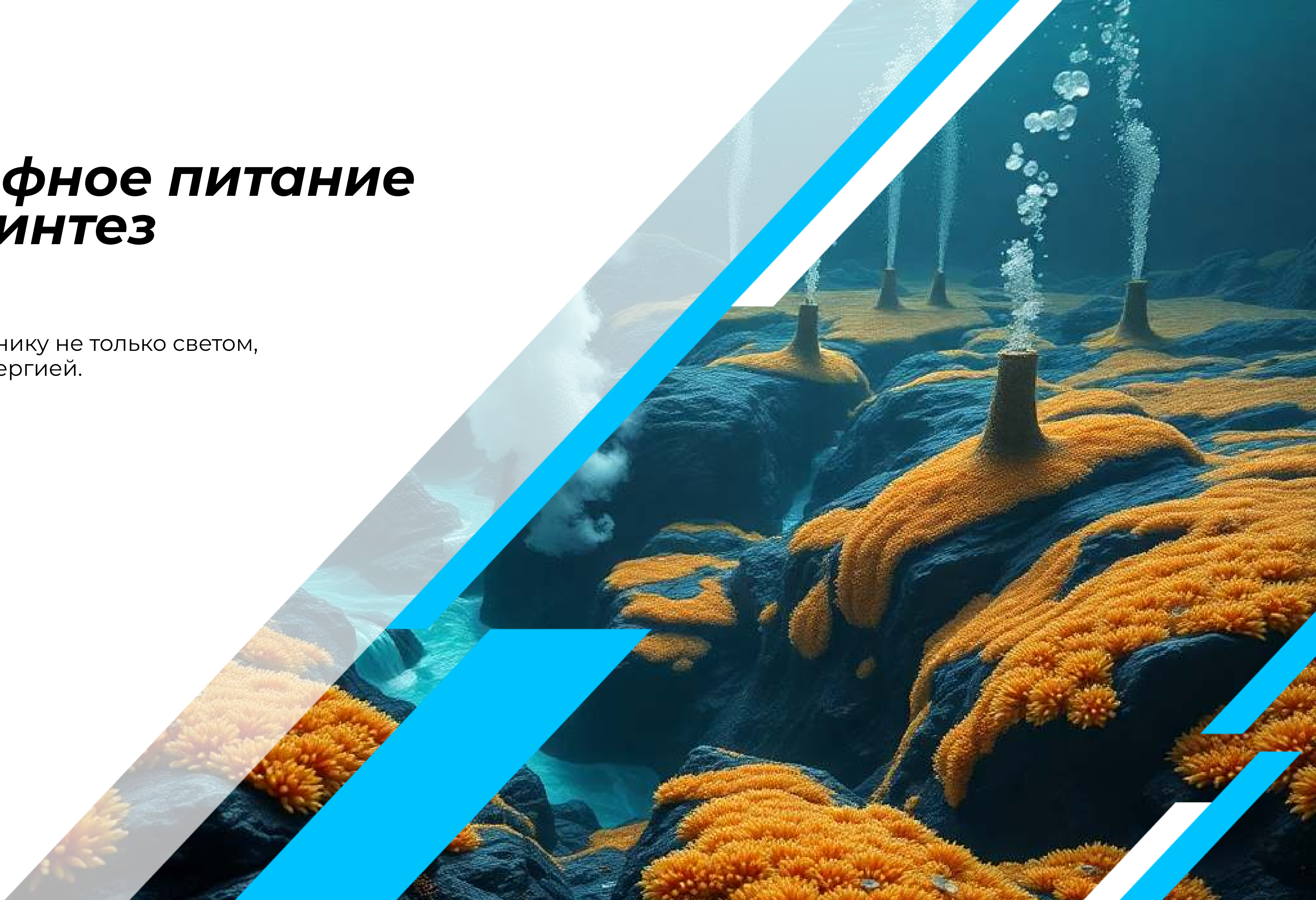


Автотрофное питание и хемосинтез

Жизнь создаёт органику не только светом,
но и химической энергией.



Почему автотрофы важны для биосферы

Автотрофы создают основу пищевых цепей и участвуют в круговороте веществ. Хемосинтез особенно значим там, где нет света: в почве, донных отложениях, подземных водах и у гидротермальных источников.



Понятие автотрофного питания

1

Источник углерода

Автотрофы строят органические молекулы из неорганических веществ, а главным источником углерода для них служит углекислый газ, поступающий из воздуха или растворённый в воде.

2

Источник энергии

Для синтеза органики автотрофам нужна энергия. Одни получают её от света, другие — при окислении неорганических соединений, используя химические реакции как энергетический источник.

3

Самостоятельный синтез

Автотрофные организмы не зависят от готовой органики извне: они сами образуют вещества, необходимые для роста, дыхания и размножения, поддерживая собственный обмен веществ.

4

Два пути автотрофии

Автотрофное питание включает фотосинтез и хемосинтез. Оба процесса ведут к образованию органических веществ, но различаются источником энергии и кругом организмов, которые их осуществляют.

Фототрофия и хемотрофия: сравнение двух путей автотрофии

Сравнение показывает, что автотрофия может опираться на разные источники энергии, но приводит к одному биологическому результату — синтезу органических веществ из CO₂.

Обе группы фиксируют CO₂, но хемотрофы способны жить и там, где свет недоступен.

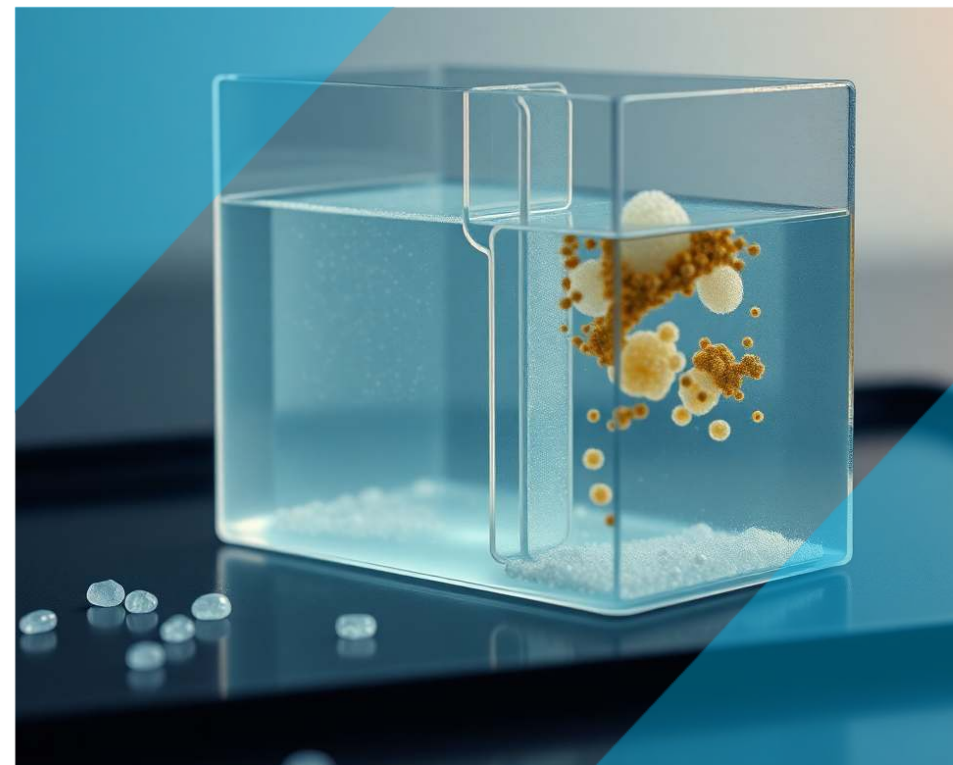
Признак	Фототрофы	Хемотрофы
Источник энергии	Свет	Окисление веществ
Основные организмы	Растения, водоросли	Бактерии
Зависимость от света	Да	Нет

С. Н. Виноградский и открытие хемосинтеза



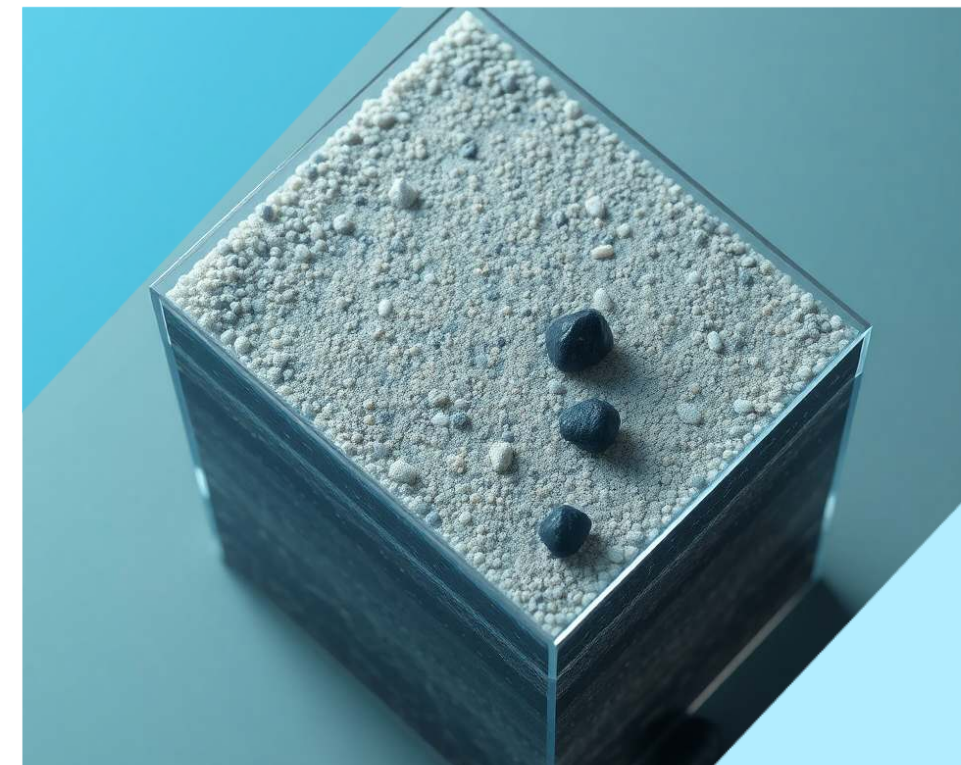
Учёный, изменивший представление о питании бактерий

Сергей Николаевич Виноградский изучал микроорганизмы, которые получают энергию из химических реакций. Его исследования показали, что бактерии способны не только разлагать вещества, но и создавать органику без участия света.



Нитрифицирующие и серобактерии в классических опытах

Работы Виноградского с бактериями, окисляющими соединения азота и серы, стали убедительным доказательством хемосинтеза. Он показал, что жизнь может опираться на скрытые химические процессы в среде.

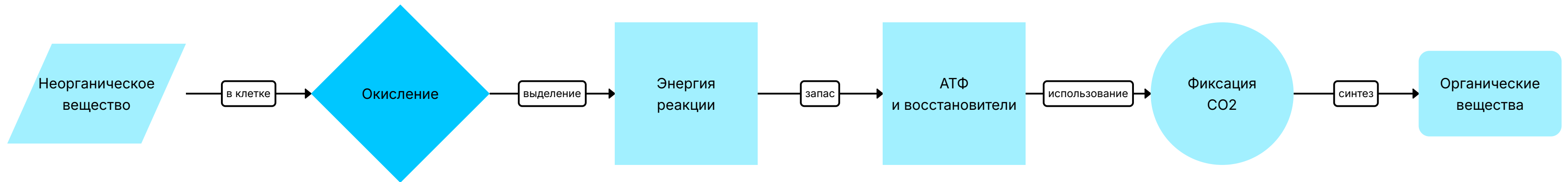


Новый этап в микробиологии и биохимии

Открытие хемосинтеза расширило представления о возможностях живых организмов. Оно стало важным шагом к пониманию роли микробов в природе и дало научную основу для дальнейших исследований обмена веществ.

Общая схема хемосинтеза

Последовательность показывает, как энергия химических реакций превращается в энергию органических молекул.



Организмы, осуществляющие хемосинтез



Нитрифицирующие бактерии

Окисляют соединения азота и особенно распространены в почве и воде. Их работа повышает доступность нитратов для растений и делает их важными участниками азотного цикла.



Сероокисляющие бактерии

Используют сероводород и другие соединения серы как источник энергии. Они часто встречаются в болотах, донных отложениях и сероводородных источниках.



Железобактерии

Окисляют ионы железа (II) до железа (III), из-за чего на поверхности субстрата появляются бурые или ржаво-коричневые налёты. Такие формы особенно заметны в железистых водах.



Водородные бактерии

Получают энергию при окислении молекулярного водорода. Они важны для специфических местообитаний, где в среде присутствуют восстановленные соединения и нет достаточного освещения.

Основные группы хемосинтезирующих бактерий



Группа	Субстрат	Продукт
Нитрифицирующие	NH3	NO3-
Сероокисляющие	H2S	Сульфаты
Железобактерии	Fe2+	Fe3+

Таблица показывает, какие вещества служат источником энергии у разных групп хемосинтезирующих бактерий и какие продукты при этом образуются.

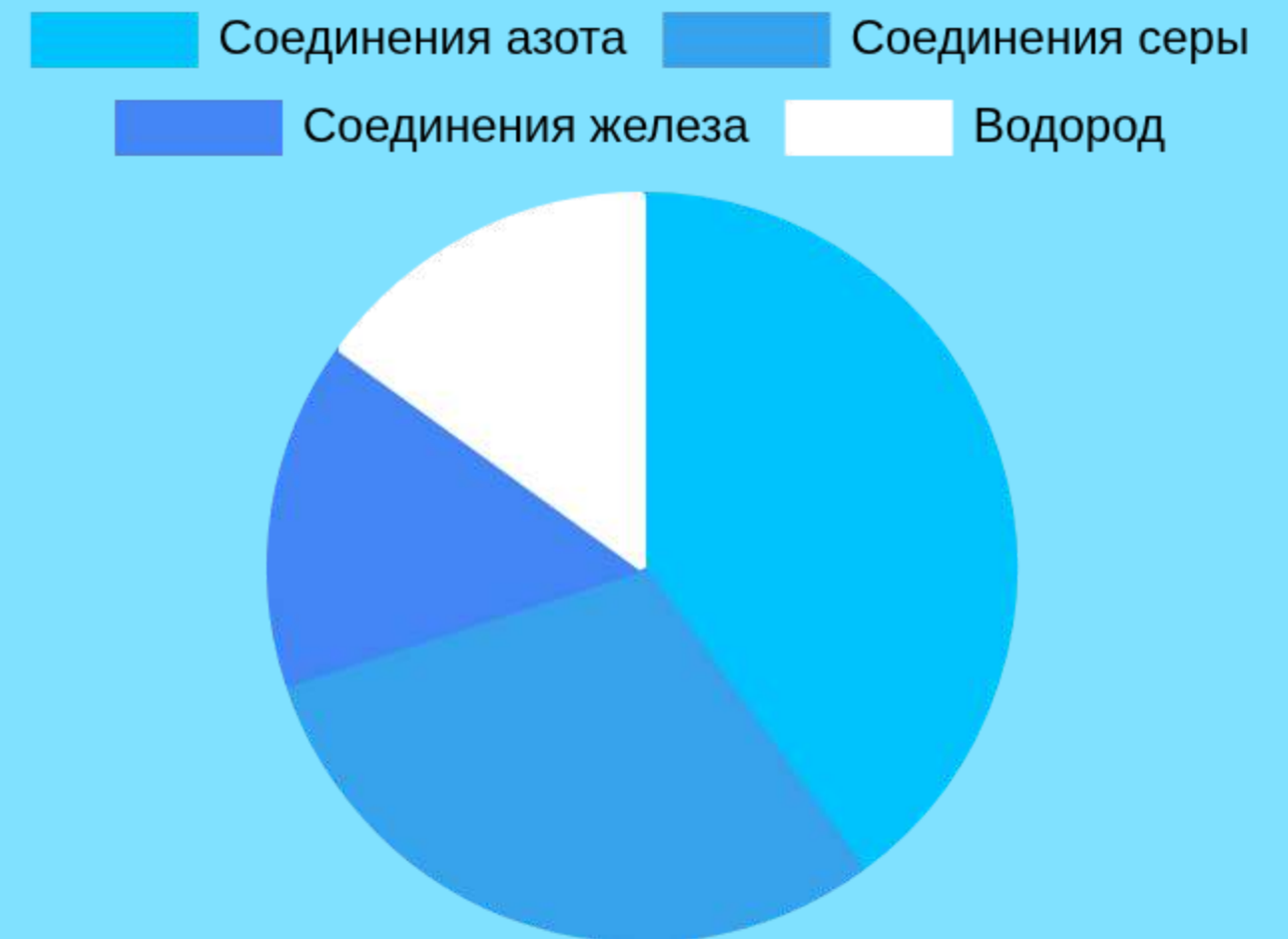
Разные бактерии используют разные неорганические вещества, но общий принцип остаётся одинаковым: химическая энергия идёт на синтез органики.



Основные источники энергии у хемосинтетиков

Диаграмма отражает не абсолютные величины, а относительную распространённость разных энергетических источников в природе.

Наиболее заметен вклад азотных и серных соединений; железо- и водородокисляющие процессы встречаются в более специфических условиях.



Нитрификация как пример хемосинтеза

1. Окисление аммиака

Бактерии рода *Nitrosomonas* используют аммиак как исходное вещество и превращают его в нитриты. На этом этапе выделяется энергия, необходимая для жизнедеятельности клетки.

2. Образование нитратов

Бактерии рода *Nitrobacter* окисляют нитриты до нитратов. Именно эта форма азота наиболее удобно усваивается растениями и активно участвует в питании корней.

3. Практическое значение

Нитрификация повышает плодородие почвы, но при избытке нитратов они могут вымываться в водоёмы. Это нарушает азотный баланс и ухудшает состояние экосистем.

Сероокисляющие бактерии и железобактерии

Жизнь в среде серы

В сероводородных источниках и болотах сероокисляющие бактерии используют соединения серы как источник энергии. На снимках такие сообщества легко узнать по светлым пленкам и окрашенным отложениям вокруг воды. Именно здесь хемосинтез особенно заметен в природе.



Бурые следы железа

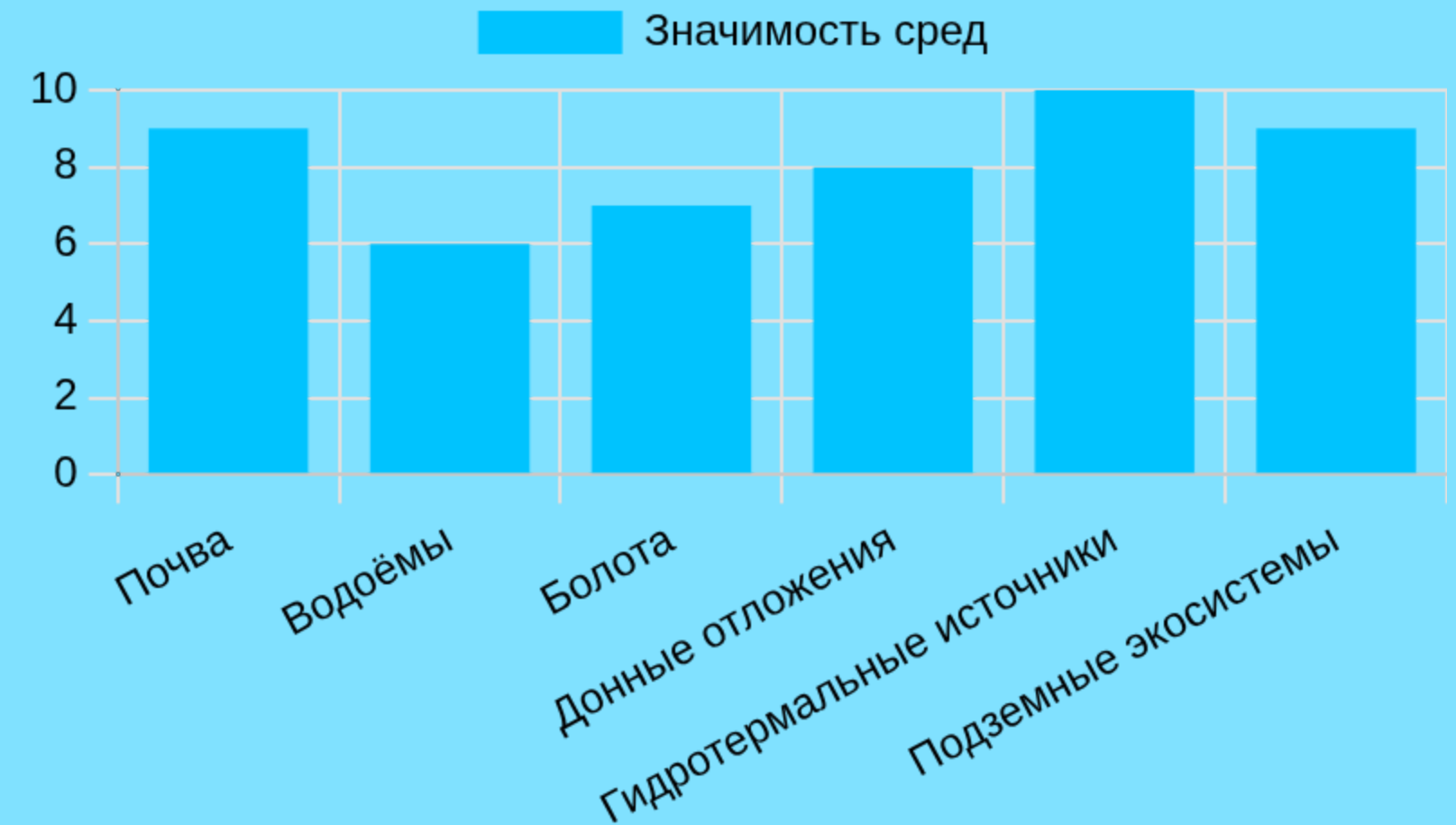
Железобактерии часто поселяются в железистых водах, на влажных камнях и в ржаво-коричневых налетах. Их деятельность изменяет внешний вид поверхности и показывает, как химический состав среды напрямую определяет жизнь микроорганизмов.



Где хемосинтез наиболее важен

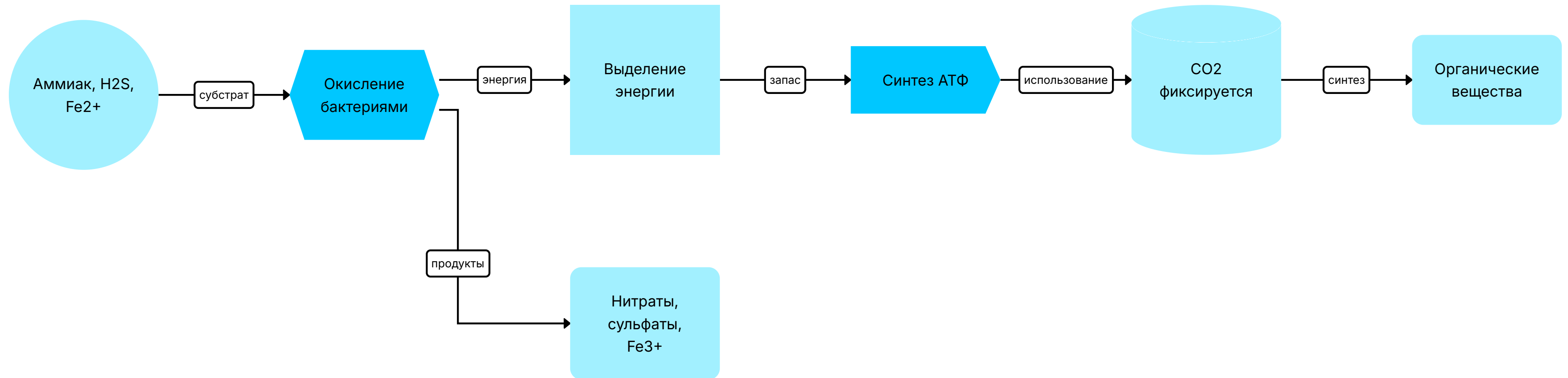
Хемосинтез особенно заметен там, где мало света и много восстановленных соединений: в почве, донных слоях и подземных водах.

Максимальная роль процесса связана с тёмными и химически активными средами, где он поддерживает первичную продукцию и круговороты веществ.



Хемосинтез и круговорот веществ

Схема показывает переход неорганических соединений в формы, доступные живым организмам.



Экологическое значение хемосинтеза

Основа пищевых цепей

В местах без света хемосинтезирующие бактерии образуют первичную органическую массу. На ней строятся пищевые цепи глубоководных и подземных сообществ, где другие автотрофы существовать не могут.

Самоочищение среды

Хемосинтезирующие бактерии участвуют в естественной очистке воды и почв, изменяя состав растворённых веществ. Это помогает поддерживать химическое равновесие в экосистемах.

Круговорот элементов

Процесс ускоряет превращения азота, серы и железа в почве и воде. Благодаря этому элементы переходят в формы, доступные растениям, микроорганизмам и другим организмам.

Устойчивость биосферы

Без хемосинтеза многие биогеохимические процессы шли бы медленнее, а жизнь в тёмных экосистемах была бы невозможна. Поэтому его вклад выходит далеко за пределы микромира.

Фотосинтез и хемосинтез: сходства и различия

Таблица показывает, что оба процесса принадлежат к автотрофии, но используют разные источники энергии и разные группы организмов.

Общая цель процессов одинакова — синтез органики, но путь к ней различается по источнику энергии и составу участников.

Признак	Фотосинтез	Хемосинтез
Источник энергии	свет	окисление веществ
Источник углерода	CO2	CO2
Основные организмы	растения, водоросли, цианобактерии	бактерии

Хемосинтез и сельское хозяйство



Питание растений

Нитрифицирующие бактерии переводят аммиак в нитраты, которые легко усваиваются растениями. Это напрямую связано с плодородием почвы и качеством урожая.



Риск вымывания

Избыток нитратов может уходить из почвы с водой и попадать в водоёмы. Тогда нарушается азотный баланс и ухудшается состояние окружающей среды.



Практическое значение

Понимание хемосинтеза помогает разумно вносить удобрения и учитывать работу почвенных бактерий. Для агрономии это важная часть управления плодородием.

Хемосинтез в экстремальных условиях

1

Гидротермальные источники

У океанических источников, где нет света, бактерии используют химическую энергию горячих растворов. Они становятся начальным звеном пищевых цепей и поддерживают целые сообщества организмов.

2

Глубокие подземные воды

В подземных водоносных горизонтах хемосинтезирующие микроорганизмы живут без участия солнечной энергии. Их обмен веществ связан с растворёнными неорганическими соединениями и низкой доступностью кислорода.

3

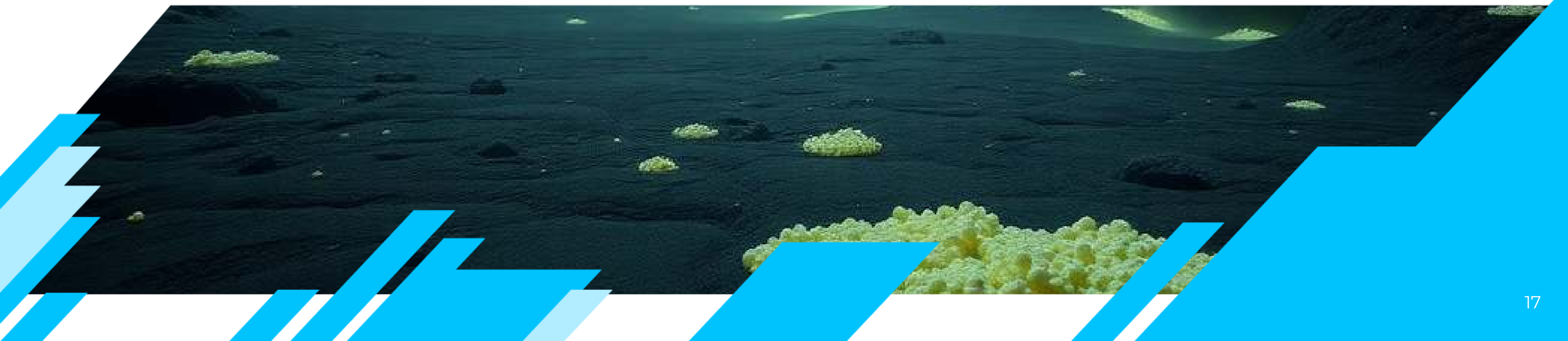
Сероводородные донные слои

В илах и донных осадках, богатых сероводородом, хемосинтез позволяет бактериям получать энергию там, где фотосинтез невозможен. Это делает такие слои биологически активными.

4

Пределы жизни

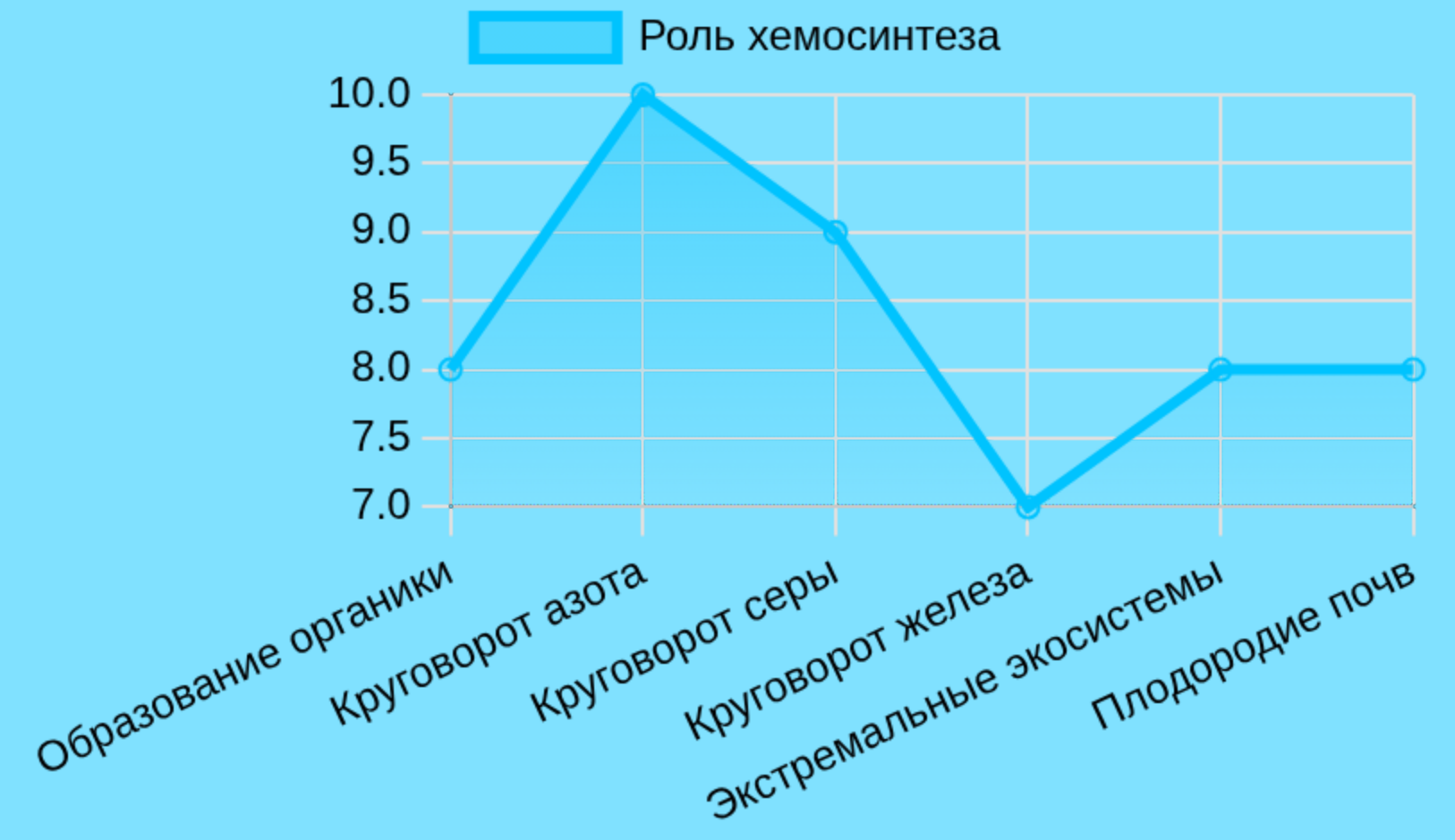
Эти примеры показывают, что жизнь может существовать в условиях, которые раньше считались непригодными. Хемосинтез расширяет представление о границах обитаемости на Земле.



Роль хемосинтеза в биосфере

Процесс особенно важен там, где не хватает света, но есть химические источники энергии для бактерий.

Наибольший вклад связан с биогеохимическими циклами: именно через хемосинтез неорганические вещества становятся доступными живым организмам.



Это число помогает запомнить главное различие между фотосинтезом и хемосинтезом: оба процесса ведут к синтезу органики, но используют разные источники энергии.

2

**ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКА
ЭНЕРГИИ ЛЕЖАТ В ОСНОВЕ
АВТОТРОФНОГО ПИТАНИЯ:
СВЕТ И ХИМИЧЕСКИЕ
РЕАКЦИИ.**

Хемосинтез расширяет границы ЖИЗНИ

Автотрофное питание показывает, как живые организмы создают органическое вещество из неорганических соединений. Хемосинтез особенно важен тем, что делает возможной жизнь без солнечного света и поддерживает устойчивость биосферы.