

Военно-медицинская академия  
Кафедра клинической биохимии и лабораторной  
диагностики

**Лекция № 10.**  
**«Аэробное окисление углеводов»**

**профессор Грашин Р.А.**

# Содержание

## **1. «Аэробное окисление глюкозы» (дихотомический путь)**

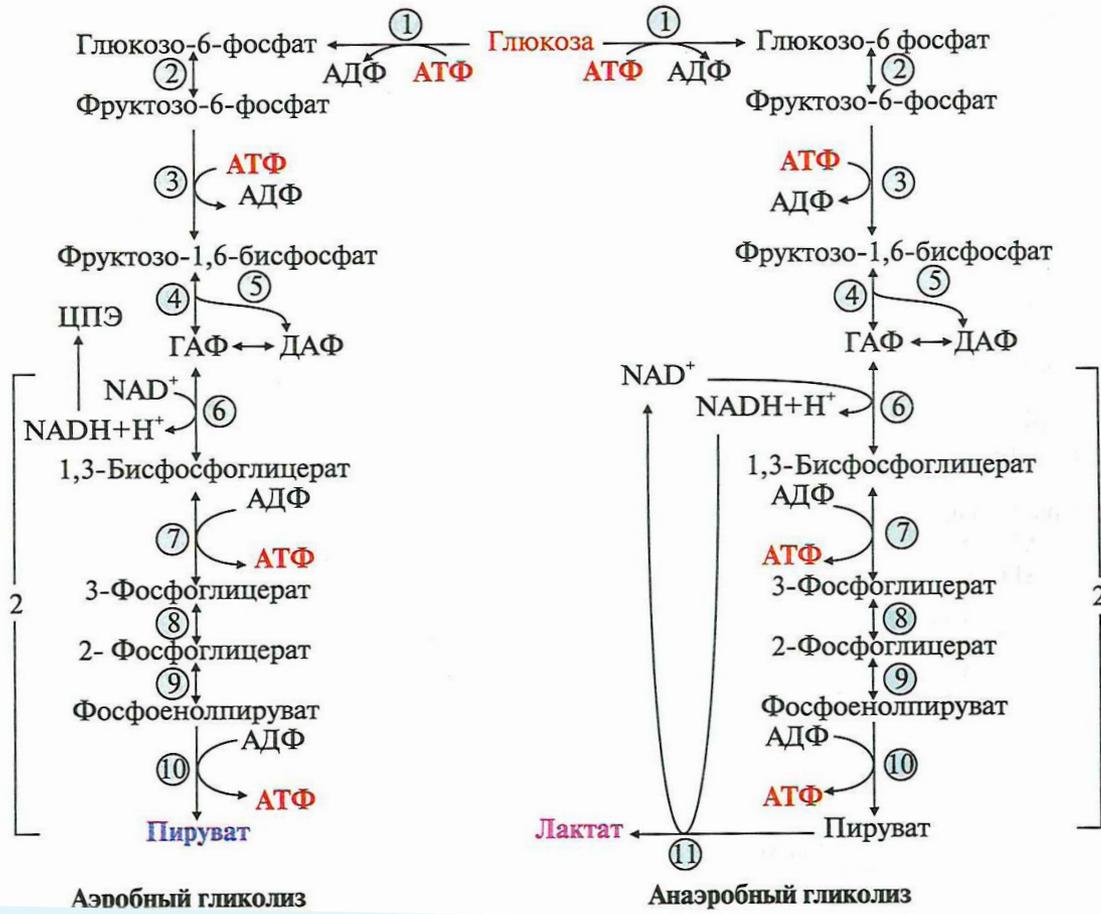
- окислительное декарбоксилирование пирувиноградной кислоты;
- цикл трикарбоновых кислот

## **2. Челночный механизм**

- Глицерофосфатный челнок
- Малат-аспартатный челнок

## **3. Апотомический путь - Пентозный шунт**

## **4. Основные регуляторы обмена углеводов**

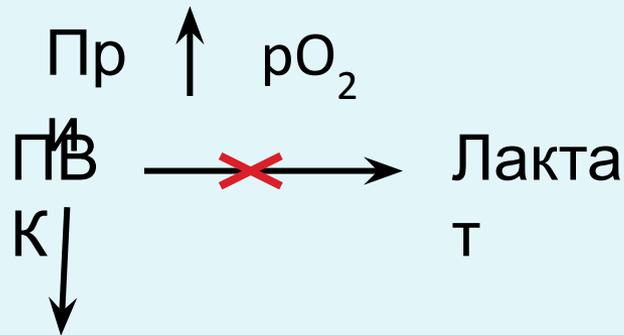


# 1. Аэробное окисление

Валовое уравнение глюкозы:



Полный выход энергии (W) при распаде глюкозы 2880 кДж  
Запас: =1569 кДж (около 50% всей энергии) в форме АТФ

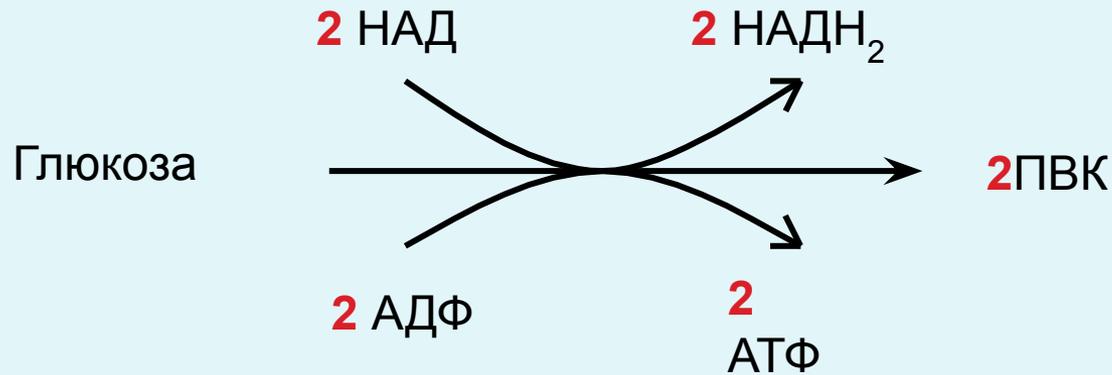


Окислительное декарбоксилирование ( в матриксе Mt)

# Этапы:

Выделяют четыре этапа окисления глюкозы.

## 1. Окисление глюкозы до ПВК.



## 2. Окислительное декарбоксилирование пирувата(Mt).

Окислительное декарбоксилирование – процесс, осуществляемый в митохондриях при помощи мультиферментного пируватдегидрогеназного комплекса, в состав которого входят 3 фермента и 5 коферментов.

### Ферменты:

E1 – пируватдегидрогеназа

E2 – дегидролипоилацетилтрансфераза

E3 – дегидролипоилдегидрогеназа



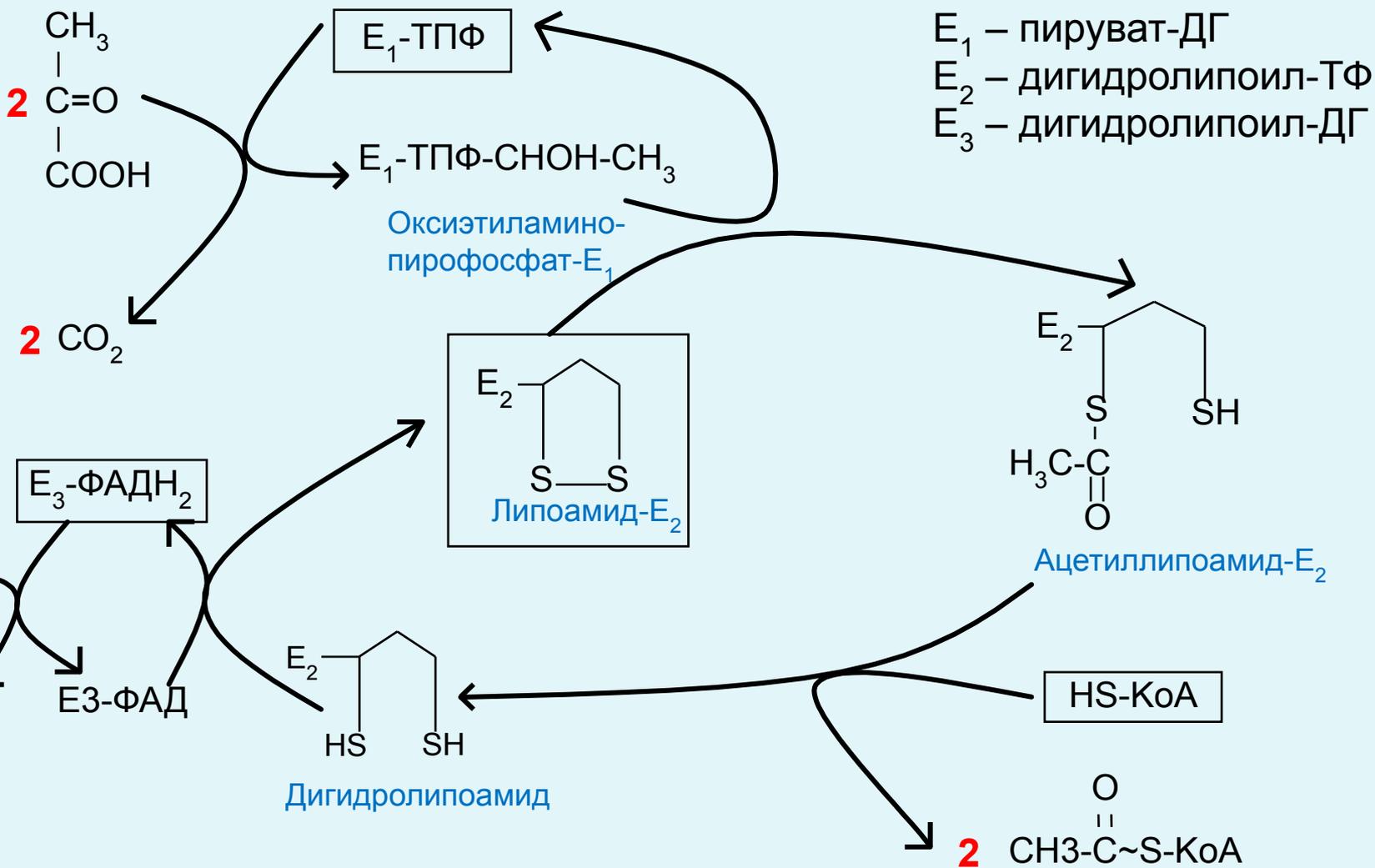
### Коферменты:

ТДФ – тиаминпиродифосфат (B1)

Амид липоевой кислоты

# НЕОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕСС!!!

# Пируватдегидрогеназный комплекс



**!** Red-Ox потенциал ФАД гораздо выше, чем у НАД. Поэтому он сам по себе не отдает  $\text{H}^+$   $\longrightarrow$  НАД

### 3. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса, цикл лимонной кислоты).

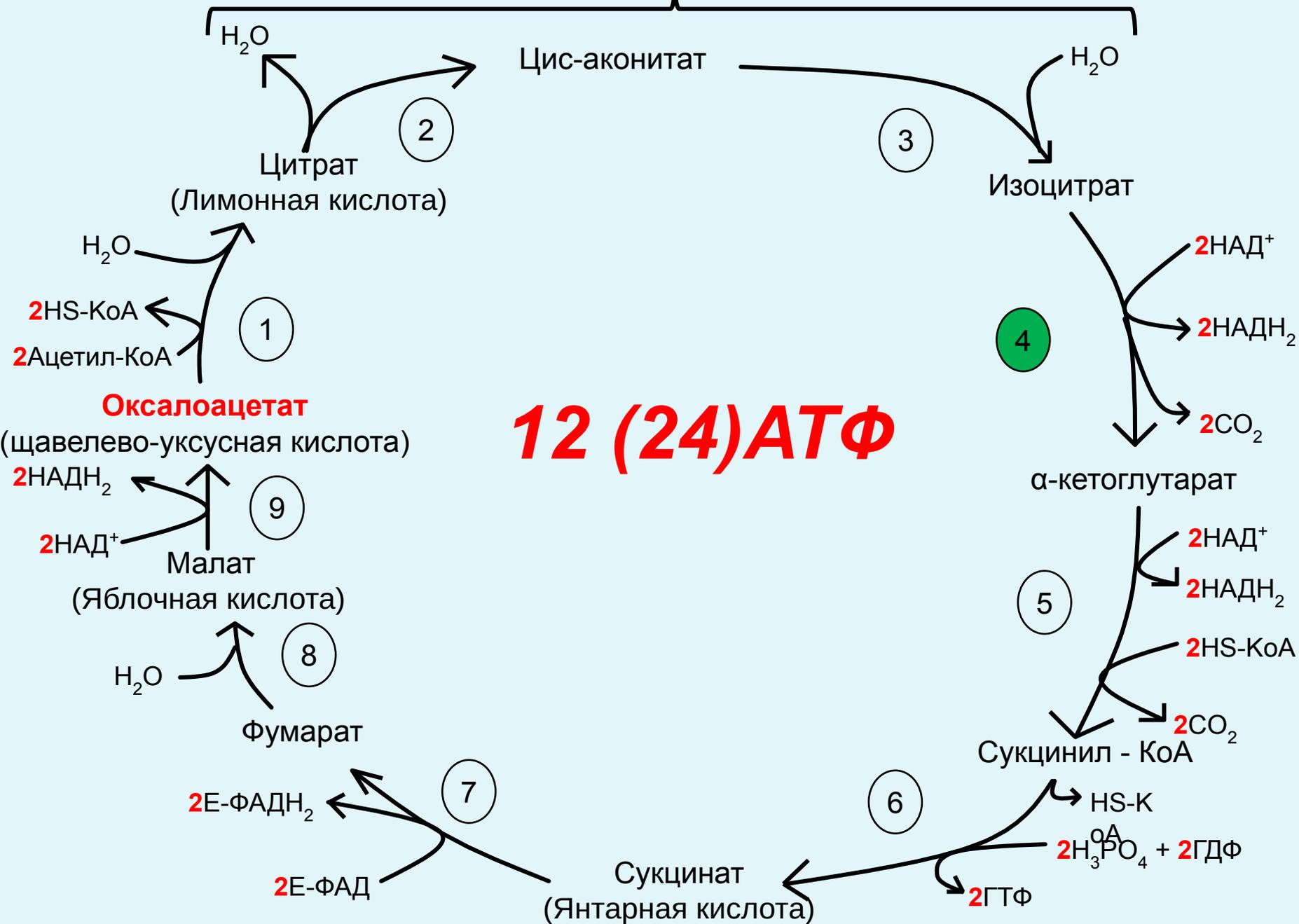
**Цикл Кребса (ЦТК)** – универсальный метаболический процесс, осуществляемый в митохондриях с целью сжигания (окисления) Ацетил-КоА не зависимо от источника его происхождения.

**ЦТК** – источник важных метаболитов для других путей обмена веществ.

#### **Конечные продукты:**

- НАДН<sub>2</sub> – 6
- ФАДН<sub>2</sub> – 2
- СО<sub>2</sub> – 4
- ГТФ – 2

# Общий процесс



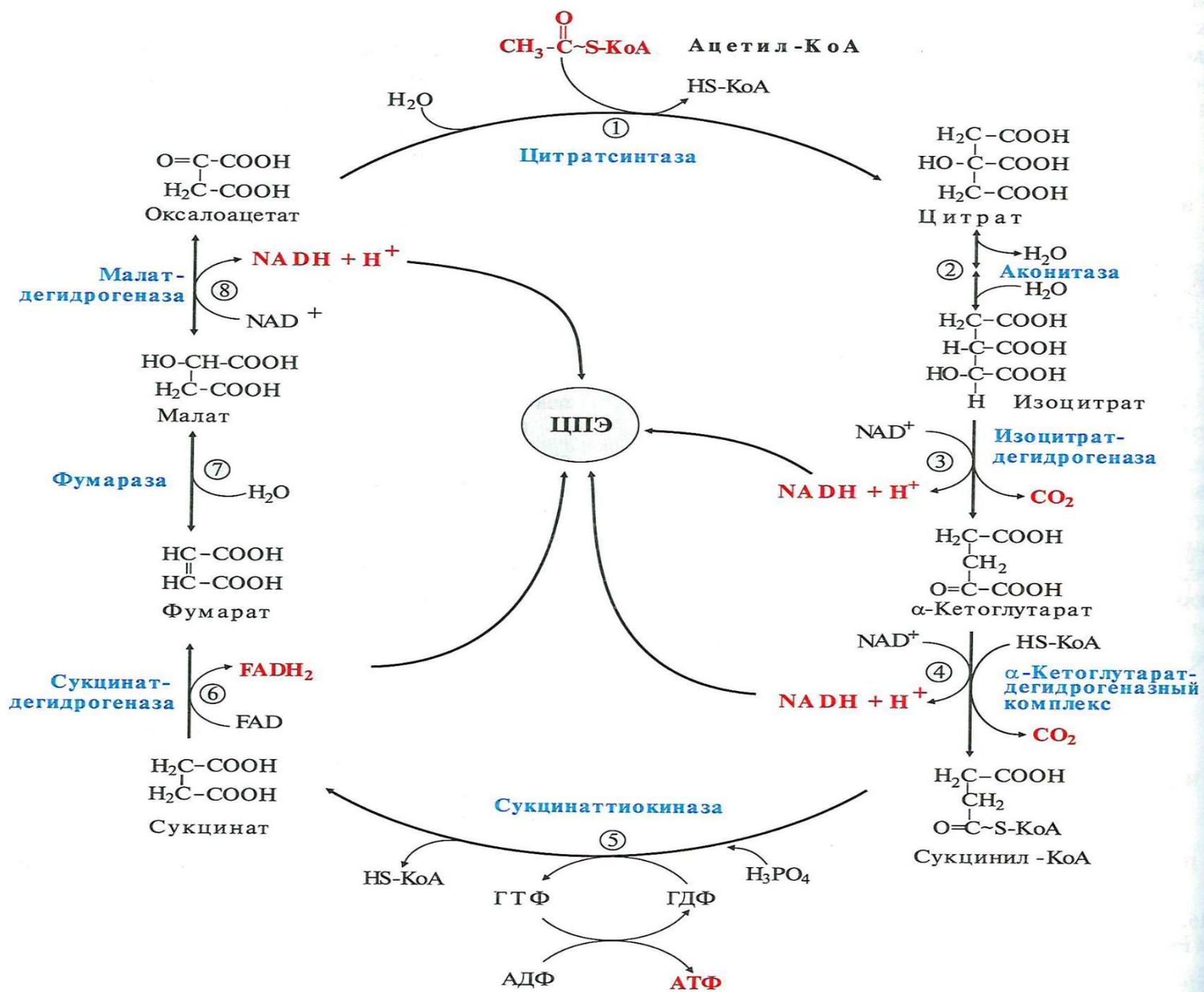
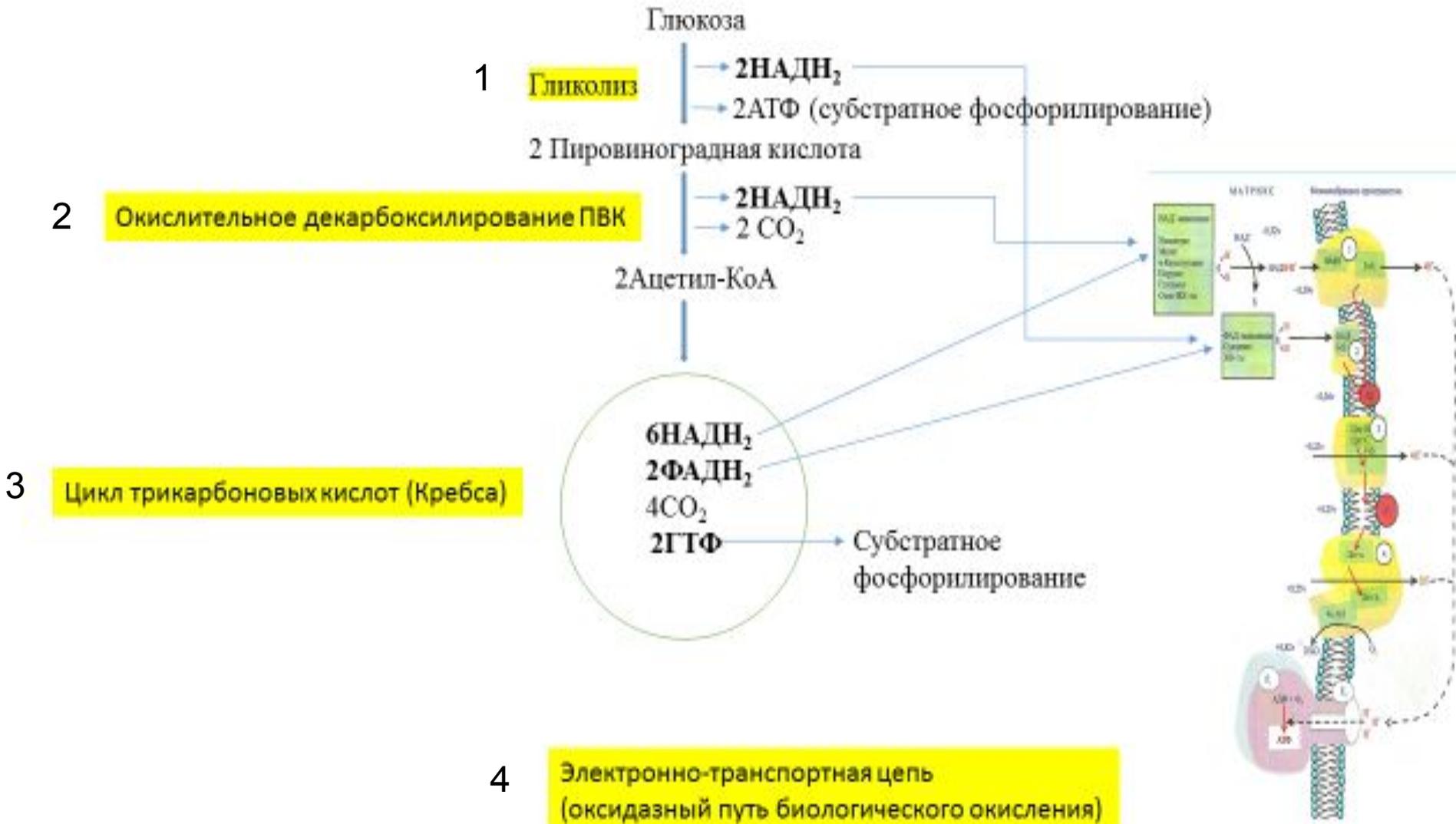


Рис. 5.17. Цикл трикарбоновых кислот

## Ферменты реакций цикла Кребса:

1. Цитратсинтаза **НЕОБРАТИМА**
2. Аконитаза } **ОБРАТИМА**
3. Аконитаза }
4. Исоцитратдегидрогеназа (ИДГ) **НЕОБРАТИМА** **Ключевой фермент!**
5.  $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназный комплекс **НЕОБРАТИМА**
6. Сукцинатсинтаза **ОБРАТИМА**
7. Сукцинатдегидрогеназа **ОБРАТИМА**
8. Фумараза **ОБРАТИМА**
9. Малатдегидрогеназа (МДГ) **ОБРАТИМА**

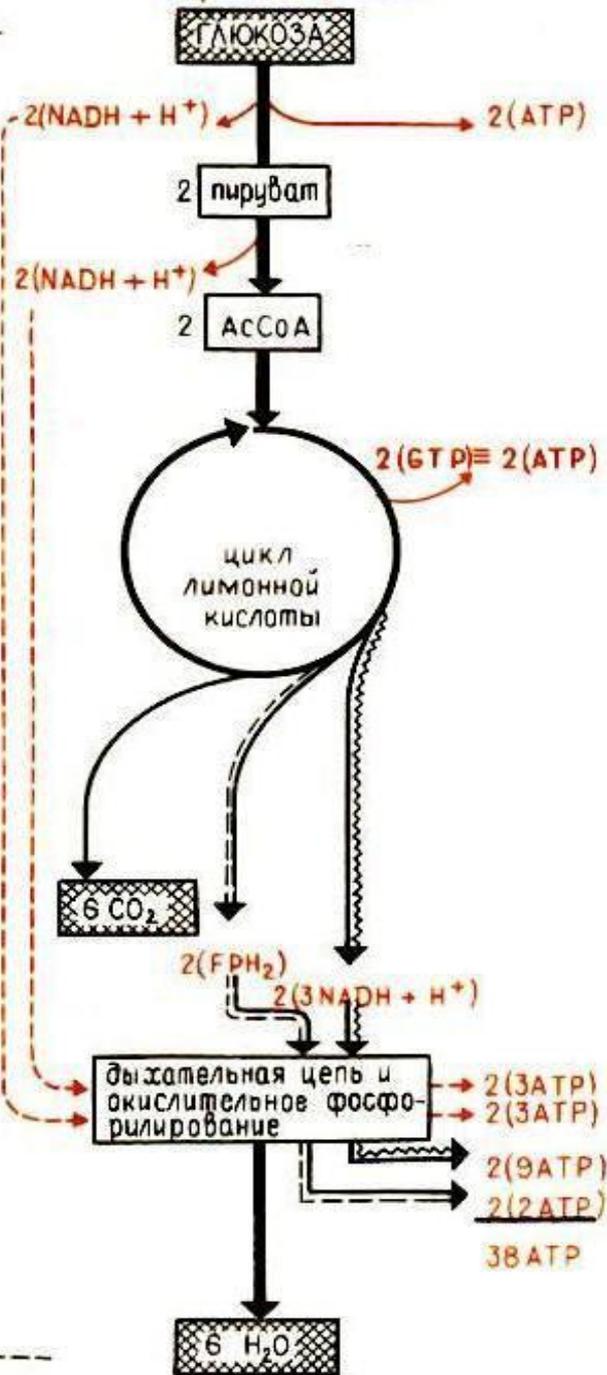
# Этапы окисления глюкозы в клетке



**анаэробные условия**



**аэробные условия**



гликолиз  
+  
цикл АК  
+  
дыхательная цепь и  
окислительное фосфо-  
рирование

38 АТФ

$\Delta G^{\circ} \approx 2847 \text{ кДж/моль}$

## 2. Челночный механизм

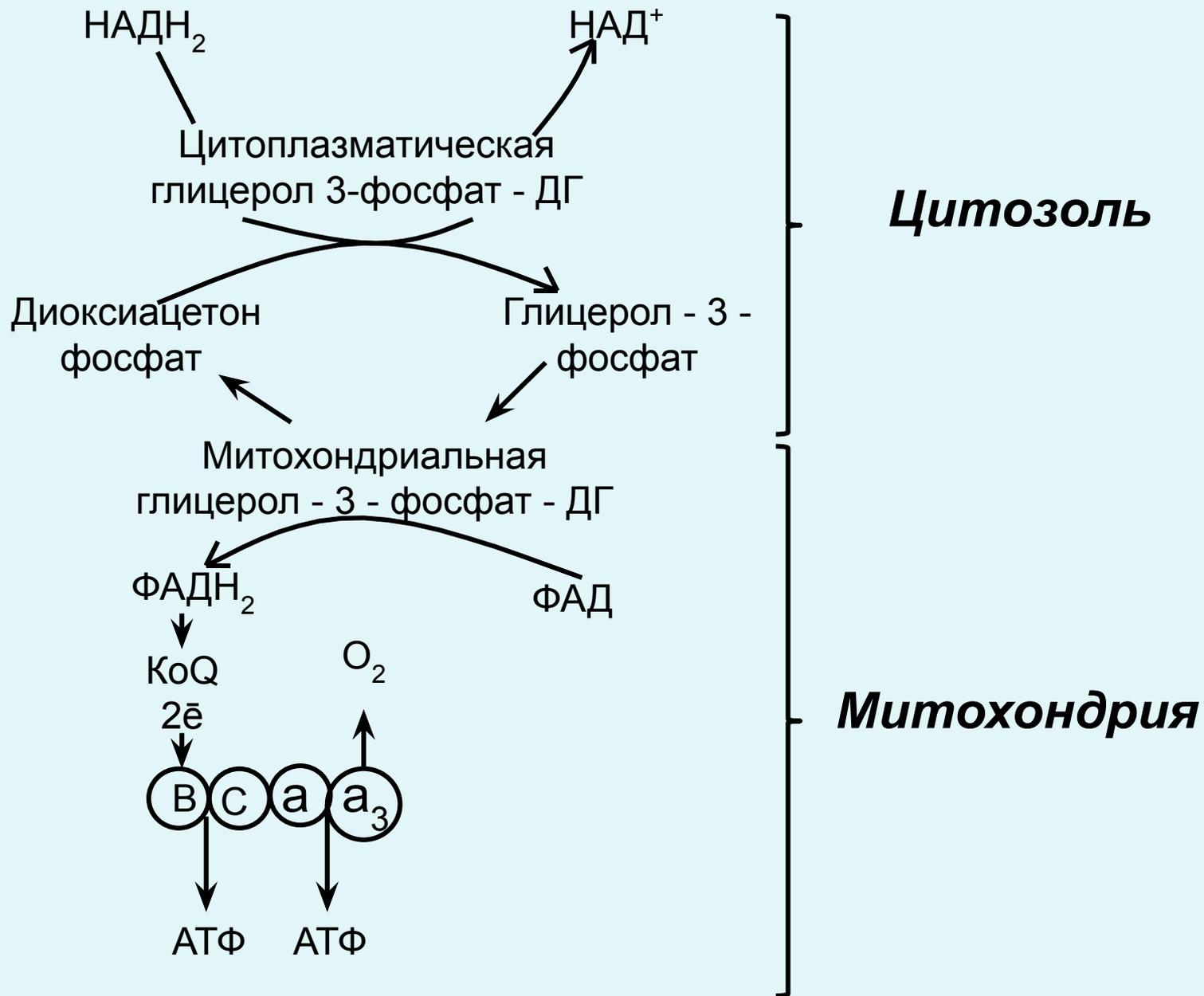
**1. Глицерофосфатный челнок**  
организует передачу  $H^+$  от  $NADH_2$   
из цитоплазмы митохондрий  
(печень и головной мозг).

Энергетический выход – 36 АТФ

**2. Малат-аспартатный челнок** –  
потерь АТФ не происходит (работает  
повсеместно).

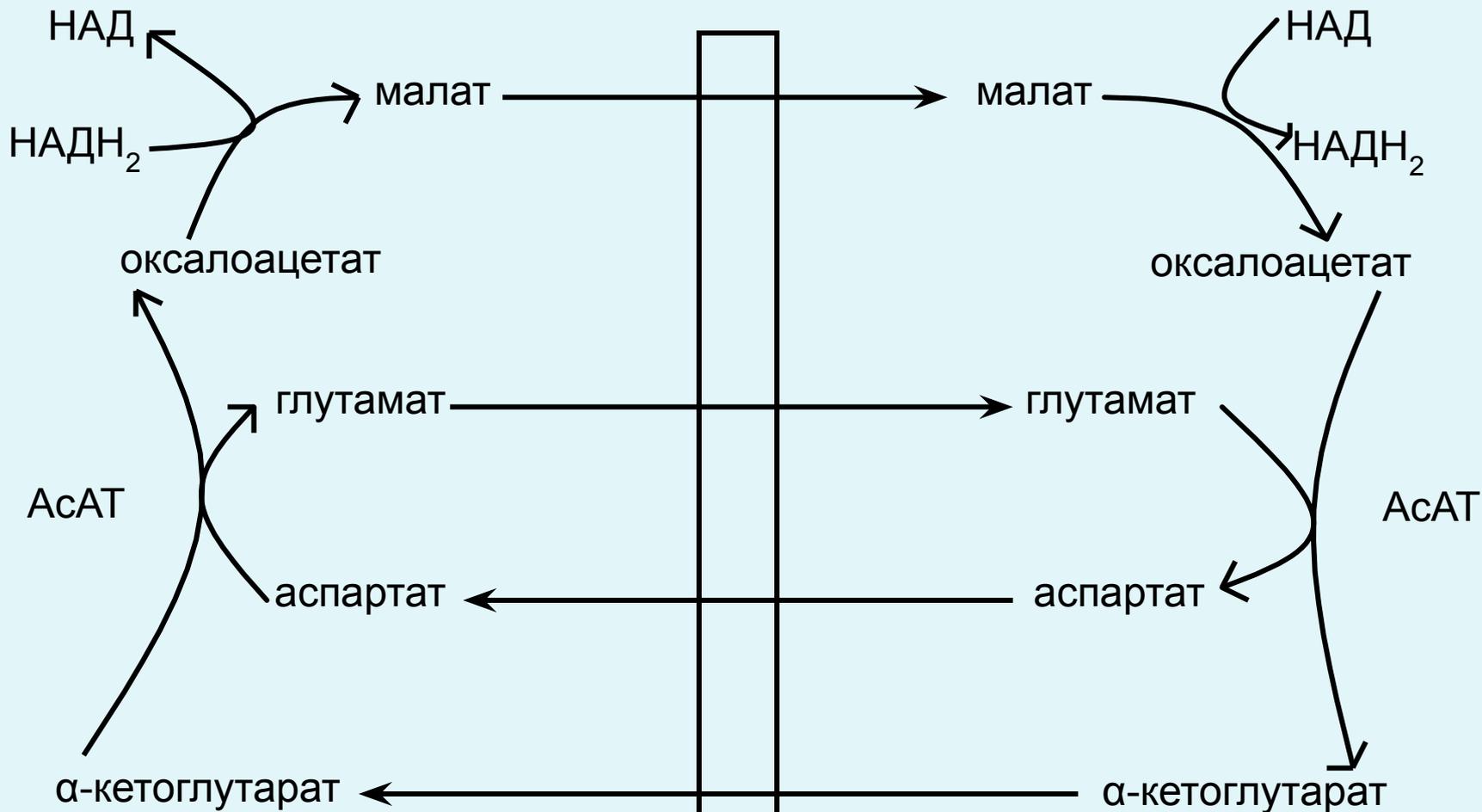
Энергетический выход – 38 АТФ

# Глицерофосфатный челночный механизм.



# Малат-аспаратный челночный механизм

Внутренняя мембрана митохондрии



Цитозоль

Матрикс Mt

# 3. Пентозный шунт (путь)

Пентозный шунт – процесс альтернативного окисления углеводов (параллелен гликолизу в цитоплазме).

## **Цель:**

- Образование фосфопентоз
- Образование НАДФН<sub>2</sub> для синтеза липидов, белков и нуклеиновых кислот, а также ДЕТОКСИКАЦИИ

**!** Не зависит от концентрации инсулина в крови

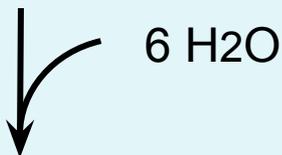
*Глюкозо-6-  
фосфатдегидрогеназа!*  
**НЕОБРАТИМА**

6 Глюкозо-6-фосфат



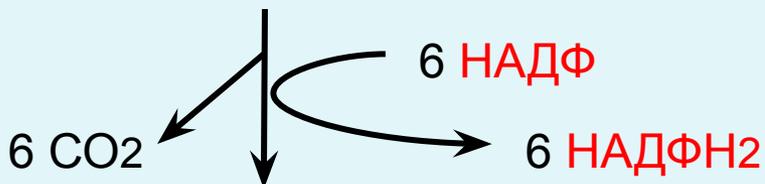
6 Фосфоглюко-δ-лактон

*(Фосфоглюко-) лактоназа*  
**ОБРАТИМА**



6 Фосфоглюконат

*Фосфоглюколактонат-  
дегидрогеназа  
декарбоксилирующая*



6 Рибулозо-5-фосфат

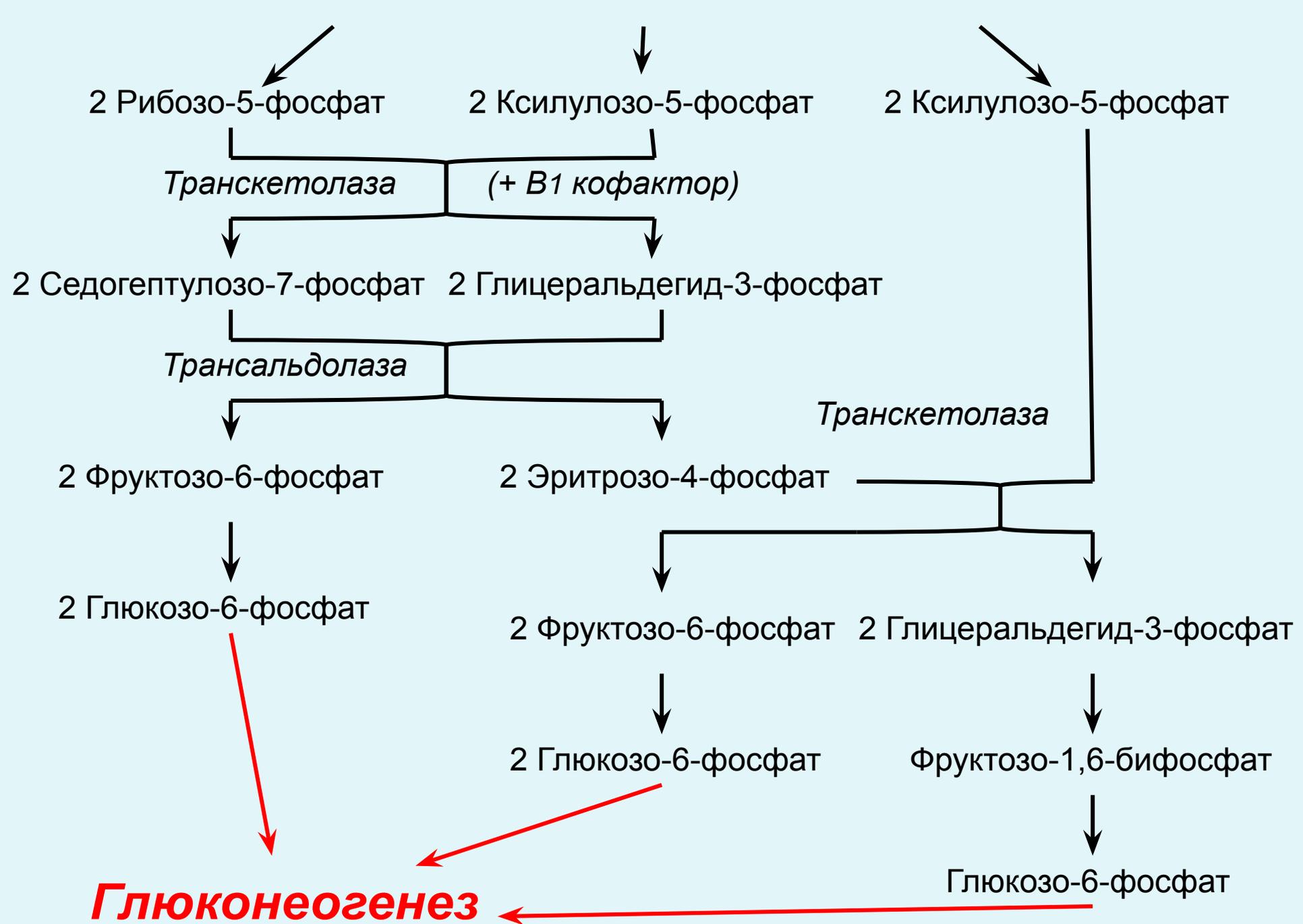
*Изомеразы*

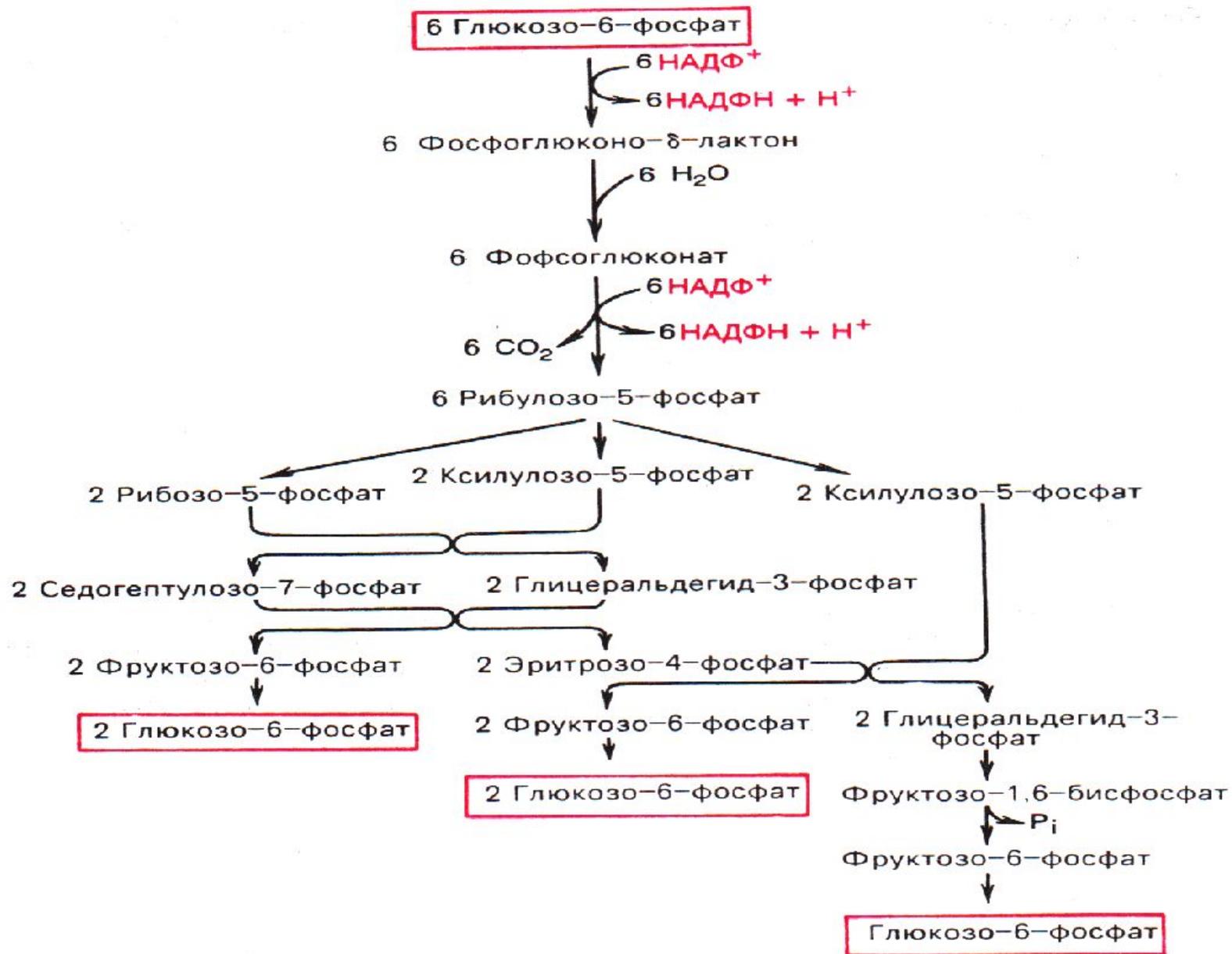
2 Рибозо-5-фосфат

2 Ксилулозо-5-фосфат

2 Ксилулозо-5-фосфат







# 4. Основные регуляторы обмена углеводов

*Основными регуляторами обмена углеводов являются:*

- **Инсулин** ( стимуляция гликолиза и синтеза гликогена =>  
↓концентрации глюкозы в крови

Окисление (утилизация, усвоение глюкозы в клетках)

- **Антагонисты:**

1. Адреналин
  2. Глюкагон
  3. Глюкокортикоиды
- } Распад гликогена  
Глюконеогенез ↑

повышение концентрации глюкозы в крови