

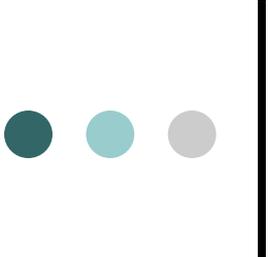
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И
КЛИНИЧЕСКОЙ БИОХИМИИ

Лекция по теме:

**«ВВЕДЕНИЕ В ОБМЕН
ВЕЩЕСТВ.
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ОБМЕН»**

Краснодар

2016



Стадии обмена веществ

1. Переваривание – ферментативный гидролиз в желудочно-кишечном тракте
2. Транспорт веществ:
 - всасывание (резорбция)
 - физический транспорт кровью и лимфой
 - трансмембранный перенос в клетку
3. **Метаболизм (анаболизм + катаболизм)**
4. Выведение конечных продуктов обмена из организма



Химический состав тела человека

Вес 70 кг

- ▣ Вода 42 кг**
- ▣ Неорганические вещества 3 кг**
- ▣ Органические вещества 25 кг**
 - белки ≈ 15 кг**
 - липиды ≈ 10 кг**
 - углеводы $\approx 0,7$ кг**



Пищевые вещества (нутриенты)

▣ Основные пищевые вещества (макронутриенты)

белки (≈ 100 г/сут)

липиды (≈ 100 г/сут)

углеводы (≈ 450 г/сут)

▣ Минорные пищевые вещества (микронутриенты)

ВИТАМИНЫ

минеральные вещества

Метаболизм

The diagram features a central title 'Метаболизм' in red. A green line extends downwards from the title and then branches into two arrows pointing left and right. Below the left arrow is the text 'Катаболизм –' and below the right arrow is 'Анаболизм –'. Under each of these are two columns of text: the first column is blue and describes the processes, while the second column is green and describes the energy requirements. On the far left, there are three colored circles (dark teal, light teal, grey) and a vertical black line.

Катаболизм –

совокупность
поэтапных
ферментативных
процессов
расщепления
сложных молекул до
простых.

Идёт с
высвобождением
энергии –
экзэргонический
процесс

Анаболизм –

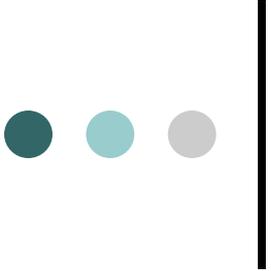
совокупность
поэтапных
ферментативных
процессов
построения сложных
веществ из более
простых
предшественников.

Идёт с затратой
энергии,
эндэргонический
процесс



Значение метаболизма

- 1. Снабдить клетку энергией**
- 2. Обеспечить строительными блоками**
- 3. Собрать макромолекулы для построения клеточных структур**
- 4. Обеспечить распад функционально активных молекул (ферментов, гормонов, медиаторов и др.)**



Общая энергия вещества

Свободная

Связанная

Полезная

Бесполезная

**(макро-
энергические
связи)**

(тепло)

Превращения полезной энергии

Выделение энергии:
окисление углеводов, жиров, белков

АТФ

**АДФ +
НР**

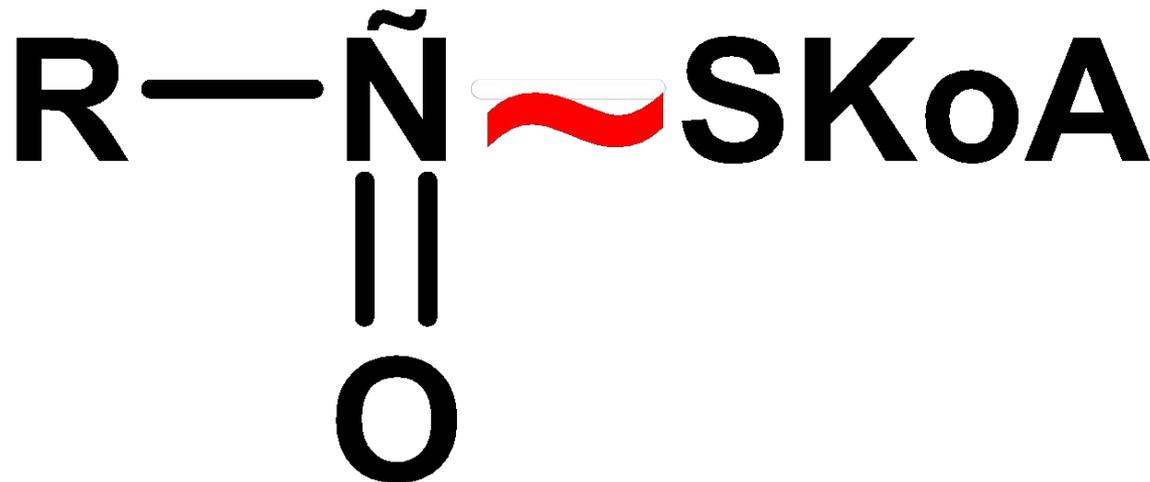
Использование энергии:
биосинтез, сокращение мышц, активный транспорт, проведение нервного импульса

Макроэнергетическая связь

- Богатая энергией связь (> 5 ккал или 21 кДж/моль);
- Энергия макроэнергетической связи превращается в работу, минуя стадию тепла.

• • • |

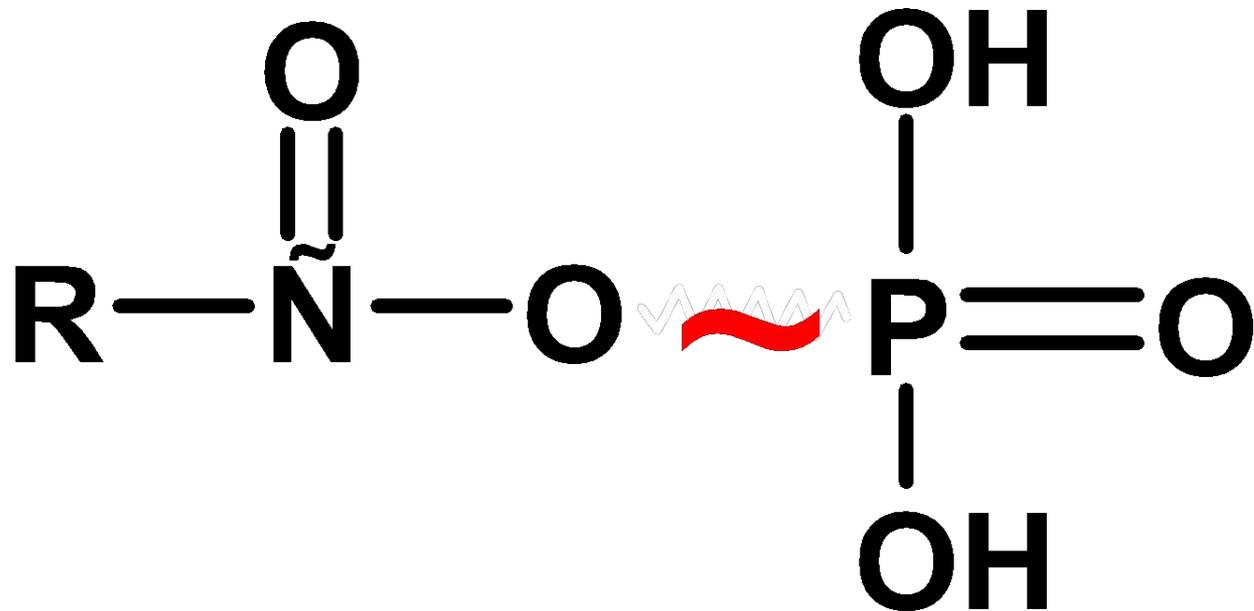
Тиоэфирные макроэргические соединения



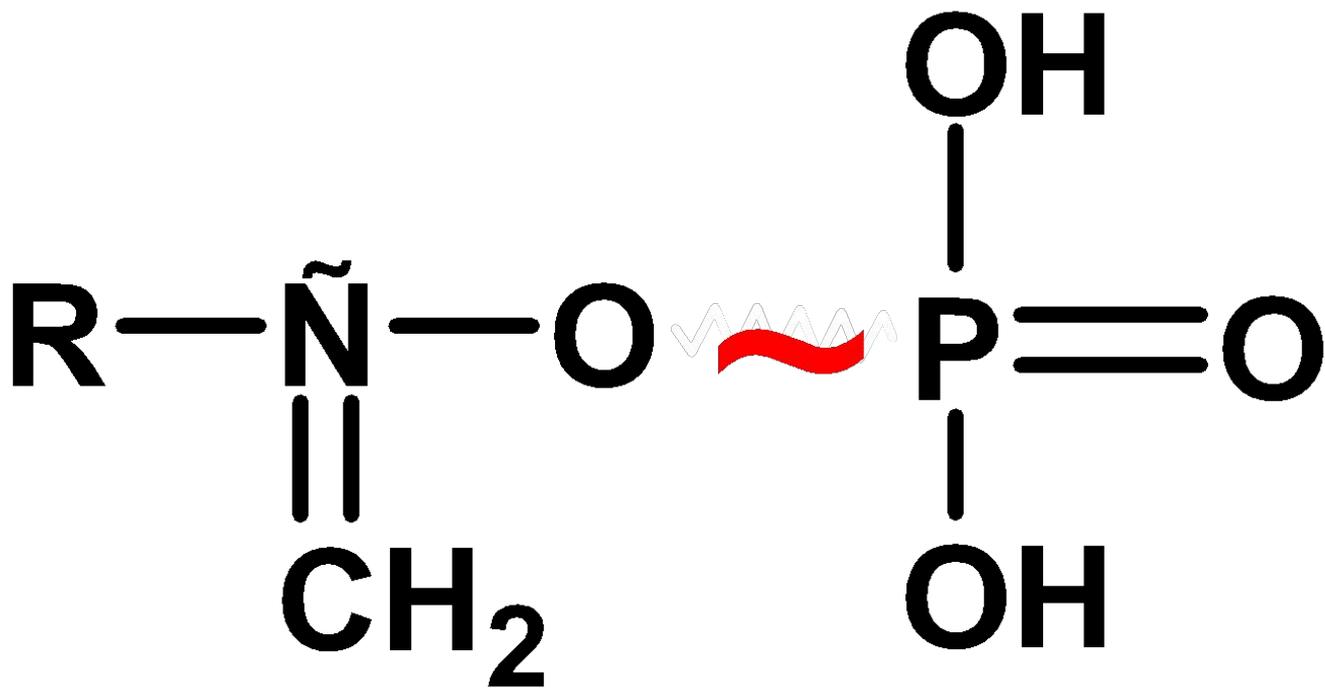
● ● ● | Макроэргические соединения

Производные фосфорной кислоты

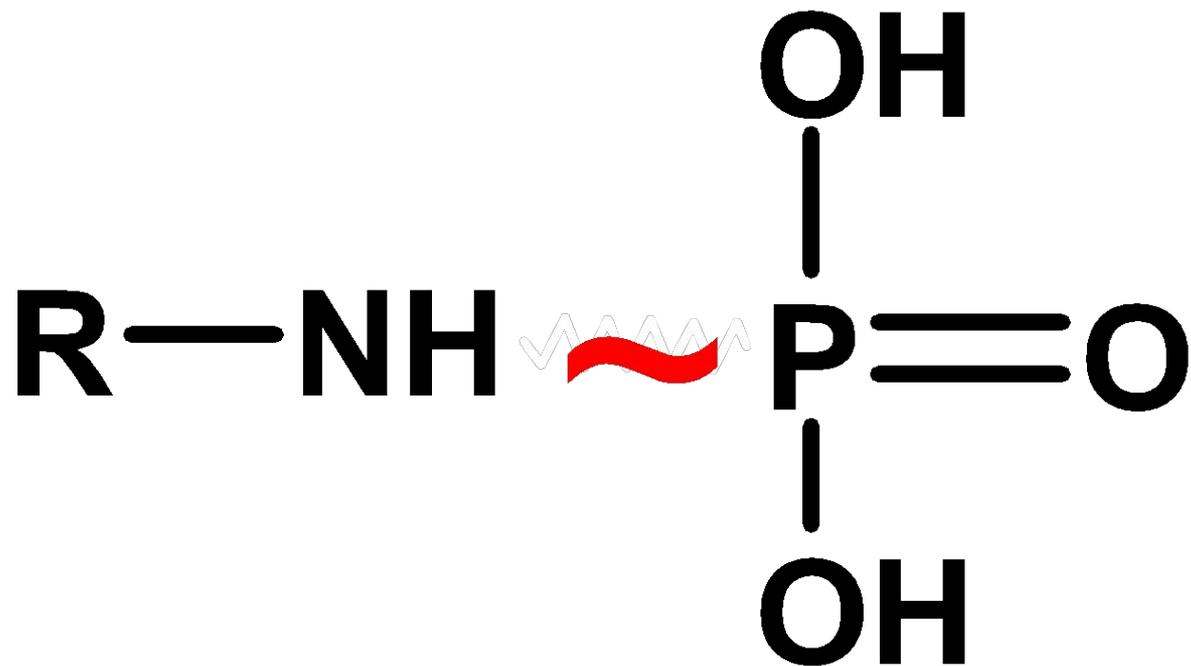
Карбоксилфосфатные



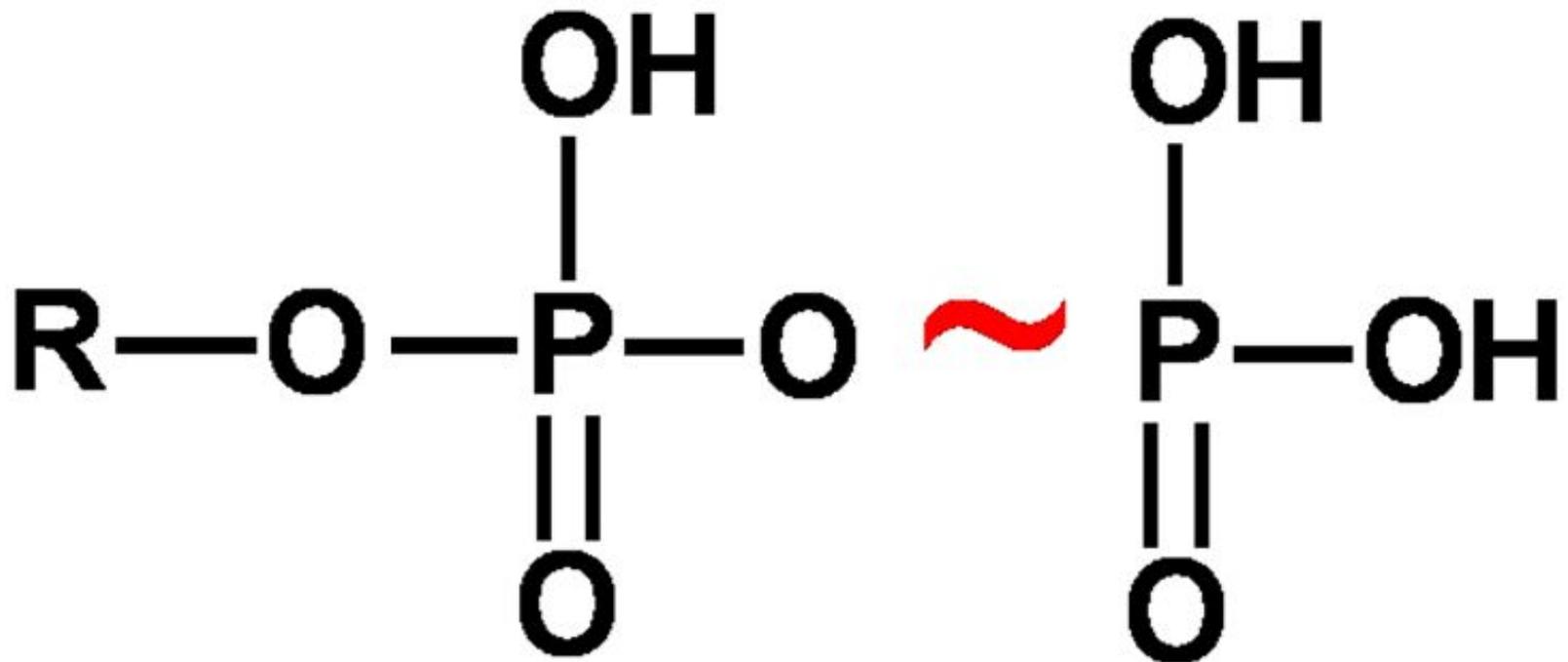
Енолфосфатные



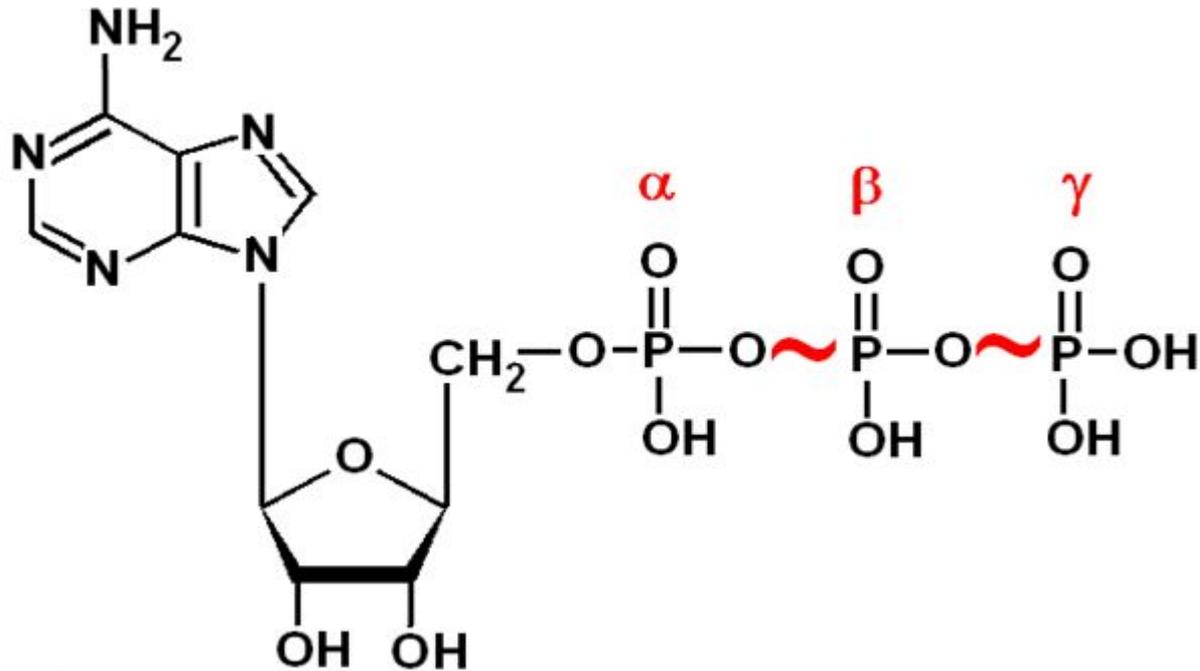
Аминофосфатные



Пирофосфатные



Адениловая система



Аденозин

Аденозинмонофосфат (АМФ)

Аденозиндифосфат (АДФ)

Аденозинтрифосфат (АТФ)

Фосфорилирование АДФ



$$Q \geq 7,1 \text{ ккал}$$

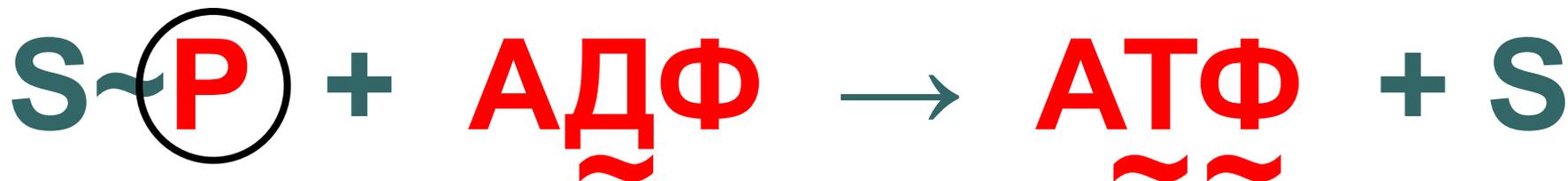
Энергия для фосфорилирования может

1. содержаться в субстрате (субстратное фосфорилирование) или

2. выделяться при окислении (окислительное фосфорилирование)



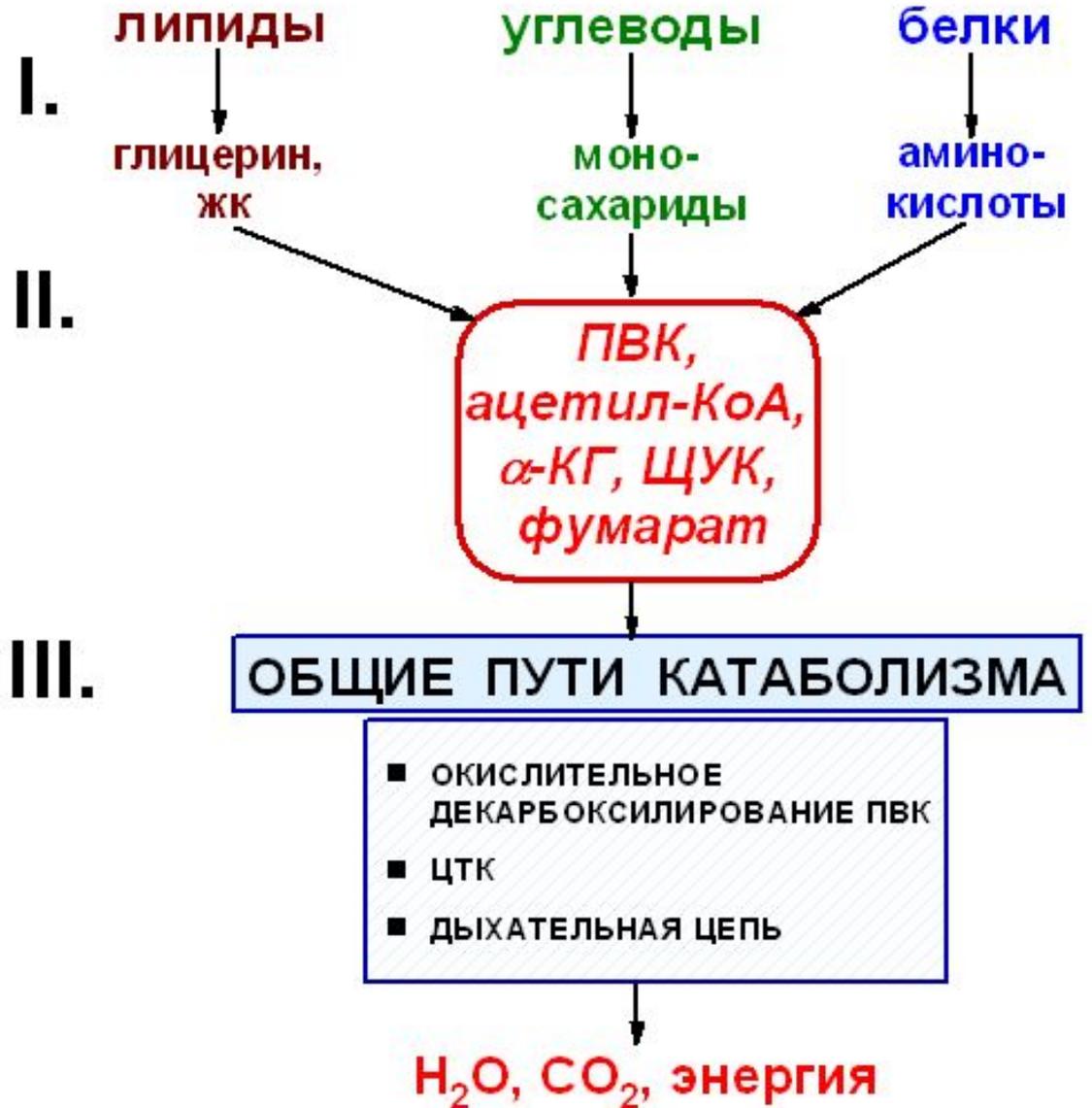
Субстратное фосфорилирование



Стадии катаболизма по Кребсу

переваривание

образование
ключевых
продуктов



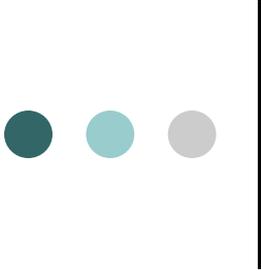
Строение МИТОХОНДРИИ





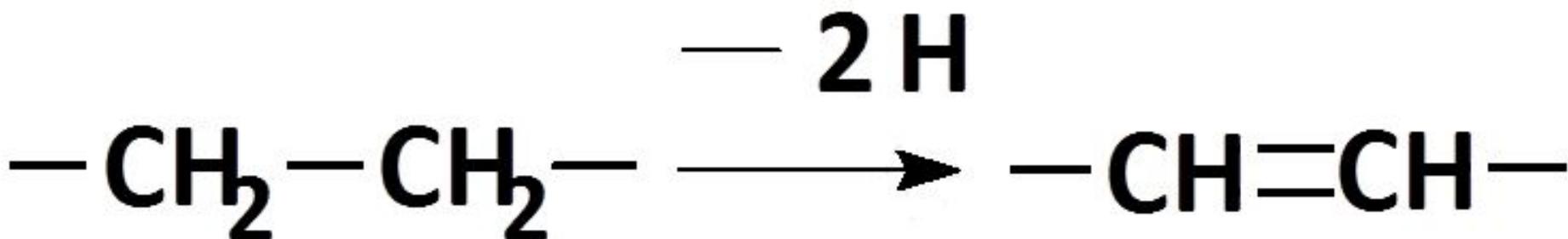
Дыхательная цепь (цепь тканевого дыхания, цепь переноса электронов – ЦПЭ) –

комплекс ферментов, локализованных во внутренней мембране митохондрий, катализирующий реакции переноса водорода (протонов и электронов) от окисляемого субстрата на кислород. При переносе водорода на кислород образуется вода и энергия.



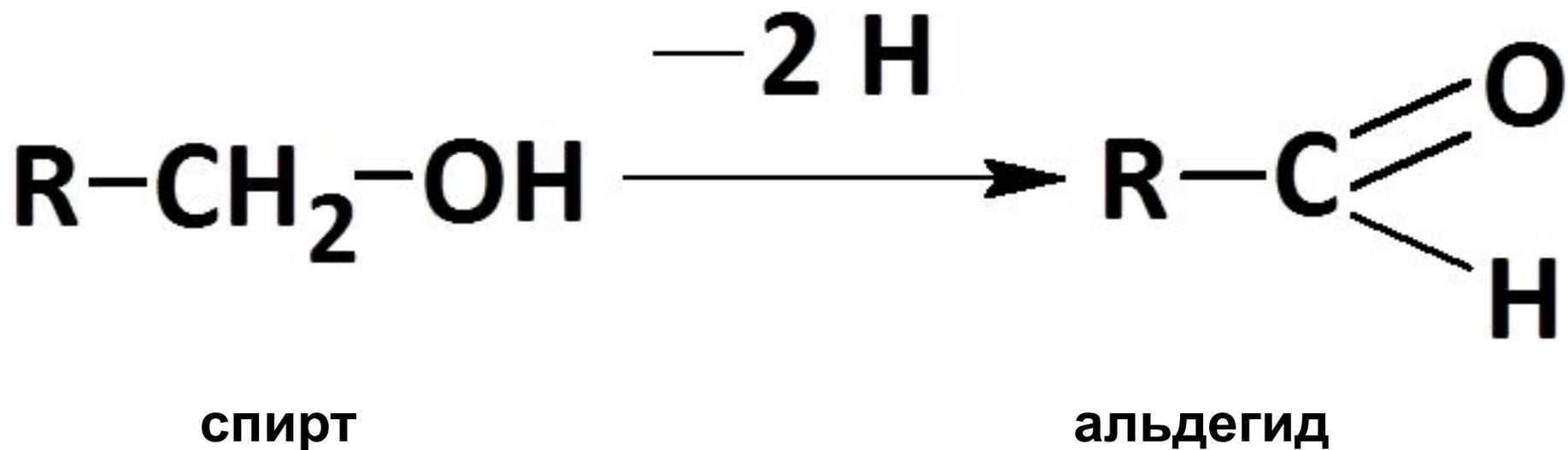
Субстраты окисления (дегидрирования)

1. Предельные углеводороды



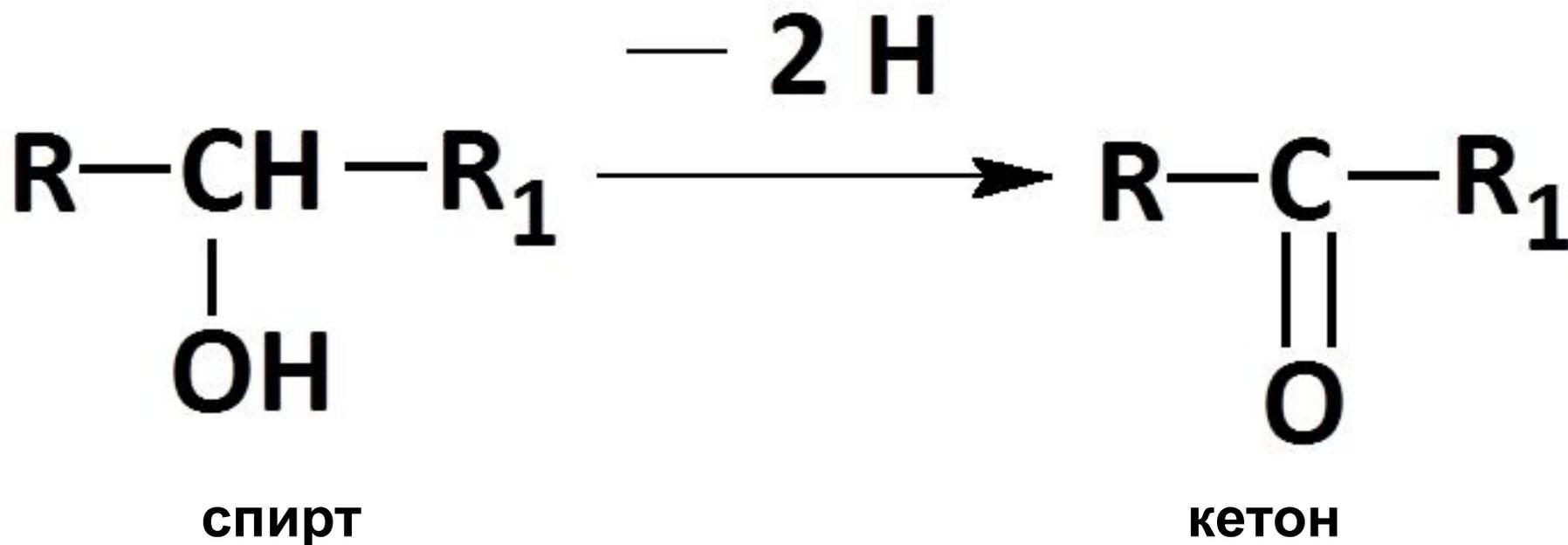
Субстраты окисления (дегидрирования)

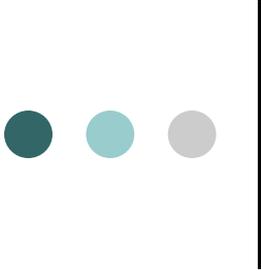
2. Первичные спирты



Субстраты окисления (дегидрирования)

3. Вторичные спирты

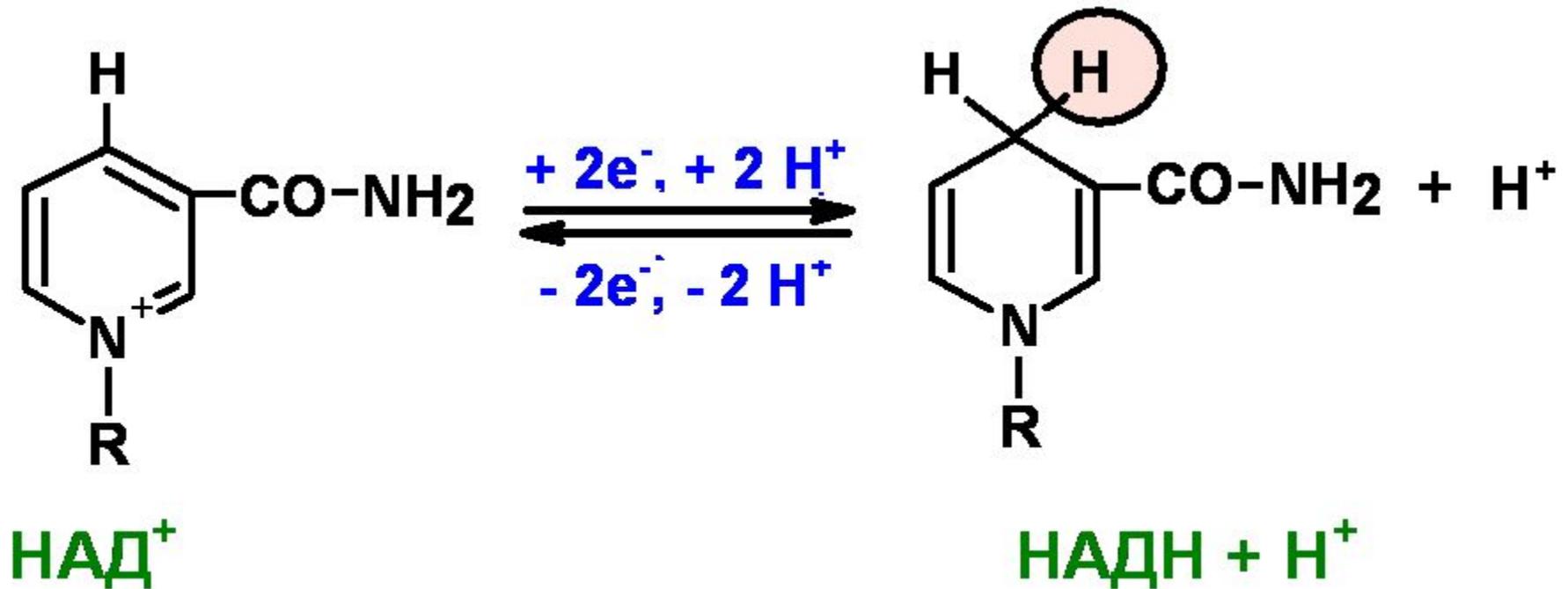




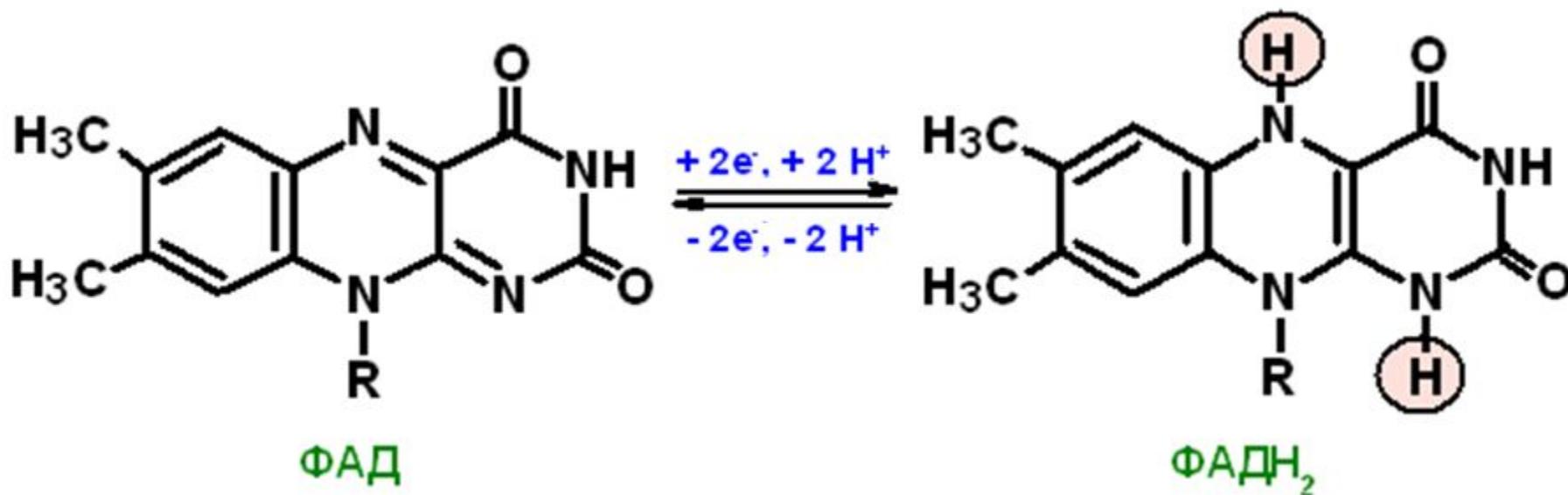
Компоненты дыхательной цепи

- ▣ **НАД-зависимые дегидрогеназы**
- ▣ **ФАД-зависимые дегидрогеназы**
- ▣ **Коэнзим Q (КоQ, убихинон)**
- ▣ **Система цитохромов**

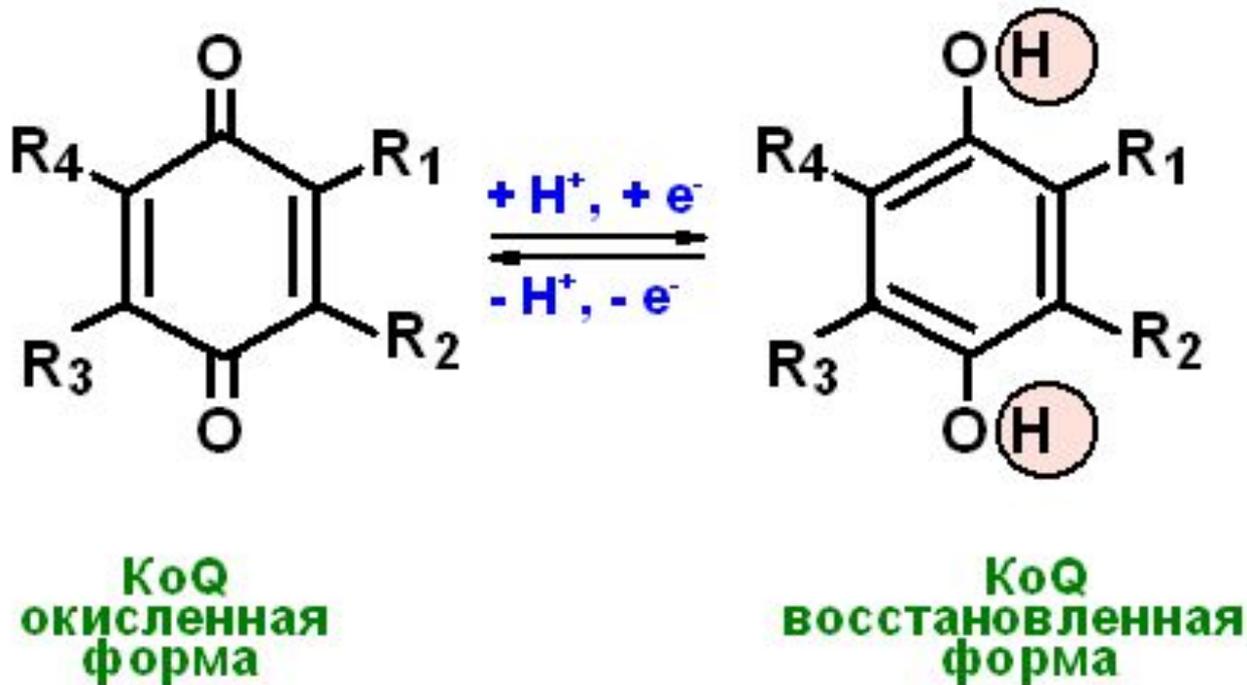
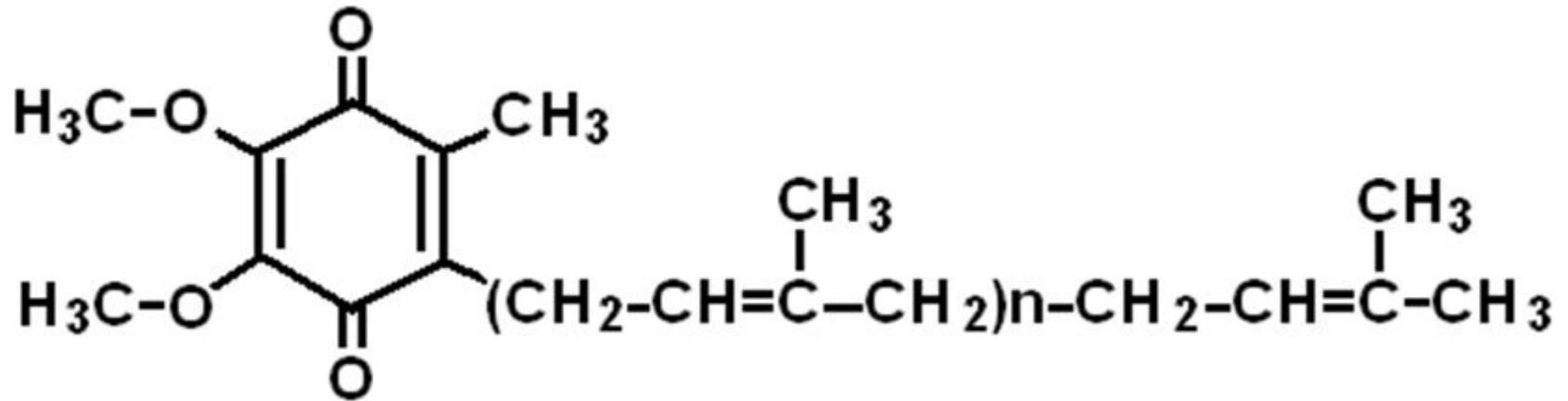
НАД-зависимые дегидрогеназы (первичные акцепторы водорода)



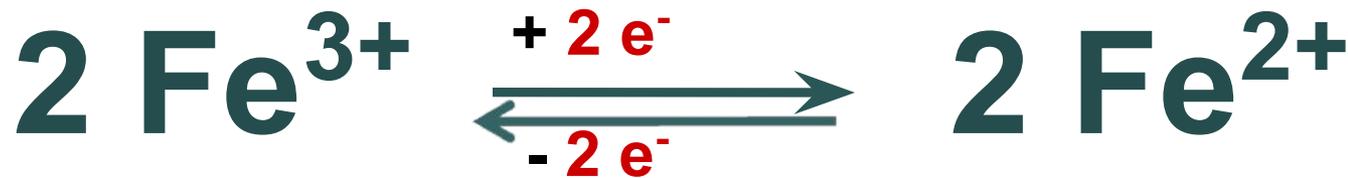
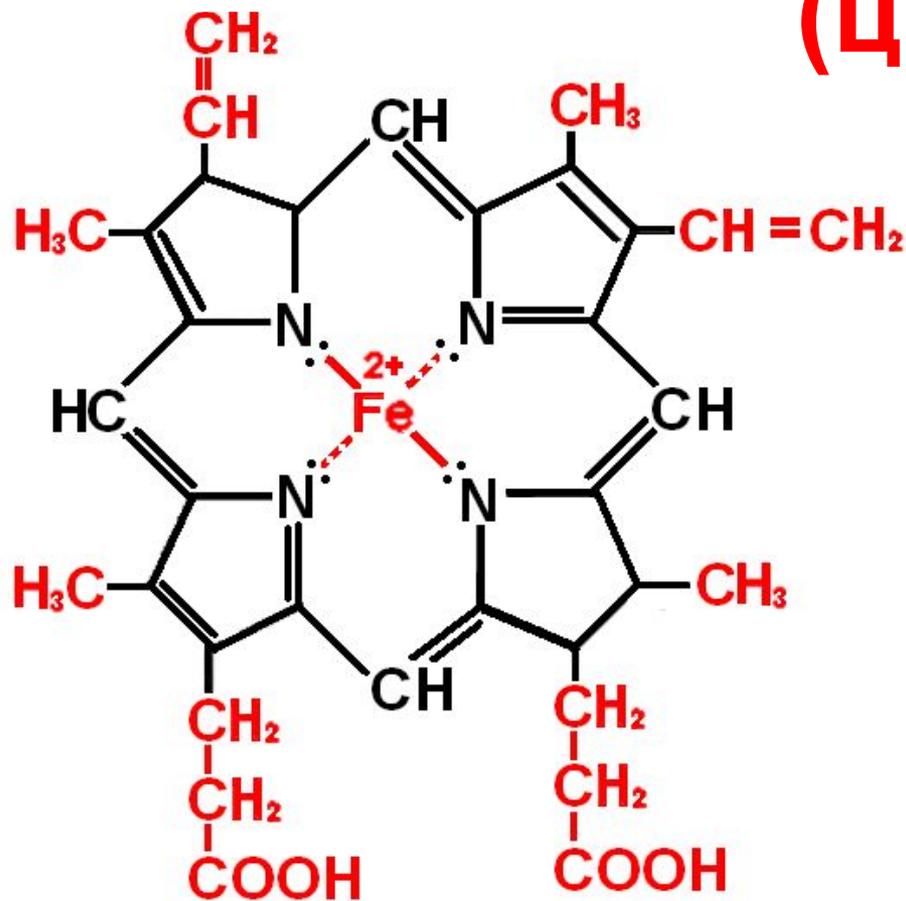
ФАД-зависимые дегидрогеназы

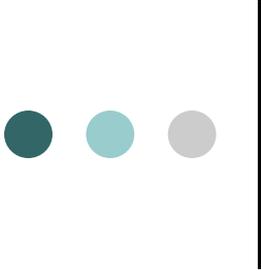


Убихинон (КоQ)

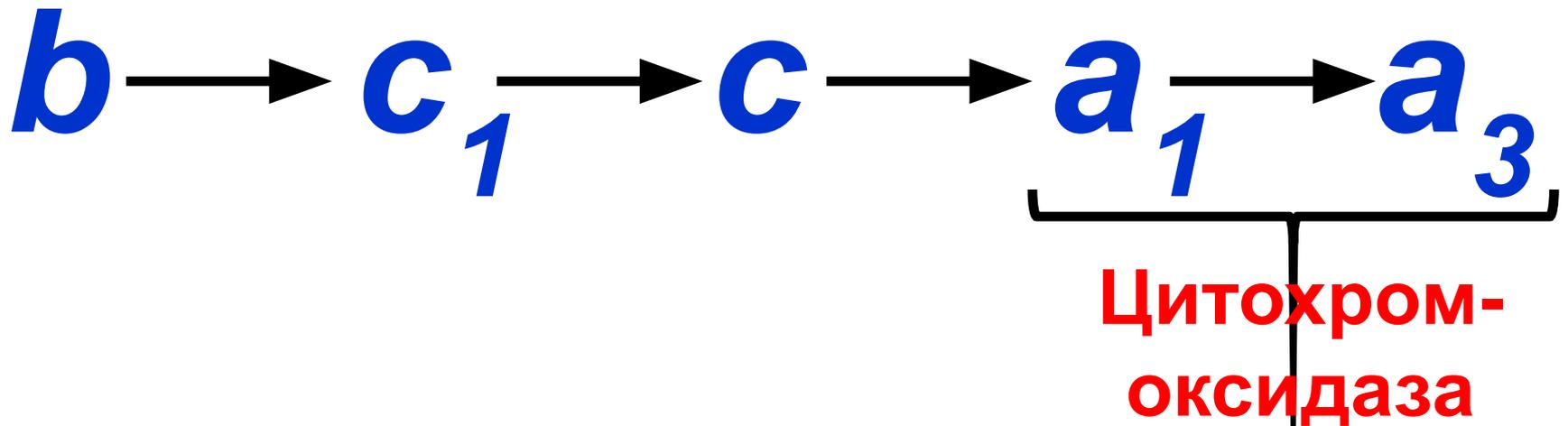


Переносчики электронов (цитохромы)



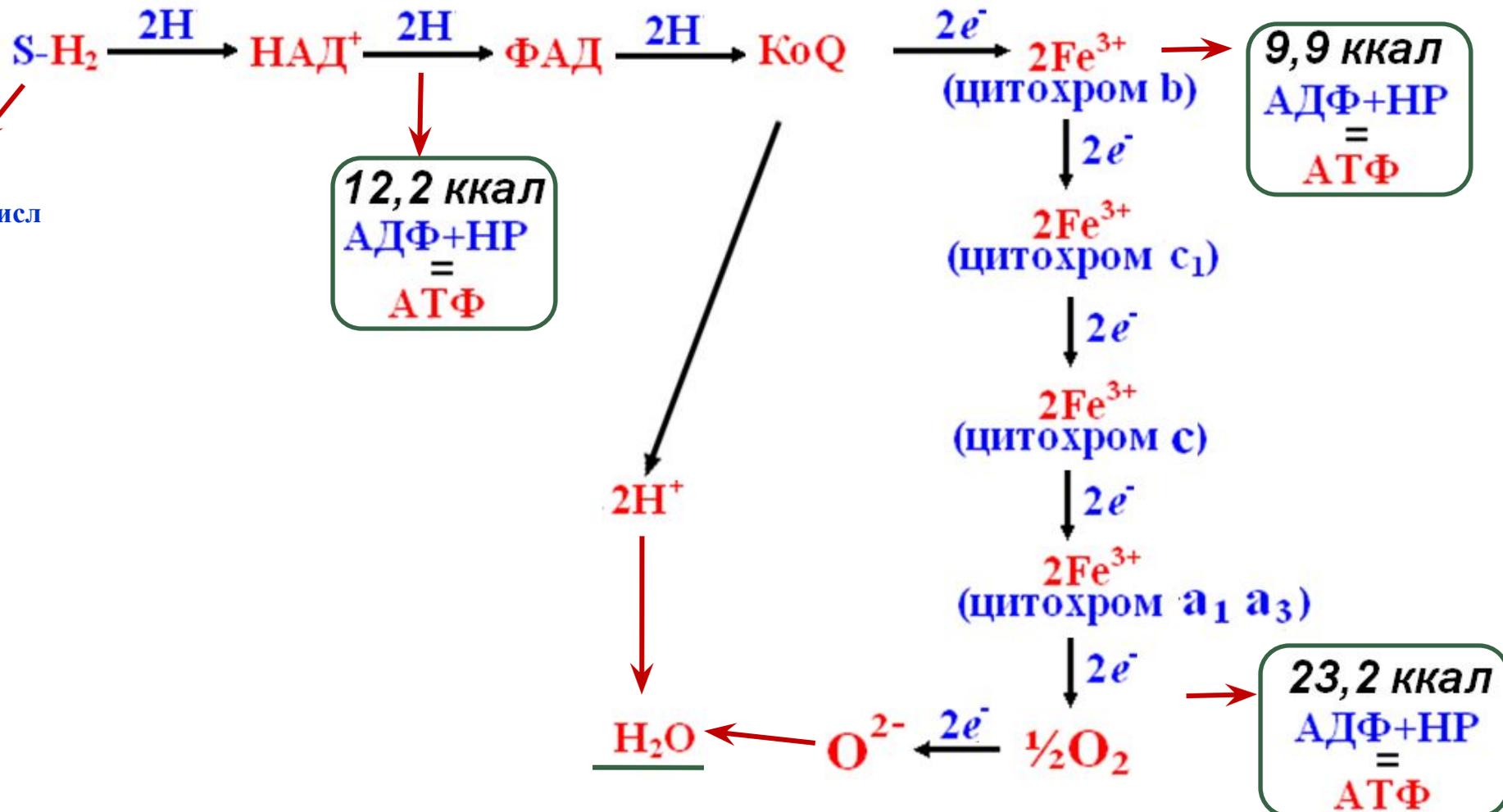


Цитохромная система

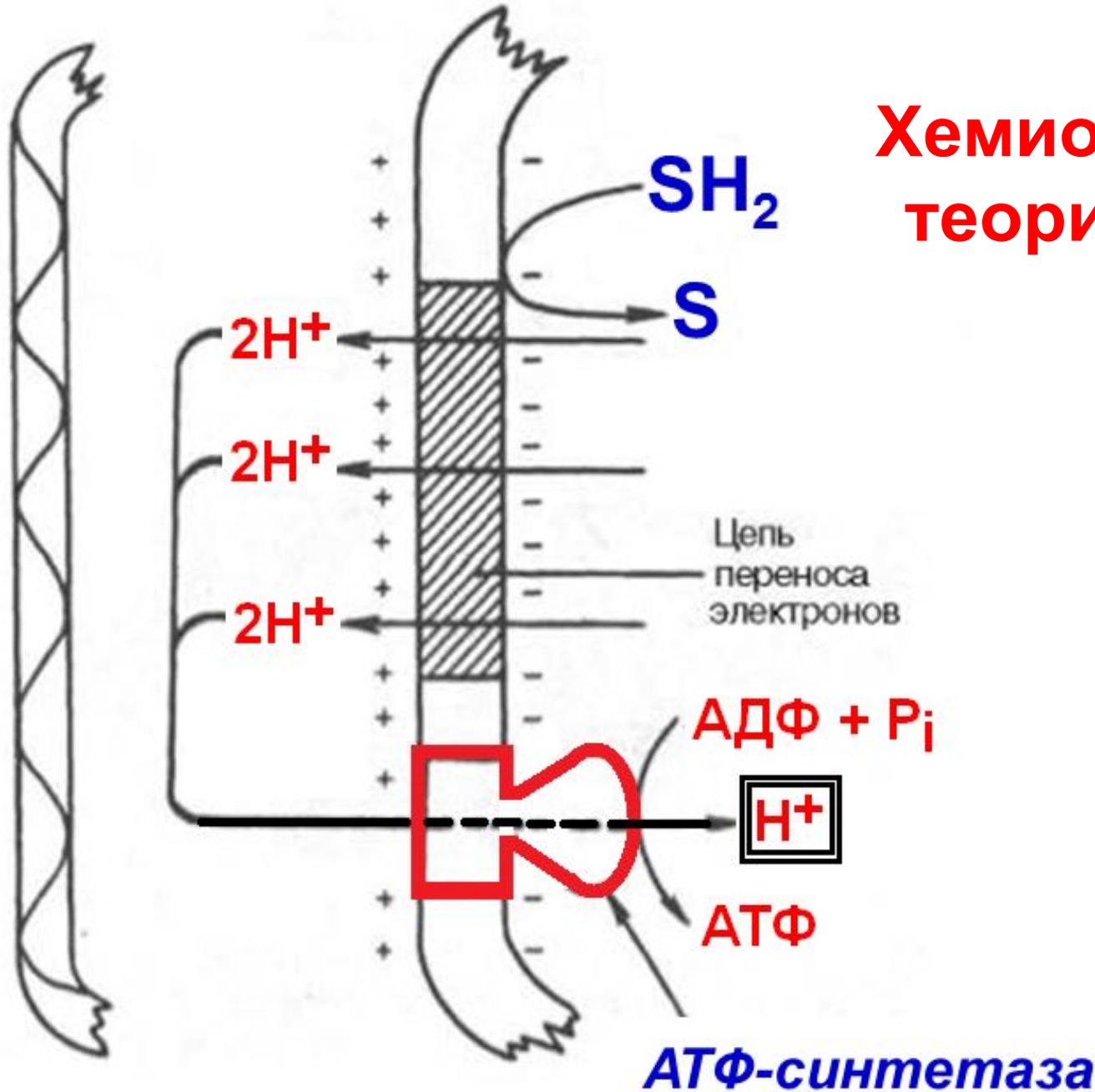


Дыхательная цепь

S окисл



Хемиосмотическая теория Митчелла

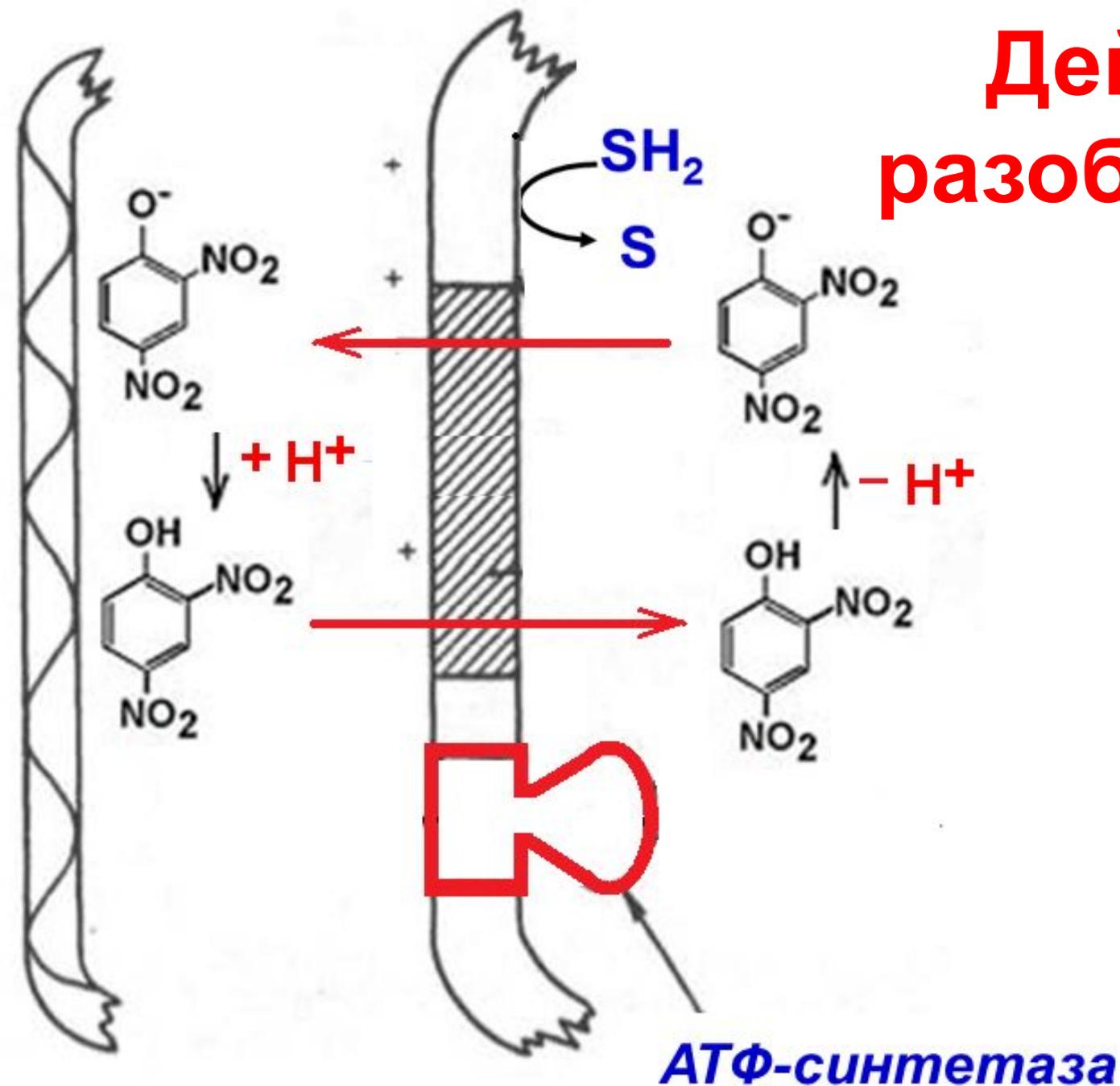


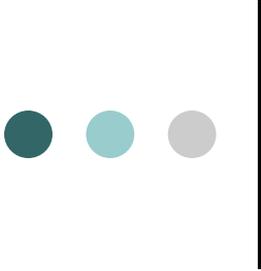
● ● ●

**Коэффициент
фосфорилирования –
количество фосфатных
групп, утилизированных
при восстановлении одного
атома кислорода**

$$\frac{\text{P}}{\text{O}} = 3 \text{ или } 2$$

Действие разобщителей





Регуляция дыхательной цепи

- ▣ Состояние депо энергии:

АДФ + НР активатор

АТФ ингибитор

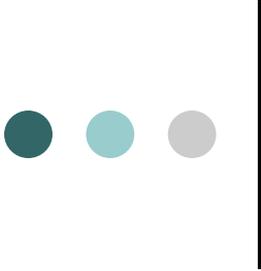
- ▣ Целостность мембран митохондрий, их проницаемость

- ▣ Состояние коферментов:

Ко окисл активатор

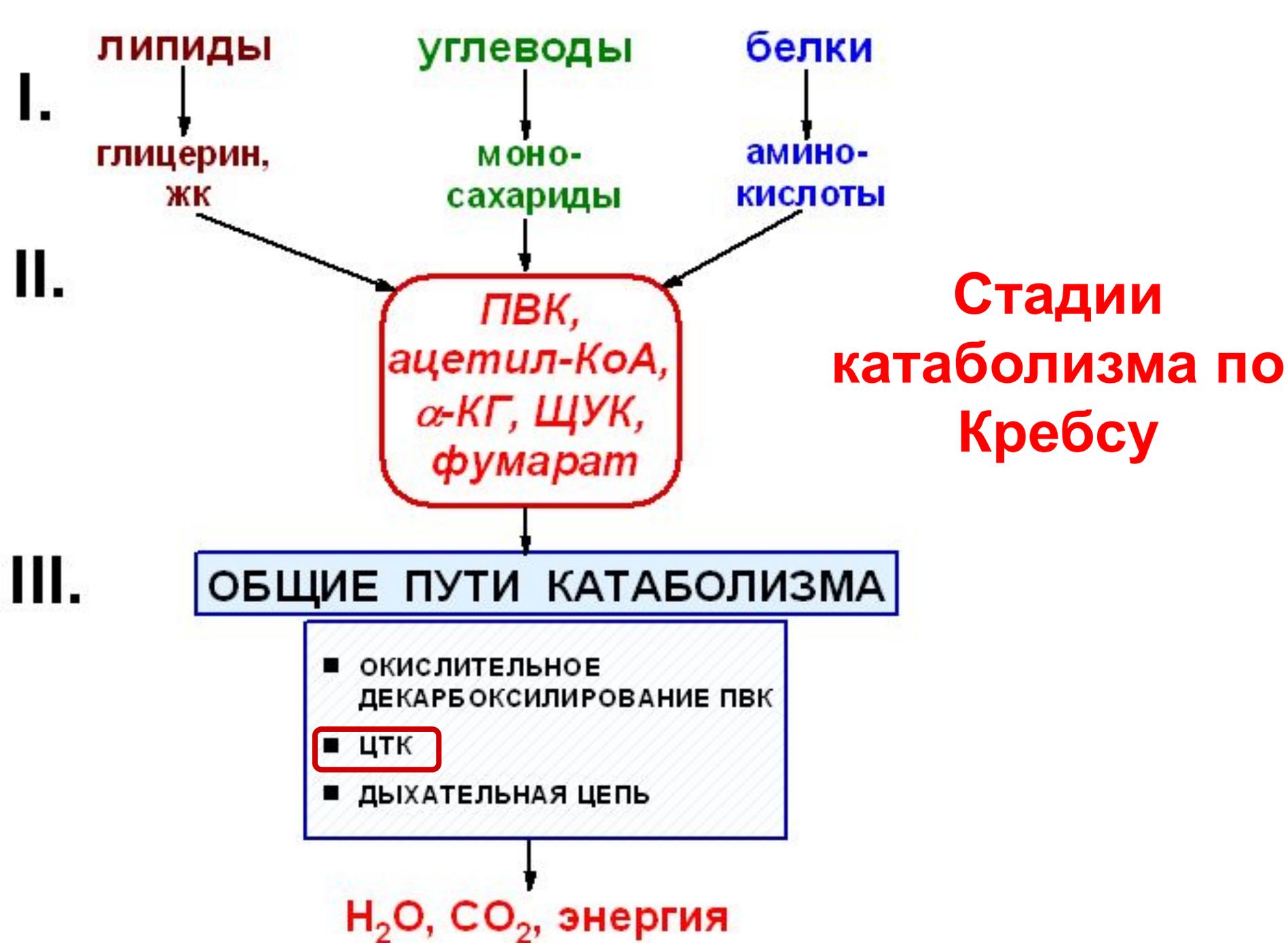
КоН₂ восст ингибитор

- ▣ Наличие разобщителей

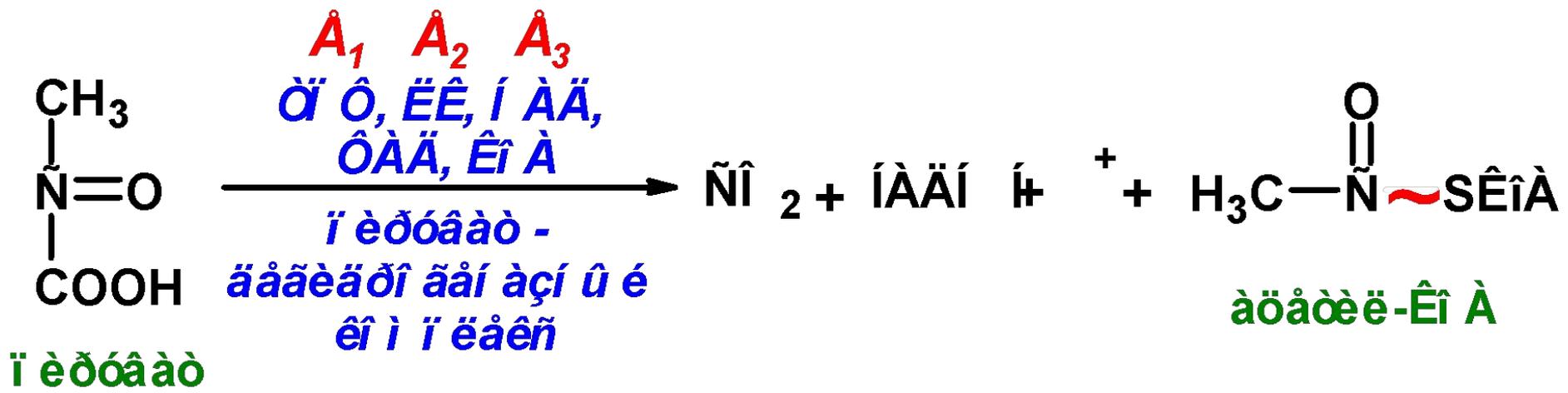


Нарушения дыхательной цепи

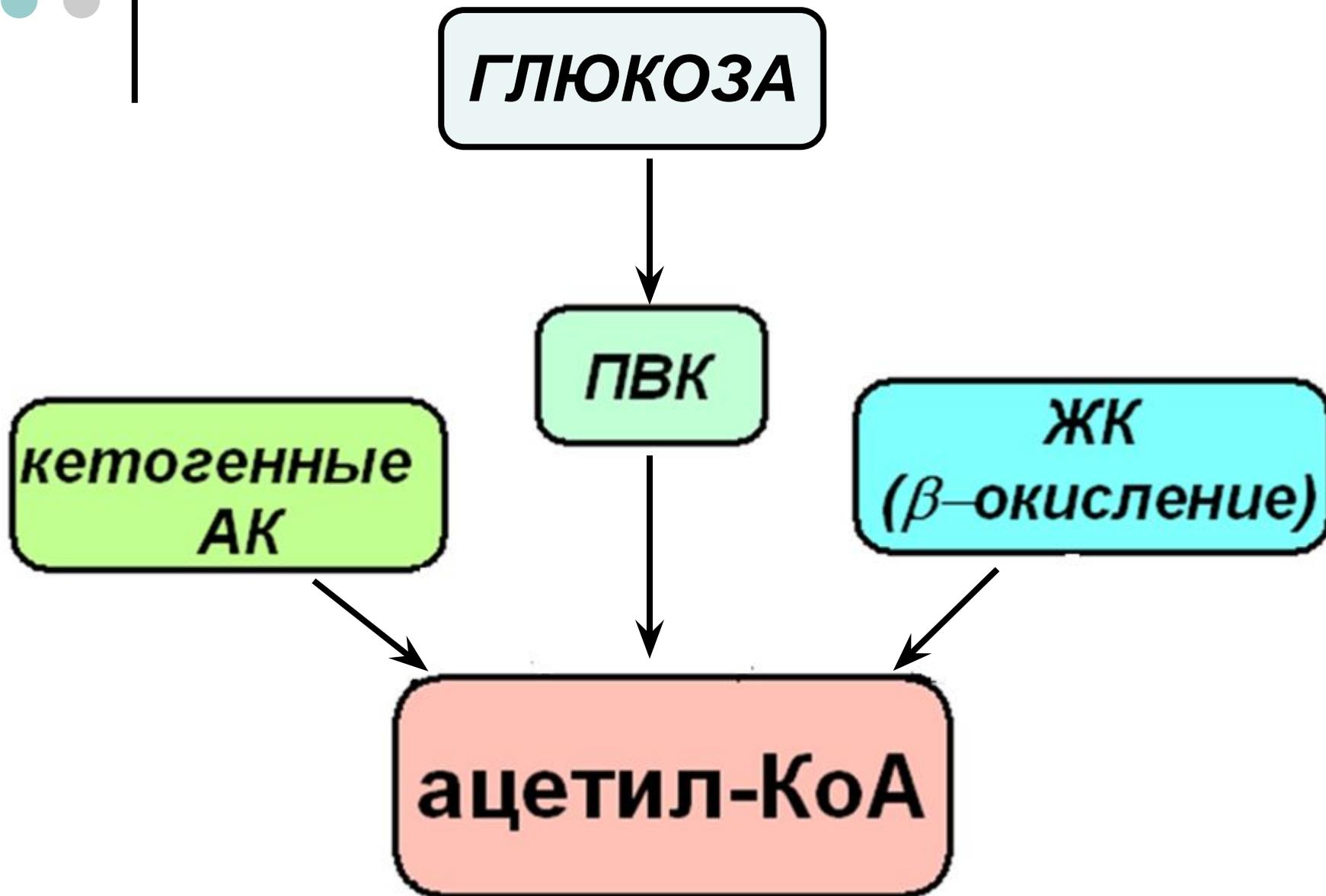
- ▣ **Голодание** – нет субстратов окисления
- ▣ **Авитаминозы** – отсутствие коферментов
- ▣ **Гипоксии** – недостаток кислорода, нет акцептора электронов



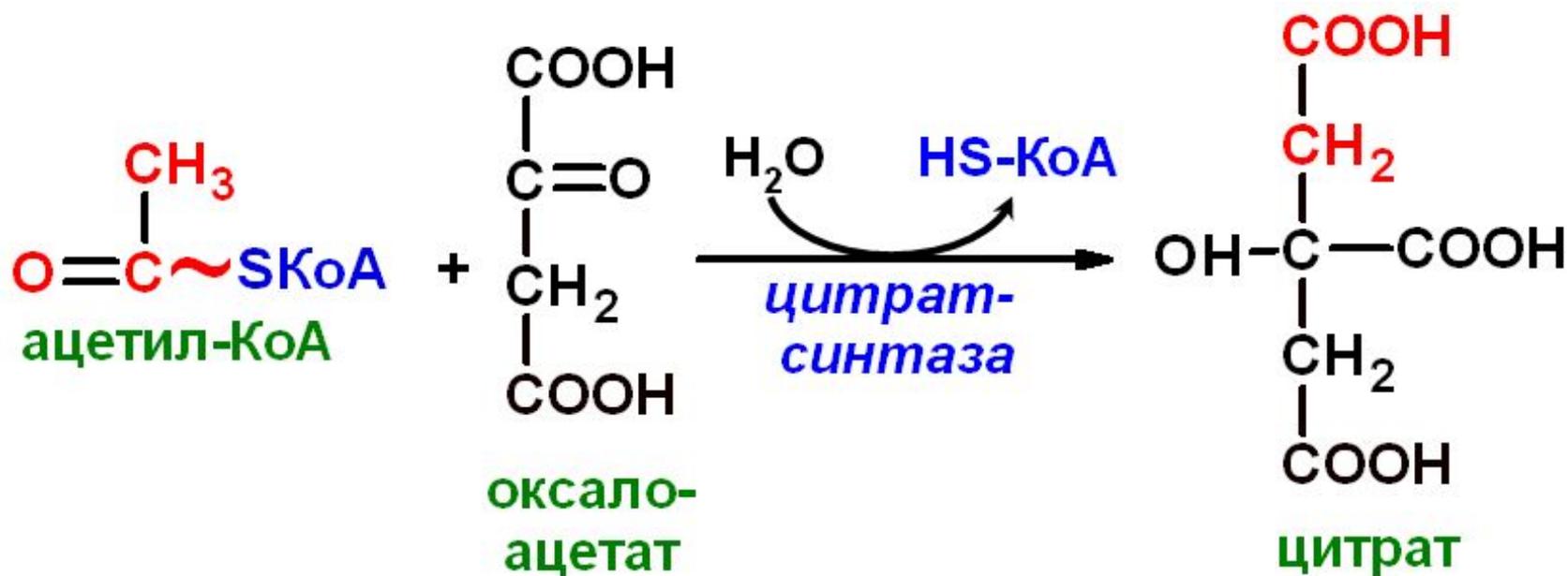
Окислительное декарбоксилирование пирувата

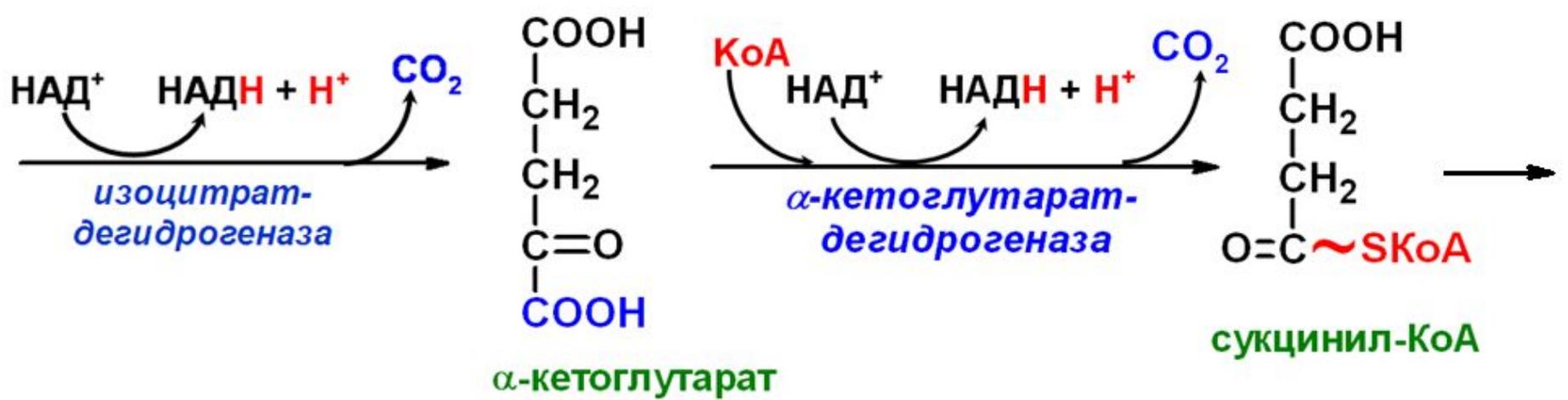
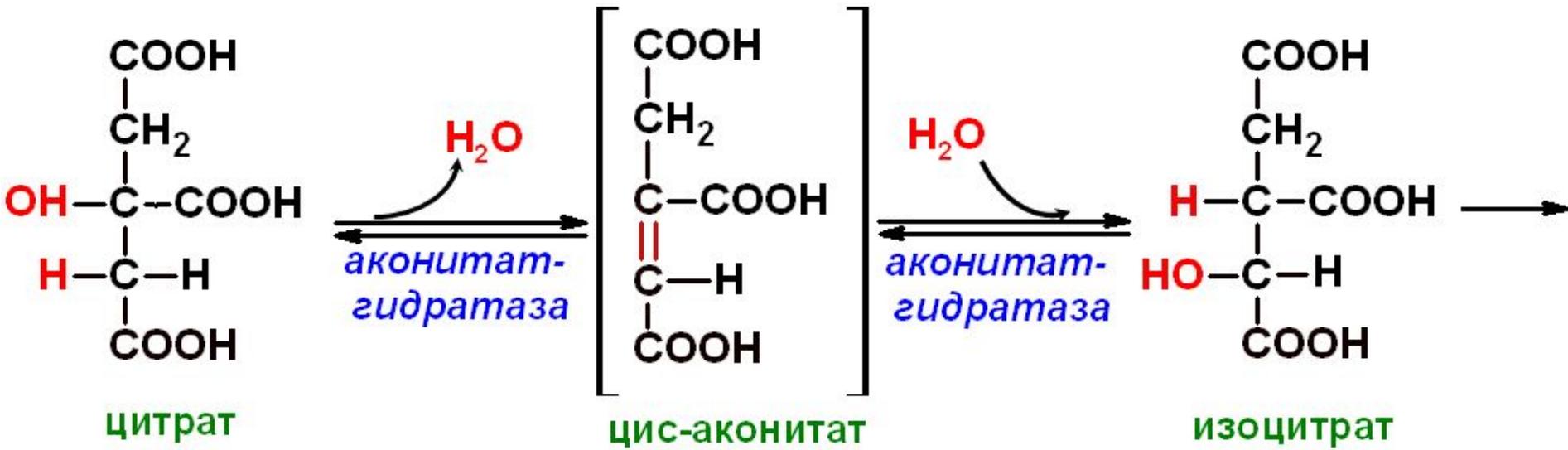


Источники ацетил-КоА



Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса)





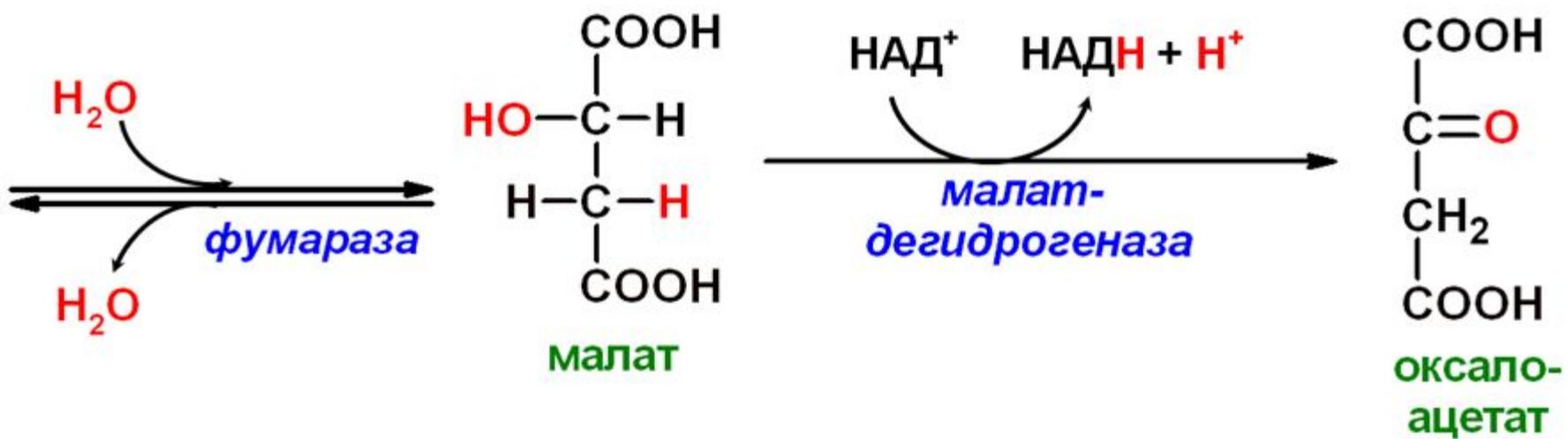
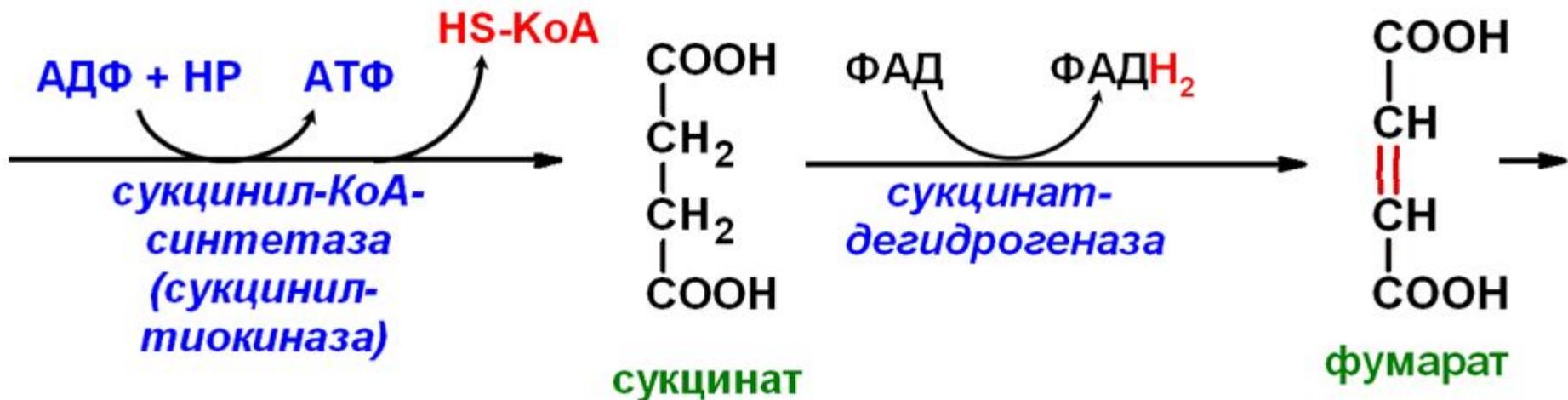
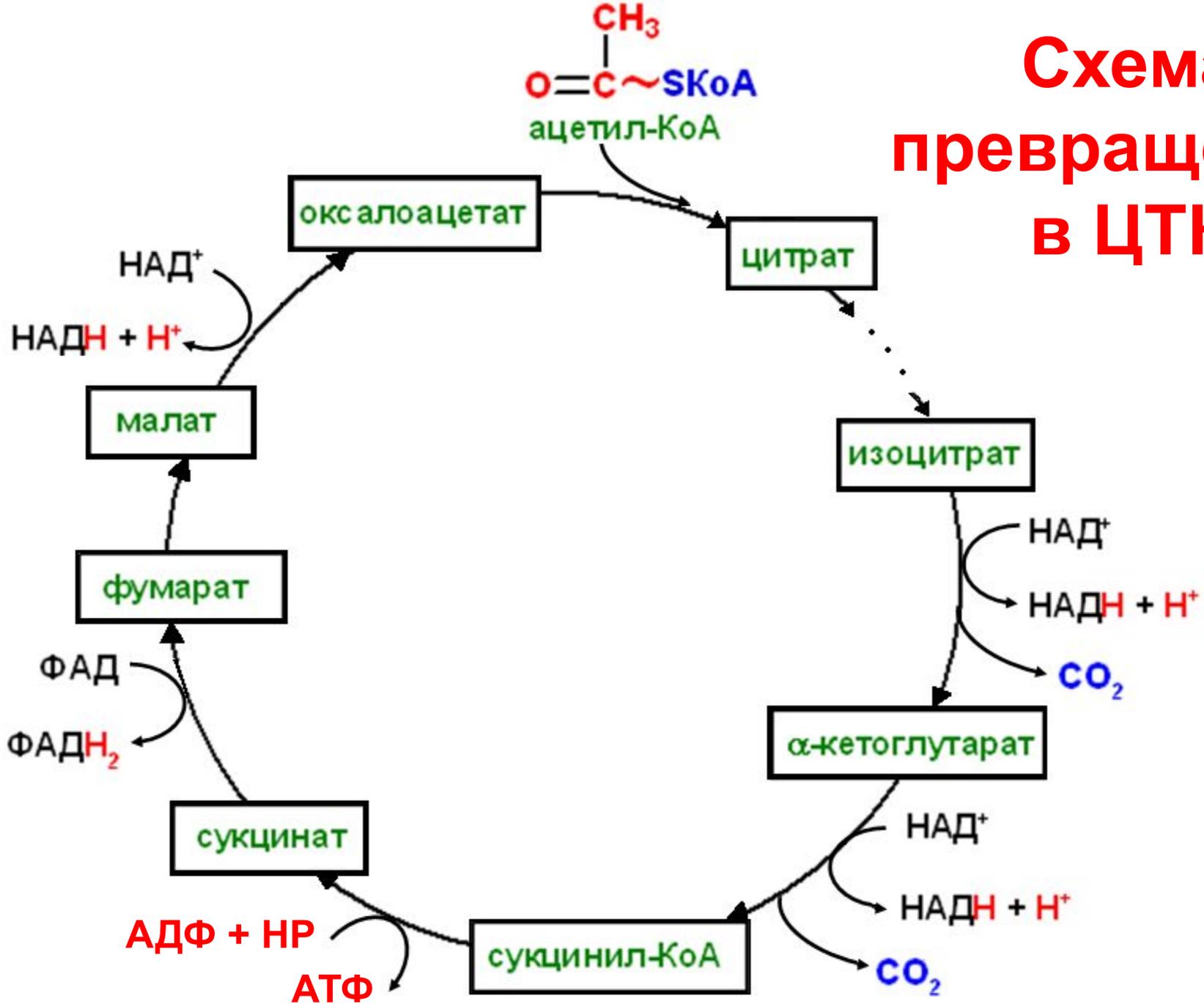
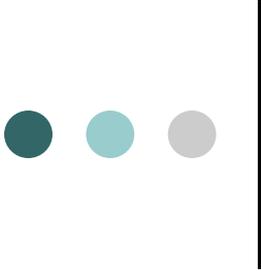


Схема превращений в ЦТК





Энергетика ЦТК

3 НАДН+Н⁺ = 3x3 АТФ = 9 АТФ

1 ФАДН₂ = 2 АТФ

11 АФТ за счёт

окислительного фосфорилирования

1 АТФ за счёт субстратного
фосфорилирования

Суммарно 12 АТФ

Регуляция ЦТК

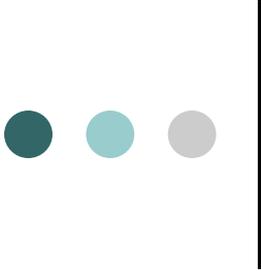
- ▣ Аллостерическая регуляция
(*изоцитратдегидрогеназа, цитратсинтетаза*)
- ▣ Состояние депо энергии:



- ▣ Состояние коферментов:

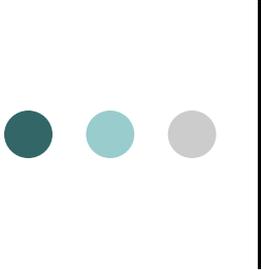


- ▣ Проницаемость мембран митохондрий



Биологическая роль ЦТК

1. Источник полезной энергии – **12 АТФ**
2. Источник строительного материала:
 - **сукцинил-КоА**: гем;
 - **α-кетоглутарат**: аминокислоты – пролин, глутаминовая кислота, глутамин;
 - **оксалоацетат**: глюкоза, аспарагиновая кислота, аспарагин, пиримидиновые нуклеотиды.



Причины нарушений ЦТК

- Голодание
- Авитаминозы
- Гипоксия
- Поступление ингибиторов ферментов