



Лекция 2.
Биосфера.

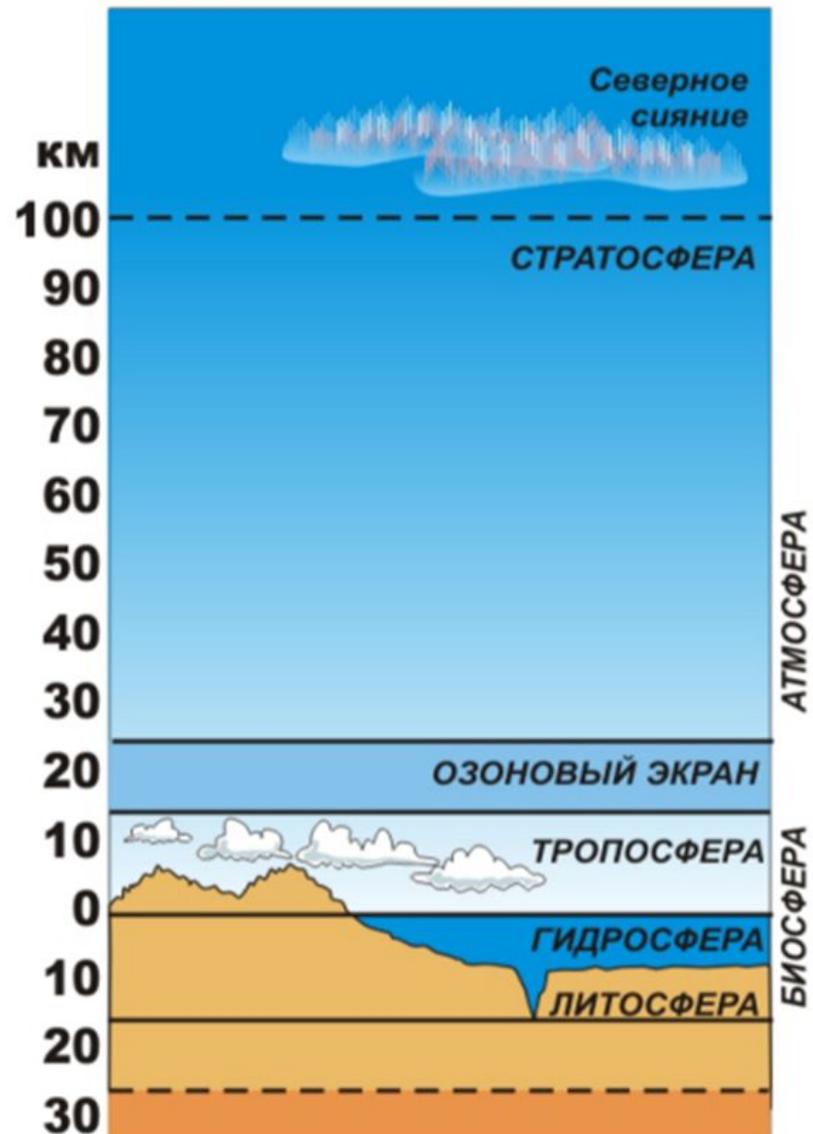
Геологические оболочки Земли

Атмосфера (греч. «атмос» – пар) – воздушная оболочка Земли.

Гидросфера (греч. «гидра» – вода) – водная оболочка Земли.

Литосфера (греч. «литос» – камень) – твердая оболочка земного шара.

Геосферы Земли



Атмосфера

Тропосферой называют слой атмосферы высотой примерно 8-18 км, в котором сосредоточено более 80 % всей массы воздуха и протекают в основном все погодные явления.

Следующий слой – **стратосфера** – простирается до высоты примерно 40 км. На высоте **22-25 км** наблюдается максимальная концентрация озона (**озоновый слой**).

В **мезосфере** (до 80 км) наблюдается высокое содержание ионов газов, являющихся причиной возникновения полярных сияний.

Термосфера (до 800 км) характеризуется ростом температуры и увеличением содержания легких газов – водорода и гелия – и заряженных частиц.

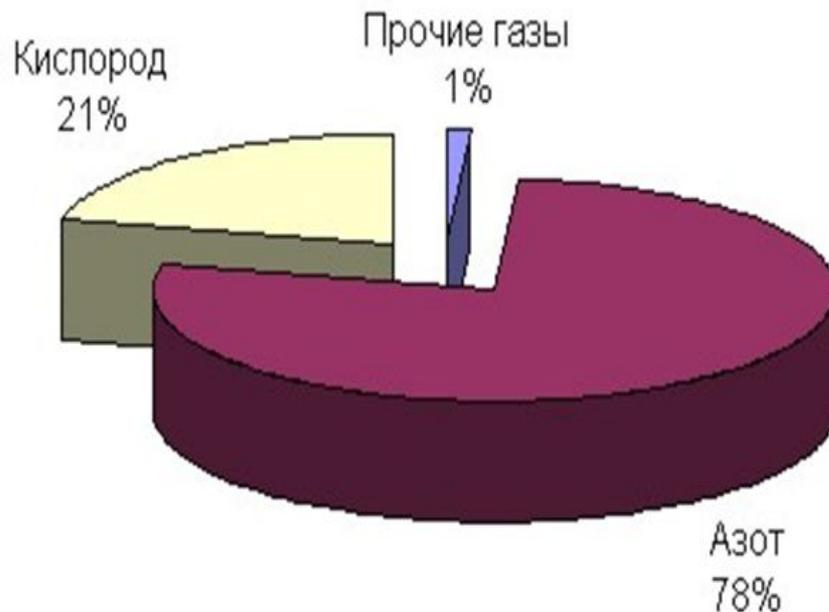
Экзосфера (до 1500-2000 (3000) км) – здесь происходит рассеивание атмосферных газов в космическое пространство.



Состав атмосферы

В сухом чистом воздухе
в объемных процентах
содержится:

- 78 % азота,
- 21 % кислорода,
- 0,9 % аргона,
- 0,03 % углекислого газа,
- около 0,003 % смесь неона, гелия, криптона, ксенона, оксидов азота, метана, водорода, паров воды и озона.



Гидросфера

Гидросфера — это водная оболочка Земли, совокупность океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, подземных вод, ледников и снежного покрова. Гидросферу делят на поверхностную и подземную.

Поверхностная гидросфера – водная оболочка поверхностной части Земли: океаны, моря, озера, реки, водохранилища, болота, ледники, снежный покров и др.

Подземная гидросфера – воды, находящиеся в верхней части земной коры (подземные).

Основной объем воды, составляющий $1,46 \cdot 10^9$ км³, сосредоточен в Мировом океане. Это 94 % всего объема гидросферы. Мировой океан занимает большую часть поверхности Земли – 70,8 %.

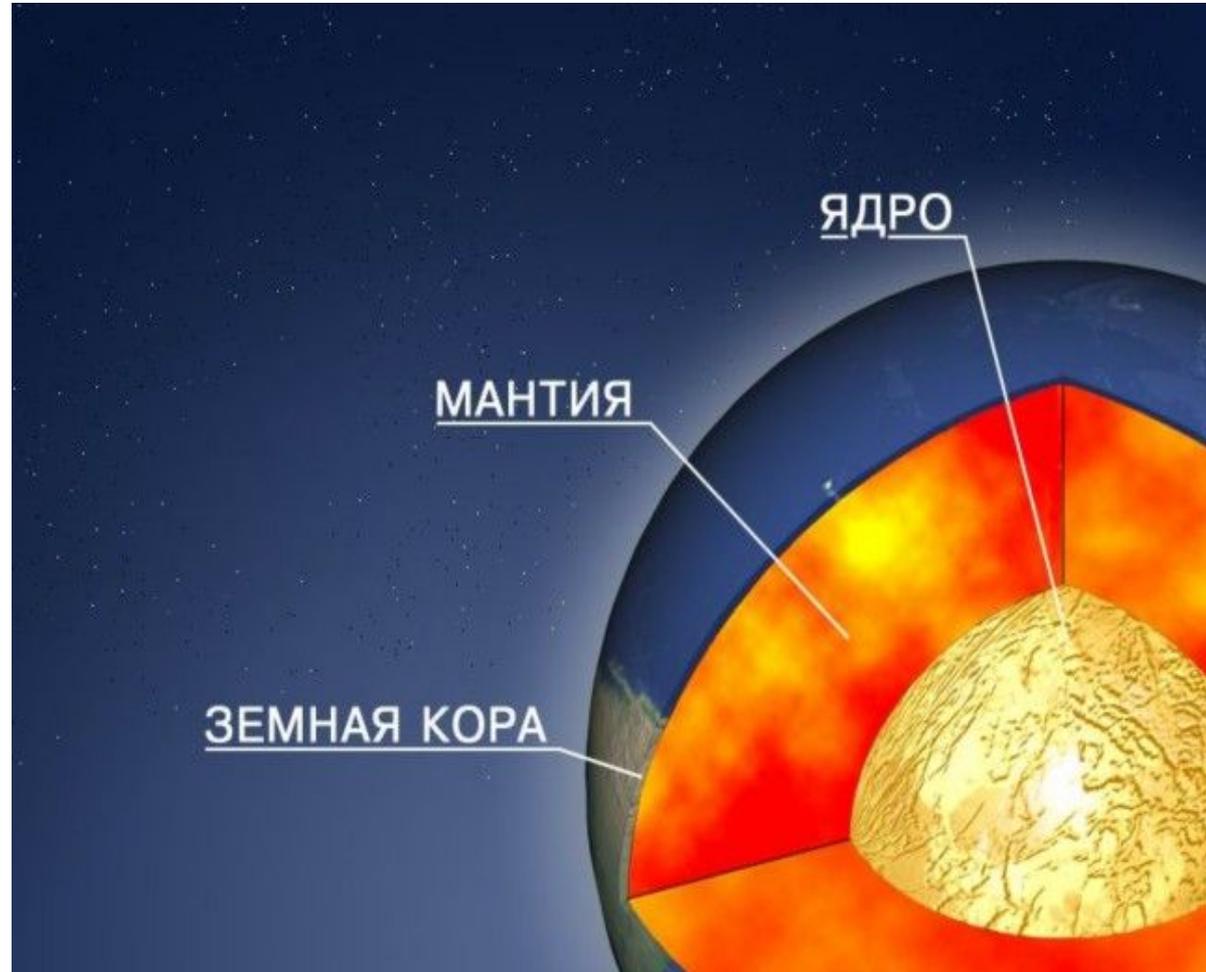
Оставшиеся 6 % объема гидросферы распределены следующим образом: подземные воды – около 4 %, ледяной и снежный покров — около 1,6 %, остальное — воды озер, рек, водохранилищ, болот, почв и пары воды в атмосфере.

Вода Мирового океана представляет собой раствор солей со средней концентрацией 35 г/л. В основном это хлористый натрий (77,7 %). Поверхностные воды суши (озер, рек и т.д.) довольно неоднородны по своему химическому составу. Вместе с тем подавляющая часть этих вод является пресной с концентрацией солей до 0,5 г/л. Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды, пресных вод – около 2 %.



Литосфера

Во внутреннем строении Земли выделяют три основных слоя: земную кору, мантию, ядро.



Педосфера

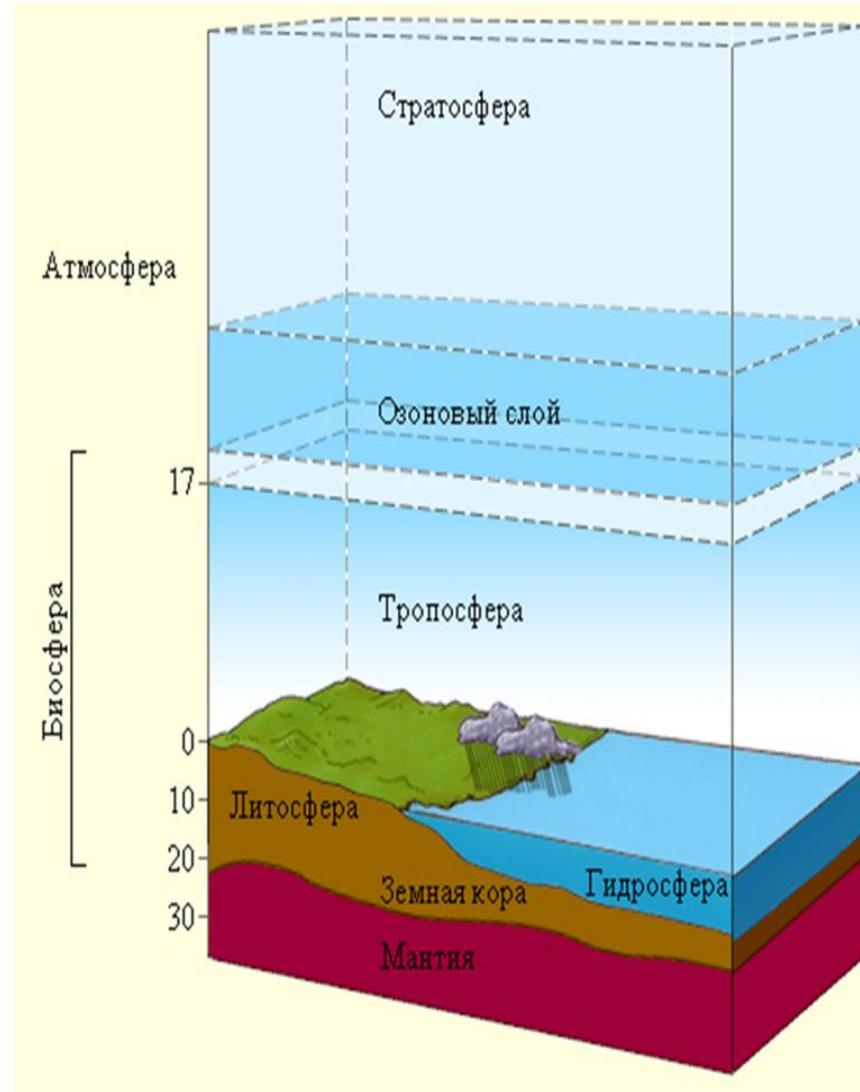
Педосфера (лат. «педис» – нога, стопа) – оболочка Земли, образуемая почвенным покровом.

Почва – это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой.

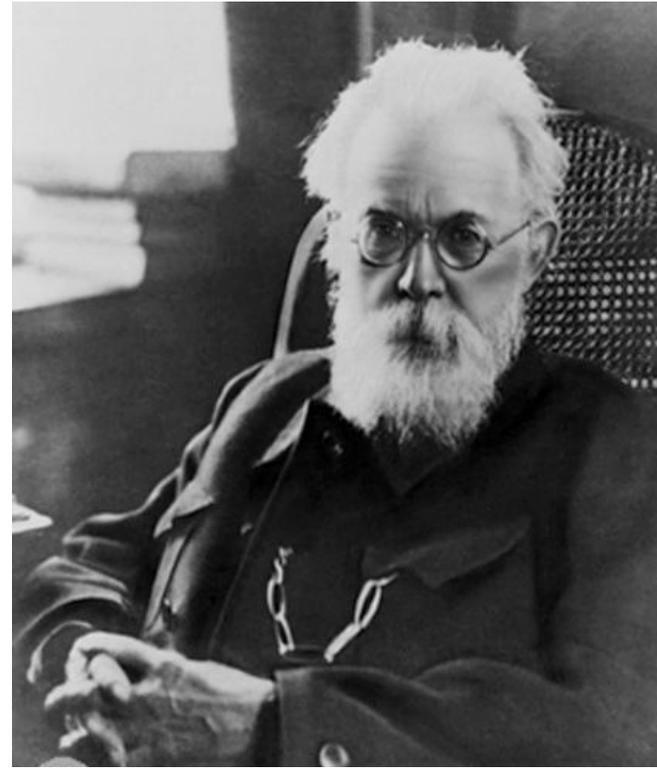


Биосфера

Биосфера (от греч. *bios* – жизнь и *sphaira* – шар) – оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.



Термин «биосфера» впервые применил Э. Зюсс (1875), однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому. В 1926 г. вышла его книга «Биосфера», в которой Вернадский развил представление о живом веществе как огромной геологической силе, преобразующей свою среду обитания.

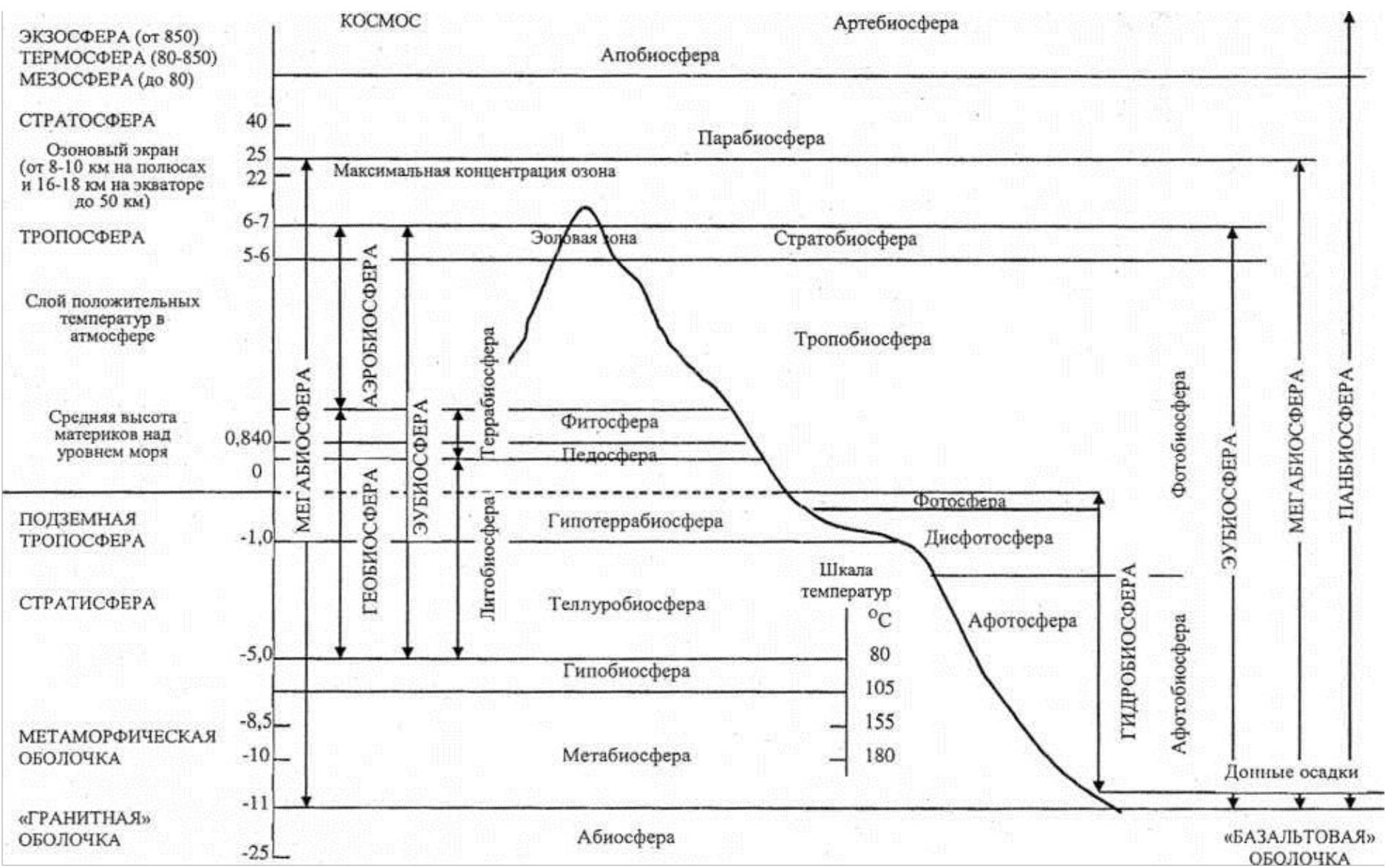


Биосферу как место современного обитания организмов вместе с самими организмами можно разделить на три подсферы (см. следующий слайд):

1 – **геобиосфера** – верхняя часть литосферы, населенная геобионтами;

2 – **гидробиосфера** – гидросфера без подземных вод;

3 – **аэробIOSфера** – нижняя часть атмосферы, населенная аэробиионтами.



Биосфера имеет определенные границы. Она занимает нижнюю часть атмосферы, верхние слои литосферы и всю гидросферу.

Структура биосферы:

Область, в которой регулярно встречаются живые организмы, называется эубиосфера (собственно биосфера). Общая толщина эубиосферы $\approx 12-17$ км.

Аэроббиосфера – включает нижнюю часть атмосферы. В состав аэроббиосферы входят:

- а) **тропобиосфера** – до высоты 6-7 км;
- б) **альтобиосфера** – до нижней границы озонового экрана (20-25 км).

Гидробиосфера – включает всю гидросферу. Нижняя граница гидробиосферы \approx 6-7 км, в отдельных случаях – до 11 км. К гидробиосфере относятся:

- а) аквабиосфера – реки, озера и другие пресные воды;
- б) Маринобиосфера – моря и океаны.

В гидробиосфере также существуют слои, связанные с интенсивностью света. Выделяют три слоя:

- **фотосферу** – относительно ярко освещенный,
- **дисфотосферу** – всегда очень сумеречный (до 1 % солнечной инсоляции),
- **афотосферу** – абсолютной темноты где

Террабиосфера – поверхность суши. К террабиосфере относятся:

а) **фитосфера** – зона обитания наземных растений;

б) **педосфера** – тонкий слой почвы.

Литобиосфера. Нижняя граница литобиосферы \approx 2-3 км (реже – до 5-6 км) на суше и \approx 1-2 км ниже дна океана. Живые организмы в составе литобиосферы встречаются редко, однако осадочные породы в составе биосферы возникли под влиянием жизнедеятельности организмов.

Верхняя граница распространения жизни определяется в основном не низкой температурой, а губительным воздействием космического, прежде всего УФ-излучения. Нижняя граница определяется глубиной распространения микроорганизмов в земной коре. Многие ученые считают, что она определяется изотермой +100 °С.

Таким образом, биосфера распространяется в **гидросфере**, верхних слоях **литосферы** и нижних слоях **атмосферы**. Оболочка планеты на границе тропо-, гидро- и литосфер носит название **биогеосферы**. В ней наблюдается наибольшая концентрация живого вещества. В остальной части биосферы живое вещество находится в разреженном состоянии.

В эволюции биосферы можно выделить следующие этапы:

1 – **химическая эволюция** – характеризуется синтезом простейших органических соединений (начало около 4,5 млрд лет назад);

2 – **биологическая эволюция** – возникновение прокариотических организмов (около 3,5 млрд лет назад);

3 – **антропогенез** - возникновение рода Homo (около 3 млн лет назад).

Вещество биосферы

По В.И. Вернадскому, в состав биосферы входят следующие типы веществ:

1. ***Живое вещество*** – совокупность всех живых организмов, населяющих планету.

2. ***Косное вещество*** – совокупность веществ, образуемых без участия живых организмов.

3. ***Биогенное вещество*** – продукты жизнедеятельности живых организмов.

4. ***Биокосное вещество*** – продукты преобразования горных и осадочных пород живыми организмами.

Живое вещество составляет порядка 0,01-0,02 % от массы всей биосферы. Общий вес живого вещества порядка $(2,4-3,6) \cdot 10^{12}$ т (в сухом весе). Живое вещество в биосфере существует в **клеточной** и **неклеточной** формах.

По современным оценкам, общее количество массы живого вещества равно 2420 млрд. т (в пересчете на сухую массу). Живое вещество **на 98 %** представлено биомассой наземных растений, грибов и микроорганизмов; животные составляют только **1,4 %** общей биомассы

Свойства живого вещества

- Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство.
- Движение не только пассивное, но и активное.
- Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти.
- Высокая приспособительная способность (адаптация).
- Феноменально высокая скорость протекания реакций.
- Высокая скорость обновления живого вещества.

Функции живого вещества

- ***Энергетическая*** (биохимическая) – связывание и запасание энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества.
- ***Деструктивная*** – разрушение погибшей биоорганики и костных веществ.
- ***Концентрационная*** – способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные элементы окружающей среды.
- ***Транспортная*** – перенос и перераспределение вещества и энергии.
- ***Средообразующая*** – преобразование физико-химических параметров окружающей среды.

Свойства биосферы

- Целостность и дискретность.
- Устойчивость и саморегуляция.
- Круговорот веществ и энергозависимость.
- Ритмичность.
- Централизованность.
- Горизонтальная зональность и высотная поясность.
- Большое разнообразие условий обитания и живых организмов.

Ноосфера – высшая стадия эволюции биосферы

Термин «ноосфера» был предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930).

В 1944 г. В. И. Вернадский развил и углубил учение о ноосфере. Он понимал под ноосферой качественно новую форму организованности, которая возникла в результате взаимодействия биосферы и общества как новое эволюционное состояние биосферы. ***Ноосфера*** (от греч. noos – разум) - это современная биосфера, частью которой является человечество.

По Вернадскому, **ноосфера** – высший тип целостности, управляемый за счет тесной взаимосвязи законов природы, мышления и социально-экономических законов общества.

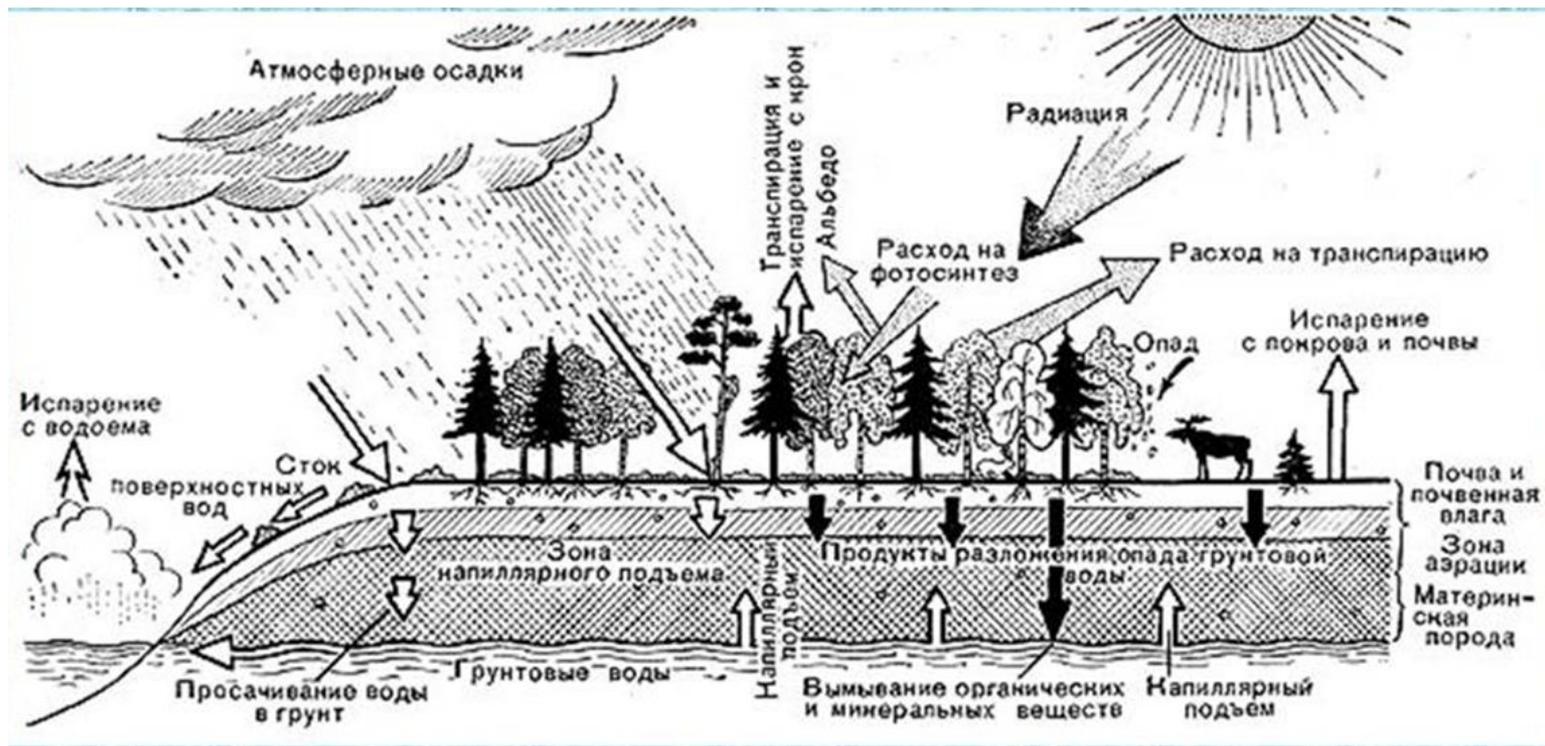
Ноосфера – это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития.

Четыре основных положения учения В. И. Вернадского о ноосфере:

- 1) ноосфера – исторически последнее состояние геологической оболочки биосферы, преобразованной человеком;
- 2) ноосфера – сфера разума и труда;
- 3) изменения в биосфере обусловлены как сознательной, так и бессознательной деятельностью человека;
- 4) дальнейшее развитие ноосферы связано с развитием социально-экономических факторов: мир, наука (мирные условия существования и развитие науки).

Круговорот веществ в биосфере

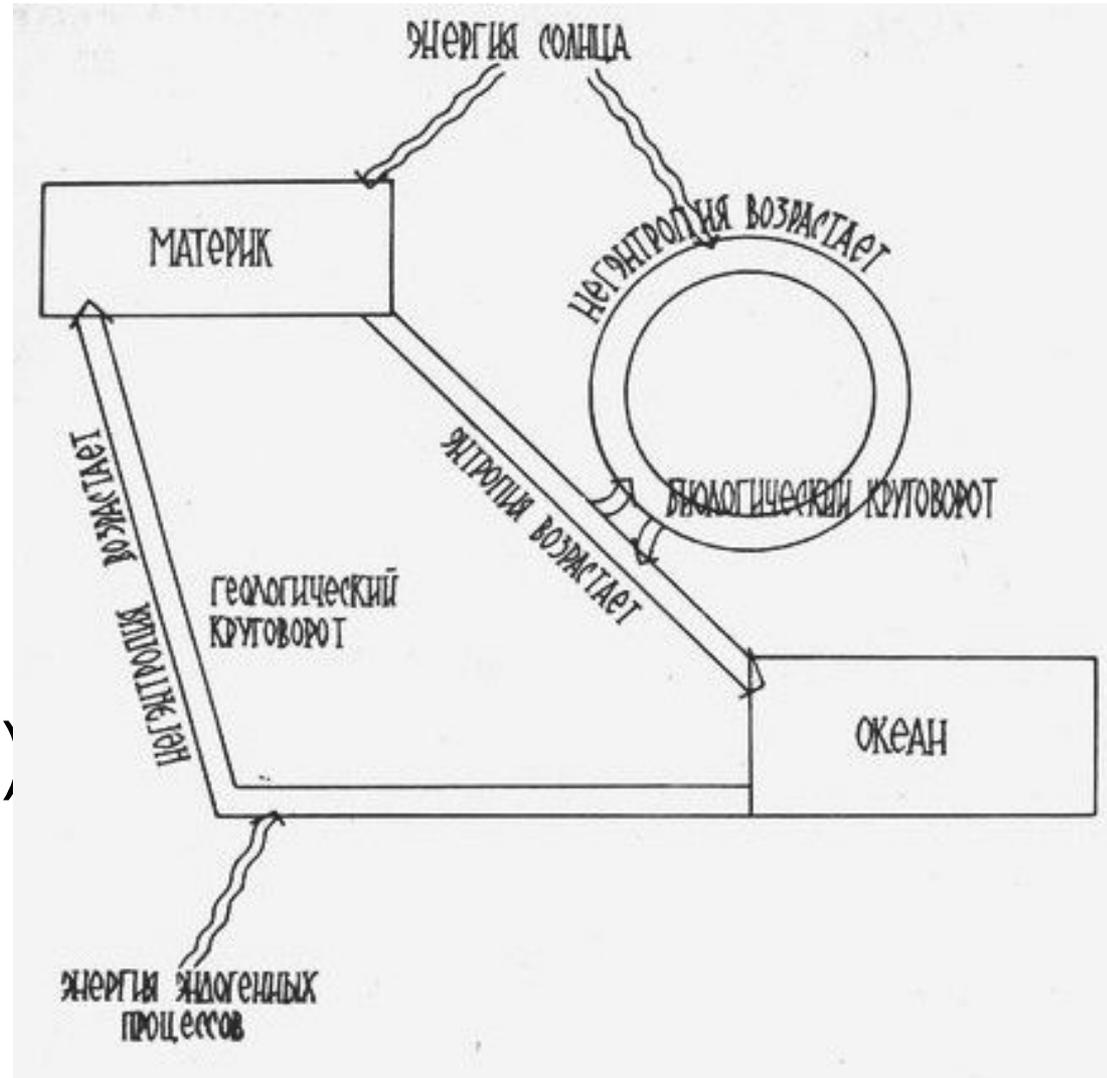
Безостановочный планетарный процесс закономерного циклического, неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества называется **круговоротом веществ**.



Солнечная энергия «обеспечивает» на Земле два круговорота веществ:

◆ **большой**, или геологический (абиотический);

◆ **малый**, или биологический (биогеохимический)



Большой геологический круговорот

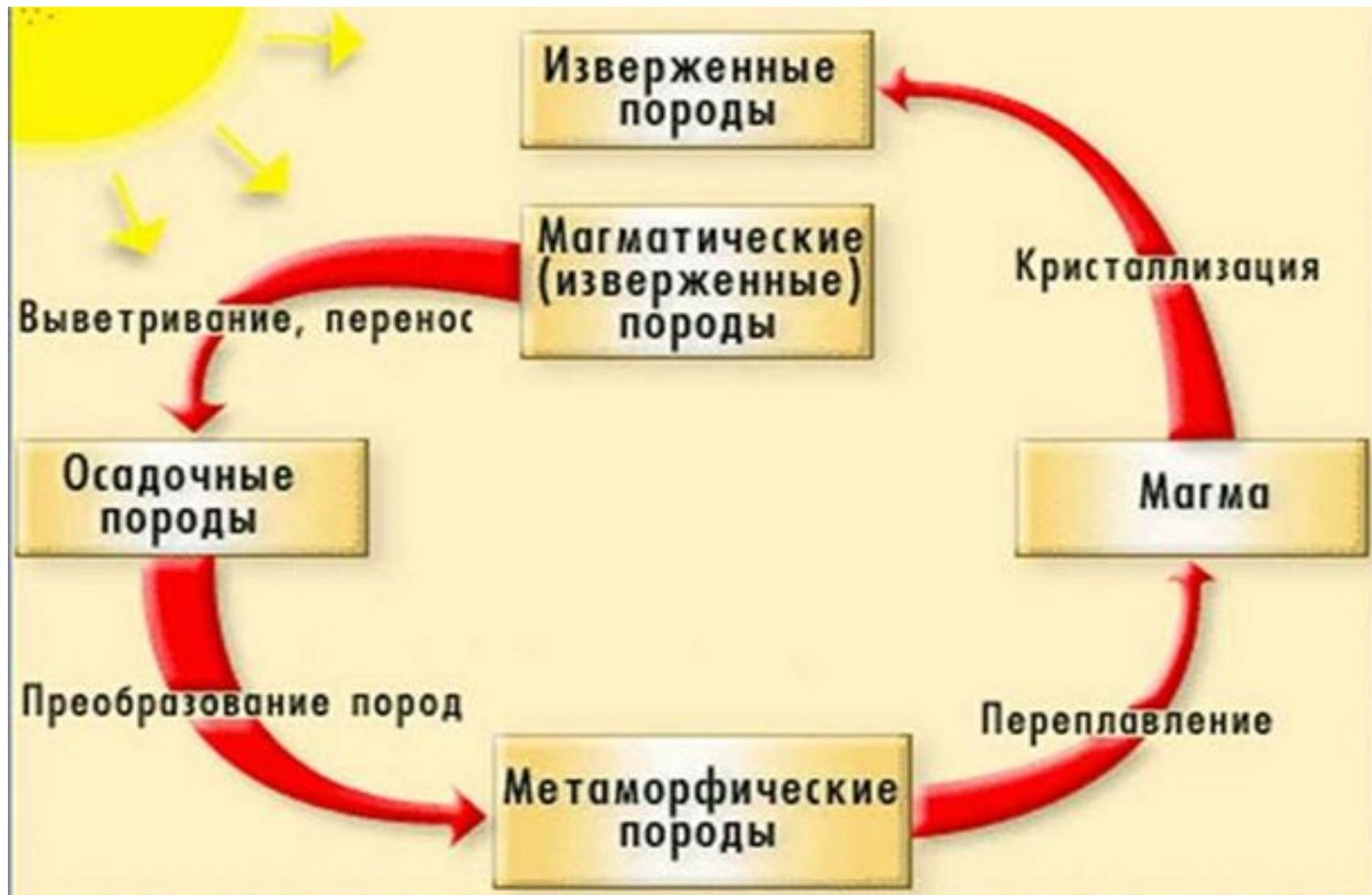
Геологический круговорот – круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

Эндогенные процессы происходят под влиянием внутренней энергии Земли (энергия, выделяющаяся в результате радиоактивного распада, кристаллизации горных пород и т.д.).

Экзогенные процессы протекают под влиянием внешней энергии Солнца.

Большой геологический круговорот элементов складывается из процессов:

- континентального выветривания горных пород, в результате которого образуются подвижные соединения;
- переноса этих соединений с континентов в моря и океаны;
- отложения на дне морей и океанов с последующим метаморфозом;
- нового выхода морских осадочных и метаморфических пород на дневную поверхность.



Большой (геологический) круговорот веществ

Биологический (биогеохимический) круговорот

Биологический ***(биогеохимический)***
круговорот – круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов.

В отличие от большого геологического малый биогеохимический круговорот веществ совершается в пределах биосферы.

Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез.

В биогеохимических круговоротах различают две части:

1 – **резервный фонд** – часть вещества, не связанная с живыми организмами;

2 – **обменный фонд** – значительно меньшая часть вещества, которая связана прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением.

Два типа биогеохимических круговоротов:

1 – **круговороты газового типа** с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере (круговороты углерода, кислорода, азота);

2 – **круговороты осадочного типа** с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.).

Круговороты газового типа более совершенны, так как обладают большим обменным фондом, а значит способны к быстрой саморегуляции.

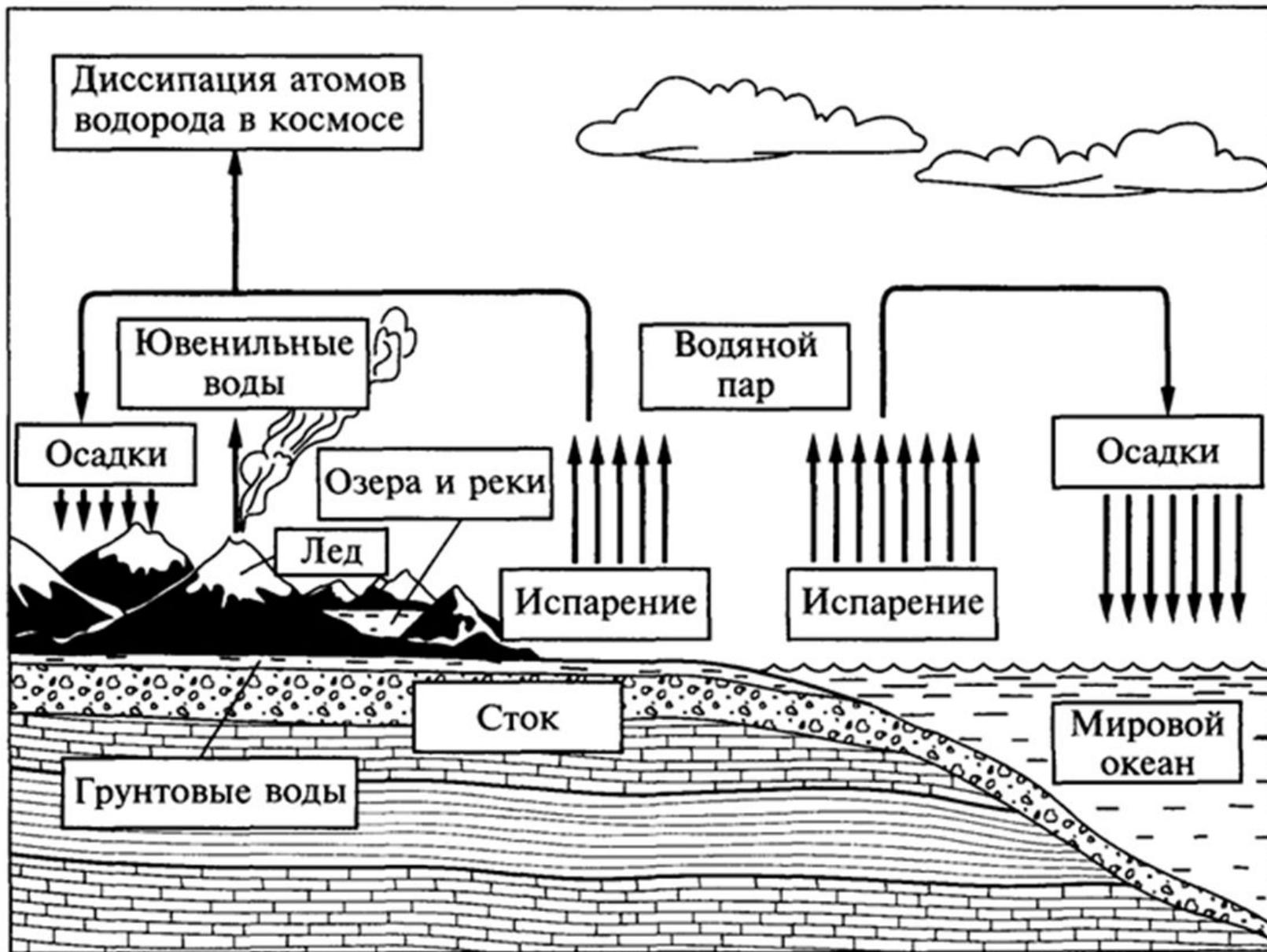
С появлением человека возник антропогенный круговорот, или обмен веществ.

Антропогенный круговорот (обмен) – круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека.

Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к *истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды* – основным причинам всех экологических проблем человечества.

Круговороты основных биогенных веществ и элементов

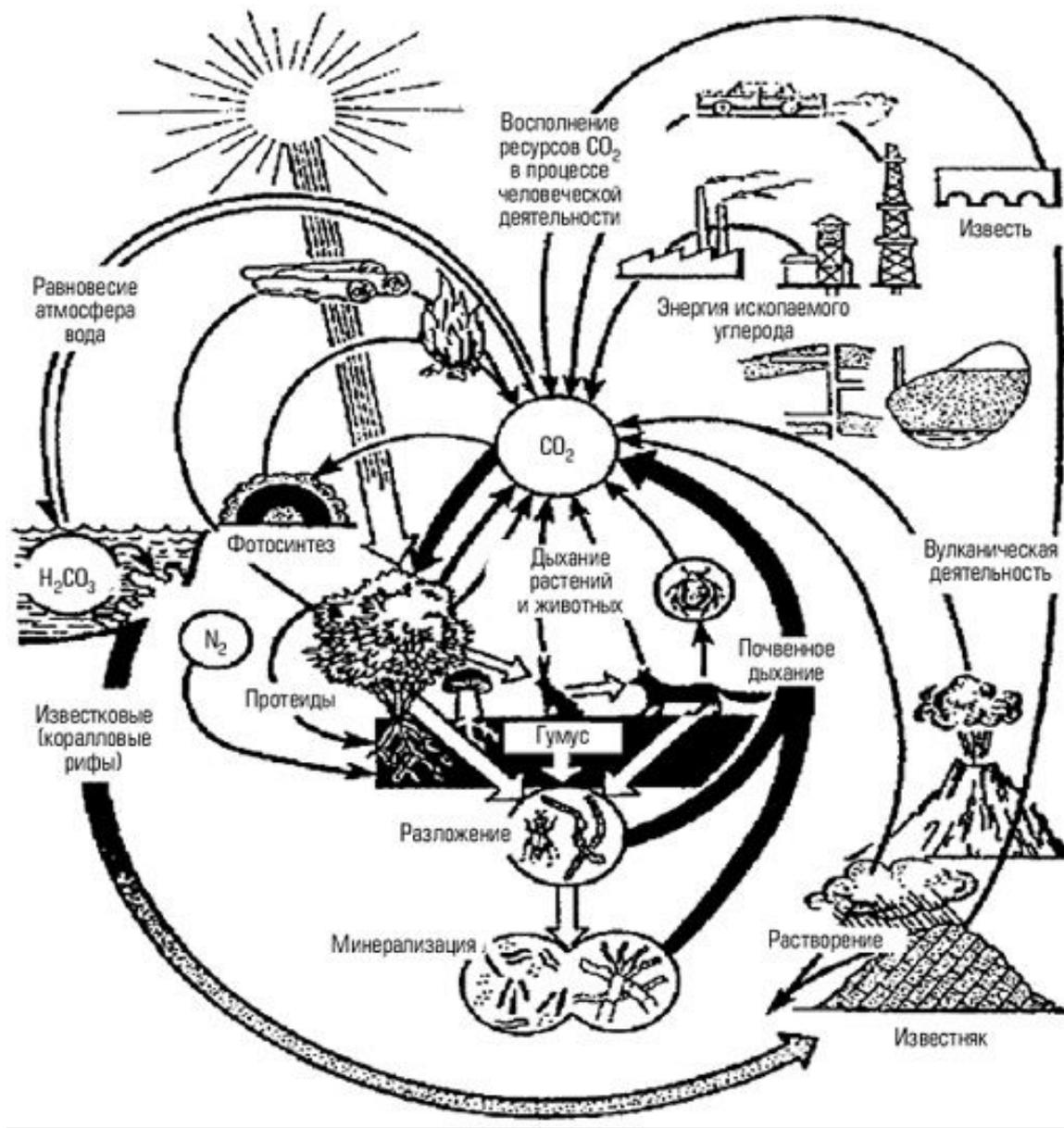
Круговорот воды между сушей и океаном через атмосферу относится к большому геологическому круговороту. Вода испаряется с поверхности Мирового океана и либо переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, либо выпадает в виде осадков на поверхность океана. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн лет.



Круговорот воды в биосфере (Пенмэн, 1972)

Круговорот углерода

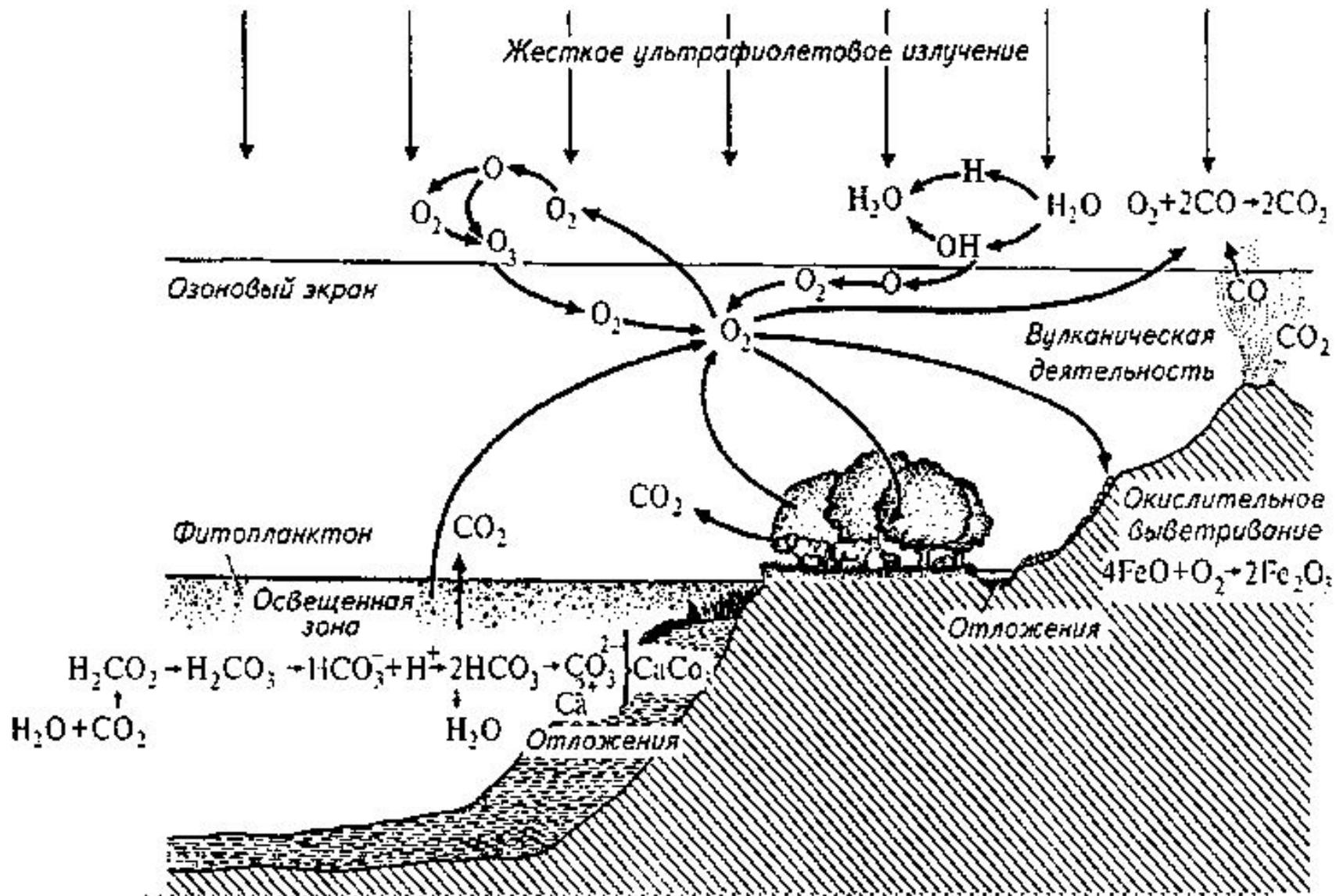
Биотический круговорот углерода в наземных экосистемах начинается с фиксации углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза. Из углекислого газа и воды образуются углеводы и высвобождается кислород. При этом углерод частично выделяется во время дыхания растений в составе углекислого газа. Фиксированный растениями углерод потребляется животными как составная часть пищи в процессе питания и выделяется при дыхании в составе углекислого газа. Отжившие животные и растения разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и вновь попадает в атмосферу,



Круговорот углерода в биосфере (Дювиньо, Танг, 1968)

Круговорот кислорода

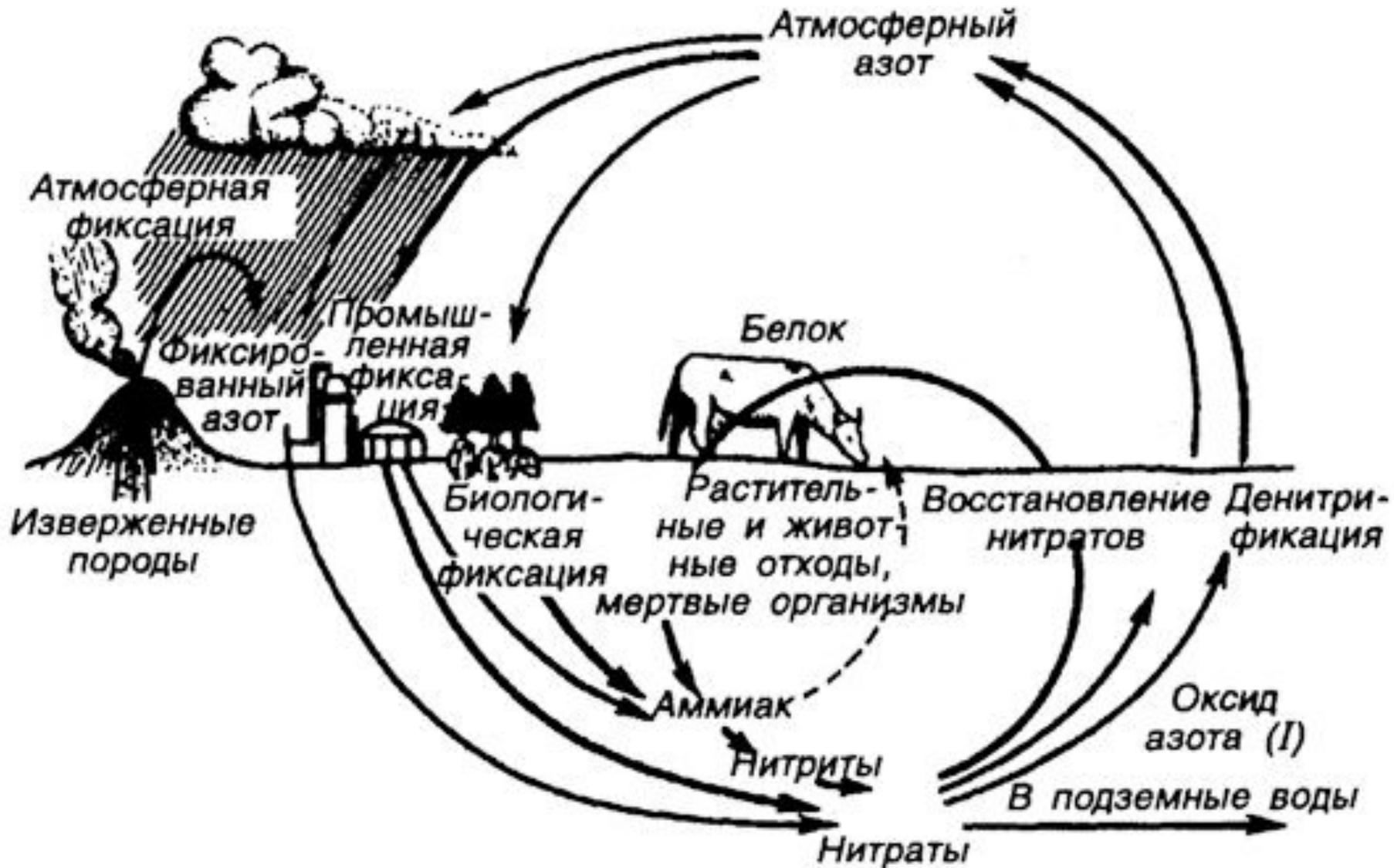
Главным образом круговорот кислорода происходит между атмосферой и живыми организмами. В основном свободный кислород (O_2) поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания организмами и при минерализации органических остатков. Незначительное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов и т.д. Скорость круговорота около 2 тыс. лет.



Круговорот кислорода в биосфере
(Клауд, Джибор, 1972)

Круговорот азота

Запас азота в атмосфере огромен (78 %), однако растения поглощать свободный азот не могут, а только в связанной форме, в основном в виде NH_4^+ и NO_3^- . Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В растениях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеиновых кислотах и пр.) и передается по цепям питания. После отмирания живых организмов редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитриты, нитраты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу.



Круговорот азота в биосфере (Делвич, 1972)

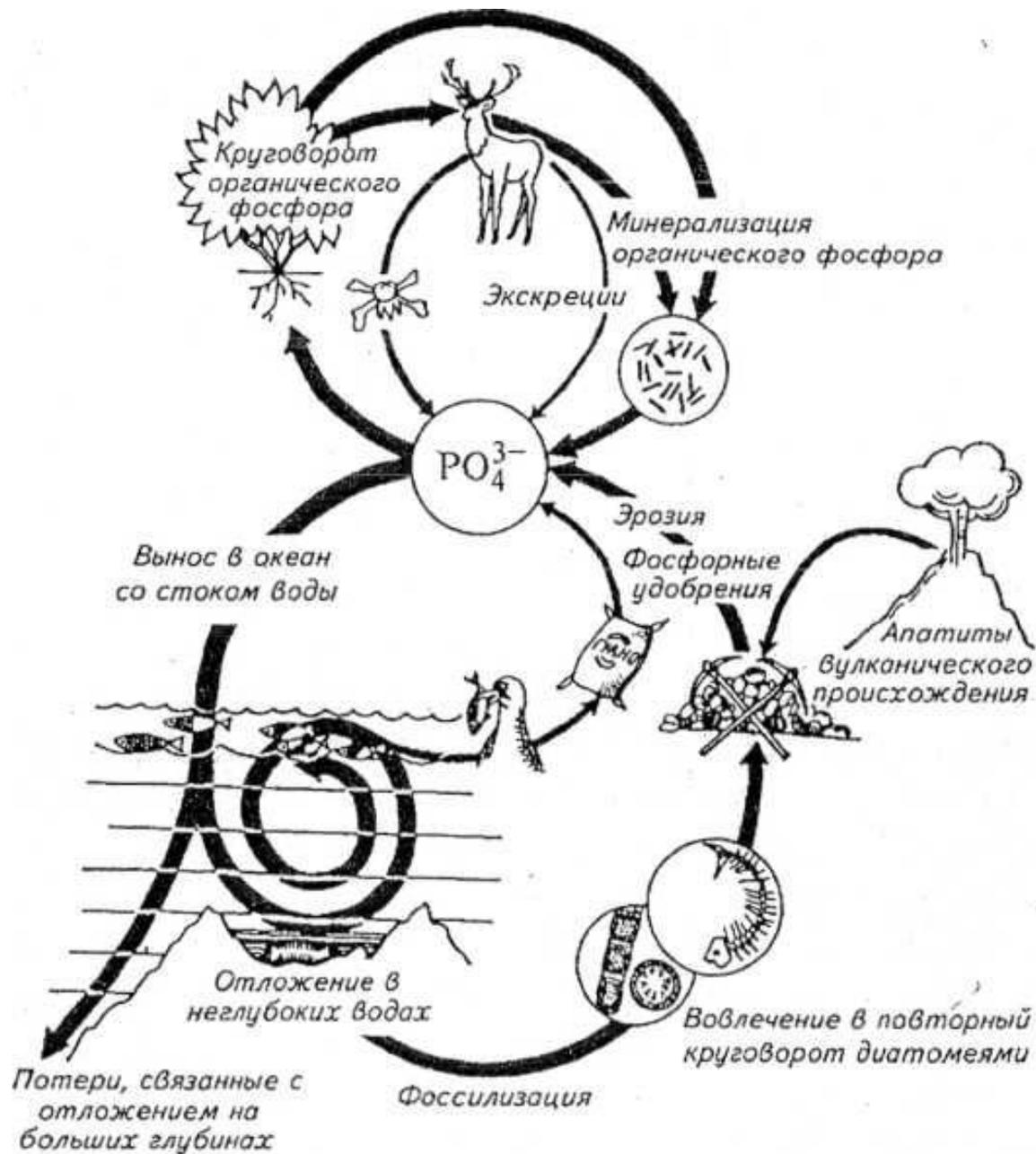
Нитраты и нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям.

Если их количество излишне велико, что часто наблюдается при неправильном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, и вызывает заболевания человека.

Круговорот фосфора

Основная масса фосфора содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот фосфор включается в результате процессов выветривания горных пород.

В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почвы (в основном в форме PO_4^{3-}) и включают его в состав органических соединений (белков, фосфолипидов и др.) или оставляют в неорганической форме. Далее фосфор передается по цепям питания. После отмирания живых организмов и с их выделениями фосфор возвращается в почву.



Круговорот фосфора в биосфере (Дювиньо, Танг, 1968)

В водных экосистемах фосфор усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до морских птиц. Их экскременты (гуано) либо сразу попадают назад в море, либо сначала накапливаются на берегу, а затем все равно смываются в море. Из отмирающих морских животных, особенно рыб, фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин, и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы, то есть выключается из биогеохимического круговорота.

При неправильном применении фосфорных удобрений, водной и ветровой эрозии почв большие количества фосфора удаляются из почвы. С одной стороны, это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд (фосфоритов, апатитов и др.). С другой стороны, поступление из почвы в водоемы больших количеств таких биогенных элементов, как фосфор, азот, сера и др., вызывает бурное развитие сине-зеленых водорослей и других водных растений («цветение» воды) и эвтрофикацию водоемов. Но большая часть фосфора уносится в море.

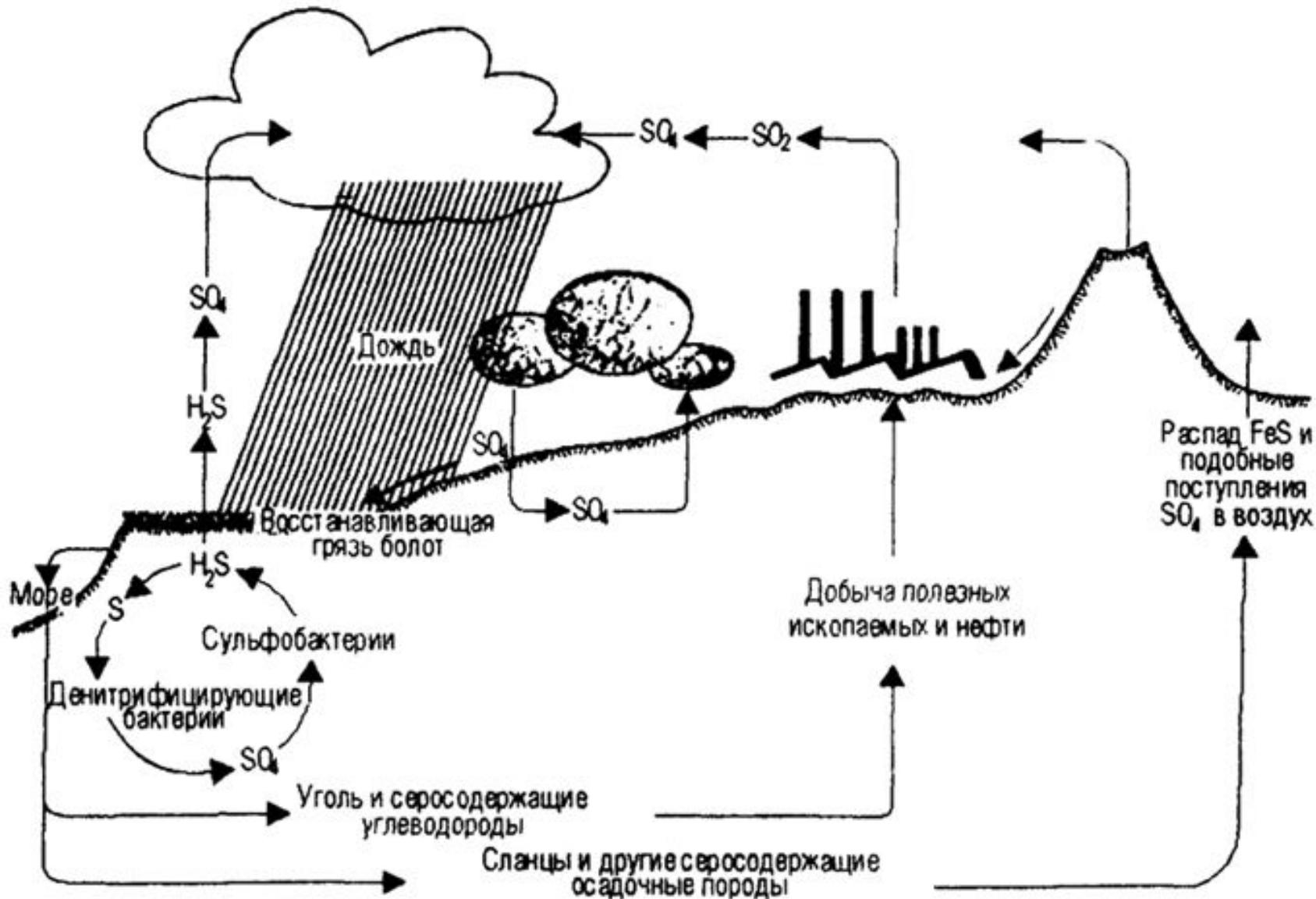
Круговорот серы

Основной резервный фонд серы находится в отложениях и в почве, но имеется резервный фонд и в атмосфере. Главная роль в вовлечении серы в биогеохимический круговорот принадлежит микроорганизмам. Одни из них восстановители, другие – окислители.

В горных породах сера встречается в виде сульфидов (FeS_2 и др.), в растворах – в форме иона (SO_4^{2-}), в газообразной фазе в виде сероводорода (H_2S) или сернистого газа (SO_2).

По содержанию в морской воде сульфат-ион занимает второе место после хлора и является основной доступной формой серы, которая потребляется автотрофами и включается в состав белков.

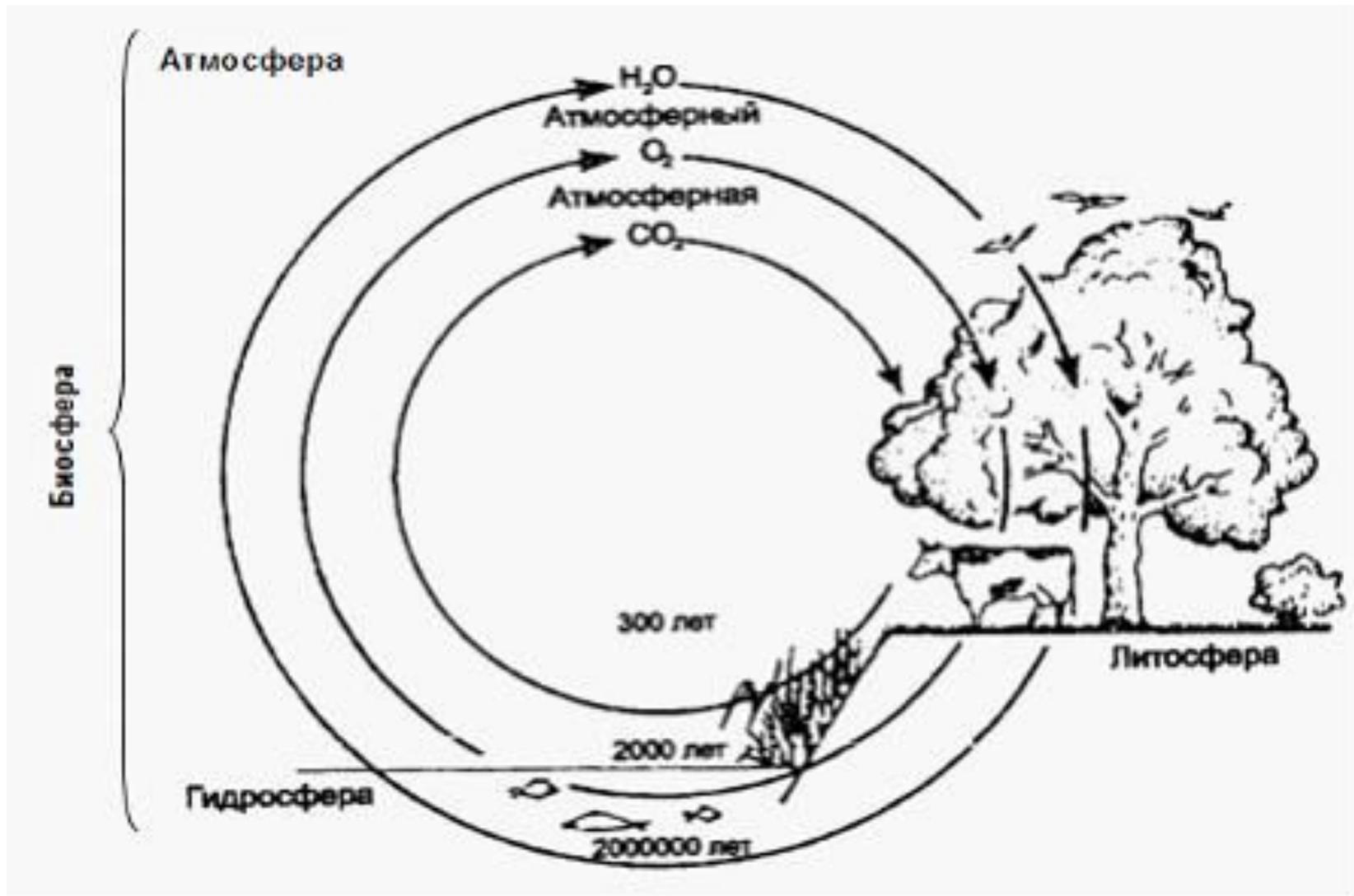
В наземных экосистемах сера поступает в растения из почвы в основном в виде сульфатов. В живых организмах сера содержится в белках, в виде ионов и т.д. После гибели живых организмов часть серы восстанавливается в почве микроорганизмами до H_2S , другая часть окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Образовавшийся сероводород улетучивается в атмосферу, там окисляется и возвращается в почву с осадками.



Круговорот серы в биосфере (Рамад, 1981)

Сжигание человеком ископаемого топлива (особенно угля), а также выбросы химической промышленности, приводят к накоплению в атмосфере сернистого газа (SO_2), который реагируя с парами воды, выпадает на землю в виде кислотных дождей.

Круговороты различных элементов имеют разную скорость (см. рисунок). Например, весь кислород атмосферы проходит через живое вещество (связывается при дыхании и высвобождается при фотосинтезе) за 2000 лет. Вся вода на Земле разлагается и воссоздается путем фотосинтеза и дыхания за 2 000 000 лет. Атмосферный углекислый газ обновляется более быстро – за 300 лет.



Круговороты воды, кислорода и углекислого газа
(по П. Клауду и А. Джибору, 1972)

Биогеохимические циклы не столь масштабны как геологические и в значительной степени подвержены влиянию человека.

Хозяйственная деятельность нарушает их замкнутость, они становятся ациклическими.