

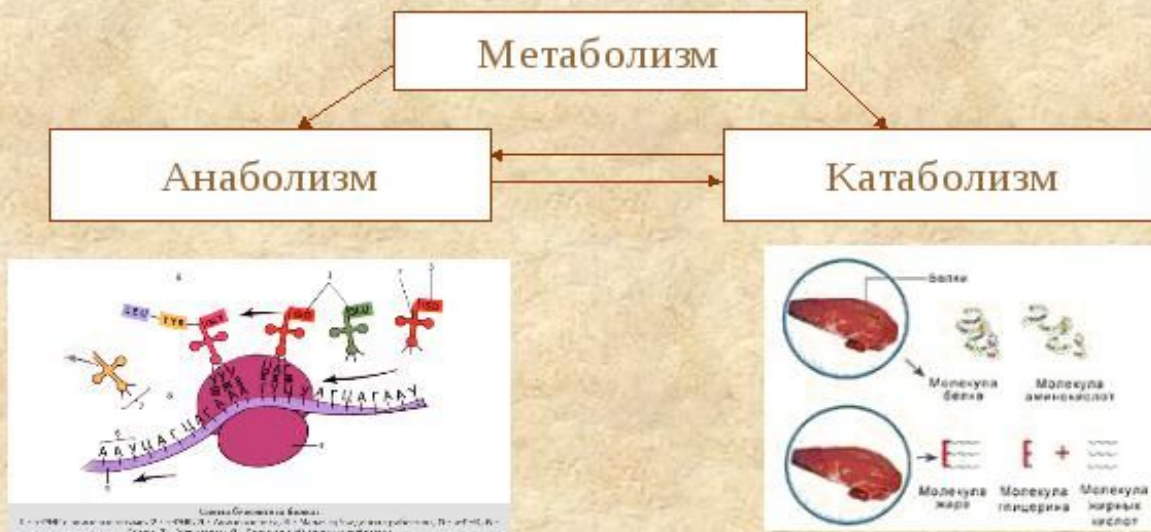
**\*Обмен веществ.  
Энергетический  
обмен**

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)

Анаболизм  
(ассимиляция,  
пластический обмен,  
синтез органических  
веществ)

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

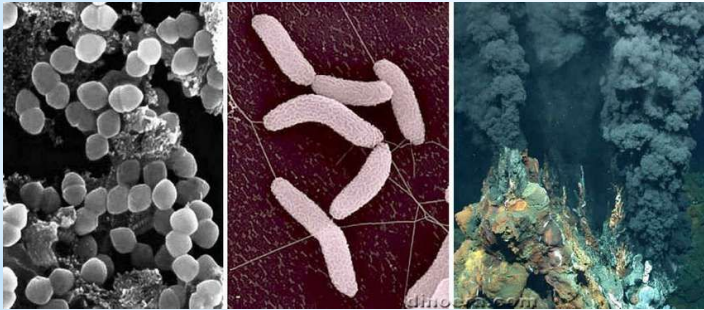
Катаболизм  
(диссимиляция,  
энергетический обмен,  
распад органических  
веществ)

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)**



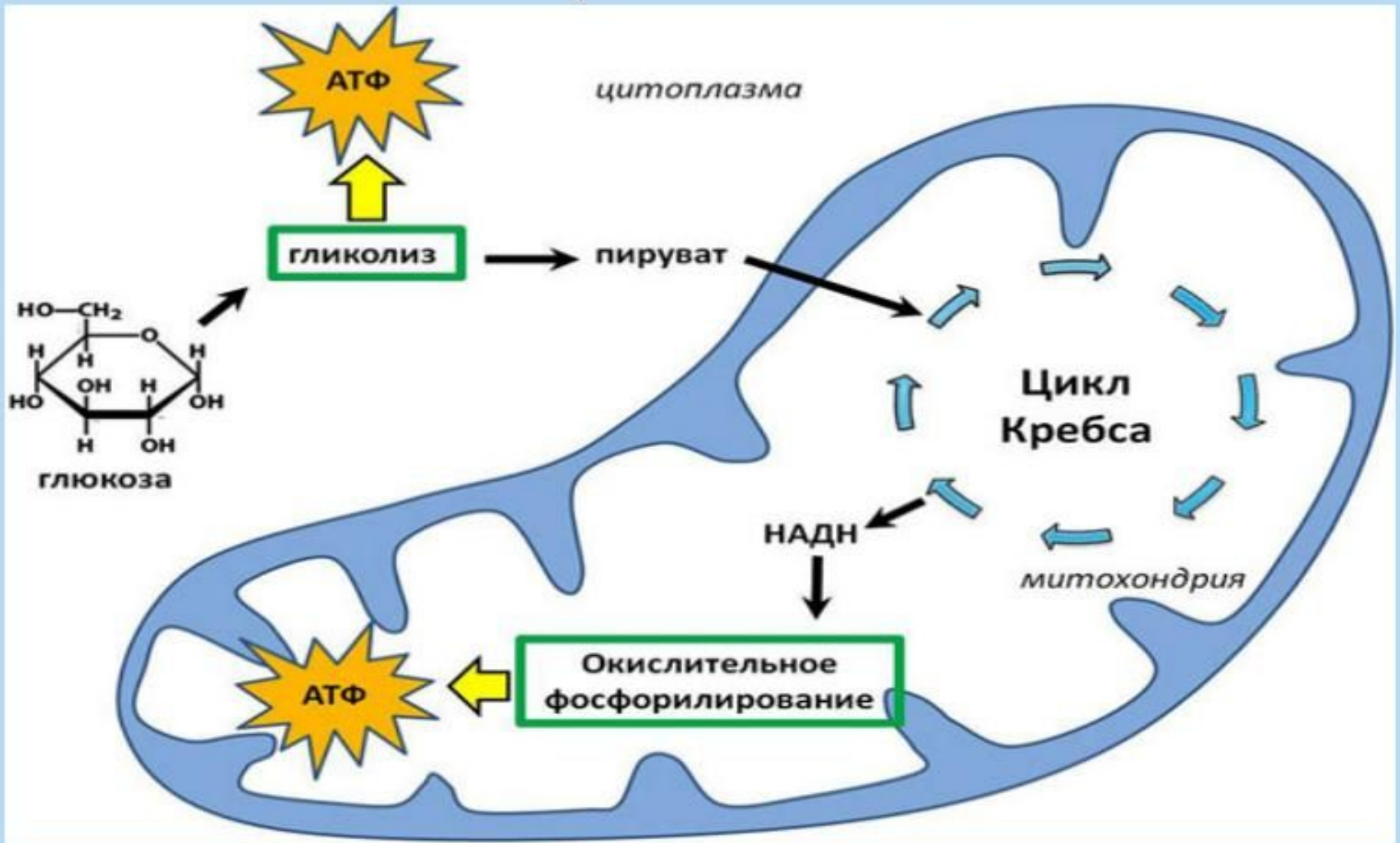
- \* Кислород не нужен: процессы их жизнедеятельности могут протекать в анаэробных условиях.
- \* Органические вещества в этом случае расщепляются не полностью.
- \* Поэтому их продукты жизнедеятельности могут использовать аэробные организмы (например, все молочнокислые продукты - результат деятельности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

**\* Анаэробные организмы  
(анаэробы)**

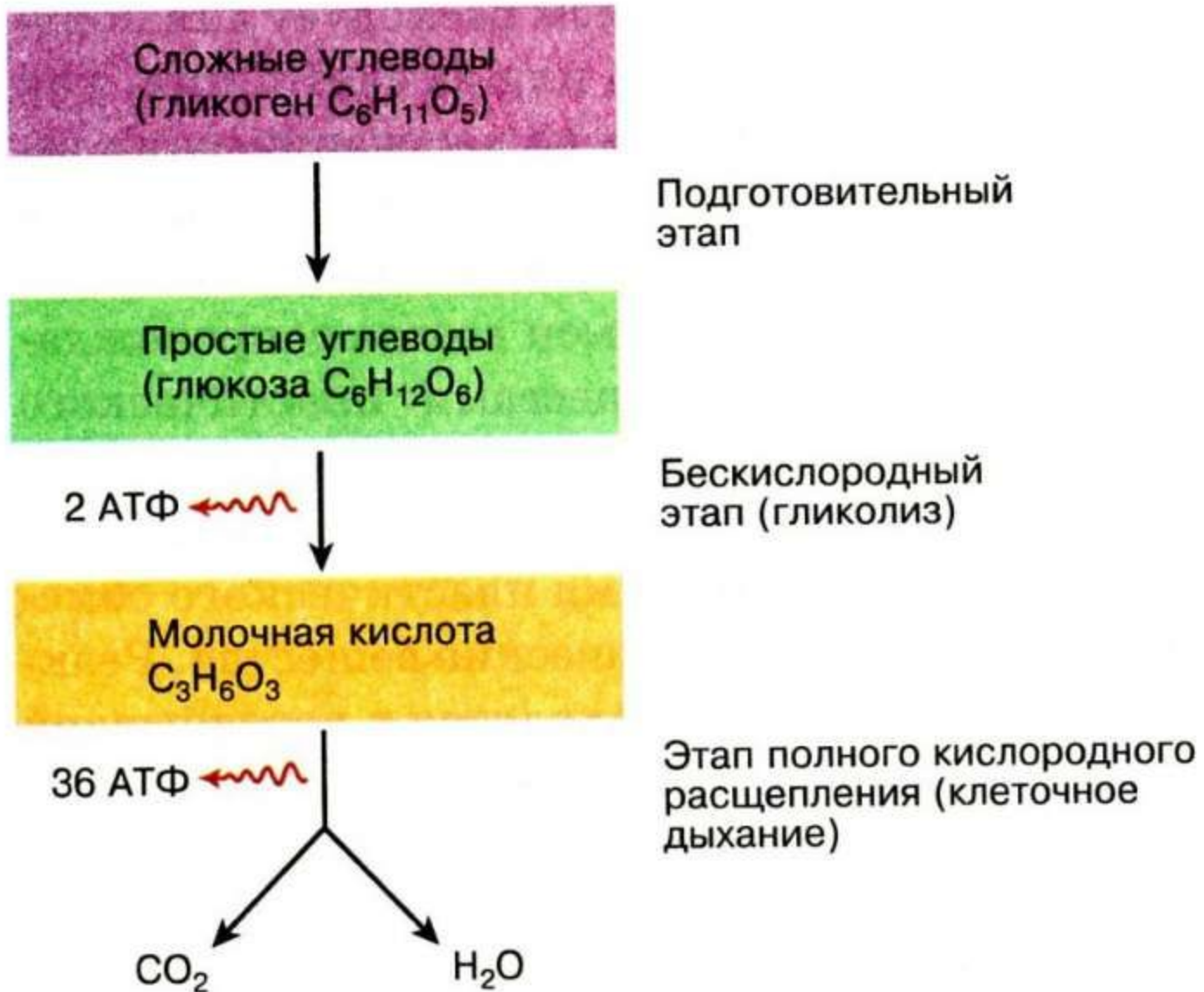


**\* АТФ в обменных процессах**

# 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:

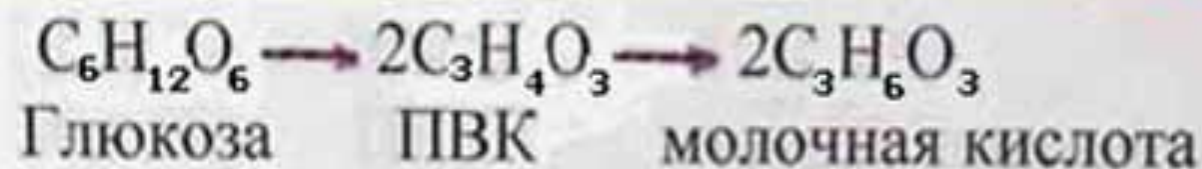
Белки  $\rightarrow$  аминокислоты;

Жиры  $\rightarrow$  глицерин и жирные кислоты;

Крахмал  $\rightarrow$  глюкоза

Итог: 100% тепловая энергия, 0 молекул АТФ

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



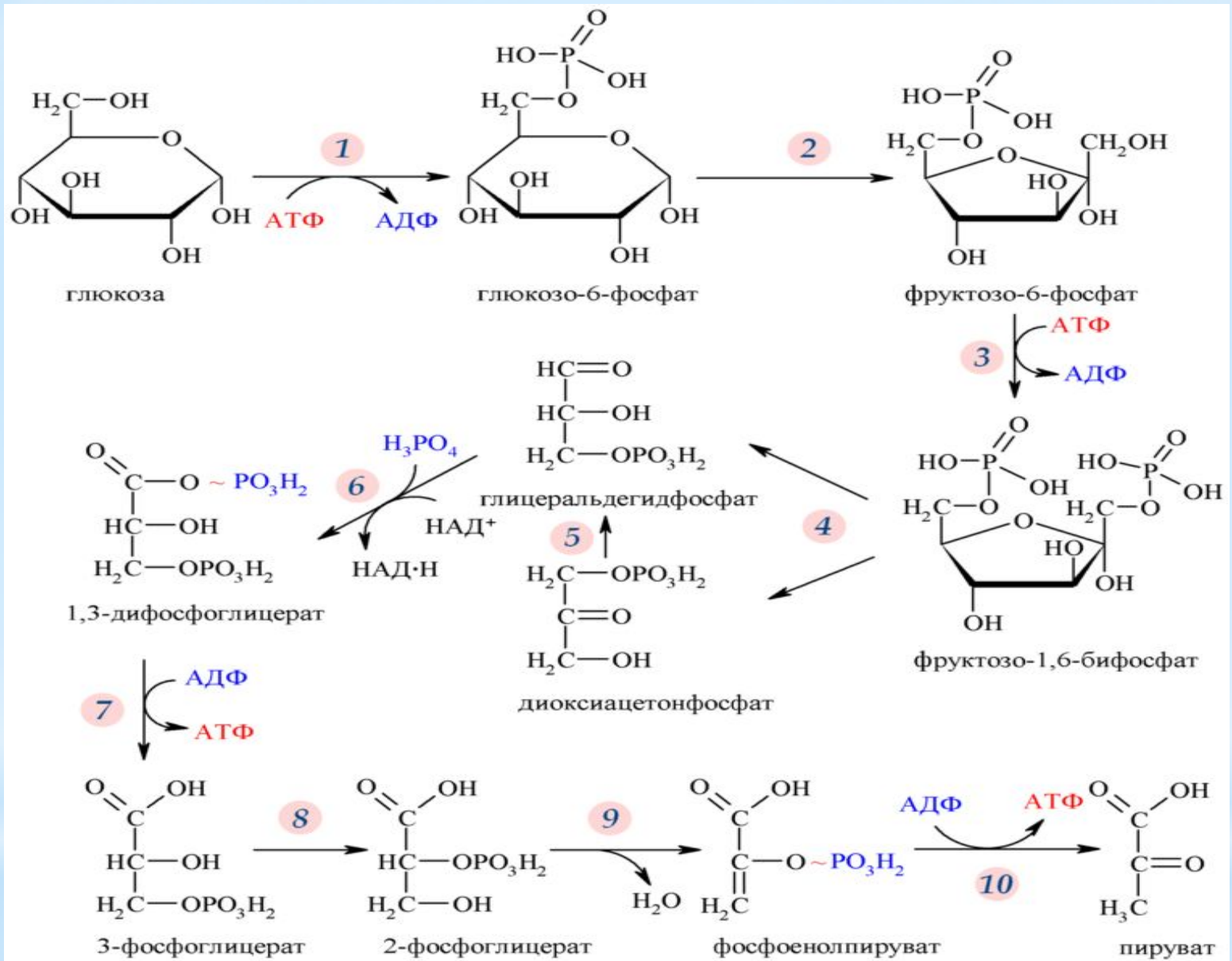
Итог: 60% тепловая энергия, 2 молекулы АТФ

\* Глюкоза - одного из ключевых веществ энергетического обмена

\* Протекает в цитоплазме

\* Осуществляется ряд последовательных превращений

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

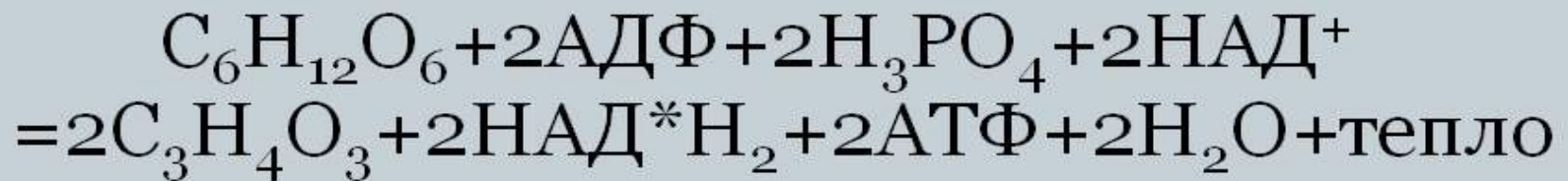


# \* Гликолиз

## Анаэробный обмен (гликолиз)

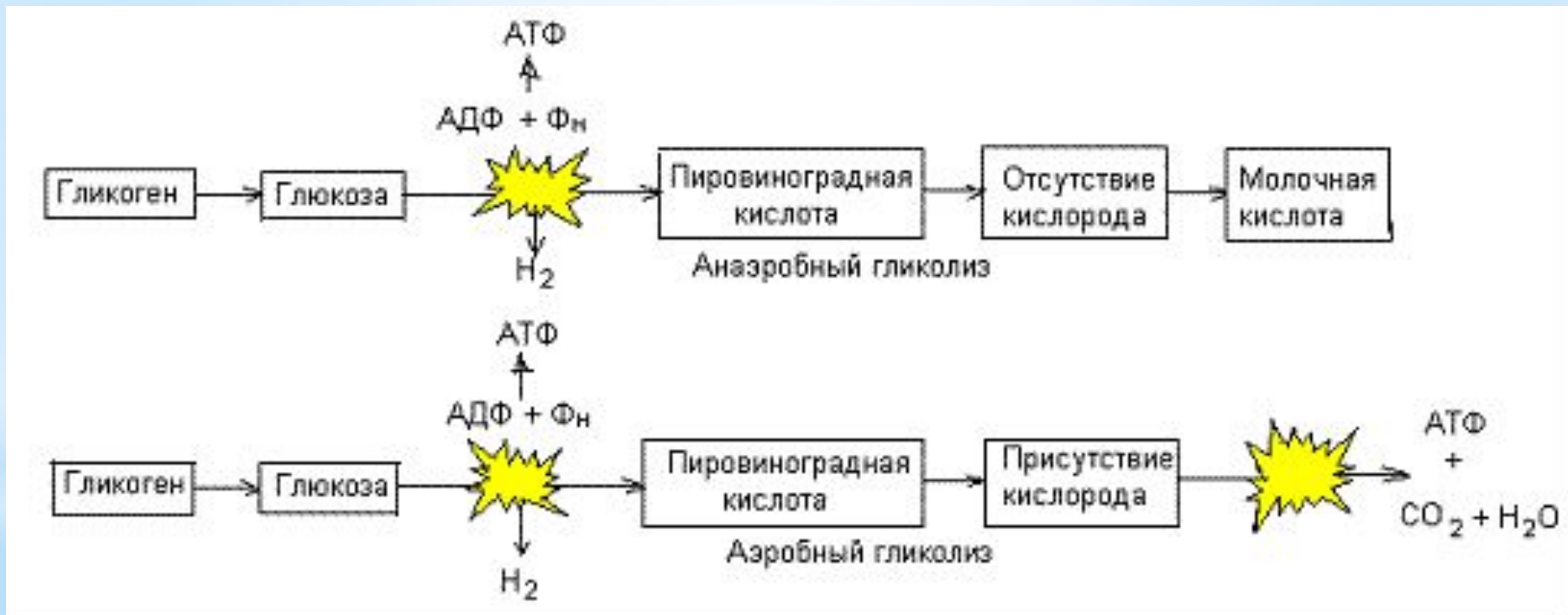


- Процесс анаэробного расщепления глюкозы.
- Уравнение гликолиза:



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

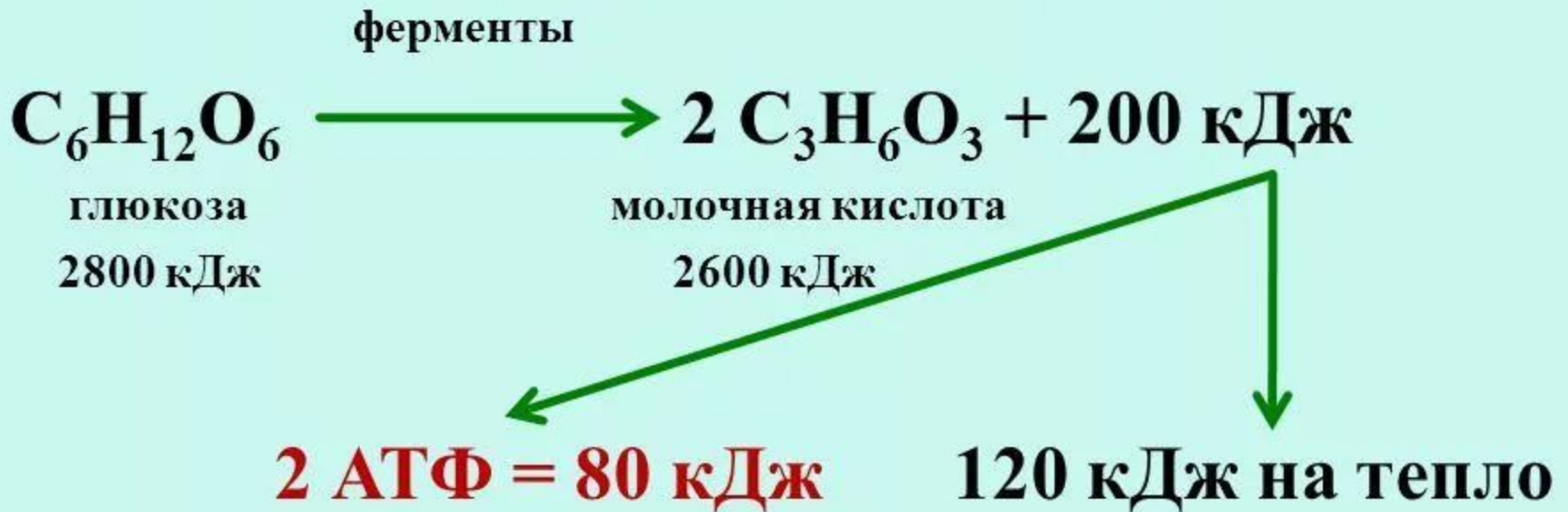
\* В зависимости от условий ПВК может превращаться в молочную кислоту (мышцы при интенсивной работе), спирт или другие органические вещества



\* Анаэробный этап (гликолиз)

# Бескислородный (анаэробный) этап

- **Гликолиз** ( в животных клетках)
- протекает в цитоплазме клетки.

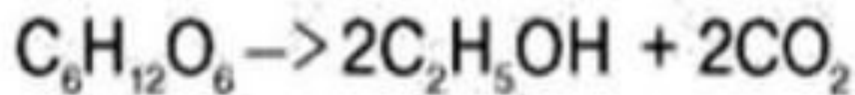


# Химизм спиртового и молочнокислого брожения

## Реакции брожения глюкозы

---

- 1 Спиртовое брожение



Глюкоза                  Этанол

- 1 Молочнокислое брожение



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





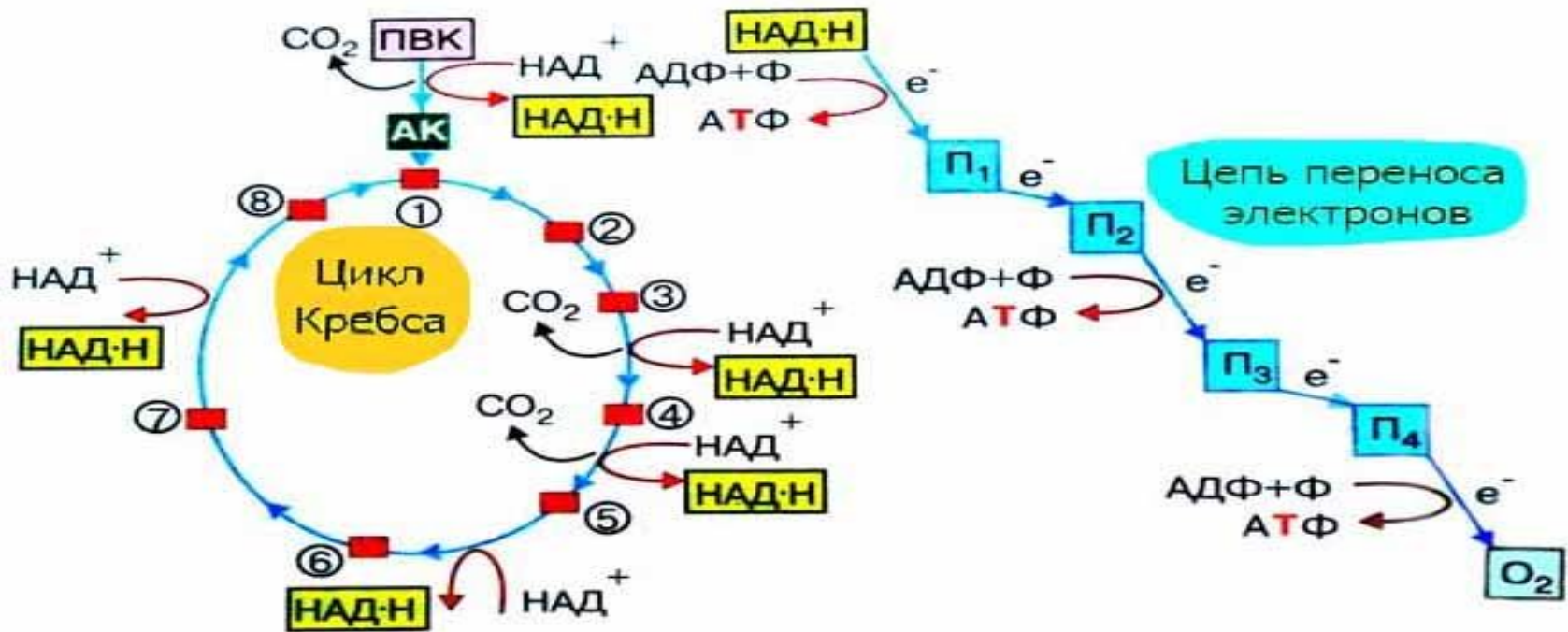
- \* Биологическое окисление происходит в митохондриях
- \* ПВК преобразуется в уксусную кислоту, соединяясь с веществом-переносчиком **КОЭНЗИМОМ А (КоА)**.
- \* Образующийся ацетил-КоА вступает в серию реакций, называемых - Цикл Кребса.
- \* В цикле Кребса образуется АТФ и высвобождаются атомы водорода,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

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

3. Этап – кислородный, осуществляется в митохондриях

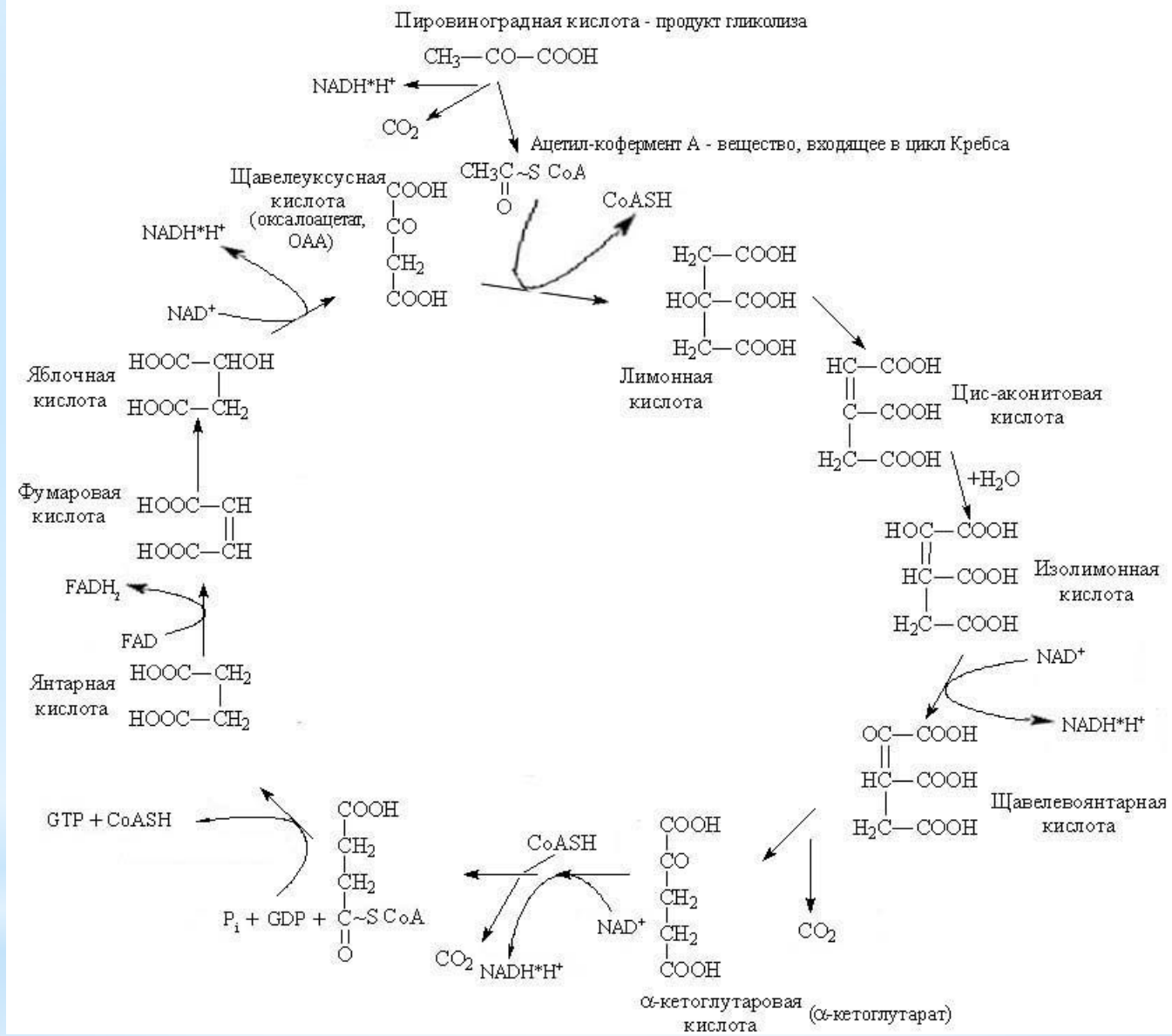
ПВК → Цикл трикарбоновых кислот (НАД·Н) →  
(Цикл Кребса)

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



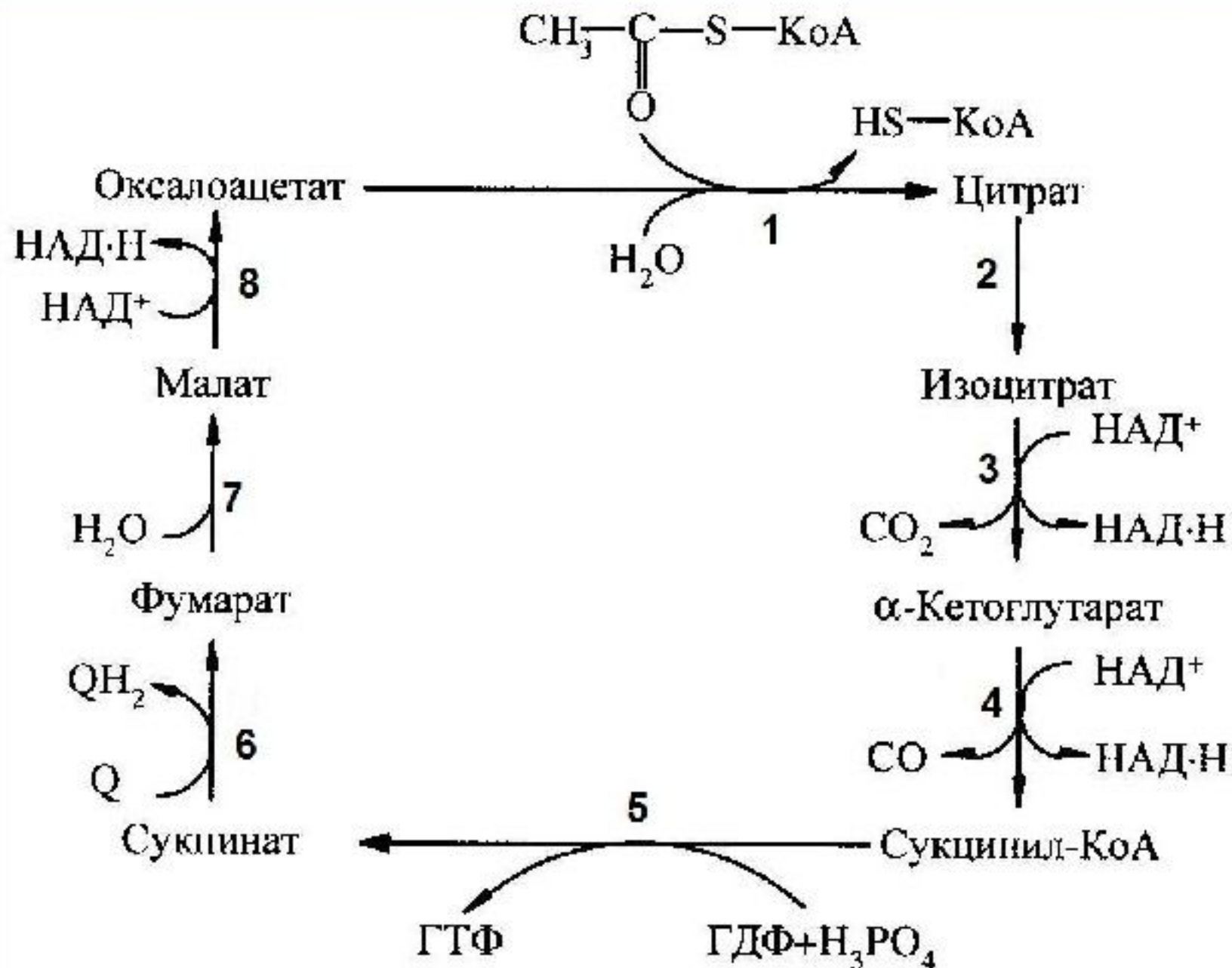
Итого: **36 молекул АТФ**

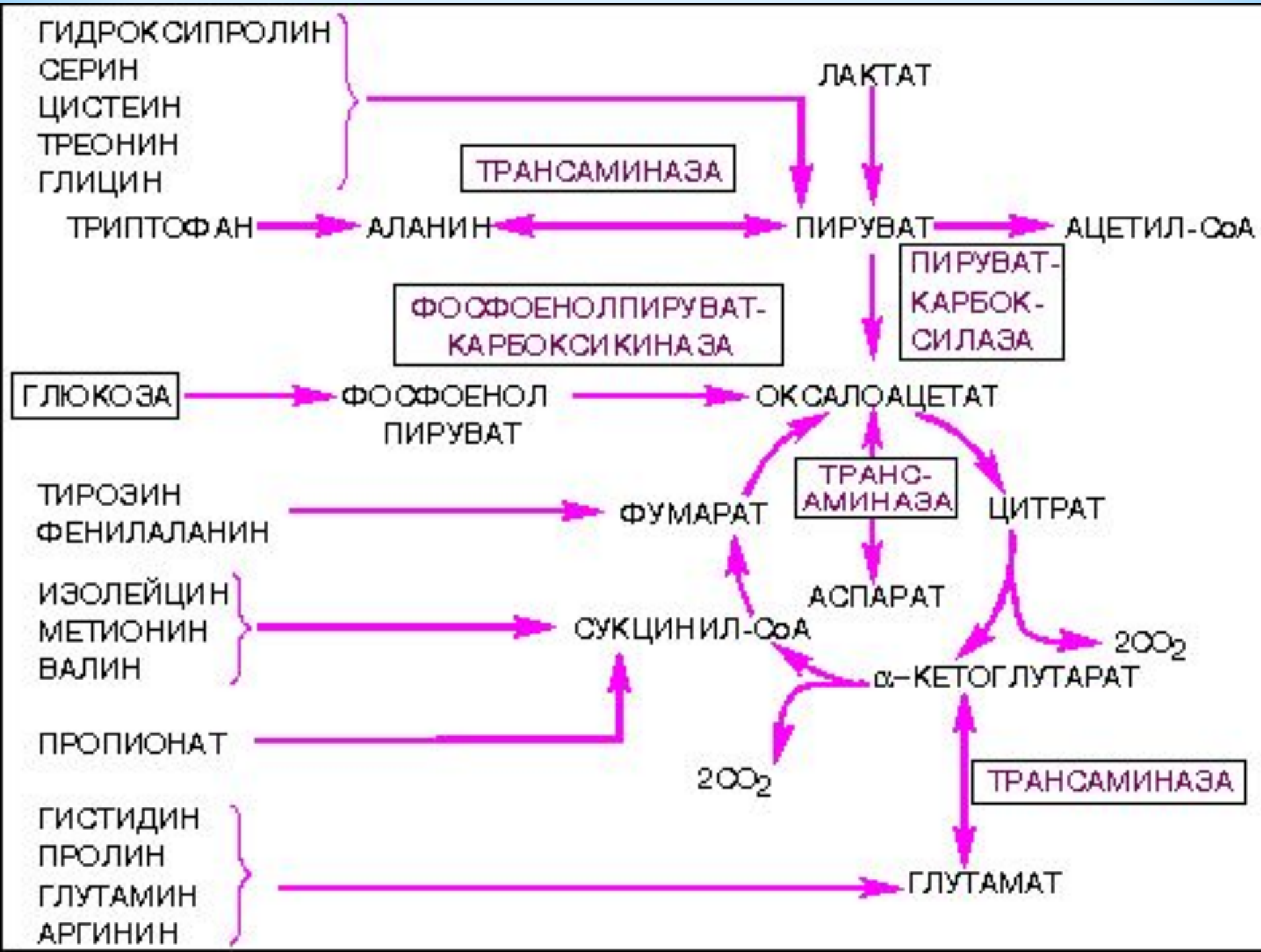
Общий итог процесса: одна молекула глюкозы дает  
**38 молекул АТФ**



**\* Цикл Кребса. Реакции.**

# ОБЩАЯ СХЕМА ЦИКЛА КРЕБСА





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

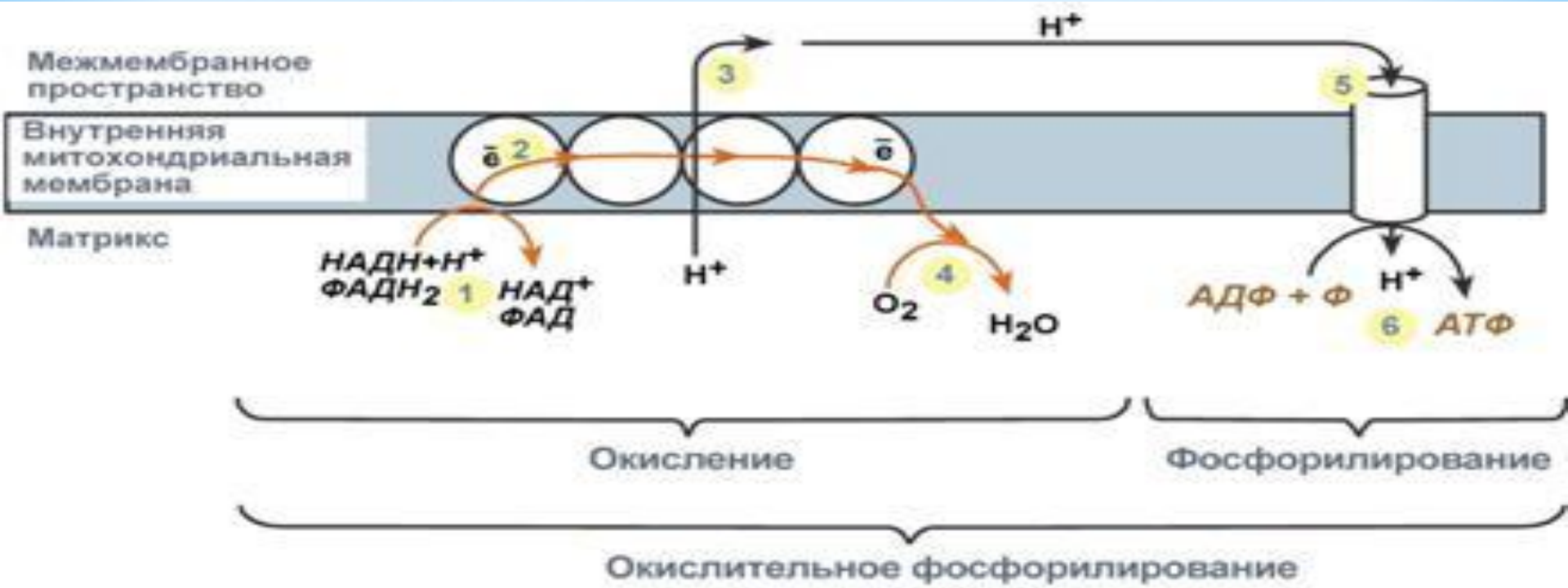
*\* Мнемоническое  
правило*

\* 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 ( $38 * 30.6 = 1162.8$ )
- \* Эффективность аэробного дыхания =  $(38 * 30.6 : 2880) * 100\% = 40.37\%$
- \* **Эффективность энергетического обмена при аэробном гликолизе**

- \* **При анаэробном дыхании** запасается лишь 2 молекулы АТФ.
  - \* Спиртовое брожение:  $E_{\text{общ.}} = 210 \text{ кДж/моль}$
  - \* Эффективность =  $(2 \cdot 30.6 : 210) \cdot 100\% = 29.14\%$
  - \* Молочнокислородное 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 <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 Жиры – глицерин и жирные кислоты Углеводы - глюкоза	Глюкоза ( $C_6H_{12}O_6$ ) 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
АВТОТРОФЫ	фототрофы	Энергия солнечного света	Все зеленые растения, пурпурные, зеленые бактерии
	хемоавтотрофы	Энергия экзотермических реакций за счет окисления неорганических соединений, например аммиака	Нитробактерии, серо-, железобактерии
ГЕТЕРОТРОФЫ	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
ГЕТЕРОТРОФЫ	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
МИКСОТРОФЫ		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.