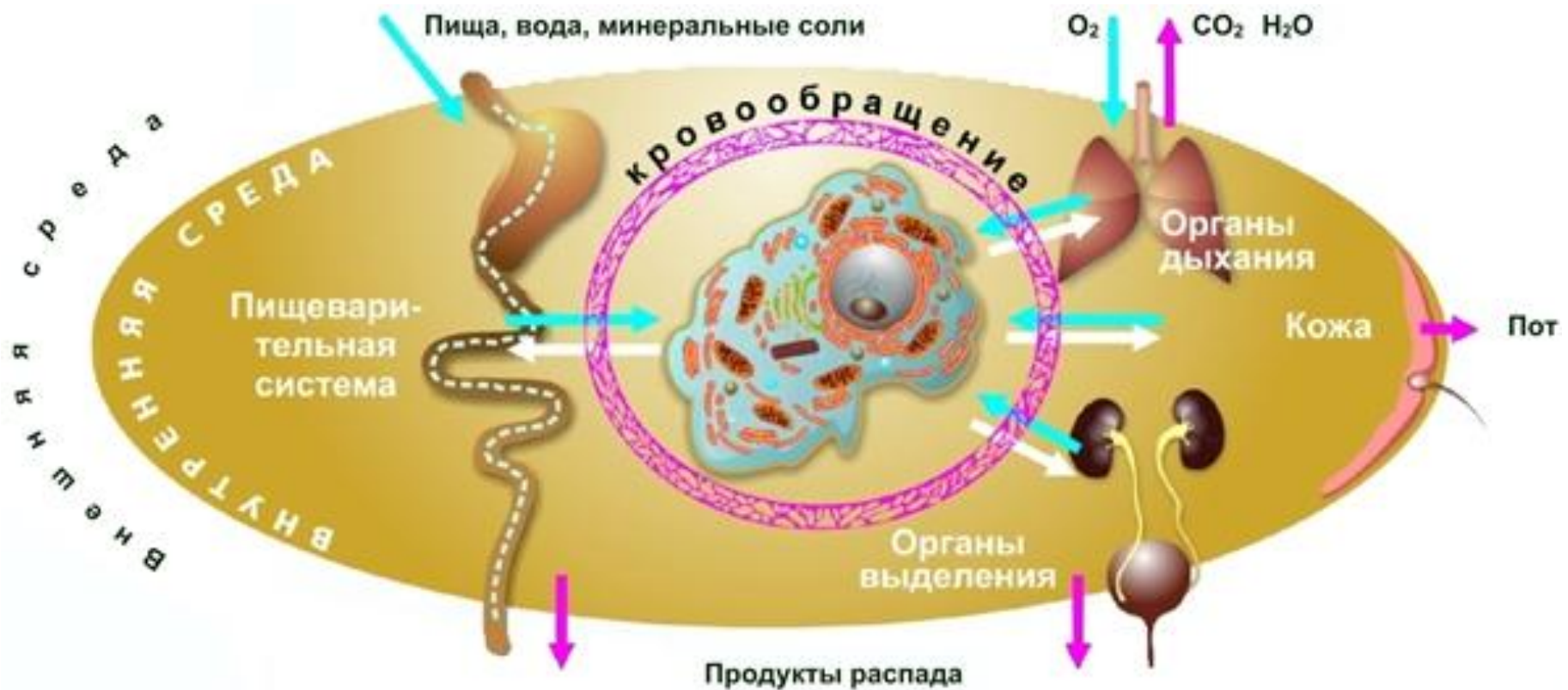


# Введение в метаболизм. Общие пути катаболизма. Цикл Кребса.

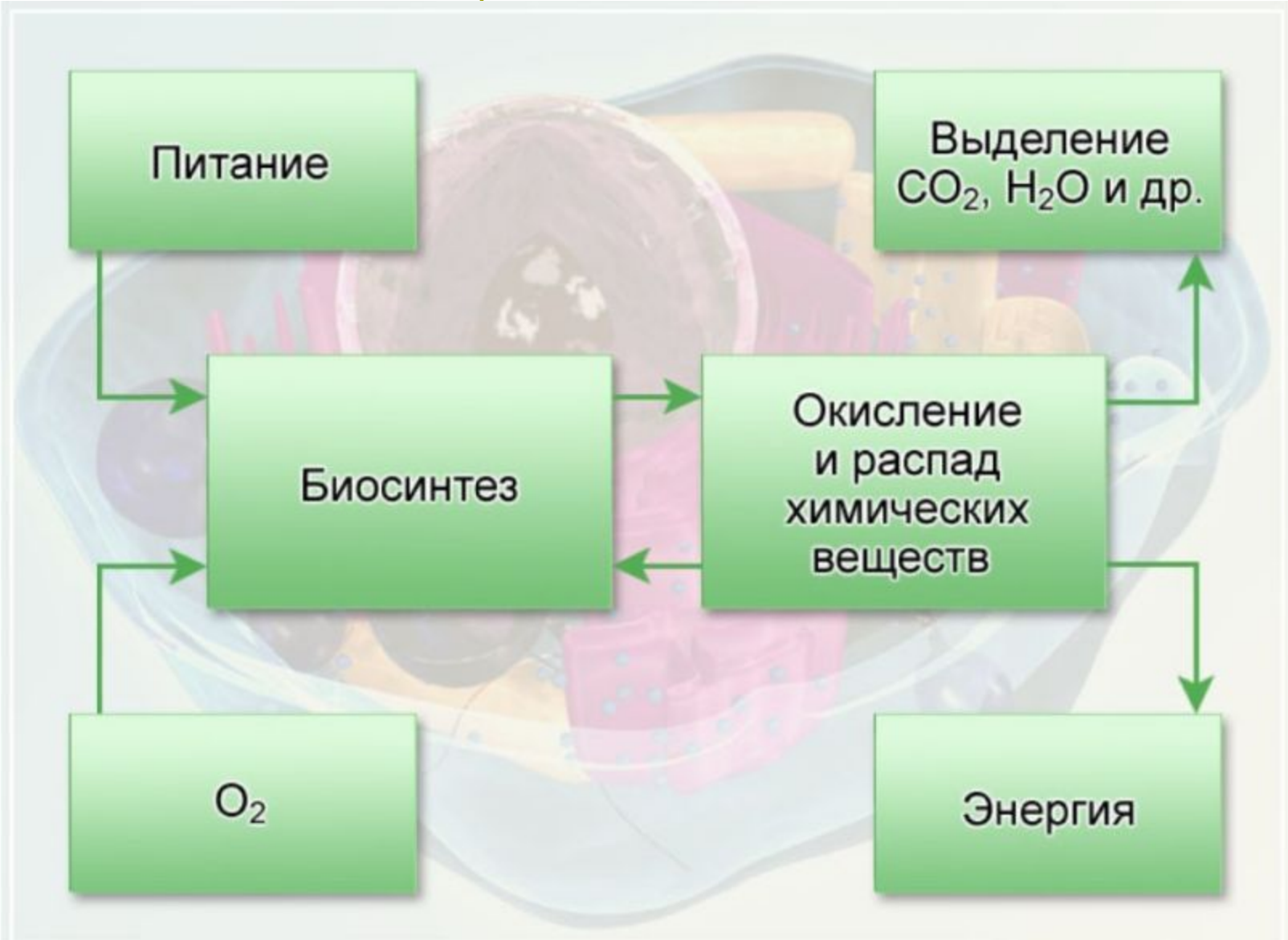


**Обмен веществ** или **метаболизм** - это совокупность протекающих в организме химических превращений, обеспечивающих их рост, развитие, адаптацию к изменениям окружающей среды и воспроизведение.

### **Функции метаболизма:**

- снабжение клеток химической энергией;
- превращение молекул пищи в строительные блоки;
- сборка из этих блоков компонентов клетки (белки, липиды, нуклеиновые кислоты);
- синтез и разрушение специализированных биологических молекул (гем, холин).

# Обмен веществ в клетке



## Обмен веществ:

**1. Анаболизм** — это совокупность процессов биосинтеза органических веществ, компонентов клетки и других структур органов и тканей.

Анаболизм обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, а также непрерывный ресинтез макроэргических соединений (АТФ) и их накопление.

**2. Катаболизм** — это совокупность процессов расщепления сложных молекул, компонентов клеток, органов и тканей до простых веществ (с использованием части из них в качестве предшественников биосинтеза) и до конечных продуктов метаболизма (с образованием макроэргических соединений).

*Процессы анаболизма и катаболизма находятся в организме в состоянии динамического равновесия или временного превалирования одного из них.*

*Преобладание анаболических процессов над катаболическими приводит к росту, накоплению массы тканей, а катаболических — к частичному разрушению тканевых структур, выделению энергии.*

*Состояние равновесного или неравновесного соотношения анаболизма и катаболизма зависит от возраста. В детском возрасте преобладают процессы анаболизма, а в старческом — катаболизма. У взрослых людей эти процессы находятся в равновесии. Их соотношение зависит также от состояния здоровья, выполняемой человеком физической или психоэмоциональной деятельности.*

---

***Конечные продукты обмена:***

**$\text{NH}_3$  — образуется путем дезаминирования;**

**$\text{CO}_2$  — образуется путем декарбоксилирования;**

**$\text{H}_2\text{O}$  — образуется путем окисления водорода кислородом  
в дыхательной цепи (тканевое дыхание).**

# 1. Клеточная регуляция

---

- базируется на особенностях взаимодействия фермента и субстрата. Фермент как биологический катализатор изменяет скорость реакции на уровне отдельно взятой клетки.

## 2. Гуморальная регуляция

---

- Некоторые гормоны непосредственно регулируют синтез или распад ферментов и проницаемость клеточных оболочек, изменяя в клетке содержание субстратов, кофакторов и ионный состав.

### 3. Нервная регуляция осуществляется

---

- изменением интенсивности функционирования эндокринных желез
- непосредственной активацией ферментов. Центральная нервная система, действуя на клеточные и гуморальные механизмы регуляции, адекватно изменяет трофику клеток.



# АЗОТИСТЫЙ БАЛАНС

---

- **Белковый коэффициент** - это то количество белка, при расщеплении которого образуется 1 грамм азота. Он равен 6,25 г.
- **Позитивный азотистый баланс** - когда белков поступает больше чем выводится (в период роста организма, при выздоровлении после тяжелых заболеваний).
- **Негативный азотистый баланс** - когда белков поступает меньше чем выводится (при старении, голодании и в течение тяжелых заболеваний).
- **Азотистое равновесие** - когда азота с белками поступает столько же, сколько и выводится (у взрослого здорового человека при нормальном питании).

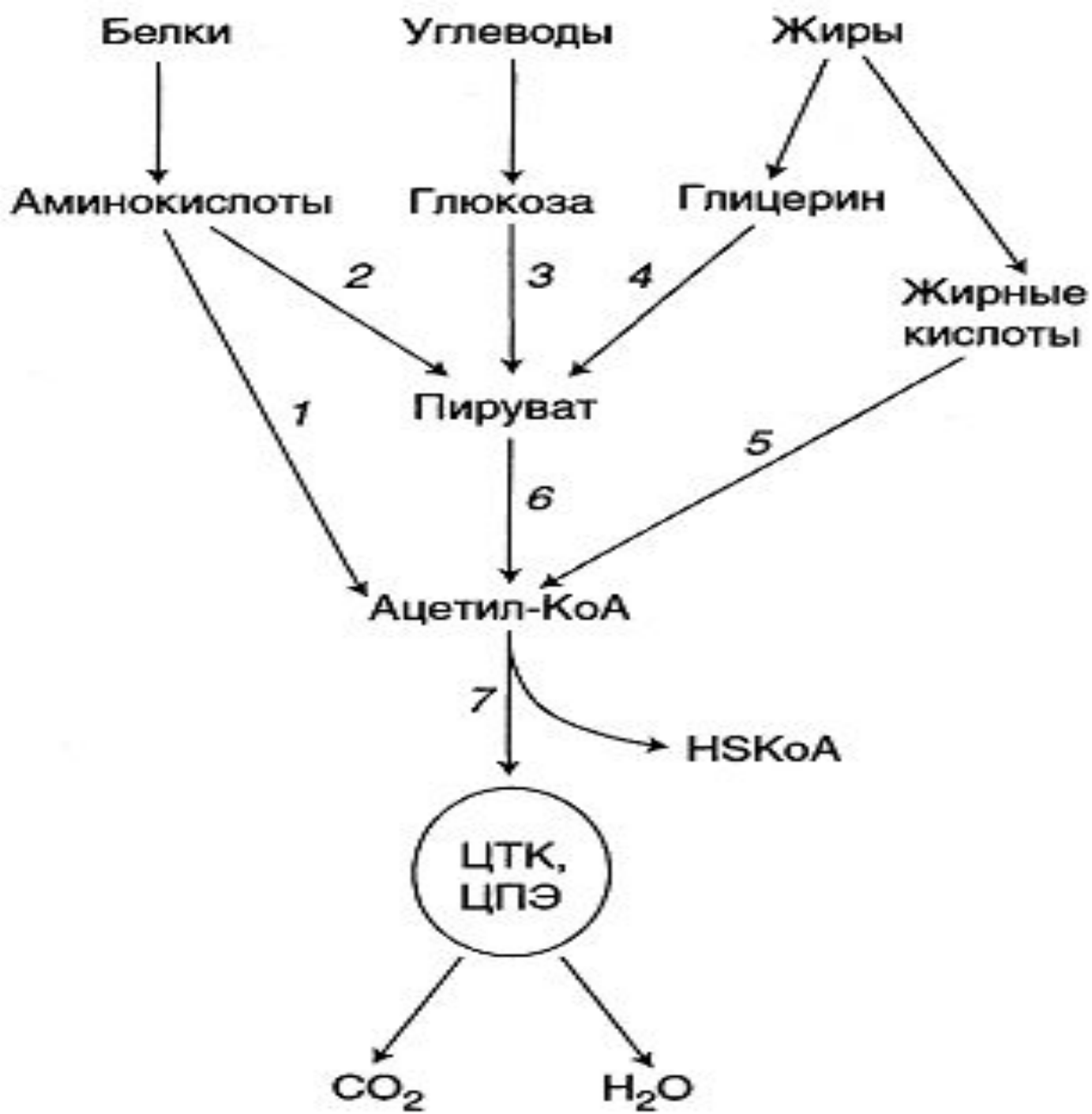
**ЭТАПЫ (СТАДИИ) КАТАБОЛИЗМА ВЕЩЕСТВ**

I этап катаболизма происходит в желудочно-кишечном тракте и сводится к реакциям гидролиза пищевых веществ. Химическая энергия рассеивается в виде тепла.

---

II этап (внутриклеточный катаболизм) происходит в цитоплазме и митохондриях. Химическая энергия частично рассеивается в виде тепла, частично накапливается в виде восстановленных коферментных форм, частично запасается в макроэргических связях АТФ (субстратное фосфорилирование).

III этап (заключительный) катаболизма протекает в митохондриях и сводится к образованию конечных продуктов обмена  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Химическая энергия частично рассеивается в виде тепла, 40–45 % ее запасается в виде АТФ

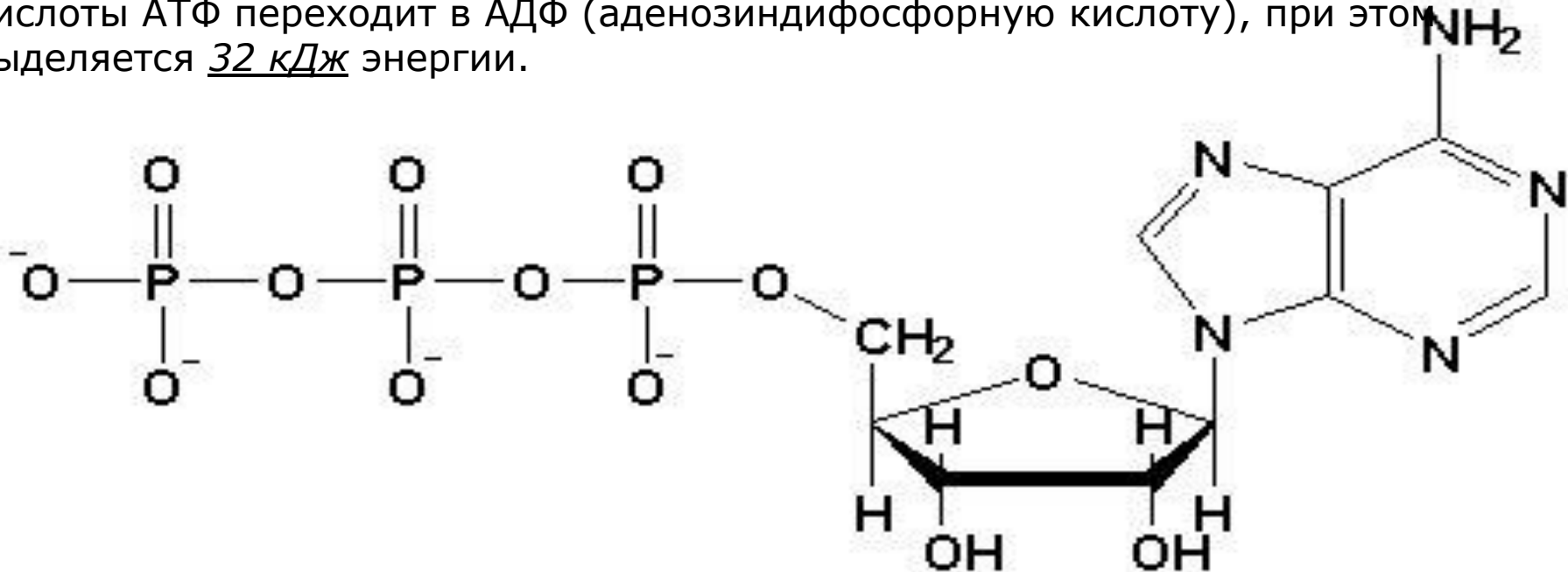


## ~~АТФ И АДЕНИЛОВАЯ СИСТЕМА КЛЕТКИ~~

В энергетическом обеспечении клетки важнейшую роль играет адениловая система, которая включает АМФ, АДФ,  $H_4P_2O_7$  (пирофосфат),  $H_3PO_4$  (неорганический фосфат) и цАМФ (циклический АМФ).

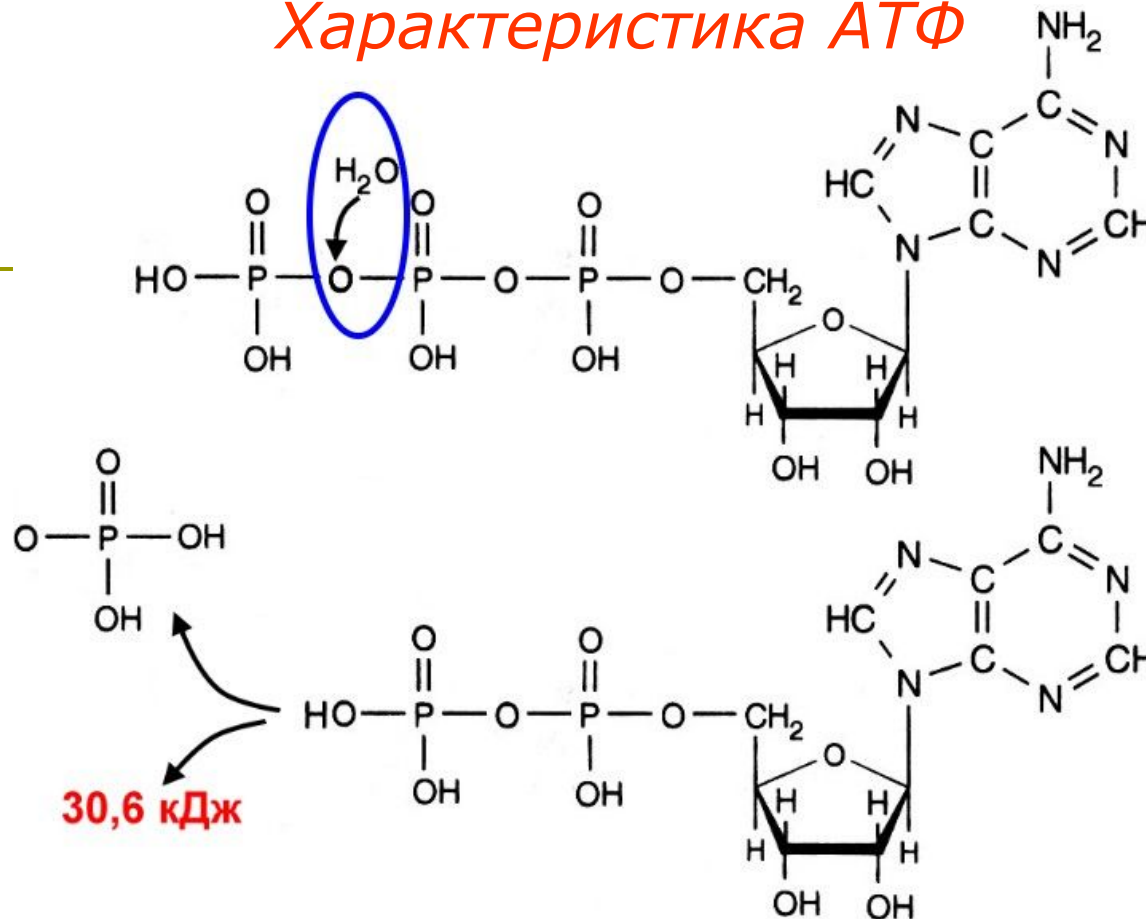
АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) относится к группе высокоэнергетических фосфатов, содержит две фосфоангидридные связи. АТФ относится к макроэргическим веществам — веществам, содержащим в своих связях большое количество энергии.

АТФ — нестабильная молекула: при гидролизе конечного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в АДФ (аденозиндифосфорную кислоту), при этом выделяется 32 кДж энергии.



**Аденозин трифосфат (АТФ)**

## Характеристика АТФ



АТФ — универсальный переносчик и основной аккумулятор энергии в живых клетках. АТФ содержится во всех клетках растений и животных. Количество АТФ в среднем составляет 0,04% (на сырую массу клетки)

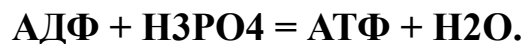
В клетке молекула АТФ расходуется в течение одной минуты после ее образования. У человека количество АТФ, равное массе тела, образуется и разрушается каждые 24 часа.

обеспечивает точную передачу генетической информации и др.

При этом АТФ может гидролизироваться двумя способами:



Синтез АТФ носит название *фосфорилирования* и описывается уравнением:



Эта реакция происходит при условии обеспечения энергией в количестве не менее 32 кДж/моль.

Если источником этой энергии является транспорт электронов по дыхательной цепи внутренней

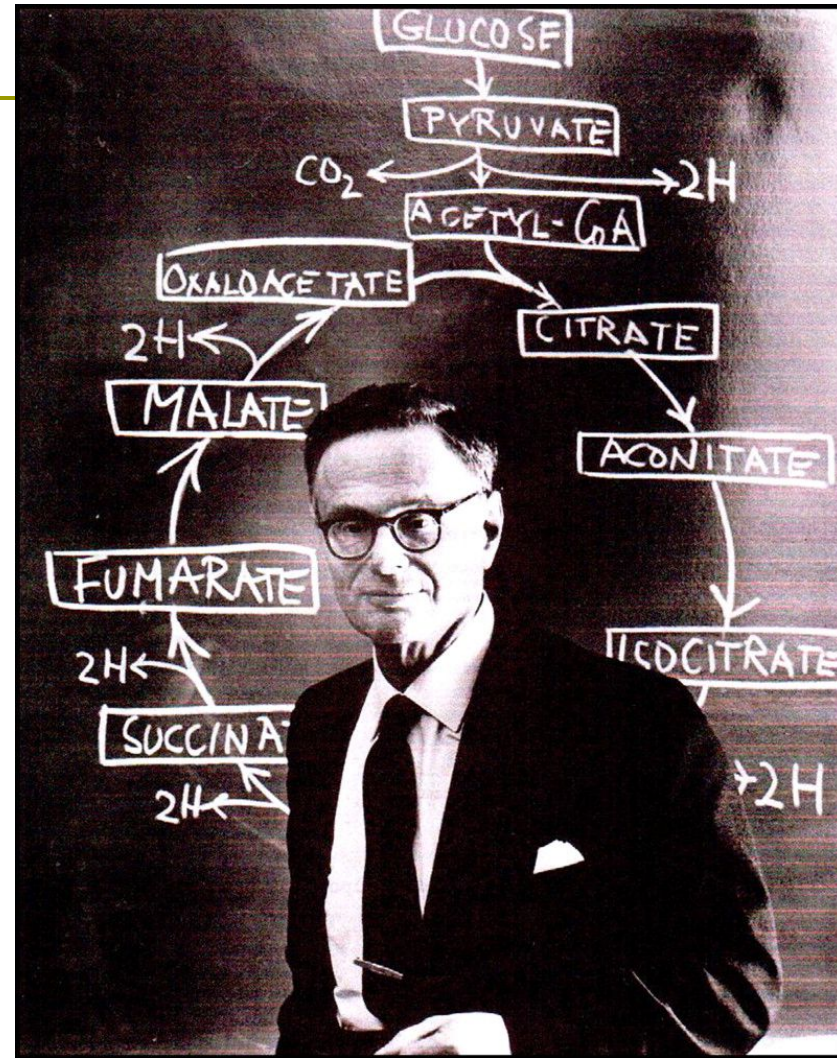
мембраны митохондрий, говорят об *окислительном фосфорилировании*. Это главный путь синтеза АТФ в аэробных клетках.

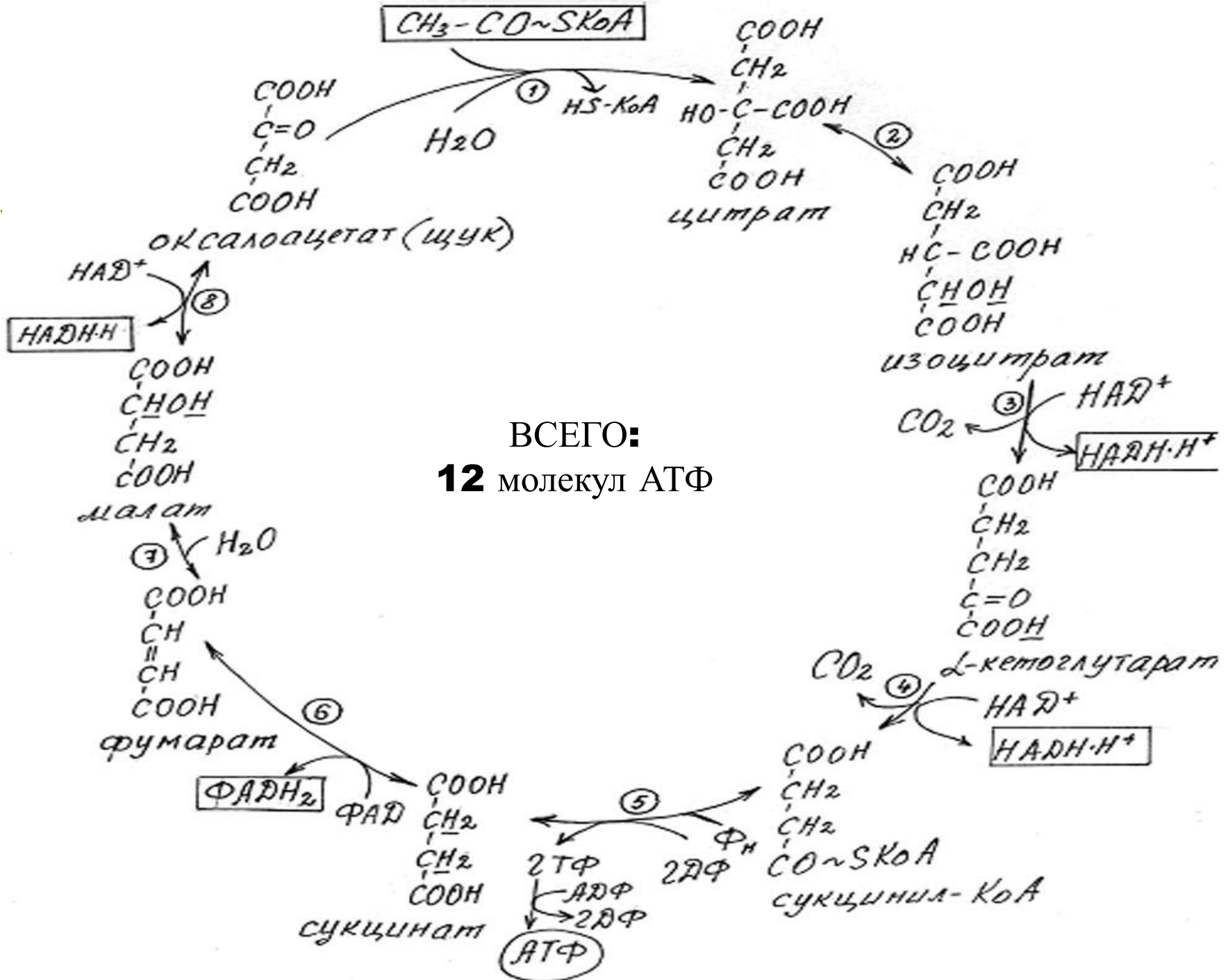
Если источником энергии является гидролиз макроэргической связи субстрата, говорят о

*субстратном фосфорилировании*. Такой механизм имеет место в цитозоле и митохондриях и может происходить в анаэробных условиях.

Процесс окислительного фосфорилирования тесно связан (сопряжен) с *окислительно-*

- Цикл превращения лимонной кислоты в живых клетках был открыт и изучен немецким биохимиком Хансом Кребсом, за эту работу он (совместно с Ф. Липманом) был удостоен Нобелевской премии (1953 год).







## *Ферменты:*

- 1. цитратсинтаза;**
- 2. аконитаза;**
- 3. изоцитратдегидрогеназа;**
- 4.  $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназный комплекс;**
- 5. сукцинил-КоА синтетаза;**
- 6. сукцинатдегидрогеназа;**
- 7. фумаратгидратаза;**
- 8. малатдегидрогеназа.**

# Функции цикла Кребса

*Водороддонорная функция.* Цикл Кребса поставляет субстраты для дыхательной цепи (НАД-зависимые субстраты: изоцитрат,  $\alpha$ -кетоглутарат, малат; ФАД-зависимый субстрат – сукцинат).

*Катаболическая функция.* В ходе ЦТК окисляются до конечных продуктов обмена ацетильные остатки, образовавшиеся из топливных молекул (глюкоза, жирные кислоты, глицерол, аминокислоты).

*Анаболическая функция.* Субстраты ЦТК являются основой для синтеза многих молекул (кетокислоты —  $\alpha$ -кетоглутарат и ЩУК — могут превращаться в аминокислоты глу и асп; ЩУК может превращаться в глюкозу, сукцинил-КоА используется на синтез гема).

*Анаплеротическая функция.* Цикл не прерывается благодаря реакциям анаплероза (пополнения) фонда его субстратов. Важнейшей анаплеротической реакцией является образование ЩУК (молекулы, запускающей цикл) путем карбоксилирования ПВК.

*Энергетическая функция.* На уровне сукцинил-КоА происходит субстратное фосфорилирование с образованием 1 молекулы макроэрга. Помимо этого, 4 дегидрогеназные реакции в цикле Кребса создают мощный поток электронов, богатых энергией. При последовательном переносе электронов на кислород выделяется энергия, достаточная для образования 9 молекул АТФ путем окислительного фосфорилирования.

# Мнемоническое правило

---

- Для более легкого запоминания кислот, участвующих в цикле Кребса, существует мнемоническое правило:
- Целый Ананас И Кусочек Суфле Сегодня Фактически Мой Обед, что соответствует ряду — цитрат, (цис-)аконитат, изоцитрат, (альфа-)кетоглутарат, сукцинил-СоА, сукцинат, фумарат, малат, оксалоацетат.

# Мнемоническое правило

Существует также следующее мнемоническое стихотворение:

---

*Щуку ацетил лимонил,  
А нарцисса конь боялся,  
Он над ним изолимонно  
Альфа-кетоглютарался.  
Сукцинился коэнзимом,  
Янтарился фумарово,  
Яблочек припас на зиму,  
В щуку обратился снова.*

(щавелевоуксусная кислота, лимонная кислота, цис-аконитовая кислота, изолимонная кислота,  $\alpha$ -кетоглутаровая кислота, сукцинил-СоА, янтарная кислота, фумаровая кислота, яблочная кислота, щавелевоуксусная кислота).