



# Гликолиз

# ГЛИКОЛИЗ

- Распад веществ без кислорода при помощи ферментов в 10 стадий
- Глюкоза превращается в пировиноградную кислоту
- Образуется 2 МОЛЕКУЛЫ АТФ что составляет 40% , 60 % рассеивается в виде тепла
- Происходит в цитоплазме

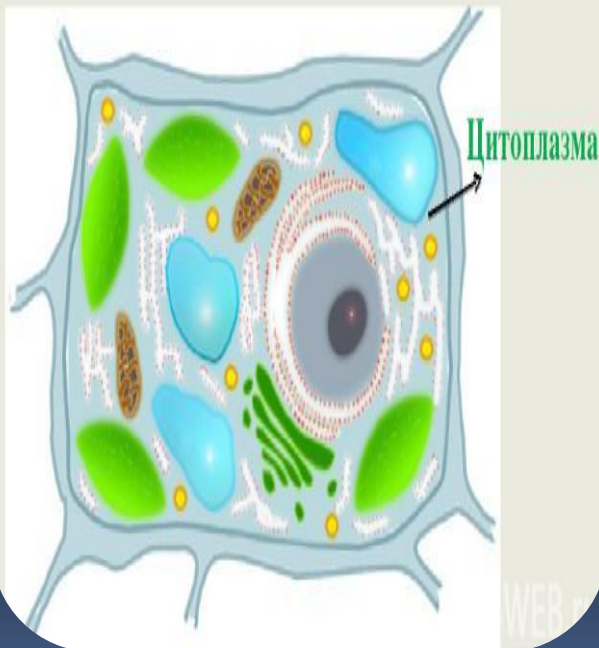
# Бескислородный этап. Гликолиз.

- Этот этап заключается в дальнейшем расщеплении органических веществ, образовавшихся во время подготовительного этапа, происходит в цитоплазме клетки и в присутствии кислорода не нуждается. Главным источником энергии в клетке является глюкоза. Процесс бескислородного неполного расщепления глюкозы — гликолиз.
- При гликолизе одна молекула глюкозы расщепляется до двух молекул пировиноградной кислоты (ПВК). Из АДФ синтезируется АТФ. Однако процесс идёт с небольшим выделением энергии (1 М глюкозы – 200 кДж).

## Уравнение гликолиза:



**Цитоплазма** — это бесцветное вязкое вещество, в котором расположены все органеллы клетки, важнейшим из которых является ядро.



**Гликолиз** - это главный путь утилизации глюкозы-важнейший физиологический процесс, осуществляющийся в цитоплазме практически всех живых, как прокариотических, так и эукариотических, клеток.

Гликолиз - это анаэробный (в отсутствие кислорода) процесс расщепления углеводов с освобождением энергии.

В растениях в результате гликолиза образуется **пируват**, молекулы которого далее окисляются до двуокси углерода и воды в цикле Кребса и электронотранспортной цепи.

Конечные продукты, преимущественно: **лактат** в анаэробных условиях,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в аэробных.

Минимальные потребности в глюкозе имеют все ткани, но у некоторых из них (например, тканей мозга, **эритроцитов**) эти потребности весьма значительны.

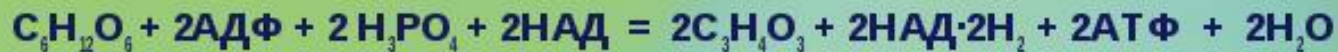
Гликолиз протекает во всех клетках. Это уникальный путь, поскольку он может использовать кислород, если последний доступен (аэробные условия), но может протекать и в отсутствие кислорода (анаэробные условия).



# Гликолиз

## Анаэробный гликолиз – брожение

Процесс преобразования глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  без участия кислорода  $O_2$  с образованием пировиноградной кислоты  $C_3H_4O_3$  и 2 молекул АТФ.



Процесс анаэробного гликолиза протекает в цитоплазме вне митохондрий.

## Аэробный гликолиз – дыхание

Процесс преобразования пировиноградной кислоты  $C_3H_4O_3$  при участии кислорода с образованием 36 молекул АТФ.

Аэробный гликолиз протекает на мембранах крист митохондрий с обязательным участием комплекса ферментов.

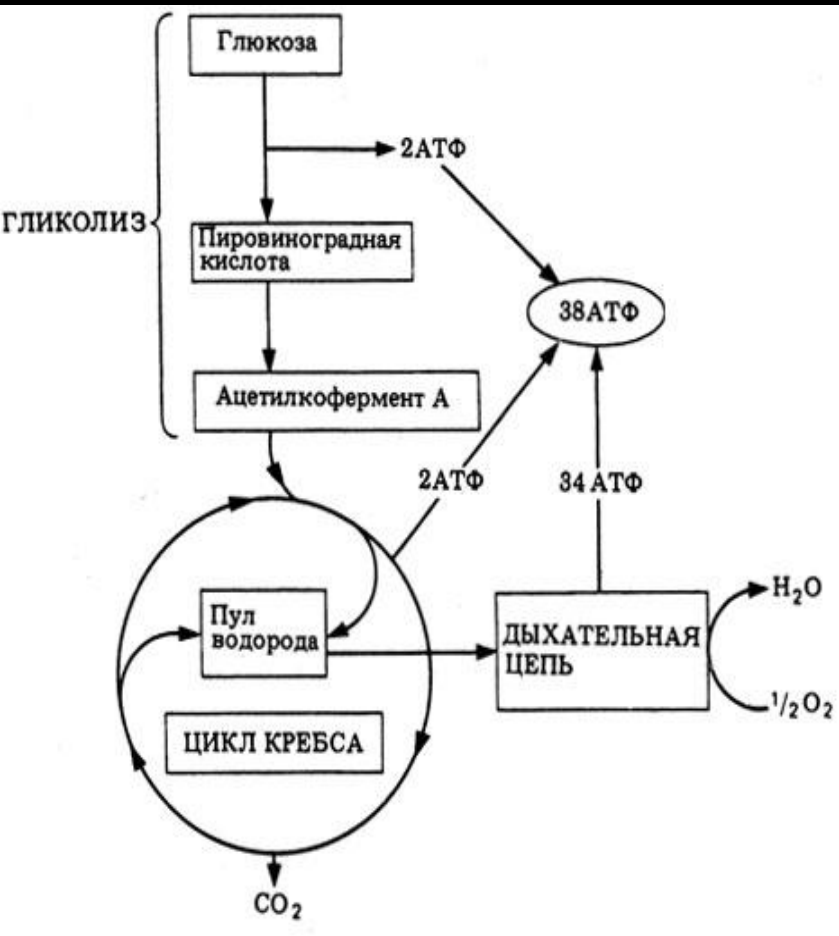


Уже на ранних этапах изучения метаболизма углеводов было установлено, что процесс брожения в дрожжах во многом сходен с распадом гликогена в мышце. Исследования гликолитического пути проводили именно на этих двух системах. При изучении биохимических изменений в ходе мышечного сокращения было установлено, что при функционировании мышцы в анаэробной (бескислородной) среде происходит исчезновение гликогена и появление пирувата и лактата в качестве главных конечных продуктов. Если затем обеспечить поступление кислорода, наблюдается "аэробное восстановление": образуется гликоген, и исчезают пируват и лактат.

## Бескислородный (анаэробный) этап

- **Гликолиз** ( в животных клетках)
- протекает в цитоплазме клетки.





При работе мышцы в аэробных условиях накопления лактата не происходит, а пируват окисляется далее, превращаясь в  $\text{CO}_2$ , и  $\text{H}_2\text{O}$ .

В анаэробных условиях реокисление  $\text{NADH}$  путем переноса восстановительных эквивалентов на дыхательную цепь и далее на кислород происходить не может. Поэтому  $\text{NADH}$  восстанавливает пируват в лактат.

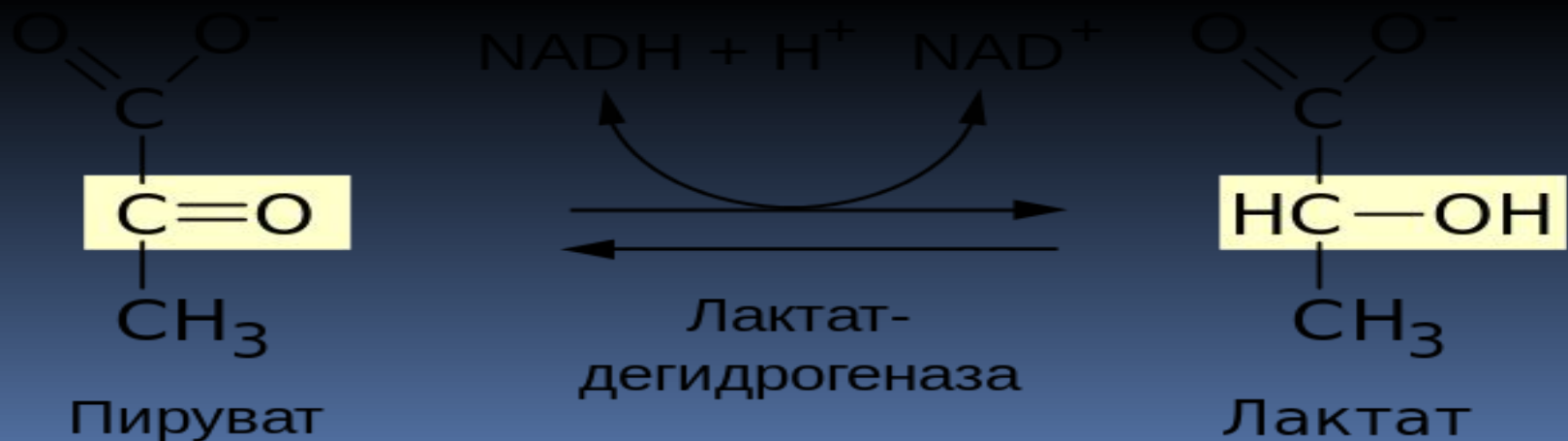
Реокисление  $\text{NADH}$  путем образования лактата обеспечивает возможность протекания гликолиза в отсутствие кислорода, поскольку поставляется  $\text{NAD}^+$  необходимый для глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназной реакции.

Таким образом, в тканях, функционирующих в условиях гипоксии, наблюдается образование лактата (Пентозофосфатный путь, гликолиз, глюконеогенез: метаболическая карта).

Это в особенности справедливо в отношении скелетной мышцы, интенсивность работы которой в определенных пределах не зависит от поступления кислорода. Образующийся лактат может быть обнаружен в тканях, крови и моче.

Гликолиз в эритроцитах даже в аэробных условиях всегда завершается образованием лактата, поскольку в этих клетках отсутствуют митохондрии, содержащие ферментные системы аэробного окисления пирувата.

Эритроциты млекопитающих уникальны в том отношении, что около 90% их потребностей, в энергии обеспечивается гликолизом. Помимо скелетной мышцы и эритроцитов ряд других тканей (мозг, желудочно-кишечный тракт, мозговой слой почек, сетчатка и кожа) в норме частично используют энергию гликолиза и образуют молочную кислоту. Печень, почки и сердце обычно утилизируют лактат, но в условиях гипоксии образуют его.



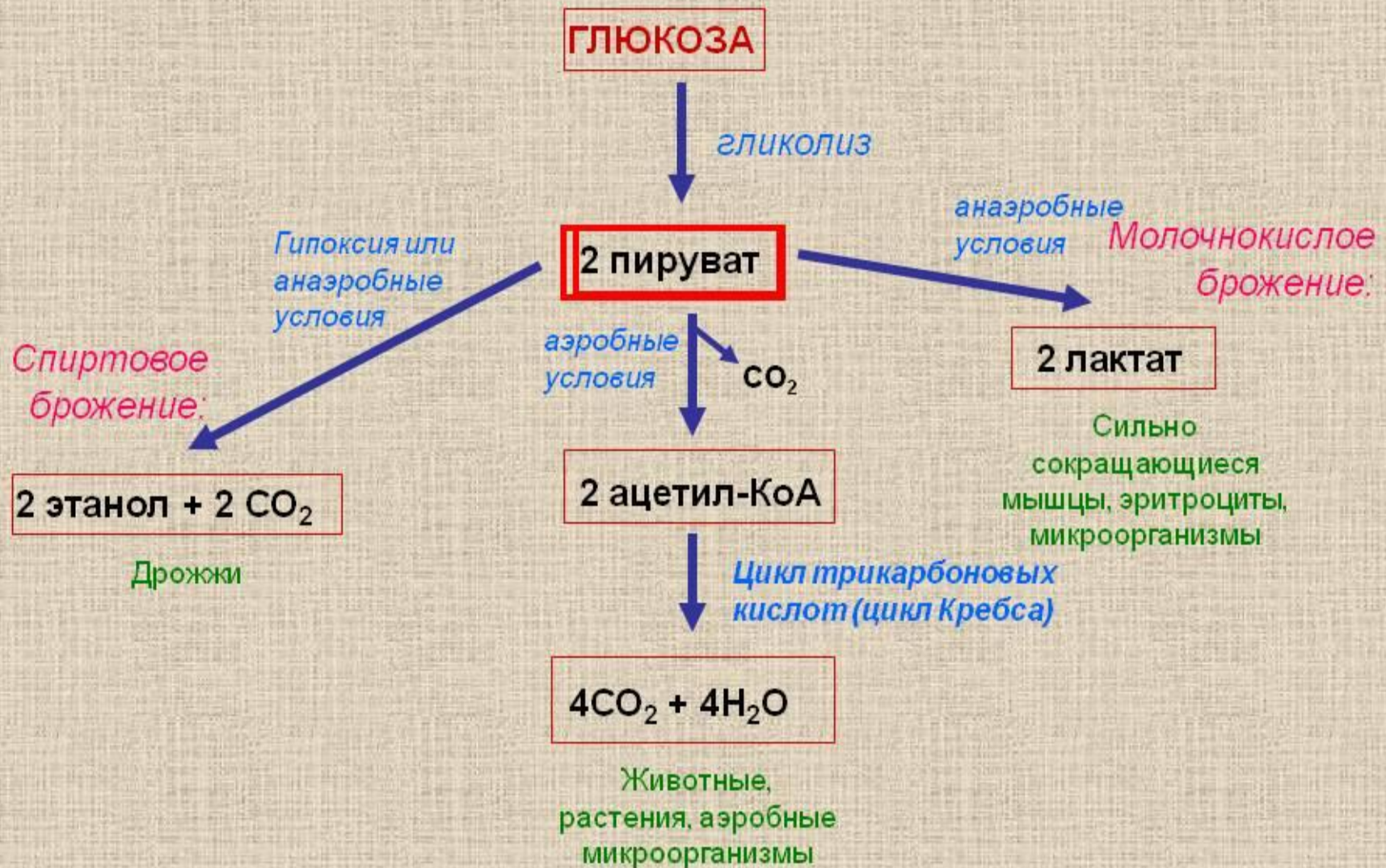


**Как происходит окисление глюкозы в клетке? В этом процессе участвует множество ферментов. Ферментативное расщепление и окисление глюкозы называют гликолизом (греч. glycos - сладкий, lysis - расщепление).**

**Ферменты, окисляющие глюкозу ( см. слайд ниже стр. 10) составляют своего рода ферментативный "конвейер". Гликолиз происходит в цитоплазме. При этом одна шестиуглеродная молекула глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  ступенчато расщепляется и окисляется при участии ферментов до двух трехуглеродных молекул пировиноградной кислоты .**

**В этом превращении глюкозы последовательно участвуют девять ферментов. Если мы сравним число атомов в двух молекулах пировиноградной кислоты  $CH_3C(=O)COOH$  и в молекуле глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ , то увидим, что в процессе гликолиза молекула глюкозы не только расщепляется на две трехуглеродные молекулы, но и теряет четыре атома водорода, т. е. происходит окисление ее.**

# Схема окисления глюкозы



Акцептором водорода (и электронов) в этих реакциях служат молекулы никотинамидадениндинуклеотида (НАД), которые похожи по структуре на НАДФ и отличаются только отсутствием остатка фосфорной кислоты при молекуле рибозы.

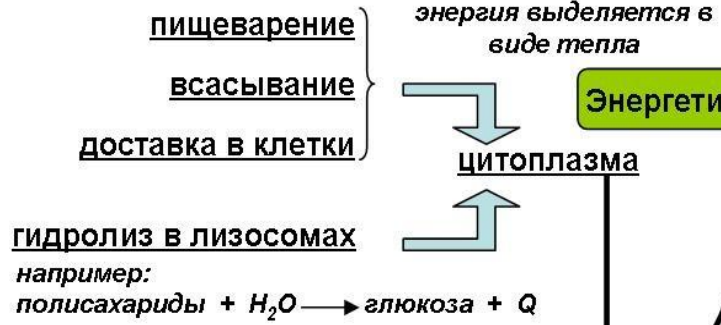
В процессе аэробного гликолиза происходит восстановление окисленного НАД<sup>+</sup> в НАДН.

За счет энергии окисления глюкозы до пировиноградной кислоты фосфорилируются также четыре молекулы АДФ в АТФ.

Что касается молекул НАДН, то запасенная ими энергия используется далее для получения АТФ. На этапе окисления глюкозы кислород еще не участвует непосредственно, однако присутствие его в клетке обеспечивает дальнейшее окисление пировиноградной кислоты.



# 1. Подготовительный этап



персоналии

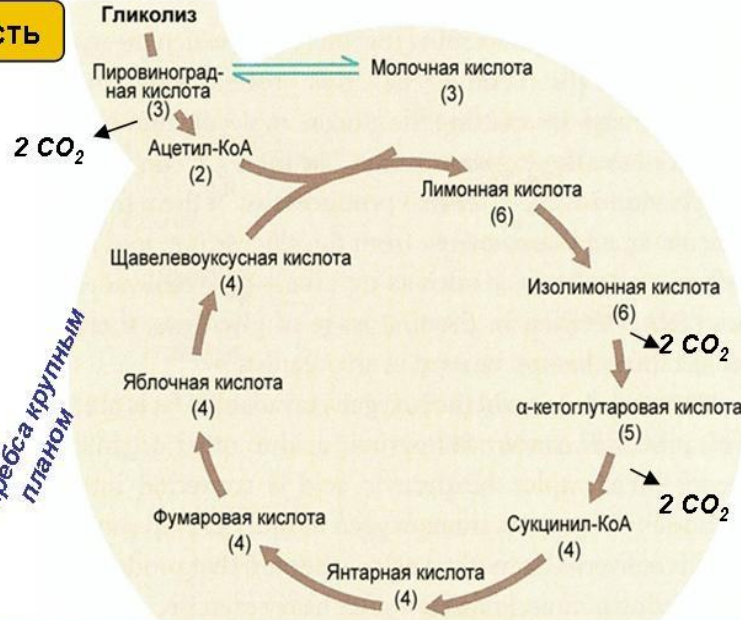
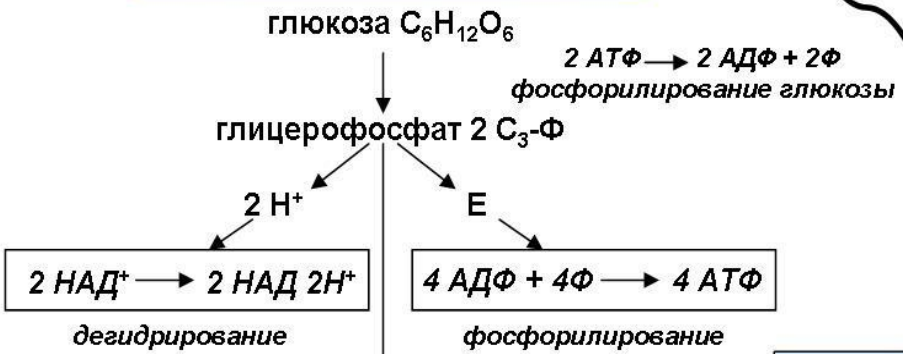
**Энгельгардт Владимир Александрович**  
открыл процесс окислительного фосфорилирования – синтеза молекул АТФ, сопряженный с окислением водорода

Энергетический обмен

40, 37 %

эффективность

# 2. Анаэробный этап (гликолиз)



пировиноградная к-та (ПВК)  $2 \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_3$

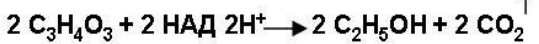
Анаэробные условия

Аэробные условия

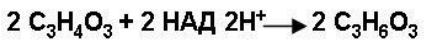
брожение

дыхание

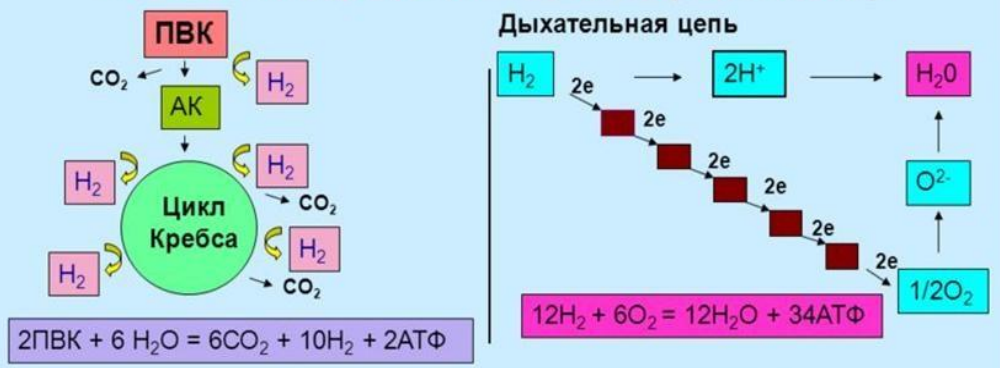
спиртовое



молочное



# III этап. Кислородный – дыхание (митохондрии)



## **ВЫВОД :**

**Гликолиз — один из древнейших метаболических процессов, катаболический путь исключительной важности. Он обеспечивает энергией клеточные реакции, в том числе и синтез белка. Промежуточные продукты гликолиза используются при синтезе жиров. Благодаря гликолизу производительность митохондрий и доступность кислорода не ограничивают мощность мышц при кратковременных предельных нагрузках. Гликолиз является основным путём катаболизма глюкозы в организме животных.**