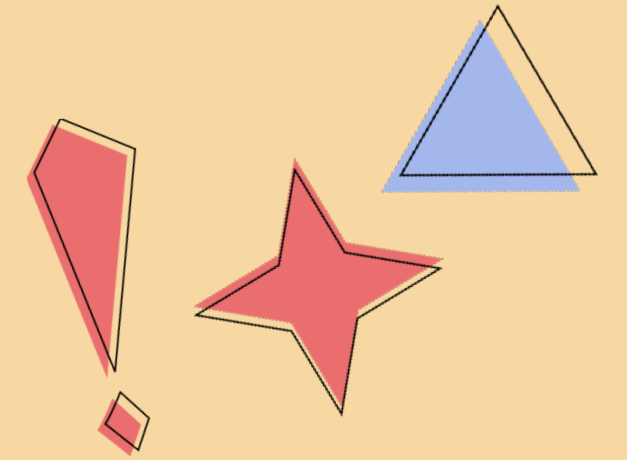




# Круговорот веществ в биосфере: обзор и ключевые темы

Постоянный обмен элементами между живой и неживой природой, обеспечивающий жизнь и устойчивость экосистем.



# Истоки и значение изучения круговорота веществ

Круговорот веществ в биосфере характеризует обмен энергией и элементами между атмосферой, водой и землей, обеспечивая стабильность природных систем и климат. Исследования XIX-XX веков, включая работы В.И. Вернадского, заложили основы этой науки.



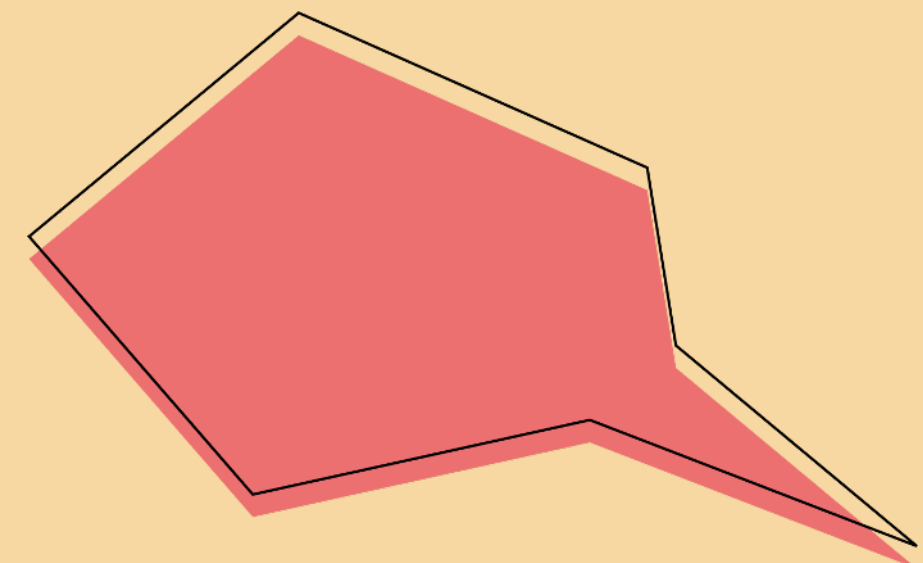
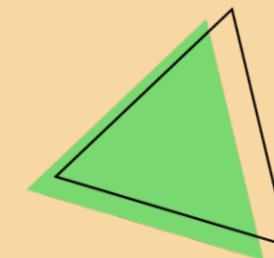
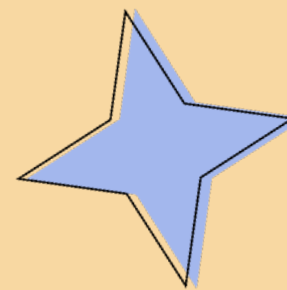
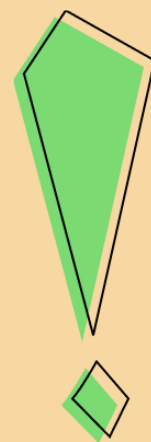
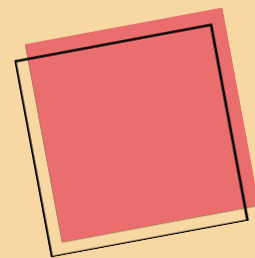
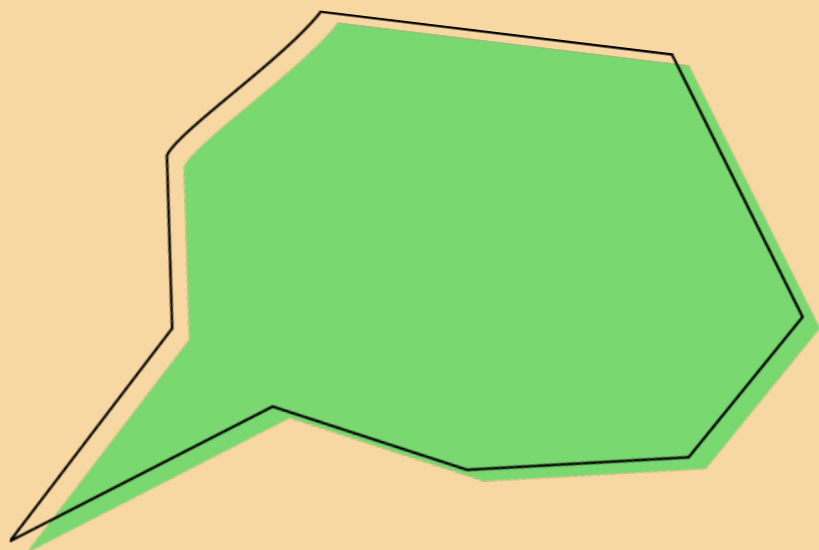
# Структура и функции биосферы

Биосфера объединяет все живые организмы и окружающую их среду, включая атмосферу, гидросферу и литосферу Земли, формируя единую систему.

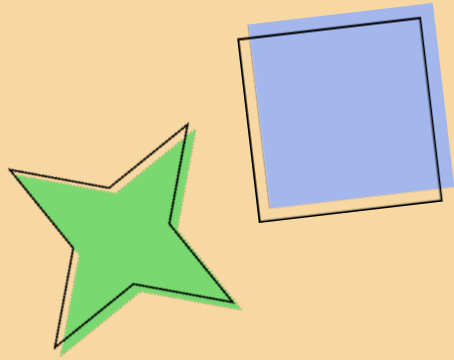
Атмосфера — газовая оболочка, обеспечивающая воздух и регулирующая климат, ключевая для обмена газами и теплом.

Гидросфера охватывает все водные массы планеты, влияя на круговорот воды и поддержку жизни в водных экосистемах.

Литосфера — твердая земная оболочка, источник минералов и почв, играющая важную роль в биогеохимических процессах и круговороте веществ.

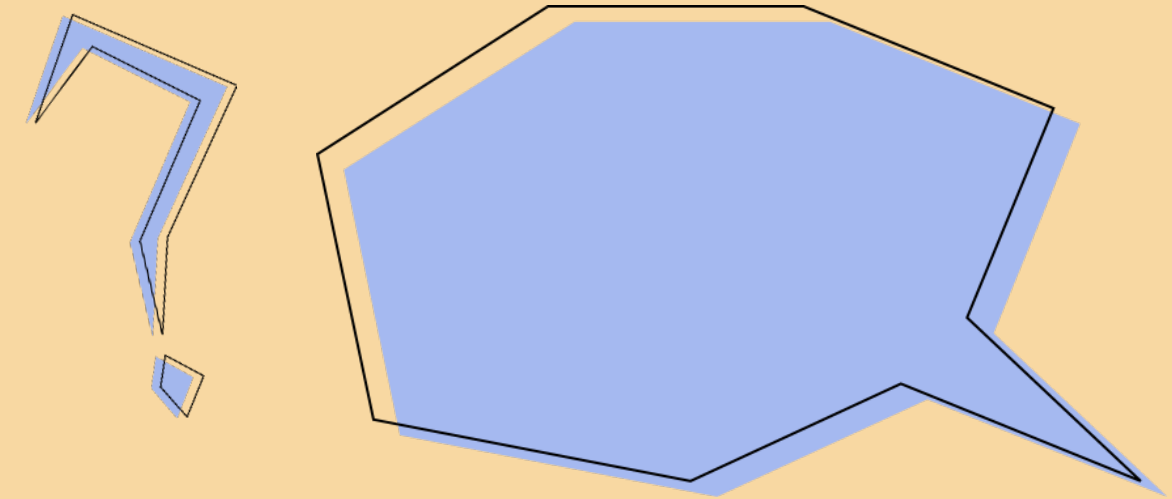


# Определение круговорота веществ и его основные участники

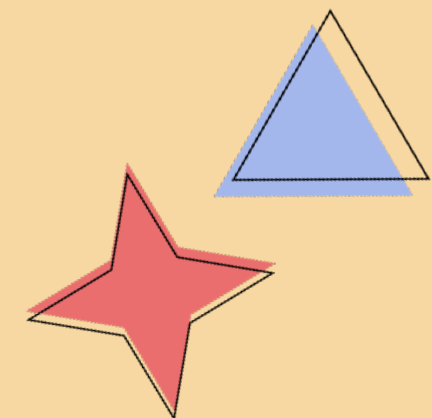
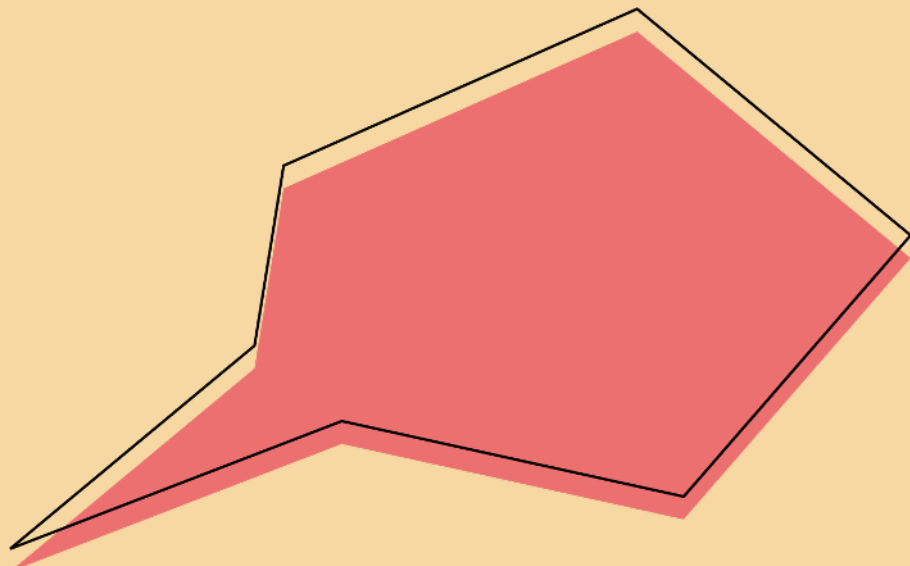


Круговорот веществ — это циклический обмен химическими элементами между живыми организмами и неживой средой, обеспечивающий устойчивость экосистем.

Ключевые участники процесса — растения, способные к автотрофному синтезу, животные, использующие органику, и микроорганизмы, разлагающие остатки.



Для поддержания цикла необходим приток энергии, главным образом от солнечного излучения, питающего фотосинтез и биологические процессы.

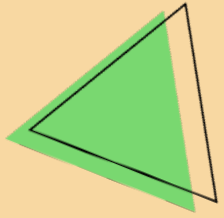


# Значение солнечной энергии для круговорота веществ

- ❑ Солнце является главным источником энергии, около 1–2% света, достигающего земной поверхности, используют организмы для фотосинтеза и других процессов.
- ❑ Без постоянного притока солнечной энергии невозможна поддержка биохимических циклов, включая фотодиссоциацию воды и поддержание жизни на планете.

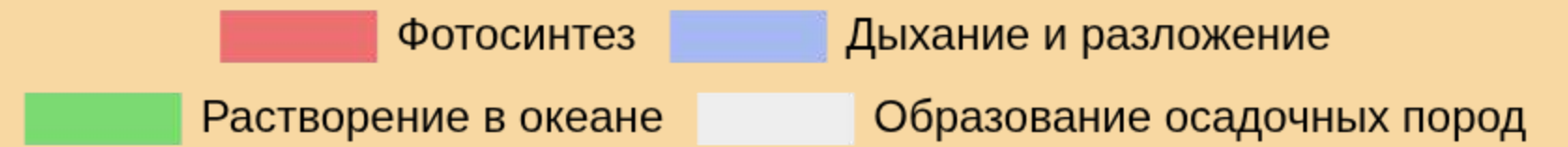


# Механизм круговорота углерода в биосфере

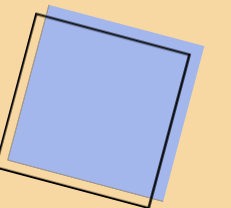
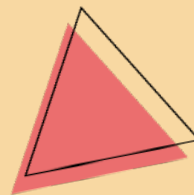
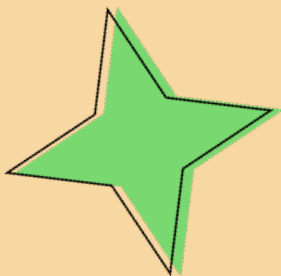


Общая продолжительность полного цикла углерода составляет около семи лет между атмосферой и биосферой.

Дисбаланс в углеродном цикле ведёт к накоплению парниковых газов, усиливая глобальное потепление.

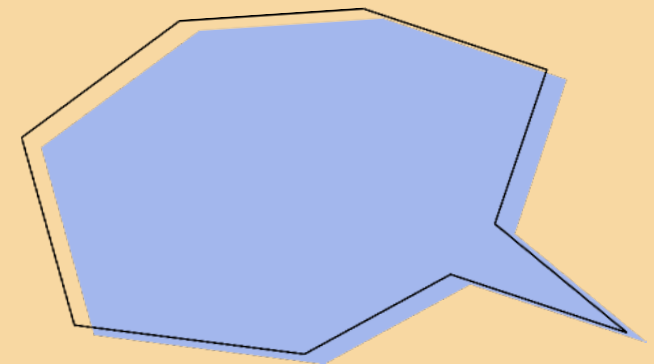
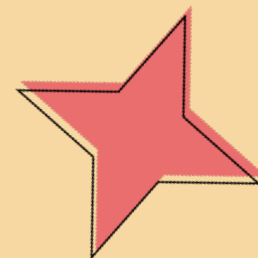
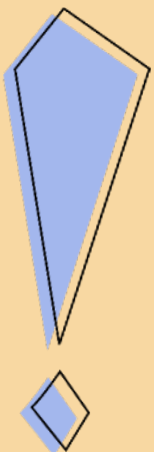
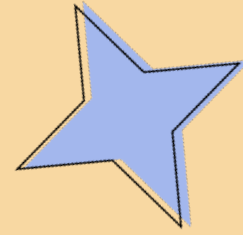
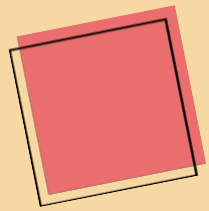


Данные из отчетов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2023

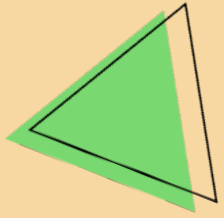


# Этапы азотного цикла и антропогенное воздействие

Основные биогеохимические процессы и влияние человека на азотный цикл

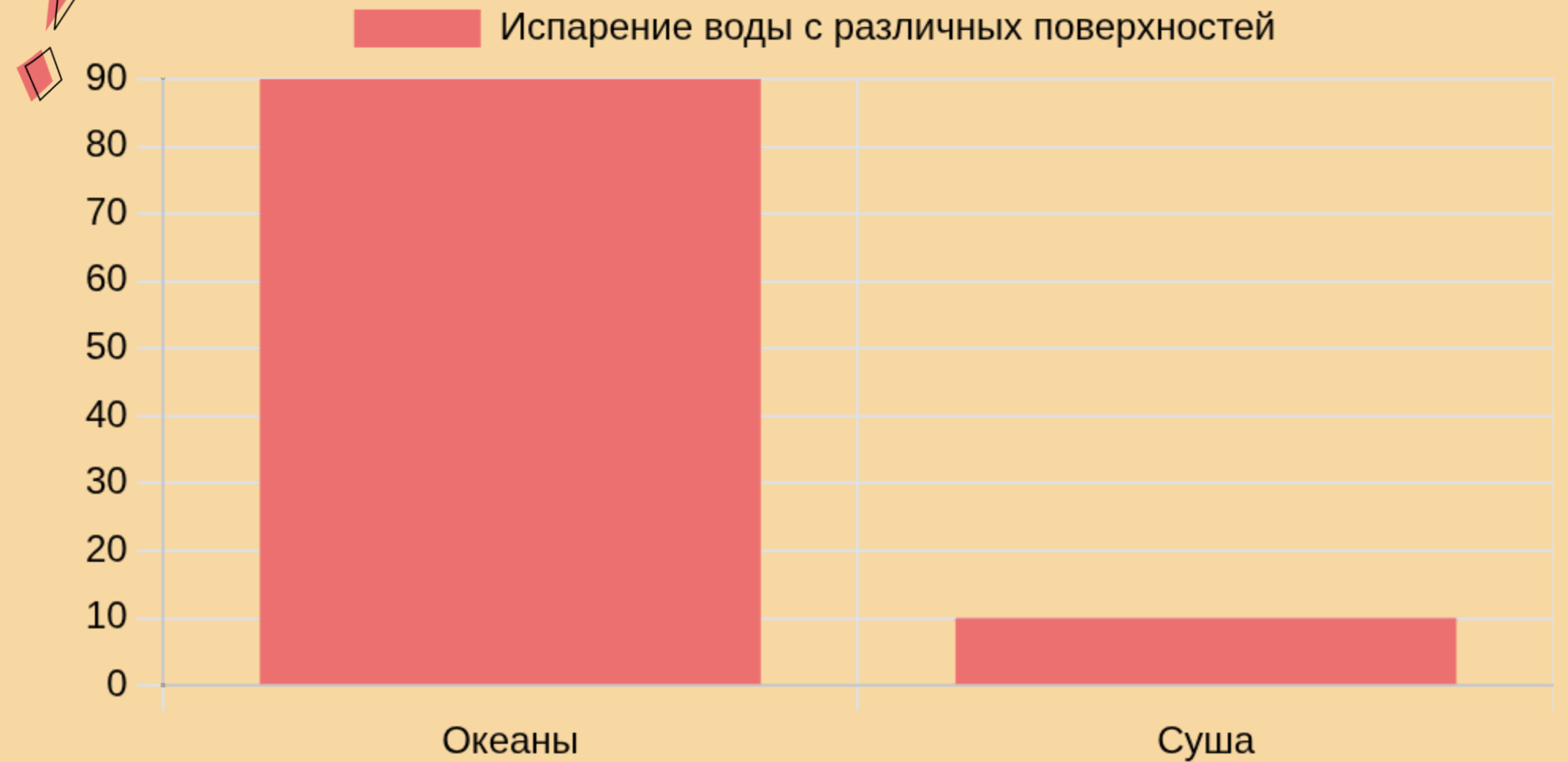
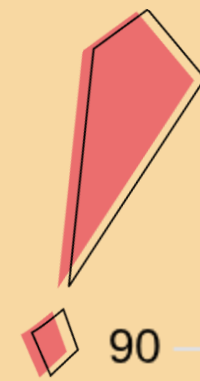
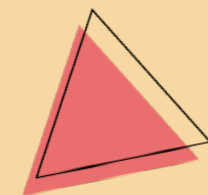
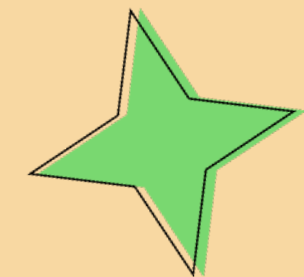


# Круговорот воды как основа жизнедеятельности

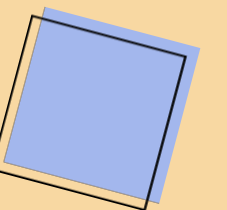


Средняя продолжительность пребывания молекулы воды в атмосфере составляет около 9 дней, прежде чем выпадет в виде осадков.

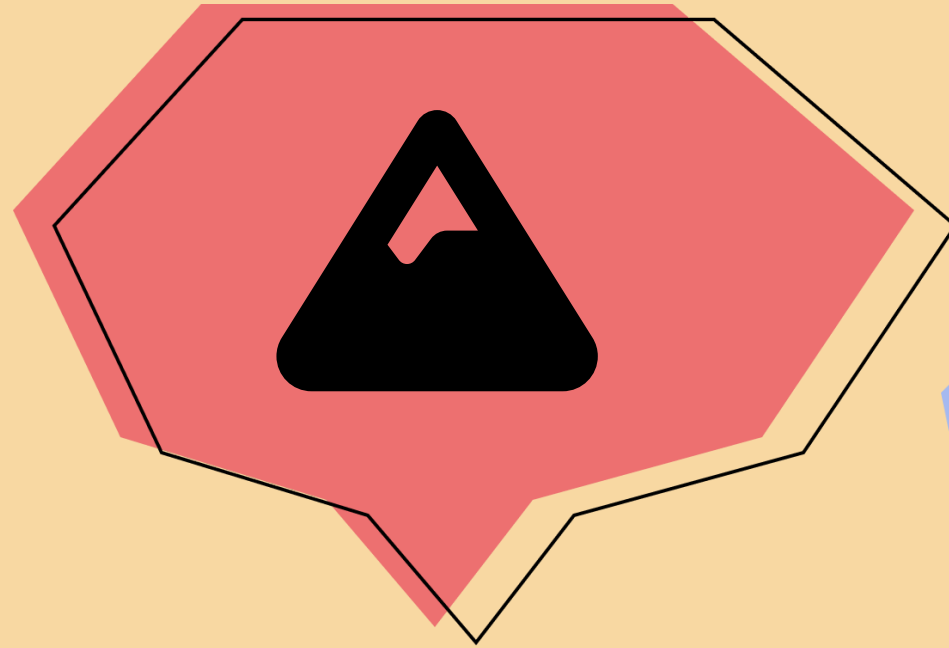
Основной фокус круговорота воды — взаимодействие между океанами и сушей, поддерживающее водный баланс биосферы.



Гидрологические исследования ООН, 2021

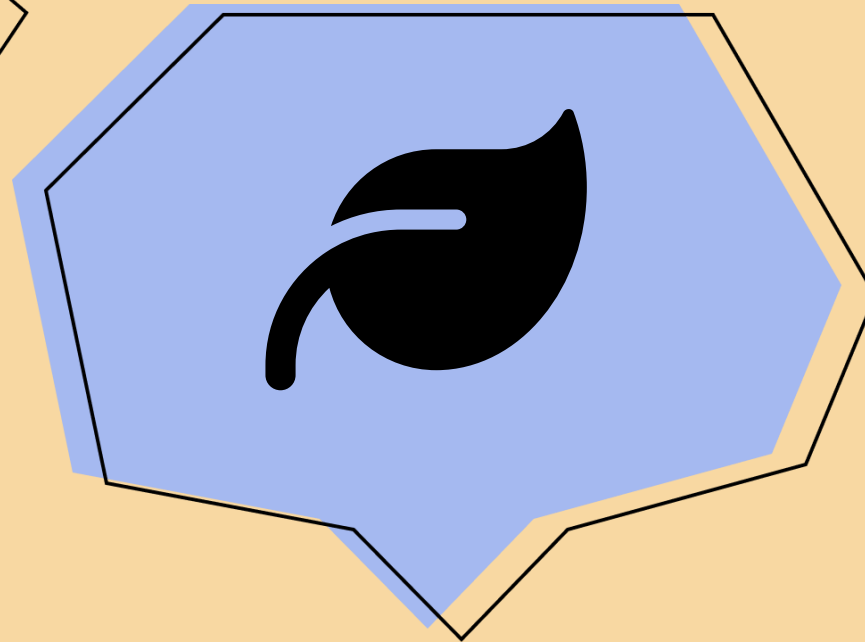
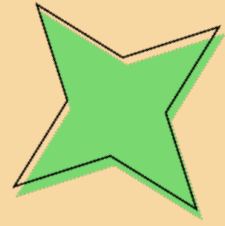


# Фосфорный цикл: особенности и биологическая роль



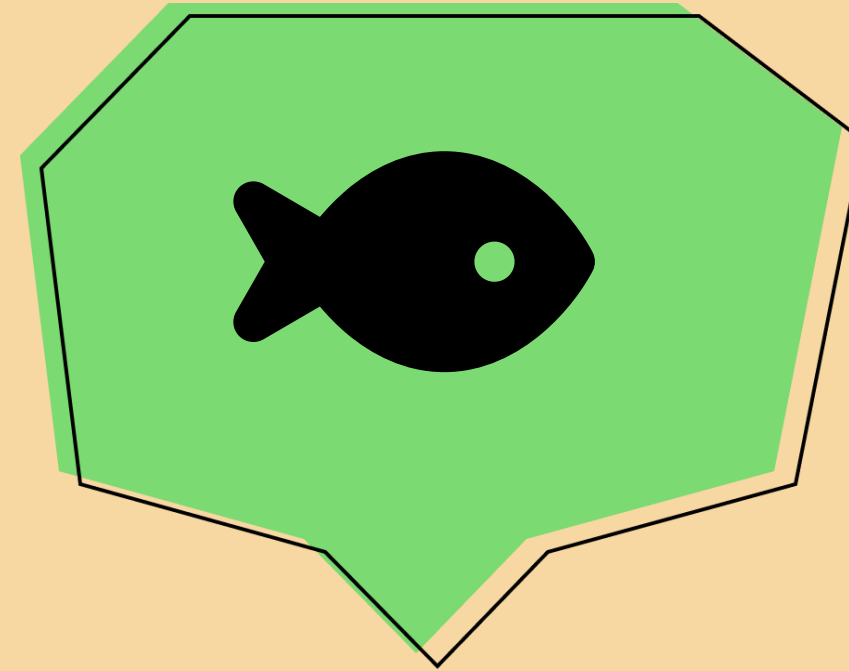
## Выветривание горных пород

Фосфор поступает в почву через разложение и выветривание минеральных пород, что является начальной точкой цикла фосфора.



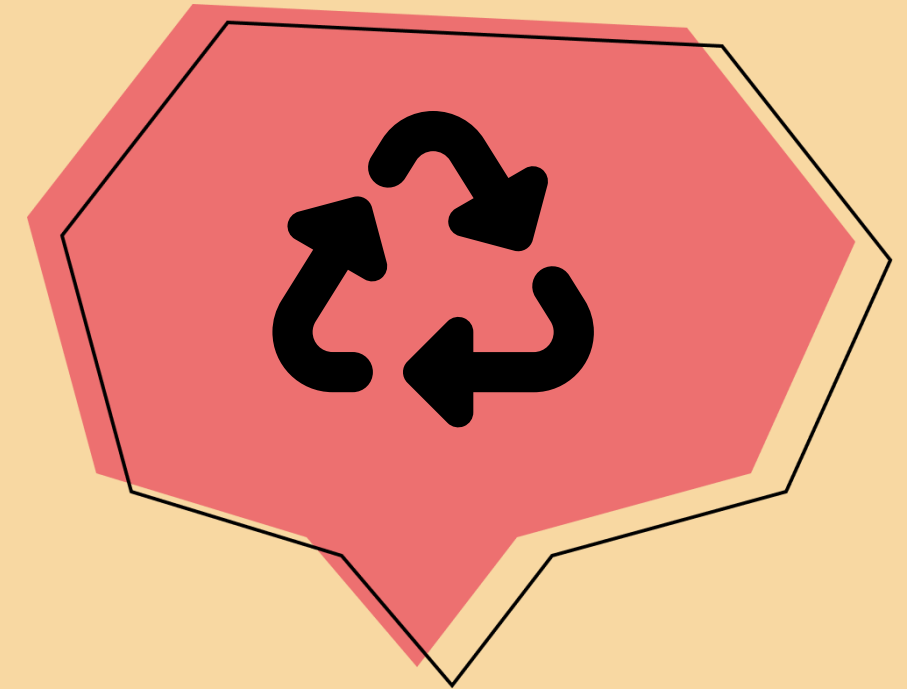
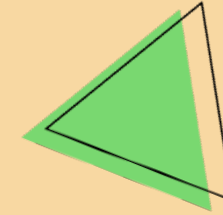
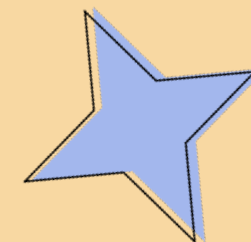
## Усвоение растениями

Растения поглощают растворённый фосфор из почвы, необходимый для роста и процессов клеточного деления.



## Потребление животными

Животные получают фосфор, потребляя растения и других организмов, поддерживая биохимические функции организма.



## Возврат и осаждение

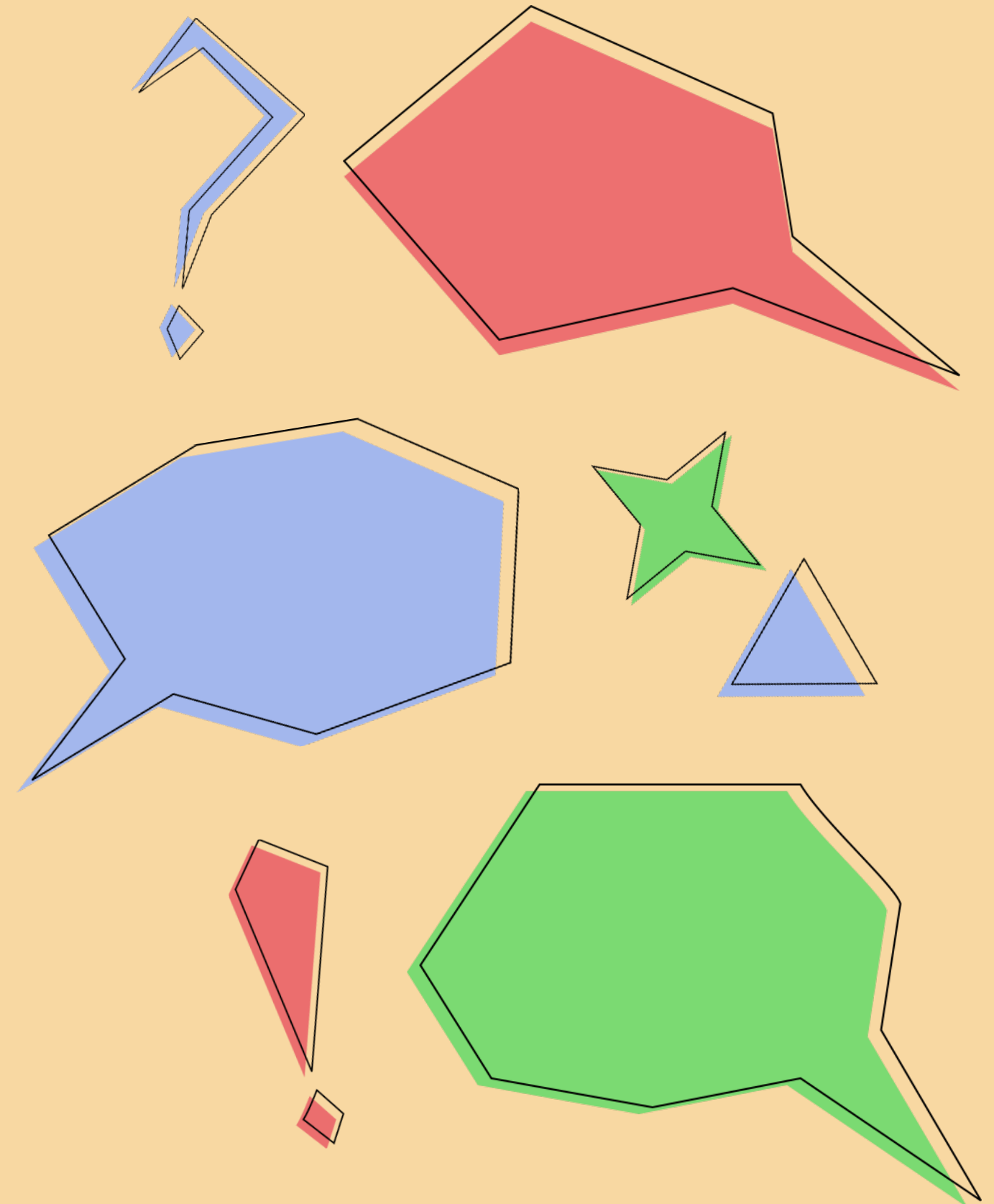
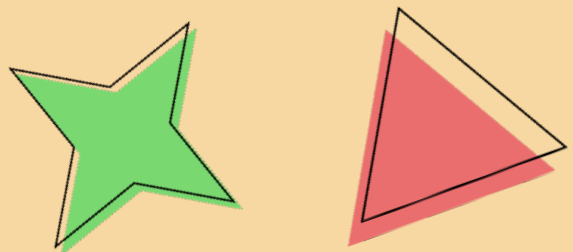
Разложение органики возвращает фосфор в почву, а часть осаждается в осадочных породах, завершая круговорот.

# Роль водных организмов в круговороте веществ

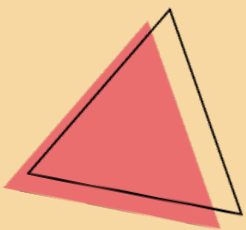
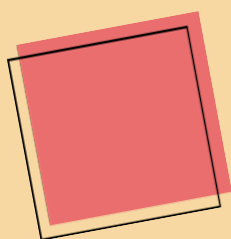
Фитопланктон и водоросли обеспечивают примерно 80% кислорода в мировом океане благодаря интенсивному фотосинтезу.

Водные микроорганизмы участвуют в разложении органических веществ, улучшая качество воды и поддерживая биогенные циклы.

Эти организмы способствуют переносу питательных веществ между слоями воды, обеспечивая экосистемные связи и продуктивность океанов.



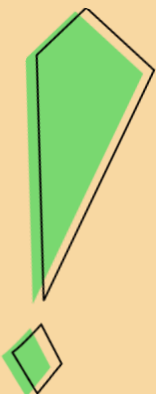
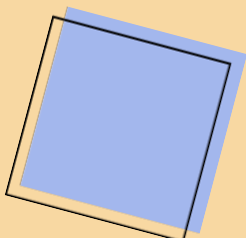
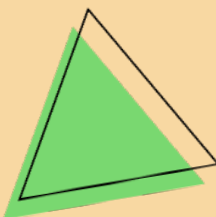
# Сопоставление круговоротов основных элементов



| Элемент | Основные стадии                        | Биотическая фаза | Атмосферная фаза | Скорость |
|---------|----------------------------------------|------------------|------------------|----------|
| Углерод | Фотосинтез, дыхание, разложение        | выражена         | выражена         | высокая  |
| Азот    | Фиксация, нитрификация, денитрификация | выражена         | выражена         | средняя  |
| Вода    | Испарение, конденсация, осадки         | частичная        | выражена         | высокая  |
| Фосфор  | Выветривание, потребление, осаждение   | выражена         | не выражена      | низкая   |

Сравнительный анализ циклов углерода, азота, воды и фосфора по основным характеристикам, влияющим на их роль в экосистемах.

Хотя все циклы базируются на общих принципах, уникальные особенности каждого определяют их ключевое значение в биогеохимических процессах.



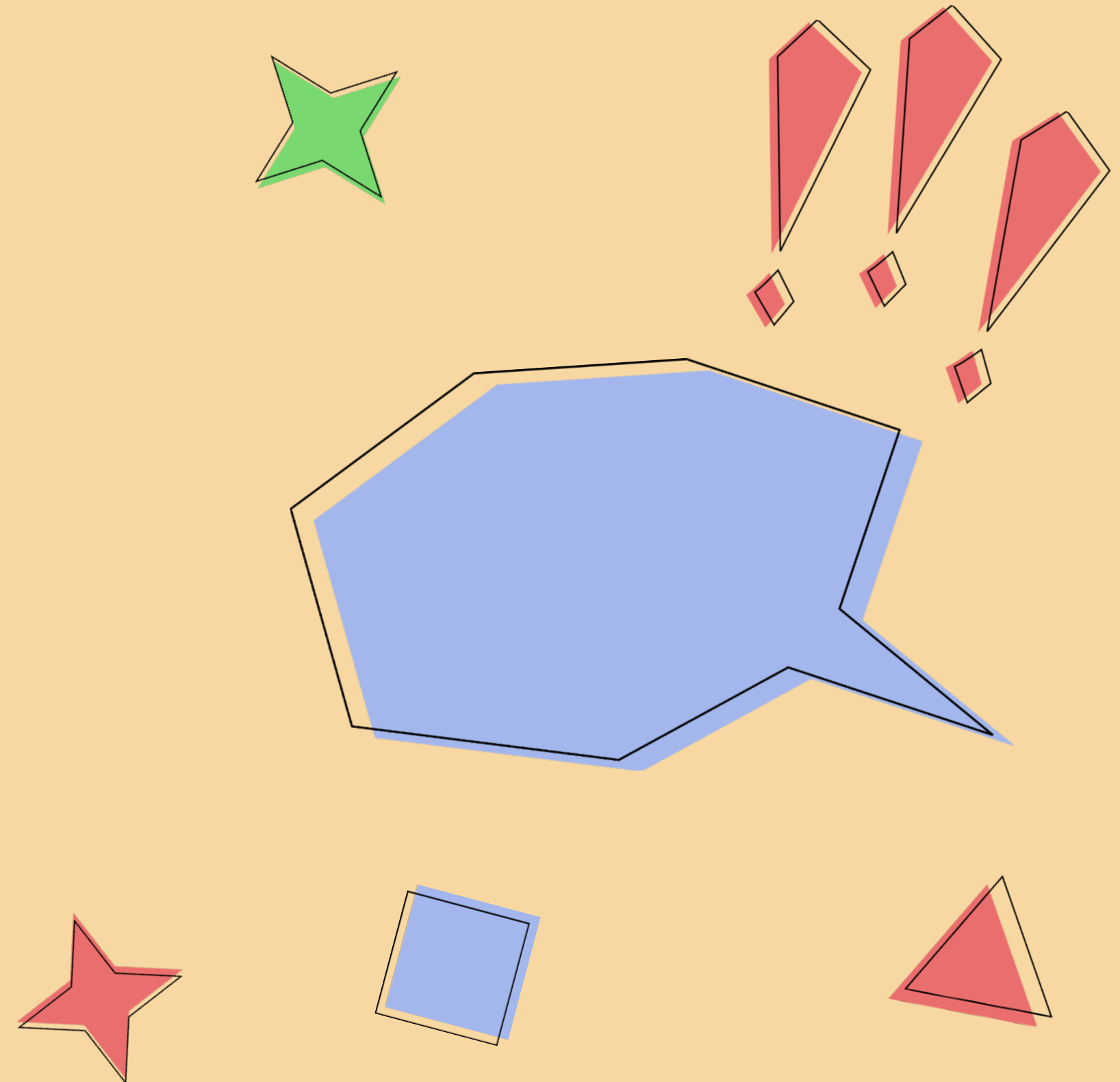
# Вертикальная зональность биосферы и особенности круговоротов

Атмосфера — это воздушная оболочка, где газообразные вещества активно перемещаются, обеспечивая быстрый перенос и преобразование химических элементов на глобальном уровне.

Гидросфера включает океаны, моря, реки и озёра, где вода существует в жидком, твёрдом и газообразном состояниях, что формирует особые механизмы биогеохимического обмена веществ.

Литосфера — твердая часть Земли, выступающая источником минеральных элементов и среды обитания для многих организмов, где происходят медленные процессы накопления и высвобождения веществ.

Мировой океан отвечает за интенсивный обмен кислородом и углеродом, в то время как наземные экосистемы играют важную роль в переработке азота и фосфора, определяя характер круговорота.



# Влияние человеческой деятельности на круговорот веществ



## Рост выбросов парниковых газов

Интенсивное сжигание ископаемого топлива увеличивает концентрацию углекислого газа в атмосфере, что усиливает парниковый эффект и способствует глобальному потеплению.

Урбанизация изменяет естественные циклы углерода, нарушая экосистемные процессы.



## Эвтрофикация водоёмов

Избыточное внесение азотных и фосфорных удобрений приводит к переобогащению водных систем, вызывая массовое цветение водорослей и дефицит кислорода. Это нарушает водный круговорот и наносит ущерб биоразнообразию.

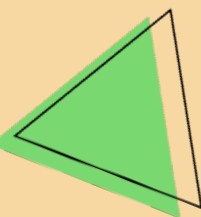


## Изменение биосферного баланса

Вырубка лесов уменьшает площадь фотосинтезирующих растений, снижая поглощение CO<sub>2</sub>.

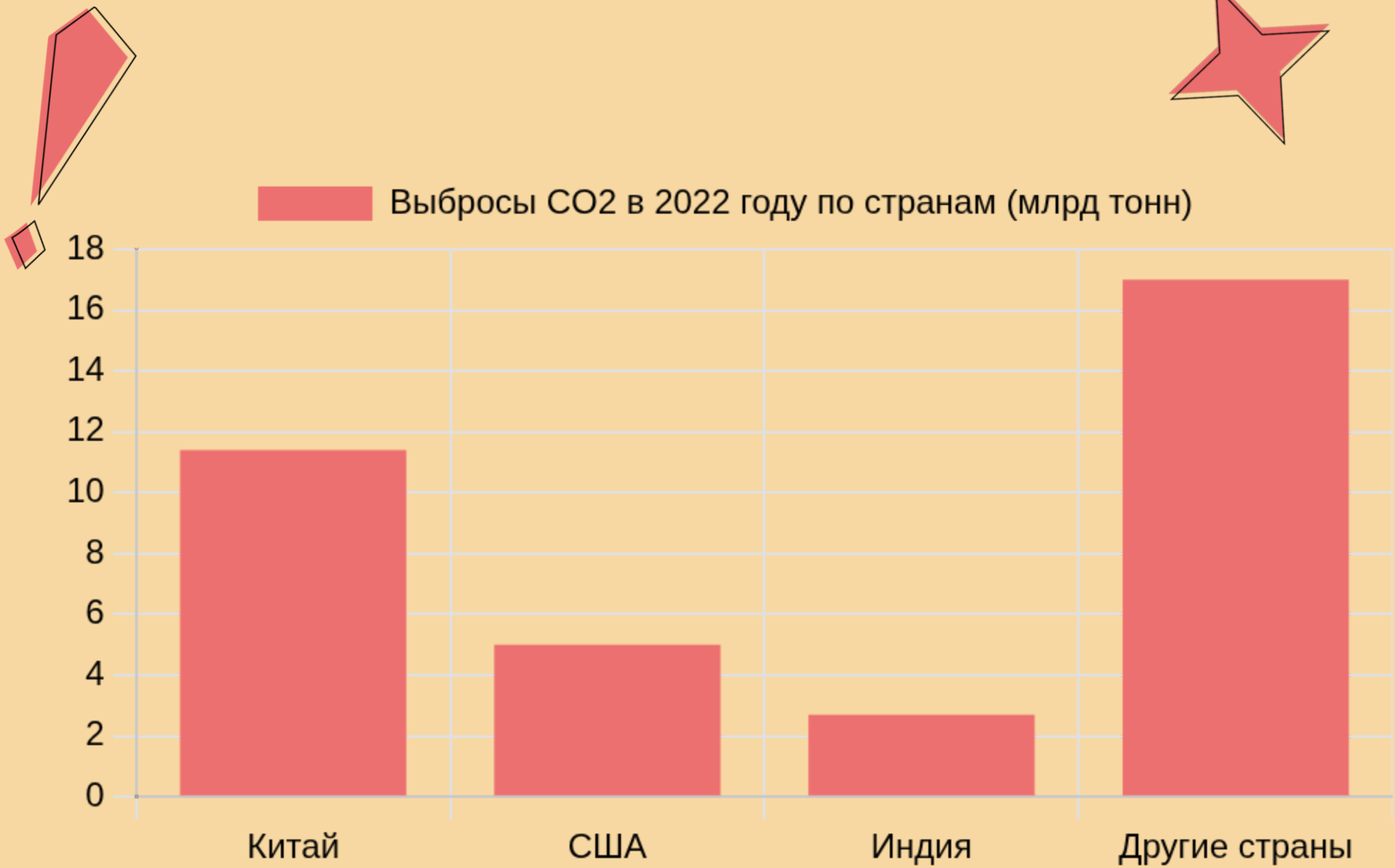
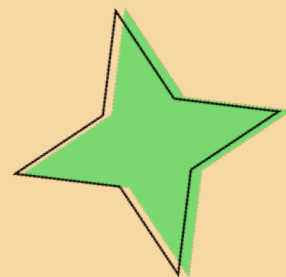
Промышленные процессы и транспорт влияют на скорость и масштаб обмена веществ, создавая давление на устойчивость биосферы.

# Числовые показатели антропогенного влияния на круговороты

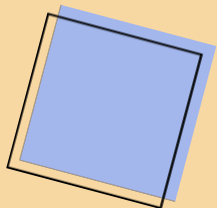


Поступление азота в экосистемы увеличилось на 120% за последние 50 лет, что усиливает экологическое давление на биогеохимические циклы.

Данные демонстрируют неравномерное распределение источников загрязнения и подчеркивают необходимость международного сотрудничества для устойчивого управления.



ООН, 2023

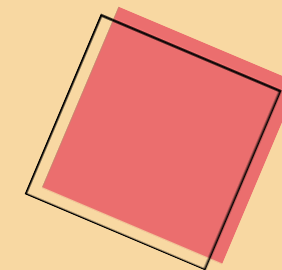
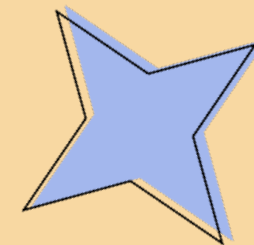
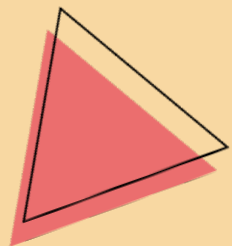
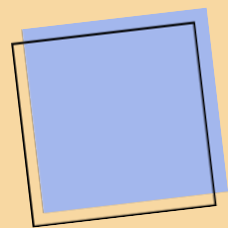
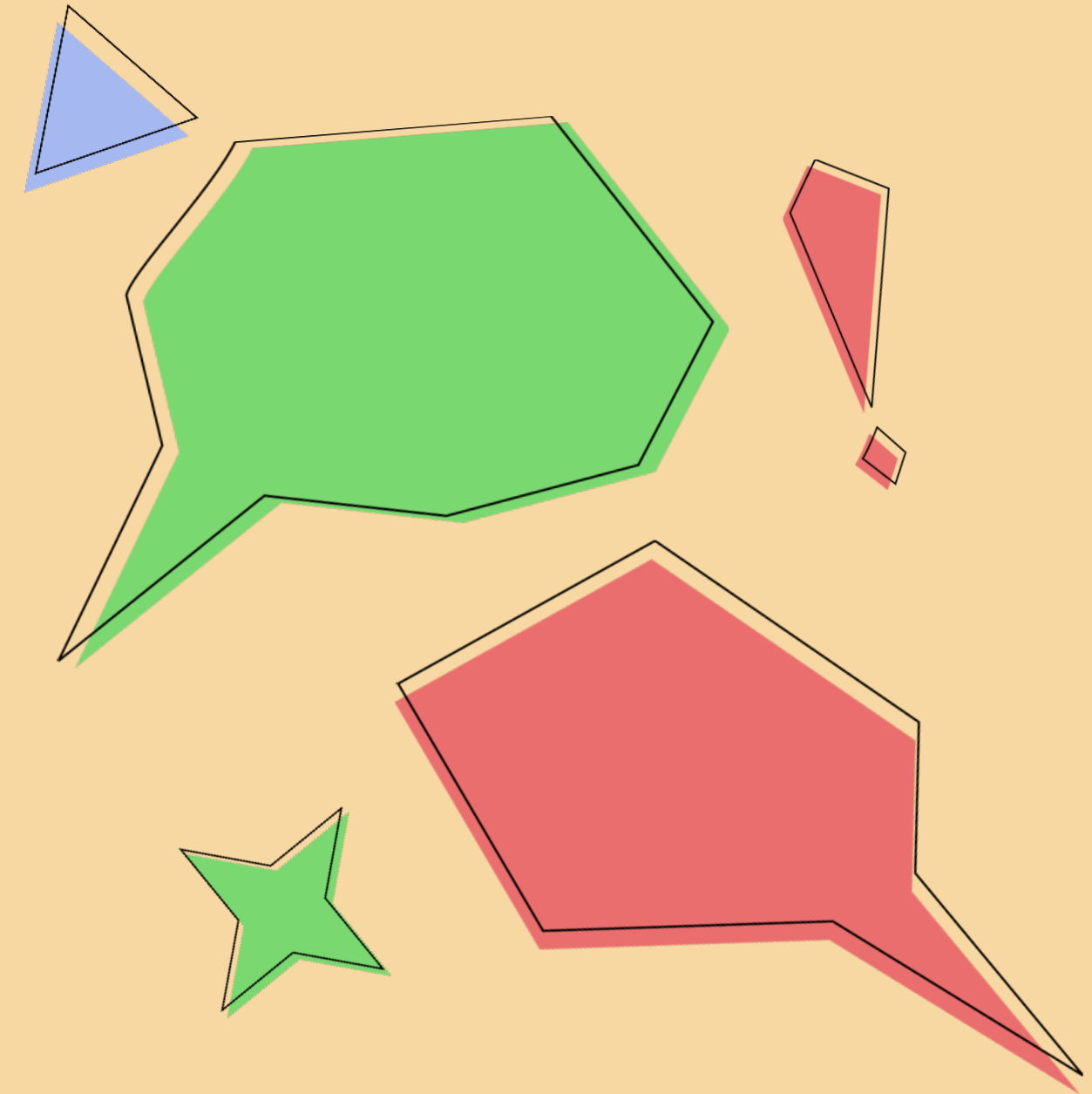


# Последствия нарушения круговорота веществ

Нарушение циклов приводит к климатическому потеплению, что выражается в росте средней температуры на  $1,2^{\circ}\text{C}$  с доиндустриального периода, кардинально меняя климатические условия.

Загрязнённая окружающая среда ведёт к ухудшению здоровья человека — ВОЗ отмечает до 4 миллионов смертей ежегодно, связанных с экологическими факторами.

Экосистемы страдают от деградации почв и загрязнения вод, вызывая массовое развитие водорослей и снижение численности многих видов организмов.



# Восстановительные практики для сбалансированного круговорота веществ

## Массовые лесопосадки как природный фильтр

Программы, в рамках которых за 2021 год было высажено более 2 миллиардов деревьев, способствуют поглощению CO<sub>2</sub> и восстановлению экосистем, улучшая качество воздуха и регулируя водный баланс.



## Экологические технологии в сельском хозяйстве

Применение севооборотов и биоудобрений снижает воздействие на почву и снижает нагрузку на природные круговороты, поддерживая плодородие и уменьшая загрязнение водных объектов.



## Инфраструктура очистки и переработки отходов

Строительство современных очистных сооружений и организация раздельного сбора отходов позволяют снижать антропогенную нагрузку на биогеохимические циклы и улучшать экологическую обстановку.



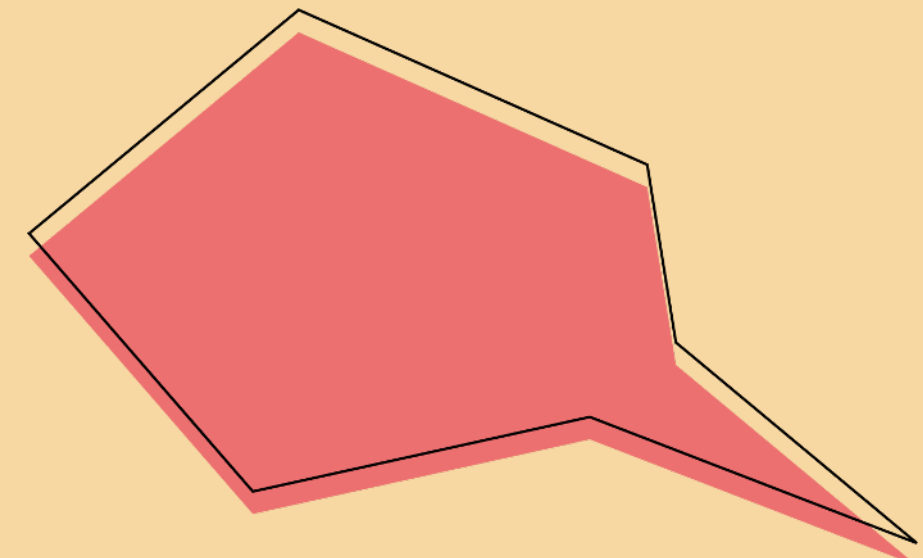
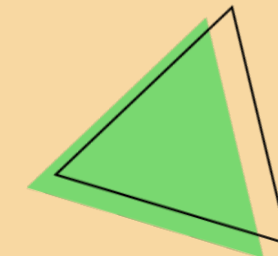
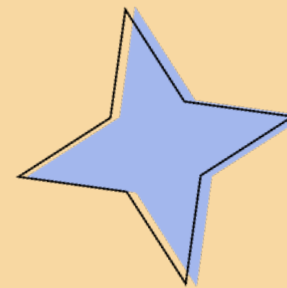
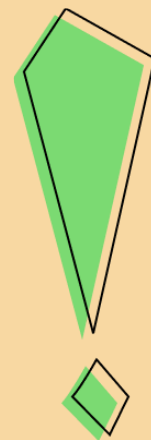
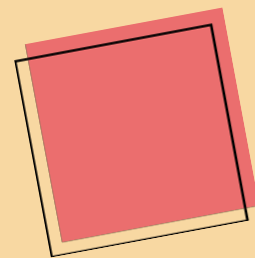
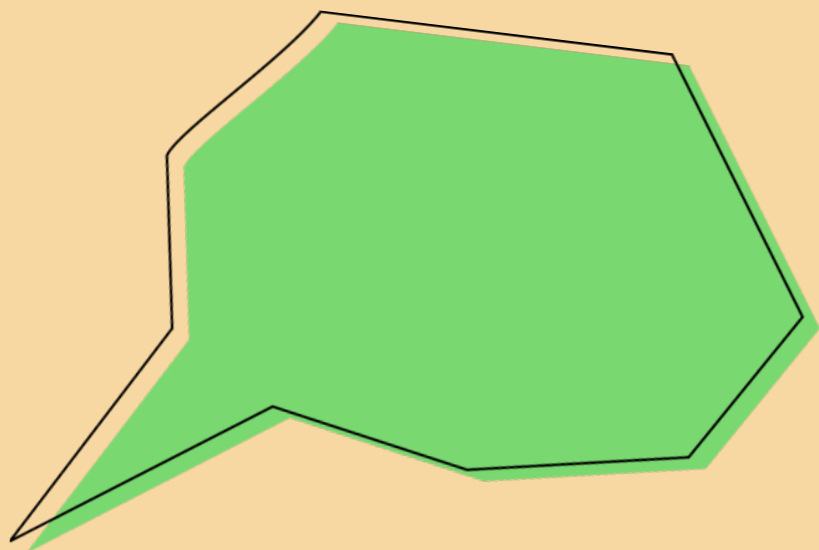
# Международные соглашения по охране биогеохимических циклов

Рамсарская конвенция защищает водно-болотные угодья — важнейшие природные объекты, обеспечивающие обмен воды и поддерживающие биологическое разнообразие.

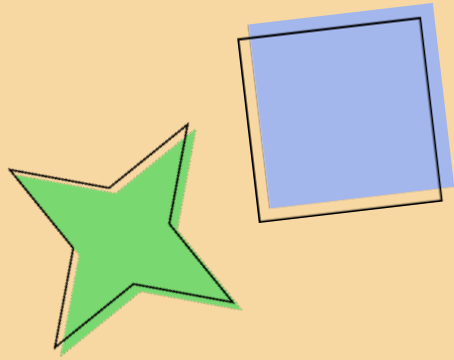
Киотский протокол стал первым глобальным соглашением по снижению выбросов парниковых газов, заложив основы международного взаимодействия в борьбе с изменением климата.

Парижское соглашение направлено на ограничение глобального потепления и стимулирование перехода к низкоуглеродным экономикам по всему миру.

Активное участие России и других государств в таких договорах способствует совместному решению проблем круговорота веществ на планетарном уровне.

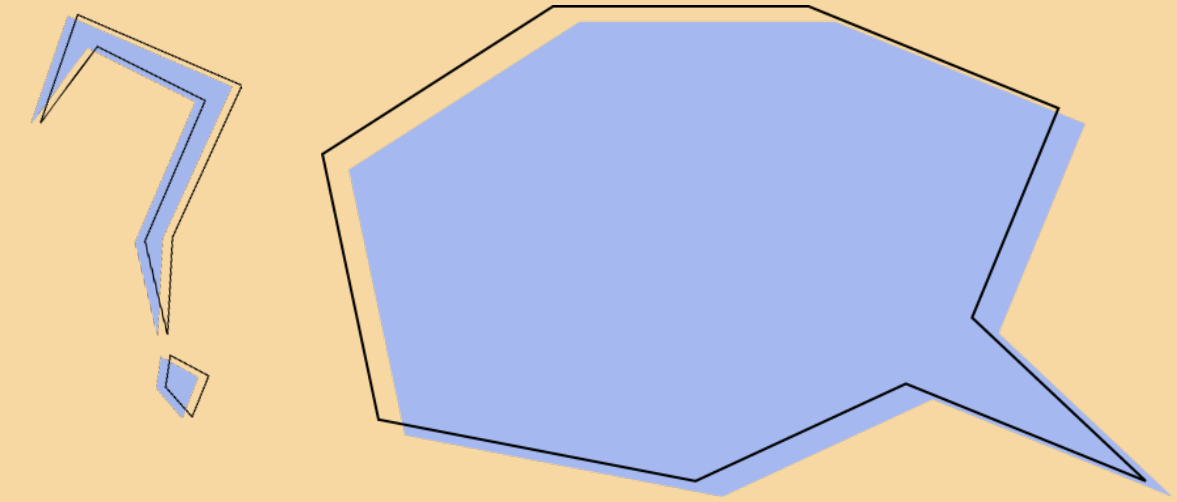


# Значимость круговоротов веществ для человеческого общества

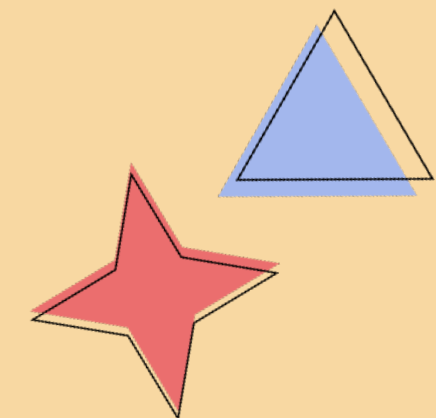
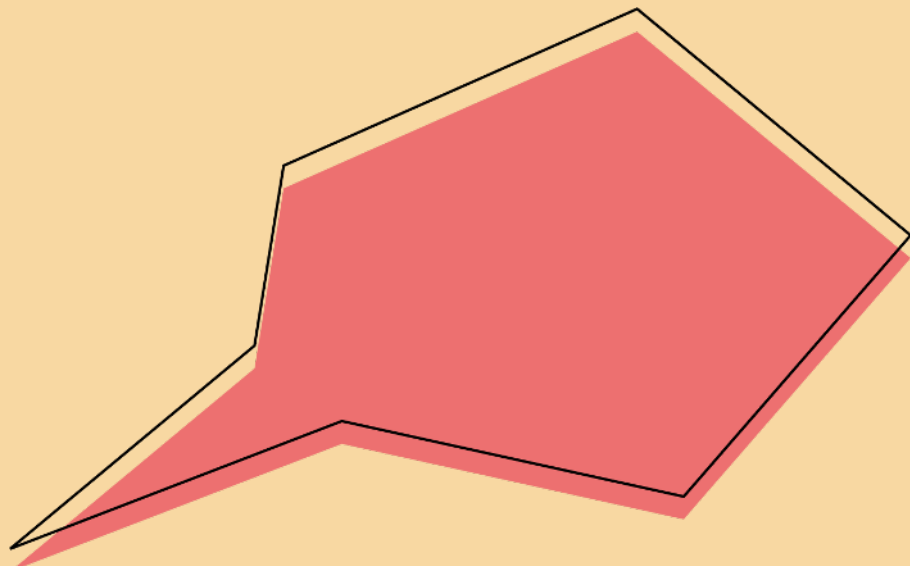


Биогеохимические циклы обеспечивают непрерывное обновление природных ресурсов, что является основой плодородных почв и устойчивого сельского хозяйства.

Чистая пресная вода и качество воздуха зависят от сбалансированных природных процессов, поддерживающих здоровье и качество жизни населения.



Сохранение баланса в круговоротах необходимо для избежания экологических кризисов и обеспечения устойчивого развития будущих поколений.



# Будущее круговоротов веществ: вызовы и инновационные решения



## Рост населения и нагрузка на ресурсы

По прогнозам ООН, к 2050 году численность населения превысит 9,7 миллиардов, что требует новых подходов к обеспечению ресурсов и сохранению природных циклов.



## Развитие зелёных технологий

Инновации в области возобновляемой энергии и ресурсосбережения способствуют снижению давления на биосферу и поддержанию природных круговоротов в условиях индустриализации.



## Закрытые промышленные циклы и переработка

Создание производства с полностью рециркулируемыми потоками веществ и эффективные методы переработки отходов помогают минимизировать загрязнение и повысить устойчивость экосистем.



# Заключение: ключевая роль круговорота веществ в ЭКОЛОГИИ

**Круговорот веществ — основа биологической устойчивости и сохранения ресурсов. Комплексный подход и международное сотрудничество необходимы для поддержания здоровья планеты и будущих поколений.**

