



# Биоэнергетика

Часть третья

**Брожение как способ  
рециркуляции НАДН**

# Этапы энергетического обмена:

1. Подготовительный
2. Бескислородный
3. Кислородное расщепление

# Первый этап. Подготовительный этап:

Белки → аминокислоты

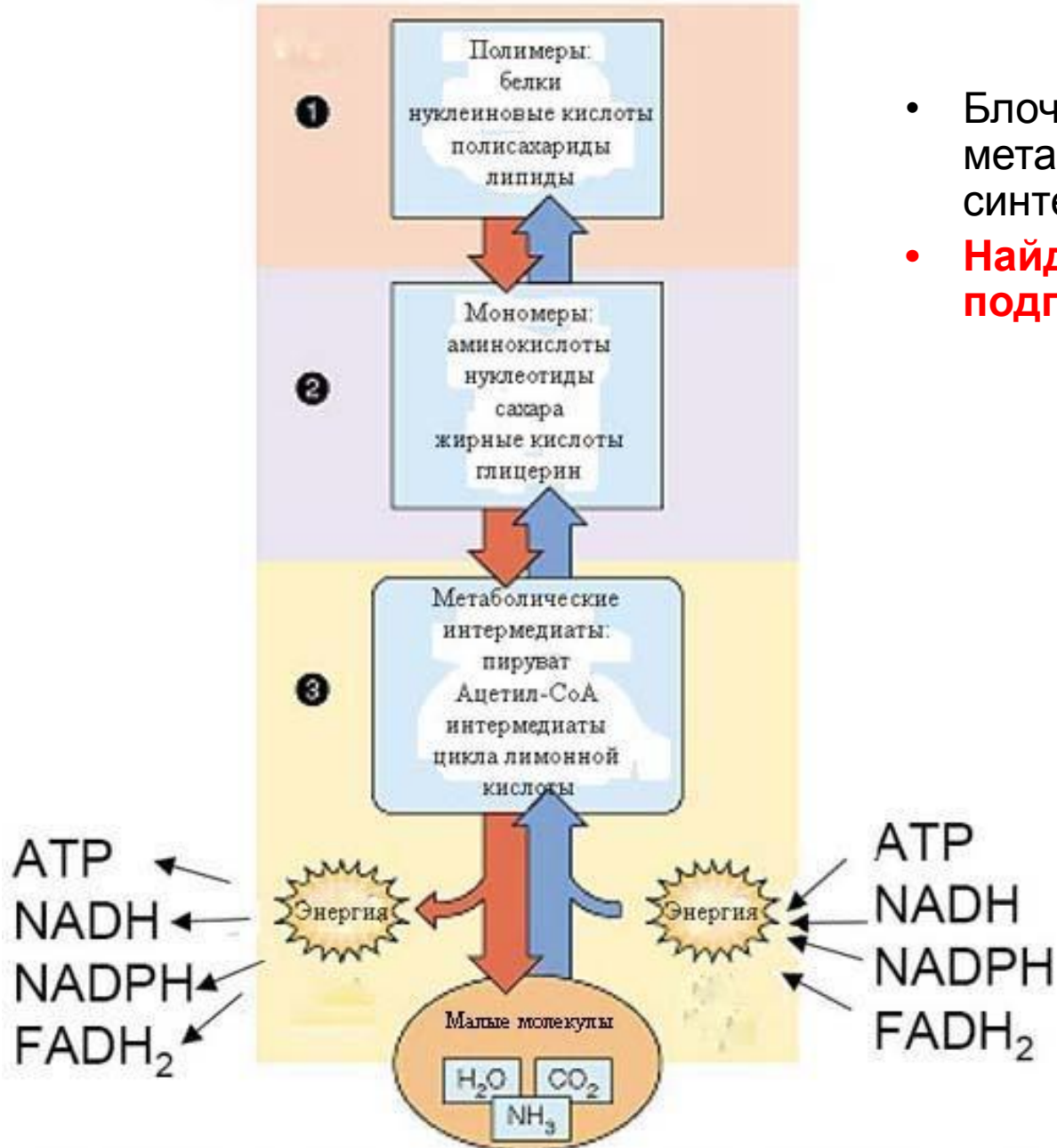
Липиды → глицерин + жирные кислоты

Углеводы → глюкоза

Измельчаем пищу  
для дальнейшей  
ГОТОВКИ



# Катаболизм Анаболизм



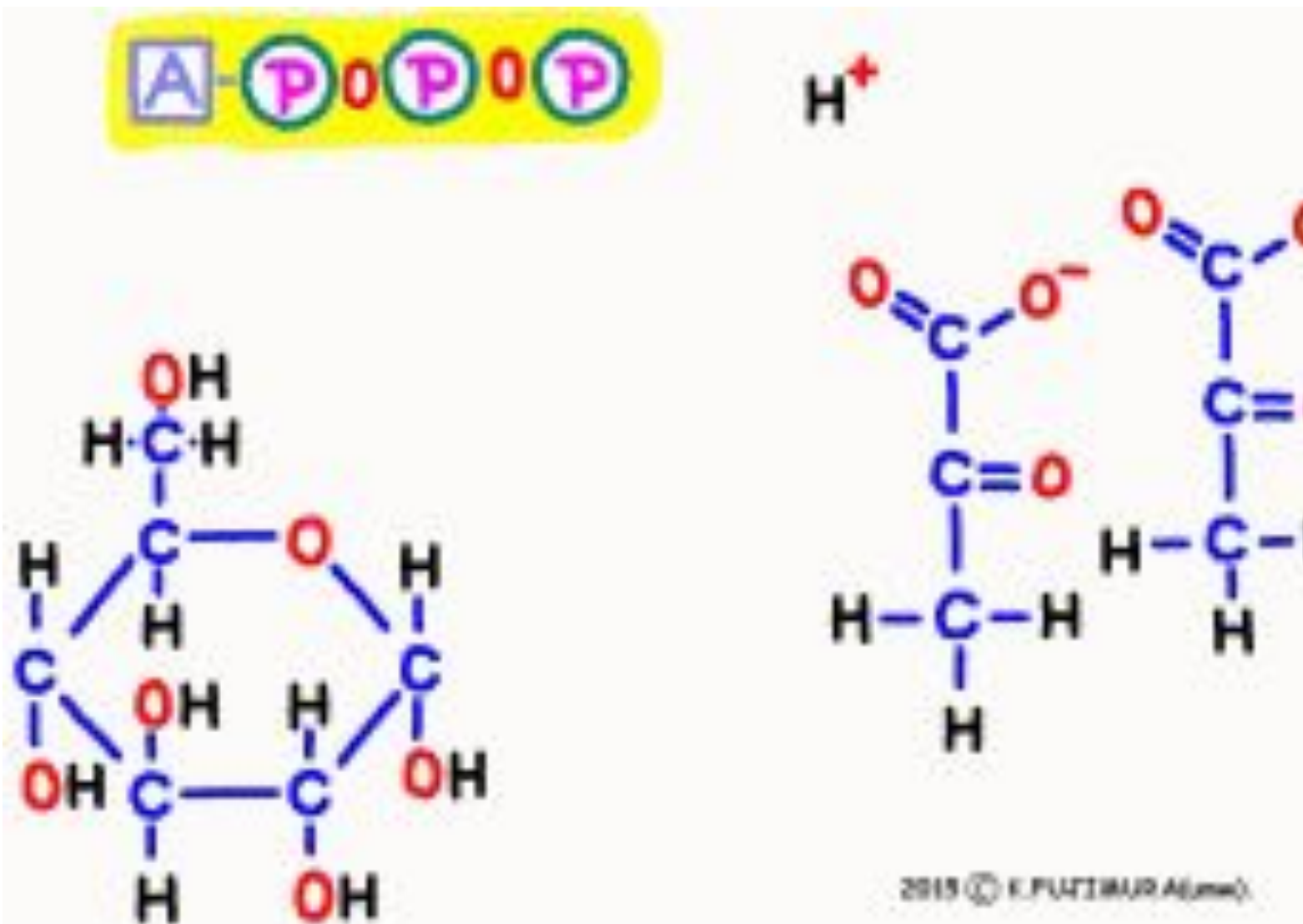
- Блочное разделение клеточного метаболизма по характеру синтезируемых веществ.
- **Найдите, где происходит подготовительный этап**

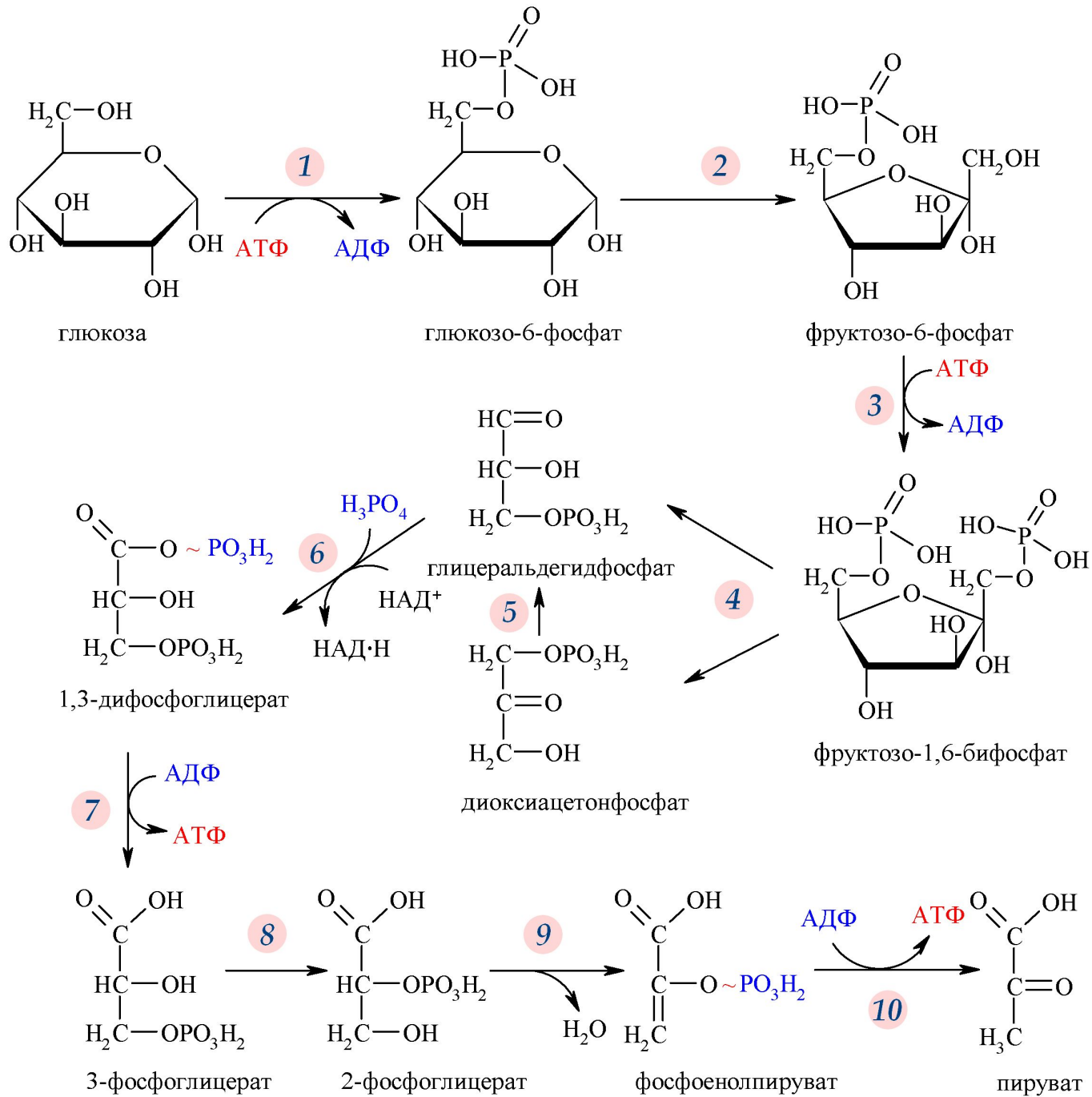
# **Второй этап.**

## **Бескислородный этап.**

- **Гликолиз**
- **Неполное расщепление**
- **Анаэробное дыхание**
- **Брожение**

- Гликолиз — это последовательность ферментативных реакций, приводящих к превращению глюкозы в пируват с одновременным образованием АТФ.





## **Итоги гликолиза.**

**В результате из одного молекулы  
глюкозы образуется:**

- 2 молекулы АТФ**
- Это единственное вещество с  
запасённой энергией?**



## **Итоги гликолиза.**

**В результате из одного молекулы глюкозы образуется:**

- 2 молекулы АТФ**
- Это единственное вещество с запасённой энергией?**
- Восстанавливаются 2 молекулы НАД<sup>+</sup> до НАДН.**
- 2 молекулы пировиноградной кислоты далее окисляются с образованием новых энергоёмких молекул: НАДН, ФАДН и АТФ.**

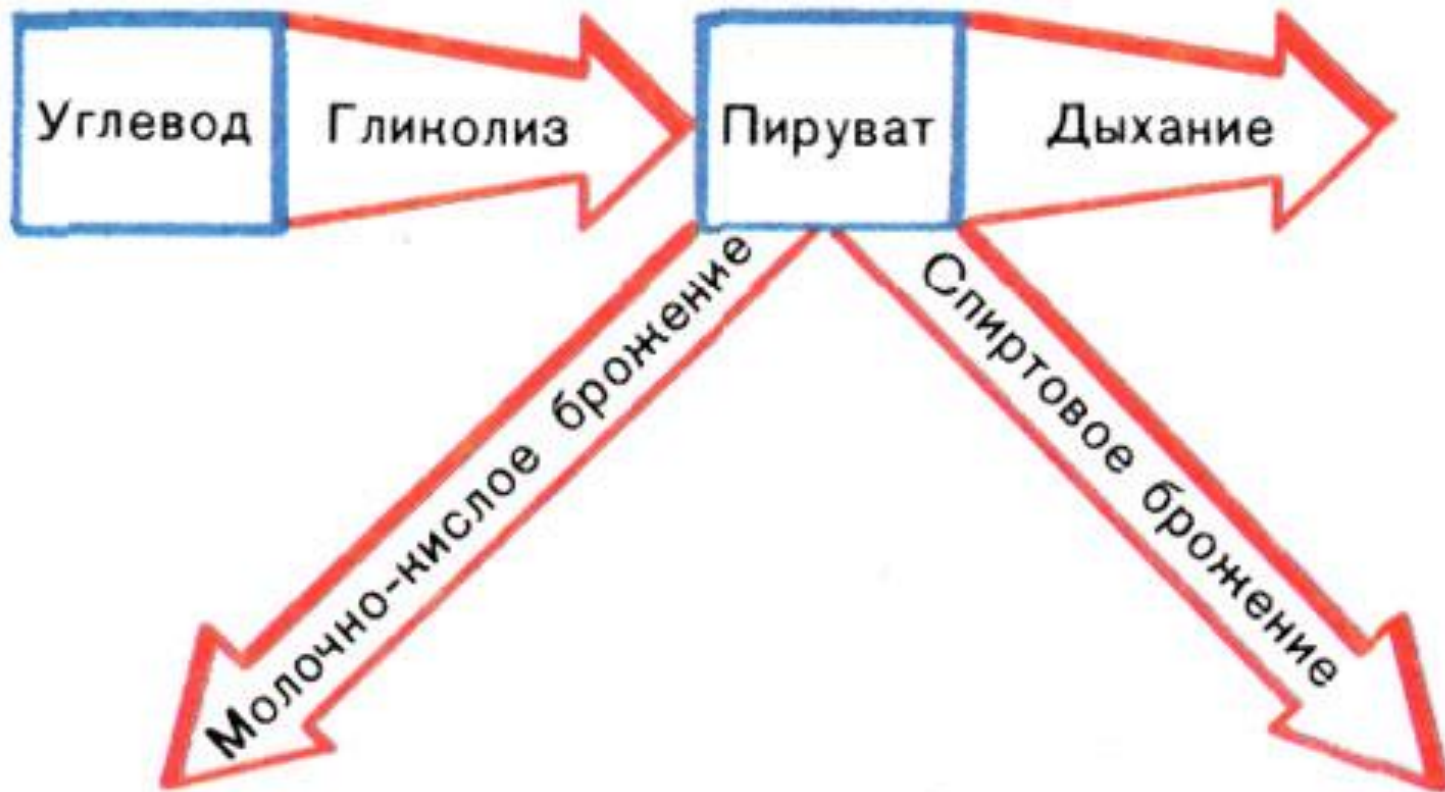
**При гликолизре АТФ образуется не на основе электрохимического градиента**

- **При гликолизе АТФ образуется путём т.н. субстратного фосфорилирования – присоединение фосфорного остатка к АДФ с образованием АТФ.**

# Если акцептор водорода не $O_2$ , или когда энергия выделяется без кислорода

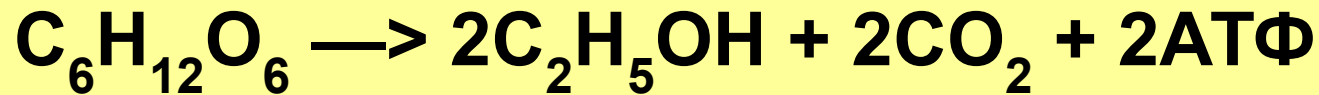
- Брожение — метаболический процесс, при котором регенерируется АТФ, а продукты расщепления органического субстрата могут служить одновременно и донорами, и акцепторами водорода.
- Брожение, как правило, включает все реакции, связанные с гликолизом.

# Связь гликолиза с брожением и дыханием



## **Брожение**

### **Спиртовое брожение**



**глюкоза  $\longrightarrow$  этиловый спирт + углекислота + энергия**

### **Молочно – кислое брожение**

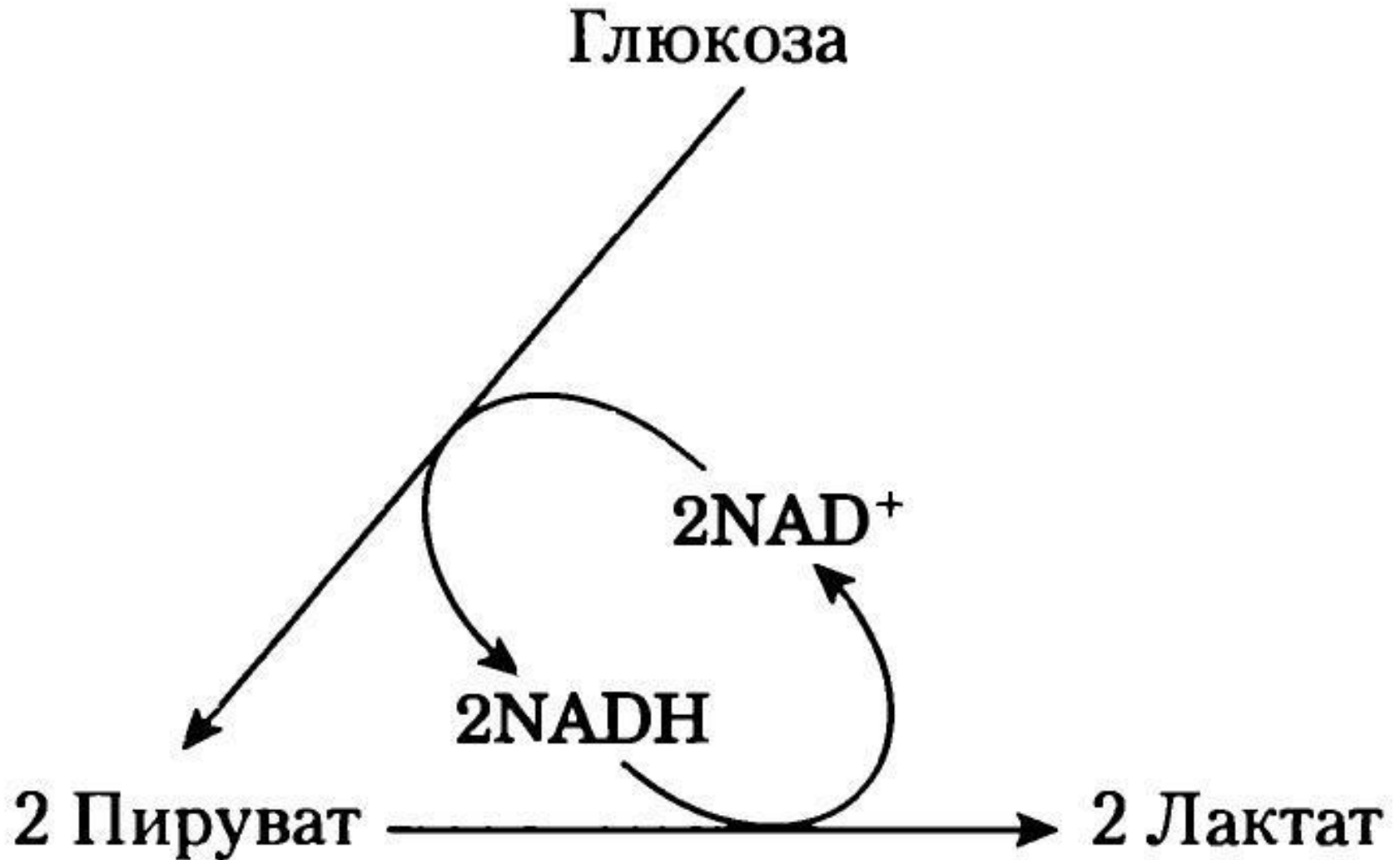


**глюкоза  $\longrightarrow$  молочная кислота + энергия**

# Почему после гликолиза в анаэробных условиях из пирувата обязательно образуются метаболиты брожения?

- Дело не в пирувате, а в НАДН.
- НАДН – вещество богатое энергией. Но эта энергия может использоваться только при его окислении.
- В анаэробных условиях НАДН не может окислиться с помощью кислорода.
- Но он должен РЕЦИРКУЛИРОВАТЬ

Брожение – это способ рециркулировать NADH в анаэробных условиях



- При сильной физической нагрузке возникает недостаток кислорода.
- НАДН<sup>+</sup> рециркулирует благодаря превращению пирувата в лактат





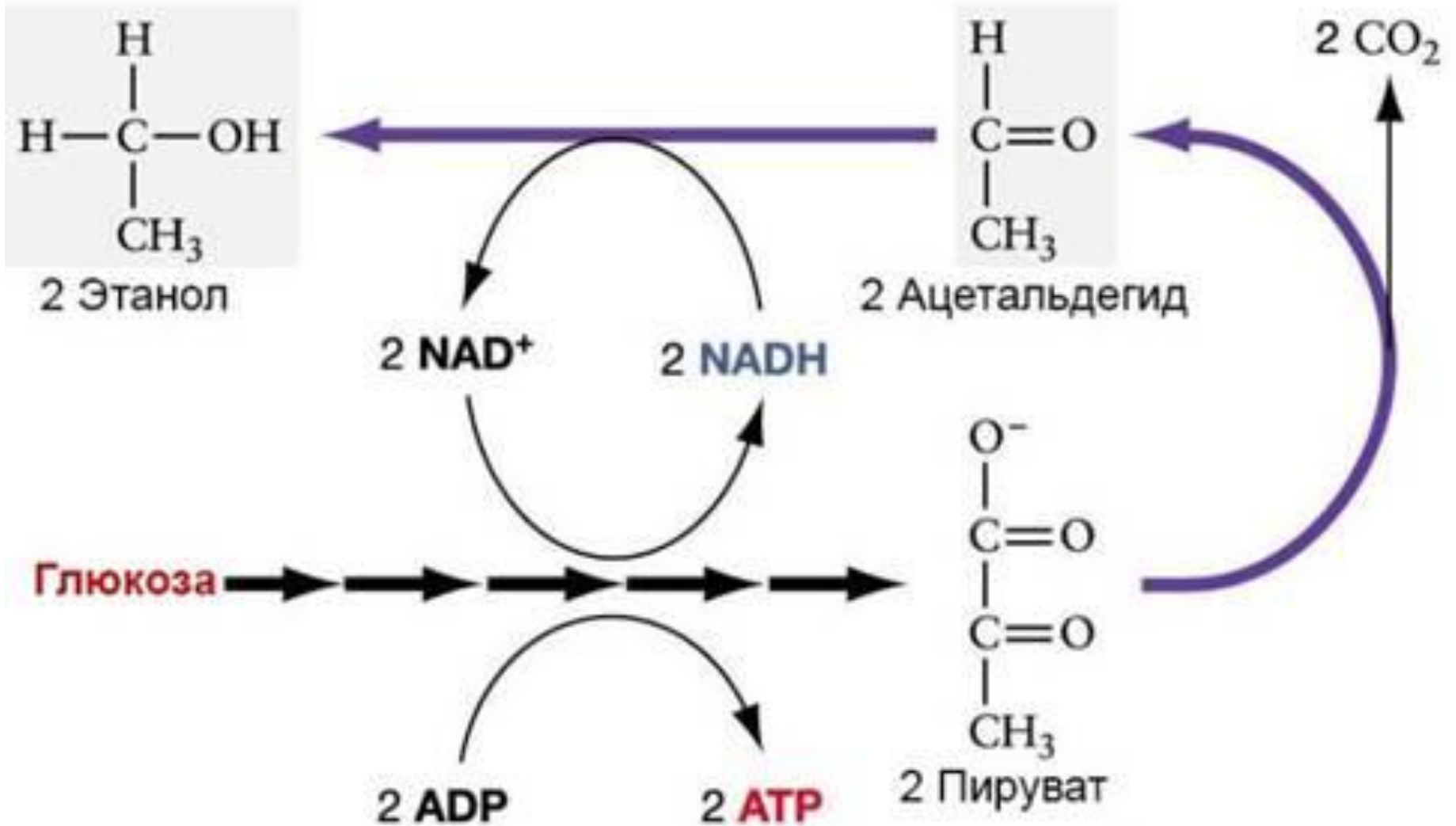
# Кстати о поцелуях

Девушка с парнем целуются:

Она: "Мы наверное так бесконечно можем"

Он: "Да, наверное! Хотя нет, когда-нибудь накопится лактат, придется его окислять..."

# Регенерация НАДН при спиртовом брожении



# Брожение – это...

- Гликолиз + реакции восстановления пирувата в результате которых суммарное количество НАД<sup>+</sup> не меняется.

# Примеры реакций субстратного фосфорилирования

- При окислении 3-фосфоглицеринового альдегида (3-ФГА) в 2-фосфоглицериновую кислоту (2-ФГК) – *гликолиз*;
- При превращении фосфоенолпировиноградной кислоты (ФЕП) в пировиноградную (пируват, ПВК) – *гликолиз*;
- При превращении  $\alpha$ -кетоглутаровой кислоты в янтарную (**реакция цикла Кребса**).

**Дополнительная реакция превращения  
пирувата в молочную кислоту –  
молочной кислоте брожение:**



**Молочная кислота**

**БРОЖЕНИЕ МОЖЕТ ДАВАТЬ  
БОЛЬШЕ 2 МОЛЕКУЛ АТФ**



Электроосмотический градиент молочной кислоты —  
тоже источник для синтеза АТФ

