

# БИОХИМИЯ

## ЧАСТЬ 2

### Динамическая биохимия

# Оглавление

- 2.1. Переваривание углеводов в пищеварительном тракте.  
Гликолиз.
- 2.2. Аэробный метаболизм углеводов
- 2.3. Белковый обмен
- 2.4. Липидный обмен
- 2.5. Интеграция клеточного обмена

# 2.1. Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

В обмене веществ выделяют внешний обмен и промежуточный.

*Внешний обмен* – внеклеточное переваривание веществ на путях их поступления и выделения из организма.

*Промежуточный обмен* – совокупность всех ферментативных реакций в клетке (*метаболизм*).

*Метаболизм* – совокупность всех химических реакций в клетке.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Метаболизм выполняет 4 основные функции:

- 1) извлечение энергии из окружающей среды (либо в форме химической энергии органических веществ, либо в форме энергии солнечного света);
- 2) превращение экзогенных веществ в строительные блоки – в предшественников макромолекулярных компонентов клетки;
- 3) сборку белков, нуклеиновых кислот, жиров и др. клеточных компонентов из этих строительных блоков;
- 4) синтез и разрушение тех биомолекул, которые необходимы для выполнения различных специфических функций данной клетки.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Метаболические пути:

- 1) катаболические;
- 2) анаболические.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

### Катаболизм включает 3 основных этапа:

- 1) крупные пищевые молекулы расщепляются на составляющие их строительные блоки (аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты и др.);
- 1) продукты, образовавшиеся на 1-й стадии, превращаются в более простые молекулы, число которых невелико – ацетил-КоА и др.;
- 1) эти продукты окисляются до  $\text{CO}_2$  и воды.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

*Анаболические пути* – это ферментативный синтез сравнительно крупных клеточных компонентов из простых предшественников. Процессы связаны с потреблением свободной энергии, которая поставляется в форме энергии фосфатных связей АТФ. Анаболизм включает 3 стадии, в результате которых образуются биополимеры.



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Переваривание углеводов

Полисахариды и олигосахариды распадаются до более простых соединений путем гидролиза.

Расщепление крахмала и гликогена начинается в полости рта под действием амилазы слюны, относящейся к классу гидролаз.

Известны 3 вида амилаз, различающиеся по конечным продуктам.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Всасывание моносахаридов

Продукты полного переваривания углеводов – глюкоза, галактоза, фруктоза – через стенки кишечника поступают в кровь.

Моносахариды поступают через клеточные мембраны путем облегченной диффузии, с участием специальных переносчиков.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Распад (катаболизм) глюкозы

Возможен двумя путями: *дихотомическим* (распад шести углеродной глюкозы на две трехуглеродные молекулы) и *апотомическим* (молекула глюкозы теряет один атом углерода и образуется пентоза).

Может протекать в клетке в аэробных и анаэробных условиях.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

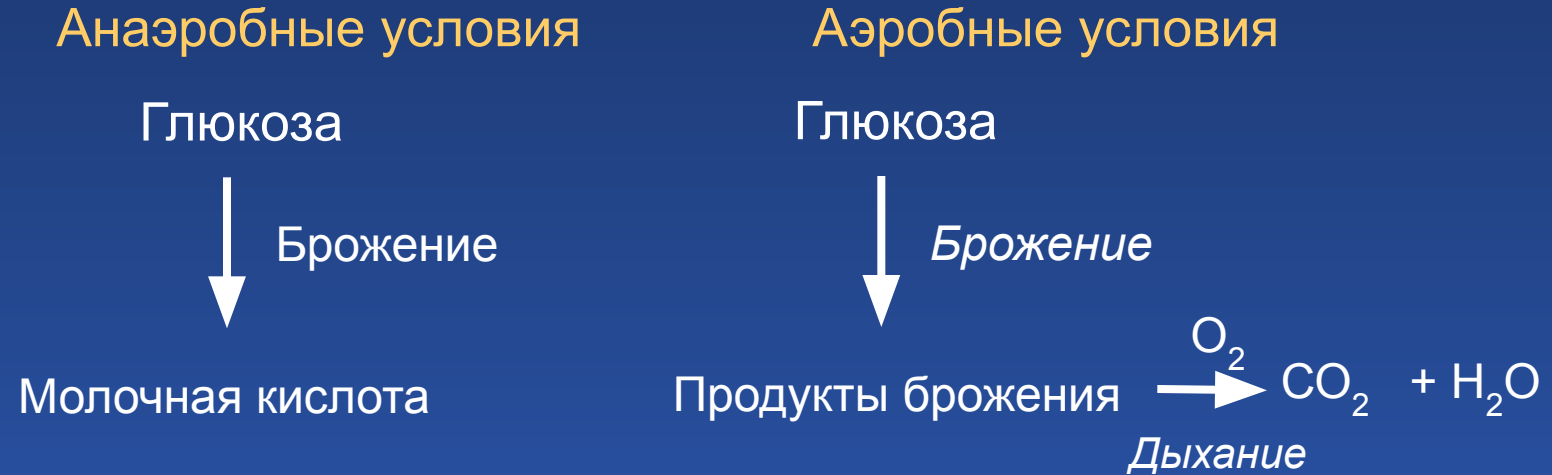
- Дихотомический распад глюкозы происходит как в анаэробных, так и в аэробных условиях.
- При распаде глюкозы в анаэробных условиях в результате молочнокислого брожения образуется молочная кислота (*гликолиз*).

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

- *Гликолиз* – центральный путь катаболизма глюкозы в животных, растительных клетках и микроорганизмах.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Брожение и дыхание



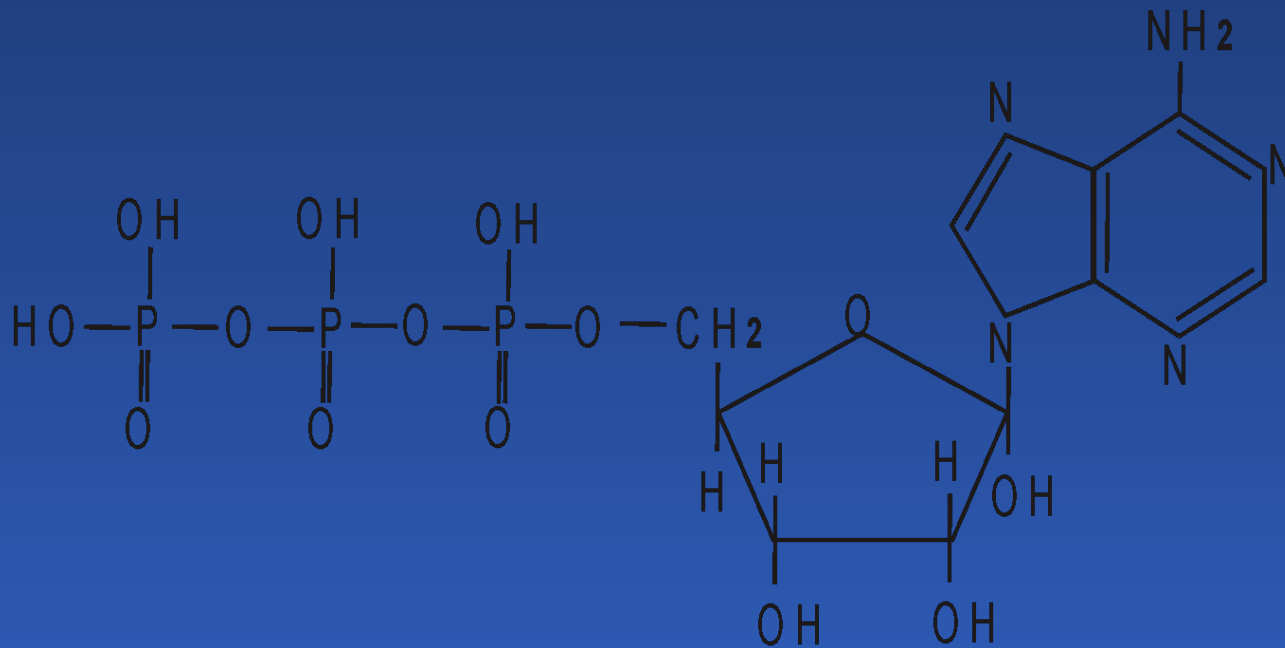
## Гликолиз



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз

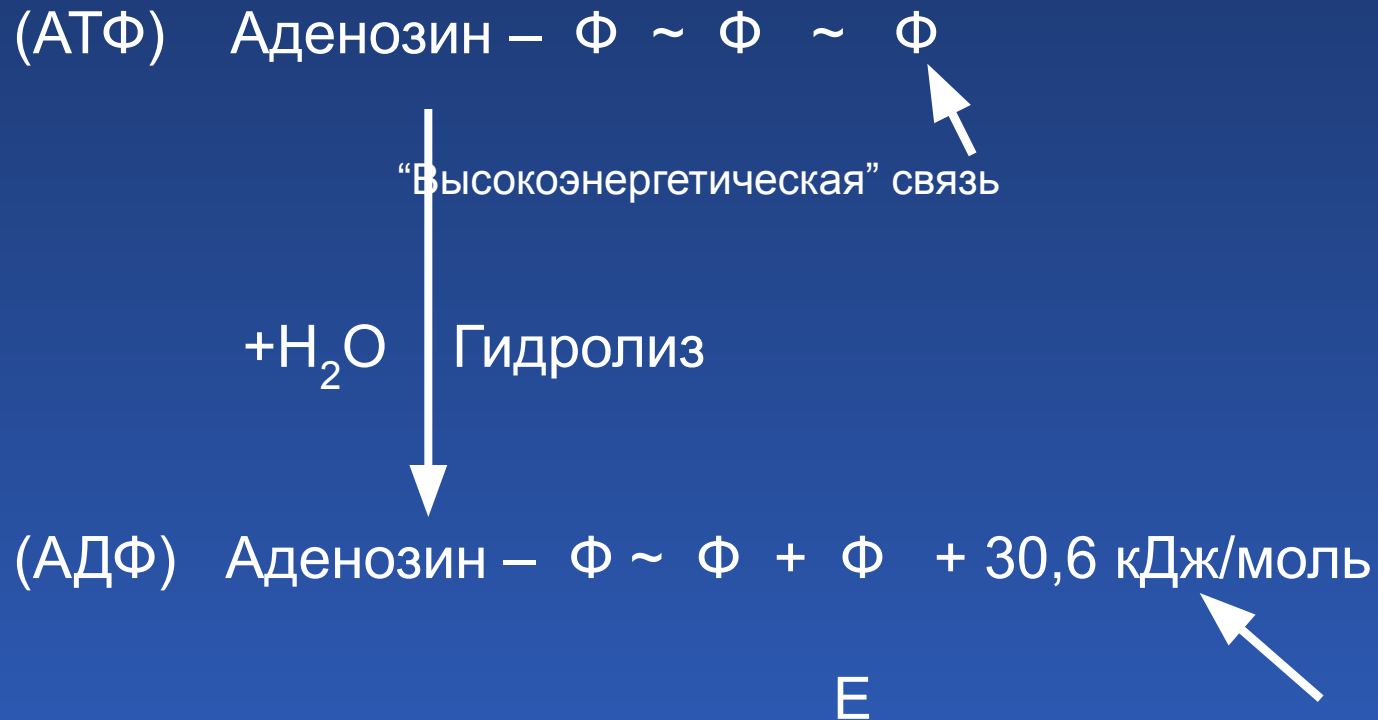
**АТФ** – стандартная единица, в виде которой запасается высвобождающаяся при дыхании энергия.



Аденозинтрифосфорная кислота

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз





# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз



Суммарная реакция:



$$\Delta Gs' = \Delta G1' + \Delta G2' = -47,0 + 14,6 = -32,4 \text{ ккал}$$

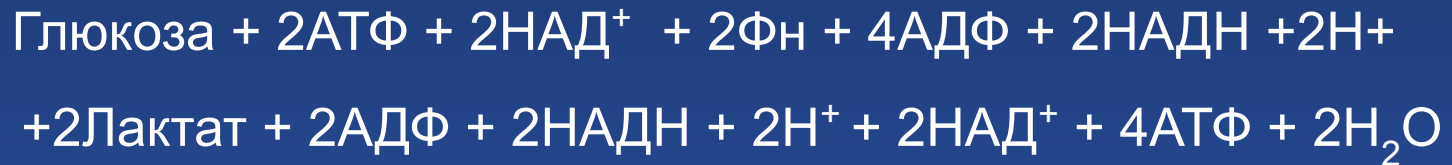
# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Полный баланс гликолиза

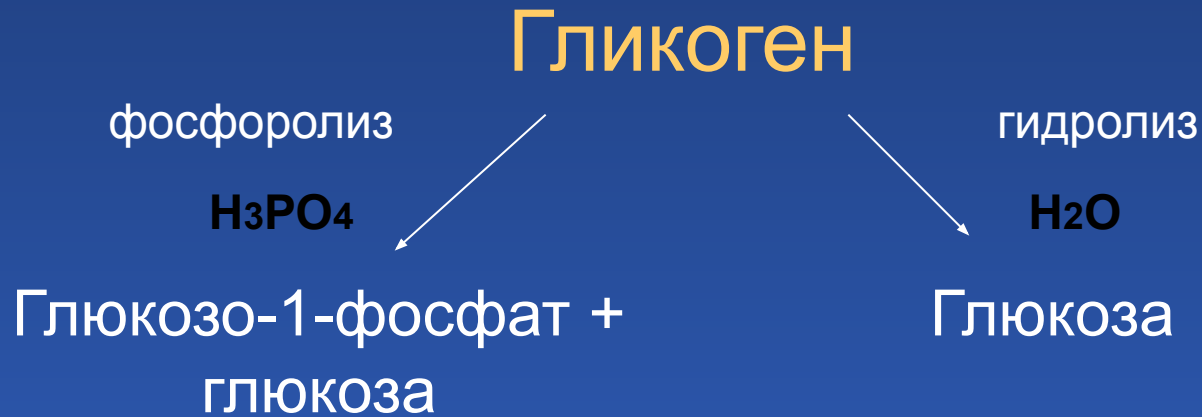


Вычеркнув одни и те же члены получим:



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

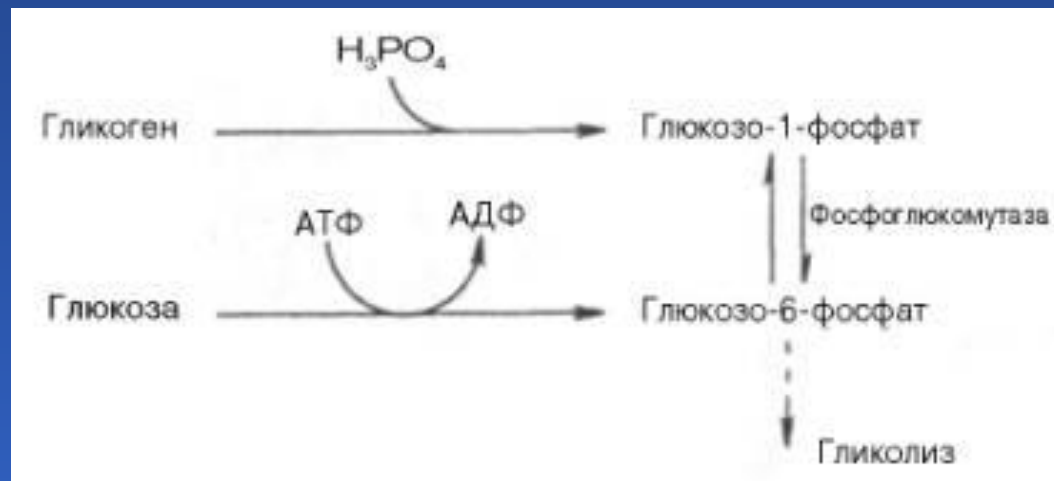
## Гликогенолиз (катаболизм гликогена)



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

Гликогенолиз (катаболизм гликогена)

Гликоген → глюкозо-1-фосфат → глюкозо-6-фосфат → ...  
→ 2лактат



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

- Биосинтез глюкозы – *глюконеогенез*.
- *Субстраты:* АМК, превращающиеся в пировиноградную и щавелевоуксусную кислоты (гликогенные АМК).
- Биосинтез гликогена – *гликогеногенез*.

## **2.2. Аэробный метаболизм углеводов**

# Аэробный метаболизм углеводов

## Энергетика брожения и дыхания

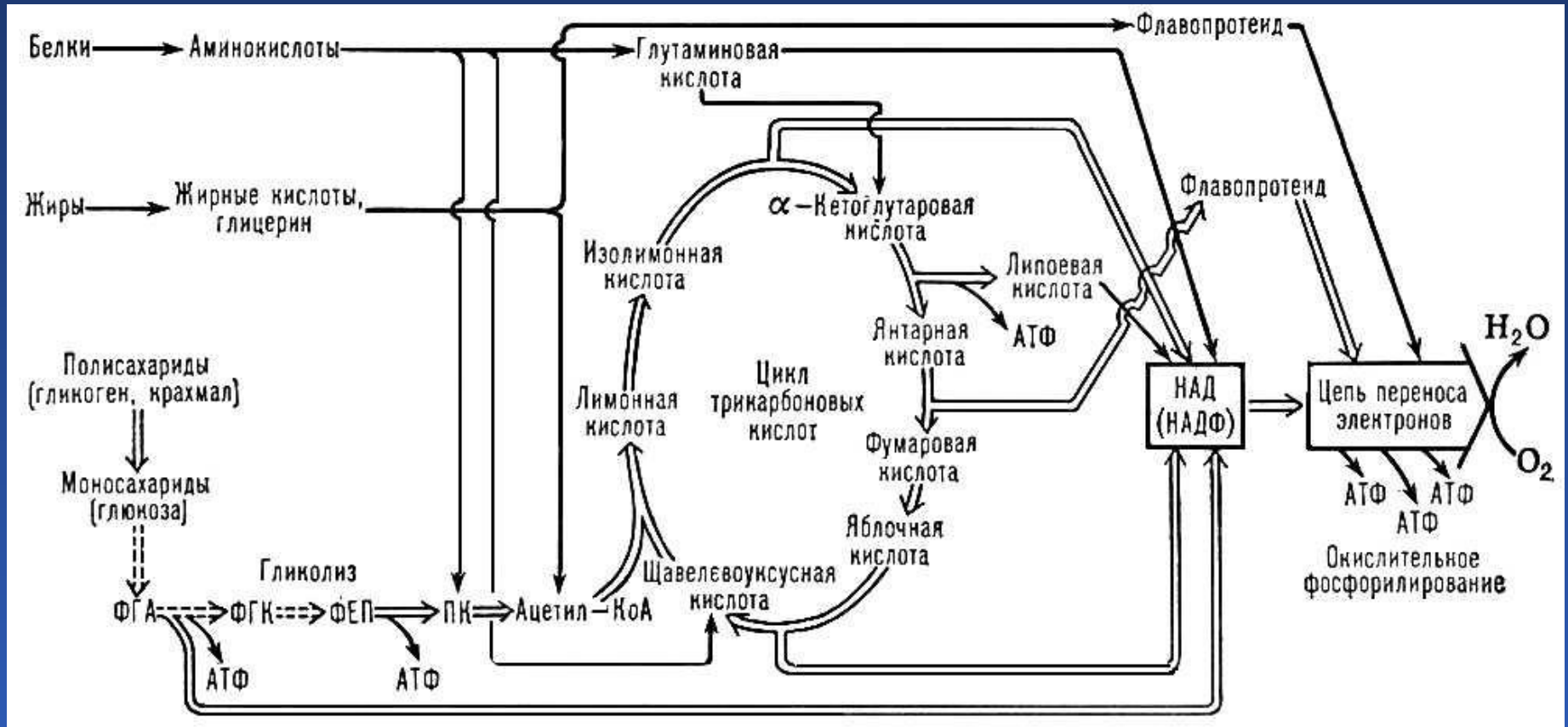
Глюкоза  $\rightarrow$  2Лактат,  $\Delta G' = -47$  ккал (гликолиз)

Глюкоза +  $6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta G' = -686$  ккал (дыхание)



# Аэробный метаболизм углеводов

## Общая схема дыхания





# Аэробный метаболизм углеводов

## Баланс энергии

Экзергонический компонент:



Эндергонический компонент:



Таким образом, общая эффективность накопления энергии составляет:  
 $263/680 \cdot 100 = 39 \%$

## 2.3. Белковый обмен

# Белковый обмен

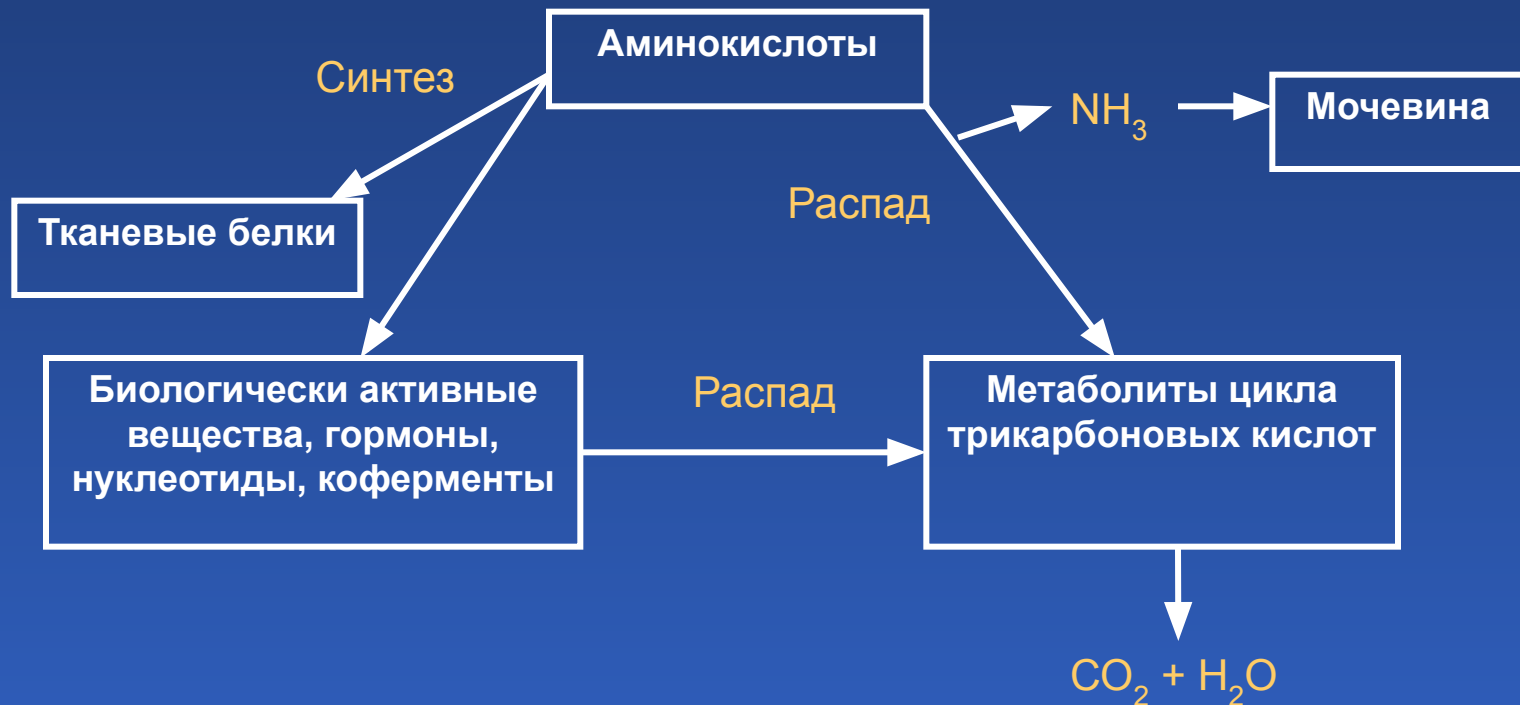
## Общие представления об обмене белков



Общий фонд аминокислот

# Белковый обмен

В клетках аминокислоты могут включаться в синтез новых белков или разрушаться в процессе диссимилиации до конечных продуктов обмена



# Белковый обмен

## Пищеварение белков

- Распад белков в организме под влиянием ферментов – *протеолиз*.
- *Ферменты, участвующие в переваривании белков:*

пепсин – желудочный сок;

трипсин, химотрипсин, дипептидазы – кишечный сок.

Максимальная концентрация АМК достигается через 30-50 мин. после приема белка с пищей.

# Синтез белков

- в живых организмах – сложный многоступенчатый процесс, включающий активацию аминокислот, установление их последовательности в полипептидной цепи белка, замыкание пептидных связей и образование трехмерной структуры, свойственной данному белку.



# Внутриклеточный распад белков

- В организме человека массой 70 кг при обычном режиме питания ежедневно распадается и вновь синтезируется около 400 г белка.
- Распад может происходить двумя способами – **гидролитическим** (с образованием аминокислот) с помощью катепсинов, находящихся в лизосомах, и **нуклеопептидным**, реализующимся в разрушении тканевых белков при взаимодействии их с АТФ, в результате чего образуются фосфорилированные пептиды.

# Пути выведения аммиака из организма

- 1 - Временное связывание с образованием амидов аспарагиновой и глутаминовой кислот – аспарагина и глутамина. Аспарагин и глутамин транспортируют аммиак из различных тканей в печень, где он обезвреживается.
- 2 – Восстановительное аминирование щавелевоуксусной кислоты с образованием аспарагиновой кислоты. Она принимает участие в окончательном устранении аммиака – синтезе мочевины в печени.

## 2.4. Липидный обмен

# Превращение липидов в процессе пищеварения

- В составе липидов пищи преобладают триглицериды, фосфолипиды, стерины.
- Процесс расщепления пищевых жиров идет в основном в тонком кишечнике.
- Образующиеся в пилорическом отделе желудка жирные кислоты и моноглицериды участвуют в эмульгировании жиров в двенадцатиперстной кишке.

# Превращение липидов в процессе пищеварения

- В желудке под действием протеиназ желудочного сока происходит частичное расщепление белковых компонентов липопротеидов, что в дальнейшем облегчает расщепление их липидных составляющих в тонком кишечнике.
- При расщеплении жиров под действием липаз панкреатического сока и кишечного сока образуются свободные высшие жирные кислоты, моноацилглицерины и глицерол.
- 40-50% пищевых жиров расщепляется полностью, а 3-10% пищевых жиров могут всасываться в неизменном виде.

# Всасывание продуктов переваривания липидов и ресинтез липидов в кишечной стенке

- В стенку кишечника легко всасываются вещества, хорошо растворимые в воде - глицерол, аминоспирты и жирные кислоты с короткими углеводородными радикалами.
- Эти соединения из клеток кишечника поступают в кровь и вместе с током крови транспортируются в печень.

# Всасывание продуктов переваривания липидов и ресинтез липидов в кишечной стенке

- Большинство продуктов переваривания липидов (высшие жирные кислоты, моно- и диацилглицерины, холестерол и др.) плохо растворимы в воде и для их всасывания в стенку кишечника требуется специальный механизм.
- Все высшие жирные кислоты, всосавшиеся в клетки кишечника, используются в энтероцитах для ресинтеза различных липидов.

# Всасывание продуктов переваривания липидов и ресинтез липидов в кишечной стенке

- Поступление липидов в лимфу наблюдается уже через 2 часа после приема пищи, гиперлипидемия достигает максимума через 6-8 часов, через 10-12 часов после приема пищи она полностью исчезает.
- Триглицериды, фосфолипиды, холестерол практически не растворимы в воде, в связи с чем они не могут транспортироваться кровью или лимфой в виде одиночных молекул.



# Обмен холестерина в тканях

- Суточная потребность человека в холестероле составляет около 1 г.
- Поступление 2-3 г холестерола с пищей почти полностью тормозит эндогенный синтез; полное отсутствие в пище приводит к тому, что в сутки в организме будет синтезироваться около 1 г холестерола.
- Основной орган в котором идет синтез холестерола - печень.
- Общее содержание холестерола в организме составляет около 140 г.

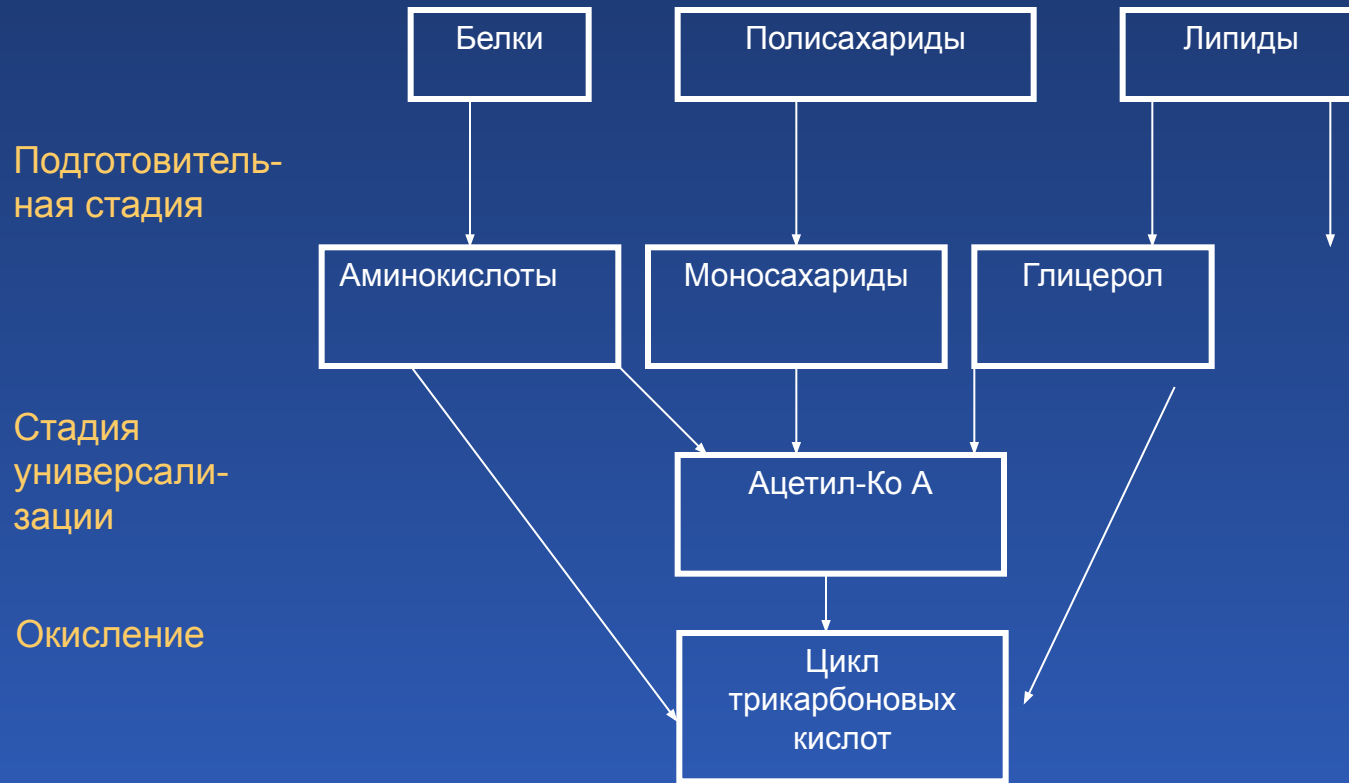
# Обмен холестерина в тканях

- Холестерол используется в организме для синтеза желчных кислот, стероидных гормонов, в коже из 7-дегидрохолестерола под действием ультрафиолетовой радиации образуется витамин Д.
- Избыток холестерина выводится из организма с желчью.
- Холестериновый гомеостаз в организме - результат динамического равновесия процессов: 1) поступления его в организм и эндогенного синтеза; 2) процессов использования холестерина для нужд клеток и его выведения из организма.

## 2.5. Интеграция клеточного обмена

# Интеграция клеточного обмена

## Взаимосвязь процессов обмена углеводов, липидов, белков



# Интеграция клеточного обмена

## Внутриклеточная регуляция обмена веществ

В клетке скорость химических реакций определяется:

- 1) доступностью субстратов (концентрация реагирующих веществ);
- 2) активностью ферментов (конкурентное и неконкурентное торможение, аллостерическая регуляция);
- 3) количеством ферментов;
- 4) доступностью кофакторов (АТФ, ФДФ, НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup> и др.).

Нервная и гормональная регуляция обмена веществ