

1. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

Экология – наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

Объект исследований – экосистема (экологическая система).

Предмет экологии – исследование структуре связей между элементами экосистем – живыми организмами разного уровня организации (отдельные организмы, популяции, сообщества) и средой их обитания.

Методы экологических исследований:

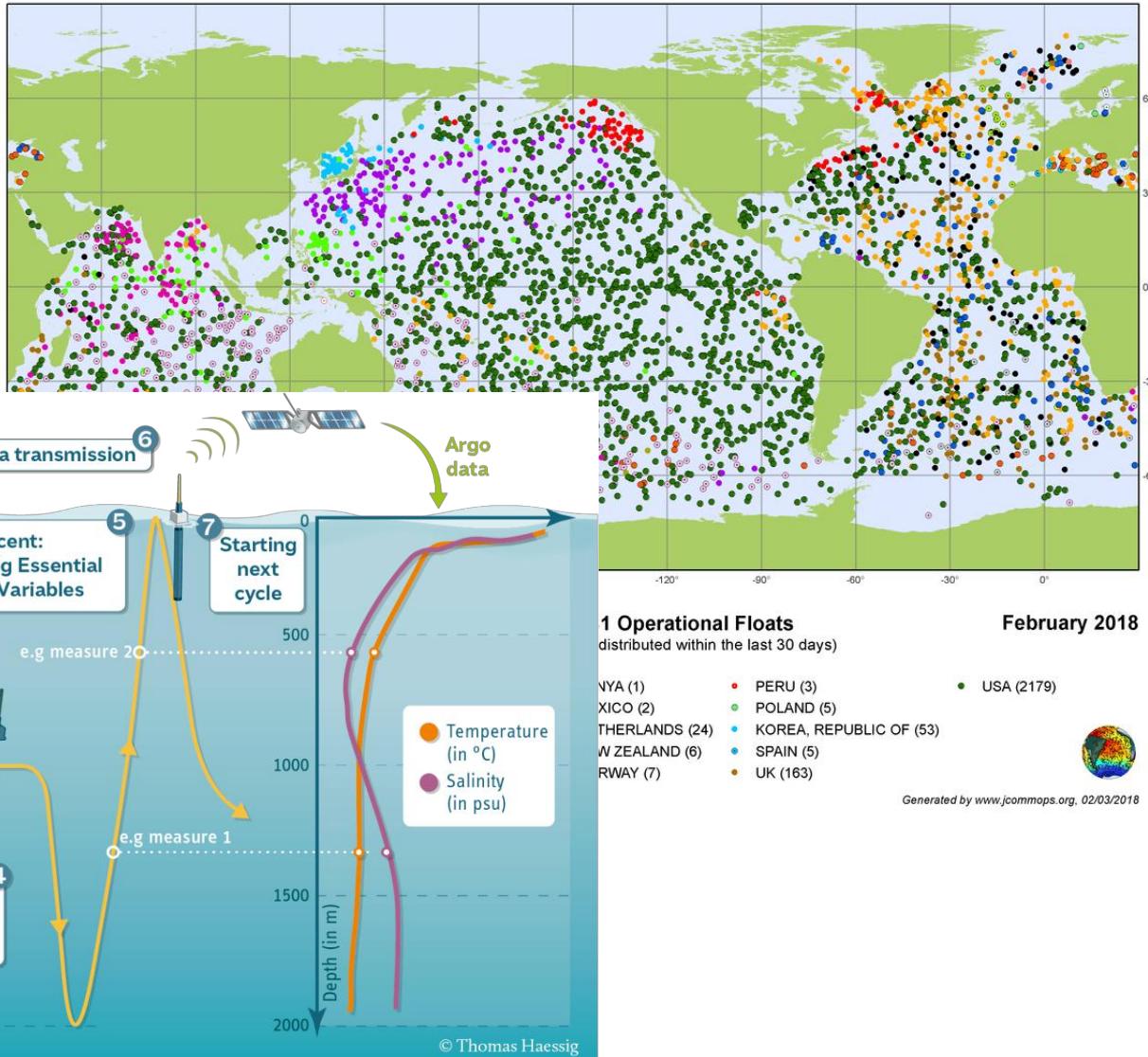
- сбор и анализ информации о компонентах экосистем, о их взаимосвязи, о факторах влияния, составление баз данных, выявление закономерностей и трендов развития;
- эксперимент,
- моделирование.

Т.к. объектом экологии выступает экосистема (экологическая ***система***), то основным методическим направлением является ***системный анализ*** – исследования объекта как системы.

Методы экологических исследований (пример)

Сбор и накопление информации о природной среде

Проект Арго



Системный анализ – научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структуры связей между переменными и постоянными компонентами системы, а также динамики во времени этой структуры.

Экология – охрана природы - природопользование

Три базовых понятия в сфере взаимоотношений человека и природы:

экология (научные аспекты),

охрана природы (юридические аспекты и организационные мероприятия),

природопользование (технологические и экономические аспекты).

Охрана природы – комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Природоохранительные меры предусмотрены в земельном, лесном, водном и другом федеральном законодательстве (ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»). Плата за загрязнение окружающей среды и размещение отходов с предприятий, осуществляющих любые виды деятельности, связанные с природопользованием. В международном масштабе наряду с созданием международных организаций по отдельным проблемам охраны природы действует Программа ООН по окружающей среды.

В основе – знание экологических закономерностей

Природопользование подразделяется на рациональное и нерациональное.

При рациональном природопользовании осуществляется максимально полное удовлетворение потребностей в материальных благах при сохранении экологического баланса и возможностей восстановления природно-ресурсного потенциала.

Поиск такого оптимума хозяйственной деятельности для конкретной территории или объекта является важной прикладной задачей науки природопользования. Достижения данного оптимума получило название «устойчивое развитие».

При нерациональном природопользовании происходит экологическая деградация территории и необратимое исчерпание природно-ресурсного потенциала.

В основе – знание экологических закономерностей

Американский эколог Р. Риклефс писал:

«Если мы хотим достичь какого-то согласия с Природой, то нам в большинстве случаев придется принимать ее условия».

Это означает, что есть вещи, которые необходимо знать, занимаясь практическим природопользованием, и которые следует класть в основу экологического образования.

Законы Коммонера

Основные экологические положения в афористической форме.

Сформулировал американский эколог Б. Коммонер в 1974 г.

1. Все связано со всем
2. Все должно куда-то деваться
3. Природа знает лучше
4. Ничто не дается даром (за все надо платить)

Основные характерные признаки живых организмов

Живые организмы обладают рядом признаков, которые отсутствуют у неживых систем:

- *единство химического состава;*
- *обмен веществ и энергии;*
- *размножение (самовоспроизведение и наследственность);*
- *саморегуляция.*

Едinstvo химического состава – 98% химического состава всех живых организмов приходится на углерод, кислород, азот и водород.

Обмен веществ и энергии (метаболизм) живых организмов окружающей среды – питание и дыхание.

Питание – процесс потребления вещества и энергии (в виде пищи).

Дыхание – процесс высвобождения энергии из органического вещества пищи при его окислении

Размножение (самовоспроизведение и наследственность).

Уникальное свойство живой материи – увеличение числа особей с наследованием всех признаков и свойств. В основе этого явления лежит способность к образованию новых биологических молекул и структур в организме в соответствии с наследственной информацией, содержащейся в нуклеиновых кислотах (ДНК).

Саморегуляция – система поддержания процессов жизнедеятельности и противодействия неуправляемому распаду структур и свойств.

Уровни организации живой материи.

Для живой материи характерны различные уровни организации ее структур, между которыми существует сложное иерархическое соподчинение:

1. Молекулярный уровень
2. Клеточный уровень
3. Организменный уровень
4. Популяционно-видовой уровень
5. Экосистемный уровень
6. Биосферный уровень

Уровни организации живой материи.

1. Молекулярный уровень:

биологические макромолекулы (белки, нуклеиновые кислоты, жиры, углеводы и др.) и молекулярные комплексы (рибосомы – РНК+белок , ферменты – белок+атомы металла, углевод-белковые комплексы и др.)

Процессы на этом уровне:

хранение и передача генетической (наследственной) информации, обмен веществ и превращение энергии

Уровни организации живой материи.

2. Клеточный уровень

Все организмы структурно состоят из клеток – элементарных структурных единиц, имеющих сходное строение.

Процессы на этом уровне:

синтез и распад веществ, энергией, рост,
размножение, реакция на внешние
раздражители

Уровни организации живой материи.

3. Организменный уровень

Элементарная единица – особь, состоящая из тканей и органов, которые в свою очередь состоят из клеток.

Процессы на этом уровне:

рост, развитие, размножение, саморегуляция, реакция на внешние раздражители, приспособление

Уровни организации живой материи.

4. Популяционно-видовой уровень

Совокупность однородных организмов с единым происхождением, образом жизни и местом обитания. Популяции, виды.

Процессы на этом уровне:

эволюция, адаптация, взаимодействие с другими популяциями

Уровни организации живой материи.

5. Экосистемный уровень

Биогеоценоз (экосистема) - совокупность организмов разных видов и факторы среды их обитания. На этом уровне действуют законы межвидовых отношений. В результате взаимодействия биоценоза и окружающей среды образуется экологическая система (экосистема).

Процессы на этом уровне:

Биохимический круговорот веществ и поток энергии, поддерживающие жизнь

Уровни организации живой материи.

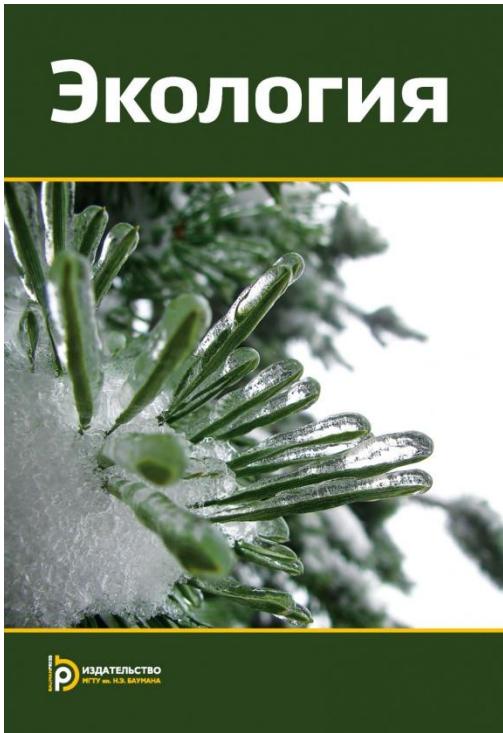
6. Биосферный уровень

совокупность всех экосистем (биогеоценозов) на планете Земля со всеми сложными связями и взаимоотношениями между составляющими их частями.

Процессы на этом уровне:

Активное взаимодействие живых и неживых веществ планеты, биологический глобальный круговорот веществ и энергии

Учебное пособие Экология – по материалам лекций в МГТУ им. Н.Э. Баумана



Экология / Корсак М.Н., . Мошаров С.А, Пестряков А.П. и др.

- 3-е изд., Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 240 с. - ISBN 978-5-7038-3912-6.



Экология : учеб. пособие / Александров А.А., Корсак М.Н., Мошаров С.А. [и др.]. - 4-е изд., М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 277 с. - ISBN 978-5-7038-4820-3

Общие свойства систем

Определение системы:

Системой называются упорядоченно взаимодействующие и взаимозависимые компоненты, образующие единое целое

Целое – это определенное единство элементов, имеющее свою структуру.

Структура в прямом смысле этого слова есть строение системы. Вне систем структур не существует. Понятие «структура» отражает форму расположения элементов и характер взаимодействия их сторон и свойств.

Системный анализ в экологии

научный метод познания, направленный на *установление структуры связей* между переменными и постоянными компонентами системы.

- *Представление природных объектов в качестве систем и анализ этих систем.*
- С одной стороны система рассматривается как единое целое, с другой – как совокупность элементов.

Задачи системного анализа

- поиск связей, которые делают систему целостной;
- установление связей системы с окружающими объектами;
- выявление процессов управления системой;
- выявление вероятности характера поведения исследуемого объекта (прогноз).

Специфические свойства систем

- 1) Целостность
- 2) Эмерджентность
- 3) Наличие структуры
- 4) Иерархичность
- 5) Устойчивость (стабильность)

Целостность системы

- *Целостность системы* – заключается в том, что всякая система выступает как нечто единое, целое, обособленное, отличающееся от всего остального.
- Система имеет границу, и связь частей системы между собой намного сильнее, чем связь с другими объектами физической реальности.

Эмерджентность

- **Эмерджентность** (от англ. emergence – появление) является универсальной характеристикой систем (в т.ч. экосистем) и заключается в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов.
- Пример: самолет – ни одна из частей самолета летать не может, а самолет летает.

Эмерджентные свойства систем возникают в результате взаимодействия компонентов, а не в результате изменения природы этих компонентов.

Учитывая эмерджентные свойства, для изучения целого не обязательно знать все его компоненты.

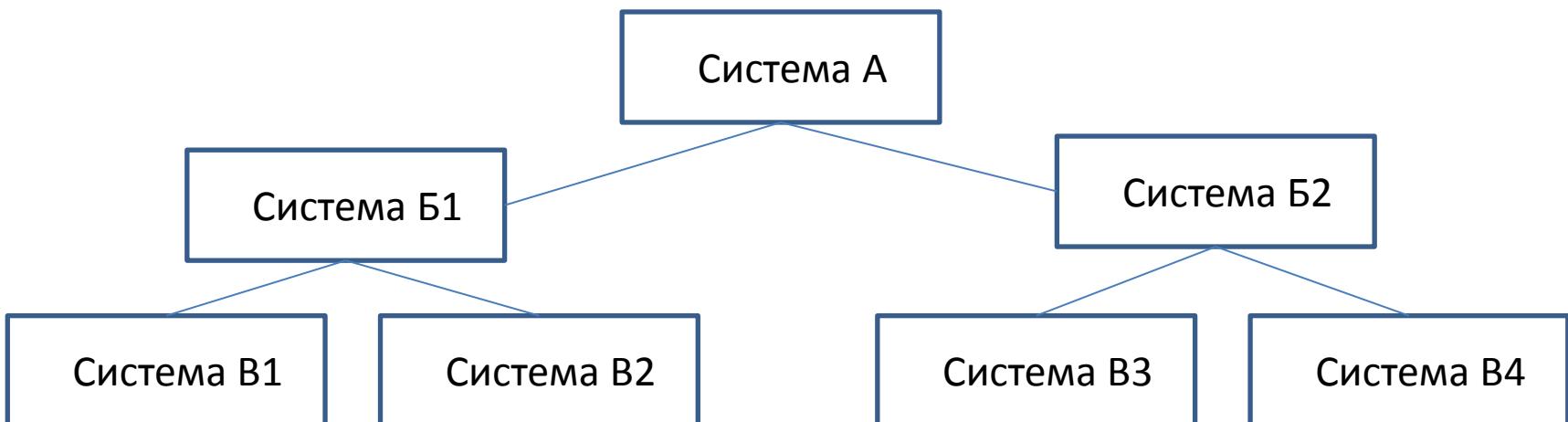
Это важно для экологии: при изучении экосистем на первое место выходят *интегральные свойства целостных сложных экологических систем*

Структура системы

- *Структура* - относительно устойчивый аспект системы, включающий элементы и совокупность связей, сочетающих эти элементы в определенную целостность.
- Структура является статической моделью системы и характеризует только строение системы, не учитывая множества свойств (состояний) ее элементов

Иерархичность

- Любой компонент системы и сама система выступают как часть системы более высокого уровня



Устойчивость систем

Способность саморегулируемых систем возвращаться в исходное состояние после небольшого отклонения при внешнем воздействии

Резистентная устойчивость и упругая устойчивость

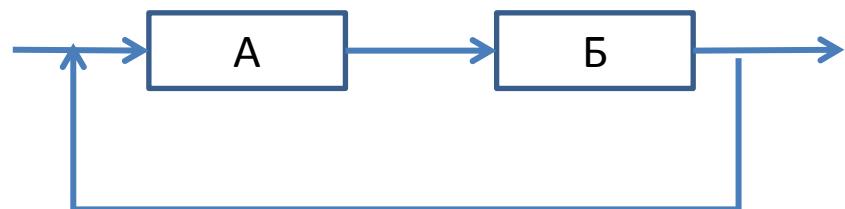
Устойчивость (или стабильность) экосистемы обеспечивается избыточностью функциональных компонентов и системой обратной связи.

Прямые и обратные связи

Взаимодействие компонентов системы – на основе прямых и обратных связей



Прямая связь



Обратная связь
(положительная и
отрицательная)

Основные параметры системы (измеряемые параметры)

- 1) свойства элементов и системы в целом;
- 2) структура системы,
- 3) характер связей и взаимодействия между элементами системы, а также между системой и ее внешней средой;
- 4) границы (изоляция).

1) свойства элементов и системы в целом

в целом характеризуются качественными и количественными признаками, которые называют показателями

2) структура системы

определяется соотношением **в пространстве и во времени** слагающих ее элементов и их связей.

Пространственная структура – порядок расположения элементов в системе.

Временная – смена состояний системы во времени (развитие системы).

3) *характер связей и взаимодействия* между элементами системы, а также между системой и ее внешней средой - различные формы вещественного, энергетического и информационного обмена

4) *границы системы* (степень изолированности) – внутренние связи и взаимодействия гораздо сильнее внешних.

Модели и моделирование в экологии

Модель (по определению) – это абстрактное описание того или иного явления реального мира, позволяющее делать прогнозы относительно этого явления.

Моделирование – метод исследования сложных объектов, явлений и процессов путем их упрощенного имитирования (натурного, математического, логического).

Модели полезны как средство интеграции всего того, что известно о моделируемой ситуации.

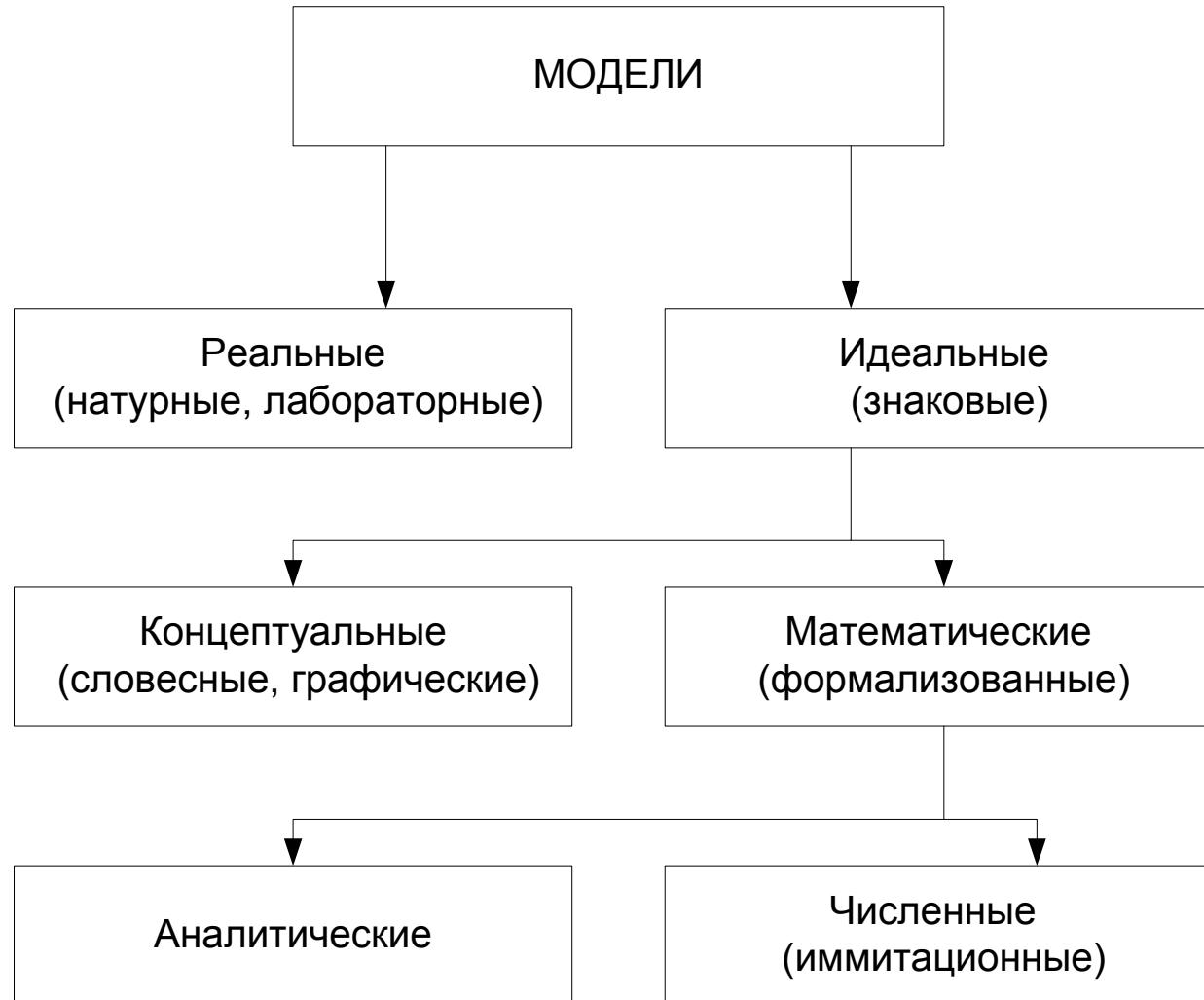
Если модель хорошо описывает реальные процессы, ее можно использовать для исследований и прогноза.

Основа моделирования – понимание того, что каждое явление в значительной степени контролируется некоторыми ключевыми факторами.

Модель должна соответствовать двум требованиям:

- 1) она должна отражать лишь те особенности оригинала, которые выступают в качестве предмета познания;
- 2) она должна быть адекватна оригиналу.

Классификация моделей



Реальные (материальные) модели – по своей физической природе сходны с оригиналом.

Они могут отражать:

- геометрическое подобие оригиналу (макеты, тренажеры, искусственные системы);
- подобие протекания процессов (физическое моделирование, например гидрологическая модель – течение и смешение вод);
- подобие природным объектам (пробные участки, мезо- и микрокосмы, аквариумы).

Идеальные (знаковые, абстрактные) модели - представляют собой описание оригинала в словесной форме или посредством символов и операций над ними, отражающих исследуемые особенности оригинала.

Делятся на **концептуальные** и **математические**.

Концептуальная модель – формализованный вариант традиционного описания экосистемы, состоящий из текста, блок-схем, таблиц, графиков и иллюстраций.

Математические модели – уравнение или система уравнений и неравенств, отражающие функциональные зависимости процессов. По своему характеру выделяют **статические** и **динамические** модели.

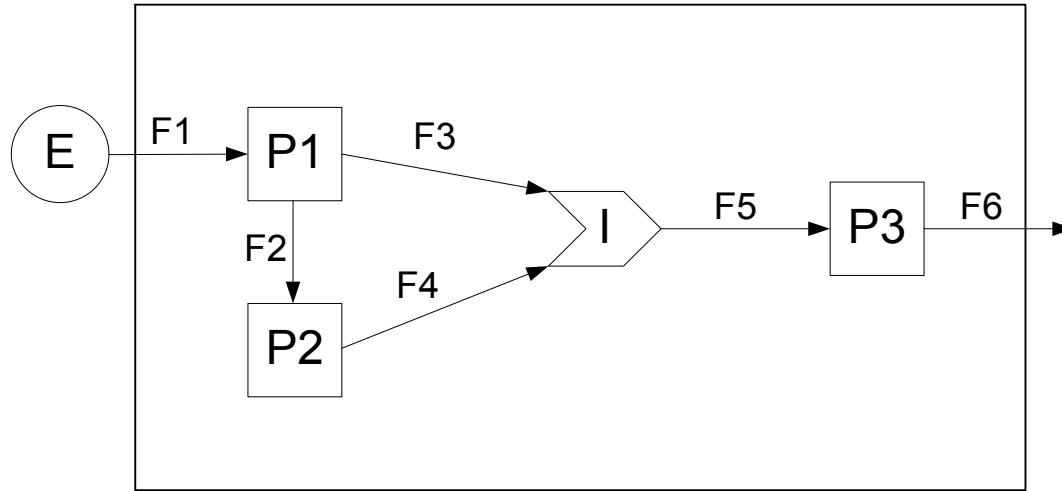
Статическая модель отражает объект (систему), не изменяющий свое состояние во времени.

Динамическая модель отражает объект (систему), изменяющий свое состояние во времени

Существует два наиболее общих метода реализации математических моделей:
аналитический и **численный**.

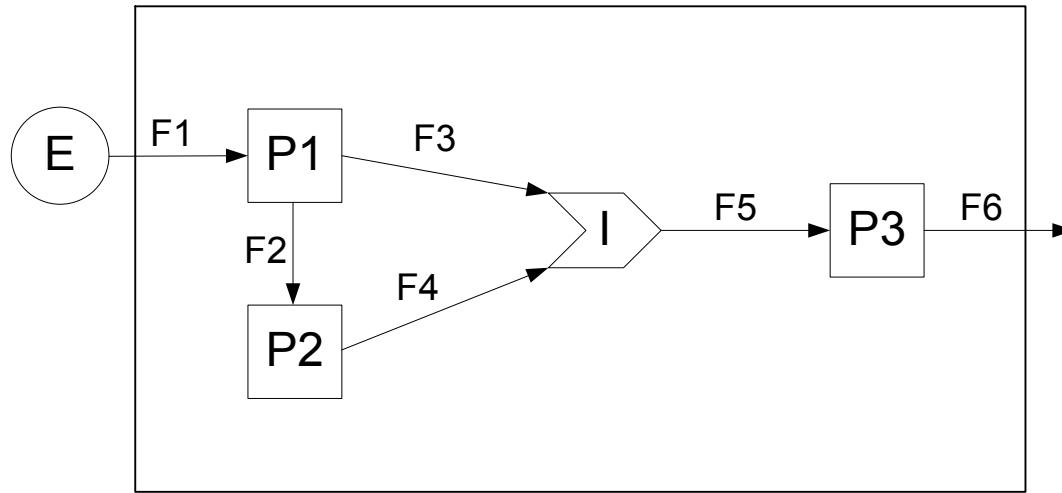
При моделировании экологических систем следует учитывать, что экосистемы управляются и контролируются основными (ключевыми факторами), а не всем набором так или иначе проявляющихся свойств компонентов и процессов взаимодействия.

Пример графической модели (в виде блок-схемы)



E – движущая сила, P – свойства, F – потоки, I – взаимодействие, P_1 и P_2 – два свойства, которые при взаимодействии I дают некое третье свойство P_3 (или влияют на него), когда система получает энергию от источника E .

Пример реализации графической модели



Пример 1. Модель образования смога.

$P1$ – углеводород,

$P2$ – окислы азота (выхлопы автомобилей).

Под действием солнечной энергии (E) они реагируют между собой и дают смог $P3$. В это случае взаимодействие I оказывает синергический (усиливающий) эффект, так как $P3$ более опасен для здоровья людей, чем $P1$ и $P2$, действующие порознь.

Пример 2. Трофическая цепь.

$P1$ – зеленые растения,

$P2$ – травоядные животные,

$P3$ – всеядные животные,

I – переключатель

Этапы математического моделирования

Четыре этапа:

- *качественный анализ,*
- *математическая реализация,*
- *верификация,*
- *изучение моделей.*

Качественный анализ объекта моделирования
(экосистемы в целом, отдельных обособленных
частей экосистемы, отдельных ключевых процессов)
включает **выбор параметров и процессов**
(входных переменных, переменных состояния
системы) для представления в модели.

Математическая реализация

логической структуры модели.

- *Аналитическая модель* – построение теоретических концепций с применением строгого математического аппарата. Обычно позволяет вывести общую формульную зависимость.
- *Численная модель* – система уравнений, характеризующая основные процессы взаимодействия между выбранными компонентами системы.

Верификация – проверка модели на соответствие оригиналу.

Проводится эмпирическая проверка – **сравнение полученных данных с результатами наблюдений** за оригиналом.

При значительном отклонении результатов моделирования от реальных процессов в системе – новая оценка входных параметров и выбора методов реализации (уточнение уравнений). Возврат на этапы 1 и 2.

Изучение модели

– экспериментирование с моделью и
интерпретация модельной информации.

Основная цель этапа – **выявление новых закономерностей и исследование возможностей оптимизации структуры и управление поведением моделируемой системы, а также пригодность модели для прогнозирования.**

1. Биосфера

Биосфера – сфера жизни, то есть часть планеты, которая включает совокупность живых существ и в которой возможна жизнь.

Понятие о биосфере было введено австрийским ученым Э. Зюссом в 1875 г..

Стройное учение о биосфере было создано русским ученым В.И. Вернадским (книга «Биосфера», 1926 г.).

Вернадскому определял биосферу как **одну из геологических оболочек** Земли, в которой происходит взаимодействие живого и косного вещества планеты.

Вернадский впервые выдвинул тезис о роли **«живого вещества»** в формировании и поддержании основных физико-химических свойств оболочек Земли.

До Вернадского роль живых организмов на Земле представлялась очень скромной.

Главное положение Учения о биосфере В.И. Вернадского:

БИОСФЕРА - это не только пространство, где обитают живые организмы, но и зона их влияния.

С одной стороны - это среда жизни, с другой - результат жизнедеятельности (взаимодействия живого и косного вещества).

Вернадский отмечал, что пределы биосфера обусловлены прежде всего полем существования жизни.

Для функционирования жизни (центрального элемента биосфера) необходимы *определенные условия:*

- достаточно узкий температурный диапазон;
- наличие воды (в жидкой и газообразной фазе);
- наличие углекислоты;
- наличие кислорода;
- наличие довольно большого набора химических элементов (большой частью в микродозах);
- наличие внешнего источника энергии.

В составе биосферы В.И. Вернадский выделил четыре основных типа разных, но взаимосвязанных веществ:

косное вещество – геологические образования, не созданные живыми организмами;

живое вещество – вся совокупность биологической массы живых организмов на Земле;

биокосное вещество – комплексы тесно взаимодействующих элементов живого и косного вещества, например, почва;

биогенное вещество – геологические породы, созданные в результате жизнедеятельности живых существ (известняки, песчаники, железные руды, каменный уголь, нефть и т. п.).

СОСТАВ ОБОЛОЧЕК БИОСФЕРЫ

Биосфера включает в себя
нижнюю часть *атмосферы*,
всю *гидросферу* и
верхнюю часть *литосферы*.

Части биосферы как среды жизни

Среда жизни –
совокупность конкретных абиотических и
биотических условий, в которых обитает конкретный
живой организм,
или часть природы, окружающая живые организмы и
оказывающая на них прямое или косвенное
воздействие.

АТМОСФЕРА как среда жизни

Атмосфера газовая оболочка Земли

- 1) Надежный экран от воздействия космических факторов,
- 2) Озоновый слой (O_3) (на высоте 15...30 км в тропосфере) – защита от УФ,
- 3) Атмосфера прозрачна для видимого света (фотосинтез и зрение).
- 4) Содержит биосферный запас биологически важных веществ – O_2 (20%), N_2 (78%), CO_2 (0,03%), H_2O (0,2-2%) и др.
- 5) Ветер - эффективное перемешивание воздуха в результате естественных конвекционных процессов

Роль тропосферы в формировании условий для жизни

Состояние тропосферы (слой атмосферы от 0 до 20 км) определяет

погоду (кратковременные метеорологические условия местности) и

климат (устойчивые годовые циклы погодных условий).

Основные факторы – **температура** и **влажность**

ГИДРОСФЕРА как среда жизни

В состав гидросферы, масса которой составляет около $1,46 \times 10^{18}$ т, обычно включают всю воду Земли в жидкой (собственно вода) и твердой фазах (лед и снег).

По содержанию растворенных солей природные воды подразделяют на:

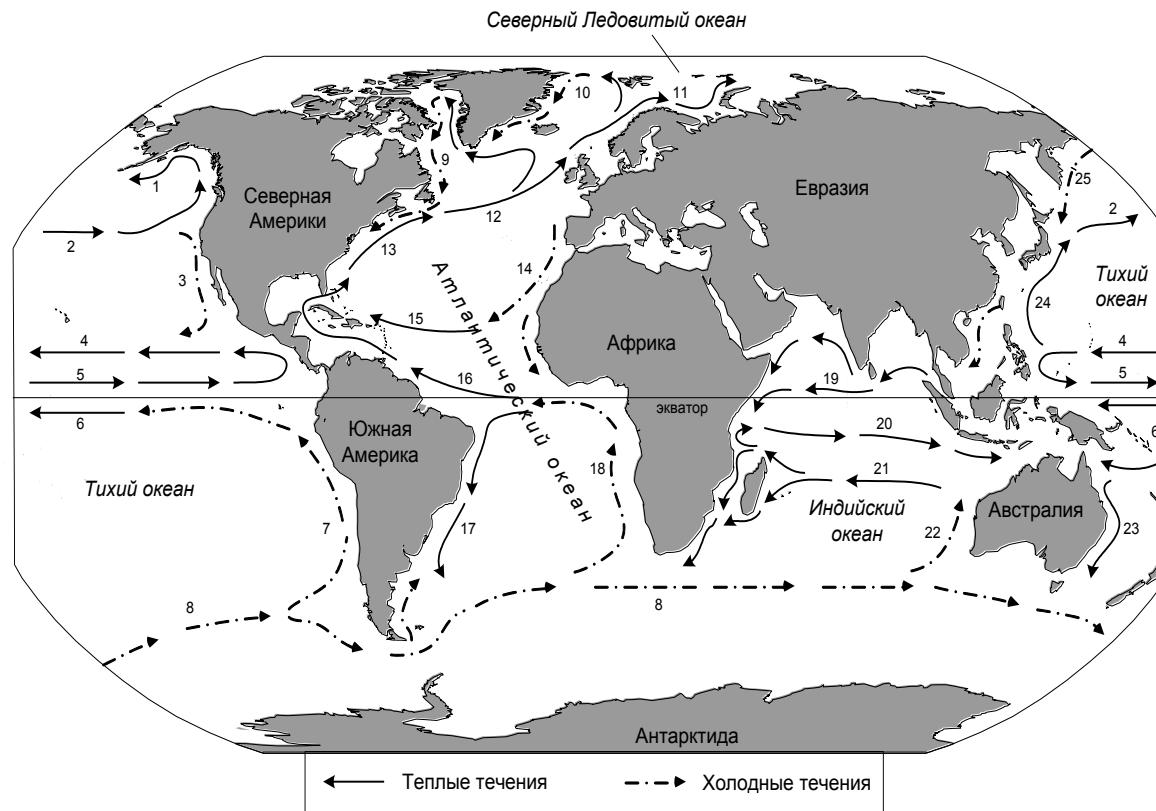
- пресные – менее 0,5 г/л,
- солоноватые – 0,5-10 г/л,
- соленые (морские) – более 10 г/л.

Основная часть гидросферы (**94%**) – соленые воды Мирового океана, включающие Тихий, Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый океаны.

Свойства этой среды обитания определяются свойствами воды:

- **плотность** (трудность для движения, но возможность поддерживать положение тела в пространстве по вертикали без больших затрат энергии – 3D-среда для экосистем),
- **стратификация** (разделение водных масс по плотности) – вертикальная (морские и пресные воды) и горизонтальная (морские воды),
- **относительная прозрачность** (снижается с глубиной, меняется спектр),
- **варьирование содержания растворенных веществ** (в т.ч. газов – O_2 и CO_2), необходимых для жизни,
- **высокая теплоемкость** воды.
- **подвижность** водной среды – **течения** (перенос вещества и организмов),
- **подвижность + высокая теплоемкость** – **перенос тепла** в биосфере.

Выделяют 25 наиболее крупных постоянных течений в Мировом океане.



- 1 - Аляскинское течение
- 2 - Северо-Тихоокеанское течение
- 3 - Калифорнийское течение
- 4 - Северное пассатное течение
- 5 - Межпассатное противотечение
- 6 - Южное пассатное течение
- 7 - Перуанское течение
- 8 - Течение западных ветров
- 9 - Лабрадорское течение
- 10 - Гренландское течение
- 11 - Норвежское течение
- 12 - Северо-Атлантическое течение

- 13 - течение Гольфстрим
- 14 - Канарское течение
- 15 - Северное пассатное течение
- 16 - Южное пассатное течение
- 17 - Бразильское течение
- 18 - Бенгельское течение
- 19 - Муссонное течение
- 20 - Межпассатное противотечение
- 21 - Южное пассатное течение
- 22 - Западно-Австралийское течение
- 23 - Восточно-Австралийское течение
- 24 - течение Куросио
- 25 - Камчатско-Курильское течение

На примере Гольфстрима рассмотрим мощность морских течений. При выходе потока из Флоридского залива (скорость до 10 км\час) расход воды в нем около 25 млн. м³/сек – это в 22 раза больше стока всех рек Земли. Далее, при соединении с Антильским течением (продолжением северного пассатного течения) его мощность увеличивается прибл. в 3 раза. Но и это составляет лишь около трети мощности **Антарктического циркумполярного течения**, самого крупного на планете (холодное течение).

Запасы пресной воды:

Лед (ледники, айсберги, снег) – около 85%,

Подземная пресная вода – 14%,

Пресные озера – 0,6%,

Почвенная влага – 0,3%

Пары атмосферы – 0,06%,

Реки – 0,04%.

Крупнейшая река мира – **Амазонка**. Она имеет мощность потока приблизительно 200 тыс. м³/с, что составляет около 16 % от стока всех рек. Самая многоводная река России – Енисей – несет воды приблизительно в 10 раз меньше, а Волга – в 25 раз меньше, чем Амазонка.

Крупнейшее в мире скопление пресной озерной воды находится в озере **Байкал** (около 23000 км³ чистейшей воды),

ЛИТОСФЕРА (земная кора) как среда жизни.

В зону биосфера попадает только верхняя часть литосферы – почва.

Характерные черты почвенной среды:

- высокая плотность,
- отсутствие света,
- незначительные перепады температуры,
- повышенное содержание углекислого газа,
- постоянная влажность или наличие жидкой воды,
- зона укоренения растений,
- запас неорганических веществ, важных для жизни.

РОЛЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

В.И.Вернадский выделил **пять** основных биогеохимических функций живого вещества:

- 1) **Газовая** - качественный и количественный состав атмосферы Земли обусловлен жизнедеятельностью живого вещества.
- 2) **Концентрирующая** - все живые организмы накапливают в своих телах различные химические элементы.
- 3) **Окислительно-восстановительная** – регулирование кислородного режима и влияние на реакции элементов с переменной валентностью.

РОЛЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

- 4) *Биохимическая* - рост, размножение и перемещение живых организмов в пространстве.
- 5) *Биогеохимическая деятельность человечества*
– охватывает все возрастающее число элементов для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства.

ЗАКОНА БИОГЕННОЙ МИГРАЦИИ АТОМОВ (В.И. ВЕРНАДСКИЙ)

Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или *при непосредственном участии* живого вещества (биогенная миграция), или же *она протекает в среде*, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории.

ЭКОЛОГИЯ

Мошаров Сергей Александрович

кандидат биологических наук
доцент кафедры Э-9
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Лекция 4
Экологические факторы среды –
общие характеристики

Экологический фактор среды

- любой элемент или свойство среды, способное оказывать прямое или косвенное влияние на живые организмы

Условия окружающей среды (экологические факторы) определяют границы существования живых организмов в биосфере.

Классификация экологических факторов

- А. По природе факторов (основная классификация)
- Б. По периодичности проявления факторов и их направленности
- В. Факторы прямого или косвенного воздействия

Классификация экологических факторов

А. По природе факторов (основная классификация):

- абиотические (факторы неживой природы – физические, химические, географические и др.),
- биотические (взаимодействия живых организмов),
- антропогенные (влияние человека и цивилизации на живые системы).

Классификация экологических факторов

Б. По периодичности проявления факторов и их направленности:

- факторы, действующие строго *постоянно*.
- факторы, действующие *строго периодически*;
- факторы, действующие *без строгой периодичности*, но повторяющиеся время от времени;
- факторы *направленного действия*, которые обычно изменяются в одном направлении;
- факторы *неопределенного действия*, например антропогенные факторы.

Классификация экологических факторов

В. Факторы прямого или косвенного действия на организмы и живые системы.

Факторы прямого действия непосредственно влияют на жизнедеятельность живых организмов и прохождение биогеохимических циклов в экосистеме.

Факторы косвенного действия изменяют среду обитания живых организмов и таким образом модулируют проявление факторов прямого действия.

Адаптация (приспособление)

Адаптация – приспособление организмов к среде обитания, т.е. к существующим в их окружении экологическим факторам.

Адаптацию отражает соответствие между потребностями организма и возможностями среды обитания.

Способность к адаптации – одно из основных свойств живых организмов, обеспечивающих их существование и размножение.

Адаптация (приспособление)

Организмы должны быть адаптированы к различным факторам одновременно.

Организмы сравнительно легко адаптируются к хорошо предсказуемым факторам (постоянным, строго периодичным и направленного действия).

Общие закономерности действия факторов среды на организмы

Какими бы разными по природе ни были экологические факторы, результаты их воздействия *сравнимы*, поскольку они всегда выражаются в изменении интенсивности жизнедеятельности организмов.

Первый общий параметр всех экологических факторов – результатом их действия является *изменение количественных характеристик организмов* (например, биомасса организма) или популяций (например, численность).

Второй общий параметр экологических факторов – каждый фактор имеет *количественное значение*.

Общие закономерности действия факторов среды на организмы

Жизнедеятельность организмов возможна только при определенных значениях данного фактора.



Важнейшие характеристики любого фактора:

- предел выносливости организма,
- зона оптимума (нормальной жизнедеятельности),
- зоны угнетения,
- летальные зоны.

Степень благоприятности фактора =
интенсивность жизнедеятельности организмов

Общие закономерности действия факторов среды на организмы

Закон толерантности В. Шелфорда (1913 г.):

Любой живой организм имеет генетически определенные верхний и нижний пределы устойчивости (толерантности) к любому экологическому фактору.

Для каждого вида – свой оптимальный диапазон по каждому из факторов.

Общие закономерности действия факторов среды на организмы

Эврибионтность и стенобионтность

Эврибионты – организмы, выдерживающие большие вариации значений действующего фактора без существенных изменений процессов жизнедеятельности.

Стенобионты - организмы с узким пределом выносливости по отношению к этому же фактору.

- стенотермный – эвритеческий (в отношении температуры);
- стеногалический – эвригалический (в отношении солености);
- стенофагный – эврифагный (в отношении разнообразия пищевых ресурсов)
- и пр.

Лимитирующие факторы

Любое условие (фактор) среды, приближающееся к пределу устойчивости (толерантности) или превышающее его, называется ограничивающим (лимитирующим) условием, или лимитирующим фактором.

Закон минимума (закон Либиха)

При стационарном (стабильном) состоянии экологических факторов лимитирующим будет тот из них, значение которого наиболее близко к необходимому минимуму.

Согласно закона В. Шелфорда (закона толерантности)

Лимитирующим может быть не только недостаточное, но и избыточное значение фактора.

Взаимодействие факторов

Все организмы существуют при одновременном воздействии на них множества различных факторов окружающей среды.

В общем виде взаимодействие различных факторов при воздействии на организм может быть следующим:

- **аддитивность** (суммирование эффектов влияния),
- **синергизм** (взаимное усиление влияния),
- **антагонизм** (взаимное ослабление влияния).

Экологическая ниша

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

Понятие «экологическая ниша» определяет общую сумму требований организма к условиям существования (его адаптированность).

Три наиболее важных представления экологической ниши:

- пространственная,
- трофическая,
- многомерная.

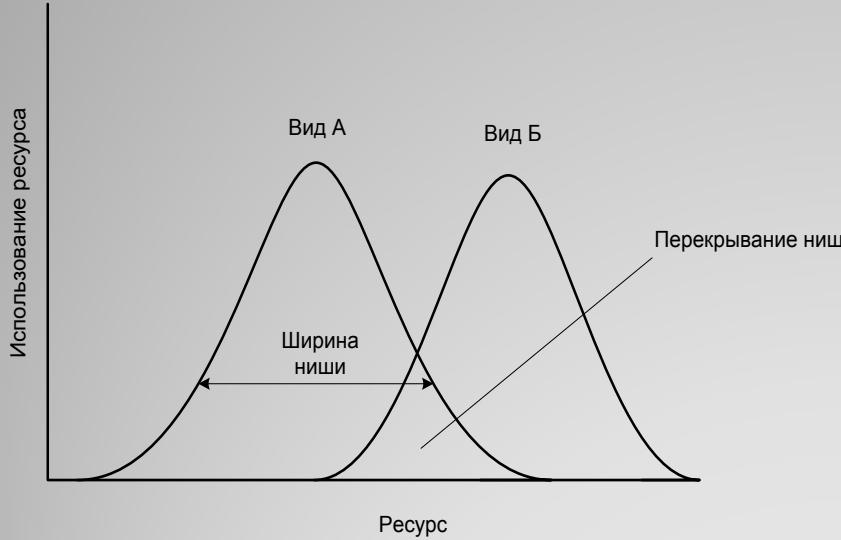
Экологическая ниша

Потенциальная и реализованная экологическая ниша

Потенциальная (фундаментальная) экологическая ниша – совокупность оптимальных для организма условий в отсутствие врагов и конкурентов.

Реализованная (фактическая) экологическая ниша – совокупность условий существования организмов в сообществе в присутствии врагов и конкурентов.

Экологическая ниша



Схематическое представление
перекрывающихся ниш двух видов,
использующих один и тот же ресурс

Экологическая ниша данного организма характеризуется шириной и величиной пересечения с нишами других видов. Чем больше перекрывание, тем сильнее конкуренция.

ЭКОЛОГИЯ

Мошаров Сергей Александрович

кандидат биологических наук
доцент кафедры Э-9
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Лекция 5
Абиотические факторы среды

Абиотические факторы

Основные (экологически важные) абиотические факторы среды:

- ▶ свет,
- ▶ температура,
- ▶ влажность,
- ▶ давление,
- ▶ гравитация,
- ▶ состав, физико-химические свойства и подвижность среды.

Абиотические факторы

Для наземных экосистем наиболее важные:
свет, температура, влажность.

Для водных экосистем наиболее важны:
свет, температура, содержание кислорода, соленость.

Солнечная радиация (свет)

Важнейший абиотический фактор, так как служит **первоисточником энергии в биосфере.**

Солнце – источник энергии в биосфере.

Почти вся энергия, получаемая поверхностью Земли, исходит от Солнца

Солнечная постоянная – солнечная радиация на верхней границе атмосферы Земли (1367 Вт/м² в мин).

Энергия солнечного электромагнитного излучения варьирует в диапазоне длин волн от 60 до 4000 нм.

Солнечная радиация (свет)

Спектр солнечного света

Излучение	Длина волны (нм)	Доля в общей солнечной энергии
Ультрафиолетовое	60 – 400	1%
Видимое	400 – 700	50%
Инфракрасное (тепловое)	700 – 4000	49%

Видимый свет – 50% солнечной энергии – фотосинтетически активная радиация, необходимая для фотосинтеза.

Ультрафиолет – губительен, задерживается озоновым слоем почти полностью.

Инфракрасное излучение – обладает наименьшим уровнем энергии и создаёт тепло.

Солнечная радиация (свет)

Распределение солнечного излучения в атмосфере:

- отражение атмосферой в космическое пространство – 42%,
- поглощение атмосферой (нагрев) – 15%,
- достигает поверхности Земли, поступая в распоряжение биосферы – 43% (прямая радиация – 27%, рассеянная радиация – 16%)

Солнечная радиация (свет)

Видимый свет обеспечивает протекание важных экологических процессов:

фотосинтез – образование органического вещества зелеными растениями (энергетическое значение света),

транспирация – испарение воды листьями, что обеспечивает восходящий поток воды (и растворенных минеральных веществ) от корней к листьям (энергетическое значение света),

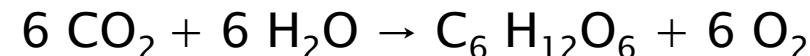
фотопериодизм – осуществление биологических ритмов (суточных, сезонных), как реакция организмов на длину дня (сигнальное или регулирующее значение света),

- **зрение** у животных – обеспечение активного образа жизни (информационное значение света)

Фотосинтез

Фотосинтез – это процесс превращения энергии солнечного света в химическую энергию новообразованных органических соединений.

Балансовое уравнение фотосинтеза (суммарное отражение сложных биохимических процессов в клетках фотоавтотрофных организмов):



Ключевое место в трансформации световой энергии при фотосинтезе играет зеленый фотопигмент **хлорофилл**.

Температура

Температура влияет на скорость многих физических и химических реакций в клетках живых организмах.

Пределы выносливости живых организмов в целом по температуре составляют от 0°C до +50°C.

Для разных организмов оптимальные диапазоны температуры разные – теплолюбивые и холодолюбивые организмы.

Организмы приспособлены к суточным и сезонным колебаниям температуры.

Вода

Все живые организмы содержат воду (от 5 % от массы тела в сухих лишайниках до 98 % в водных организмах).

Все биохимические процессы в организме протекают только в водной среде при участии растворенных форм веществ.

Вода – это основной компонент внутренней среды организмов, а также и среда обитания водных организмов.

Из всех жидких и твердых веществ у воды наибольшая удельная теплоемкость, что обеспечивает высокую стабильность температуры внутренней среды организмов и среды обитания гидробионтов.

Влажность и осадки

В наземной среде значительное влияние на водный обмен оказывает **влажность** – содержание влаги в воздухе в виде водяного пара.

Используют два параметра: **абсолютная** и **относительная влажность**.

Адаптация организмов к различным уровням влажности определяет распределение и численность организмов Земли разных природных зон.

Осадки – выпадающая из облаков вода в жидким и твердом состоянии.

Формы осадков: *дождь, снег, град, морось, роса, иней*.

Атмосферные газы

Наиболее экологически значимые газообразные вещества – кислород и углекислый газ.

Кислород – необходим для дыхания всех организмов и микробного разложения органического вещества. В атмосфере и гидросфере свободный кислород образуется выделяется растениями в процессе фотосинтеза.

Углекислый газ – необходим растениям как источник углерода для формирования органического вещества в процессе фотосинтеза. Образуется в большом количестве в процессе дыхания всех организмов.

ЭКОЛОГИЯ

Мошаров Сергей Александрович

кандидат биологических наук
доцент кафедры Э-9
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Лекция 6

Биогеохимические циклы

Биогеохимические циклы

Биогеохимические циклы (биогеохимические круговороты)

– циклические процессы обмена веществ между различными компонентами биосфера, обусловленные жизнедеятельностью организмов.

Процессы обмена включают в себя преобразование и перемещение веществ в природе.

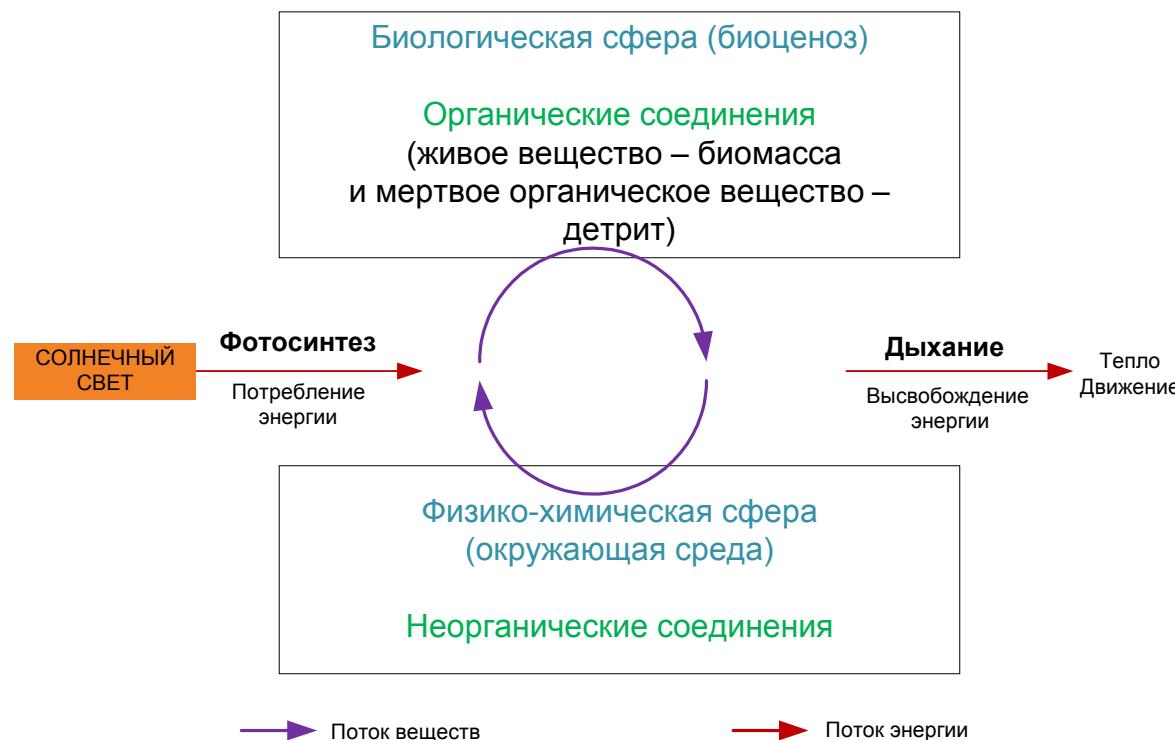
«био» относится к живым организмам,

«гео» относится к косным веществам и окружающей среде.

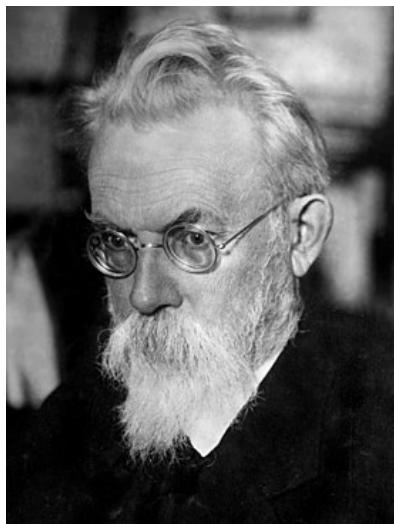
В результате все химические элементы входят то в состав органических веществ (живое вещество), то в состав неорганических веществ (неживое, косное вещество).

Биогеохимические циклы

В процессе жизнедеятельности организмов различные химические элементы из окружающей среды избирательно **поглощаются** и **накапливаются** в живом веществе (биомассе), **трансформируются** и **выводятся** во внешнюю среду. Скорость и направления движения элементов в БГХ-циклах определяются потоками энергии в экосистеме.



Биогеохимические циклы



Термин «биогеохимия» предложен русским ученым В.И. Вернадским (1863-1945 гг.). Он является основателем научной дисциплины «Биогеохимия».

Под его руководством была создана первая биогеохимическая лаборатория (ныне [Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН](#)).

Биогеохимия — раздел геохимии, изучает геохимические процессы, протекающие в биосфере Земли при участии живых организмов.

Биогеохимические циклы

В круговоротах любых химических элементов и веществ различают две части или два «фонда»:

- 1) *обменный (подвижный) фонд* – масса элемента (или вещества), которая участвует в быстром обмене между организмами и средой обитания.
- 2) *резервный фонд* – большая масса элемента (или вещества), которая медленно движется в биогеохимическом цикле.

Например, в цикле углерода резервным фондом является атмосфера и океан.

Биогеохимические циклы подразделяют на два типа:

- 1) круговорот газообразных веществ **с резервным фондом в атмосфере** или гидросфере (оceanе) [**более устойчивые циклы**];
- 2) осадочный цикл **с резервным фондом в земной коре** [**менее устойчивые циклы**].

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах



В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах

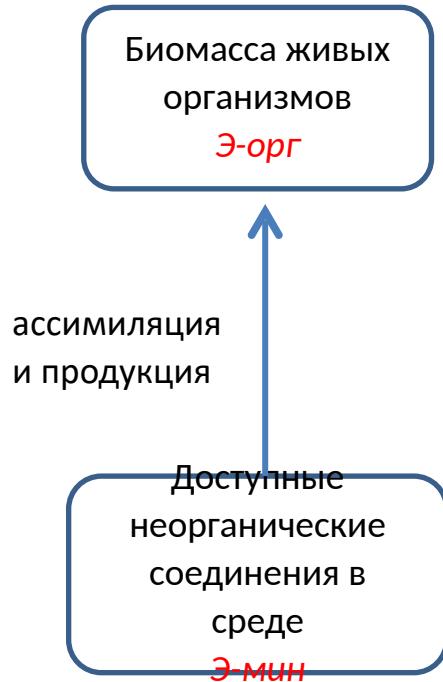
Доступные
неорганические
соединения в среде
Э-мин

В круговоротах минеральных
веществ в экосистеме
участвуют три активных
блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое
вещество (детрит),
- доступные неорганические
соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе
неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе
органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах



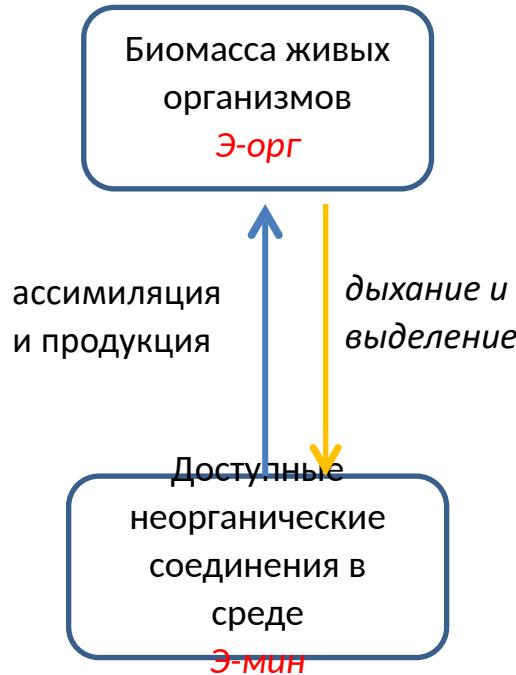
Неорганические соединения
используют для синтеза
органических веществ в основном
растения.

В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах



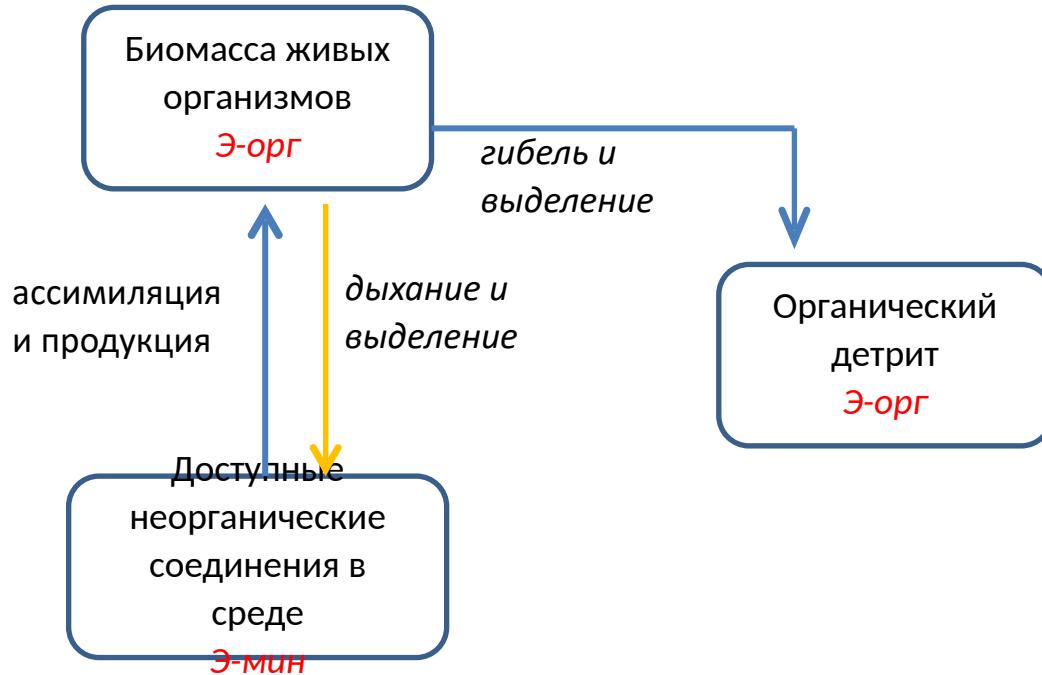
Неорганические соединения используют для синтеза органических веществ в основном растения.

В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах

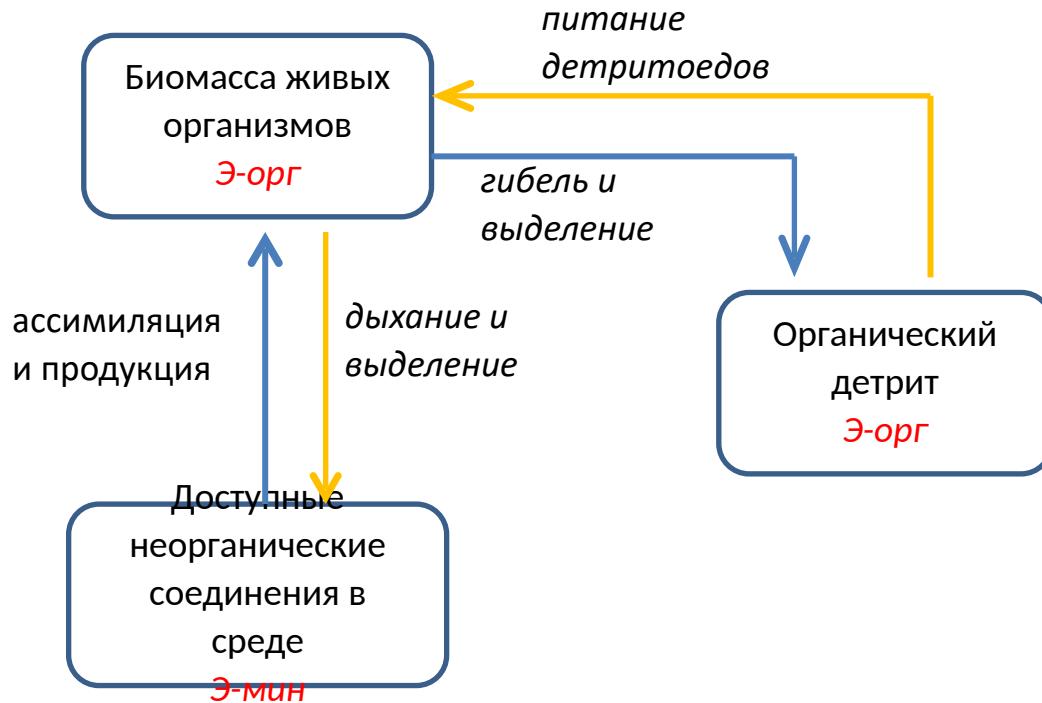


В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах

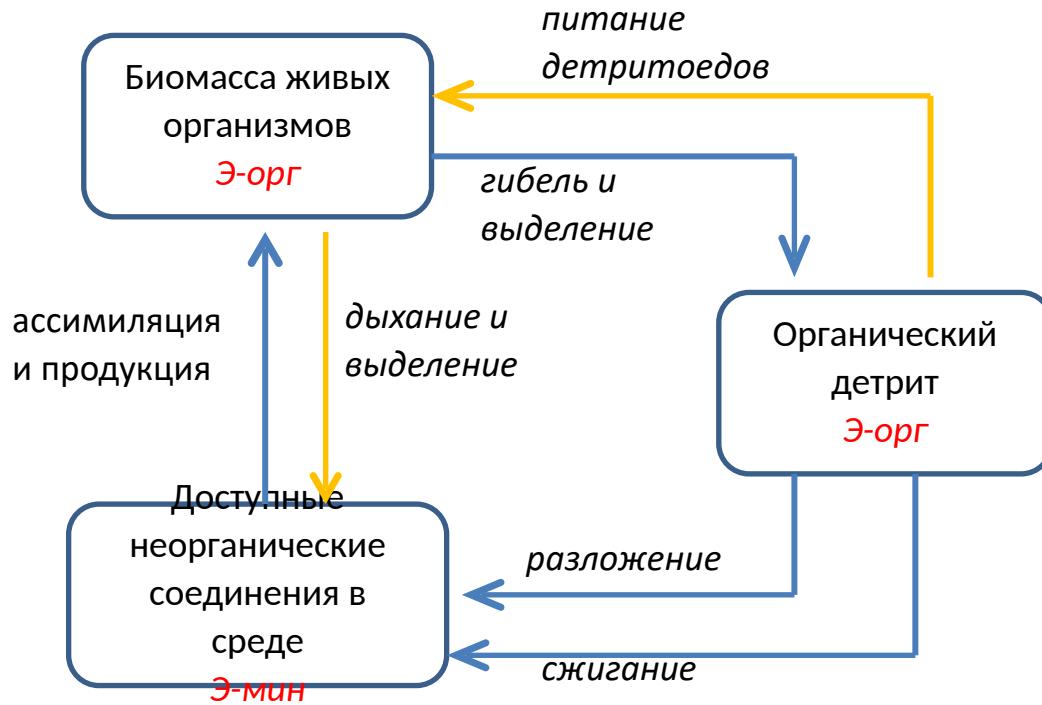


В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах

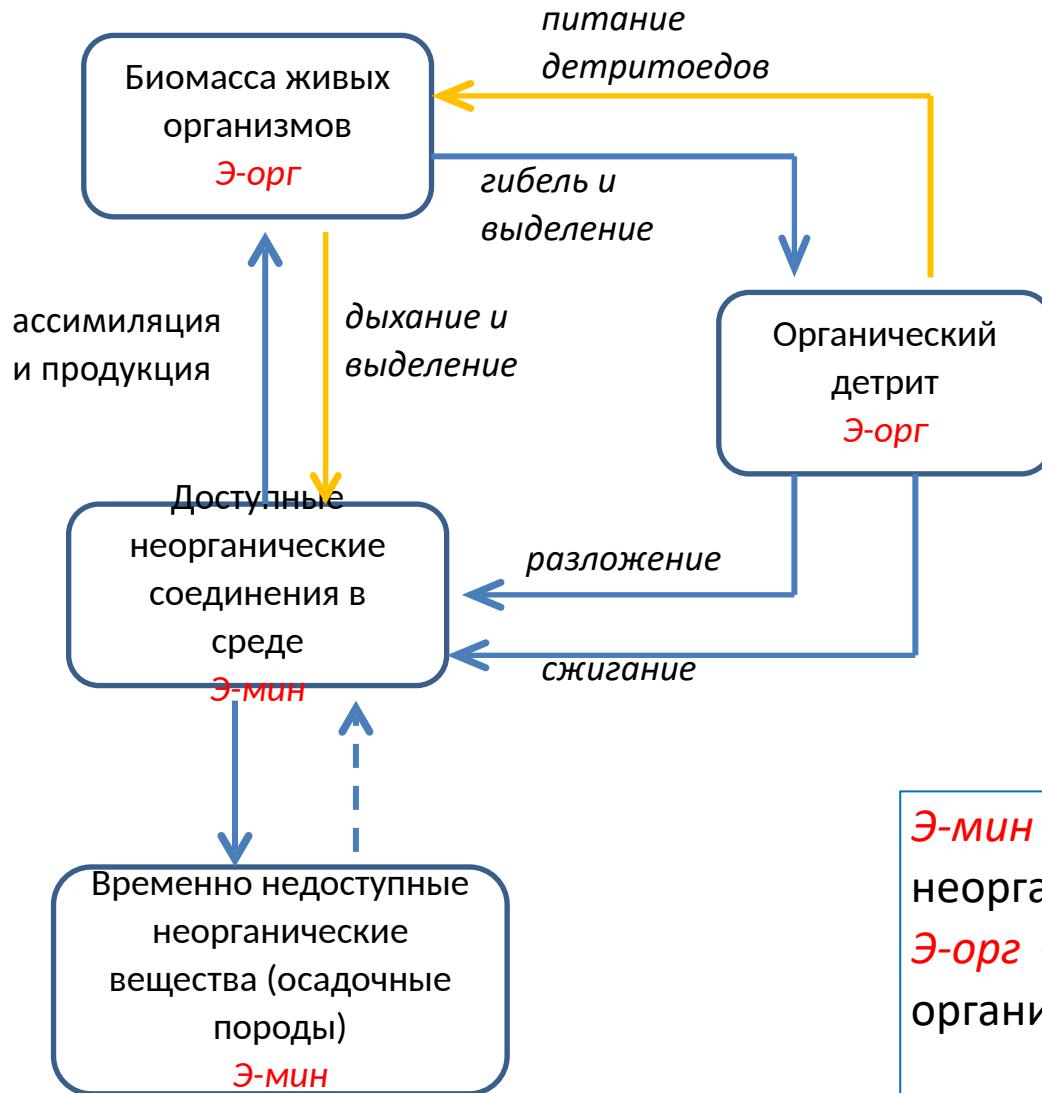


В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Блочная модель экосистемы в биогеохимических циклах



В круговоротах минеральных веществ в экосистеме участвуют три активных блока:

- живые организмы,
- мертвое органическое вещество (детрит),
- доступные неорганические соединения в среде.

Э-мин – элемент в составе неорганического вещества,
Э-орг – элемент в составе органического вещества.

Биогеохимические циклы

Для нормального существования большинства экосистем и организмов наибольшее значение имеют круговороты таких элементов, как **кислород, водород, углерод, азот, сера, фосфор**, входящие в состав любого живого вещества.

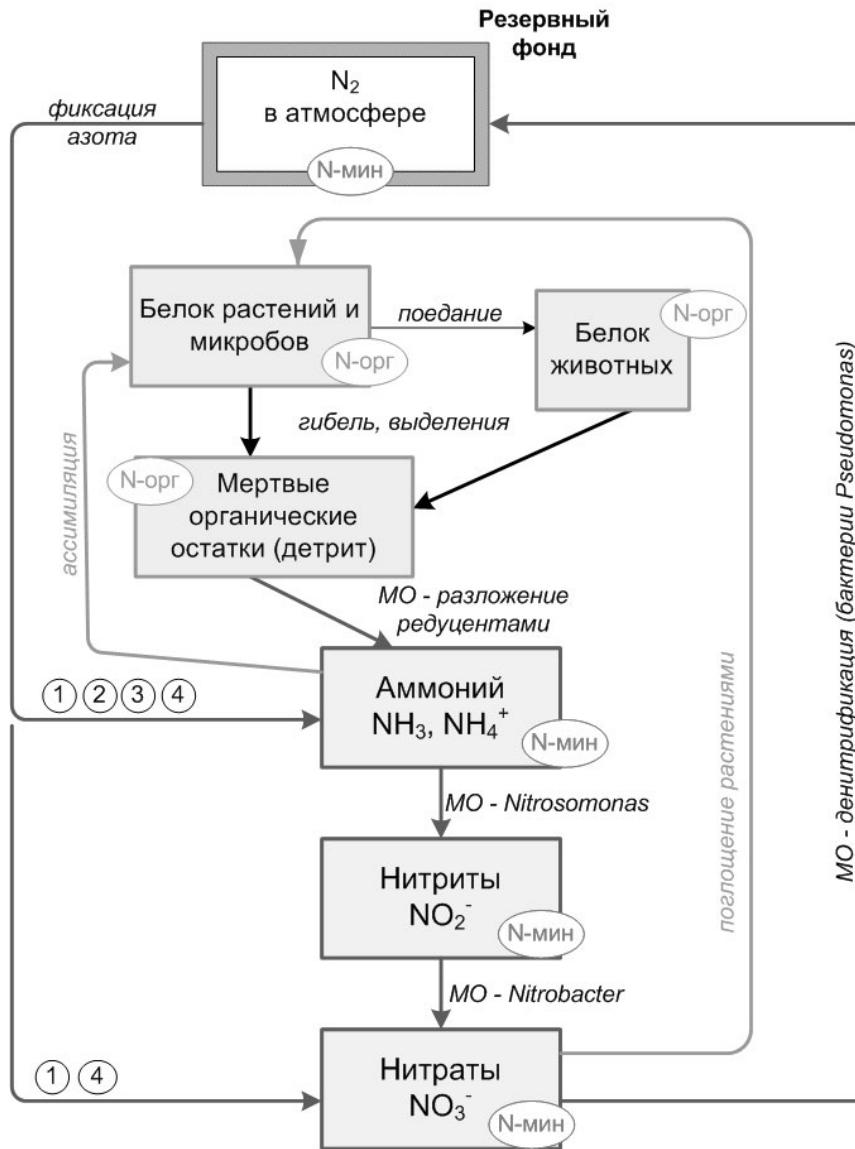
БГХ-цикл азота – пример сложного и сбалансированного цикла газообразного вещества.

БГХ-цикл фосфора – пример осадочного с менее совершенной регуляцией круговорота.

БГХ-цикл серы – пример функциональной связи между атмосферой, водой и земной корой, т.к. сера активно циркулирует в каждом из этих резервуаров и между ними.

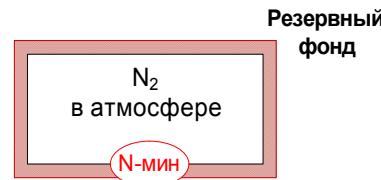
В круговоротах азота и серы ключевую роль играют **микроорганизмы**.

Биогеохимический цикл азота



Азот входит в состав белков и аминокислот – важнейших биоорганических молекул, формирующих структуру клеток и определяющих их функционирование и наследование. Поэтому активность и сбалансированность БГХ-цикла азота крайне важна для нормального существования экосистем.

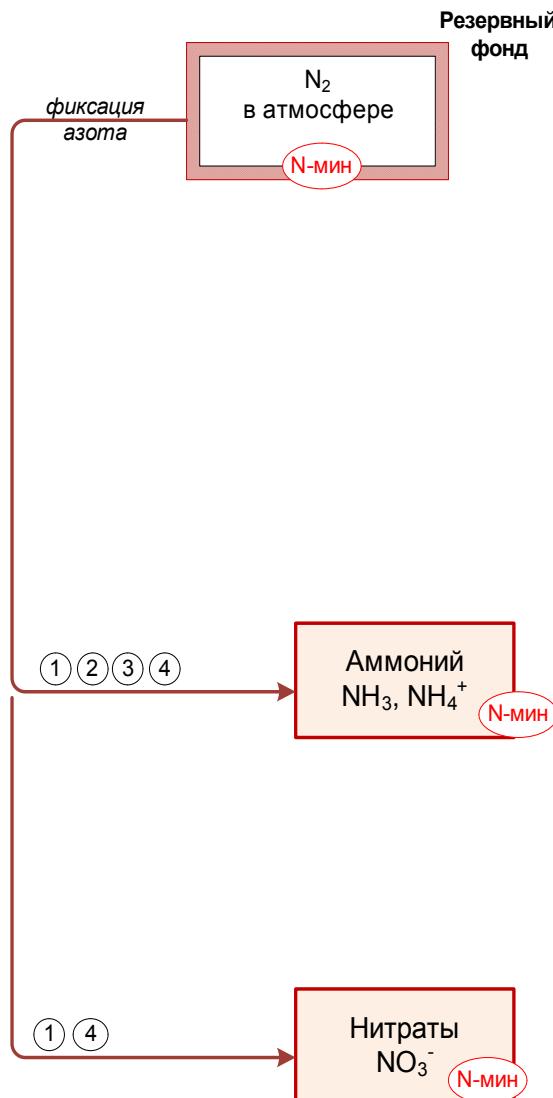
Биогеохимический цикл азота



Основной источник и резервуар (резервный фонд) азота – атмосфера.

Большинство организмов в биосфере не могут непосредственно использовать газообразный молекулярный азот (N₂).

Биогеохимический цикл азота



Основной источник и резервуар (резервный фонд) азота – атмосфера.

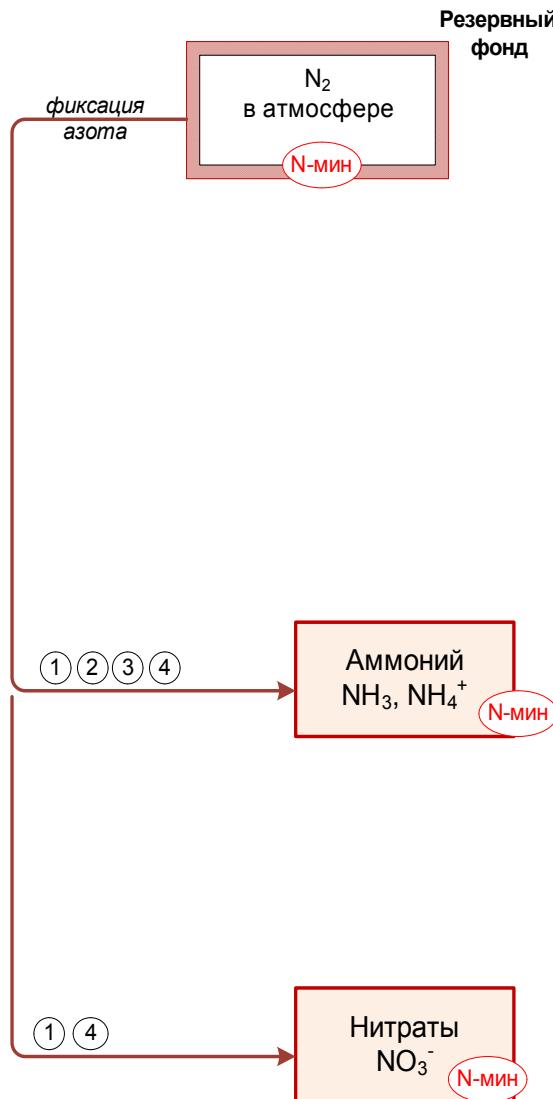
Большинство организмов в биосфере не могут непосредственно использовать газообразный молекулярный азот (N_2).

Растения усваивают азот только в составе нитрат-ионов (NO_3^-) либо ионов аммония (NH_4^+).

Нитрат-ионы образуются в результате следующих физико-химических и биологических процессов, обозначенных на схеме:

- ① промышленная фиксация
- ② симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- ③ свободноживущие бактерии Azotobacter
- ④ Физические факторы (молнии)

Биогеохимический цикл азота



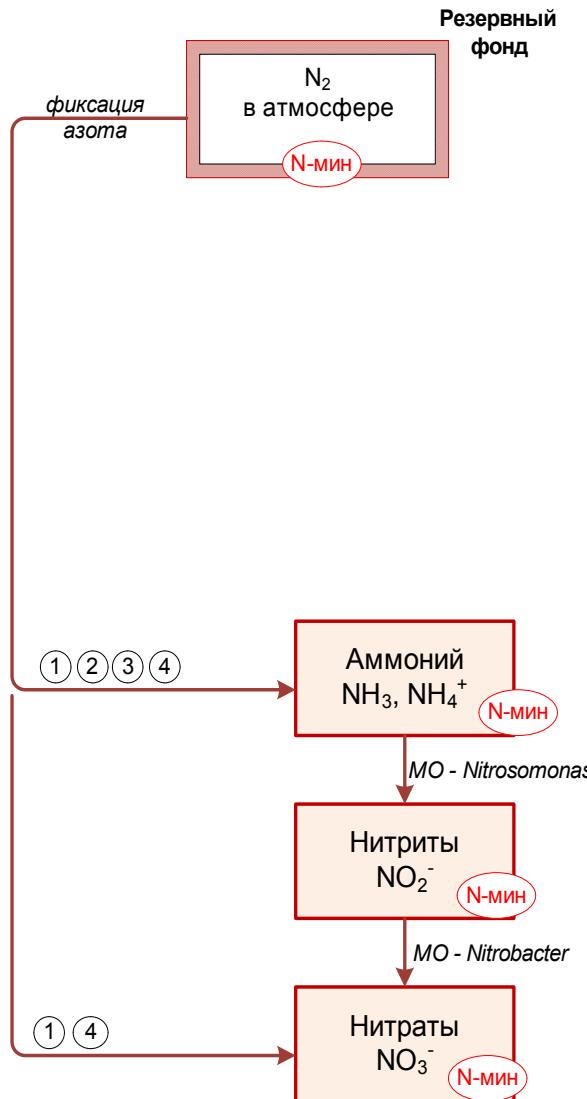
Симбиотические (клубеньковые) бактерии

Симбиоз клубеньковых бактерий и бобовых растений - пример важной экологической роли симбиоза.

Бобовые растения создают благоприятные условия для бактерий, которые осуществляют энергозатратный процесс фиксации атмосферного азота в виде нитратов и аммония. Эти формы азота доступны как хозяевам (бобовым растениям), так и другим растениям в данной экосистеме.

- ① промышленная фиксация
- ② симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- ③ свободноживущие бактерии Azotobacter
- ④ Физические факторы (молнии)

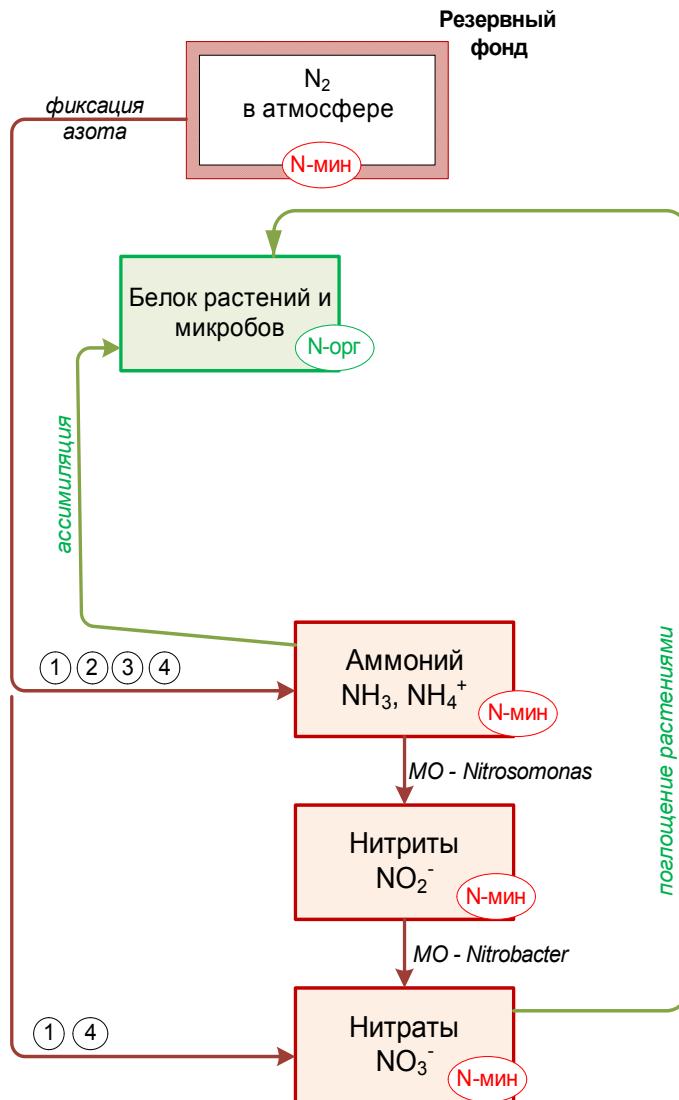
Биогеохимический цикл азота



В почвенной или в водной среде происходит микробиологическое окисление аммония до нитрит-ионов и далее до нитрат-ионов. Каждый процесс осуществляется при участии определенных групп бактерий.

- ① промышленная фиксация
- ② симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- ③ свободноживущие бактерии Azotobacter
- ④ Физические факторы (молнии)

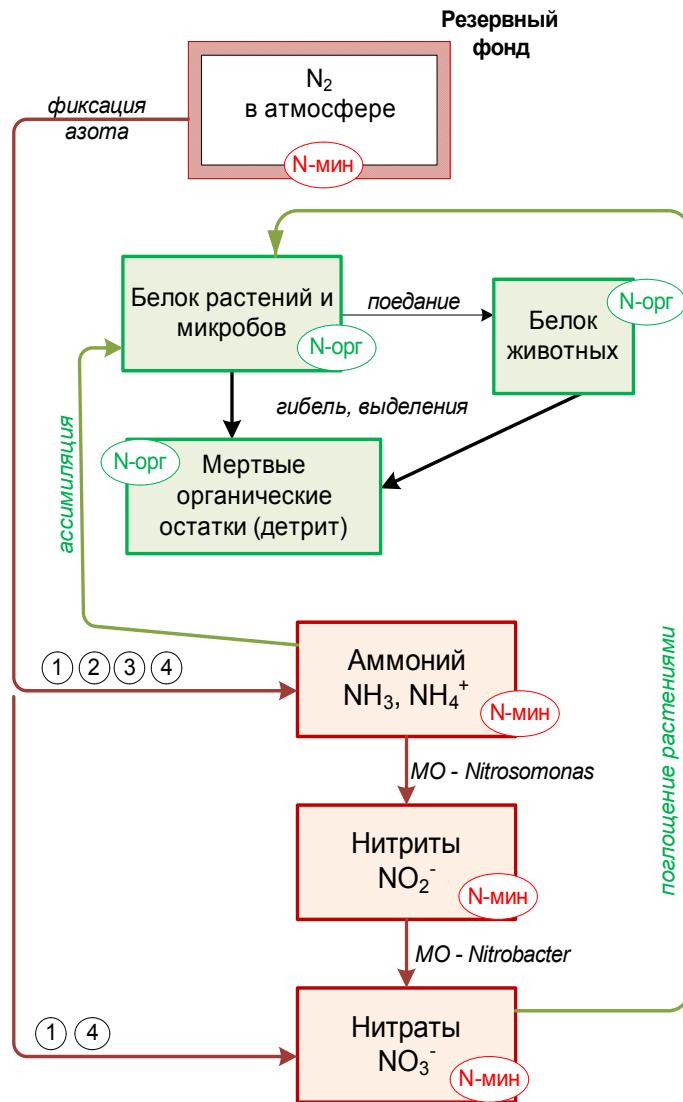
Биогеохимический цикл азота



Растения поглощают ионы аммония или нитрат-ионы в виде растворов из окружающей среды и в процессе фотосинтеза образуют органические вещества, содержащие в том числе и азот (N-org).

- 1 промышленная фиксация
- 2 симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- 3 свободноживущие бактерии Azotobacter
- 4 Физические факторы (молнии)

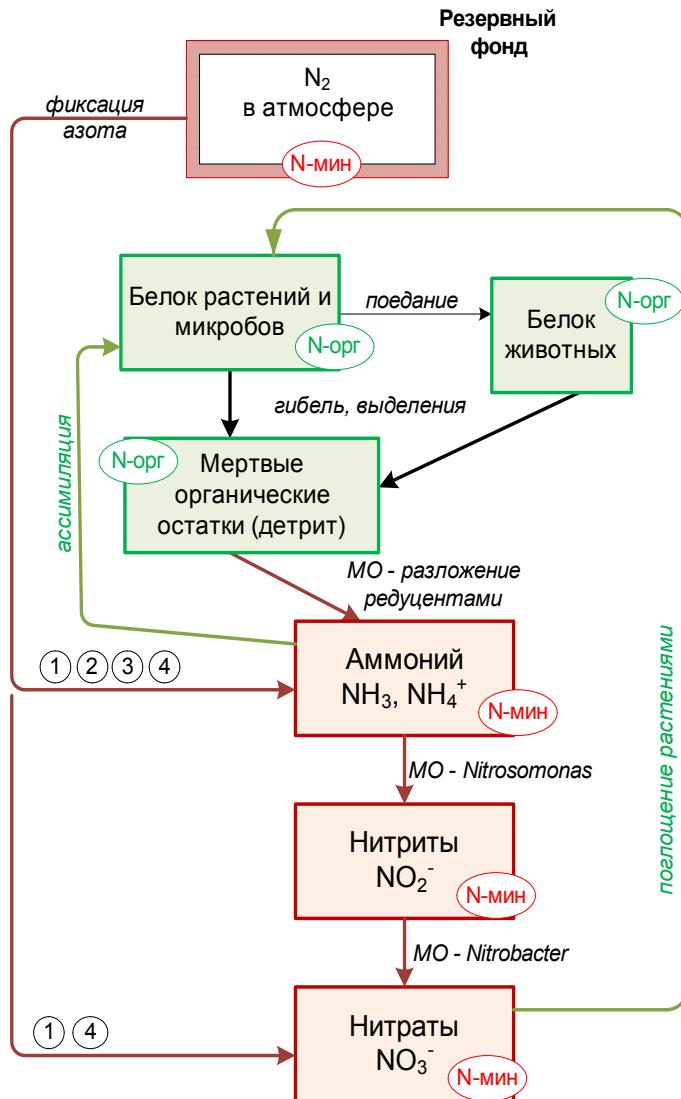
Биогеохимический цикл азота



Животные могут поглощать азот только в составе органических веществ растительного или животного происхождения по типичным пищевым цепям.

- 1 промышленная фиксация
- 2 симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- 3 свободноживущие бактерии Azotobacter
- 4 Физические факторы (молнии)

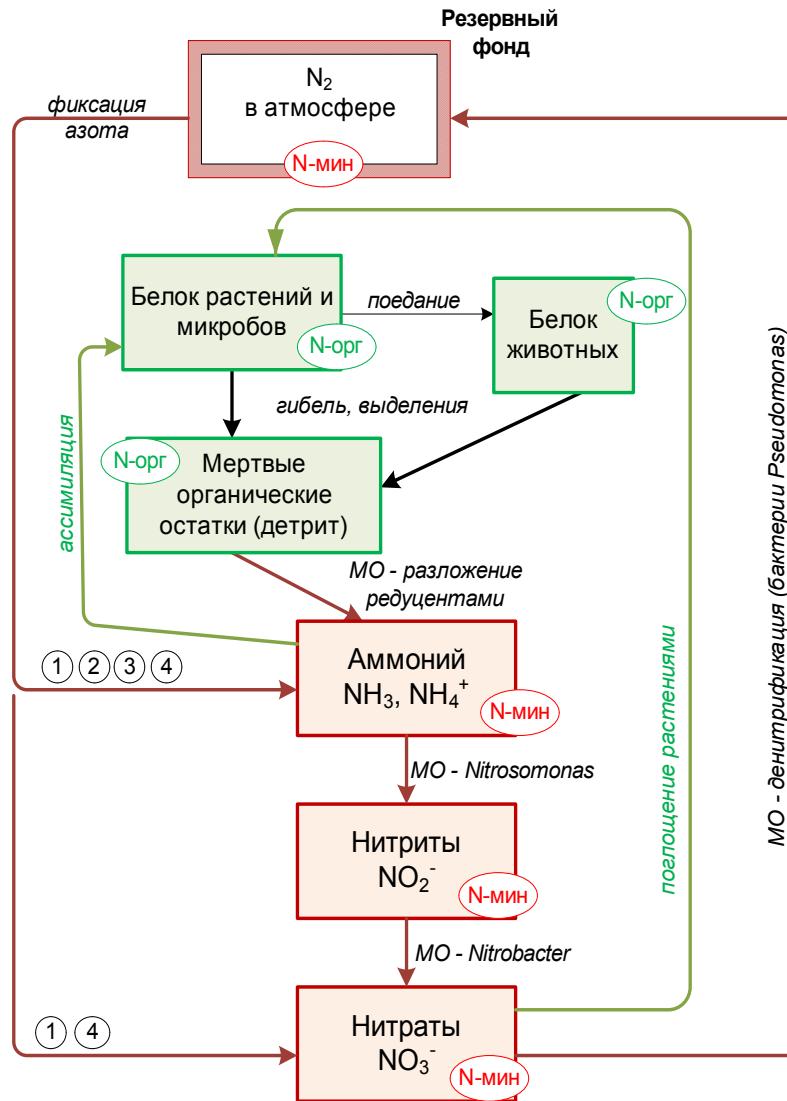
Биогеохимический цикл азота



В почве или воде проходят процессы аммонификации (разложения органического вещества с образованием ионов аммония) при непосредственном участии микроорганизмов.

- 1 промышленная фиксация
- 2 симбиотические бактерии (клубеньковые) Rhizobium
- 3 свободноживущие бактерии Azotobacter
- 4 Физические факторы (молнии)

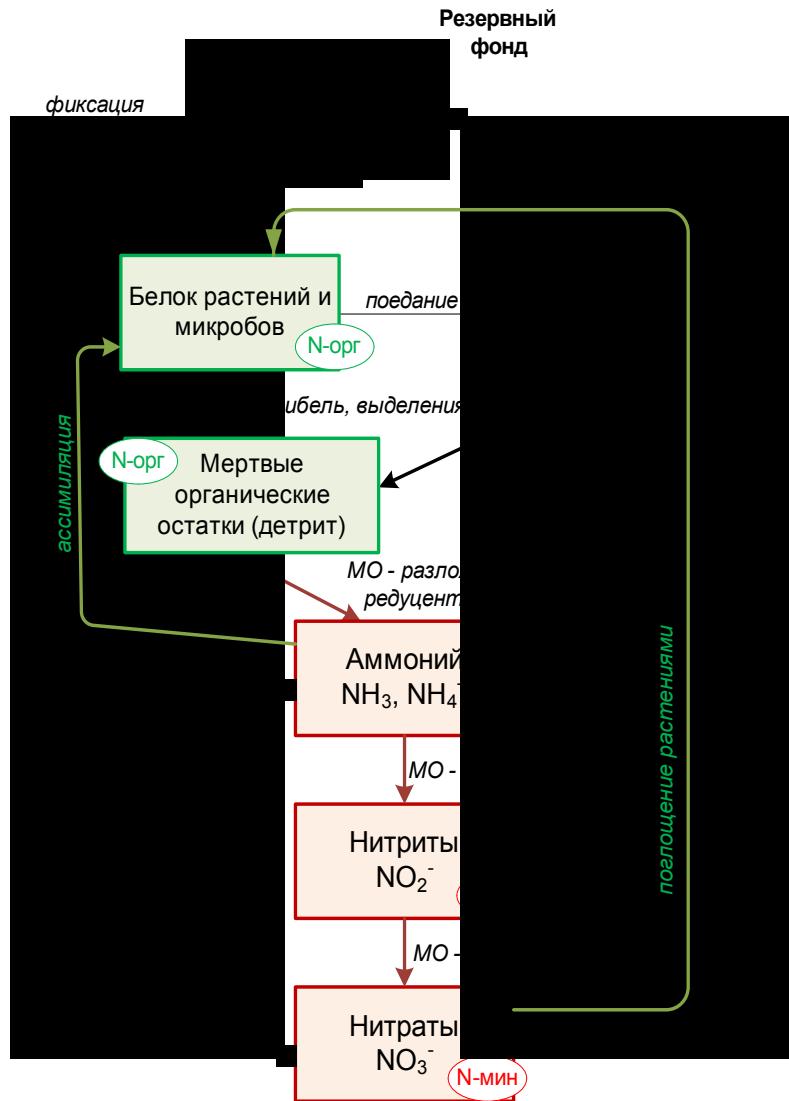
Биогеохимический цикл азота



Возвращение молекулярного азота в атмосферу и замыкание биогеохимического цикла азота происходит в процессе жизнедеятельности **бактерий-денитрификаторов** рода *Pseudomonas*. При этом нитраты восстанавливаются до свободного азота и кислорода в анаэробных условиях.

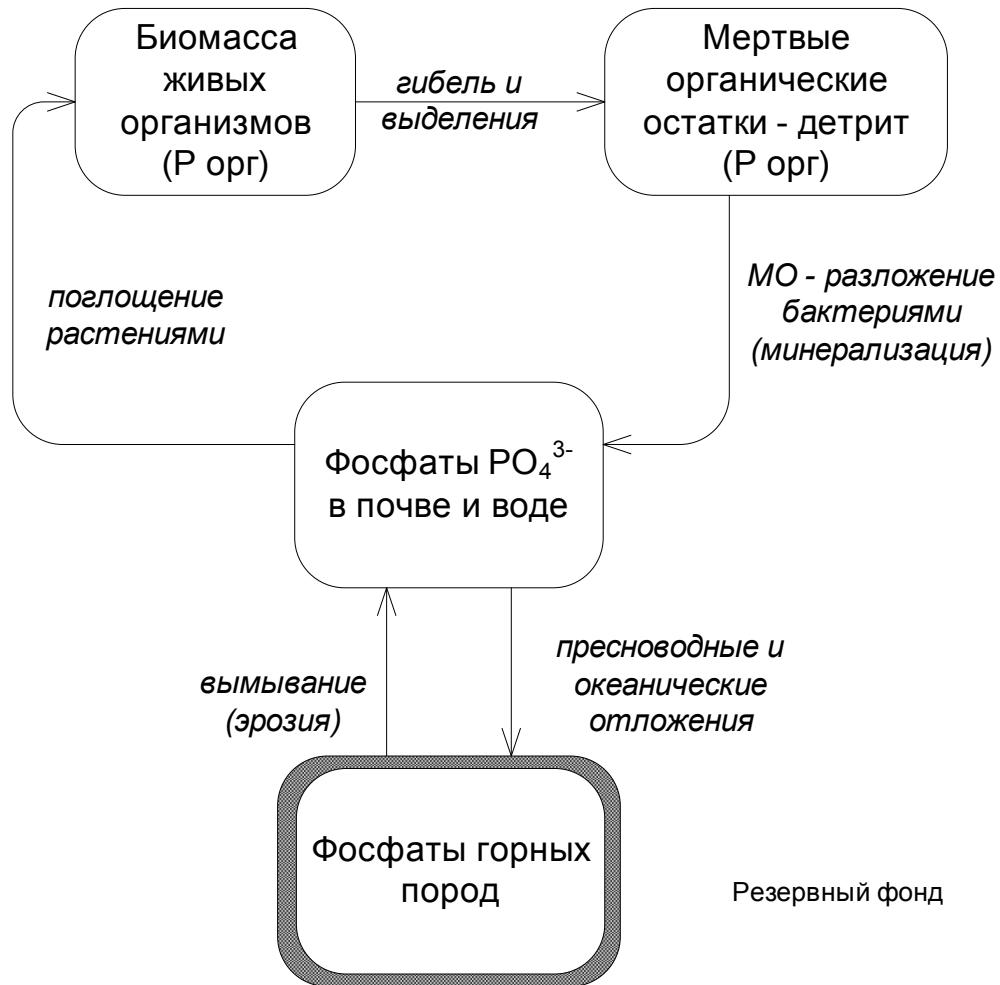
- 1 промышленная фиксация
- 2 симбиотические бактерии (клубеньковые) *Rhizobium*
- 3 свободноживущие бактерии *Azotobacter*
- 4 Физические факторы (молнии)

Биогеохимический цикл азота



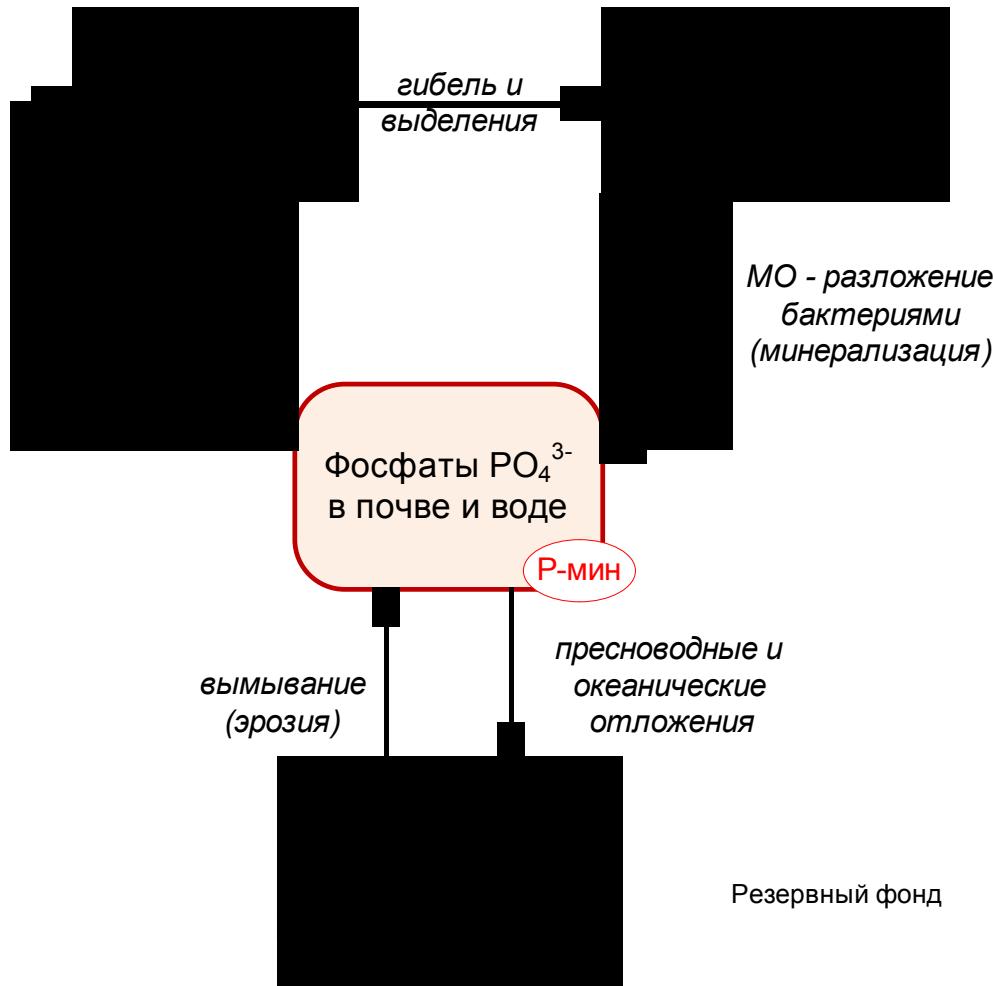
Лишь 10% минерального азота из почвы поглощается растениями и оказывается в распоряжении всех живых организмов, т.е. циркулирует в пределах экосистемы без привлечения резервного фонда.

Биогеохимический цикл фосфора



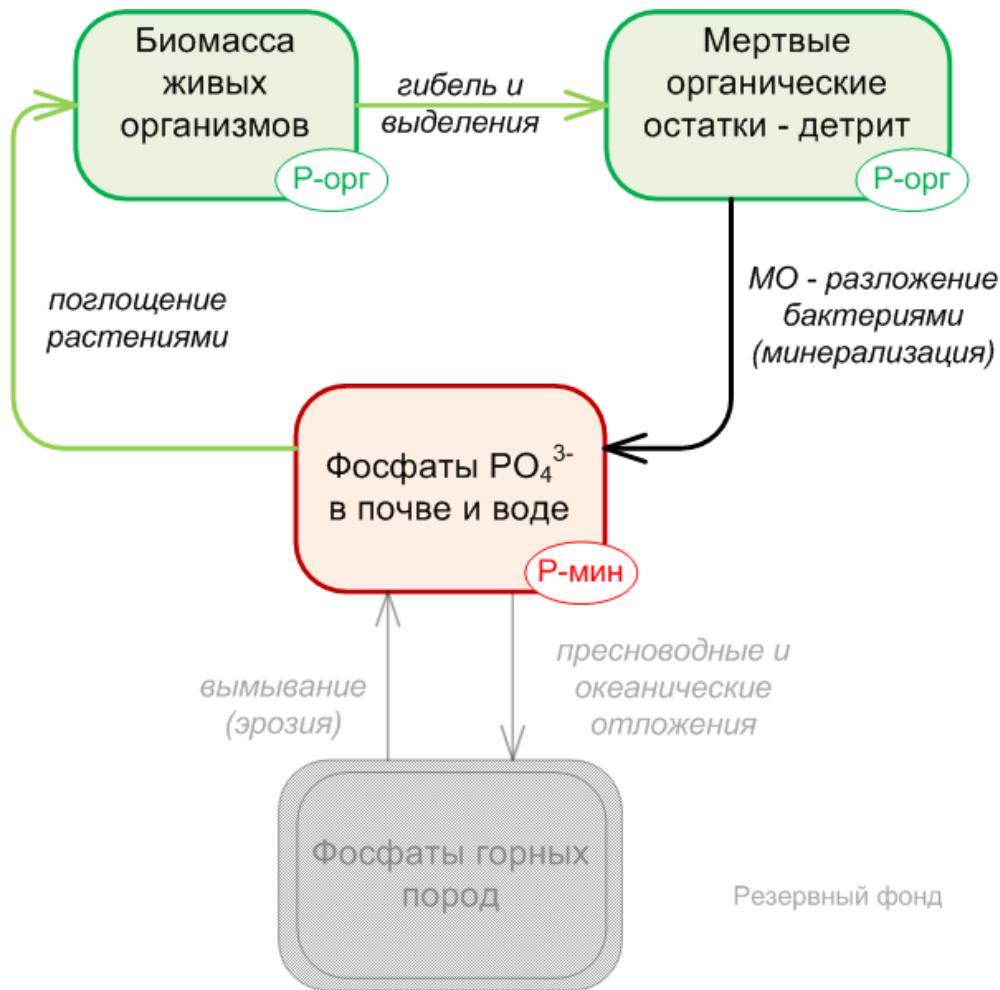
Фосфор входит в состав богатых энергией органических молекул АТФ и АДФ, являющихся универсальными аккумуляторами и переносчиками энергии в клетках растений и животных.

Биогеохимический цикл фосфора



Основным источником фосфора для растений служат фосфат-ионы (PO_4^{2-})

Биогеохимический цикл фосфора

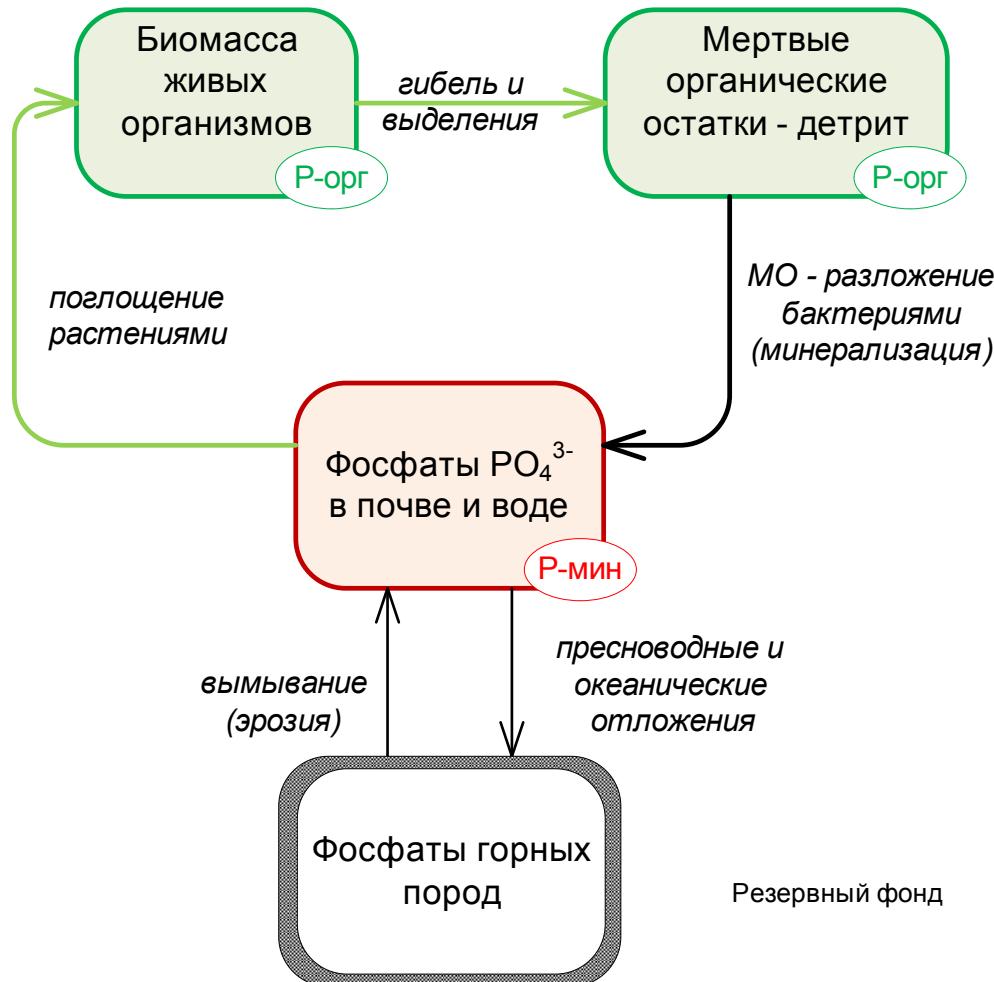


Растения поглощают фосфат-ионы из окружающей среды (почвы или воды) и в процессе биосинтеза включают фосфор в состав органических веществ, образующих биомассу растений.

Животные, поедая растения, получают фосфор в органической форме.

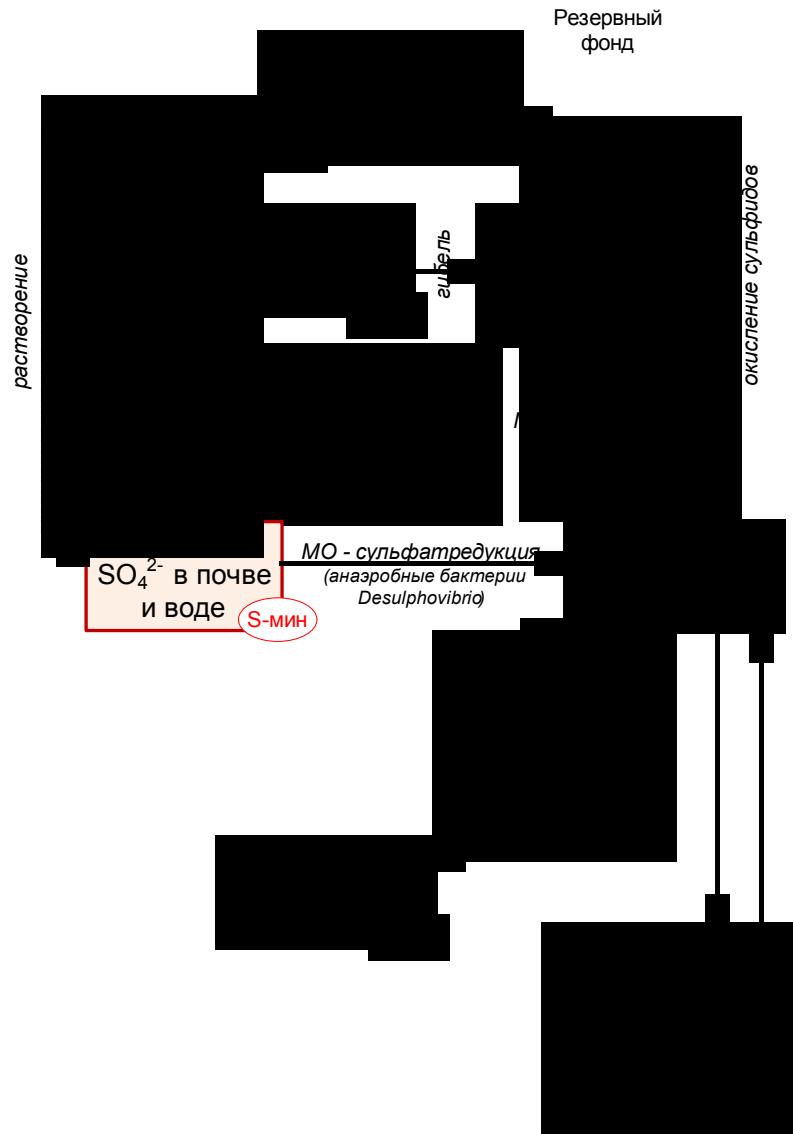
В процессе разложения детрита фосфор постепенно переходит в из органических соединений в фосфаты.

Биогеохимический цикл фосфора



Основные запасы фосфора в биосфере (резервный фонд) содержатся в горных породах. Естественный биогеохимический круговорот фосфора несбалансирован.

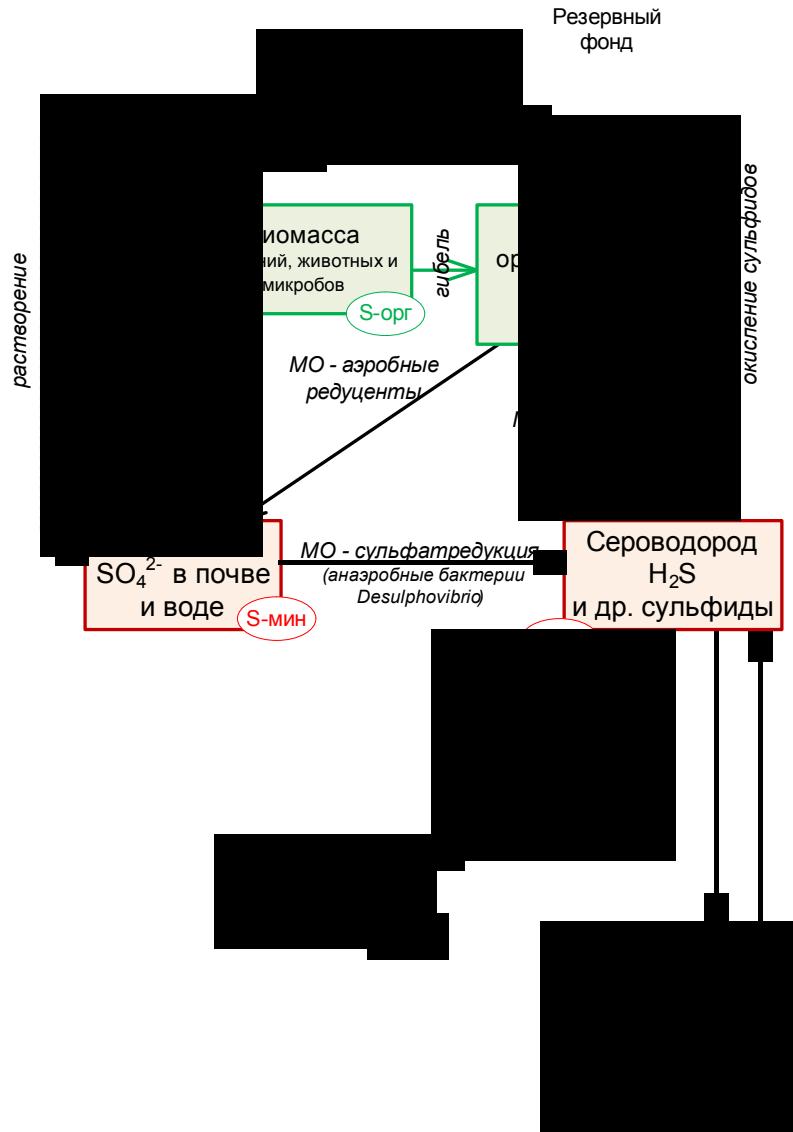
Биогеохимический цикл серы



Сера входит в состав аминокислот и белков.

Основной источник серы, доступный живым организмам (в первую очередь растениям) – сульфаты (SO₄²⁻). Они растворимы в воде и легко доступны для растений.

Биогеохимический цикл серы

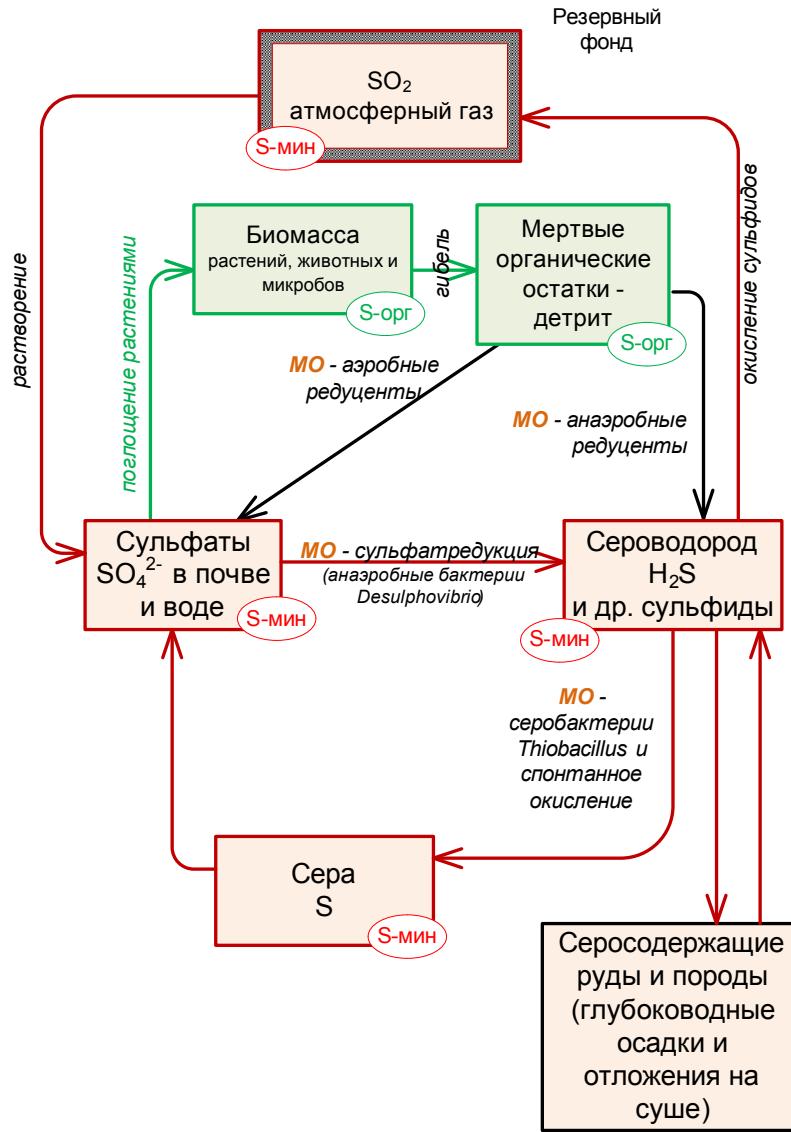


Растения поглощают сульфаты из окружающей среды и в процессе биосинтеза включают серу в органическое вещество (аминокислоты).

Животные, поедая растения, получают серу в органической форме.

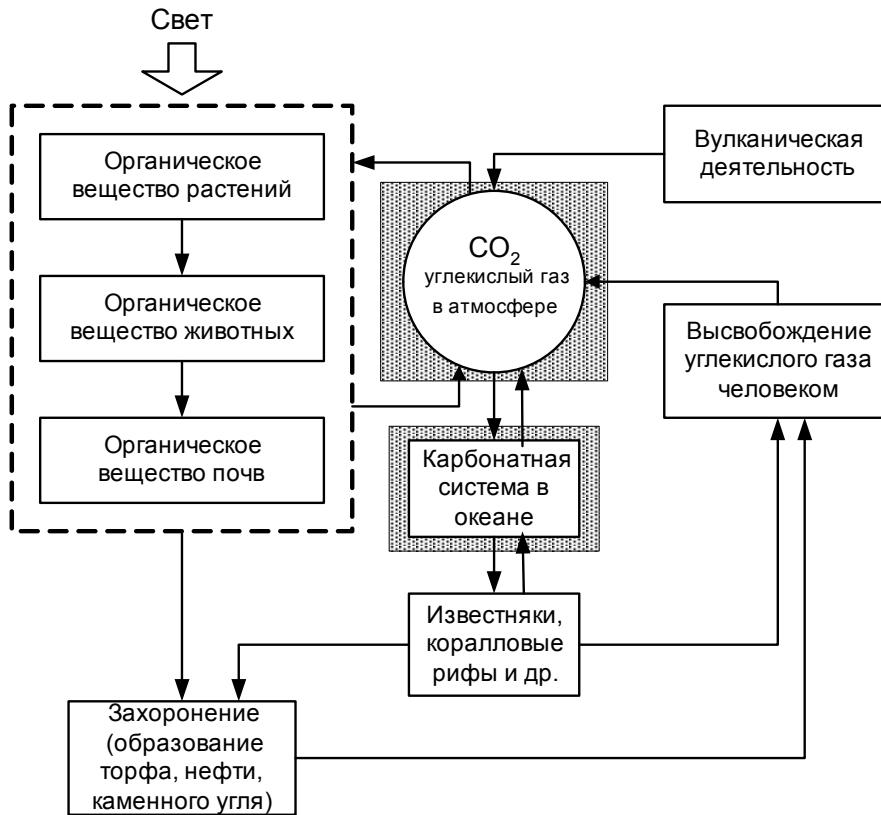
В процессе разложения детрита сера постепенно переходит в из органических соединений в сульфаты (в присутствии кислорода) или в сульфиды (в бескислородных условиях).

Биогеохимический цикл серы



Большинство этапов БГХ-цикла
серы проходят при
непосредственном участии
микроорганизмов (МО)

Биогеохимический цикл углерода



Углерод в качестве важнейшего структурного элемента входит в состав любого органического вещества.

Резервный фонд углерода в биосфере - карбонаты (известняк) и подвижная форма – углекислый газ (CO_2) в атмосфере и океане.

93% углекислого газа находится в океане.

В океане существует *карбонатная система* – сумма всех неорганических растворенных соединений углерода (углекислый газ CO_2 , угольная кислота и продукты ее диссоциации)