

Круговорот веществ в природе: основа устойчивости биосферы



Вещества в биосфере непрерывно переходят из одной формы в другую.

Почему круговорот веществ — основа жизни

Живые организмы постоянно обмениваются веществом с окружающей средой. Круговорот сохраняет почвы, воду, воздух и климат, тогда как энергия проходит через экосистемы и рассеивается в виде тепла, не возвращаясь обратно полностью.



Понятие биогеохимического круговорота

Непрерывное движение

Круговорот веществ — это постоянное перемещение химических элементов между живыми организмами и неживой природой, при котором одни соединения исчезают лишь внешне, переходя в другие формы.

Живая и неживая среда

В школьной биологии этот процесс называют биогеохимическим, потому что в нём одновременно участвуют организмы, почва, вода, воздух и геологические оболочки Земли.

Элементы жизни

Особое значение для организмов имеют углерод, кислород, водород, азот, фосфор, сера, кальций и железо: именно они входят в состав важнейших клеточных структур.

Обмен без изоляции

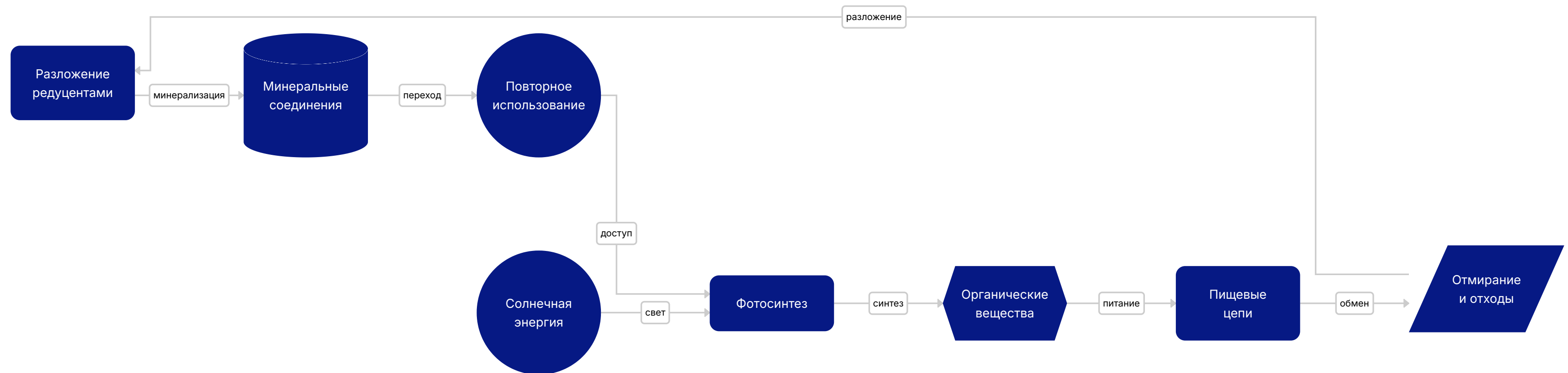
Ни один организм не существует отдельно от биосферы: он получает вещества из среды и возвращает их обратно через дыхание, питание, выделение и разложение.

Основа устойчивости

Благодаря повторному использованию веществ экосистемы сохраняют продуктивность, а природные запасы элементов не истощаются мгновенно, как это было бы при одноразовом расходовании.

Общая схема биологического круговорота

Последовательность процессов в биологическом круговороте веществ



Роль продуцентов, консументов и редуцентов

1. Продуценты

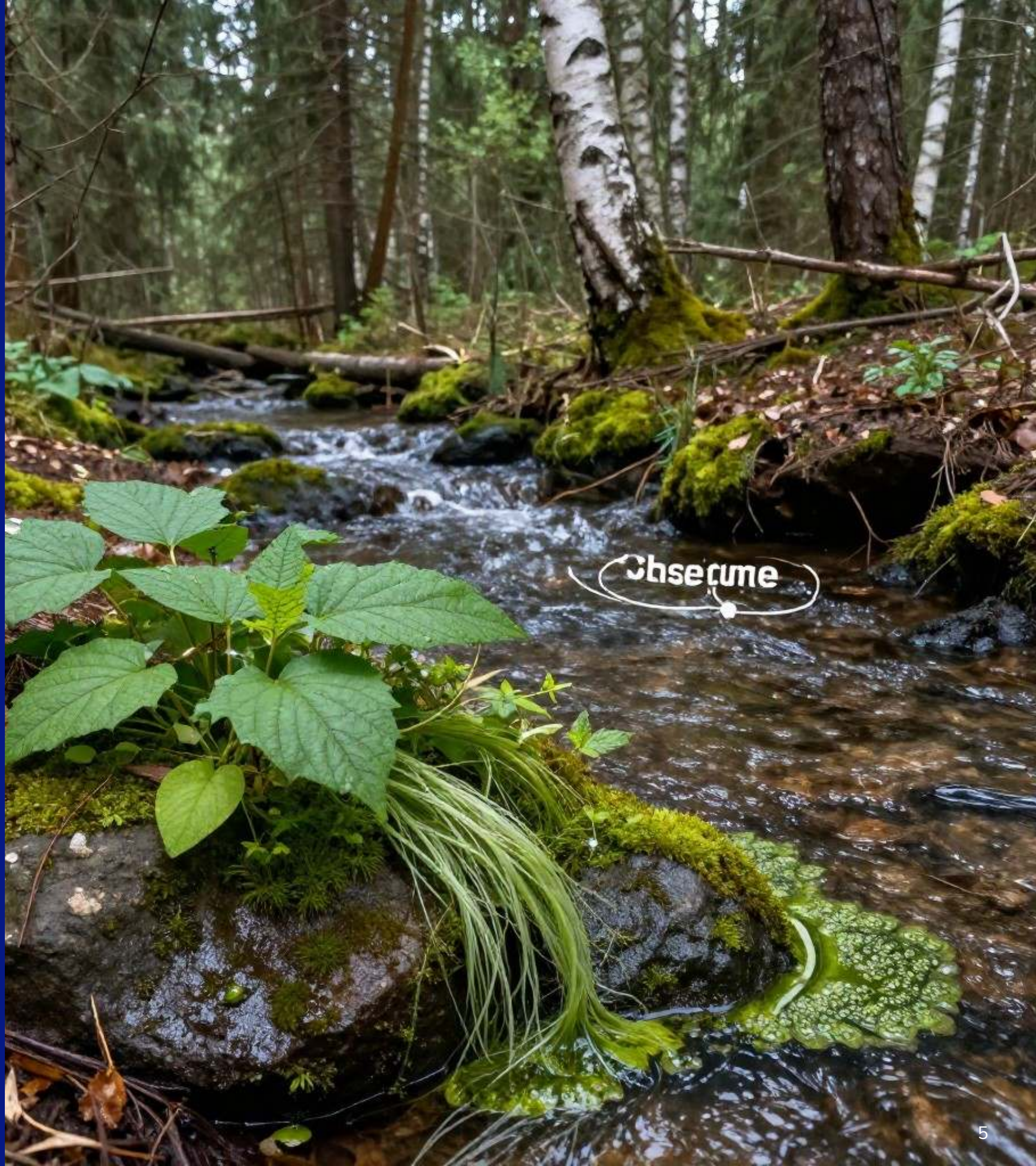
Зелёные растения, водоросли и некоторые бактерии создают органическое вещество из неорганических соединений, используя энергию света. Именно они запускают поступление вещества в экосистему.

2. Консументы

Животные и многие другие организмы получают готовые вещества, поедая растения или других животных, и тем самым переносят элементы по трофическим цепям между уровнями.

3. Редуценты

Бактерии и грибы разлагают остатки организмов до минеральных веществ, возвращая их в почву и воду. Без этого звена круговорот быстро нарушился бы.



Круговорот воды как самый быстрый процесс

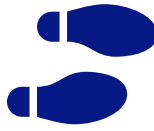
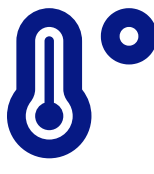
Водный цикл связан с постоянным переходом влаги между океаном, сушей, атмосферой и живыми организмами, поэтому он напрямую определяет распределение осадков и состояние почвенной влаги.

Наибольший вклад дают испарение и осадки; именно они обеспечивают быстрый обмен воды между оболочками Земли.



Школьный курс биологии; схема водного круговорота

Круговорот углерода и его значение для климата

	Фиксация углерода При фотосинтезе растения поглощают углекислый газ из атмосферы и включают углерод в органические вещества, становясь начальным звеном его круговорота в биосфере.
	Переход по цепям питания Углерод передаётся от растений к животным и микроорганизмам через пищевые связи, а затем снова вовлекается в обмен при дыхании и разложении.
	Возврат в атмосферу Дыхание, гниение органических остатков и горение биомассы возвращают углекислый газ в атмосферу, поддерживая динамическое равновесие содержания углерода в воздухе.
	Крупные хранилища Леса, почвы и океаны накапливают значительные массы углерода и служат буферами, которые сглаживают колебания его концентрации и замедляют климатические изменения.
	Климатический эффект Когда баланс нарушается, концентрация CO ₂ растёт, усиливается парниковый эффект, и возрастает риск глобального потепления с последствиями для экосистем и человека.

Круговорот азота: от атмосферы к белкам

1. Запас в атмосфере

Атмосфера содержит около 78% азота, однако в молекулярной форме он недоступен большинству организмов, поэтому для живых систем нужны особые превращения.

2. Фиксация и нитрификация

Азотфиксирующие бактерии переводят азот в доступные соединения, а нитрифицирующие бактерии образуют нитраты, которые растения легко усваивают через корни.

3. Включение в биомолекулы

Азот входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла, поэтому он необходим для роста, обмена веществ и фотосинтеза.

4. Возврат в атмосферу

Денитрифицирующие бактерии восстанавливают часть соединений азота до газообразного состояния, возвращая его в атмосферу и завершая природный цикл.

Сравнение основных круговоротов веществ

Цикл	Резервуар	Скорость
Вода	Океаны, атмосфера	Быстрый
Углерод	Атмосфера, биота	Быстрый
Азот	Атмосфера, почва	Средний
Фосфор	Породы, почвы	Медленный

Школьный курс биологии 11 класса

Сопоставление показывает различия в скорости, источниках и биологической зависимости четырёх главных круговоротов.

Водный и углеродный циклы идут быстрее и сильнее связаны с атмосферой; фосфорный круговорот наиболее медленный и зависит от пород и почв.



Фосфор и ограниченность минеральных ресурсов

Медленный цикл

Фосфор почти не имеет газовой фазы, поэтому его круговорот идёт медленнее, чем водный или углеродный, и сильнее зависит от почв и пород.

Биологическая роль

Он входит в состав ДНК, РНК, АТФ, фосфолипидов мембран и костной ткани, а значит, необходим для наследственности, энергии и строения клеток.

Источник в природе

Основные запасы фосфора связаны с горными породами, почвами и донными отложениями, откуда он поступает в живые организмы через растворимые соединения.

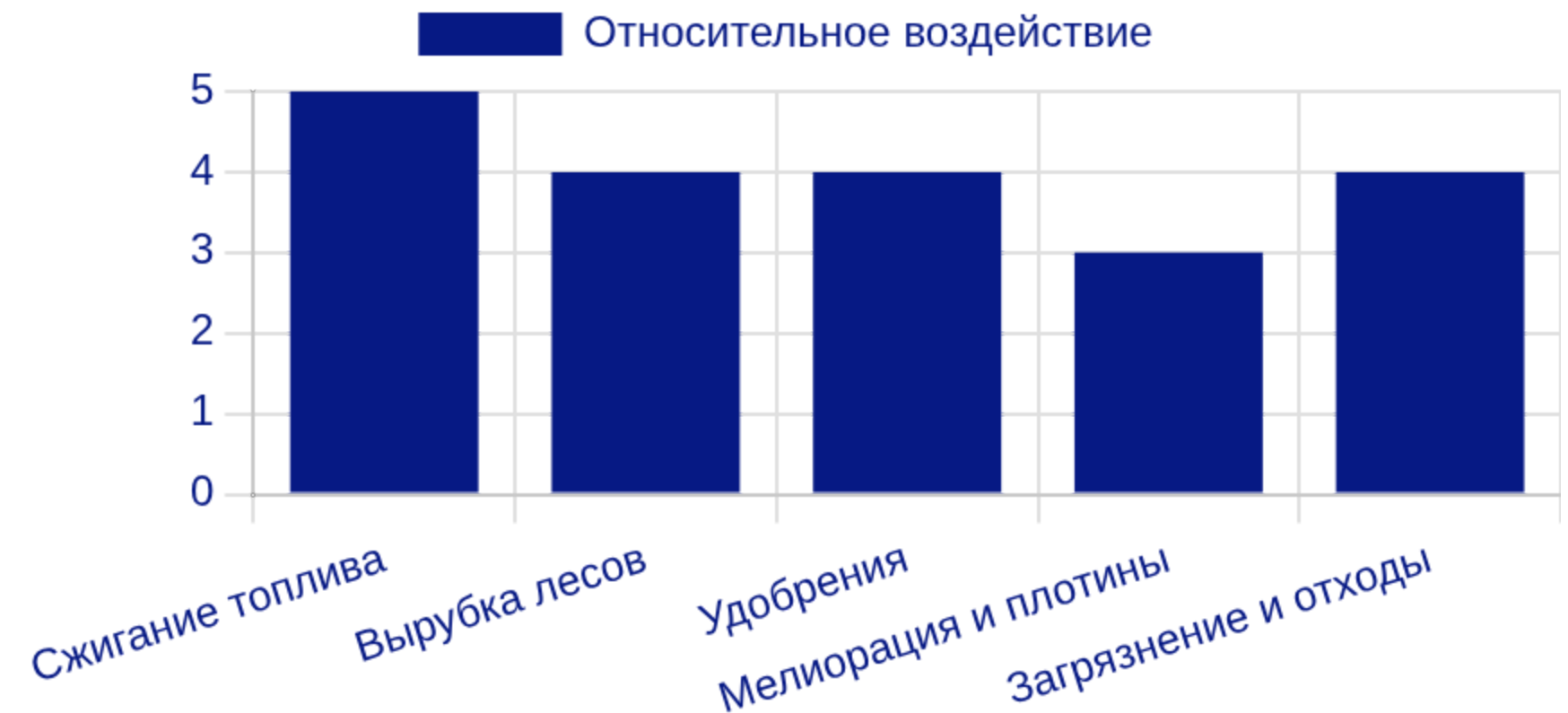
Избыток в водоёмах

Смыв фосфатов вызывает эвтрофикацию: водоросли быстро разрастаются, вода теряет прозрачность, а при разложении органики падает содержание кислорода.

Как деятельность человека меняет круговороты

Антропогенные воздействия редко действуют изолированно: они одновременно затрагивают воздух, воду, почвы и живые организмы, усиливая взаимосвязанные экологические нарушения.

Наибольшее давление создают сжигание топлива и изменение землепользования, а последствия быстро распространяются на все природные циклы.



Качественная оценка по материалам школьного курса биологии и экологии; шкала 1–5, без точных измерений.

Этапы формирования плодородия почвы

1. Поступление органики

В почву попадают опавшие листья, корни, остатки животных и продукты жизнедеятельности. Это исходное сырьё для дальнейшего разложения и превращения в доступные растениям соединения.

2. Минерализация и гумусообразование

Бактерии, грибы и почвенные беспозвоночные разрушают органические остатки. Часть веществ переходит в минеральную форму, а другая часть становится гумусом, который удерживает влагу и улучшает структуру почвы.

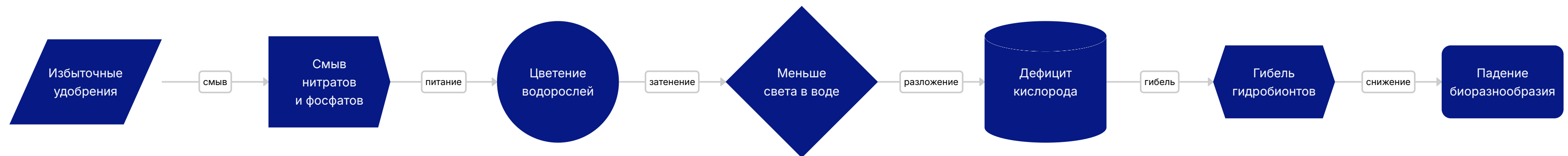
3. Возврат элементов растениям

Ионы азота, фосфора, калия и других элементов поступают к корням, поддерживая рост растений. Чем активнее почвенная биота, тем устойчивее плодородие и выше продуктивность экосистемы.



От избытка удобрений к деградации водоёма

Схема по материалам школьного курса биологии и экологии: эвтрофикация как следствие нарушения круговорота биогенных элементов.



Ключевые связи в биосфере



Источник энергии

Солнечный свет запускает фотосинтез, а затем поддерживает всю цепь превращений вещества. Без постоянного притока энергии обмен между организмами и средой быстро остановился бы.



Фотосинтез

Растения и водоросли превращают неорганические вещества в органические, создавая основу питания для остальных организмов. Именно они вводят элементы в живую часть биосферы.



Трофические связи

Через питание вещества переходят от продуцентов к консументам, а далее — к организмам более высоких уровней. Так элементы многократно используются в пищевых цепях.



Разложение

Редуценты возвращают вещества в почву, воду и атмосферу, превращая остатки организмов в минеральные соединения. Этот этап замыкает биологический круговорот и поддерживает почвенное плодородие.



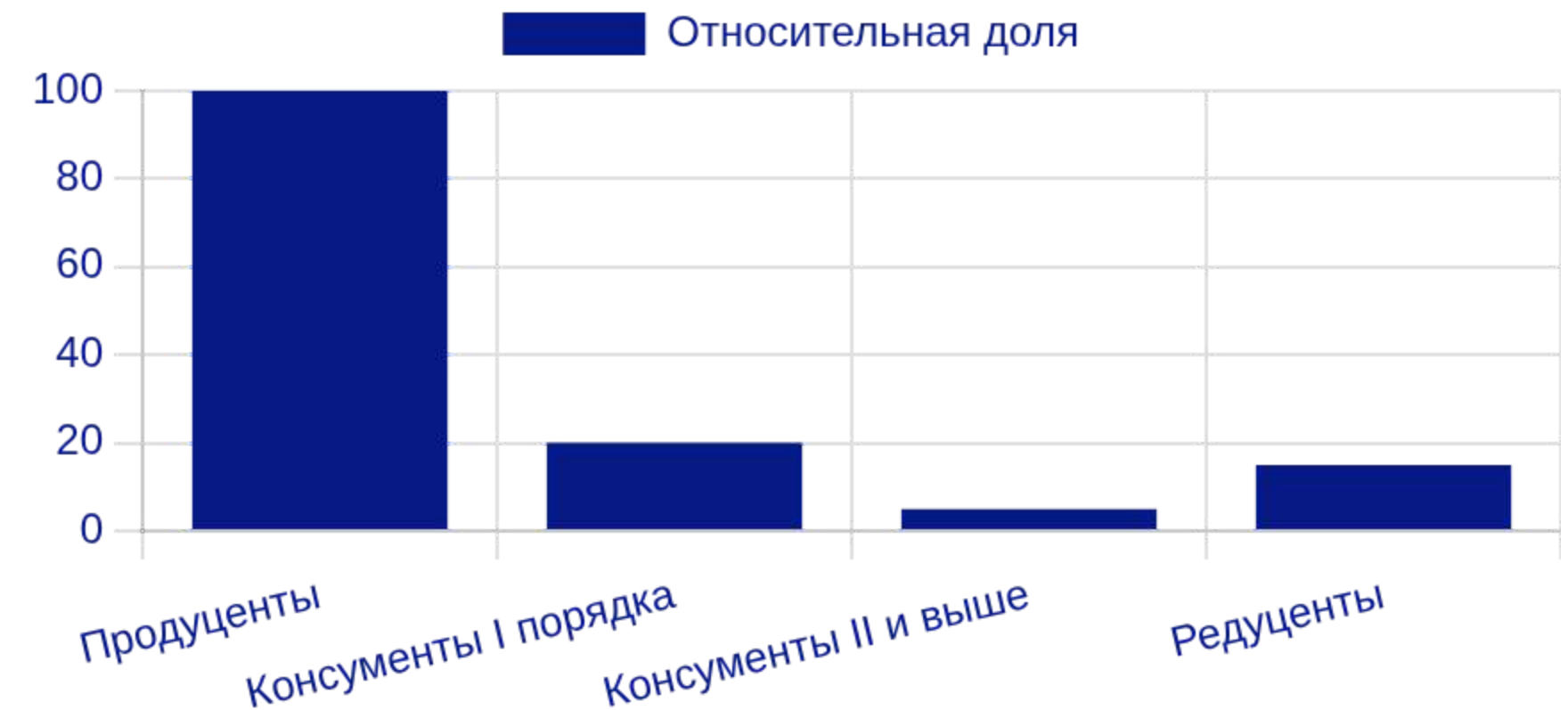
Единство оболочек Земли

Атмосфера, гидросфера и литосфера постоянно обмениваются веществом с живой материей. Биосфера существует как единая система, где изменение одной части отражается на остальных.

Трофические уровни и поток вещества

Переход вещества между уровнями сопровождается потерями на дыхание, движение и тепло, поэтому пищевые цепи не могут быть бесконечно длинными.

Чем выше уровень, тем меньше биомасса и доступное вещество; устойчивость сообщества повышает не длина цепи, а разнообразие связей.



Схематическое представление по школьному курсу биологии; относительные значения условны.

Лес и луг: два разных ритма круговорота

В лесу всё возвращается медленнее

Под пологом леса органика накапливается в подстилке, древесине и гумусовом горизонте. Разложение идёт постепенно, поэтому элементы дольше удерживаются в системе, а почва получает питание небольшими порциями, но стабильно.

Луг быстро обновляет запасы

На лугу травы сменяются чаще, а остатки растений быстрее разрушаются микроорганизмами. Питательные вещества оперативно возвращаются в почву, что делает круговорот более быстрым и заметным уже в течение одного сезона.



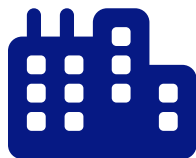
Факторы устойчивости круговорота веществ

Фактор	Влияние	Пример
Свет	Запускает фотосинтез	Солнечный день
Эрозия	Разрывает цикл	Смыв почвы

Таблица показывает, какие условия усиливают замкнутость природных циклов, а какие, наоборот, ослабляют её.

Устойчивость круговорота определяется сочетанием природных условий и состояния экосистем: свет, влага и почвенная биота поддерживают цикл, а эрозия и загрязнение его ослабляют.

Зачем понимать круговорот веществ

	Сельское хозяйство Знания о круговороте помогают дозировать удобрения и сохранять почвенное плодородие. Это снижает потери питательных веществ и повышает устойчивость урожая без лишней нагрузки на среду.
	Охрана водоёмов Понимание миграции азота и фосфора позволяет предупреждать эвтрофикацию. Своевременный контроль стоков и очистка воды защищают экосистемы от дефицита кислорода.
	Лесное хозяйство В лесах важно сохранять подстилку, почвенную биоту и древесный опад, потому что именно они обеспечивают возврат элементов питания и поддерживают долгосрочную продуктивность насаждений.
	Город и промышленность Анализ круговоротов помогает оценивать последствия выбросов, отходов и нарушений почв. На этой основе можно принимать решения, снижающие экологические риски и повышающие безопасность среды.

Как человек может поддерживать естественные циклы

1. Снижать выбросы

Меньше сжигания топлива — меньше лишнего углекислого газа и загрязняющих веществ в атмосфере. Это помогает сохранять равновесие углеродного круговорота и улучшает качество воздуха.

2. Разделять и перерабатывать отходы

Сортировка мусора сокращает объём захоронения и снижает попадание опасных веществ в почву и воду. Переработка уменьшает потребность в добыче новых ресурсов.

3. Бережно использовать землю

Севооборот, защита почвенного слоя и умеренное внесение удобрений поддерживают плодородие. Такие меры помогают сохранить структуру почвы и не нарушать её естественное восстановление.

4. Сохранять леса и восстанавливать их

Лесовосстановление усиливает поглощение углерода, регулирует водный режим и защищает почвы от эрозии. Сохранённый лес работает как устойчивый природный резервуар веществ.

5. Очистка сточных вод

Современная очистка уменьшает поступление нитратов, фосфатов и токсичных примесей в водоёмы. Это помогает предотвратить цветение воды и поддерживает здоровье водных экосистем.

Круговорот веществ — условие жизни на Земле

Круговорот веществ связывает живую и неживую природу в единую систему, где каждое нарушение отражается на биосфере. Сохраняя почвы, леса и водоёмы, человек поддерживает устойчивость жизни.