

# Лекция -4

**ВВЕДЕНИЕ**

**В**

**ОБМЕН  
ВЕЩЕСТВ.**

# Основные вопросы

- Понятие метаболизма, метаболического пути, узловой метаболит.
- Основные этапы катаболизма, цикл АТФ-АДФ.
- Тканевое дыхание, характеристика ферментов.
- Универсальные метаболические процессы.
- Цикл Кребса.

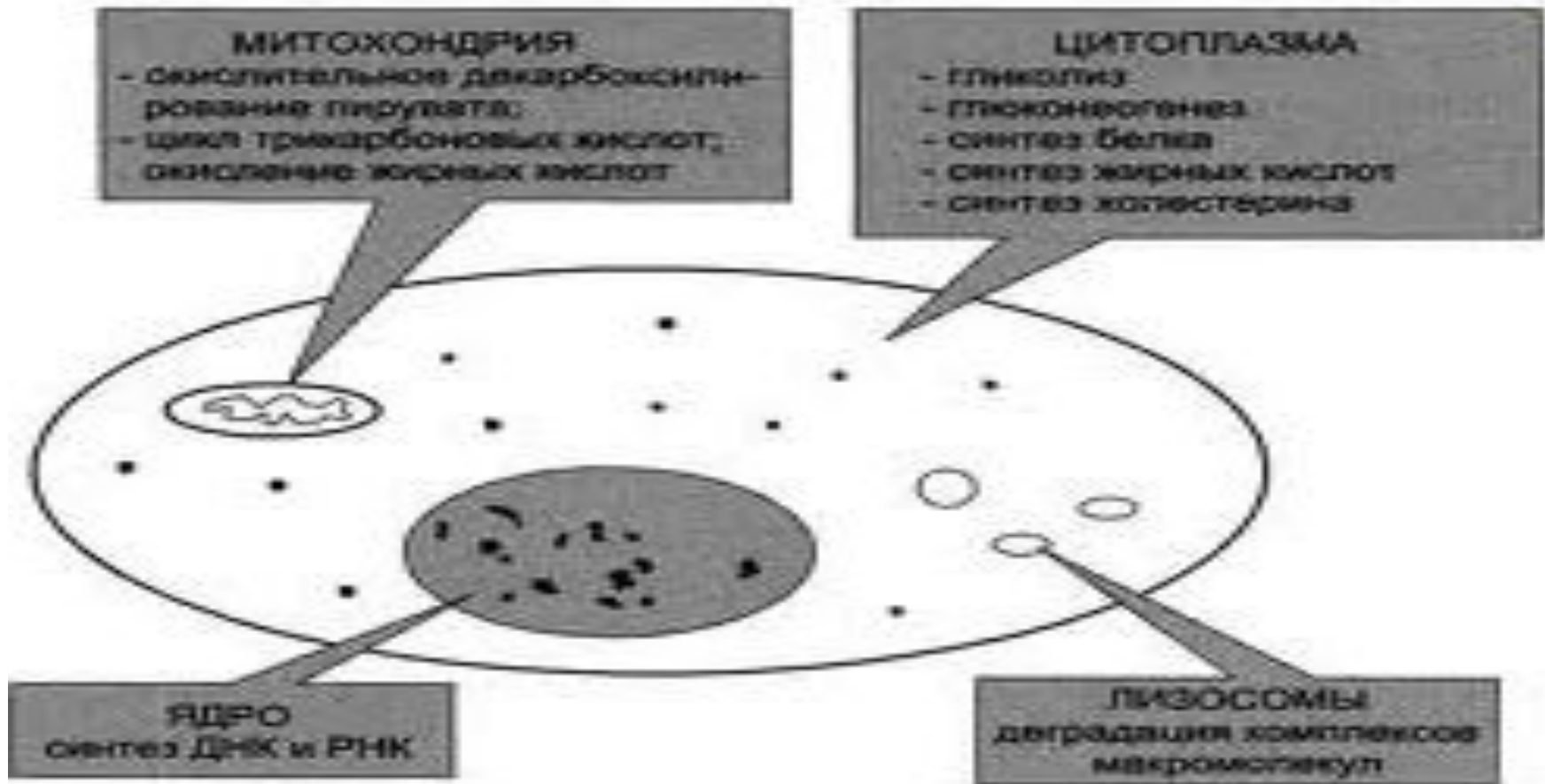
**МЕТАБОЛИЗМ**- совокупность ферментативных химических реакций, протекающих в процессе жизнедеятельности в клетках организма с момента поступления пищевых веществ в организм до образования конечных продуктов обмена.



### **ФУНКЦИИ МЕТАБОЛИЗМА:**

- снабжение клеток энергией
- превращение молекул пищи в строительные блоки для построения макромолекул
- сборка из этих блоков компонентов клетки (белки, липиды, полисахариды, нуклеиновые кислоты)
- синтез и разрушение специализированных биологических молекул, необходимых для выполнения функций клетки (гем, холин)

**МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПУТЬ** - последовательный ряд превращений одних химических соединений в другие, происходящих при участии ферментов

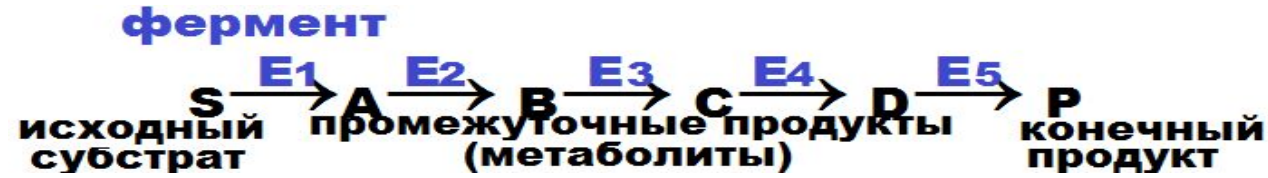


**Особенности метаболических путей:**

- 1. Многоэтапны**
- 2. Взаимосвязаны**
- 3. Регулируются:**
- 4. Скоординированы в пространстве**

# ВИДЫ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ

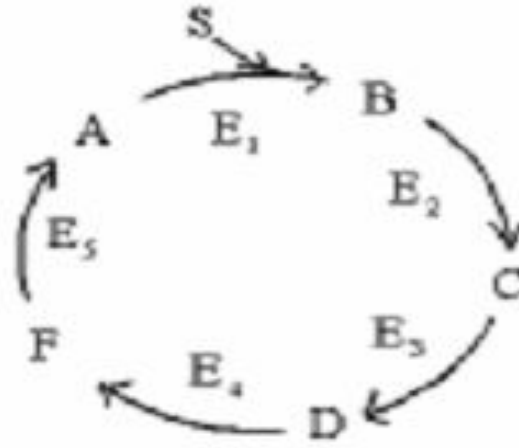
**1. ЛИНЕЙНЫЙ**  
(распад и синтез гликогена, гликолиз)



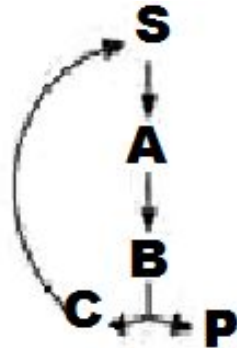
**2. РАЗВЕТВЛЕННЫЙ**  
(синтез нуклеотидов)



**3. ЦИКЛИЧЕСКИЙ**  
(ЦТК, орнитиновый цикл)



**4. СПИРАЛЬНЫЙ**  
(синтез и окисление жирных кислот)



## Две стороны метаболизма

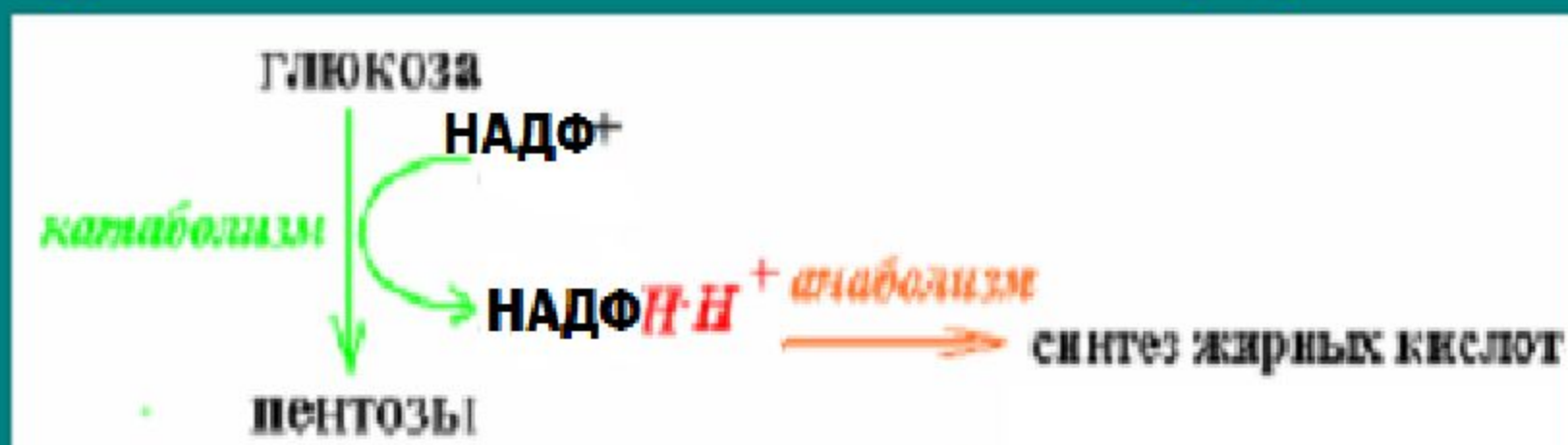
- **Катаболизм** — процесс расщепления сложных молекул до более простых, идущий с выделением энергии.
- **Анаболизм** — процесс синтеза сложных веществ из более простых, идущий с затратой энергии в виде АТФ.

## Анаболизм и катаболизм взаимосвязаны:

- на уровне **субстратов** (источников углерода)



- на уровне восстановленных коферментов:



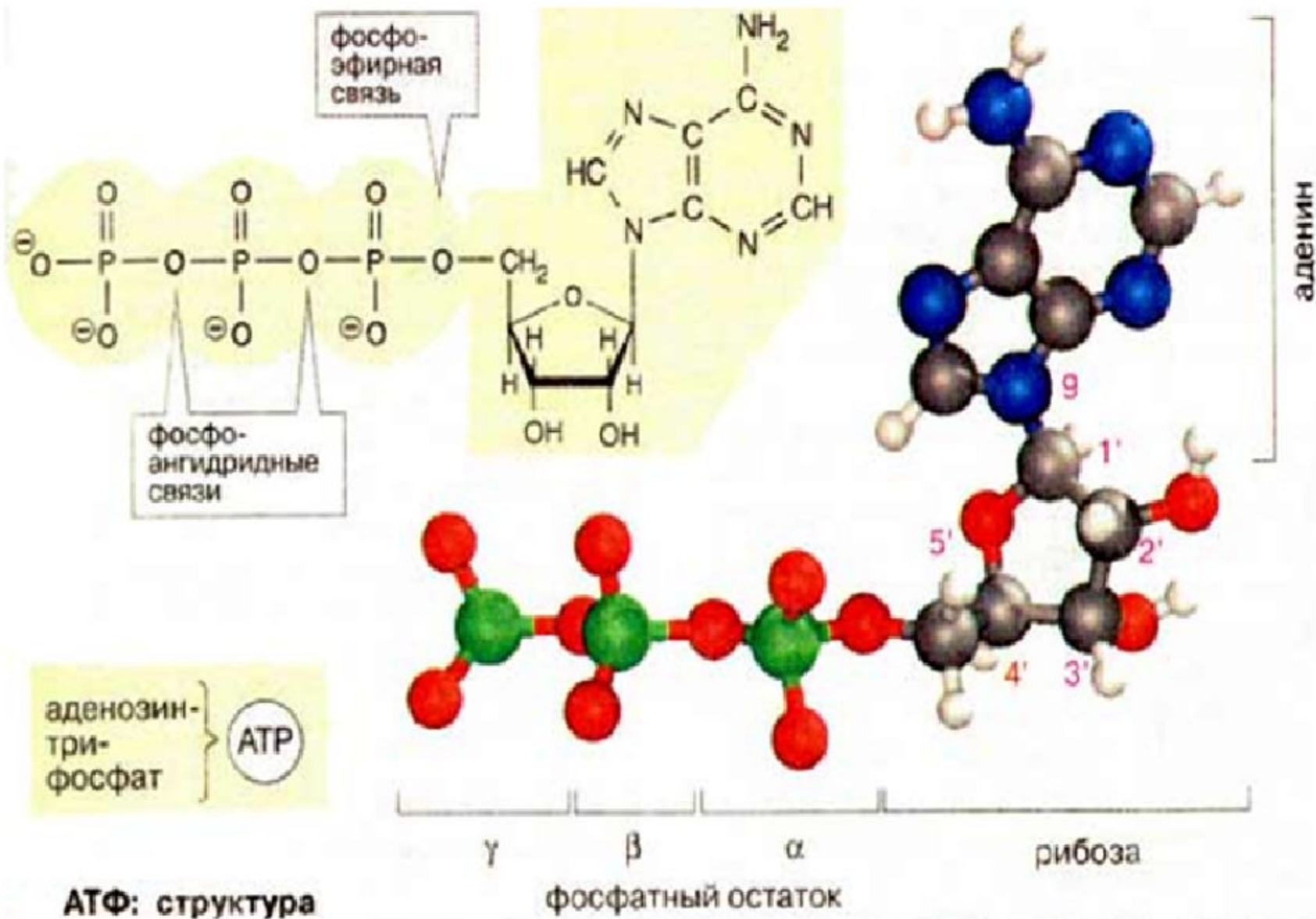
- на уровне регуляторов обмена:



- на уровне источников энергии:



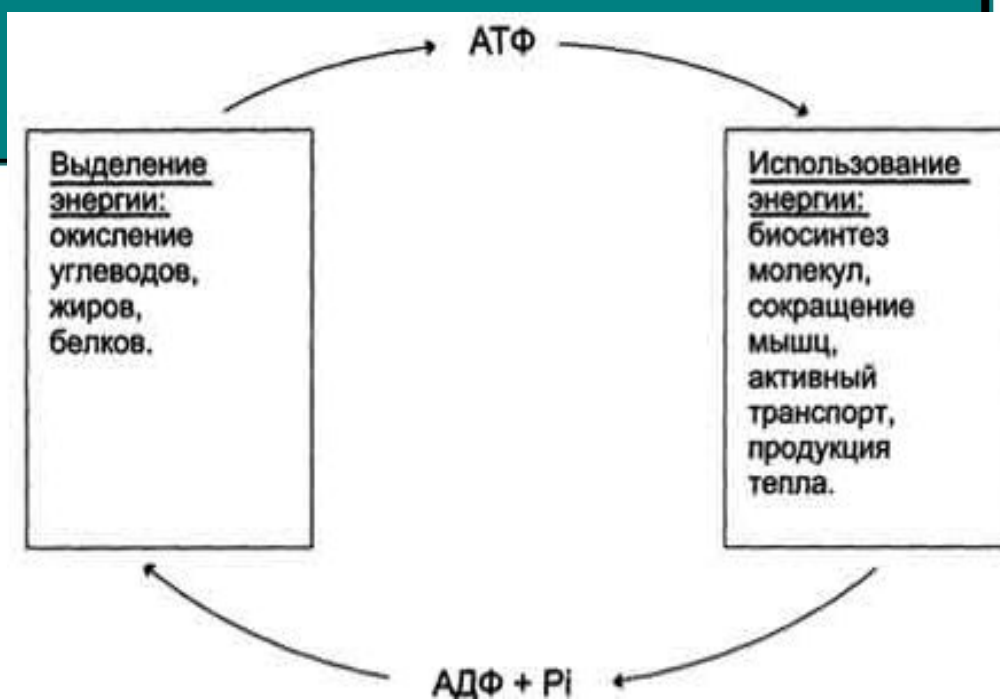




**АТФ: структура**

## Образование АТФ сопряжено с окислительно-восстановительными реакциями

**In vitro:**  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 220 \text{ кДж/моль}$



*Тканевое дыхание* – совокупность  
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ  
процессов в клетках, органах и тканях,  
протекающих с потреблением  
молекулярного кислорода.

Этот процесс является основным в  
биоэнергетике организма.

## Пути передачи электронов в клетке:

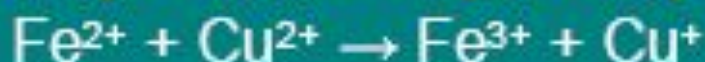
- **В составе атомов водорода (дегидрогеназы)**



- **В составе гидрид-иона (дегидрогеназы)**

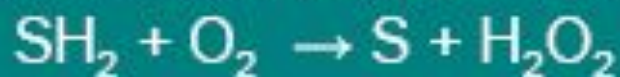


- **Прямой перенос электронов (цитохромы)**

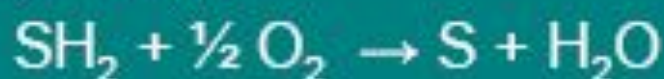


- **Перенос на кислород (оксидазы)**

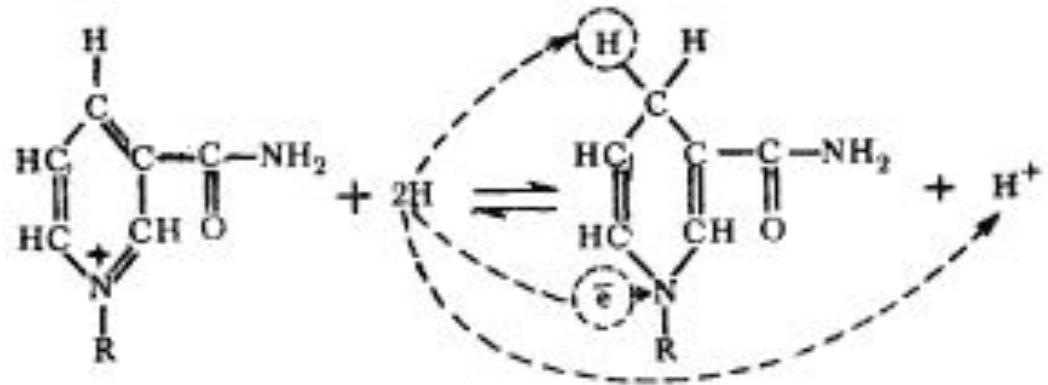
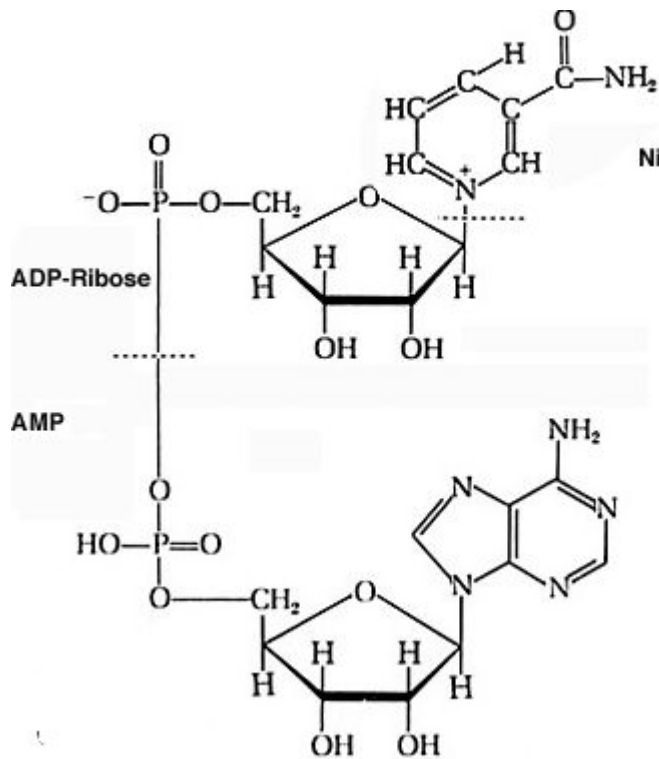
- флавинзависимые (ФАД, ФМН)



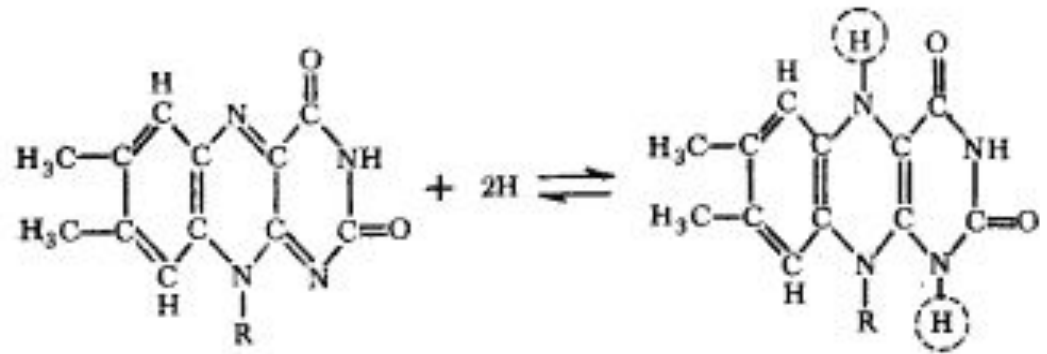
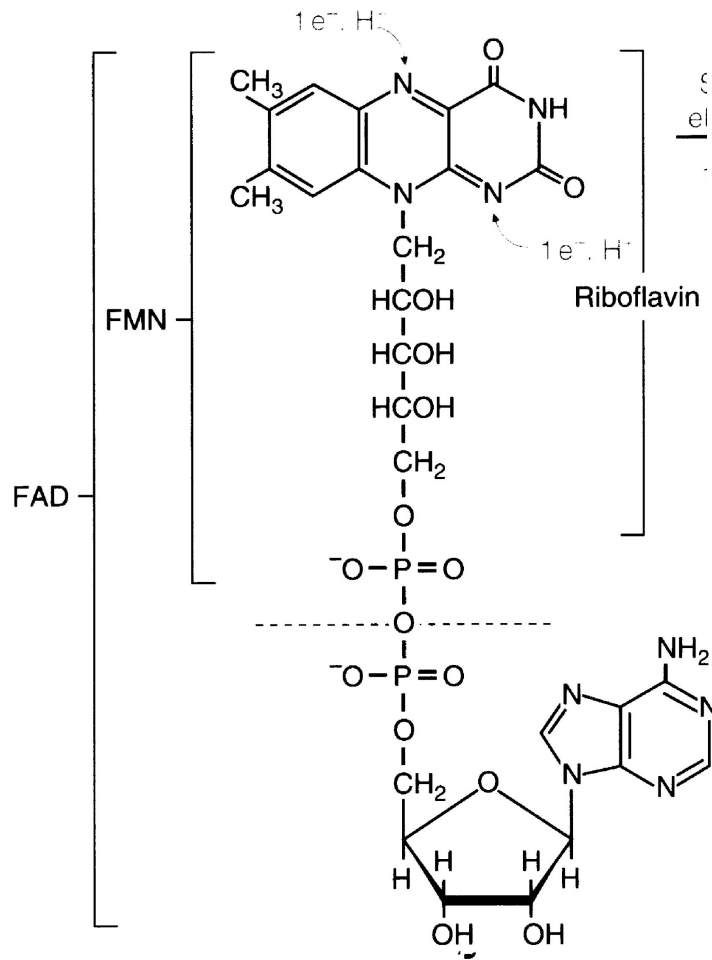
- Cu/Fe-зависимые



# Структура НАД



# Структура ФМН, ФАД



оxygenated form

reduced form



Flavin adenine dinucleotide (FAD) and  
flavin mononucleotide (FMN)



**I этап**  
распад макромолекул до мономеров

Гидролиз в ЖКТ  
Химич. энергия --> тепло

БЕЛКИ



Аминокислоты

УГЛЕВОДЫ



Моносахариды (глюкоза)

ЛИПИДЫ



Глицерол, жирные кислоты

**II этап**  
преобразование мономеров в узловые метаболиты (цитозоль, митохондрии)

Химич. энергия тепло  
НАДН Н<sup>+</sup>  
НАДФН Н<sup>+</sup>  
АТФ



ПИРУВАТ



АЦЕТИЛ-КоА

**III этап**  
универсальные процессы, в которых начинается распад до конечных продуктов (митохондрии)

Химич. энергия тепло  
АТФ  
НАДН Н<sup>+</sup>  
ФАДН2

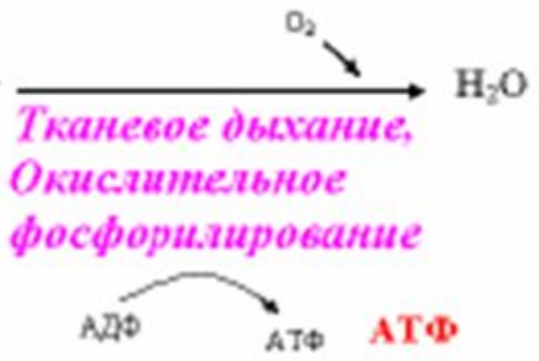


Цикл трикарбоновых кислот

CO<sub>2</sub>

IV этап электроны, Н<sup>+</sup>

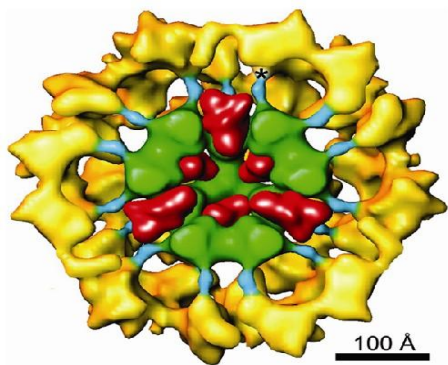
тканевое дыхание-цепь реакций, использующих молекулярный кислород



Тканевое дыхание, Окислительное фосфорилирование

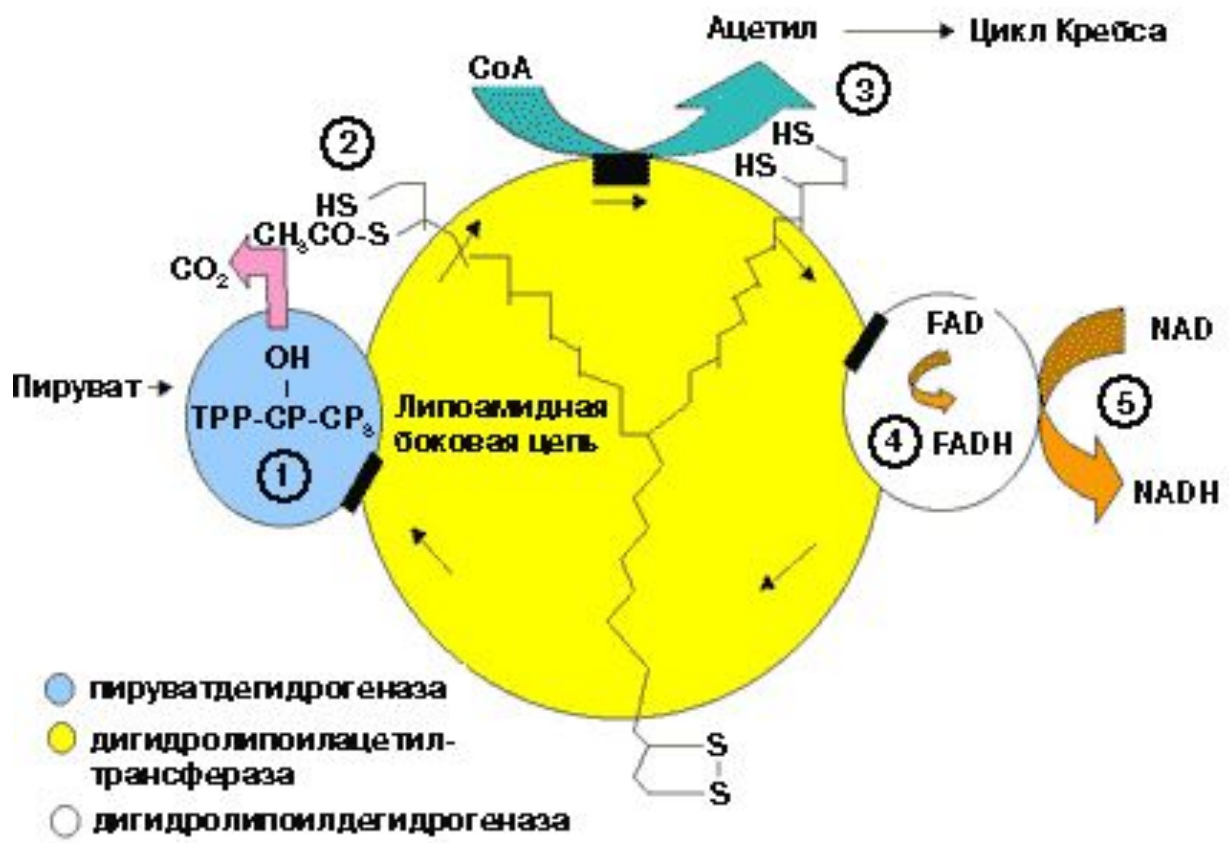
АДФ → АТФ



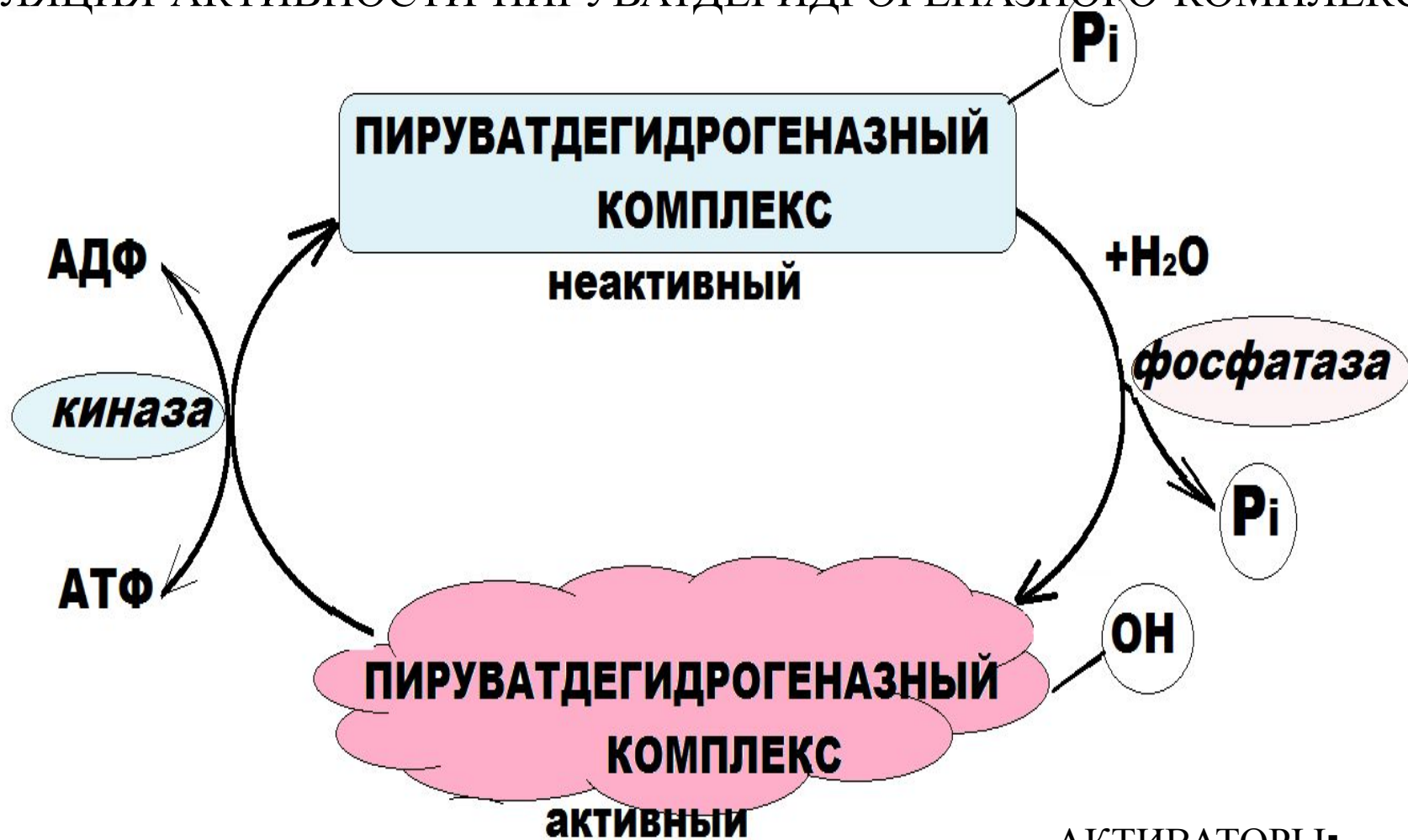


# Строение ПДГ

фермент	Число протомеров	Простетическая группа, кофермент	Витамины
1. Пируват - дегидрогеназа	120	Н-ТПФ	$B_1$
2. Дигидролипоил ацетил-трансфераза	180	$  \begin{array}{c}  / S \\  LA \quad   \\  \quad \quad \backslash S \\  HS-CoA  \end{array}  $	Липоевая кислота (N)  $B_5$
3. Дигидролипоил-дегидрогеназа	12	ФАД НАД	$B_2$ $B_3$



# РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ ПИРУВАТДЕГИДРОГЕНАЗНОГО КОМПЛЕКСА



## ИНГИБИТОРЫ:

- ацетил-КоА
- НАДН
- АТФ

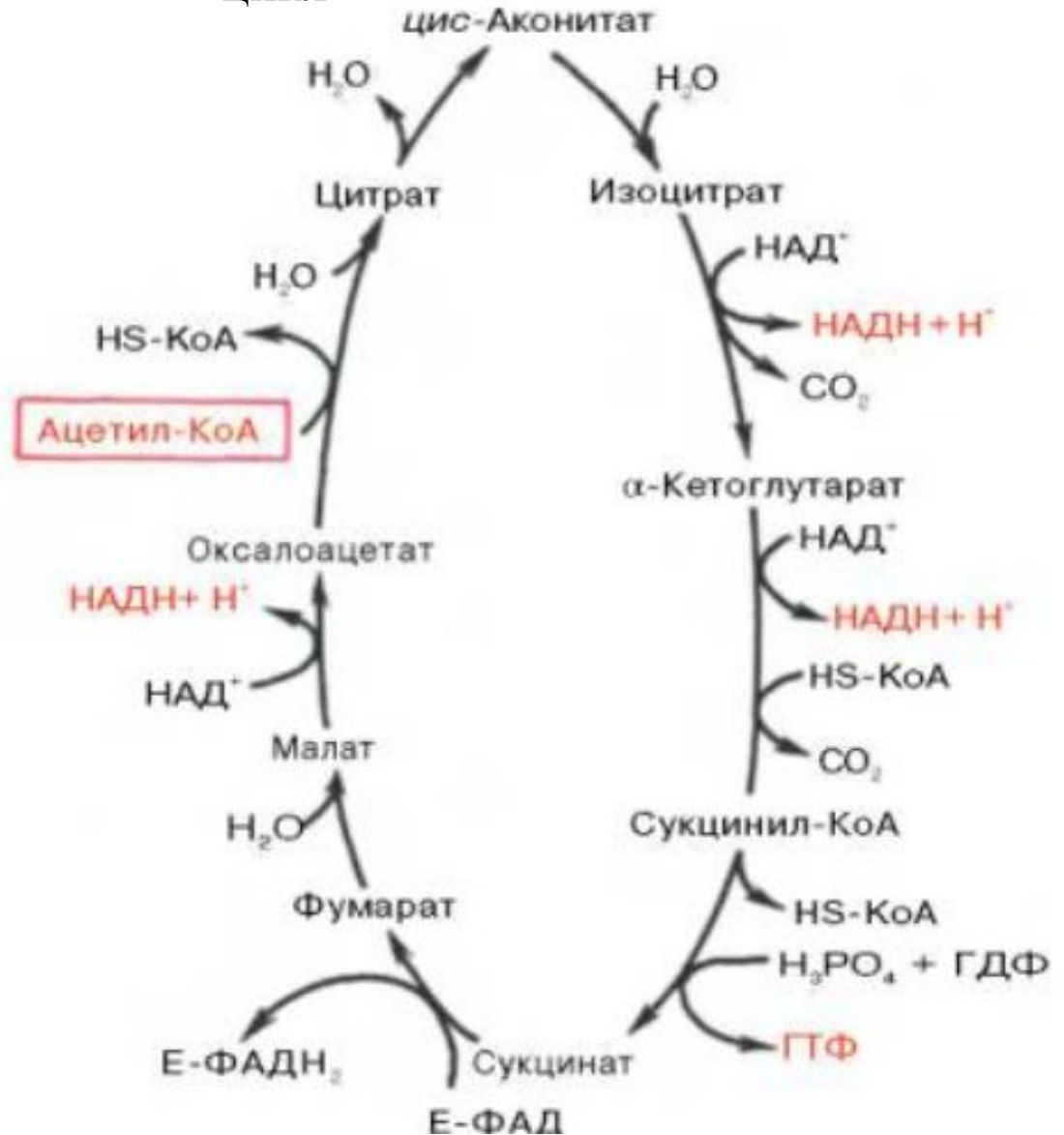
## АКТИВАТОРЫ:

- + АДФ
- + пируват
- + НАД<sup>+</sup>
- + КоА

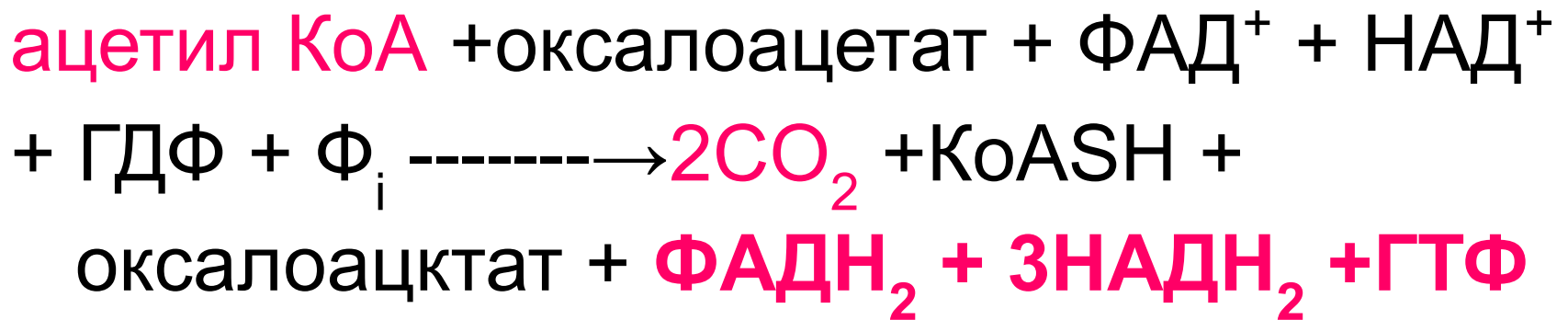
Цикл трикарбоновых кислот, цикл Кребса, цикл лимонной кислоты, цитратный цикл



**Ганс Адольф Кребс  
(1900-1981)  
немецкий биохимик**



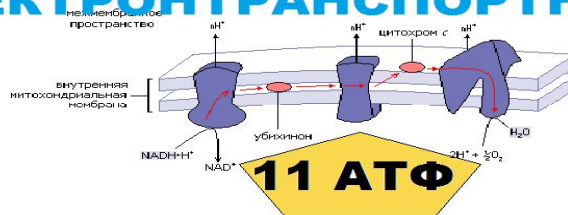
# Итоговое уравнение реакций ЦТК



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ЦТК



## ЭЛЕКТРОНТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ

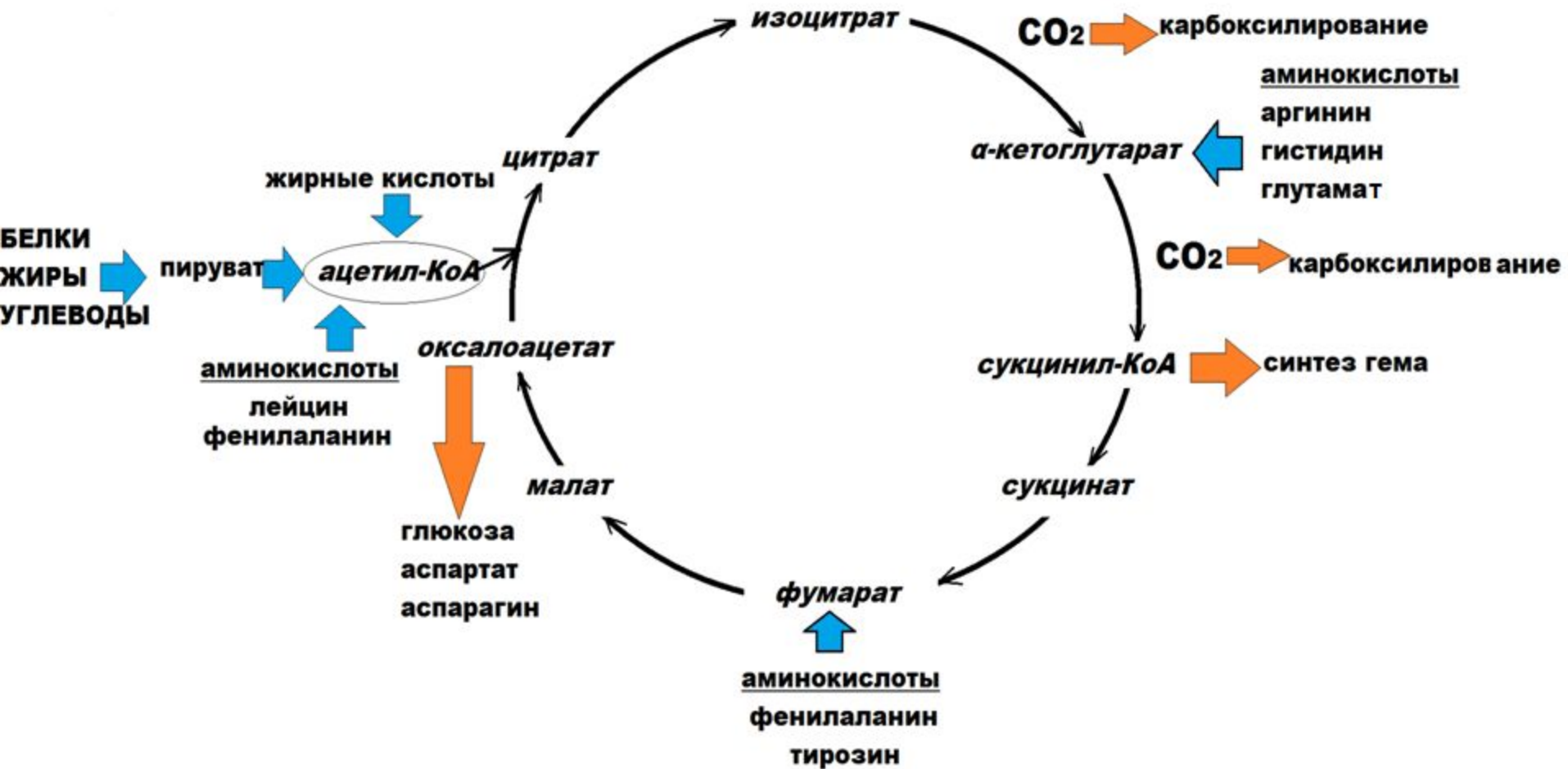


**1 НАДН + Н<sup>+</sup> = 3 АТФ**

**1 ФАДН<sub>2</sub> = 2 АТФ**

**1 АТФ (ГТФ) + 11 АТФ = 12 АТФ**

# ФУНКЦИИ ЦИКЛА ТРИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ



1. ИНТЕГРАТИВНАЯ
2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
3. КАТАБОЛИЧЕСКАЯ
4. АНАБОЛИЧЕСКАЯ

# Главные регуляторные факторы ЦТК

кислород ( $pO_2$ )

соотношение [АТФ]/[АДФ]

соотношение [НАД]/[НАДН]

концентрации метаболитов

## ЦИТРАТСИНТАЗА:

### Активаторы:

+оксалоацетат

### Ингибиторы

-Производные жирных кислот

-НАДН<sub>2</sub>

-Сукцинил-КоА

-АТФ (аллост)

## ИЗОЦИТРАТДЕГИДРОГЕНАЗА:

### Лимитирующий фермент!

### Активаторы

+Изоцитрат (полож. кооперативность)

+НАД (полож. кооперативность)

+АДФ (аллост. активатор)

### Ингибиторы:

-Сукцинил-КоА

-НАДН (отриц.кооперативность)

-Ионы  $Ca^{++} 10^{-7} M$

## αКЕТОГЛУТАРАТДЕГИДРОГЕНАЗА:

### Ингибиторы:

-Сукцинил-КоА

-НАДН

-АТФ (аллост.)