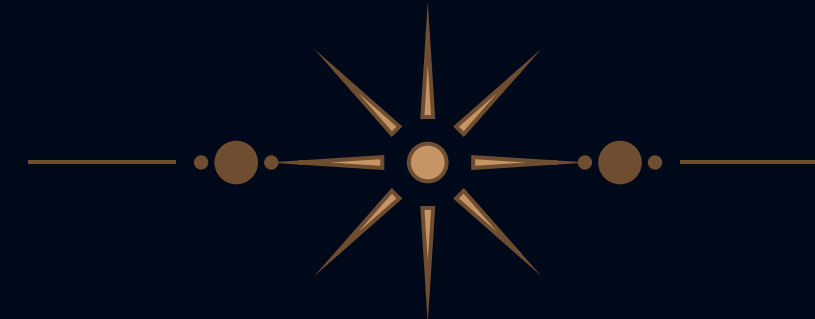


Обмен веществ и энергии в клетке: ОСНОВА ЖИЗНИ

Клетка живёт только благодаря непрерывному
обмену веществ и энергии.



Клеточный обмен как единая система



В клетке тысячи реакций постоянно связаны между собой: одни вещества расщепляются, другие синтезируются, а энергия непрерывно перераспределяется. Именно поэтому метаболизм рассматривают как целостную систему, от которой зависят рост, деление и устойчивость клетки.



Два направления обмена веществ

1. Катаболизм

Катаболизм включает распад сложных органических соединений на более простые вещества. При этом высвобождается энергия, которая частично запасается в молекулах АТФ и затем используется клеткой.

2. Анаболизм

Анаболизм объединяет процессы синтеза собственных молекул клетки из простых исходных веществ. Для таких реакций требуется энергия АТФ, поэтому они тесно связаны с процессами распада.

3. Единство процессов

Обе стороны обмена не существуют отдельно: продукты распада служат исходным материалом для синтеза, а энергия катаболизма обеспечивает построение структур, необходимых для жизни клетки.

Катаболизм и анаболизм: сравнение двух сторон метаболизма



Признак	Катаболизм	Анаболизм
Направление	Распад	Синтез
Энергия	Выделяется	Затрачивается
Исходные вещества	Сложные молекулы	Простые молекулы
Примеры	Гликолиз, дыхание	Белок, ДНК, липиды

Сопоставление помогает увидеть, что распад и синтез образуют единую систему клеточного обмена.

Катаболизм обеспечивает энергию и исходные вещества, а анаболизм строит клетку; вместе они поддерживают метаболизм как единую систему.



Школьный курс биологии

Строение АТФ и её энергетическая роль

Состав молекулы

АТФ построена из аденина, рибозы и трёх фосфатных групп. Такое строение делает молекулу удобной для быстрого накопления и передачи энергии в клетке.

Универсальный переносчик

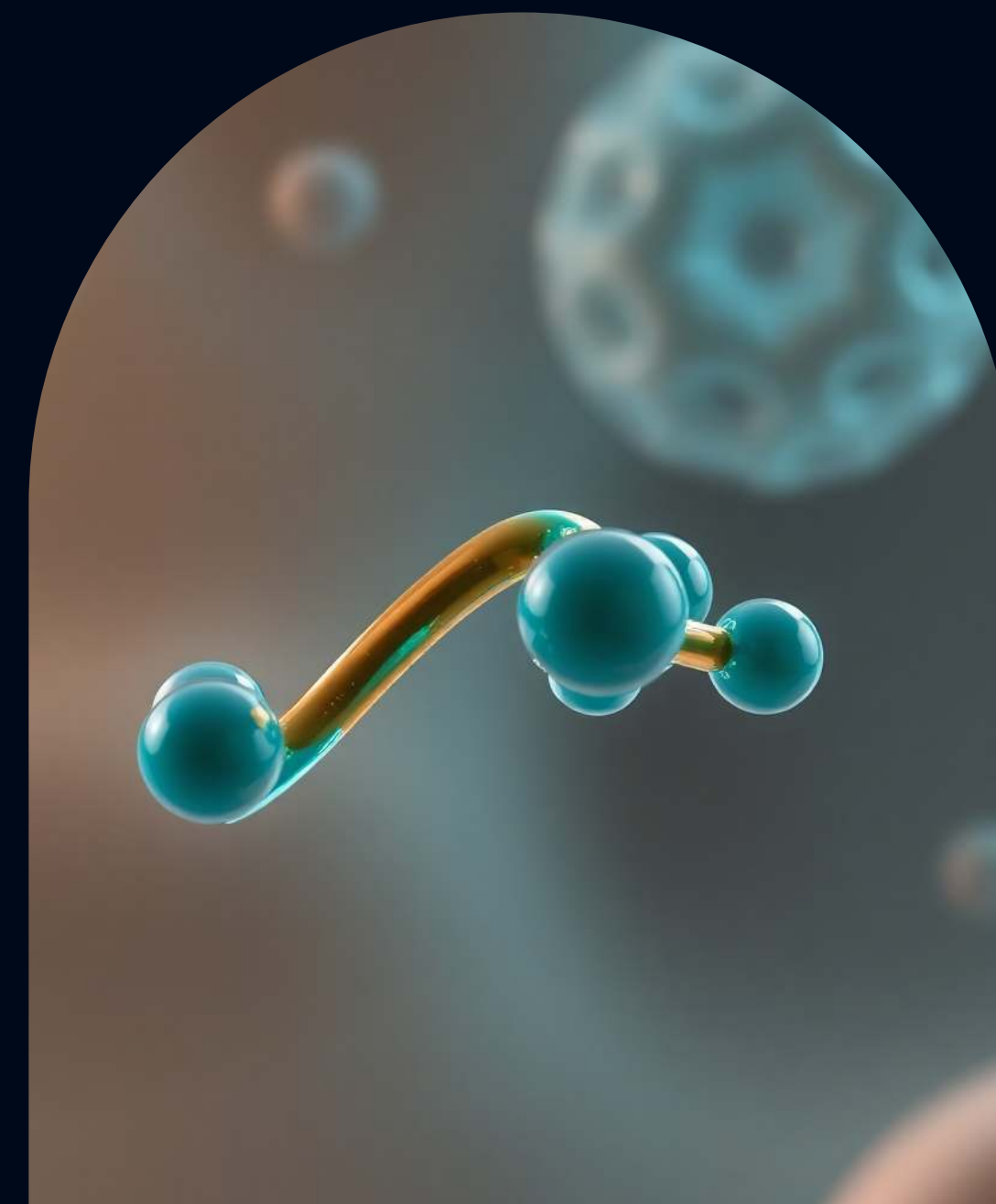
АТФ называют энергетической валютой клетки, потому что она участвует почти во всех энергозатратных процессах: от синтеза веществ до движения органоидов и деления клетки.

Отщепление фосфата

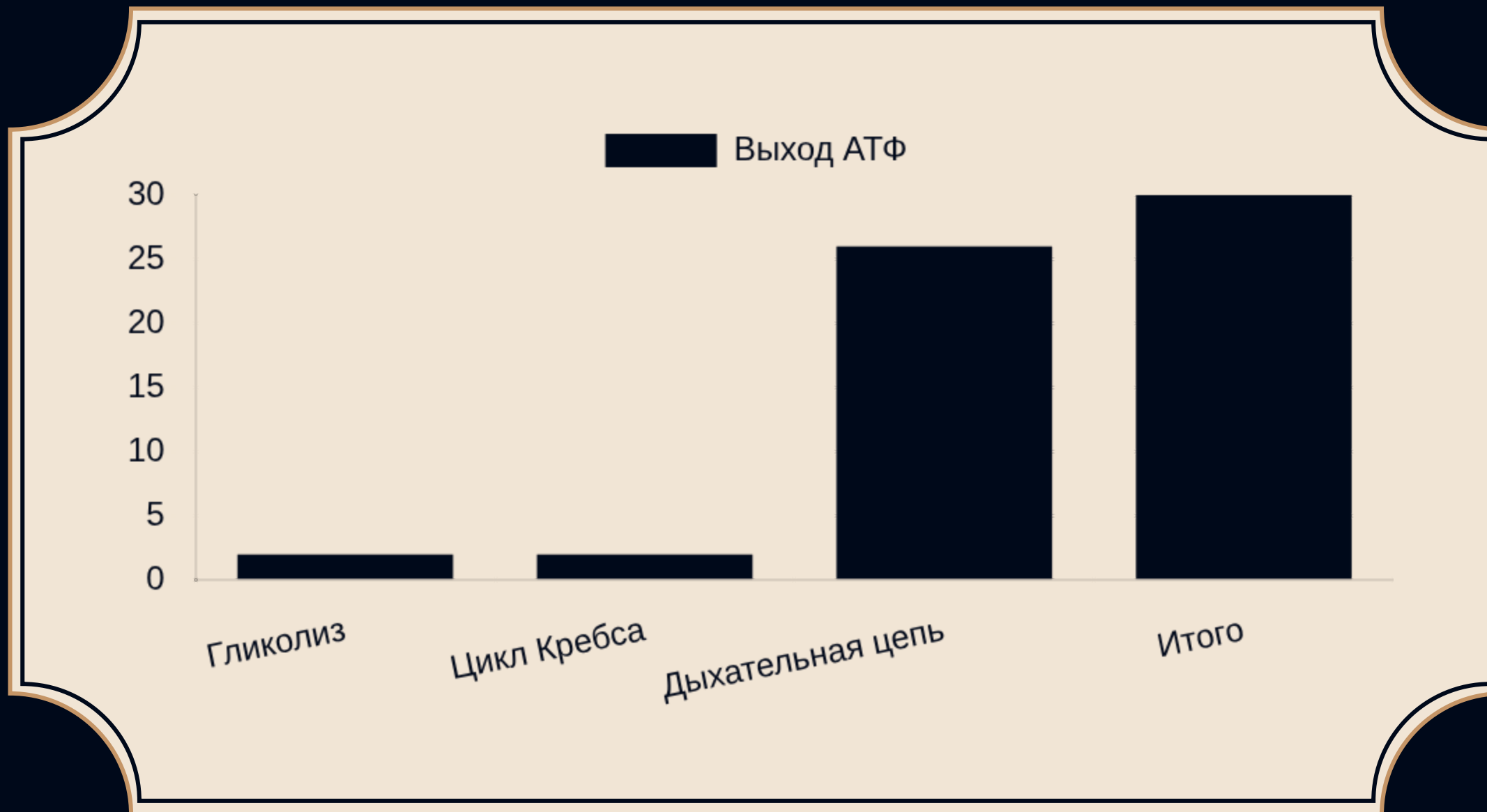
При разрыве связи с последним фосфатом АТФ превращается в АДФ, а высвобожденная энергия становится доступной для биохимических реакций и клеточной работы.

Постоянное обновление

Запасы АТФ невелики, поэтому молекула непрерывно синтезируется заново. Это обеспечивает быструю и точную подачу энергии ровно тогда, когда она требуется.



Энергетический эффект распада глюкозы



Главный вклад в синтез АТФ вносит дыхательная цепь, работающая на внутренней мембране митохондрий.

Аэробное окисление значительно эффективнее бескислородных путей, потому что почти вся энергия глюкозы извлекается поэтапно.



Школьный курс биологии; типичные значения для аэробного дыхания

Этапы аэробного клеточного дыхания



Переход в митохондрии

Пируват поступает в митохондрии и подвергается окислительному декарбоксилированию. В результате образуется ацетил-КоА, который входит в следующий этап обмена.



Дыхательная цепь

На внутренней мембране митохондрий электроны проходят через систему переносчиков. Освобождаемая энергия используется для синтеза основной части АТФ.



Гликолиз

Глюкоза расщепляется в цитоплазме без участия кислорода. На этом этапе образуется пируват и небольшое количество энергии, достаточное для начала дальнейшего окисления.



Цикл Кребса

В матриксе митохондрий ацетил-КоА последовательно окисляется. При этом выделяются углекислый газ, восстановленные переносчики электронов и небольшое количество АТФ.

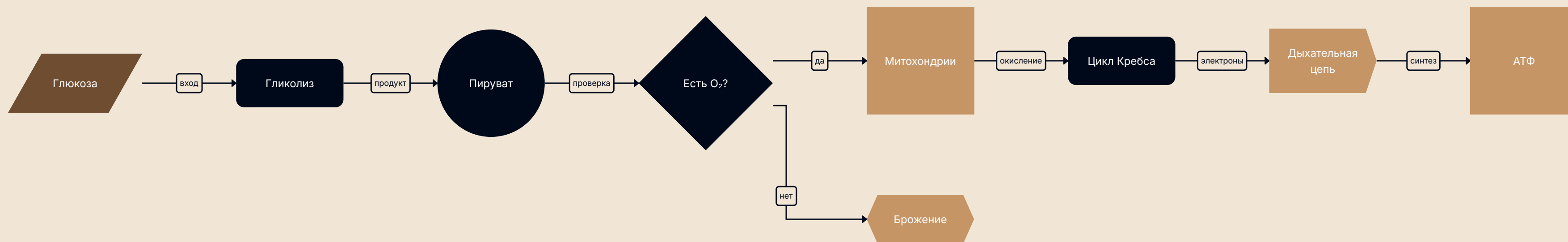


Конечные продукты

Финальным акцептором электронов служит кислород. В итоге полного окисления глюкозы образуются вода и углекислый газ, а энергия накапливается в АТФ.

Путь глюкозы в клетке

Схема основана на последовательности этапов клеточного дыхания и возможном переходе к брожению при дефиците кислорода.



Этот выход минимален, но он позволяет клетке временно сохранять жизнь при нехватке кислорода и продолжать основные процессы обмена.



2

молекулы АТФ клетка получает из одной молекулы глюкозы при брожении.

Школьный курс биологии

Сравнение аэробного дыхания и брожения

Признак	Аэробное дыхание	Брожение
Кислород	Нужен	Не нужен
Место	Митохондрии	Цитоплазма
Выход АТФ	Высокий	2
Продукты	CO ₂ , вода	Этанол / молочная к-та

Сопоставление показывает, почему аэробное дыхание даёт больше энергии, а брожение служит запасным путём.

Брожение поддерживает клетку при дефиците кислорода, но энергетически намного менее выгодно, чем аэробное дыхание.

Ферменты ускоряют обмен веществ



❖ Катализ без расхода

- 01 Ферменты уменьшают энергию активации, поэтому реакции идут быстрее даже при обычной температуре клетки. При этом сам фермент не расходуется и может многократно участвовать в новых превращениях.

❖ Избирательность действия

- 02 Каждый фермент связывает только свой субстрат в активном центре. Такая специфичность делает обмен веществ точным: амилаза действует на крахмал, пепсин — на белки, каталаза — на перекись водорода.

❖ Условия работы

- 03 Активность ферментов зависит от температуры, кислотности среды, концентрации субстрата и наличия ингибиторов. При отклонении от оптимума скорость реакции снижается, а при сильном нагревании белок может потерять форму.

❖ Ферменты в клетке

- 04 Благодаря ферментам клетка быстро получает энергию и строит собственные вещества. Без них большинство реакций шло бы слишком медленно, чтобы обеспечивать рост, восстановление и деление живых клеток.

Факторы, влияющие на активность ферментов



На графике показаны типичные изменения скорости реакции при разных условиях. Для сравнения использована относительная активность фермента в процентах от максимальной.

Наибольшая активность наблюдается при оптимальных условиях; перегрев, сдвиг pH и ингибиторы резко снижают скорость реакции.

Школьный курс биологии; обобщённая схема зависимости активности ферментов

Регуляция обмена веществ в клетке

Ферментативный контроль

Ферменты задают скорость отдельных стадий обмена и могут включаться или тормозиться в зависимости от потребностей клетки. Благодаря этому метаболические пути работают согласованно и без лишних затрат.

Гормональные сигналы

Гормоны координируют обмен веществ между тканями и органами, особенно при изменении питания, физической нагрузки или уровня глюкозы в крови. Они помогают клетке быстро перестраивать работу.

Обратная связь

Во многих путях конечный продукт уменьшает активность начальных ферментов. Такая отрицательная обратная связь не позволяет накапливать лишние вещества и поддерживает внутреннее равновесие.

Экономия ресурсов

Регуляция делает обмен точным и экономичным: клетка синтезирует только то, что действительно нужно, и расходует энергию в соответствии с текущими условиями среды и состоянием организма.

Места основных процессов в клетке



Схема показывает, что разные этапы обмена веществ приурочены к определённым клеточным структурам и выполняют разные функции.

Локализация процессов повышает эффективность обмена: каждая органелла специализируется на своём этапе и обеспечивает согласованную работу клетки.



Структура	Процесс	Значение
Цитоплазма	Гликолиз	Начало распада
Митохондрии	Цикл Кребса	Синтез АТФ
Рибосомы	Синтез белка	Построение молекул
Хлоропласты	Фотосинтез	Образование органики

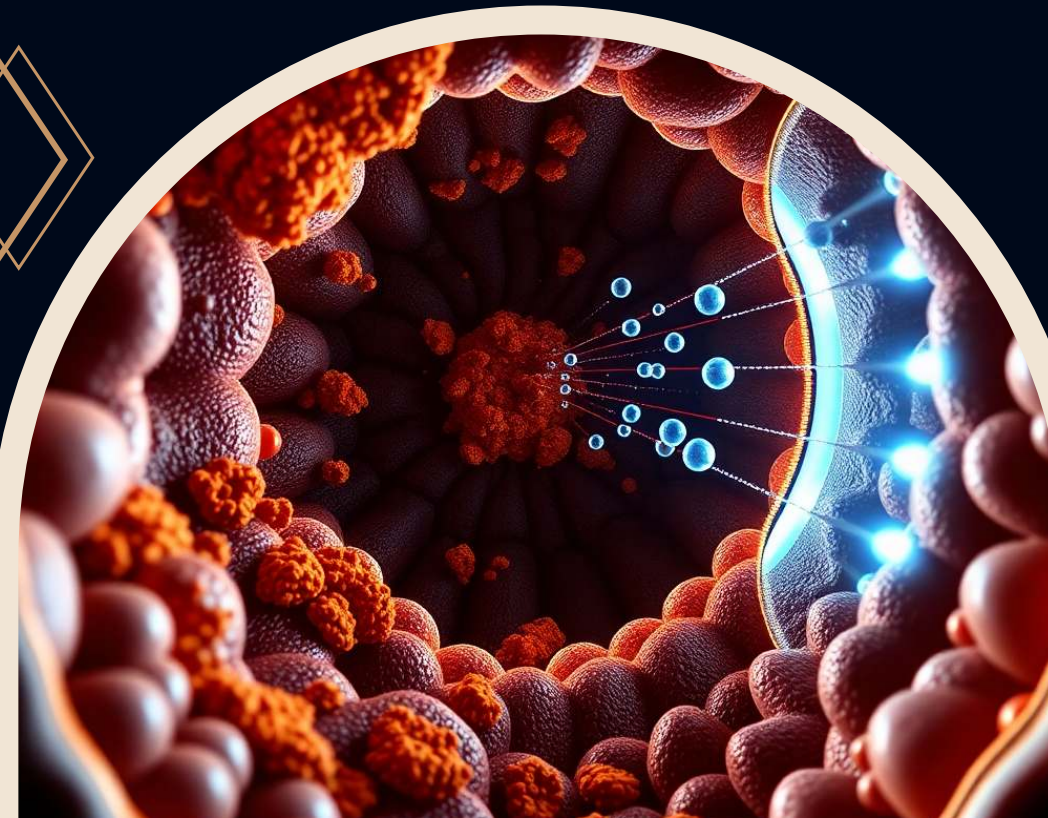
Школьный курс биологии

Фотосинтез и дыхание: два связанных пути энергии



Свет превращается в запас энергии

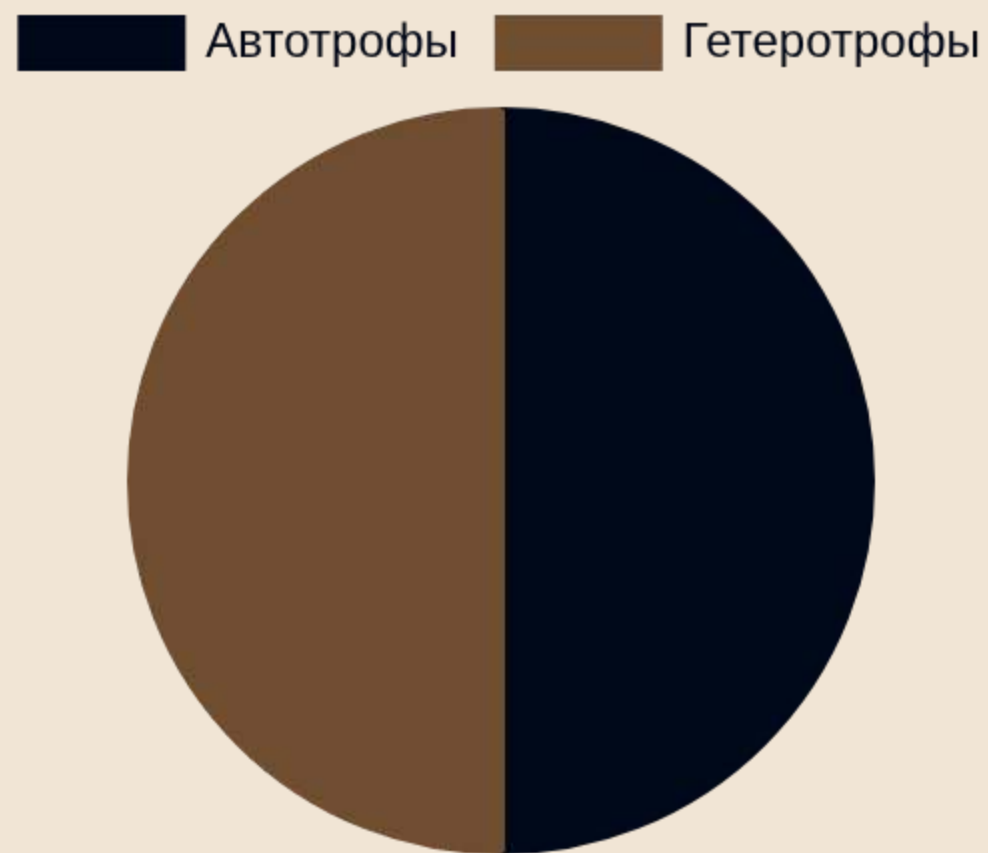
В зелёном листе солнечный свет не исчезает бесследно: он превращается в энергию химических связей органических веществ. В хлоропластах из воды и углекислого газа образуются соединения, которые клетка может хранить и использовать позже



Дыхание возвращает энергию в работу

Когда клетке нужна энергия, органические вещества окисляются в митохондриях. Освобождённая при этом энергия не рассеивается сразу, а переносится в молекулы АТФ, которые обеспечивают синтез, транспорт и движение.

Баланс веществ и энергии у автотрофов и гетеротрофов



Оба типа организмов используют АТФ как общий энергетический посредник, но исходные вещества для синтеза органики у них разные.

Различается источник органических веществ, но клеточные механизмы их использования и расхода энергии остаются общими.

Энергия клетки и жизненные процессы организма



Сокращение мышц

Мышечное движение напрямую зависит от энергии АТФ. Она нужна для взаимодействия белков, обеспечивающего сокращение, а значит — для ходьбы, дыхательных движений и работы сердца.



Нервная система

Нервные клетки особенно чувствительны к энергетическому дефициту, потому что им постоянно нужны ионы в нужных концентрациях. Поэтому мозг относится к самым энергозависимым органам.



Активный транспорт

АТФ обеспечивает работу мембранных насосов, которые переносят ионы и молекулы против градиента. Без этого клетки быстро теряют устойчивость внутренней среды и не могут поддерживать обмен.



Биосинтез

При синтезе белков, нуклеиновых кислот и липидов энергия АТФ расходуется на образование новых связей. Это основа роста, восстановления тканей и деления клеток.

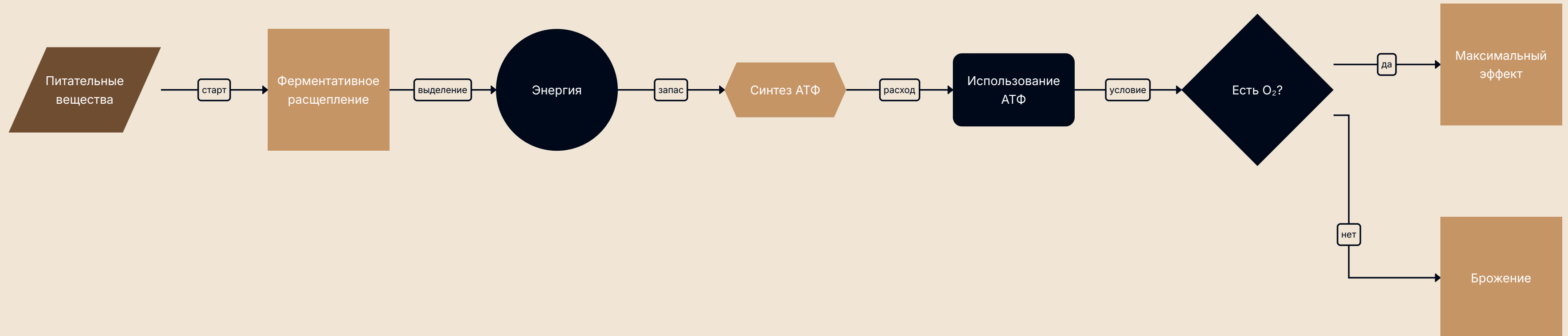


Жизненно важные органы

Сердце и работающие скелетные мышцы потребляют много энергии даже в покое или при нагрузке. Если синтез АТФ снижается, их функции нарушаются очень быстро.

Как клетка получает и расходует энергию

Схема отражает путь питательных веществ от расщепления до использования АТФ в клетке.



Нарушения обмена веществ и их последствия

Сбои ферментов

Если фермент работает неправильно, реакция замедляется или останавливается, а промежуточные вещества накапливаются. Это может нарушать рост, питание клетки и работу целых органов.

Нехватка кислорода

При дефиците кислорода снижается образование АТФ, и клетки переходят на менее эффективные пути получения энергии. Особенно чувствительны к этому нервная ткань и мышцы.

Дефицит витаминов

Многие витамины входят в состав коферментов и нужны для нормальной работы ферментов. Их недостаток нарушает обмен веществ даже тогда, когда питание в целом достаточно.

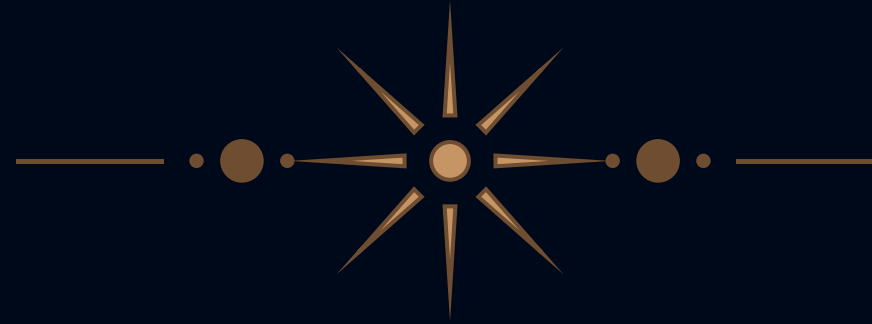
Наследственные болезни

Мутации могут изменять белки-ферменты и приводить к ферментопатиям, нарушению обмена углеводов, аминокислот и жиров. Такие состояния часто проявляются с раннего возраста.

Почему важна диагностика

Раннее выявление метаболических нарушений помогает предотвратить тяжёлые последствия, скорректировать питание и лечение, а также уменьшить риск повреждения тканей и органов.





Обмен веществ — язык жизни клетки

Метаболизм соединяет распад и синтез, превращая вещества и энергию в основу роста, движения и восстановления. Пока этот процесс согласован и регулируется, клетка остаётся живой и активной.