

# МЕТАБОЛИЗМ



## Обеспечение клеток энергией вследствие окисления органических веществ

2 часть

Подготовила Голубева С.  
В.

г. Лесосибирск

# организмы

## автотрофы

Клетки растений и фотосинтезирующих бактерий используют энергию солнца для образования АТФ.

Бактерии-хемосинтетики получают энергию вследствие окисления неорганических веществ.

## гетеротрофы

Животные и грибы получают энергию в результате окисления органических соединений. Автотрофы также способны получать энергию благодаря окислению органических веществ. Однако у гетеротрофов эти соединения поступают извне готовыми, а у автотрофов они синтезируются в клетках из неорганических соединений.

## Почему при окислении органических соединений освобождается энергия?

Электроны в составе молекул органических веществ обладают большим запасом энергии, поскольку находятся на высоких энергетических уровнях этих молекул. Перемещаясь с высшего на более низкий энергетический уровень электроны освобождают энергию. Конечным акцептором электронов часто служит кислород. В этом и состоит его главная биологическая роль, именно для этой цели аэробам необходим кислород

ВОЗДУХА

Процессы биологического окисления:

- протекают ступенчато;
- при участии ферментов и переносчиков электронов;
- 55% энергии превращается в энергию высокоэнергетических связей АТФ;
- 45% энергии превращается в тепло.

**Глюкоза – один из основных источников энергии для клеток.**

# ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

пищеварительный канал

БЕЛКИ

УГЛЕВОДЫ

ЖИРЫ

АМИНОКИСЛОТЫ

ГЛЮКОЗА  
 $C_6H_{12}O_6$

ГЛИЦЕРИН

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

ЦИТОПЛАЗМА КЛЕТКИ

ГЛИКОЛИЗ (БЕСКИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)

2АТФ +  
2НАД·Н<sub>2</sub>

ПИРОВИНОГРАДНАЯ  
КИСЛОТА  
 $2C_3H_4O_3$

2Н<sub>2</sub>О +  
ТЕПЛО

МИТОХОНДРИИ

КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ (КИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)

36АТФ +  
2НАД·Н<sub>2</sub>

42Н<sub>2</sub>О + 6СО<sub>2</sub> +  
ТЕПЛО

ИТОГО:

38АТФ +  
4НАД·Н<sub>2</sub>

Заполни таблицу

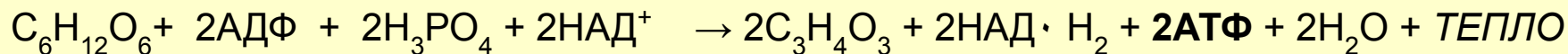
# Анаэробное дыхание

Это путь получения энергии наиболее древний, поскольку на ранних этапах развития жизни на Земле кислород в атмосфере отсутствовал.

**ГЛИКОЛИЗ** – процесс ферментативного анаэробного расщепления глюкозы и других органических соединений.

Этот процесс так же называется брожением. Термин «брожение» обычно применяют по отношению к процессам, протекающим в клетках микроорганизмов или растений.

Гликолиз идет в цитоплазме клеток и не связан с какими-либо мембранными системами.



- Большая часть энергии (60%) в реакции гликолиза рассеивается в виде тепла, и только 40% идет на синтез АТФ.

Заполни  
таблицу



# Клеточное дыхание

У прокариот клеточное дыхание происходит на впячиваниях плазматической мембраны, а у эукариот – на мембранах специальных клеточных органоидов – **митохондрий**.

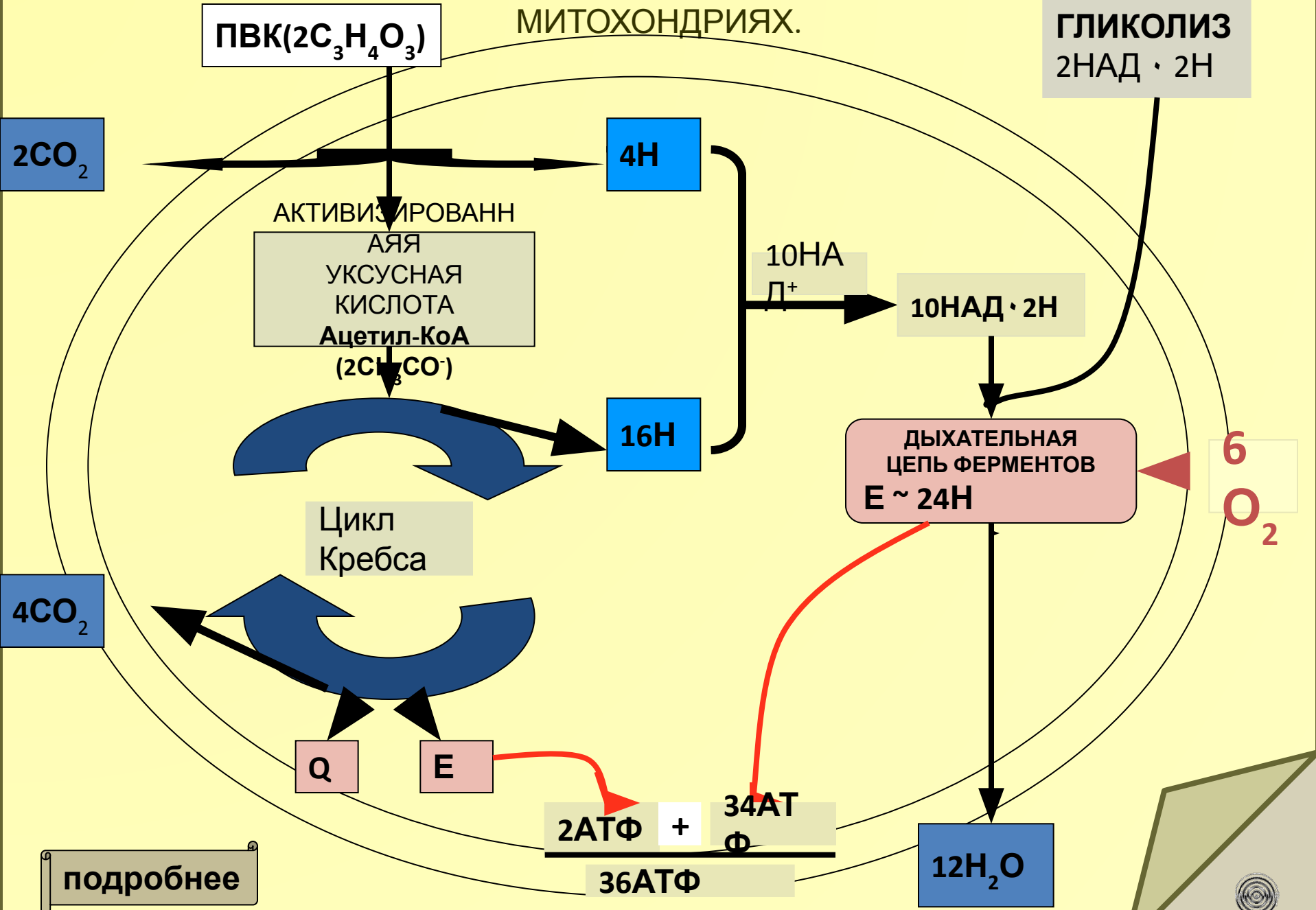
**Митохондрии** иногда называют «клеточными электростанциями». В клетке их количество сильно зависит от активности клетки.

Каждая митохондрия окружена двумя мембранами. Внутренняя мембрана сложена в складки, называемые **кристами**.

Важнейшей функцией митохондрий является синтез АТФ, происходящий за счёт окисления органических веществ.



# СХЕМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ В МИТОХОНДРИЯХ.

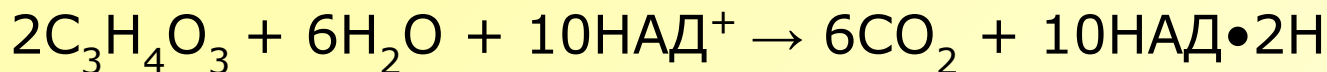


## Третий этап – биологическое окисление, или дыхание

Этот этап протекает только в присутствии кислорода и иначе называется кислородным.

1. Пировиноградная кислота (ПВК) из цитоплазмы поступает в митохондрии, где теряет молекулу углекислого газа и превращается в активированную уксусную кислоту (ацетил-коэнзим А, ацетил-КоА), и НАД•Н<sub>2</sub>.
2. В матриксе митохондрий уксусная кислота вступает в сложный цикл биохимических превращений, который получил название Цикл Кребса. В результате ряда последовательных реакций происходит отщепление углекислого газа и окисление – снятие водорода с образующихся веществ. Углекислый газ, выделяется из митохондрий, а далее из клетки и организма в процессе дыхания. Весь водород, который снимается с промежуточных веществ, соединяется с переносчиком НАД<sup>+</sup>, и образуется НАД•2Н.

Общее уравнение декарбоксилирования и окисления ПВК:

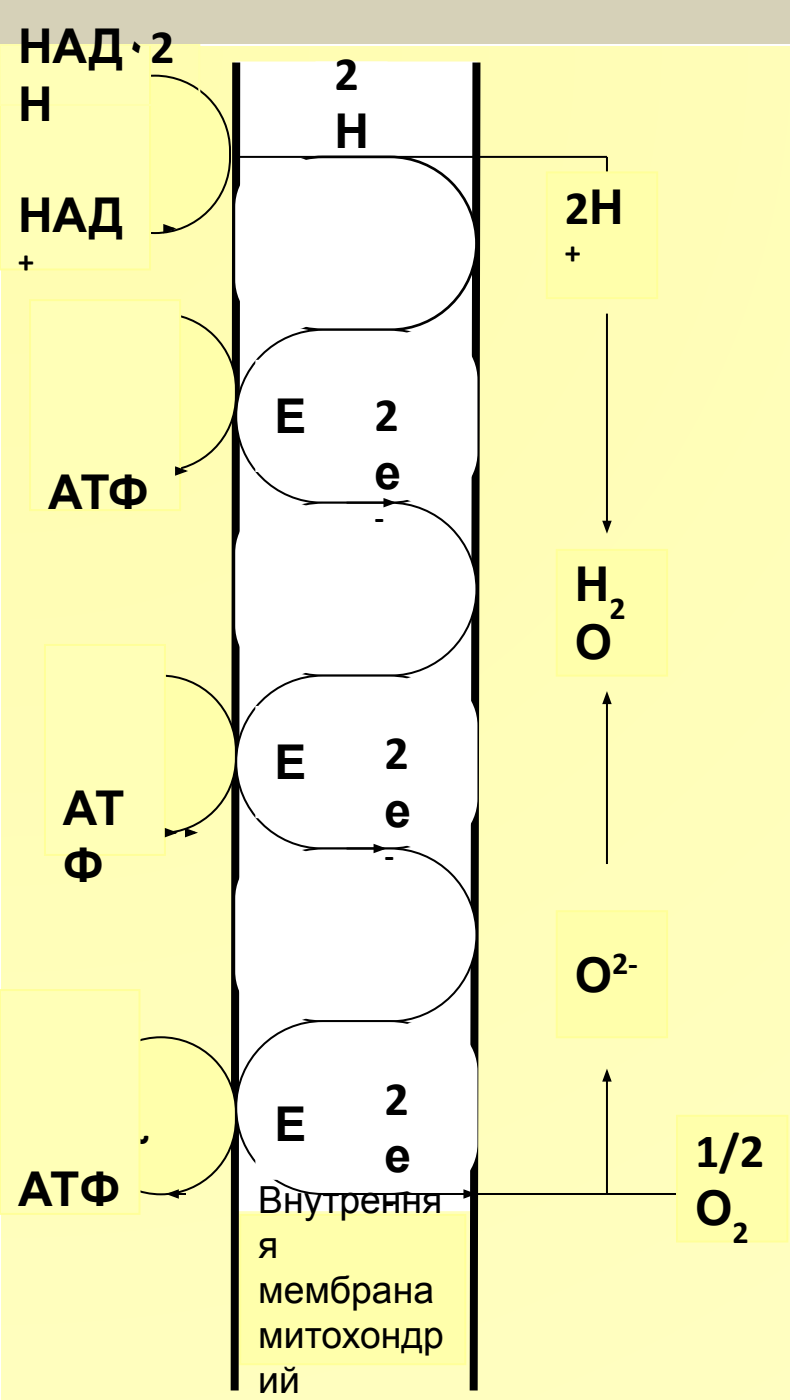


[Проследим теперь путь молекул НАД•2Н.](#)

Заполни  
таблицу

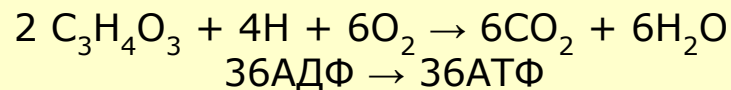




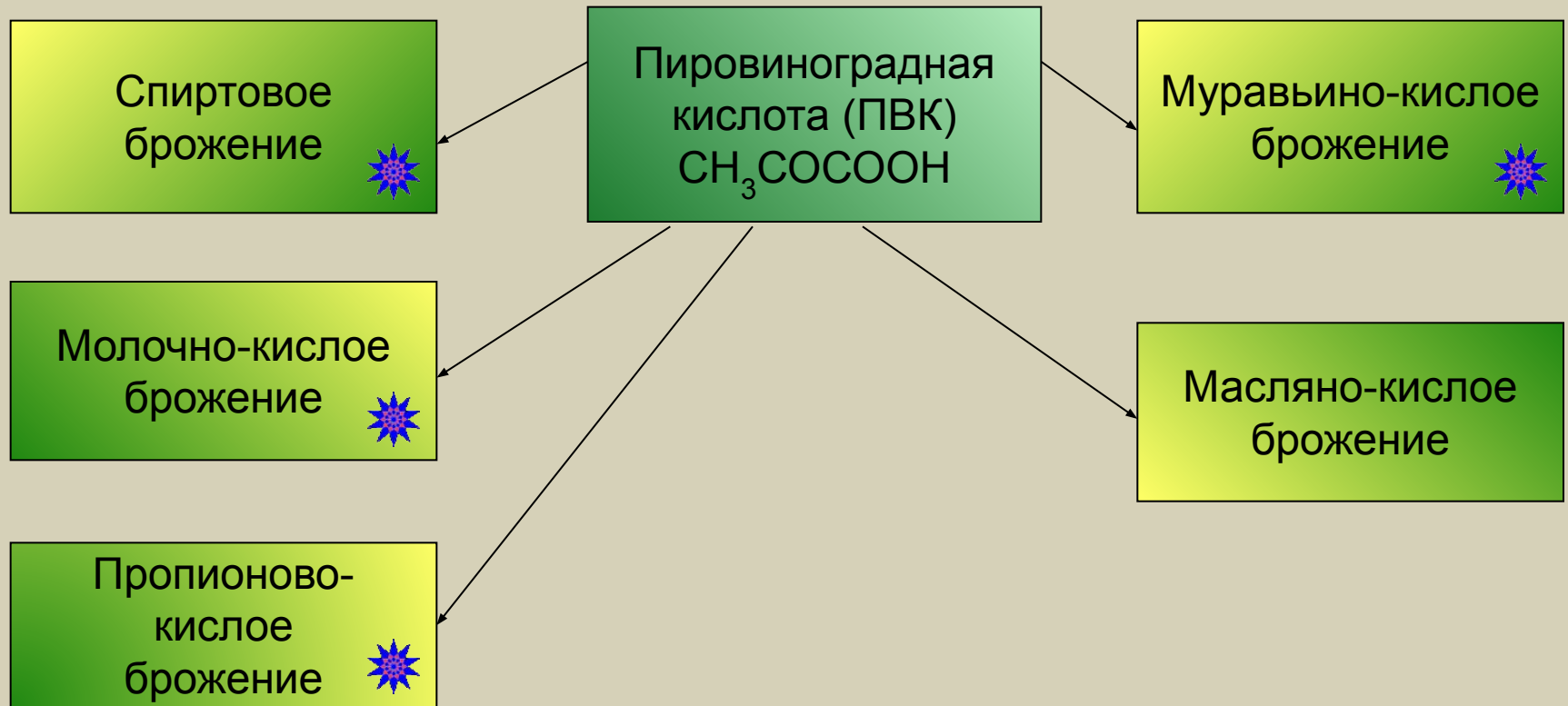


Молекулы НАД•2Н поступают на кристы митохондрий, где расположена дыхательная цепь ферментов. На этой цепи происходит отщепление водорода от переносчика с одновременным снятием электронов. Каждая молекула восстановленного НАД•2Н отдает два водорода и два электрона. Они поступают на дыхательную цепь ферментов, которая состоит из белков – цитохромов. Перемещаясь по этой системе каскадно, электрон теряет энергию. За счет этой энергии в присутствии фермента АТФ-азы синтезируются молекулы АТФ. Одновременно с этими процессами происходит перекачивание ионов водорода через мембрану на наружную её сторону. В процессе окисления 12 молекул НАД•2Н, которые образовались при гликолизе (2 молекулы) и в результате реакций в цикле Кребса (10 молекул), синтезируются 36 молекул АТФ.

Конечным акцептором электронов является молекула кислорода, поступающая в митохондрии при дыхании. Атомы кислорода на наружной стороне мембраны принимают электроны и заряжаются отрицательно. Положительные ионы водорода соединяются с отрицательно заряженным кислородом, и образуются молекулы воды.



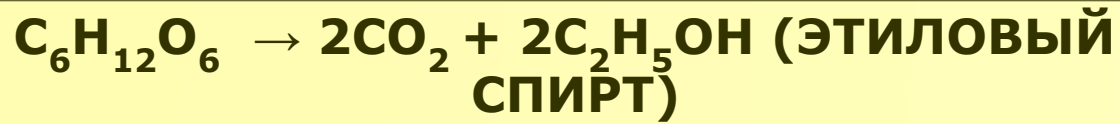
**БРОЖЕНИЕ** – один из способов использования живыми организмами углеводов. В зависимости от конечного продукта реакции различают несколько видов брожения.



Недостатком процессов брожения является извлечением незначительной доли той энергии, которая заключена в связях органических молекул. Для многих одноклеточных и многоклеточных (особенно ведущих паразитический образ жизни) этого вполне достаточно.



# Спиртовое брожение



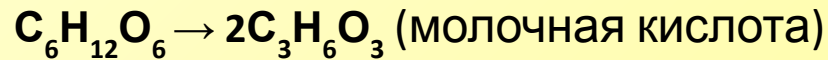
- Среди прокариот этот тип брожения распространен не очень широко, наиболее часто он встречается в группе дрожжей.
- Важно подчеркнуть, что дрожжи – эукариотические организмы и аэробы, но в анаэробных условиях брожение идет наиболее эффективно. Если добавить кислород, то брожение ослабнет.
- Этот эффект был обнаружен Л. Пастером при исследовании способов изготовления вина и пива. Он же изобрел способ остановки превращения спирта в уксус уксуснокислыми бактериями – пастеризацию (нагревание вина или пива до 65-70°C). При этом бактерии гибнут, и уксус не образуется.
- Спиртовое брожение происходит у хвойных растений зимой, когда устьица хвои закупориваются смолой, и газообмен с внешней средой прекращается.



Дрожжи — мельчайшие одноклеточные грибы. Их размеры сравнимы с размерами бактерий.



# Молочнокислое брожение



- Молочнокислые бактерии (лактобактерии) относятся к группе стрептококков. Это анаэробные организмы, которые могут жить и в присутствии кислорода тоже. Лактобактерии живут в молоке и продуктах его переработки, на растениях и растительных остатках, в кишечнике и на слизистых оболочках человека и животных; практически не встречаются в почве и воде. Более 90% продуктов брожения этих бактерий составляет молочная кислота.
- Молочнокислые бактерии используются человеком в его хозяйственной деятельности. Запасание корма для скота (изготовление силоса), квашение капусты, изготовление различных кисломолочных продуктов: сметаны, йогурта, кефира, простокваши, творога, кумыса и тд.
- Молочнокислые бактерии предотвращают развитие гнилостных процессов в кишечнике, и поэтому употребление молочнокислых продуктов очень полезно для здоровья.
- У человека накопление молочной кислоты путем брожения в мышечных клетках происходит при интенсивной физической нагрузке.
- Кроме того, хрусталик и роговица глаза человека слабо снабжается кровью, поэтому и окислительный метаболизм выражен незначительно, а энергия в основном образуется при сбраживании глюкозы до молочной кислоты.



## Пропионовокислое брожение

Пропионовая кислота, как конечный продукт данного брожения, образуется из молочной.

Большинство этих бактерий – жесткие анаэробы, которые не выдерживают присутствия кислорода.

У человека пропионовокислые бактерии вызывают воспаление волосяных фолликулов, что приводит к образованию угрей.

## Муравьинокислое брожение

У представителей группы энтеробактерий конечным продуктом брожения муравьиная кислота  $\text{CH}_2\text{O}_2$ , которая часто распадается на водород и углекислый газ. Поэтому эти бактерии часто называют газообразующими.

Они исключительно нетребовательны к источникам питания. Наиболее типичным представителем этих бактерий служит кишечная палочка – обычный обитатель кишечника и животных.

К этой группе микроорганизмов также принадлежат бактерии, вызывающие очень опасные заболевания человека: возбудитель тифа, холерный вибрион, чумная палочка.



# Этапы энергетического обмена

Этапы энергетического обмена	Где протекает	Характерные изменения веществ	Энергетические особенности
I - подготовительный			
II- бескислородный			
III- кислородный			

