

# *Углеводный обмен*

# Функции углеводов

- обеспечивают значительную часть энергетических потребностей (около 57% суточного калоригенеза);
- являются составными частями более сложных соединений (гликопротеиды, гликолипиды и др.);
- из них могут синтезироваться соединения других классов, в частности, липиды и заменимые аминокислоты;
- выполняют структурообразовательную функцию, то есть входят в состав клеточных и межклеточных структур;
- выполняют специфические функции.

# Переваривание углеводов

Переваривание углеводов происходит под действием гликозидаз, расщепляющих гликозидные связи.

-  **$\alpha$ -амилаза слюны и  $\alpha$ -амилаза**

поджелудочной железы расщепляют  $\alpha$ -1,4-гликозидные связи в крахмале и гликогене, действуют в слабощелочной среде, активируются ионами хлора и стабилизируются ионами кальция;

- **амило-1,6-гликозидаза** вырабатывается в кишечнике, расщепляет 1,6-гликозидные связи в крахмале и гликогене;

# Переваривание углеводов

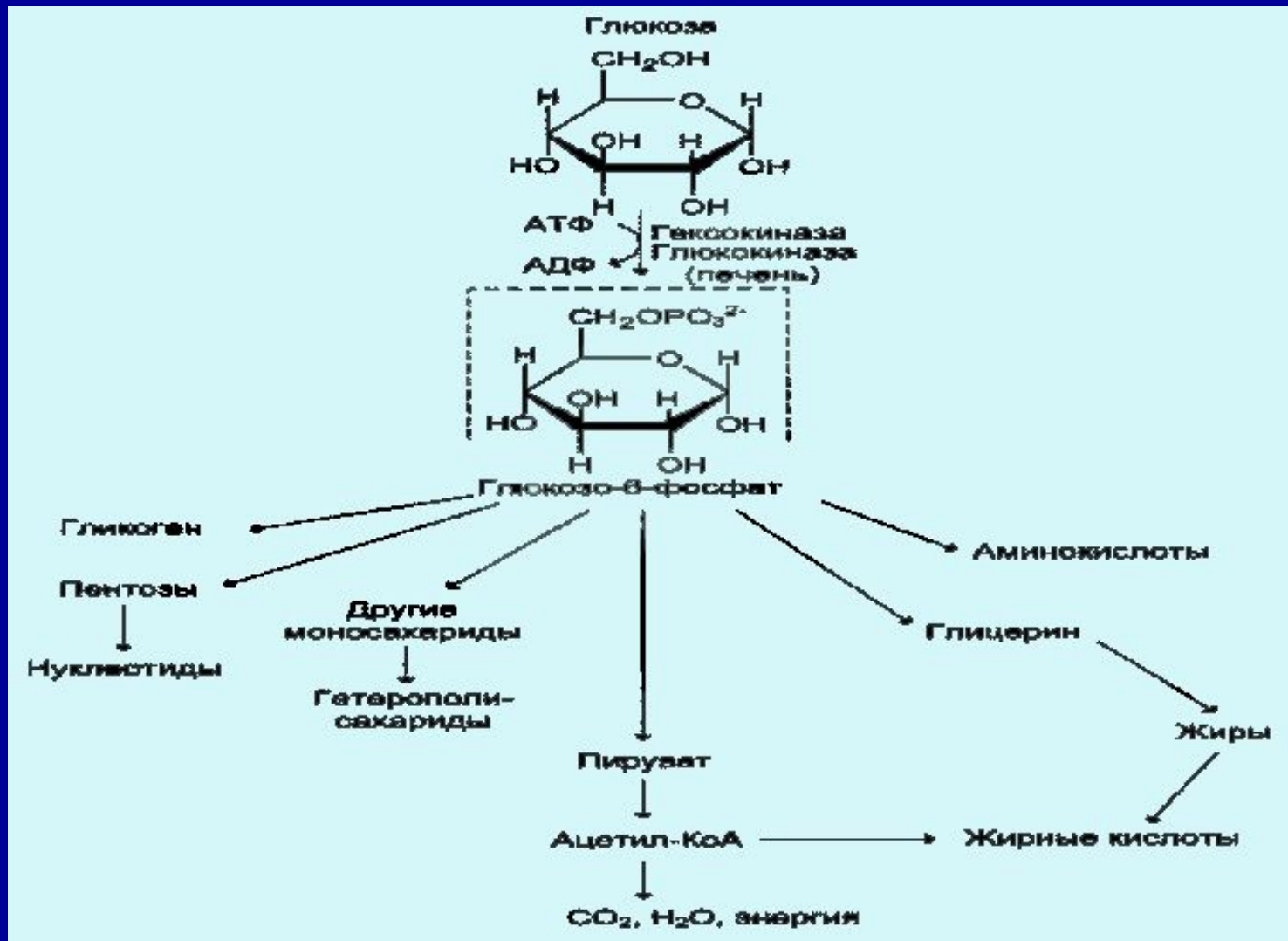
- **сахараза** образуется в кишечнике и расщепляет сахарозу с образованием глюкозы и фруктозы;
- **мальтаза** образуется в кишечнике и расщепляет мальтозу на две молекулы глюкозы;
- **лактаза** образуется там же, расщепляет лактозу с образованием галактозы и глюкозы.

# Роль печени в обмене углеводов

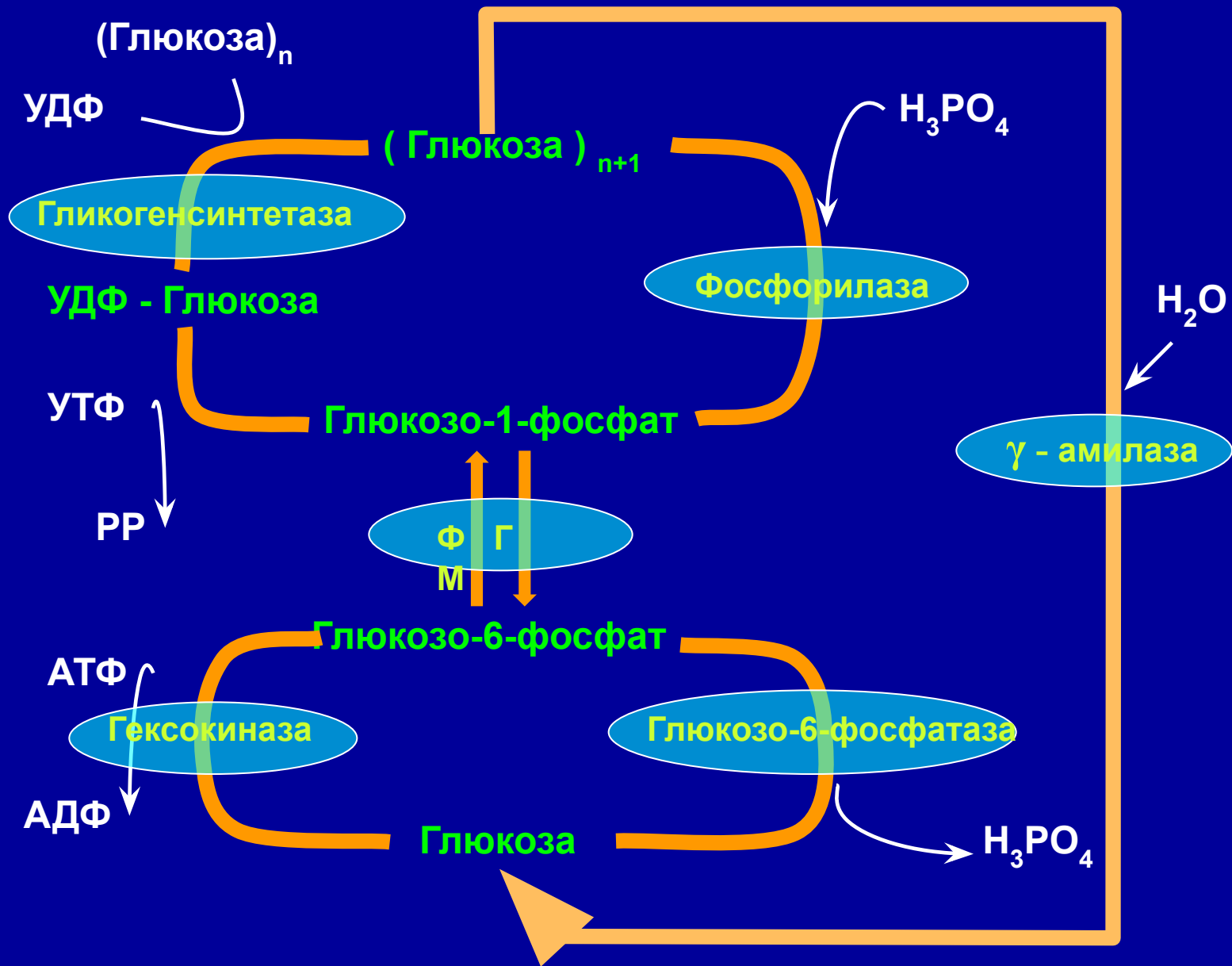
*Печень* в обмене углеводов выполняет важные *функции*:

- 1. Унификация моносахаридов.** Превращение галактозы и фруктозы в глюкозу или метаболиты ее обмена.
- 2. Гликогенная функция.** При избытке глюкозы в крови в печени происходит синтез гликогена, при ее снижении в крови гликоген печени расщепляется до глюкозы и, таким образом, ее концентрация в крови восстанавливается до нормального уровня.
- 3. Синтез углеводов из метаболитов неуглеводного характера (глюконеогенез).**
- 4. Синтез гликопротеинов крови.**
- 5. Образование глюкуроновой кислоты,** которая участвует в обезвреживании экзогенных и эндогенных токсинов (например, билирубина), а также в инактивации гормонов.

# Образование глюкозо-6-фосфата и его использование



# Обмен гликогена



# Регуляция обмена гликогена

Ключевые ферменты обмена гликогена	Активируют	Ингибируют
Гексокиназа	Инсулин (индуцирует, т. е. повышает синтез)	Глюкокортикостероиды (репрессируют, т.е. снижают синтез)
Гликогенсинтаза	Инсулин (индуцирует)	Катехоламины, глюкагон, цАМФ, $Ca^{2+}$
Фосфорилаза	Катехоламины, глюкагон, цАМФ	Инсулин
Глюкозо-6-фосфатаза	Глюкокортикостероиды (ГКС) (индуцируют)	Инсулин (репрессирует)



# Гликолиз

- *Гликолиз* - это расщепление глюкозы до молочной кислоты в анаэробных условиях.
- *Гликолиз*, проходящий в аэробных условиях, называют *аэробным*.

# Ход реакций гликолиза

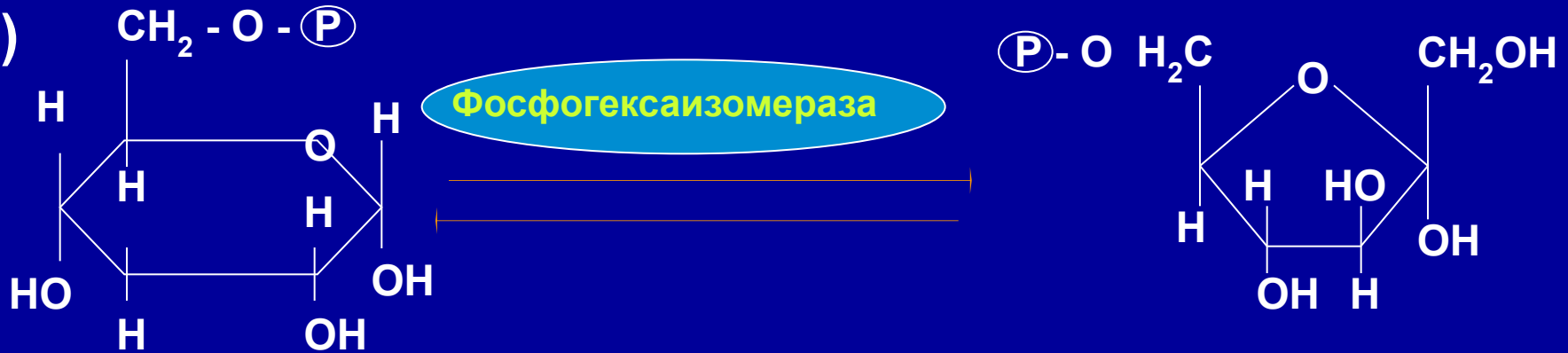
1)



Глюкоза

Глюкозо - 6 - фосфат

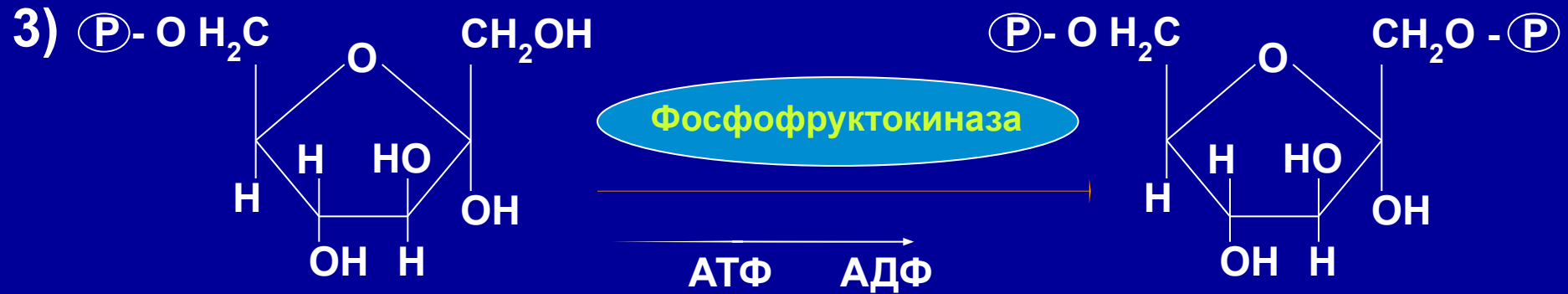
2)



Глюкозо - 6 - фосфат

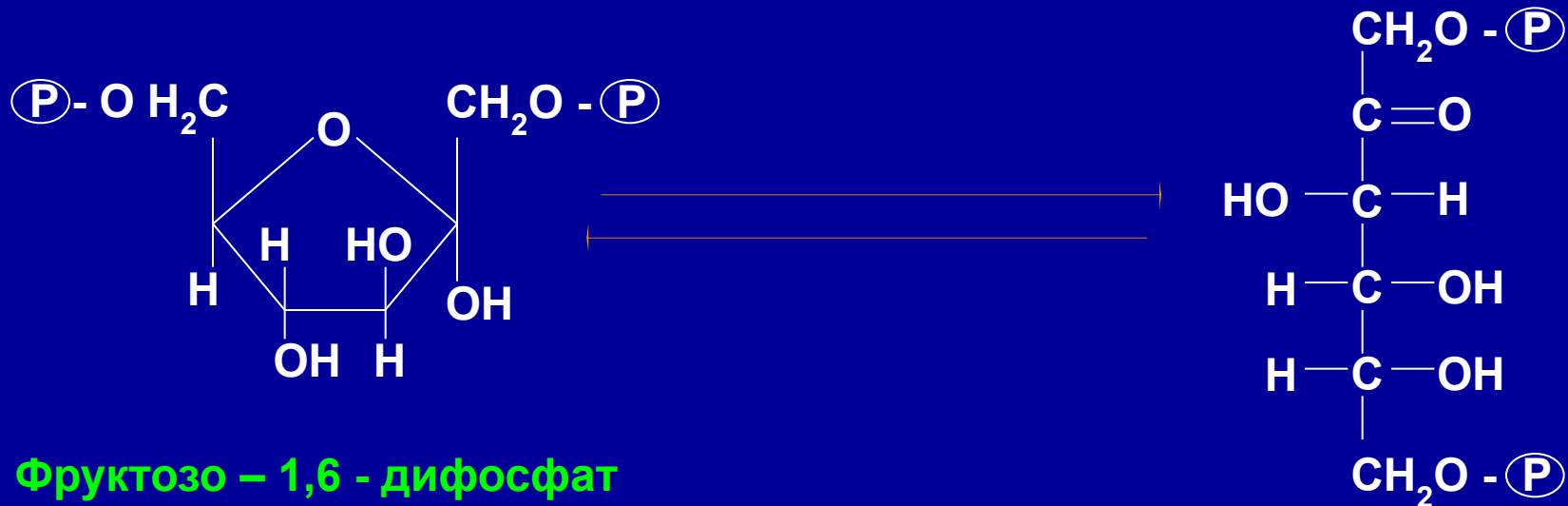
Фруктозо - 6 - фосфат

# Ход реакций гликолиза



Фруктозо - 6 - фосфат

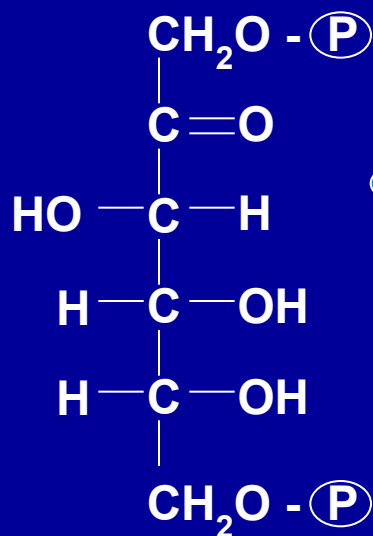
Фруктозо – 1,6 - дифосфат



Фруктозо - 6 - фосфат

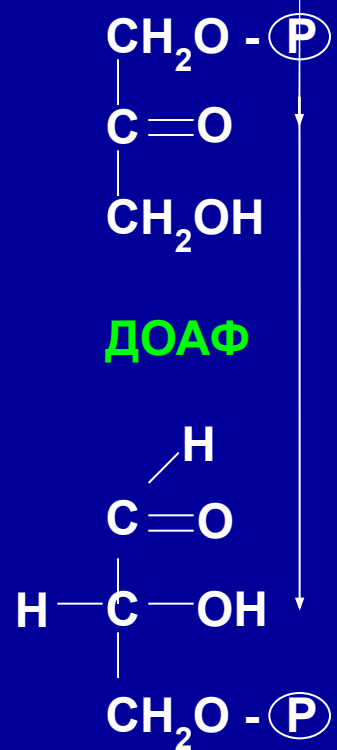
# Ход реакций гликолиза

4)



Фруктозо - 6 - фосфат

Фосфофруктокиназа

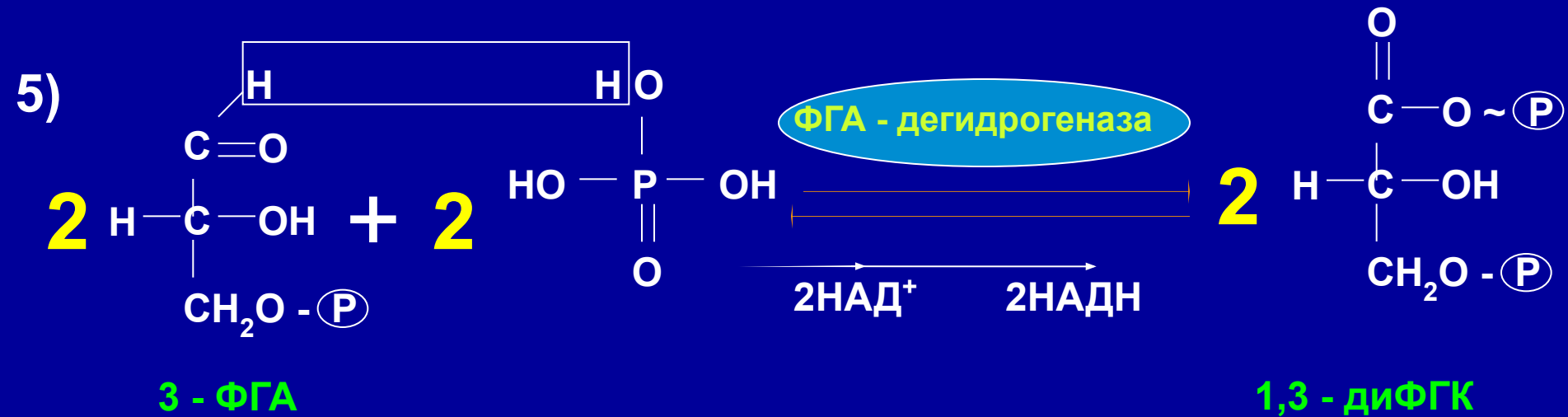


ДОАФ

3 - ФГА

Триозофосфат-изомераза

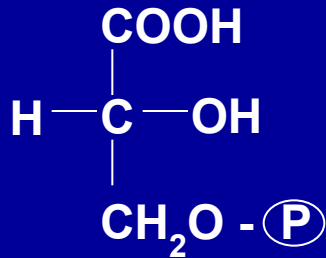
# Ход реакций гликолиза



# Ход реакций гликолиза

7)

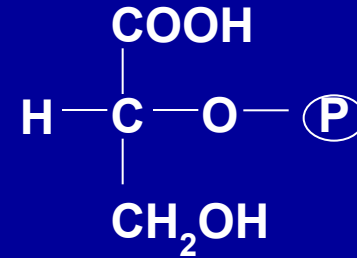
2



3 - ФГК

Фосфоглицератмутаза

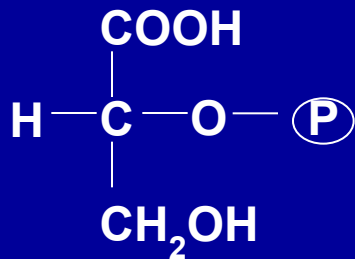
2



2 - ФГК

8)

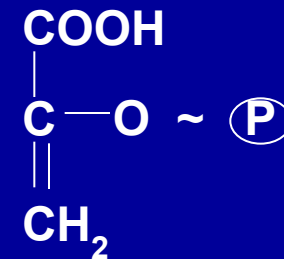
2



2 - ФГК

Енолаза

2



Фосфоенолпируват

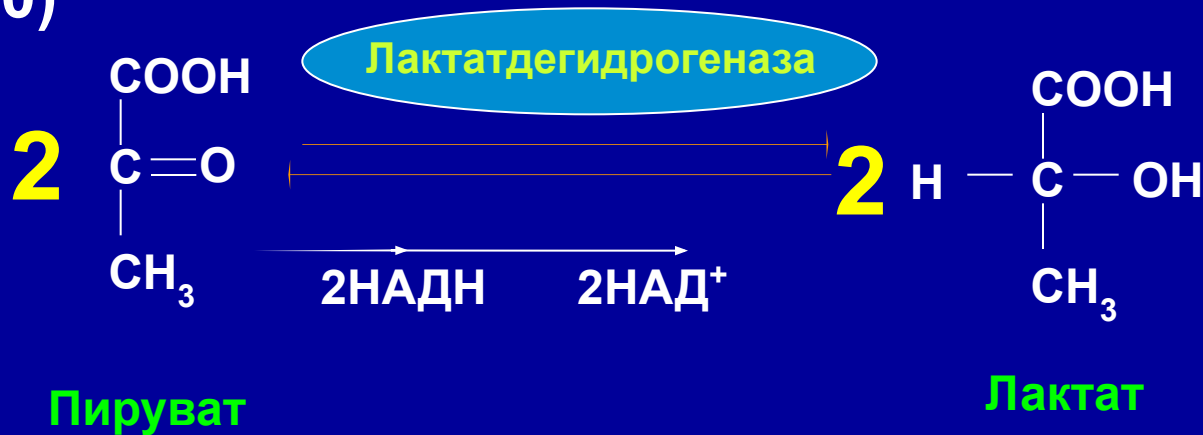


# Ход реакций гликолиза

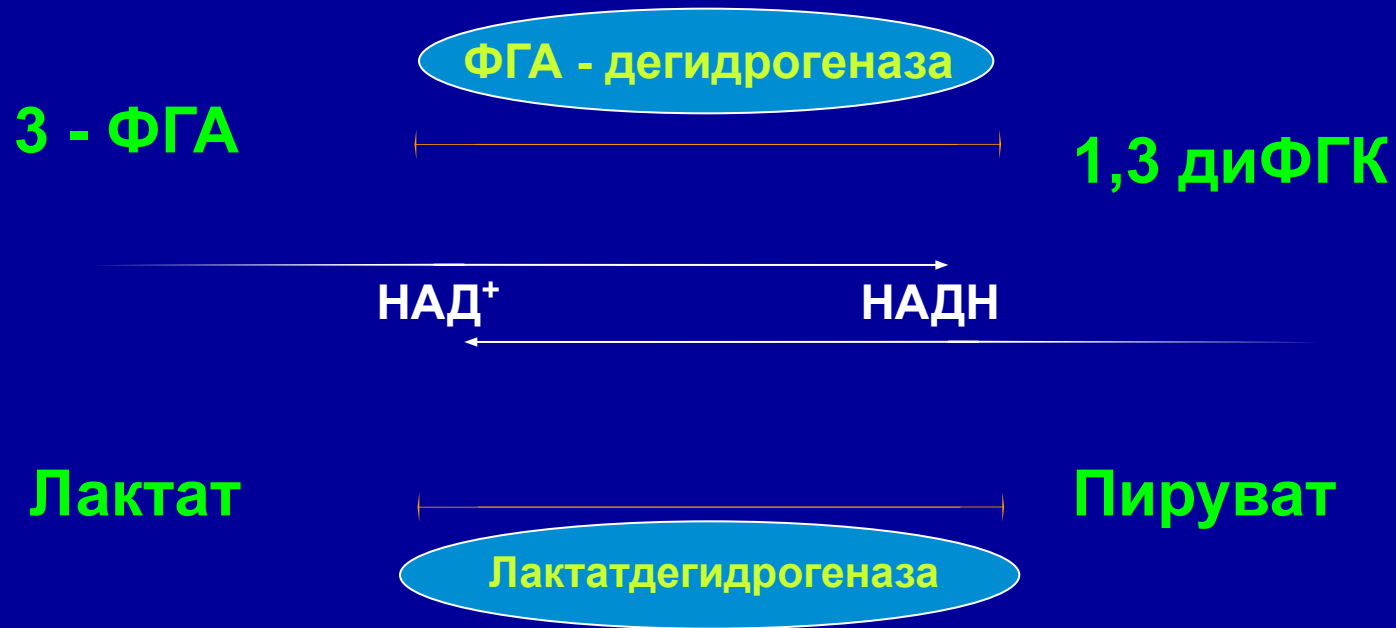
9)



10)



# Гликолитическая оксидоредукция





# Регуляция гликолиза

Ключевые ферменты	Активируют	Ингибируют
Гексокиназа	Инсулин (индуцирует)	Глюкозо-6-фосфат
Фосфофруктокиназа	АМФ, АДФ	АТФ, НАДН, цитрат
Пируваткиназа		АТФ, НАДН, ацетил-КоА

# Значение гликолиза

*Гликолиз имеет энергетическое значение*

*Преимущества гликолиза:*

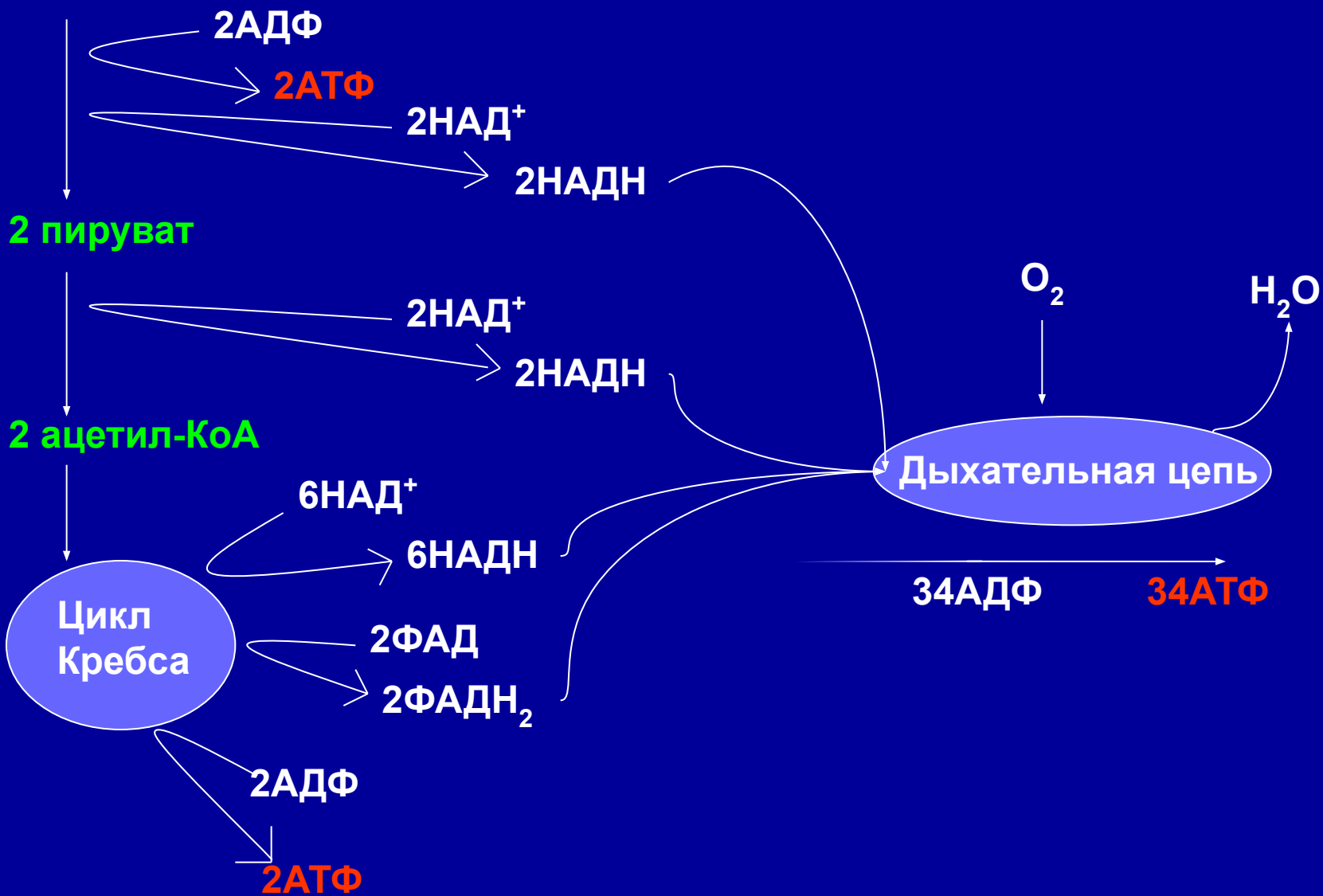
- быстрый процесс;
- анаэробный.

*Недостатки гликолиза:*

- малоэффективный процесс;
- продуктом гликолиза является лактат, накопление которого вызывает метаболический ацидоз.

# Аэробное расщепление глюкозы

Глюкоза



# Глюконеогенез

- 1). Глюконеогенез - это синтез глюкозы из неуглеводных предшественников (лактата, пирувата, оксалоацетата, глицерина, аминокислот).
- 2). По направлению реакций глюконеогенез (ГНГ) напоминает гликолиз наоборот.
- 3). Ключевые ферменты: пируваткарбоксилаза; фосфоенолпируваткарбоксикиназа (ФЕПКК); фруктозо-1,6-дифосфатаза; глюкозо-6-фосфатаза.
- 4). На образование 1 молекулы глюкозы расходуется 6 макроэргов (4 АТФ и 2 ГТФ).
- 5). ГНГ локализован в цитоплазме гепатоцитов печени, в клетках коры почек и тонкого кишечника.
- 6). Около 90% лактата, используемого в глюконеогенезе, поступает в печень, 10% - в почки и тонкий кишечник.

# ***Значение глюконеогенеза***

- 1. Является важным источником глюкозы в организме;***
- 2. Удаляет большую часть лактата*** из клеток и тканей, работающих в анаэробных условиях, что предохраняет их от метаболического ацидоза

# Регуляция глюконеогенеза

Ключевые ферменты	Активируют	Ингибируют
Пируват-карбоксилаза	Глюкагон, катехоламины, ГКС, цАМФ, ацетил-КоА, АТФ	АДФ
Фосфоенолпируват-карбоксикиназа	Глюкагон, катехоламины, ГКС, цАМФ, АТФ	Инсулин (репрессия)
Фруктозо-1,6-дифосфатаза	ГКС (индукция)	АМФ
Глюкозо-6-фосфатаза	ГКС (индукция)	Инсулин (репрессия)

Тормозит глюконеогенез этанол.

# Глюкозо-лактатный цикл (цикл Кори)

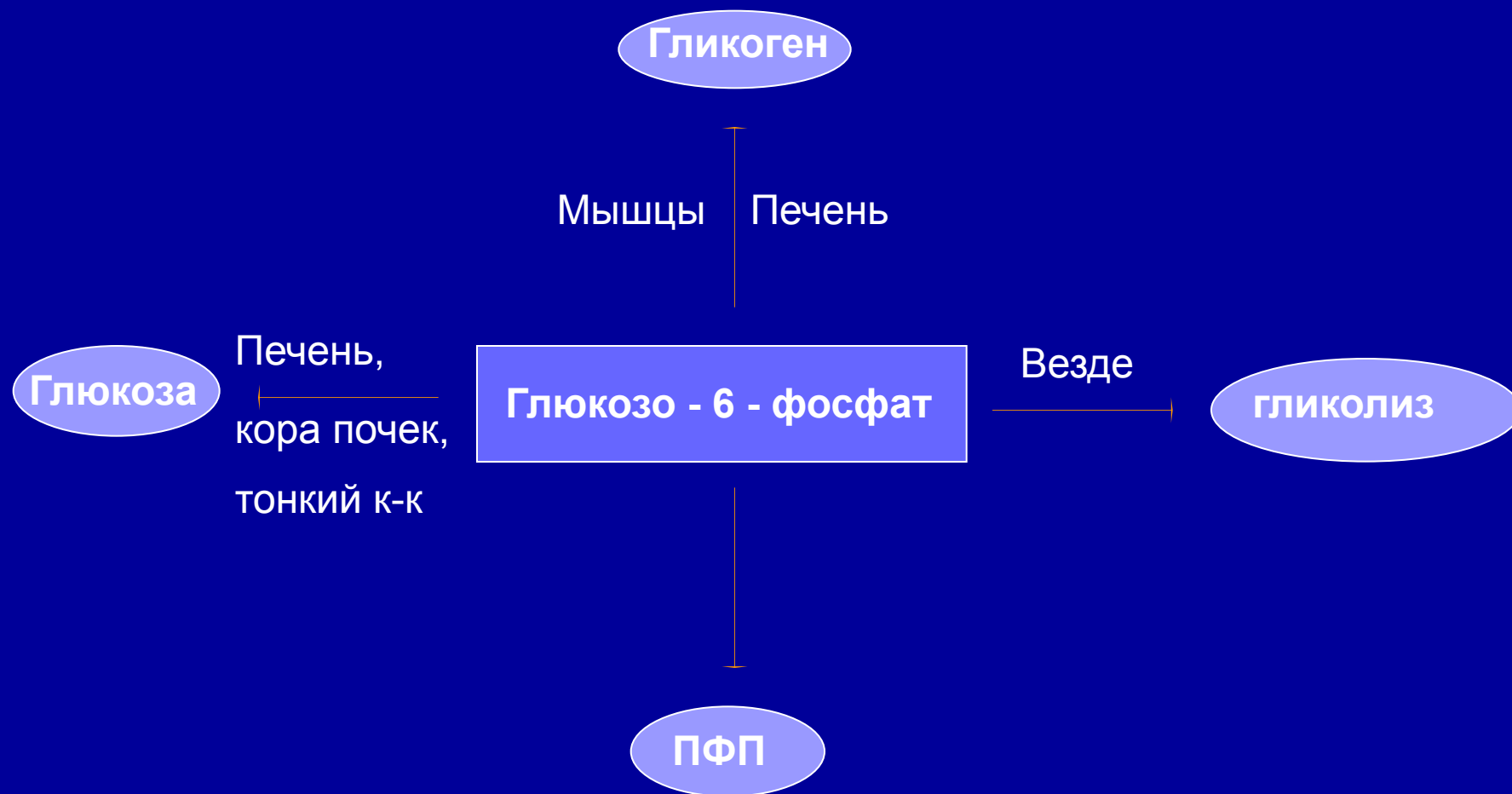


# Пути образования глюкозо-6-фосфата

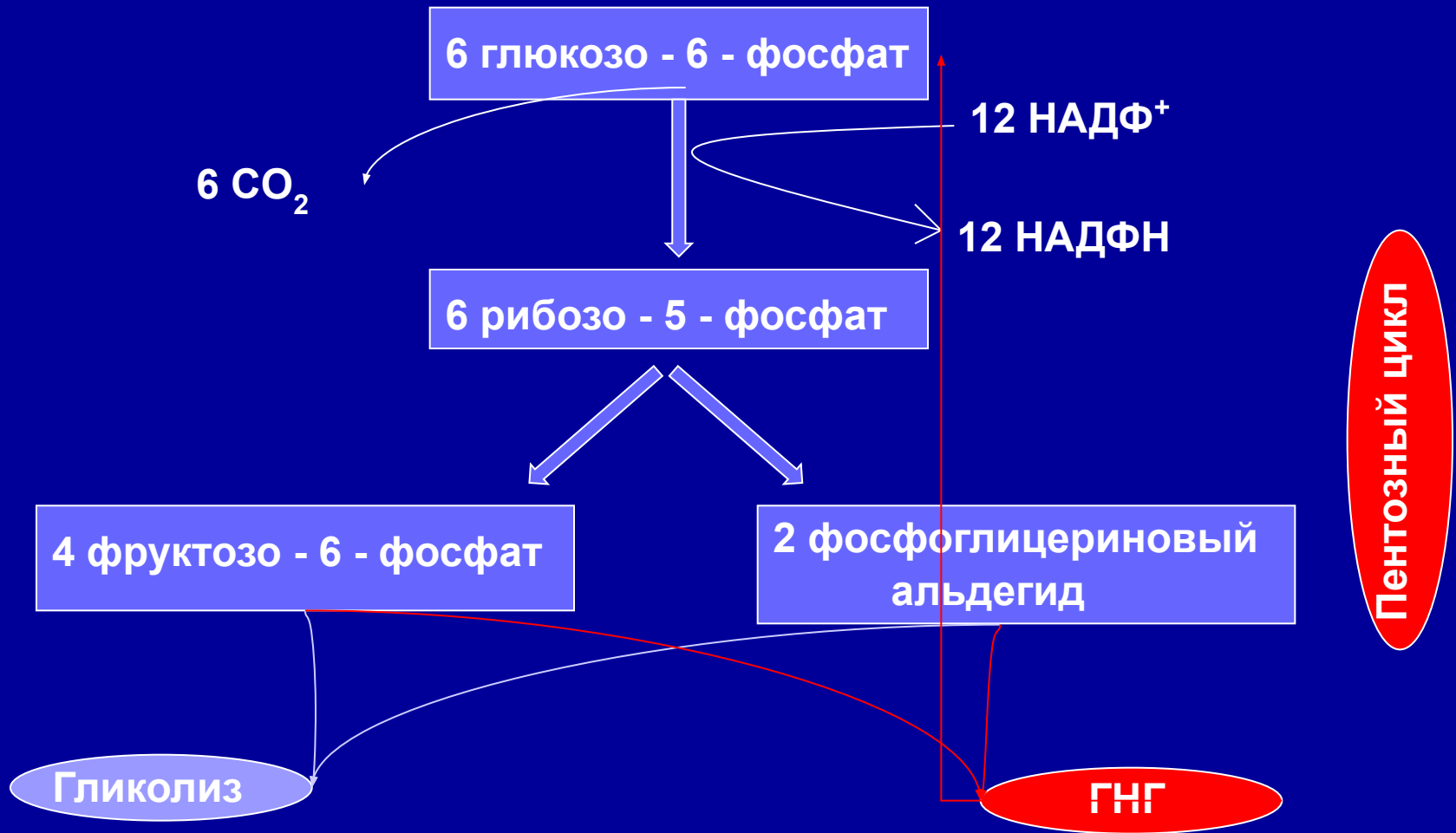




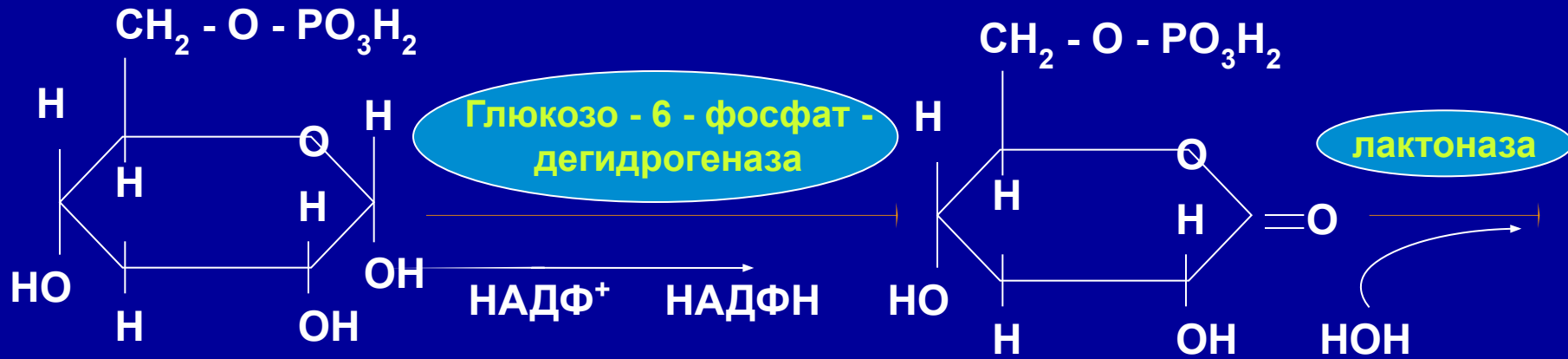
# Пути использования глюкозо-6-фосфата



# Пентозофосфатный путь (ПФП)

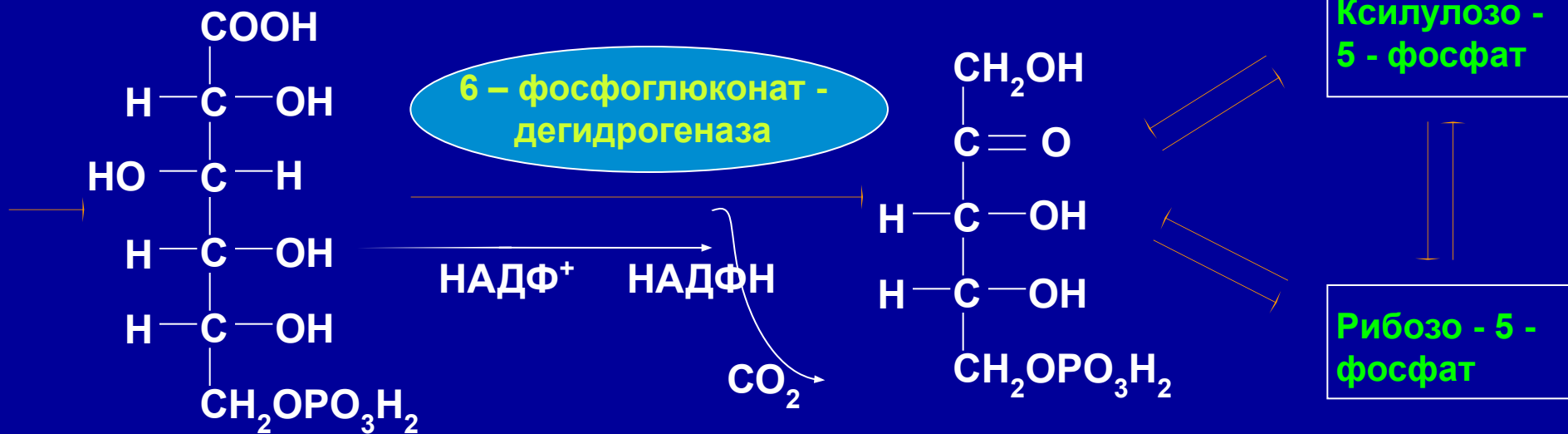


# Реакции окислительной части ПФП



Глюкозо - 6 - фосфат

6 - фосфоглюконолактон



6 - фосфоглюконат

Рибозо - 5 - фосфат

# Значение пентозофосфатного пути

- 1) **Энергетическое** - образующиеся метаболиты окислительной части могут использоваться в гликолизе.
- 2) **Синтетическое** - связано с использованием рибозо-5-фосфата и НАДФН.
  - **Рибозо-5-фосфат** используется на синтез нуклеотидов, которые необходимы для образования коферментов, макроэргов, нуклеиновых кислот.
  - **НАДФН** необходим для *восстановительных биосинтезов* (для работы редуктаз в синтезе холестерина и жирных кислот; в образовании дезоксирибозы из рибозы; для восстановления глутатиона, в образовании глутамата из 2-оксоглутарата);
  - **НАДФН** необходим для *работы гидроксилаз*, участвующих в синтезе катехоламинов, серотонина, стероидных гормонов, желчных кислот, активной формы витамина Д, синтезе коллагена, обезвреживании ксенобиотиков;
  - **НАДФН** используется в *трансгидрогеназной реакции*.

# Внутриклеточная и тканевая локализация ПФП

**ПФП локализован** в цитозоле клеток.

**ПФП особенно активен**

в тканях эмбриона и плода, лимфоидной и миелоидной тканях, слизистой тонкого кишечника, жировой ткани, эндокринных железах (надпочечники, половые), молочных железах (в период лактации), печени, эритроцитах, пульпе зуба, зачатках эмали зуба, при гипертрофии органов.

**ПФП мало активен** в нервной, мышечной и соединительной тканях.

**ПФП**

- **способствует** прозрачности хрусталика глаза;
- **предупреждает** гемолиз эритроцитов;
- **входит в систему защиты** от свободных радикалов и активных форм кислорода.

# Регуляция пентозофосфатного пути

## *Ключевыми ферменты:*

- глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа,
- 6-фосфоглюконатдегидрогеназа,
- транскетолаза.

## *Активность ПФП увеличивается:*

- 1) при повышении отношения  $\text{НАДФ}^+ / \text{НАДФН}$ ,
- 2) под влиянием инсулина и йодтиронинов.

*ПФП ингибируют* глюкокортикостероиды.