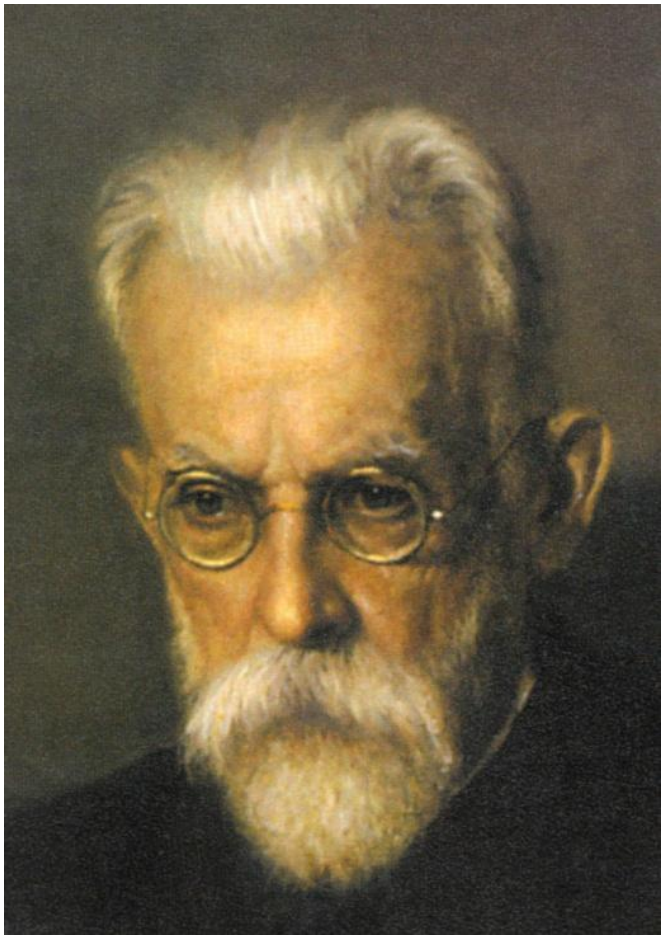
Введение в курс «Техногенные системы и экологический риск»

Экологические понятия

- **Экология** – наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой;
- **Биосфера** – совокупность всех живых организмов;
- **Окружающая среда** – среда обитания и деятельности человечества; окружающая среда включает природную среду и искусственную (техногенную);
- **Экосистема** - биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (**биоценоз**), среды их обитания (**биотоп**) и системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними;
- **Биоценоз** – совокупность живых организмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство и связанных между собой и окружающей средой (совокупность фитоценоза, зооценоза и микробиоценоза, населяющих биотоп);
- **Биотоп** – относительно однородный по абиотическим факторам среды участок геопространства, занятый определенным биоценозом;
- **Техносфера** – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических и техногенных объектов (здания, дороги, механизмы, предприятия и т.п.) в целях наилучшего соответствия социально-экономическим потребностям человечества.

Ноосфера - сфера разума; сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития (эта сфера обозначается также терминами «антропосфера» и «биотехносфера»).



Владимир Иванович Вернадский, *«в биосфере существует великая геологическая, быть может, космическая сила, планетное действие которой обычно не принимается во внимание в представлениях о космосе… Эта сила есть разум человека, устремленная и организованная воля его как существа общественного»*

Концепция экологической безопасности

Основана на допущении, что безопасность человека, общества и природы задает допустимое технологическое пространство, характеризуемое определенным уровнем воздействия, а не наоборот. Не нужды экономики и техники приоритетны, приоритетны вопросы устойчивого развития общества.

Вместе с тем следует учитывать невозможность достижения «нулевого риска».

Подобная трактовка проблемы требует системного подхода, учета инженерных, экономических, социальных и экологических факторов.

Системный подход к вопросу об экологической безопасности вызывает необходимость рассмотрения ОС как системы, которая функционирует по своим законам, имеет свои защитные механизмы, обеспечивающие ее устойчивость.

ОС неоднородна и подразделяется по своим функциям на:

- продуктивную среду жизнеобеспечения - обеспечение продуктами питания и иными материальными ресурсами;
- протективную среду жизнеобеспечения – защитная роль буферов в круговороте вещества;
- среду переработки отходов - роль ассимиляторов большинства отходов;
- городскую и промышленную среду с гетеротрофными небиологическими системами промышленно-городского типа.

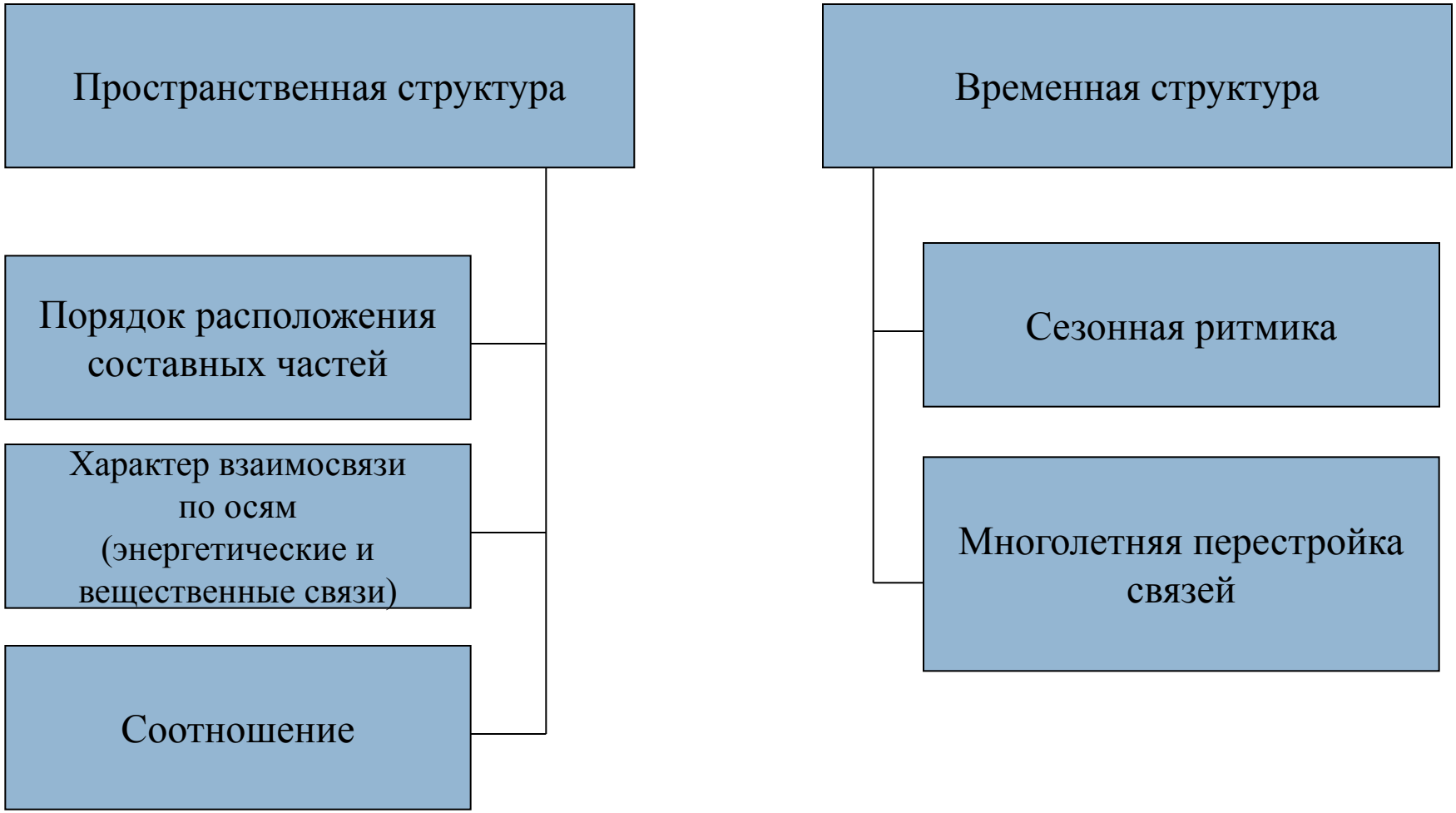
Три стадии эколого-экономического развития общества

1. «Фронтальной экономики»;
2. Экономического развития с учетом охраны природы;
3. Устойчивого развития с учетом экологических ограничений.

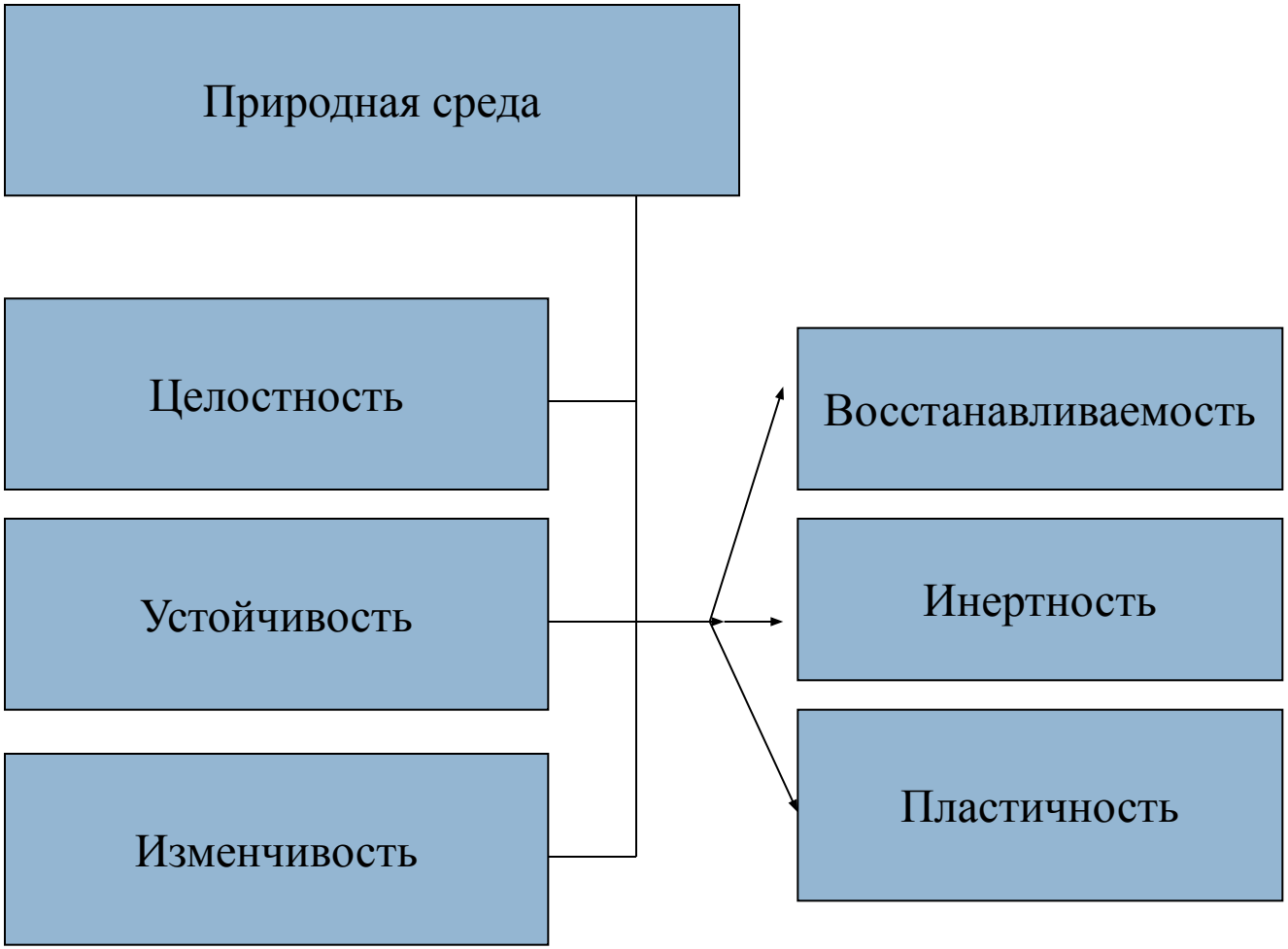
Каждой стадии соответствует свой принцип природопользования:

- экономический;
- эколого-экономический;
- социоэкологический.

Природная среда



Природная среда



Основные системные компоненты природной среды

Структура атмосферы, изменение химического состава и изменение температурных режимов:

Структуру атмосферы, изменение химического состава и изменение температурных режимов рассмотрим на следующей схеме:

ионосфера	100 км – термосфера	↑ 1000 -1500° К	кислород, азот, гелий, УФ
	мезопауза 80 км – мезосфера	↓ 190 К (-83° С)	↓ $[O_3]$ $[H_2O]$
	стратопауза 60 км – стратосфера 35 км – озоновый слой	↑ до 273 К (0° С)	Выделение тепла $[O_3]$ + УФ
	тропопауза 20 км тропосфера (50% массы) – 5-6 км	220 К (-53° С) ↓ примерно на 6° С на км	велика $[H_2O]$

Эволюция химического состава атмосферы

Анаэробная восстановительная атмосфера	Аэробная окислительная атмосфера
H_2 , H_2O, CH_4, CO_x , H_2S, Cl_2, SO_2, SO, HCl Растворение углекислого газа в воде и диссоциация водорода и гелия	2,4 млрд. лет назад (около 1% кислорода) и 0,6 млрд. лет назад (около 19-20% кислорода)

Химический состав атмосферы.

Постоянные компоненты:

N_2 (~ 78%);
O_2 (20,95 ~ 21%);
Ar (0,93%);
Ne (0,01%); и другие инертные газы (He, Hr, Xe)

Переменные компоненты:

CO_2 (0,02%);
H_2O (0.16%);
CH_4 ($1{,}6 \cdot 10^{-4}$%); O_3 (10^{-5} %)

Случайные компоненты:

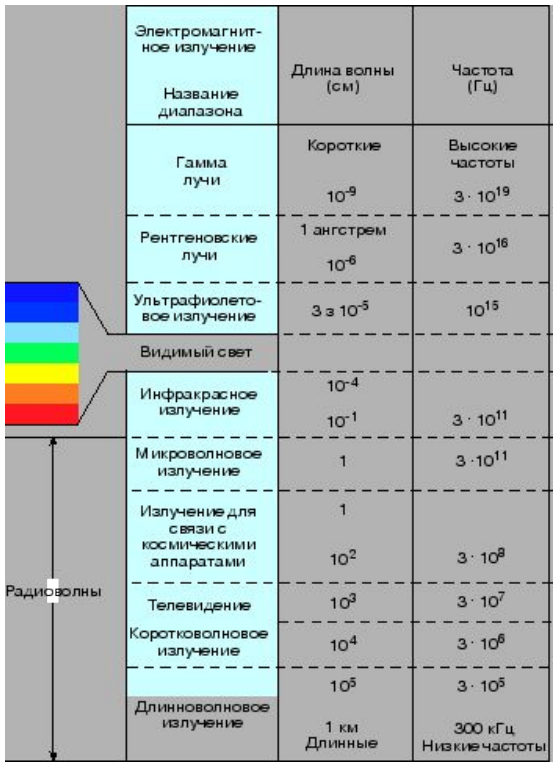
(это относится к приземным слоям атмосферы, прежде всего к воздуху крупных промышленных городов):

Различные газы:

1. Хвостовые – стадия производственного процесса (дымовые при сжигании топлива);
2. Абгазы – выбрасывание на промежуточных стадиях процесса;
3. Газы аспирационных систем – газы из местной вентиляции;
4. Вентиляционный воздух – пары или капли жидкостей;
5. Твердые примеси (пыль, дым, и др.);
6. Микроорганизмы, пыльца растений.

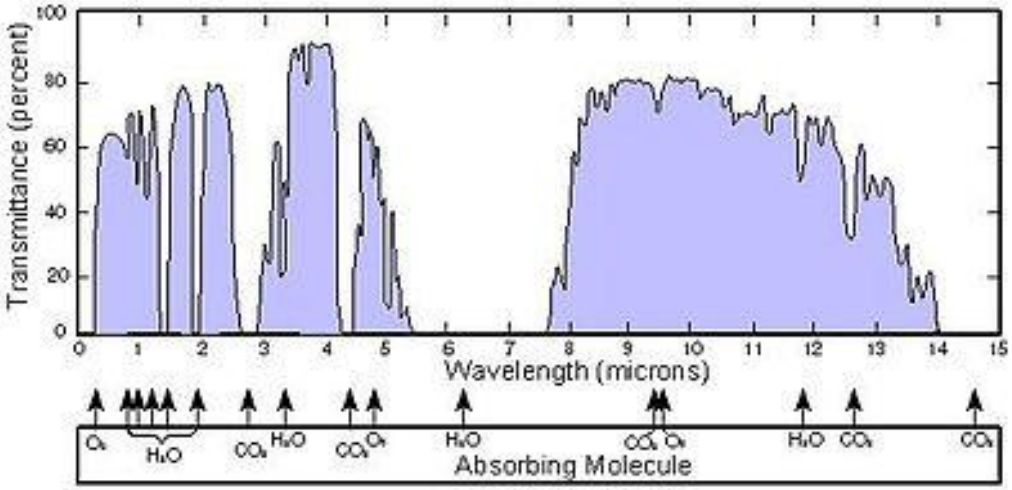
Парниковые газы

Газы с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и высоким поглощением в инфракрасном диапазоне

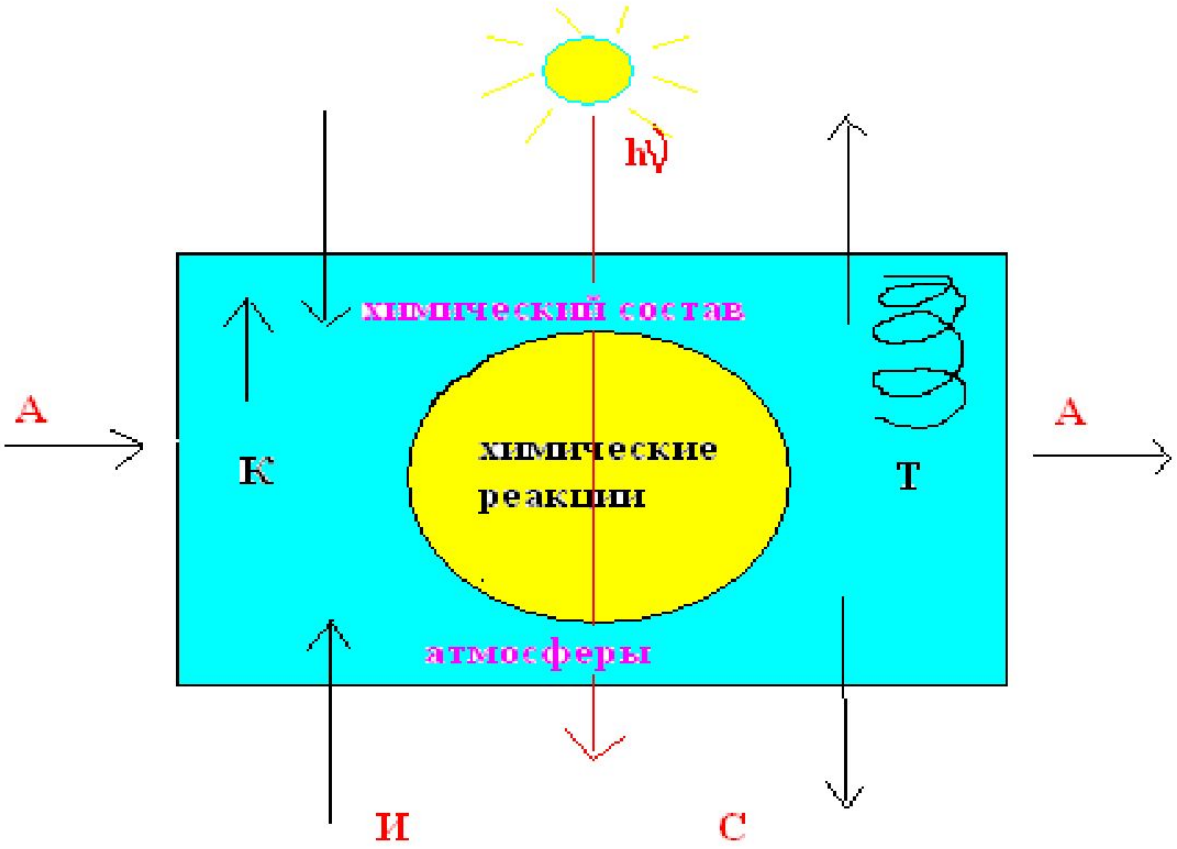


Электромагнитное излучение Название диапазона	Длина волны (см)	Частота (Гц)
Гамма лучи	Короткие 10^{-9}	Высокие частоты $3 \cdot 10^{19}$
Рентгеновские лучи	1 ангстрем 10^{-6}	$3 \cdot 10^{16}$
Ультрафиолетовое излучение	3 з 10^{-5}	10^{15}
Видимый свет		
Инфракрасное излучение	10^{-4} 10^{-1}	$3 \cdot 10^{11}$
Микроволновое излучение	1	$3 \cdot 10^{11}$
Излучение для связи с космическими аппаратами	1 10^{2}	$3 \cdot 10^{8}$
Телевидение	10^{3}	$3 \cdot 10^{7}$
Коротковолновое излучение	10^{4}	$3 \cdot 10^{6}$
Длинноволновое излучение	10^{5} 1 км Длинные	$3 \cdot 10^{5}$ 300 кГц Низкие частоты

Радиоволны



Атмосфера Земли как химический реактор



Структура вод Мирового океана

Средняя глубина Мирового океана около 4 км.

В **структуре Мирового океана** по физическим, химическим и биологическим характеристикам выделяются:

- - поверхностные воды - до глубины 150-200 м;
- - подповерхностные воды - от 150-200 до 400-500 м;
- - промежуточные воды - от 400-500 до 1000-1500 м;
- - глубинные воды - от 1000-1500 до 2500-3000 м;
- - придонные воды - более 3000 м.

Дно Мирового океана на следующие основные элементы:

- подводную окраину материка, состоящую из материковой отмели, материкового склона и материкового подножия;
- переходную зону, состоящую обычно из котловины окраинного глубоководного моря, островной дуги и глубоководного желоба;
- ложе океана, представляющее собой комплекс океанических котловин и поднятий;
- срединно-океанические хребты.

Сечение водных масс вертикальной плоскостью

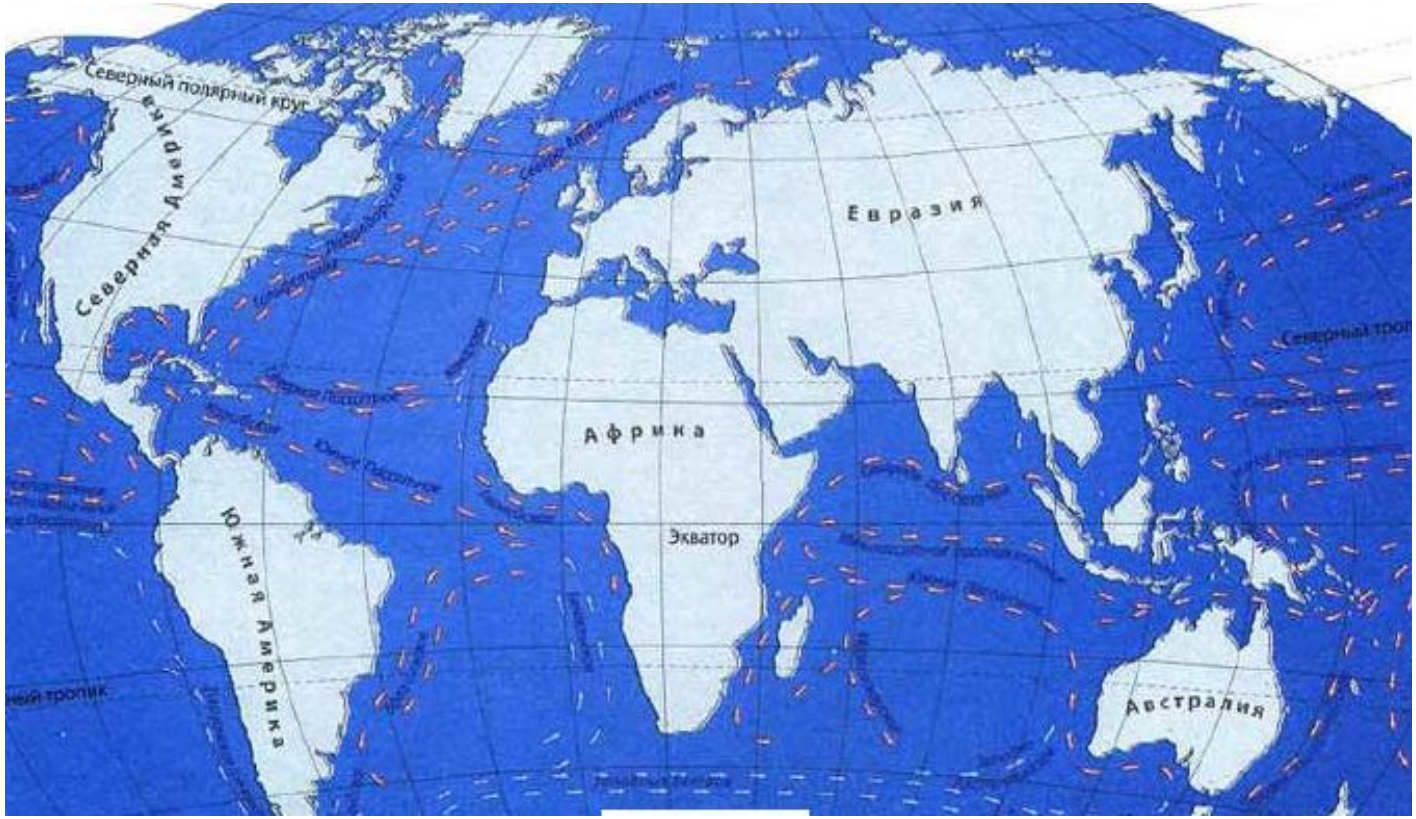
Поверхностная пленка глубиной до 50-500мкм

Основная водная масса

- Поверхностные водные массы
- Промежуточные водные массы
- Придонные водные массы

Осадок

Океанические течение



Океанические течение

Океанические, или морские, течения - это поступательное движение водных масс в океанах и морях, вызванное различными силами.

Причины формирования:

- ветер;
- неодинаковая солёности отдельных частей океана или моря;
- разность уровней воды;
- неравномерного нагрева разных участков акваторий.

В толще океана существуют вихри, созданные неровностями дна, их размер нередко достигает 100—300 км в диаметре, они захватывают слои воды в сотни метров толщиной.

Классификация:

1. **По времени**

   а) постоянные (если факторы, вызывающие течения, постоянны,)

   б) кратковременные (если они носят эпизодический характер).

2. По преобладающему направлению течения делятся на :

а)меридиональные, несущие свои воды на север или на юг,

б)зональные, распространяющиеся широтно.

3. По температуре:

а) теплые (температура воды в которых выше средней температуры для тех же широт) ,

б) холодные (- ниже)

в) нейтральные (имеющие ту же температуру, что и окружающие его воды).

Главные океанические течение

Самое мощное течение Мирового океана - холодное течение Западных Ветров, называемое также Антарктическим циркумполярным (от лат. cirkum - вокруг).

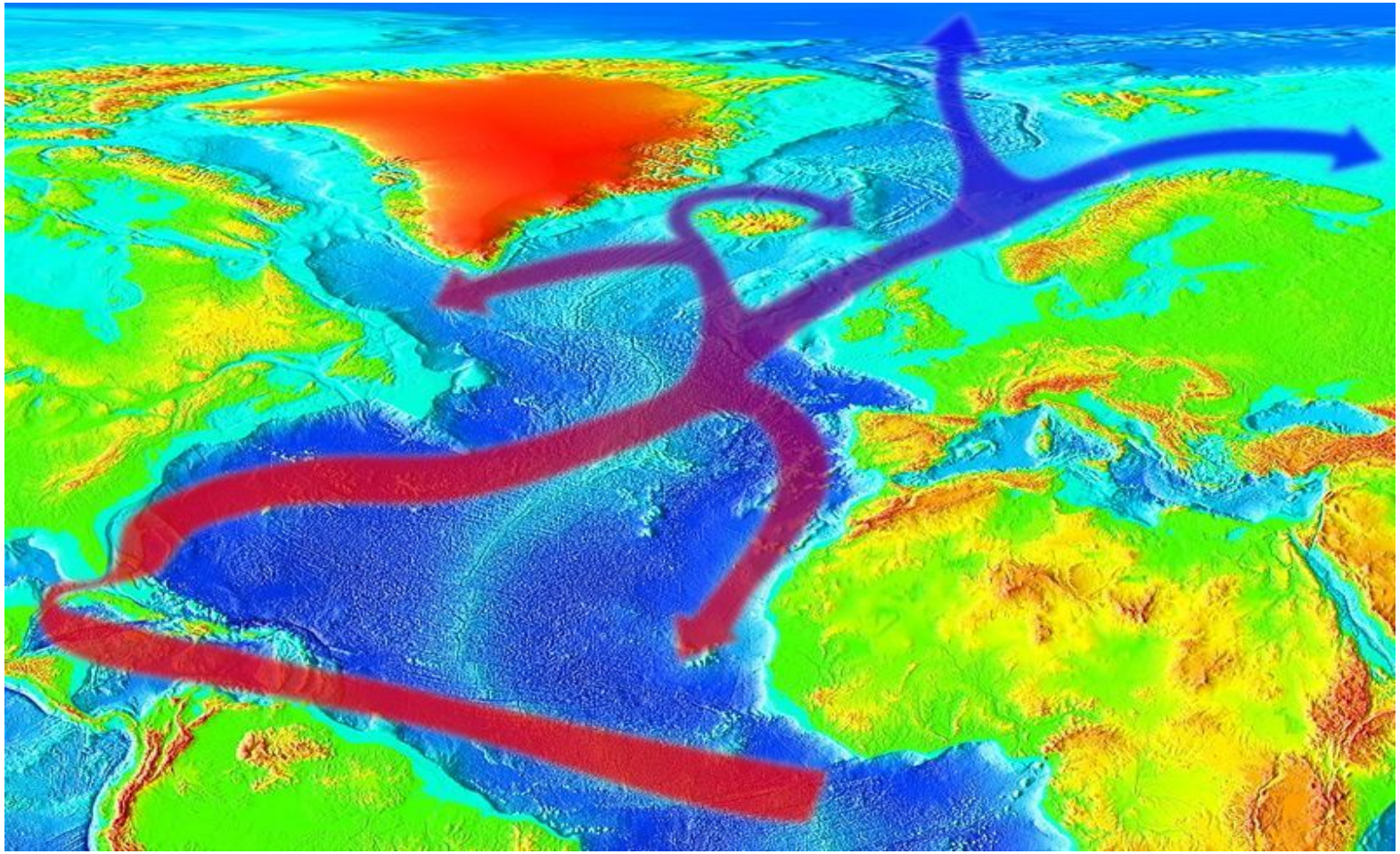
Охватывает зону шириной 2500 км, распространяется на глубину более 1 км и переносит каждую секунду до 200 млн. тонн воды.

Гольфстрим - одно из крупнейших тёплых течений Северного полушария.

Проходит через Мексиканский залив (англ. Gulf Stream - течение залива), во многом определяет климат Европы, делая его мягким и тёплым.

Каждую секунду Гольфстрим переносит 75 млн. тонн воды (для сравнения: Амазонка, самая полноводная река в мире, - 220 тыс. тонн воды).

Гольфстрим



Состав природных вод

зависит от химических и физико-химических процессов:

- растворение твёрдых веществ водой;
- образование осадков;
- поглощение газов;
- обмен ионов между твёрдым веществом и раствором;
- процессы гидролиза;
- комплексообразование;
- окислительно-восстановительные реакции (ОВР).

на формирование состава природных вод влияют и биохимические процессы:

- минерализация органических веществ;
- фотосинтез, определяющий состав растворённых газов;
- появление в природной воде органического вещества;
- биохимический распад неорганических соединений (например, сульфатов, нитритов и др.).

Этапы формирования природных вод

- **Первым этапом** является взаимодействие поверхностных вод с атмосферой.
- **Второй этап формирования** - это взаимодействия выпавших атмосферных осадков с почвенными покровами, при этом важную роль играет наличие растительности и её характер.
- **Третьим и основным этапом формирования** химического состава природных вод является их взаимодействие с минералами литосферы.

- Физическое выветривание;
- Химическое выветривание;
- Биологическое выветривание,

обычно происходят одновременно

Основные компоненты физико-химического состава природных вод.

Химические компоненты природных вод делятся на 5 групп:

- главные ионы;
- растворенные газы;
- органические вещества;
- микроэлементы;
- биологические вещества;

- 7 ионов: Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, и называются главными.

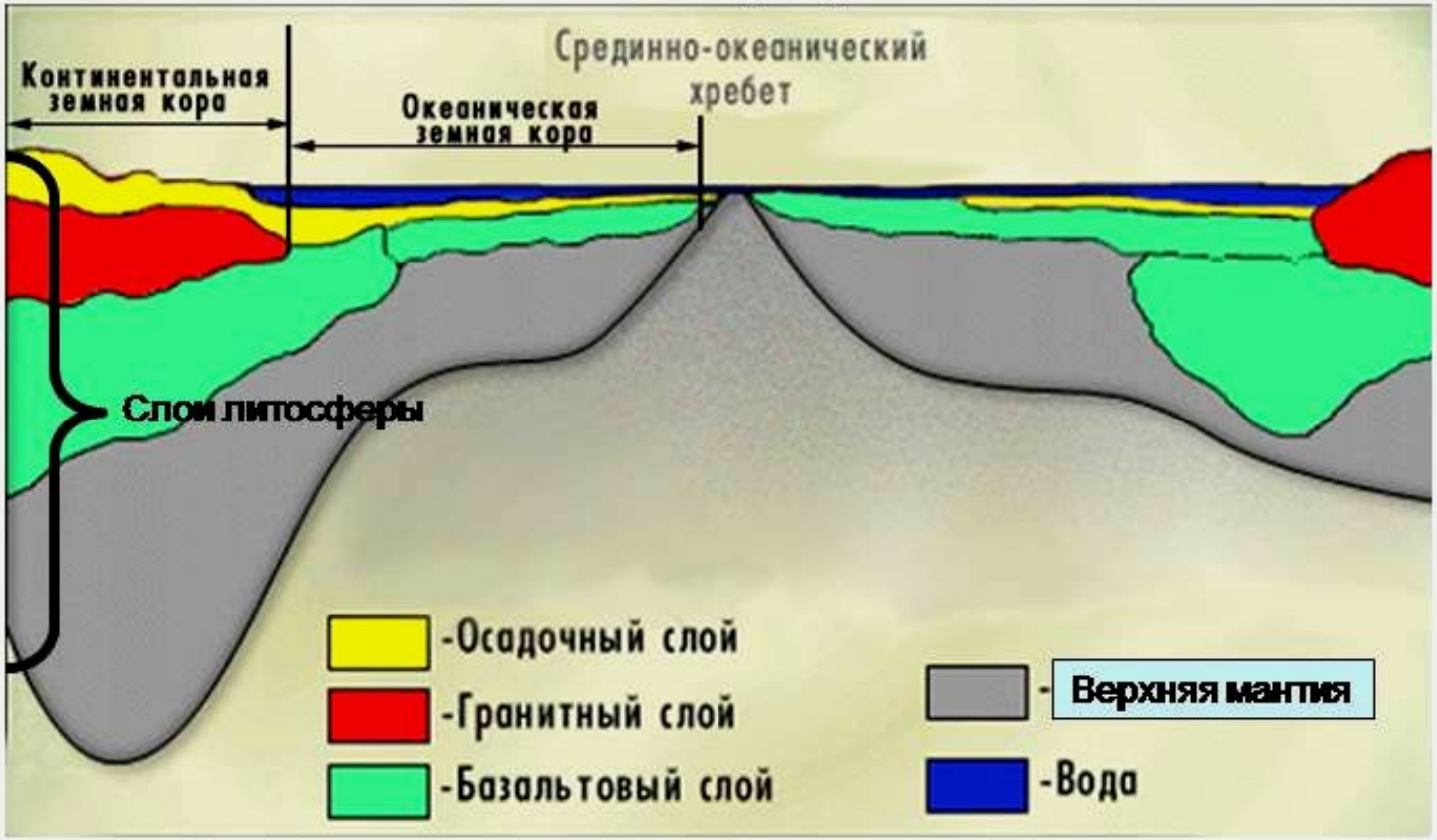
В соответствии с этим все природные воды принято подразделять на 3 класса:

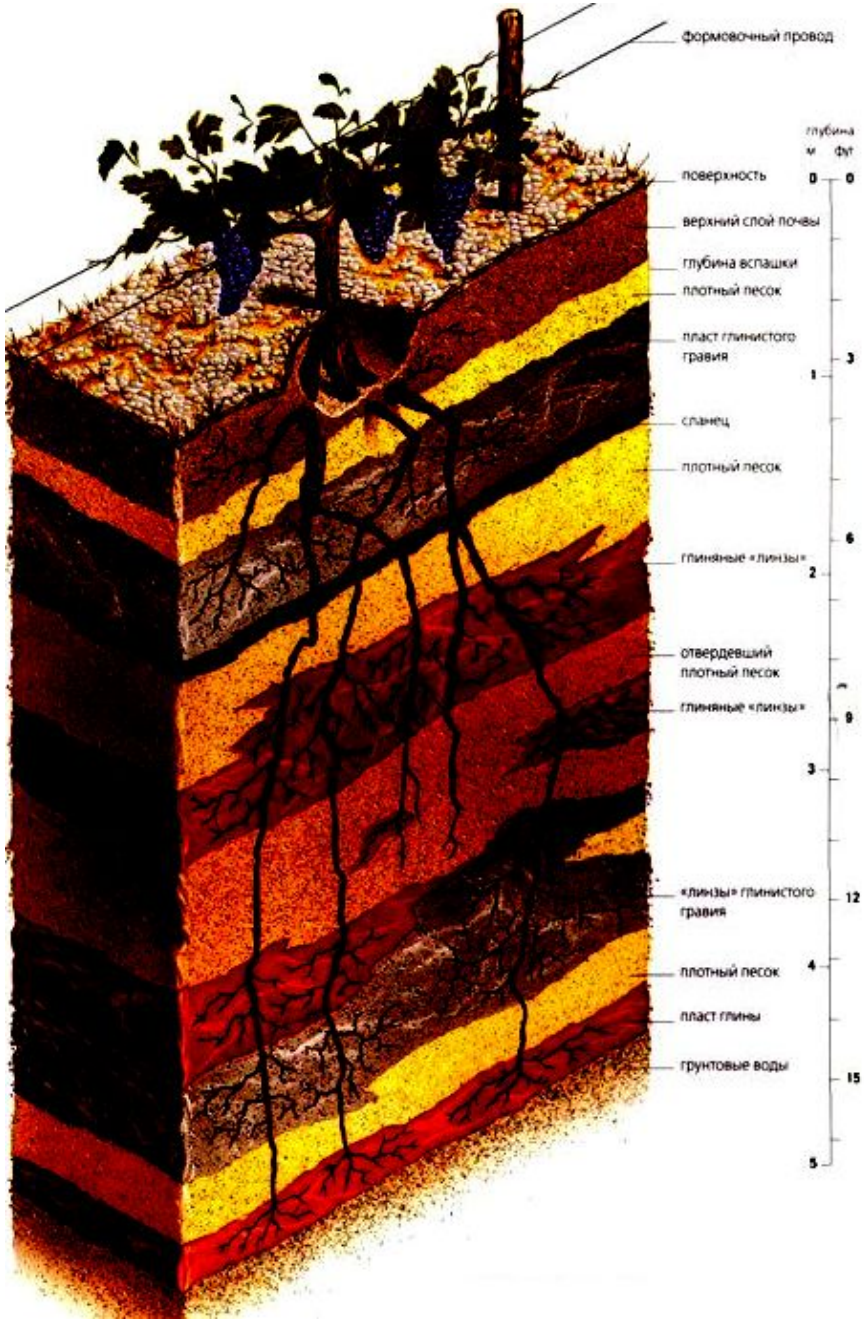
- - гидрокарбонатные (карбонатные);
- - сульфатные;
- - хлоридные.

В свою очередь каждый класс по преобладающему катиону подразделяется на 3 группы:

- - кальциевую;
- - магниевую;
- - натриевую.

Вертикальное строение литосферы




Формовочный провод
глубина
м фут
поверхность
0 0
верхний слой почвы
глубина вспашки
плотный песок
пласт глинистого гравия
3
1
сланец
плотный песок
6
глиняные «линзы»
2
отвердевший плотный песок
глиняные «линзы»
9
3
«линзы» глинистого гравия
12
4
плотный песок
пласт глины
грунтовые воды
15
5

Строение почвы

- **Живые организмы**
  - (содержат в основном элементы-органогены: **C, N, H, O, P, S)**

- **Неорганическая часть почвы:**

  - минеральные соединения (карбонаты, сульфаты, хлориды: SiO_2, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^-;
  - оксиды: до 80% состоят из воды)
  - макроэлементы: Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, C
  - микро- и ультра- микроэлементы: Ba, Sr, B, Rb, Cu, V, Mo и др.

- **Органическая часть почвы**
  - **Органические остатки:** не утратившие анатомического строения: корни, листья, их части и т.д.
  - **Гумус:** совокупность всех органических соединений, находящихся в почвах и не входящих в состав живых организмов или индивидуальные органо-минеральные или органические вещества

Гумус

- **Промежуточные продукты распада и гумификации:** продукты частичного гидролиза, окисления белков, углеводов и др.
- **Негуминовые вещества:** поступившие в почву из разлагающихся остатков: целлюлоза, лигнин, аминокислоты, моносахариды
- **Гуминовые вещества:** темноокрашенные, азотсодержащие ВМС
  - **Прогуминовые вещества**:
  - Гуминоподобные продукты, сходные с промежуточными продуктами распада
  - **Гумусовые кислоты и фульвокислоты:** Азотсодержащие ВМ оксикарбоновые кислоты с интенсивной темно-бурой или красно-бурой окраской ФК, обладающими меньшими размерами
- **Гумин** – неоднородная группа органических соединений, отличающихся от других групп нерастворимостью в кислых и щелочных растворах

Особенности почв (педосферы)

- Полихимизм;
- Гетерогенность;
- Органоминеральные взаимодействия;
- Динамичность процессов;
- Открытая термодинамическая система;
- Большая роль окислительно-восстановительных процессов (ОВП)

Роль биогеохимических циклов в биосфере

Круговорот веществ и превращение энергии основа существования биосферы

Под ***круговоротом*** веществ понимают повторяющийся процесс превращения и перемещения веществ в природе, имеющий выраженный циклический характер

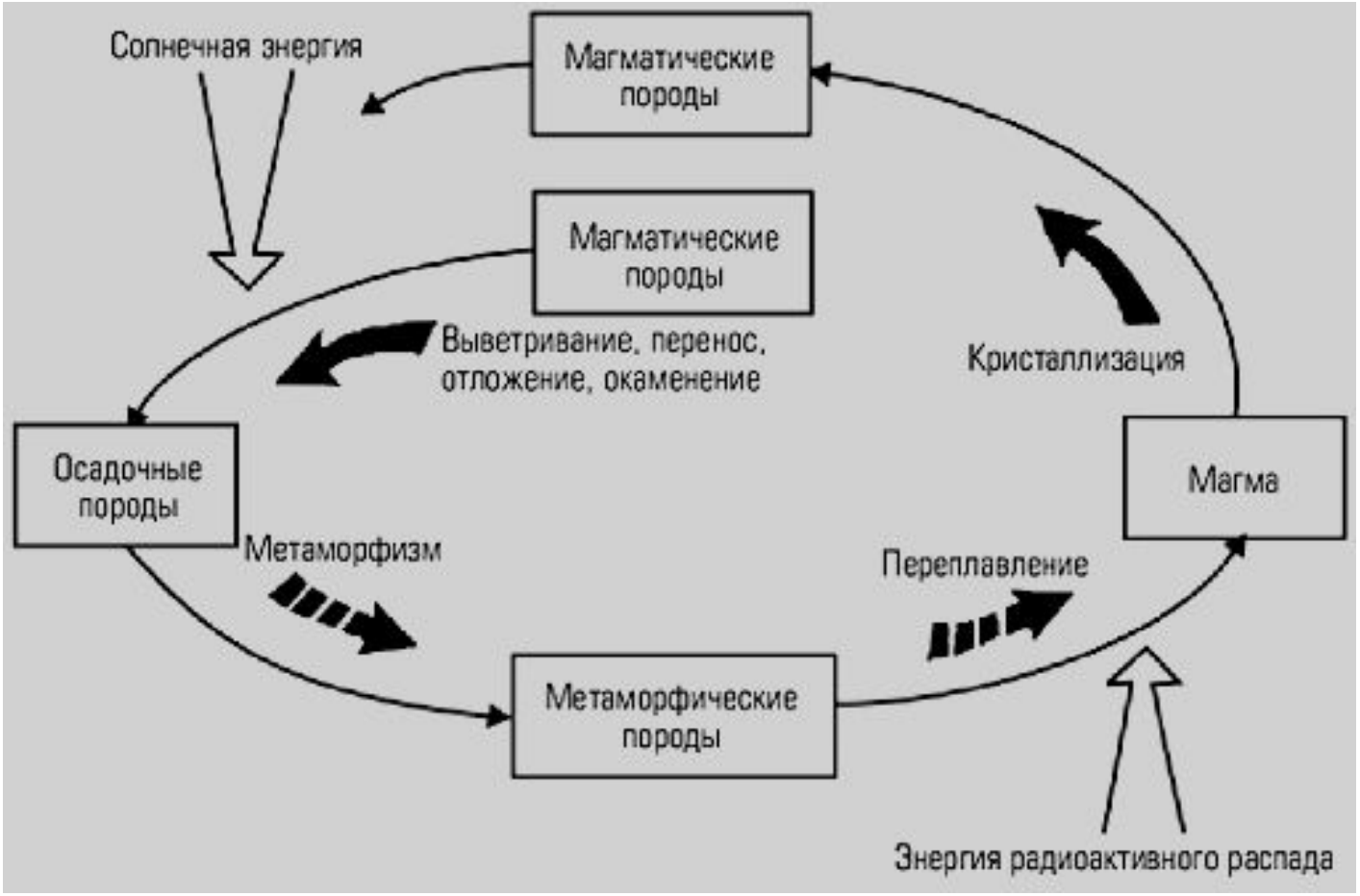
Непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере по более или менее замкнутым путям называется ***биогеохимическим циклом***.

Необходимость такой циркуляции объясняется ограниченностью их запасов на планете.

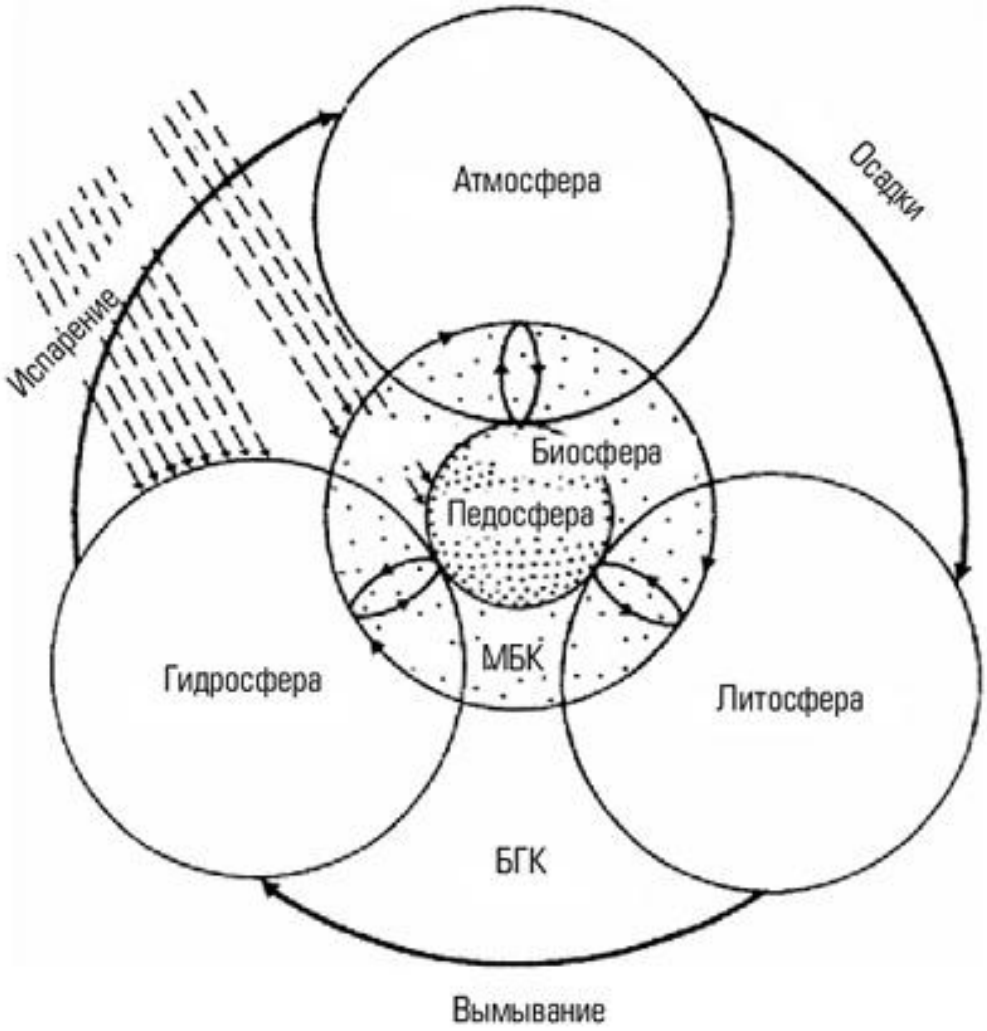
Основные биосферные круговороты

- Большой геологический круговорот;
- Круговорот воды;
- Круговорот углерода (цикл углерода);
- Круговорот кислорода (цикл кислорода);
- Круговорот азота (цикл азота);
- Круговорот серы (цикл серы);
- Круговорот фосфора (цикл фосфора).

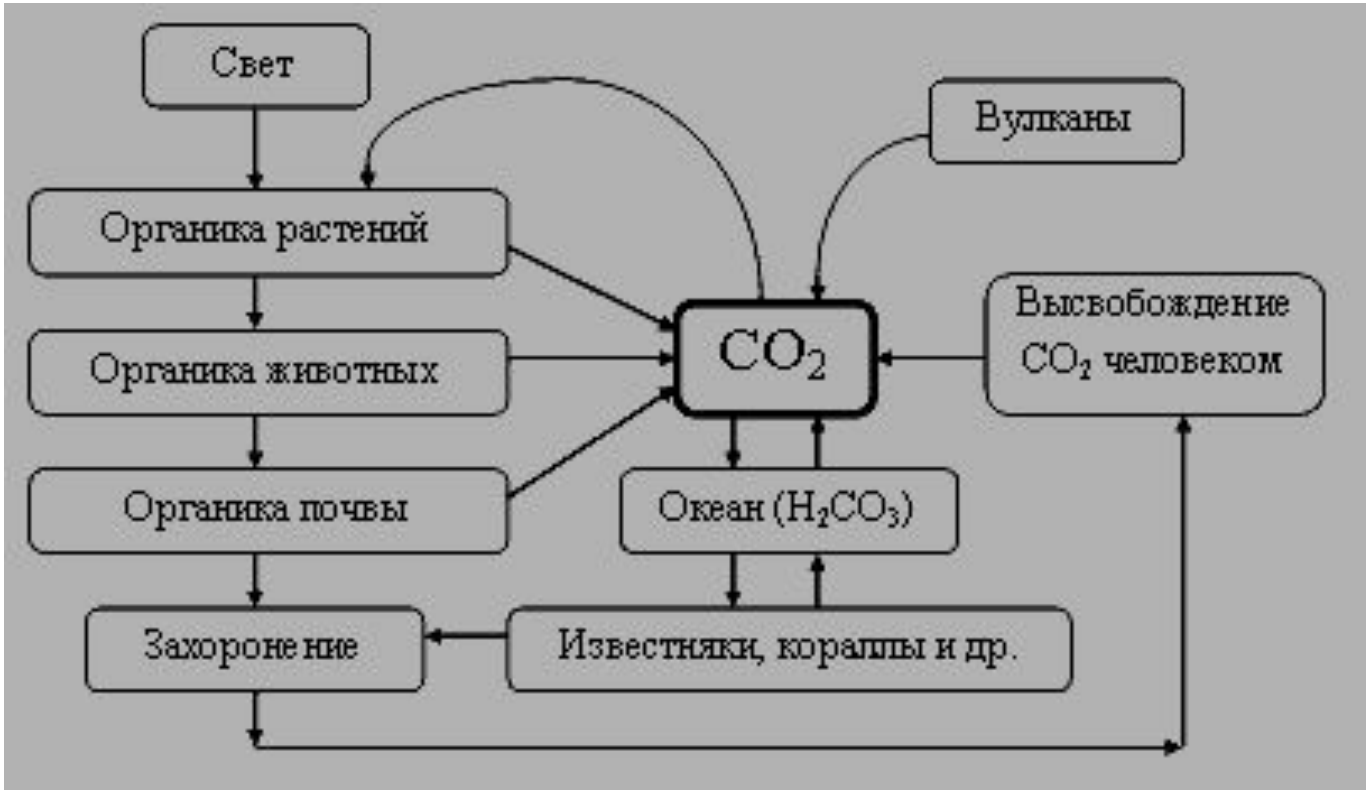
Большой геологический круговорот



Большой геологический круговорот воды (БГК) и малый биогеохимический круговорот (МБК)



Круговорот углерода



Оксигенный фотосинтез

$$6CO_2 + 6H_2O + h\nu \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

анаэробный	**аэробный**
Характерен для фотосинтезирующих бактерий. Фотосинтезирующим пигментом у них является бактериохлорофилл. Кислород не выделяется.	Характерен для всех оксифотобактерий и зеленых растений. Фотосинтез в растениях осуществляется в хлоропластах содержащих хлорофилл. Кислород выделяется.

Суммарную реакцию оксигенного фотосинтеза можно записать как:

$$CO_2 + H_2O + h\nu \rightarrow (CH_2O) + O_2,$$

где $h\nu$ — энергия солнечного света, а (CH_2O) - обобщенная формула органического вещества. Дыхание это обратный процесс, который можно записать как:

$$(CH_2O) + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O.$$

При этом будет высвобождаться необходимая для организмов энергия.

Аэробное дыхание возможно только при концентрации O_2 не меньше чем 0,01 от современного уровня (точка Пастера).

В анаэробных условиях органическое вещество разлагается путем брожения, а на завершающих стадиях этого процесса образуется метан.

Например, обобщенное уравнение метаногенеза через образование ацетата:

$$2(CH_2O) \rightarrow CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2.$$

Если комбинировать процесс фотосинтеза с последующим разложением органического вещества в анаэробных условиях, то суммарное уравнение будет иметь вид:

$$CO_2 + H_2O + h\nu \rightarrow 1/2\ CH_4 + 1/2\ CO_2 + O_2.$$

Именно такой путь разложения органического вещества, видимо, был основным в древней биосфере.

Главный компонент глобального биогеохимического цикла С - CO_2

Главное органическое соединение атмосферы - CH_4

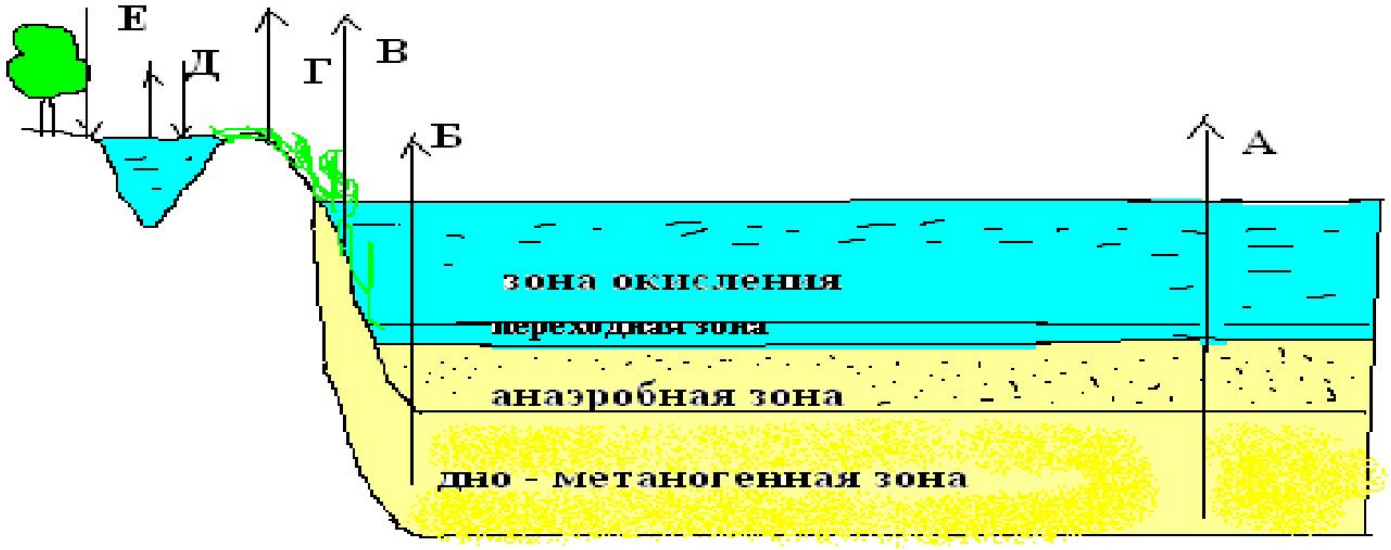
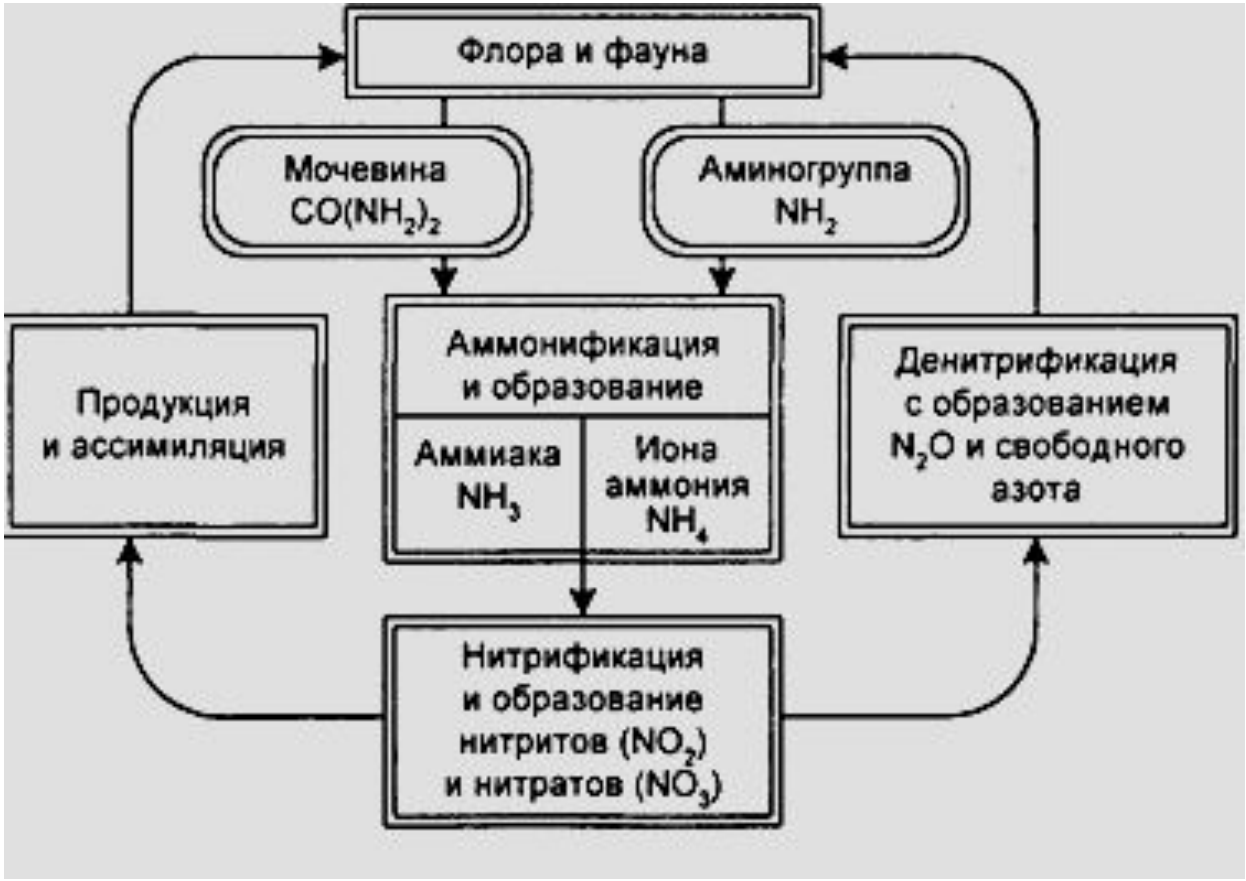
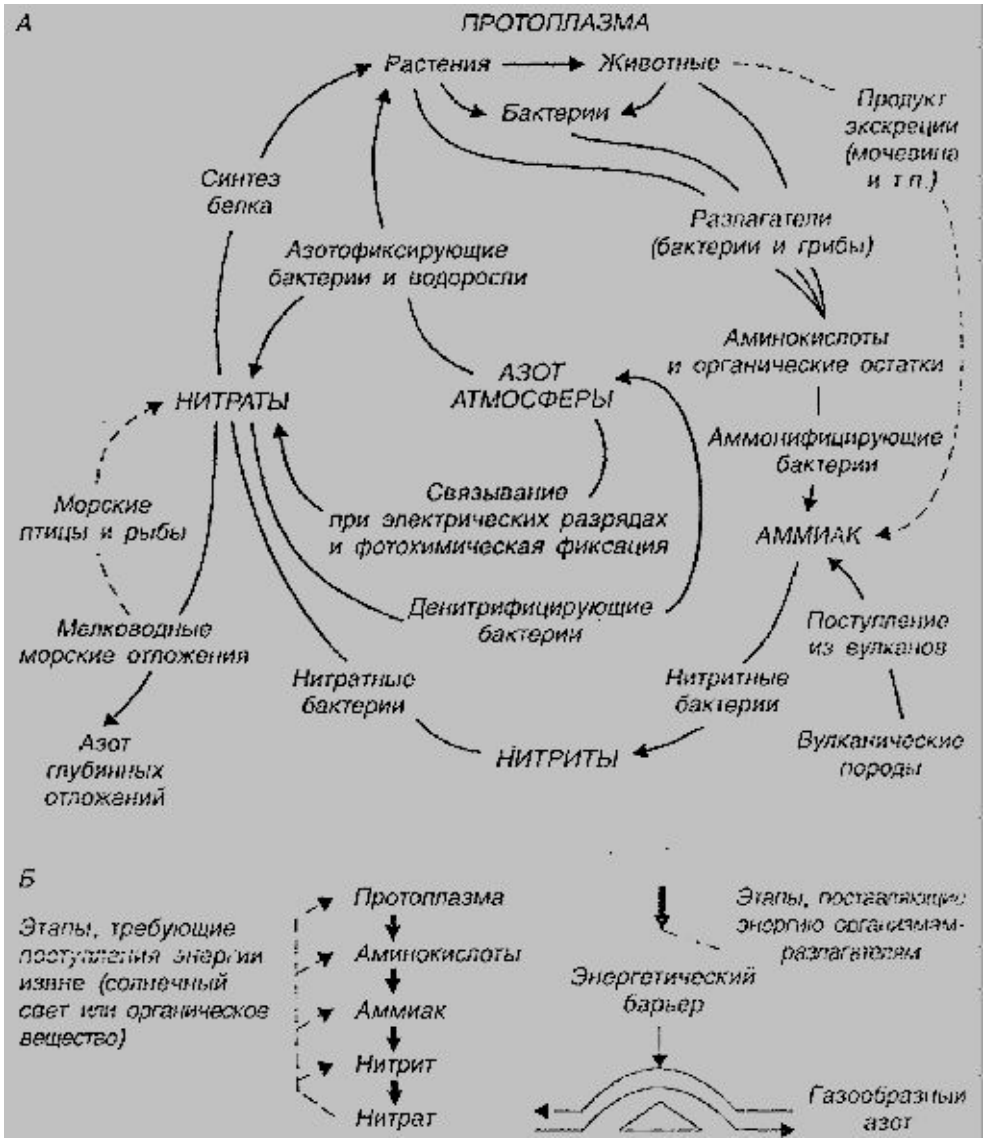


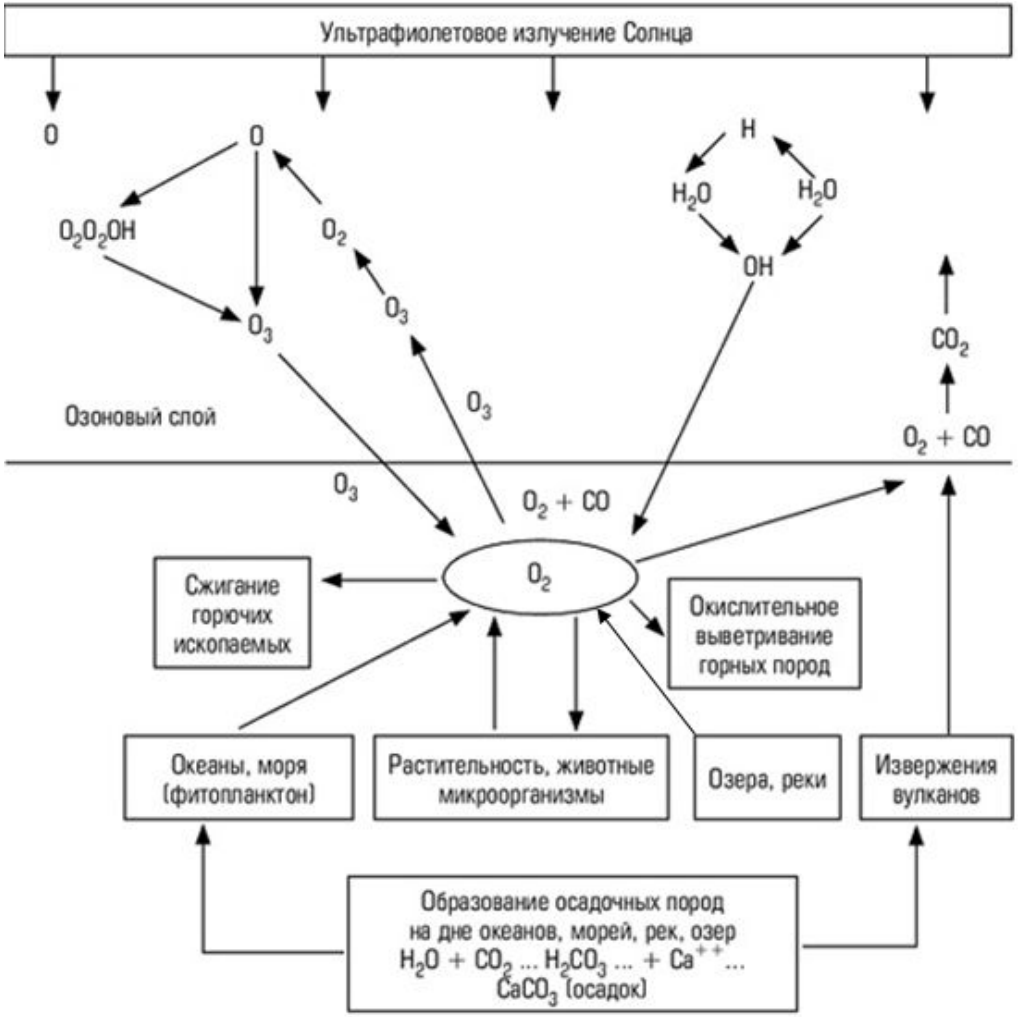
Рис 1. Цикл Зенгена

Круговорот азота




А
ПРОТОПЛАЗМА
Растения
Животные
Бактерии
Продукт экскреции (мочевина и т.п.)
Синтез белка
Разлагатели (бактерии и грибы)
Азотофиксирующие бактерии и водоросли
Аминокислоты и органические остатки
НИТРАТЫ
АЗОТ АТМОСФЕРЫ
Аммонифицирующие бактерии
Морские птицы и рыбы
Связывание при электрических разрядах и фотохимическая фиксация
АММИАК
Денитрифицирующие бактерии
Мелководные морские отложения
Поступление из вулканов
Нитратные бактерии
Нитритные бактерии
Азот глубинных отложений
НИТРИТЫ
Вулканические породы
Б
Этапы, требующие поступления энергии извне (солнечный свет или органическое вещество)
Протоплазма
Аминокислоты
Аммиак
Нитрит
Нитрат
Этапы, поставляющие энергию организмам-разлагателям
Энергетический барьер
Газообразный азот

Круговорот кислорода



цикл образования и разложения атмосф ерного озона (цикл Чепмена)

$$O_2 + h\nu \xrightarrow{<175\,нм} O + O^* \quad (<242\,нм)$$

$$O + O_2 + M \rightleftharpoons O_3 + M^* \qquad (O + O_2 \rightleftharpoons O_3^*)$$

$$O_3 + O \rightarrow 2O_2 + Q$$

$$O_3 + h\nu' \rightarrow O_2 + O$$

$$h\nu + h\nu' \rightarrow Q$$

Образовавшийся активный кислород легко реагирует с молекулами воды, метана или водорода.

$$O^* + H_2O \rightarrow 2HO^{\bullet}$$

$$O^* + CH_4 \rightarrow CH_3^{\bullet} + OH^{\bullet}$$

$$O^* + H_2 \rightarrow OH^{\bullet} + H^{\bullet}$$

Разрушение озонового слоя

- Азотный цикл (NOx):

  $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$

  $NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$
- Водородный цикл (HOx):

  $H_2O + O \rightarrow OH^{\cdot} + OH^{\cdot}$

  $OH^{\cdot} + O_3 \rightarrow HO^{\cdot}_2 + O_2$

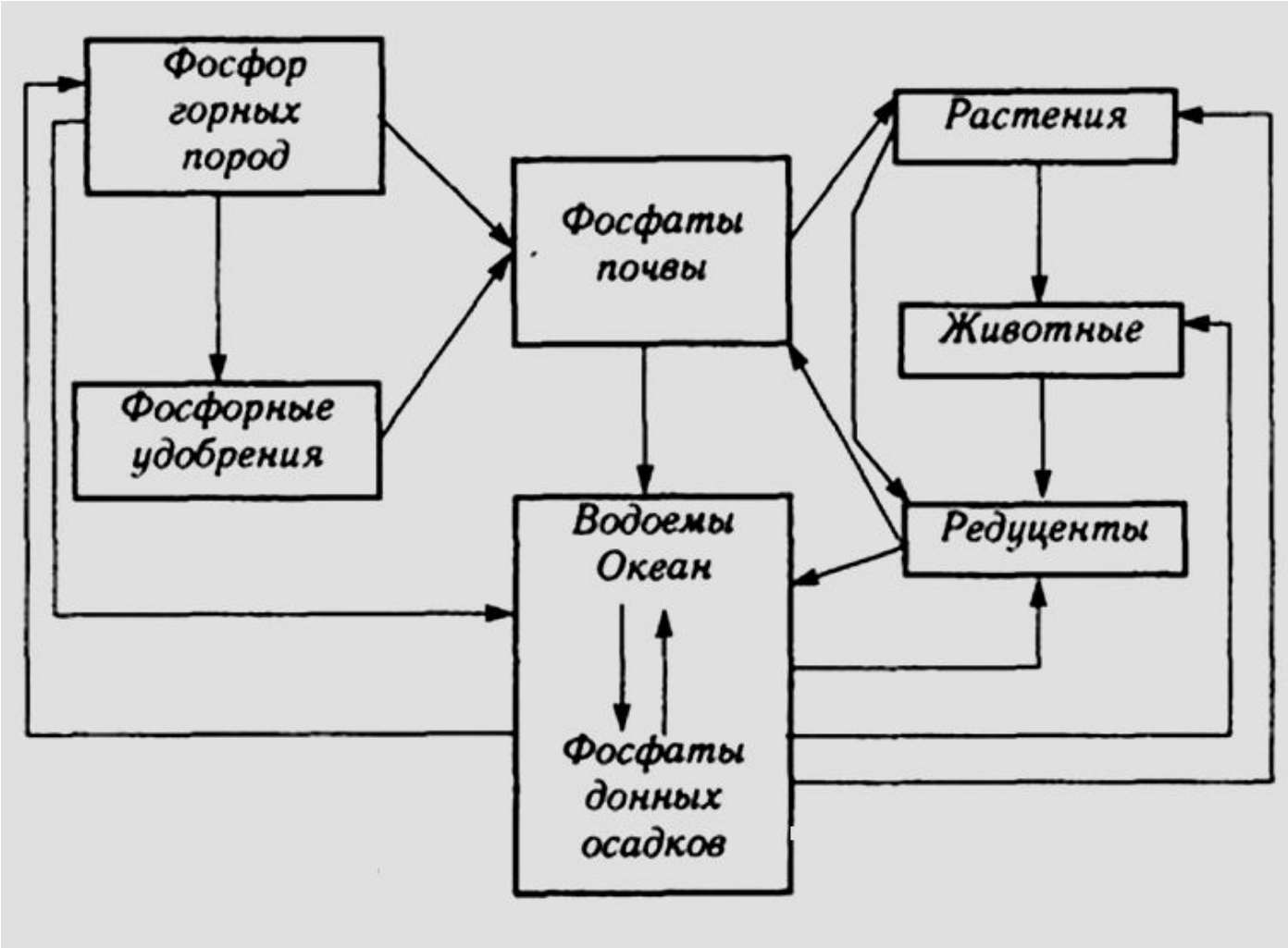
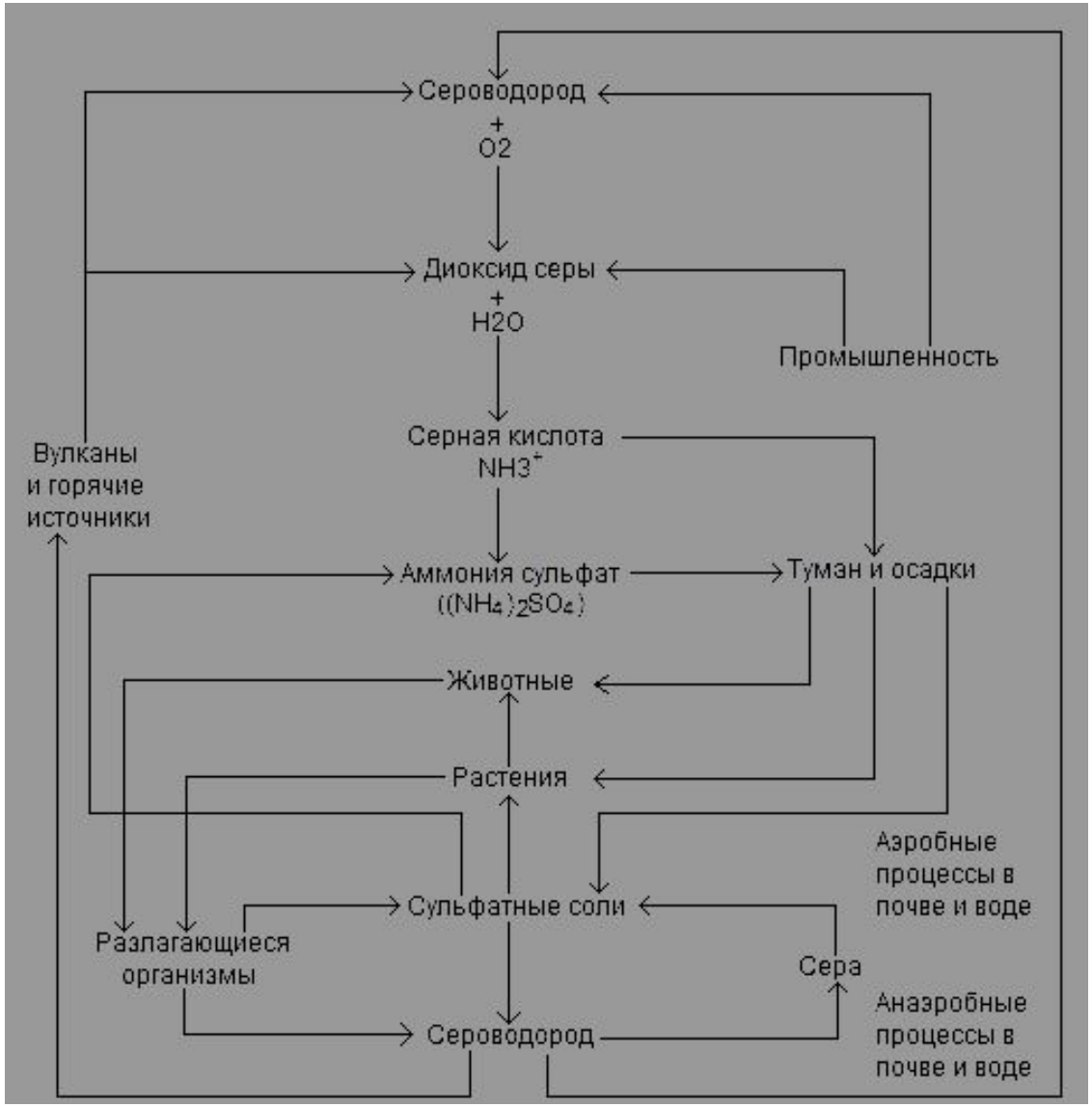
  $HO^{\cdot}_2 + O_3 \rightarrow OH^{\cdot} + 2O_2$
- Хлорный цикл (ClOx):

  $CFCl_3 + h\nu \rightarrow CFCl^{\cdot}_2 + Cl^{\cdot}$

  $Cl^{\cdot} + O_3 \rightarrow ClO + O_2$

  $ClO + O \rightarrow Cl^{\cdot} + O_2$

Круговорот фосфора



Круговорот серы