



Обзор темы и ключевые вопросы: «Живое вещество и биогеохимические круговороты»

Живое вещество связывает биосферу и управляет обменом веществ и энергии.

Биосфера: определение и структура

Биосфера — глобальная система, объединяющая живые организмы и компоненты неживой природы. Живое вещество включает бактерии, растения, грибы и животных, взаимосвязанных с биогеническими и косными веществами. Понимание этой структуры важно для изучения биогеохимических процессов.





550 млрд тонн

составляет сухая масса всех живых организмов,
формирующих биосферу.

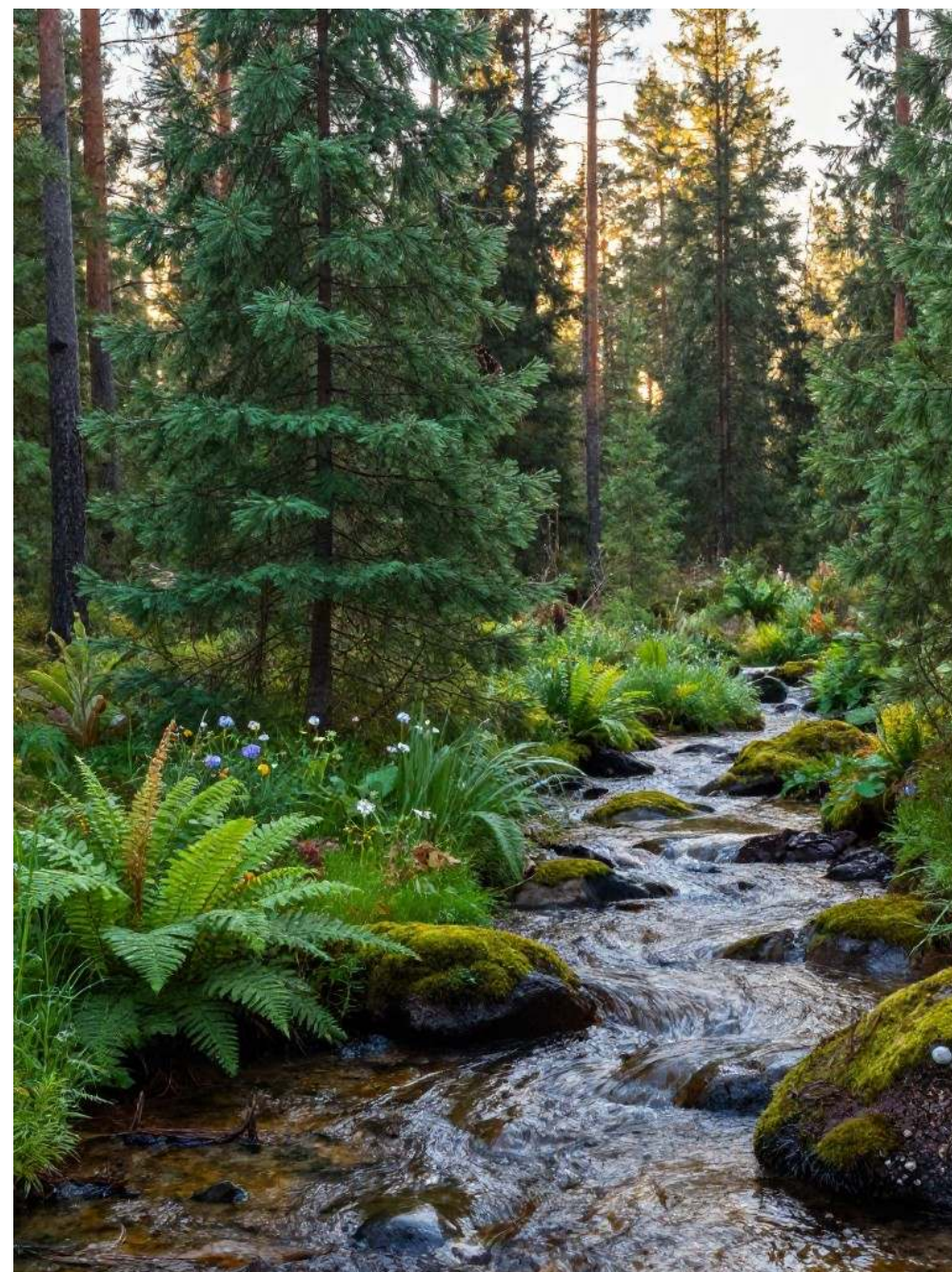
Данные экологии и биологии, 2023

Живое вещество включает клетки и неклеточные формы, способные к обмену и воспроизводству. Все виды от водорослей до животных образуют эту массу.

Вклад В.И. Вернадского в изучение биосферы и круговоротов

Владимир Иванович Вернадский заложил основы учения о биосфере, впервые выделил роль живого вещества в преобразовании планеты. Он ввёл важные понятия, включая «биогеохимический цикл» и изучал влияние жизни на химический состав Земли.

1



Вернадский разработал концепцию ноосферы — сферы разума, способной изменять природные процессы. Его работы стали фундаментом отечественной биогеохимии и сформировали научный взгляд на круговороты веществ.

2

Функции живого вещества в биосфере

1

Энергетическая функция заключается в преобразовании солнечной энергии с помощью фотосинтеза и дыхания, обеспечивая питание различных организмов.

2

Биогеохимическая функция проявляется в участии живых организмов в переносе и трансформации химических элементов между средами.

3

Информационная функция связана с хранением и передачей наследственной информации, что поддерживает генетическое разнообразие и эволюцию.

4

Трансформирующая функция заключается в воздействии на среду — создании почвы и изменении структур экосистем благодаря биотурбации и другим процессам.

Реализация функций живого вещества: примеры организмов



Фотосинтезирующие растения

Растения преобразуют углекислый газ и солнечную энергию в органическое вещество, создавая основу пищевых цепей. Они играют ключевую роль в поддержании кислородного баланса атмосферы.



Азотфиксирующие бактерии

Некоторые бактерии, например клеверозависимые, способны фиксировать атмосферный азот, превращая его в доступные соединения для растений, тем самым обеспечивая плодородие почвы.



Почвообразующие животные

Дождевые черви и муравьи структурируют почву, способствуют разложению органики и улучшают аэрирование, что повышает плодородие и устойчивость экосистем.

Связь живого вещества с биогеохимическими круговоротами

1

Живое вещество обеспечивает фотосинтез, дыхание и разложение, запуская ключевые этапы круговоротов веществ.

2

Организмы способствуют минерализации и переносу химических элементов между средами, поддерживая целостность системы.

3

Интеграция биологических и геохимических процессов объединяет живое и неживое, формируя устойчивую биосферу.

Основные биогеохимические циклы и их значение



Водный цикл

Перемещение воды через испарение, конденсацию и осадки обеспечивает климат и доступность влаги для живых организмов.



Углеродный цикл

Фиксация и выделение углерода регулирует энергетический баланс и климатические процессы на планете.



Азотный цикл

Обеспечивает доступность азота для синтеза белков и других органических соединений, важен для роста растений.



Серный цикл

Участвует в образовании серосодержащих соединений, влияющих на почвы и атмосферу.



Фосфорный цикл

Управляет движением фосфора, незаменимого для ДНК и клеточных функций, но ограниченного по доступности.

Сравнительный анализ ключевых биогеохимических циклов

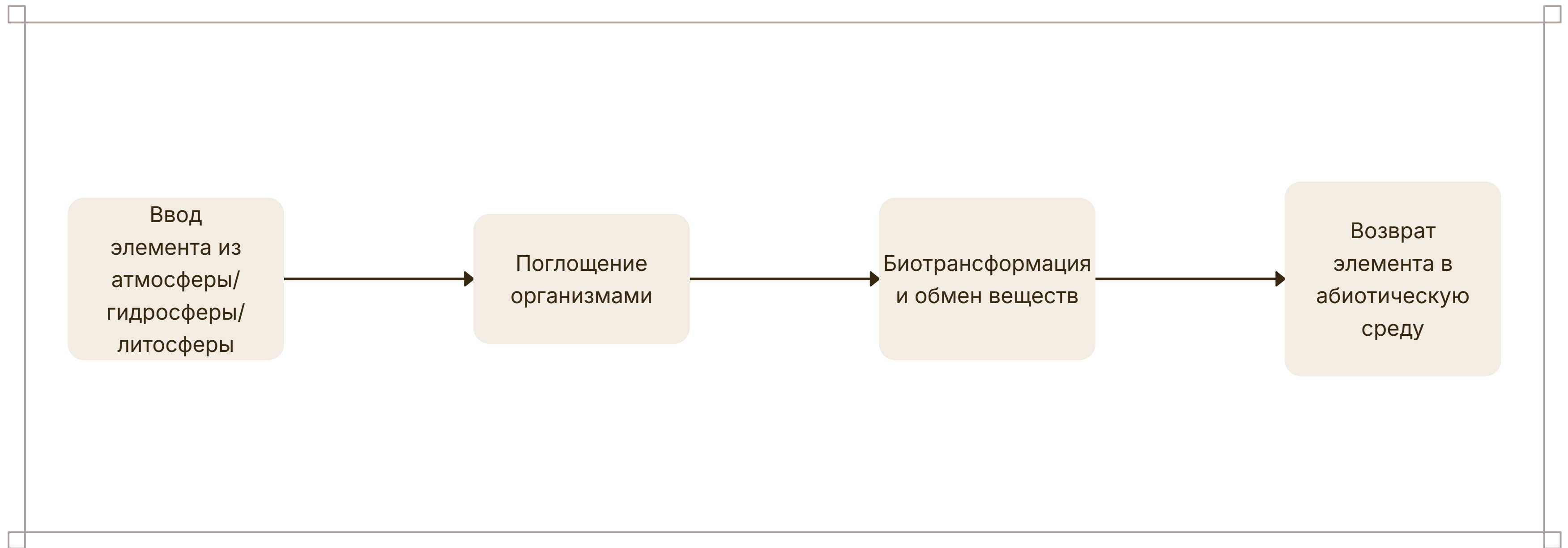
Цикл	Основной резервуар	Скорость обращения	Ключевые процессы	Значимость для биосферы
Водный	Океаны	Быстрая	Испарение, осадки	Климат и транспорт воды
Углерод	Атмосфера и океан	Средняя	Фотосинтез, дыхание	Энергетический баланс
Азот	Атмосфера	Медленная	Фиксация, денитрификация	Рост растений
Фосфор	Литосфера	Очень медленная	Выветривание, минерализация	Синтез ДНК, костей

Основные характеристики пяти биогеохимических циклов, показывающие их резервы, скорость и значимость для биосферы.

Скорость и механизмы циклов влияют на устойчивость экосистем.

Основные этапы биогеохимического круговорота

Схема последовательных процессов круговорота элементов в биосфере



Круговорот углерода в биосфере



1

Фиксация и переработка углерода

Растения и водоросли осуществляют фотосинтез, связывая углекислый газ и образуя органические соединения. Животные и микроорганизмы участвуют в преобразовании углерода и возвращают CO_2 в атмосферу через дыхание и разложение.

2

Воздействие человека на углеродный цикл

Горение ископаемого топлива значительно увеличивает выбросы углерода, способствуя парниковому эффекту и изменению климата. На суше ежегодно фиксируется около 120 Гт углерода, в океанах — порядка 90 Гт.

Круговорот азота и его значение в биосфере

1

Азот в атмосфере фиксируется симбиотическими и свободноживущими бактериями, превращается в доступные для растений формы. Растения усваивают нитраты, а животные используют органический азот для построения белков и других биомолекул.

2

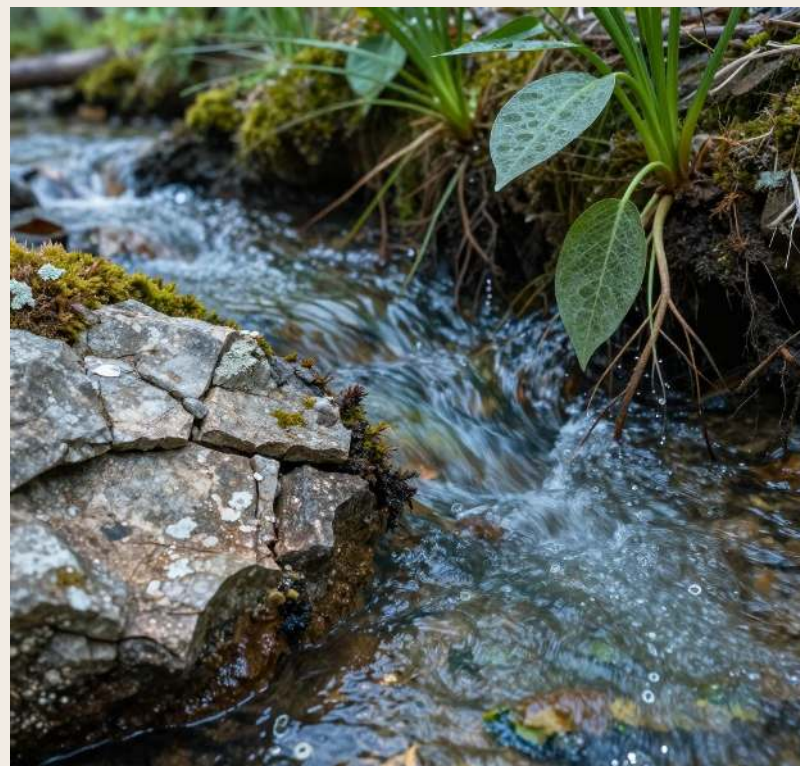
Возврат азота в почву осуществляется при разложении органики, а денитрифицирующие бактерии возвращают его в атмосферу. Избыток азотных соединений может вызывать эвтрофикацию водоемов, нарушая экосистемы.



Особенности круговорота фосфора



1. Фосфор выделяется в результате выветривания фосфатных пород и транспортируется с поверхностными водами. Растения поглощают его для построения ДНК и клеточных структур, обеспечивая питание в экосистемах.



2. Большая часть фосфора находится в литосфере и движется очень медленно, что часто приводит к дефициту в почвах. Искусственное внесение удобрений решает проблему, но может оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Вода в биосфере: круговорот и значение



Испарение и транспирация — ключевые процессы кругооборота воды

Вода испаряется с поверхности океанов и с растений через транспирацию, образуя влагу в атмосфере. Эти процессы обеспечивают формирование облаков и питание пресных водоемов, поддерживая живые организмы.



Вода движется по речным и подземным потокам, поддерживая экосистемы

Дождевые осадки питают реки и грунтовые воды, заряжают питьевые источники и поддерживают растительность. Растения, регулируя парообмен, формируют микроклимат и влияют на глобальную циркуляцию влаги.

Роль энергии в биогеохимических круговоротах

1. Солнечная энергия преобразуется в химическую при фотосинтезе, что поддерживает образование органического вещества и трофические сети в экосистемах.

1

2. Пищевые цепи передают энергию от производителей к потребителям, однако до 90% энергии теряется на каждом этапе в виде тепла, ограничивая эффективность передачи.

2

3. Перераспределение энергии обеспечивает взаимодействие биологических и геохимических процессов, поддерживая устойчивость и динамику биосферы в целом.

3

Антропогенное влияние на круговороты биосферы

1. Сжигание ископаемого топлива и вырубка лесов усиливают парниковый эффект, способствуя глобальному изменению климата и нарушая естественные циклы.

1



2. Внесение удобрений и строительство гидросооружений изменяют азотный и водный круговороты. Эти изменения приводят к эвтрофикации водоемов, уменьшению биоразнообразия и закислению океанов.

2

Изменение циклов: кейс Мексиканского залива



Образование мертвых зон из-за избыточного количества питательных веществ

Сельскохозяйственные сточные воды насыщены азотом и фосфором, вызывая усиленный рост водорослей. Разложение массовой биомассы уменьшает уровень кислорода, что губительно для морской жизни.



Экологические и экономические последствия мертвой зоны

Площадь мёртвой зоны в Мексиканском заливе в 2021 году превысила 16 000 км², что негативно сказывается на рыболовстве и биоразнообразии, угрожая устойчивости прибрежных экосистем.

Роль биогеохимических круговоротов для устойчивости биосферы

1. Циклы химических элементов поддерживают стабильный климат и обеспечивают питательными веществами почвы, способствуя росту и разнообразию организмов.

2. Баланс круговоротов предотвращает экологические кризисы, минимизируя истощение ресурсов и сохраняя функционирование экосистем на длительный срок.

3. Нарушения циклов приводят к деградации земель, опустыниванию и снижению устойчивости жизненных систем, усиливая глобальные изменения климата.

Современные решения и вызовы для биосферы



◇ Восстановление природы и инновации

Восстановление влажных земель и посадка лесов улучшают связывание углерода. Развитие биоинженерии помогает в создании биологических фильтров и фиксации азота, уменьшая нагрузку на экосистемы.

◇ Устойчивое природопользование и технологии

Применение устойчивых сельскохозяйственных методов и сокращение химических удобрений помогают стабилизировать круговороты. Использование возобновляемых источников энергии снижает антропогенный след.



Живая биосфера — основа устойчивого будущего

Живое вещество играет ключевую роль в биогеохимических циклах, формируя устойчивость экосистем. Изучение круговоротов необходимо для рационального природопользования и защиты планеты от экологических угроз.