

# БИОЭНЕРГЕТИКА

- Реакции биологического окисления
- Принципы структурно-функциональной организации электронтранспортной цепи митохондрий
- Сопряжение окисления и фосфорилирования в электронтранспортной цепи митохондрий

# Основные биоэнергетические процессы:

- ❖ **запасание химической энергии** в форме АТФ, сопряженное с экзергоническими реакциями окисления субстратов - реакциями катаболизма;
- ❖ **утилизация энергии** путем гидролиза АТФ, сопряженная с эндергоническими реакциями синтеза - реакциями анаболизма.

Синтез АТФ - *фосфорилирование АДФ* -  
основной вопрос биоэнергетики.

*Фосфорилирование АДФ* - эндергонический  
процесс ( $\Delta G > 0$ ).

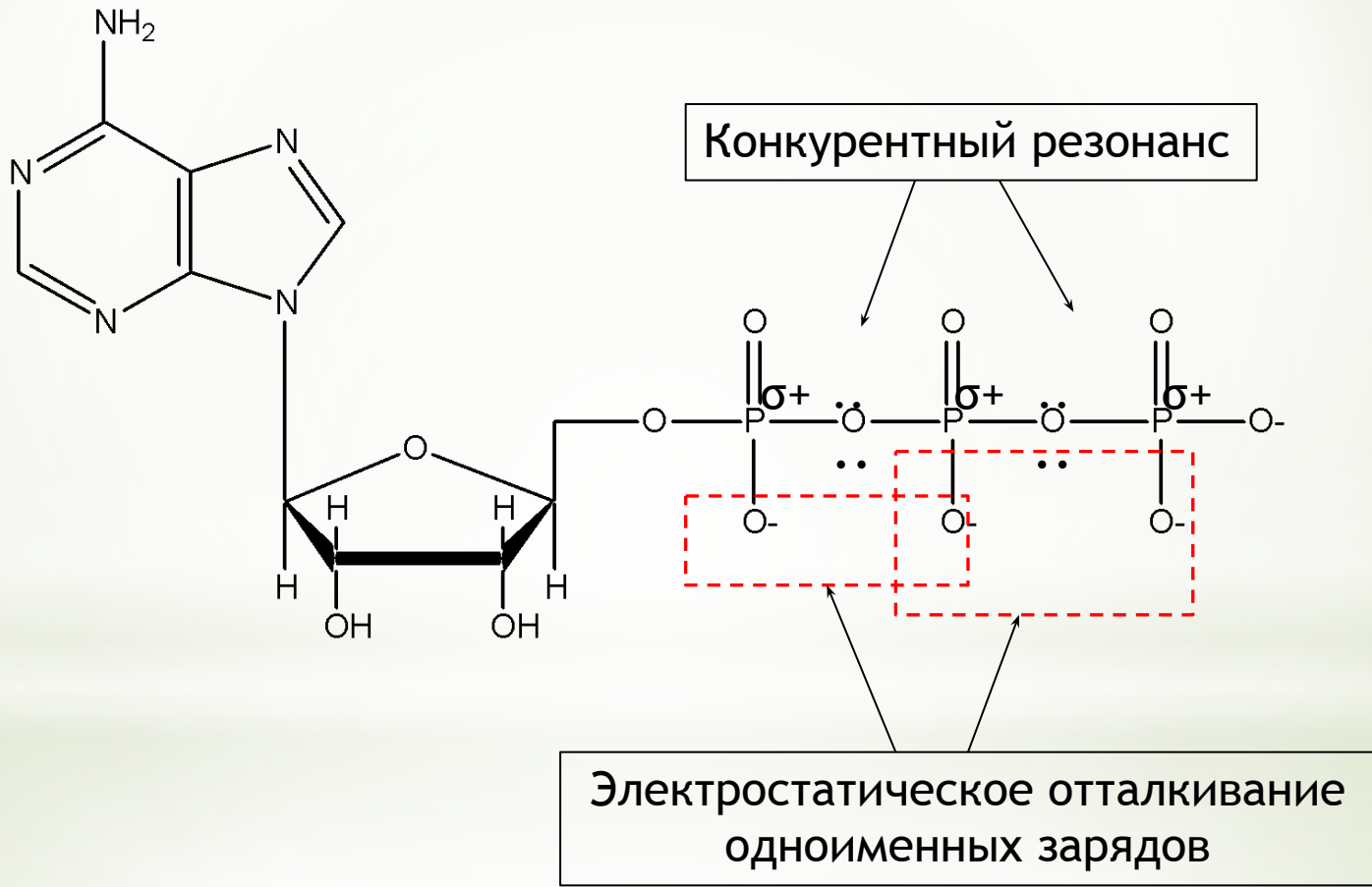
Источники энергии для синтеза АТФ:

- химическая энергия;
- солнечная энергия.

## Фосфорилирование АДФ:

1. **Фотосинтетическое** - синтез АТФ в световой стадии фотосинтеза (фототрофы);
2. **Окислительное** - энергия окисления органических соединений трансформируется в макроэргические связи АТФ;
3. **Субстратное** - донорами Фн являются метаболиты, акцептором АДФ.

# АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) - термодинамически нестойкое соединение



Независимо от типа фосфорилирования  
**синтез АТФ** связан с реакциями **окисления!**

Совокупность реакций окисления  
органических соединений (субстратов) -  
**биологическое окисление.**

Аэробное окисление -  
конечный акцептор  $e^-$   $O_2$  - *дыхание*.

Анаэробное окисление -  
конечный акцептор  $e^-$  органические  
соединения.

Передача  $e^-$  от субстрата на кислород происходит с участием ряда **промежуточных переносчиков** (промежуточных акцепторов).

Промежуточные переносчики организованы в сложную систему, локализованную во внутренней мембране митохондрий.





Совокупность последовательных окислительно-восстановительных реакций осуществляется цепью переноса (транспорта) электронов, или **дыхательной цепью**.

Система образована окислительно-восстановительными ферментами и кофакторами:

- ❖ Пиридинзависимые дегидрогеназы;  
КоЕ: НАД<sup>+</sup>
- ❖ Флавинзависимые дегидрогеназы;  
КоЕ: ФАД, ФМН
- ❖ Убихинон (КоQ)
- ❖ Цитохромы с, с<sub>1</sub>, b, a, a<sub>3</sub>
- ❖ FeS-белки

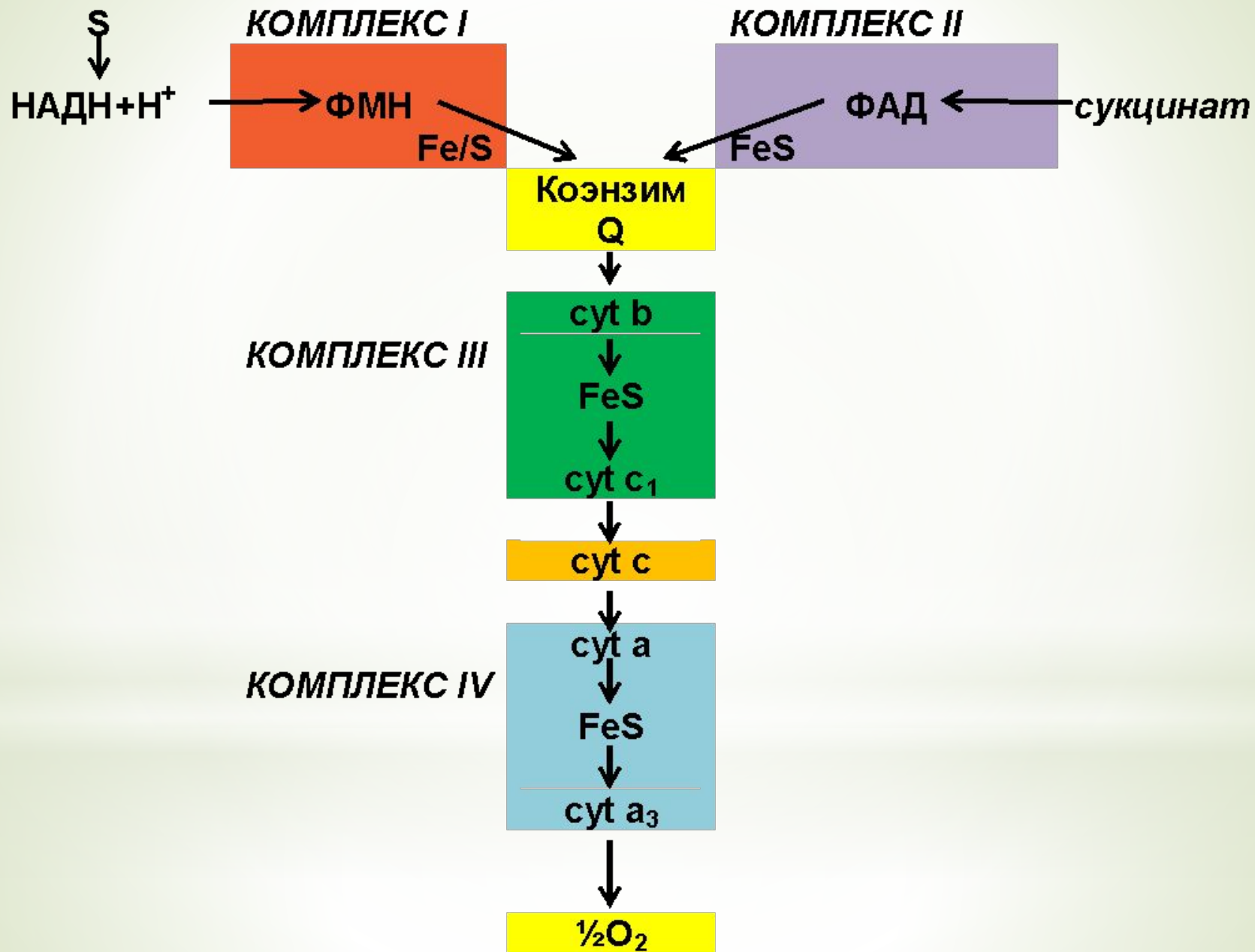
Компоненты электрон-транспортной цепи организованы в 4 комплекса:

**Комплекс I:** ФМН-зависимая НАДН : КоQ-оксидоредуктаза

**Комплекс II:** ФАД-зависимая сукцинат : КоQ-оксидоредуктаза

**Комплекс III:** КоQH<sub>2</sub> : сyt c-оксидоредуктаза

**Комплекс IV:** цитохромоксидаза



Направление потока электронов в ЭТЦ определяется окислительно-восстановительными потенциалами компонентов цепи ( $E_o'$ ).

**$\Delta G$**  всей цепи = ***-220 кДж/моль.***

Образующаяся при окислении энергия используется для фосфорилирования АДФ.

В ЭТЦ есть 3 участка, на которых выделяется более 30 кДж/моль (макроэргическая связь >30 кДж/моль) - **участки сопряжения окисления и синтеза АТФ.**

При переносе  **$2e^-$**  от субстрата по электрон-транспортной цепи на атом кислорода синтезируется **3 молекулы АТФ.**

Среднесуточное потребление кислорода - **27 моль**.

Из них:

- ✓ 2 моль расходуется на оксигеназные и оксидазные реакции;
- ✓ **25 моль - на дыхание** (восстанавливается в ЭТЦ митохондрий).

Следовательно, синтезируется **125 моль АТФ** (при  $P/O = 2,5$  - среднее значение).

$M(АТФ) = 507,2$  г/моль, т.е. синтезируется **~ 63 кг**.

*Масса АТФ* в организме - **20-30 г**.

Следовательно, каждая молекула АТФ за сутки гидролизуется и фосфорилируется **~ 2500 раз**.

- ✓ Каким образом транспорт электронов служит источником энергии?
- ✓ Как эта энергия передается в реакцию фосфорилирования АДФ:  $\text{АДФ} + \text{Фн} \rightarrow \text{АТФ}$ ?



*Петер Митчелл* (1920-1992)  
Лауреат Нобелевской премии  
по химии (1978)  
за вклад в понимание процессов  
преобразования энергии  
в живых организмах и  
формулировку  
хемиосмотической теории