

# Энергетический обмен



# Этапы энергетического обмена



Первая стадия  
подготовительная

Вторая стадия  
бескислородное окисление

Третья стадия  
кислородное окисление

Проходит в  
пищеварительном тракте или  
в пищеварительных вакуолях

Проходит в цитоплазме  
клеток

Проходит в митохондриях

Биополимеры  
распадаются до  
мономеров: белки до  
аминокислот,  
полисахариды до  
моносахаридов, липиды  
до глицерина и жирных  
кислот

В результате процессов  
окисления без участия  
кислорода (гликолиза,  
спиртового брожения и пр.)  
мономеры биополимеров  
распадаются на более  
простые соединения  
(молочная кислота, этиловый  
спирт, ацетон, уксусная  
кислота и т.д.)

Дальнейшее окисление  
веществ с участием  
кислорода до конечных  
продуктов – углекислого  
газа и воды

Энергия рассеивается в  
виде тепла

Энергия используется на  
синтез АТФ (при окислении  
одной молекулы глюкозы  
синтезируется 2 молекулы  
АТФ)

Энергия используется на  
синтез АТФ (при окислении  
одной молекулы глюкозы  
синтезируется 36 молекул  
АТФ)

# **Энергетический обмен**

## **Энергетический обмен:**

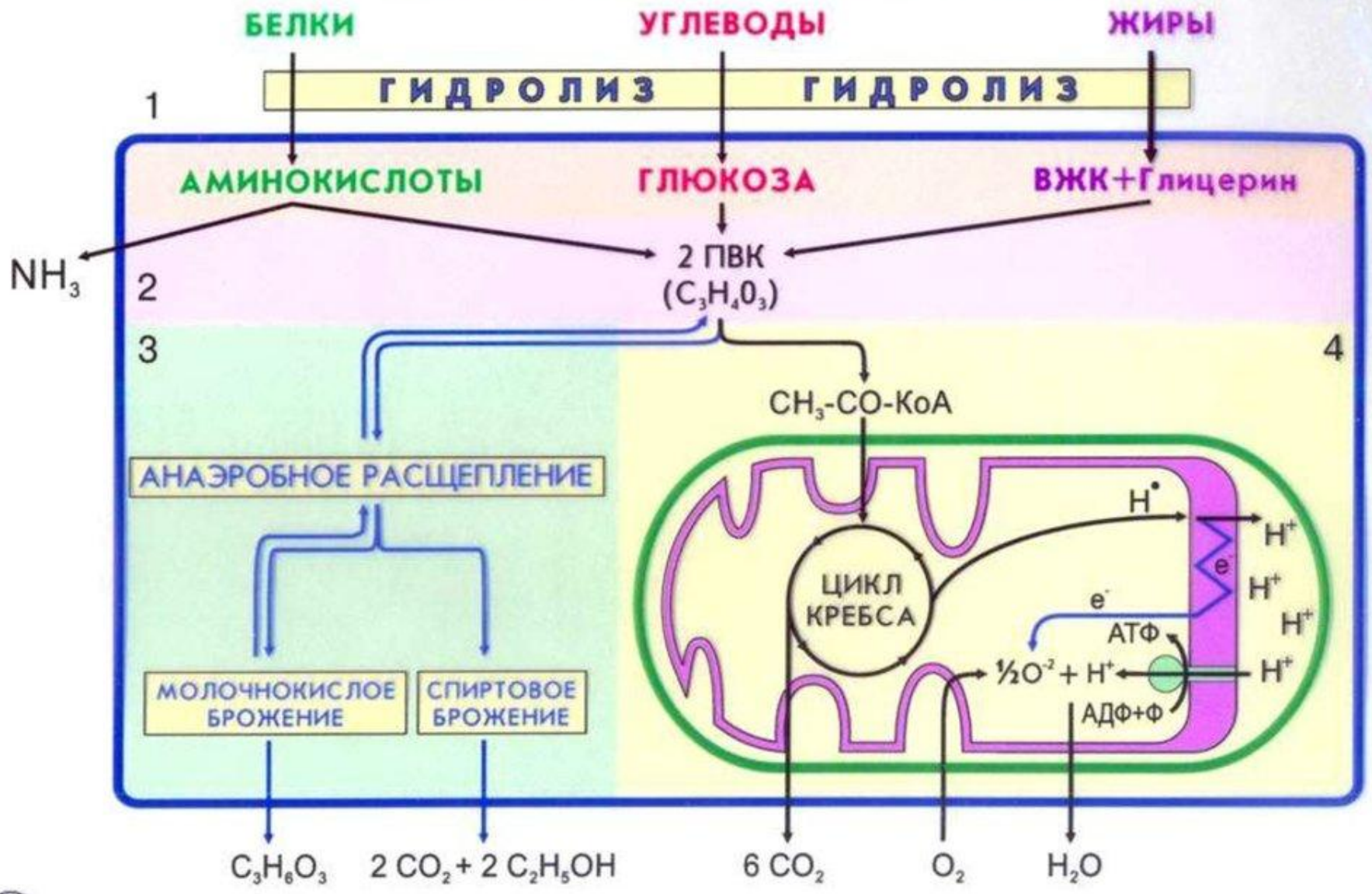
### **катаболизм или диссимиляция**

**1 Это совокупность реакций расщепления органических веществ, сопровождающихся выделением энергии.**

**2 Энергия, освобождающаяся при распаде органических веществ, не сразу используется клеткой, а запасается в форме АТФ и других высокоэнергетических соединений. -АТФ - универсальный источник энергообеспечения клетки.**

**3 Синтез АТФ происходит в клетках всех организмов в процессе фосфорилирования - присоединения неорганического фосфата к АДФ.**

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН КЛЕТКИ



1 - Подготовительный этап  
 2 - Бескислородный этап

3 - Бескислородное расщепление  
 4 - Окисление

# ЭТАПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА

- У **аэробных** организмов - живущих в кислородной среде - выделяют три этапа энергетического обмена:
  - подготовительный,
  - бескислородное окисление и
  - кислородное окисление
- У **анаэробных** организмов - живущих в бескислородной среде - и аэробных при недостатке кислорода - два этапа:
  - подготовительный
  - бескислородное окисление.

## **Экскреция. Конечные продукты обмена веществ**

- **Экскреция** - это выделение из организма продуктов обмена веществ, особенно азотосодержащих соединений (белков и т. п.). Жиры и углеводы расщепляются на воду и углекислый газ.
- **Аммиак** выделяют прокариоты, растения и большинство водных животных. Он хорошо растворяется в воде.
- **Мочевую кислоту** выделяет большинство наземных животных: насекомые, пресмыкающиеся, птицы. Она плохо растворяется в воде.
- **Мочевину** выделяют грибы, хрящевые рыбы, взрослые земноводные, все млекопитающие. Хорошо растворяется в воде.
- **Гуанин** выделяют паукообразные, частично - птицы.

**Экскреция** – выделение не подлежащих дальнейшему использованию в организме веществ из клеток и из кровяного русла с мочой и потом.

**Секреция**- выделение клеткой веществ, которые используются внутри самого организма.

# Окисление и восстановление

- Потеря электронов называется окислением, приобретение — восстановлением, при этом донор электронов окисляется, акцептор восстанавливается.
- Следует отметить, что биологическое окисление в клетках может происходить как с участием кислорода:
- $A + O_2 \rightarrow AO_2$ ,
- так и без его участия, за счет переноса атомов водорода от одного вещества к другому. Например, вещество «А» окисляется за счет вещества «В»:
- $AH_2 + B \rightarrow A + BH_2$
- или за счет переноса электронов, например, двухвалентное железо окисляется до трехвалентного:
- $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$ .



# Подготовительный этап

- **Заключается в ферментативном расщеплении сложных органических веществ до простых:**
- **белковые молекулы - до аминокислот,**
- **жиры - до глицерина и карбоновых кислот**
- **углеводы - до глюкозы**
- **нуклеиновые кислоты - до нуклеотидов.**
- **Распад высокомолекулярных органических соединений осуществляется или ферментами желудочно-кишечного тракта или ферментами лизосом.**
- **Вся высвобождающаяся при этом энергия рассеивается в виде тепла.**
- **Образовавшиеся небольшие органические молекулы могут быть использованы в качестве «строительного материала» или могут подвергаться дальнейшему расщеплению.**

## **Бескислородное окисление, или 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**.

# Гликолиз

- Гликолиз - сложный многоступенчатый процесс, включающий в себя десять реакций.
- Во время этого процесса происходит дегидрирование глюкозы, акцептором водорода служит кофермент НАД<sup>+</sup> (**никотинамидадениндинуклеотид**).
- Глюкоза в результате цепочки ферментативных реакций превращается в две молекулы пировиноградной кислоты ( $C_3H_4O_3$ ) или молочной кислоты.  $C_3H_6O_3$
- При этом суммарно образуются **2 молекулы АТФ** и восстановленная форма переносчика водорода НАД·Н<sub>2</sub>:
- $C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + 2Н_3РО_4 + 2НАД^+ \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2АТФ + 2H_2O + 2НАД \cdot H_2$ .

# Гликолиз

- Дальнейшая судьба ПВК зависит от присутствия кислорода в клетке.
- Если кислорода нет, **у дрожжей и растений происходит спиртовое брожение**, при котором сначала происходит образование уксусного альдегида, а затем этилового спирта:
  - $C_3H_4O_3 \rightarrow CO_2 + CH_3COH$ ,
  - $CH_3COH + НАД \cdot H_2 \rightarrow C_2H_5OH + НАД^+$ .
- У животных и некоторых бактерий при недостатке кислорода происходит молочнокислое брожение с образованием молочной кислоты:
  - $C_3H_4O_3 + НАД \cdot H_2 \rightarrow C_3H_6O_3 + НАД^+$ .
- В результате гликолиза одной молекулы глюкозы высвобождается 200 кДж, из которых 120 кДж рассеивается в виде тепла, а 80% запасается в связях АТФ.

# **Значение гликолиза**

- **Гликолиз имеет чрезвычайно большое физиологическое значение, несмотря на его низкую эффективность.**
- **В условиях дефицита кислорода организм благодаря гликолизу может получать энергию.**

**Кислородное окисление, или дыхание**  
**Происходит расщепление ПВК в**  
**митохондриях и при обязательном**  
**присутствии кислорода.**

- **1.ПВК транспортируется в митохондрии.**
- **2.Здесь происходит **дегидрирование** - отщепление водорода**
- **3.декарбоксилирование - отщепление  $\text{CO}_2$  от ПВК**
- **4.С образованием **двухуглеродной ацетильной группы**, которая вступает в цикл реакций, получивших название **реакций цикла Кребса.****

# **Кислородное окисление - дыхание**

- **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

- Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 4\text{АТФ} + 12\text{H}_2$ .
- две пары атомов водорода -  $2\text{НАД}^*\text{H}_2$  образовались в результате гликолиза
- десять пар - в цикле Кребса.



# Дыхательная цепь

- **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 (ацетил- кофермент А)**
- **Цитохромы**  
дыхательной цепи, расположенным во внутренней мембране митохондрий.
- **У водорода отбираются электроны, которые в матриксе митохондрий в конечном итоге соединяются с кислородом:**
- **$O_2 + e^- \rightarrow O_2^-$ .**

# Протонный резервуар

- Протоны закачиваются в межмембранное пространство митохондрий, в «протонный резервуар».
- Внутренняя мембрана непроницаема для ионов водорода, с одной стороны она заряжается отрицательно
- (за счет  $O_2^-$ ), 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.