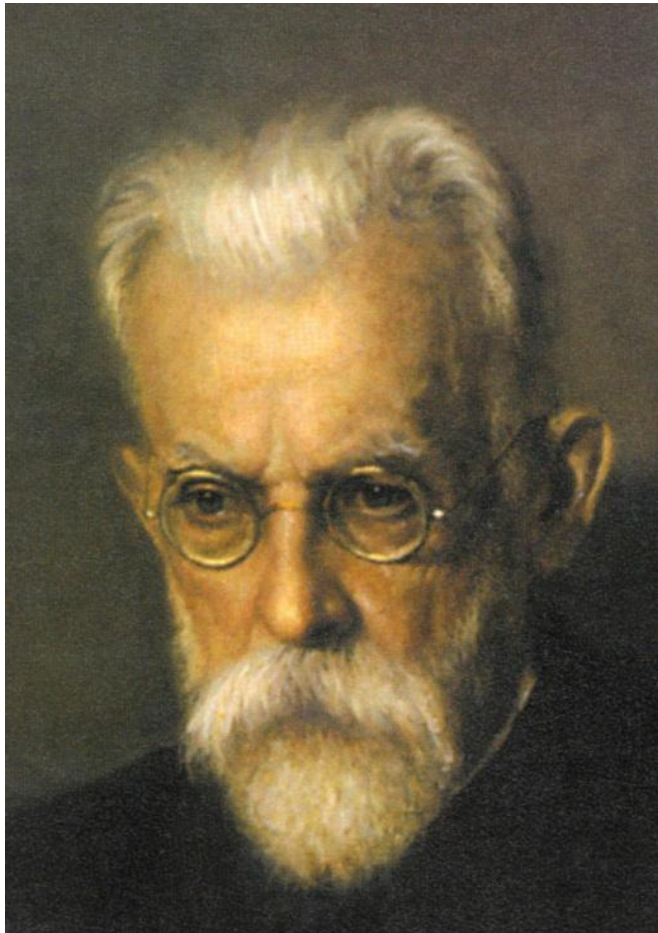


**Введение в курс  
«Техногенные системы и  
экологический риск»**

# 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, характеризующееся 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.

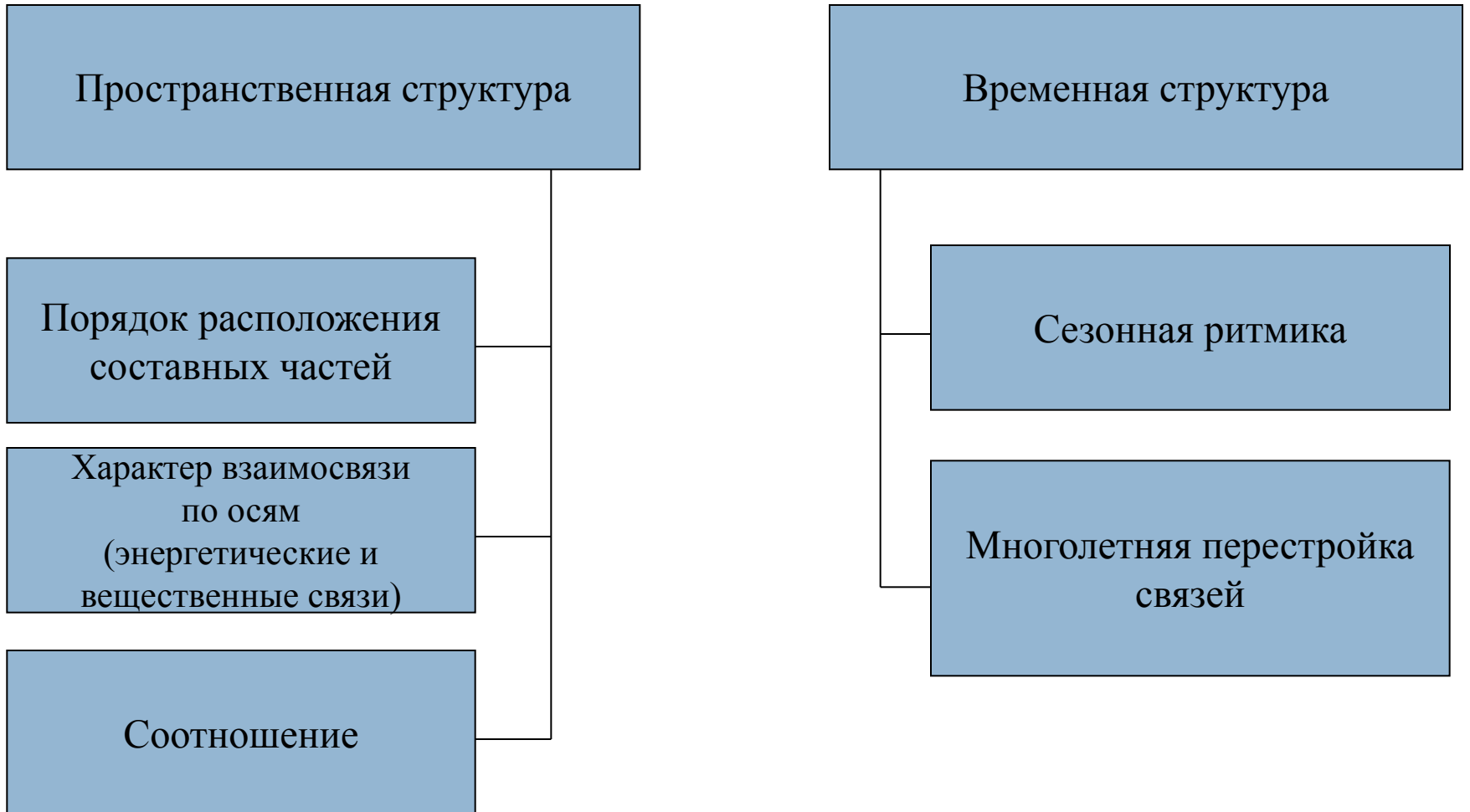
# Три стадии эколого-экономического развития общества

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

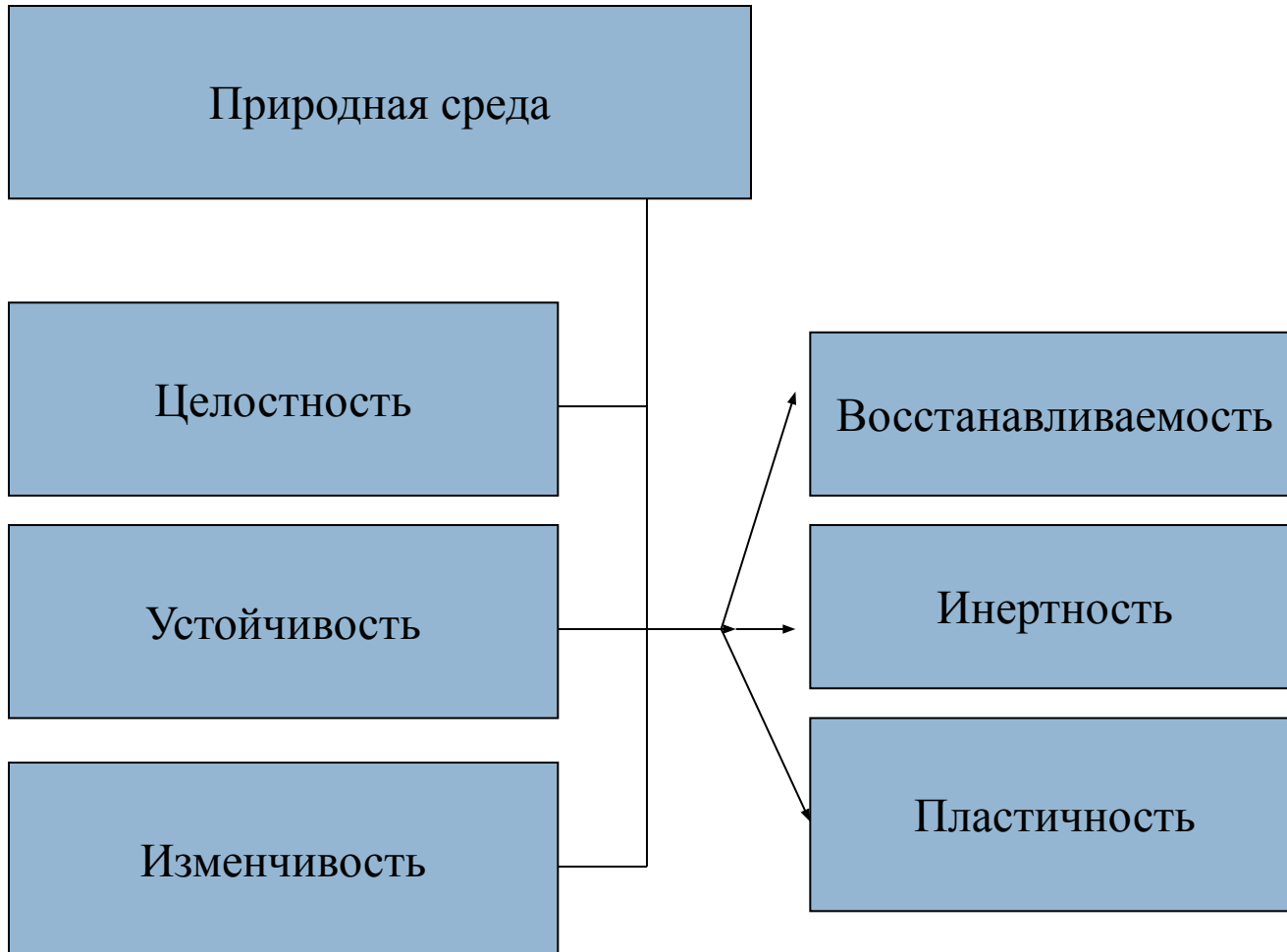
Каждой стадии соответствует свой принцип природопользования:

- 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 <sub>3</sub> ] [H <sub>2</sub> O]
	стратопауза 60 км – стратосфера	↑ до 273 К (0° С) 220 К (-53° С)	Выделение тепла
	35 км – озоновый слой		[O <sub>3</sub> ] + УФ
	тропопауза 20 км тропосфера (50% массы) – 5-6 км	↓ примерно на 6° С на км	велика [H <sub>2</sub> O]

# Эволюция химического состава атмосферы

## **Анаэробная восстановительная 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

## **Аэробная окислительная атмосфера**

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, H<sub>r</sub>, 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):

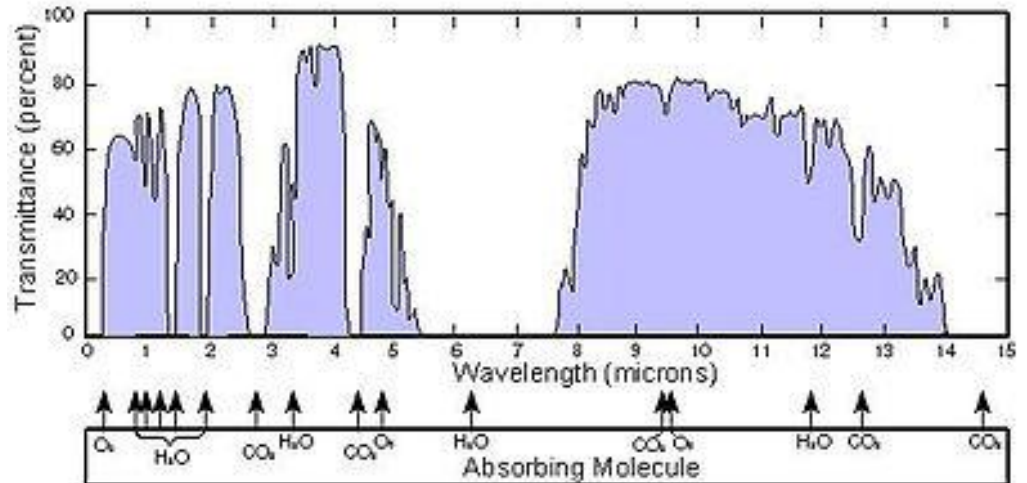
Различные газы:

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.

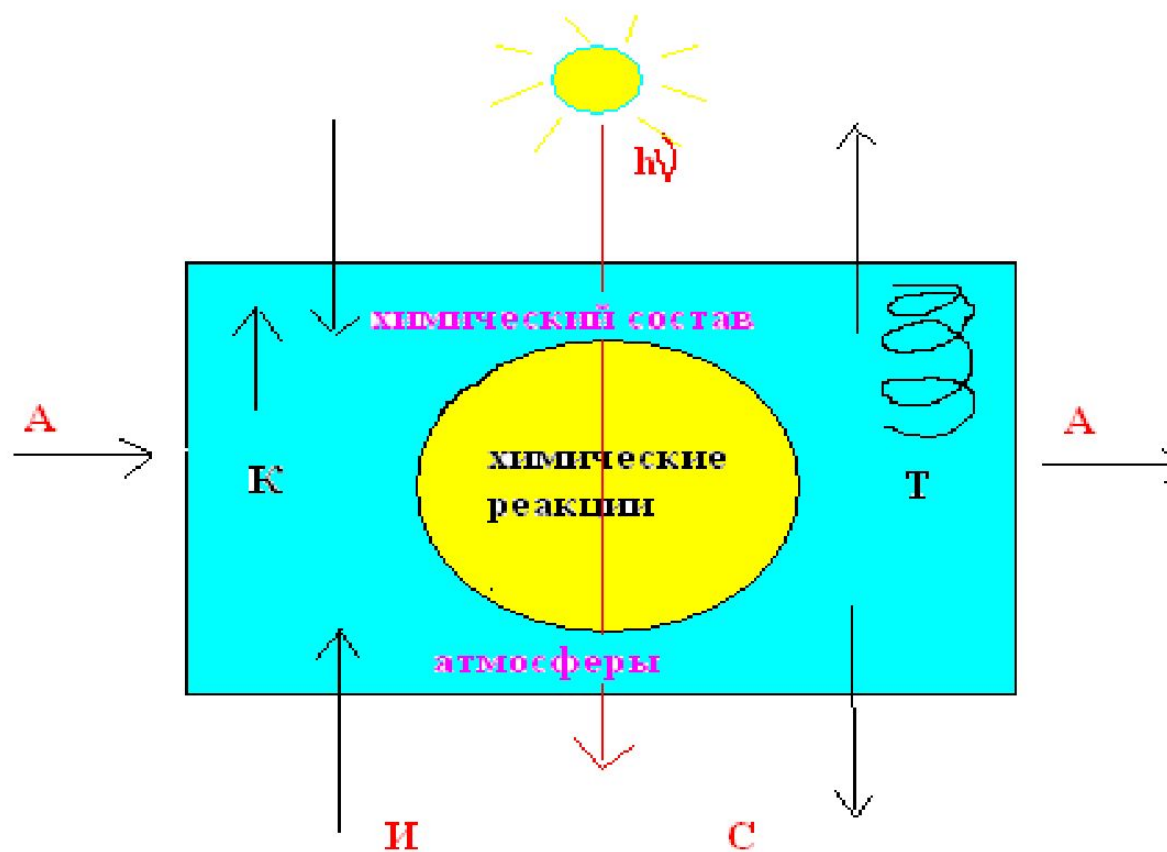
# Парниковые газы

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

	Электромагнитное излучение	Длина волны (см)	Частота (Гц)
	Название диапазона		
	Гамма лучи	Короткие $10^{-9}$	Высокие частоты $3 \cdot 10^{19}$
	Рентгеновские лучи	1 ангстрем $10^{-6}$	$3 \cdot 10^{16}$
	Ультрафиолетовое излучение	$3 \cdot 10^{-5}$	$10^{15}$
	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	
	Телевидение	$10^2$	$3 \cdot 10^9$
	Коротковолновое излучение	$10^4$	$3 \cdot 10^6$
	Длинноволновое излучение	$10^5$ 1 км Длинные	$3 \cdot 10^5$ 300 кГц Низкие частоты



# 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

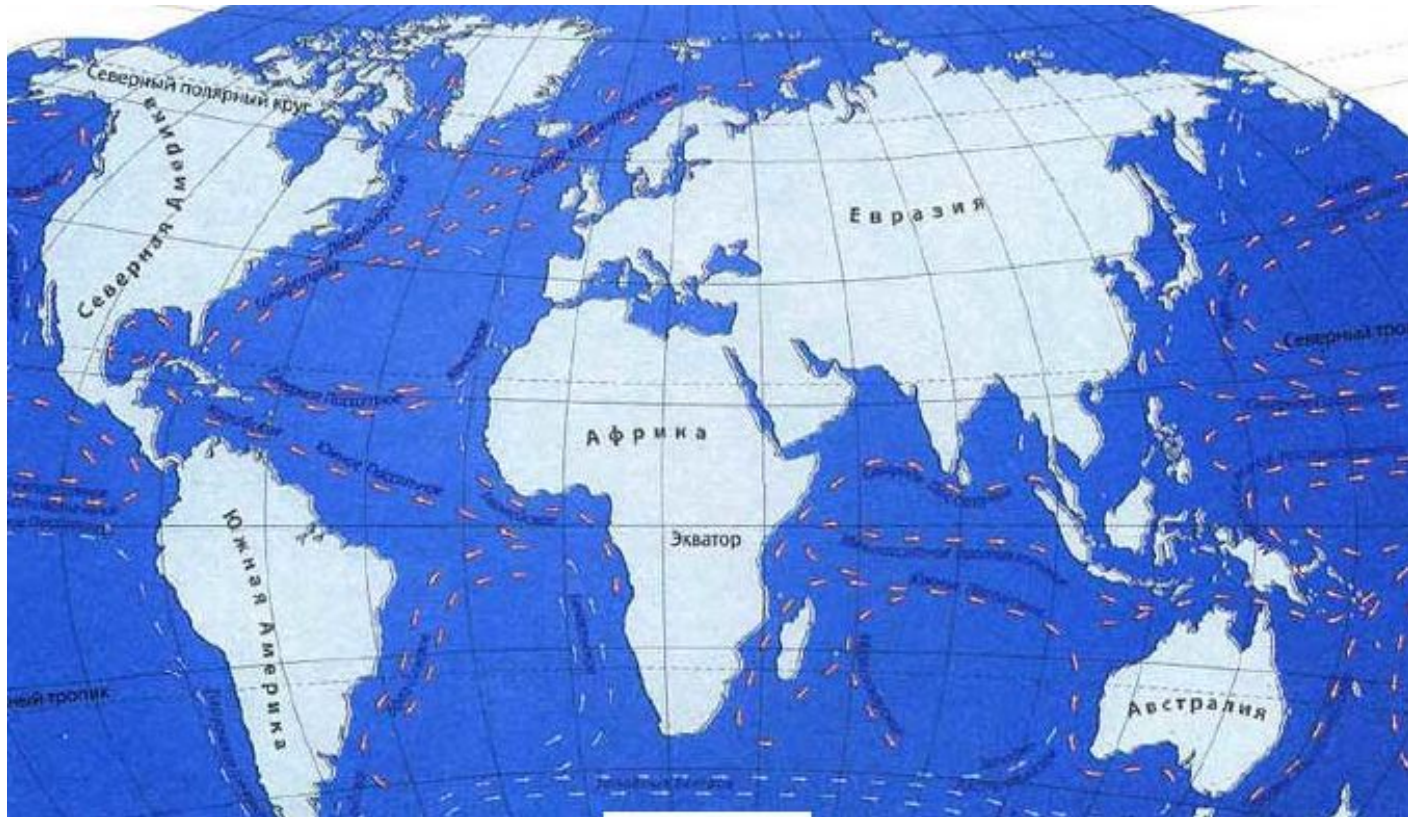
**Поверхностная пленка глубиной до 50-500мкм**

**Основная водная масса**

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

**Осадок**

# Океанические течения





# Океанические течения

**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 течения**

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

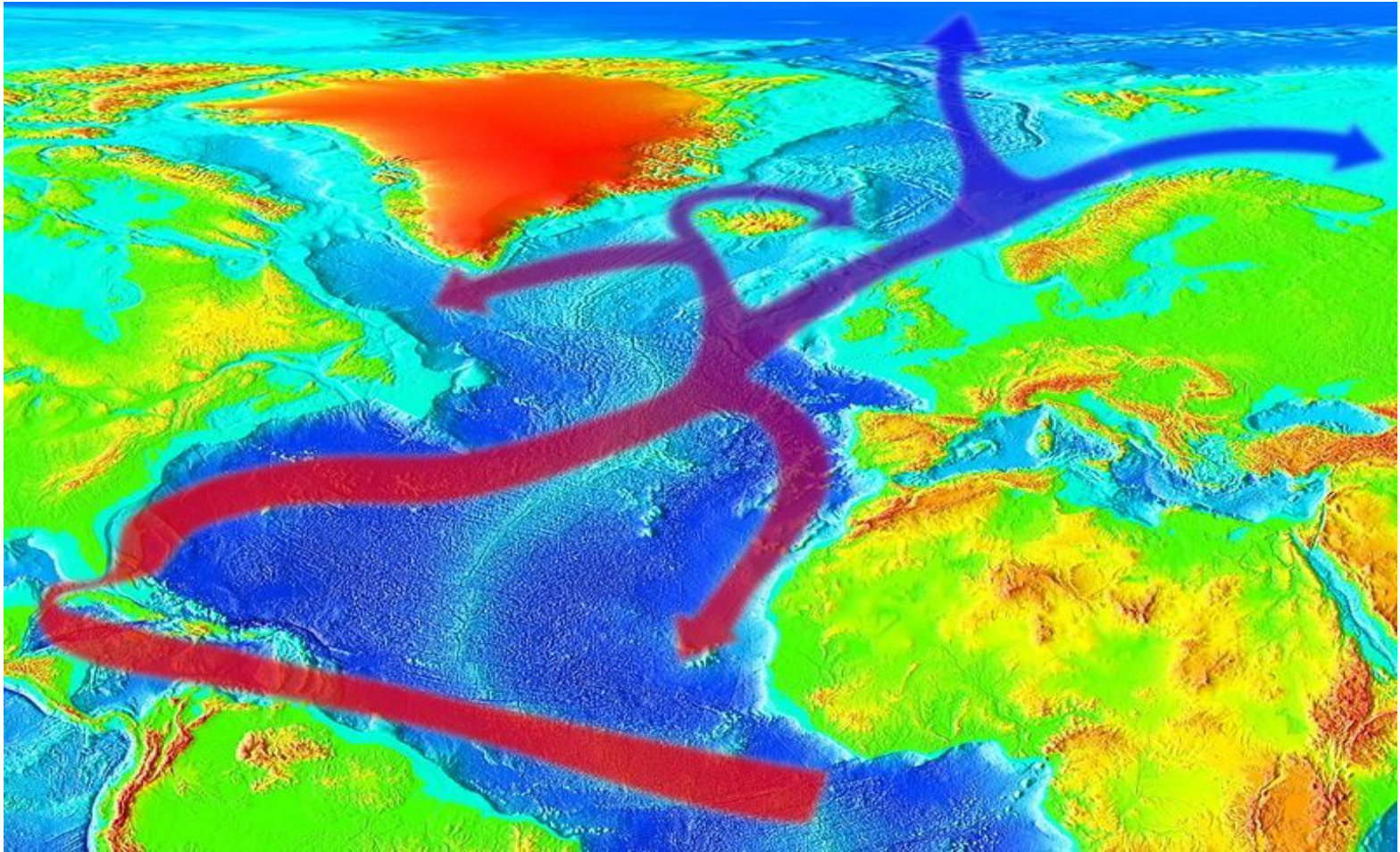
Охватывает зону шириной 2500 км, распространяется на глубину более 1 км и переносит каждую секунду до 200 млн. тонн воды.

**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:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , и называются главными.

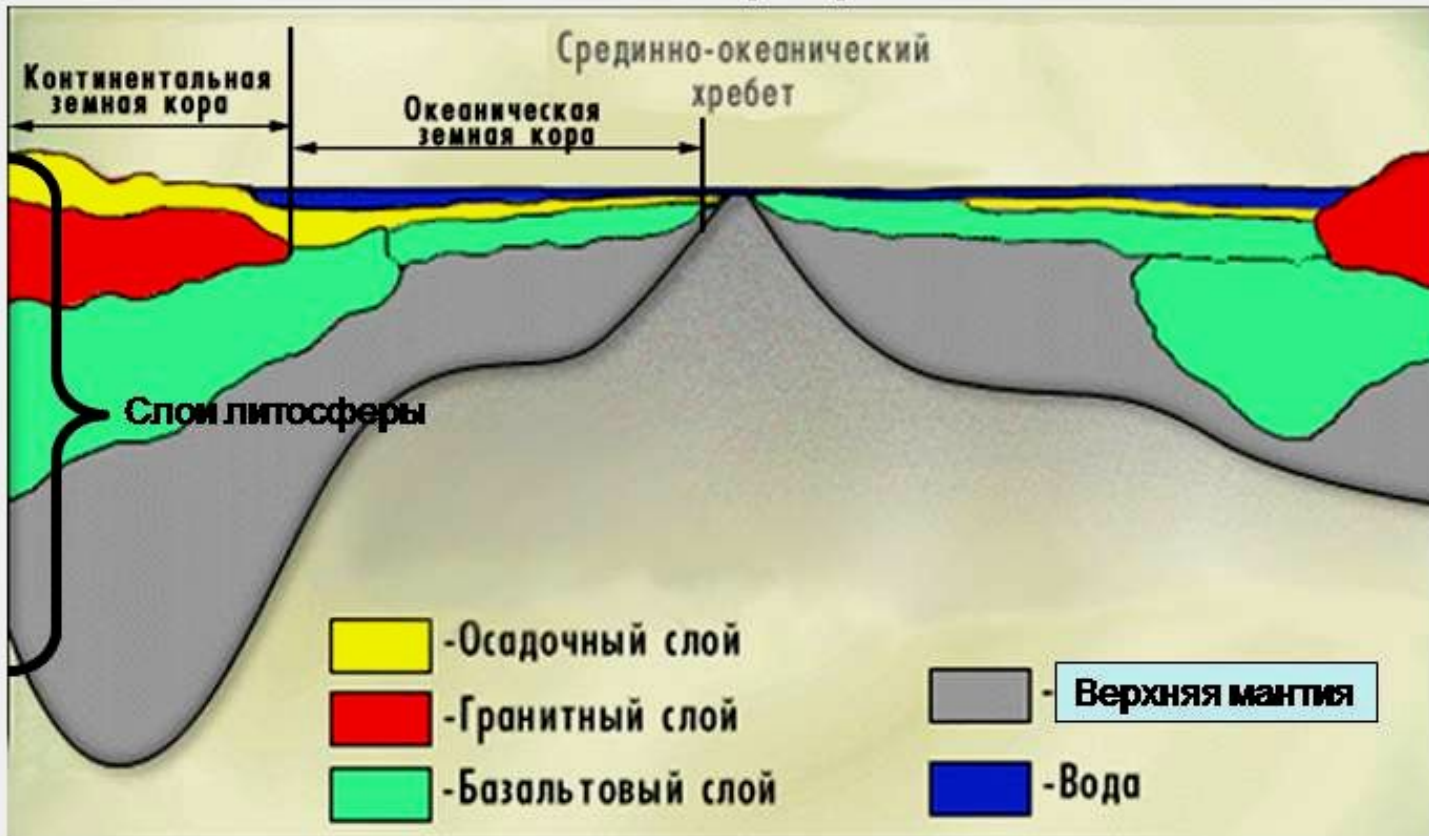
В соответствии с этим все природные воды принято подразделять на 3 класса:

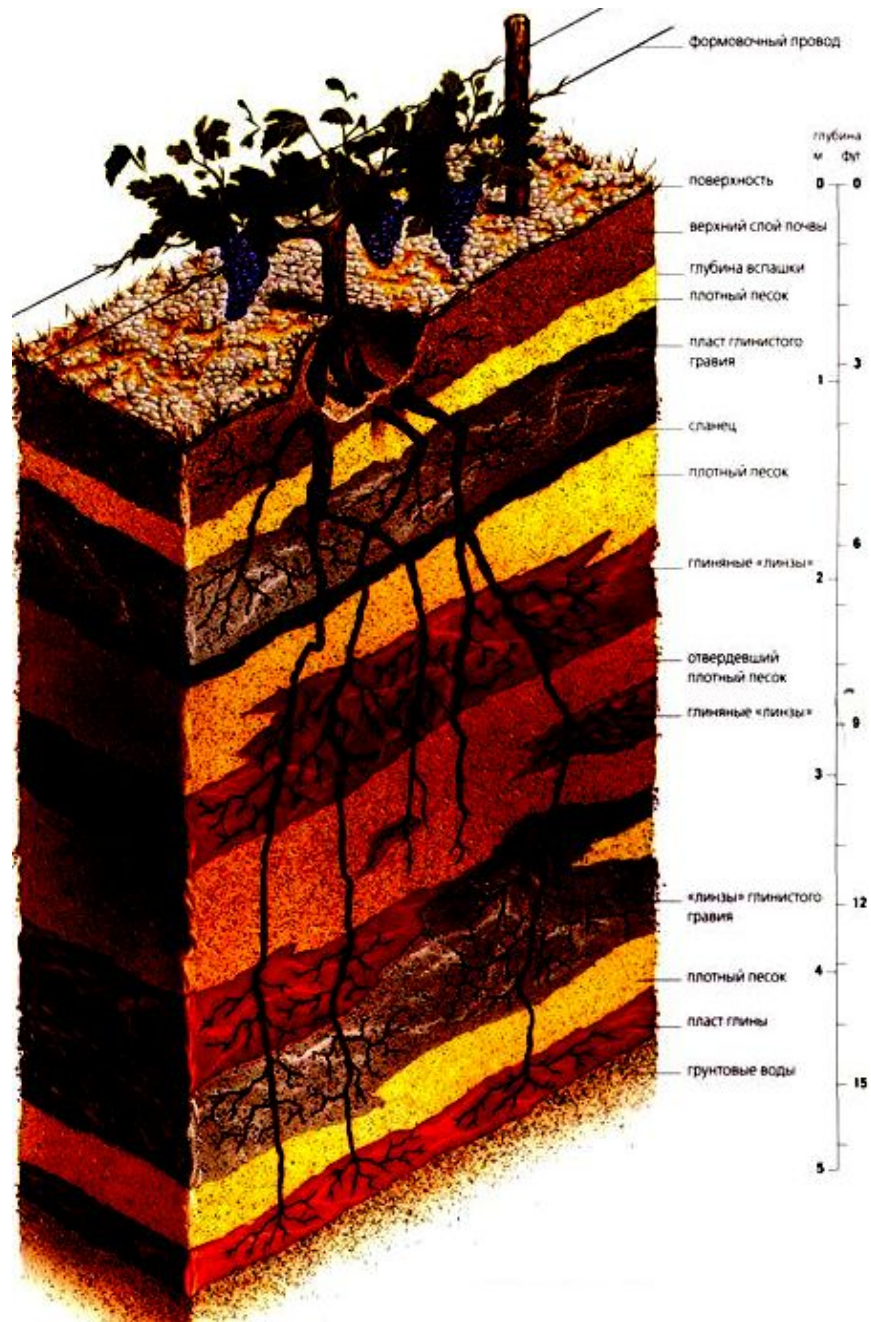
- - гидрокарбонатные (карбонатные);
- - сульфатные;
- - хлоридные.

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

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

# Вертикальное строение литосферы







# Строение почвы

- **Живые организмы**

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

- **Неорганическая часть почвы:**

- минеральные соединения (карбонаты, сульфаты, хлориды:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ;
- 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

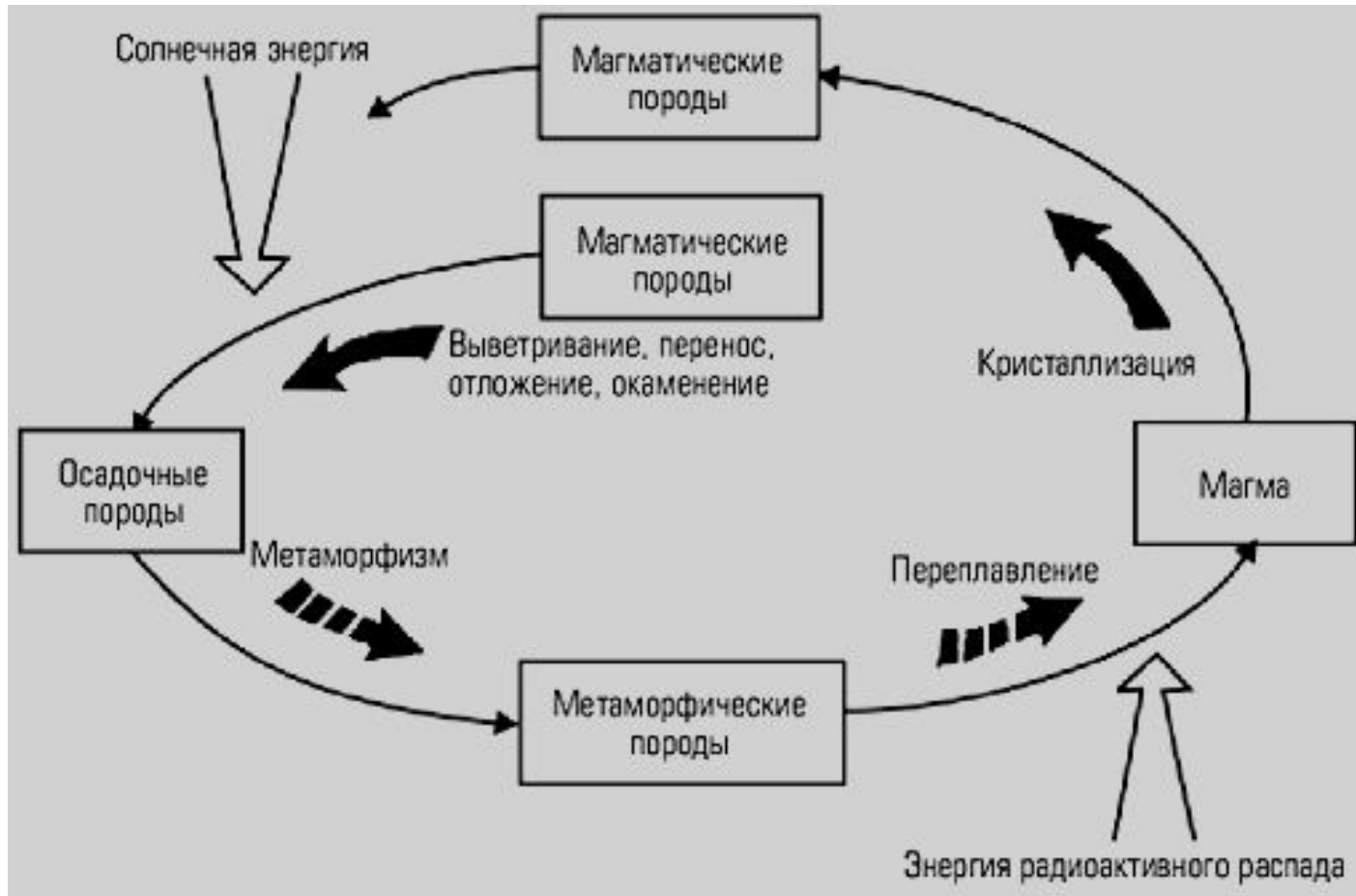
Непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере по более или менее замкнутым путям называется ***биогеохимическим циклом***.

Необходимость такой циркуляции объясняется ограниченностью их запасов на планете.

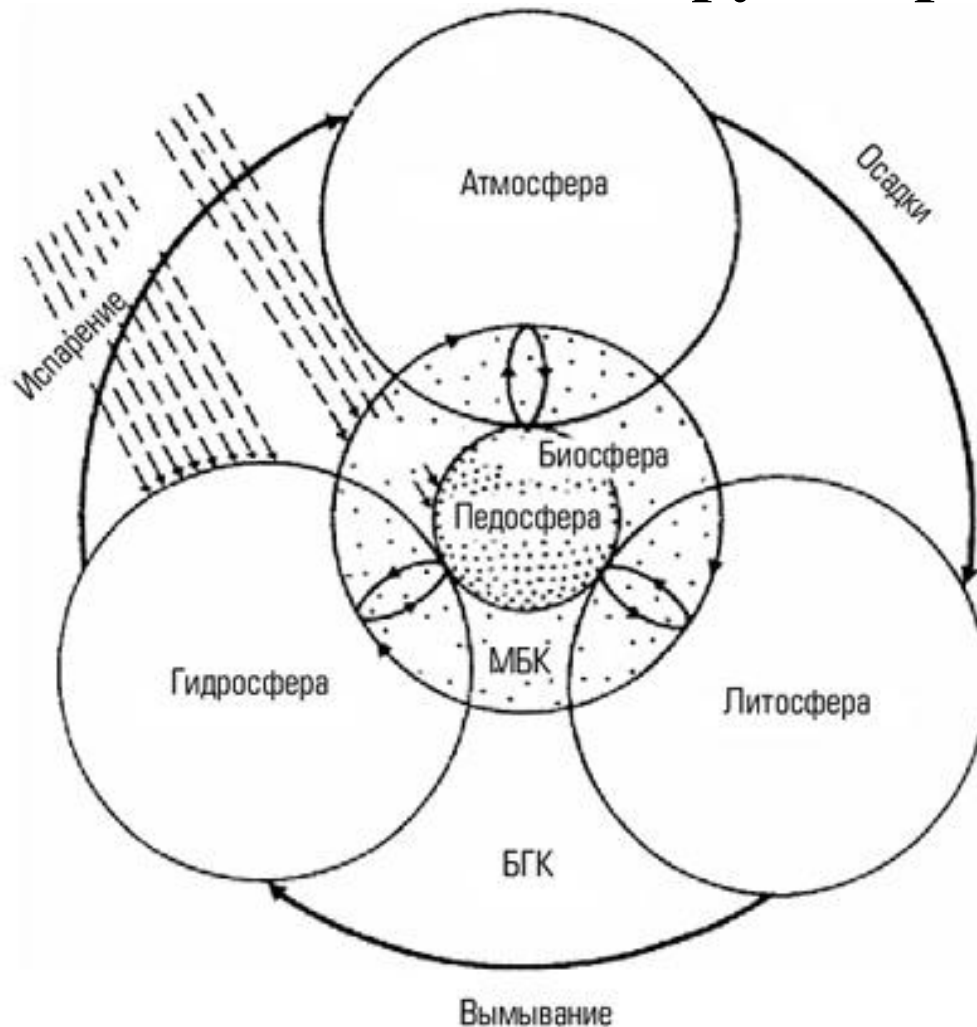
# Основные биосферные круговороты

- 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

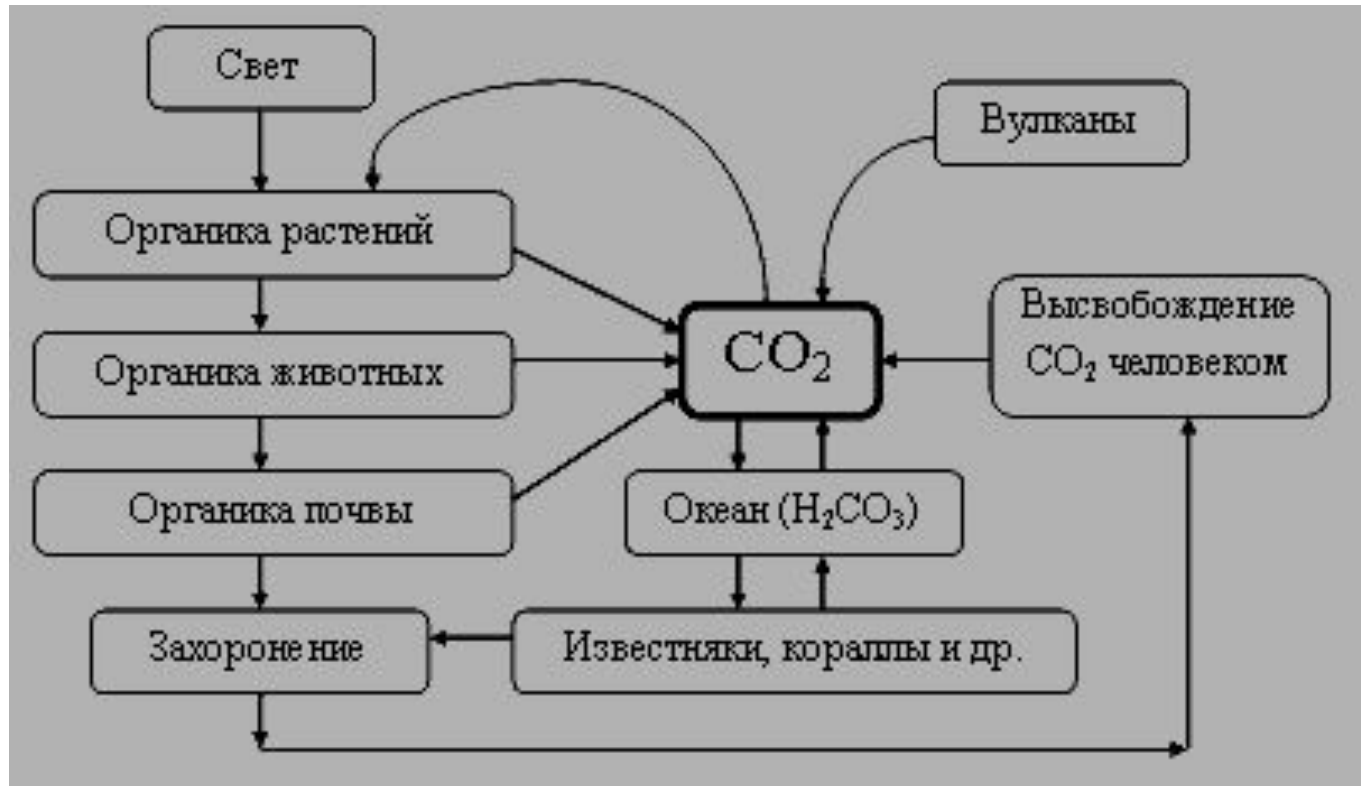


# Большой геологический круговорот воды (БГК) и малый биогеохимический круговорот (МБК)

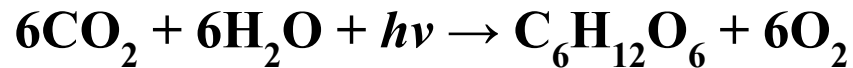




# Круговорот углерода

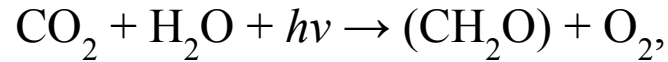


# Оксигенный фотосинтез

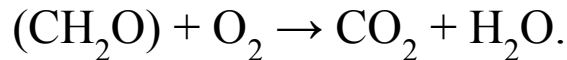


анаэробный	аэробный
<p>Характерен для фотосинтезирующих бактерий. Фотосинтезирующим пигментом у них является бактериохлорофилл. Кислород не выделяется.</p>	<p>Характерен для всех оксифотобактерий и зеленых растений. Фотосинтез в растениях осуществляется в хлоропластах содержащих хлорофилл. Кислород выделяется.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

Суммарную реакцию оксигенного фотосинтеза можно записать как:



где  $h\nu$  — энергия солнечного света, а  $(\text{CH}_2\text{O})$  - обобщенная формула органического вещества. Дыхание это обратный процесс, который можно записать как:



При этом будет высвобождаться необходимая для организмов энергия.

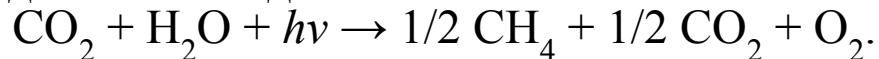
Аэробное дыхание возможно только при концентрации  $\text{O}_2$  не меньше чем 0,01 от современного уровня (точка Пастера).

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

Например, обобщенное уравнение метаногенеза через образование ацетата:



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



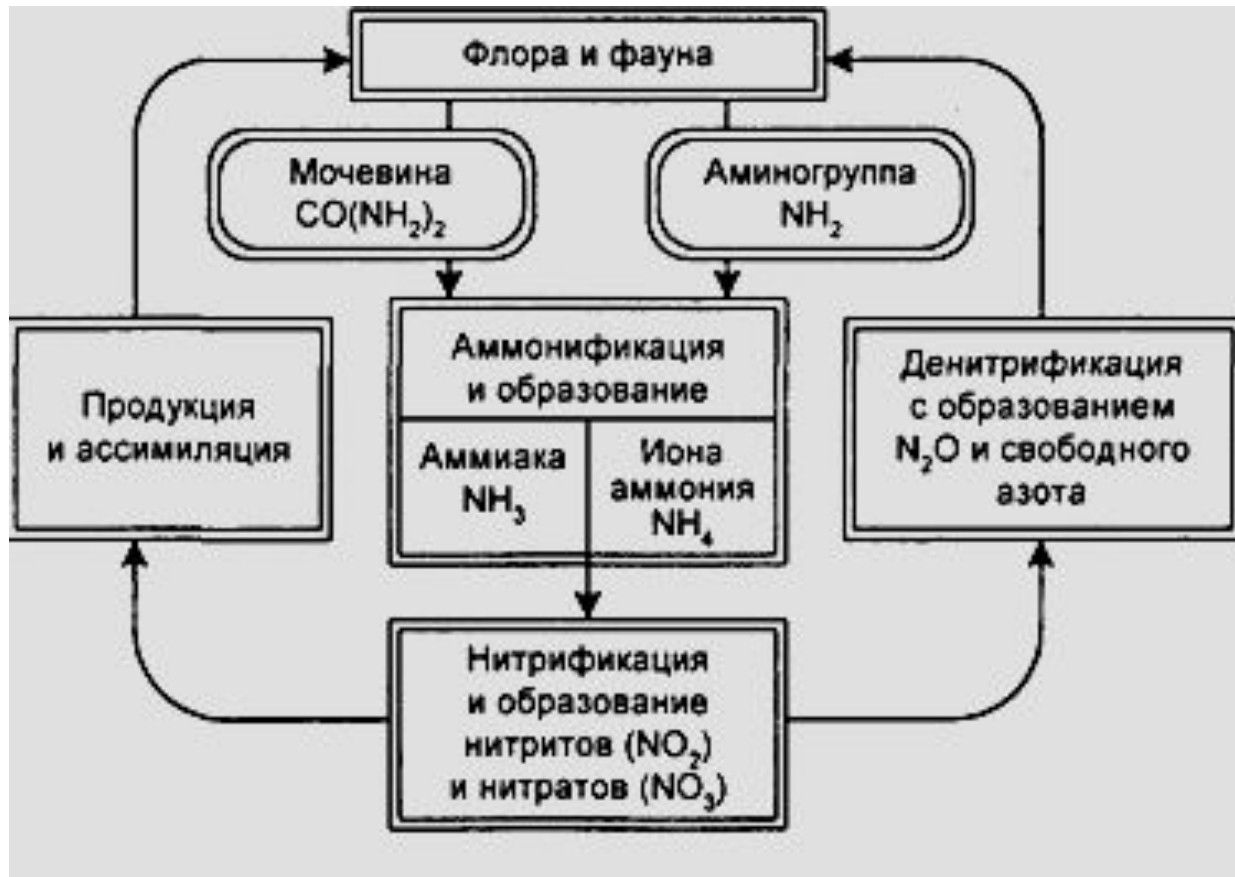
Именно такой путь разложения органического вещества, видимо, был основным в древней биосфере.

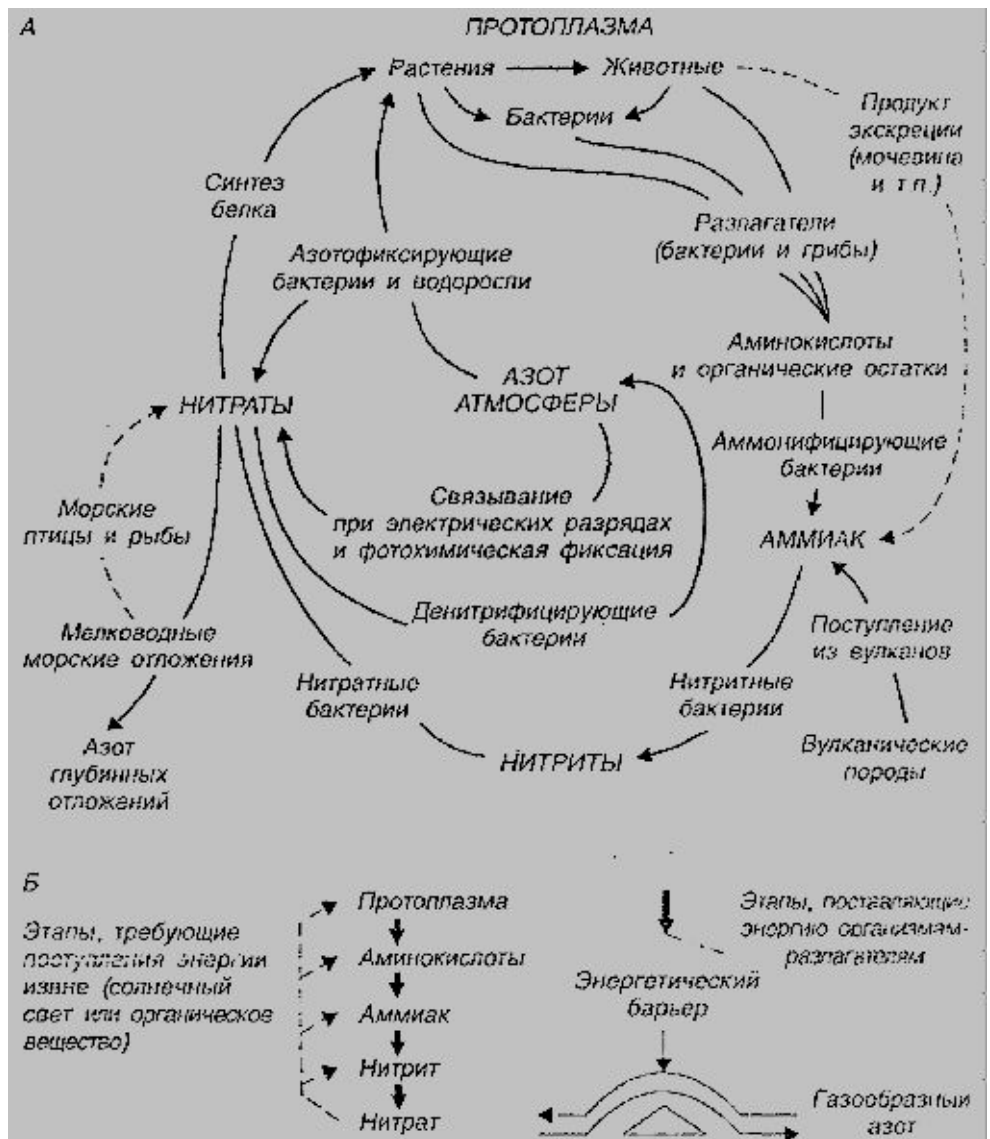
Главный компонент глобального биогеохимического цикла С -  $\text{CO}_2$   
Главное органическое соединение атмосферы -  $\text{CH}_4$



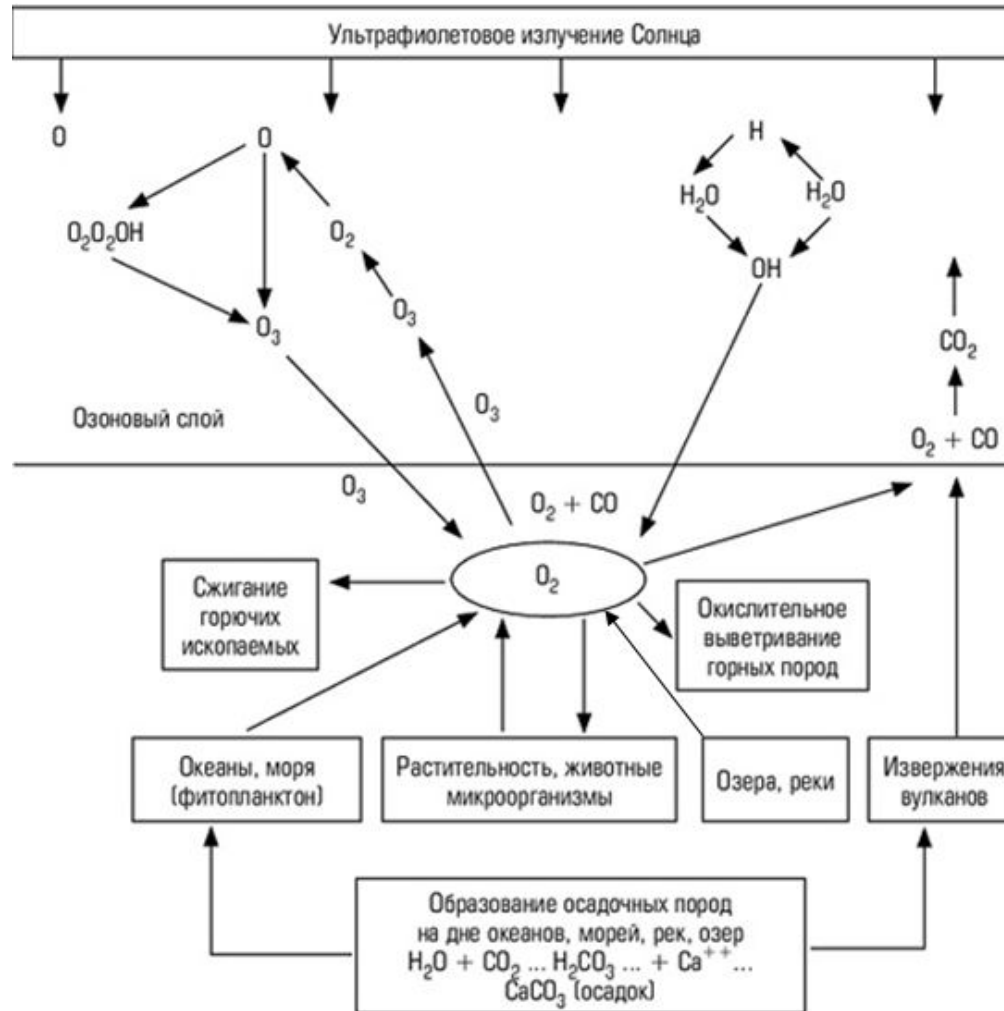
Рис 1. Цикл Зенгена

# Круговорот азота



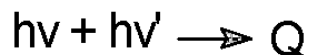
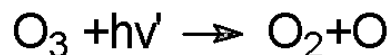
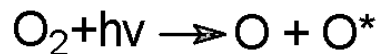


# Круговорот кислорода

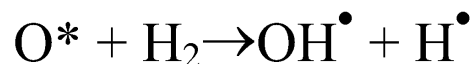
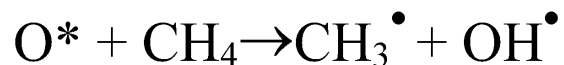
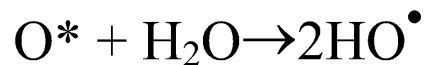


## цикл образования и разложения атмосферного озона (цикл Чепмена)

<175 нм <242 нм



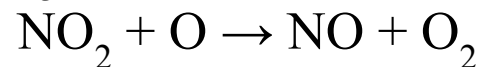
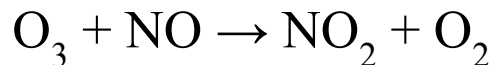
**Образовавшийся активный кислород легко реагирует с молекулами воды, метана или водорода.**



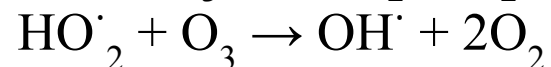
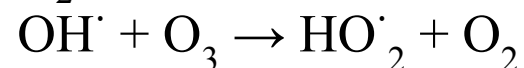
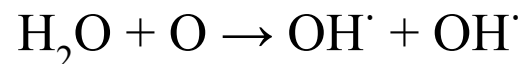


## Разрушение озонового слоя

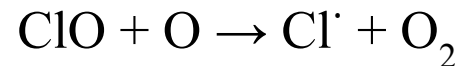
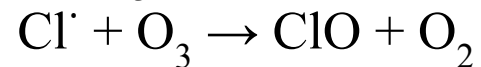
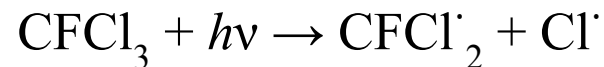
- Азотный цикл (NO<sub>x</sub>):



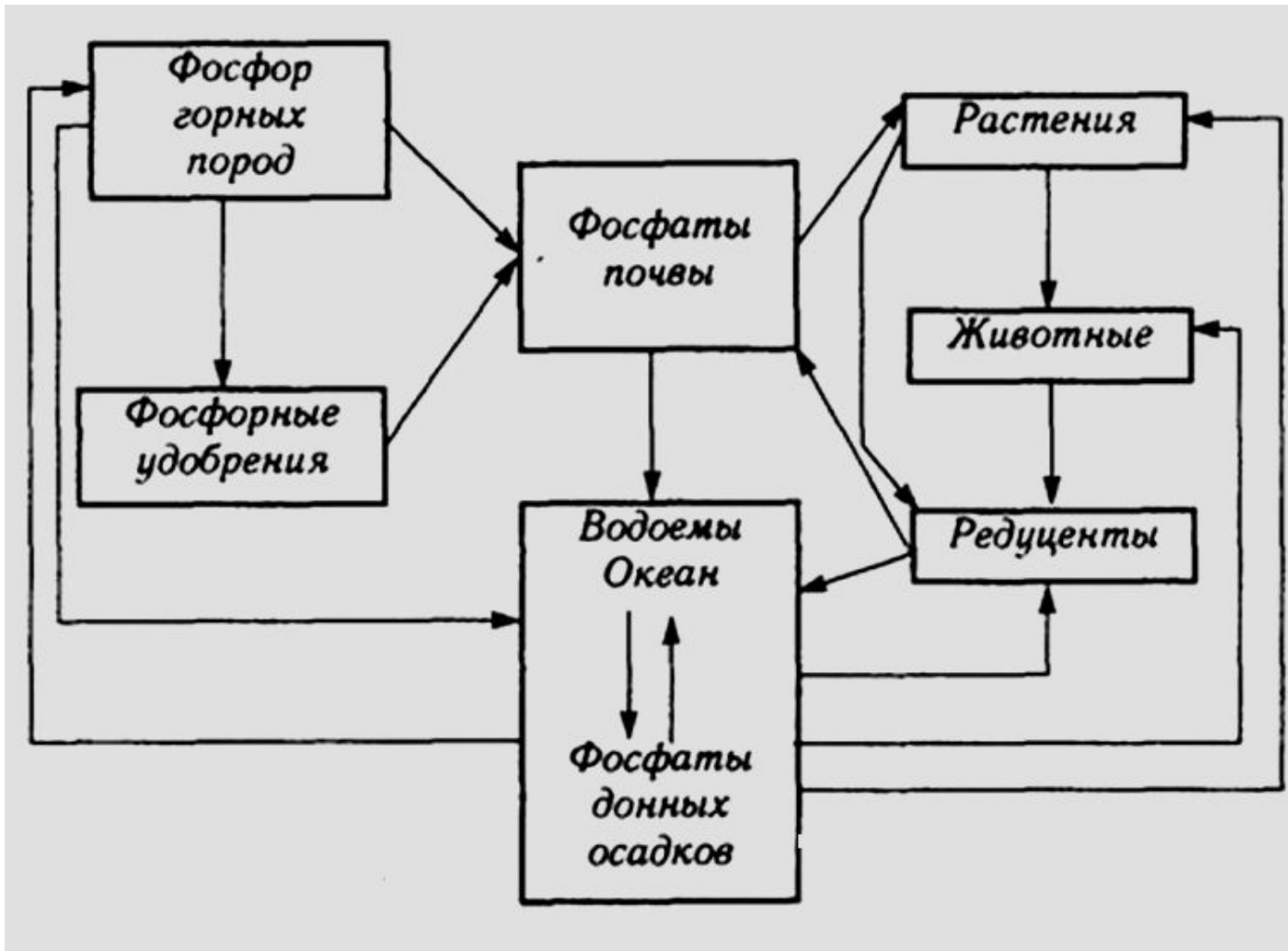
- Водородный цикл (HO<sub>x</sub>):



- Хлорный цикл (ClO<sub>x</sub>):



# Круговорот фосфора



# Круговорот серы

