

# **Метаболизм углеводов**

## **№1**

## Вопросы раздела:

1. **Функции. Источники.**
2. **Основные углеводы пищи.**
3. **Превращения в ЖКТ.**
4. **Синтез и распад гликогена (гликогеногенез и гликогенолиз).**
5. **Гликолиз анаэробный**

## Основные функции углеводов в организме:

### 1. Энергетическая (1 г - 4,1 ккал).

За счет суточной потребности углеводов удовлетворяется примерно половина потребности организма в энергии.

Ткань головного мозга полностью зависит от углеводов как источника энергии.

2. Субстраты для синтеза заменимых аминокислот, липидов, нуклеиновых кислот; гликопротеидов, глюкозаминогликанов, протеогликанов

## Функции углеводов ( продолжение)

Гликопротеиды - структурный компонент мембран клеток; иммуноглобулины, факторы свертывания крови.

**Специфические функции** - иммунной защиты; свертывании крови, гормональной, рецепции.

Глюкозаминогликаны, протеоглики – основные компоненты межклеточного вещества соединительной ткани, слизи, синовиальной жидкости.

В связи с этим выполняют функцию химической (ЖКТ) защиты и механической защиты(суставы от трения).

## Источники углеводов для организма

1. Пищевые продукты;
2. Синтез из аминокислот; глицерина.

**Суточная потребность: 400 -450 г.**

## Основные углеводы пищевых продуктов

- **полисахариды**: крахмал, гликоген, целлюлоза
- дисахариды**: сахароза-( глюкоза+ фруктоза);  
мальтоза-( глюкоза+ глюкоза);  
лактоза - (глюкоза+ галактоза);
- моносахариды**: глюкоза, фруктоза, галактоза

Связи между мономерами -

**L - 1,4 – гликозидная!!!**

**L - 1,6 - гликозидная**

**β -1,4 –гликозидная-** (нерасщепляется ферментами ЖКТ

**Целлюлоза – не переваривается, т.е. не**

**является источником глюкозы, но необходима для перистальтики кишечника, формирования каловых масс.**

**Связывания токсичных соединений в кишечнике.**



## Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ)

**Ферментативный гидролиз сложного соединения до компонентов, способных всасываться**

**Ферменты - класс гидролазы, подкласс –  
α-1-4- гликозидазы;  
α-1-6- гликозидазы;  
дисахаридазы  
(гидролиз гликозидных связей)**

## Переваривание углеводов в ЖКТ

-Ротовая полость - амилаза слюны ( $\alpha$  - 1,4-гликозидаза) секретруется слюнными железами.

Крахмал  $\rightarrow$  декстрины ( олигосахариды), частично до мальтозы;

-Тонкий кишечник-12-перстная кишка - **панкреатическая амилаза ( $\alpha$  - 1,4-гликозидаза,)  $\alpha$  - 1,6-гликозидаза** секретруется поджелудочной железой

Декстрины  $\rightarrow$  мальтоза, изомальтоза

Тонкий кишечник - дисахаридазы - мальтаза, изомальтаза, сахараза, лактаза

**Абсолютно специфичны.** Секретируются клетками кишечника.

Переваривание частично в ворсинках кишечника – **пристеночное пищеварение.**

Недостаточность ферментов - мальабсорбция.

# Нарушение переваривания и всасывания-мальабсорбция

- Причина- врожденная или приобретенная - недостаточная активность **дисахаридаз**.  
**Неращепленные дисахариды** в дистальных отделах кишечника
  - **изменяют осмотическое давление** содержимого кишечника, что вызывают – увеличение кол-ва воды в кишечнике;
  - **подвергаются гидролизу ферментами микробов** , что приводит к образованию органических кислот и  $\text{CO}_2$  и др.газов.

**Усиливаются перистальтика и развивается диарея.**

# Всасывание моносахаров из полости кишечника в энтероциты

## Всасывание моносахаридов

из кишечника в энтероциты - двумя путями:

а. облегченная диффузия;

б. активный транспорт за счет градиента концентраций ионов натрия.

Скорость всасывания различная: галактоза, глюкоза, фруктоза и т.д.

Часть всосавшейся галактозы и фруктозы в клетках кишечника изомеризуется **в глюкозу**.

Всасывание из энтероцитов в кровь - облегченная диффузия.

## Транспорт из крови в клетки тканей

Из крови в клетки тканей - облегченная диффузия с участием **белков транспортеров - ГЛЮТ.**

**ГЛЮТ - 5 типов** - локализованы в клетках разных тканей.

**ГЛЮТ - 4 (инсулинзависимый)** локализован в клетках **мышц и жировой тканей (наследственный дефект ГЛЮТ-4 – причина развития сахарного диабета 2 типа).**

Без инсулина ГЛЮТ-4 в цитозольных везикулах. Встраивается в мембрану из цитозоля **при участии инсулина. Мышцы и жировая ткань - инсулинзависимые ткани.!!!**

## Метаболизм глюкозы в тканях

В клетках всех тканей **первая** реакция метаболизма:

**Глюкоза + АТФ → глюкоза- 6- фосфат + АДФ**

Фермент – ( трансферазы)

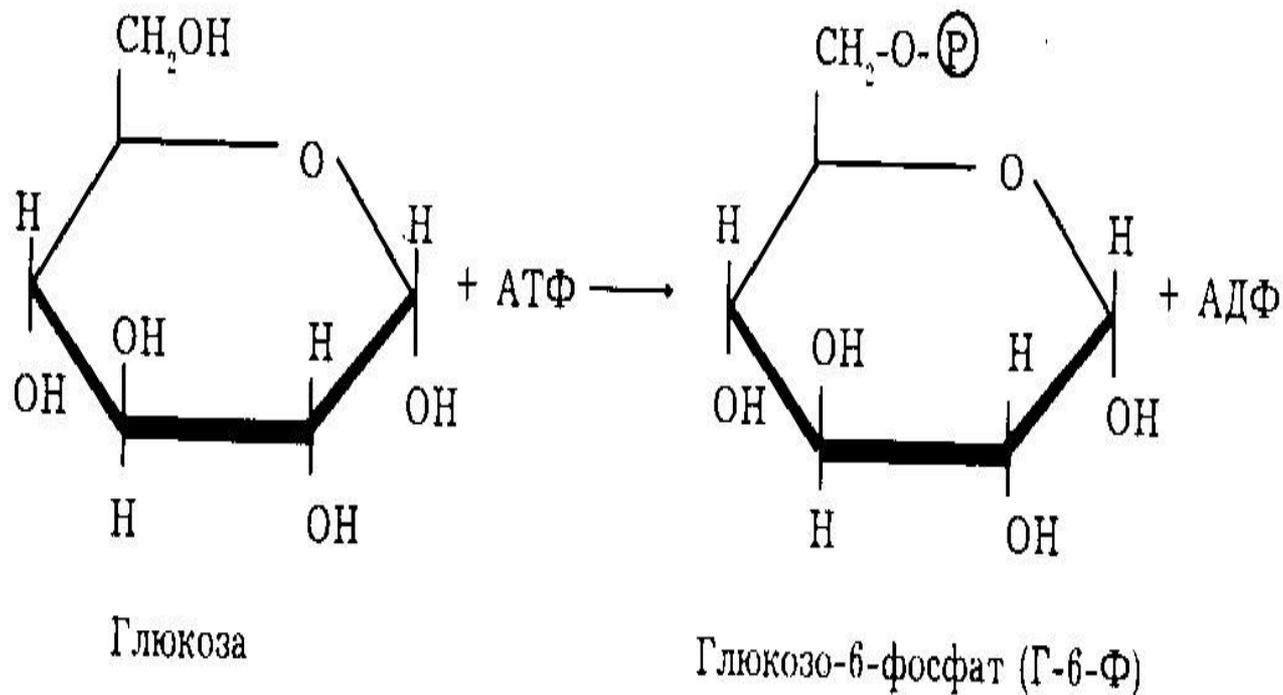
- **гексокиназа**

- **глюкокиназа ( органоспецифичный -печень )**

Активируется гормоном **инсулином (образуется в поджелудочной железе)**.

**Глюкоза- 6 -фосфат** из клетки **выходить не способна!!!!**

**Метаболизм глюкозы начинается с её фосфорилирования при участии АТФ. Фермент-гексокиназа (глюкокиназа в печени)**



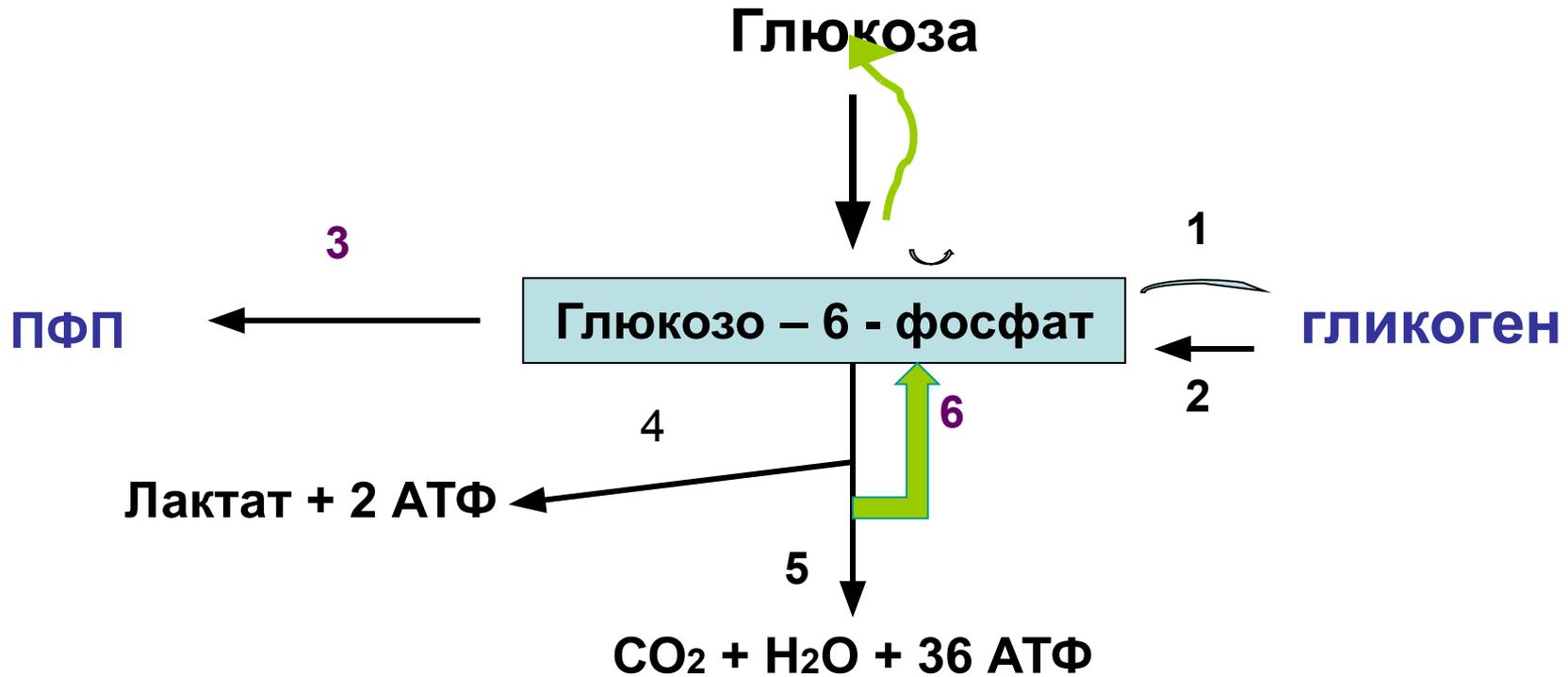
## Метаболизм глюкозы в тканях

Глюкоза 6-фосфат в тканях превращается по разным метаболическим путям, скорость которых строго регулируется.

Скорость метаболических путей зависит от **ситуации** и **определяет уровень глюкозы в крови.**

**В плазме крови в норме 3,3 – 5,5 ммоль/л**

# Метаболизм глюкозы в клетке



1. Синтез гликогена;
2. Гликогенолиз
3. ПФП
4. Анаэробный гликолиз;
5. Основной путь окисления глюкозы (аэробный)
6. Глюконеогенез

## Метаболизм глюкозы в тканях

Метаболизм глюкозы складывается из следующих метаболических путей:

**Пути, поставляющие глюкозу (пути-источники):**

**1. всасывание** в кишечнике пищевых углеводов;

**2. распад (мобилизация гликогена)** в постабсорбтивный период;

**3. глюконеогенез**- синтез глюкозы de novo, из продуктов неуглеводной природы в период голодания в печени, почках;

## Метаболические пути, потребляющие глюкозу:

**1. Синтез гликогена** в абсорбтивный период в печени (6% от общей массы органа); в мышцах (1%); **Депо глюкозы**

**2. Окисление:**

- **Аэробное окисление глюкозы** - основной путь потребления.

Полное окисление -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и 38 мол. АТФ;

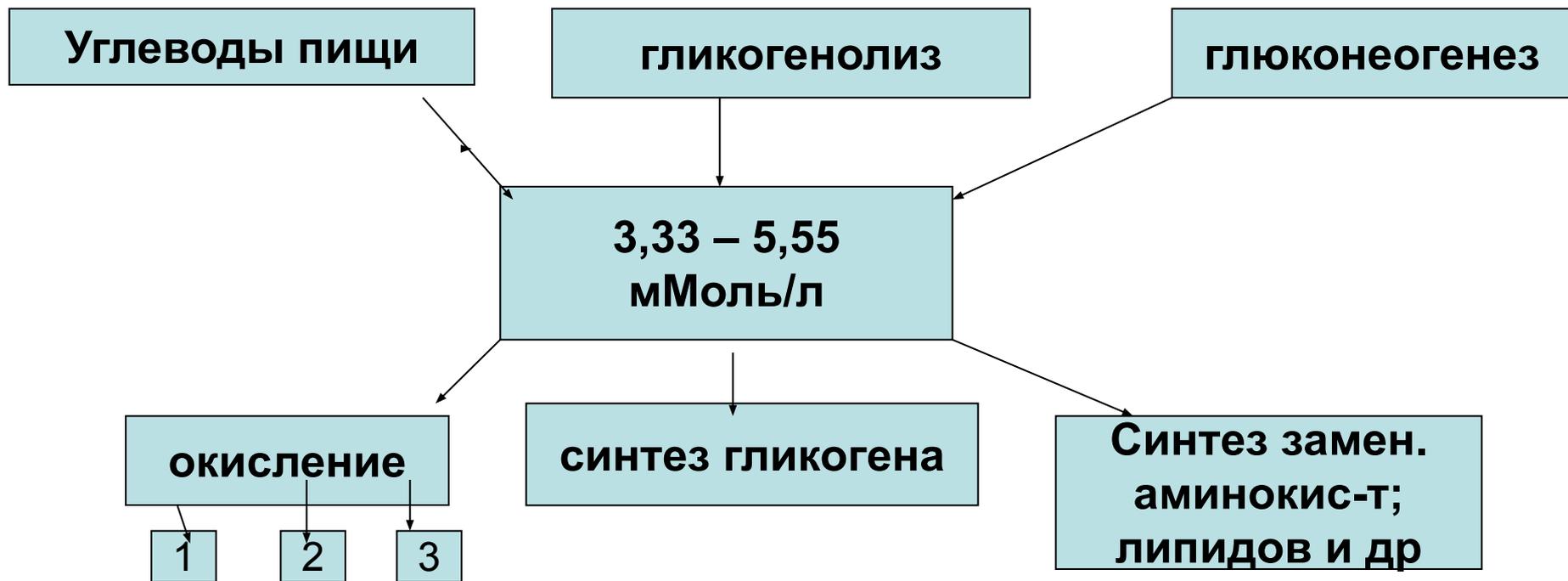
- **Анаэробное окисление** - **анаэробный гликолиз.**

2 мол. Молочной кислоты и 2 мол. АТФ; в мышцах, эритроцитах.

- **Пентозофосфатный путь.** НАДФН+.рибозы.

**3. Синтез** липидов, аминокислот, гликопротеинов.

# Метаболические пути углеводов.



1. Анаэробное; 2. Аэробное; 3. пентозо-фосфатный путь

## Синтез гликогена

Глюкоза – 6- фосфат  $\xrightarrow{1}$  глюкоза -1-фосфат  $\xrightarrow{+УТФ \quad 2}$

УДФ-глюкоза + гликоген ( глюкоза - n )  $\xrightarrow{3}$

гликоген (глюкоза n+1)

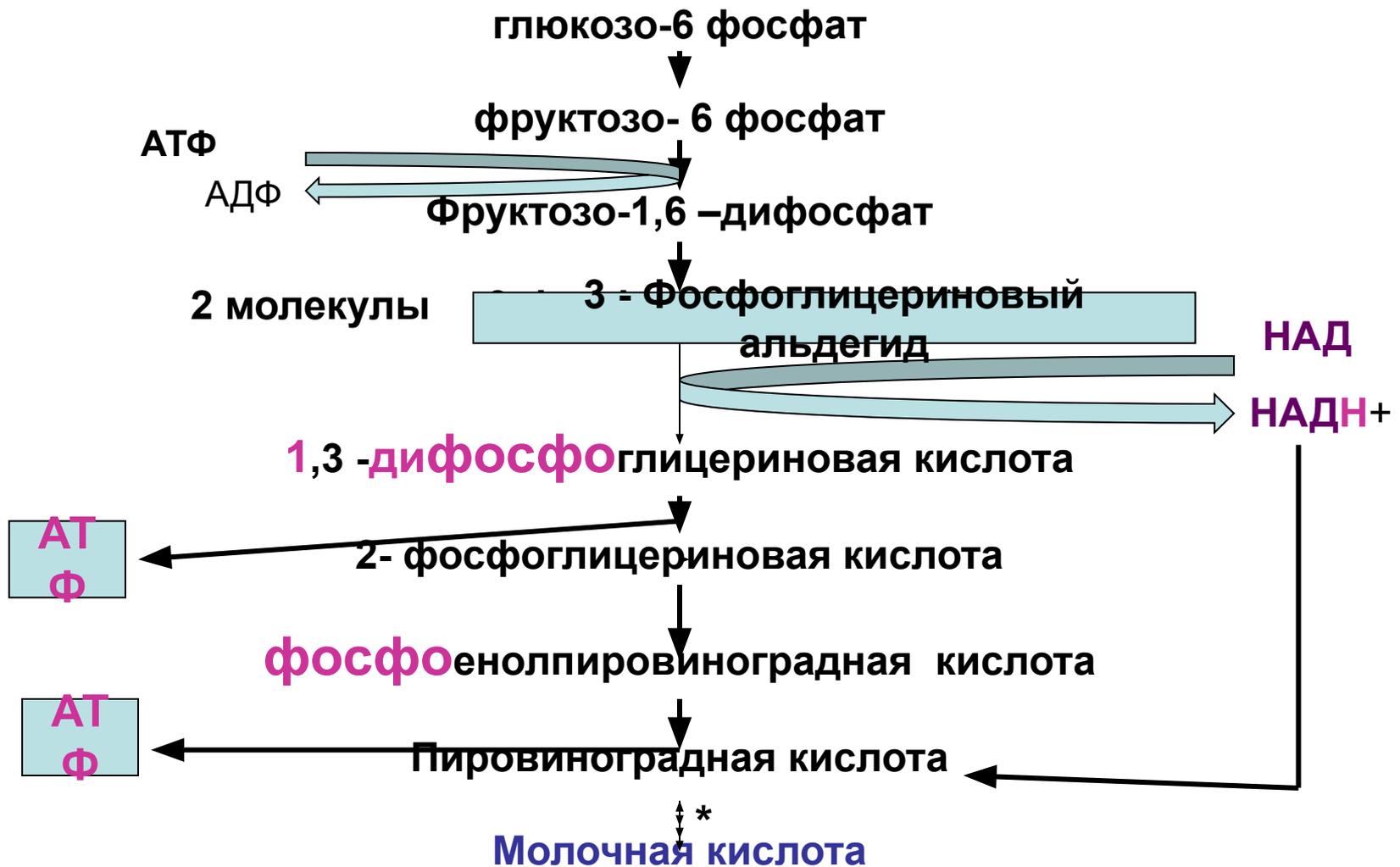
**Ферменты:**

1. Фосфоглюкомутаза;
2. Глюкозо-1-фосфатуридинтрансфераза
3. Гликогенсинтаза. Регуляторный. Активирует гормон инсулин.





# Анаэробный гликолиз



\* **Лактатдегидрогеназа** – специфичный фермент анаэробного гликолиза  
Энергетический эффект – **2 АТФ субстратное фосфорилирование**

# Субстратное фосфорилирование

- В анаэробном гликолизе АТФ синтезируется в процессе **субстратного фосфорилирования**.

- Общая схема:



В процессе гликолиза такими (фосфорилированными макроэргами) метаболитами

являются - **1,3- фосфоглицериновая кислота** и

**фосфоенолпировиноградная кислота**