

Экосистемы: круговорот веществ и поток энергии

Как живые организмы и среда образуют единое целое.

Экология: язык связей в природе

Экология показывает, как организмы связаны между собой и с неживой средой. Экосистемы входят в биосферу Земли и существуют благодаря энергии, обмену веществ и взаимодействию продуцентов, консументов и редуцентов.



Состав экосистемы: биотическая и абиотическая части

Живой компонент

Биотическую часть образуют организмы, которые создают, потребляют и разлагают органическое вещество. Их совместная деятельность определяет, как в экосистеме распределяются пищевые связи и потоки вещества.

Среда обитания

Абиотическая часть включает свет, температуру, воду, воздух, почву, минеральные соли и рельеф. Эти условия задают границы существования видов и влияют на темпы их развития.

Связи организмов

Между организмами действуют конкуренция, хищничество, паразитизм, симбиоз и пищевые отношения. Благодаря этим связям экосистема не является случайным набором видов, а работает как целостная система.

Устойчивость системы

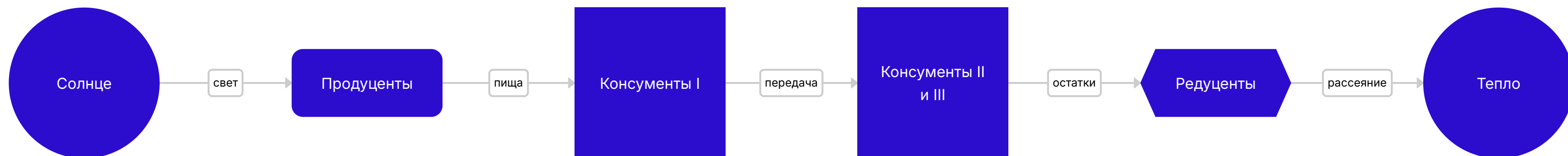
Чем точнее согласованы живые и неживые компоненты, тем выше продуктивность сообщества. При нарушении связей экосистема хуже саморегулируется и медленнее восстанавливает равновесие.

Роль условий среды

Даже небольшие изменения влажности, освещённости или состава почвы меняют численность организмов. Поэтому состояние среды напрямую отражается на структуре и устойчивости экосистемы.

Свет запускает поток энергии в экосистеме

Схема показывает, как энергия проходит через трофические уровни и постепенно рассеивается.



Продуценты как основа биомассы экосистемы

Создатели органики

Зелёные растения, водоросли и цианобактерии синтезируют органические вещества из углекислого газа и воды, используя энергию света. Без этого процесса не возникла бы первичная пища для остальных организмов.

Источник первичной продукции

Именно продуценты формируют первичную продукцию экосистемы. Она становится стартовым запасом биомассы, который затем перераспределяется по пищевым цепям между консументами и редуцентами.

Основа пищевых связей

От количества и активности продуцентов зависит, сколько энергии получают травоядные, а затем хищники. Слабая продукция растений сразу ограничивает численность всех последующих уровней.

Связь с биомассой

Чем выше продуктивность продуцентов, тем больше общая биомасса сообщества. Поэтому состояние растительного покрова — один из главных показателей благополучия экосистемы.



Передача энергии по трофическим уровням



Даже при высокой продуктивности большая часть энергии быстро расходуется на жизнедеятельность организмов и не передаётся дальше.

Рост на каждом уровне резко ограничен потерями энергии, поэтому вершина цепи всегда содержит меньше организмов.

Учебная модель трофической передачи энергии; правило 10% (приближённая оценка)

Почему энергия не совершает круговорот

1.

Затраты на жизнь

Организмы используют полученную энергию на дыхание, движение, рост, размножение и поддержание жизненных функций. Эти процессы необратимо уменьшают запас энергии, доступный следующему звену цепи.

2.

Переход в тепло

Часть энергии при каждом превращении рассеивается в виде тепла. Оно уходит в окружающую среду и уже не может быть снова использовано теми же организмами в прежней форме.

3.

Нет возврата в исходном виде

В отличие от веществ, энергия не накапливается в экосистеме как замкнутый запас. После использования она становится менее пригодной для дальнейшей передачи по трофическим уровням.

4.

Нужен внешний источник

Чтобы система оставалась активной, ей постоянно требуется приток энергии извне. Для большинства наземных и водных экосистем таким источником служит солнечное излучение.

Трофические уровни и их примеры

Уровень	Функция	Примеры
Продуценты	Создают органику	трава, дуб
Консументы I	Питаются растениями	заяц, гусеница
Консументы II	Питаются животными	лисица, окунь
Редуценты	Разлагают остатки	грибы, бактерии

Таблица показывает, какую роль выполняет каждый уровень и какие организмы его представляют.

Каждый уровень зависит от предыдущего: исчезновение одного звена нарушает питание всей системы.

Редуценты возвращают вещества в среду

Невидимые санитарные службы природы

Грибы и бактерии разрушают опавшие листья, мёртвые организмы и экскременты. Они не просто «убирают» остатки, а превращают сложные органические соединения в вещества, которые снова могут использовать растения.



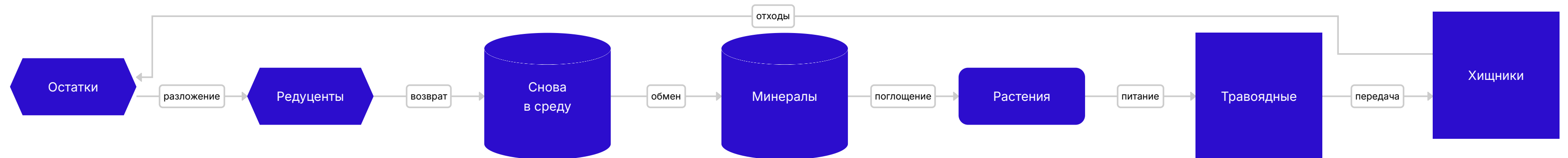
Почва не теряет плодородие

Без редуцентов органические остатки накапливались бы, а минеральные элементы постепенно выпадали бы из оборота. Тогда почва быстро обеднела бы, и круговорот веществ в экосистеме ослабел бы.



Круговорот веществ в экосистеме

Схема отражает перемещение химических элементов между организмами, почвой, водой и воздухом.



Круговорот воды: связь океана, атмосферы и суши

Испарение

С поверхности океанов, водоёмов, влажной почвы и листьев вода переходит в атмосферу и становится частью водяного пара, который переносится воздушными массами.

Перенос в атмосфере

Водяной пар и облака перемещаются ветрами на большие расстояния, соединяя морские и континентальные области в единый круговорот.

Осадки и впитывание

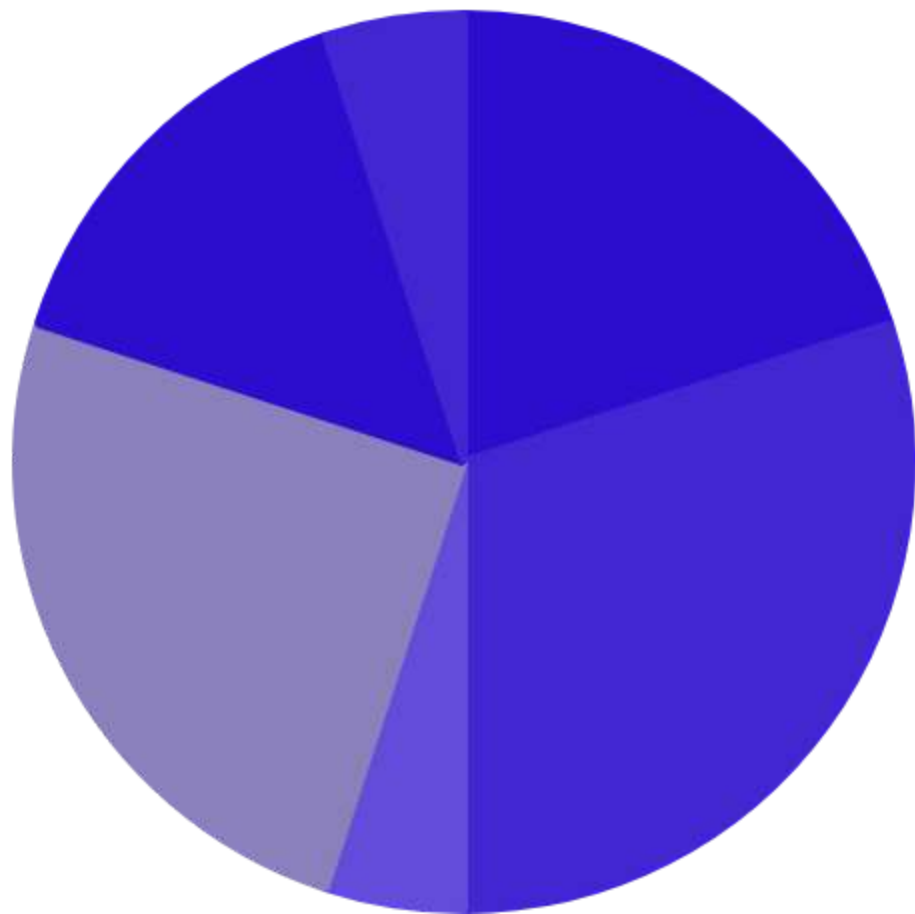
Охлаждение воздуха приводит к конденсации и выпадению осадков. Часть воды просачивается в почву, пополняет грунтовые воды и поглощается корнями растений.

Возврат в среду

Вода входит в состав клеток, участвует в обмене веществ и снова возвращается в атмосферу через транспирацию, дыхание и испарение, поддерживая климат и жизнь.

Углеродный цикл и влияние фотосинтеза

Атмосфера Растения Животные Почва
Океан Ископаемое топливо



Фотосинтез связывает углерод в органическом веществе, а дыхание и разложение возвращают его в атмосферу. Доли на диаграмме условные и показывают основные резервуары.

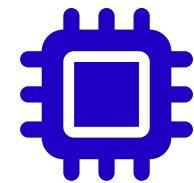
Баланс углерода зависит от соотношения фотосинтеза, дыхания и сжигания топлива: чем сильнее нарушен обмен, тем выше концентрация CO_2 .

Азотный цикл и плодородие почвы



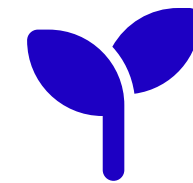
Атмосферный запас

Основная масса азота сосредоточена в атмосфере, но в свободном виде он недоступен большинству организмов. Для включения в питание нужны процессы фиксации и превращения соединений.



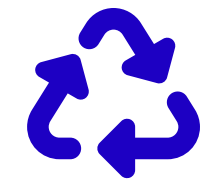
Фиксация азота

Азотфиксирующие бактерии переводят молекулярный азот в аммиак и другие соединения, которые затем могут быть использованы растениями для построения органических веществ.



Питание растений

После нитрификации образуются нитраты, легко усваиваемые корнями. Это напрямую влияет на синтез белков, рост побегов и общую продуктивность сельскохозяйственных и природных сообществ.



Возврат в атмосферу

Денитрифицирующие бактерии завершают цикл, восстанавливая азот до атмосферного состояния. Так поддерживается равновесие и сохраняется плодородие почв без накопления лишних соединений.

Круговорот веществ и поток энергии: сравнение

Сравнение показывает, что вещества возвращаются в среду, а энергия проходит через экосистему только один раз и рассеивается в виде тепла.

Вещества сохраняются и перераспределяются, а энергия требует постоянного внешнего притока. Без обоих процессов экосистема теряет устойчивость.

Характеристика	Вещества	Энергия
Направление	Круговорот	Поток
Повторное использование	Да	Нет
Конечный результат	Минералы	Тепло

Пищевые цепи и пищевые сети

1. Пищевая цепь

Пищевая цепь показывает последовательную передачу вещества и энергии от одного организма к другому. Она удобна для анализа, но в природе всегда остаётся упрощённой моделью.

2. Пищевая сеть

Пищевая сеть объединяет несколько цепей и отражает реальные связи между видами. Один организм может одновременно быть и потребителем, и добычей, что делает систему гибче.

3. Луг как пример

На лугу растения поедают насекомые и грызуны, а их, в свою очередь, ловят птицы и хищники. Такая структура демонстрирует множественность путей передачи энергии.

4. Значение сложности

Чем больше альтернативных связей в сети питания, тем выше устойчивость экосистемы. Потеря одного вида тогда меньше нарушает общий обмен веществ и энергии.



Экологические пирамиды



Все пирамиды отражают уменьшение ресурсов по мере продвижения вверх по трофическим уровням. Условные значения помогают увидеть общую закономерность, а не точные данные.

Пирамида энергии наиболее универсальна: она всегда сужается кверху и наглядно показывает потери на каждом уровне питания.

Учебная схема; значения условные

Устойчивость экосистем и сукцессия

Нарушение территории

Сукцессия начинается после пожара, вырубки, извержения или на новой поверхности, где сообщество должно сформироваться заново под действием условий среды.

Пионерные виды

Первыми поселяются неприхотливые, светолюбивые и быстрорастущие организмы. Они подготавливают почву, изменяют микроклимат и создают основу для следующих стадий.

Формирование сообщества

По мере накопления органического вещества возрастает разнообразие видов, усложняются пищевые связи и усиливается замкнутость круговоротов веществ.

Стабильное состояние

Зрелое сообщество лучше противостоит внешним воздействиям благодаря разнообразию видов, достатку ресурсов и налаженной саморегуляции.



Влияние человека на круговороты веществ и энергии

Вырубка лесов

Сокращение лесов уменьшает площадь фотосинтеза, ослабляет поглощение углекислого газа и нарушает влагооборот. В результате меняются местный климат и условия для жизни многих видов.

Избыток удобрений

Смыв азотных и фосфорных соединений в водоёмы вызывает эвтрофикацию. Массовое развитие водорослей затем приводит к дефициту кислорода и гибели водных организмов.

Сжигание топлива

Использование угля, нефти и газа увеличивает выбросы CO_2 . Это усиливает парниковый эффект и влияет на температурный режим, осадки и распределение экосистем.

Загрязнение среды

Токсичные вещества подавляют деятельность редуцентов, ухудшают разложение остатков и снижают плодородие почв. Тем самым нарушается замыкание круговорота веществ.



Сохранение баланса экосистемы

Схема показывает, как состояние среды и живых компонентов связано со стабильностью круговорота веществ и потока энергии.



Экосистема работает, пока сохраняется обмен

Экосистема существует, когда вещества возвращаются в круговорот, а энергия непрерывно поступает извне и рассеивается. Сохранение всех звеньев делает природу устойчивой и способной к восстановлению.