

Лекция для студентов 1 курса лечебного,  
педиатрического и стоматологического факультетов  
Составитель: Трофимова С.Р.

# **ХИМИЯ**

# **АМИНОКИСЛОТ, ПЕПТИДОВ**

# **И БЕЛКОВ**



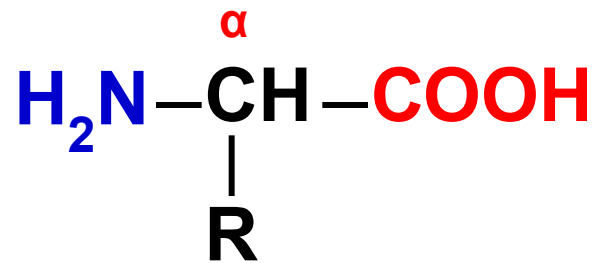
# План лекции

1. Аминокислоты. Определение, строение, виды классификаций.
2. Свойства аминокислот: амфотерность, образование цвиттер-иона, образование комплекса с медью, реакция с нингидрином и азотистой кислотой, биологически важные реакции: дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование,
3. Пептиды, полипептиды, образование пептидов. Биологически важные пептиды.
4. Белки: определение, структуры, связи, участвующие в стабилизации структуры молекулы белка, формы белковых молекул.
5. Свойства белков: амфотерность, растворимость, факторы, стабилизирующие белки в растворе, изоэлектрическое состояние, изоэлектрическая точка.
6. Классификация и роль белков

# АМИНОКИСЛОТЫ

- это органические вещества, содержащие карбоксильную и amino-группы.

Общая формула  $\alpha$ -аминокислоты



В состав белков входят 20 разновидностей  $\alpha$ , L-аминокислот.

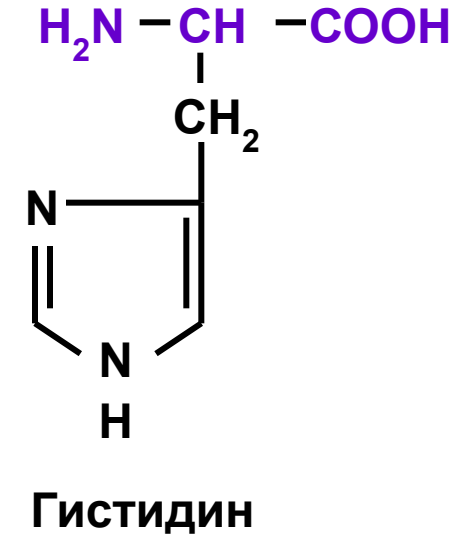
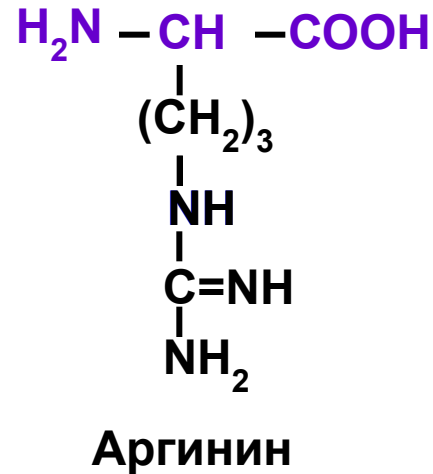
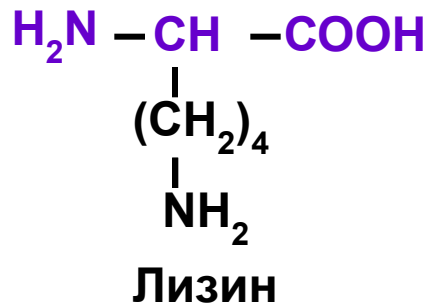
# Классификации аминокислот

## 1) по полярности и заряду радикала (рациональная)

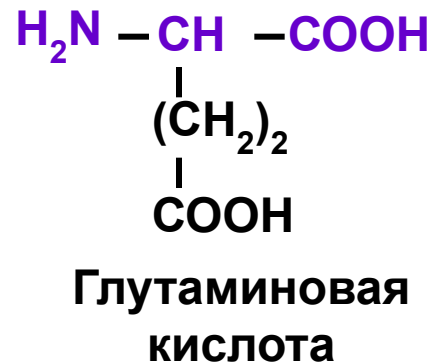
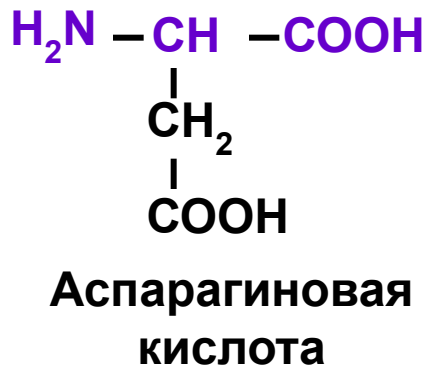
<b>Полярные (с гидрофильным радикалом)</b>			<b>Неполярные (с гидрофобным радикалом)</b>
<b>Положительно- заряженные</b>	<b>Отрицательно- заряженные</b>	<b>Незаряженные</b>	
1. Лизин 2. Аргинин 3. Гистидин	1. Аспарагино- вая кислота 2. Глутаминовая кислота	1. Глицин 2. Серин 3. Треонин 4. Тирозин 5. Цистеин 6. Аспарагин 7. Глутамин	1. Аланин 2. Валин 3. Лейцин 4. Изолейцин 5. Пролин 6. Фенилаланин 7. Триптофан 8. Метионин

# I. Полярные аминокислоты (с гидрофильным радикалом)

## 1) Положительнозаряженные аминокислоты



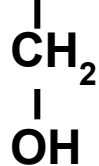
## 2) Отрицательнозаряженные аминокислоты



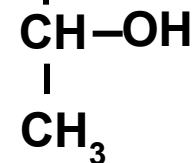
### 3) Полярные незаряженные аминокислоты



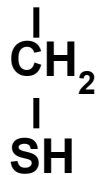
Глицин



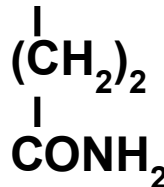
Серин



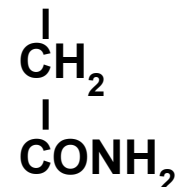
Треонин



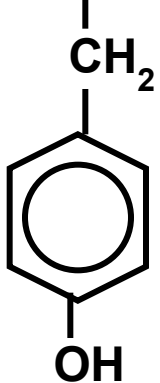
Цистеин



Глутамин

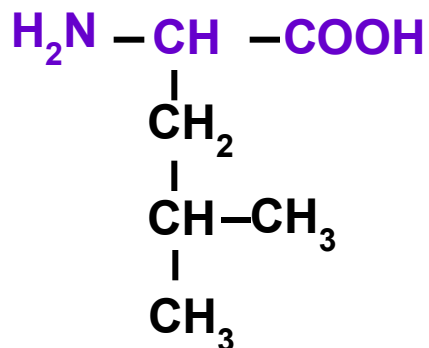


Аспарагин

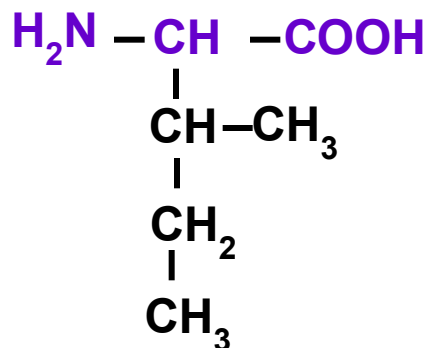


Тирозин

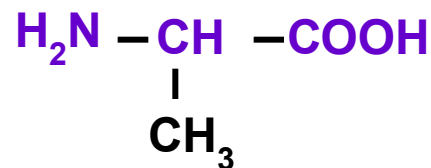
## II. Неполярные аминокислоты (с гидрофобным радикалом)



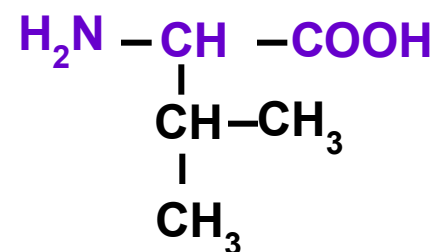
Лейцин



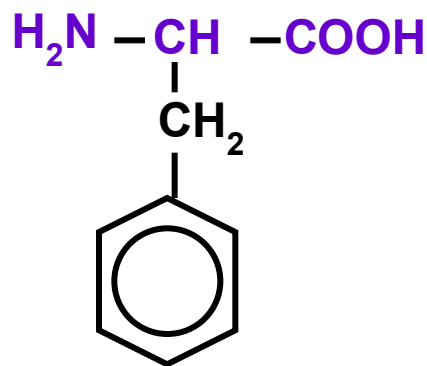
Изолейцин



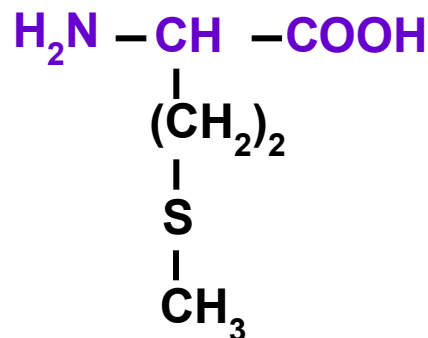
Аланин



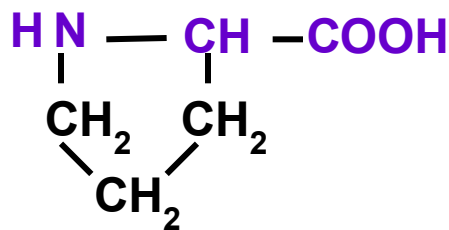
Валин



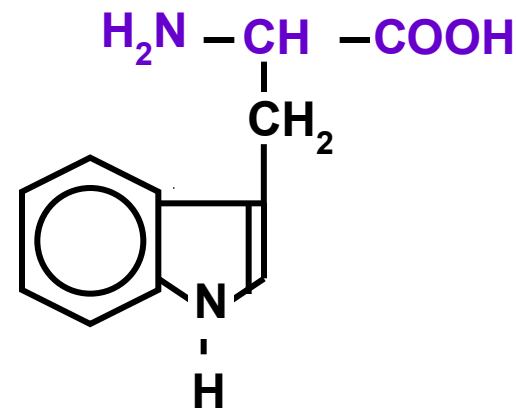
Фенилаланин



Метионин



Пролин



Триптофан

## 2) По числу карбоксильных групп и аминогрупп

Нейтральные	Основные	Кислые
1 $\text{NH}_2$ и 1 $\text{COOH}$ группы	2 $\text{NH}_2$ и 1 $\text{COOH}$ группы	1 $\text{NH}_2$ и 2 $\text{COOH}$ группы
1) Глицин 2) Аланин 3) Валин 4) Лейцин 5) Изолейцин 6) Цистеин 7) Серин 8) Треонин и др.	1) Лизин 2) Орнитин 3) Аргинин	1) Аспарагиновая кислота 2) Глутаминовая кислота



### 3) по строению радикала

Алифатические	Ароматические	Гетеро-циклические
Глицин Аланин Валин Лейцин Лизин Глутаминовая кислота Аспарагиновая	Фенилаланин Тирозин Триптофан Гистидин	Гистидин Триптофан Пролин

## 4) По содержанию дополнительных функциональных групп

<b>Гидрокси-аминокислоты</b>	<b>Амиды аминокислот</b>	<b>Серу-содержащие АК</b>
Серин Треонин Тирозин	Аспарагин Глутамин	Цистеин Метионин

## 5) Биологическая классификация

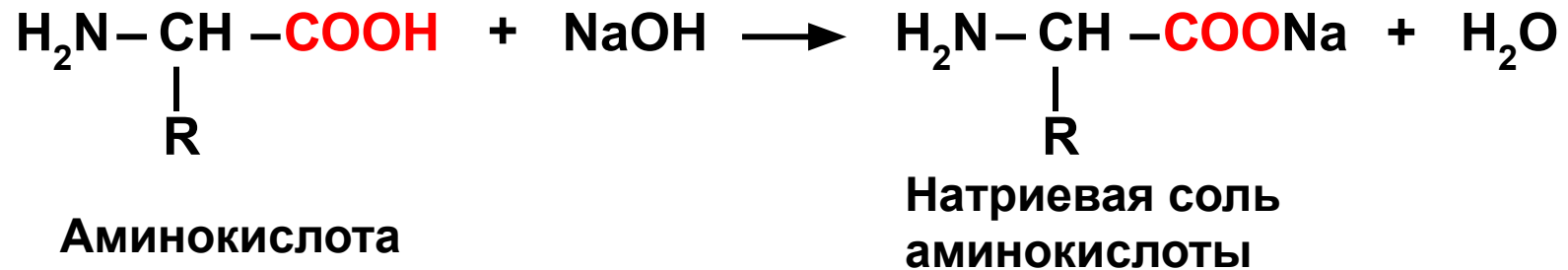
<b>Заменяемые</b>	<b>Абсолютно незаменимые</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Глицин</li><li>2. Аланин</li><li>3. Серин</li><li>4. Аспарагиновая кислота</li><li>5. Глутаминовая кислота</li><li>6. Аспарагин</li><li>7. Глутамин</li><li>8. Пролин</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Валин</li><li>2. Лейцин</li><li>3. Изолейцин</li><li>4. Треонин</li><li>5. Метионин</li><li>6. Лизин</li><li>7. Триптофан</li><li>8. Фенилаланин</li></ol>
<b>Условно заменяемые</b>	<b>Условно незаменимые</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Цистеин</li><li>2. Тирозин</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Аргинин</li><li>2. Гистидин</li></ol>

# Свойства аминокислот

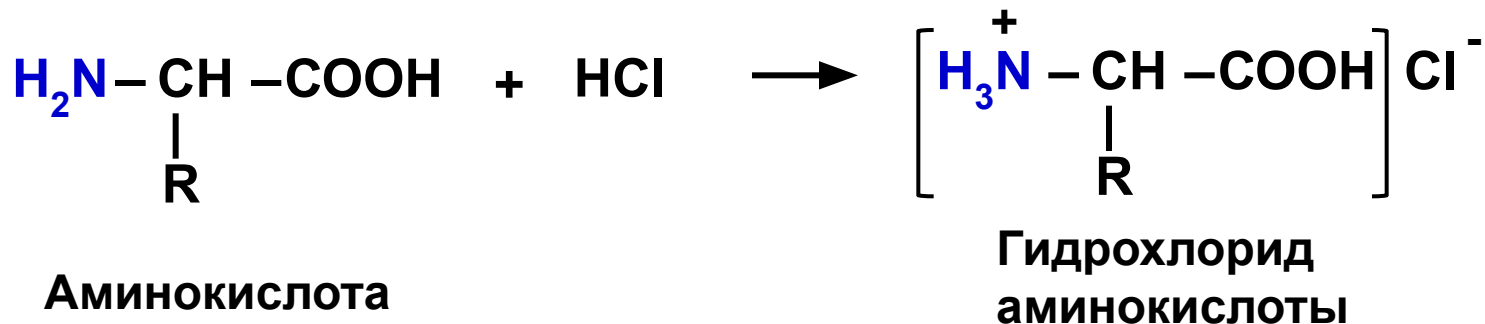
# 1) Амфотерность аминокислот

- способность аминокислоты проявлять как кислотные, так и основные свойства.

**Кислотные** свойства аминокислоты обусловлены наличием **карбоксильной** группы:

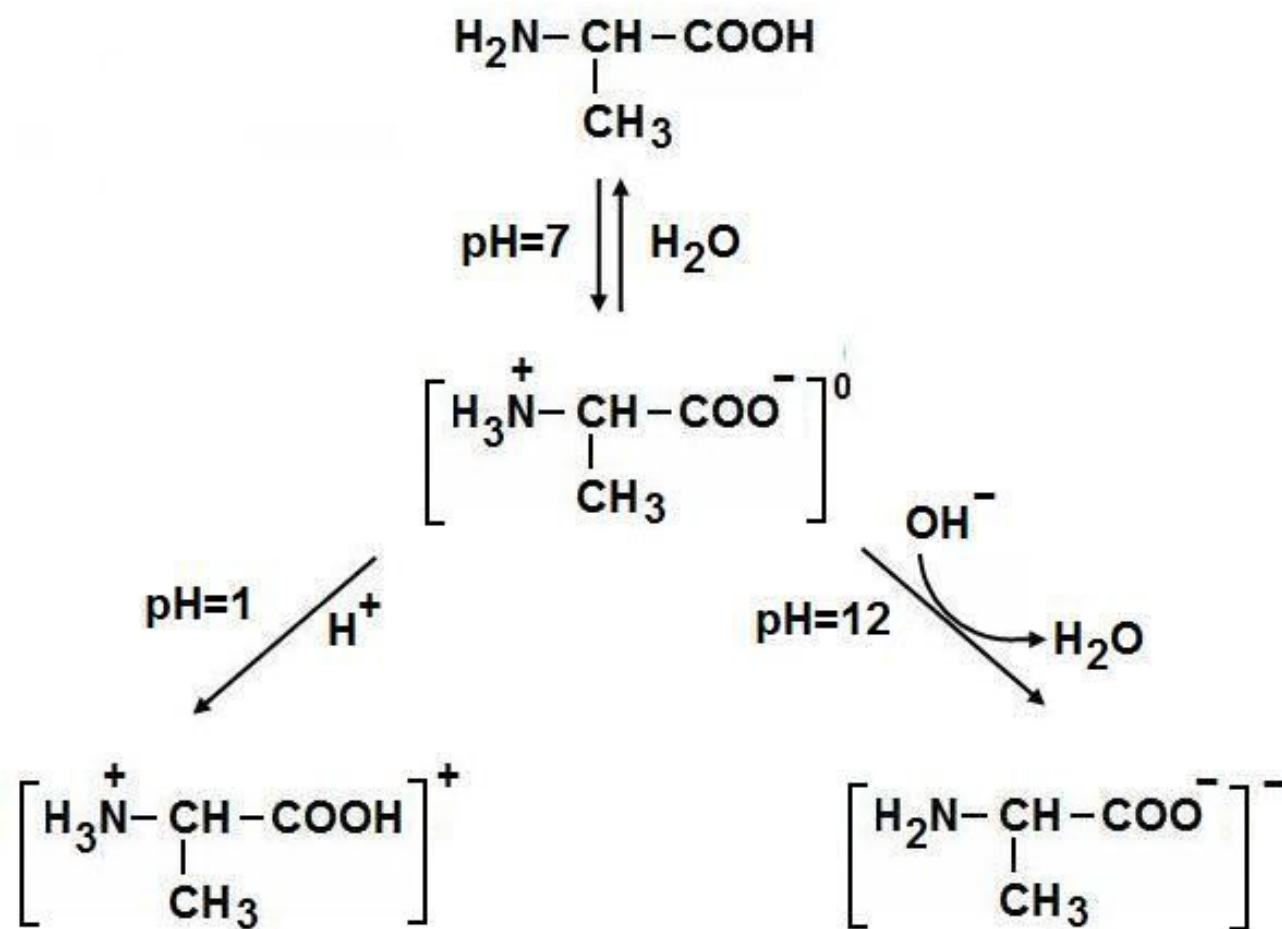


**Основные** свойства аминокислоты обусловлены наличием **амино-**группы:

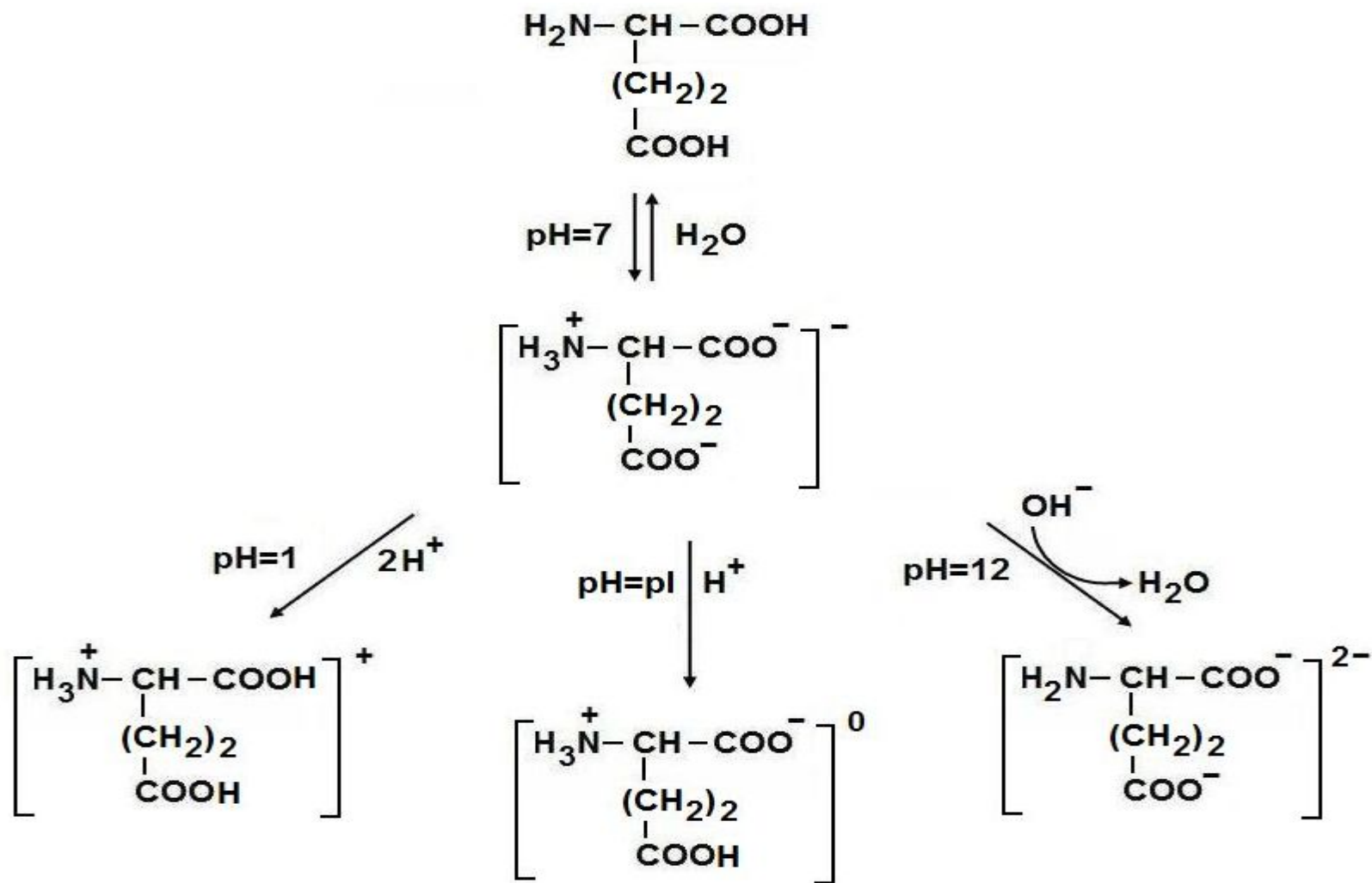




# Заряды моноаминомонокарбоновых аминокислот в разных средах на примере аланина

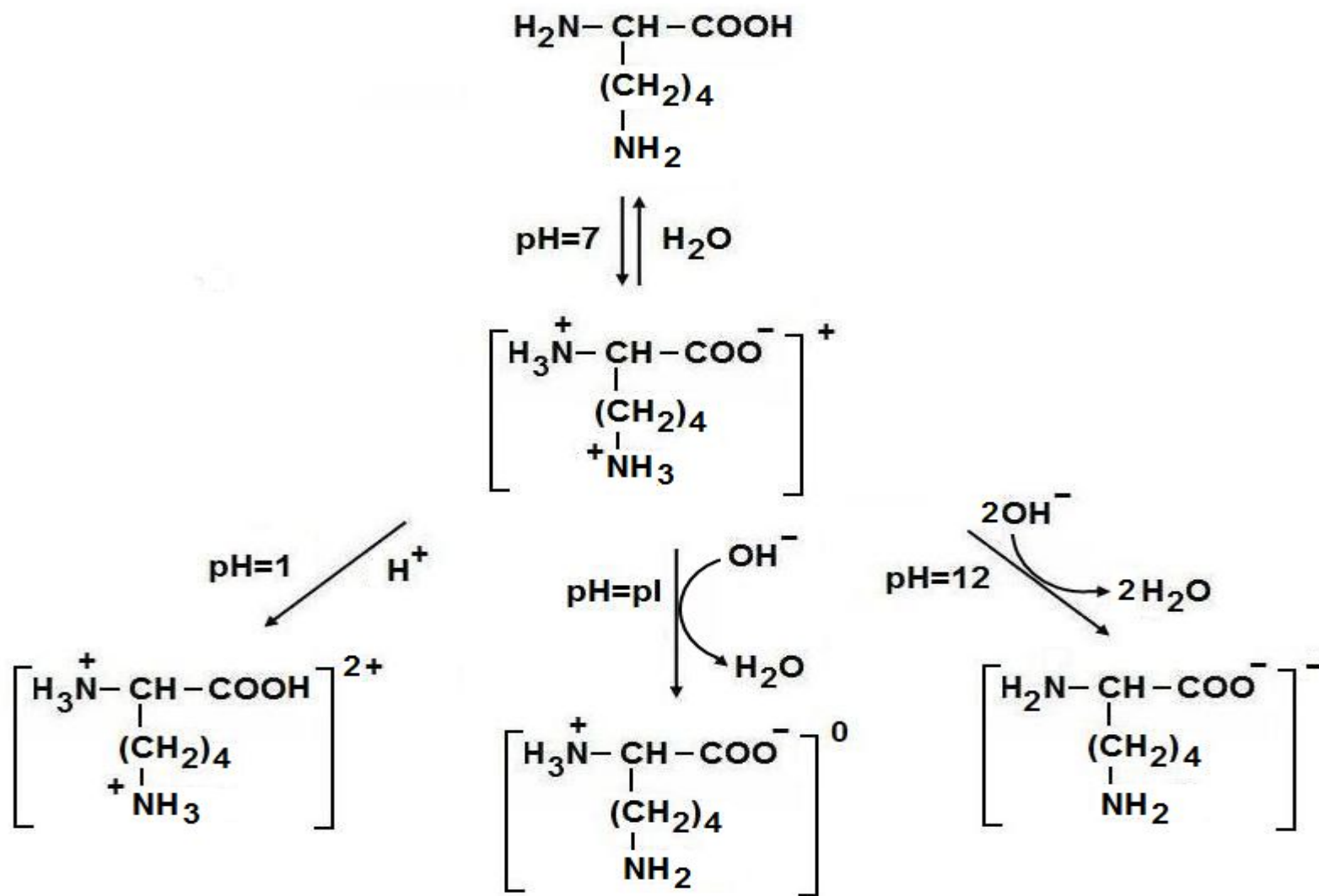


# Заряды моноаминодикарбоновых аминокислот в разных средах на примере глутаминовой кислоты

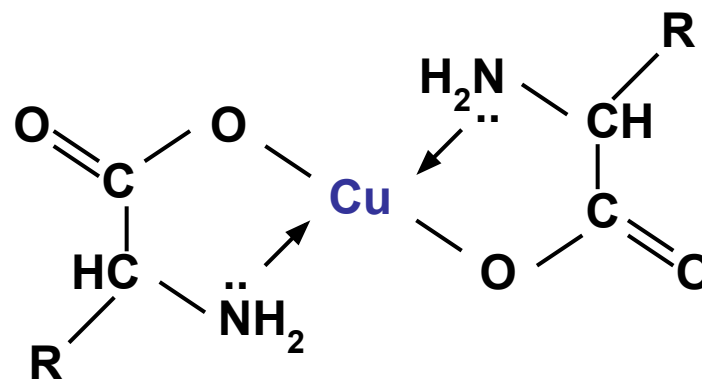
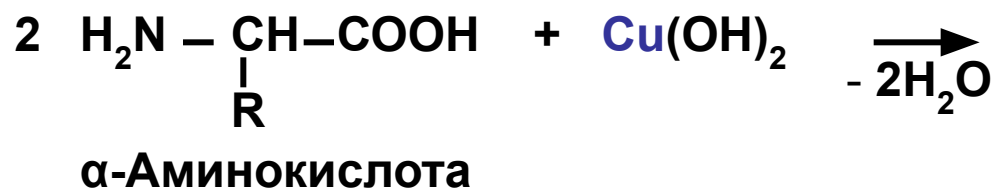




# Заряды диаминомонокарбоновых аминокислот в разных средах на примере лизина

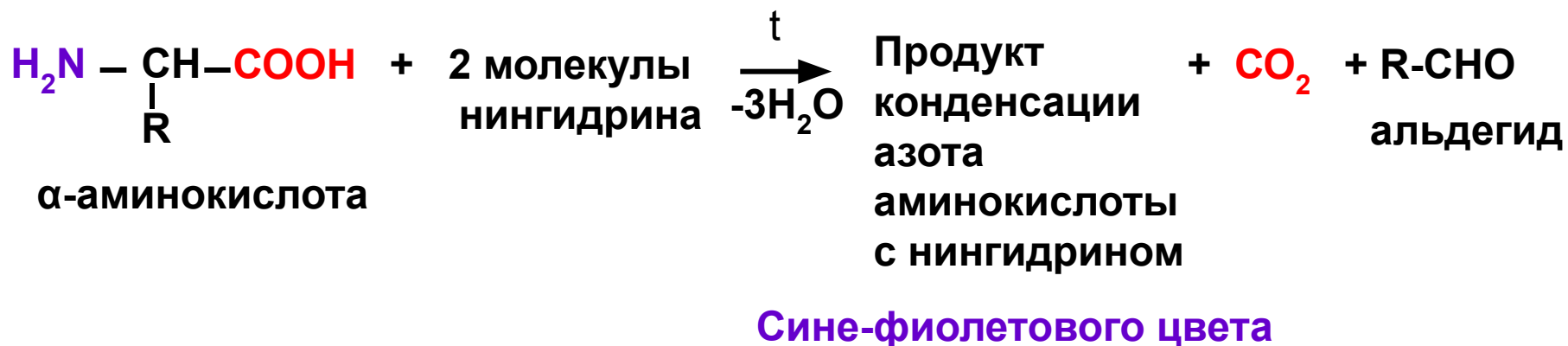


### 3) Образование комплексной (хелатной) соли меди (II) с $\alpha$ -аминокислотами

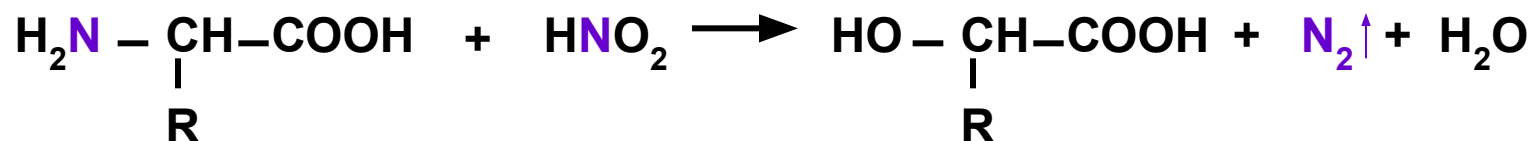


Комплексная соль меди (II)  
с  $\alpha$ -аминокислотой  
синего цвета

## 4) Общая качественная реакция на $\alpha$ -аминокислоты с нингидрином



## 5) Дезаминирование с азотистой кислотой



α-аминокислота

α-гидроксикислота

Данная реакция используется для **количественного определения α-аминокислоты** по объему выделившегося азота (метод Ван-Слайка)

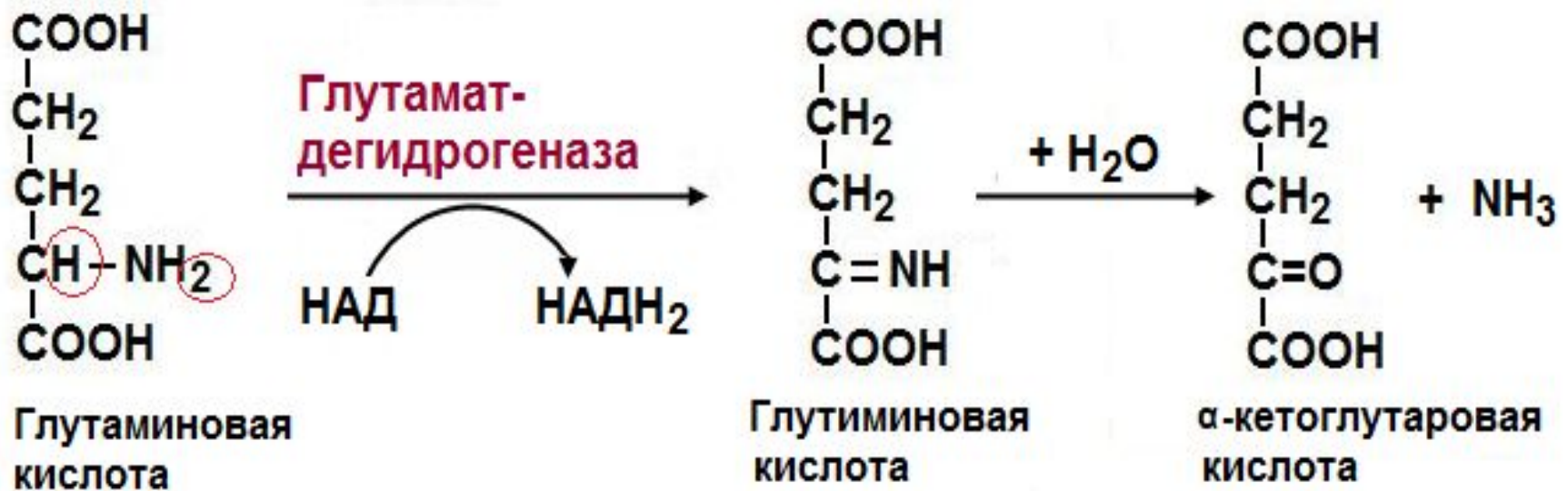
# **Общие пути превращения аминокислот в организме животных и человека**

**1. Дезаминирование**

**2. Трансаминирование**

**3. Декарбоксилирование**

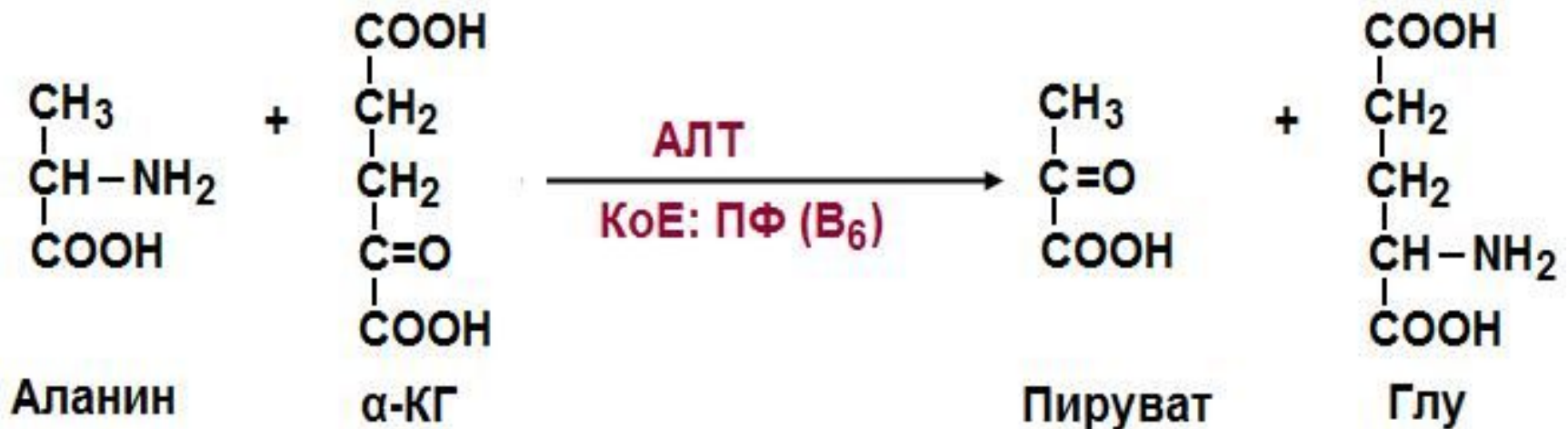
# 1. Дезаминирование – превращения аминокислот, протекающие с потерей аминогруппы в виде аммиака.



**Роль дезаминирования** - образование свободного аммиака и безазотистого вещества (кето-кислоты).

## 2. Трансаминирование (переаминирование) – перенос аминогруппы с аминокислоты на кетокислоту с образованием новой аминокислоты и новой кетокислоты.

Например, трансаминирование аланина



### 3. Декарбоксилирование – отщепление карбоксильной группы аминокислоты с образованием биогенного амина и углекислого газа.

Например, декарбоксилирование гистидина:



**Роль декарбоксилирования** – образование биогенных аминов (гистамина, серотонина, ГАМК, таурина, дофамина и др.)



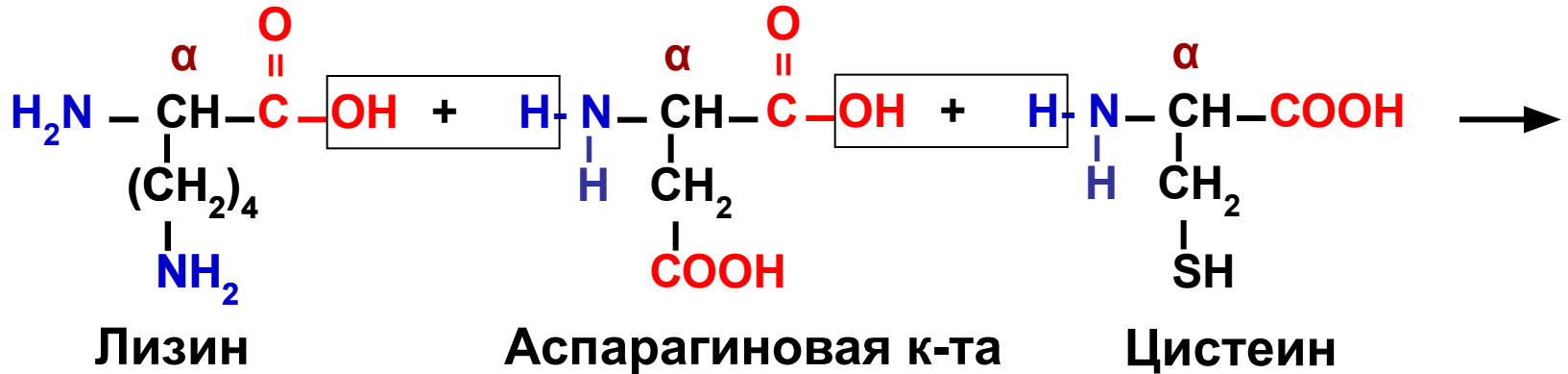
# Пептиды

**Пептиды** - это органические вещества, содержащие в своем составе от 2 до 10 аминокислотных остатка, соединенных пептидными связями

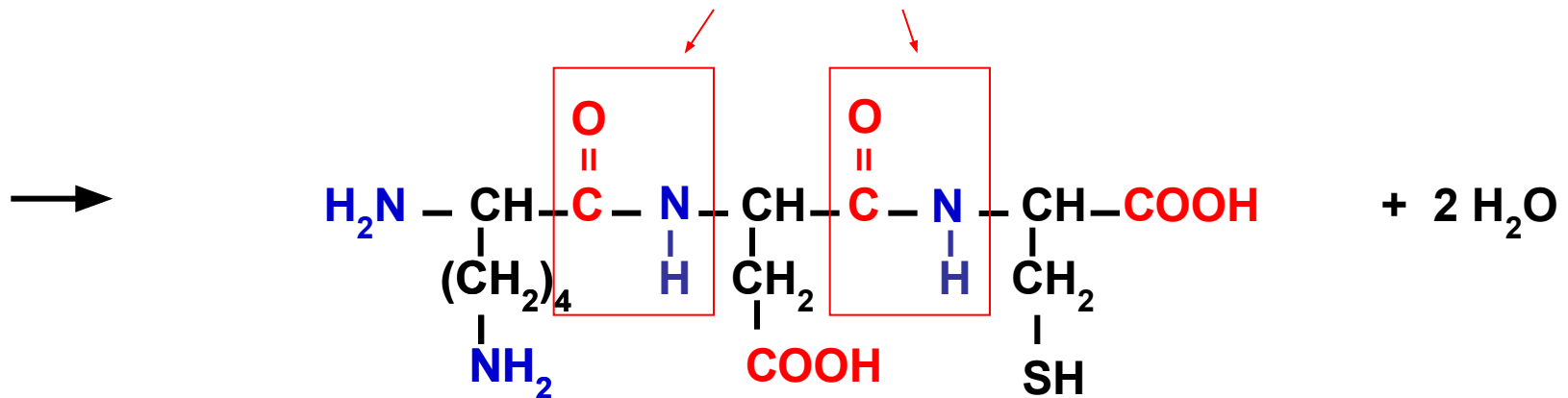
**Полипептиды** - это органические вещества, содержащие в своем составе более 10 АК остатка.

**Белки** – полипептиды, содержащие более 50 АК остатков.

# Образование пептидов



Пептидные связи



Трипептид: лизиласпартилцистеин

# Белки

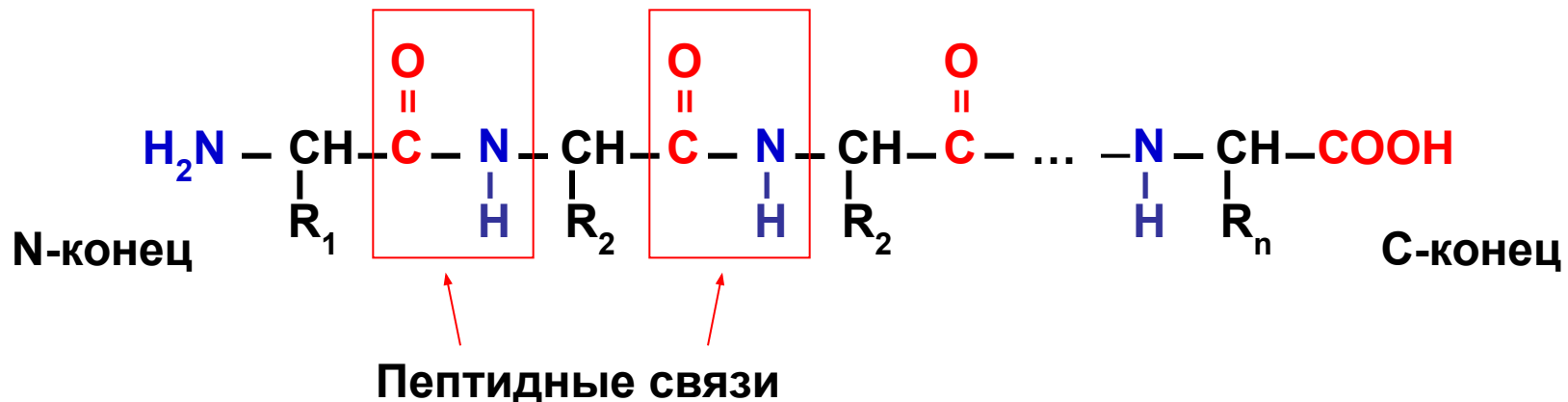
– высокомолекулярные азотсодержащие биополимеры (полипептиды), построенные из  $\alpha$ -аминокислот, соединенных друг с другом при помощи пептидных связей.

## Элементарный состав белков

- Углерод – 52%
- Кислород – 22%
- **Азот – 16%**
- Сера – 1%

# Строение белковых молекул

**Первичная структура** – линейное последовательное расположение аминокислотных остатков, связанных между собой пептидными связями.



## Первичная структура белка

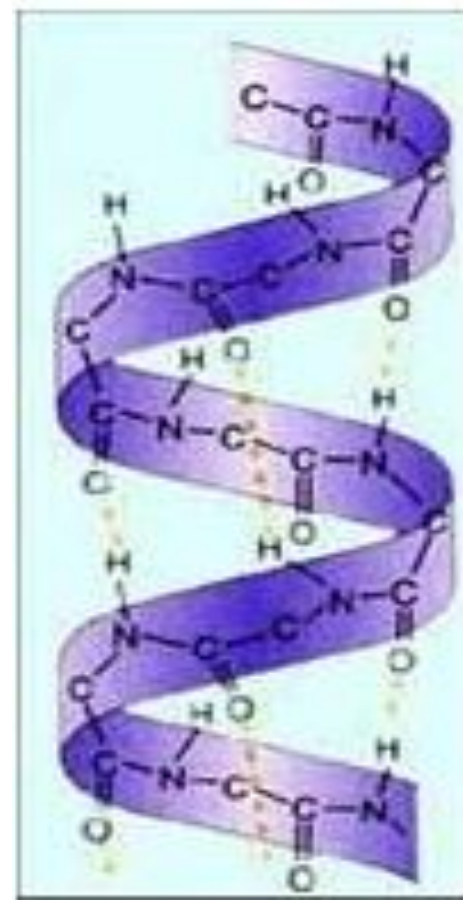
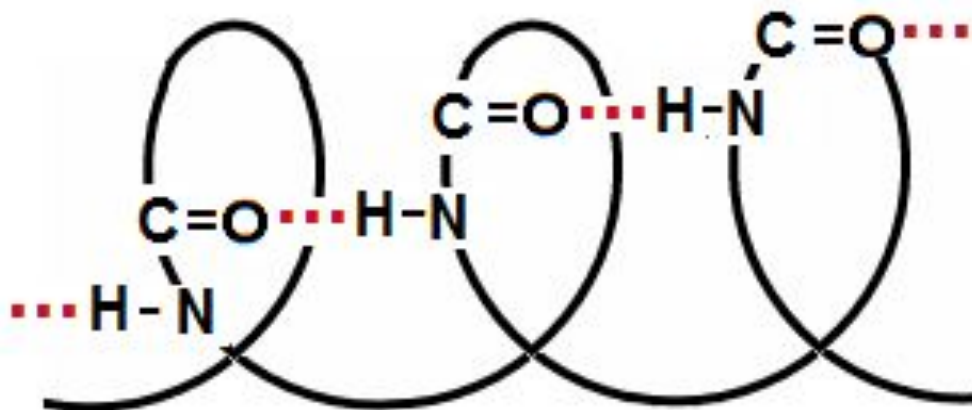
- уникальна и детерминирована генетически
- придает белку видовую специфичность
- определяет дальнейшую структурную организацию

**Секвенирование** – определение первичной структуры белка путем последовательного отщепления  $\alpha$ -аминокислот с N-конца полипептида по методу Эдмана.

Секвенирование проводят в автоматическом приборе **секвенаторе**.

## Вторичная структура-

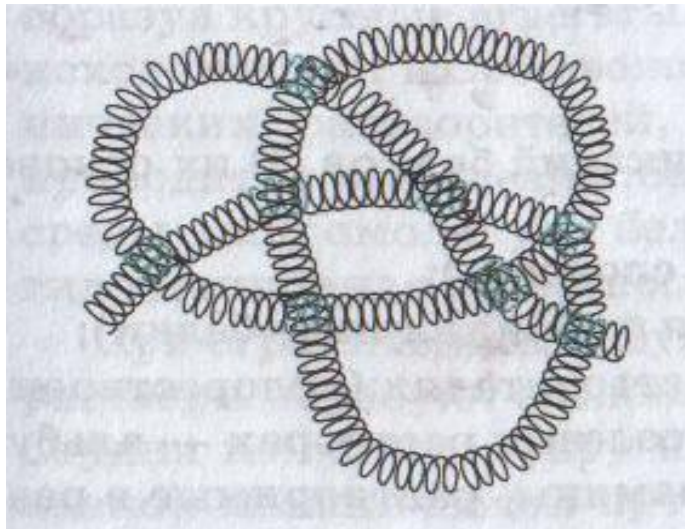
это расположение в пространстве одной полипептидной цепи в виде **альфа-спирали** или **бета-структуры**, стабилизированной при помощи водородных связей между пептидными группировками.



# Третичная структура -

это расположение в пространстве одной полипептидной цепи, стабилизированной связями между радикалами аминокислот:

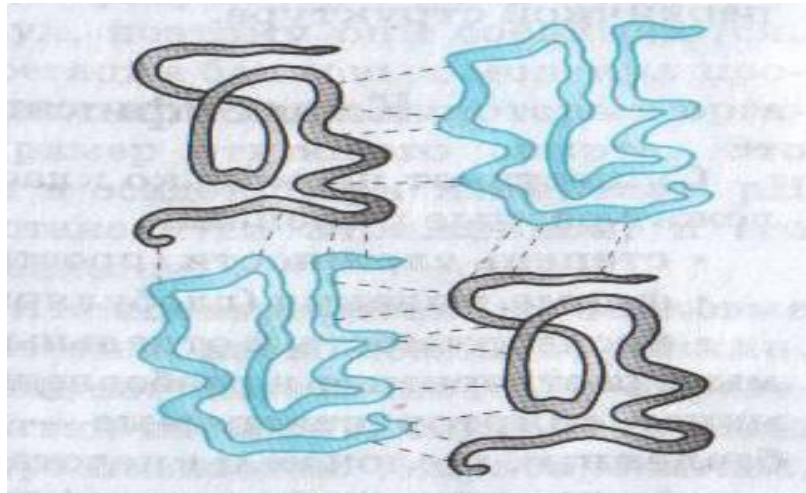
- водородными,
- дисульфидными,
- ионными,
- Ван-дер-Ваальсовыми силами,
- гидрофобными взаимодействиями.



# Четвертичная структура-

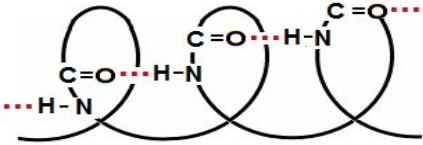
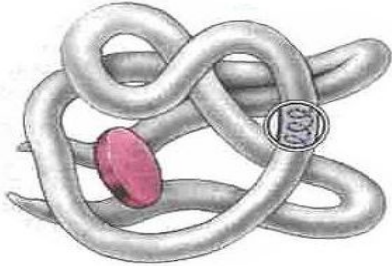
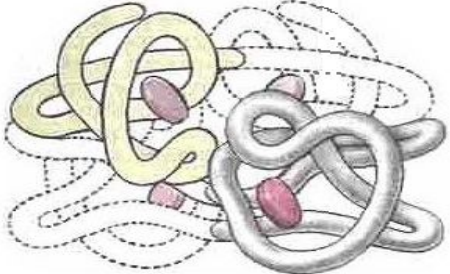
Это расположение в пространстве нескольких полипептидных цепей, соединенных между собой нековалентными межрадикальными связями. В итоге образуется единая функциональная система.

- Каждая отдельная цепь называется **протомером** (субъединицей).
- Белок, состоящий из протомеров, называется **олигомерным** белком (н-р: гемоглобин).





# Структуры белковых молекул

Структура	Определение	Связи, стабилизирующие структуру	Схема
Первичная	Порядок чередования аминокислотных остатков в полипептидной цепи	Пептидные	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}_1}{\text{CH}}-\text{CO}-\underset{\text{R}_2}{\text{CH}}-\text{CO}-\text{HN}-\underset{\text{R}_3}{\text{CH}}-\text{CO}-\dots-\text{HN}-\underset{\text{R}_n}{\text{CH}}-\text{COOH}$ <p style="text-align: center;">Пептидная связь</p>
Вторичная	Пространственное расположение полипептидной цепи в виде α-спирали или β-складчатости	Водородные между амидными группировками	
Третичная	Пространственное расположение одной α-спирализованной полипептидной цепи в виде глобулы (клубочка) или фибриллы (нити)	Между радикалами аминокислот: а) водородные; б) дисульфидные; в) ионные; г) гидрофобные	
Четвертичная	Пространственное расположение нескольких полипептидных цепей с образованием единой функциональной системы	Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия	

# Физико-химические свойства белков

- 1) **Наличие высокой молекулярной массы**  
(**>5000 Да**)
- 2) **Амфотерность** - обусловлена наличием свободных амино- и карбоксильных групп в радикалах аминокислот.

**3) Изоэлектрическая точка (pI)** – значение pH раствора, при котором суммарный заряд молекулы белка равен нулю, т.е. белок находится в **ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ**.

**pI** белка зависит от соотношения свободных амино- и карбоксильных групп в молекуле белка:

Если число  $-\text{NH}_2 > -\text{COOH}$ , то  $pI > 7$

Если число  $-\text{NH}_2 < -\text{COOH}$ , то  $pI < 7$

**В изоэлектрическом состоянии белок выпадает в осадок!**

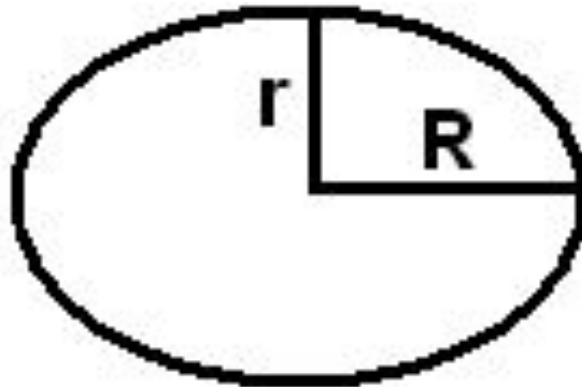
## 4) Наличие определенной формы белковых молекул

Глобулярные

Фибриллярные

$$\frac{R}{r} < 10$$

$$\frac{R}{r} \geq 10$$



## 5) Растворимость в воде

Факторы, стабилизирующие белки в растворе:

- а) заряд молекулы
- б) гидратная оболочка

Растворимость придают гидрофильные группы в составе радикалов аминокислот:

**-COOH**

**-NH<sub>2</sub>**

**-OH**

**-SH**

Глобулярные белки (альбумины, глобулины) обычно растворимые,

Фибриллярные (коллаген, эластин) – не растворимые

## б) осаждаемость

### Обратимое осаждение

белок лишается гидратной оболочки, но не теряет способности растворяться вновь в воде после удаления осаждающего фактора.

**Высаливание** – обратимое осаждение белка солями щелочных и щелочно-земельных металлов и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

### Необратимое осаждение (денатурация)

**Денатурация** – любое негидролитическое нарушение уникальной структуры белка, приводящее к потере физических, химических и биологических свойств.

При денатурации нарушаются все структуры, кроме первичной.

**Денатурирующие факторы:** высокая температура, кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов, алкалоиды, разные виды излучения.

# Классификация белков

**Простые** - при гидролизе дают только аминокислоты

Альбумины и глобулины (белки крови)

Протамины и гистоны (ядерные белки)

Проламины и глютелины (растительные белки)

Протеиноиды (фибрилярные белки соединительной ткани:  
коллаген, эластин)

**Сложные** - при гидролизе дают аминокислоты и  
небелковый компонент – простетическую группу

Нуклеопротеины

Хромопротеины

Гликопротеины

Металлопротеины

Фосфопротеины

Липопротеины

# Функции белков

- 1. Структурная** (коллаген, эластин, кератин)
- 2. Сократительная** (актин, миозин и др.)
- 3. Транспортная** (альбумины, глобулины, трансферрин и др.)
- 4. Защитная** (иммуноглобулины)
- 5. Питательная** (казеин, овоальбумин)
- 6. Гормональная** или регуляторная (инсулин)
- 7. Каталитическая** или ферментативная (пепсин, амилаза, липаза и др.)
- 8. Энергетическая** (1 г белка дает 4,1 ккал)



# Proteins

Help build a strong and healthy body.

