

Общие пути катаболизма Энергетический обмен



Доц. Благодаренко Е.А.

Что такое энергия?

- **Энергия – количественная мера движения материи.**
- Это скалярная величина, являющаяся характеристикой материального явления, такой же как температура или масса
- В связи с существованием разных форм движения материи, мы говорим о разных формах энергии. На самом деле речь идет о количестве движения, переходящего из одной формы в другую
- Энергия химической связи – это энергия движения электронов, которые формируют соответствующую химическую связь.
- Теплота – энергия неорганизованного движения частиц системы
- Работа – энергия организованного движения частиц

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).



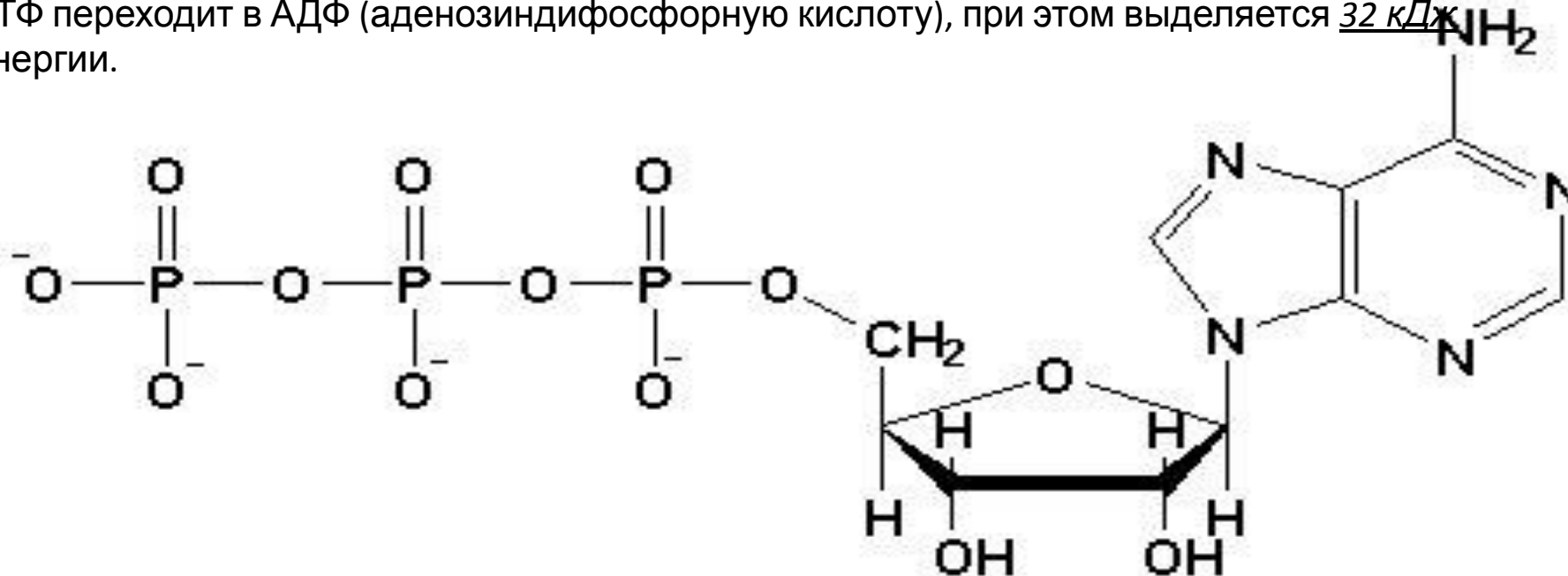
~~АТФ И АДЕНИЛОВАЯ СИСТЕМА КЛЕТКИ~~

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.

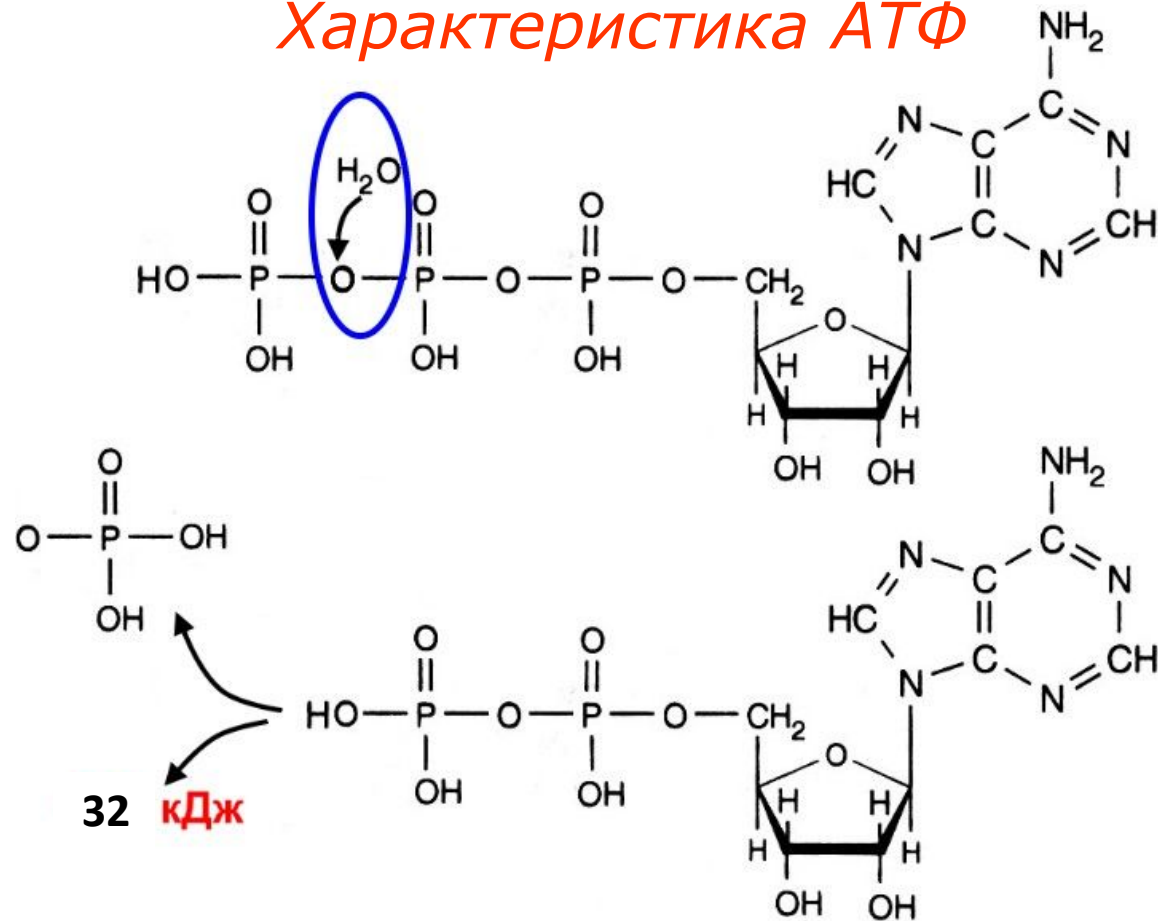
АТФ относится к макроэргическим веществам — веществам, содержащим в своих связях большое количество энергии.

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)

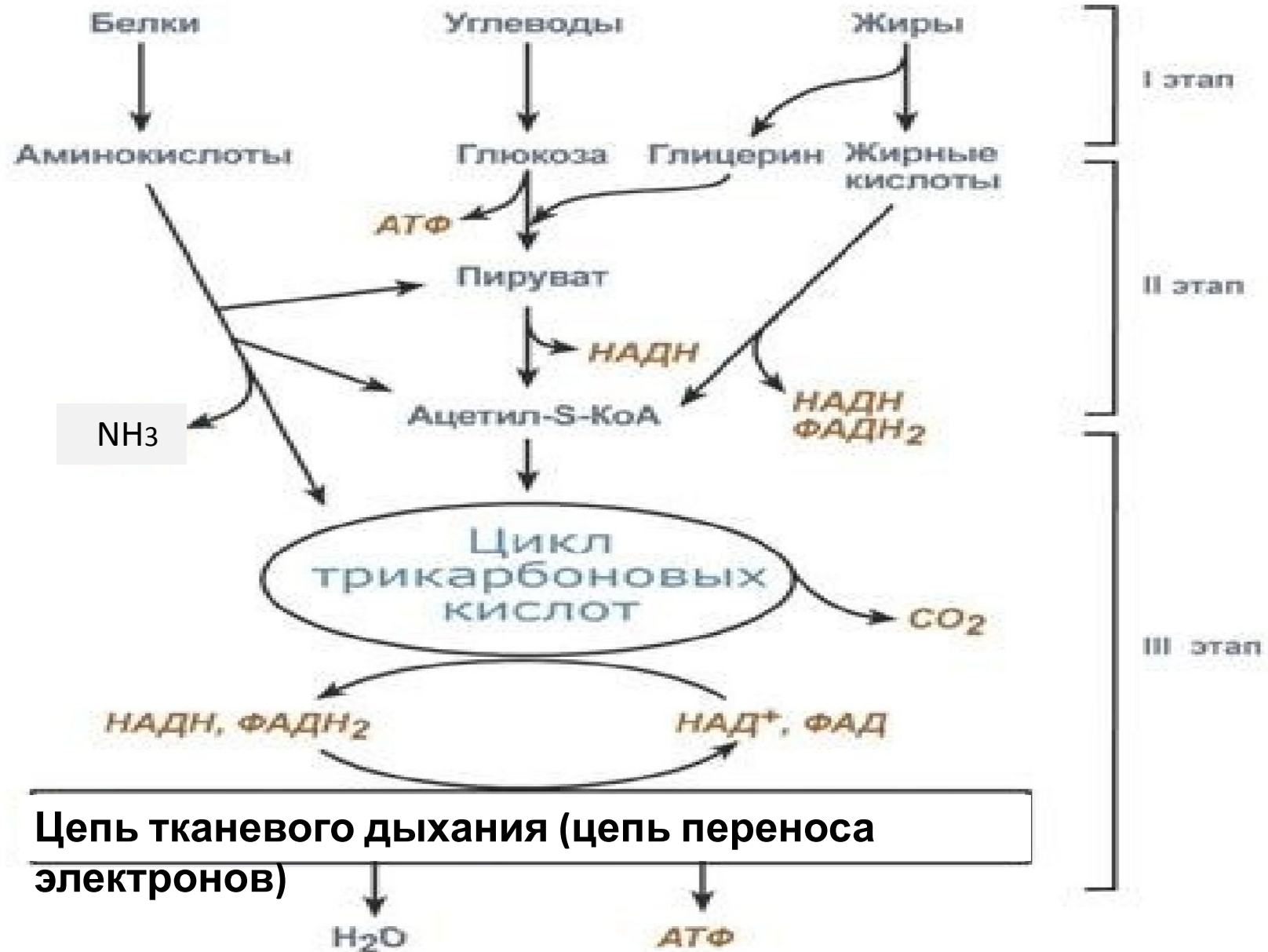
В клетке молекула АТФ расходуется в течение одной минуты после ее образования. У человека количество АТФ, равное массе тела, образуется и разрушается каждые 24 часа.

Макроэргические соединения – вещества, имеющие ковалентную связь, при расщеплении которой выделяется более 21 кДж/моль энергии. В основном это соединения, содержащие фосфаты, но есть так же тиольные эфиры

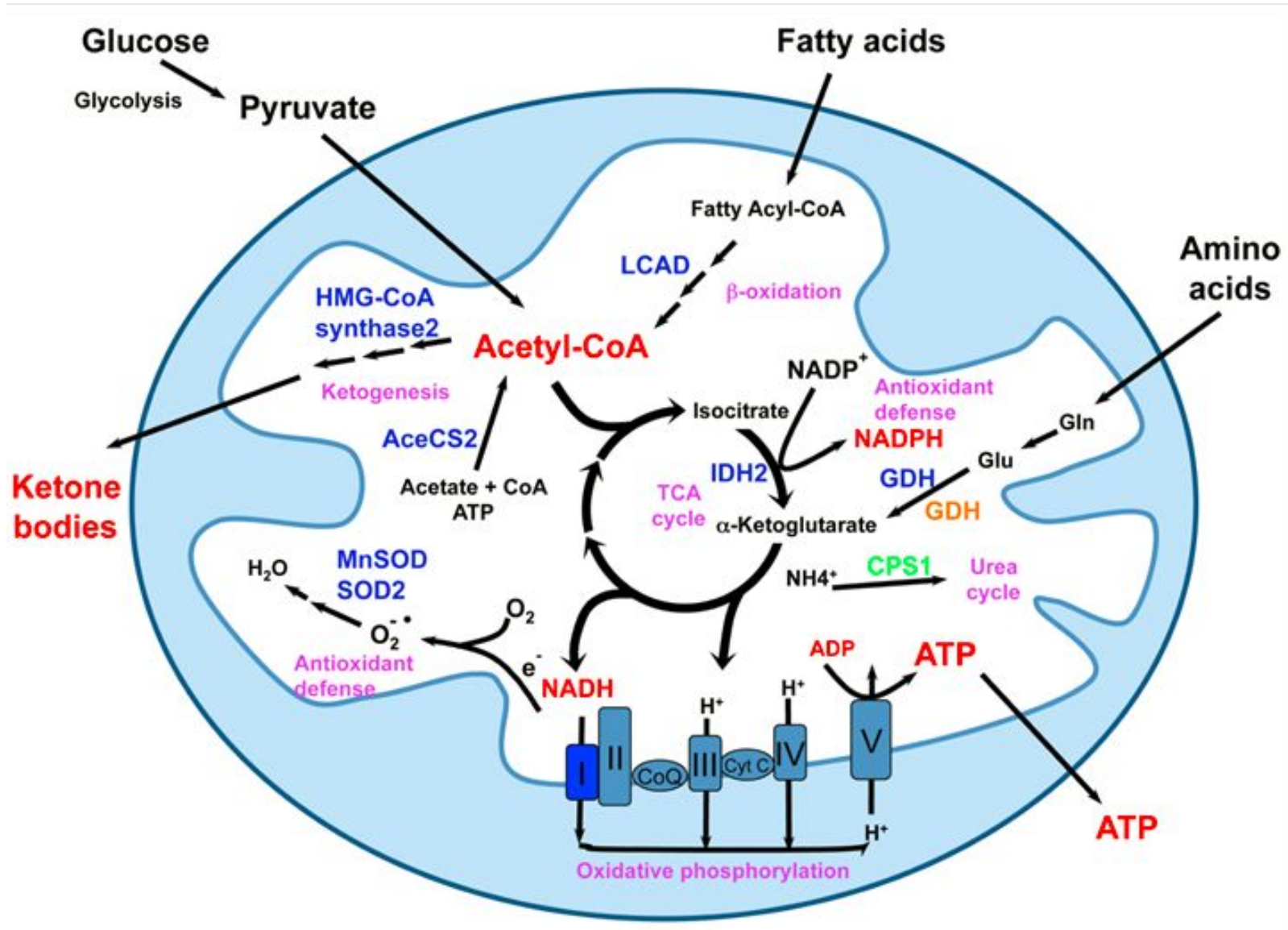
Таблица 6-2. Свободная энергия гидролиза некоторых органических фосфатов

Соединение	Продукты реакции	$-\Delta G^{\theta'}$, ккал/моль	$-\Delta G^{\theta'}$, кДж/моль
Фосфоенолпируват	Пируват + H_3PO_4	14,8	61,86
1,3-Бисфосфоглицерат	3-фосфоглицерат + H_3PO_4	13,0	54,34
Карбамоилфосфат	Карбамат + H_3PO_4	12,0	51,83
Креатинфосфат	Креатин + H_3PO_4	10,3	43,05
Ацетилфосфат	Уксусная кислота + H_3PO_4	10,3	43,05
АТФ	АДФ + H_3PO_4	7,3	30,51
АДФ	АМФ + H_3PO_4	6,6	27,59
Дифосфат($H_4P_2O_7$)	2 H_3PO_4	6,6	27,59
Глюкозо-1-фосфат	Глюкоза + H_3PO_4	5,0	20,90
Фруктозо-6-фосфат	Фруктоза + H_3PO_4	3,8	15,88
Глюкозо-6-фосфат	Глюкоза + H_3PO_4	3,3	13,79
Глицеролфосфат	Глицерин + H_3PO_4	2,2	8,36

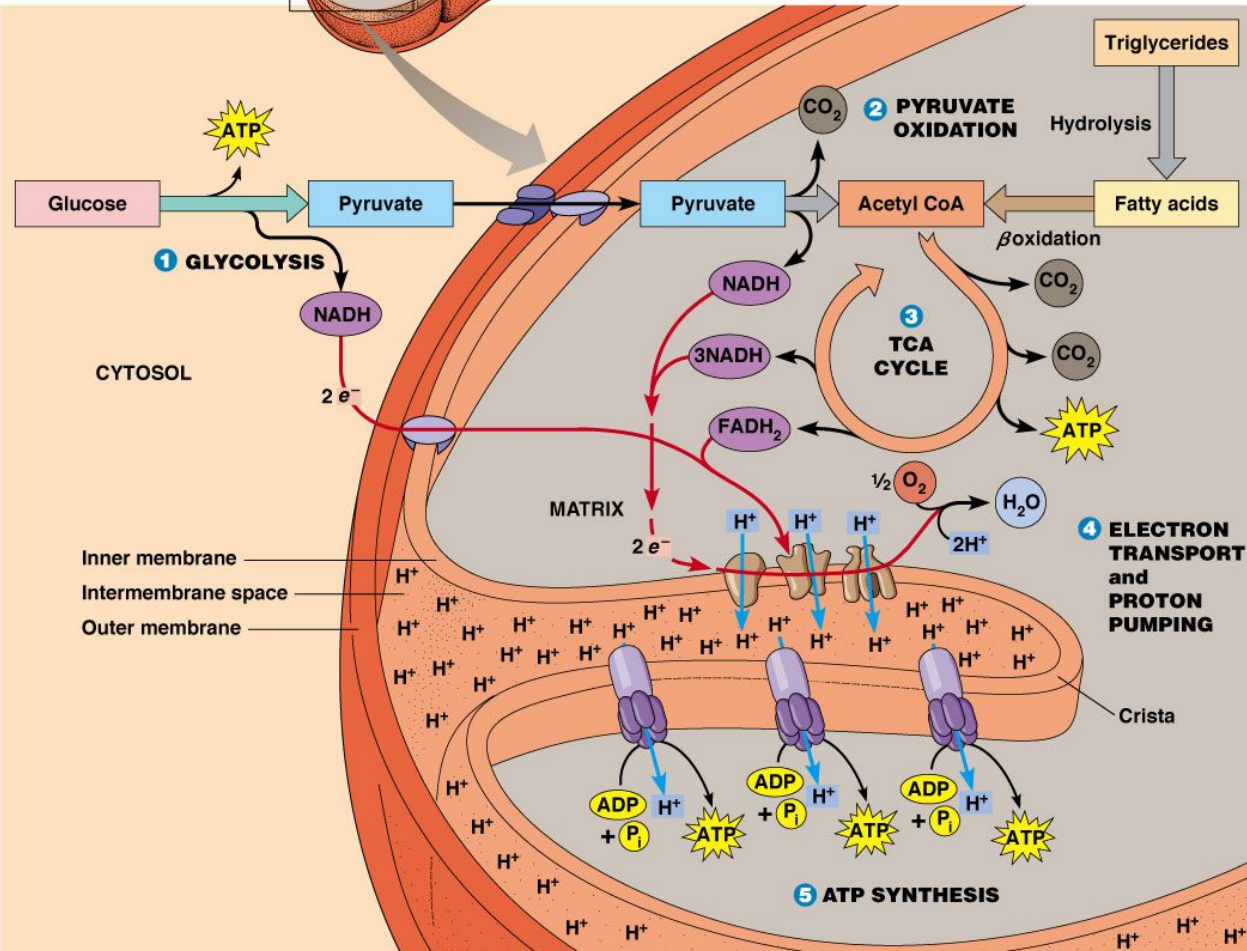
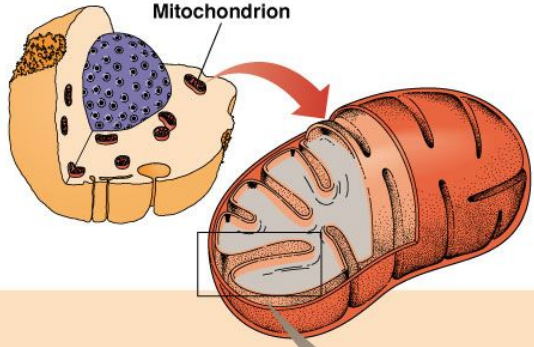
Схема индивидуальных и общих путей катаболизма



Общие пути катаболизма – в митохондриях



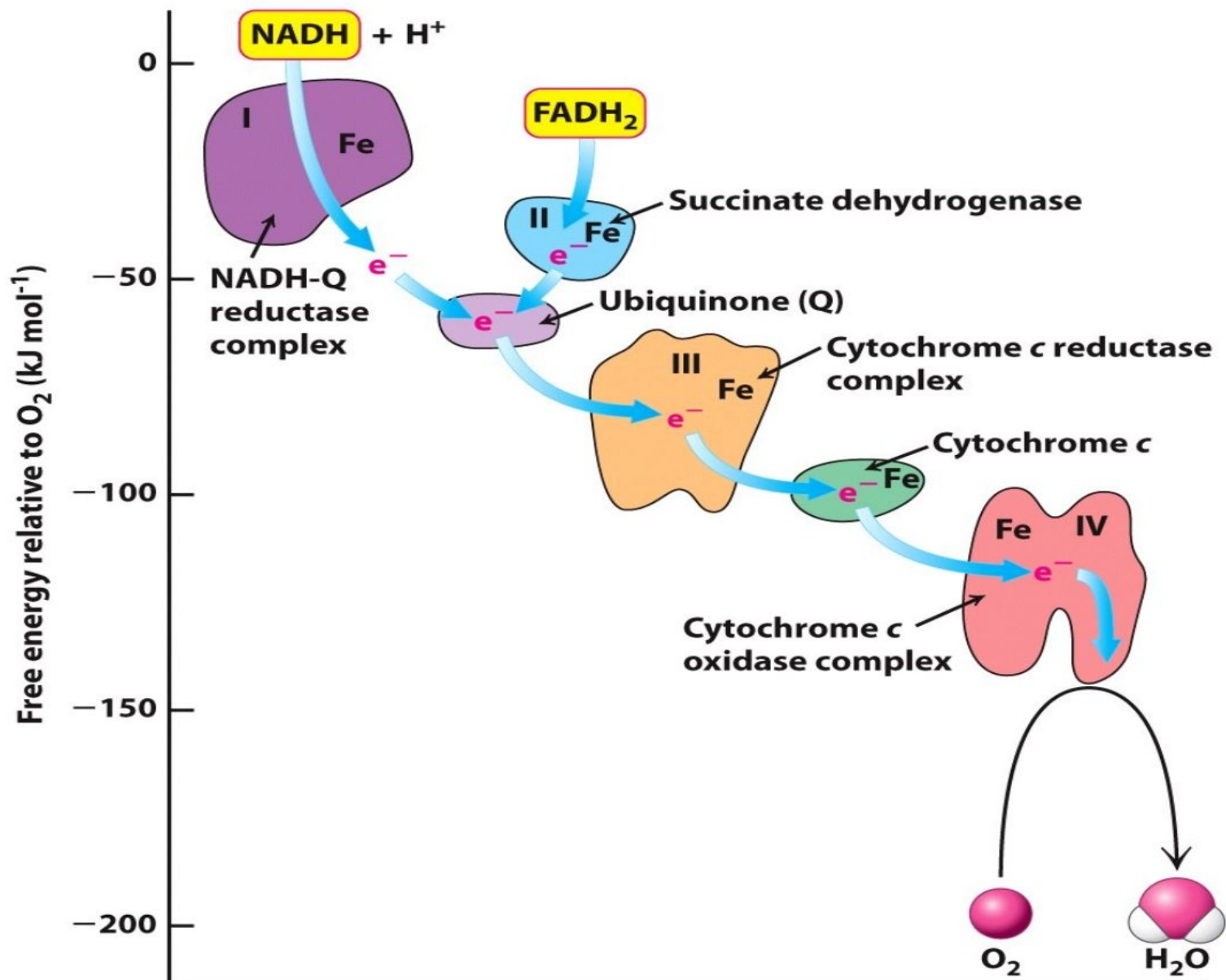
Цепь тканевого дыхания (Цепь переноса



Процесс протекает во всех клетках, содержащих митохондрии, внутри митохондрий, комплексы ЦПЭ интегрированы во внутреннюю мембрану митохондрий.

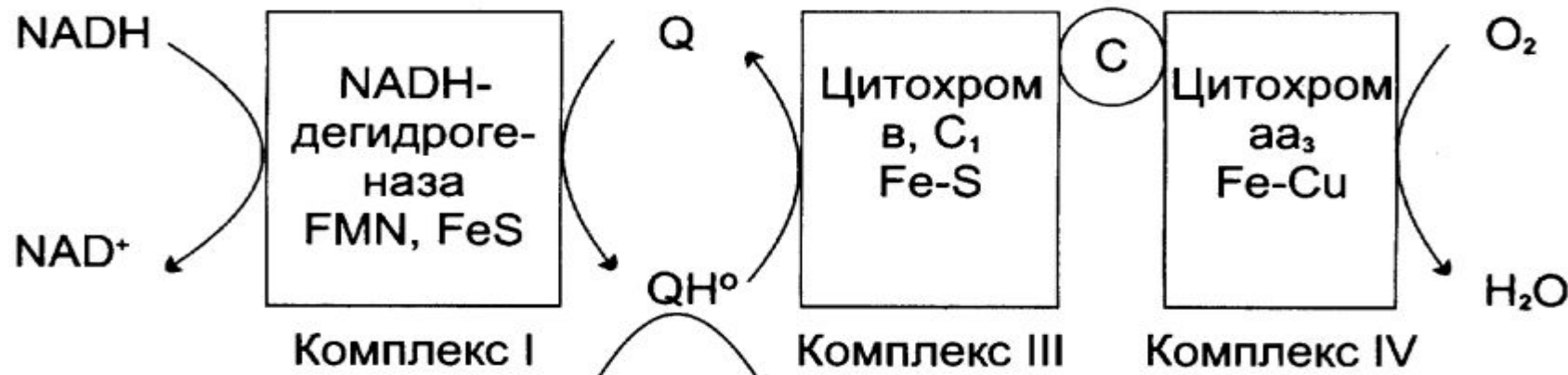
Это основной процесс, дающий энергию для синтеза АТФ

Цепь переноса электронов (ЦПЭ)



Движение электронов происходит в соответствии с редокс-потенциалом (окислительно-восстановительным) от меньшего к большему

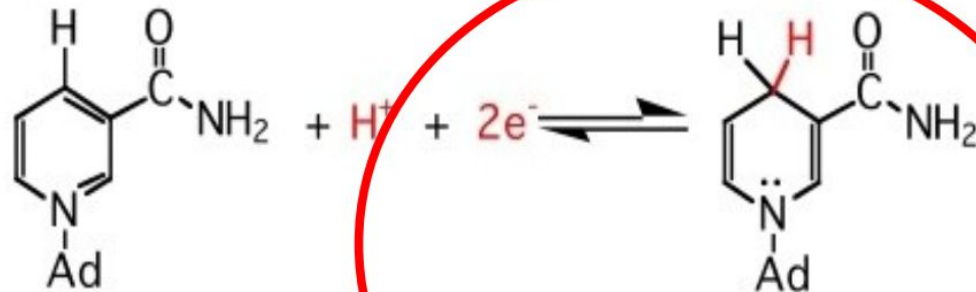
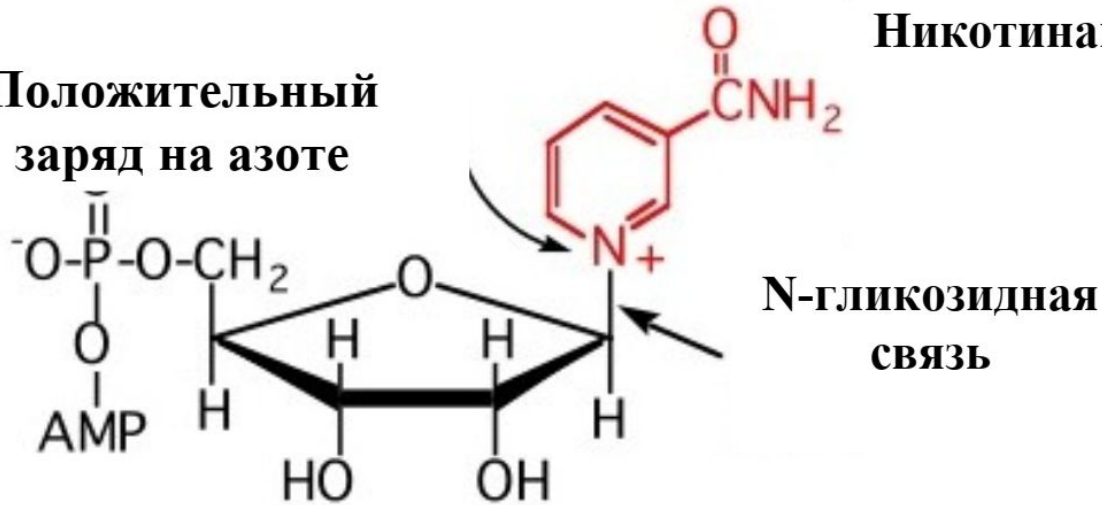
Redox reaction (half-reaction)	E'° (V)
$2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2$	-0.414
$NAD^{+} + H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow NADH$	-0.320
$NADP^{+} + H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow NADPH$	-0.324
$NADH \text{ dehydrogenase (FMN)} + 2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow NADH \text{ dehydrogenase (FMNH}_2\text{)}$	-0.30
$Ubiquinone + 2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow ubiquinol$	0.045
$Cytochrome \textit{b} (Fe^{3+}) + e^{-} \longrightarrow cytochrome \textit{b} (Fe^{2+})$	0.077
$Cytochrome \textit{c}_1 (Fe^{3+}) + e^{-} \longrightarrow cytochrome \textit{c}_1 (Fe^{2+})$	0.22
$Cytochrome \textit{c} (Fe^{3+}) + e^{-} \longrightarrow cytochrome \textit{c} (Fe^{2+})$	0.254
$Cytochrome \textit{a} (Fe^{3+}) + e^{-} \longrightarrow cytochrome \textit{a} (Fe^{2+})$	0.29
$Cytochrome \textit{a}_3 (Fe^{3+}) + e^{-} \longrightarrow cytochrome \textit{a}_3 (Fe^{2+})$	0.55
$\frac{1}{2}O_2 + 2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2O$	0.816



Направление движения электронов в ЦПЭ

Для НАД-зависимых S

Положительный заряд на азоте



НАД окисленная форма

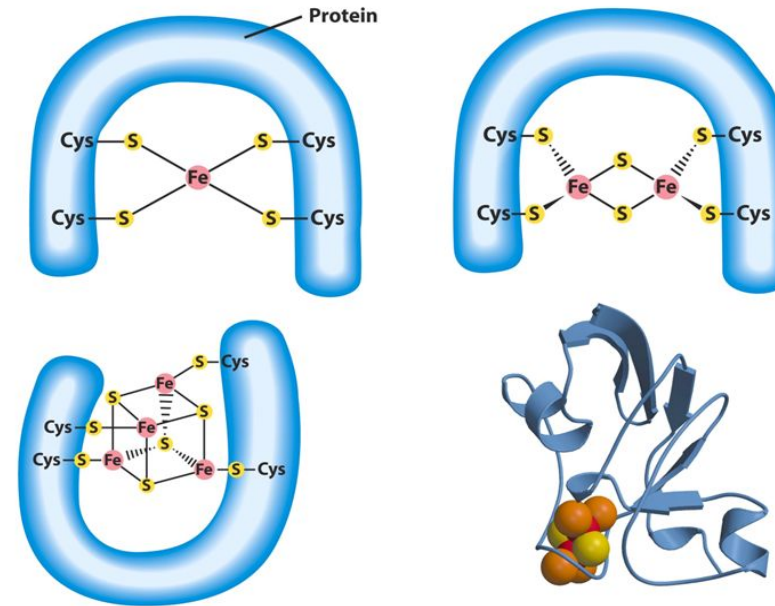
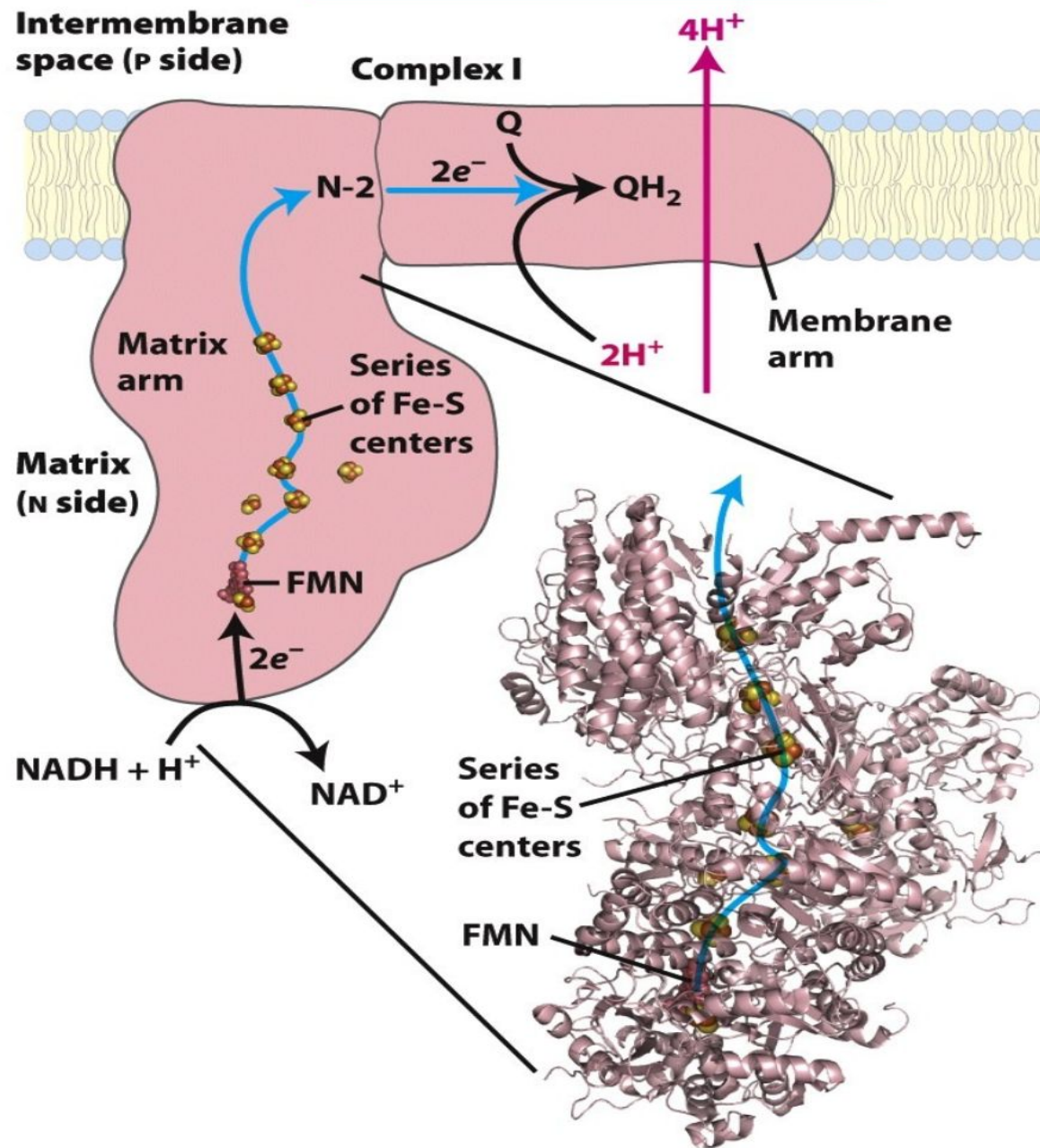
НАДН восстановленная форма

Переносчик $\text{H}^+ 2\text{e}^-$ от НАД-зависимых S

на первый дыхательный комплекс (ФМН FeS)

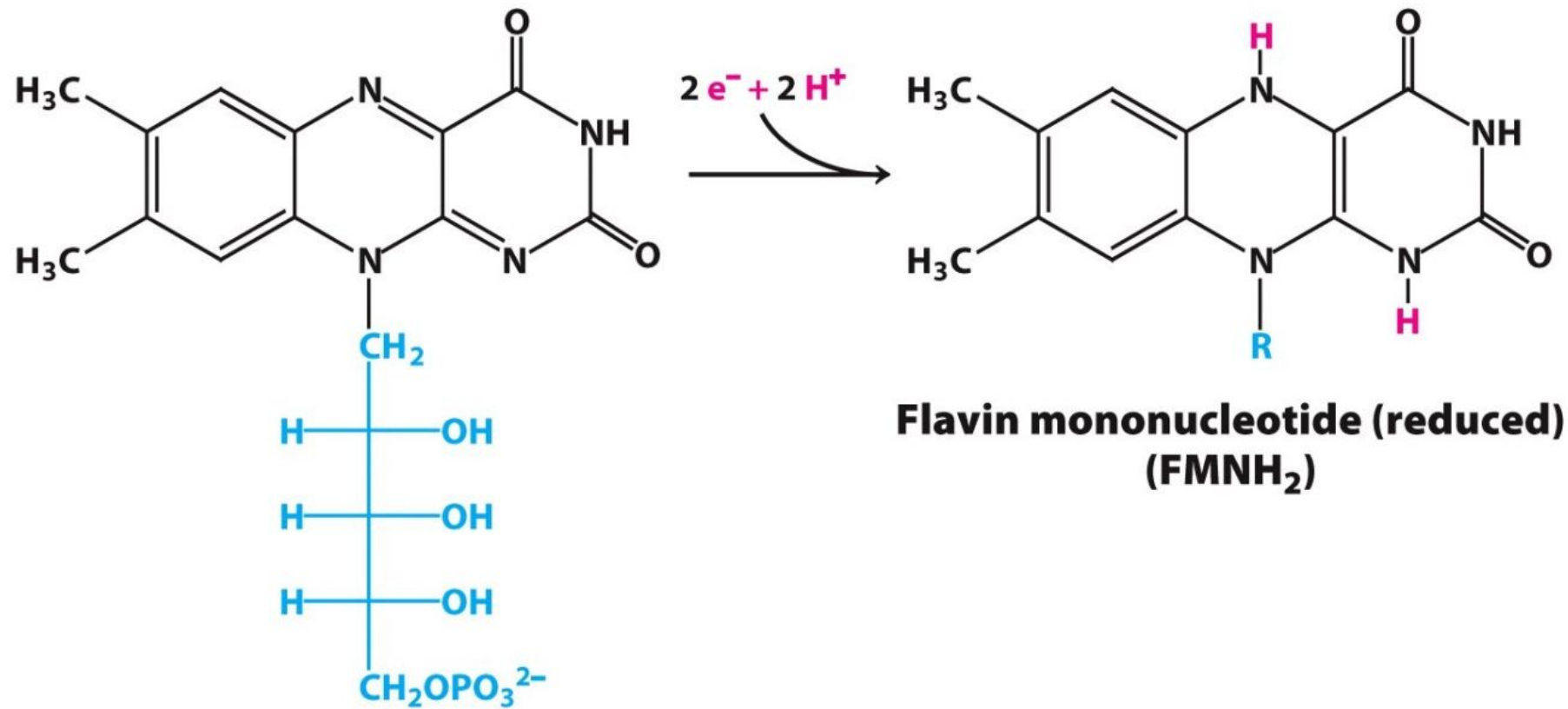
Комплекс I

Железо-серные белки



Благодаря железо-серным комплексам в структуре 1-го комплекса происходит перенос электронов. Ионы водорода при этом притягиваются, но не связываются с этим комплексом. Поэтому проходят дальше, в результате чего перекачиваются из матрикса митохондрии в межмембранное пространство против градиента концентрации. Таким образом электрохимическая цепь совершает

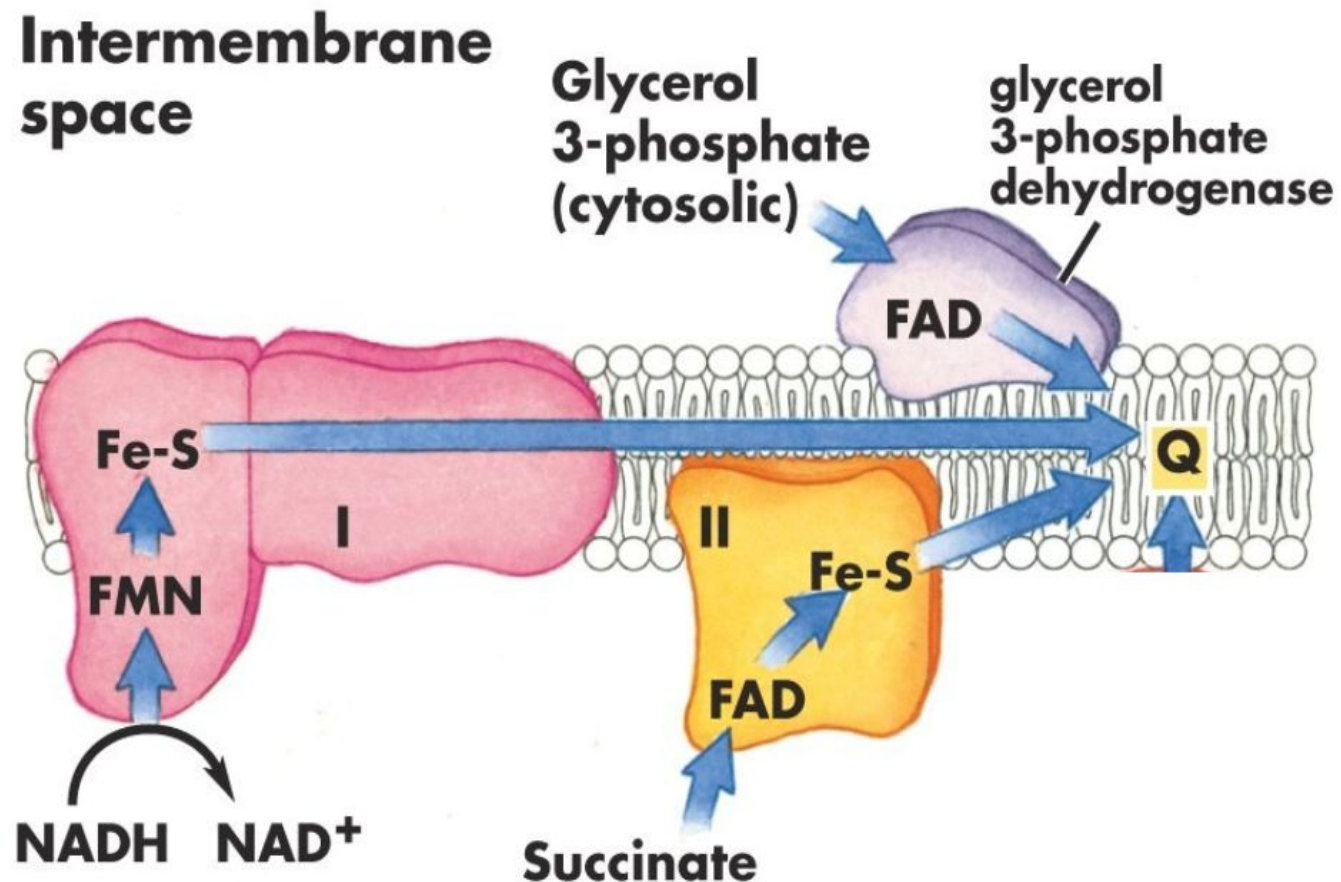
FMN – флавинмононуклеотид (ФМН)



**Flavin mononucleotide (oxidized)
(FMN)**

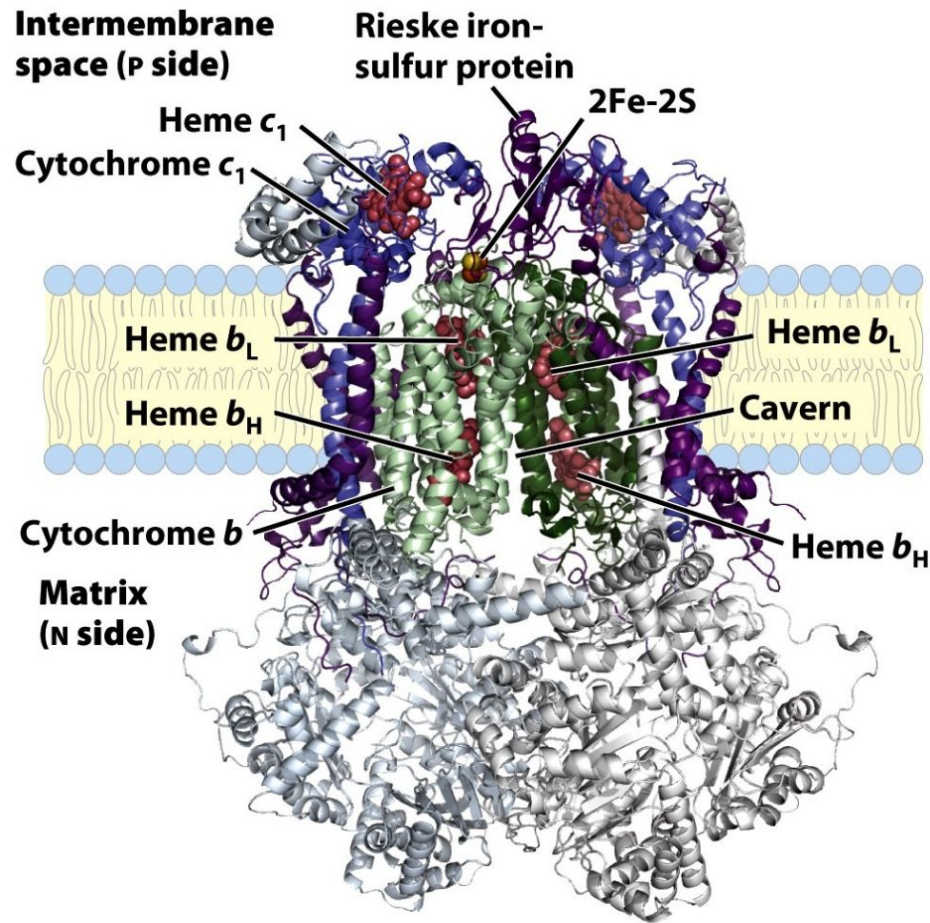
**Flavin mononucleotide (reduced)
(FMNH₂)**

Укороченная дыхательная цепь

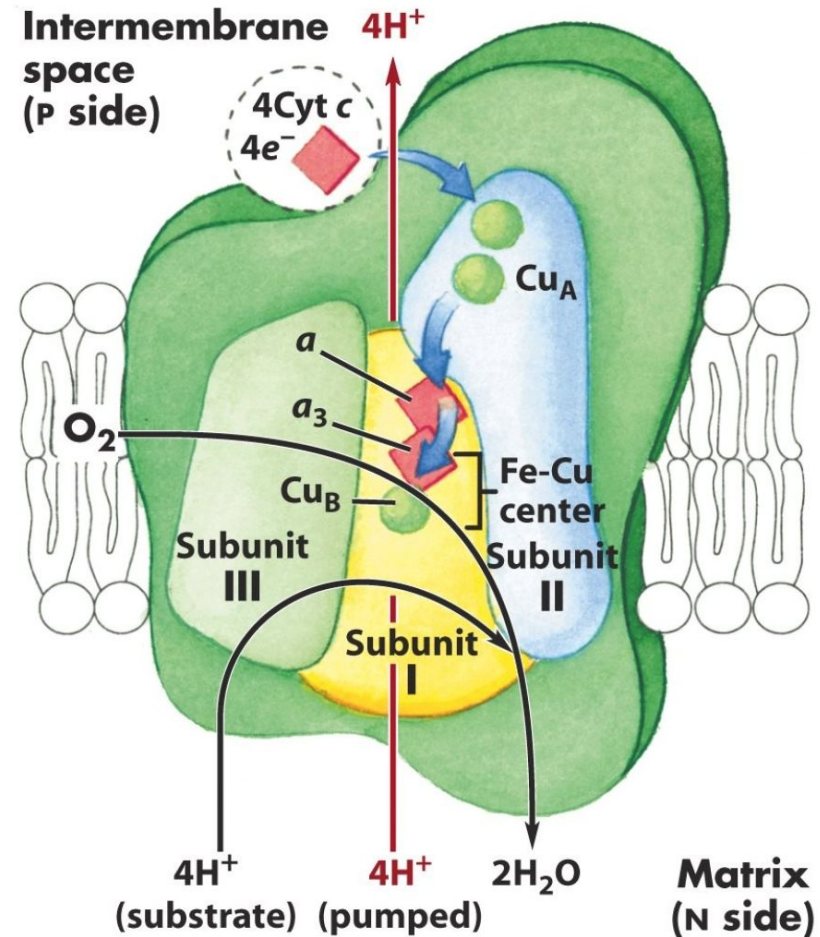


Начинается со 2-го комплекса, являющегося ФАД –зависимой сукцинатдегидрогеназой. Минуя 1-й комплекс происходит передача электронов на Убихинон. 2-й комплекс не способен перекачивать ионы водорода из матрикса в межмембранное пространство. Поэтому дыхательная цепь, начинающаяся с ФАД дает меньше энергии для синтеза АТФ (всего 2 АТФ)

Комплекс III



Комплекс IV

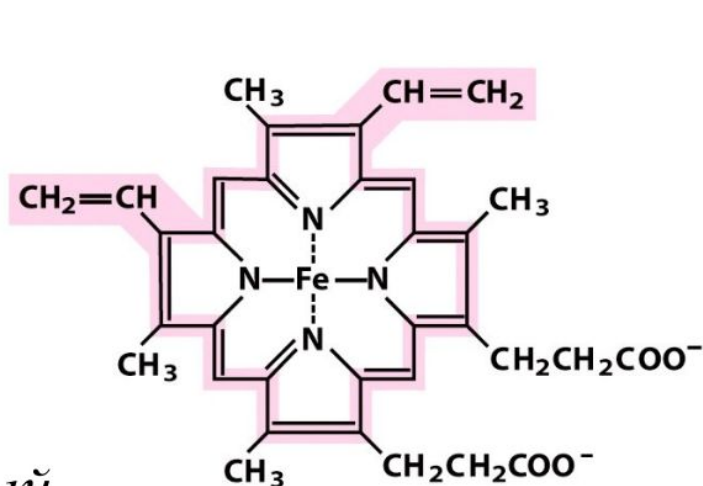


Цепь цитохромов переносит только электроны (происходит цепочка окислительно-восстановительных реакций). Выделяемая при этом энергия совершает работу по перекачиванию ионов водорода в межмембранное пространство через 3-й и 4-й комплекс. Конечным акцептором электронов в 4-м комплексе является кислород, который реагируя с ионами водорода образует ВОДУ

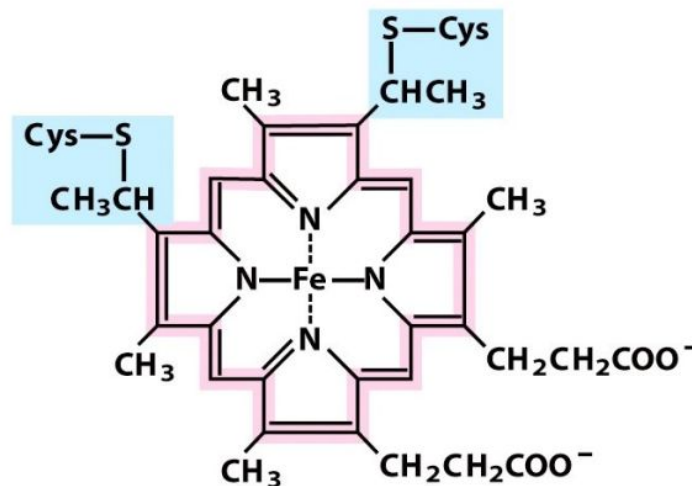
Цитохромы (цит)

Гем-
содержащие
протеины

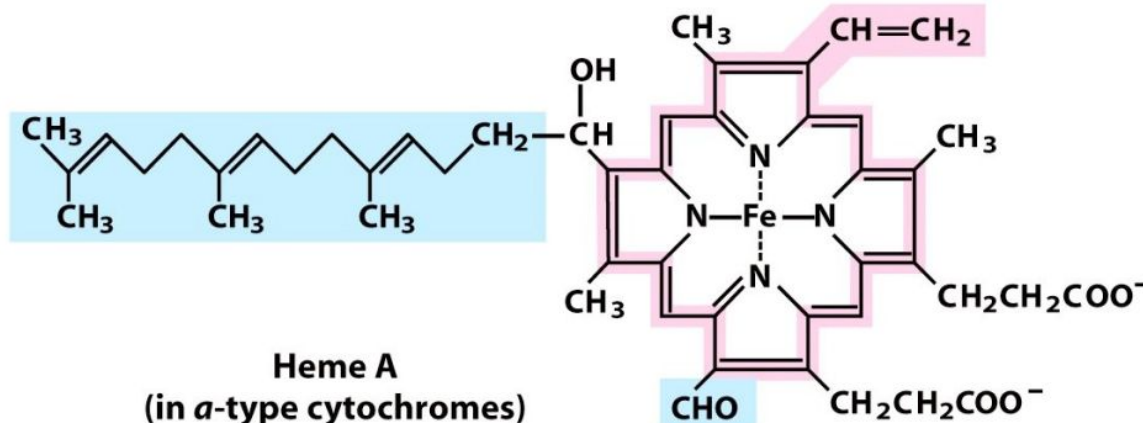
*Цит с растворимый
периф. протеин*



Iron protoporphyrin IX
(in *b*-type cytochromes)



Heme C
(in *c*-type cytochromes)

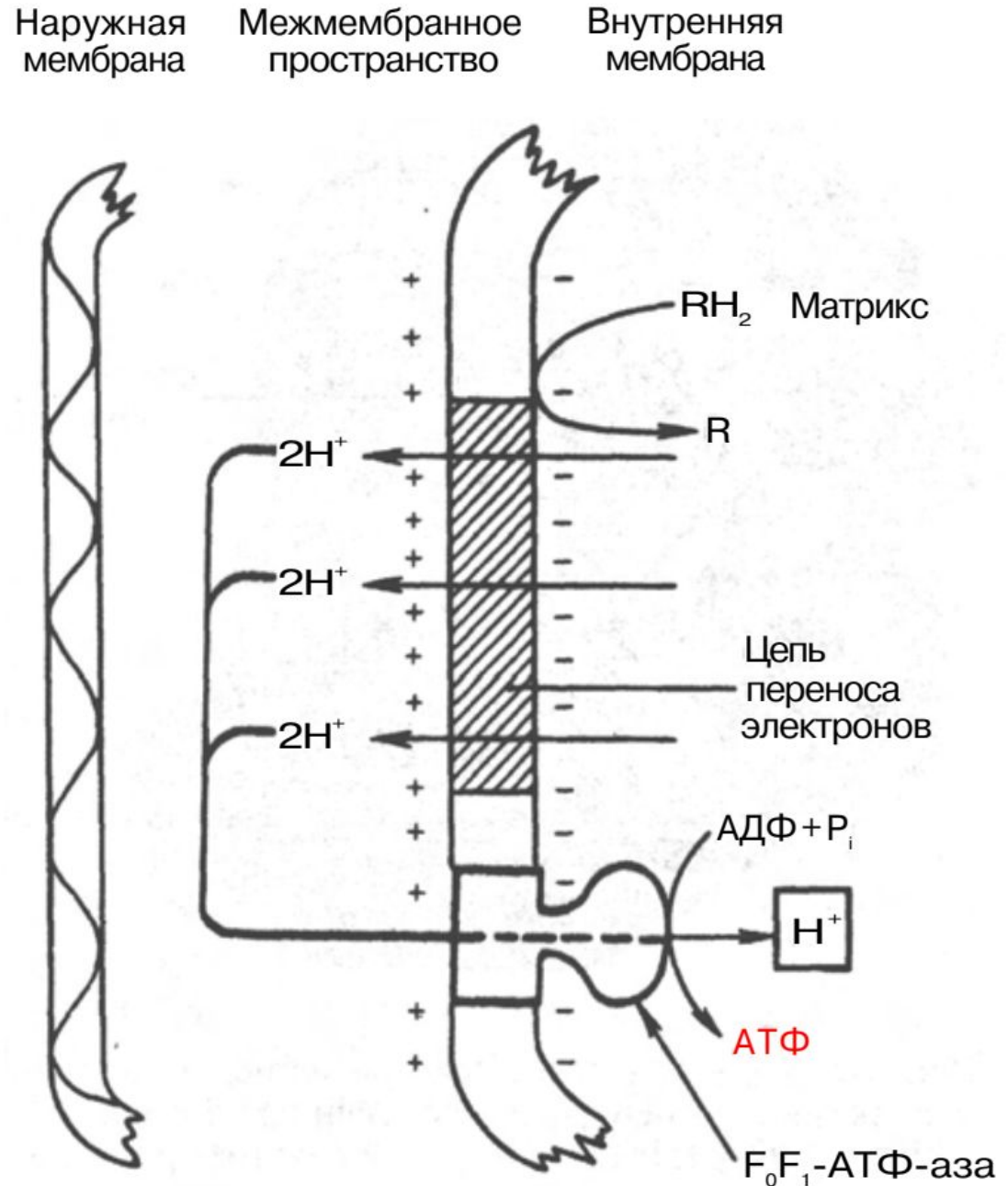


Heme A
(in *a*-type cytochromes)

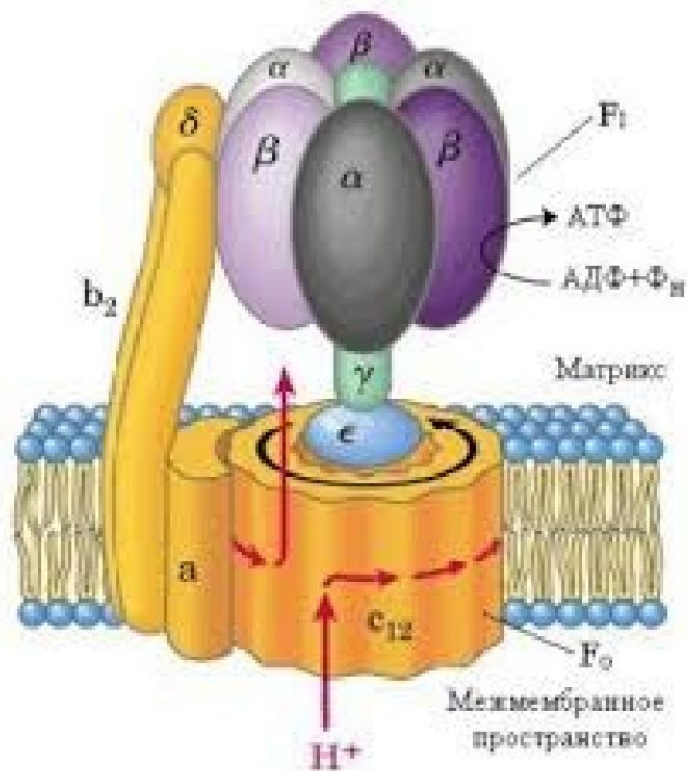
Хемиосмотическая теория

ЦПЭ выделяемую энергию использует для перекачивания ионов водорода из матрикса митохондрии в межмембранное пространство.

Создается трансмембранный потенциал, который может разрядиться только через специальный канал АТФ-синтазы. Движение ионов водорода через этот канал дает энергию для синтеза АТФ.

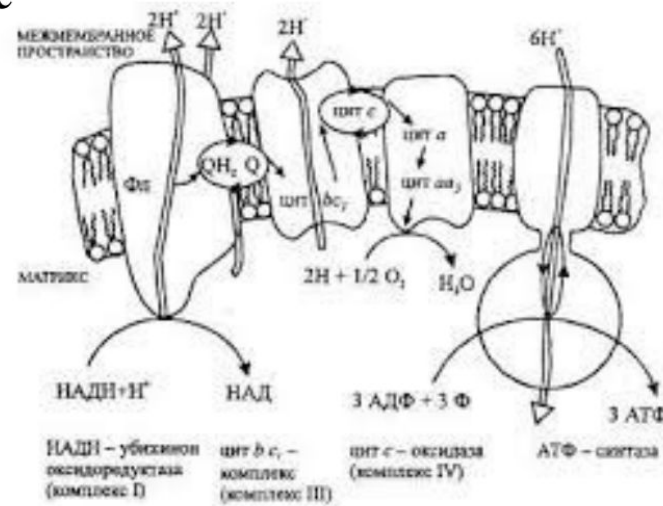


АТФ-синтаза



F_0 - трансмембранный домен (фактор сопряжения)

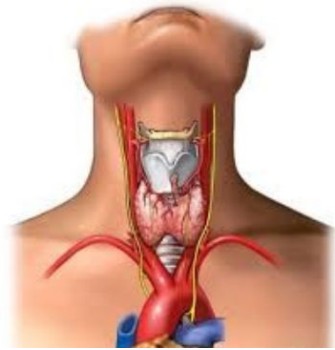
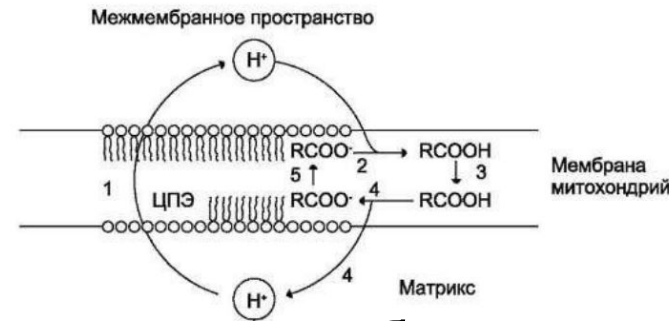
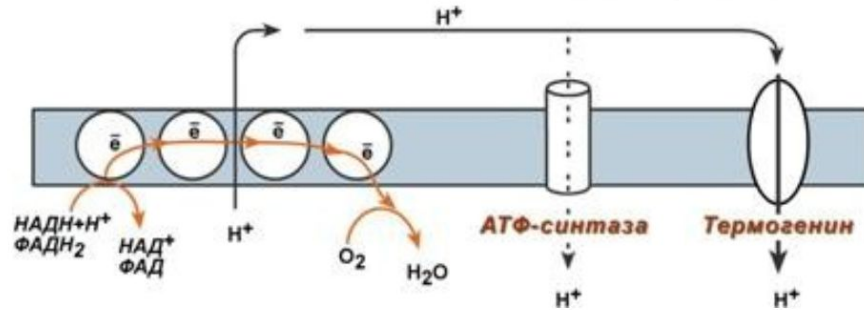
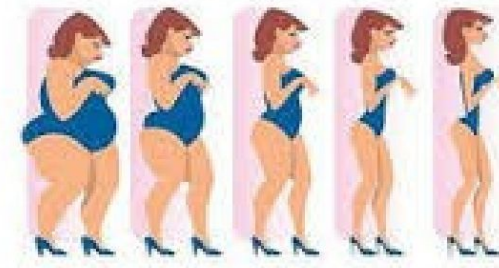
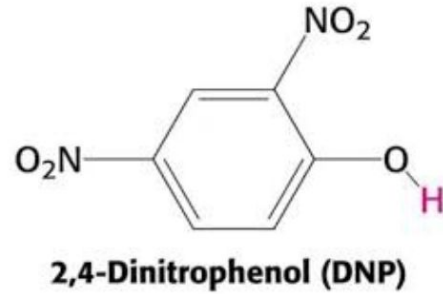
F_1 - находится вне мембраны, в матриксе



Энергию для синтеза АТФ-синтаза получает от протонов, проходящих по электрохимическому градиенту, из межмембранного пространства в матрикс митохондрий.

Антибиотик **ОЛИГОМИЦИН** подавляет активность F_0 -компонента АТФ-синтазы митохондрий

Разобщители

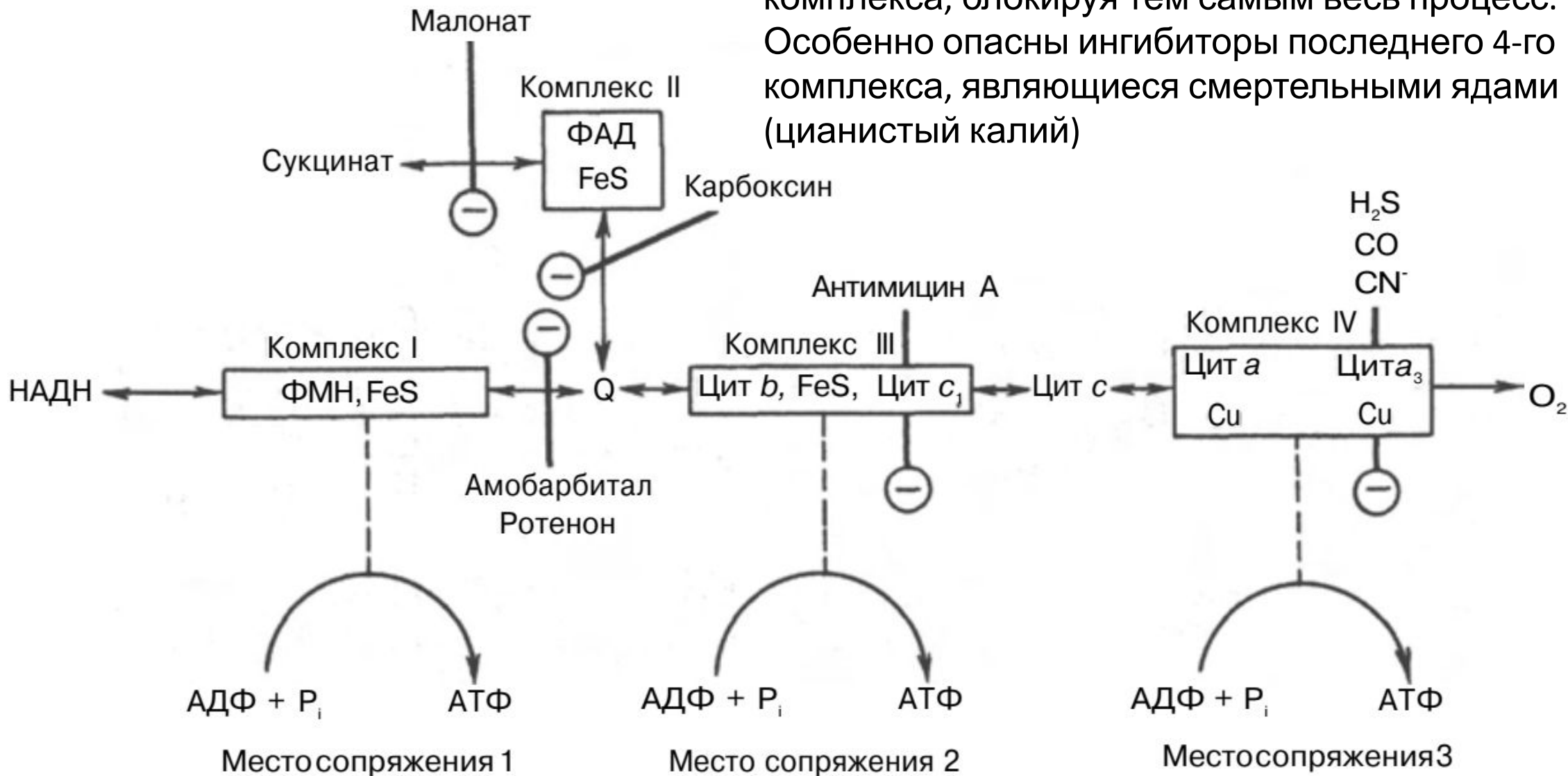


Разобщители – вещества, способствующие обратному проникновению ионов водорода из межмембранного пространства в матрикс митохондрии, минуя АТФ-синтазу. В результате полезная химическая работа не совершается – АТФ не синтезируется, а энергия рассеивается в виде тепла.

Физиологические вещества разобщители – белок термогенин и гормон тироксин.

Ингибиторы цепи тканевого дыхания

Ингибиторы ЦТД подавляют работу того или иного комплекса, блокируя тем самым весь процесс. Особенно опасны ингибиторы последнего 4-го комплекса, являющиеся смертельными ядами (цианистый калий)



Благодарю за внимание!

