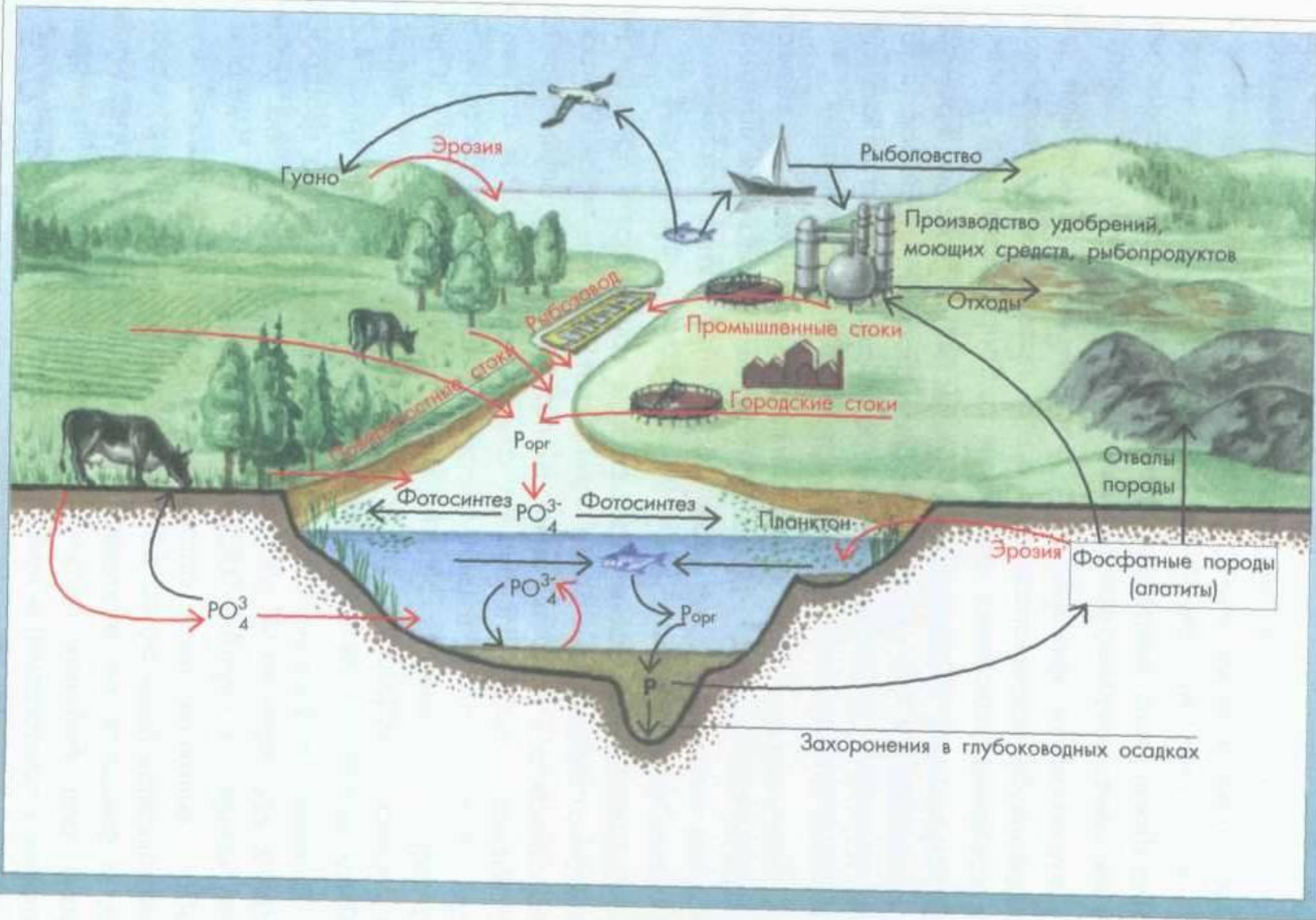


Рис. 4.7. Биотический круговорот фосфора: $\rightarrow$ - потребление фосфора; $\rightarrow$ - поступление фосфора

Упрощенная схема круговорота фосфора

