

Биосфера

# 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.

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

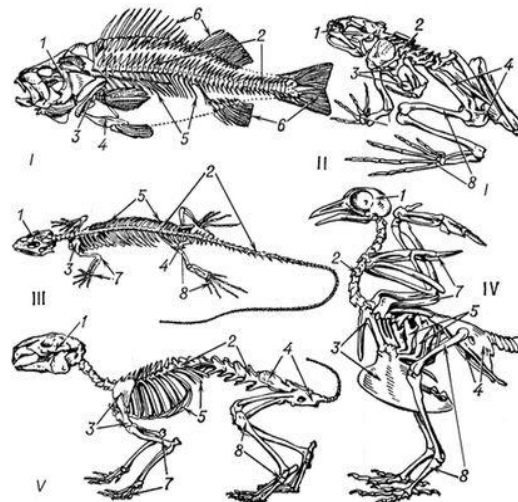
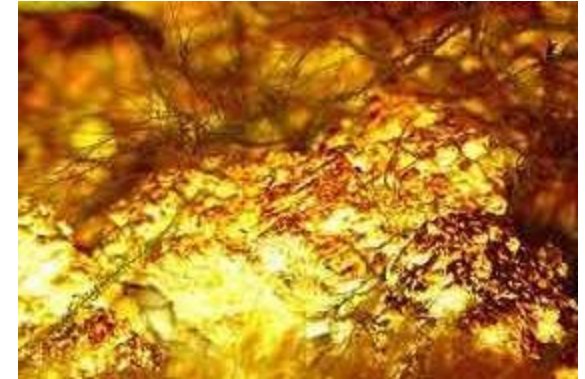
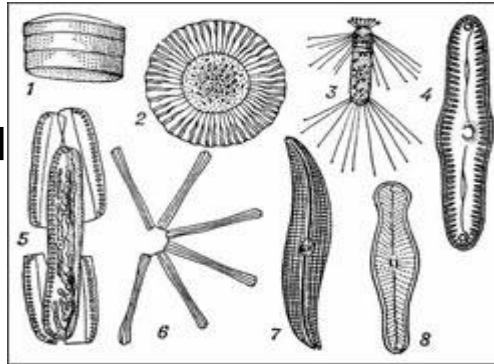
# Концентрационная функция - организмы накапливают в своих телах многие химические элементы:

концентраторами кремния  
являются  
диатомовые водоросли

йода-

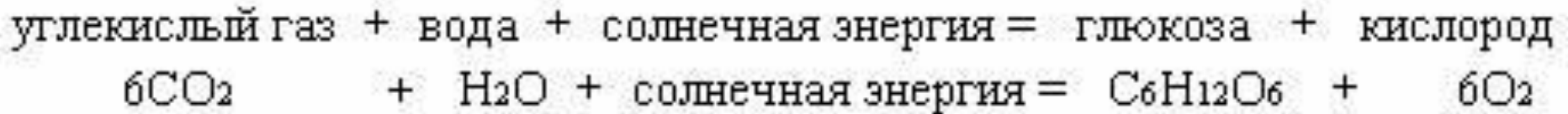
водоросли ламинария.

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

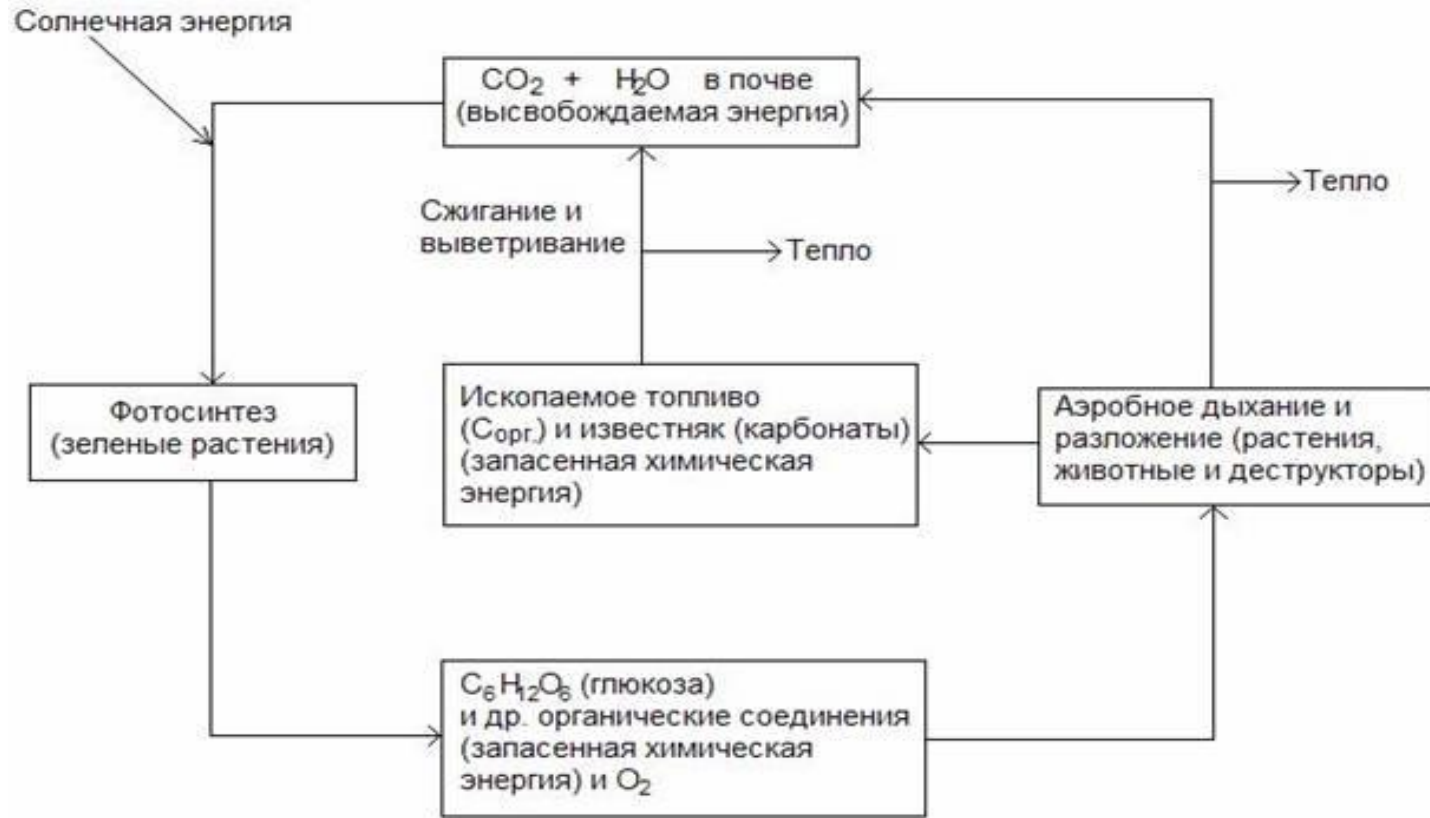
## **Четвертая функция — средообразующая**

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

# **КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ В ЭКОСИСТЕМАХ**

**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**

# Круговорот углерода



**Рис.** Упрощенная диаграмма части углеродного цикла, показывающая круговорот вещества и однонаправленный поток энергии в процессах фотосинтеза и аэробного дыхания.

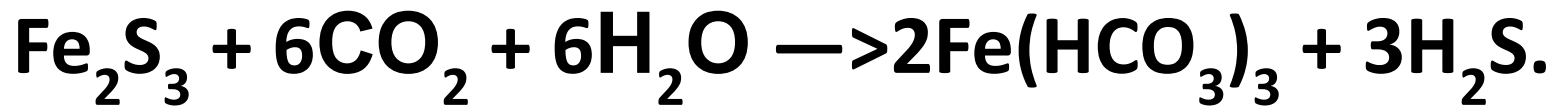
# Потребление углекислого газа из воздуха

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  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{CO}_2$  и высокие концентрации  $\text{O}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  в атмосферу стало расти за счет антропогенных источников.

Основная масса углерода находится в земной коре в связанном состоянии.

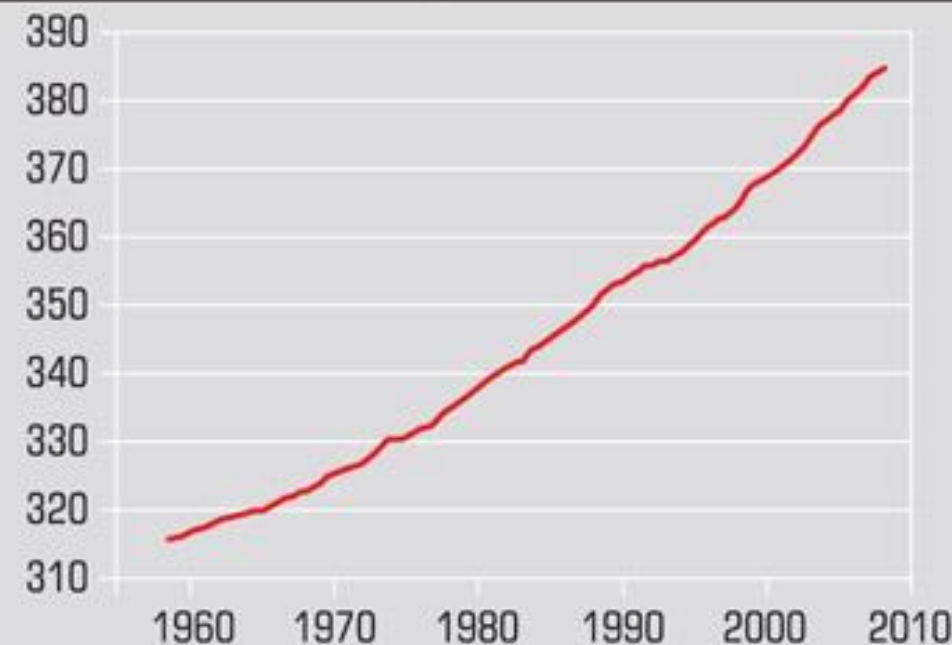
Важнейшие минералы - карбонаты, количество углерода в них оценивается в  $9,6 \cdot 10^{15}$  т.

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

Вмешательство человека в круговорот углерода резко возрастает, особенно начиная с 1950-х годов, из-за быстрого роста населения и использования ресурсов, и происходит оно в основном двумя способами:

- сведение лесов и другой растительности без достаточных лесовосстановительных работ, в связи с чем уменьшается общее количество растительности, способной поглощать  $\text{CO}_2$ .
- сжигание углеродосодержащих ископаемых видов топлива и древесины. Образующийся при этом углекислый газ попадает в атмосферу.

Изменения содержания в земной атмосфере углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) за последние 50 лет



Концентрация углекислого газа (ppmv)

Источник: данные измерений US NOAA, Мауна Лоа (Гавайские острова)

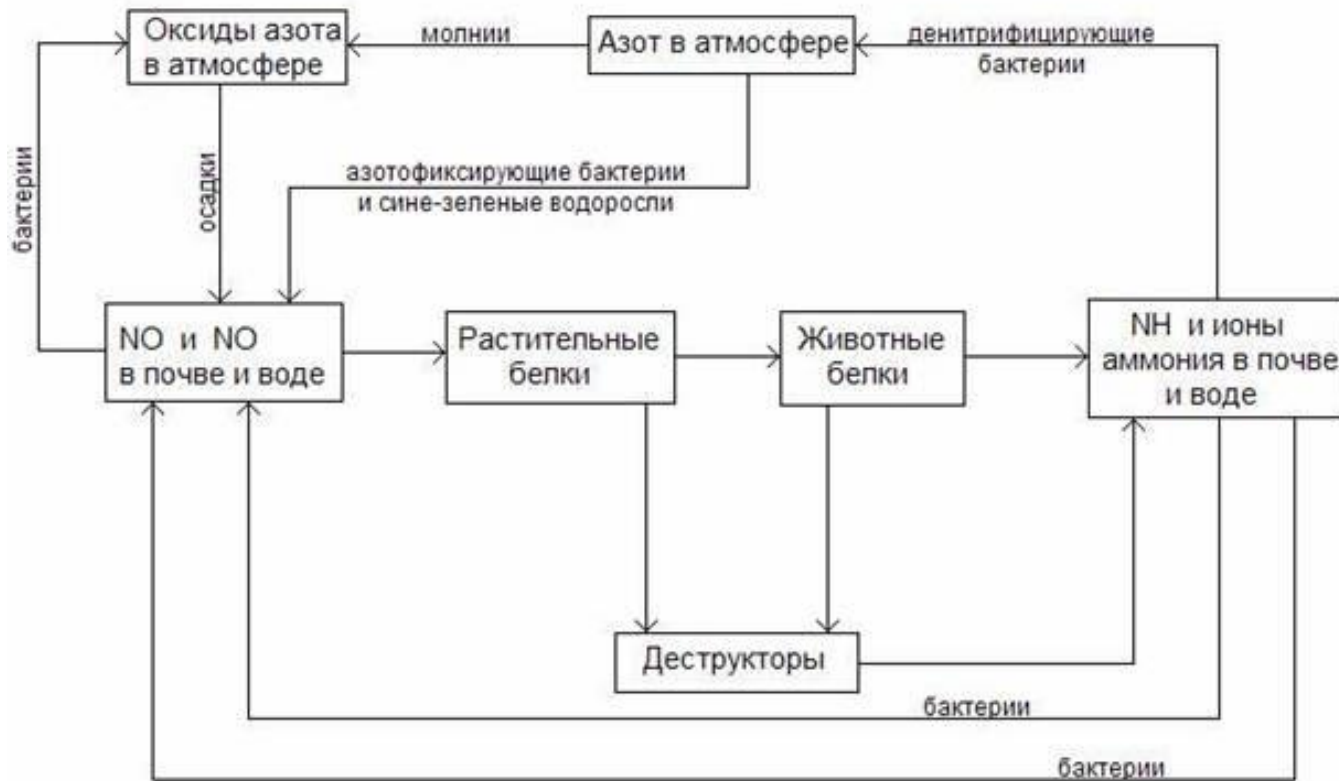
При уничтожении лесов содержание углекислого газа в атмосфере увеличивается ,  
т.к. леса важные накопители углерода:

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  $\text{CO}_2$  из атмосферы агрокультурами в течение лишь части года не компенсирует полностью высвобождающийся из почвы углерод, который теряется при окислении гумуса в результате частой вспашки.



# II. Круговорот азота





# Нитрификация

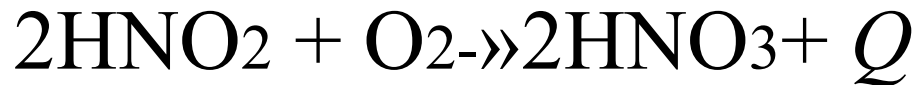
**Процесс превращения азотосодержащих веществ в форму, пригодную для усвоения высшими растениями:**

**аммиак - нитриты - нитраты.**

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



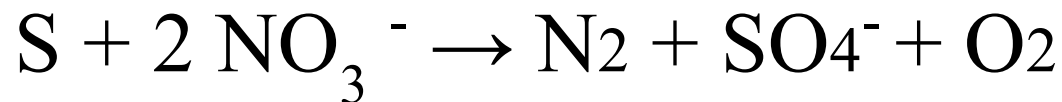
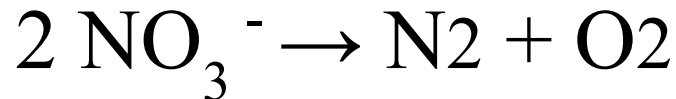
Во второй фазе азотистая кислота окисляется до азотной (или до нитратов):



# Денитрификация

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

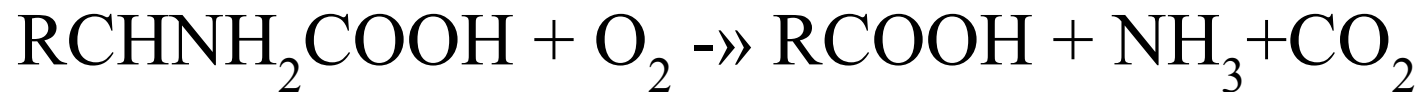
процесс потери экосистемой доступного азота:



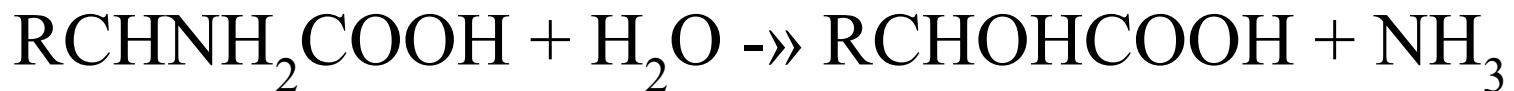
# Аммонификация

**Аммонификация - разложение, гниение белков с образованием аммиака. Аммонификация осуществляется редуцентами.**

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

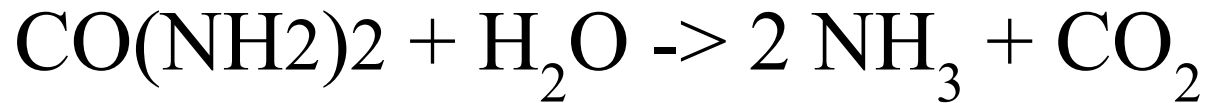


так и в анаэробных условиях:



# Аммонификация

В результате белкового обмена в животных организмах выделяется мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , которая тоже служит источником  $\text{NH}_3$ :



Вмешательство человека в круговорот азота состоит в следующем:

Сжигание древесины или ископаемого топлива ( $\text{NO}$ ). Оксид азота затем соединяется в атмосфере с кислородом и образует диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ), который при взаимодействии с водяным паром может образовывать азотную кислоту ( $\text{HNO}_3$ ).

Производство азотных удобрений и их широкое применение.

Увеличение количества нитрат-ионов и ионов аммония в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, смытых с полей азотных удобрений, а также очищенных и неочищенных коммунально-бытовых канализационных стоков.

# III. Круговорот фосфора

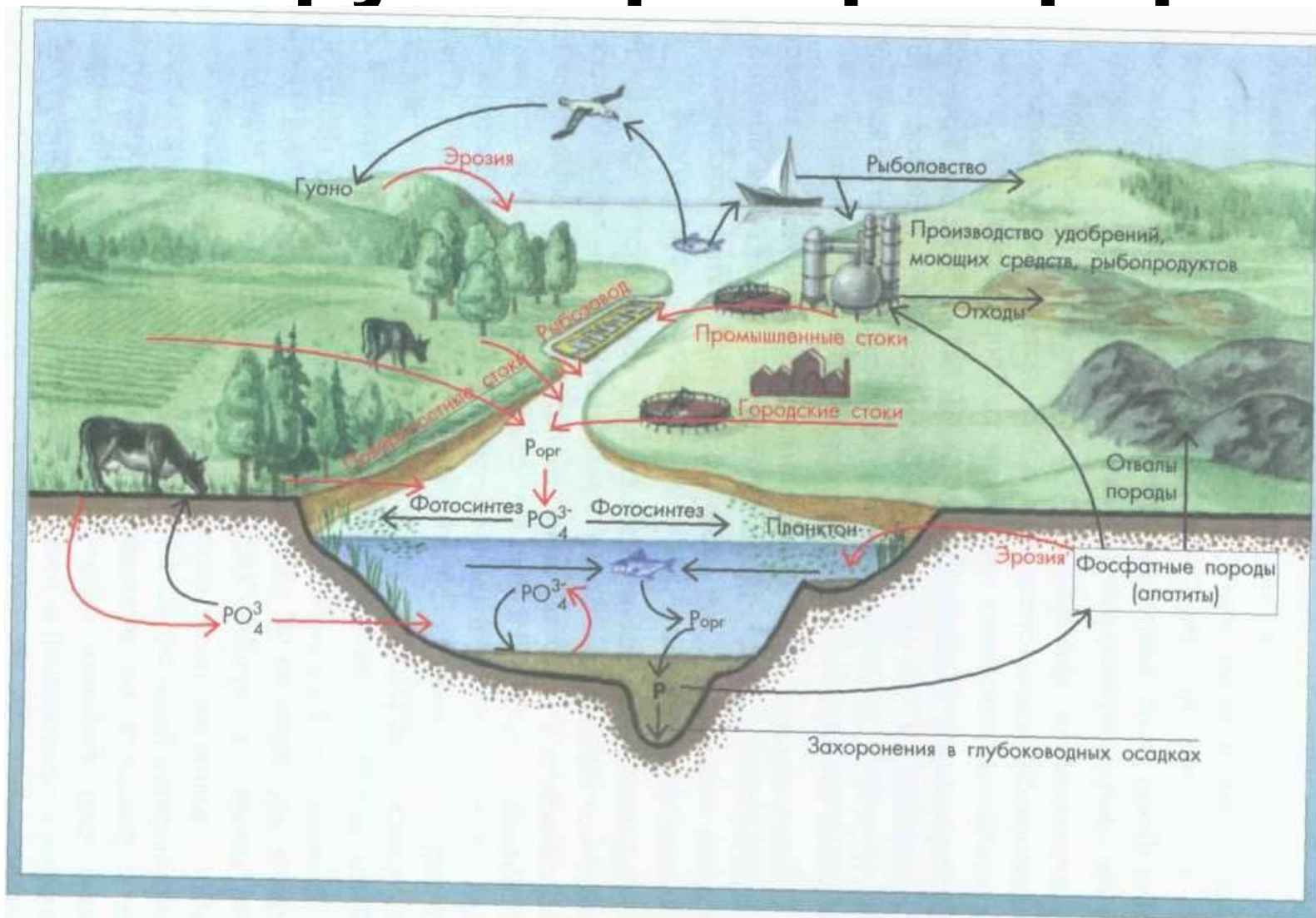


Рис. 4.7. Биотический круговорот фосфора: → - потребление фосфора; ↗ - поступление фосфора

**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.



## **Потребляется фосфор:**

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

**Поступление фосфора** в биотический круговорот происходит:

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

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.

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.

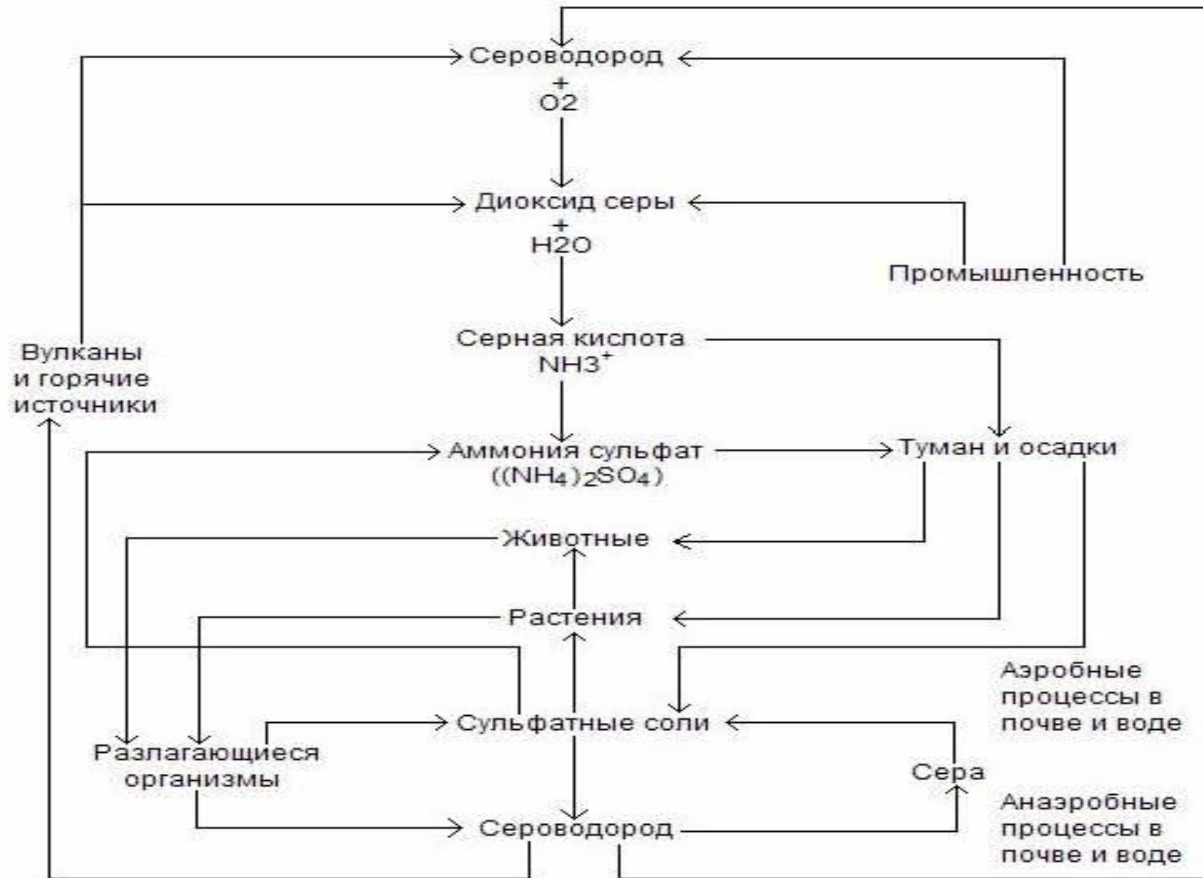
# Источники поступления фосфора в океаны:

- бытовые сточные воды, обогащенные фосфорсодержащими моющими средствами;
- промышленные сточные воды от предприятий, производящих удобрения;
- поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий.

Вмешательство человека в круговорот фосфора сводится в основном к двум вариантам:

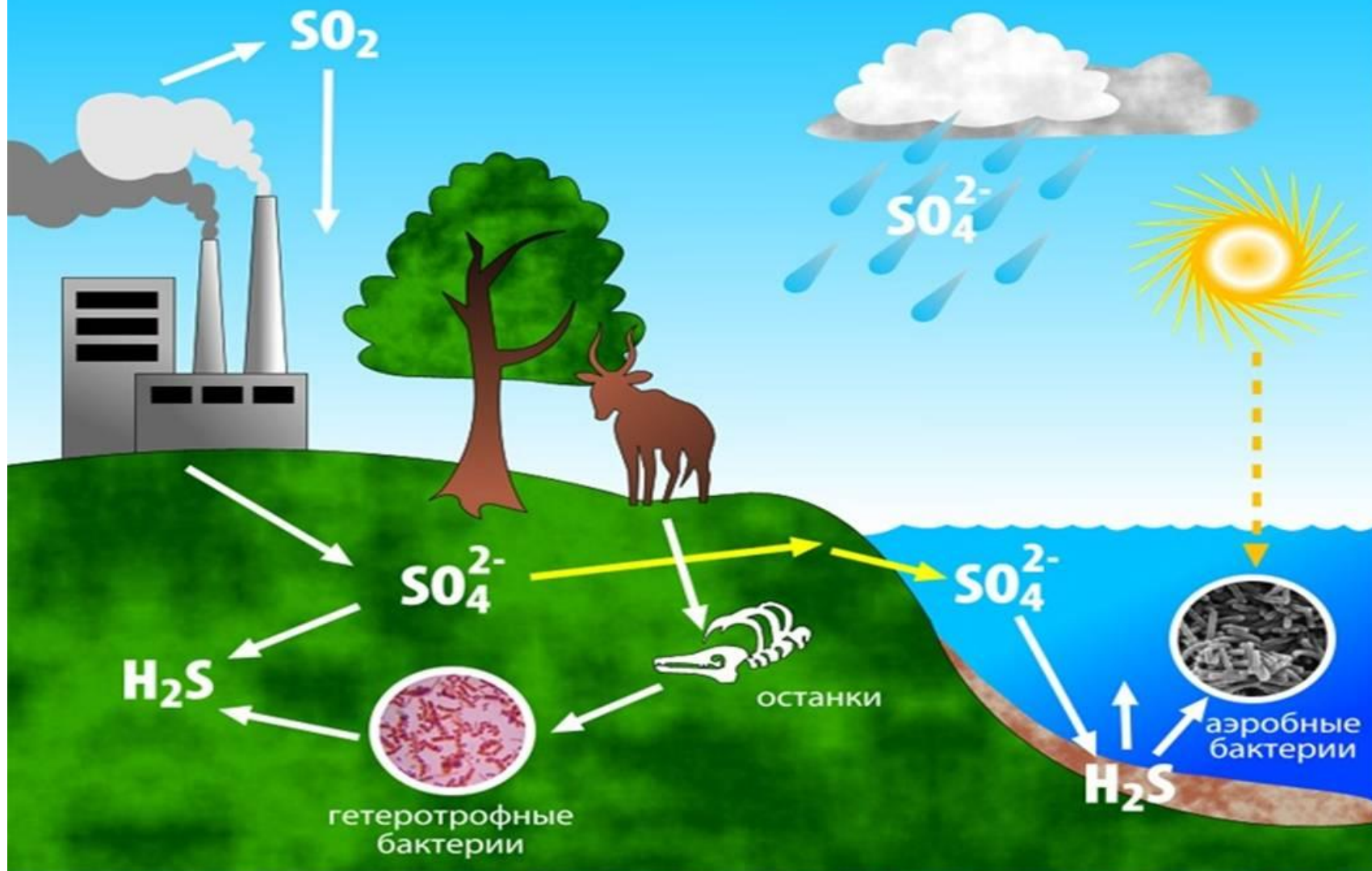
- добыча больших количеств фосфатных руд для производств минеральных удобрений и моющих средств,
- увеличение избытка фосфат-ионов в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, смытых с полей фосфатных удобрений, а также очищенных и неочищенных коммунально-бытовых стоков.

# Круговорот серы





# Цикл серы в природе



Около трети всех соединений серы и 99% диоксида серы, попадающих в атмосферу, имеют антропогенное происхождение.

- Сжигание серосодержащих углей и нефти для производства электроэнергии дает примерно **две трети** всех антропогенных выбросов диоксида серы в атмосферу.
- Оставшаяся **треть** выделяется во время таких технологических процессов, как переработка нефти, выплавка металлов из серосодержащих медных, свинцовых и цинковых руд.

# Круговорот воды (гидрологический цикл):

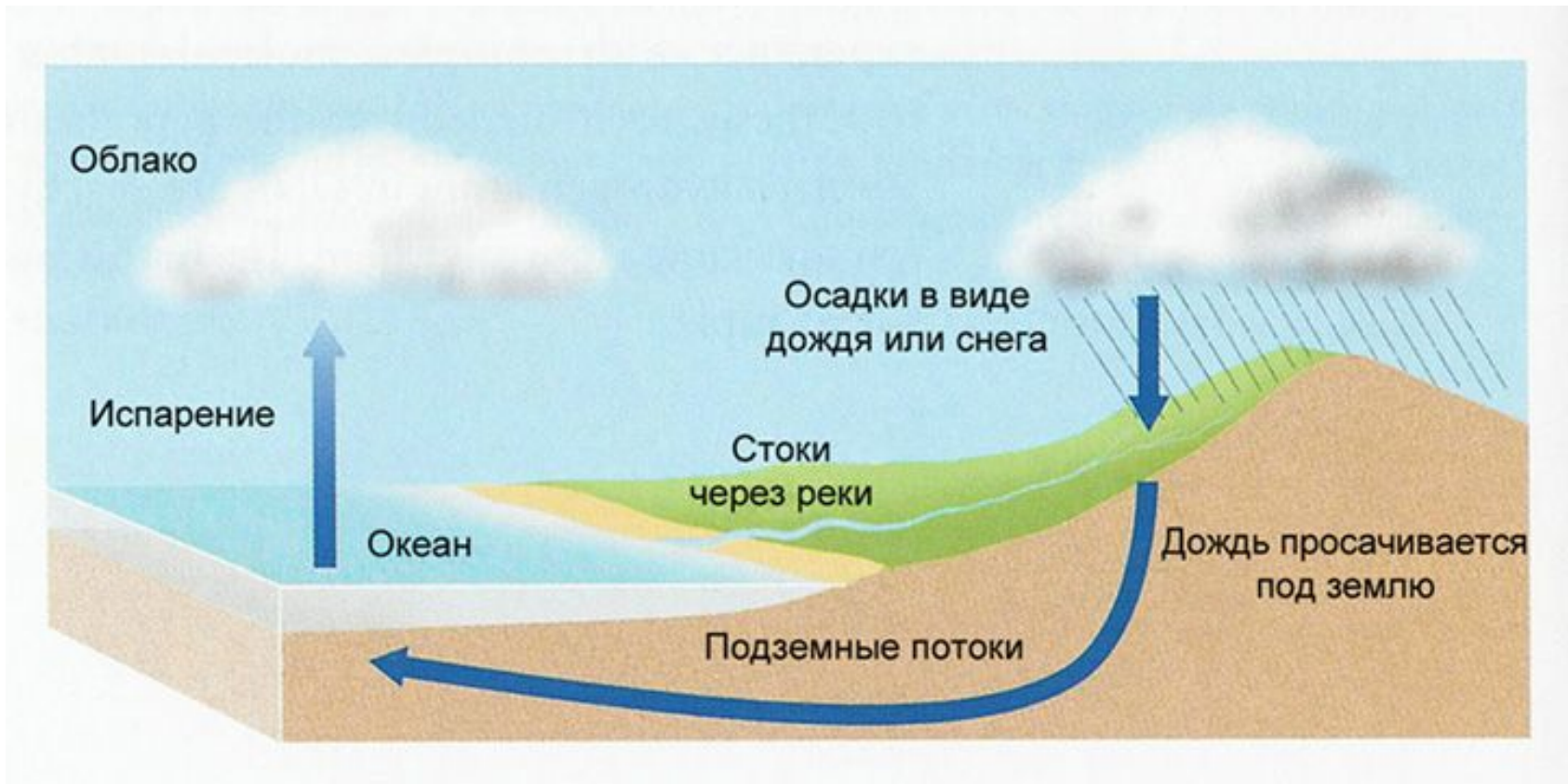
- переход из жидкого в газообразное и твердое состояние и обратно, - один из главных компонентов абиотической циркуляции веществ;
- происходят перераспределение и очистка планетарного запаса воды;
- время оборота пресной воды составляет примерно 1 год.

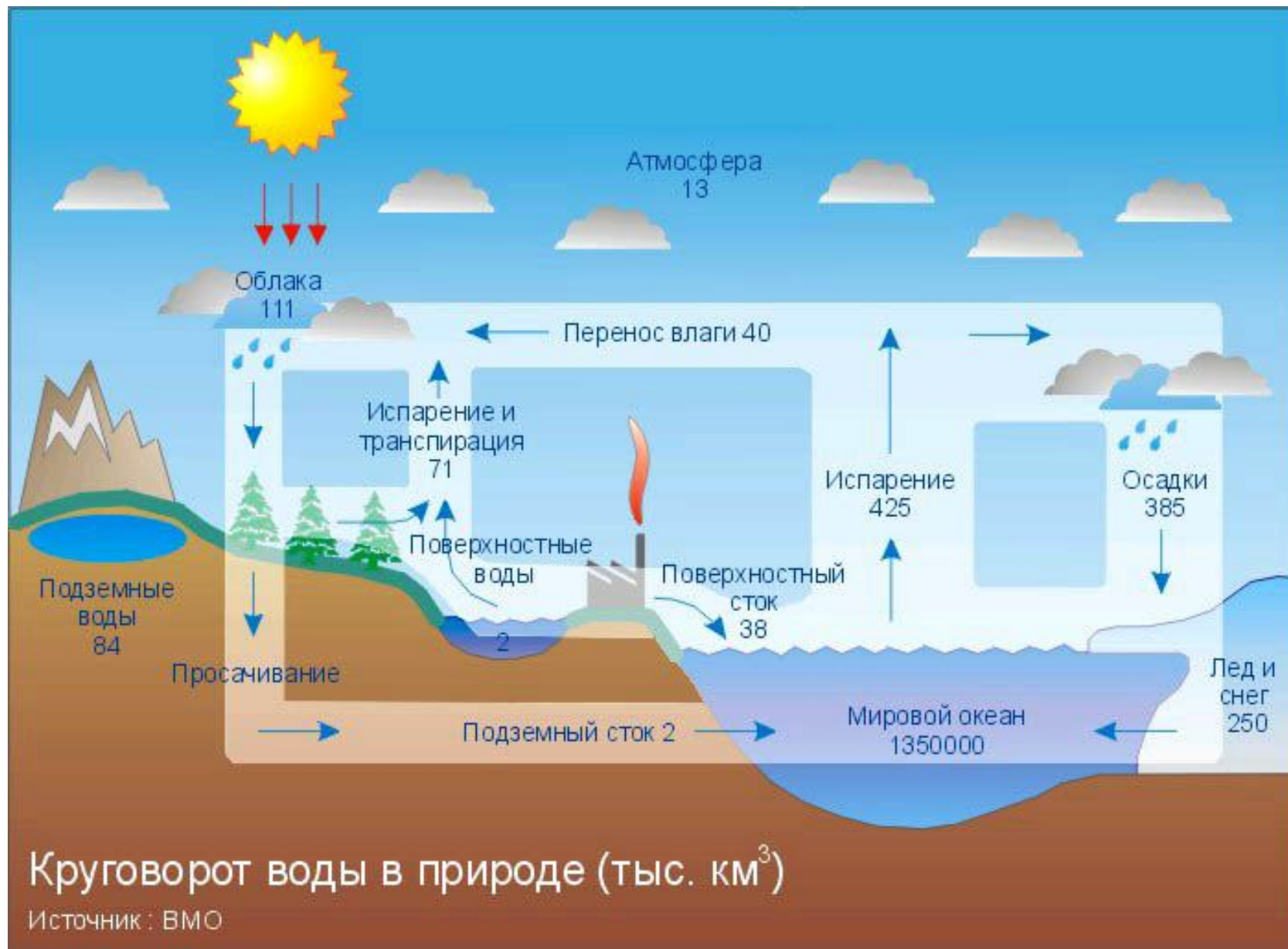
# Круговорот воды

Круговорот воды или **гидрологический цикл**, в процессе которого происходит накопление, очистка и перераспределение планетарного запаса воды.

Человек вмешивается в круговорот воды двумя способами:

1. Забор больших количеств пресной воды из рек, озер и водоносных горизонтов. В густозаселенных или интенсивно орошаемых районах водозабор привел к истощению запасов грунтовых вод или к вторжению соленой океанической воды в подземные водоносные горизонты.
2. Сведение растительного покрова суши в интересах развития сельского хозяйства, при добыче полезных ископаемых, строительстве дорог, автостоянок, жилья и других видах деятельности. Это приводит к уменьшению просачивания поверхностных вод под землю, что сокращает пополнение запасов грунтовых вод, увеличивает риск наводнений и повышает интенсивность поверхностного стока, тем самым, усиливая эрозию почв.





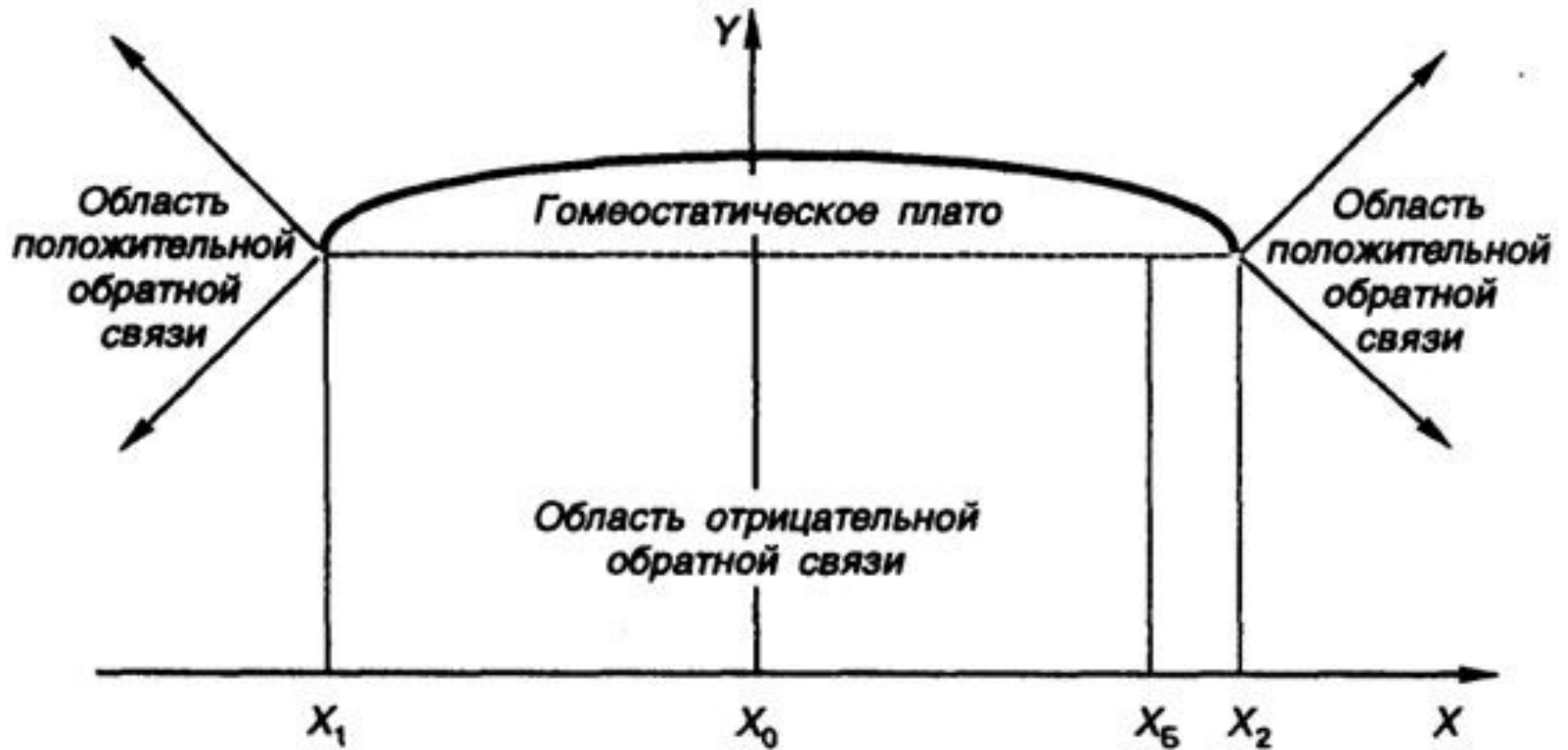
# ГОМЕОСТАЗ

- Биологические объекты находятся в постоянном взаимодействии с ОС.
- При малых временах состояние биологического объекта можно считать стационарным.
- **Гомеостаз** есть постоянство внутренней среды организма и устойчивость основных физиологических функций. Способность биологического объекта к авторегуляции при изменении ОС.

- Американский физиолог Уолтер Кеннон (Walter B. Cannon) в 1932 году предложил этот термин как название для *«координированных физиологических процессов, которые поддерживают большинство устойчивых состояний организма»*. В дальнейшем этот термин распространился на способность динамически сохранять постоянство своего внутреннего состояния любой открытой системы.
- Однако представление о постоянстве внутренней среды было сформулировано ещё в 1878 году французским учёным Клодом Бернаром.



- **Гомеостаз** (др.-греч. *ὁμοιοστάσις* от *ὁμοιος* — одинаковый, подобный и *στάσις* — стояние, неподвижность) — саморегуляция, способность **открытой системы** сохранять **постоянство** своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание **динамического равновесия**.
- Стремление системы воспроизводить себя, восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды.



### Схема гомеостаза:

$Y$  - какое-либо свойство биологического объекта;  
 $X$ -внешний фактор и его воздействие на биологический объект;  $X_Б$  - безопасный уровень воздействия фактора.

Область гомеостаза - это область **отрицательной обратной связи**, так как организм работает в сторону возвращения системы в исходное (стационарное) состояние. При сильных нарушениях гомеостаза объект может перейти в область **положительной обратной связи**, когда изменения, вызванные воздействием вредных веществ, могут стать необратимыми, и объект все дальше и дальше будет отклоняться от стационарного состояния.

# ТОЛЕРАНТНОСТЬ

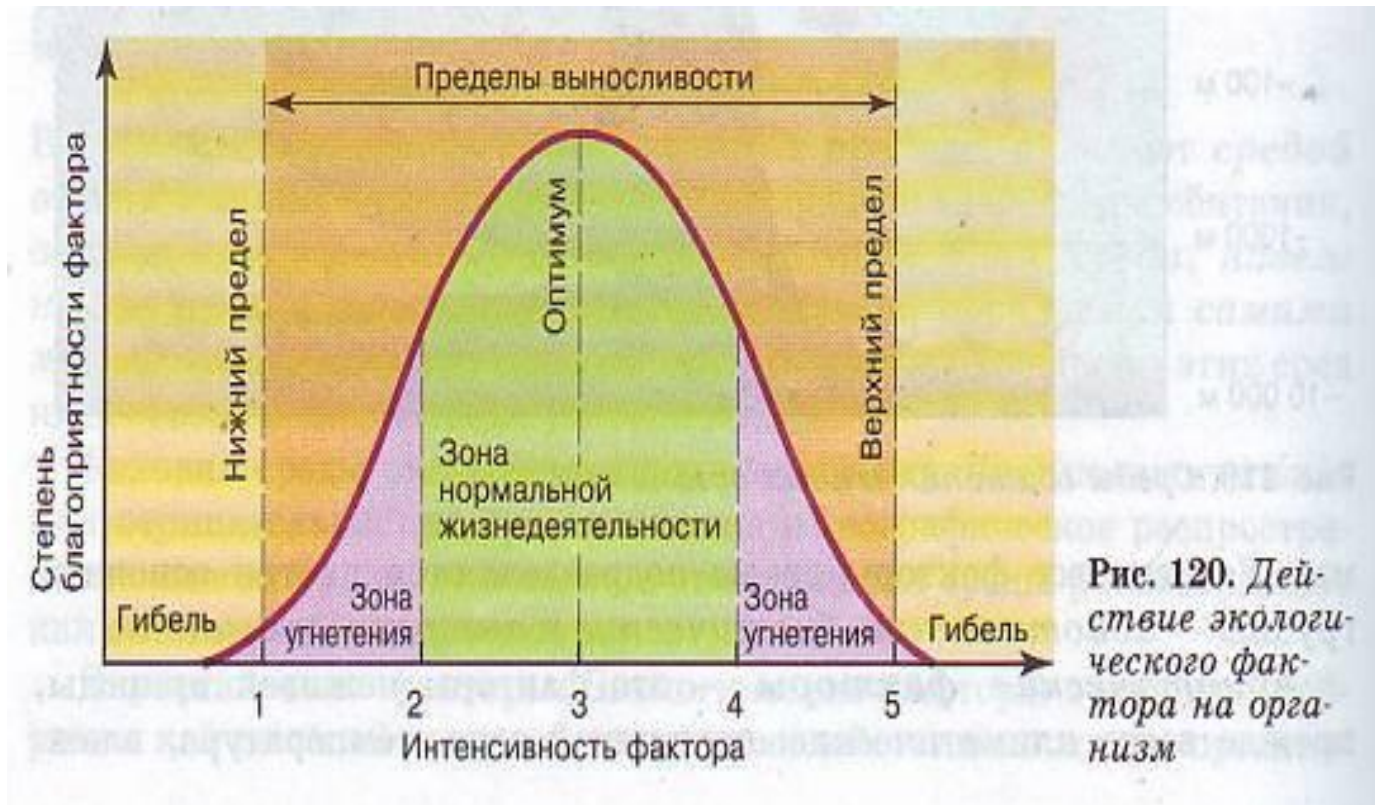
**Экологическая толерантность** - это способность организма переносить неблагоприятные условия окружающей среды.

Зона экологической толерантности – интервал значений конкретного экологического фактора или сочетания нескольких факторов, в котором обеспечивается устойчивое существование вида или реализация каких-либо его функции.

Виды с обширными ареалами, как правило, характеризуются высокой экологической толерантности к физическим факторам.

# ДИАПАЗОН ТОЛЕРАНТНОСТИ

- минимальное и максимальное значение экологического фактора, переносимого данным организмом или экосистемой в целом.



# ТОЛЕРАНТНОСТЬ В ТОКСИКОЛОГИИ

- Способность организма переносить воздействие определенного количества вещества без развития токсических эффектов.

- Толерантность (от лат. *tolerantia* - терпение, терпимость), выносливость организма (вида) к действию данного экологического фактора.
- Лимитирующим фактором процветания организма может являться как минимум (недостаток), так и максимум (избыток) воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору.
- **Закон толерантности** — закон, согласно которому существование вида определяется **лимитирующими факторами**, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме. Толерантность-способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

- В середине XIX в. немецкий ученый-агрохимик Ю. Либих изучал процессы питания растений и влияние разнообразных факторов и элементов питания на их рост. Он установил, что урожай культур зачастую ограничивается (лимитируется) не теми элементами питания, которые требуются в больших количествах, например углекислым газом и водой (обычно эти вещества присутствуют в среде в изобилии), а теми, которые необходимы в минимальных количествах, но которых и в почве очень мало (например, цинк). Либих писал: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени».
- В простейшем виде, применительно к конкретным опытам ученого, **закон минимума Либиха** гласит: рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве (минимуме). В современной формулировке закон минимума звучит так: **выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей.**



- Закон минимума Либиха можно пояснить на таком примере. Пусть в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например бора или цинка. Рост растений на такой почве будет угнетен. Если добавить в почву нужное количество бора (цинка), то это приведет к увеличению урожая. Но если вносить любые другие химические соединения (например, азот, фосфор, калий) и даже удастся добиться того, что все они будут содержаться в оптимальных количествах, а бор (цинк) будет отсутствовать, это не даст никакого эффекта.
- При формулировании своих обобщений Либих пользовался определением «лимитирующий» по отношению к факторам среды. В экологии под **лимитирующим** (ограничивающим) **фактором** понимается любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. Им может быть любой из действующих в природе экологических факторов: вода, тепло, свет, ветер, рельеф, содержание в почве необходимых для жизнедеятельности растений солей и химических элементов, а в водной среде — химизм и качество воды, количество доступного кислорода и углекислого газа. Такими факторами могут быть конкуренция со стороны другого вида, присутствие хищника или

- Изучая лимитирующее действие экологических факторов на насекомых, американский зоолог В. Шелфорд пришел к выводу, что **лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.** В экологии такое положение носит название закона толерантности Шелфорда, сформулированного им в 1913 г. Диапазон между минимумом и максимумом определяет величину выносливости организма, который можно характеризовать экологическим минимумом и экологическим максимумом (рис. 2). В этих пределах и может существовать данный организм.
- Благоприятный диапазон действия экологического фактора называется **зоной оптимума** (нормальной жизнедеятельности). Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется зоной угнетения. Максимально и минимально переносимые значения фактора — это критические точки, за пределами которых существование организма или популяции уже невозможно.

- Кривая толерантности почти всегда имеет форму колокола. Но она может быть крутой или пологой – в зависимости от того, в каком диапазоне значений фактора может существовать организм (рис. 1).



Если кривая оказывается пологой (рис. 2), это означает, что диапазон достаточно широк. Организмы, приспособившиеся существовать в широком диапазоне внешних условий, называются **эврибионтными организмами**, или **эврибионтами**.



Если же изгиб кривой крутой (рис. 3), это означает, что диапазон значений фактора, при которых может существовать организм, узкий. Организмы, обитающие в узком диапазоне фактора, называются *стенобионтными организмами*, или *стенобионтами*. Например, окунь – эврибионт, его можно встретить в самых разных водоемах: в теплых и холодных, в стоячих и текущих. А вот форель – стенобионтный организм. Она живет только в холодных ручьях и реках, вода в которых богата кислородом.

