

# МЕТАБОЛИЗМ УГЛЕВОДОВ



# ОСНОВНЫЕ ПУТИ ВНУТРИКЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА УГЛЕВОДОВ

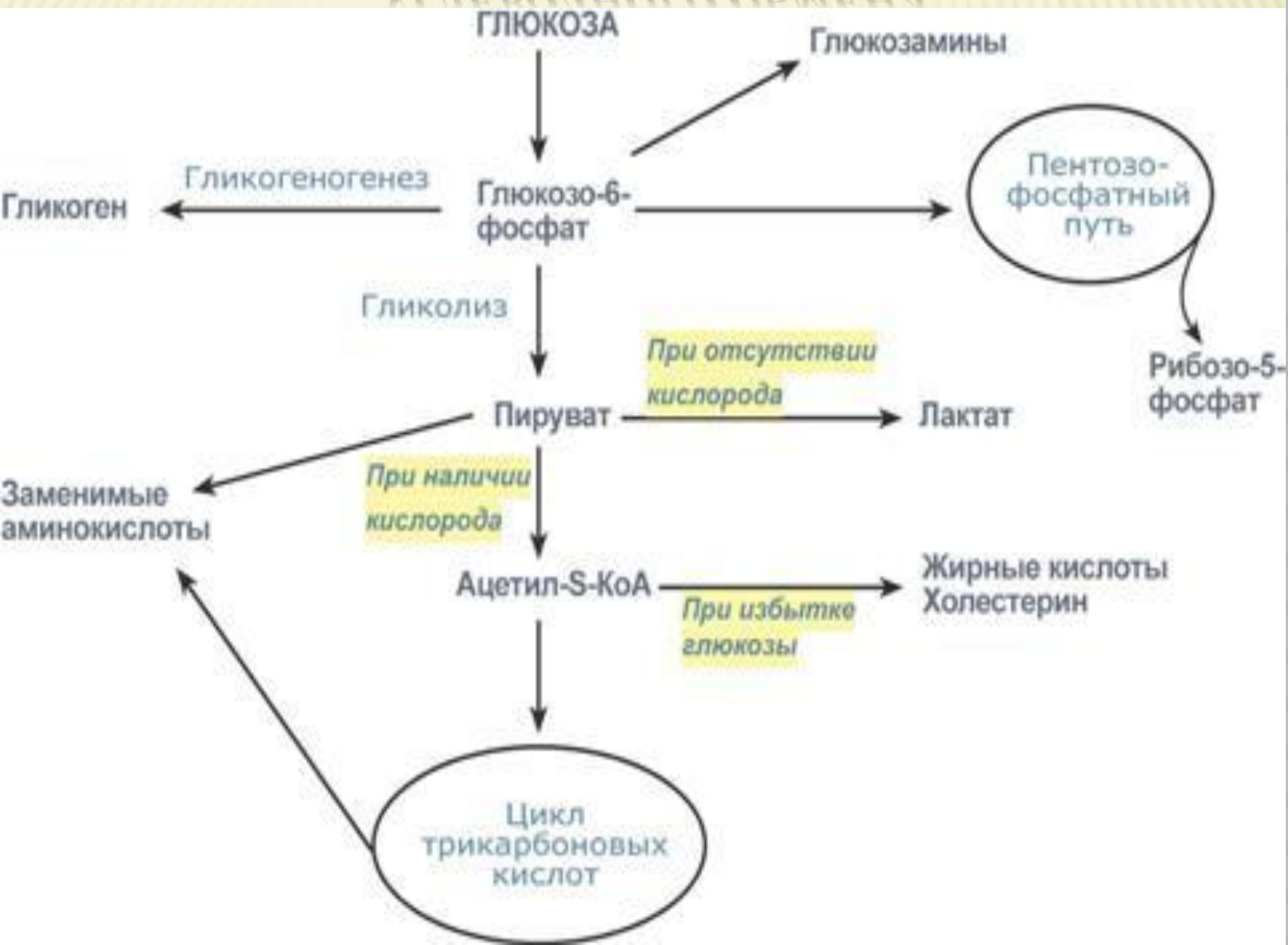
1) *катаболические пути (распад):*

- ▣ *гликолиз;*
- ▣ *гликогенолиз;*
- ▣ *пентозомонофосфатный путь;*

2) *анаболические пути (синтез):*

- ▣ *глюконеогенез;*
- ▣ *гликогеногенез.*

# ГЛЮКОЗА-6-ФОСФАТ – КЛЮЧЕВОЙ МЕТАБОЛИТ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА

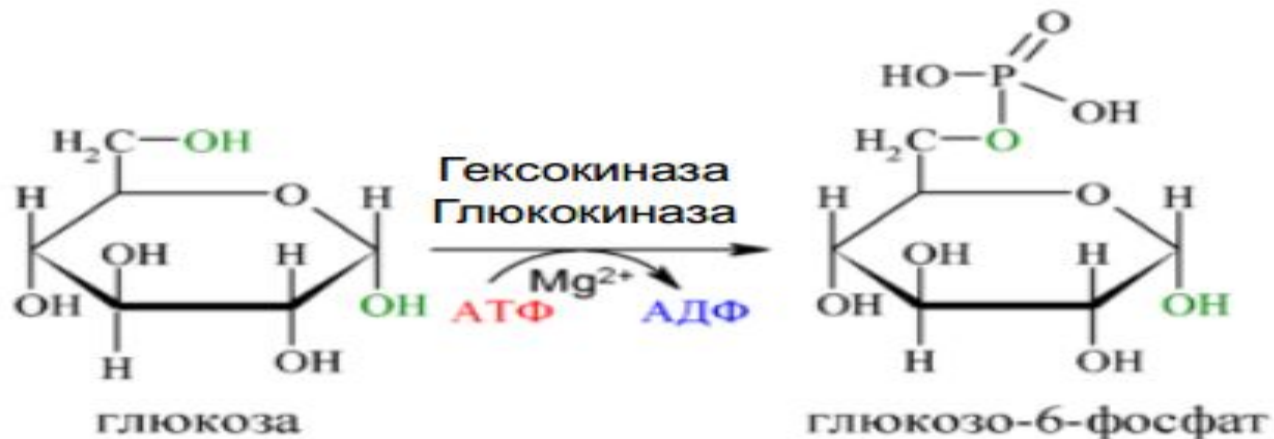


# ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ (АКТИВАЦИЯ) ГЛЮКОЗЫ

Фосфолирование (активация) глюкозы протекает при участии ферментов *гексокиназы* в мышцах и *глюкокиназы* в печени.

Отличия изоферментов:

1. Гексокиназа фосфолирует не только глюкозу, но и другие гексозы, глюкокиназа фосфолирует только глюкозу.
2. Гексокиназа обнаружена во всех органах, а глюкокиназа – только в печени.
3. Гексокиназа обладает высоким сродством к глюкозе (реагирует с глюкозой при ее низкой концентрации), глюкокиназа имеет малое сродство к глюкозе (работает при концентрации глюкозы около 10 ммоль/л, которое достигается после приема углеводной пищи).



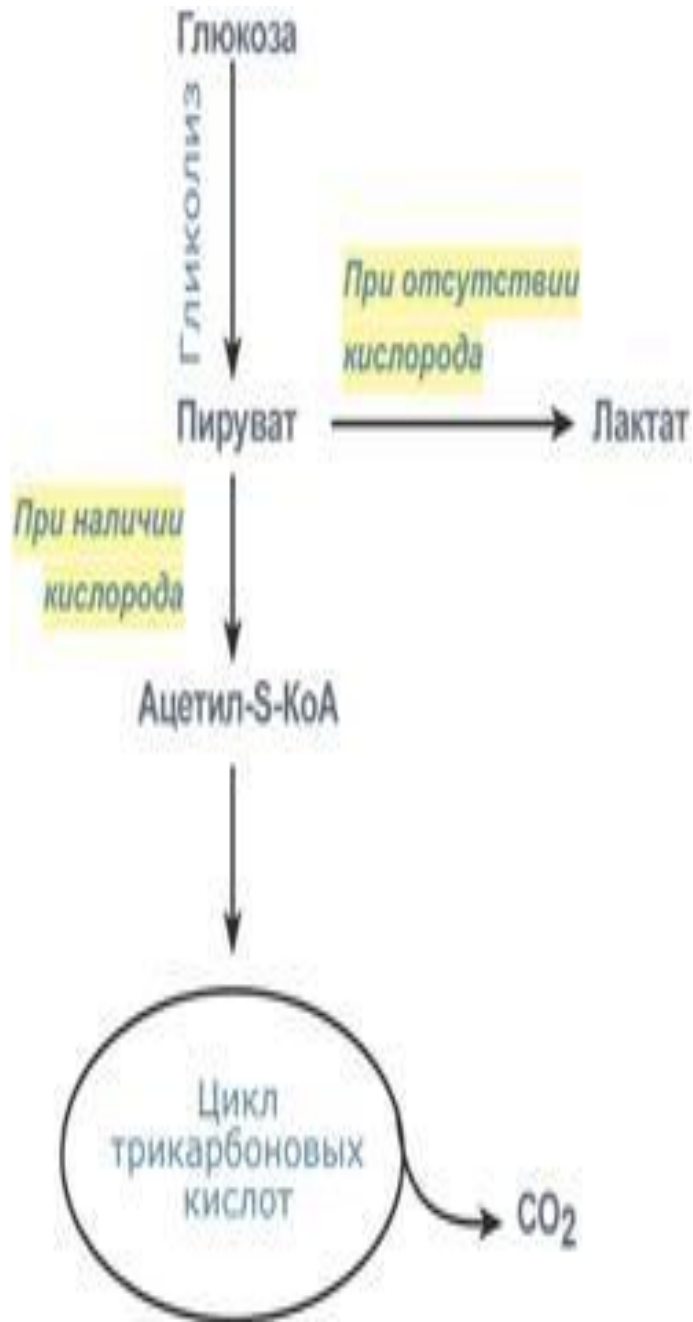
Гликолиз – последовательность реакций окисления глюкозы в результате которых:

- в анаэробных условиях образуется молочная кислота (лактат);
- в аэробных – пировиноградная кислота (пируват).

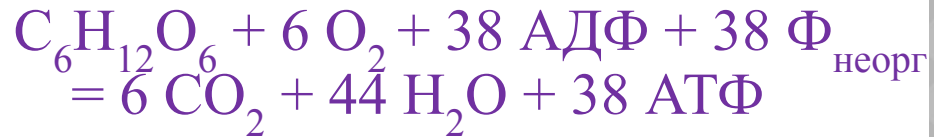
Локализация процесса – **цитоплазма**.

Биологическое значение гликолиза:

- ❖ **Промежуточные метаболиты** являются предшественниками для синтеза аминокислот, азотистых оснований, липидов и др.
- ❖ Окисление глюкозы сопровождается образованием **АТФ** путем субстратного фосфорилирования.



**Аэробный гликолиз** - глюкоза превращается в ацетил-КоА (через пируват) и далее сгорает в реакциях ЦТК до CO<sub>2</sub>.



**Анаэробный гликолиз** – глюкоза окисляется до молочной кислоты (лактата).

Лактат является метаболическим **тупиком** и далее ни во что не превращается, единственная возможность утилизировать лактат – это окислить его обратно в пируват.

В микробиологии анаэробный гликолиз называют **молочнокислым брожением**.



# СТАДИИ ГЛИКОЛИЗА

## **Подготовительная стадия (стадия активации глюкозы):**

- 5 реакций;**
- 1 молекула гексозы (глюкозы) расщепляется на 2 молекулы фосфотриоз (глицеральдегидфосфата).**

## **Стадия генерации АТФ:**

- 6 реакций – в анаэробных условиях, 5 реакций – в аэробных условиях;**
- энергия окислительных реакций трансформируется в химическую энергию АТФ (в реакциях субстратного фосфорилирования)**

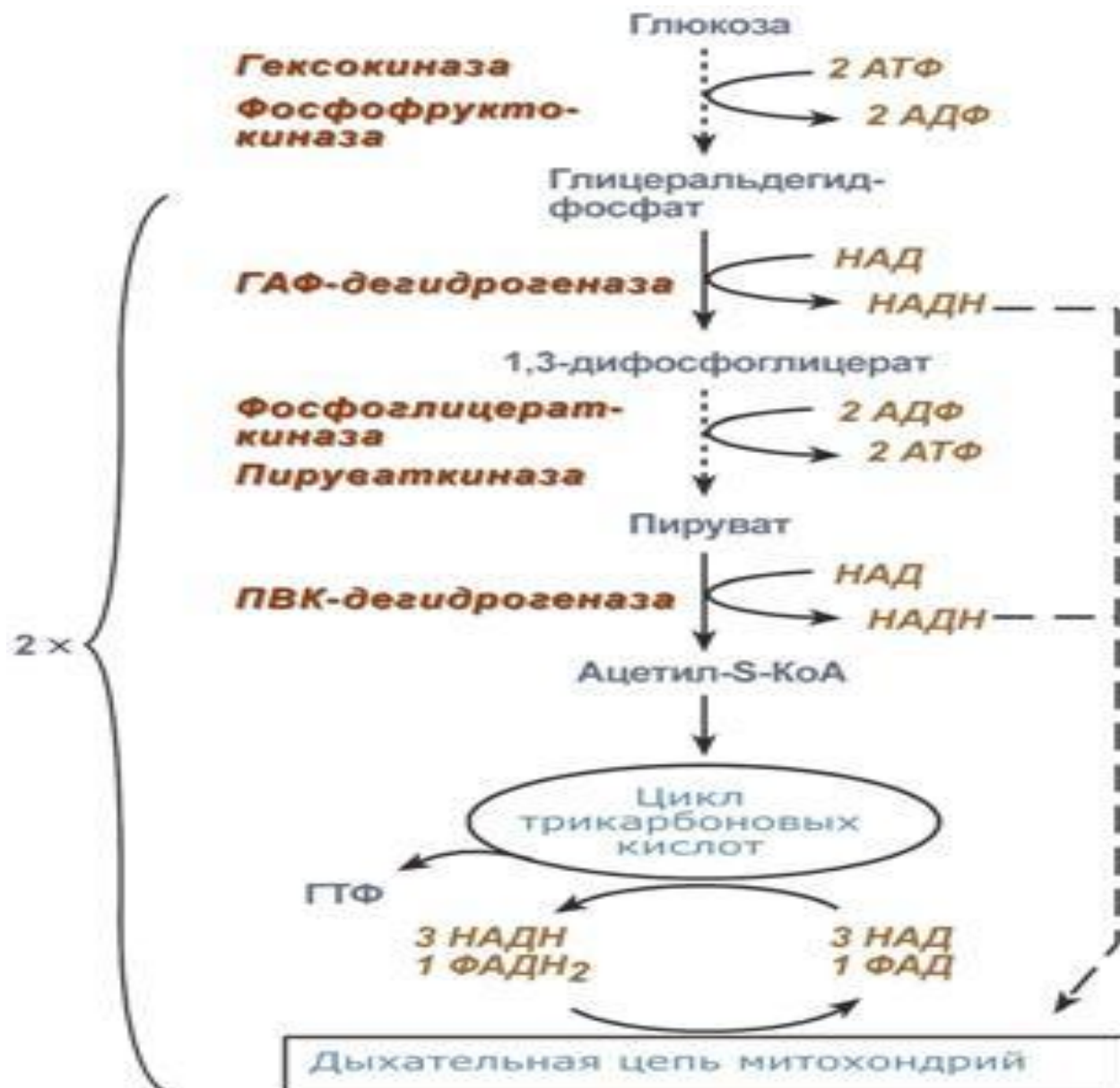
# РАСЧЁТ АТФ ПРИ ОКИСЛЕНИИ ГЛЮКОЗЫ

Для расчета количества АТФ, образованной при окислении глюкозы необходимо учитывать:

- ⊙ Реакции, идущие с затратой или образованием АТФ и ГТФ,
- ⊙ Реакции, продуцирующие НАДН и ФАДН<sub>2</sub> и использующие их,
- ⊙ Так как глюкоза образует две триозы, то все соединения, образующиеся ниже ГАФ-дегидрогеназной реакции, образуются в двойном (относительно глюкозы) количестве.



# УЧАСТКИ ГЛИКОЛИЗА, СВЯЗАННЫЕ С ОБРАЗОВАНИЕМ И ЗАТРАТОЙ ЭНЕРГИИ



# АЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ

- Если в клетке имеется кислород, то **НАДН** из гликолиза направляется в митохондрию, на процессы окислительного фосфорилирования, и там его окисление приносит три молекулы АТФ.
- Образовавшийся в гликолизе пируват в аэробных условиях превращается в ПВК-дегидрогеназном комплексе в ацетил-S-КоА, при этом образуется **1 молекула НАДН**.
- Ацетил-S-КоА вовлекается в **ЦТК** и, окисляясь, дает 3 молекулы НАДН, 1 молекулу ФАДН<sub>2</sub>, 1 молекулу ГТФ. Молекулы **НАДН** и **ФАДН<sub>2</sub>** движутся в дыхательную цепь, где при их окислении в сумме образуется 11 молекул АТФ. В целом при сгорании одной ацетогруппы в ЦТК образуется 12 молекул АТФ.
- Суммируя результаты окисления "гликолитического" и "пируватдегидрогеназного" НАДН, "гликолитический" АТФ, энергетический выход ЦТК и умножая все на 2, получаем **38 молекул АТФ**.

# ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ

это процесс синтеза глюкозы из веществ неуглеводной природы.

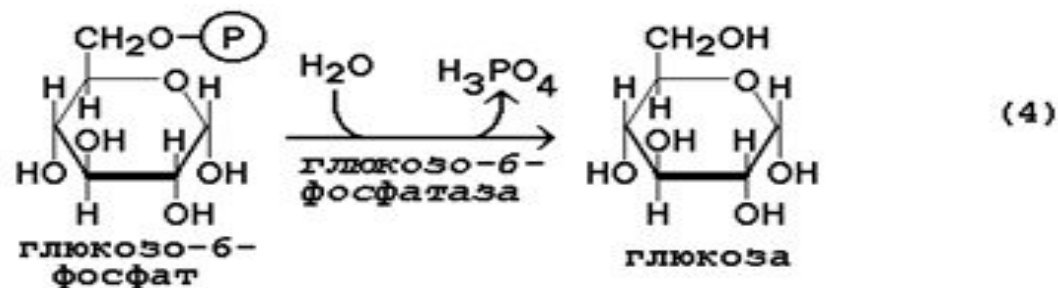
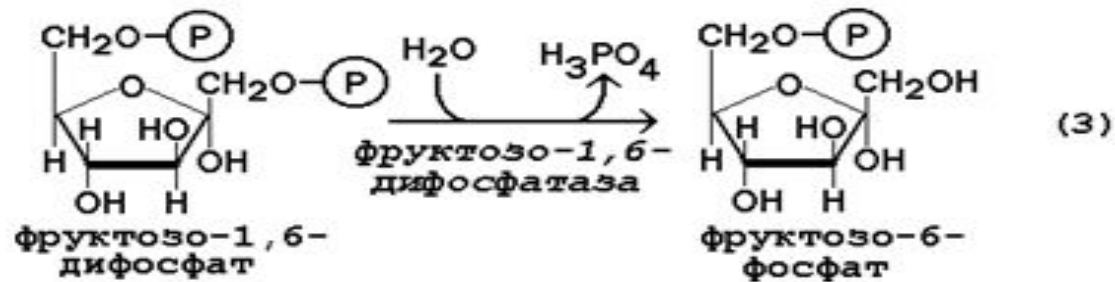
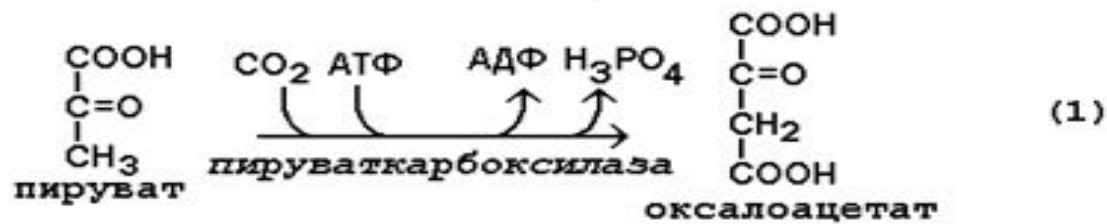
○ **Субстраты глюконеогенеза:**

- пируват
- лактат
- глюкогенные аминокислоты
- глицерин
- ацетон

○ **Условия протекания:** активируется при *голодании*, недостатке углеводов в пище.

○ **Механизм:** обратный гликолиз

# ОБХОДНЫЕ РЕАКЦИИ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА (НЕОБРАТИМЫЕ РЕАКЦИИ ГЛИКОЛИЗА)



## НЕОБХОДИМОСТЬ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА В ОРГАНИЗМЕ ДЕМОНСТРИРУЮТ ДВА ЦИКЛА - ГЛЮКОЗО-ЛАКТАТНЫЙ И ГЛЮКОЗО-АЛАНИНОВЫЙ.

**Глюкозо-лактатный цикл (цикл Кори)** - это циклический процесс, объединяющий реакции глюконеогенеза и реакции анаэробного гликолиза. Глюконеогенез происходит в печени, субстратом для синтеза глюкозы является лактат, поступающий в основном из эритроцитов или мышечной ткани.

- В эритроцитах молочная кислота образуется непрерывно, так как для них анаэробный гликолиз является единственным способом образования энергии.
- В скелетных мышцах высокое накопление молочной кислоты (лактата) является следствием гликолиза при очень интенсивной, субмаксимальной мощности, работе.

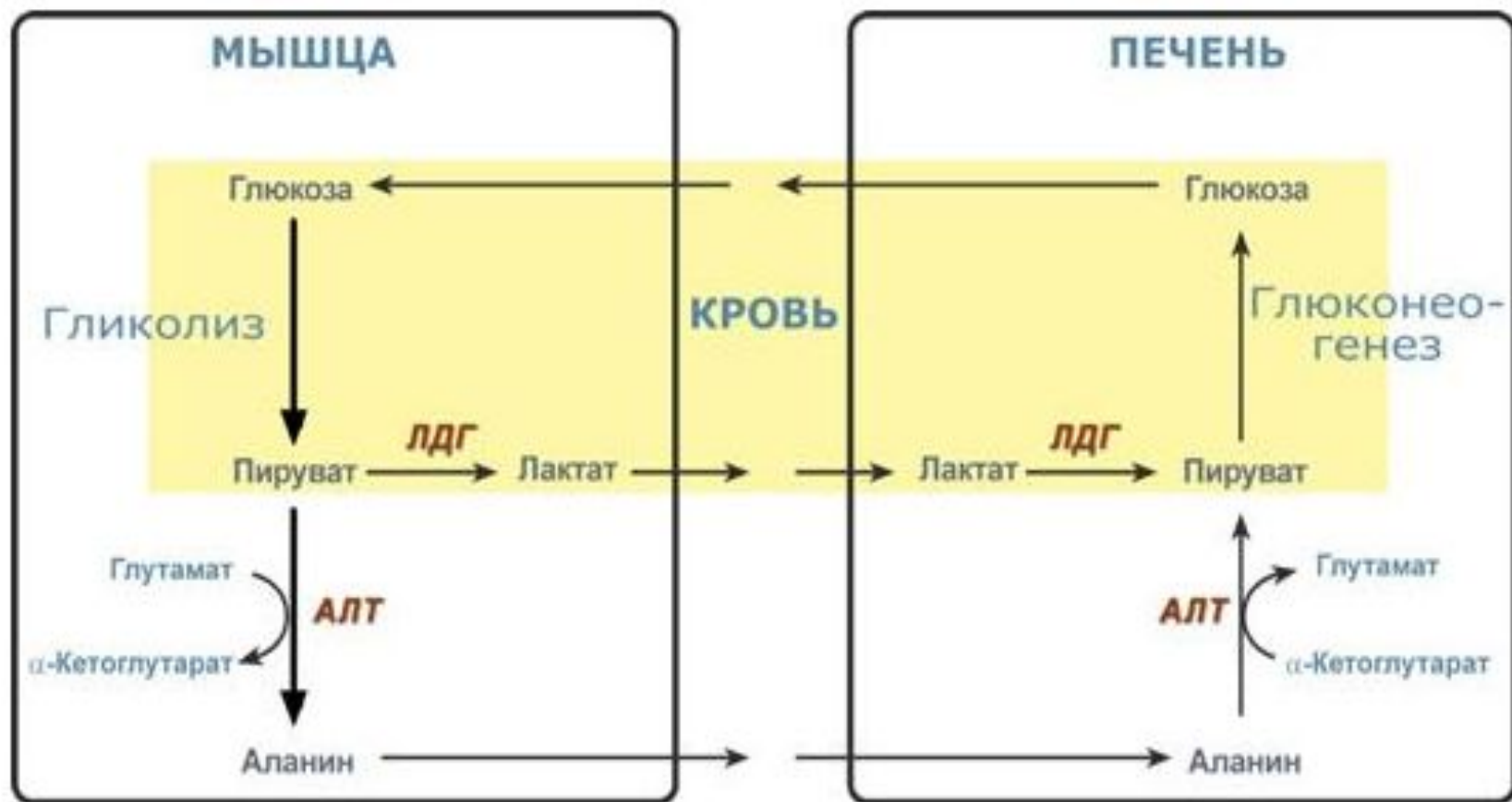
# ГЛЮКОЗО-АЛАНИНОВЫЙ ЦИКЛ

Функция: утилизация пирувата, «уборка» лишнего азота из мышц.

При мышечной работе и в покое в миоците распадаются белки и образуемые аминокислоты трансаминируются с  $\alpha$ -кетоглутаратом. Полученный глутамат взаимодействует с пируватом. Образующийся аланин является транспортной формой азота и пирувата из мышцы в печень. В гепатоците идет обратная реакция трансаминирования, аминогруппа передается на синтез мочевины, пируват используется для синтеза глюкозы.

Кроме мышечной работы, глюкозо-аланиновый цикл активируется во время голодания, когда мышечные белки распадаются и многие аминокислоты используются в качестве источника энергии, а их азот необходимо доставить в печень.

# ГЛЮКОЗО-ЛАКТАТНЫЙ (ВЫДЕЛЕН ЖЁЛТЫМ) И ГЛЮКОЗО-АЛАНИНОВЫЙ ЦИКЛЫ



# ПЕНТОЗОФОСФАТНЫЙ ЦИКЛ

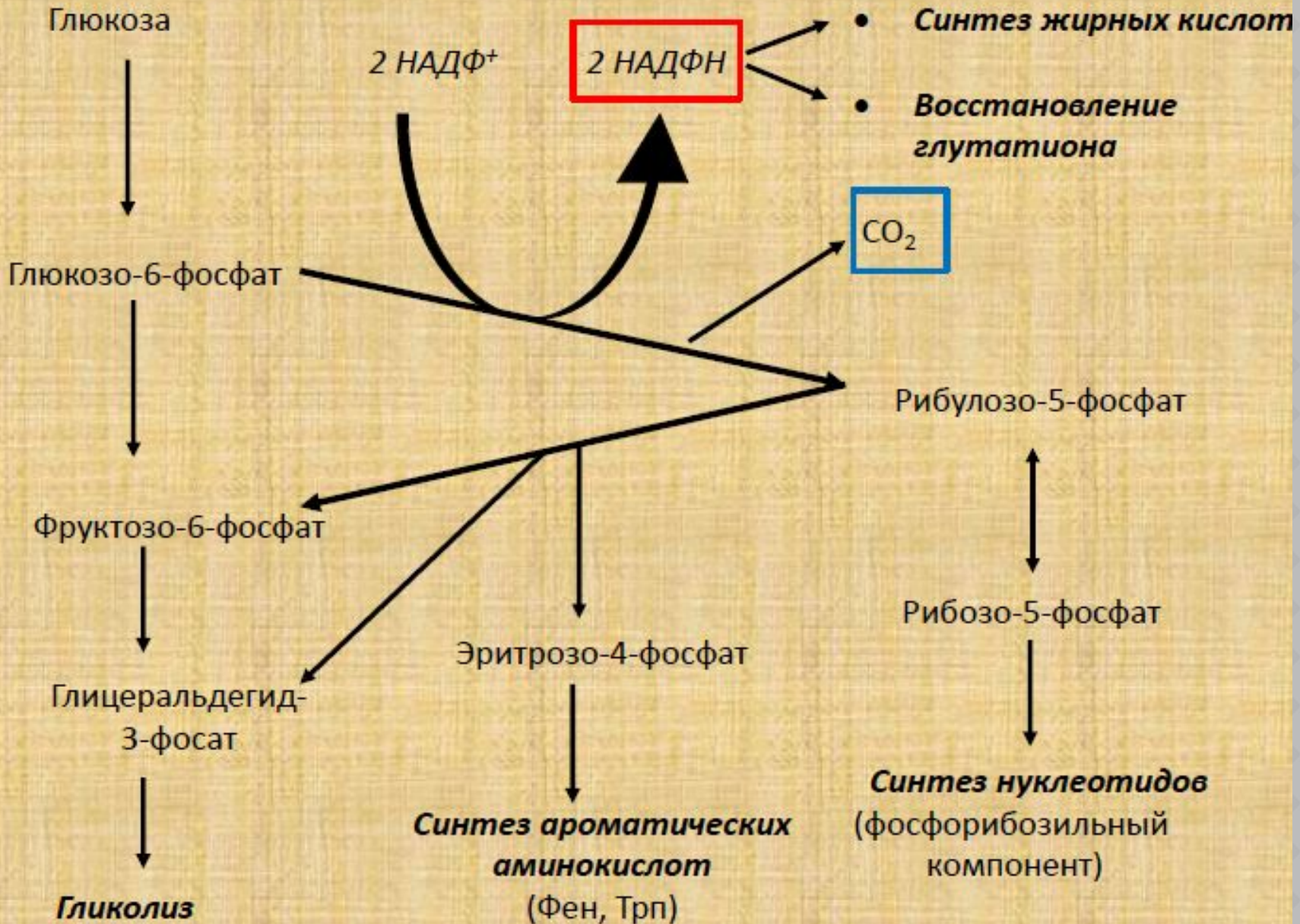
- ⊙ Это альтернативный путь окисления глюкозы.
- ⊙ **Локализация:** эритроциты, печень, надпочечники, эмбриональная и жировая ткань
- ⊙ **Стадии:**
- ⊙ **1. окислительная или аэробная** – до образования пентоз (рибулозо-5-фосфата);
- ⊙ **2. изомерных превращений** – катализируется ферментами **транскетолазами** (кофактором которых является *ТДФ-коферм. форма вит. В1*) и **трансальдолазами**;
- ⊙ **Патология:** генетический дефект фермента ПФЦ **глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы** является причиной усиления процессов ПОЛ и гемолиза эритроцитов

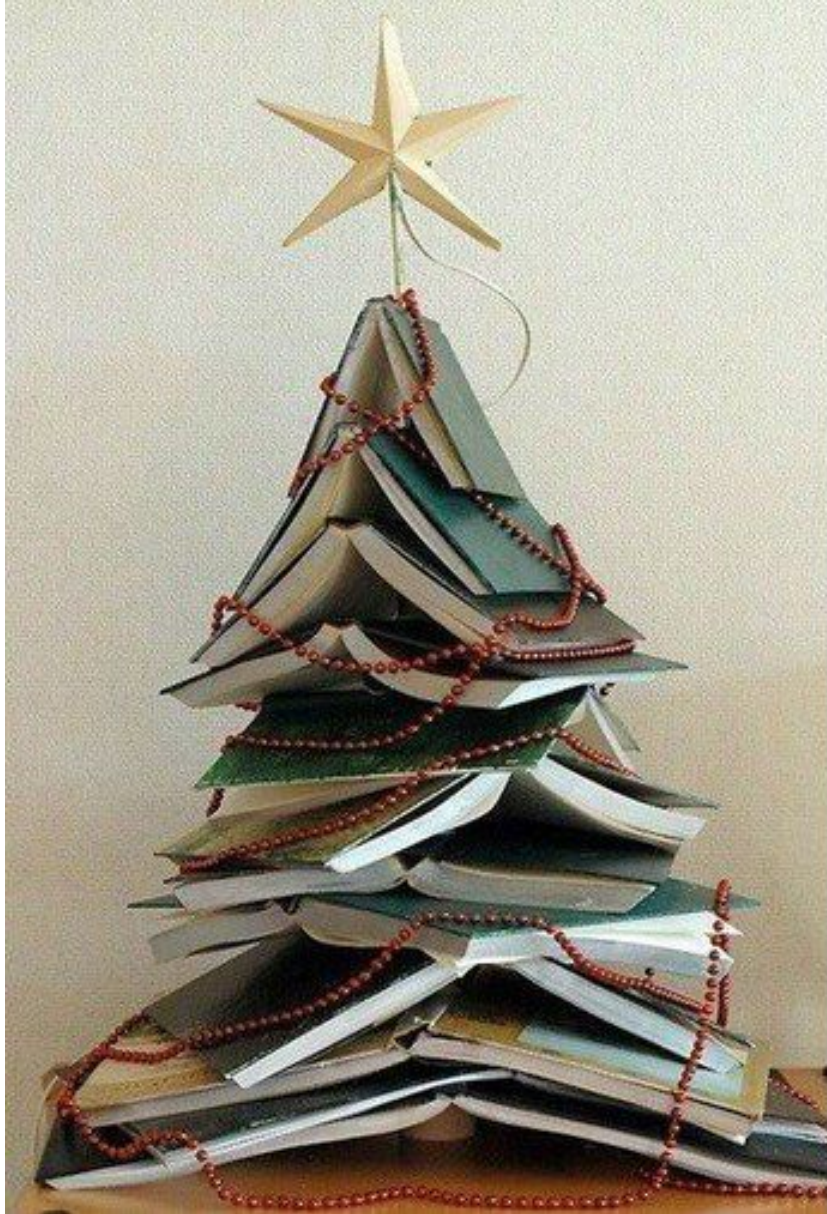


# ФУНКЦИИ ПФЦ

- он является главным источником НАДФН для синтеза жирных кислот, холестерина, стероидных гормонов, микросомального окисления; в эритроцитах НАДФН используется для восстановления глутатиона - вещества, препятствующего пероксидному гемолизу;
- он является главным источником пентоз для синтеза нуклеотидов, нуклеиновых кислот, коферментов (АТФ, НАД, НАДФ, КоА-SH и др.).

# ПЕНТОЗОМОНОФОСФАТНЫЙ ПУТЬ





Ёлка  
студента



**ПОЗДРАВЛЯЮ ВСЕХ ВАС С  
НАСТУПАЮЩИМ НОВЫМ ГОДОМ!!!**