

The page features a background of crumpled white paper. A central green rectangular box contains the word "Белки" in orange. The box is framed by a thin green line, with stylized green plant motifs in each corner. The word "Белки" is written in a bold, orange, serif font.

# Белки

# Содержание

- **Определение белков**
- **Немного истории**
- **Элементарный состав белков.**
- **Аминокислотный состав белков**
- **Структуры белка**
- **Классификация белков**
- **Функции белков в организме**
- **Свойства**
- **Ферменты**

# Определение

**Белки или протеины**  
**(протос – главный или первый) –**  
**высокомолекулярные органические**  
**соединения характеризующиеся**  
**строго определенным элементарным**  
**составом и распадающиеся при**  
**гидролизе на  $\alpha$ -аминокислоты.**

## Немного истории

Белки были выделены в отдельный класс биологических молекул в XVIII веке в результате работ французского химика Антуана Фуркруа и других учёных. Голландский химик Геррит Мульдер провёл анализ состава белков и выдвинул гипотезу, что практически все белки имеют сходную эмпирическую формулу. Термин «протеин» для обозначения подобных молекул был предложен в 1838 году сотрудником Мульдера Якобом Берцелиусом. В 1836 Мульдер предложил первую модель химического строения белков. Основываясь на теории радикалов он сформулировал понятие о минимальной структурной единице состава белка,  $C_{16}H_{24}N_4O_5$ , которая была названа протеин (Pr), а теория - теорией протеина. По мере накопления новых данных о белках теория неоднократно подвергалась критике, но до конца 1850-х оставалась общепризнанной.

**Антуан Франсуа де Фуркруа,  
основоположник изучения белков**



**Первым** установил строение белков в 1902г. выдающийся биохимик **Эмиль Герман Фишер** (1852-1919). В начале 60-х гг. пептидная теория Фишера была доказана синтезом полипептида состоящего из 18 аминокислот. Первым белком, первичную структуру которого удалось расшифровать, был инсулин. Они количественно преобладают над всеми другими органическими соединениями в живой клетке, на их долю приходится до 50% общей массы органических веществ животной клетки.

# Элементарный состав

- **Углерод – 50 – 55%**
- **Водород – 6,5 – 7,3%**
- **Азот – 15 – 18%**
- **Кислород – 21 – 24%**
- **Сера – до 2,4%**
- **И золы до 0,5% (P, Fe, Mg, Mn).**

# АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ

В состав белков входят  
**18** α-L-аминокислоты и **два** амида  
(протеиногенны)



## Аминокислоты делятся на 7 групп по радикалу:

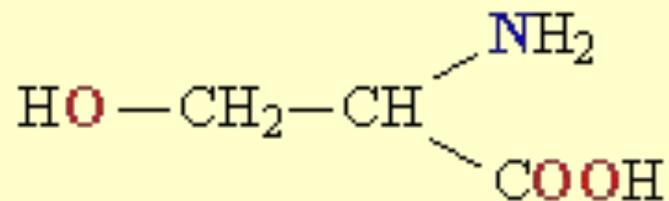
1. Алифатические нейтральные аминокислоты – глицин, аланин, **валин, лейцин, изолейцин**;
2. Алифатические гидроксиаминокислоты - серин, **треонин**;
3. Серосодержащие аминокислоты – цистеин, **метионин**;
4. Кислые аминокислоты и их амиды – аспарагиновая кислота и ее амид аспарагин, глутаминовая кислота и ее амид глутамин;
5. Основные аминокислоты – **лизин, аргинин, гистидин**;
6. Ароматические и гетероароматические аминокислоты – **фенилаланин**, тирозин, **триптофан**;
7. Циклические аминокислоты – пролин.

# Алифатические нейтральные аминокислоты

<b>ГЛИЦИН</b>	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \\ \diagdown \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>ГЛИ</b>
<b>АЛАНИН</b>	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} \\ \diagdown \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>АЛА</b>
<b>ВАЛИН</b>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} - \text{CH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{COOH} \end{array}$	<b>ВАЛ</b>
<b>ЛЕЙЦИН</b>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{COOH} \end{array}$	<b>ЛЕЙ</b>
<b>ИЗОЛЕЙЦИН</b>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 \quad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} - \text{CH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{COOH} \end{array}$	<b>ИЛЕ</b>

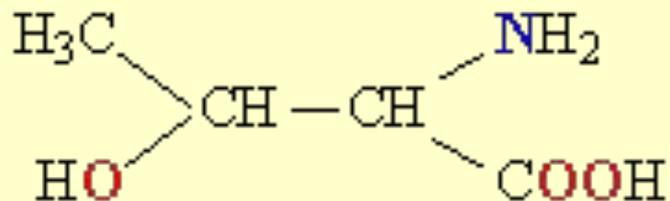
# Алифатические гидроксикаминокислоты

**СЕРИН**



**СЕР**

**ТРЕОНИН**



**ТРЕ**

# Серосодержащие аминокислоты

ЦИСТЕИН	$\text{HS} - \text{CH}_2 - \text{CH} \begin{array}{l} \diagup \text{NH}_2 \\ \diagdown \text{COOH} \end{array}$	ЦИС
МЕТИОНИН	$\text{H}_3\text{C} - \text{S} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH} \begin{array}{l} \diagup \text{NH}_2 \\ \diagdown \text{COOH} \end{array}$	МЕТ

# Кислые аминокислоты и их амиды

<b>Аспарагиновая кислота</b>	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>АСП</b>
<b>АСПАРАГИН</b>	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>АСН</b>
<b>Глутаминовая кислота</b>	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>ГЛУ</b>
<b>ГЛУТАМИН</b>	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	<b>ГЛН</b>

## Основные аминокислоты

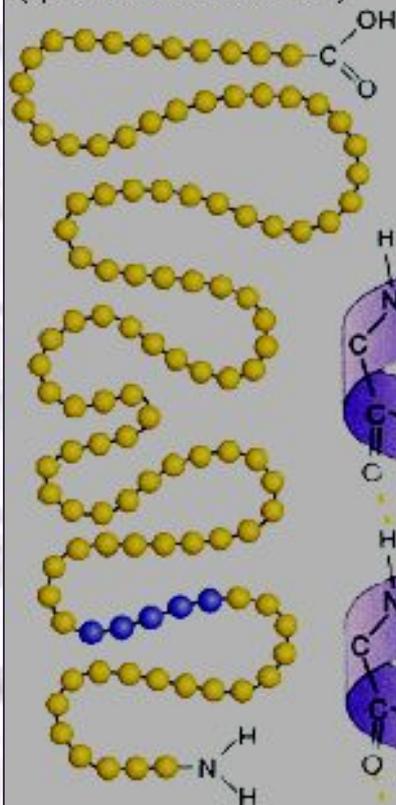
ЛИЗИН	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	ЛИЗ
АРГИНИН	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array}$	АРГ
ГИСТИДИН		

Растительные организмы синтезируют все 20 аминокислот, человек и животные не могут самостоятельно синтезировать 10 аминокислот (жирным шрифтом). Такие аминокислоты называются **незаменимыми**, и они обязательно должны входить в **рацион** животных и людей. В зависимости от аминокислотного состава белки делятся на **полноценные** и **неполноценные** белки

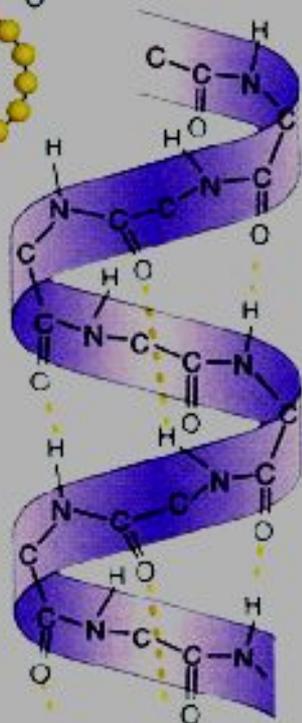
**Незаменимые аминокислоты — необходимые аминокислоты, которые не могут быть синтезированы в том или ином организме, в частности, в организме человека. Поэтому их поступление в организм с пищей необходимо.**

# Структуры белка

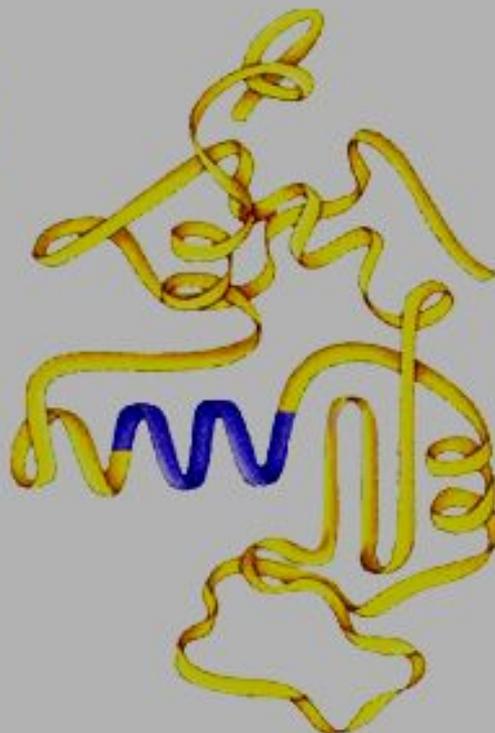
Первичная структура  
(цепочка аминокислот)



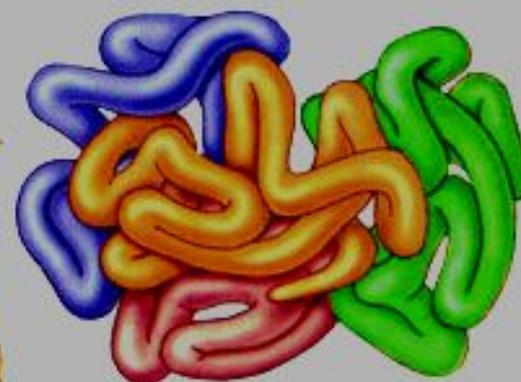
Вторичная структура  
( $\alpha$ -спираль)



Третичная структура

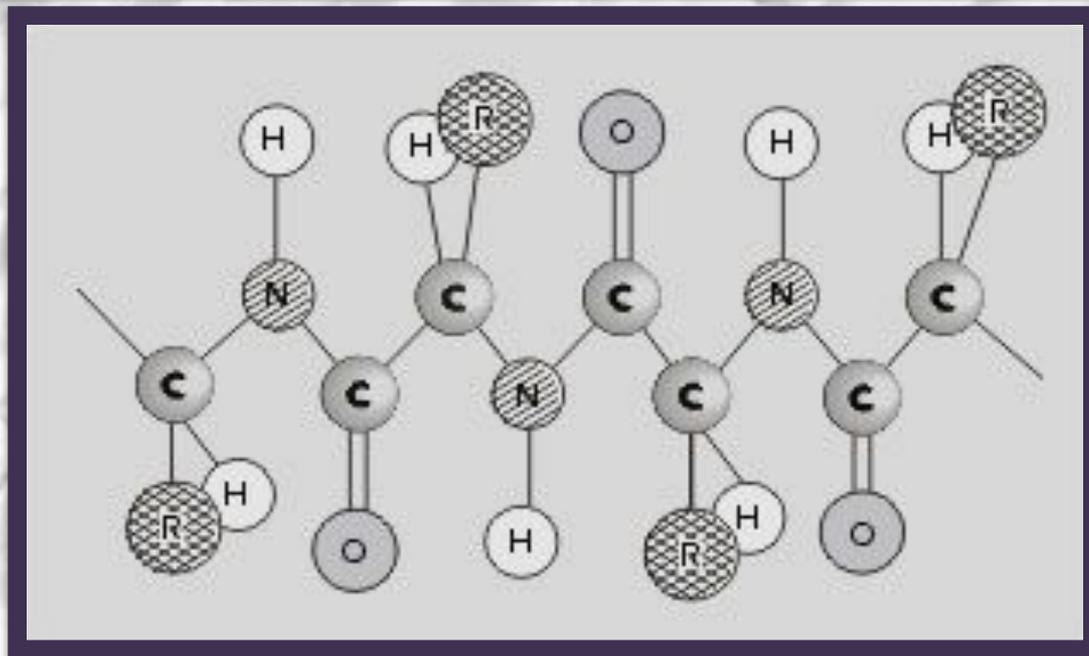


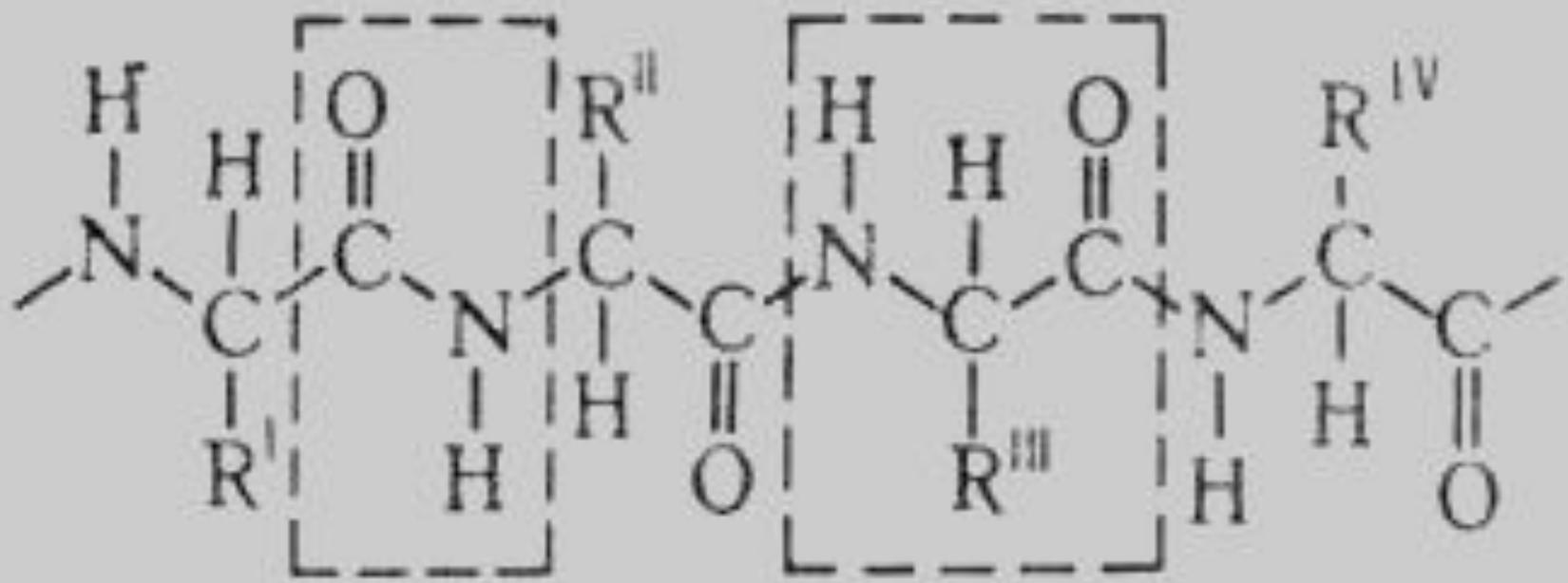
Четвертичная структура  
(клубок белков)



**Первичная структура** – линейная последовательность в расположении аминокислотных остатков в одной или нескольких полипептидных цепях составляющих молекулу белка.

**Пептидная связь** открыта в 1888г. профессором А.Я.Данилевским.



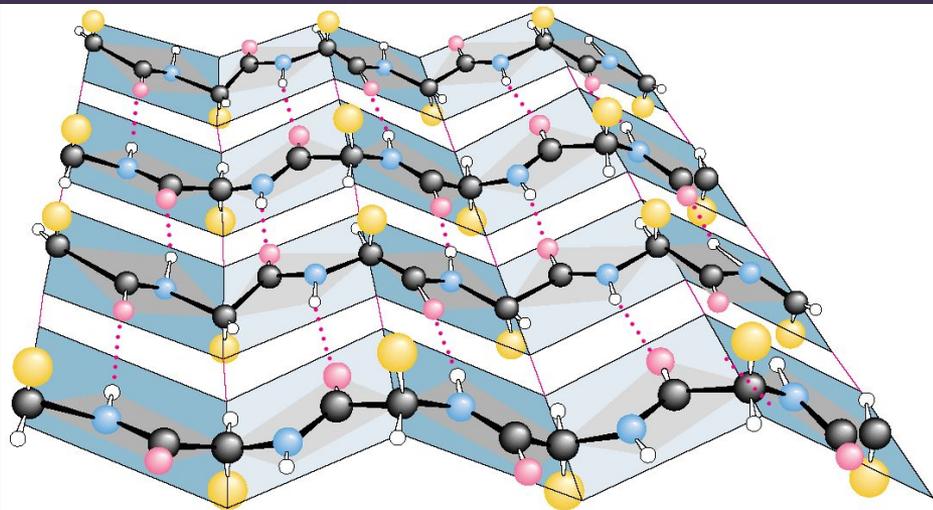
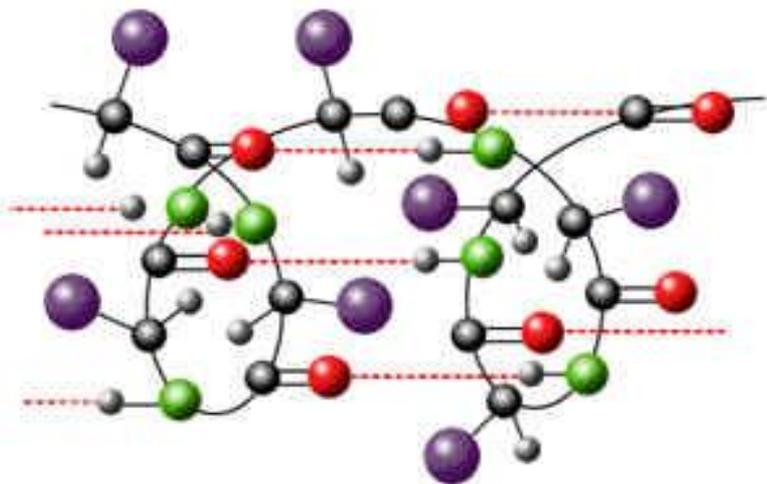


Пептидная  
группа

Аминокислотный  
остаток

I

**Вторичная структура** - закручивание полипептидной линейной цепи в спираль – спиралевидная структура. (за счет множества водородных связей) может быть  $\alpha$  и  $\beta$ -спираль

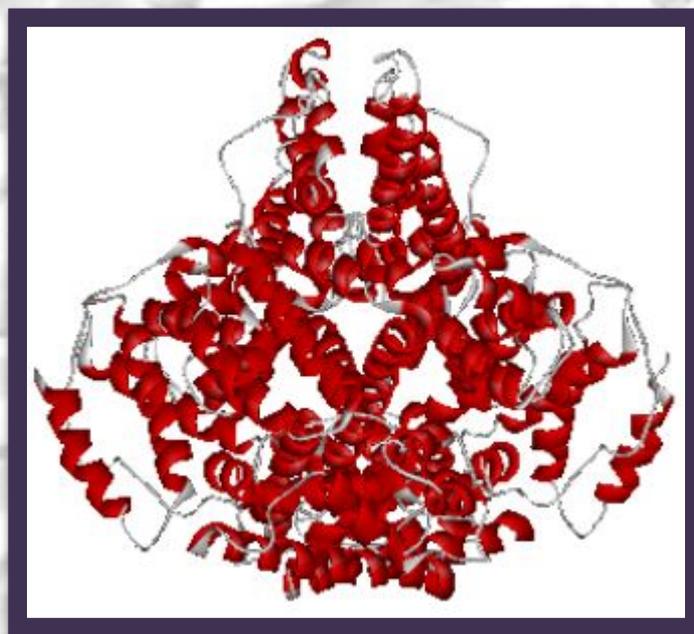


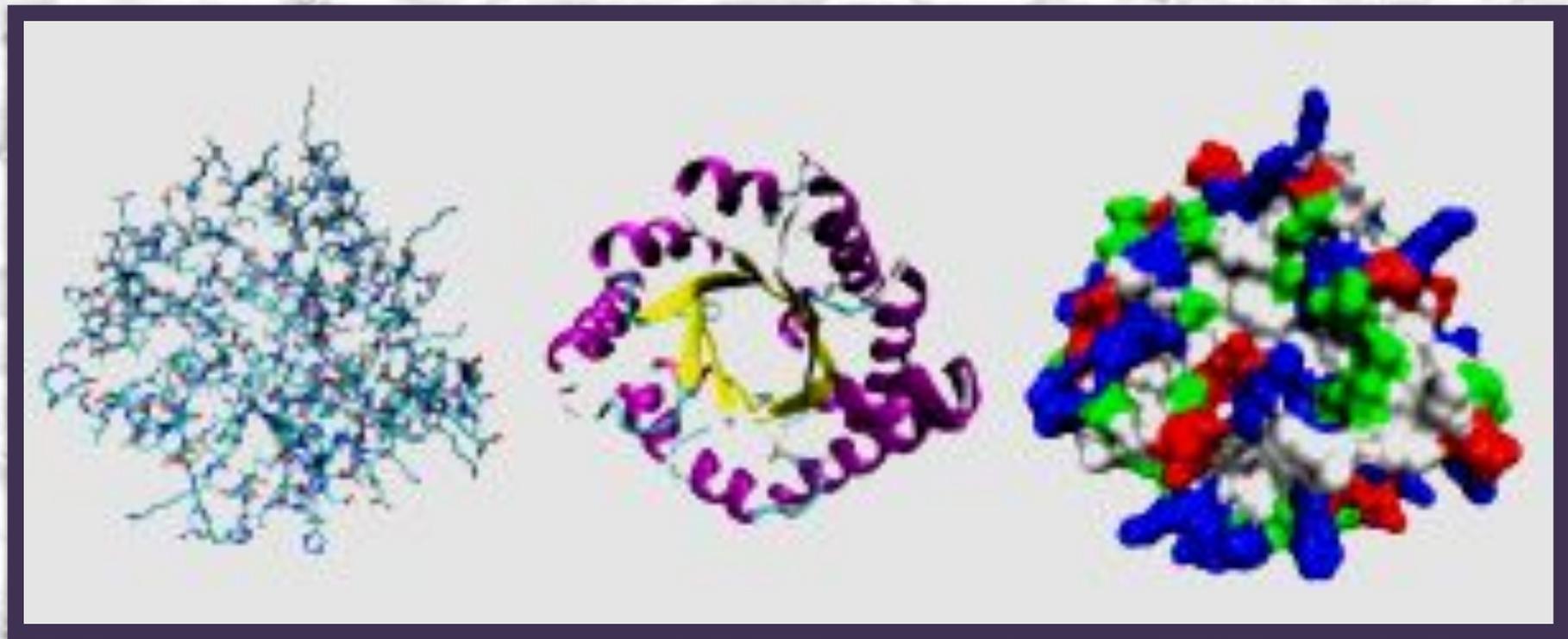
- **$\alpha$ -спирали** — плотные витки вокруг длинной оси молекулы, один виток составляют 4 аминокислотных остатка, спираль стабилизирована водородными связями между Н и О пептидных групп, отстоящих друг от друга на 4 звена. Спираль построена исключительно из одного типа стереоизомеров аминокислот (L), хотя она может быть как левозакрученной, так и правозакрученной, в белках преобладает правозакрученная.
- **$\beta$ -листы (складчатые слои)** — несколько зигзагообразных полипептидных цепей, в которых водородные связи образуются между относительно удалёнными друг от друга в первичной структуре аминокислотами или разными цепями белка, а не близко расположенными, как имеет место в  $\alpha$ -спирали. Эти цепи обычно направлены N-концами в противоположные стороны (антипараллельная ориентация). Для образования  $\beta$ -листов важны небольшие размеры R-групп аминокислот, преобладают обычно глицин и аланин.

**Третичная структура** - упаковка вторичной спирали в глобулу – глобулярная структура зависит от первичной структуры, за счет:

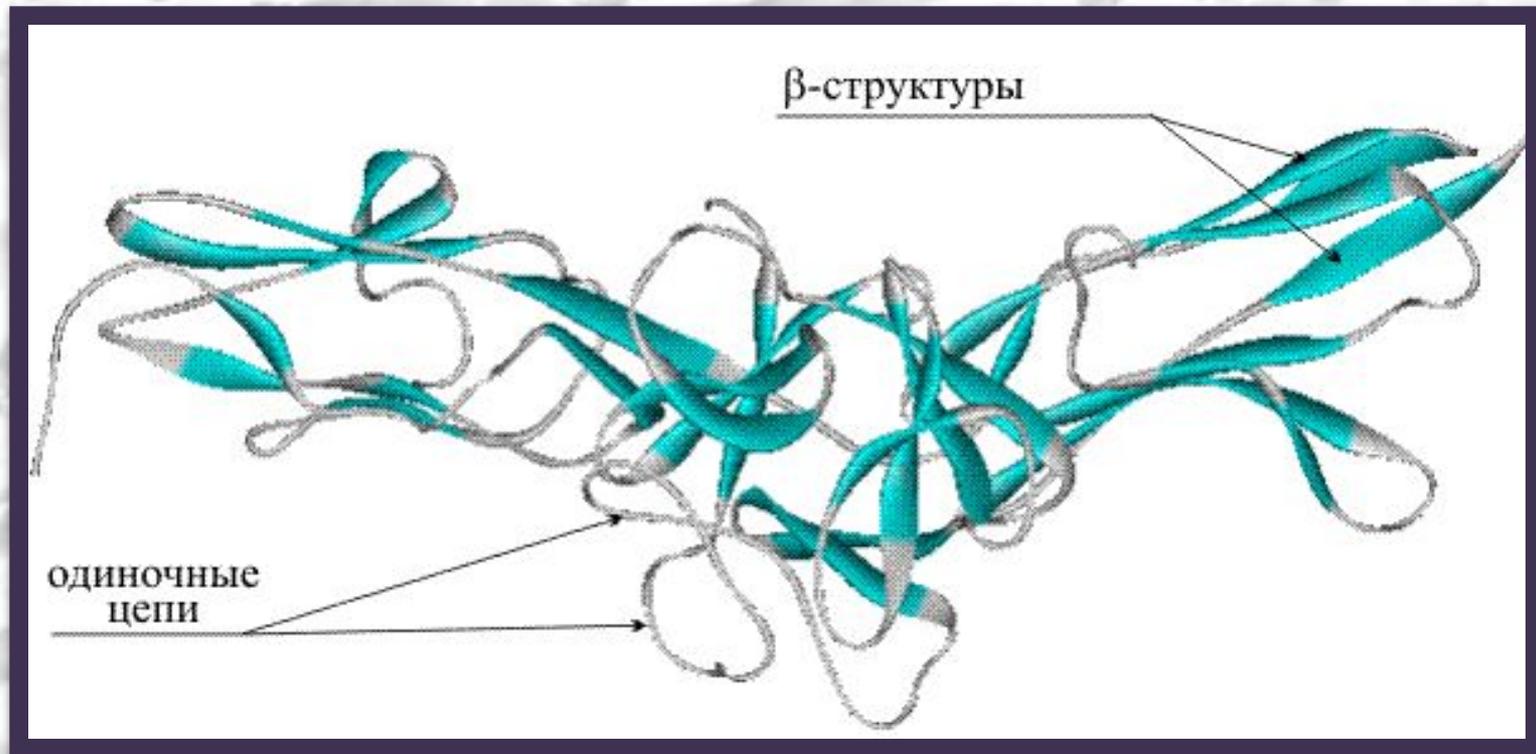
- 1) Дисульфидные мостики ( **$-S - S -$** );
- 2) Солевые мостики за счет связей между  **$COOH$**  и  **$NH_2$** ;
- 3) гидрофобные связи при взаимодействии радикалов. При этом могут образовываться глобулярные и фибриллярные белки.

# Глобулярные белки

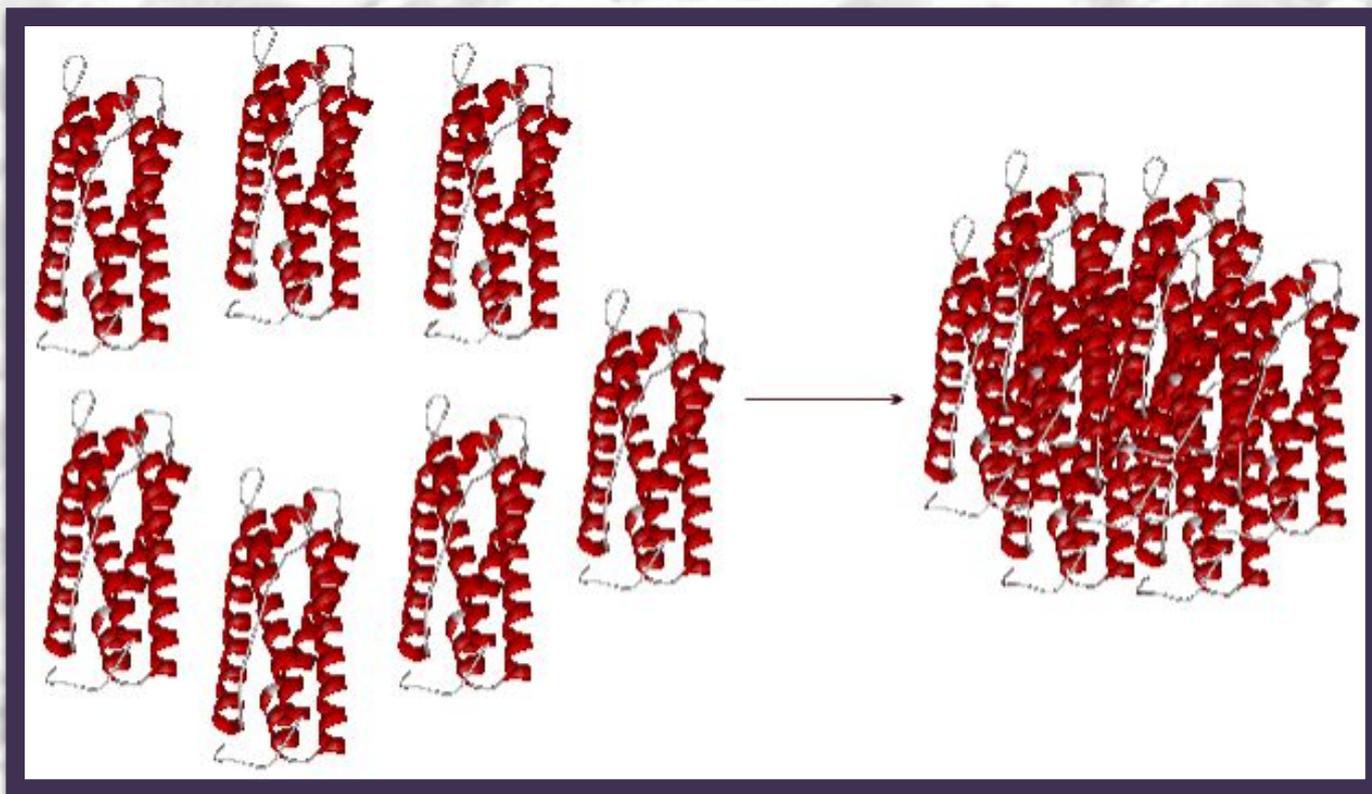




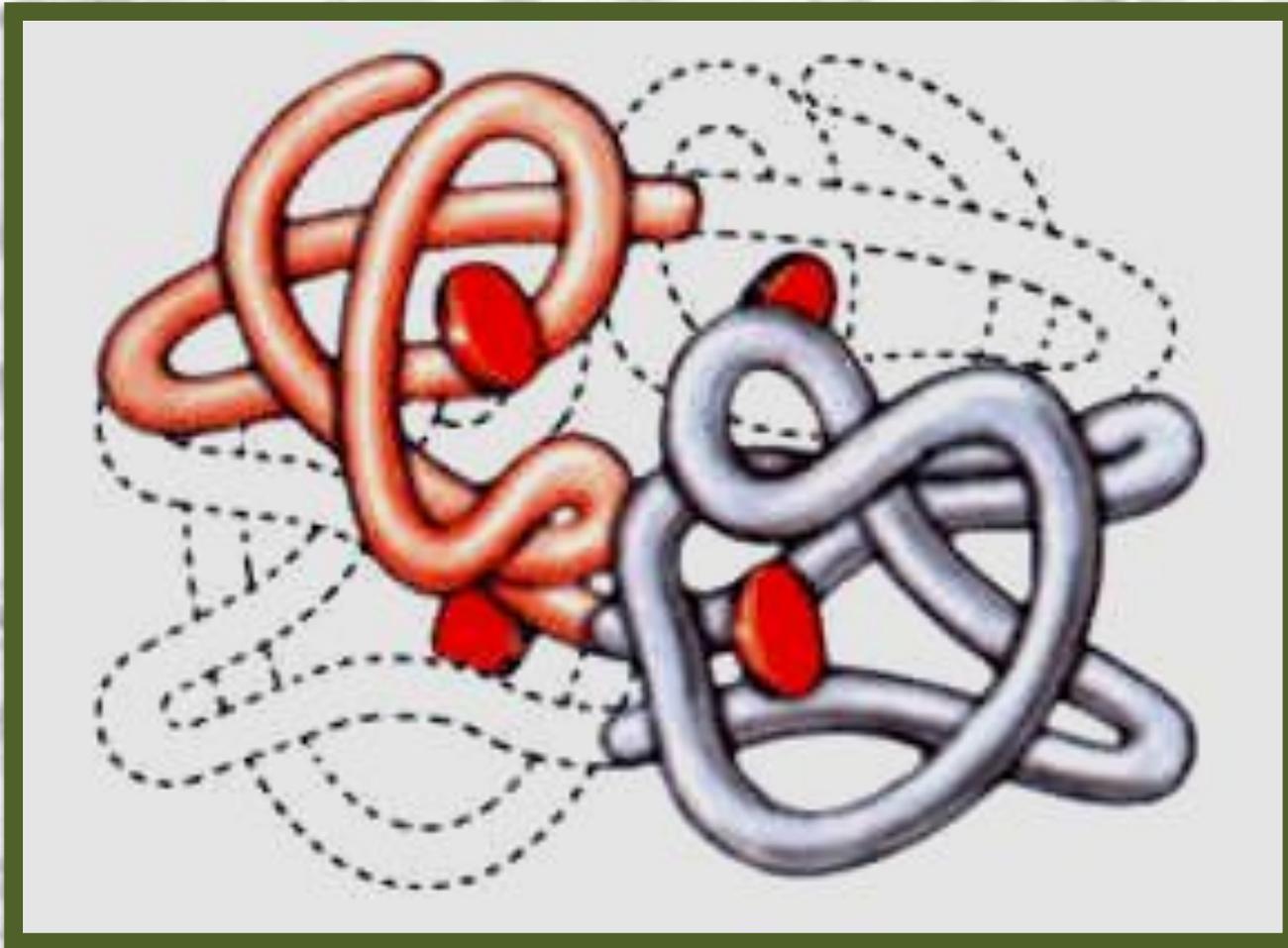
# Фибриллярные белки



**Четвертичная структура** - встречается редко. Комплекс, объединяющий несколько третичных структур органической природы и неорганическое вещество.



# Четвертичная структура белка гемоглобина



# **КЛАССИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ.**

## Классификация белков по форме молекулы

Глобулярные -  
имеют  
сферическую  
форму (глобулу)  
или стремятся к  
ней

Фибриллярные - имеют  
вид пучка нитей. В  
отличие от глобулярных  
белков третичная  
структура состоит из  
трех вторичных структур  
свернутых в  
суперспираль

- **Классификация белков по хим. составу**

- **Простые (протеины)**

- **Белки, состоящие только из аминокислот**

- **Альбумины, глобулины, фибрин, трипсин, гистоны**

- **Сложные (протеиды)**

- **Содержат белковую часть и небелковую (ионы металлов, липиды, углеводы и.т.п.)**

- **Липопротеиды, гликопротеиды, фосфопротеиды, (гемоглобин)**

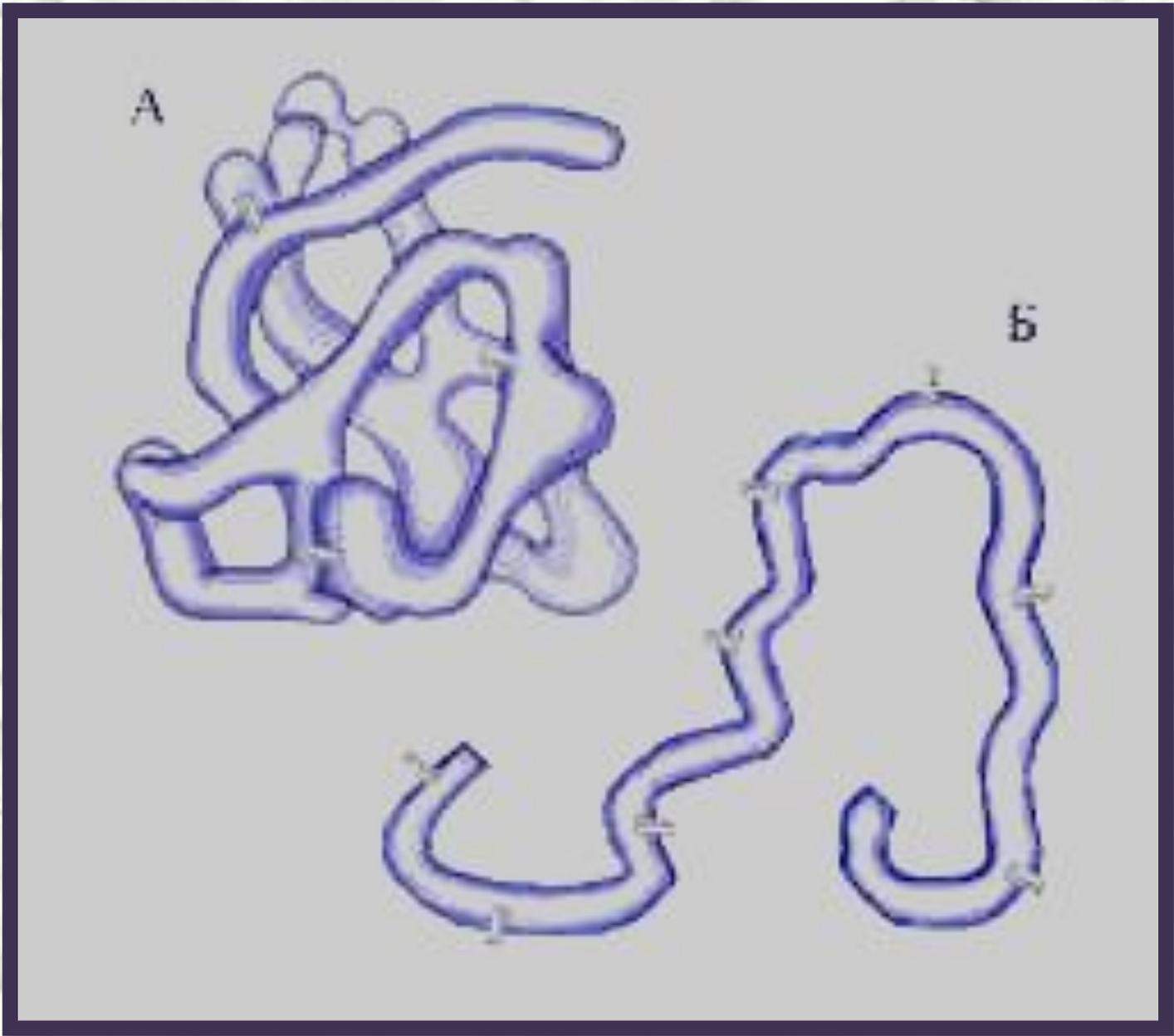
# СВОЙСТВА БЕЛКОВ

## 1. Химические свойства белков

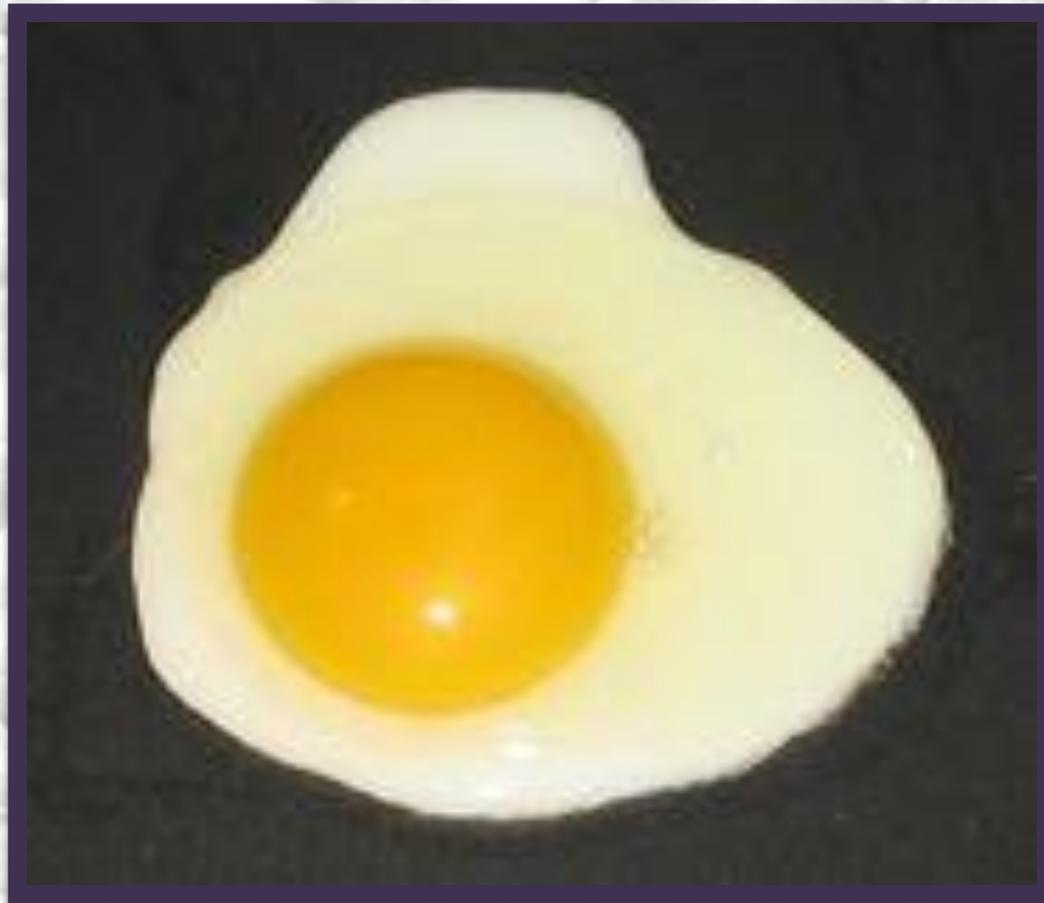
- **Горят** со специфическим запахом жженого пера.
- **Растворение в воде.** Белки делятся на растворимые и нерастворимые в воде. С водой белки образуют коллоидные системы, они могут сильно набухать и образовывать студни.
- **Денатурация** – утрата белковой молекулой структурной организации, под влиянием некоторых факторов.

## • Денатурация

- **Обратимая денатурация** – частичное разрушение пространственной структуры белка (Возможен обратный процесс - **ренатурация**). Обратимая денатурация происходит в результате высаливания (выделение белка из раствора добавлением соли) или коагуляции (нарушение структуры гидратных оболочек макромолекул белка, приводящее к выпадению гелеобразного осадка).
- **Необратимая денатурация** – полное разрушение пространственной структуры белка, приводящее к потере биологической активности (ренатурация невозможна)



**Необратимая денатурация белка  
куриного яйца под воздействием  
высокой температуры**



## Денатурация происходит под действием:

- обезвоживания,
  - резкого изменения рН среды (кислоты, щелочи),
  - спиртов,
  - солей тяжелых металлов,
  - температуры,
  - радиации,
  - давления.
  - **Гидролиз** – распад белка на аминокислоты. Гидролиз бывает: щелочным, кислотным, ферментативным
- $\text{H}_2\text{O}$                        $\text{H}_2\text{O}$                        $\text{H}_2\text{O}$
- Белок**  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  полипептиды  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  олигопептиды  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  дипептиды  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  аминокислоты
- **Подвергаются гниению** (под действием гнилостных бактерий), при этом образуется  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_3\text{N}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и другие низкомолекулярные продукты

## Цветные реакции на белок

№	Название	Реакция	Группы
1	<b>Биуретовая реакция</b>	<b>Белок + NaOH + CuSO<sub>4</sub> → фиолетовое окрашивание</b>	На пептидную связь
2	<b>Ксантопротеиновая реакция</b>	<b>Белок + HNO<sub>3</sub> → ярко-желтое окрашивание</b>	На ароматические кольца
3	<b>Миллоновая реакция</b>	<b>Белок + р-р Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> в HNO<sub>3</sub> → вишнево-красное окрашивание</b>	Фенольные группировки
4	<b>Сульфгидрильная реакция</b>	<b>Белок + Pb(CH<sub>3</sub>COOH)<sub>2</sub> → черные осадок</b>	На – S – S – мостики
5	<b>Реакция Адамкевича</b>	<b>Белок + глиоксальную кислоту + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.) → фиолетовое окрашивание</b>	На индольные группировки

**ФЕРМЕНТЫ (энзимы)** (от греческого «эн зюма» - в дрожжах, или от латинского «ферментум» - закваска) – крупные глобулярные белки, действующие как катализаторы (молекулярная масса различных ферментов варьирует от 12 000 до 1 000 000 и более).

По пространственной организации ферменты состоят из нескольких доменов и обычно обладают четвертичной структурой, т.е. состоят из нескольких цепей. Кроме того, ферменты могут иметь в своем составе и небелковые компоненты. Белковая часть носит название **апофермент**, а небелковая – **кофактор** (если это простое неорганическое вещество, например  $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) или **кофермент** (коэнзим) (если речь идет об органическом соединении). Апофермент и кофермент – образуют единый каталитический комплекс – **голофермент**. Компоненты голофермента по отдельности каталитически неактивны.

**Молекула фермента имеет активный центр. Активный центр состоит из двух участков – сорбционного (контактная площадка) и каталитического. Первый отвечает за связывание фермента с молекулой субстрата, а второй собственно за реакцию. Иногда фермент имеет один или несколько регуляторных (аллостерический) центров.**

**В общем, виде реакция с участием фермента протекает в три стадии:**

- 1) распознавание фермента E субстратом S;**
- 2) связывание фермента и субстрата с образованием активированного фермент – субстратного комплекса E S по принципу «ключ-замок»;**
- 3) отделение продукта P от фермента E**

**Это позволяет написать следующее выражение:**



Рабочее название ферментов состоит из названия субстрата, на который он действует, указания на тип катализируемой реакции + окончание «аза».

### **Особенности ферментов как биологических катализаторов:**

- все ферменты белковой природы;
- специфичность, фермент ускоряет определенную реакцию (исключение пищеварительные ферменты они ускоряют групповые реакции)
- температурный интервал среды 35-50<sup>0</sup>С
- определенная рН среды
- каждый фермент осуществляет от тысячи до сотни тысяч реакций в минуту (эффективность) например на образование того количества вещества, которое синтезируется в результате ферментативной реакции в течении 1 минуты в живом организме в отсутствии его потребовалось бы 300лет.

## ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

```
graph TD; A[ФУНКЦИИ БЕЛКОВ] --> B[Структурная]; A --> C[Транспортная]; A --> D[Каталитическая]; A --> E[Регуляторная]; A --> F[Защитная]; A --> G[Запасная]; A --> H[Двигательная];
```

Структурная

Транспортная

Каталитическая

Регуляторная

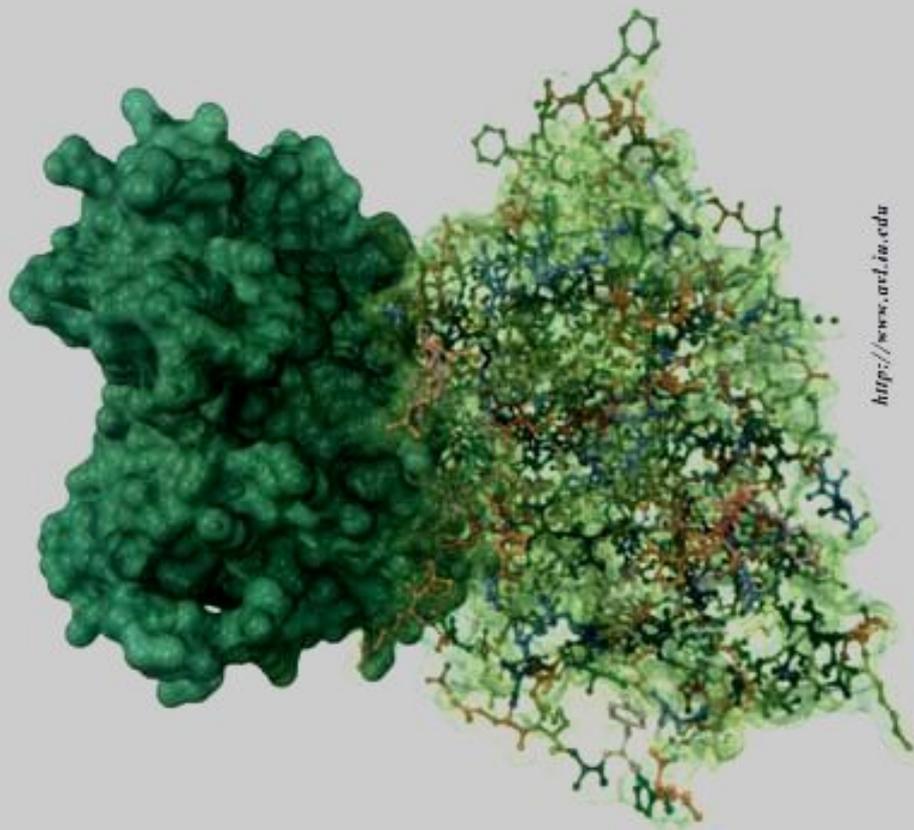
Защитная

Запасная

Двигательная

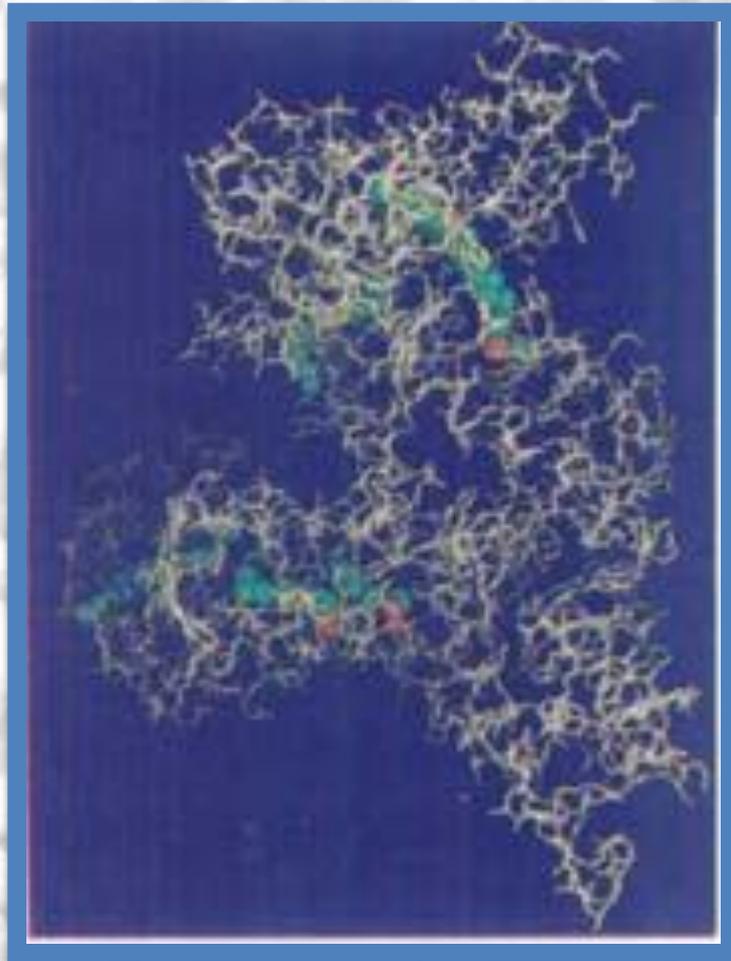
Функция	Характеристика функции.
1 Строительная (структурная)	Участие в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки, а так же внеклеточных структур (кератин, коллаген, эластин)
2 Транспортная	Присоединение химических веществ – (например кислорода) или биологически активных веществ (гормонов) и перенос их к различным тканям и органам (гемоглобин, альбумин, мембранная АТФ - аза)
3 Двигательная (сократительная)	Обеспечивает все виды движения, которые свойственны клеткам и организмам (актин, миозин)
4 Энергетическая	Источник энергии для клетки. При распаде 1г белка до конечных продуктов выделяется 17,6кДж. Однако в качестве источника энергии белки используются тогда, когда другие израсходованы.
5 Защитная	Образование в лейкоцитах особых белков-антител в ответ на поступление в организм чужеродного белка или микроорганизмов.
6 Регуляторная	Многие белки выполняют функцию гормонов – веществ особым образом влияющих на активность ферментов – усиливающих или подавляющих ее (гистоны, инсулин, глюкагон, адренкортикотропный гормон)
7 Рецепторная	Некоторые белки встроенные в клеточную мембрану, способны изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Так происходит прием сигналов из внешней среды и передача команд в клетку (родопсин, фитохром)
8 Каталитическая	Белки – ферменты ускоряют химические реакции, протекающие в клетках, в десятки, сотни раз.
9 Токсины	Многие белки яды, например змеиный яд, белки вирусов и бактерий.

# Примеры белков и их функций в организме

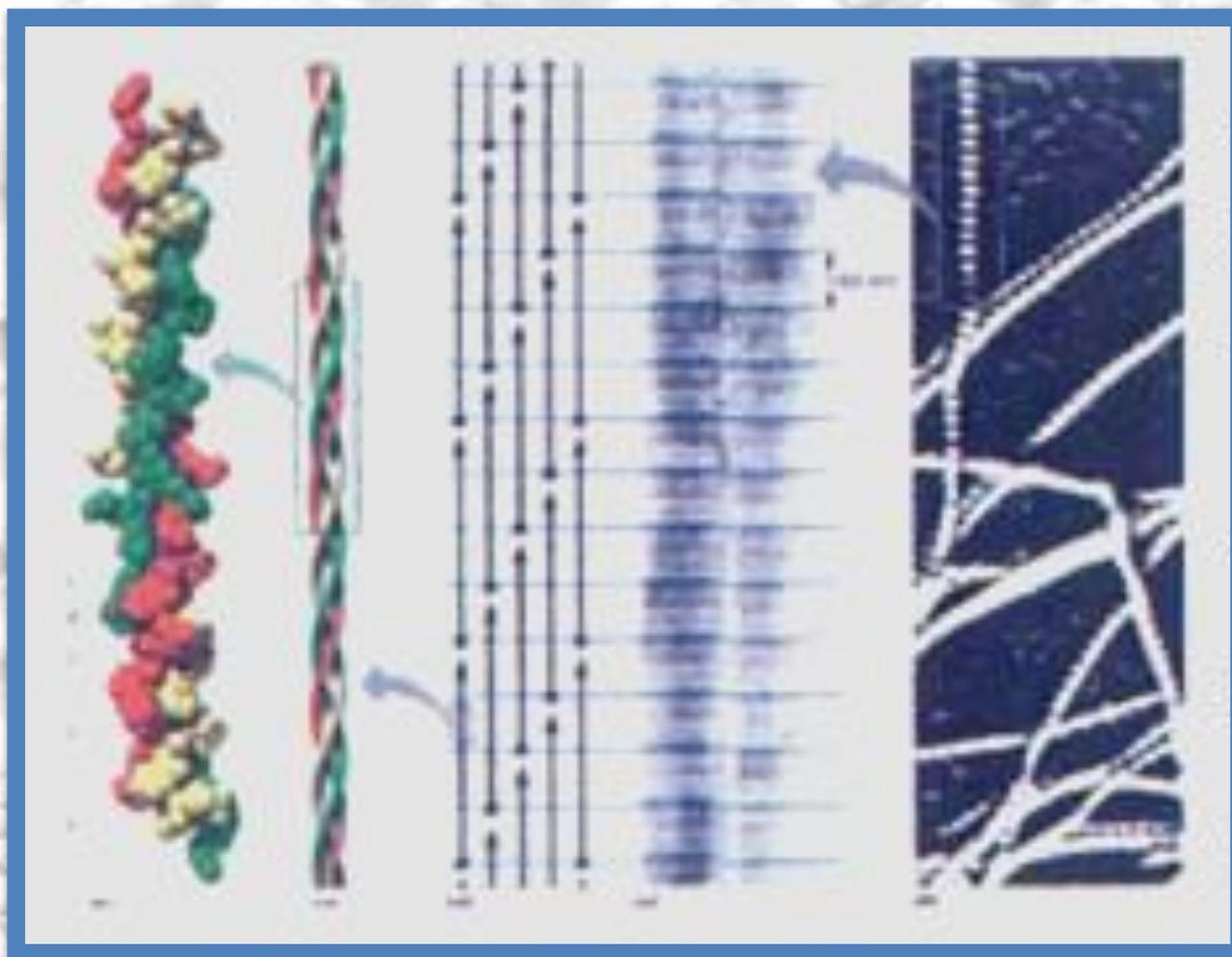


Модель тубулина.  
Из этого белка  
построены  
микротрубочки. Они  
поддерживают  
форму клеток,  
перемещают  
цитоплазму  
и органеллы,  
растаскивают  
хромосомы  
при делении  
направляют потоки  
веществ

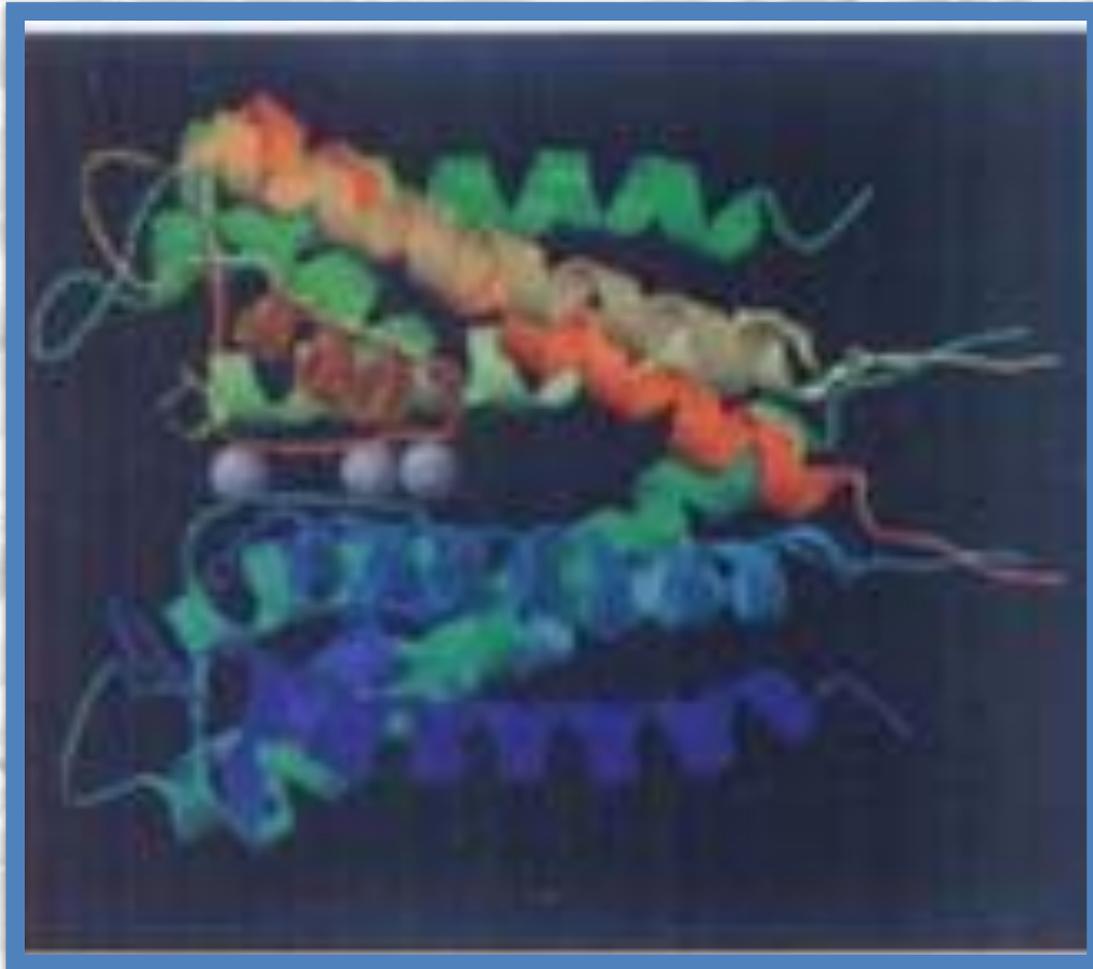
Модель альбумина из плазмы крови.  
В крови альбумин переносит жирные  
кислоты, пигменты и другие вещества



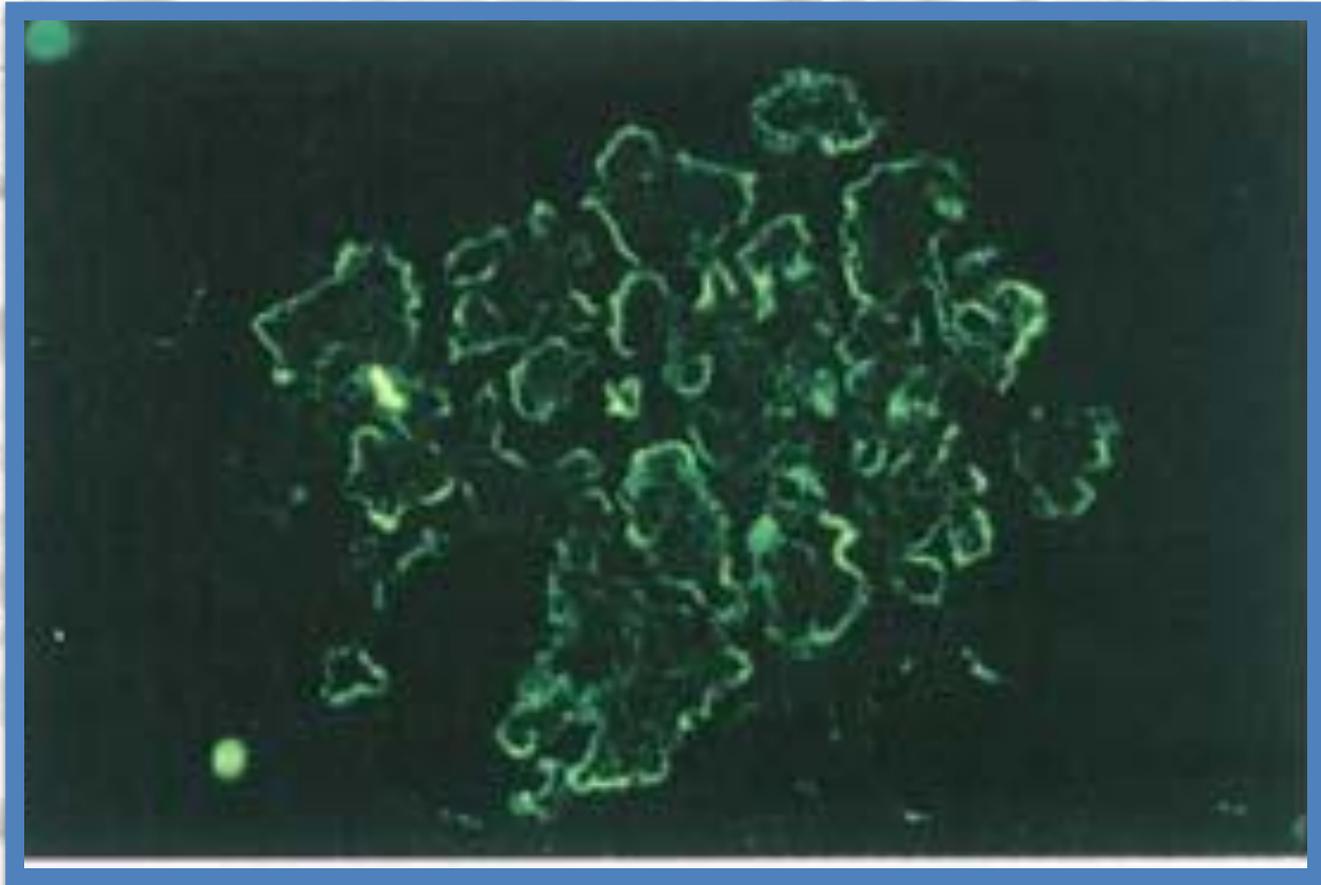
Коллаген — белок соединительной ткани.  
Рисунок и фотография волокна  
соединительной ткани



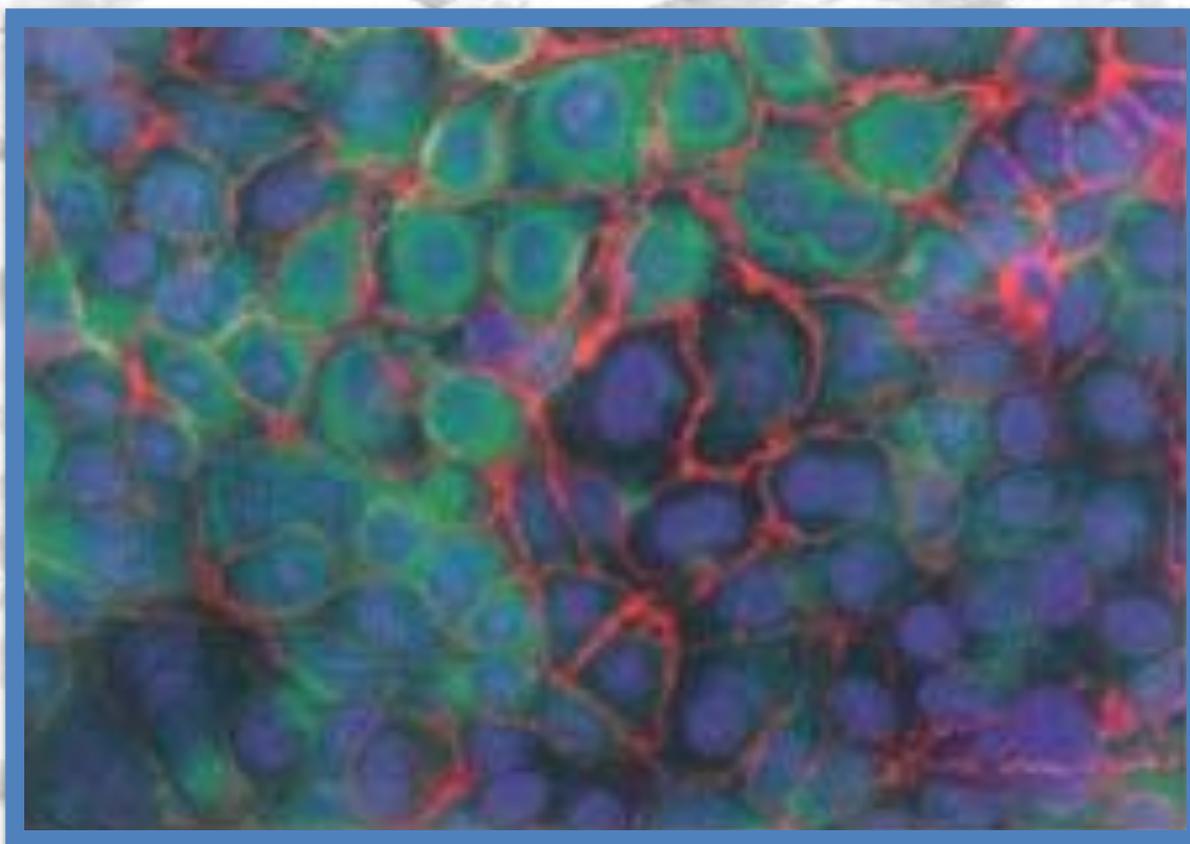
Канал, переносящий через мембрану ионы калия у одной из бактерий (модель „резиновая лента“)



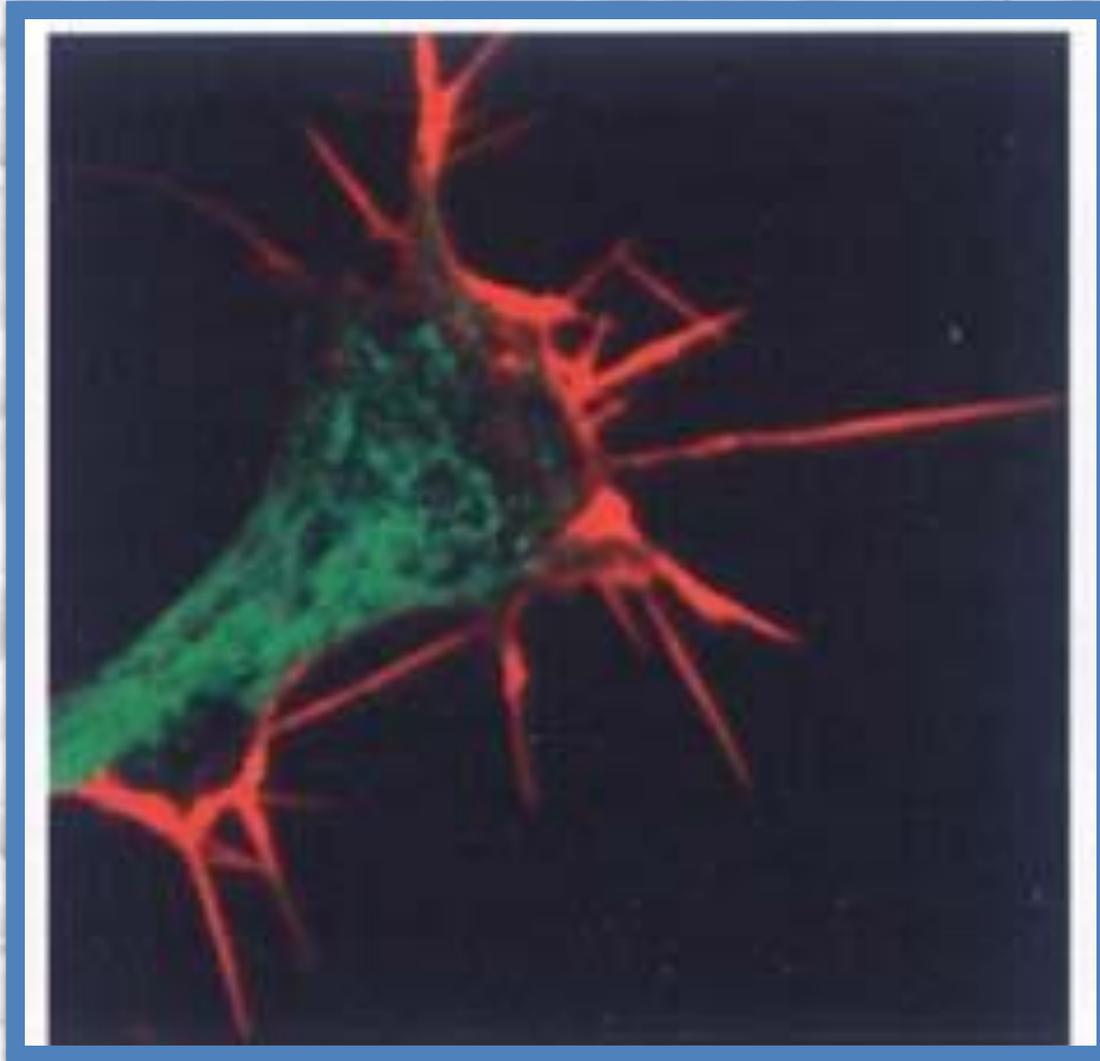
# Иммуноглобулины G и M в стенках почечных капилляров



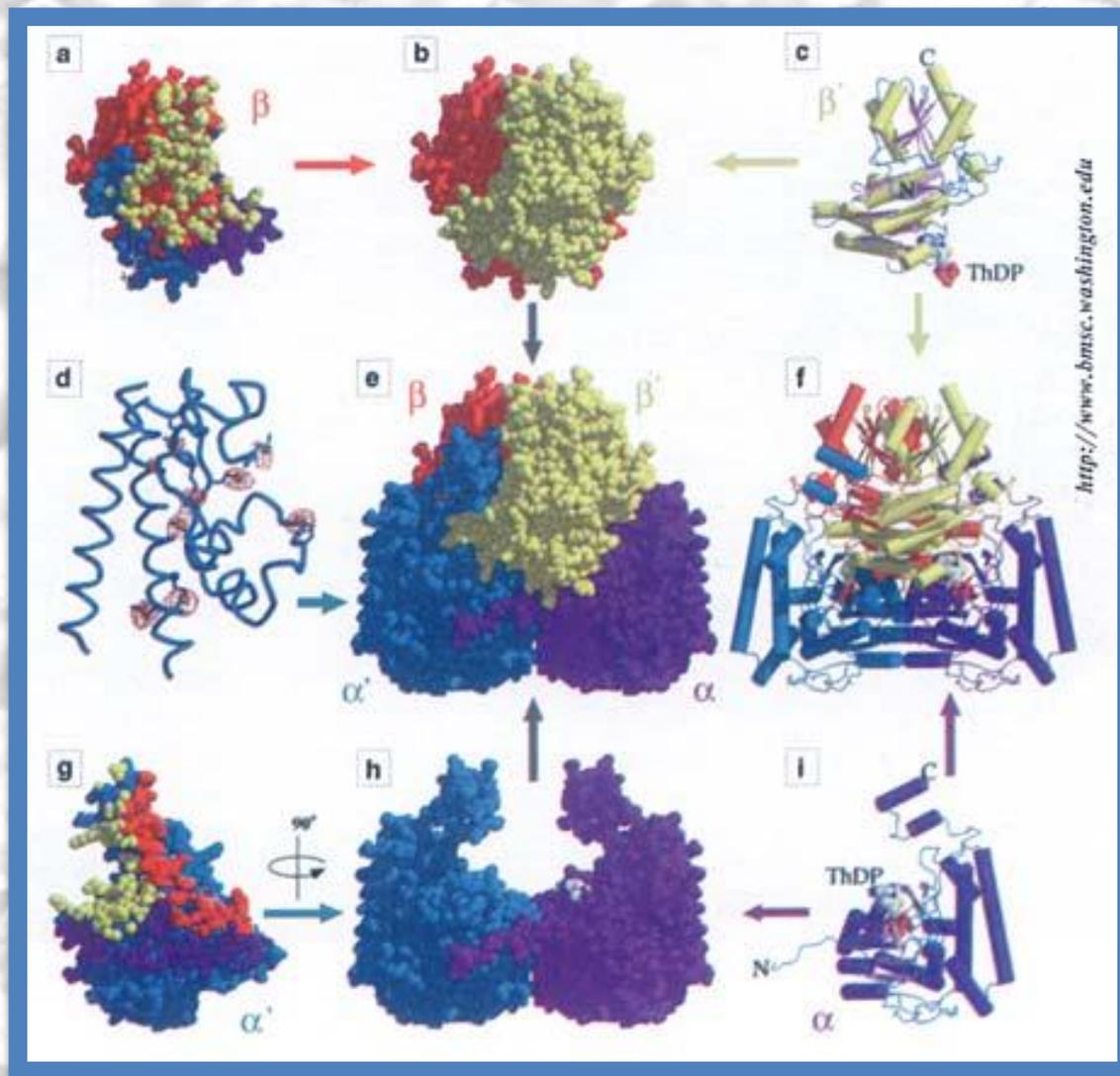
Клетки, в которых красным помечен E-кадгерин, зелёным — кератин, а голубым — ядра клеток



# Актин и тубулин в нейронах



# Структура пируватдегидрогеназного ферментативного комплекса



# Об авторе



Веснина Ольга Владимировна

Дата рождения – 4 января 1966 года

Окончила Томский государственный педагогический институт имени Ленинского комсомола, биолого-химический факультет по специальности химия и биология, квалификация учитель средней школы в 1990г.

Работаю учителем химии биологии в МОУ Коломиногривская средняя общеобразовательная школа с 19 августа 1989г

Трудовой стаж 19 лет.

Преподаю химию 8 – 11 класс, информатику 5–11 классы

В 2002г окончила курс «Сетевые технологии и глобальная компьютерная сеть» на базе Томского регионального центра Федерации Интернет Образования.

e-mail: [ov-vesnina@mail.ru](mailto:ov-vesnina@mail.ru)