

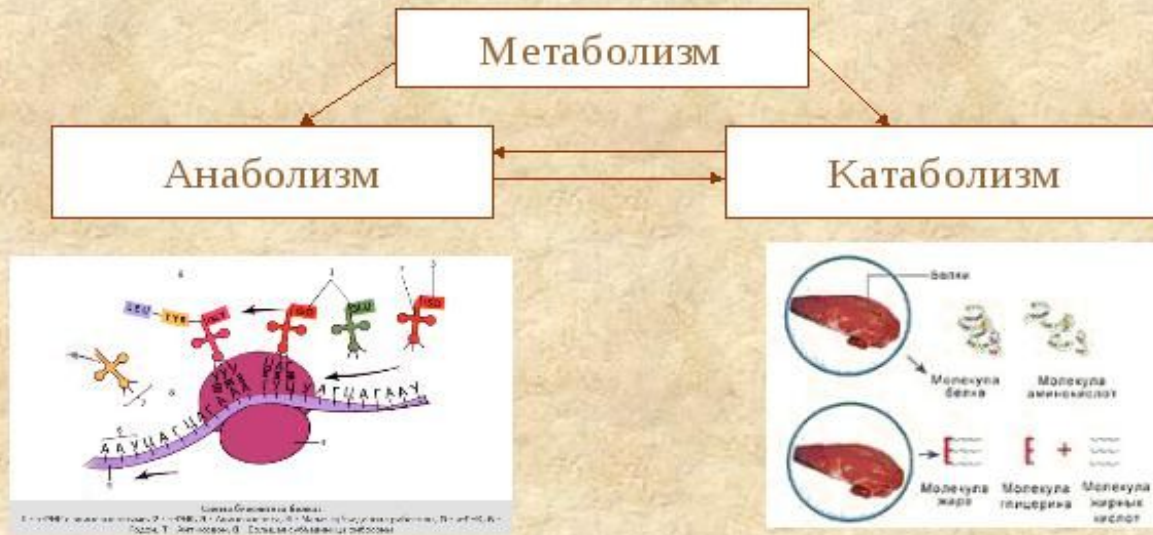
**\*Обмен веществ.  
Энергетический  
обмен**

10 класс

## Сущность метаболизма:

**Сущность метаболизма** заключается в преобразовании веществ и энергии.

**Основу** метаболизма составляют взаимосвязанные процессы **анаболизма** и **катаболизма**, направленные на непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией.



# Обмен веществ и энергии

**Обмен веществ и энергии (метаболизм)** - совокупность протекающих в живых организмах биохимических превращений веществ и энергии, а также обмен веществами и энергией с окружающей средой.



Метаболизм  
(обмен веществ  
и энергии)

```
graph TD; A[Метаболизм (обмен веществ и энергии)] --> B[Анаболизм (ассимиляция, пластический обмен, синтез органических веществ)]; A --> C[Катаболизм (диссимиляция, энергетический обмен, распад органических веществ)];
```

Анаболизм  
(ассимиляция,  
пластический обмен,  
синтез органических  
веществ)

С затратой энергии  
синтезируются углеводы,  
жиры, белки,  
ДНК, РНК, АТФ и др.

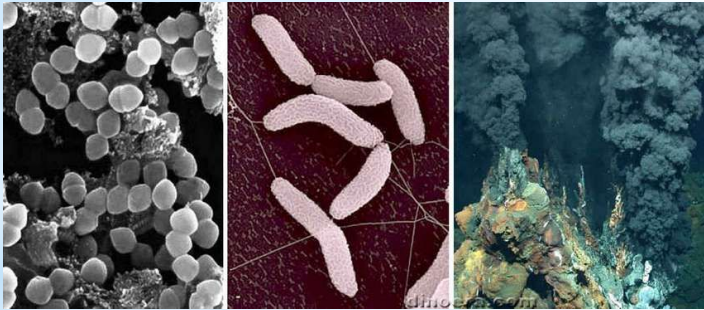
Катаболизм  
(диссимиляция,  
энергетический обмен,  
распад органических  
веществ)

С освобождением энергии  
распадаются органические  
вещества, конечными продук-  
тами распада являются  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , АТФ

# Обмен веществ и энергии (метаболизм)



- \* Синтезируют в клетках своего тела органические вещества из неорганических
- \* К автотрофам принадлежат все зеленые растения, цианобактерии, хемосинтезирующие бактерии



**\* Автотрофные  
организмы (автотрофы)**

- \* Используют только готовые органические вещества.
- \* Источником энергии для них служит энергия, запасенная в органических веществах и выделяющаяся в клетке при их распаде и окислении.
- \* К гетеротрофам относятся все животные, грибы и большинство бактерий.



# \* Гетеротрофные организмы (гетеротрофы)

\* Для жизнедеятельности необходим кислород.

\* Дыхание является основной формой диссимиляции.

\* Богатые энергией органические вещества в присутствии кислорода полностью окисляются до углекислого газа и воды.

**\* Аэробные  
организмы (аэробы)**

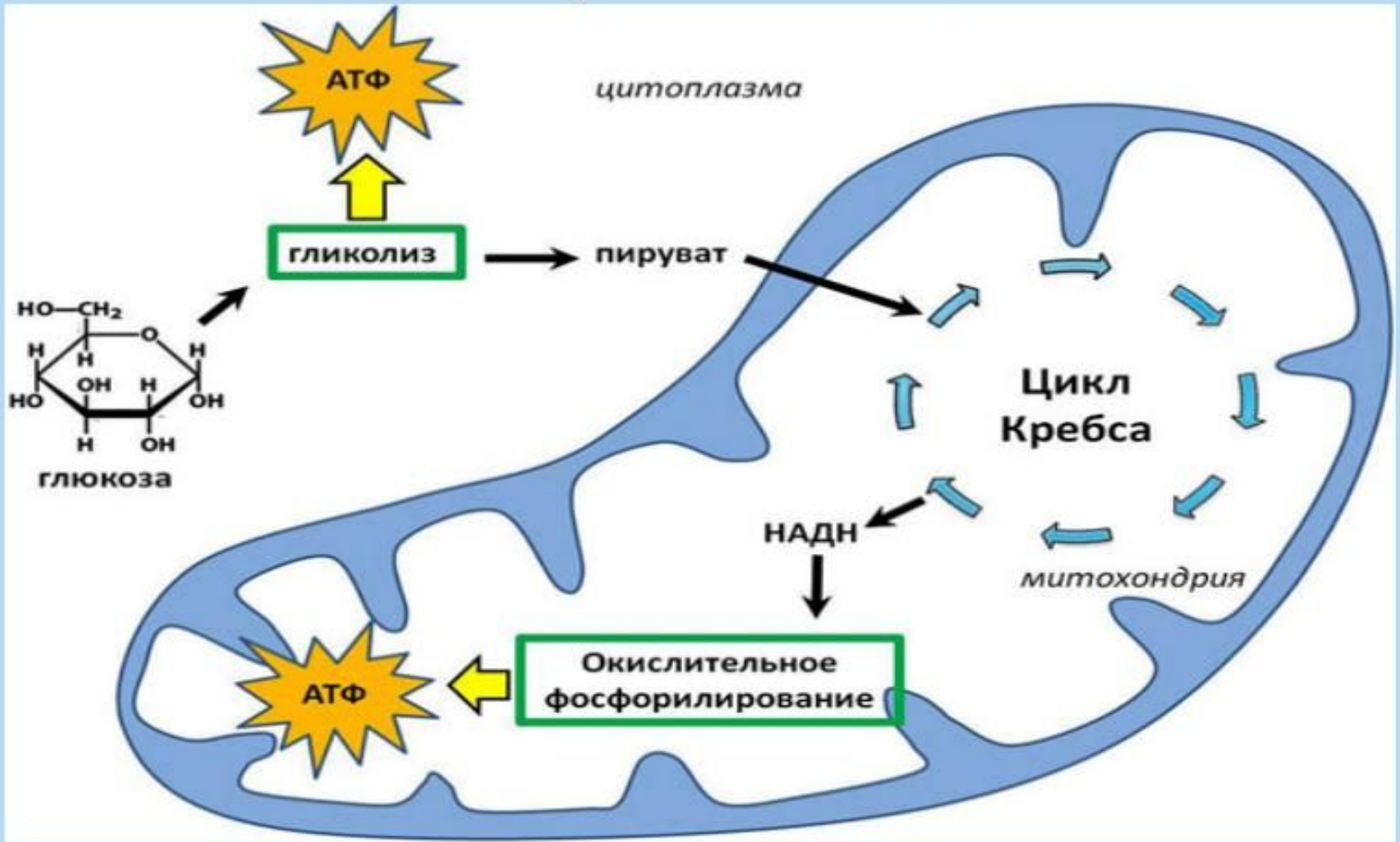
- \* Кислород не нужен: процессы их жизнедеятельности могут протекать в анаэробных условиях.
- \* Органические вещества в этом случае расщепляются не полностью.
- \* Поэтому их продукты жизнедеятельности могут использовать аэробные организмы (например, все молочнокислые продукты - результат деятельности анаэробных бактерий)

**\* Анаэробные организмы  
(анаэробы)**

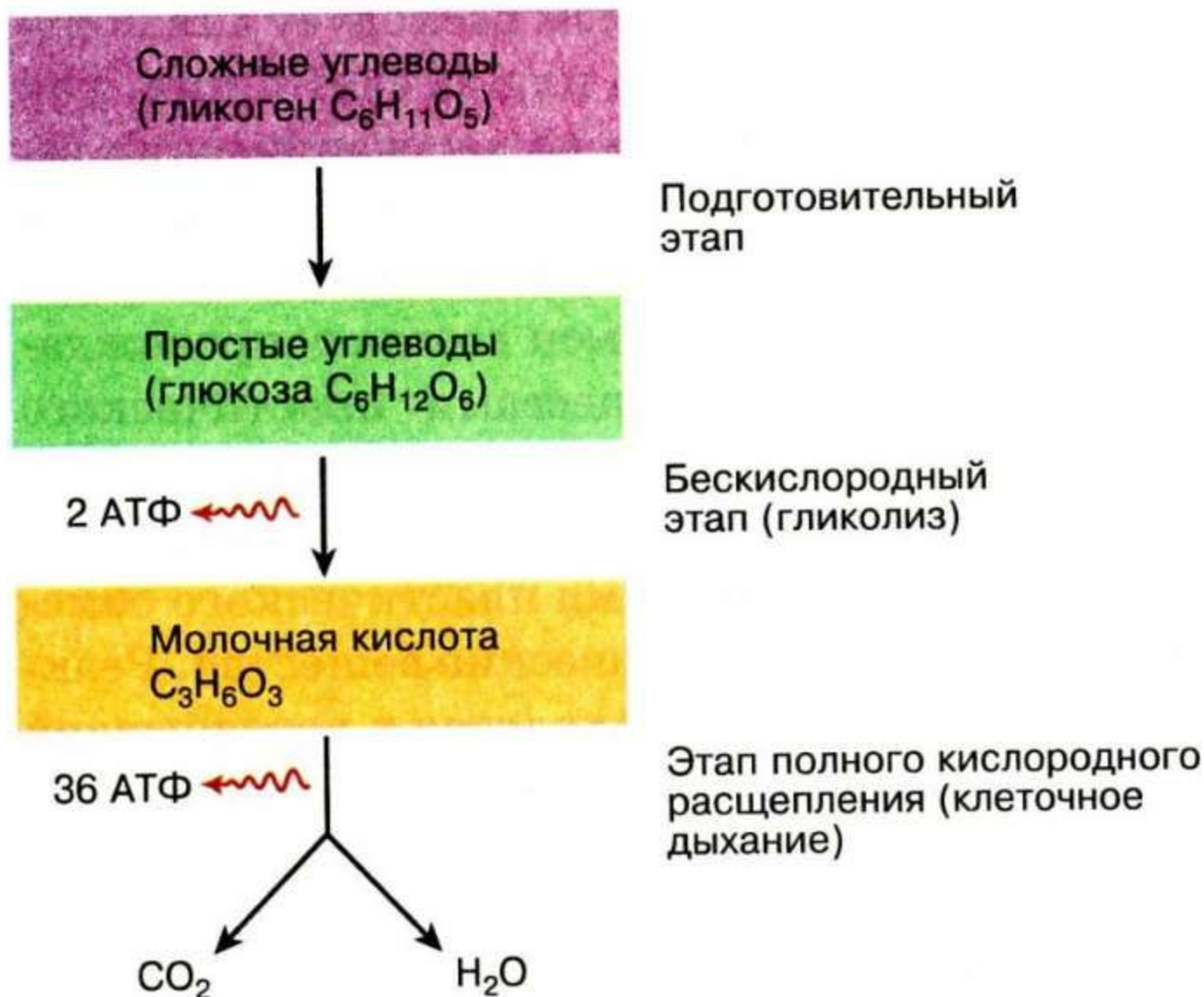


**\* АТФ в обменных процессах**

# Энергетический обмен общая схема



# Схема этапов энергетического обмена



- \* Пища поступает в организм животных и человека в виде сложных высокомолекулярных соединений.
- \* Прежде чем попасть в клетки и ткани, эти органические вещества должны превратиться в низкомолекулярные соединения.
- \* На этом этапе происходит гидролитическое расщепление при непосредственном участии воды.
- \* Этот процесс протекает:
  - \* А. в пищеварительном тракте организма
  - \* Б. на клеточном уровне - в лизосомах, под действием гидролитических ферментов.

## **\*Подготовительный этап**

# Обмен белков



# Обмен углеводов



• 1г углевода при расщеплении дает 17,6 кДж

# Обмен жиров



# Энергетический обмен (диссимиляция)

## 1. Этап подготовительный:

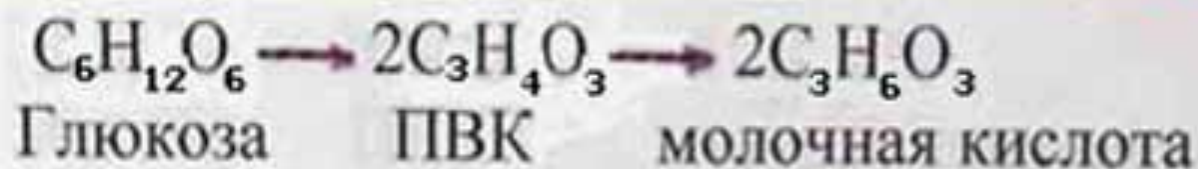
Белки  $\rightarrow$  аминокислоты;

Жиры  $\rightarrow$  глицерин и жирные кислоты;

Крахмал  $\rightarrow$  глюкоза

Итог: 100% тепловая энергия, 0 молекул АТФ

## 2. Этап – гликолиз (бескислородный), осуществляется в цитоплазме



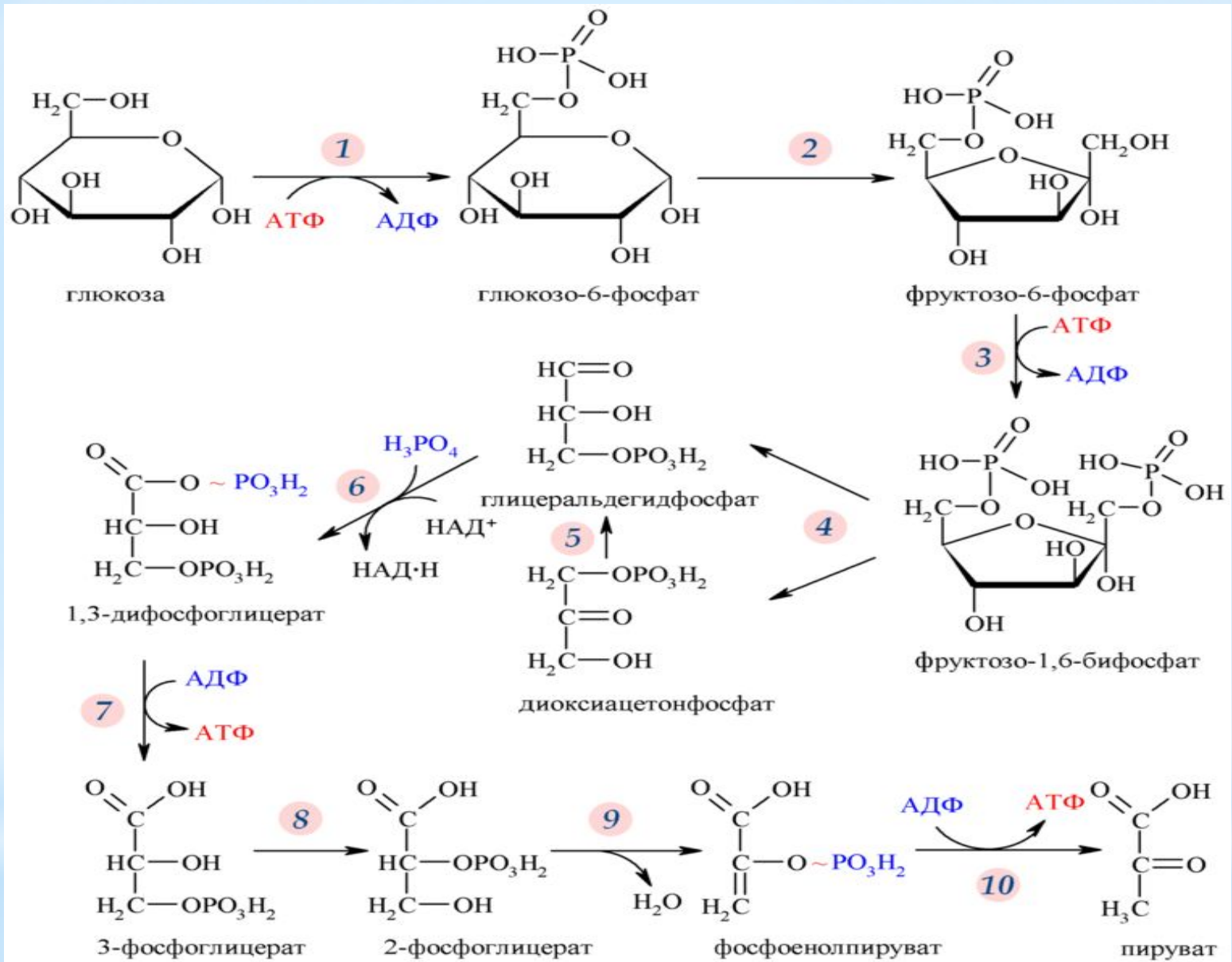
Итог: 60% тепловая энергия, 2 молекулы АТФ

- \* Глюкоза - одного из ключевых веществ энергетического обмена

- \* Протекает в цитоплазме

- \* Осуществляется ряд последовательных превращений

- \* **2 этап - бескислородный (анаэробный) - гликолиз**

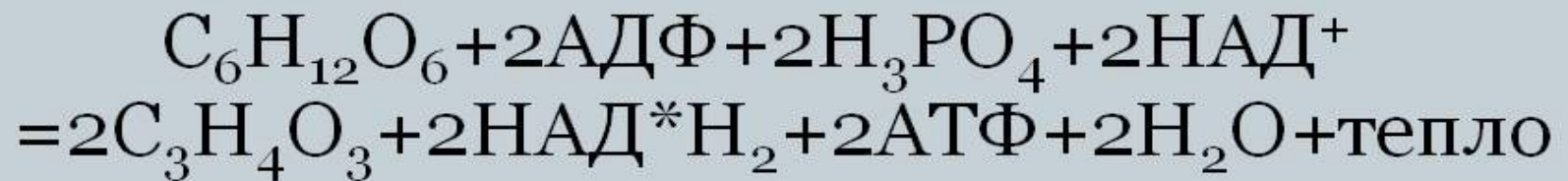


\* Гликолиз

## Анаэробный обмен (гликолиз)

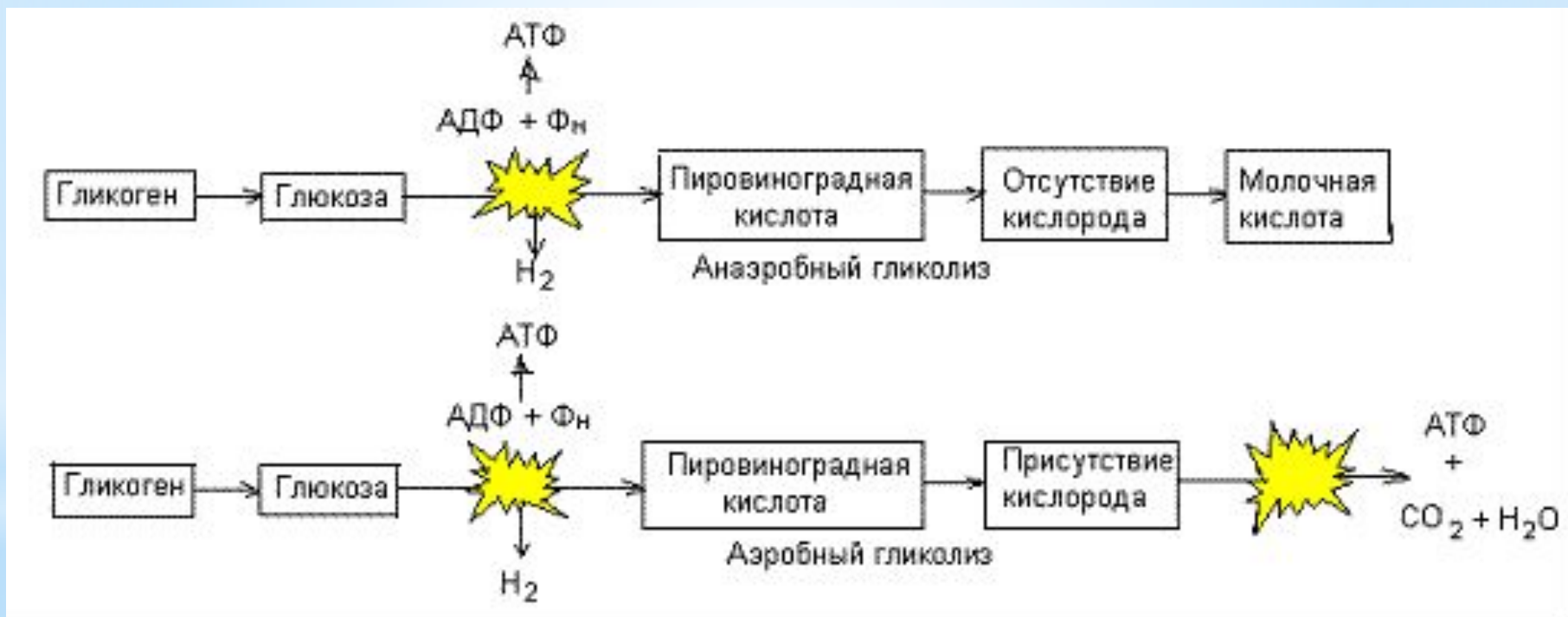


- Процесс анаэробного расщепления глюкозы.
- Уравнение гликолиза:



$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$  - пируват (пировиноградная кислота)

\* В зависимости от условий ПВК может превращаться в молочную кислоту (мышцы при интенсивной работе), спирт или другие органические вещества

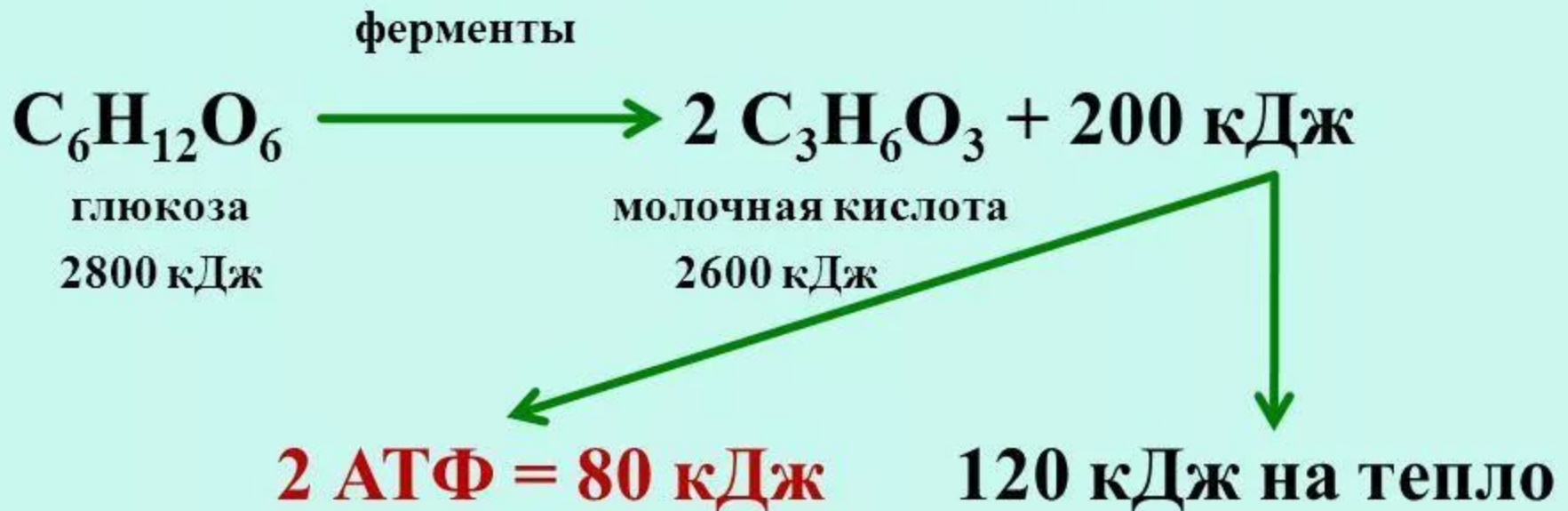


\* Анаэробный этап (гликолиз)

## Бескислородный (анаэробный) этап

## ➤ *Гликолиз* ( в ЖИВОТНЫХ клетках)

➤ протекает в цитоплазме клетки.



# Химизм спиртового и молочнокислого брожения

## Реакции брожения глюкозы

---

### 1 Спиртовое брожение



Глюкоза

Этанол

### 1 Молочнокислое брожение



глюкоза

молочная кислота

энергия

\* Цикл Кребса — это ключевой этап дыхания всех клеток, использующих кислород, центр пересечения множества метаболических путей в организме.



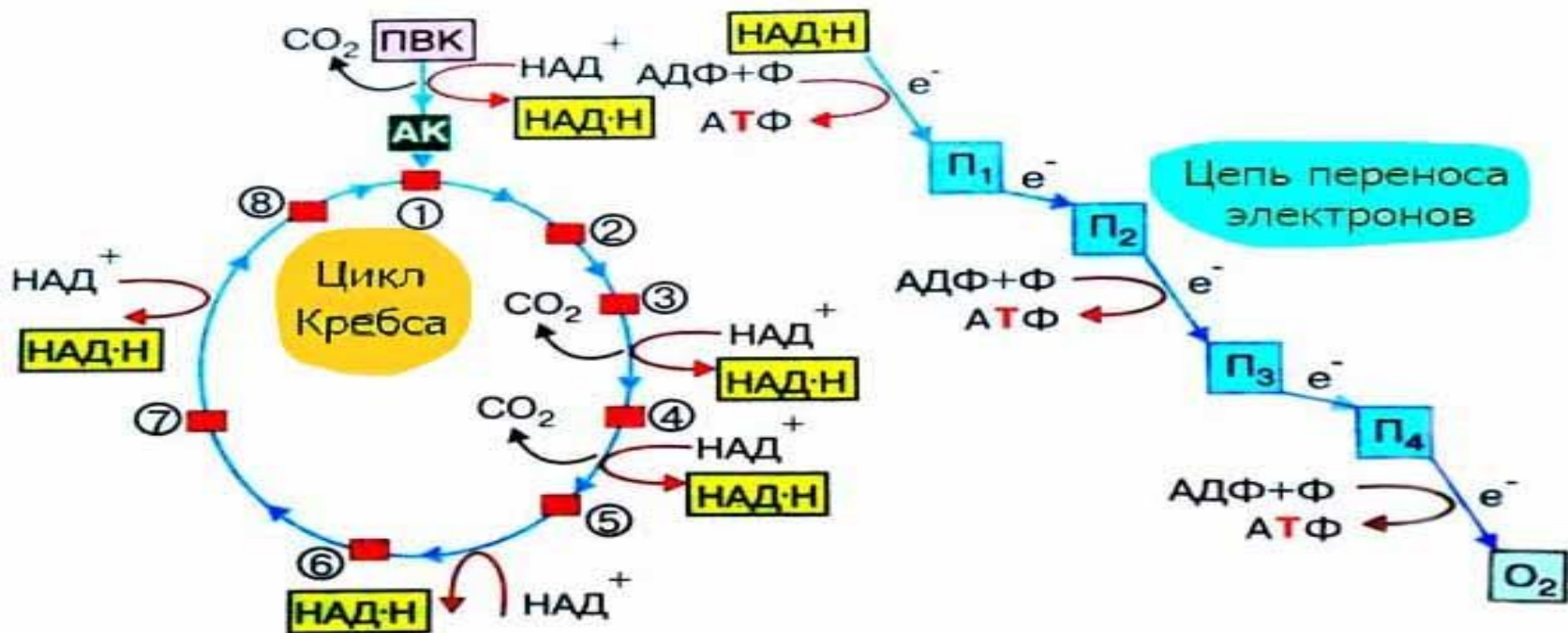
- \* Биологическое окисление происходит в митохондриях
- \* ПВК преобразуется в уксусную кислоту, соединяясь с веществом-переносчиком **коэнзимом А (КоА)**.
- \* Образующийся ацетил-КоА вступает в серию реакций, называемых - Цикл Кребса.
- \* В цикле Кребса образуется АТФ и высвобождаются атомы водорода, которые связываются с НАД<sup>+</sup> (никотинамидадениндинуклеотид)

**\* 3 этап - кислородный  
(аэробный) - биологическое  
окисление или дыхание**

### 3. Этап – кислородный, осуществляется в митохондриях

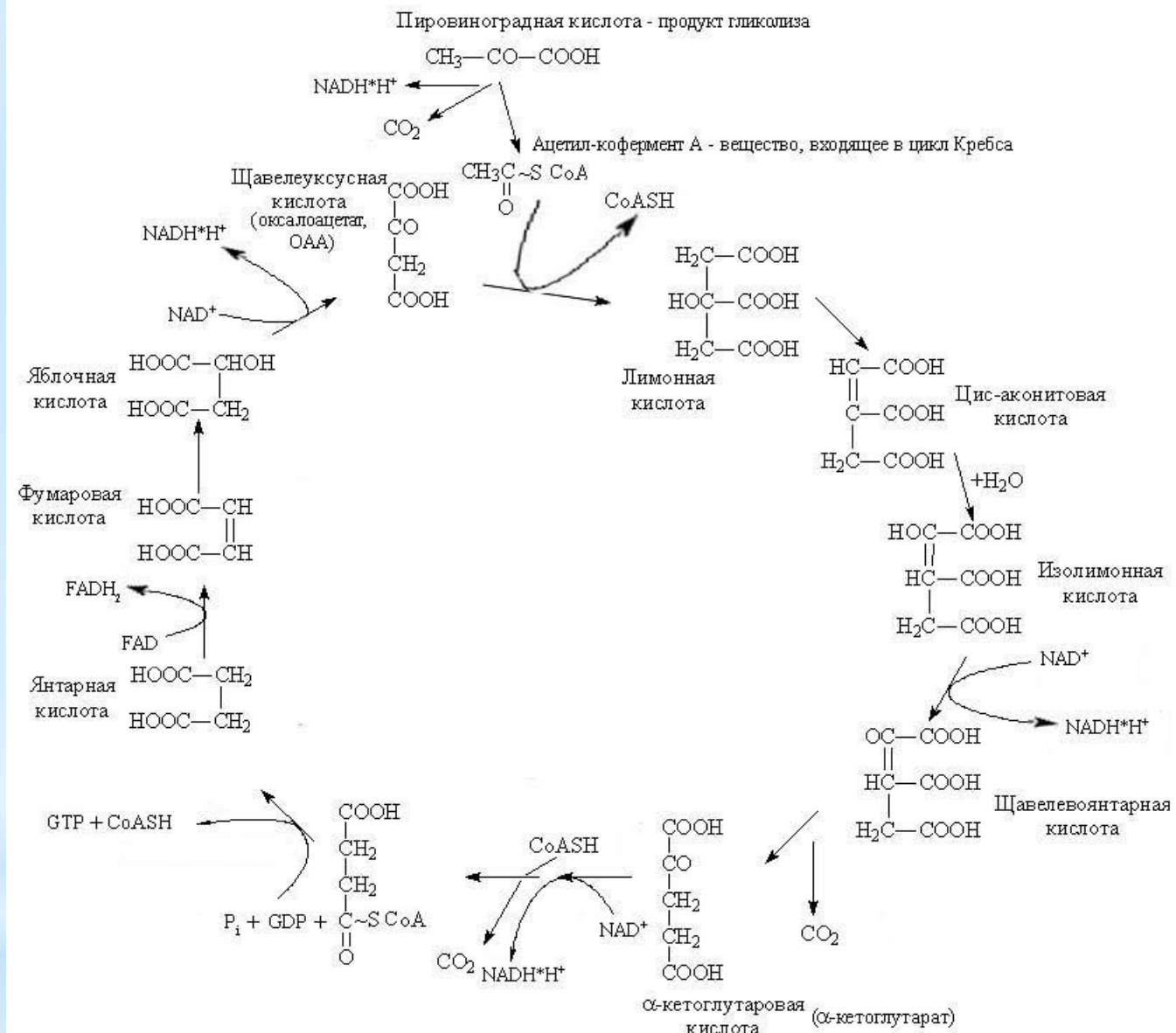
ПВК → Цикл трикарбоновых кислот (НАД·Н) →  
(Цикл Кребса)

→ Цепь переноса электронов (дыхательная цепь –  
конечный акцептор электронов  $O_2$ ).



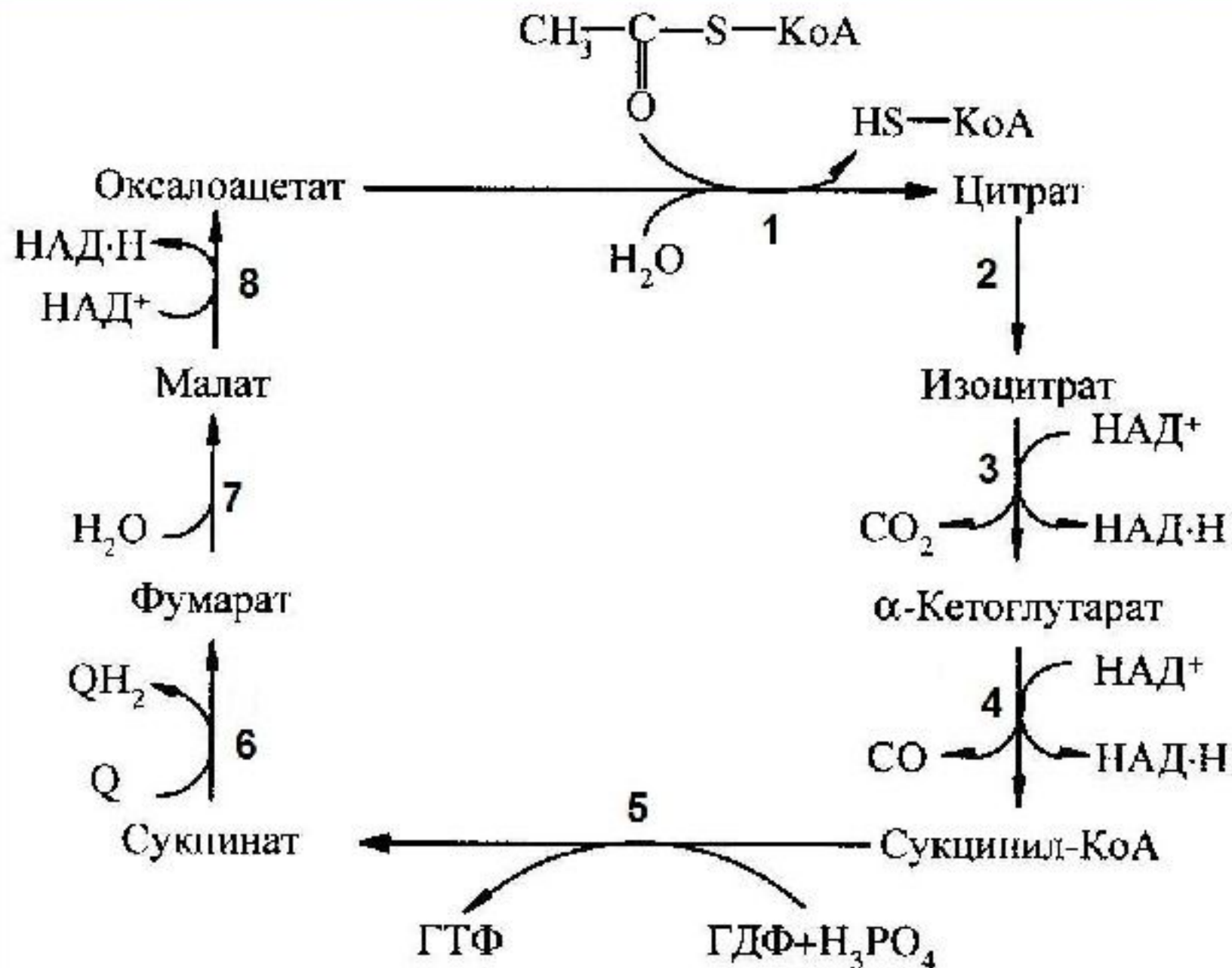
Итого: **36 молекул АТФ**

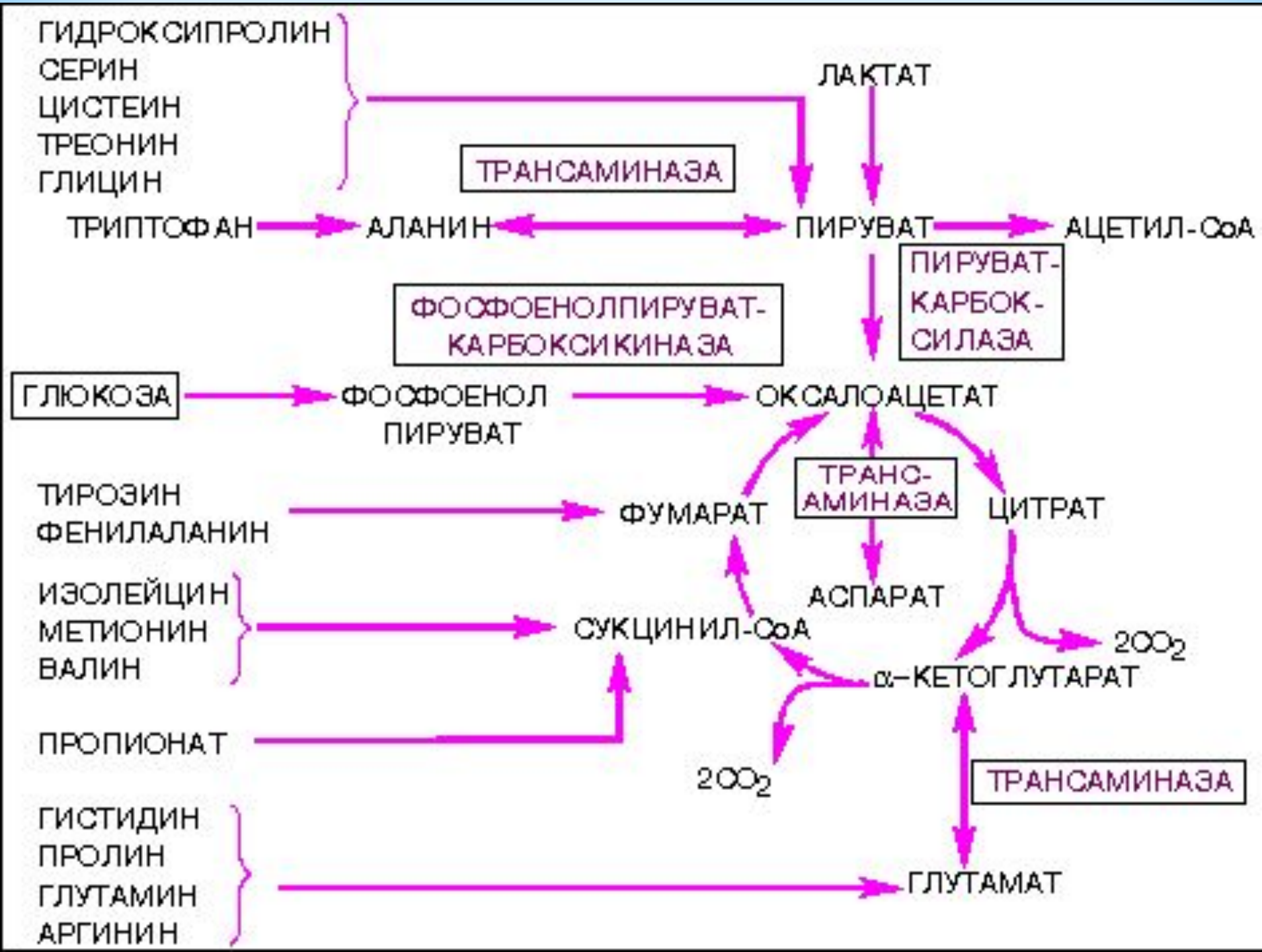
Общий итог процесса: одна молекула глюкозы дает  
**38 молекул АТФ**



\* Цикл Кребса. Реакции.

# ОБЩАЯ СХЕМА ЦИКЛА КРЕБСА





*Щуку ацетил лимонил,  
А нарцисса конь боялся,  
Он над ним изолимонно  
Альфа-кетоглютарался.  
Сукцинился коэнзимом,  
Янтарился фумарово,  
Яблочек припас на зиму,  
В щуку обратился снова.*

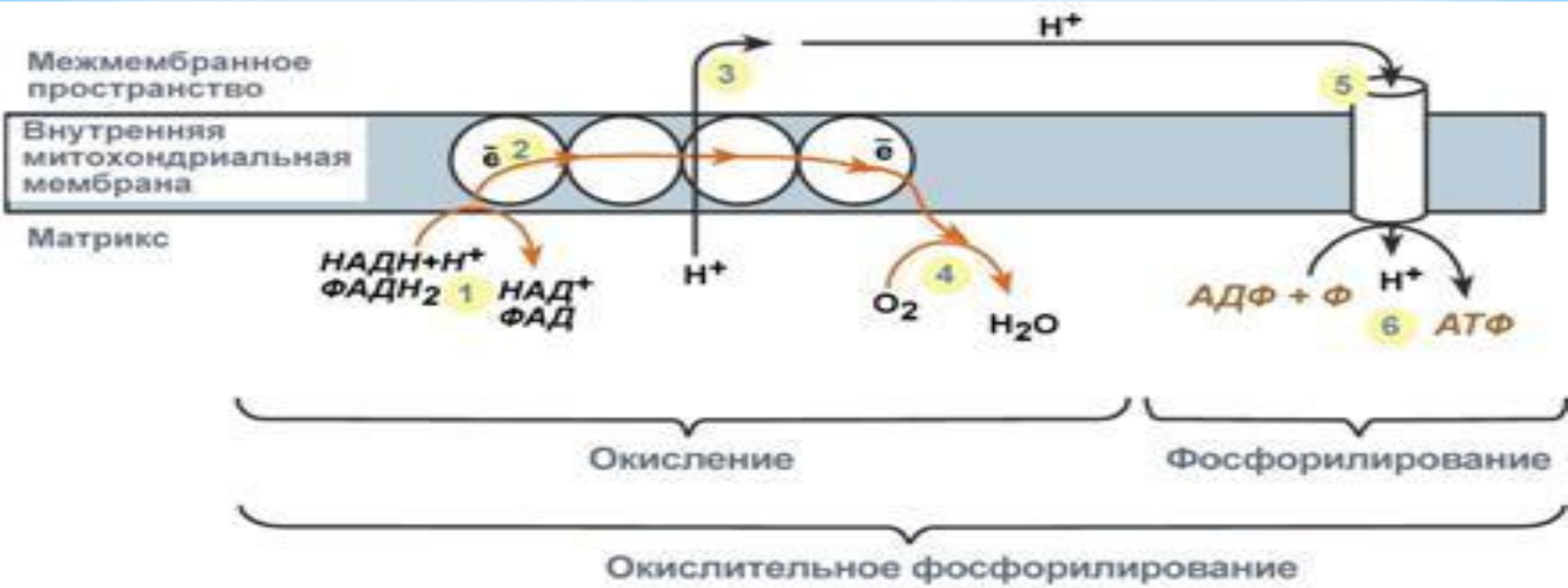
*\*Мнемоническое  
правило*

\* Молекулы НАД \* 2Н поступают на кристы митохондрий, где расположена дыхательная цепь ферментов

\* На мембране крист митохондрий атомы водорода отщепляются от переносчика с одновременным снятием электронов.

\* Каждая молекула НАД \* 2Н отдает 2 атома Н и 2 электрона

**\* Путь переносчика НАД \* 2Н**



\* Атомы водорода превращаются в протоны и перекачиваются через мембрану митохондрий: с внутренней стороны на наружную

- \* Энергия высвобожденных электронов очень велика.
- \* Эти электроны поступают на дыхательную цепь ферментов, которая состоит из белков-переносчиков - **ЦИТОХРОМОВ**.
- \* Перемещаясь по этой системе каскадно, как бы «падая вниз» электрон теряет энергию.
- \* За счет энергии «падающего» электрона фермент АТФаза синтезирует молекулы АТФ
- \* В результате окисления 2 ПВК в митохондриях синтезируются 36 АТФ



\* Окислительное фосфорилирование 1931 г. В.А. Энгельгард

# Клеточное дыхание



- Полное уравнение образования АТФ в процессе клеточного дыхания:



## Суммарное уравнение:



\* Результат энергетического  
обмена

- \* В результате всех реакций энергетического обмена образуется 38 молекул АТФ.
- \* 1 моль АТФ = 30.6 кДж/моль
- \* Всего **при аэробном окислении глюкозы** за два этапа освобождается  $E_{\text{общ.}} = 2880$  кДж/моль, из них 1162.8 кДж/моль запасается в виде АТФ ( $38 \cdot 30.6 = 1162.8$ )
- \* Эффективность аэробного дыхания =  $(38 \cdot 30.6 : 2880) \cdot 100\% = 40.37\%$
- \* Эффективность энергетического обмена при аэробном гликолизе

- \* **При анаэробном дыхании** запасается лишь 2 молекулы АТФ.
- \* Спиртовое брожение:  $E_{\text{общ.}} = 210 \text{ кДж/моль}$
- \* Эффективность =  $(2 \cdot 30.6 : 210) \cdot 100\% = 29.14\%$
- \* Молочнокислое брожение (гликолиз в мышцах):
- \*  $E_{\text{общ.}} = 150 \text{ кДж/моль.}$
- \* Эффективность =  $(2 \cdot 30.6 : 150) \cdot 100\% = 40.8\%$
- \* **Эффективность энергетического обмена при анаэробном гликолизе**

## Этапы энергетического обмена



|                                                  | Подготовительный этап                                                          | Бескислородный этап<br><u>Гликолиз</u>                                                     | Кислородный этап                           |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Где происходит расщепление?                      | В органах пищеварения, в клетках под действием ферментов                       | Внутри клетки                                                                              | В митохондриях                             |
| Чем активизируется расщепление?                  | Ферментами пищеварительных соков                                               | Ферментами мембран клеток                                                                  | Ферментами митохондрий                     |
| До каких веществ расщепляются соединения клетки? | Белки – аминокислоты<br>Жиры – глицерин и жирные кислоты<br>Углеводы – глюкоза | Глюкоза ( $C_6H_{12}O_6$ )<br>2 молекулы пировиноградной кислоты ( $C_3H_4O_3$ ) + энергия | Пировиноградная кислота до $CO_2$ и $H_2O$ |
| Сколько выделяется энергии?                      | Мало, рассеивается в виде тепла.                                               | За счет 40% синтезируется АТФ, 60% рассеивается в виде тепла                               | Более 60% энергии запасается в виде АТФ    |
| Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?        | _____                                                                          | 2 молекулы АТФ                                                                             | 36 молекул АТФ                             |

**Таблица 12. Обмен веществ (метаболизм)**

**МЕТАБОЛИЗМ** — совокупность всех ферментативных реакций клетки, связанных между собой и с внешней средой, состоящая из пластического и энергетического обменов

**Пластический обмен (анаболизм, или ассимиляция)** — реакции биологического синтеза высокомолекулярных веществ из простых, протекающие с поглощением энергии

**Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция)** — совокупность реакций расщепления высокомолекулярных веществ, протекающих с выделением энергии

**ФОРМЫ АССИМИЛЯЦИИ, или способы питания клеток**

| Типы обмена веществ |                                     | Используемая энергия для синтеза органических веществ                                                                                  | Примеры организмов                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>АВТОТРОФЫ</b>    | фототрофы                           | Энергия солнечного света                                                                                                               | Все зеленые растения, пурпурные, зеленые бактерии                                    |
|                     | хемоавтотрофы                       | Энергия экзотермических реакций за счет окисления неорганических соединений, например аммиака                                          | Нитробактерии, серо-, железобактерии                                                 |
| <b>ГЕТЕРОТРОФЫ</b>  | Типы питания организмов: голозойный | Используют готовые органические вещества, отыскивая и поедая целые организмы или их части, переваривая и всасывая питательные вещества | Большинство животных, травоядные, плотоядные                                         |
| <b>ГЕТЕРОТРОФЫ</b>  | сапрофобы                           | Поглощают необходимые им неорганические вещества через клеточные стенки, не заглатывая твердую пищу                                    | Дрожжи, плесневые грибы, большинство бактерий                                        |
|                     | паразиты                            | Живут на поверхности или внутри растений или животных, называемых хозяевами, и питаются за счет этих хозяев                            | Паразитические черви, клещи, насекомые, вирусы, фаги, бактерии, паразитические грибы |
| <b>МИКСОТРОФЫ</b>   |                                     | Обладают смешанным типом питания, используя энергию солнечного света и готовые органические вещества                                   | Эвглена зеленая, росянка, омела и др.                                                |

Многообразные гетеротрофные организмы способны в совокупности разлагать все вещества, которые синтезируются автотрофами, а также минеральные вещества, созданные в результате производственной деятельности людей; совместно с автотрофами составляют на Земле единую биологическую систему, объединенную трофическими отношениями.