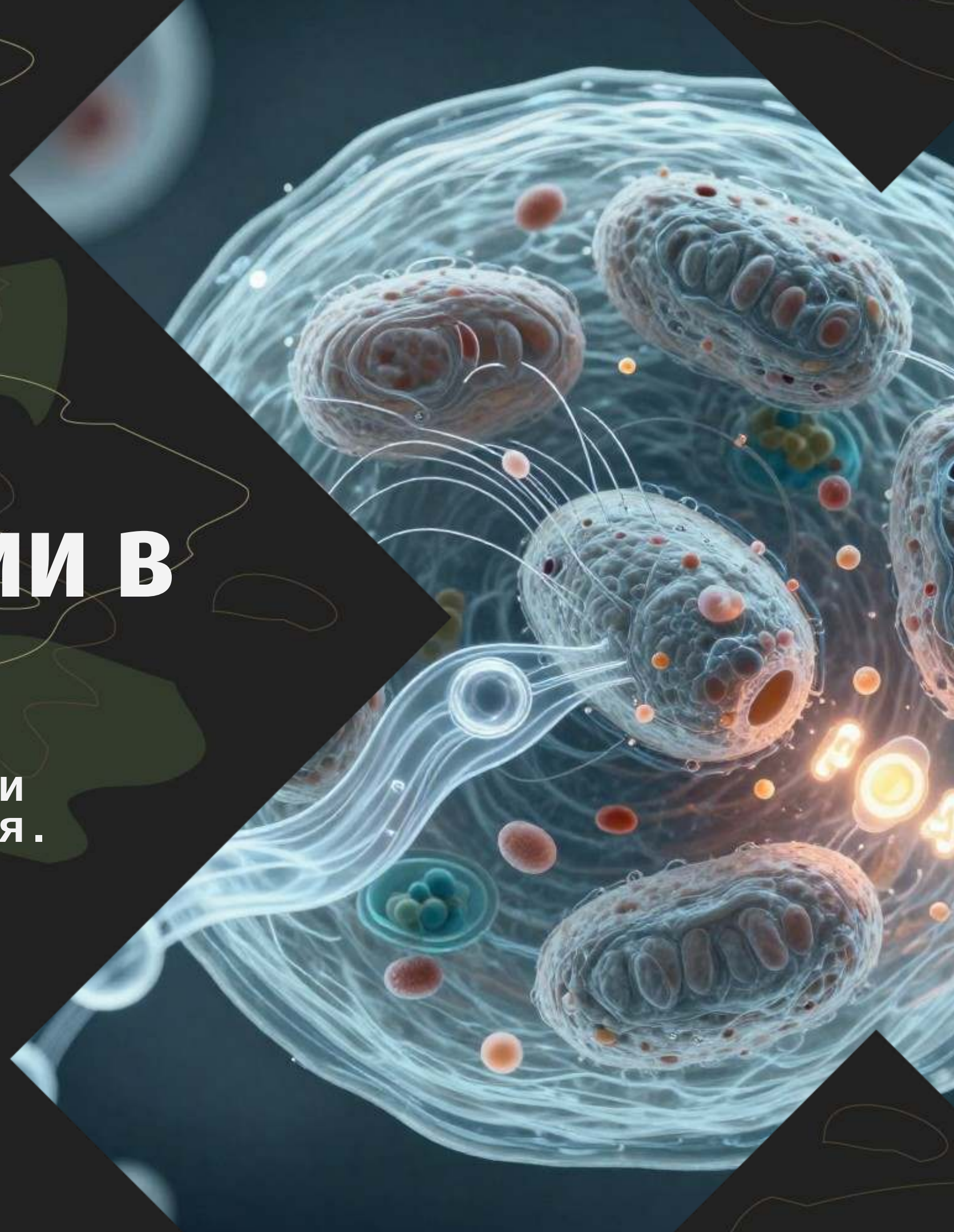


Обмен веществ и превращение энергии в клетке

Клетка непрерывно преобразует вещества и энергию, чтобы жить, расти и обновляться.



Почему обмен веществ необходим каждой клетке



Жизнь клетки поддерживается постоянным обновлением: структуры изнашиваются и восстанавливаются, а белки, липиды, углеводы и нуклеиновые кислоты постоянно синтезируются и распадаются. Без метаболизма останавливаются транспорт, деление, синтез белка и работа с наследственной информацией.



Две стороны метаболизма: анаболизм и катаболизм

01

Анаболизм собирает из простых веществ сложные: белки, нуклеиновые кислоты, крахмал. При этом энергия тратится, потому что нужно «строить» молекулы и накапливать материал для роста и восстановления.

02

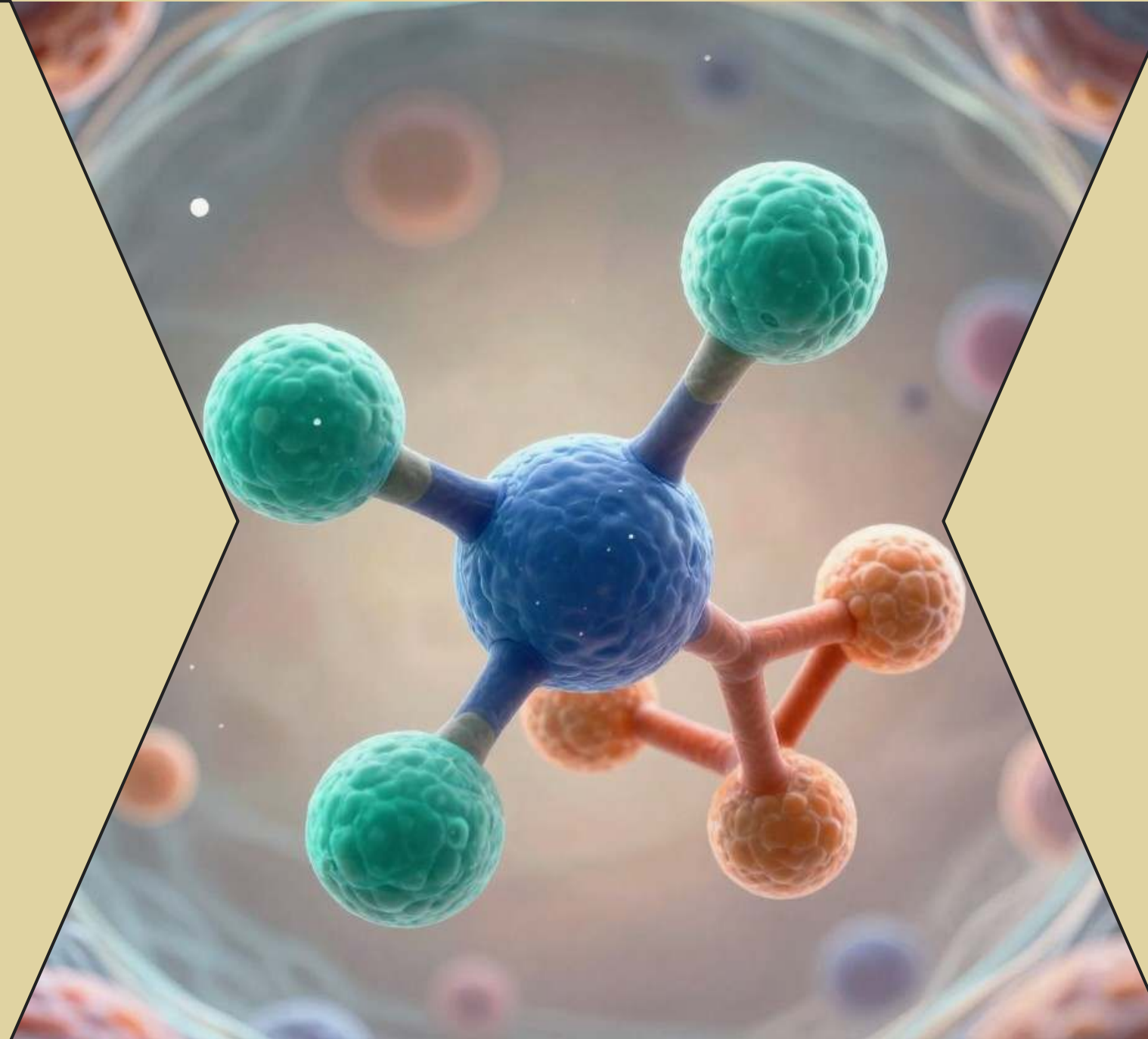
Катаболизм, наоборот, расщепляет вещества, высвобождая энергию. Глюкоза и другие органические соединения постепенно «разбираются», а полученные энергетические ресурсы затем используются клеткой для дальнейших задач.

03

Связь процессов прямая: энергия распада переносится туда, где нужен синтез. Поэтому продукты катаболизма служат сырьем для анаболизма: из энергии и промежуточных соединений образуются белки, ДНК, РНК и запасные вещества.

АТФ — универсальный переносчик энергии

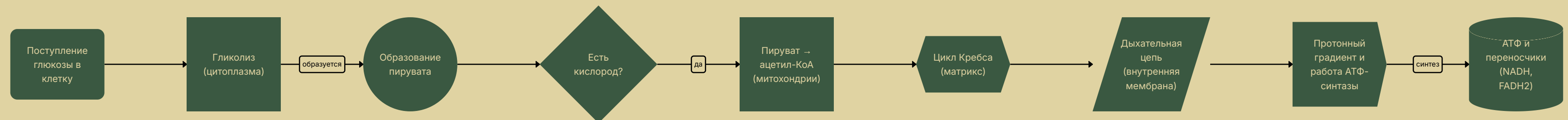
▶ АТФ состоит из аденина, рибозы и трех фосфатных групп. Когда отщепляется один фосфат, АТФ превращается в АДФ, и высвобождается энергия, нужная клетке для работы.



◀ Гидролиз одной молекулы АТФ сопровождается выделением примерно 30,6 кДж/моль энергии. Поскольку АТФ быстро синтезируется и расходуется, она работает как кратковременный «резерв», а не как постоянное хранилище.

Путь энергии от глюкозы к АТФ

✕ Последовательность этапов клеточного дыхания: гликолиз → пируват → ацетил-КоА → цикл Кребса → дыхательная цепь → АТФ-синтаза.

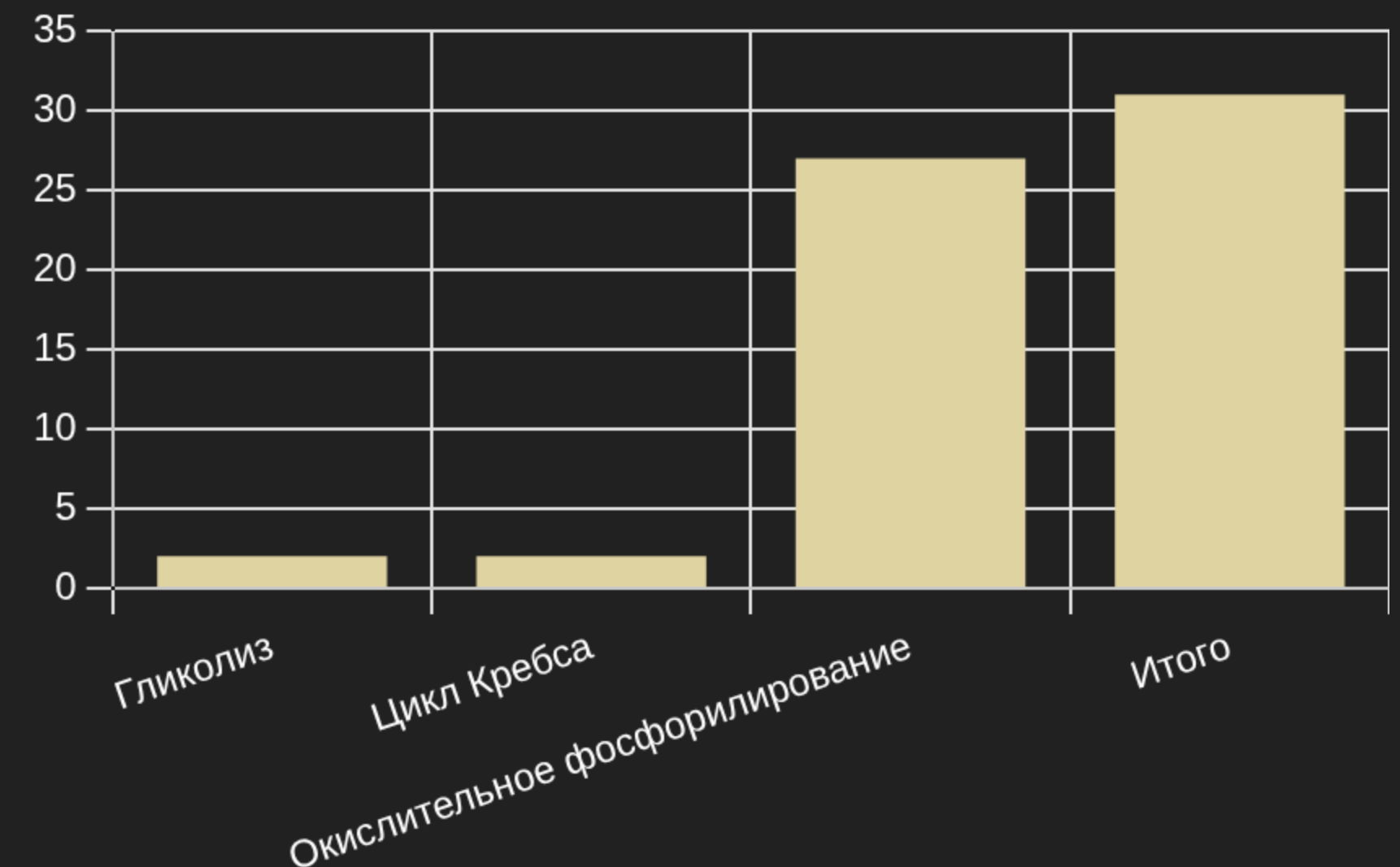


Выход энергии на этапах клеточного дыхания

Наиболее значимая доля АТФ появляется не в начале, а при работе дыхательной цепи и АТФ-синтазы на мембранах митохондрий.

Сравнение этапов показывает: успех энергетического обмена определяется эффективностью дыхательной цепи, поэтому именно она «управляет» общим выходом энергии.

■ Оценка выхода АТФ на этапах клеточного дыхания (на 1 глюкозу, эукари



Учебные данные по клеточному дыханию: суммарный выход у эукариот 30–32 АТФ; вклад окислительного фосфорилирования около 26–28 АТФ.

Этапы энергетического обмена в клетке

Ключевые этапы клеточного дыхания различаются местом протекания, набором исходных веществ и тем, где именно образуется основная энергия.

Таблица подтверждает главный тезис: мембраны митохондрий обеспечивают получение основной массы АТФ, а в начале накапливаются «заготовки» энергии в переносчиках.

Этап	Место	Исходные вещества	Основные продукты	АТФ
Гликолиз	Цитоплазма	Глюкоза	2 пирувата, NADH	2
Подготовка и пируват	Цитоплазма/ митохондрии	Пируват	ацетил-КоА	—
Цикл Кребса	Матрикс	ацетил-КоА	CO ₂ , переносчики	2
Дыхательная цепь	Внутренняя мембрана	NADH, FADH ₂	вода, протонный градиент	26–28

Обобщение по биологии клеточного дыхания: распределение этапов между цитоплазмой и митохондриями и ориентировочный выход АТФ.

**Из одной молекулы
глюкозы гликолиз дает
чистую энергетическую
прибыль 2 АТФ и 2 NADH.**

Поскольку гликолиз идет в
цитоплазме и не требует кислорода,
он возможен и при аэробных, и при
анаэробных условиях.

2 АТФ

- Учебные сведения по гликолизу: на 1 глюкозу чистая прибыль составляет 2 АТФ и 2 молекулы NADH.

Митохондрия как центр аэробного дыхания

Две мембраны и кристы

Митохондрия имеет двойную мембрану: наружную и внутреннюю. Внутренняя мембрана образует выросты — кристы, благодаря чему увеличивается площадь для работы дыхательной цепи и синтеза АТФ.

Где протекают реакции и что определяет «энергетический спрос»

В матриксе митохондрий идут реакции цикла Кребса, а на внутренней мембране сосредоточены процессы, связанные с накоплением энергии в АТФ. Больше всего митохондрий у мышечных клеток, нейронов и клеток печени — там потребность в энергии особенно высока.



Когда клетка переходит на анаэробный путь

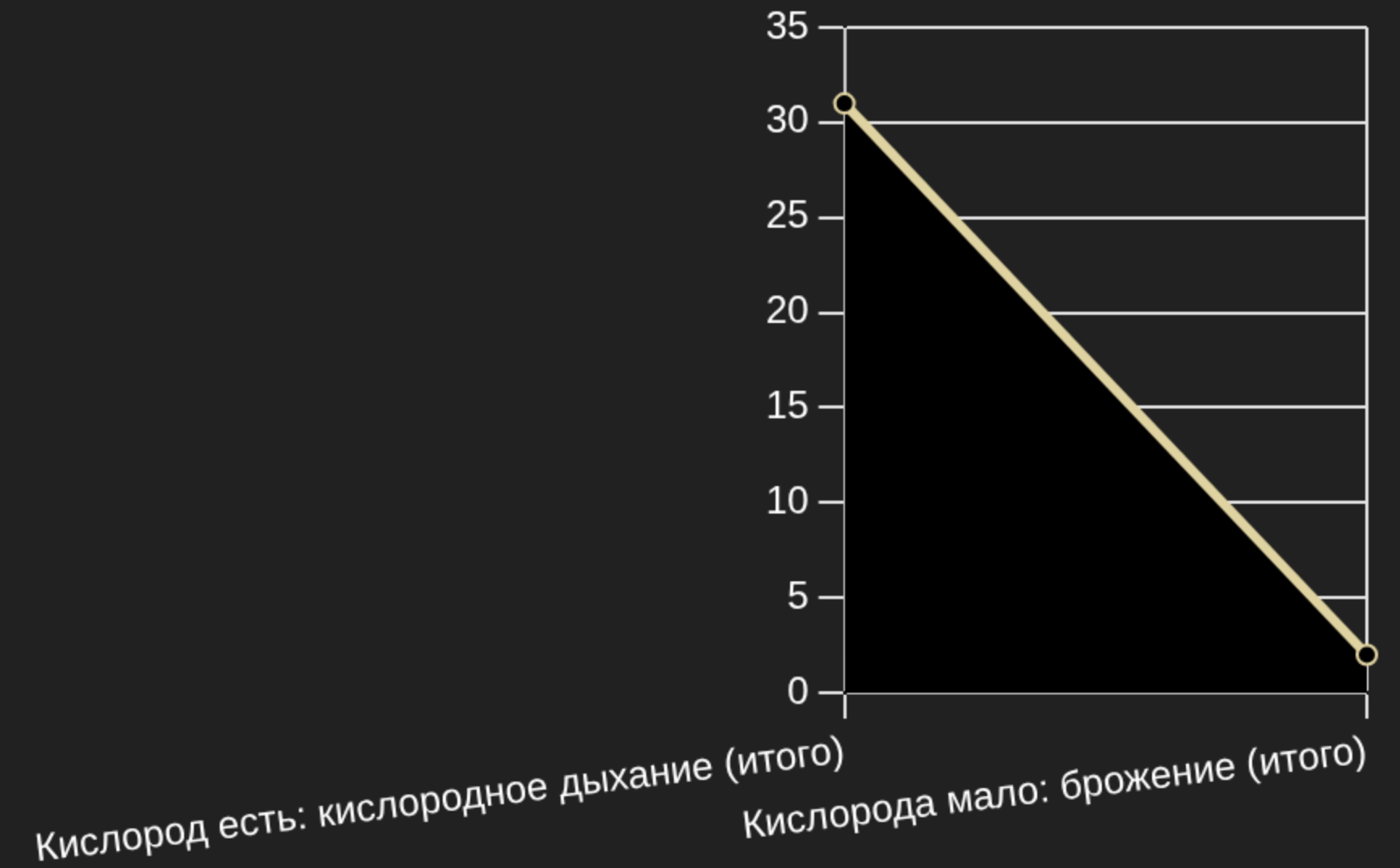


При дефиците кислорода пируват не может эффективно продолжать путь в митохондриях, и клетка переключается на брожение.



Разница в итоговом выходе АТФ объясняет, почему анаэробные условия быстро приводят к утомляемости.

Сопоставление энергетического результата при наличии и дефиците кислорода (указано)



Сопоставление: суммарный выход у эукариот при кислородном дыхании 30–32 АТФ, при брожении – 2 АТФ с 1 глюкозы.

Брожение как запасной способ получения энергии



Энергии меньше, но путь работает

Брожение даёт значительно меньше энергии, чем кислородное дыхание: всего 2 АТФ на одну молекулу глюкозы. Зато реакция продолжается, когда кислорода не хватает для полноценного этапа дыхательной цепи.



Молочнокислое брожение

Молочнокислое брожение характерно для некоторых бактерий и для клеток мышц и тканей при кислородном дефиците. Оно помогает сохранять обмен веществ, хотя энергетическая отдача остаётся ограниченной.

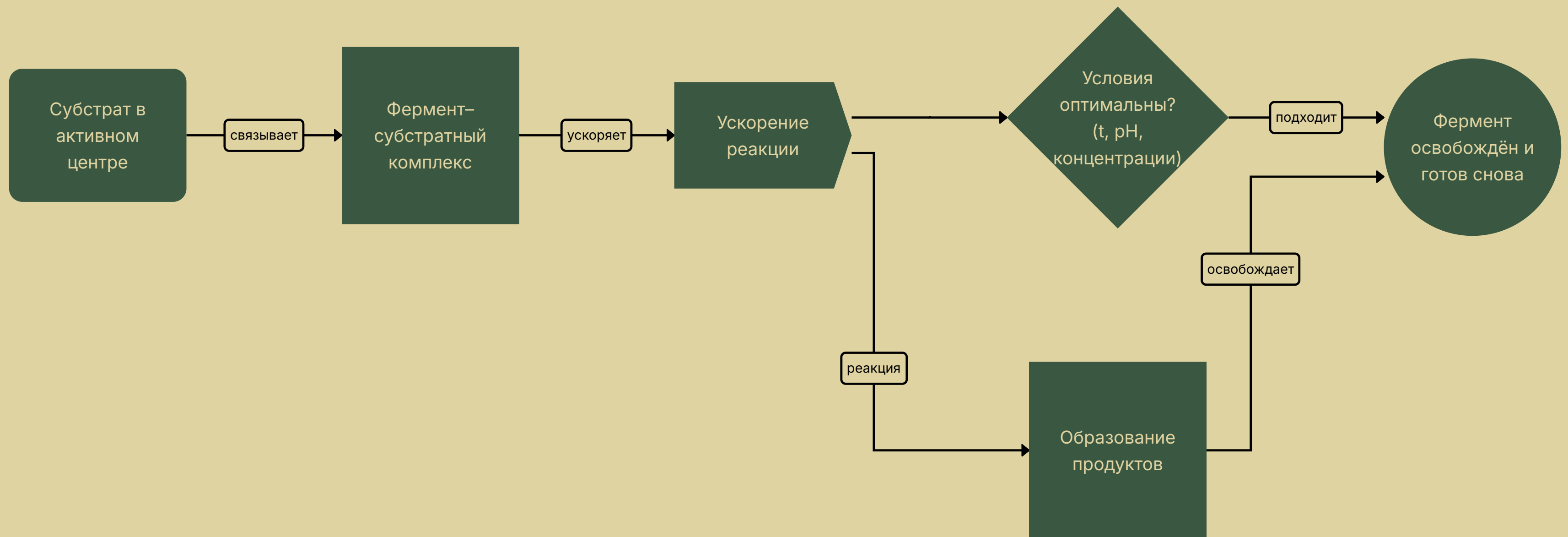


Спиртовое брожение

Спиртовое брожение характерно для дрожжей и ряда растительных клеток. При этом образуются этанол и углекислый газ, а клетка получает возможность продолжать жизнедеятельность в неблагоприятных условиях без кислорода.

Роль ферментов в реакциях обмена веществ

✗ Схема показывает, как ферменты ускоряют обмен, обеспечивая высокую специфичность и зависящую от условий активность.



Как клетка использует энергию АТФ



Активный транспорт веществ

АТФ расходуется на активный транспорт ионов через мембраны: клетка «накачивает» нужные вещества в нужном направлении против градиентов. Так поддерживаются условия для работы ферментов и нормальной работы клеточных структур.



Синтез белков и нуклеиновых кислот

АТФ необходим для сборки белков и синтеза нуклеиновых кислот, то есть для создания новых молекул. Без энергии клетка не сможет обновлять компоненты и производить нужные РНК и ДНК.



Движение ресничек и жгутиков

Энергия АТФ используется для работы ресничек и жгутиков, обеспечивая движение клеток или перемещение жидкости на поверхности тканей. Поэтому двигательная активность напрямую зависит от доступности и своевременной выработки АТФ.



Сокращение и деление

АТФ тратится при сокращении мышечных волокон и при делении клеток. Когда синтез АТФ недостаточен, падает эффективность работы «строительных» и сократительных процессов, и клетка теряет способность поддерживать жизнедеятельность.

На что клетка тратит больше всего энергии

Состав затрат меняется по типу клетки и по ситуации: у активно работающих тканей увеличиваются доли, связанные с транспортом и синтезом, а у «спокойных» — снижаются.

Диаграмма подчёркивает приоритет мембранных насосов и биосинтеза. Это объясняет, почему при нарушении работы мембран или дефиците питания клетке становится трудно поддерживать устойчивую работу.

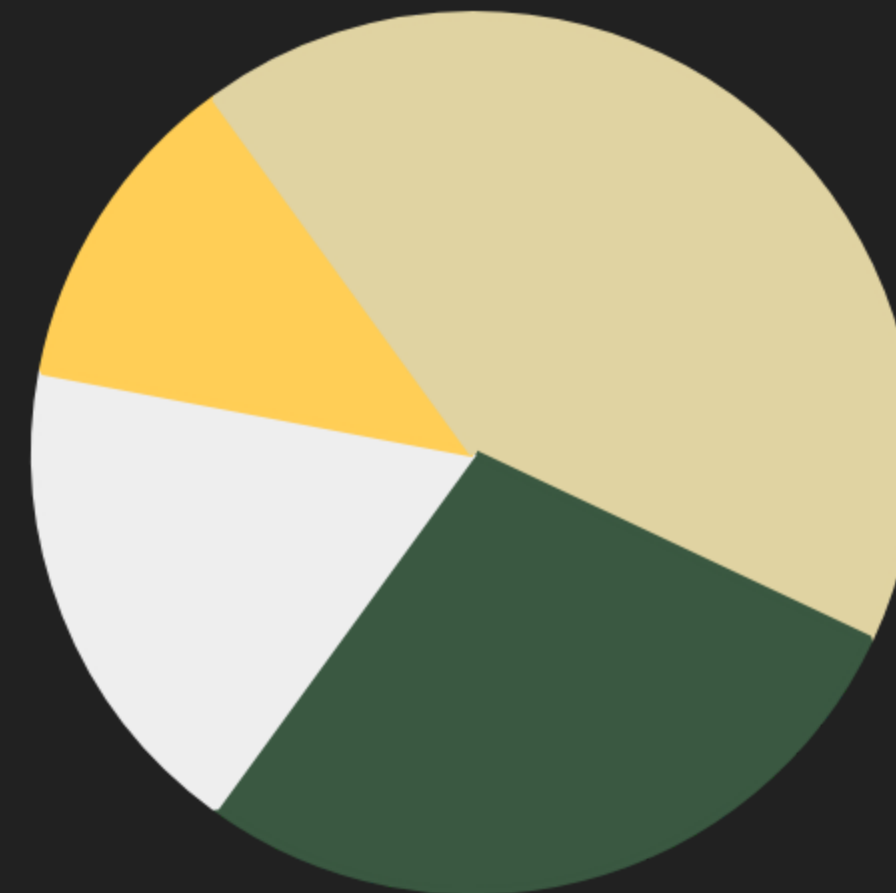
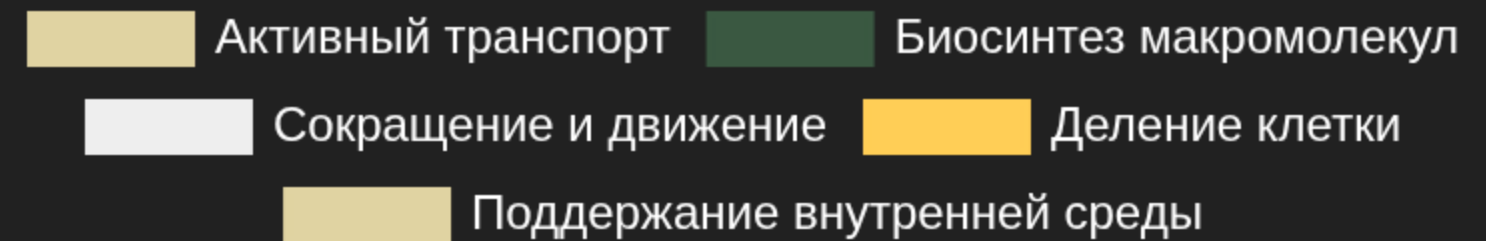
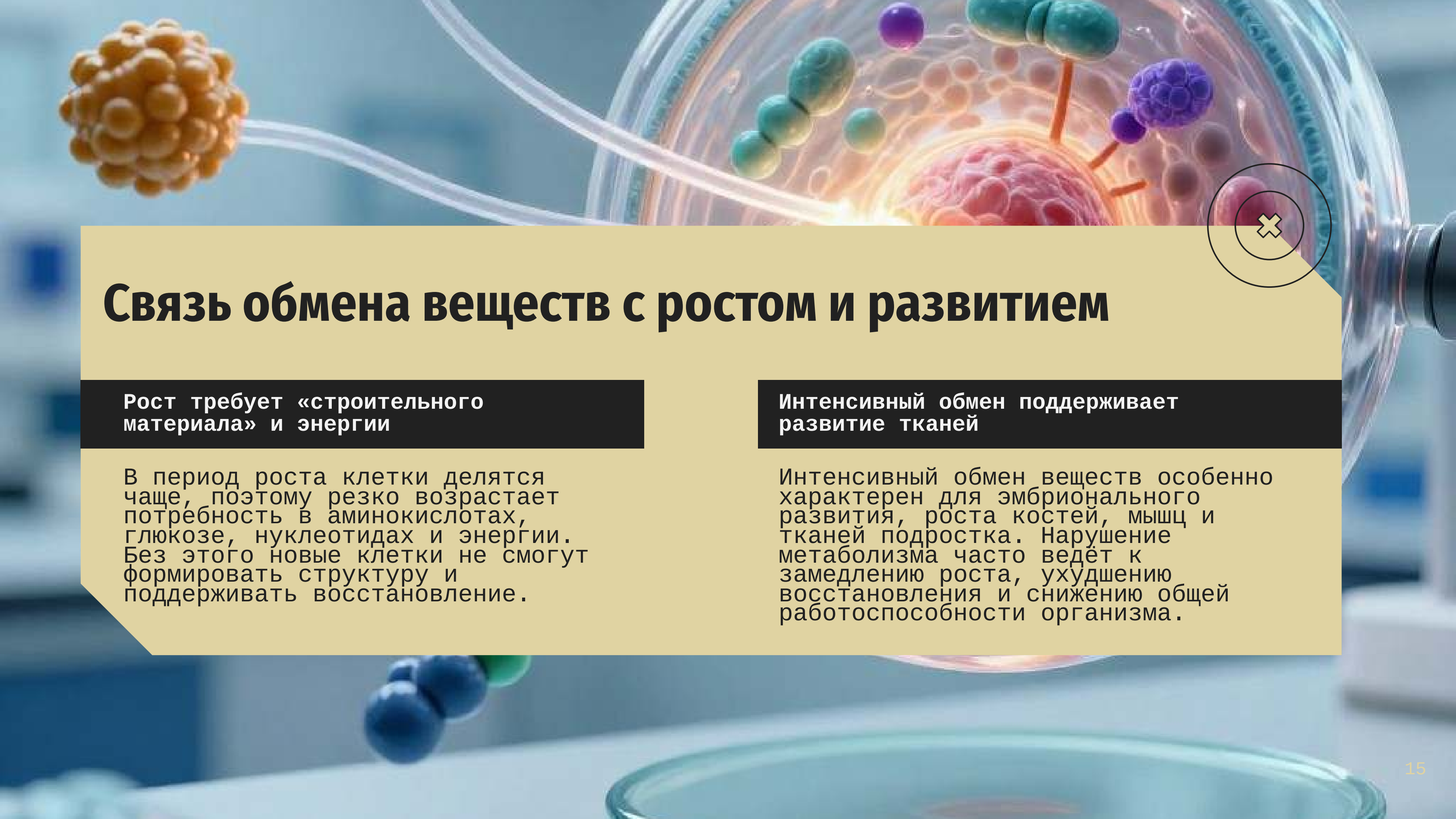


Схема (условные доли), качественная оценка по материалам учебного курса, 2026



Связь обмена веществ с ростом и развитием

Рост требует «строительного материала» и энергии

В период роста клетки делятся чаще, поэтому резко возрастает потребность в аминокислотах, глюкозе, нуклеотидах и энергии. Без этого новые клетки не смогут формировать структуру и поддерживать восстановление.

Интенсивный обмен поддерживает развитие тканей

Интенсивный обмен веществ особенно характерен для эмбрионального развития, роста костей, мышц и тканей подростка. Нарушение метаболизма часто ведёт к замедлению роста, ухудшению восстановления и снижению общей работоспособности организма.

Сравнение анаболизма и катаболизма

- ✕ Таблица сопоставляет направление процессов, энергетические эффекты, примеры и итог для клетки — рост и обновление либо получение АТФ и промежуточных веществ.
- ✕ Главная разница — в энергетическом балансе: анаболизм строит молекулы, расходуя энергию, а катаболизм поставляет клетке энергию и сырьё для дальнейших реакций.

Сводное сравнение по школьному курсу биологии (без численных данных).

Признак	Анаболизм	Катаболизм
Направление	Синтез	Распад
Энергия	Затрата	Выделение
Примеры	Синтез белков, ДНК, крахмала	Гликолиз, цикл Кребса, брожение
Результат	Рост, обновление, запасы	Получение АТФ и промежуточных веществ

Регуляция обмена веществ в клетке

01

Скорость обменных реакций зависит от концентрации веществ, активности ферментов и сигналов гормонов. Изменение одного «параметра» может перестроить общий ход обмена и подстроить клетку под текущие потребности.

02

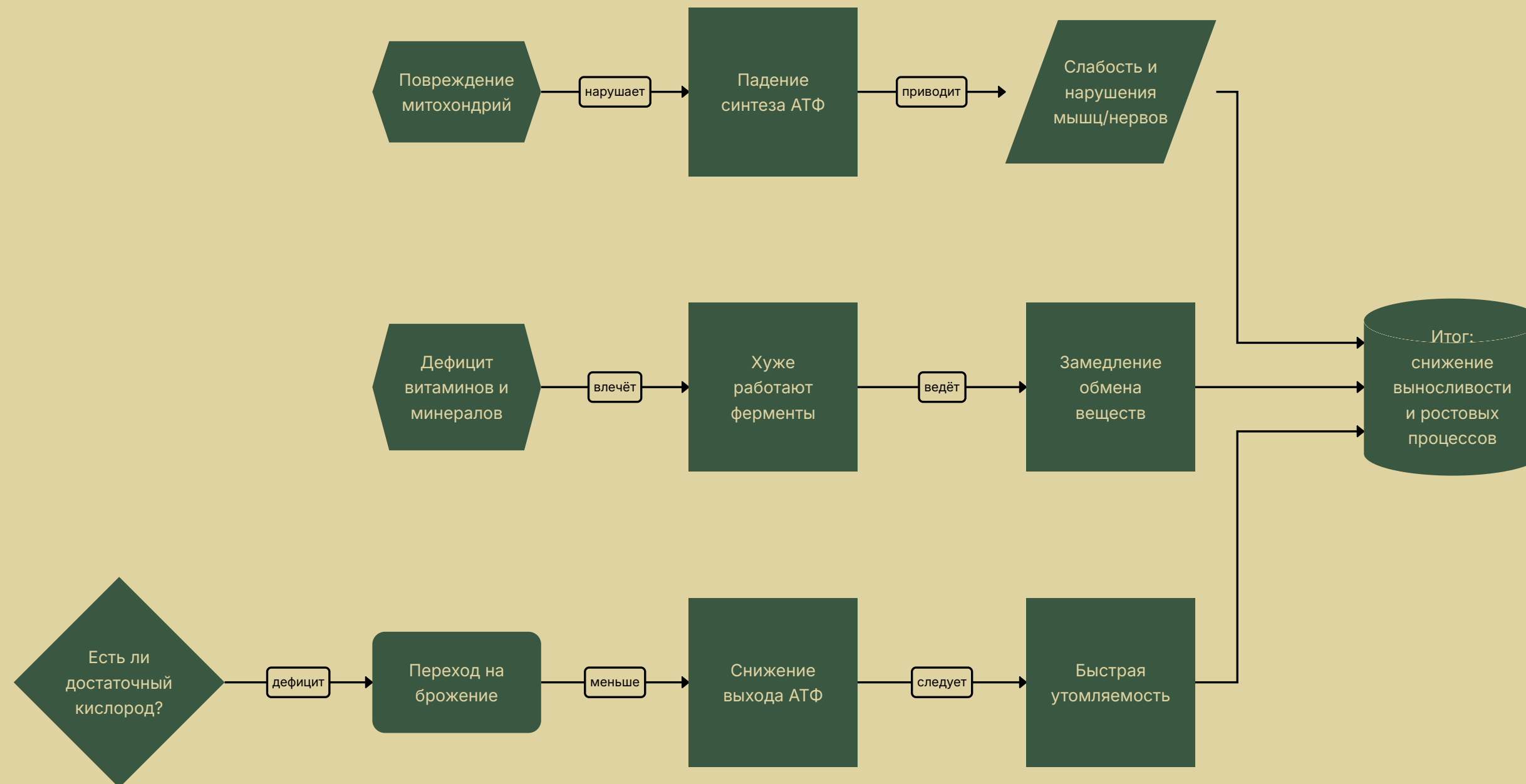
Инсулин усиливает поступление глюкозы в клетки и способствует синтезу гликогена. Тем самым он поддерживает запасы и помогает стабилизировать энергетическое состояние после приёма пищи.

03

Адреналин стимулирует распад гликогена и повышает доступность глюкозы для получения энергии. Такая настройка особенно важна при стрессе и физической нагрузке, когда организму нужна быстрая «подпитка».

Нарушения энергетического обмена и их последствия

✗ Цепочка причинно-следственных связей показывает, как сбои на разных этапах отражаются на состоянии клетки и организма.



Практическое значение знаний об обмене веществ

01

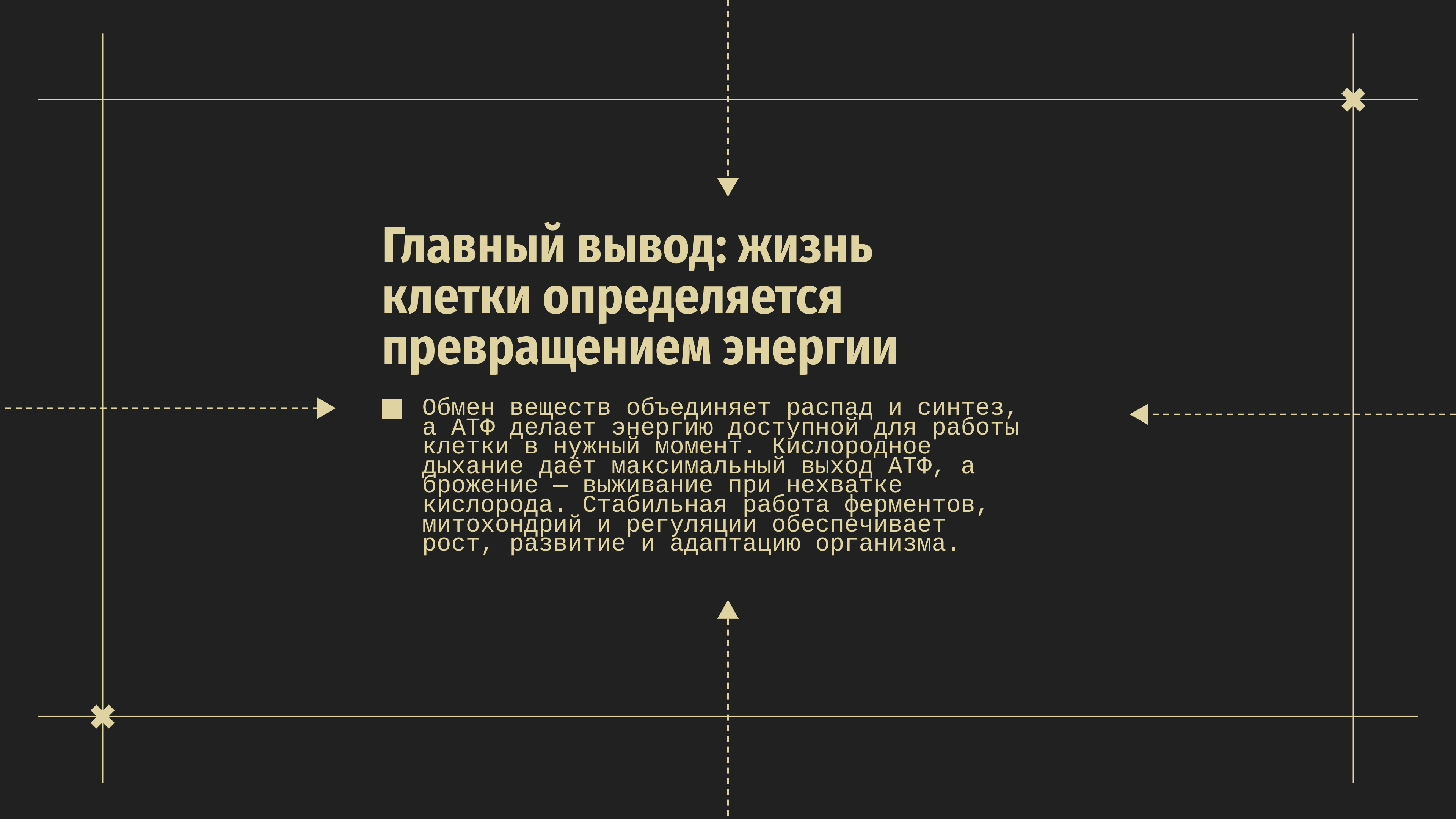
Понимание клеточного обмена помогает объяснить, почему мышцам нужен кислород при длительной нагрузке, как питание влияет на работоспособность и почему усталость часто связана с дефицитом энергии в клетках.

02

Эти знания применяются в медицине, спорте, физиологии питания и биотехнологии. Они позволяют обоснованно обсуждать, как меняются процессы в клетке при дефиците кислорода или недостатке питательных веществ.

03

Также они помогают анализировать роль температуры, доступности кислорода и глюкозы, а ещё — активность ферментов. Так легче понимать, почему одни условия ускоряют обмен, а другие его тормозят.



Главный вывод: жизнь клетки определяется превращением энергии

- Обмен веществ объединяет распад и синтез, а АТФ делает энергию доступной для работы клетки в нужный момент. Кислородное дыхание даёт максимальный выход АТФ, а брожение — выживание при нехватке кислорода. Стабильная работа ферментов, митохондрий и регуляции обеспечивает рост, развитие и адаптацию организма.