

Тема лекции:

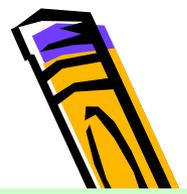
Энергетика клетки.

Макроэнергии

**Автор: доцент Маглыш
Сабина Степановна**



Вопросы лекции:



1. Энергетика клетки, общие представления.
2. Представление о биологическом окислении и тканевом дыхании.
3. АТФ, пути использования и синтеза.
4. Субстратное фосфорилирование АДФ. Макроэрги клетки, представители.
5. Цепь переноса электронов (ЦПЭ), структурная организация.

1. Энергетика клетки, общие представления

Клетки живых организмов являются открытыми системами. Между ними и окружающей средой происходит обмен энергией в соответствии с законами термодинамики:

I закон термодинамики: энергия в системе не возникает из ничего и нигде не исчезает, она превращается из одного вида в другой (закон сохранения энергии).

II закон термодинамики: все физические и химические процессы в системе идут в направлении снижения ее свободной энергии (энергии Гиббса - **G**) и повышения неупорядоченности системы, мерой которой является энтропия (**S**).

Законы термодинамики позволяют выяснить направление протекания химических реакций в клетке.

Каждое вещество, поступающее в клетку, обладает определенным запасом энергии (**E**). Часть этой энергии может использоваться для выполнения полезной работы и называется свободной энергией (**G**). Направление химических реакций определяется характером изменения значения **G** субстрата

$$(\Delta G = G_p - G_s):$$

- 1) если **ΔG отрицательная**, то реакция протекает самопроизвольно и называется **экзергонической**;
- 2) если **ΔG положительная**, то реакция протекает только при поступлении энергии извне и называется **эндергонической**;
- 3) если **ΔG равна 0**, то реакция находится **в состоянии равновесия**.

2. Представление о биологическом окислении и тканевом дыхании

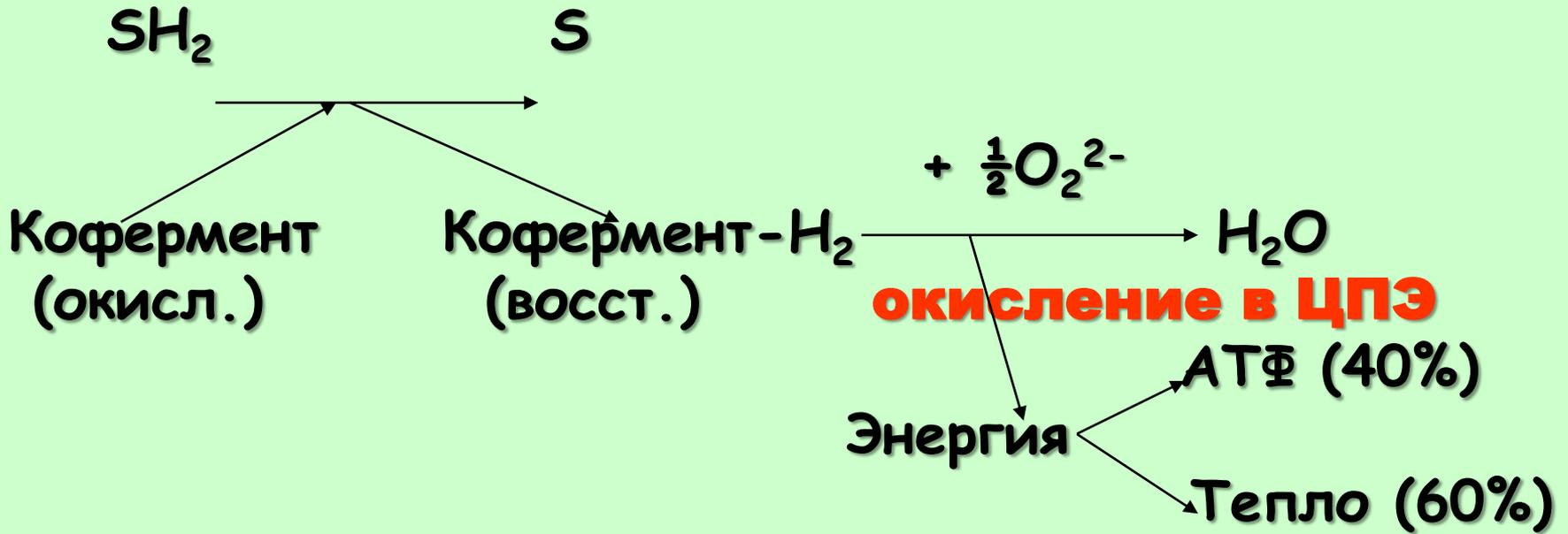
Биологическое окисление – совокупность биохимических реакций окисления органических веществ до конечных продуктов в живом организме.

Оно может протекать двумя путями:

- 1) **путем дегидрирования** – отщепления водорода от субстрата и переноса его на кислород:
 - а) с помощью переносчиков и с образованием H_2O – **тканевое дыхание**;
 - б) без переносчиков с образованием H_2O_2 – **пероксидазное окисление**.
- 2) **путем оксигенирования** – присоединения кислорода:
 - а) **монооксигеназное** (микросомальное) окисление;
 - б) **диоксигеназное** окисление;
 - в) **свободно-радикальное** окисление.

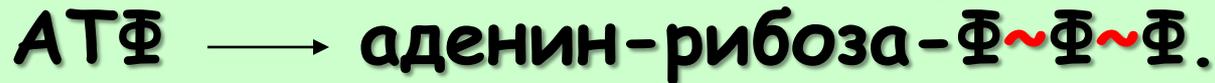
Тканевое дыхание - совокупность биохимических реакций окисления водорода кислородом до воды, протекающих в митохондриях с участием ферментов **цикла трикарбоновых кислот (ЦТК)** и ферментативных комплексов **цепи переноса электронов (ЦПЭ)**. Оно сопровождается выделением энергии и протекает по схеме:

дегидрирование в ЦТК



3. АТФ, пути использования и синтеза

АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) – универсальный аккумулятор и донор энергии. Она содержит две макроэргические связи, при расщеплении каждой из которых выделяется около 40 кДж энергии.



Пути гидролиза АТФ:

- 1) $\text{АТФ} \longrightarrow \text{АДФ} + \Phi + 40 \text{ кДж}$ – происходит чаще всего;
- 2) $\text{АТФ} \longrightarrow \text{АМФ} + \Phi\sim\Phi + 40 \text{ кДж}$ – встречается реже.

Пути использования энергии гидролиза АТФ:

- 1) при синтезе веществ (анаболизм);
- 2) для мышечных сокращений;

- 3) при транспорте веществ через мембрану против градиента концентрации (активный транспорт);
- 4) для образования тепла при снижении температуры окружающей среды;
- 5) для сокращения жгутиков и ресничек.

В сутки человек расщепляет до **190 кг АТФ**, но в организме содержится примерно **50 г АТФ**, следовательно нужен ее активный синтез.

Пути синтеза АТФ:

- 1) $АМФ + Ф + 40 \text{ кДж} \longrightarrow АДФ$;
- 2) $АДФ + Ф + 40 \text{ кДж} \longrightarrow АТФ$.

Синтез АТФ происходит путем **фосфорилирования** с использованием **энергии**. В зависимости от источника энергии выделяют три типа фосфорилирования.

Типы фосфорилирования:

- 1) фотосинтетическое фосфорилирование за счет **солнечной энергии**. Образующаяся в световой фазе фотосинтеза АТФ используется в темновой фазе для синтеза углеводов;
- 2) субстратное фосфорилирование ($\approx 10\%$ АТФ) за счет энергии **макроэргических соединений** (**макроэргов**);
- 3) окислительное фосфорилирование ($\approx 90\%$ АТФ) за счет **свободной энергии**, выделяющейся при транспорте **электронов** по **ЦПЭ** от окисляемого субстрата на кислород.

4. Субстратное фосфорилирование. Макроэрги клетки, представители

Синтез АТФ путем **субстратного фосфорилирования** происходит, в основном, в гиалоплазме в результате гликолиза и частично в матриксе митохондрий в результате ЦТК за счет энергии **макроэргов** и называется **немембранной биоэнергетикой**.

Макроэрги разделяют на две группы:

- 1) богатые энергией фосфаты: 1,3-бисфосфоглицерат, фосфоенолпируват, креатинфосфат, аргининфосфат, карбамоилфосфат, ацетилфосфат, нуклеозидтрифосфаты, нуклеозиддифосфаты, пирофосфат;
- 2) богатые энергией тиоэфиры, образованные коферментом А: сукцинил-КоА, ацетил-КоА, ацил-КоА.

5. Цепь переноса электронов (ЦПЭ), структурная организация

- Цепь переноса электронов (ЦПЭ) – последовательность переносчиков протонов (H^+) и электронов от окисляемого субстрата на кислород, которые локализованы во внутренней мембране митохондрий.

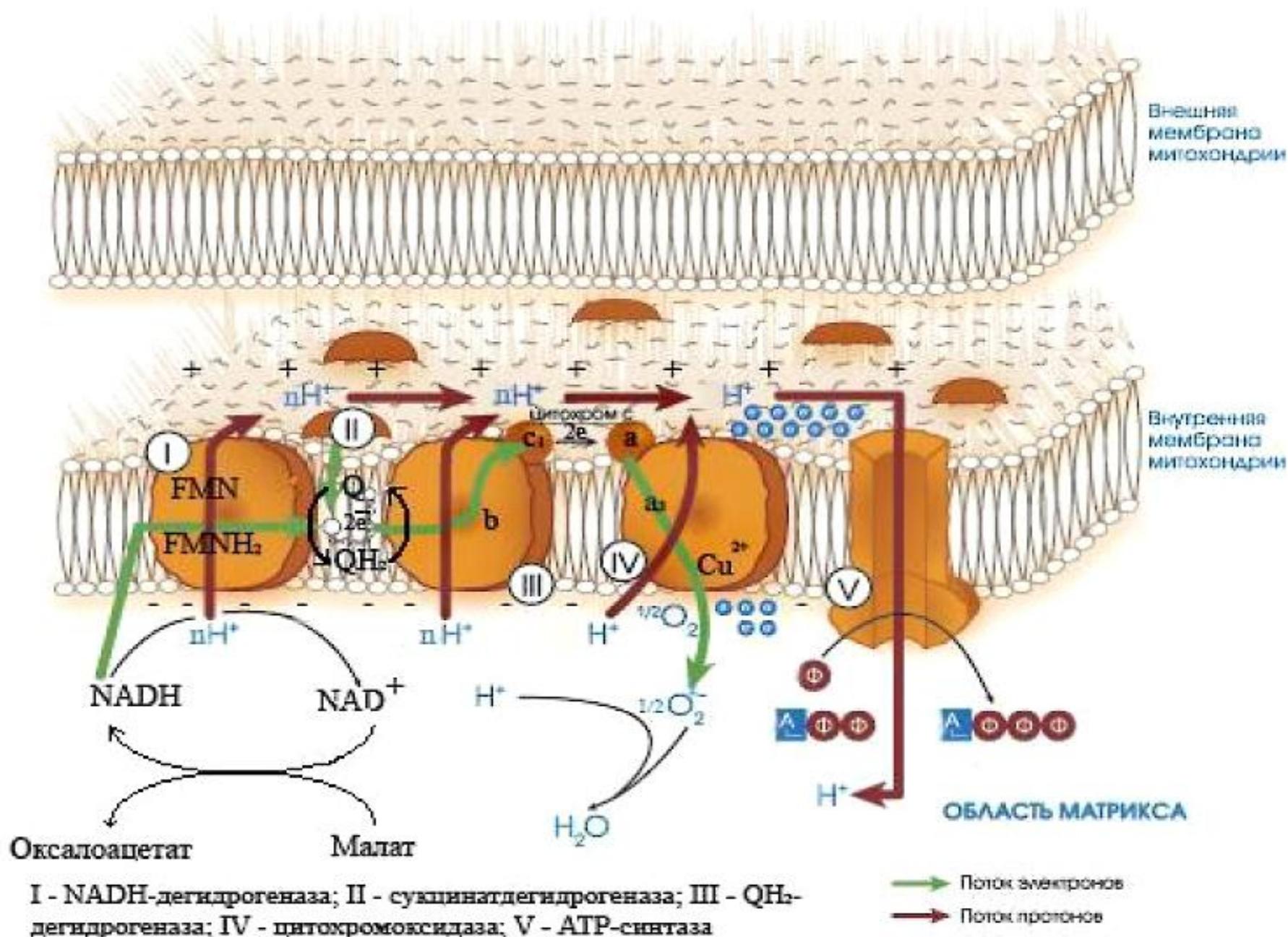
Окисляемые субстраты разделяют на два типа:

- **1. Пиридинзависимые** – пируват, изоцитрат, α -кетоглутарат, малат, глутамат, которые при дегидрировании передают протоны и электроны на **НАД⁺**.
- **2. Флавинзависимые** – сукцинат, ацил-КоА, глицерол-3-фосфат, холин, которые при дегидрировании передают протоны и электроны на **ФАД**.

Структурная организация цепи переноса электронов (ЦПЭ)

Название компонента	Простетич. группа	Донор электронов	Акцептор электронов
Комплекс I (НАДН-дегидрогеназа)	ФМН, FeS	НАДН+H ⁺	КоQ
Кофермент Q (убихинон)		Комплекс I Комплекс II	Комплекс III (цитохр. bc ₁)
Комплекс II (сукцинатдегидрогеназа)	ФАД, FeS	Сукцинат	КоQ
Комплекс III (QH ₂ -дегидрогеназа)	FeS, Гем b Гем c ₁	QH ₂	Цитохром c
Цитохром c	Гем c	Комплекс III	Комплекс IV
Комплекс IV (цитохромоксидаза, aa ₃)	Гем a, Гем a ₃ , Cu ²⁺	Цитохром c	O ₂

- Существует 2 разновидности ЦТЭ:
- **1. Полная (длинная) цепь** -
пиридинзависимые субстраты в ЦТК передают протоны и электроны на **НАД⁺** с помощью НАД-зависимых дегидрогеназ, а затем они переходят на **комплекс I**.
- **2. Неполая (короткая) цепь** -
флавинзависимые субстраты передают протоны и электроны на **ФАД** с помощью ФАД-зависимой дегидрогеназы (**комплекс II**), а затем они переходят на **кофермент Q**.



I - NADH-дегидрогеназа; II - сукцинатдегидрогеназа; III - QH₂-дегидрогеназа; IV - цитохромоксидаза; V - АТФ-синтаза



***СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!***

