



# Устойчивое развитие

## Лекция №3

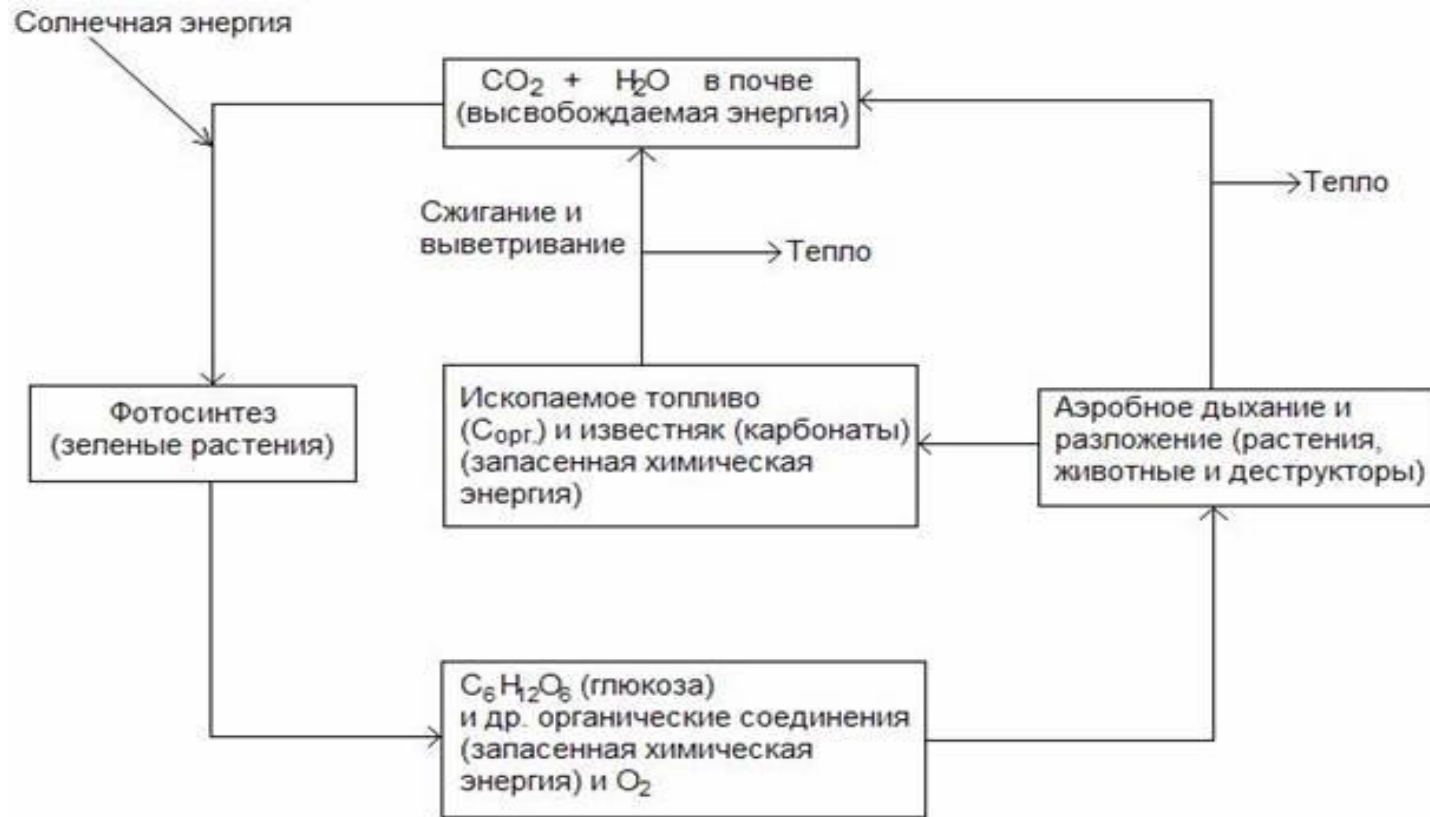


# Биосфера

## часть 2

# **КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ В ЭКОСИСТЕМАХ**

# I. Круговорот углерода



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



Углерод является основным «строительным материалом» молекул углеводов, жиров, белков, нуклеиновых кислот (таких как ДНК и РНК) и других важных для жизни органических соединений.

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.

# II. Круговорот азота

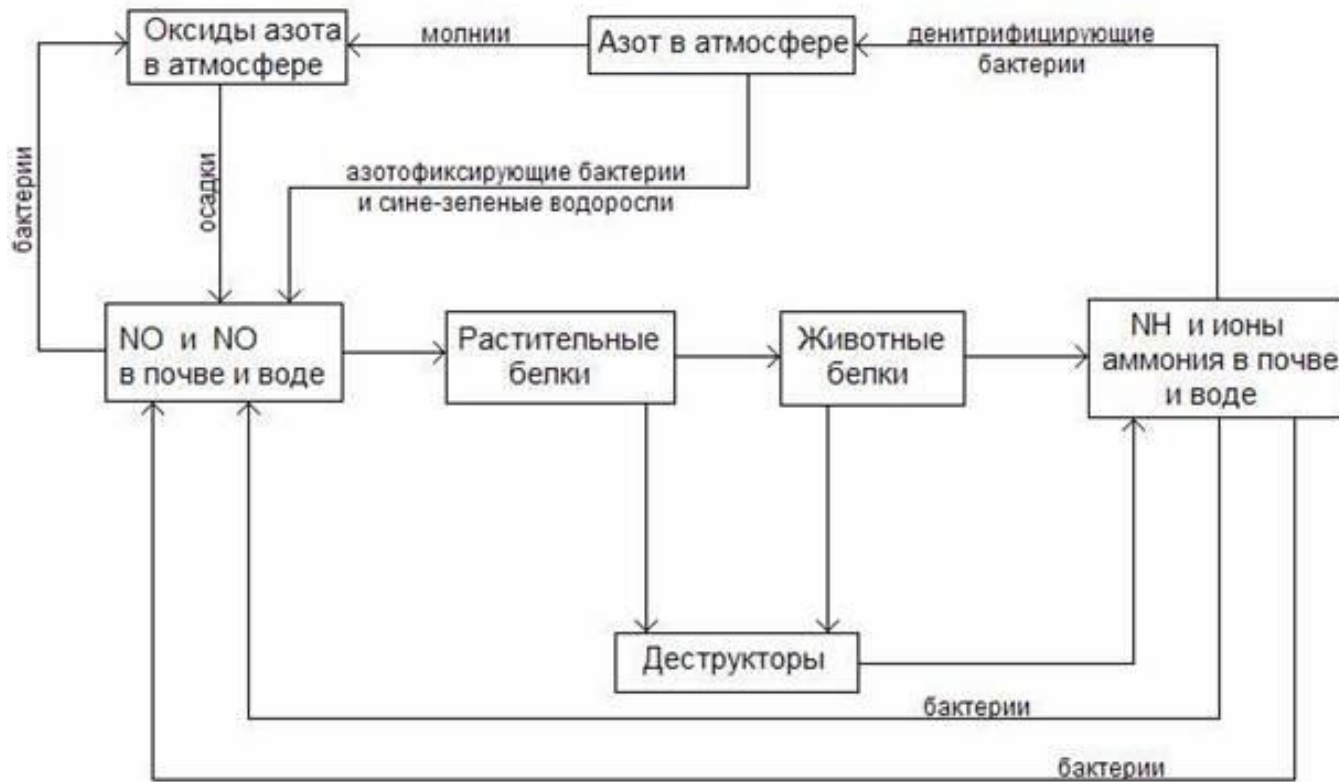
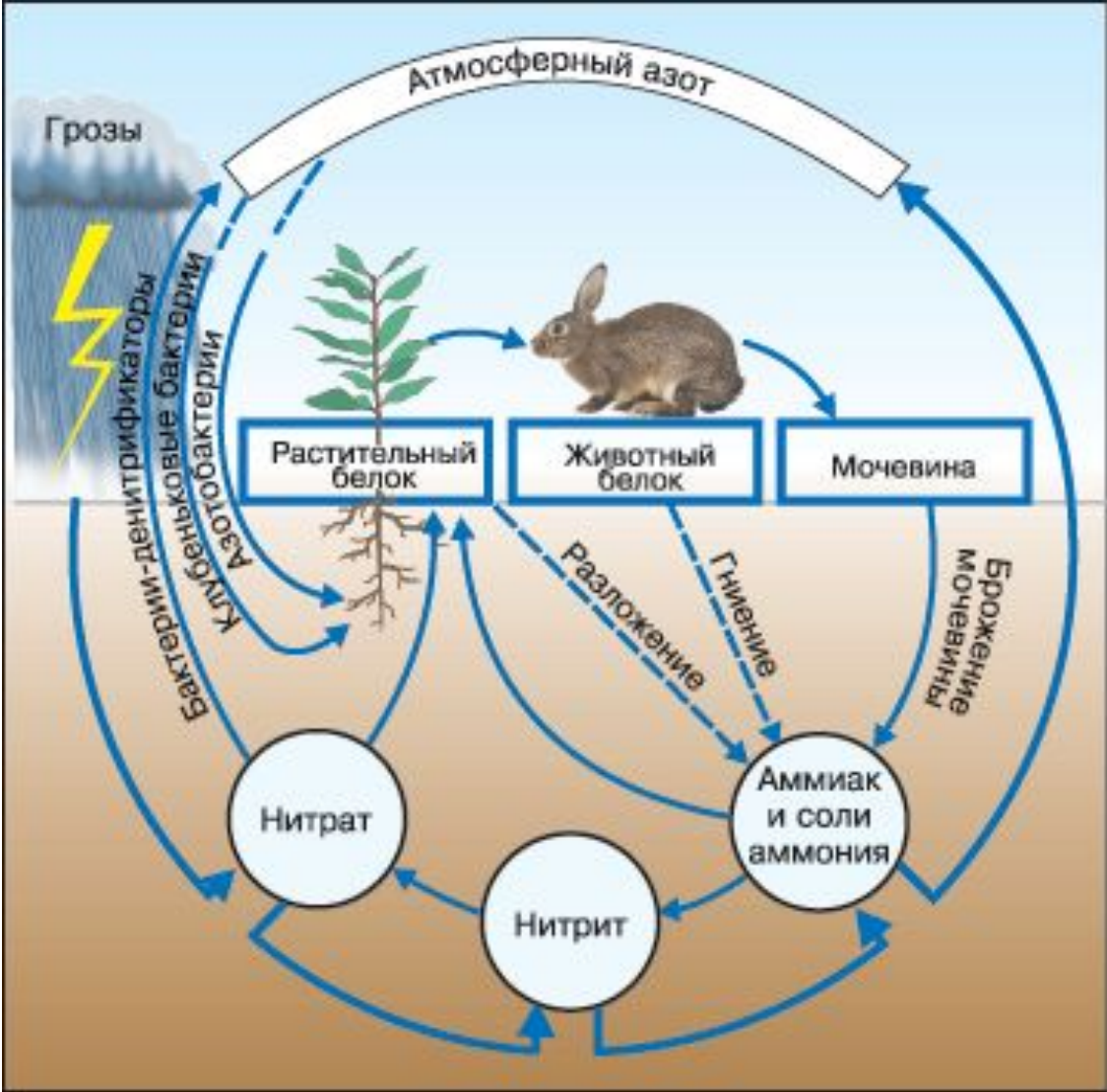


Рис. Упрощенная диаграмма круговорота азота.





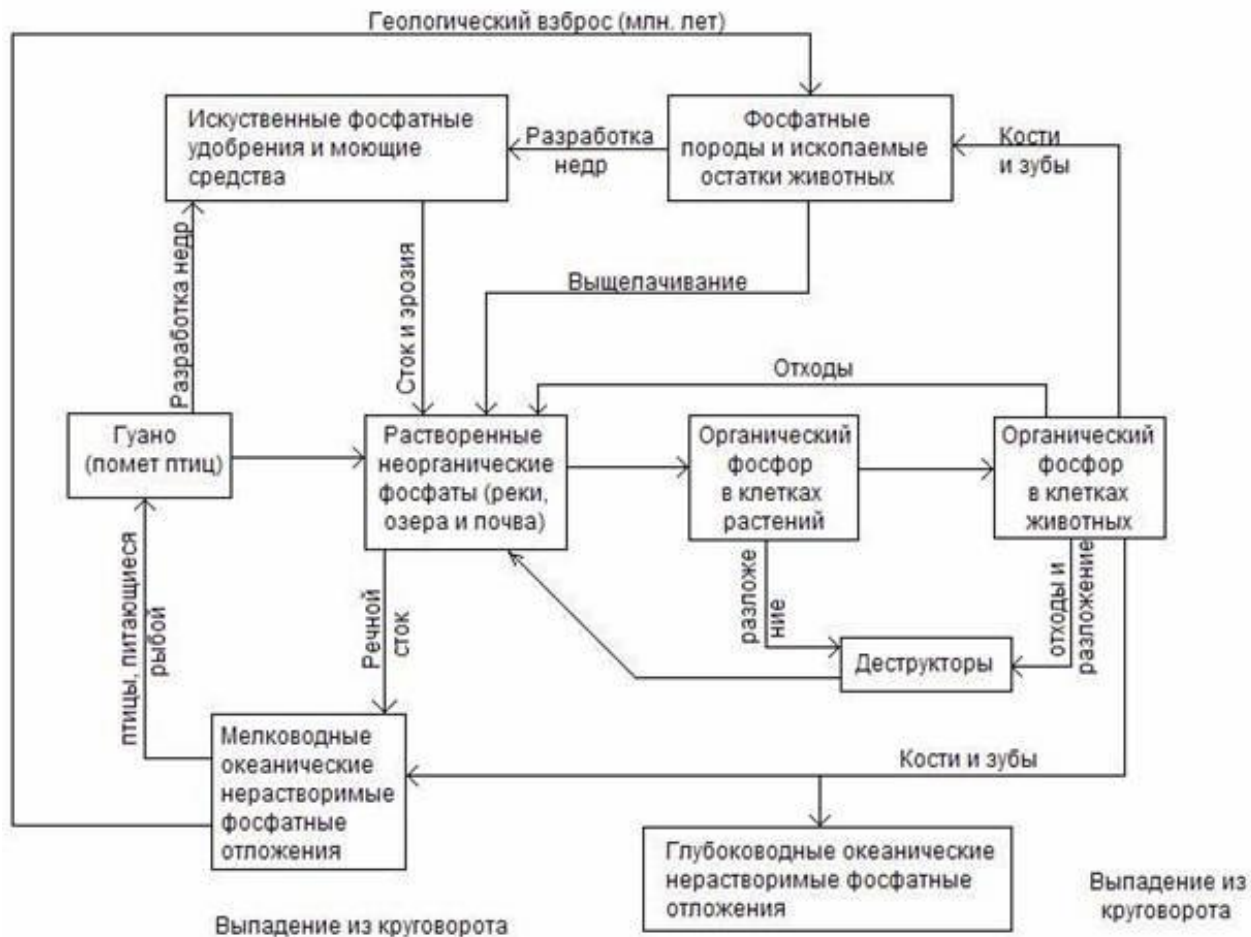
Вмешательство человека в круговорот азота состоит в следующем:

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.** Упрощенная диаграмма круговорота фосфора.

1. разработка недр
2. разработка недр
3. сток и эрозия
4. выщелачивание
5. выщелачивание и эрозия
6. речной сток
7. разложение
8. отходы и разложение
9. птицы, питающиеся рыбой.

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.

# IV. Круговорот серы

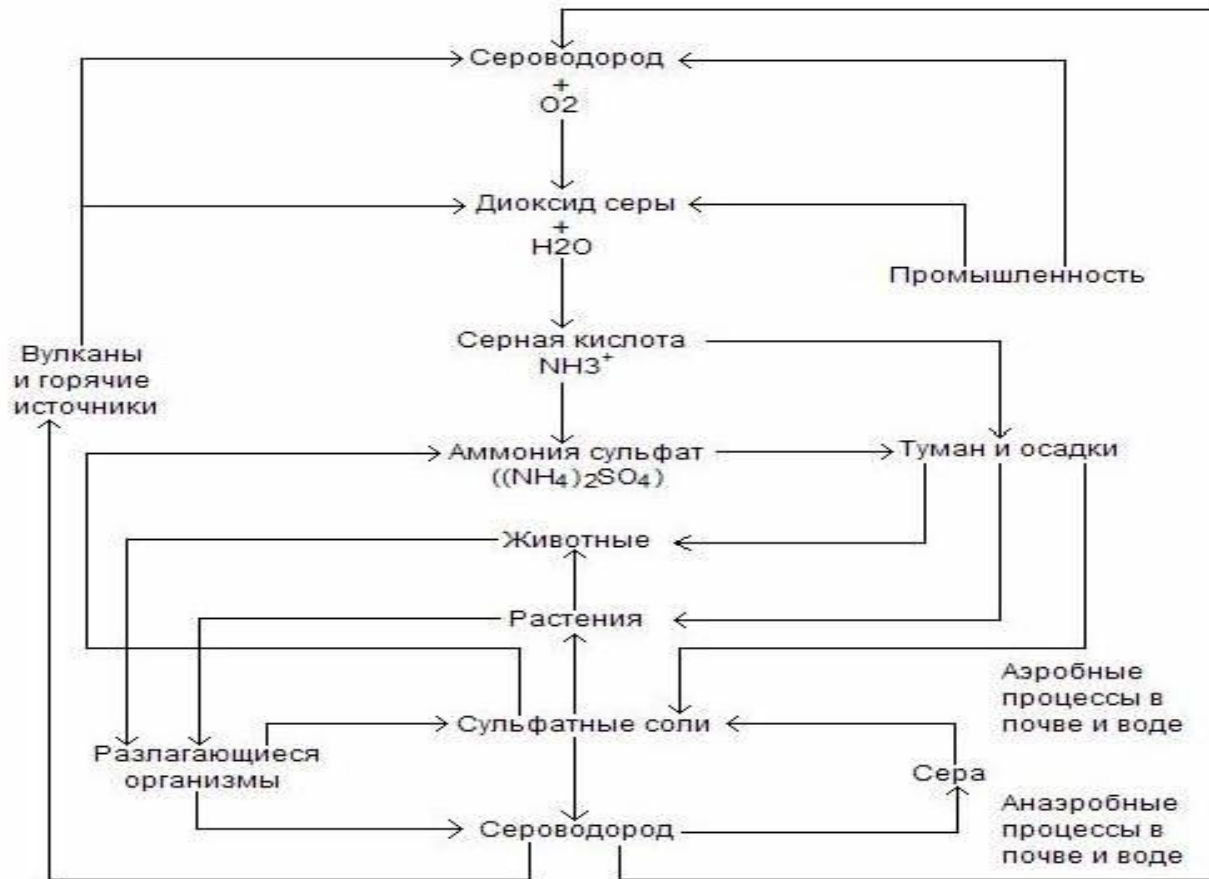
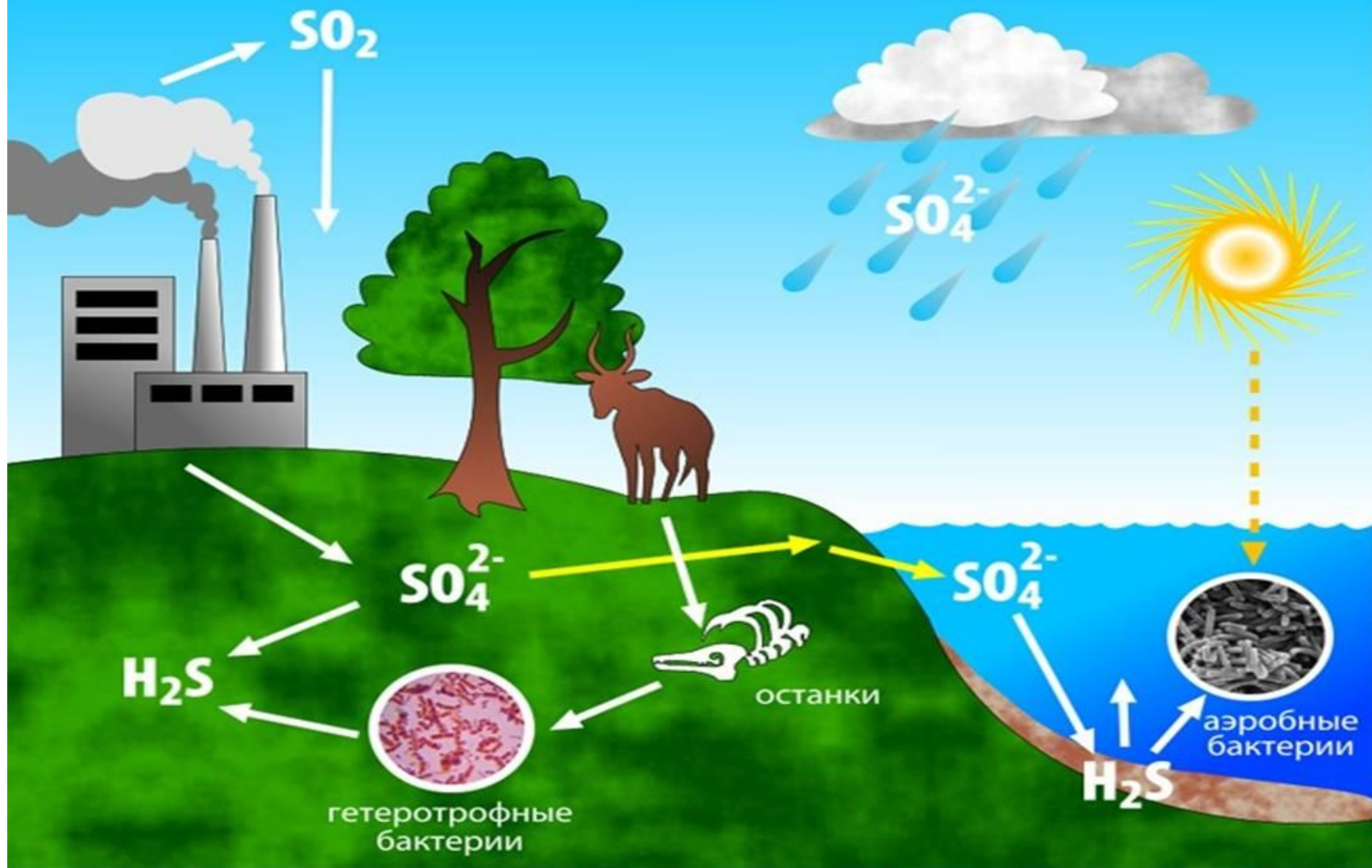


Рис. Упрощенная диаграмма круговорота серы.

# Цикл серы в природе

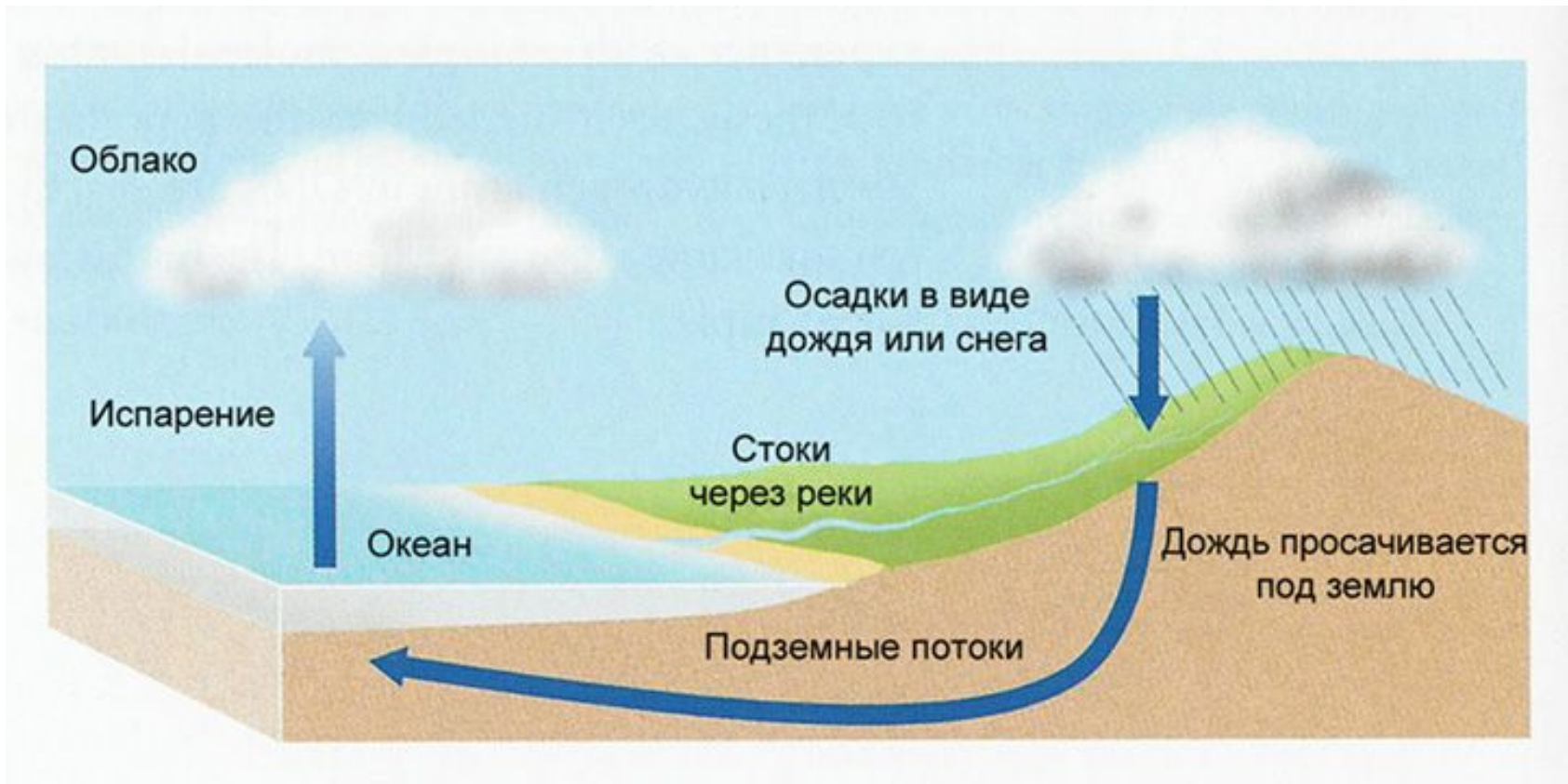


Около трети всех соединений серы и 99% диоксида серы, попадающих в атмосферу, имеют антропогенное происхождение.

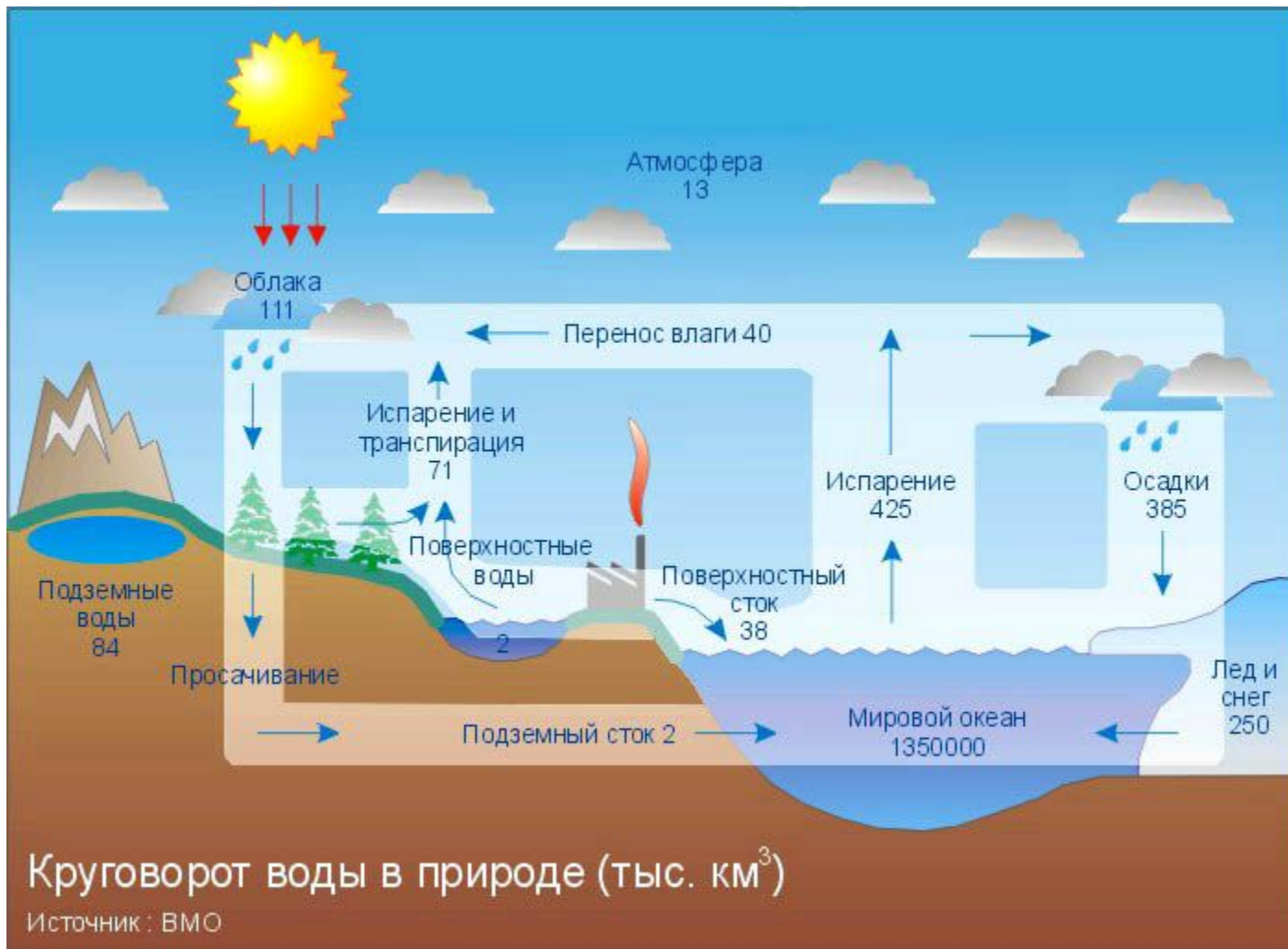
- Сжигание серосодержащих углей и нефти для производства электроэнергии дает примерно **две трети** всех антропогенных выбросов диоксида серы в атмосферу.
- Оставшаяся **треть** выделяется во время таких технологических процессов, как переработка нефти, выплавка металлов из серосодержащих медных, свинцовых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

# V. 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.





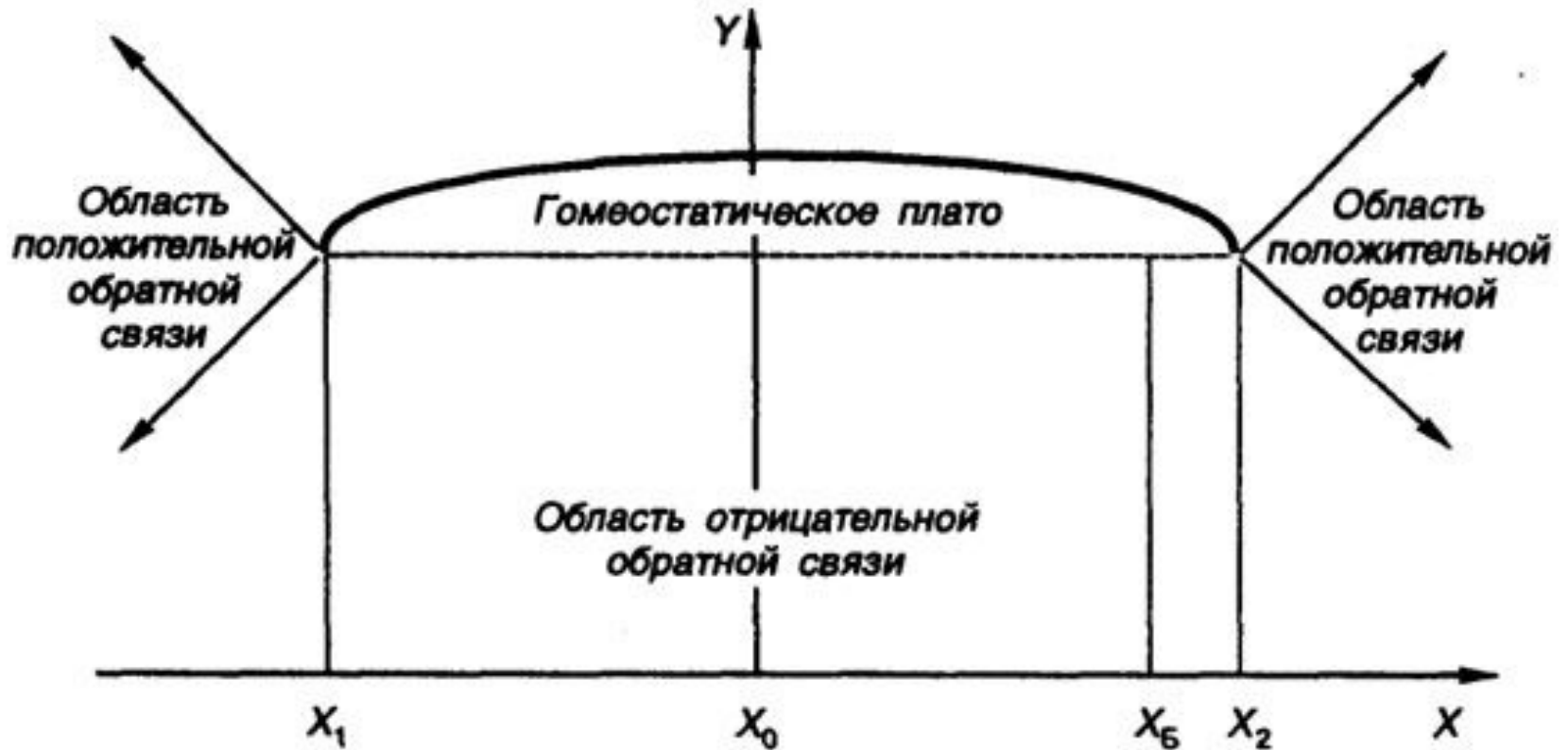


# ГОМЕОСТАЗ

- 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.

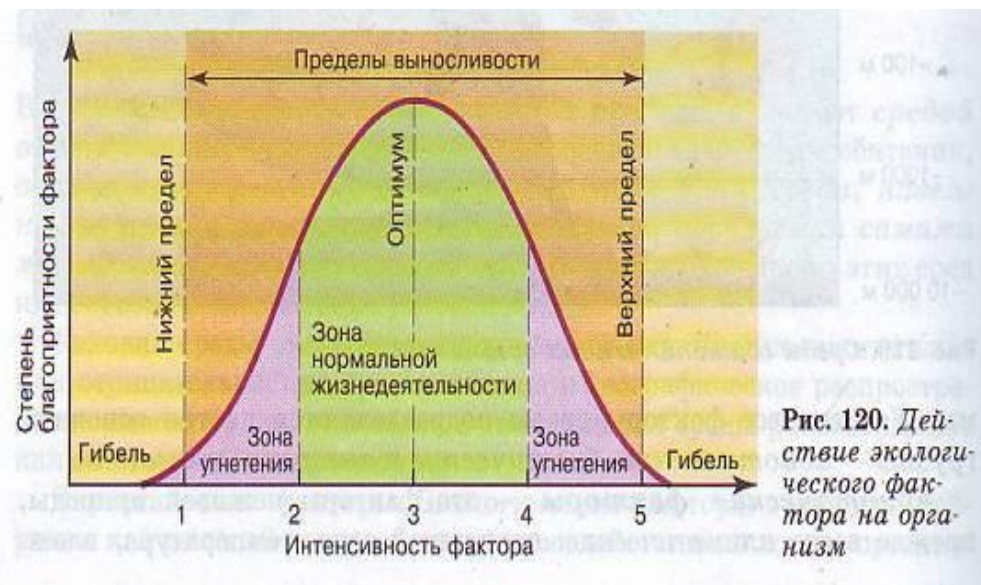
Область гомеостаза - это область **отрицательной обратной связи**, так как организм работает в сторону возвращения системы в исходное (стационарное) состояние. При сильных нарушениях гомеостаза объект может перейти в область **положительной обратной связи**, когда изменения, вызванные воздействием вредных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

# ТОЛЕРАНТНОСТЬ

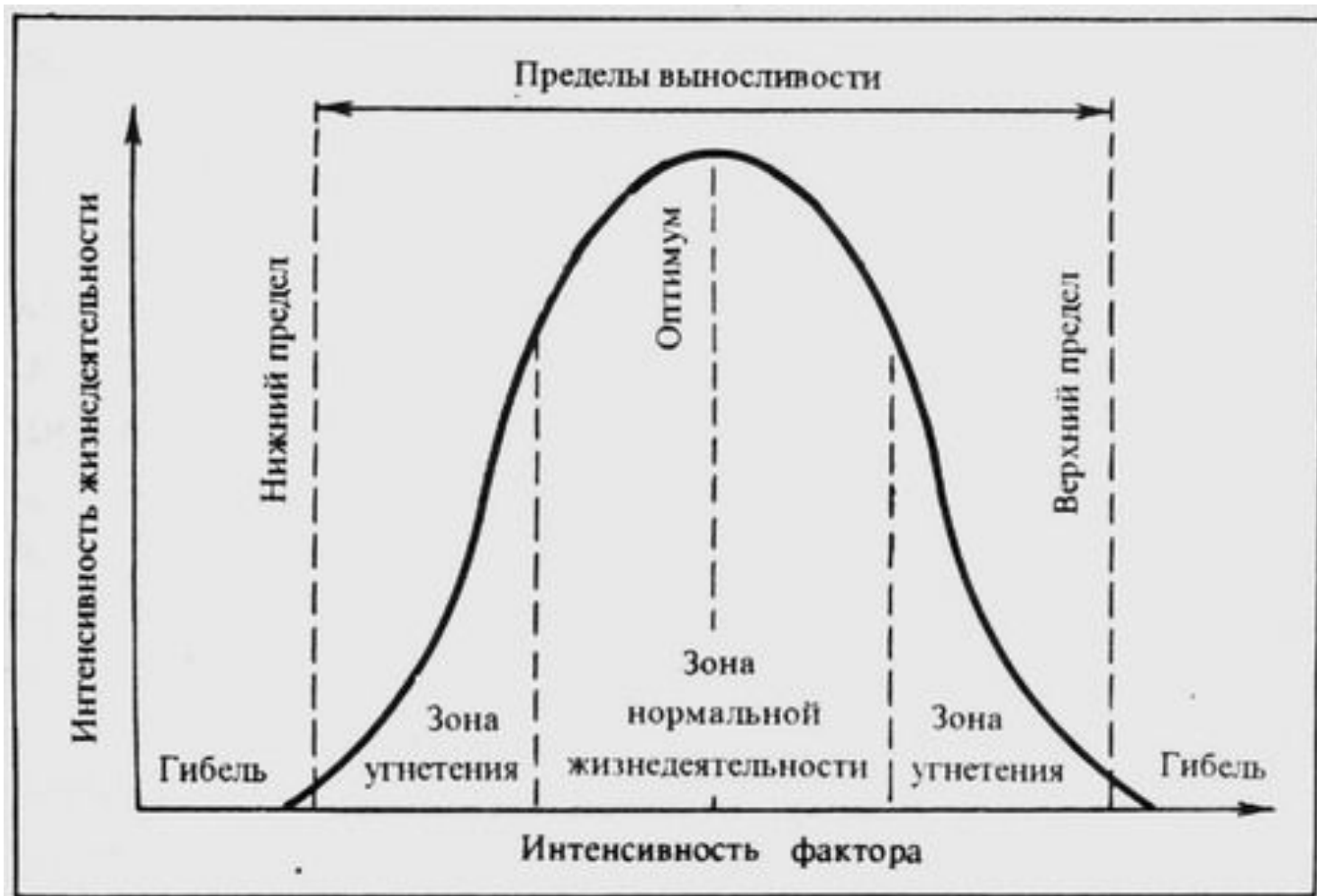
**Экологическая толерантность** - это способность организма переносить неблагоприятные условия окружающей среды. Зона экологической толерантности – интервал значений конкретного экологического фактора или сочетания нескольких факторов, в котором обеспечивается устойчивое существование вида или реализация 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.**

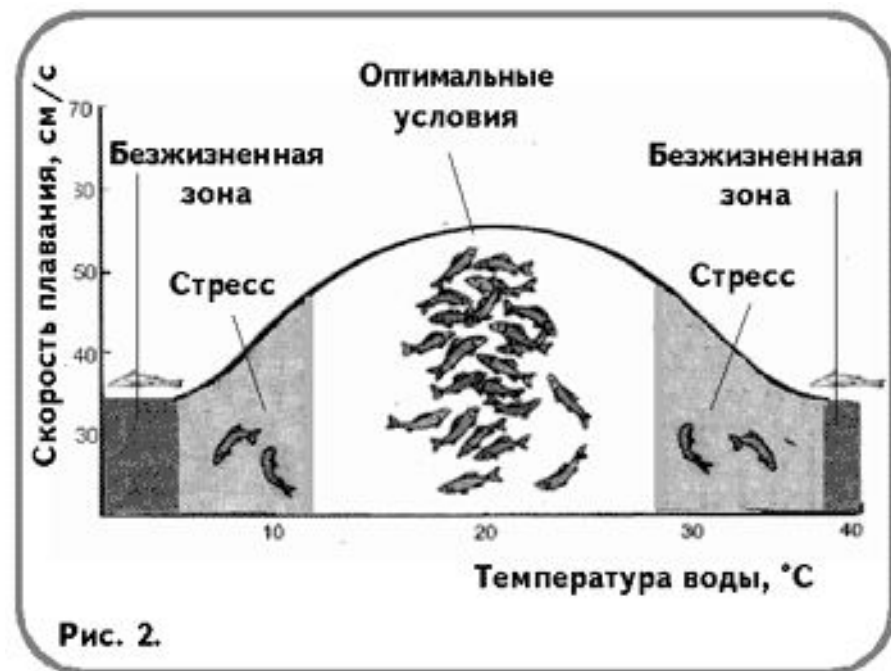
- Закон минимума Либиха можно пояснить на таком примере. Пусть в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например бора или цинка. Рост растений на такой почве будет угнетен. Если добавить в почву нужное количество бора (цинка), то 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.

