# 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 ($\Delta G > 0$).

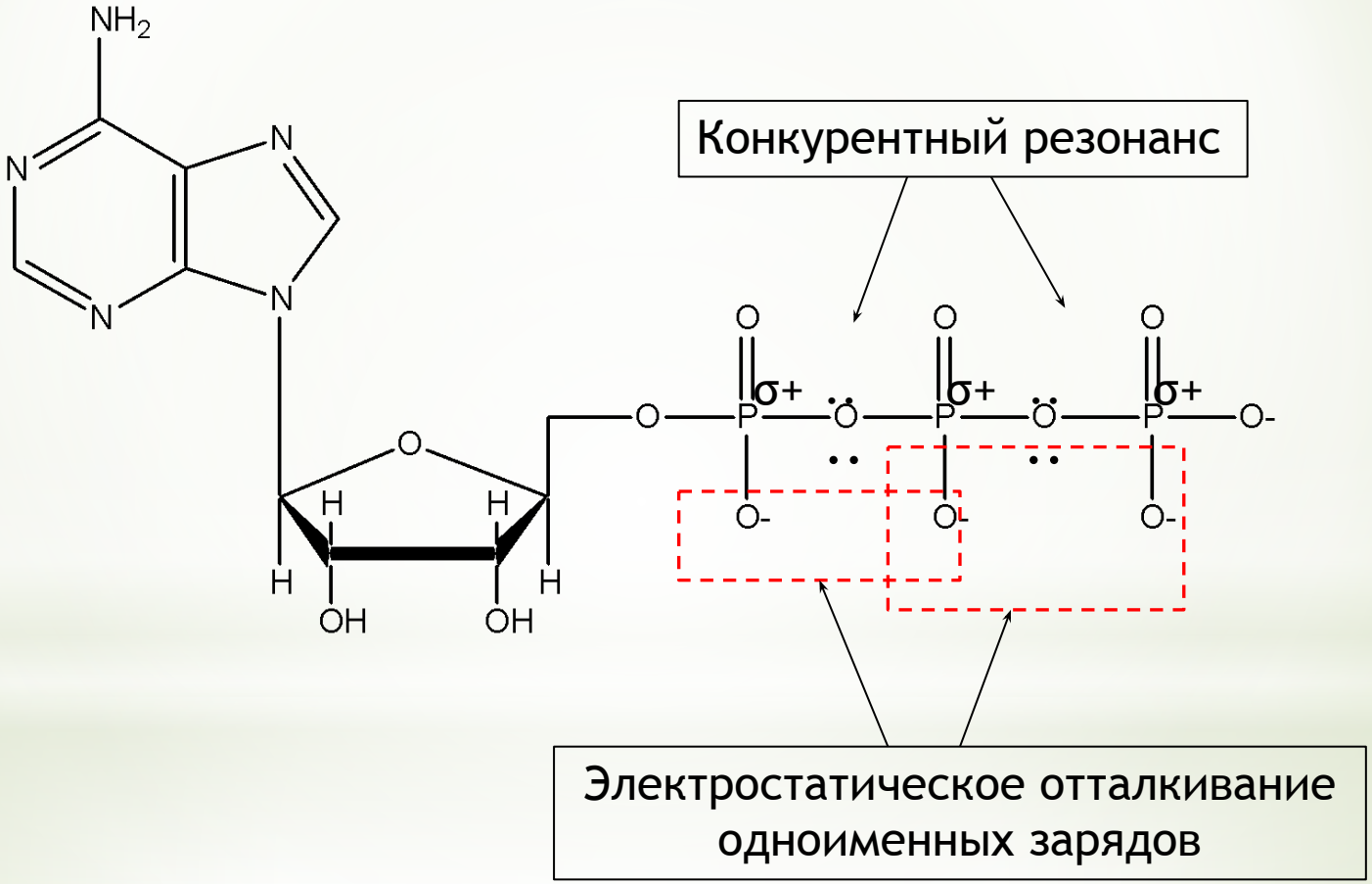
Источники энергии для синтеза АТФ:

- 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 <u>во внутренней мембране митохондрий.</u>

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

Система образована <u>окислительно-восстановительными ферментами и кофакторами:</u>

- Пиридинзависимые дегидрогеназы;

  <u>КоЕ</u>: $НАД^+$
- Флавинзависимые дегидрогеназы;

  <u>КоЕ</u>: ФАД, ФМН
- Убихинон (Ко*Q*)
- Цитохромы c, $c_1$, b, a, $a_3$
- *FeS*-белки

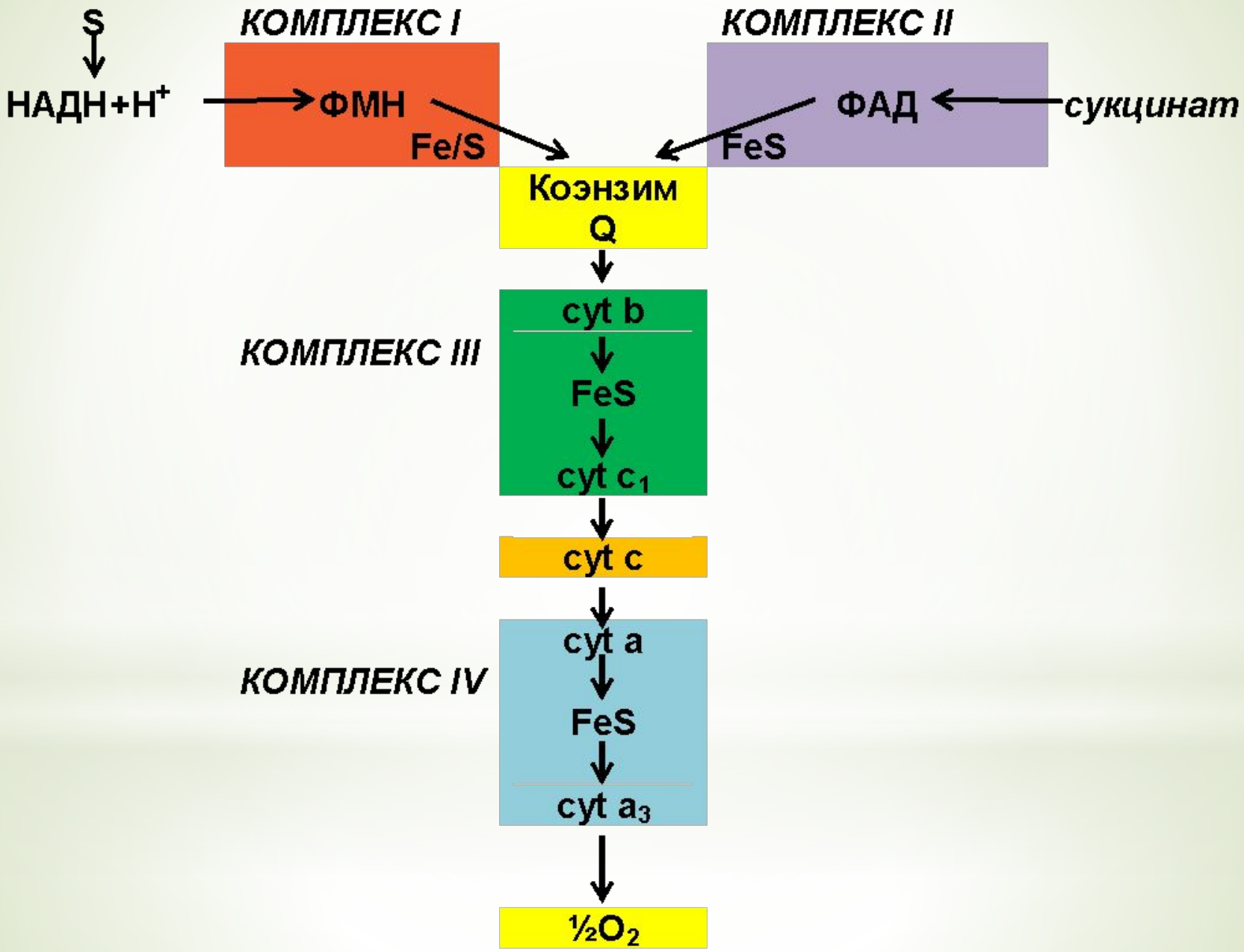
Компоненты электрон-транспортной цепи организованы в **4 комплекса**:

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

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

**Комплекс III:** $KoQH_2$ : cyt ***c***-оксидоредуктаза

**Комплекс IV:** цитохромоксидаза


S
НАДН+Н+
КОМПЛЕКС I
ФМН
Fe/S
КОМПЛЕКС II
ФАД
FeS
сукцинат
Коэнзим Q
КОМПЛЕКС III
cyt b
FeS
cyt c1
cyt c
КОМПЛЕКС IV
cyt a
FeS
cyt a3
½O2

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

***ΔG*** 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***.

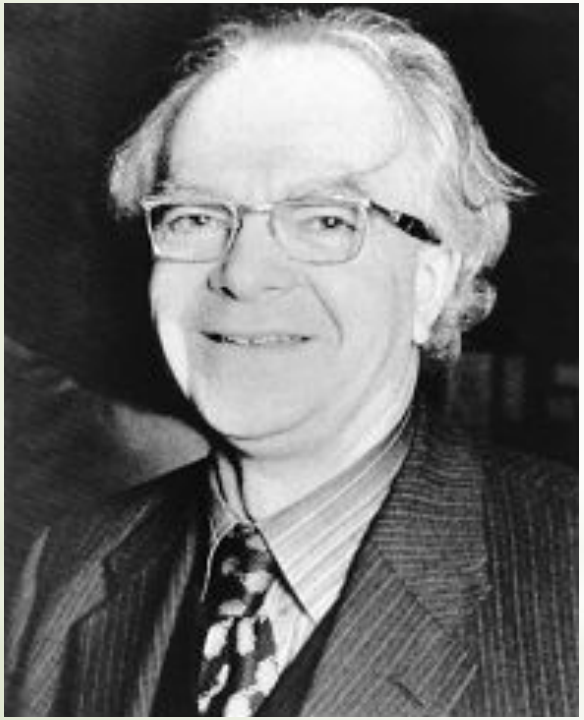
Среднесуточное потребление кислорода – **27 моль.**
Из них:

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

Следовательно, **синтезируется 125 моль АТФ** (при Р/О = 2,5 – среднее значение).
***М(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: **АДФ + Фн → 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