

## Кислородное окисление, или дыхание

Закljučается в полном расщеплении пировиноградной кислоты, происходит в митохондриях и при обязательном присутствии кислорода.

### Окислительное декарбоксилирование



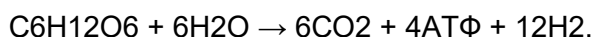
Пировиноградная кислота транспортируется в митохондрии.

Здесь происходит дегидрирование (отщепление водорода) и декарбоксилирование (отщепление углекислого газа) ПВК с образованием двухуглеродной ацетильной группы, которая вступает в цикл реакций, получивших название реакций **цикла Кребса**.

Идет дальнейшее окисление, связанное с дегидрированием и декарбоксилированием. В результате на каждую разрушенную молекулу ПВК из митохондрии удаляется три молекулы  $\text{CO}_2$ ; образуется пять пар атомов водорода, связанных с переносчиками ( $4\text{НАД} \cdot \text{H}_2$ ,  $\text{ФАД} \cdot \text{H}_2$ ), а также одна молекула АТФ.

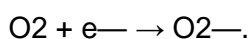


Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:

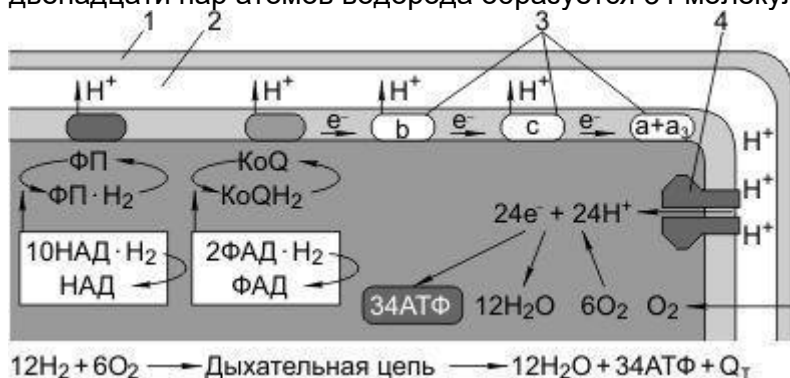


Две молекулы АТФ образуются в результате гликолиза, две — в цикле Кребса; две пары атомов водорода ( $2\text{НАД} \cdot \text{H}_2$ ) образовались в результате гликолиза, десять пар — в цикле Кребса.

Последним этапом является окисление пар атомов водорода с участием кислорода до воды с одновременным фосфорилированием АДФ до АТФ. Водород передается трем большим ферментным комплексам (флавопротеины, коферменты Q, цитохромы) дыхательной цепи, расположенным во внутренней мембране митохондрий. У водорода отбираются электроны, которые в матриксе митохондрий в конечном итоге соединяются с кислородом:



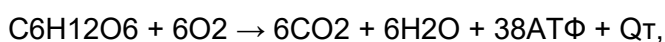
Протоны закачиваются в межмембранное пространство митохондрий, в «протонный резервуар». Внутренняя мембрана непроницаема для ионов водорода, с одной стороны она заряжается отрицательно (за счет  $O_2^{2-}$ ), с другой — положительно (за счет  $H^+$ ). Когда разность потенциалов на внутренней мембране достигает 200 мВ, протоны проходят через канал фермента АТФ-синтетазы, образуется АТФ, а цитохромоксидаза катализирует восстановление кислорода до воды. Так в результате окисления двенадцати пар атомов водорода образуется 34 молекулы АТФ.



1 — наружная мембрана; 2 — межмембранное пространство, протонный резервуар; 3 — цитохромы; 4 — АТФ-синтетаза.

При перфорации внутренних митохондриальных мембран окисление НАД·Н<sub>2</sub> продолжается, но АТФ-синтетаза не работает и образования АТФ в дыхательной цепи не происходит, энергия рассеивается в форме тепла (клетки «бурого жира» млекопитающих).

Суммарная реакция расщепления глюкозы до углекислого газа и воды выглядит следующим образом:



где Q<sub>T</sub> — тепловая энергия.

**Домашнее задание: параграф 29**