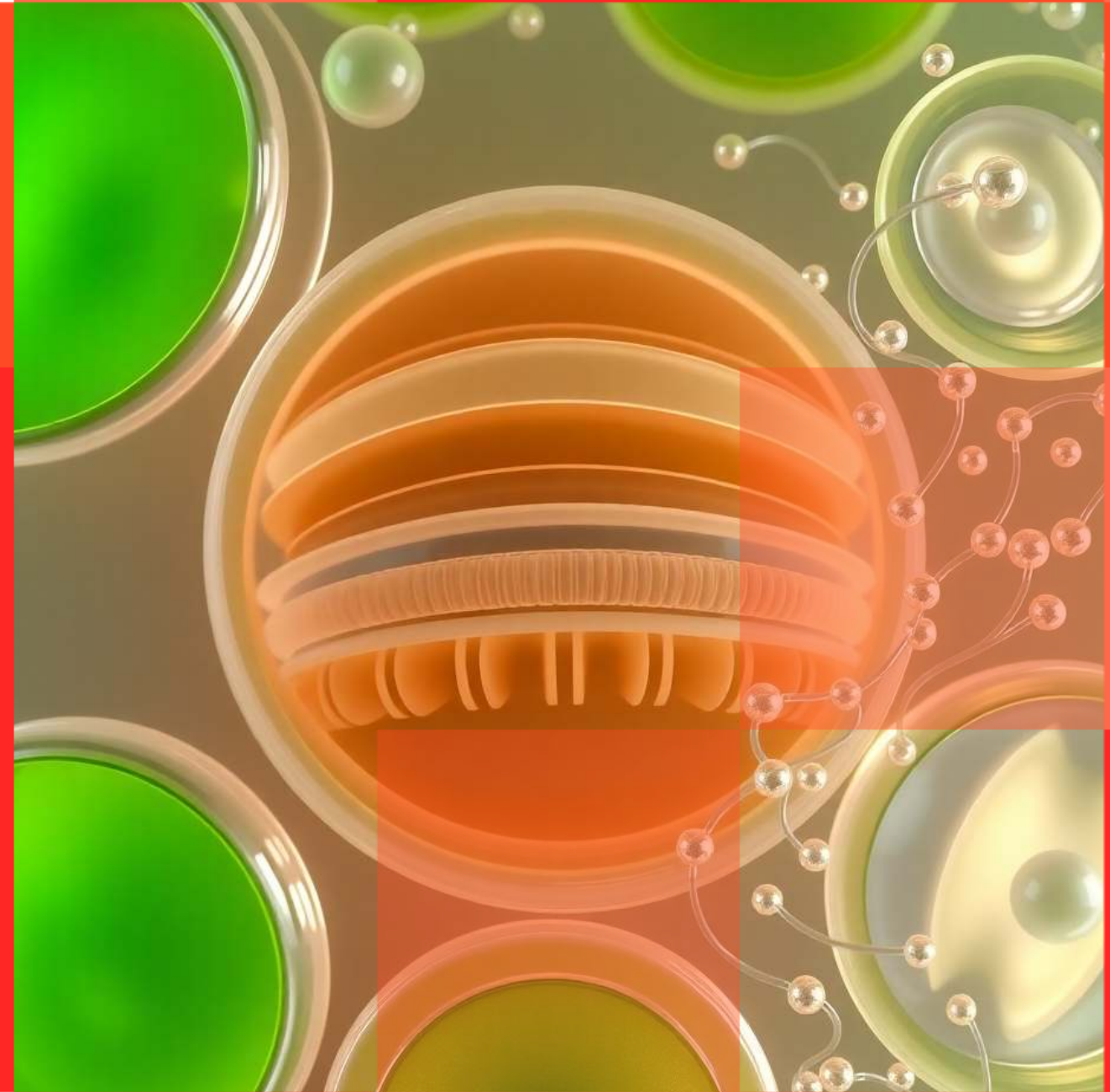


Пластический обмен: фотосинтез и хемосинтез как способы синтеза органических веществ

Как живые клетки создают органические вещества из простых соединений?

Пластический обмен в жизни клетки

Пластический обмен обеспечивает рост, восстановление и обновление клеток. Для синтеза сложных молекул нужна энергия АТФ и работа ферментов; у растений, водорослей, цианобактерий и некоторых бактерий ключевую роль играют фотосинтез и хемосинтез.



Общая схема пластического обмена



Хлоропласт — органоид фотосинтеза

Место процесса

Фотосинтез идёт в хлоропластах зелёных растений и водорослей. Именно этот органоид объединяет световые и ферментативные реакции, необходимые для образования органических веществ.

Тилакоиды и хлорофилл

В мембранах тилакоидов гран сосредоточены пигменты, прежде всего хлорофилл. Они поглощают световую энергию и запускают реакции, связанные с образованием АТФ и восстановительных молекул.

Строма хлоропласта

В строме находятся ферменты, которые обеспечивают фиксацию углекислого газа и последующее превращение его в углеводы. Здесь завершается синтез органического вещества.

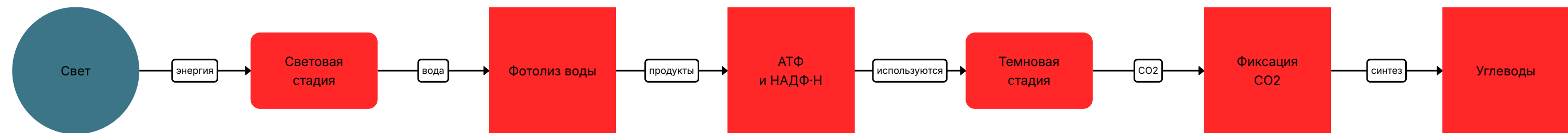
Связь строения и функции

Устройство хлоропласта чётко приспособлено к фотосинтезу: мембраны улавливают свет, а внутренняя среда создаёт условия для последовательного превращения энергии в химические связи.



Этапы фотосинтеза

Схема показывает последовательность световой и темновой стадий и их взаимосвязь.

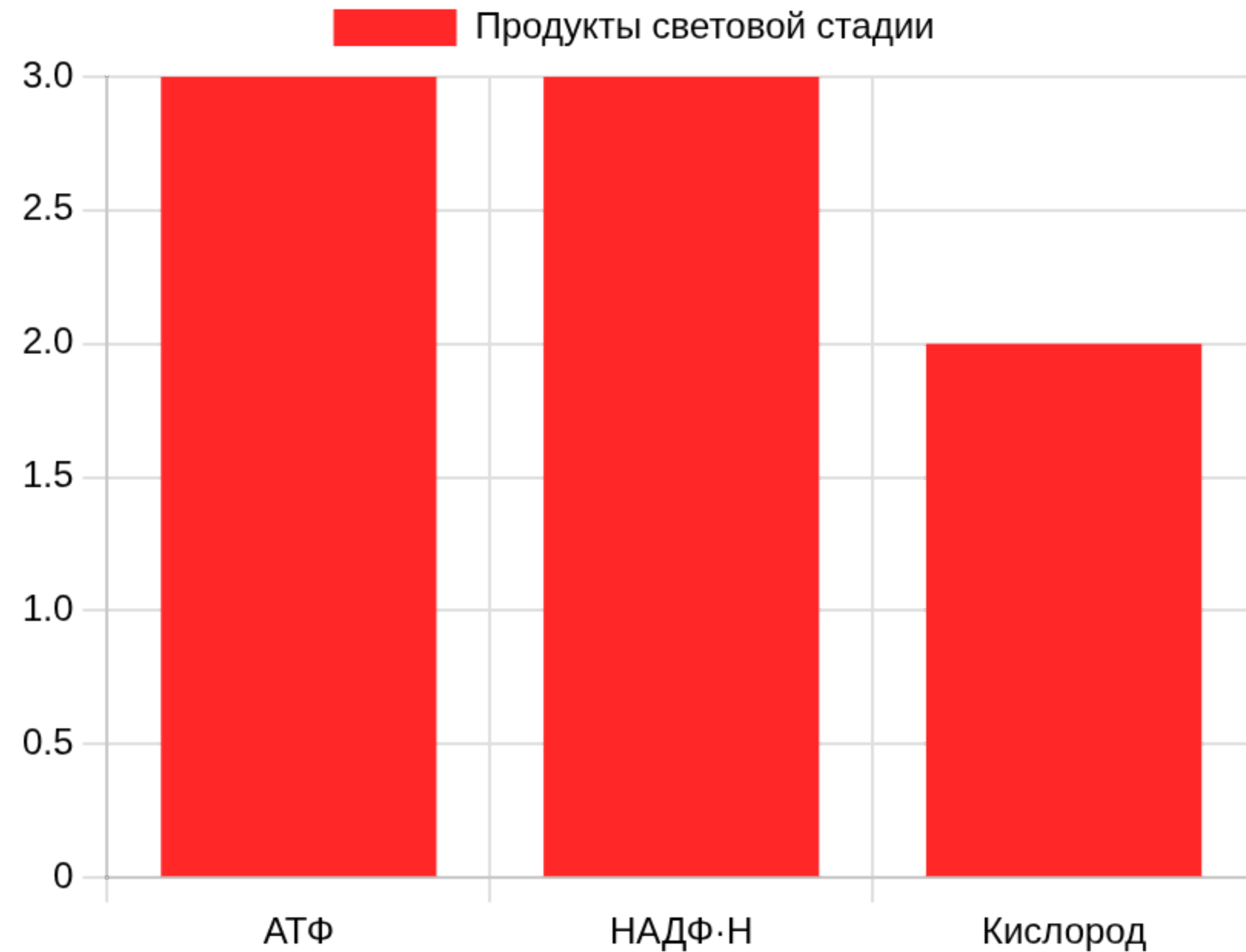


Продукты световой стадии фотосинтеза

Эти продукты образуются в тилакоидах и сразу вовлекаются в дальнейшие реакции. Их наличие определяет скорость последующего синтеза углеводов.

АТФ и НАДФ·Н обеспечивают энергией и восстановительной силой темновую стадию, а кислород удаляется из клетки в окружающую среду.

Учебный курс биологии: схема световой стадии фотосинтеза



Общее уравнение и биологический смысл фотосинтеза

1

Обобщённое уравнение

В наиболее общем виде фотосинтез записывают так: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ при участии света и хлорофилла. Это удобная модель, отражающая итог процесса.

2

Не только глюкоза

В живой клетке образуются не только молекулы глюкозы. Часть продуктов используется для синтеза других углеводов, из которых затем формируются крахмал, целлюлоза и запасные вещества.

3

Преобразование энергии

Фотосинтез переводит энергию Солнца в энергию химических связей органических соединений. Благодаря этому энергия становится доступной для дальнейшего использования в пищевых цепях.

4

Источник кислорода

При фотосинтезе выделяется кислород, необходимый для дыхания большинства организмов. Поэтому этот процесс поддерживает не только питание биоты, но и газовый баланс атмосферы.

Сравнение световой и темновой стадий фотосинтеза

Таблица показывает, как две стадии различаются по месту, условиям и продуктам, но работают как единый процесс.

Световая стадия создаёт энергию и восстановители, а темновая использует их для фиксации CO₂; без одной из них полный синтез невозможен.

Признак	Световая	Темновая
Место	тилакоиды	строма
Свет	нужен	не нужен напрямую
Основные продукты	АТФ, НАДФ·Н, O ₂	углеводы

Школьный курс биологии, схема фотосинтеза

Факторы, влияющие на интенсивность фотосинтеза

Освещённость

При слабом освещении световая стадия протекает медленнее, поэтому уменьшается образование АТФ и НАДФ·Н. До определённого предела усиление света повышает интенсивность фотосинтеза.

Углекислый газ

Недостаток CO_2 замедляет фиксацию углерода и снижает синтез углеводов. Если света достаточно, именно концентрация углекислого газа может стать ограничивающим фактором.

Температура

Температура влияет на работу ферментов темновой стадии. При отклонении от оптимума реакции замедляются, а слишком высокая температура может нарушить нормальное течение процессов.

Вода

Дефицит воды вызывает закрывание устьиц, и поступление CO_2 в лист уменьшается. Кроме того, вода необходима как исходное вещество световой стадии фотосинтеза.



Значение фотосинтеза для биосферы

Источник биомассы

Фотосинтез создаёт основную часть органического вещества на Земле. Именно он обеспечивает образование биомассы, которая становится пищевой базой для большинства экосистем.

Основа цепей питания

Органическое вещество, созданное растениями, водорослями и цианобактериями, передаётся дальше по пищевым цепям. Без первичной продукции невозможны устойчивые экосистемы суши и океана.

Кислород атмосферы

В процессе фотосинтеза в атмосферу поступает кислород, необходимый для дыхания большинства организмов. Это поддерживает современный газовый состав воздуха и условия жизни на планете.

Связывание CO₂

Фотосинтез частично удаляет углекислый газ из атмосферы и переводит его в состав органических веществ. Тем самым он участвует в круговороте углерода и стабилизации среды.

Хемосинтез: синтез органических веществ без света

Источник энергии

1

Хемосинтез основан на энергии, которая выделяется при окислении неорганических веществ. Для бактерий это аммиак, сероводород, соединения железа или водород, а не солнечный свет.

Кто осуществляет

2

Этот способ питания характерен для некоторых бактерий: нитрифицирующих, серобактерий, железобактерий и водородных бактерий. Каждая группа приспособлена к своему химическому субстрату и среде обитания.

Где происходит

3

Хемосинтез возможен там, где света мало или он полностью отсутствует: в глубоких слоях почвы, на дне морей, у гидротермальных источников и в других экстремальных условиях.

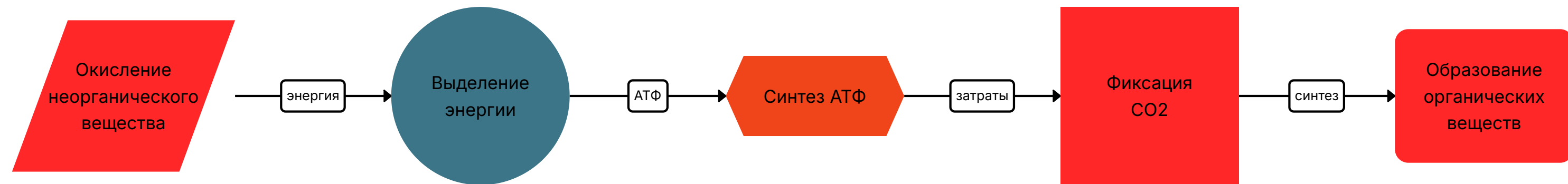
Значение процесса

4

Благодаря хемосинтезу образуется первичная органическая материя в местах, недоступных для фотосинтеза. Это поддерживает местные пищевые цепи и помогает круговороту веществ в природе.

Как происходит хемосинтез

Схема отражает последовательность превращений в клетке хемосинтезирующих бактерий.



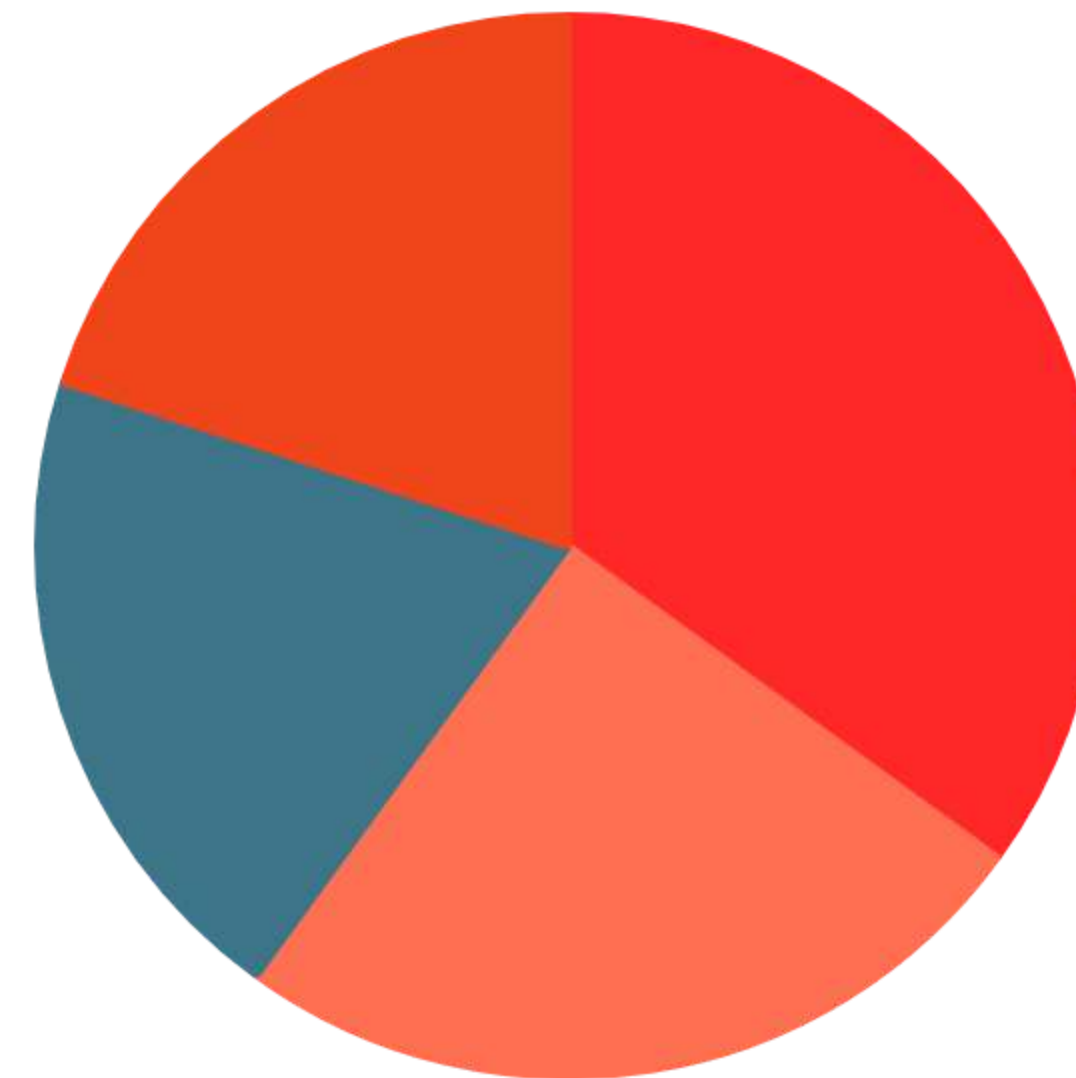
Основные группы хемосинтезирующих бактерий

Разные группы используют разные неорганические соединения, поэтому занимают собственные экологические ниши и по-разному участвуют в круговороте элементов.

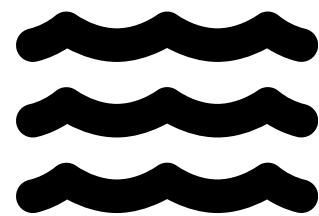
Наиболее заметны нитрифицирующие бактерии, так как они особенно важны для круговорота азота и почвенного плодородия.

Учебная биология: обобщённая классификация хемосинтезирующих бактерий

Нитрифицирующие Серобактерии
Железобактерии Водородные бактерии

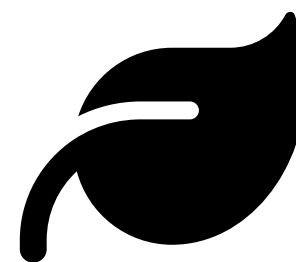


Экологическая роль хемосинтеза



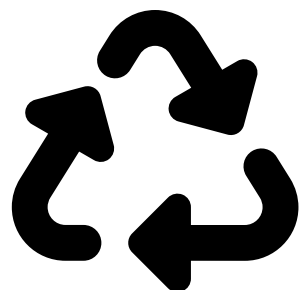
Жизнь без света

Хемосинтез обеспечивает первичную продукцию в тёмных экосистемах, например у гидротермальных источников и в глубоких слоях грунта, где фотосинтез невозможен.



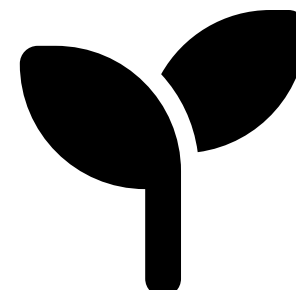
Основа цепей питания

Органические вещества, создаваемые бактериями, становятся пищей для других организмов и поддерживают существование целых сообществ беспозвоночных и микроорганизмов.



Круговорот элементов

Хемосинтезирующие бактерии участвуют в превращениях азота, серы и железа, связывая их в биогеохимические циклы и поддерживая химическое равновесие среды.



Почвенное плодородие

В почвах такие бактерии влияют на доступность минеральных соединений, а значит, косвенно определяют условия роста растений и состояние экосистем.

Фотосинтез и хемосинтез: сходства и различия

Сравнение показывает общую автотрофную направленность процессов и их различную энергетическую основу.

Признак	Фотосинтез	Хемосинтез
Источник энергии	Свет	Окисление
Условия	Свет	Без света
Организмы	Растения, водоросли	Бактерии

Оба процесса синтезируют органические вещества из CO_2 , но используют разные источники энергии и характерны для разных групп организмов.

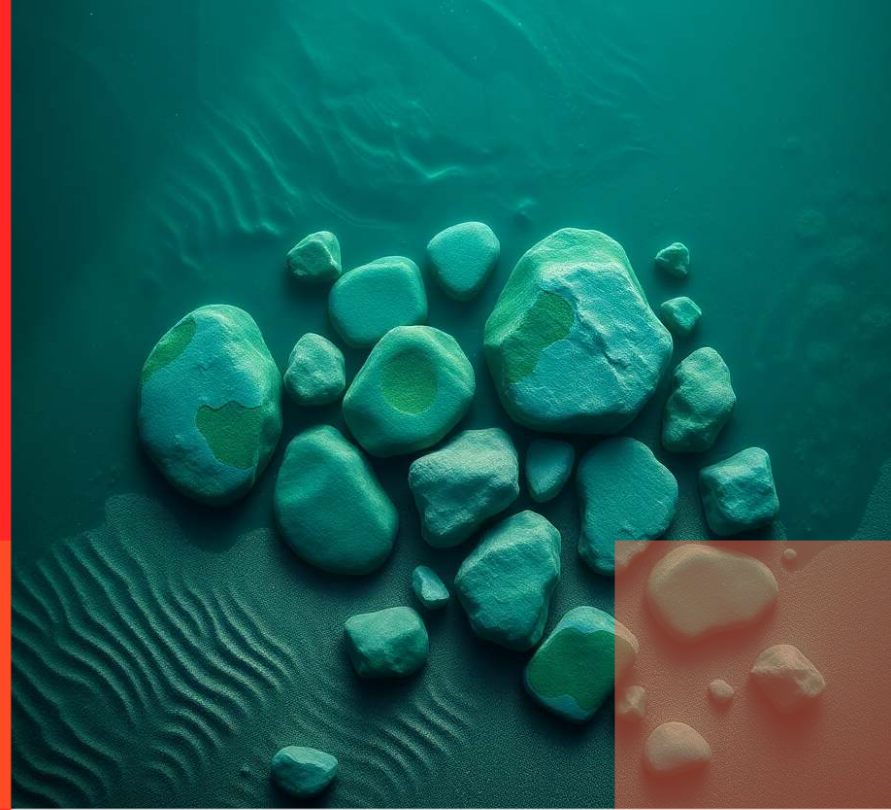
Учебная биология: сравнение автотрофных процессов

Организмы, осуществляющие автотрофный синтез



Зелёные растения: фабрика органики

Листья деревьев, трав и кустарников — самый привычный пример фотосинтеза. В зелёных клетках они создают органические вещества из воды и углекислого газа, формируя основу наземных экосистем.



Водоросли и цианобактерии: жизнь в воде

В водоёмах именно эти организмы производят значительную часть первичной органики. Они образуют планктон и поддерживают питание множества животных, от мелких рачков до крупных рыб.



Бактерии в темноте

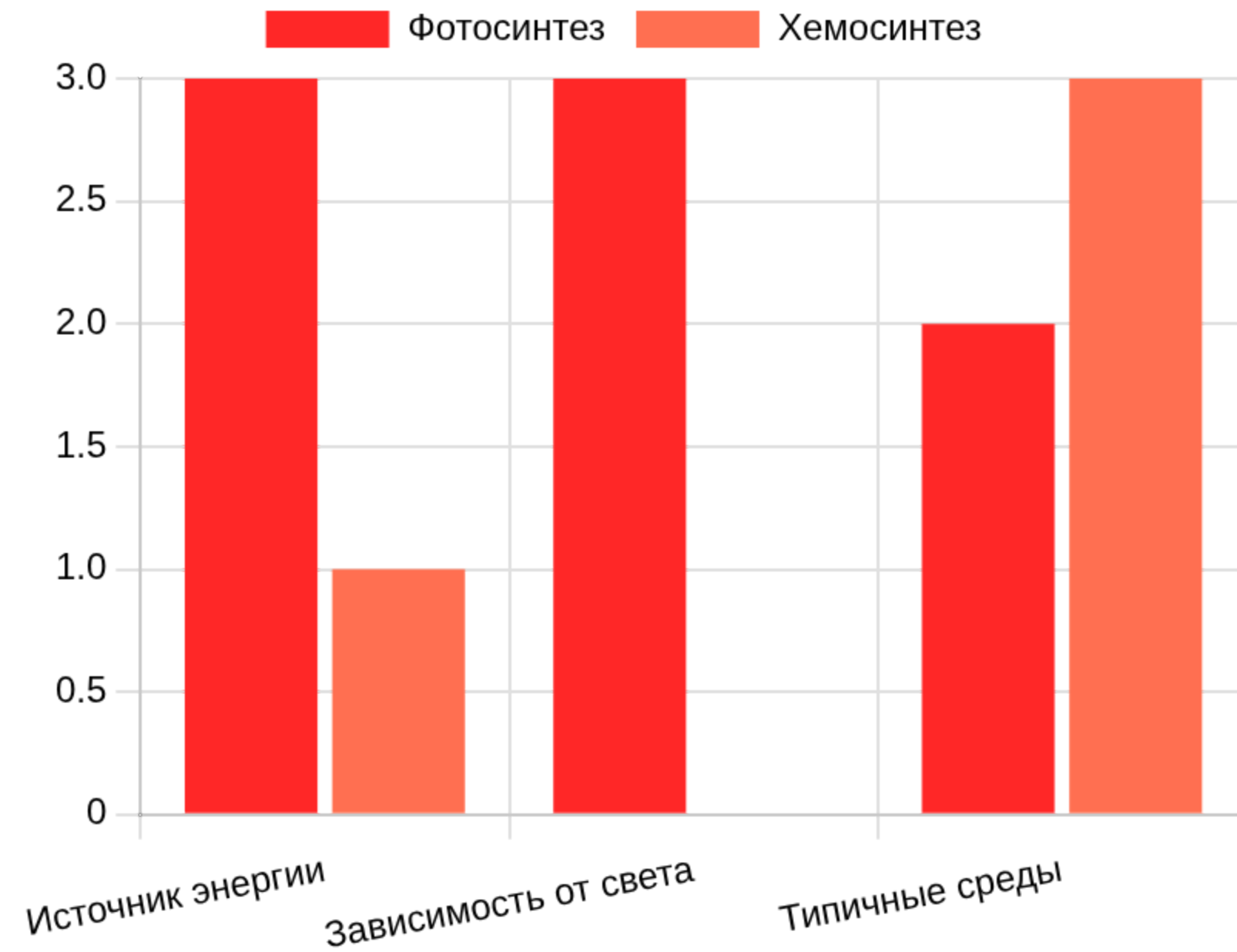
Нитрифицирующие, серо-, железо- и водородные бактерии работают там, где света нет. Их трудно увидеть, но именно они создают органическое вещество в почвах, глубинах океана и других экстремальных средах.

Сравнение источников энергии и условий протекания

Различие в источниках энергии определяет, где и какими организмами может осуществляться каждый из процессов.

Фотосинтез связан со светом, а хемосинтез — с химическими реакциями; оба расширяют возможности автотрофного питания в природе.

Учебная биология: сравнение энергетических механизмов автотрофии



Практическое значение фотосинтеза и хемосинтеза для человека

Пища и сырьё

Фотосинтез лежит в основе урожайности сельскохозяйственных культур, лесной продуктивности и получения сырья для питания, кормов, древесины и многих материалов.

Почвы и очистка

Хемосинтезирующие бактерии участвуют в превращениях азота и серы, улучшая состояние почв; их используют в биологических технологиях очистки воды и среды.

Качество атмосферы

Благодаря фотосинтезу в воздухе поддерживается содержание кислорода и частично связывается углекислый газ, что влияет на газовый состав атмосферы и условия жизни.

Биотехнологии

Микроорганизмы хемосинтеза важны для экологических технологий и промышленной микробиологии, поскольку помогают управлять круговоротом веществ без применения света.

Типичные ошибки при изучении темы

1

Кислород — не главное

Фотосинтез часто сводят только к выделению кислорода, хотя его главный результат — образование органических веществ, которые накапливают энергию и служат строительным материалом.

2

Темновая стадия не ночью

Темновая стадия не означает ночное протекание процесса. Она не требует света напрямую, но зависит от АТФ и НАДФ·Н, созданных на световой стадии.

3

Хемосинтез без света

Хемосинтез действительно не зависит от света, однако он тоже требует затрат энергии и участия ферментов, поэтому является полноценным метаболическим процессом.

4

Пластический обмен шире

Пластический обмен включает не только фотосинтез и хемосинтез, но и синтез белков, липидов, углеводов и нуклеиновых кислот внутри клетки.



Пластический обмен — основа жизни и устойчивости биосферы

Пластический обмен создаёт органические вещества, необходимые для роста, обновления и существования организмов. Фотосинтез и хемосинтез показывают, что жизнь может использовать и свет, и химическую энергию.