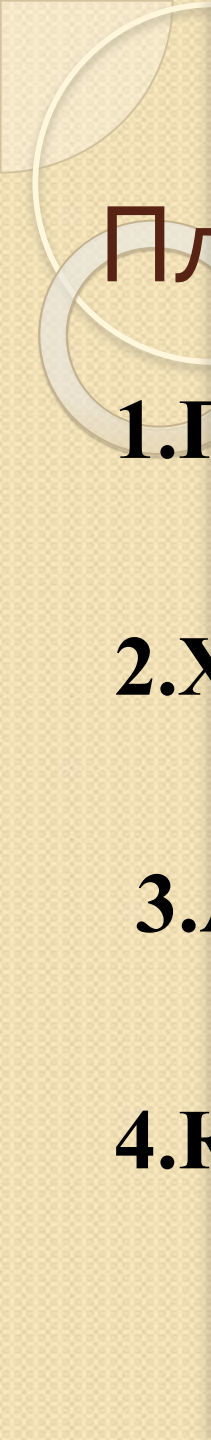




# Физиология микроорганизмов



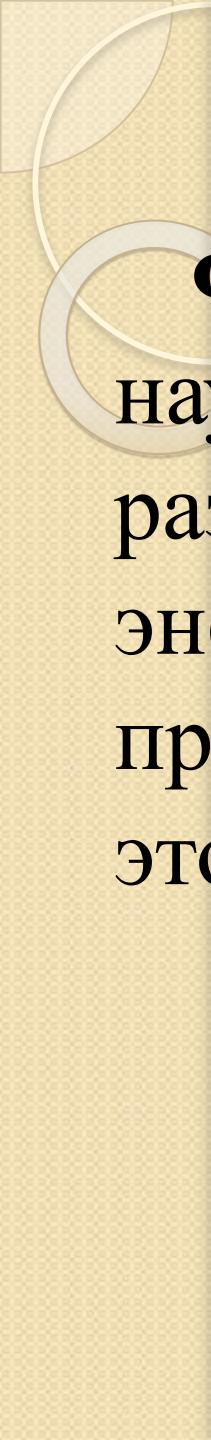
# План:

**1.Понятие об обмене веществ**

**2.Химический состав микроорганизмов**

**3.Анаболизм**

**4.Катаболизм**



**Физиология микроорганизмов —**  
наука, изучающая процессы их роста,  
развития, питания, способы получения  
энергии для осуществления этих  
процессов, а также происходящие при  
этом превращения веществ в клетке



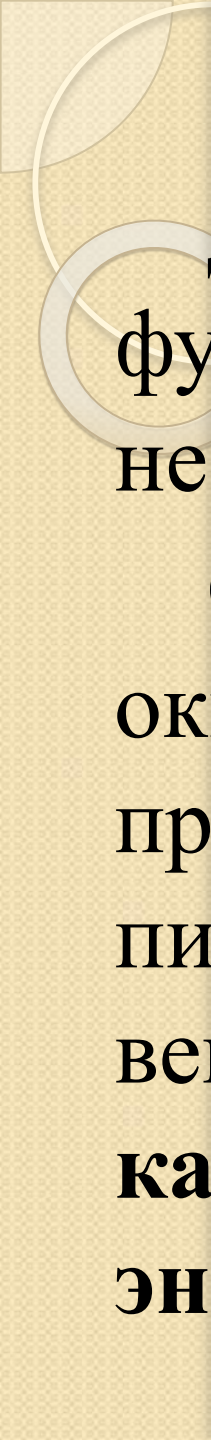
**Обмен веществ (метаболизм) с окружающей средой – это основа жизнедеятельности микроорганизмов.**

Обмен веществ представляет собой сложный комплекс разнообразных химических превращений веществ пищи, поступающей в организм из внешней среды (из субстрата).



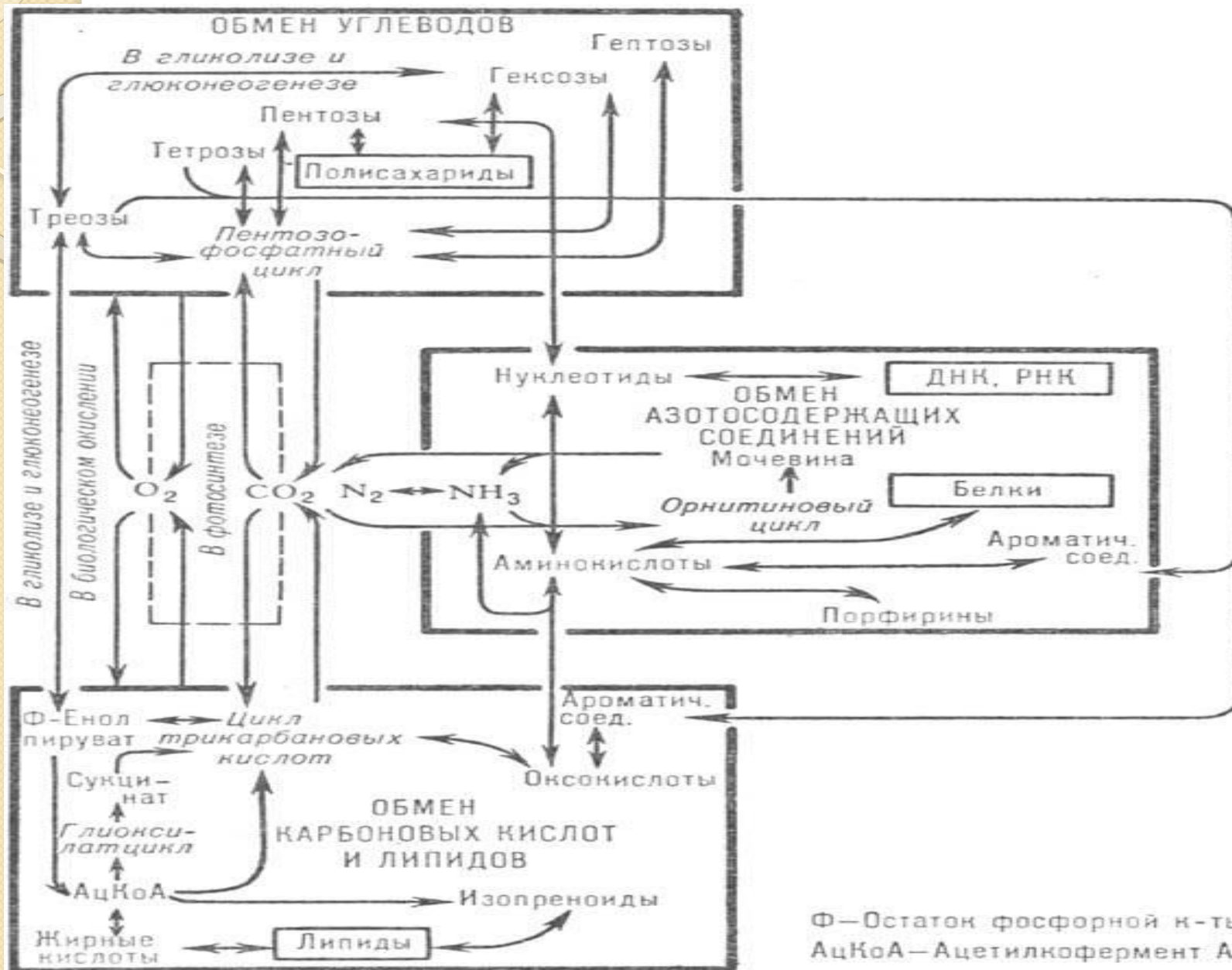
Поступившие в клетку питательные вещества подвергаются «переработке» и из образующихся простых соединений синтезируются сложные клеточные вещества.

Этот процесс называют **анаболизмом** (ассимиляцией), или **строительным** (конструктивным) обменом.



Для осуществления всех жизненных функций (движения, размножения и др.) необходима **энергия**.

Организм получает её в результате окислительно-восстановительных превращений поступивших в него с пищей органических и неорганических веществ. Этот процесс называют **катаболизмом (диссимиляцией)**, или **энергетическим обменом**.



## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИКРООРГАНИЗМОВ**

Состав веществ микроорганизмов мало отличается от химического состава тела животных и растений. Важнейшими компонентами клетки являются белки, нуклеиновые кислоты, липиды.

Потребность микроорганизмов в питательных веществах определяется в основном элементарным составом их клеток

Важнейшими химическими макроэлементами, преобладающими в клетках микроорганизмов, являются органогенные и зольные (минеральные) элементы.

**Органогенные элементы:** углерод, кислород, водород, азот. Они составляют основу органического вещества. На них приходится 90-97 % сухого вещества.

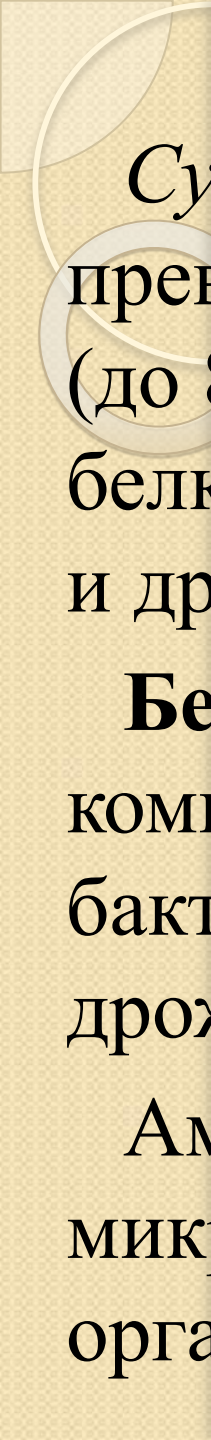
**Зольные (минеральные) элементы:** сера, хлор, фосфор, калий, магний, натрий, кальций и железо. На их долю приходится 3-10 % сухого вещества.



**Вода** составляет 75-85 % массы клеток.

Часть воды в клетке находится в *связанном* состоянии (с белками, углеводами и другими веществами) и входит в клеточные структуры.

Остальная вода находится в *свободном* состоянии: она служит дисперсной средой для коллоидов и растворителем различных органических и минеральных соединений, образующихся в клетке при обмене веществ.

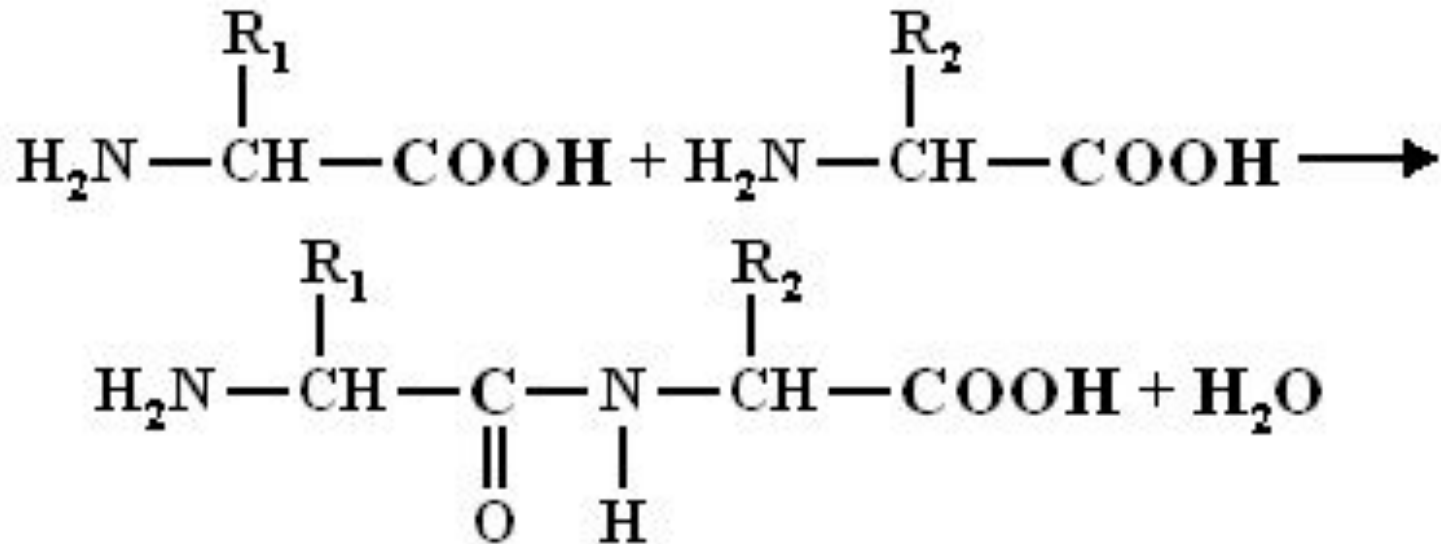


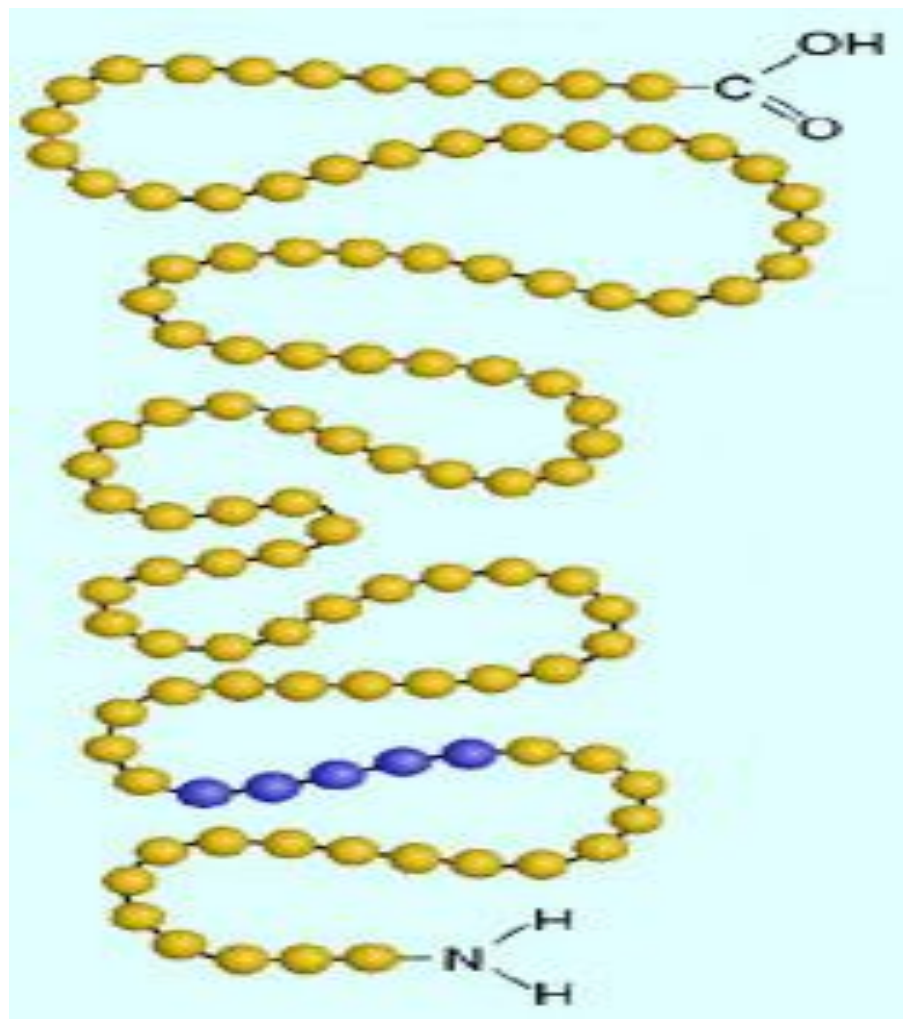
*Сухое вещество* клеток микроорганизмов не превышает 15-25 % и состоит преимущественно (до 85-95 %) из органических соединений – белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов и др.

**Белковые вещества** являются основными компонентами клетки. Содержание их у бактерий достигает 40-80 % сухого вещества, у дрожжей – 40-60, у грибов – 15-40 %.

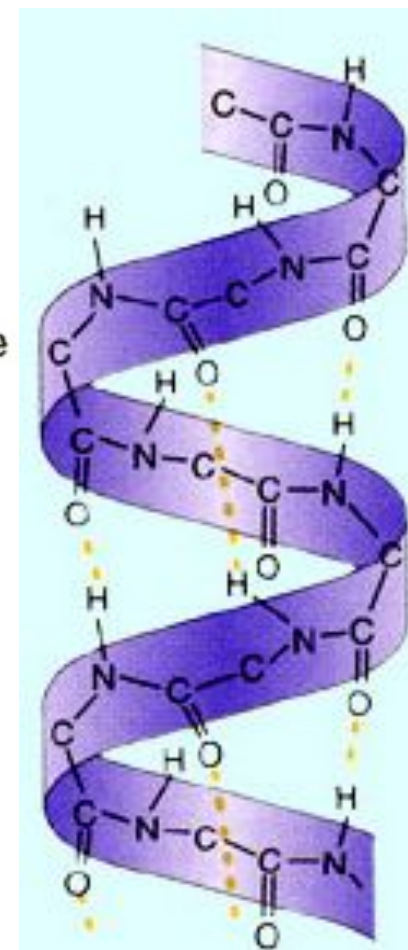
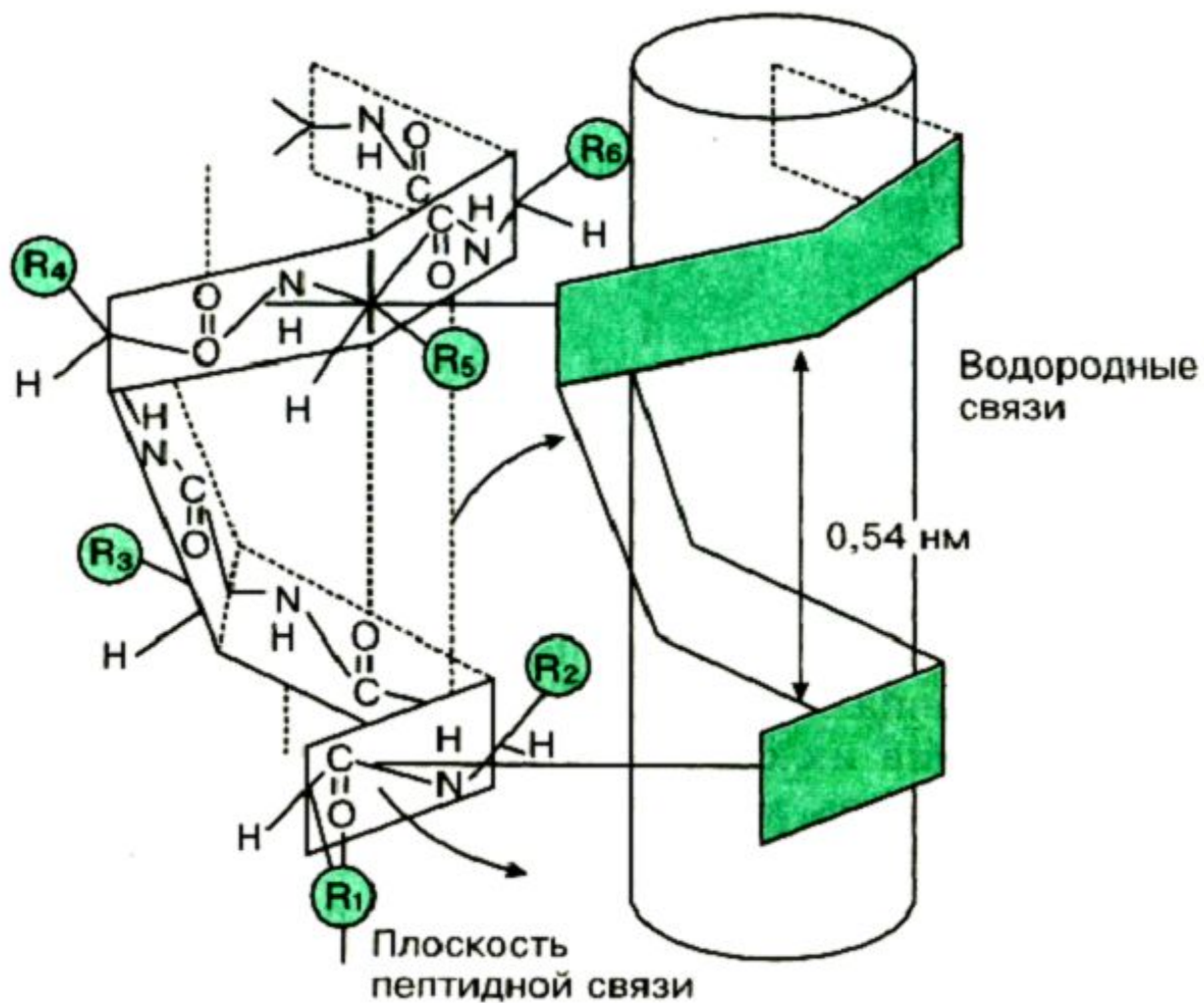
Аминокислотный состав белков микроорганизмов сходен с белками других организмов.

Соединяясь, молекулы аминокислот образуют связи между углеродом кислотной и азотом основной групп. Такие связи называются ковалентными, а в данном случае – **пептидными** связями:

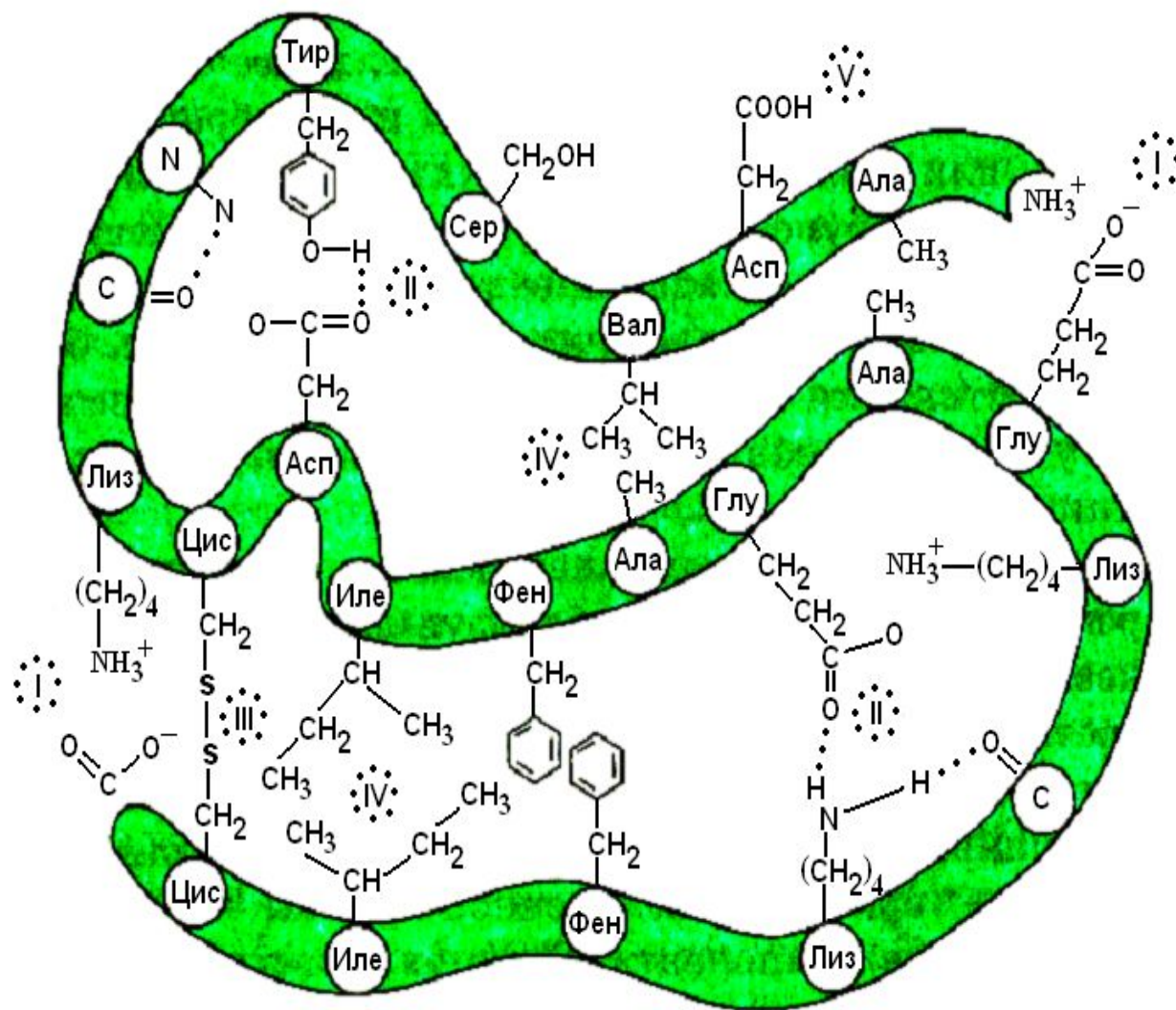




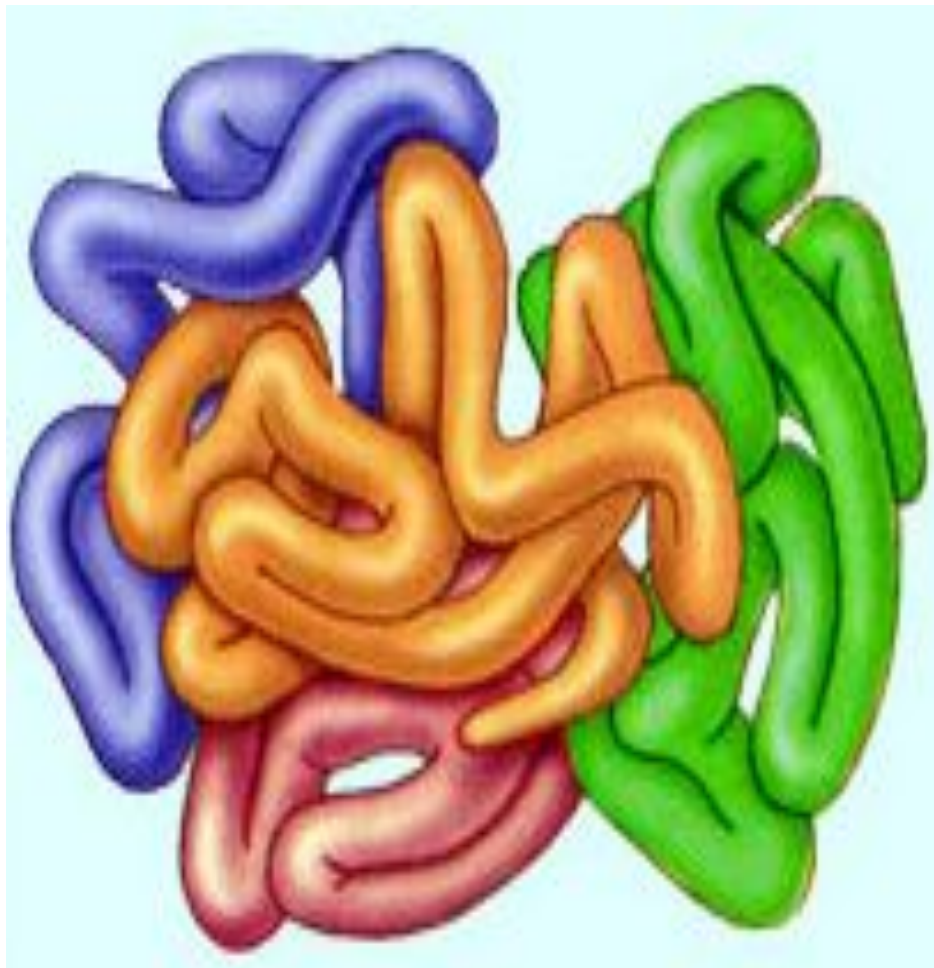
Первичная структура белка (цепочка аминокислот)



Вторичная структура белка –  $\alpha$ -структура ( $\alpha$ -спираль)



Третичная структура белка; I – ионные взаимодействия, II – водородные связи, III – дисульфидные связи, IV – гидрофобные взаимодействия, V – гидратируемые группы



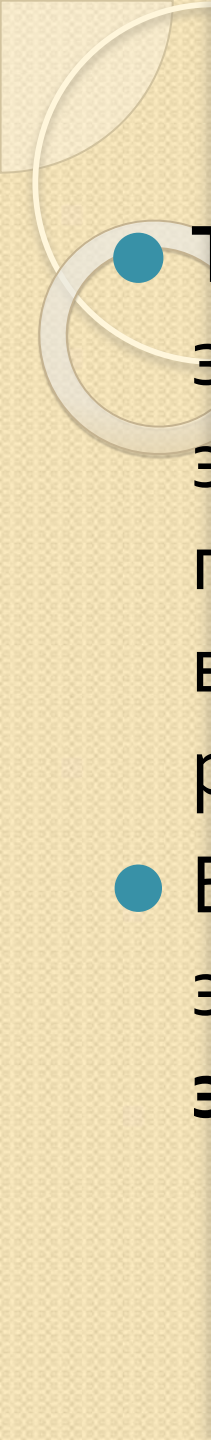
**Четвертичная структура белка (клубок белков)**



**Двигательная функция живых организмов** обеспечивается специальными сократительными белками. Эти белки участвуют во всех видах движения, к которым способны клетки и организмы: мерцание ресничек и биение жгутиков у простейших, движение листьев у растений и др.

**Функции белков.** Функции белков в клетке чрезвычайно многообразны. Одна из важнейших – **пластическая (строительная) функция**: белки участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки, а также внеклеточных структур.

Исключительно важное значение имеет **каталитическая роль белков.**



## ● **Транспортная функция белков**

заключается в присоединении химических элементов (например, кислорода гемоглобином) или биологически активных веществ (гормонов) и переносе их к различным тканям и органам тела.

- Белки могут служить одним из источников энергии в клетке, т.е. выполняют **энергетическую функцию.**

**Минеральные вещества** составляют не более 5–15 % сухого вещества клетки. Они представлены солями – сульфатами, фосфатами, карбонатами, хлоридами и др.

От концентрации солей внутри клетки зависят буферные свойства клетки

В животной клетке **углеводы** находятся в количествах, не превышающих 1–2, иногда 5%. Наиболее богаты углеводами растительные клетки, где их содержание в некоторых случаях достигает 90% сухой массы (клубни картофеля, семена и т. д.). Углеводы бывают простыми и сложными.

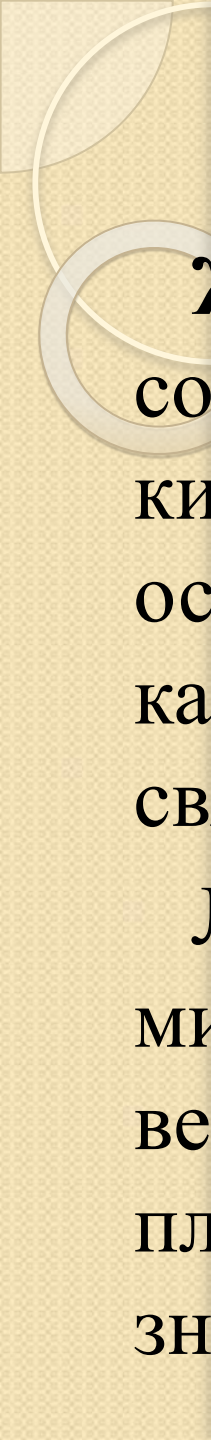
**Функции углеводов:**

являются источником углерода;  
обеспечивают до 70 % потребности организма в энергии;

**Резервная.** В клетках большинства бактерий углеводы составляют 10–30 % сухого вещества, у грибов – 40–60 %;

**Структурная:** *хитин* образует прочный остов у грибов; в клеточных стенках бактерий в качестве стабилизирующего структурного компонента присутствует *муреин*;

Участие в образовании гибридных (комплексных) молекул, выполняют **рецепторную, каталитическую и другие функции**



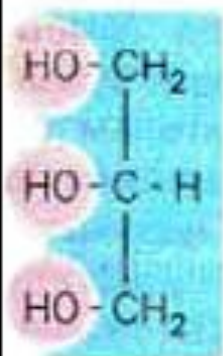
**Жиры (липиды)** представляют собой соединения высокомолекулярных жирных кислот и трёхатомного спирта глицерина. Три остатка жирной кислоты могут различаться как по длине цепи, так и по числу двойных связей.

Липиды в клетках большинства микроорганизмов составляют 3–10 % сухого вещества. Лишь у некоторых дрожжей и плесеней количество липидов может быть значительно выше – до 40–60 %.

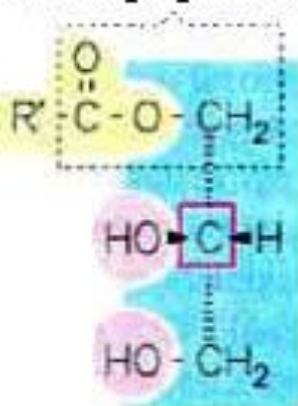
# Структура жиров

образование  
сложноэфирной связи

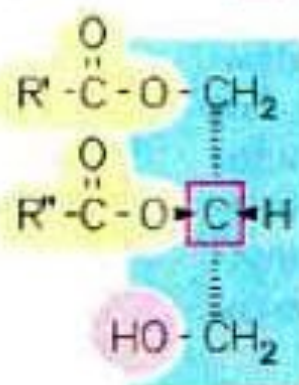
   хиральный центр



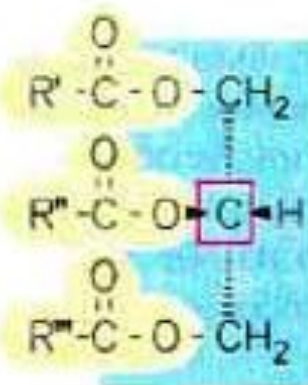
глицерин



моноацилглицерин



диацилглицерин

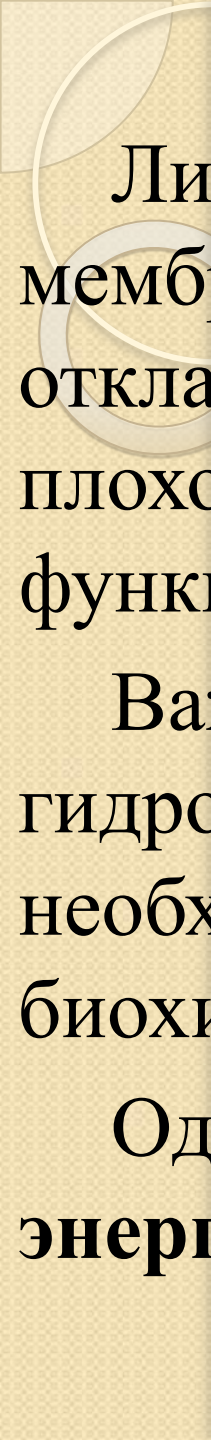


триацилглицерин  
(жир)

вандербальсова  
модель молекулы  
триацилглицеринов

жирные кислоты глицерин





Липиды входят в состав цитоплазматической мембраны и в состав других мембран, а также откладываются в виде **запасных** гранул. Благодаря плохой теплопроводности жир способен выполнять функцию **теплоизолятора**.

Важна роль жиров и как **растворителей** гидрофобных органических соединений, необходимых для нормального протекания биохимических превращений.

Одна из основных функций жиров — **энергетическая**.

Все разнообразные и многочисленные биохимические реакции, протекающие в живом организме в связи с его обменом веществ, ростом и развитием, совершаются при участии **ферментов** – биологических катализаторов, вырабатываемых клетками организма.

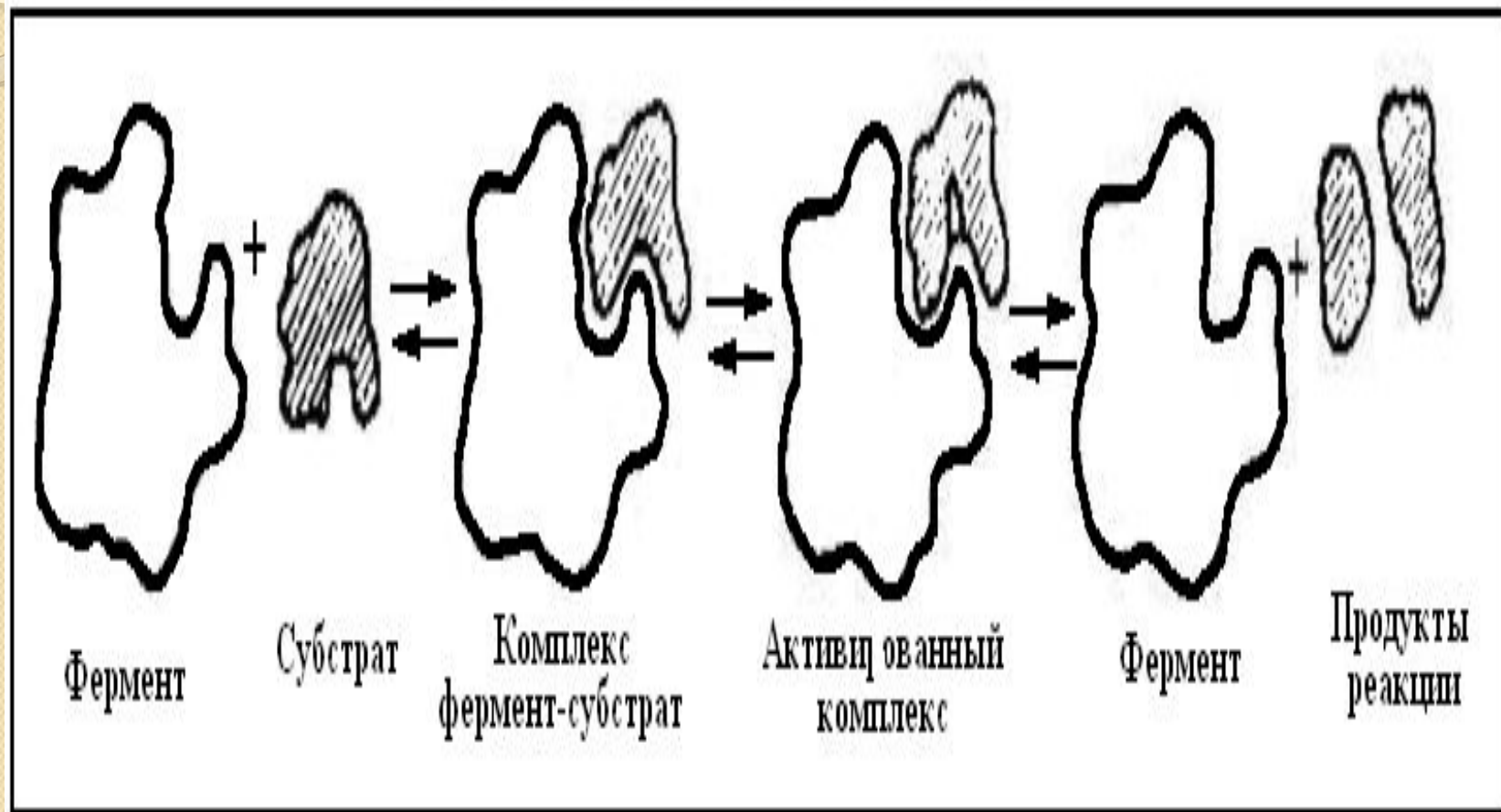
Ферменты представляют собой белки простые (протеины) или сложные (протеиды), **состоящие из белка и небелкового компонента, называемого простетической (активной) группой.** Таким образом, есть ферменты **однокомпонентные** и **двухкомпонентные**

# Ферментативная активность

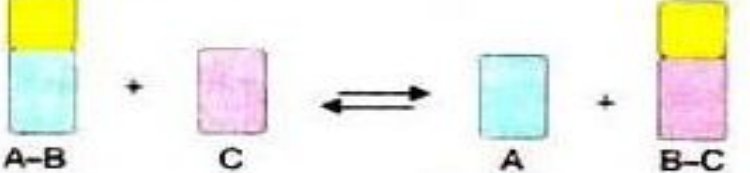
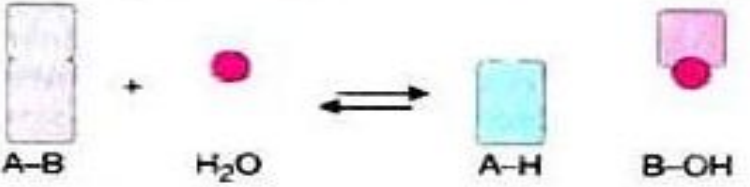
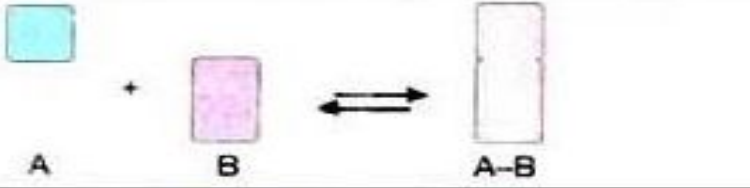
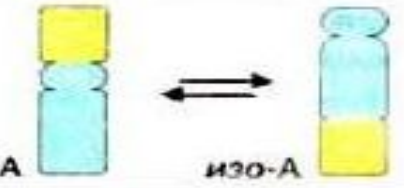
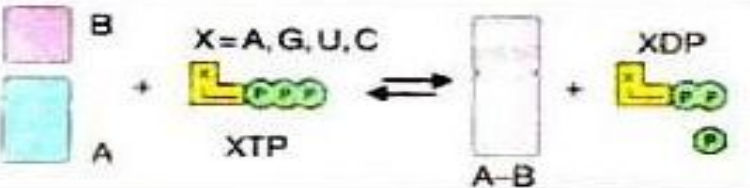


**1 катал (кат):** количество фермента, которое увеличивает превращение субстрата на 1 моль/с

## Схема взаимодействия фермента с субстратом



## Классы ферментов

| Класс                 | Тип реакции                                                                                                                                                                                           | Важнейшие подклассы                                                                        |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оксидо – редуктазы    | <p>○ = Восстановительный эквивалент</p>  <p>A<sub>red</sub> + B<sub>ox</sub> ⇌ A<sub>ox</sub> + B<sub>red</sub></p> | Дегидрогеназы<br>Оксидазы,<br>пероксидазы<br>Редуктазы<br>Моноксигеназы,<br>диоксигеназы   |
| Трансферазы           |  <p>A-B + C ⇌ A + B-C</p>                                                                                           | C <sub>1</sub> -Трансферазы<br>Гликозилтрансферазы<br>Аминотрансферазы<br>Фосфотрансферазы |
| Гидролазы             |  <p>A-B + H<sub>2</sub>O ⇌ A-H + B-OH</p>                                                                           | Эстеразы<br>Гликозидазы<br>Пептидазы<br>Амидазы                                            |
| Лиазы<br>(синтазы)    |  <p>A + B ⇌ A-B</p>                                                                                                | C-C- Лиазы<br>C-O- Лиазы<br>C-N- Лиазы<br>C-S- Лиазы                                       |
| Изомеразы             |  <p>A ⇌ изо-А</p>                                                                                                 | Эпимеразы<br>цис-транс-Изомеразы<br>Внутримолекулярные<br>трансферазы                      |
| Лигаза<br>(синтетазы) |  <p>B + A + XTP ⇌ A-B + XDP</p> <p>X = A, G, U, C</p>                                                             | C-C- Лигазаы<br>C-O- Лигазаы<br>C-N- Лигазаы<br>C-S- Лигазаы                               |

- Использование микроорганизмов для получения ферментов имеет ряд преимуществ по сравнению с растительным и животным сырьём:
- микроорганизмы обладают богатым «ассортиментом» ферментов. Среди них есть такие, которые отсутствуют у животных и в растениях;
- микроорганизмы быстро размножаются и в течение короткого времени дают огромную массу клеток, из которых (или из культуральной среды) можно выделить большое количество фермента;

- 
- микроорганизмы растут на относительно дешёвых субстратах, например на отходах различных промышленных производств;
  - управлять развитием микроорганизмов при современном аппаратурном оформлении таких производств значительно легче и проще, чем выращивать растения и животных.

# АНАБОЛИЗМ

*Процесс, в ходе которого бактериальная клетка получает из окружающей среды компоненты, необходимые для построения ее биополимеров (органовидов), называется **питанием**.*

*Бактериальные клетки не имеют специальных органов питания, т. е. являются **голофитными**.*

***Поступление питательных веществ в микробную клетку может происходить за счет:***

- *осмоса и диффузии по градиенту концентрации без затрат энергии;*
- *пассивного транспорта, который также осуществляется по градиенту концентрации с помощью белков-переносчиков, но без затрат клеткой энергии, и отличается от диффузии большей скоростью;*
- *активного транспорта, который идет против градиента концентрации с затратой энергии и возможным частичным расщеплением субстрата, осуществляется белками-переносчиками или ферментами — пермеазами.*

# Питание бактерий



```
graph TD; A[Питание бактерий] --> B[По характеру использования источника энергии]; A --> C[По характеру усвоения углевода]; A --> D[По характеру усвоения азота]; B --> B1[Фототрофы]; B --> B2[Хемотротрофы]; C --> C1[Автотрофы]; C --> C2[Гетеротрофы]; D --> D1[Аминотрофы]; D --> D2[Аминогетеротрофы];
```

The diagram is a hierarchical flowchart titled 'Питание бактерий' (Bacterial Nutrition). It branches into three main categories: 'По характеру использования источника энергии' (By the character of energy source use), 'По характеру усвоения углевода' (By the character of carbohydrate assimilation), and 'По характеру усвоения азота' (By the character of nitrogen assimilation). Each of these categories further branches into two sub-categories: 'Фототрофы' and 'Хемотротрофы' under the first; 'Автотрофы' and 'Гетеротрофы' under the second; and 'Аминотрофы' and 'Аминогетеротрофы' under the third.

**По характеру использования  
источника энергии**

**Фото  
трофы**

**Хемо  
трофы**

**По характеру  
усвоения углевода**

**Авто  
трофы**

**Гетеротрофы**

**По характеру  
усвоения азота**

**Амино  
трофы**

**Амино  
гетеротрофы**

**Источники углерода.** В зависимости от используемого в конструктивном обмене источника углерода микроорганизмы делят на две группы: автотрофы и гетеротрофы.

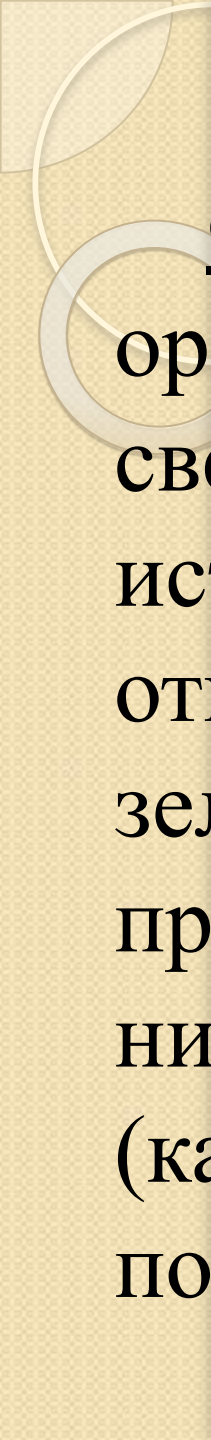
*Автотрофы* (*autos* – сам, *trophe* – пища; питающиеся самостоятельно) в качестве единственного источника углерода для синтеза органических веществ тела используют углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ).

*Гетеротрофы* (*heteros* – другой; питающиеся другими) не могут использовать в качестве источника углерода только углекислый газ; они нуждаются в готовых органических соединениях.

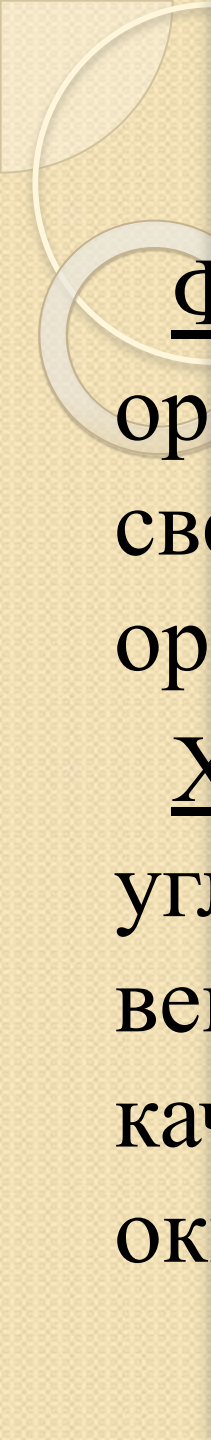
Автотрофы для превращения не имеющей энергетической ценности углекислоты в органические вещества нуждаются в постороннем источнике энергии.

Одни автотрофы в этих целях используют световую энергию — этот процесс называется *фотосинтезом*.

Другие используют химическую энергию, высвобождающуюся при окислении простых неорганических соединений, — этот процесс называется *хемосинтезом*. Открыт он был С.Н. Виноградским.



Фотоавтотрофы для синтеза органических веществ используют световую энергию и неорганический источник углерода ( $\text{CO}_2$ ). К ним относятся цианобактерии, пурпурные и зелёные серные бактерии. Это преимущественно водные бактерии, в них содержатся различные пигменты (каротиноидные, бактериохлорофиллы), поглощающие свет.



Фотогетеротрофы для синтеза органических веществ используют световую энергию и простые органические соединения.

Хемоавтотрофы в качестве источника углерода для синтеза органических веществ используют углекислоту, а в качестве источника энергии – реакции окисления неорганических соединений.



Хемоорганотрофы (хемотротрофы) в качестве источников энергии и углерода используют органические соединения. Таким типом питания обладают многочисленные бактерии, грибы, дрожжи.

Одни хемотротрофы непритязательны в отношении питательных веществ источников углерода, другие проявляют большую специфичность.

Наиболее специфичными являются микробы-паразиты, живущие в теле другого организма – хозяина, питающиеся веществами его тела. К паразитам относятся возбудители заболеваний человека, животных, растений.

Большинство хемотротрофных микроорганизмов живёт за счёт использования органических веществ различных субстратов животного и растительного происхождения. Такие микроорганизмы называют сапрофитами.

## Источники азота.

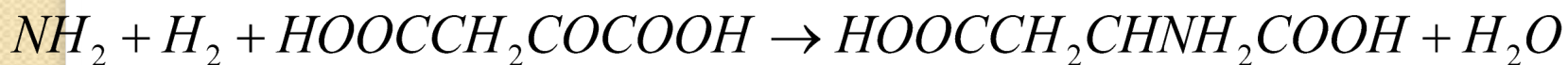
Все автотрофные микроорганизмы усваивают азот из неорганических соединений.

У хемотротрофов по отношению к источнику азота, как и по отношению к источнику углерода, проявляется избирательность.

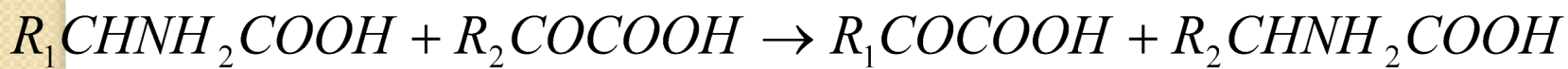
*Паразиты* используют органические азотсодержащие вещества клеток хозяина.

Источником азота для *сапрофитов* могут служить как органические, так и неорганические азотсодержащие соединения

Они дезаминируют взятые аминокислоты, а образующийся аммиак используют в реакциях аминирования оксикислот или чаще кетокислот, например:



Синтез новых аминокислот может протекать и без дезаминирования взятых из субстрата аминокислот (без промежуточного образования аммиака) путём перестройки их (переаминирования) – переноса аминогруппы с аминокислоты на кетокислоты при участии ферментов аминотрансфераз



Существуют сапрофиты, которые используют свободный азот атмосферы. Они переводят его в связанное состояние – восстанавливают в аммиак. Эти микроорганизмы называют азотфиксаторами или азотсобирателями.

Специфичностью отношений микроорганизмов к источникам углерода и азота определяется круговорот этих элементов в природе. Эта особенность гетеротрофов проявляется и при порче многих пищевых продуктов, при смене развития одних форм другими.

# КАТАБОЛИЗМ

Процессы анаболизма (конструктивного обмена) протекают с затратой энергии.

**Источники энергии** у микроорганизмов разнообразны.

У **фотоавтотрофов** источником энергии служит видимый свет.

**Хемоорганотрофы** (хемогетеротрофы) получают энергию в процессах окисления органических соединений.

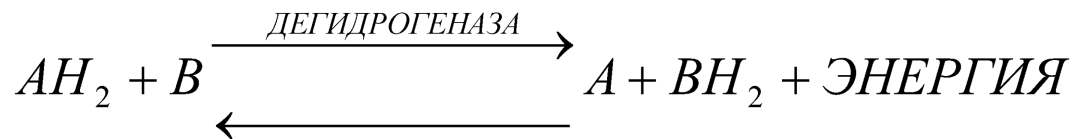
Окисление органических веществ может происходить различными путями:

**прямым**, т.е. присоединением к веществу кислорода;

**непрямым**, т.е. дегидрогенированием (отнятием водорода). Отнятый от окисляемого вещества водород переносится на другое вещество, которое при этом восстанавливается;

**путём переноса электронов** от одного вещества к другому. Вещество, теряющее электроны, окисляется, а присоединяющее их — восстанавливается.

Перенос водорода (электрона) от подвергающегося окислению вещества к акцептору осуществляется различными окислительно-восстановительными ферментами. Реакцию окисления-восстановления можно изобразить следующим образом



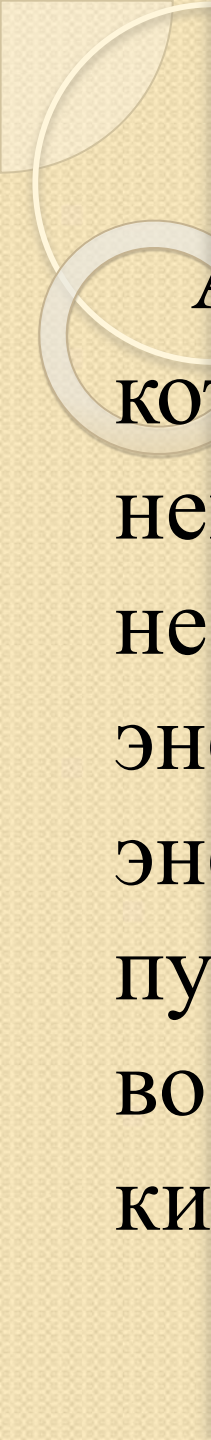


Конечным акцептором водорода может быть кислород воздуха или другое вещество, способное восстанавливаться.

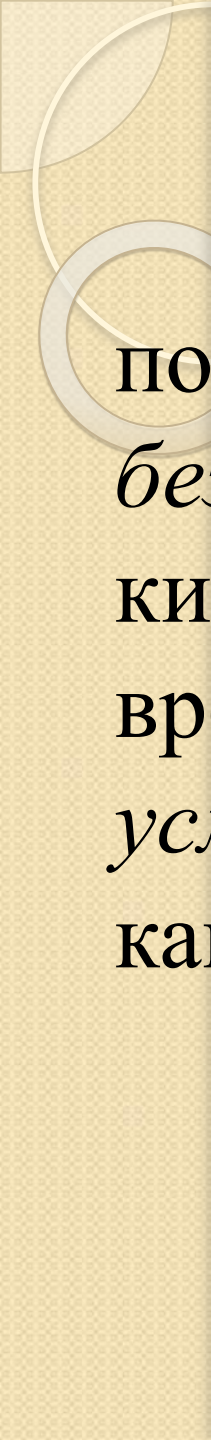
В зависимости от конечного акцептора водорода хемоорганотрофные микроорганизмы делят на две группы:

*аэробы*, окисляющие органические вещества с использованием молекулярного кислорода, который и является конечным акцептором водорода;

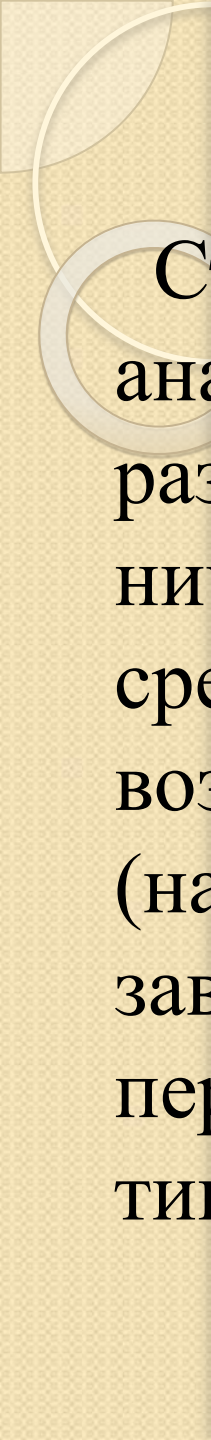
*анаэробы*, которые в энергетических процессах не используют кислород. Конечными акцепторами водорода служат органические или неорганические соединения.



**Анаэробные микроорганизмы, к которым относят многие бактерии и некоторые дрожжи, получают необходимую для жизнедеятельности энергию в процессе *брожения*. Этот энергодающий процесс протекает также путём сопряжённого окисления-восстановления, но без участия кислорода воздуха.**



Анаэробные микроорганизмы подразделяют на *облигатные*, или *безусловные*, анаэробы, для которых кислород не только не нужен, но и вреден, и *факультативные*, или *условные*, анаэробы, которые могут жить как при доступе воздуха, так и без него.



Степень анаэробности у факультативных анаэробов различна. Одни из них лучше развиваются в анаэробных условиях или при ничтожно малом содержании кислорода в среде (микроаэрофилы), другие – при доступе воздуха. Известны факультативные анаэробы (например, некоторые дрожжи), способные в зависимости от условий развития переключаться с анаэробного на аэробный тип получения энергии.

Примерами такого типа получения энергии могут служить следующие виды брожения.

*Спиртовое брожение* осуществляется многими дрожжами в анаэробных условиях. Молекула глюкозы (энергетический материал) в этом процессе превращается в две молекулы этилового спирта и две молекулы углекислого газа с выделением энергии

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 0,1 \cdot 10^6$$

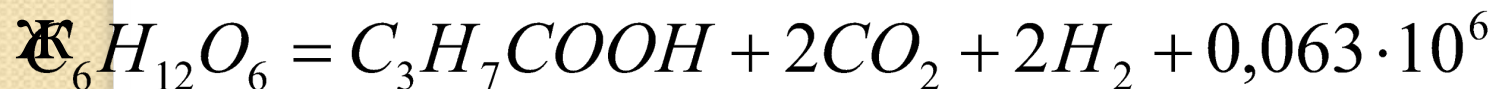
Дж

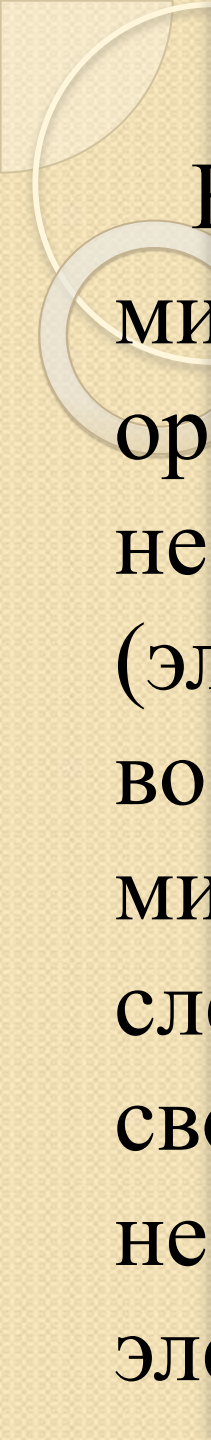
*Молочнокислое брожение* – это процесс получения энергии молочнокислыми бактериями, заключающийся в превращении молекулы сахара в две молекулы молочной кислоты с выделением энергии:



*Маслянокислое брожение* вызывается облигатно анаэробными маслянокислыми бактериями. Глюкоза в этом энергодающем процессе превращается в масляную кислоту, водород и углекислый газ:

Д





В анаэробных условиях некоторые микроорганизмы могут при окислении органических веществ использовать неорганические акцепторы водорода (электроны), которые при этом восстанавливаются. Эти микроорганизмы используют, следовательно, в качестве окислителя не свободный, а связанный кислород неорганических веществ, богатых этим элементом.



Такой способностью обладают, например, денитрифицирующие бактерии, восстанавливающие нитраты до свободного азота. Этот способ получения энергии называют *нитратным дыханием*.

Десульфатирующие бактерии используют в качестве конечного акцептора электронов (водорода) сульфаты, восстанавливая их до сероводорода, — *сульфатное дыхание*.

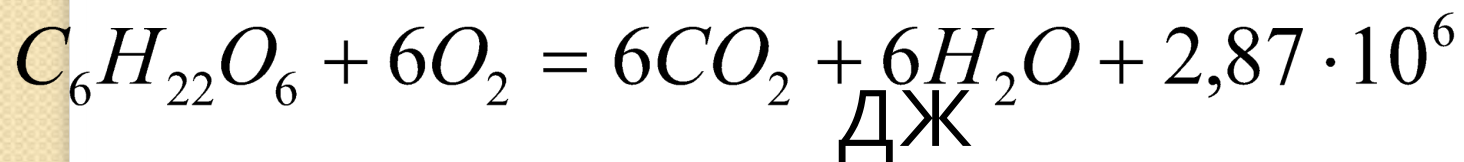
## Аэробные микроорганизмы

Многие аэробные микроорганизмы, к которым относят грибы, некоторые дрожжи и многие бактерии, подобно высшим организмам (растениям, животным), окисляют органические вещества полностью до минеральных веществ – углекислого газа и воды. Процесс этот называется *дыханием*.

В качестве энергетического материала в процессе дыхания микроорганизмы часто используют углеводы.

При этом сложные (ди-, три- и полисахариды) ферментативным путём гидролизуются до моносахаров, которые и подвергаются окислению.

Этот процесс в общем виде может быть представлен следующим уравнением:





Известно несколько путей расщепления глюкозы до этого важнейшего промежуточного продукта.

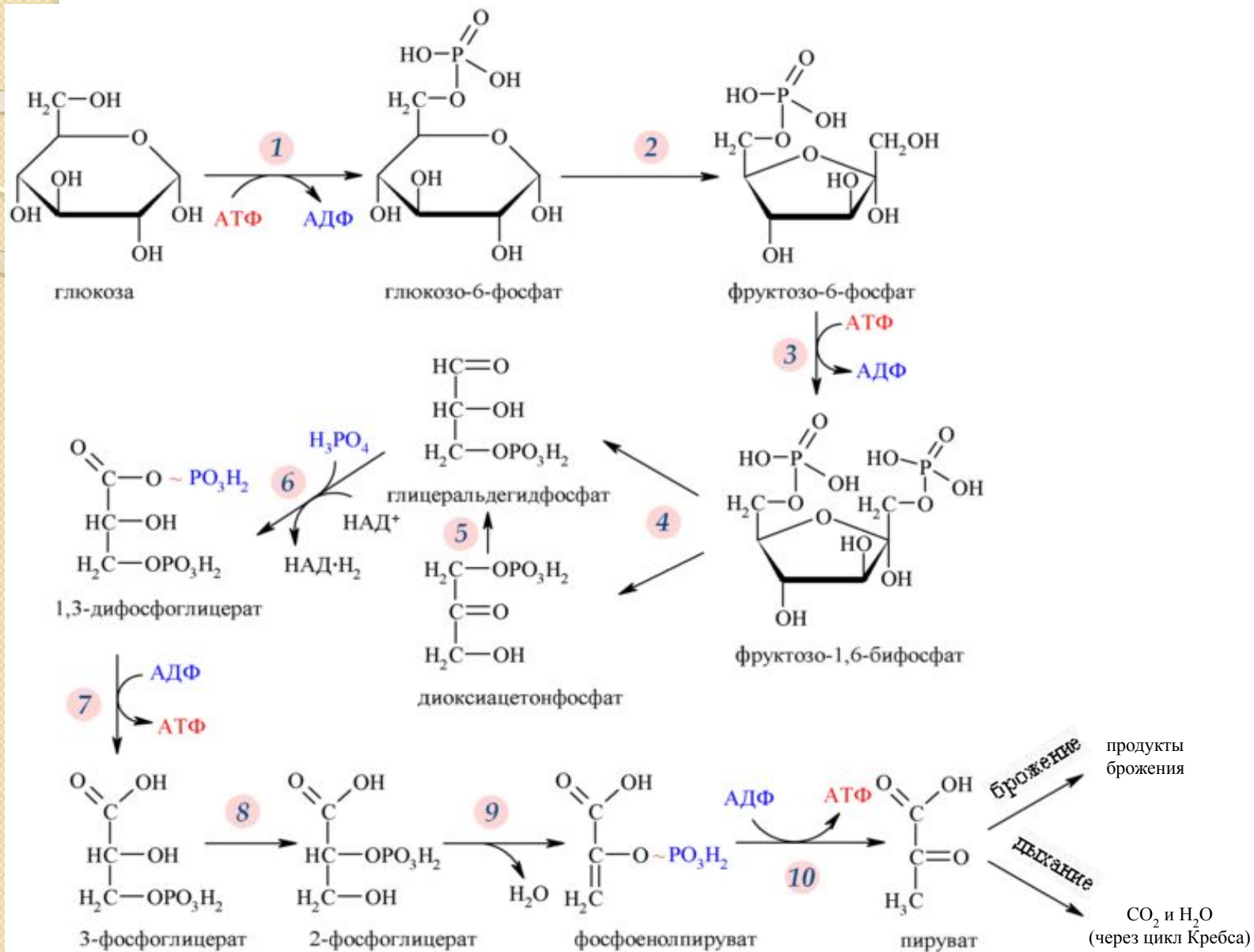
Одним из таких путей является распад глюкозы, называемый *гликолитическим*.

*Гликолиз* (от греч. glykos – сладкий и lysis – растворение).

Гликолиз является основным путём катаболизма глюкозы в любом живом организме

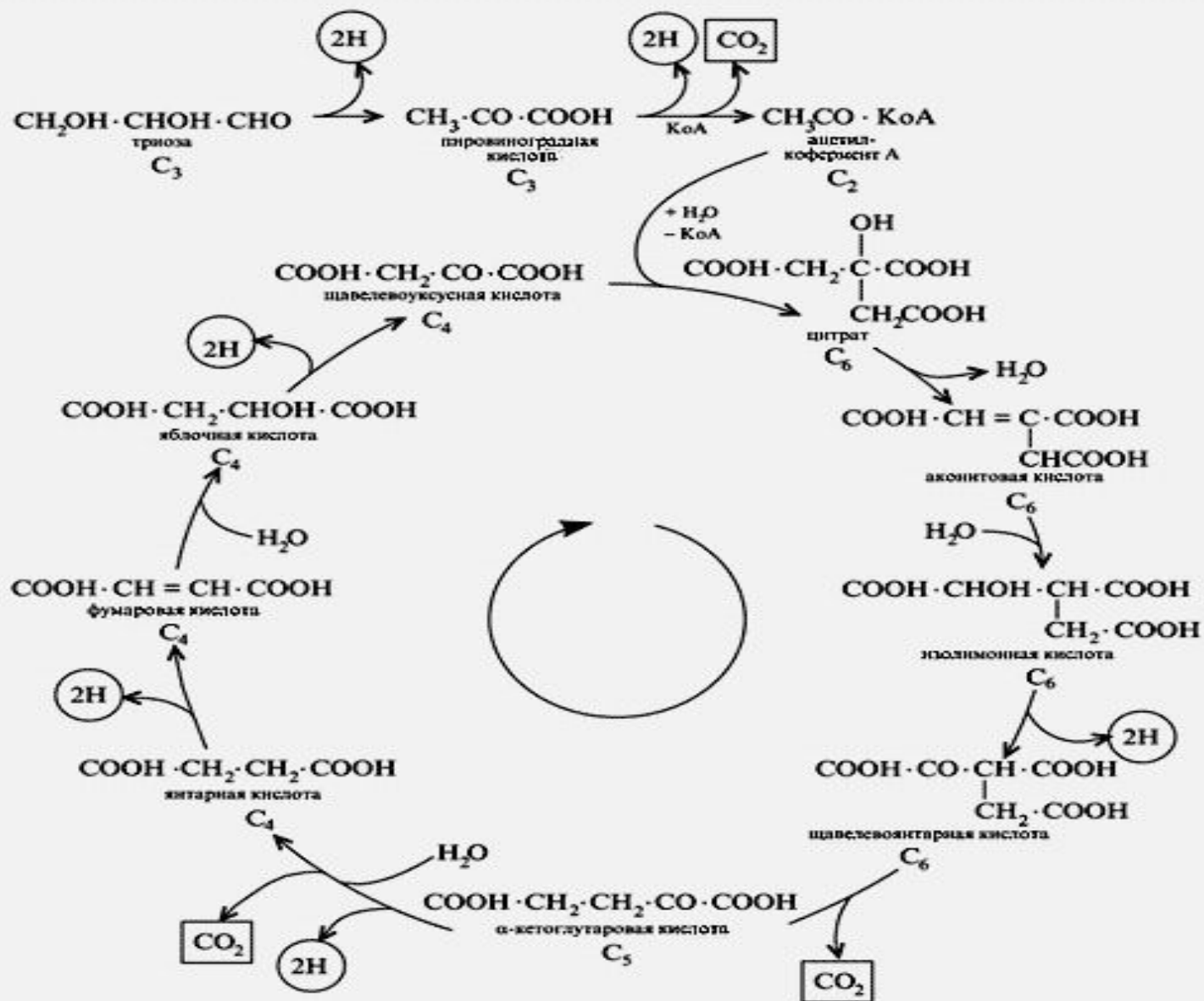
Фосфотриозный путь – анаэробный ферментативный процесс последовательного расщепления глюкозы в клетках, сопровождающийся синтезом АТФ и завершающийся образованием пировиноградной кислоты (пирувата) – *аэробный гликолиз* или молочной кислоты (лактата) – *анаэробный гликолиз*.

Гликолиз является основным путём катаболизма глюкозы в любом живом организме.



## Цикл Кребса – цикл трикарбоновых кислот (ЦТК)

- характерен для аэробных микроорганизмов;
- окисление одной молекулы пировиноградной кислоты сопровождается выделением трех молекул  $\text{CO}_2$  и пяти пар водородных атомов;



Цикл Кребса

- водород, при помощи коферментов НАД и НАД (Ф), включается в «дыхательную цепь», состоящую из ферментов и присоединяется к акцептору – молекулярному кислороду;

- в результате энергетического обмена у аэробных микроорганизмов из одной молекулы  $C_6H_{12}O_6$  образуется 38 молекул АТФ, которые используются для конструктивного обмена;

- АТФ – универсальный аккумулятор химической энергии;

- образование АТФ происходит в мезосомах и митохондриях

- у анаэробов, в результате расщепления одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ, а вся оставшаяся энергия остается в виде веществ;
- у аэробов - образуется 38 молекул АТФ, а остальные - 50% теряются в виде тепла - отсюда самосогревание продуктов и их порча, а также выделяются в виде световой энергии (свечение воды, сгнившего дерева, рыбы...).