

Фотосинтез и хемосинтез: ключевые биохимические процессы жизни

Два фундаментальных пути создания органических веществ, определяющие жизнь на планете.





Зарождение представлений о фотосинтезе

Впервые описанный в XVIII веке, фотосинтез стал основой биомассы Земли и формированием кислородной атмосферы. Этот процесс лег в основу экологии и современных биохимических исследований.

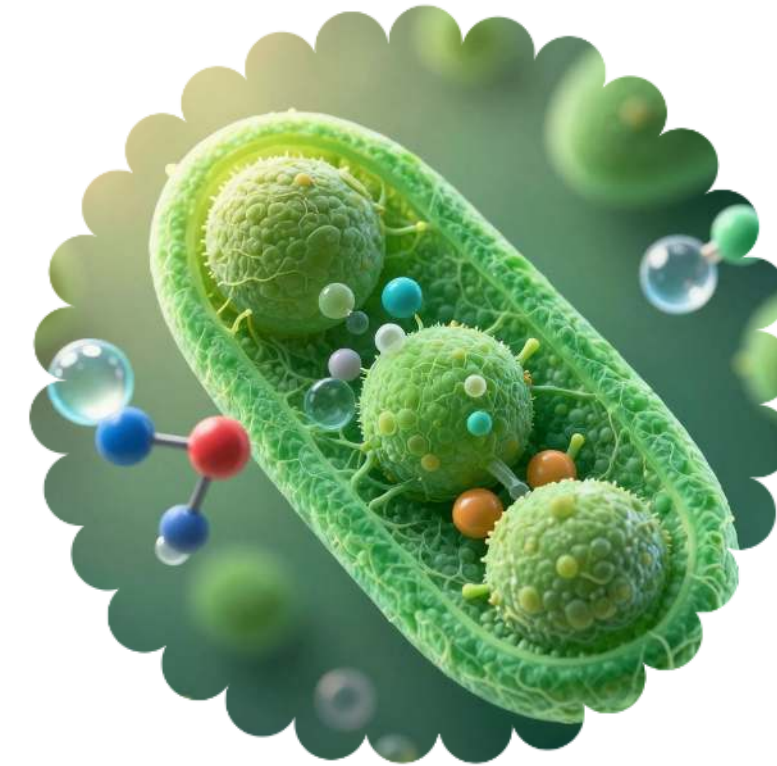


Что такое фотосинтез? Определение и ключевые особенности



Суть фотосинтеза

Фотосинтез — это биохимический процесс, в ходе которого растения и некоторые микроорганизмы преобразуют солнечную энергию в химическую энергию органических веществ. Он служит основой для формирования устойчивых экосистем на Земле.



Основное уравнение реакции

В ходе фотосинтеза углекислый газ и вода превращаются в глюкозу и кислород под воздействием света. Уравнение: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{свет} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$, отражающее баланс веществ.

Пластический и энергетический обмены в клетке

01

Пластический обмен отвечает за построение клеточных компонентов и требует синтеза органических молекул из простых веществ, формируя основу структуры клеток.

02

Энергетический обмен направлен на выделение энергии путем расщепления веществ, необходимой для всех биологических процессов и поддержания жизнедеятельности.

03

Фотосинтез соединяет оба обмена, синтезируя органику и аккумулируя энергию солнечного света в химических связях молекул.

Всемирное значение фотосинтеза



Производство органического вещества

Ежегодно фотосинтез создает порядка 170 миллиардов тонн органической массы, обеспечивая питание для миллионов видов и поддерживая биомассу планеты.



Влияние на состав атмосферы и климат

Фотосинтез выделяет более 200 миллиардов тонн кислорода в год, поддерживая аэробные организмы и влияя на глобальные циклы углерода и климата.

Этапы фотосинтеза

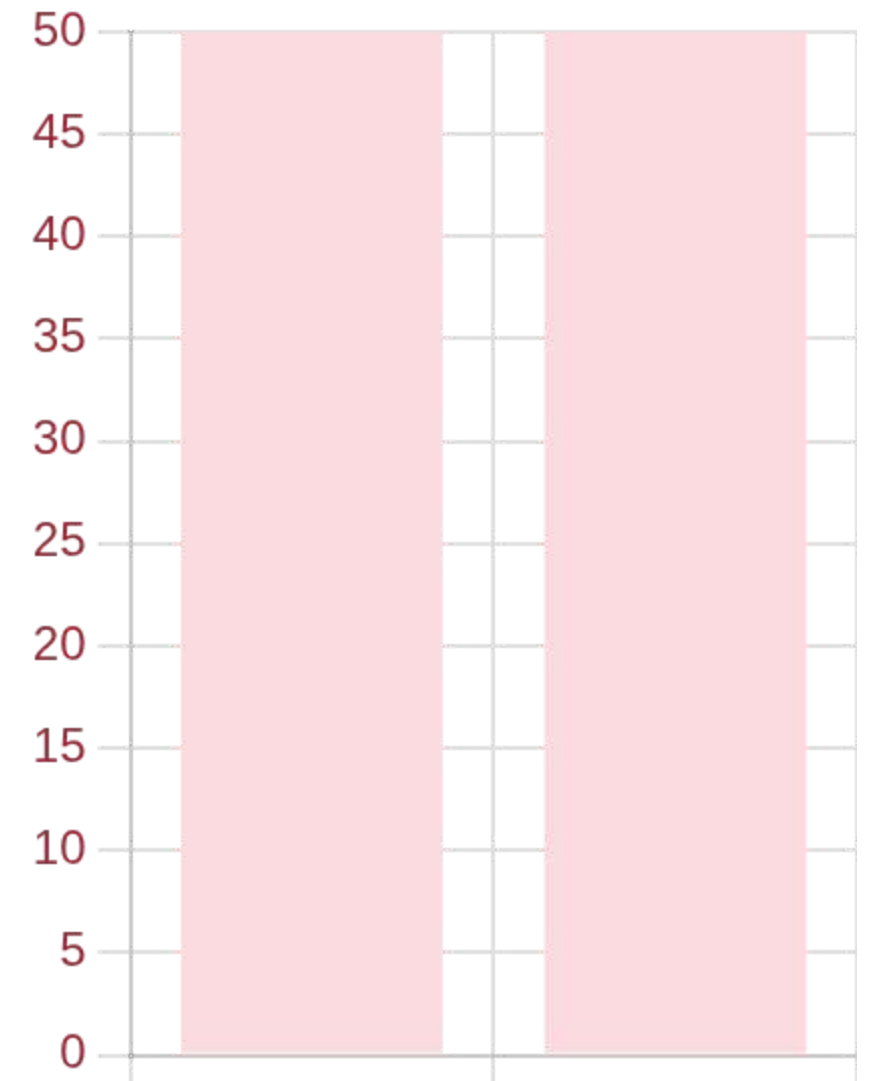


Процесс включает световую фазу – генерацию энергии и кислорода, и темновую фазу – фиксацию CO_2 и производство сахаров.

Каждый этап критически важен и взаимосвязан, обеспечивая эффективное преобразование энергии и синтез органики.

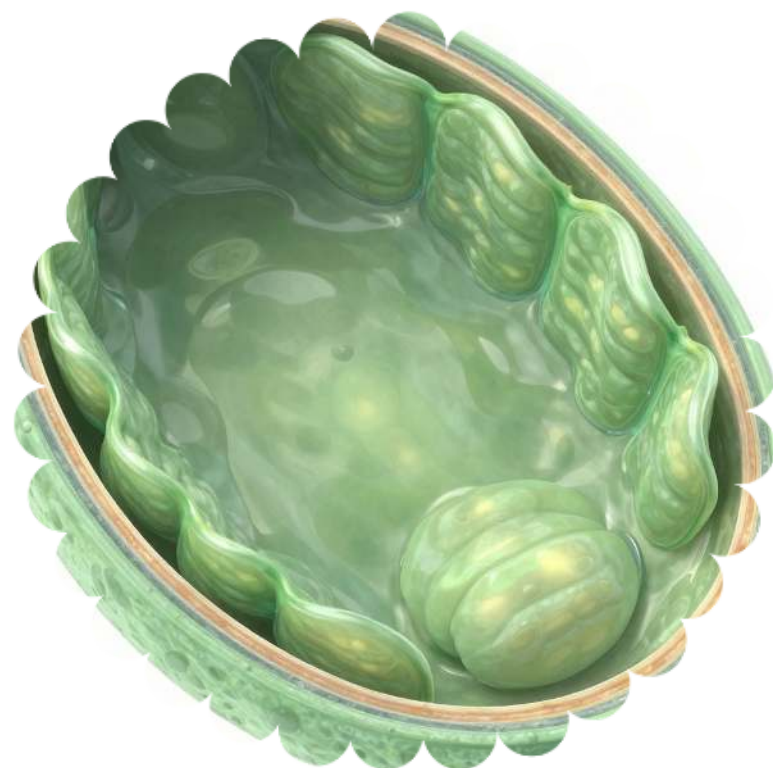
Учебники по биохимии, 2023

Основные этапы фотосинтеза



Световая фаза: фотосистемы и выделение O_2
Темновая фаза: цикл Кальвина и синтез глюкозы

Строение хлоропласта – фильтр солнечной энергии



Двойная мембрана и внутренняя организация

Хлоропласты ограничены двойной мембраной, внутренняя среда – строма – заполняет пространство внутри, что создает условия для фотосинтеза.



Тилакоиды – мембранные структуры

Тилакоиды формируют упорядоченные палочки и граны, где сосредоточены фотосистемы и пигменты, обеспечивающие захват света.



Пигменты внутри хлоропластов

Основные пигменты – хлорофиллы, каротиноиды и фикобилины – поглощают свет различной длины волн для эффективного использования энергии солнца.

Роль хлорофиллов и вспомогательных пигментов



Хлорофилл а и в поглощают свет в красном и синем диапазонах, обеспечивая основное фотохимическое преобразование энергии.



Каротиноиды защищают фотосинтетические структуры от повреждений и усиливают спектр поглощения света, расширяя зону использования солнечного спектра.



Наличие разнообразных пигментов позволяет растениям эффективно адаптироваться к разным условиям освещенности и оптимизировать производительность фотосинтеза.



Пигмент	Максимумы поглощения, нм
Хлорофилл а	430, 662
Хлорофилл b	453, 642
Каротиноиды	400–500

Поглощение света различными пигментами

Разнообразие пигментов обеспечивает поглощение широкого диапазона длин волн солнечного света, повышая эффективность фотосинтеза.

Различия в спектрах поглощения пигментов обеспечивают максимальное использование солнечной энергии растениями.

Биохимические исследования пигментов, 2022

Световая фаза фотосинтеза

Поглощение света фотосистемой II инициирует передачу электронов и фотолиз воды с выделением кислорода.

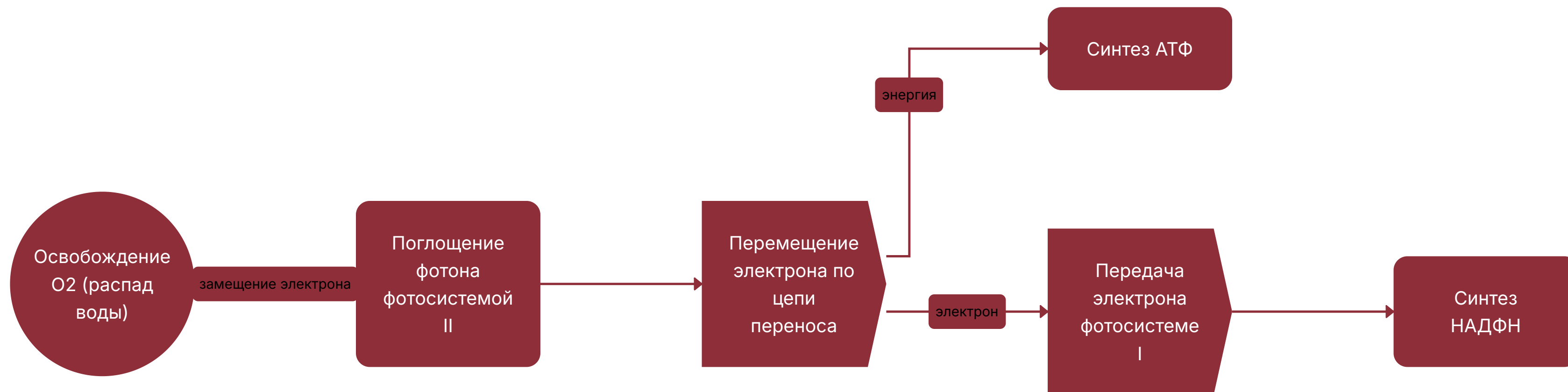
Цепь переноса электронов в мембранах тилакоидов сопровождает синтез молекул АТФ, необходимого для клеточного метаболизма.

Фотосистема I принимает электроны для восстановления НАДФ⁺ до НАДФН — ключевого восстановителя в фотосинтезе.

Эти процессы обеспечивают преобразование световой энергии в химическую, задавая энергообеспечение для последующих реакций.

Механизм переноса электронов в световой фазе фотосинтеза

Источник: учебник биохимии растений, 2022



Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина)

- 01** Темновая фаза происходит в строме хлоропласта, где происходит фиксация углекислого газа в органические соединения с использованием продуктов световой фазы – АТФ и НАДФН.
- 02** Основной процесс – цикл Кальвина, в ходе которого из CO_2 синтезируется глюкоза, обеспечивая растущий организм углеродом для биосинтеза.
- 03** Ключевой фермент – РубисКО, катализирующий соединение CO_2 с рибулозо-1,5-бисфосфатом; этот белок является самым распространённым в живой природе.

Баланс фотосинтеза: основные вещества процесса

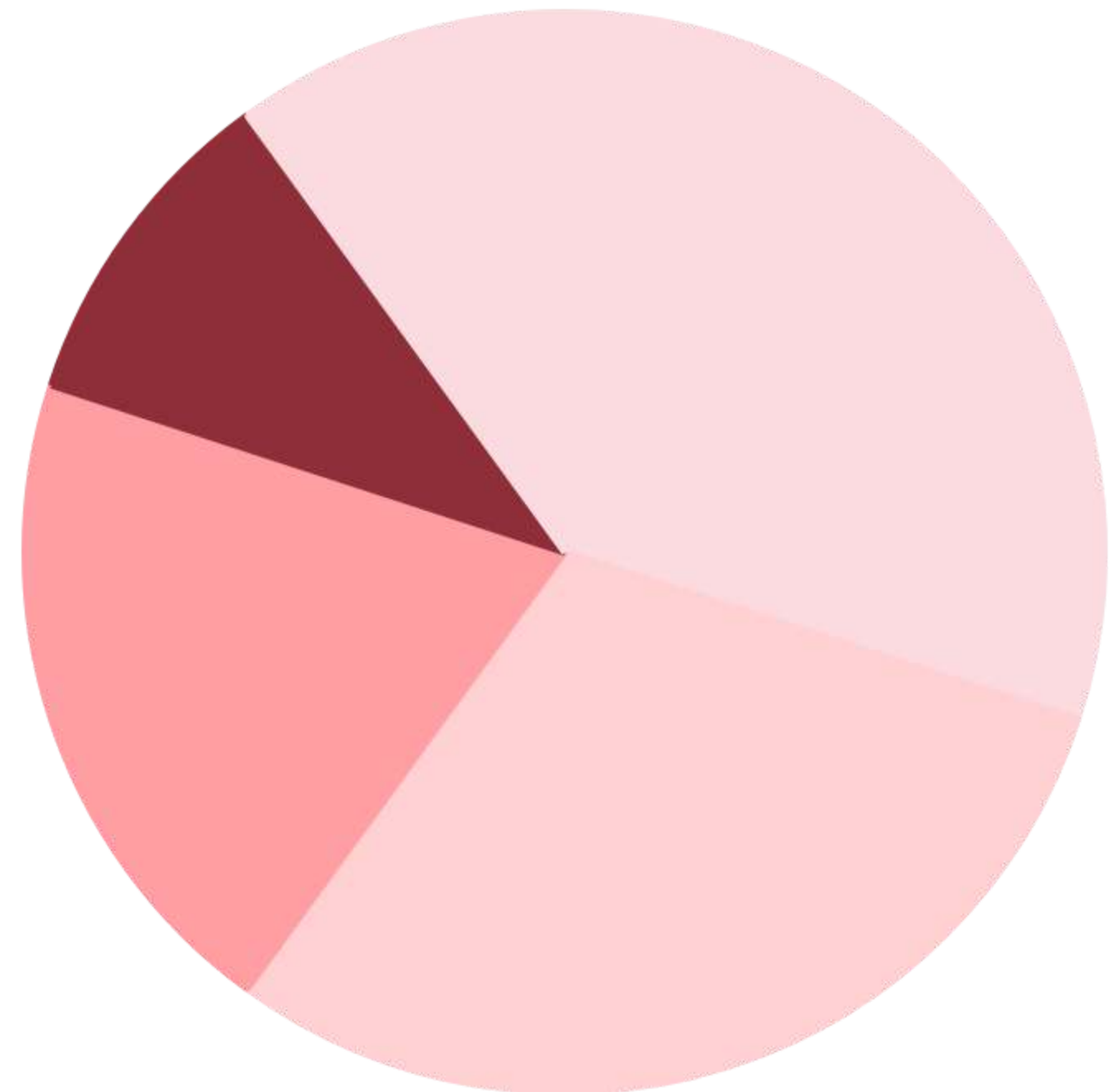


Процесс преобразует неорганические вещества и энергию света в углеводы и кислород, поддерживая жизнь на Земле.

Фотоинтенсивность и доступность исходных веществ определяют эффективность синтеза органики и выделения кислорода.

Обзор биохимии растений, 2023

CO₂ (вход) H₂O (вход) Свет (вход)
O₂ (выход) C₆H₁₂O₆ (выход)



Основные факторы, влияющие на скорость фотосинтеза



Интенсивность света и её пределы

Фотосинтез активируется с ростом световой интенсивности, однако при избытке света наблюдается фотоиндцированное повреждение хлоропластов, снижающее эффективность процесса.



Влияние температуры и газа CO₂

Оптимальная температура ускоряет ферментные реакции, а повышенное содержание CO₂ способствует усилению фиксации углекислого газа, но при экстремальных значениях увеличивается стресс для клеток.

Адаптации фотосинтетических организмов к условиям среды

01

Растения с C_3 -фотоавтотрофным циклом осуществляют фиксацию углекислого газа прямо в клетках листа, преимущественно в умеренном климате.

02

C_4 -растения разделяют фотосинтез по клеткам — фиксация CO_2 происходит в мезофилле, а цикл Кальвина — в обкладочных клетках, повышая эффективность в жарких условиях.

03

Кам-растения имеют временное разделение этапов — фиксация CO_2 ночью и цикл Кальвина днем, что снижает потери воды в засушливом климате.

Сравнение фотосинтеза и хемосинтеза по источникам энергии

Фотосинтез использует световую энергию солнца для образования органических веществ в фотосинтезирующих организмах.

Хемосинтез основан на химической энергии, освобождаемой при окислении неорганических веществ, например, аммиака или сероводорода.

Оба процесса осуществляют фиксацию углекислого газа, формируя органический углерод, но различаются источником энергии.

Хемосинтез играет ключевую роль в экосистемах без доступа к свету, поддерживая биологическую продуктивность в экстремальных условиях.

Хемосинтез: основы и роль в экосистемах



Хемосинтез — процесс синтеза органических веществ с помощью энергии окисления неорганических соединений, осуществляемый специализированными бактериями.



Такой тип обмена обеспечивает источник пищи в средах, где солнечный свет отсутствует, например, в глубоководных гидротермальных источниках.



Хемосинтетические бактерии способствуют круговороту ключевых элементов, поддерживая устойчивость и разнообразие экосистем в экстремальных условиях.

Основные хемосинтетические бактерии и их энергетические субстраты

Организм	Энергетический субстрат
Нитрифицирующие бактерии	NH_4^+ , NO_2^-
Железобактерии	Fe^{2+}
Серобактерии	H_2S

Таблица иллюстрирует разнообразие бактерий, участвующих в хемосинтезе, их используемые субстраты и экологические ниши.

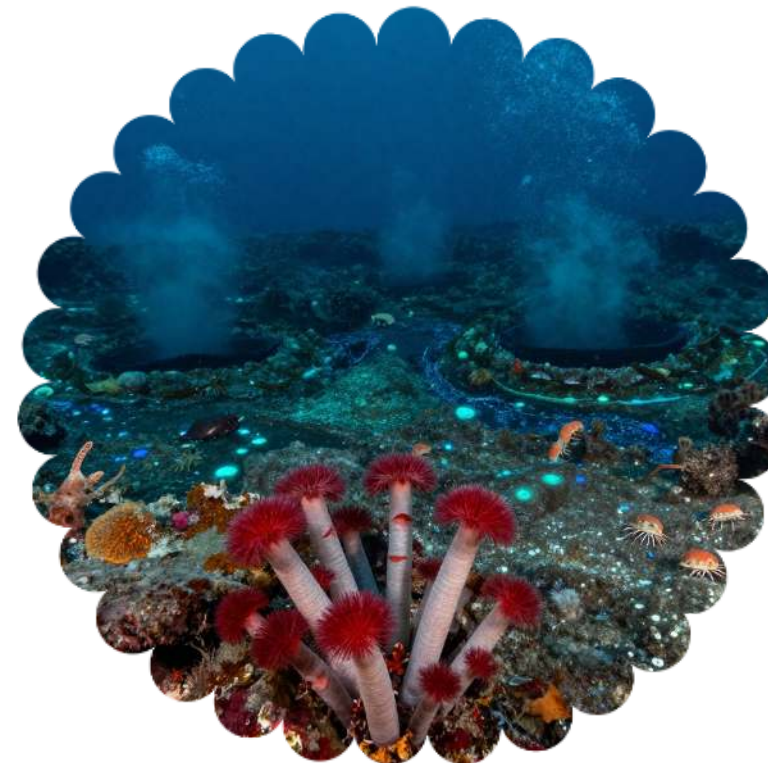
Разнообразие субстратов позволяет хемосинтетикам освоить различные среды обитания, особенно те, что лишены света.

Глобальное значение фотосинтеза и хемосинтеза в биосфере



Фотосинтез и кислородная атмосфера

Фотосинтез определил формирование современной атмосферы Земли, поддерживая уровень кислорода и создавая основу для аэробных организмов.



Хемосинтез в экстремальных экосистемах

Хемосинтез поддерживает жизнь в глубоководных гидротермальных зонах, где свет не проникает, обеспечивая первичную продуктивность и биогеохимические циклы.



Вклад в глобальный кругооборот веществ

Оба процесса играют ключевую роль в биогеохимическом цикле углерода, азота, серы и железа, обеспечивая устойчивость и разнообразие экосистем.



Заключение: синергия фотосинтеза и хемосинтеза в биосфере

Фотосинтез и хемосинтез формируют основу биосферного обмена веществ и энергии, обеспечивая разнообразие и устойчивость жизни в разнообразных природных условиях.