

Пластический обмен и фотосинтез: как клетка создаёт органические вещества

Как клетка строит жизнь из света, воды и углекислого газа



Фотосинтез в обмене веществ и биосфере



Пластический обмен создаёт вещества для роста и обновления, используя энергию клетки. У растений, водорослей и цианобактерий его главным примером служит фотосинтез — процесс, от которого зависят кислород атмосферы, первичная продукция экосистем и углеродный цикл.

Понятие пластического обмена

■ Синтез молекул

Пластический обмен объединяет реакции, в которых клетка собирает белки, липиды, углеводы и нуклеиновые кислоты из более простых веществ, создавая собственные структуры и запасные соединения.

■ Энергетические затраты

Каждая реакция синтеза требует энергии АТФ, поэтому пластический обмен тесно связан с процессами, которые обеспечивают клетку энергией и восстановительной силой для построения новых веществ.

■ Рост и восстановление

Благодаря этому обмену организм увеличивается в размерах, заменяет повреждённые клетки, формирует ткани и поддерживает работу органов в течение всей жизни.

■ Фотосинтез у растений

У растений важнейшим примером пластического обмена становится образование органических веществ из углекислого газа и воды, то есть фотосинтез, превращающий неорганическое сырьё в основу биомассы.



Строение листа и хлоропласта

Ткани листа

Столбчатая и губчатая паренхима обеспечивают захват света и газообмен, а жилки листа подводят воду и минеральные вещества, необходимые для фотосинтеза и последующего синтеза органических соединений.

Роль устьиц

Устьица регулируют поступление углекислого газа и испарение воды, поэтому их работа напрямую влияет на интенсивность фотосинтеза и устойчивость растения к изменению условий среды.

Устройство хлоропласта

Хлоропласт окружён двойной мембраной и содержит тилакоиды, собранные в граны, а также стому, где идут реакции синтеза углеводов и преобразования энергии.

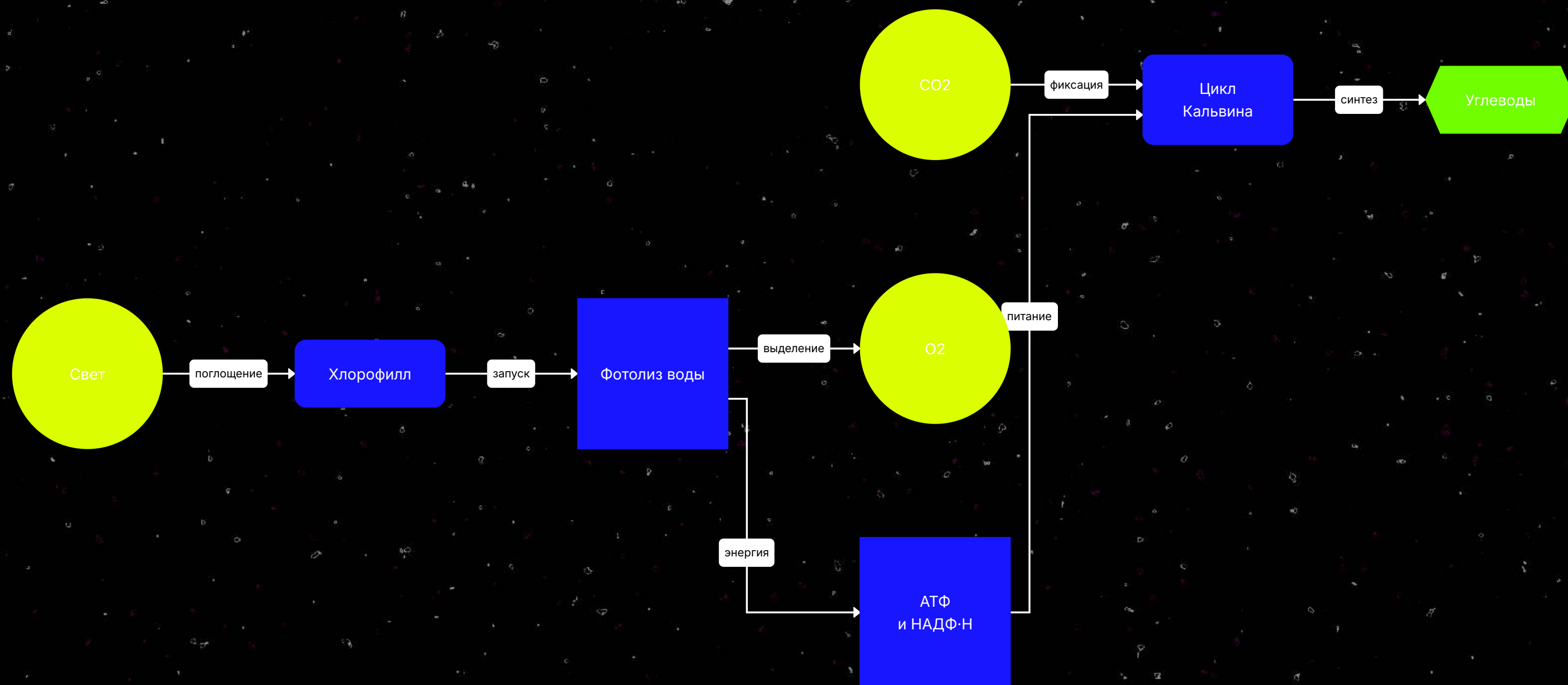
Поглощение света

Хлорофилл поглощает главным образом красный и синий свет, поэтому именно эти области спектра наиболее эффективно используются для запуска световых реакций и образования сахаров.

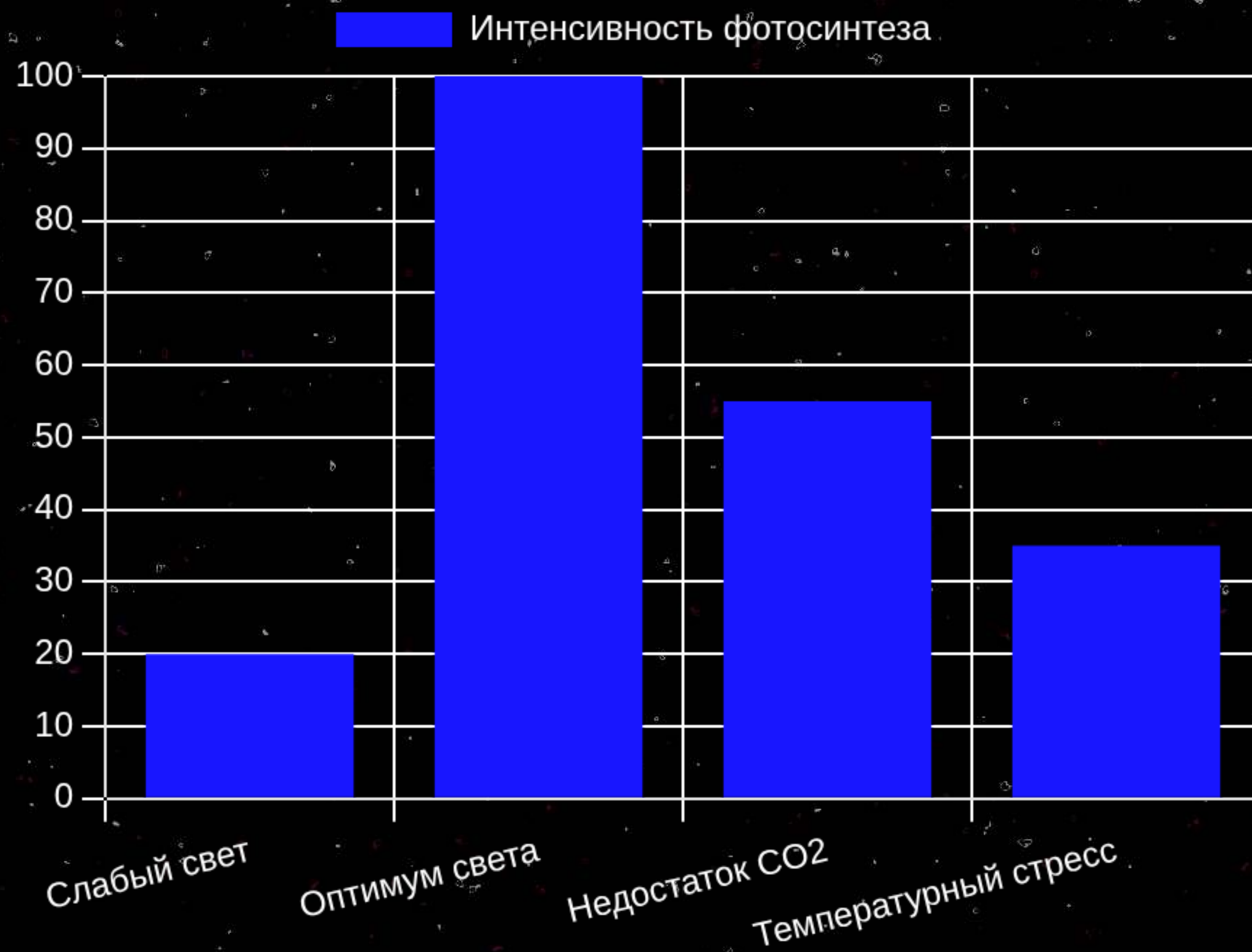


Этапы фотосинтеза

Схема отражает последовательность световых и темновых реакций в хлоропласте.



Факторы, влияющие на интенсивность фотосинтеза

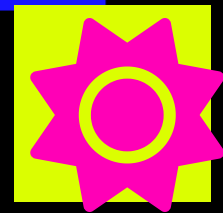


На скорость фотосинтеза одновременно действуют несколько ограничителей; обычно самым ранним становится тот фактор, которого в среде не хватает больше всего.

При достаточном свете решающими становятся CO₂, температура и вода; значит, максимальная продуктивность требует сбалансированных условий, а не только яркого освещения.

Схематизация по школьному курсу биологии; условные значения для иллюстрации зависимости.

Световая фаза: превращение энергии света



Поглощение света

Кванты света возбуждают молекулы хлорофилла, и электроны переходят на более высокий энергетический уровень, что запускает дальнейшие переносы энергии в мембранах тилакоидов.



Перенос электронов

Возбуждённые электроны проходят по цепи переноса, а высвобождаемая энергия используется для образования АТФ, необходимой для последующих стадий синтеза органических веществ.



Фотолиз воды

При расщеплении воды образуются электроны, ионы водорода и кислород; именно этот процесс обеспечивает пополнение электронов и выделение кислорода в атмосферу.



Запас энергии

АТФ и НАДФ·Н становятся универсальными переносчиками энергии и восстановительной силы, которые затем расходуются на фиксацию углекислого газа и построение углеводов.

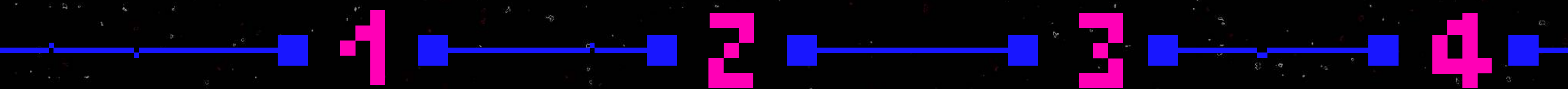
Световая и темновая фазы: сравнение

Сравнение помогает увидеть, как одна фаза обеспечивает другую энергией и восстановительными эквивалентами.

Световая фаза создаёт энергетический ресурс, а темновая использует его для синтеза органических веществ; вместе они образуют единый процесс.

Параметр	Световая	Темновая
Место	тилакоиды	строма
Продукты	O ₂ , АТФ, НАДФ·Н	углеводы

Темновая фаза и цикл Кальвина



1. Фиксация CO₂

В строме хлоропласта углекислый газ присоединяется к рибулозо-1,5-бисфосфату, что делает возможным включение неорганического углерода в органические соединения.

2. Работа рубиско

Ключевым ферментом цикла служит рубиско; он катализирует начальный этап фиксации CO₂ и определяет эффективность образования продуктов цикла.

3. Образование триоз

После серии превращений возникают трёхуглеродные соединения, из которых клетка может синтезировать глюкозу и другие углеводы.

4. Синтез запасов и структур

Часть углеводов идёт на образование крахмала, целлюлозы и сахарозы, а сам цикл не может продолжаться без АТФ и НАДФ·Н световой фазы.

Уравнение фотосинтеза и материальный баланс

■ Общее уравнение

Фотосинтез можно обобщённо записать как $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ при свете и участии хлорофилла $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$; это удобная схема, отражающая общий итог процесса.

■ Источники атомов

Углерод глюкозы поступает из углекислого газа, а кислород, который выделяется в ходе фотосинтеза, образуется из воды, а не из молекул CO_2 .

■ Перестройка вещества

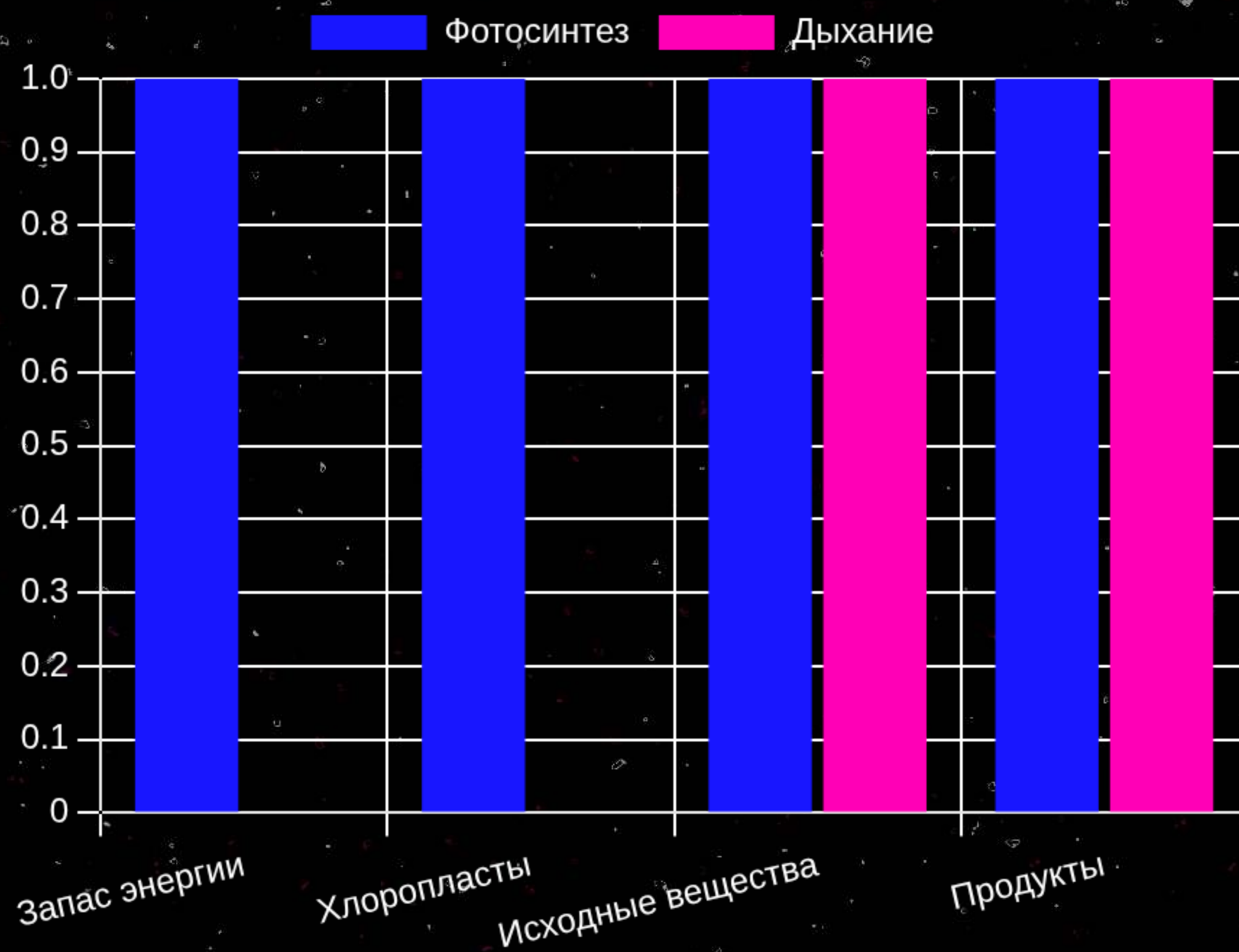
Фотосинтез не создаёт вещество из ничего: он перестраивает исходные молекулы, соединяя их в новые органические вещества с иным запасом энергии.

■ Рост растения

Именно поэтому масса растения увеличивается за счёт углерода из воздуха и воды из почвы; накопленные соединения становятся материалом для роста и запасания.



Фотосинтез и дыхание: связь процессов в клетке



Оба процесса взаимно дополняют друг друга: один накапливает энергию, другой делает её доступной для работы клетки.

Фотосинтез и дыхание образуют замкнутый обмен веществ и энергии, поддерживая жизнь клетки на постоянной основе.

Школьный курс биологии: обмен веществ в клетке

Адаптации растений к условиям среды



Светолюбивые виды

У растений открытых мест обитания обычно лучше развита столбчатая паренхима и выше плотность хлоропластов. Это повышает использование сильного света и поддерживает высокую скорость образования органических веществ.

1

Теневыносливые формы

Растения затенённых местообитаний способны эффективнее использовать слабое освещение. Их листья часто тоньше, а фотосинтетический аппарат приспособлен к работе при меньшем количестве падающего света.

2

Экономия воды

У ксерофитов устьица нередко закрываются днём, чтобы уменьшить испарение. Однако вместе с этим снижается поступление углекислого газа, и фотосинтез идёт медленнее.

3

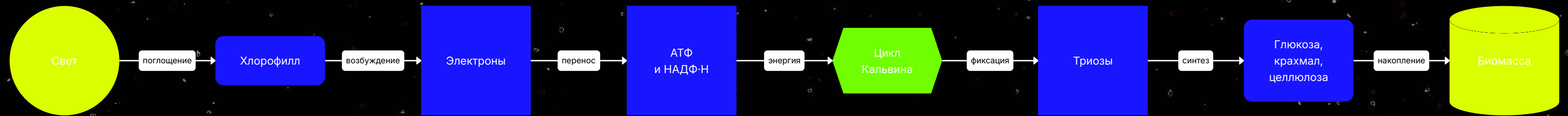
Связь строения и функции

Особенности листа напрямую определяют интенсивность фотосинтеза. Чем точнее строение органа соответствует свету, влаге и температуре среды, тем выше общая продуктивность растения.

4

От света к биомассе

Последовательность этапов фотосинтеза в хлоропласте



Экологическое значение фотосинтеза

Основа пищевых цепей

Фотосинтез создаёт первичную органическую массу, от которой зависят травоядные, хищники и редуценты. Без этого процесса большинство экосистем не имело бы устойчивого источника пищи.

Источник кислорода

Растения, водоросли и цианобактерии постоянно выделяют кислород в атмосферу и воду. Благодаря этому возможно аэробное дыхание у большинства живых организмов на Земле.

Регуляция углерода

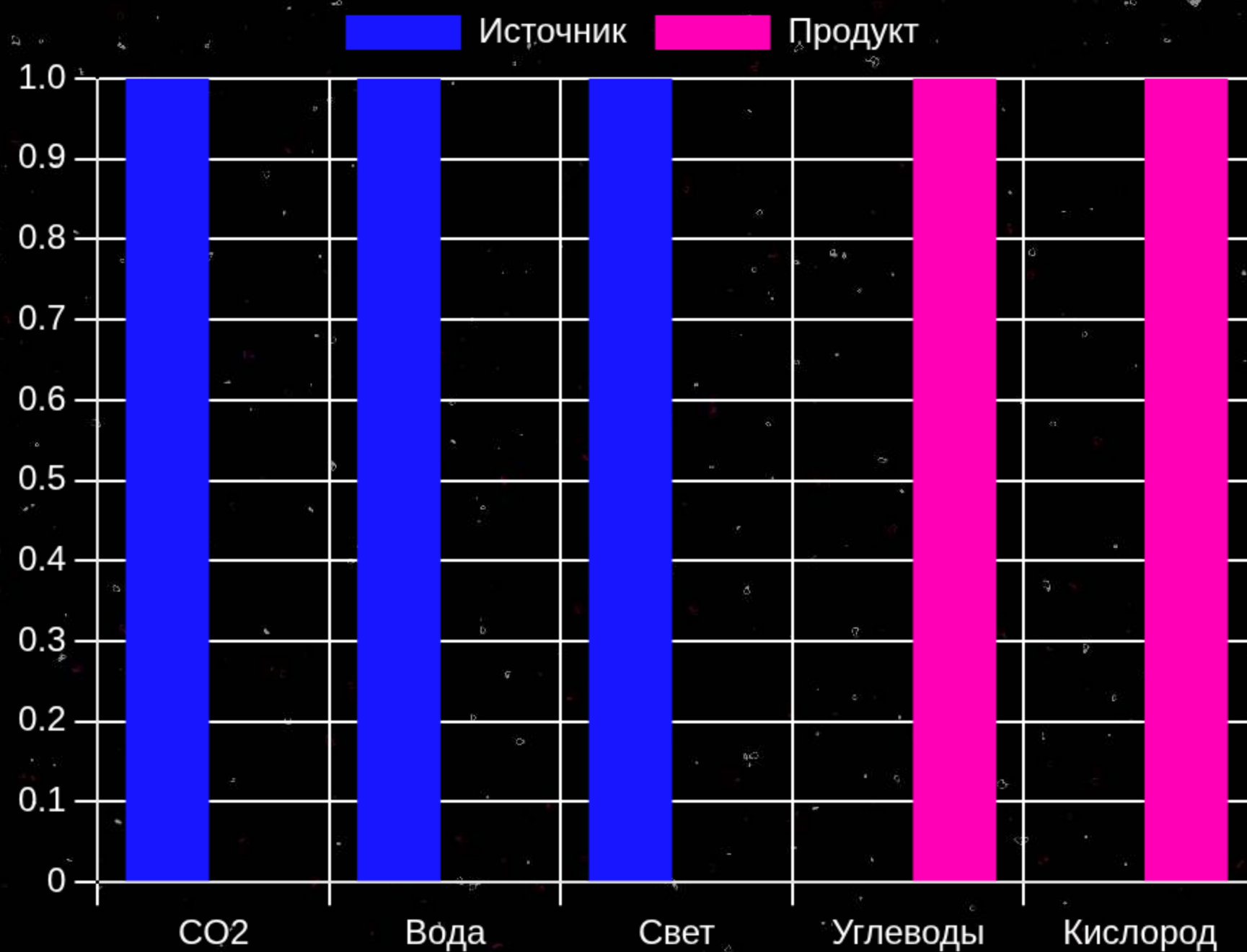
Поглощая углекислый газ, зелёные организмы участвуют в круговороте углерода и частично смягчают накопление CO₂. Это влияет на состав атмосферы и состояние климата.

Устойчивость биосферы

Леса, луга, поля и фитопланктон обеспечивают биологическую продуктивность планеты. Чем выше их сохранность, тем надёжнее поддерживаются круговороты веществ и стабильность природных систем.



Источники и продукты фотосинтеза



В световой фазе накапливаются АТФ и НАДФ·Н, а затем они расходуются на синтез органических веществ.

Фотосинтез соединяет три источника — CO₂, воду и свет — с образованием углеводов и кислорода.

Школьный курс биологии: фотосинтез

Ошибки и факты о фотосинтезе

Заблуждение	Верный факт
O ₂ из CO ₂	O ₂ из воды
Только листья	Есть и стебли
Только ночью	Без прямого света

Сравним распространённые заблуждения с научно верными фактами.

Фотосинтез нельзя свести к одной реакции: его течение зависит от строения растения и от условий среды.

Ограничители продуктивности растений



Недостаток света

При слабом освещении хлорофилл получает мало энергии, поэтому скорость реакций снижается. В таких условиях растение не может быстро накапливать органические вещества и биомассу.

1

Низкий уровень CO₂

Если концентрация углекислого газа мала, цикл Кальвина замедляется. Даже при хорошем освещении синтез углеводов ограничивается недостатком исходного вещества.

2

Экстремальные температуры

При перегреве или охлаждении нарушается работа ферментов фотосинтеза. Из-за этого снижается эффективность всех этапов, особенно тех, где требуется точная ферментативная настройка.

3

Дефицит воды

При засухе устьица закрываются, чтобы уменьшить испарение. Это защищает растение, но одновременно сокращает поступление CO₂ и тормозит образование органических веществ.

4

Загрязнение воздуха

Пыль, дым и токсичные газы ухудшают газообмен и повреждают листья. В результате снижается фотосинтетическая активность, а вместе с ней и урожайность.

5

Фотосинтез в жизни человека



Хлеб, овощи и кормовая база

Большая часть пищи человека прямо или косвенно связана с фотосинтезом. Зерно, овощи, фрукты, корм для животных — всё это результат накопления органического вещества зелёными растениями.



Сырьё для промышленности

Фотосинтез даёт не только продукты питания, но и древесину, волокна, бумагу, лекарственное сырьё. Многие материалы, которыми мы пользуемся ежедневно, возникают благодаря росту растений и образованию биомассы.



Климат и безопасность жизни

Леса и зелёные насаждения поглощают углекислый газ и помогают поддерживать состав атмосферы. От эффективности фотосинтеза зависит урожайность культур, а значит и продовольственная безопасность человека.

Фотосинтез включает две взаимосвязанные стадии: сначала энергия света запасается, затем используется для создания органических веществ и накопления биомассы.

2

главные фазы фотосинтеза связаны переносом энергии от света к синтезу углеводов.

Фотосинтез — фундамент жизни на Земле

Фотосинтез связывает солнечную энергию, неорганические вещества и биосинтез в единый процесс. Он обеспечивает рост растений, питание экосистем и обновление кислорода, без которого невозможна современная биосфера.