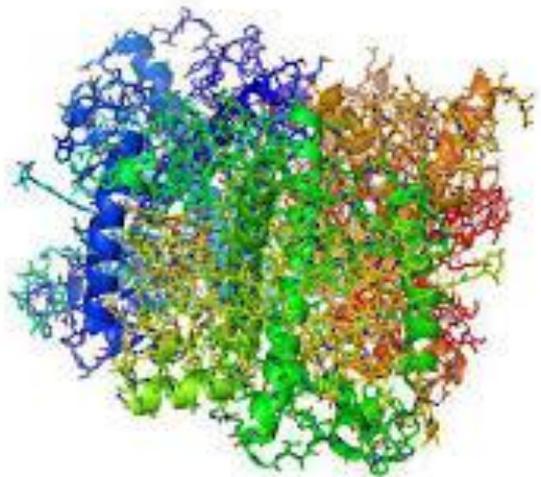


# Строение и физико-химические свойства белков



ВЕБИНАР

Дисциплина «Биохимия»



**Gerardus Johannes Mulder**

(1802-1880)

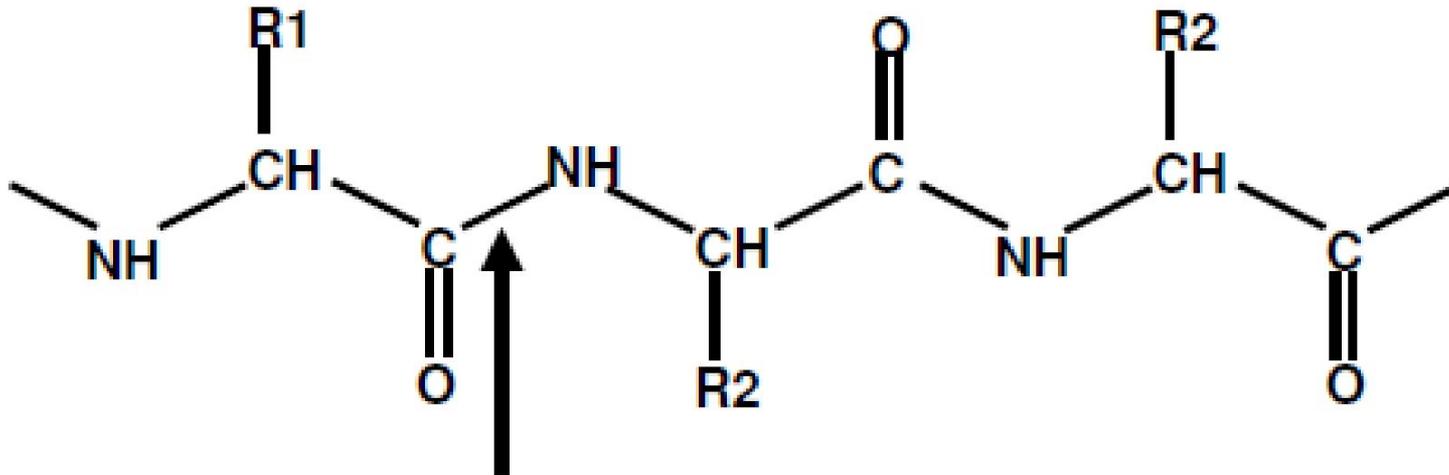
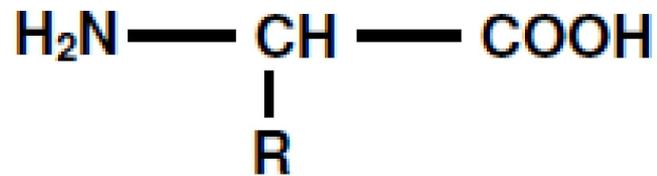
1835 г открыты белки

1838 г Jöns Jacob  
Berzelius

ввел термин *protéine*

*prôtos* – первый,  
жизненно  
необходимый

**Белки** – это высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения, построенные из остатков α-аминокислот, соединенных пептидными связями, имеющие сложную структурную организацию и выполняющие в организме многочисленные функции



Пептидная связь

# Функции белков

1. Структурная (белки мембран)
2. Каталитическая (пепсин, амилаза, каталаза и др.)
3. Транспортная (гемоглобин, трансферрин и др.)
4. Опорно-механическая (коллаген, эластин)
5. Сократительная (актин, миозин)
6. Буферная (белки крови)
7. Трофическая (альбумины, казеин, глютелины)
8. Регуляторная (инсулин, гормоны гипофиза и др.)
9. Генно-регуляторная (гистоны)
10. Иммуная защита (иммуноглобулины, интерфероны)
11. Обезвреживающая (альбумины крови, цтхР450)
12. Гемостатическая (фибрин)
13. Рецепторная (родопсин)
14. Энергетическая

# Особенности белков

1. Бесконечное разнообразие структуры и высокая видовая специфичность.
2. Динамическая структура молекулы.
3. Способность изменять конформацию под действием внешних факторов и восстанавливать ее после прекращения воздействия.
4. Наличие биокаталитических свойств.
5. Многообразие физических и химических свойств.

# Принципы классификации белков

По биологическим функциям

- Каталитические
- Регуляторные
- Транспортные и т.д.

По структурным признакам

- Глобулярные
- Фибриллярные

По физико-химическим свойствам

- Растворимые и нерастворимые
- Кислые, основные, нейтральные
- По молекулярной массе

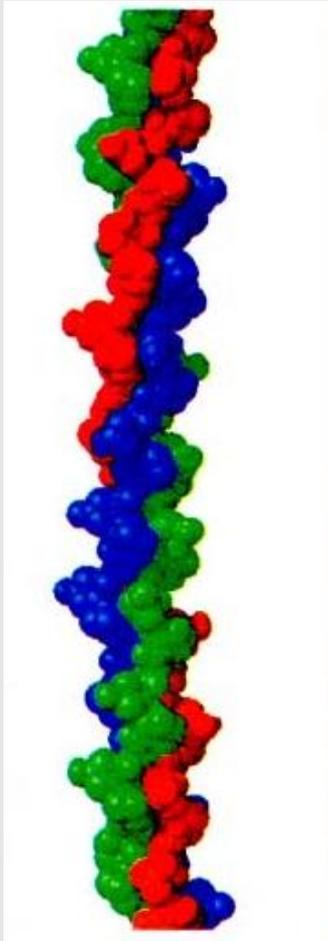
По происхождению

- Растительные
- Животные

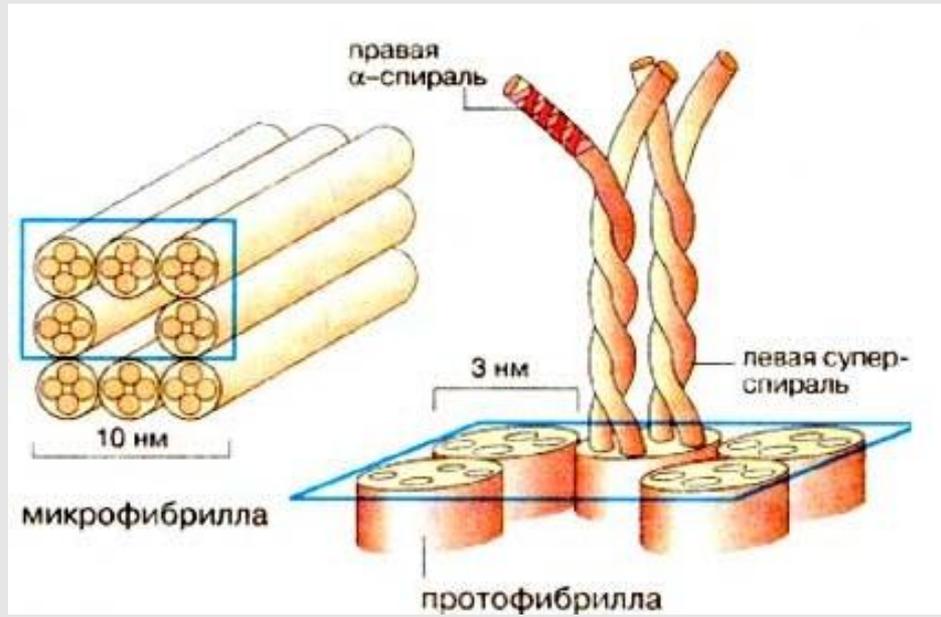
По составу

- Простые
- Сложные

# Формы белковых молекул

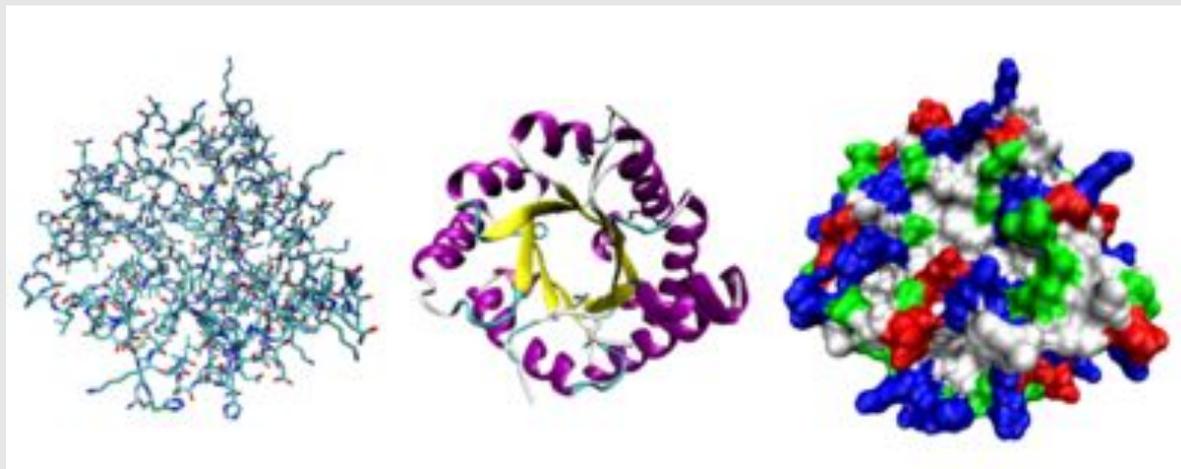


Спираль  
коллагена



$\alpha$  - кератин

инсулин



# Классификация белков по молекулярной массе

```
graph TD; A[Классификация белков по молекулярной массе] --> B[Пептиды]; A --> C[Полипептиды]; A --> D[Собственно белки];
```

## Пептиды

содержат  
от 3 до 10 АМК  
(глутатион,  
эндорфины)

## Полипептиды

содержат  
от 10 до 50 АМК  
(продукты гидролиза  
белков)

## Собственно белки

содержат  
свыше 50 АМК  
(лизоцим, гемоглобин,  
фибриноген)

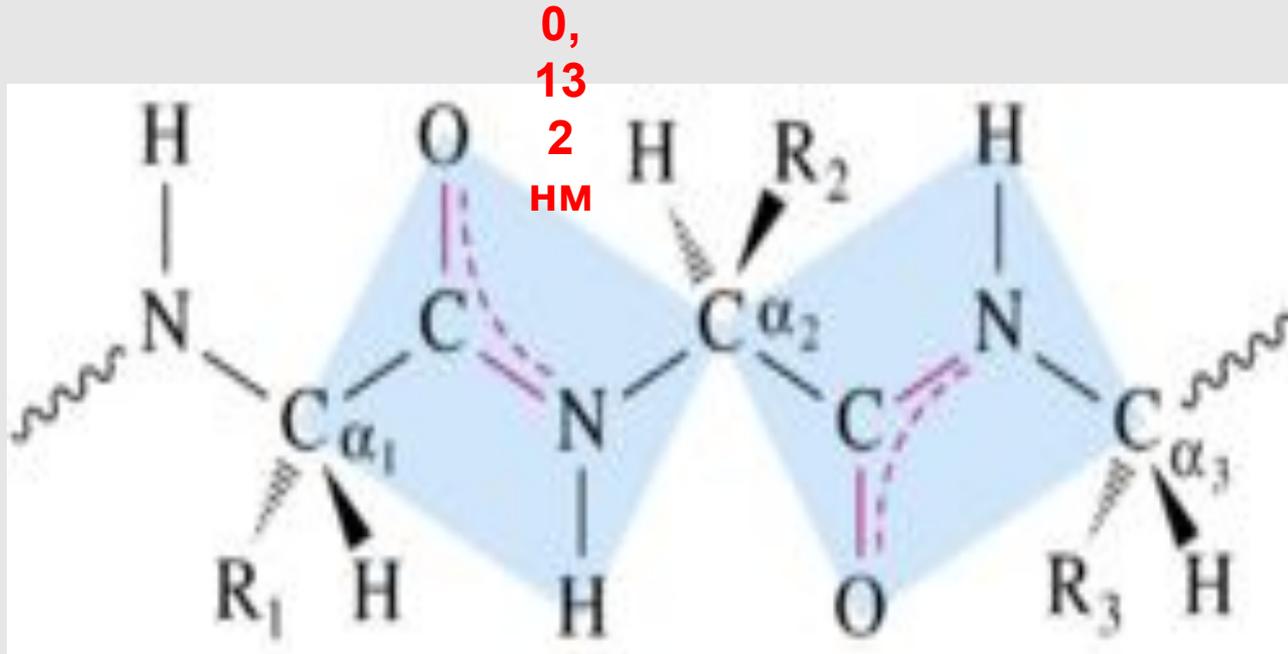
# Структуры белковых молекул

Каждый белок имеет биологически активную структуру, *нативную структуру* (конформацию)

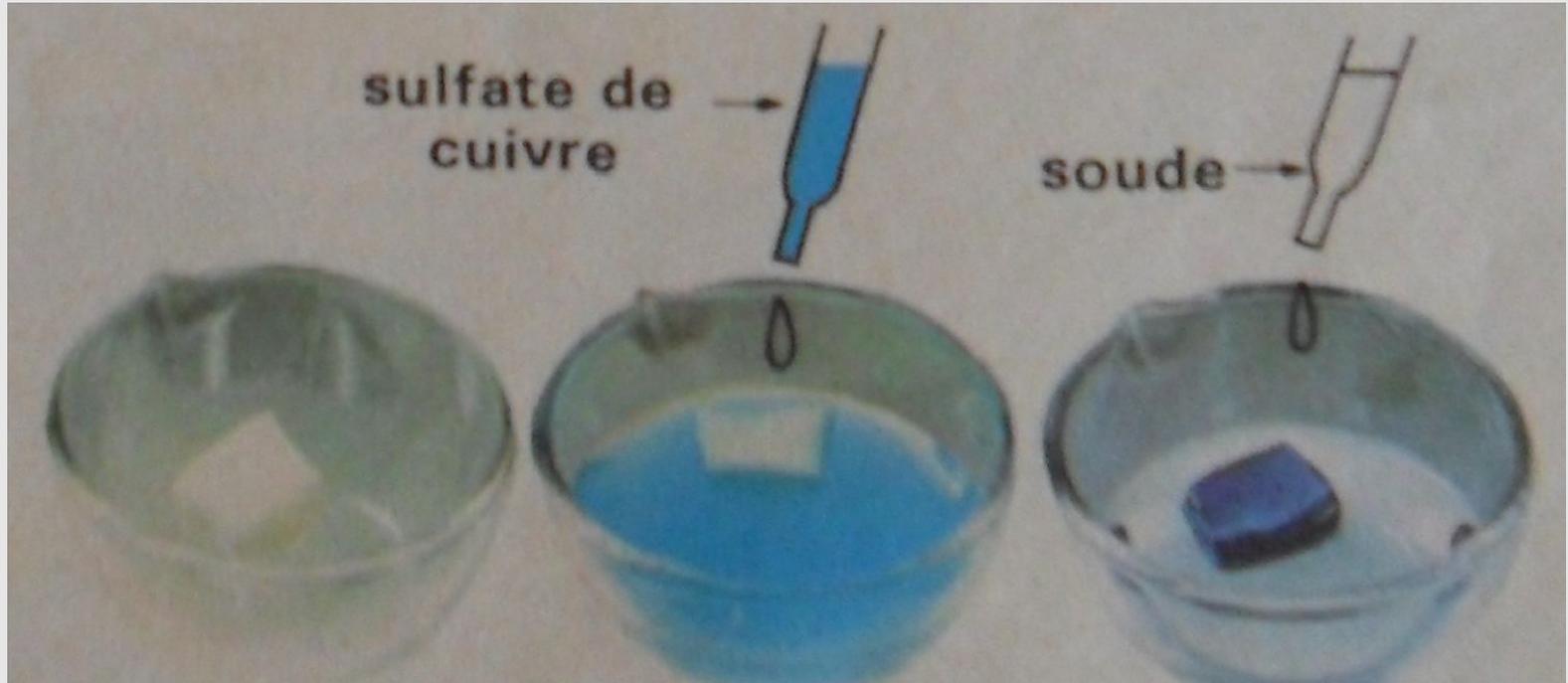
*Нативная структура белка* – это пространственная конформация полипептидной цепи в пространстве (последовательная ее компактизация, приводящая к формированию вторичной, третичной и четвертичной структур), обеспечивающая выполнение белком его биологических функций.

# Первичная структура белка –

**ЭТО** порядок чередования  $\alpha$ -аминокислотных остатков в полипептидной цепи, соединенных пептидными связями

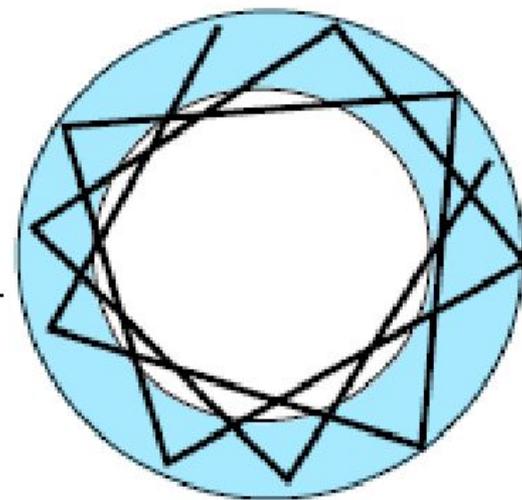
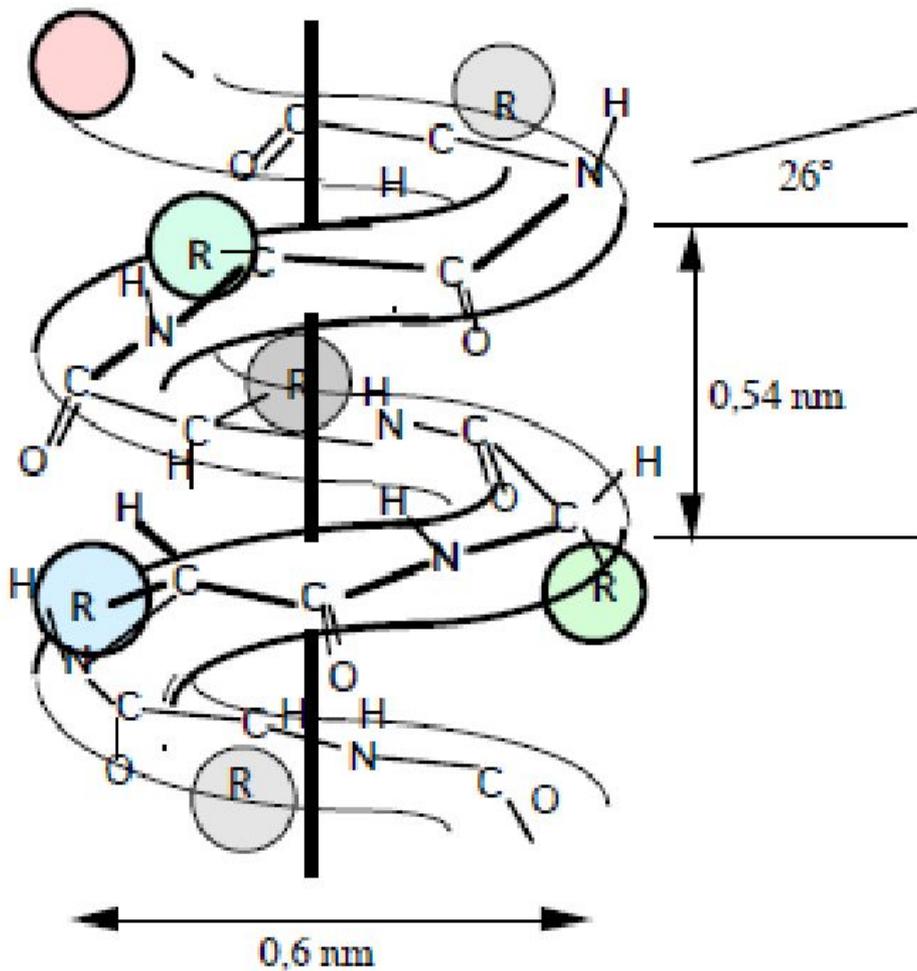
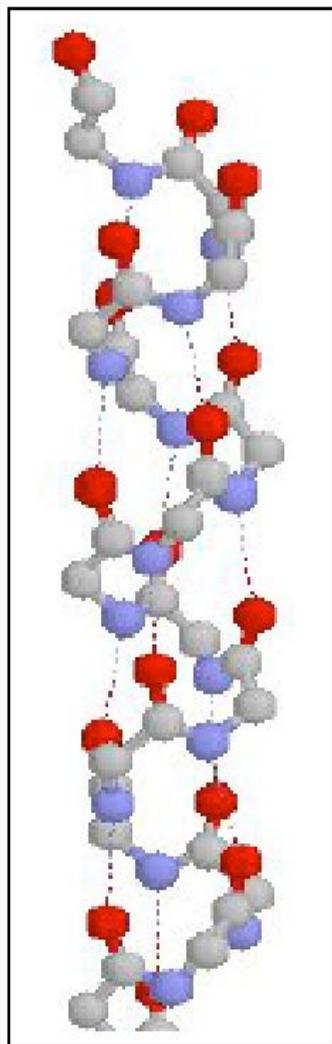


# Биуретовая реакция



Яичный белок

**Вторичная структура белка** – это способ укладки полипептидной цепи в виде  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -структуры, образованных за счет водородных связей между пептидными группировками полипептидных цепей



vue supérieure

Спираль правозакрученная

Формируется самопроизвольно

Удерживается водородными связями,  
расположенными параллельно оси спирали

В образовании водородных связей  
принимают участие все АМК, кроме пролина  
и гидроксипролина

Радикалы обращены наружу

Внутри спирали нет свободного  
пространства

Спираль стабильна по всей длине

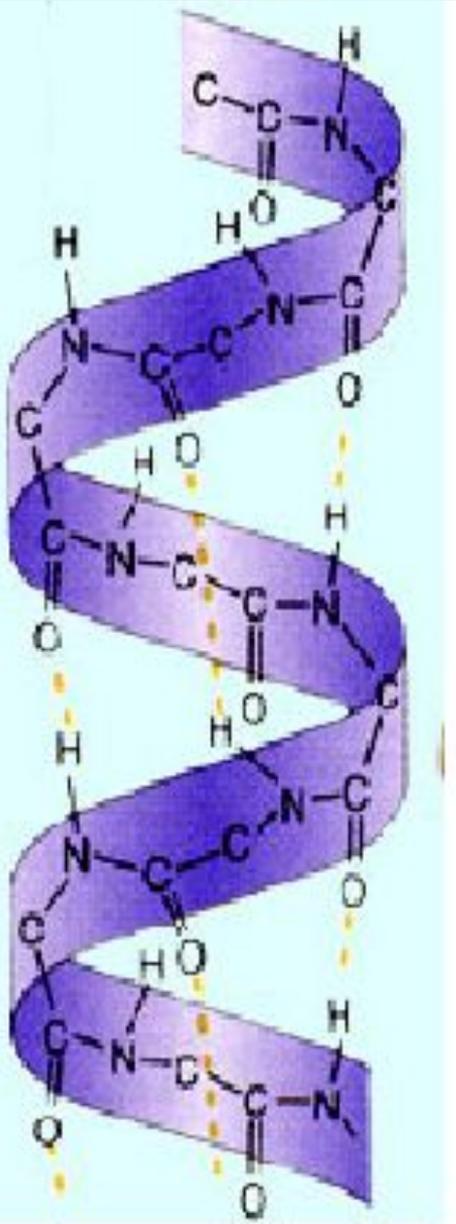
Характеристики:  $d = 0,6 \text{ нм}$

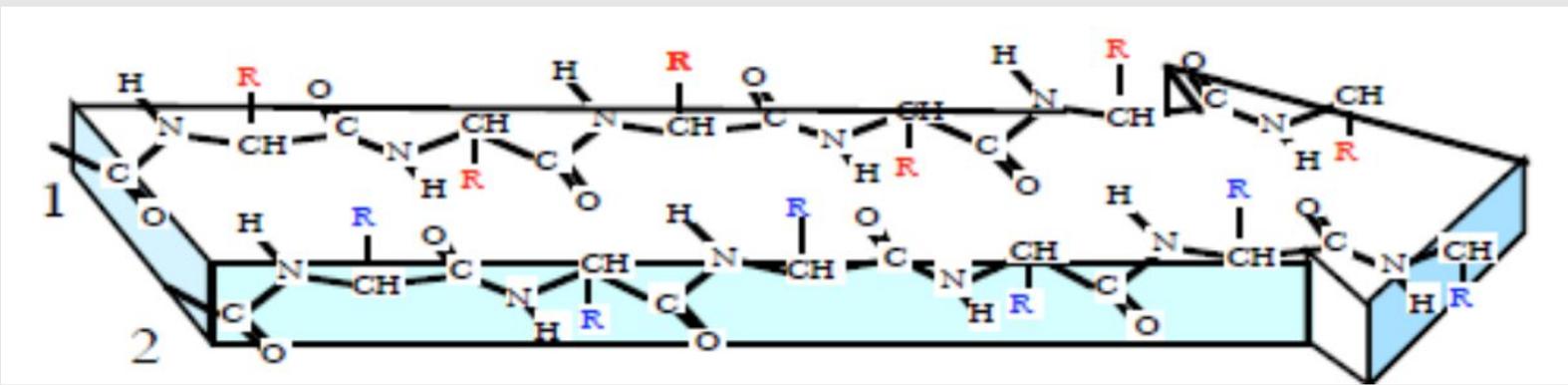
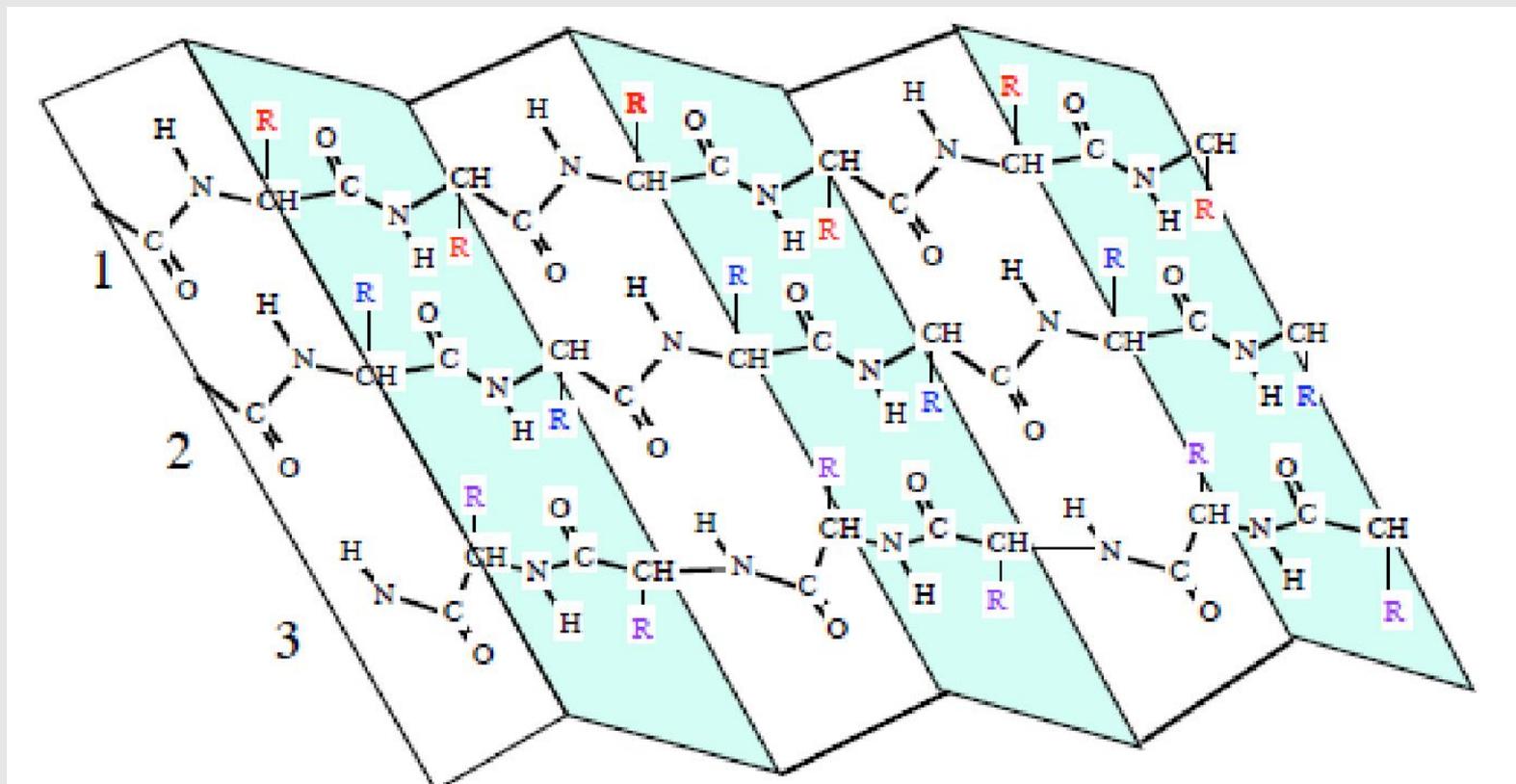
Высота АМК=0,15нм

Высота витка=0,54нм

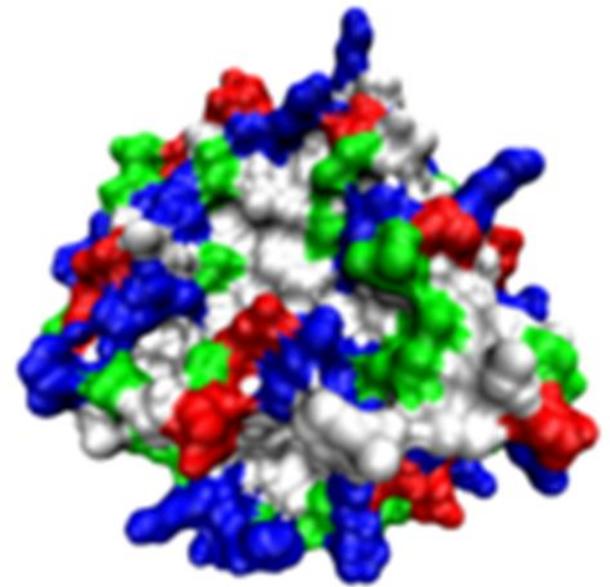
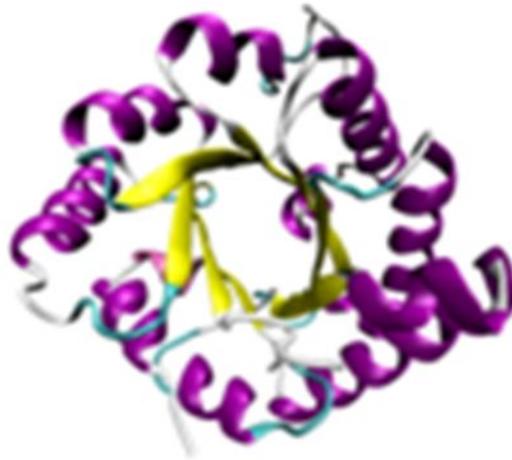
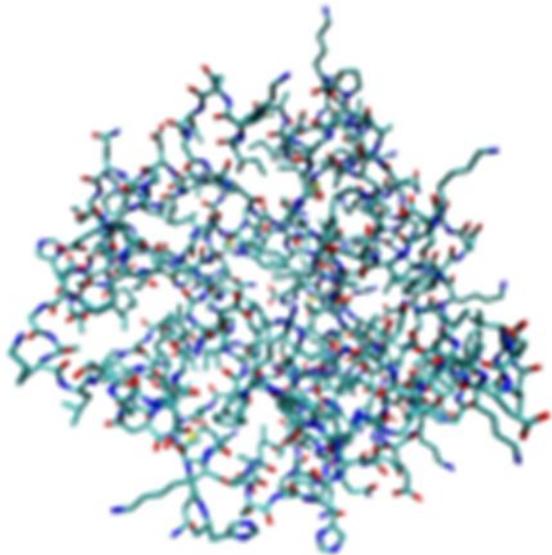
Виток включает 3,6 АМК остатка

Период регулярности=2,7нм

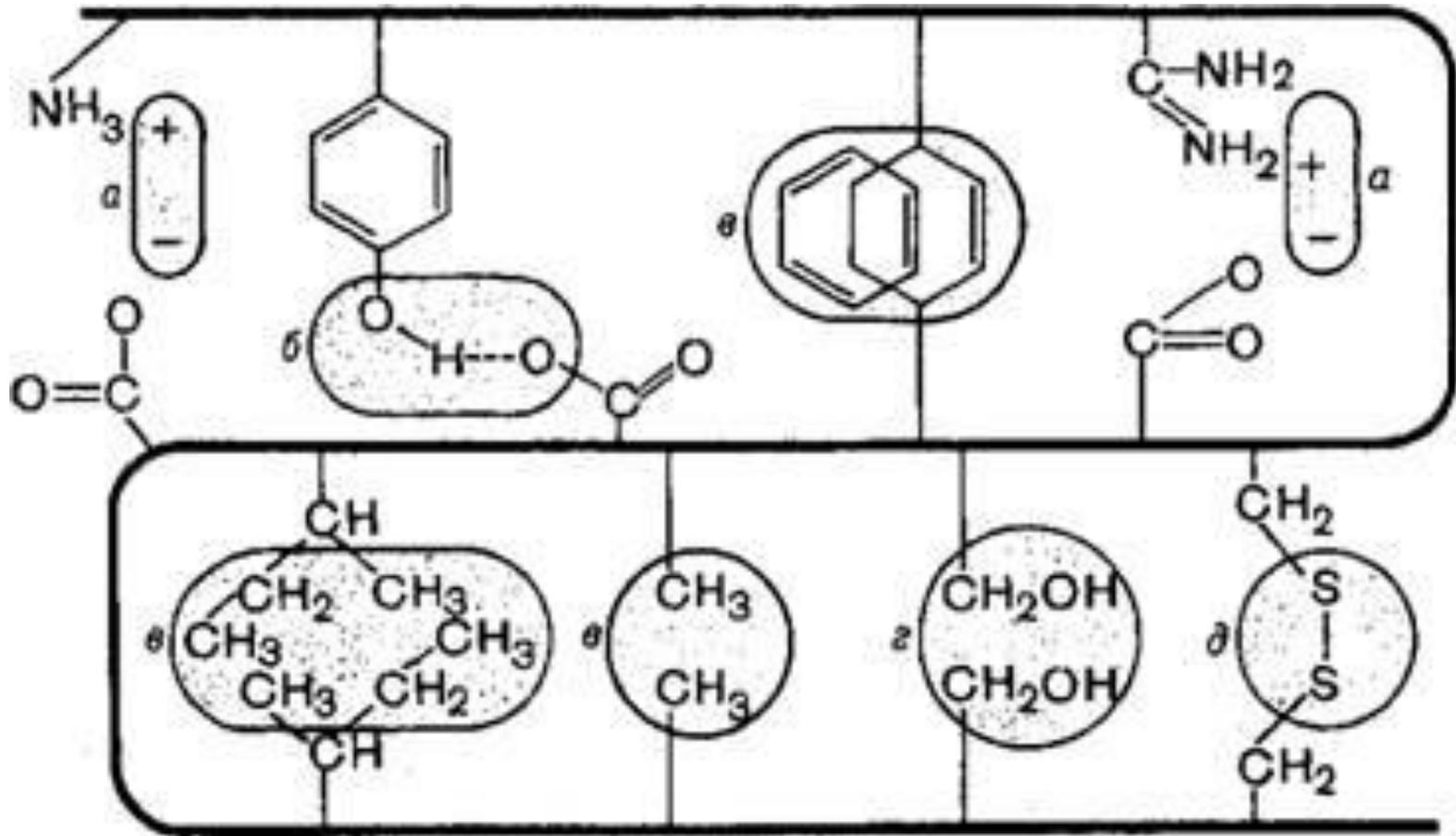




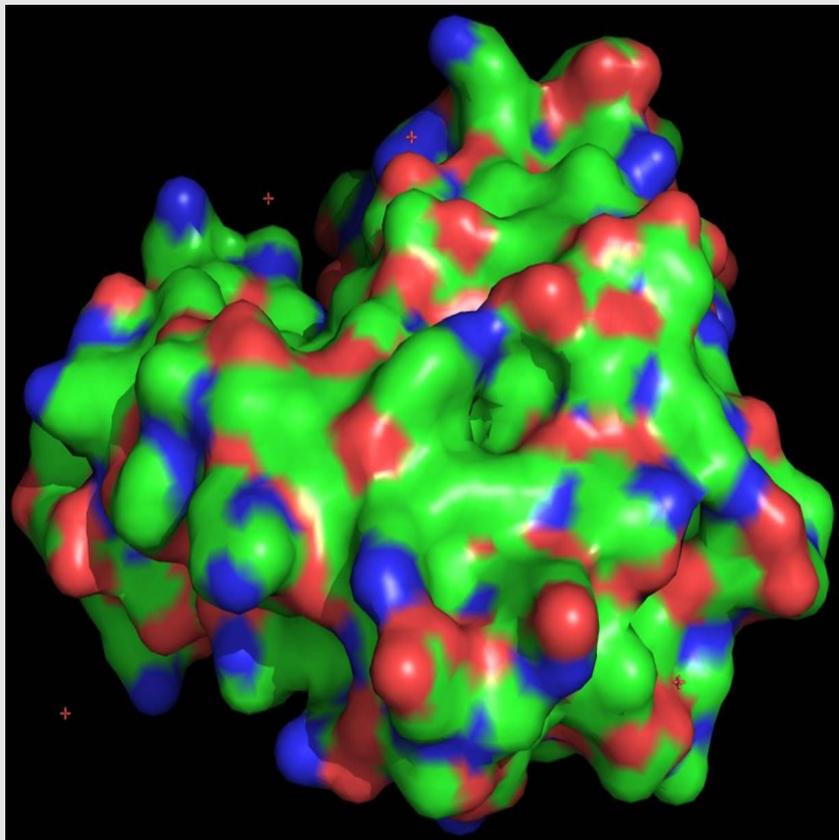
**Третичная структура белков** – способ укладки полипептидной цепи в форме  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -структуры в ограниченном объеме пространства за счет взаимодействия между радикалами аминокислот



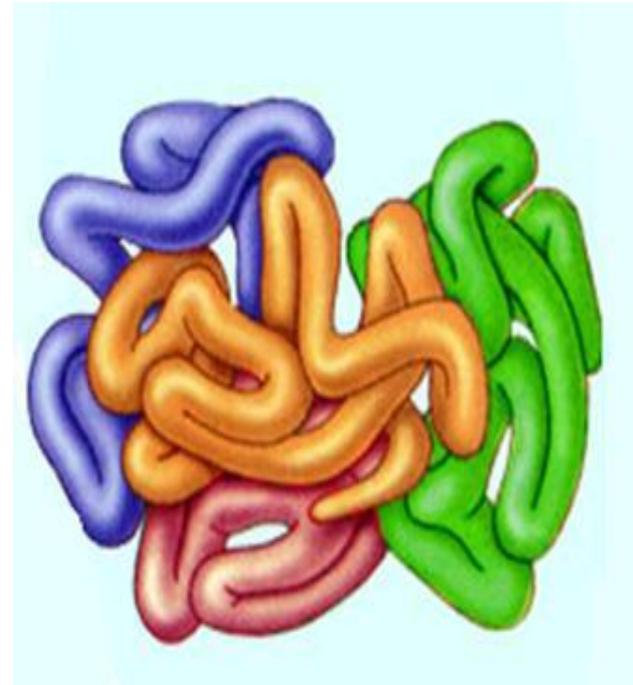
# Связи, формирующие III структуру белка



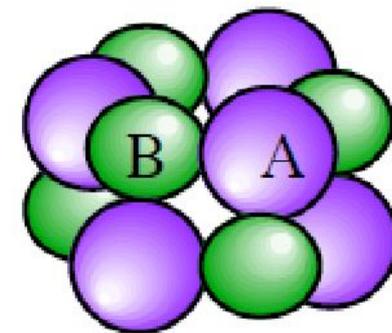
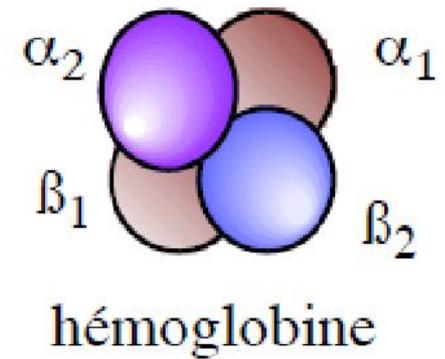
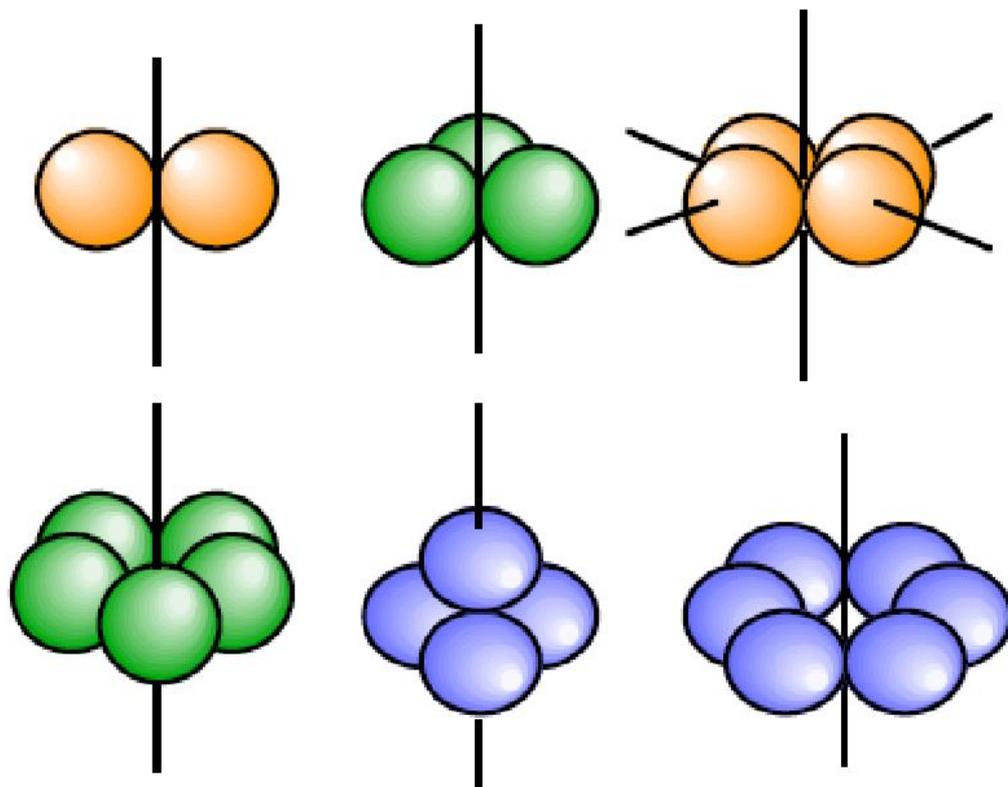
# Миоглобин



**Четвертичная структура белка –**  
**ЭТО** способ укладки нескольких  
полипептидных цепей, каждая из которых  
имеет третичную структуру (протомер), в  
единую функциональную белковую молекулу  
(олигомер).



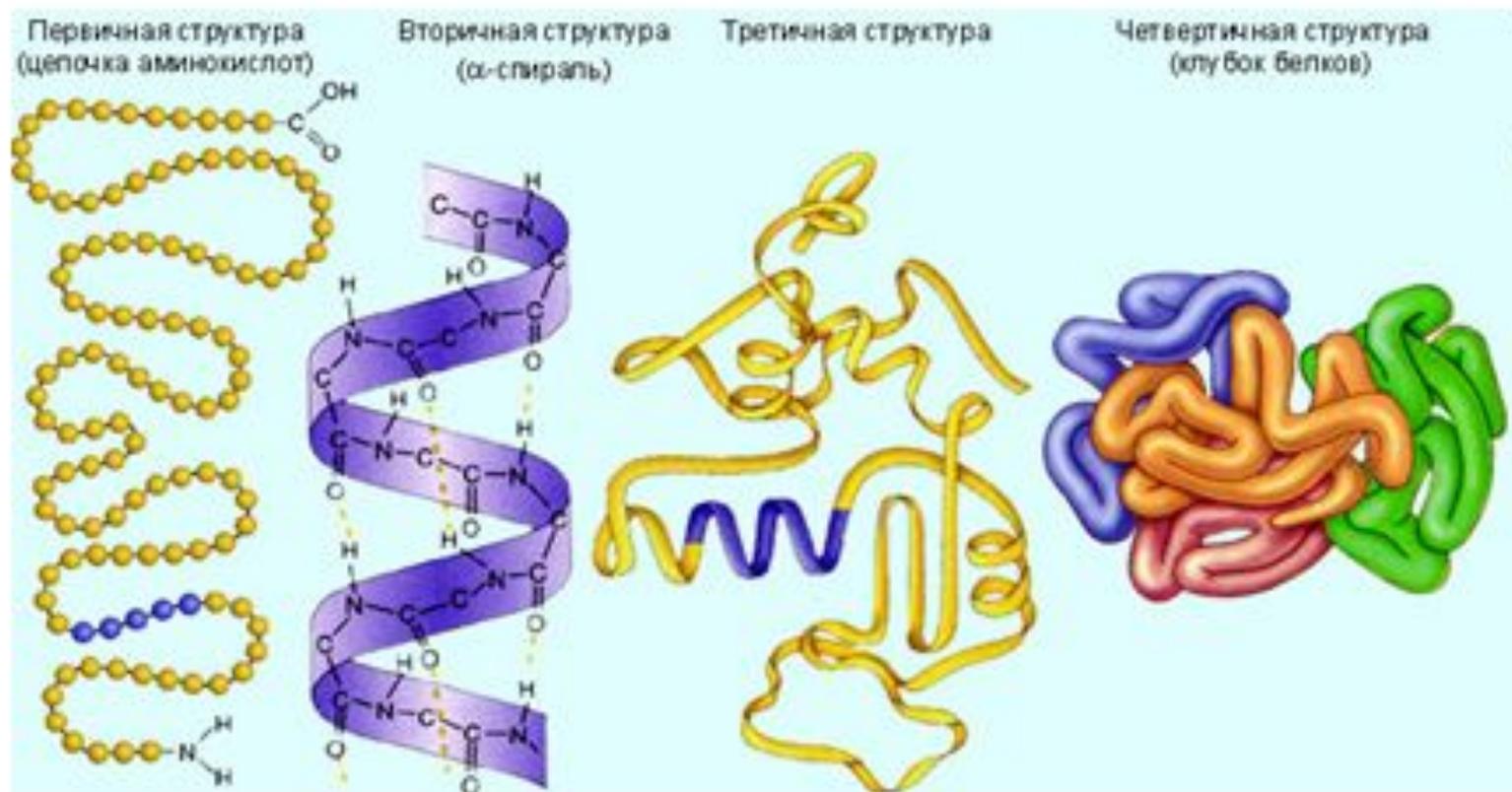
# Четвертичная структура (надмолекулярная - супрамолекулярная)



glycinine du soja

## Уровни организации белковой молекулы.

Линейная последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи называют **первичной структурой** белка.



# Формирование нативной структуры белка обеспечивают *молекулярные шапероны*

Белки шапероны были открыты *Артуром Горовицем*  
(Arthur Horwich, Yale, États-Unis) а также Говардом  
Хагисом (Howard Hughes) и *Францем Хартлом*  
(Franz-Ulrich Hartl)  
в начале **1990** г.

# Основные физико-химические свойства белков

- Гидрофильность и растворимость
- Кислотно-основные свойства, буферные свойства
- Осаждение белков (высаливание и денатурация)

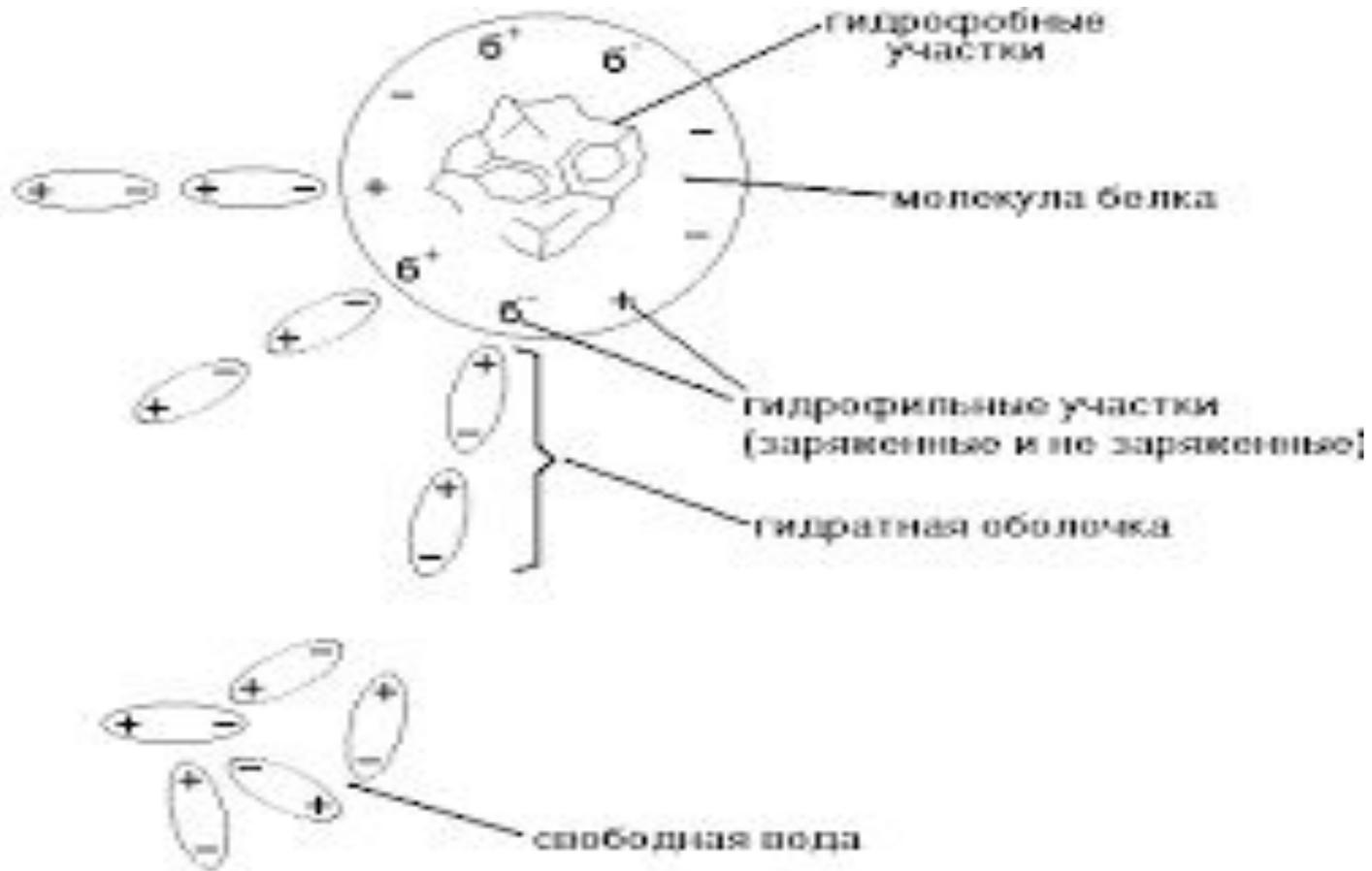
# Физико- химические свойства

- **Растворимость** – это способность белка равномерно располагаться (распространяться) между молекулами растворителя. Белки формируют коллоидные растворы, что обусловлено размером частиц (0,1-0,001мкм), низкое осмотическое давление, высокая вязкость, низкая способность к диффузии не способность к диализу и гидрофильность.
- **Гидрофильность** – способность молекул белка взаимодействовать с диполями воды, равномерно распределяя и строго ориентируя их , образуя при этом гидратную оболочку, за счет наличия гидрофильных групп на поверхности белковой молекулы.

# Гидрофильные группы в молекуле белка

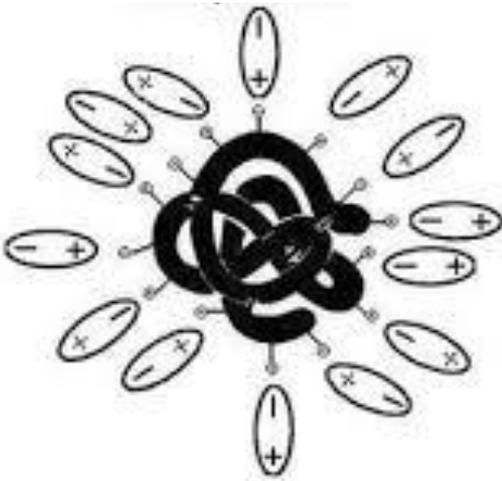
- *Полярные (не ионогенные)* группы:
  - OH (сер, тре, тир)
  - SH (цис),
  - Амидная (гln, асн),
  - Пептидные группировки
- *Полярные (ионогенные)* группы:
  - COO<sup>-</sup> (асп, глу),
  - NH<sub>3</sub><sup>+</sup> (лиз, арг),
  - N -гис)

# ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРАТНОЙ ОБОЛОЧКИ МОЛЕКУЛЫ БЕЛКА



**Гидратная оболочка** – главный фактор устойчивости белковых молекул в растворе

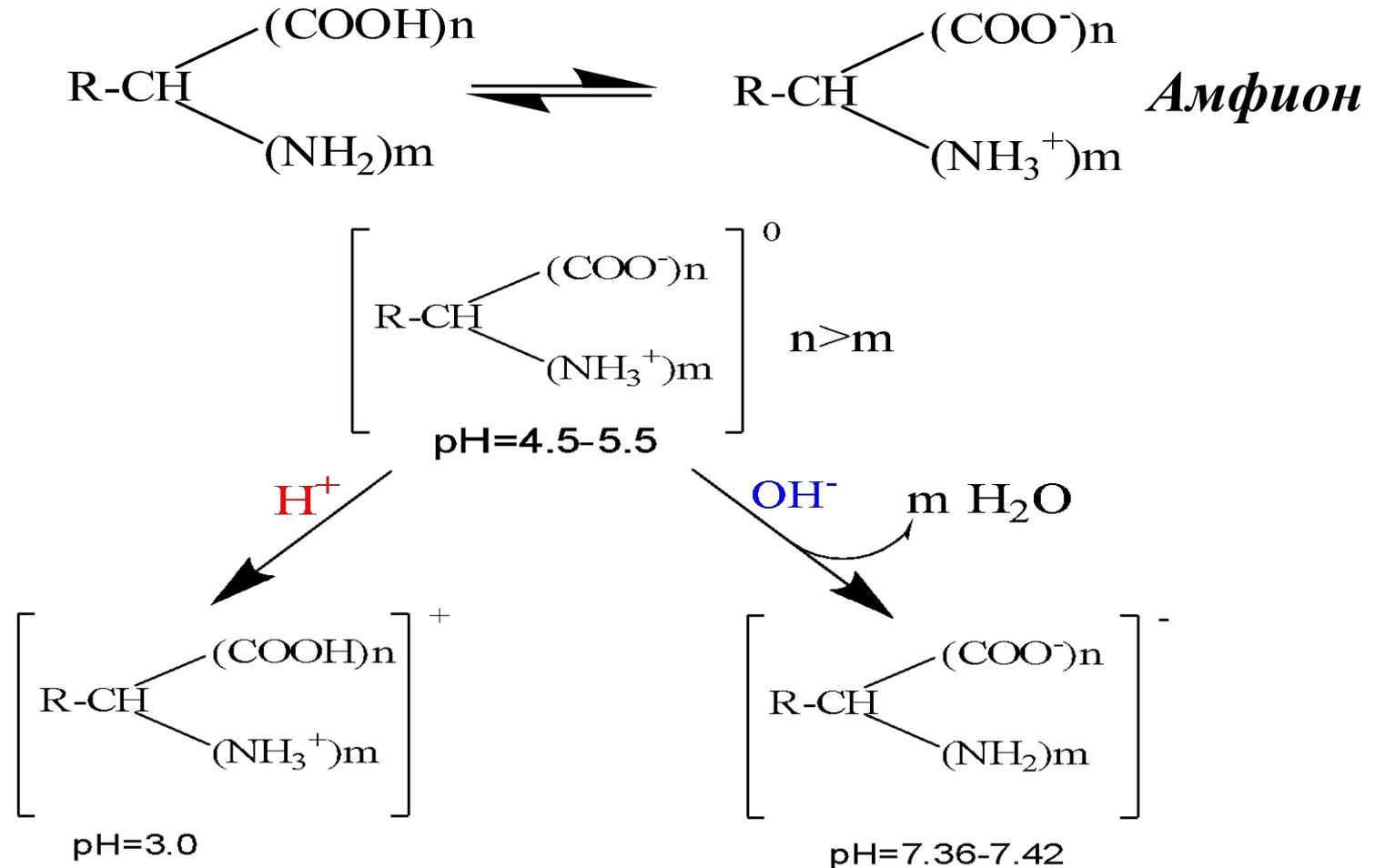
# Состояние белковых молекул в водном растворе



**Гидратная оболочка** (главный фактор устойчивости белковых молекул в растворе) предотвращает агрегацию белковых молекул и образование осадка

# Амфотерность белков (кислотно-основные свойства)

- Белки обладают кислотными и основными свойствами из-за присутствия  $-\text{COOH}$  и  $-\text{NH}_2$  групп
- Для них характерны ИЭС и ИЭТ
- Белки амфотерные полиэлектролиты



# ЗАРЯД БЕЛКОВОЙ МОЛЕКУЛЫ – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ БЕЛКА В РАСТВОРЕ



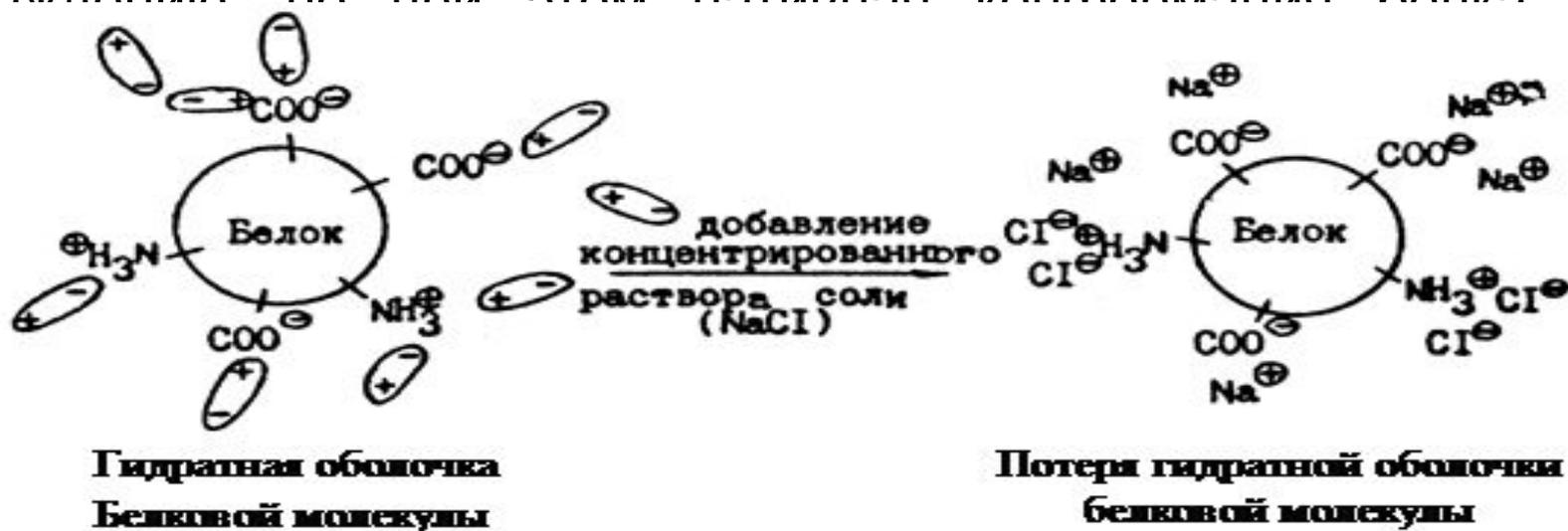
Одноименно заряженные молекулы белка отталкиваются друг от друга, что предотвращает агрегацию молекул белка и образование осадка.

# Осаждение белка из растворов.

## Обратимое осаждение (высаливание).

**Высаливание** процесс обратимого осаждения белков с помощью концентрированных растворов нейтральных солей щелочных и щелочноземельных металлов (сульфата натрия, калия и др).

Этот процесс объясняется дегидратацией молекул белка, нейтрализацией заряда солями, что приводит к агрегации и осаждению. Но при этом истинная конформация белка не ра



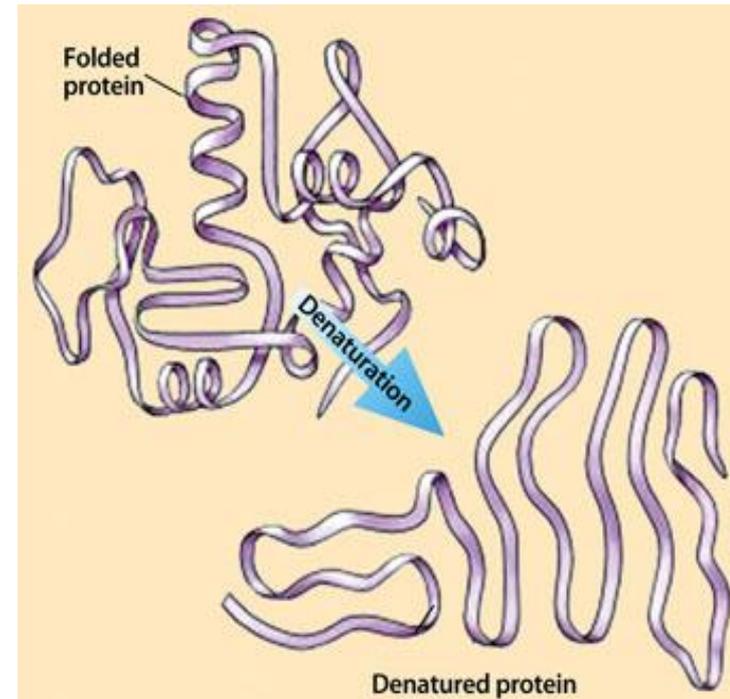
**Рисунок 11 – Схема высаливания белка нейтральной солью**

# Необратимое осаждение белка

**Денатурация** - любое негидролитическое разрушение нативной конформации белка, сопровождающееся потерей физико-химических свойств и биологической активности и приводящее к необратимому осаждению белка.

- **Факторы денатурации**

- **Физические:** высокая температура (выше 50-60<sup>0</sup>С, высокое давление, все виды излучений, механические воздействия (вибрация, резкое встряхивание и т.д)
- **Химические:** соли тяжелых металлов, концентрированные минеральные и органические кислоты, пикриновая кислота, мочевины и др.
- **Биологические:** яды змей, растительные токсины, белки-прионы.



# **Биологическая роль высаливания и денатурации**

## **Высаливание**

- Получение белков в кристаллическом виде
- Разделение белков на фракции (альбуминов и глобулинов сыворотки крови)

## **Денатурация и необратимое осаждение**

- Асептика и антисептика
- Денатурированные белки легко подвергаются гидролизу в ЖКТ
- Для получения безбелковых фильтратов в биохимических методах
- Для обнаружения белка в биологических жидкостях
- В хирургии для обработки и прижигания ран, удаления новообразований,
- При лечении опухолей методом облучения

***Благодарю за Ваше  
внимание!***

