

## *Глава III.*

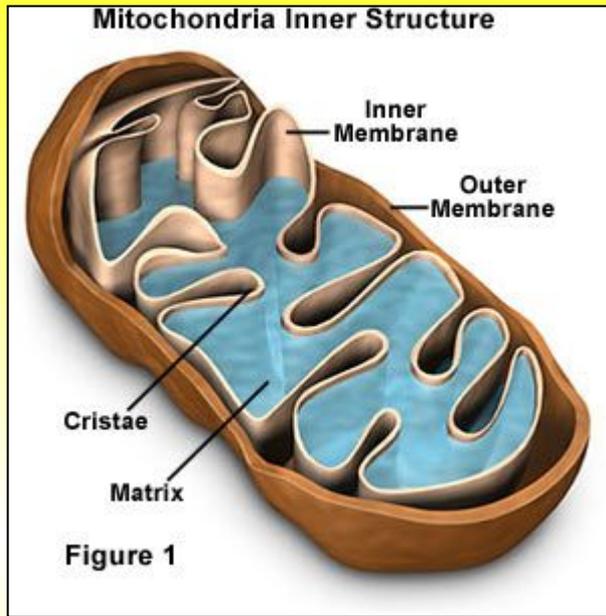
Обеспечение клеток энергией.

Тема: Энергетический обмен.  
Дыхание.

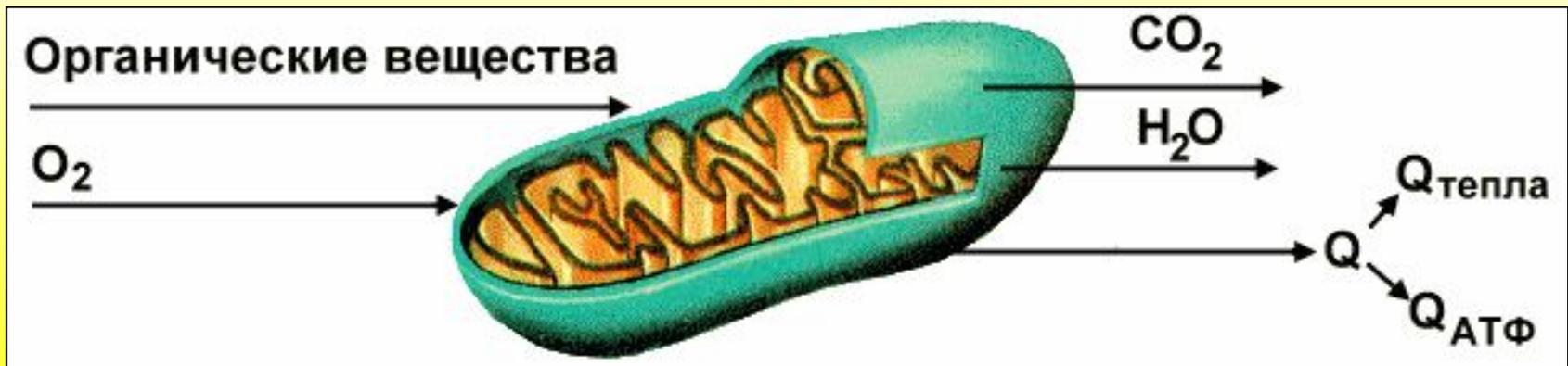
Задачи:

Дать характеристику аэробному  
этапу окисления – окислению ПВК в  
МИТОХОНДРИЯХ

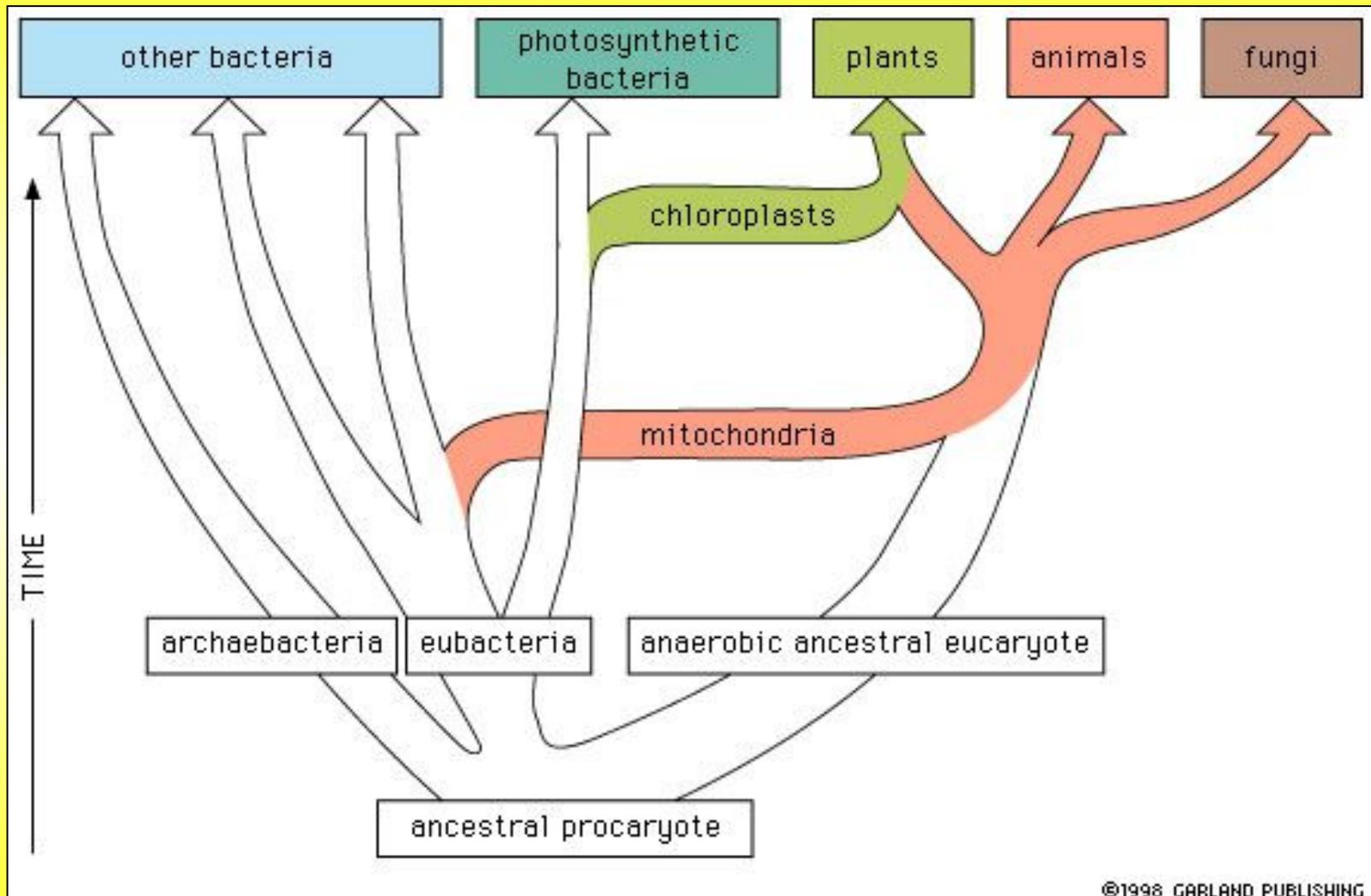
# Окисление ПВК в митохондриях



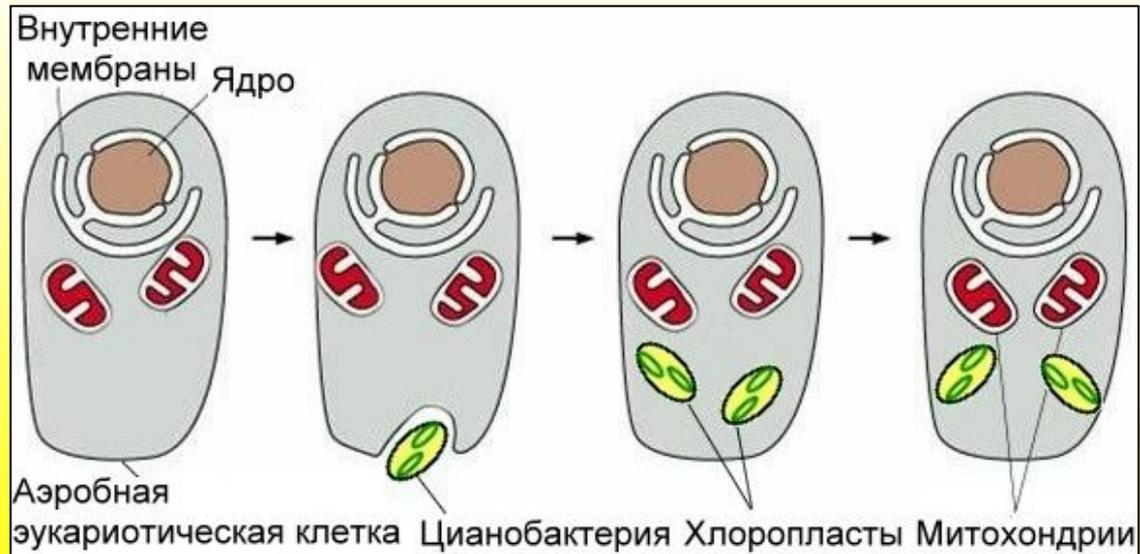
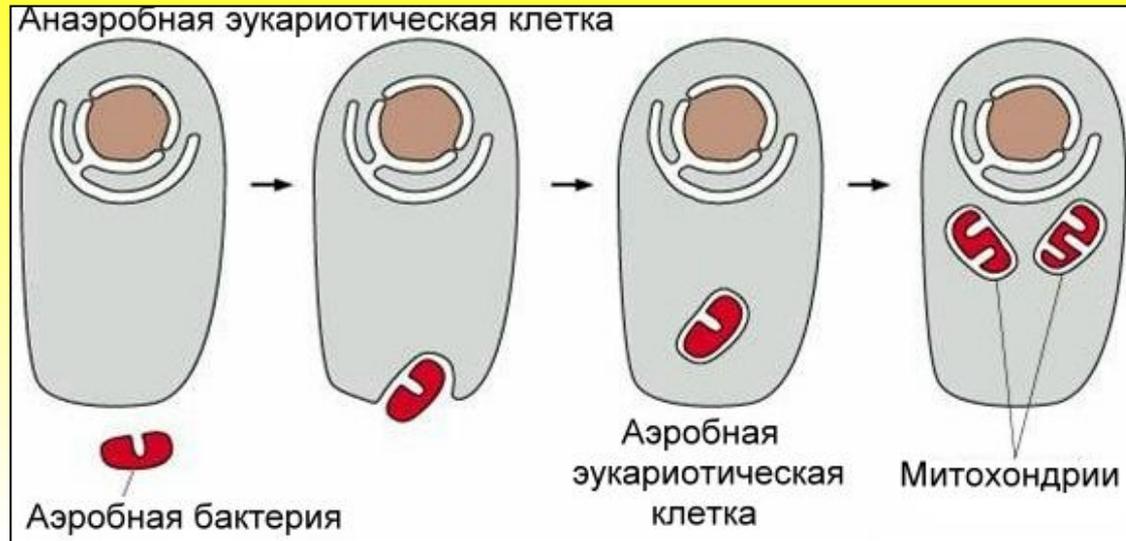
Третий этап энергетического обмена — *кислородное окисление*, или *дыхание*, происходит в митохондриях.  
Как устроены митохондрии?  
Каковы функции митохондрий?  
Каково происхождение митохондрий?



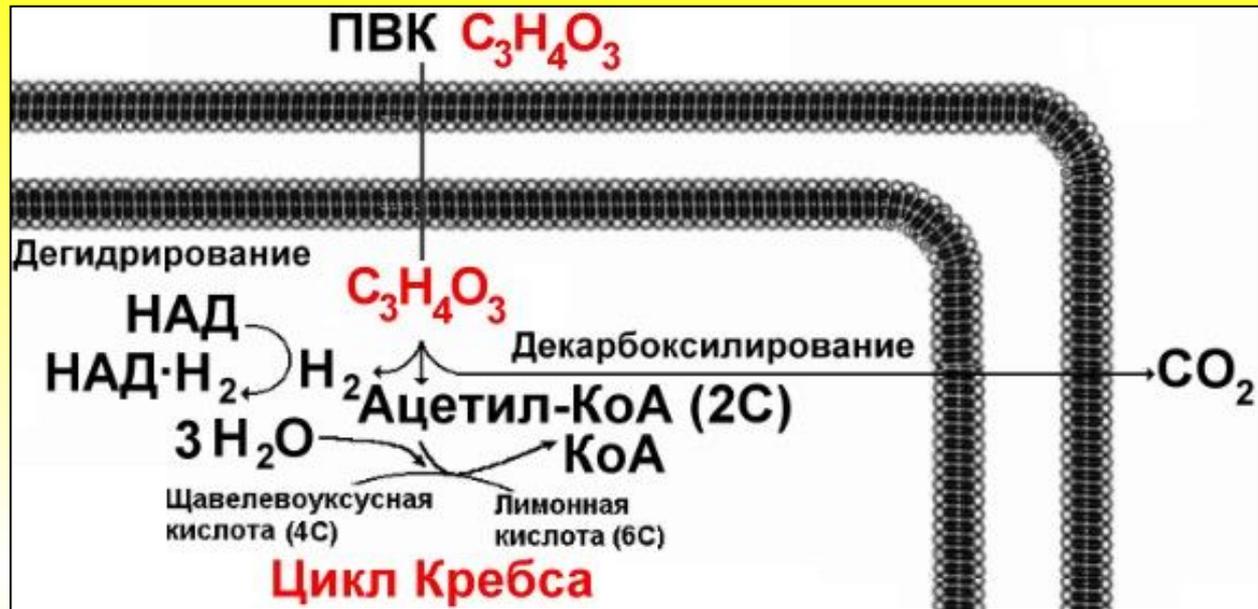
# Происхождение митохондрий



# Происхождение митохондрий

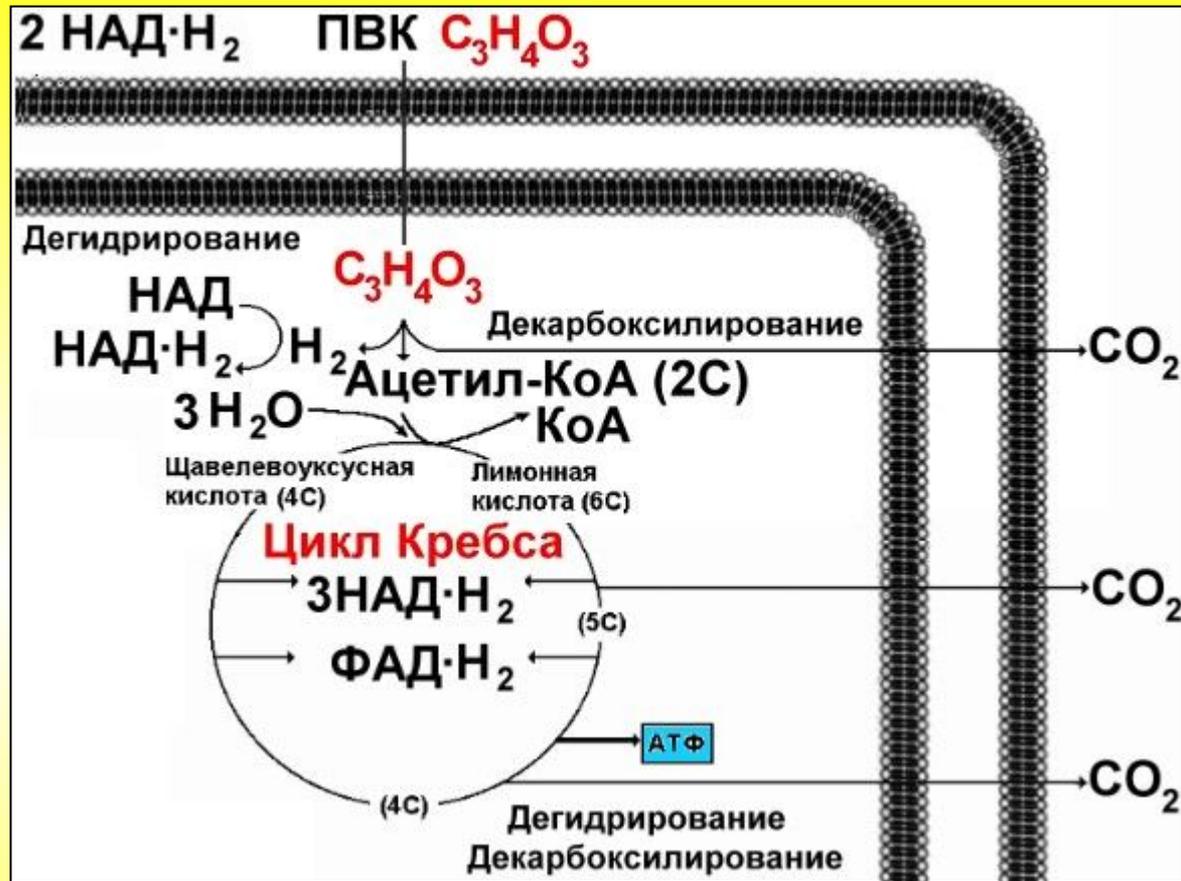


## Окисление ПВК в митохондриях



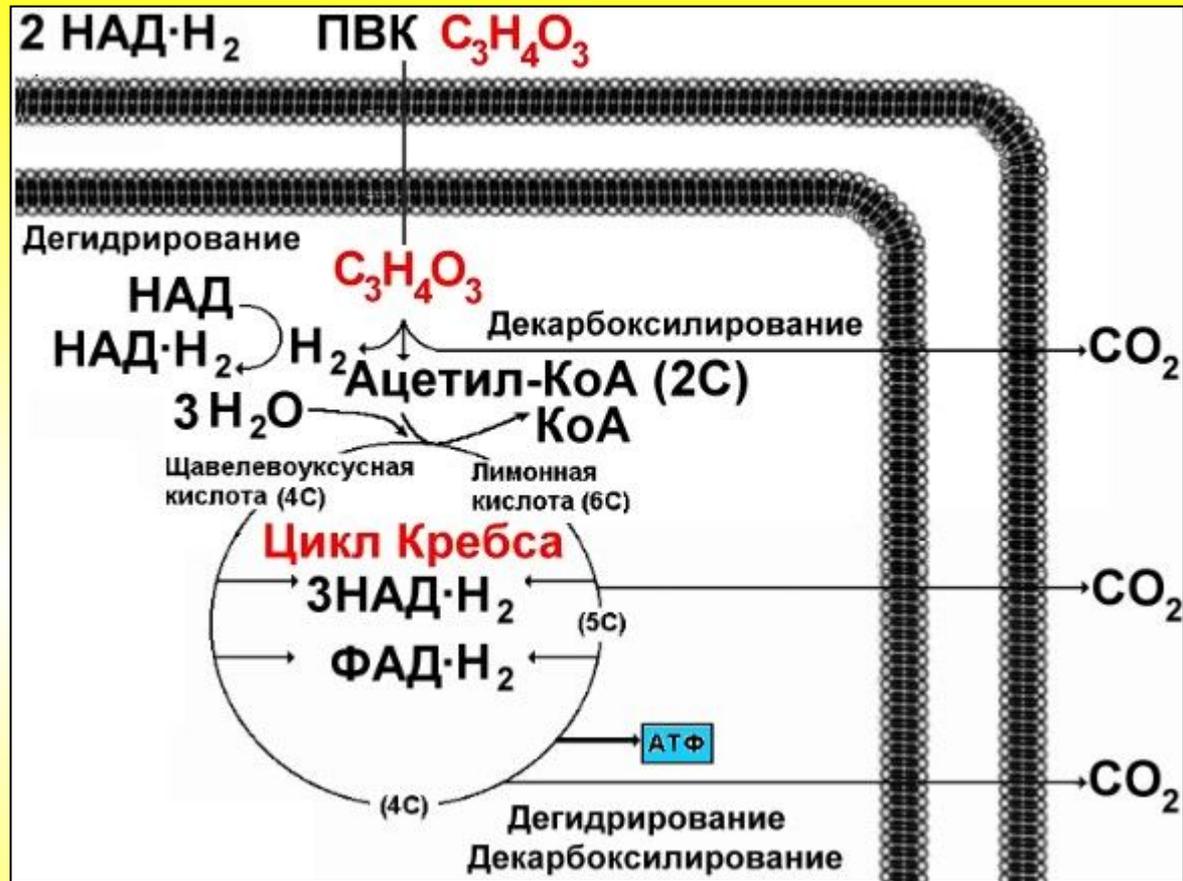
На первом этапе пировиноградная кислота проникает в митохондрии, где происходит ее **дегидрирование** (отщепление водорода) и **декарбоксилирование** (отщепление углекислого газа) с образованием **двууглеродной ацетильной группы**, которая вступает в цикл реакций, получивших название реакций цикла Кребса.

## Окисление ПВК в митохондриях



В цикле Кребса происходит дальнейшее окисление, связанное с **дегидрированием и декарбоксилированием**. В результате на каждую разрушенную моль ПВК из митохондрии удаляется 3 моль CO<sub>2</sub>, образуется **5 пар атомов водорода**, связанных с переносчиками (4 НАДН<sub>2</sub>, ФАДН<sub>2</sub>), а также моль АТФ.

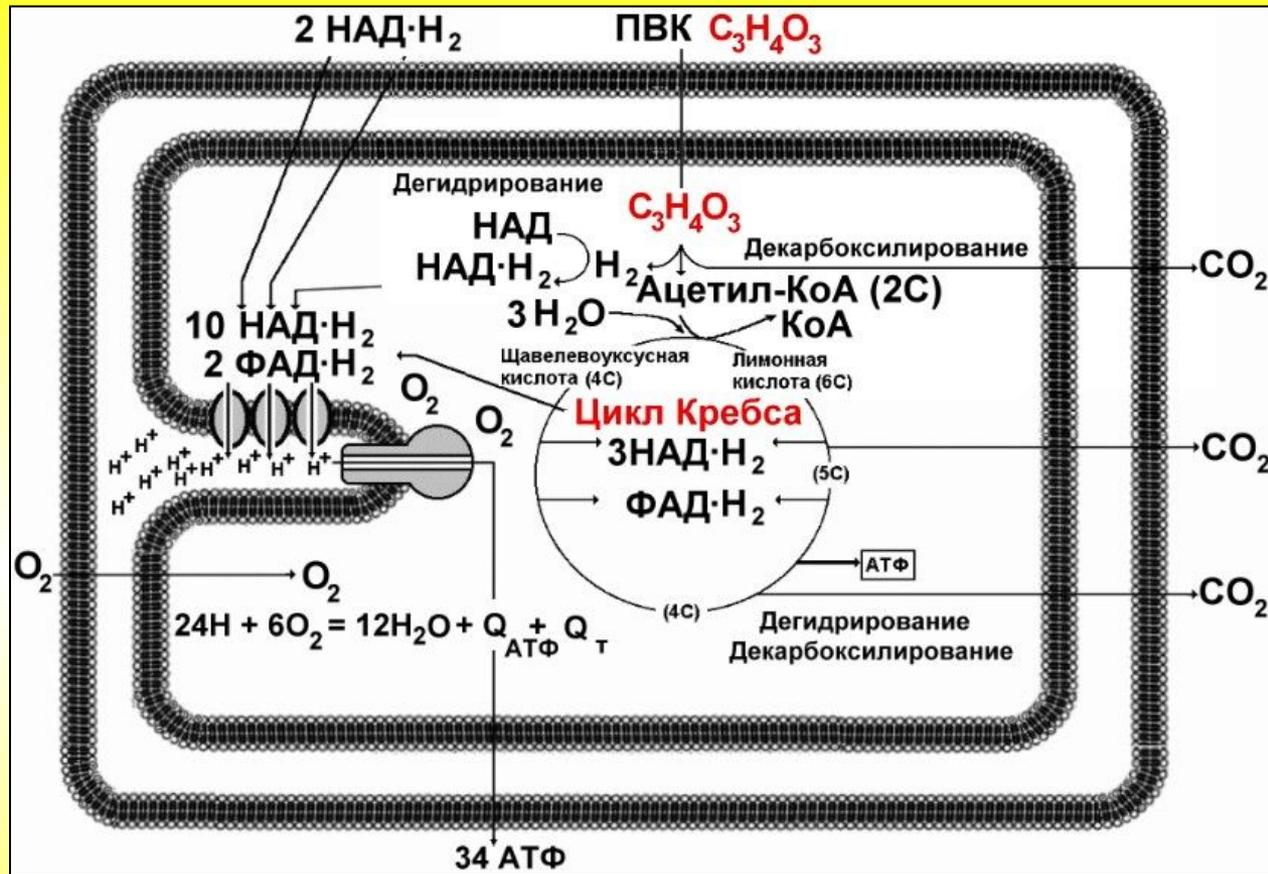
## Окисление ПВК в митохондриях



Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:

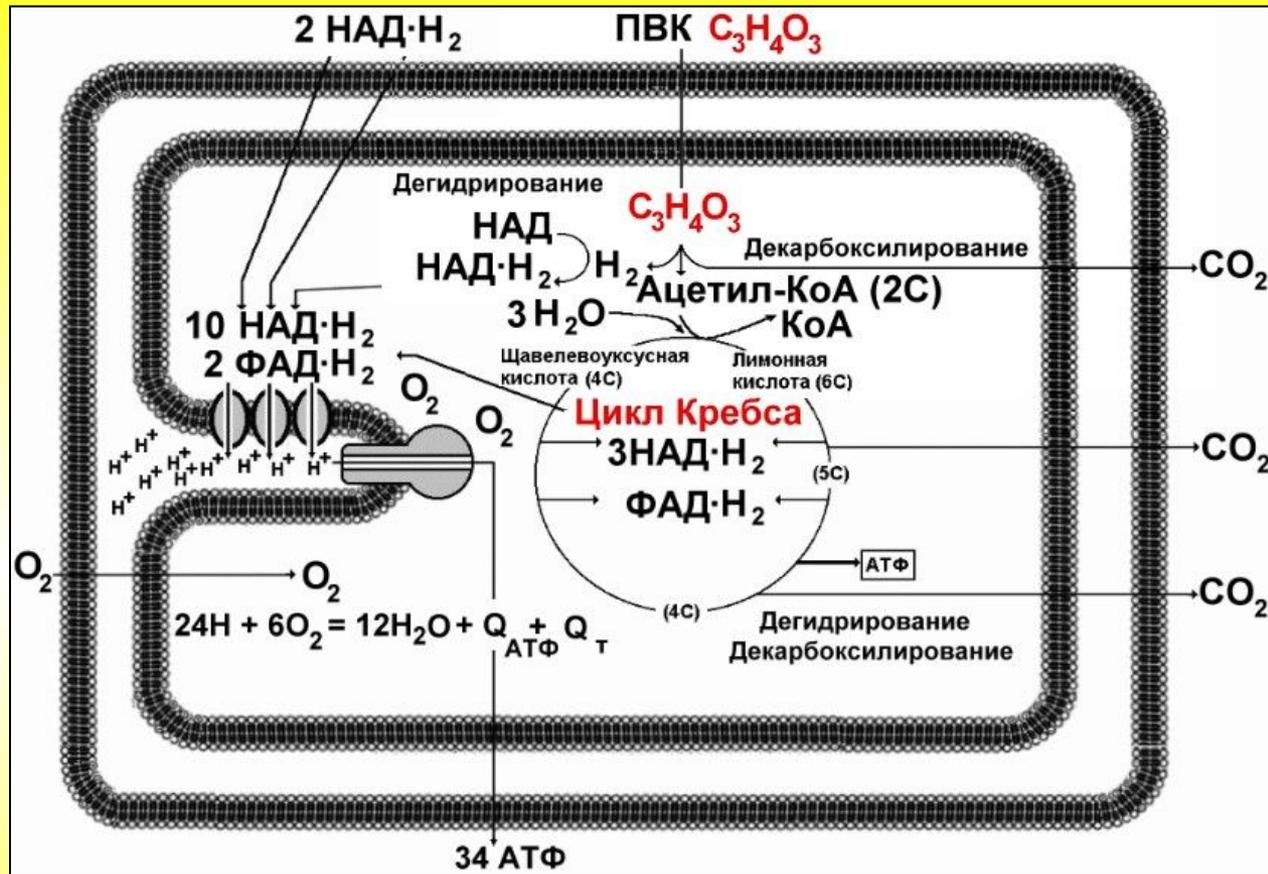


# Окисление ПВК в митохондриях



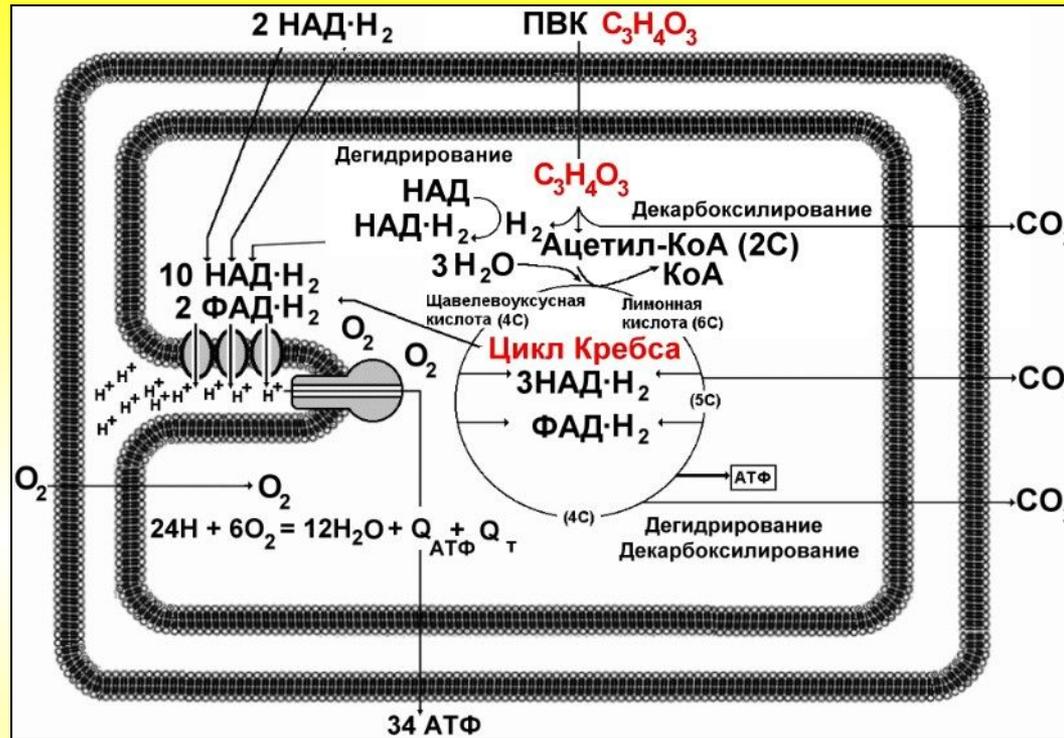
Последним этапом является *окисление пар атомов водорода с участием  $O_2$  до  $H_2O$  с одновременным фосфорилированием АДФ до АТФ*. Этот процесс называется окислительным фосфорилированием и происходит на внутренней мембране митохондрий. Водород передается по трем большим ферментным комплексам дыхательной цепи (**флавопротеин, кофермент Q, цитохромы**).

# Окисление ПВК в митохондриях



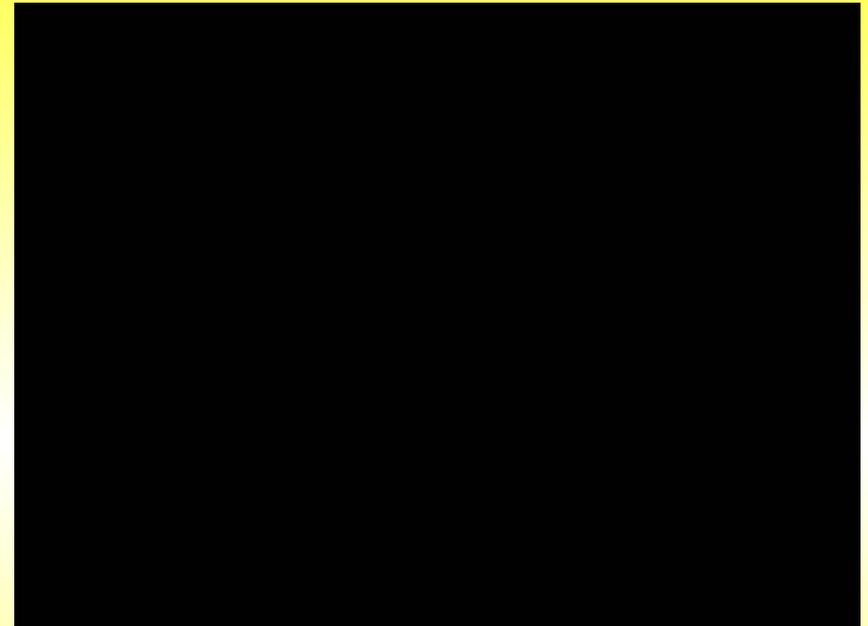
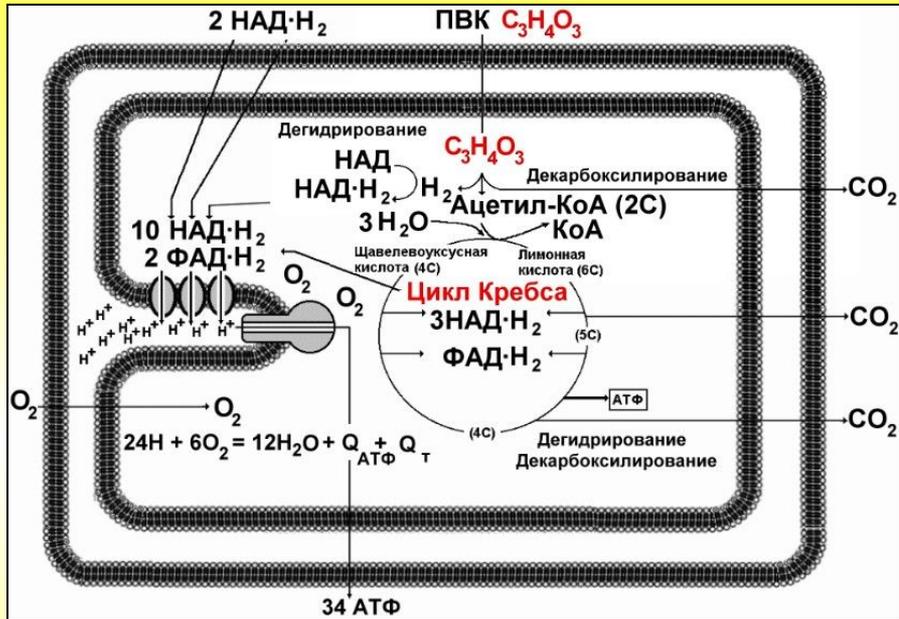
У водорода отбираются электроны, а протоны закачиваются в межмембранное пространство митохондрий, в «*протонный резервуар*». Внутренняя мембрана непроницаема для ионов водорода. Электроны передаются по ферментам дыхательной цепи на *цитохромоксидазу*.

# Окисление ПВК в митохондриях

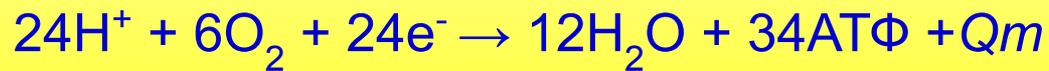


Когда разность потенциалов на внешней и внутренней стороне внутренней мембраны достигает 200 мВ, протоны ( $24H^+$ ) проходят через канал фермента АТФ-синтетазы и происходит восстановление кислорода до воды ( $12H_2O$ ) с выделением энергии, часть которой запасается в форме **34 АТФ**. Таким образом, в митохондрии образуется всего **36 АТФ** – 55%, 45% - рассеивается в форме тепла.

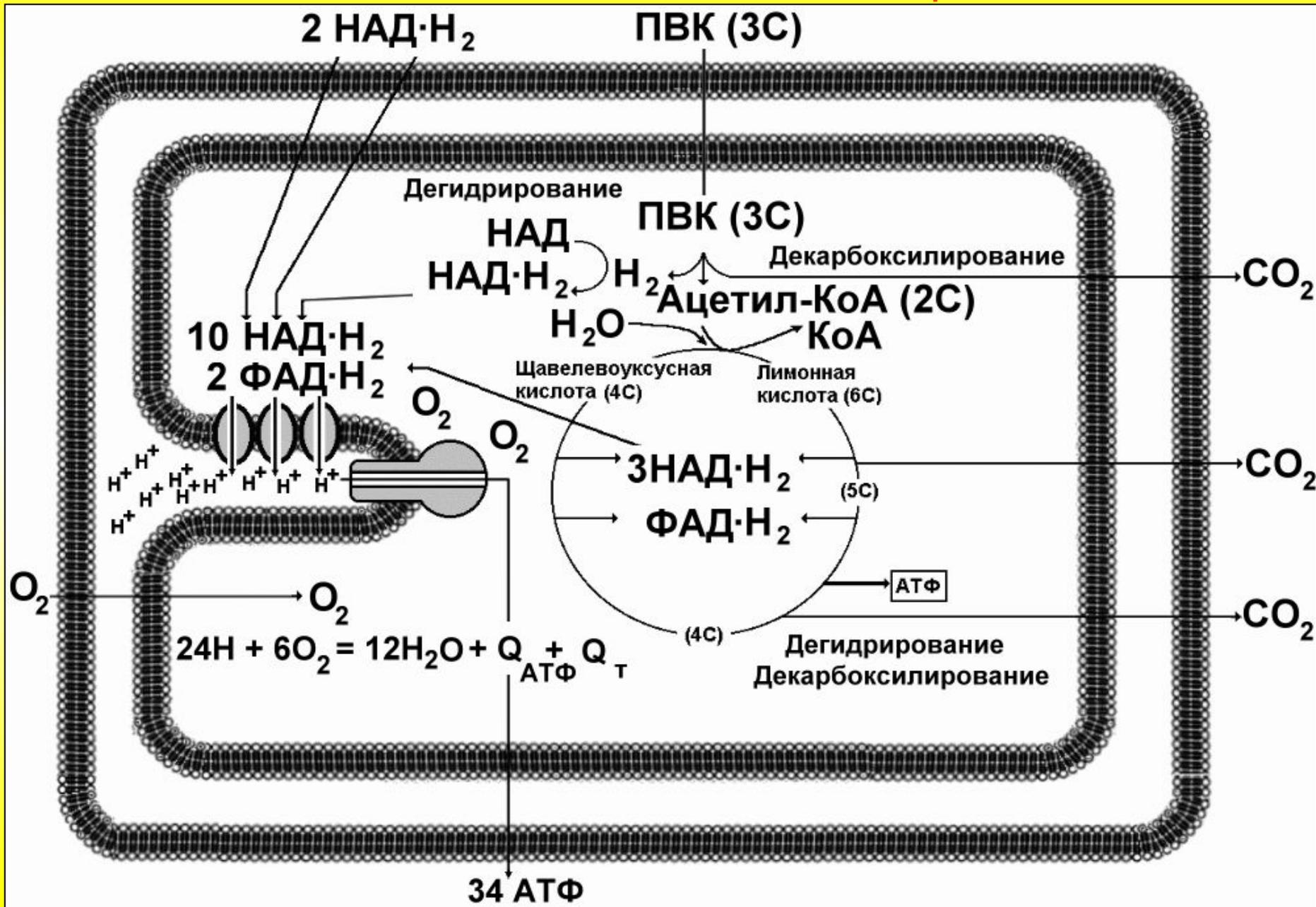
# Окисление ПВК в митохондриях



Ферменты дыхательной цепи и АТФ-синтетаза на кристах:

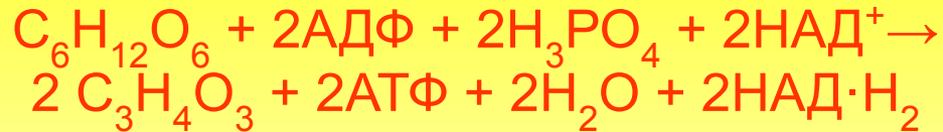


# Окисление ПВК в митохондриях



# Гликолиз и кислородное окисление

Гликолиз:



При этом образуется 200 кДж энергии, 120 рассеивается в форме тепла, 80 кДж запасается в форме 2 моль АТФ

Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:



Ферменты дыхательной цепи и АТФ-синтетаза на кристах:

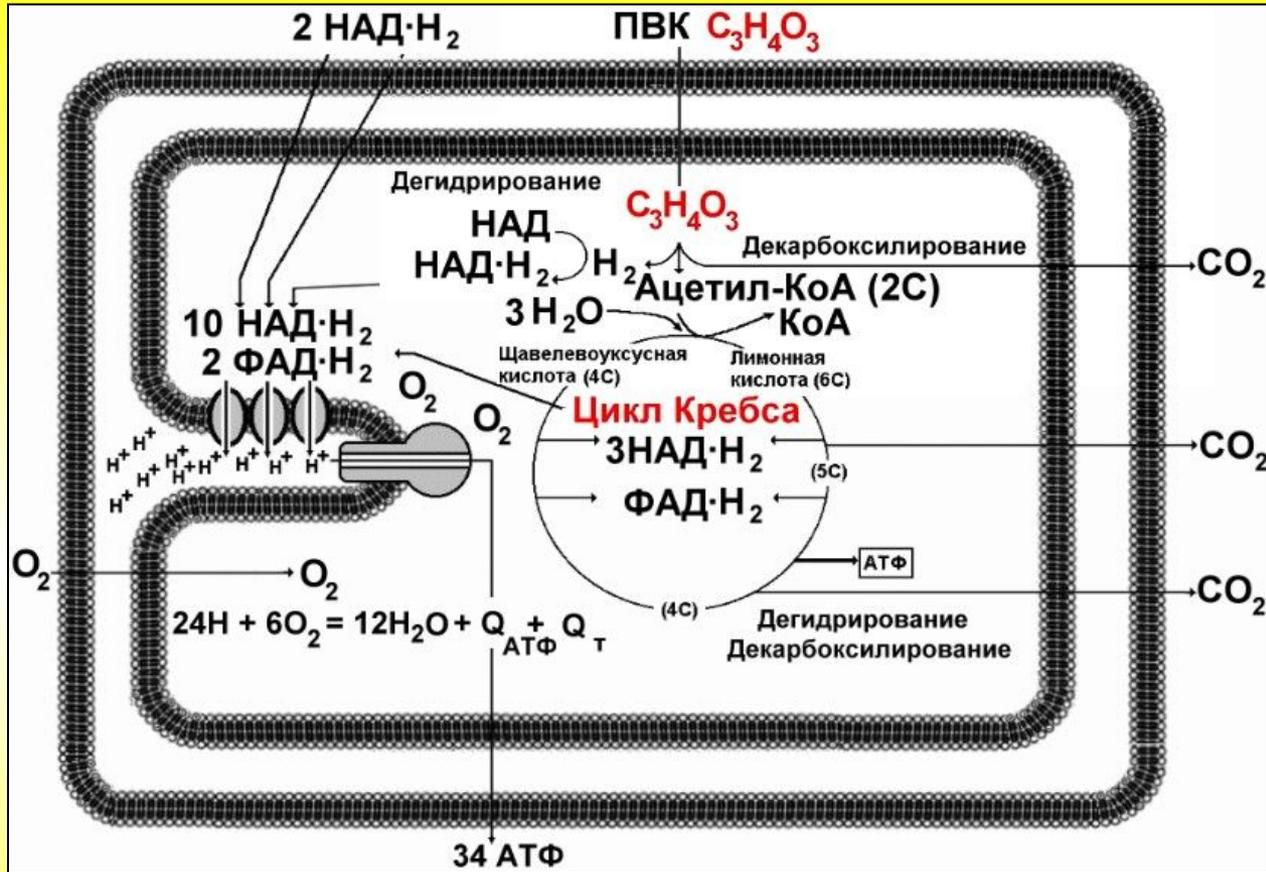


Суммарная реакция энергетического обмена выглядит так:



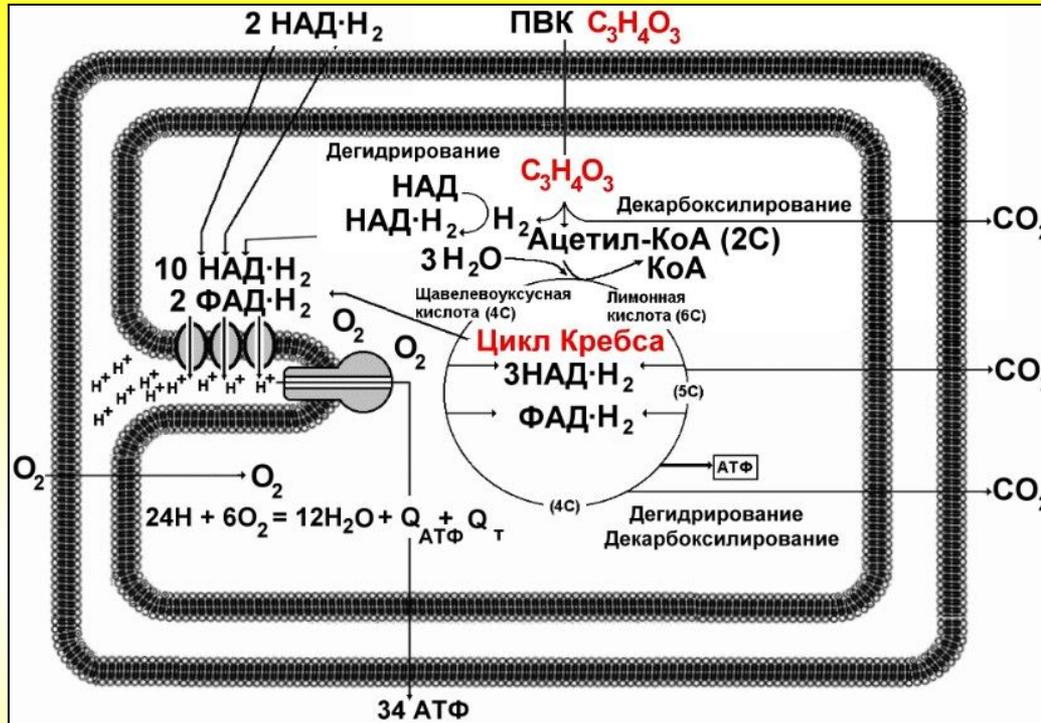
Если внутренняя мембрана повреждена, то окисление НАД·H<sub>2</sub> продолжается, но не работает АТФ-синтетаза и образования АТФ не происходит, вся энергия выделяется в форме тепла.

# Повторение



1. Сколько молей ПВК образуется при гликолизе моля глюкозы?
2. Сколько молей  $CO_2$  образуется при полном декарбоксилировании моля ПВК в митохондрии?
3. Сколько пар атомов водорода образуется при полном разрушении моля ПВК в митохондрии при участии воды?

# Повторение



1. Сколько пар атомов водорода образуется при гликолизе моль глюкозы до 2 моль ПВК?
2. Сколько молекул АТФ образуется при окислении одной ацетильной группы в цикле Кребса?
3. Сколько молекул АТФ образуется АТФ-синтетазой в расчете на 12 пар H<sup>+</sup>?

# Повторение

**Тест 1.** Реакции кислородного окисления происходят:

1. В цитоплазме клетки.
2. В ядре клетки.
3. Во всех органоидах и цитоплазме.
4. В митохондриях. 

**Тест 2.** В результате гликолиза образуется и поступает в митохондрию:

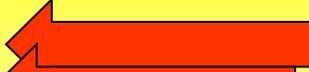
1. Глюкоза.
2. Молочная кислота.
3. Пировиноградная кислота. 
4. Ацетил-КоА.

**Тест 3.** В цикл Кребса включается:

1. ПВК.
2. Молочная кислота.
3. Этиловый спирт.
4. Ацетильная группа. 

## Повторение

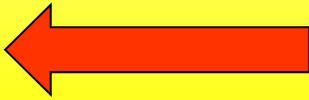
**\*\*Тест 4.** В реакциях цикла Кребса происходит:

1. Дегидрирование ацетильной группы. 
2. Декарбоксилирование ацетильной группы. 
3. Образуется моль АТФ при разрушении каждой ацетильной группы. 
4. В результате работы АТФ-синтетазы образуется 34 моль АТФ.

**Тест 5.** Реакции цикла Кребса происходят:

1. В матриксе митохондрий. 
2. В цитоплазме клеток.
3. На внутренней мембране митохондрий, на ферментах дыхательной цепи.
4. В межмембранном пространстве митохондрий.

**Тест 6.** При полном разрушении в митохондрии моль ПВК образуется:

1. 12 пар атомов водорода.
2. 10 пар атомов водорода.
3. 6 пар атомов водорода.
4. 5 пар атомов водорода. 

## Повторение

**Тест 7.** При полном разрушении моль глюкозы на дыхательную цепь транспортируется:

1. 12 пар атомов водорода.
2. 10 пар атомов водорода.
3. 6 пар атомов водорода.
4. 5 пар атомов водорода.



**Тест 8.** Протонный резервуар митохондрий находится:

1. В межмембранном пространстве.
2. В матриксе.
3. На внутренней стороне внутренней мембраны.
4. В матриксе и на внутренней стороне внутренней мембраны.



**Тест 9.** АТФ-синтетазой при восстановлении 12 пар атомов водорода образуется:

1. 38 моль АТФ.
2. 36 моль АТФ.
3. 34 моль АТФ.
4. 42 моль АТФ.



## Повторение

**Тест 10.** При полном окислении моль глюкозы образуется:

1. 38 моль АТФ.
2. 36 моль АТФ.
3. 34 моль АТФ.
4. 42 моль АТФ.

