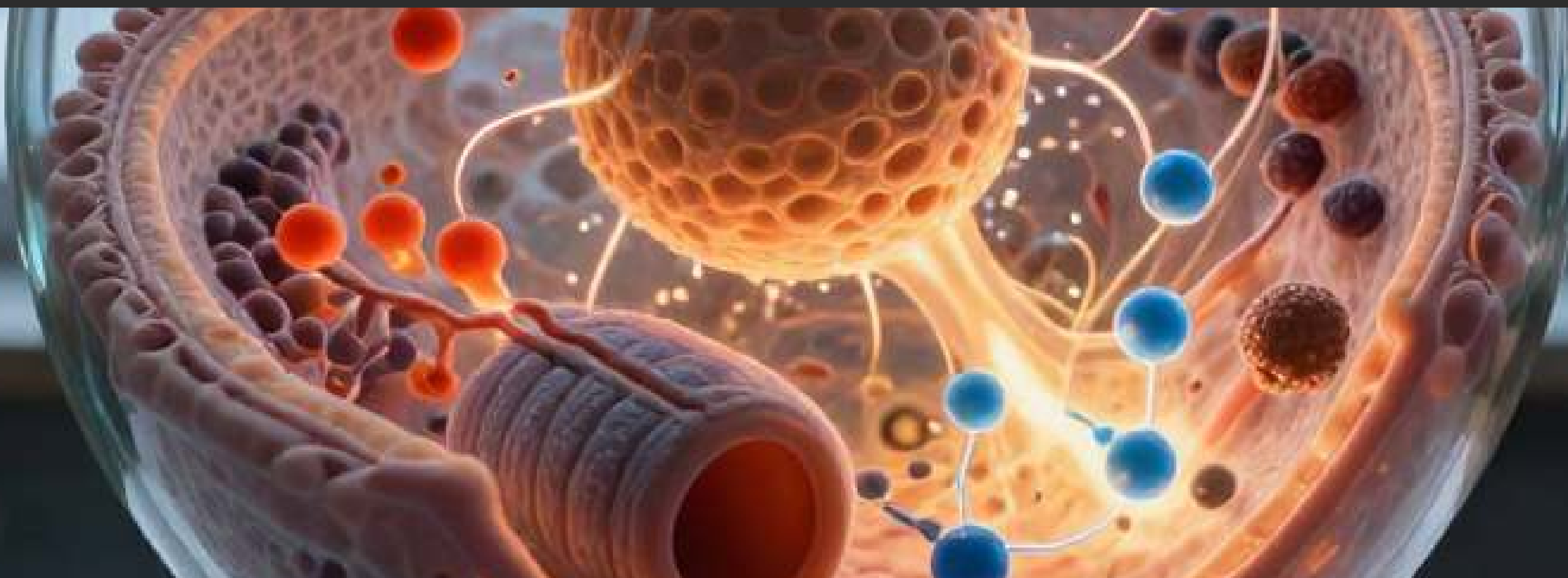


Обмен веществ и превращение энергии в клетке

Как клетка получает, превращает и расходует энергию



Зачем клетке нужен обмен веществ

Живая клетка постоянно строит новые структуры, обновляет старые и делится, поэтому ей непрерывно нужны вещества и энергия. У растений источник энергии — свет, у животных, грибов и большинства бактерий — органические вещества пищи.



Два направления метаболизма: катаболизм и анаболизм

1. Расщепление веществ

Катаболизм включает распад сложных органических соединений до более простых. При этом энергия высвобождается постепенно и частично запасается в молекулах АТФ, а конечными продуктами часто становятся вода, углекислый газ и другие простые вещества.

2. Синтез молекул

Анаболизм, напротив, связан с построением сложных веществ из простых исходных соединений. Для синтеза белков, липидов, углеводов и нуклеиновых кислот клетка расходует энергию, накопленную в АТФ.

3. Единство процессов

Оба направления нельзя рассматривать отдельно: продукты распада служат исходным материалом для синтеза, а энергия катаболизма обеспечивает анаболические реакции. Так метаболизм образует взаимосвязанную систему.

4. Роль промежуточных веществ

Промежуточные соединения обмена объединяют разные пути метаболизма и позволяют клетке гибко переключаться между получением энергии и построением собственных структур в зависимости от потребностей.

5. Биологический смысл

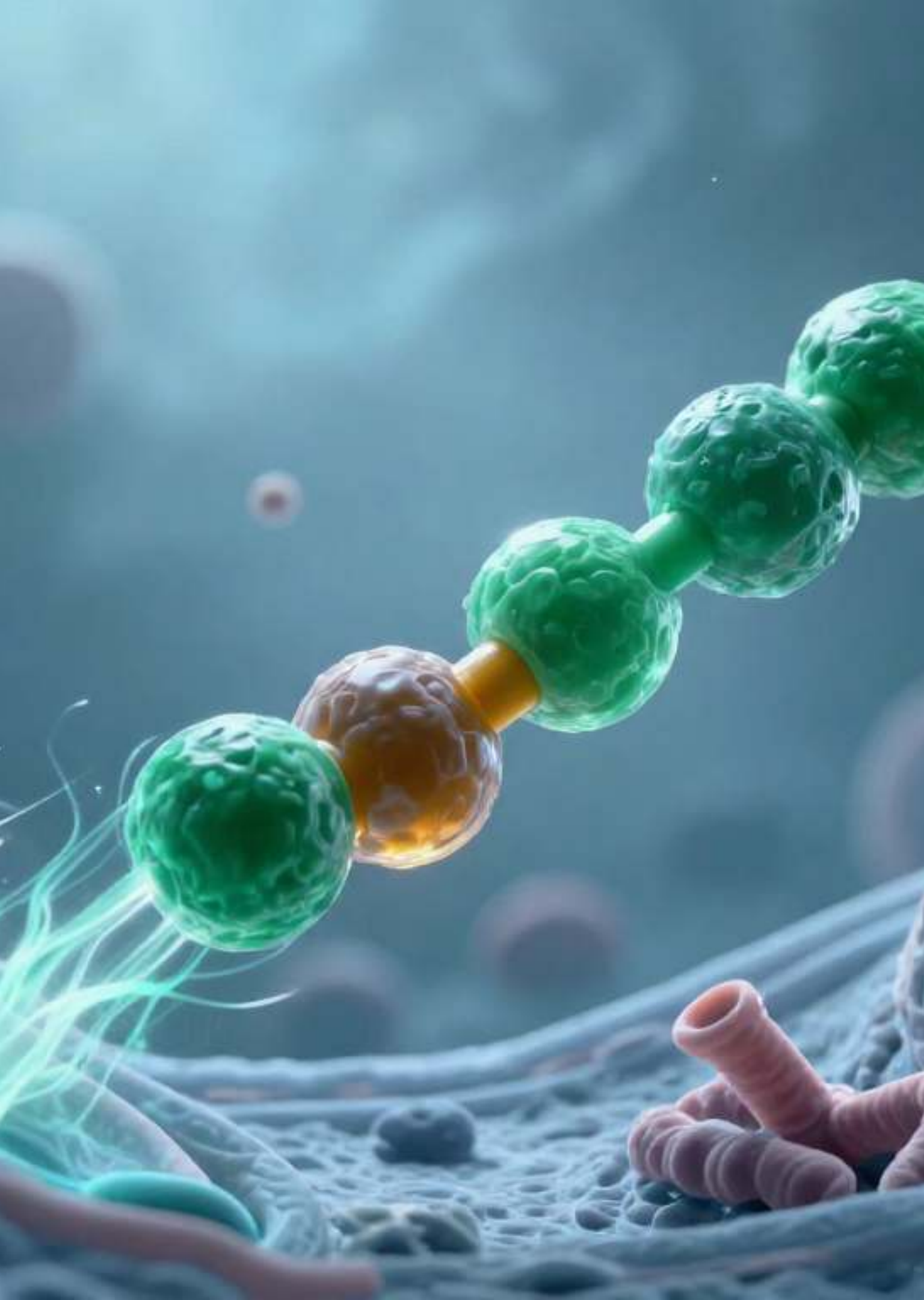
Согласованная работа катаболизма и анаболизма обеспечивает рост, восстановление, запасание веществ и поддержание жизнедеятельности клетки при изменяющихся условиях среды.

Сравнение катаболизма и анаболизма

Краткое сопоставление двух сторон метаболизма и их роли в клетке

Катаболизм обеспечивает клетку энергией, а анаболизм — материалом для построения и восстановления структур.

Признак	Катаболизм	Анаболизм
Направление	Распад	Синтез
Энергия	Выделяется	Затрачивается
Результат	Простые вещества	Сложные молекулы
Пример	Дыхание	Синтез белка
Значение	Получение энергии	Рост и обновление



АТФ как универсальный носитель энергии

Строение молекулы

АТФ содержит три остатка фосфорной кислоты и входит в число главных переносчиков энергии в клетке. Благодаря такой структуре молекула легко отдаёт и снова накапливает энергию.

Отдача энергии

При отщеплении конечного фосфатного остатка АТФ превращается в АДФ и неорганический фосфат. Освободившаяся энергия сразу используется на сокращение, транспорт веществ и синтез соединений.

Быстрый цикл

АТФ постоянно расходуется и быстро ресинтезируется, поэтому её количество в клетке невелико, но оборот очень высок. Это делает молекулу удобным и гибким энергетическим посредником.

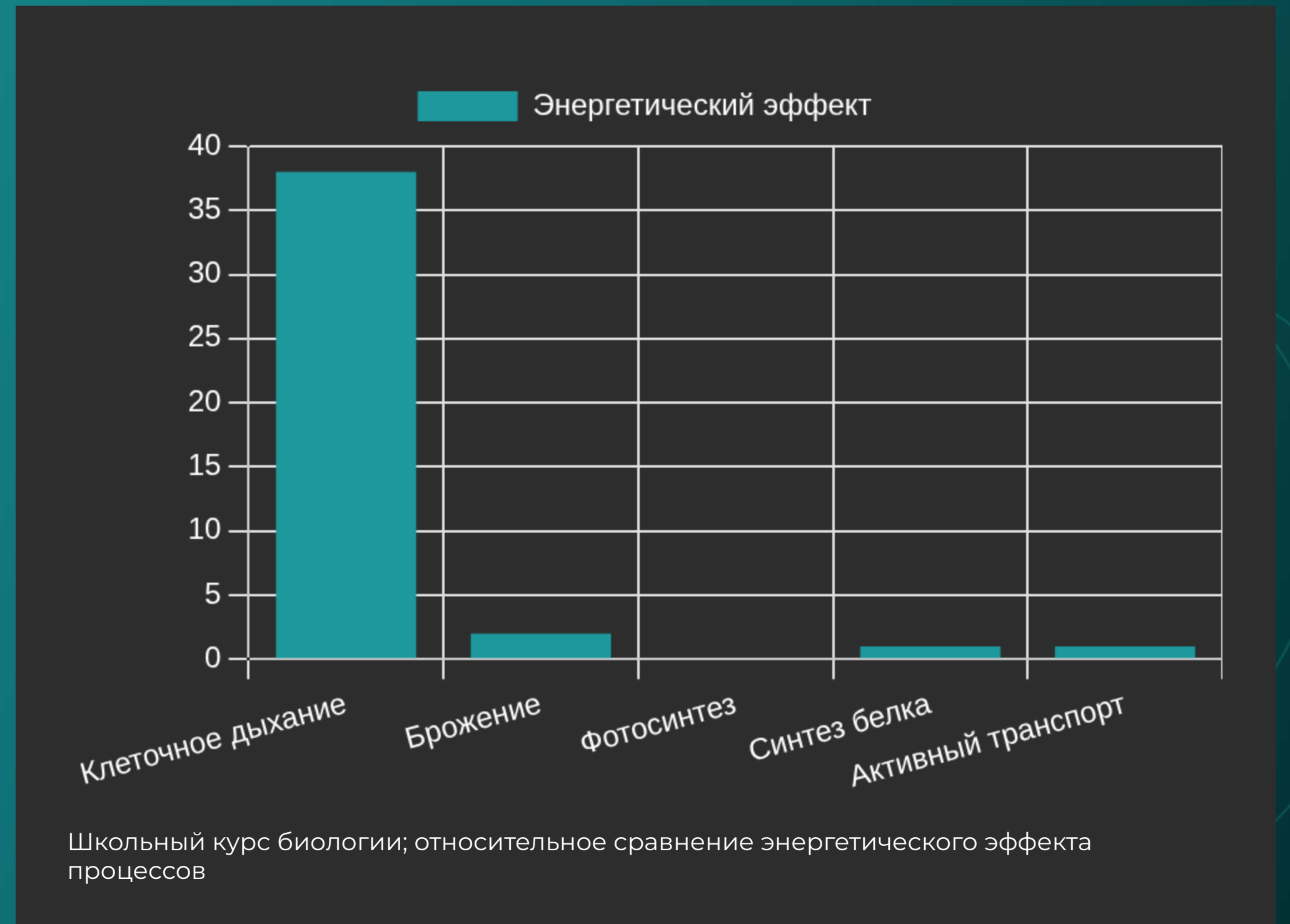
Энергетическая валюта

АТФ называют энергетической валютой клетки, потому что она связывает процессы получения энергии с её целевым использованием в конкретных реакциях обмена веществ.

Сравнение энергетической отдачи основных процессов

Диаграмма показывает, что разные процессы либо дают клетке энергию, либо требуют её немедленного расходования на работу.

Полное окисление глюкозы наиболее эффективно, брожение даёт минимум АТФ, а биосинтез и транспорт зависят от её постоянного расхода.



Клеточное дыхание как основной путь получения энергии

1.

Суть процесса

Клеточное дыхание — это постепенное окисление органических веществ, при котором энергия высвобождается не сразу, а поэтапно и запасается в молекулах АТФ для дальнейшего использования клеткой.

2.

Гликолиз

Первый этап происходит в цитоплазме: молекула глюкозы расщепляется до пирувата. На этом уровне уже образуется часть АТФ, а также соединения, которые будут использованы дальше.

3.

Этапы в митохондрии

У эукариот последующие стадии связаны с митохондриями: в матриксе идёт цикл Кребса, а на внутренней мембране — дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование.

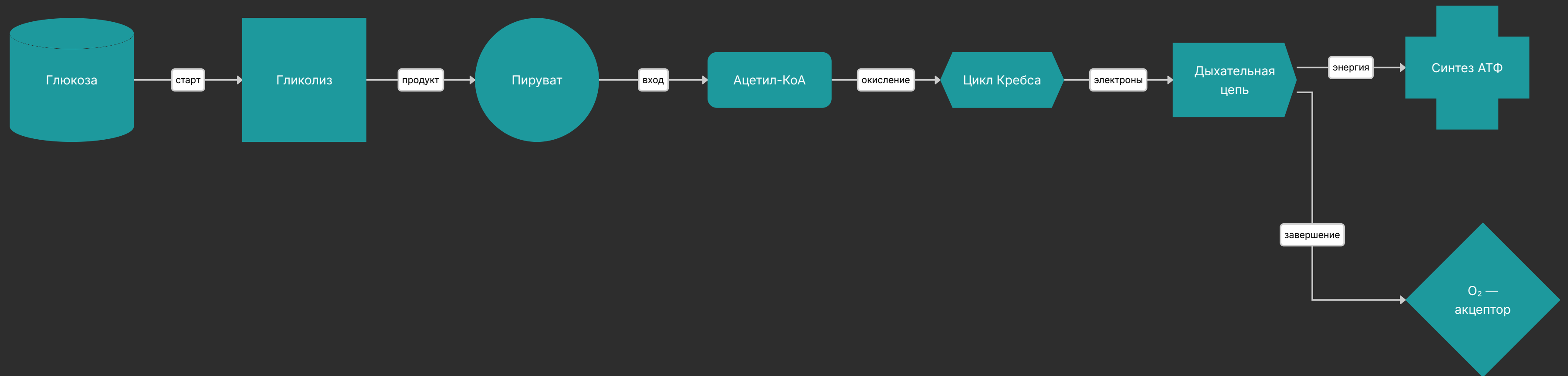
4.

Итог дыхания

При аэробном дыхании конечными продуктами становятся углекислый газ и вода, а клетка получает большое количество АТФ, необходимое для активной жизнедеятельности.

Путь глюкозы при аэробном дыхании

Последовательность этапов превращения глюкозы в клетке



2

**молекулы АТФ
образуются из одной
молекулы глюкозы
при брожении.**

При дефиците кислорода брожение позволяет клетке временно получать энергию, но его эффективность очень низка и не может заменить аэробное дыхание.

Ферменты как биологические катализаторы

Ускорение реакций

Ферменты многократно повышают скорость химических реакций в клетке, не расходуясь в процессе. Благодаря им даже сложные превращения идут при обычных условиях живой системы.

Белковая природа

Большинство ферментов — это белки с особым активным центром. Именно здесь связывается субстрат, после чего реакция идёт быстрее и более направленно.

Избирательность действия

Каждый фермент действует только на определённое вещество или на близкие по строению молекулы. Такая специфичность делает обмен веществ точным и упорядоченным.

Значение для клетки

Без ферментов большинство реакций протекало бы слишком медленно и не обеспечивало бы жизнедеятельность. Поэтому ферменты являются ключевым условием метаболизма.



Свойства ферментов и условия их работы

Свойство	Проявление	Пример
Специфичность	Один субстрат	Амилаза — крахмал
Температурный оптимум	Максимум при 37 °С	Ферменты человека
рН-оптимум	Работа в нужной среде	Пепсин — кислая
Денатурация	Потеря активности	Перегрев
Зависимость от субстрата	Скорость растёт до предела	Насыщение активных центров

Школьный курс биологии, 10 класс; учебник биологии

Сводная таблица показывает, какие свойства ферментов определяют их активность и почему для каждого фермента важны свои условия среды.

Активность ферментов определяется не только их строением, но и условиями среды; отклонение от оптимума быстро снижает эффективность реакции.

Механизм действия ферментов



1. Узнавание субстрата

Субстрат подходит к активному центру фермента, который имеет с ним комплементарную форму и химические свойства.

2. Образование комплекса

Между ферментом и субстратом возникает временный фермент-субстратный комплекс, в котором реакция идёт особенно быстро.

3. Превращение в продукт

Фермент снижает энергию активации, поэтому исходное вещество легче превращается в продукт реакции.

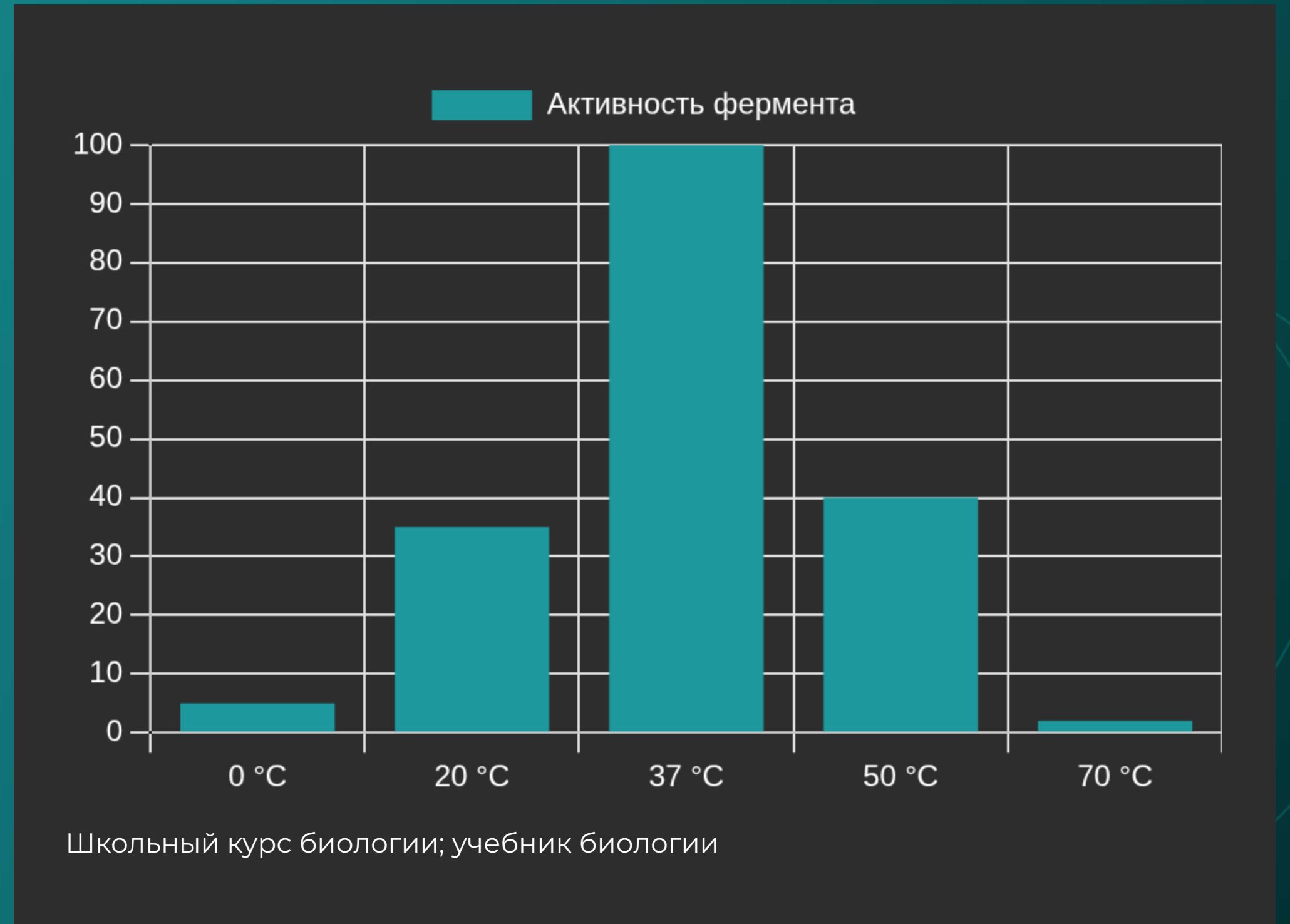
4. Освобождение фермента

Продукт отделяется, а фермент сохраняет структуру и может многократно участвовать в новых реакциях.

Влияние температуры на активность ферментов

На графике показан общий характер температурной зависимости: при умеренном нагревании скорость растёт, но перегрев разрушает пространственную структуру белка.

Оптимум лежит в узком диапазоне; отклонение в любую сторону снижает каталитическую активность, а высокие температуры вызывают денатурацию.



Факторы, регулирующие скорость ферментативных реакций

Температура

При повышении температуры реакции ускоряются лишь до определённого предела. Дальнейший нагрев нарушает структуру фермента и резко уменьшает его активность, особенно у белков человека.

рН среды

Каждый фермент действует в своём диапазоне кислотности. Изменение рН меняет заряд активного центра и может сделать связывание субстрата менее эффективным или невозможным.

Концентрация субстрата

Чем больше молекул субстрата, тем чаще они встречаются с ферментом. Однако после насыщения всех активных центров скорость перестаёт возрастать.

Ингибиторы и активаторы

Одни вещества подавляют ферментативную реакцию, другие усиливают её. Так клетка может быстро включать или ограничивать нужный путь обмена в зависимости от условий.

Обратная связь

Конечный продукт пути часто тормозит ранний этап синтеза. Это предотвращает избыточное накопление веществ и позволяет экономно расходовать ресурсы клетки.

Кофакторы, коферменты и витамины

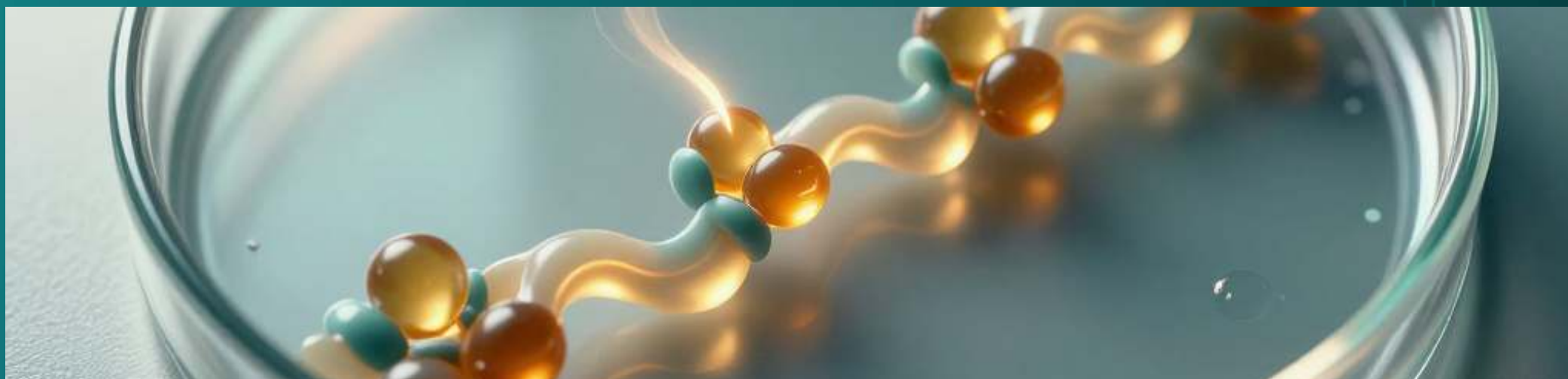
Металлический помощник фермента

Некоторые ферменты не работают без ионов металлов. Mg^{2+} , Zn^{2+} или Fe^{2+}/Fe^{3+} помогают поддерживать правильную форму активного центра и участвуют в самой реакции. Без такого помощника фермент остаётся неполноценным и теряет эффективность.



Органическая часть реакции

Коферменты часто представляют собой небольшие органические молекулы, которые временно присоединяются к ферменту и переносят электроны, водород или химические группы. Они делают реакцию возможной там, где одного белка недостаточно.



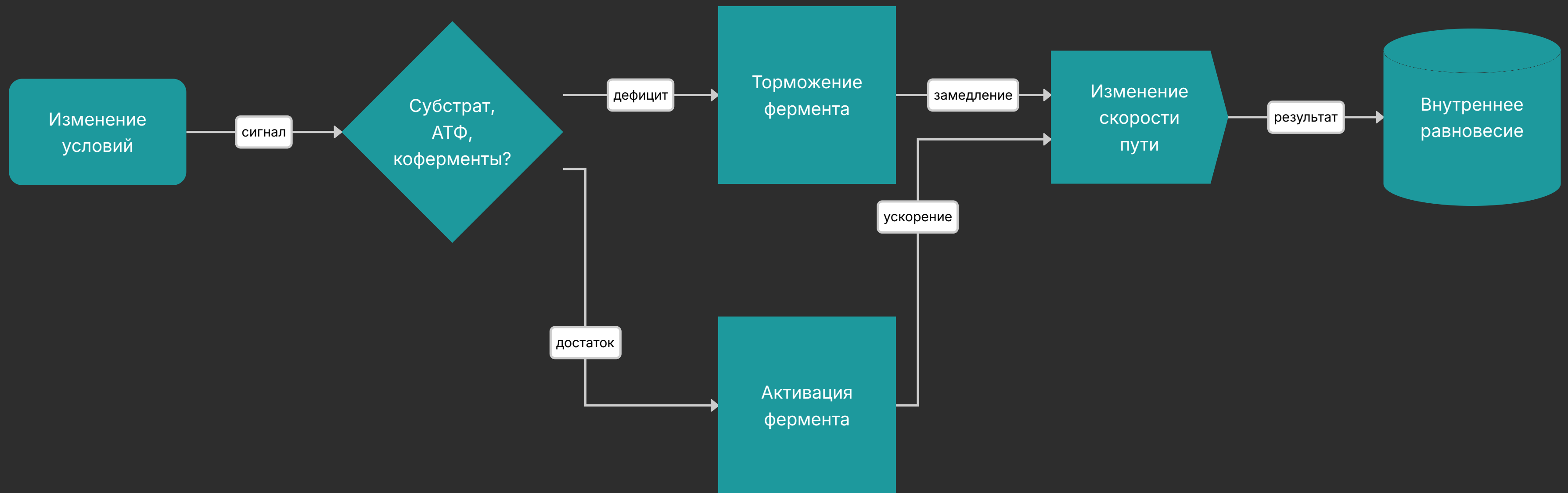
Витамины как источник коферментов

Многие витамины группы В служат предшественниками коферментов. Поэтому их нехватка нарушает работу целых ферментативных систем, а вместе с ней — обмен веществ, особенно в тканях с высокой потребностью в энергии.



Как клетка регулирует активность ферментов

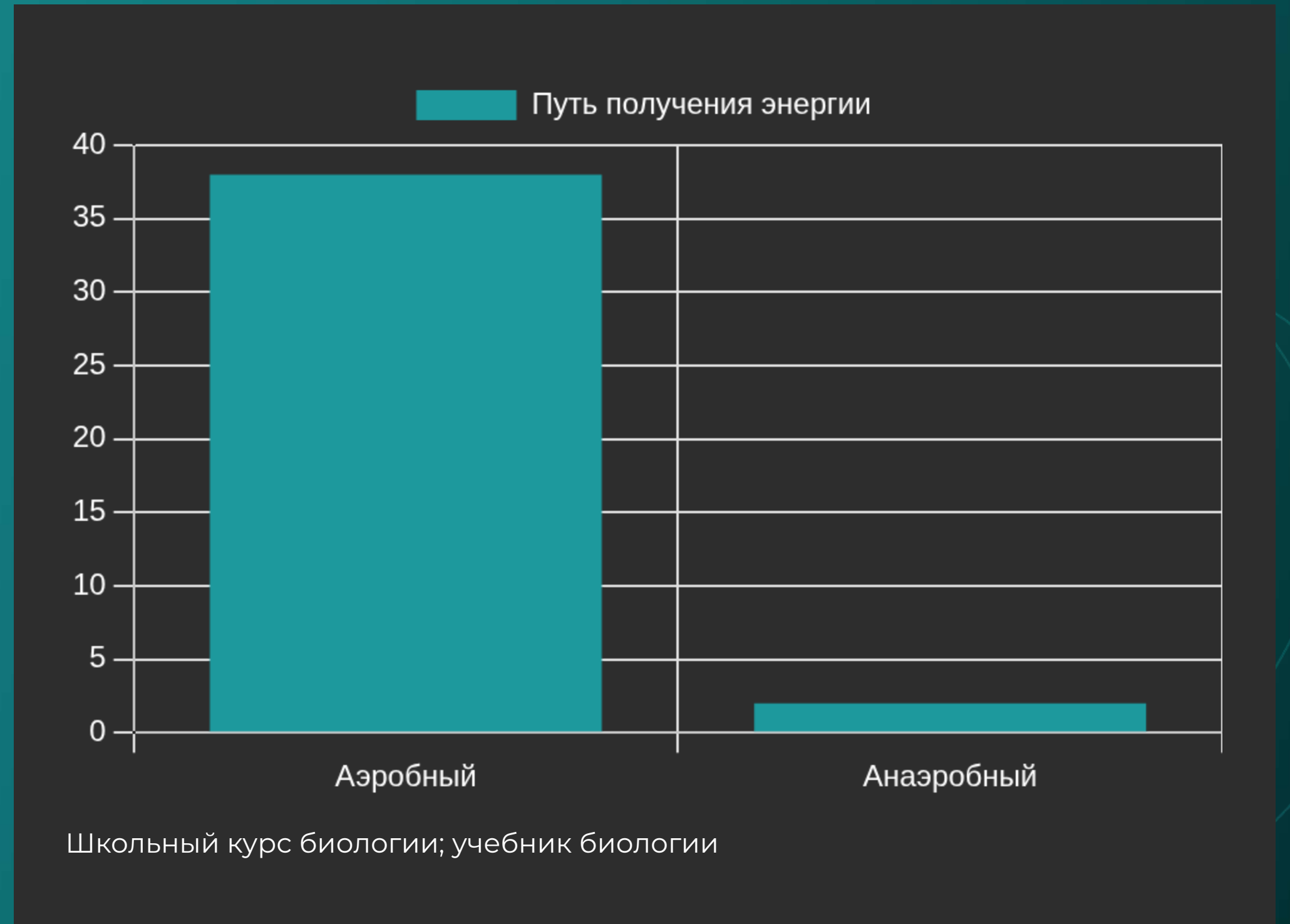
Схема отражает изменение условий в клетке и ответ ферментных систем через аллостерию, обратную связь и включение нужных путей обмена.



Сравнение аэробного и анаэробного путей

Аэробное дыхание протекает с участием кислорода и даёт больше энергии, тогда как анаэробные пути включаются при его недостатке.

Наличие кислорода многократно повышает выход АТФ, поэтому аэробный путь эффективнее для длительной работы клетки.



Значение обмена веществ для организма человека



Рост и обновление

Обмен веществ обеспечивает синтез новых молекул, деление клеток и восстановление тканей после нагрузки, повреждений и естественного износа.



Энергия для работы

Из веществ пищи клетка получает энергию, необходимую для мышечного сокращения, транспорта веществ через мембраны и поддержания жизненных функций.



Синтез регуляторов

На основе метаболических реакций в организме образуются гормоны, ферменты и другие вещества, управляющие согласованной работой органов.



Постоянство среды

Метаболизм помогает поддерживать стабильный состав крови, температуру, pH и другие параметры внутренней среды, важные для жизни.



Последствия нарушений

Сбои обмена связаны с дефицитом витаминов, болезнями печени, эндокринными нарушениями и наследственными дефектами ферментов, которые снижают жизнеспособность клеток.

Примеры ферментов и их функций в организме

Таблица показывает, как разные ферменты действуют на свои субстраты и в каких условиях они проявляют наибольшую активность.

Каждый фермент имеет строго определённую задачу и работает только в подходящей среде, что делает обмен веществ точным и организованным.

Фермент	Субстрат	Продукт	Место действия
Амилаза	Крахмал	Сахара	Рот
Пепсин	Белки	Пептиды	Желудок
Липаза	Жиры	Глицерин	Кишечник
Каталаза	Пероксид водорода	Вода и кислород	Клетки

Обмен веществ: энергия, точность, жизнь

Метаболизм связывает распад и синтез, а АТФ и ферменты обеспечивают клетке быстрый, точный и управляемый обмен энергией. Нарушение этих механизмов сразу отражается на здоровье организма.