



**Кафедра биологической химии**

**Физико-химические свойства  
белков. Реакции осаждения.  
Классификация белка**

**Доц. Литвиненко Любовь Александровна**

# **Физико-химические свойства белков:**

- **Коллоидно-осмотические**
- **Кислотно-основные**
- **Буферные**

# **Коллоидно-осмотические свойства**

**Растворы белков – растворы ВМС  
(молекулярная масса от 6 тыс. до  
миллионов Да), гидрофильные  
коллоидные растворы  
(размеры: от 1 до 100 нм)  
Вокруг белковой молекулы  
формируется гидратная оболочка**

# **Свойства белков как гидрофильных коллоидных растворов**

- 1. Рассеивание света (на коллоидных частицах - опалесценция (Конус Тиндаля))**
- 2. Малая скорость диффузии**
- 3. Неспособность к диализу**
- 4. Создание онкотического давления**
- 5. Высокая вязкость**
- 6. Способность к гелеобразованию (застудневанию)- образование сетчатой структуры между п/п цепями, внутри вода**
- 7. Способность к набуханию в больших пределах**
- 8. Способность к осаждению**



# **Факторы устойчивости белка в растворе:**

- 1. Заряд белка**
- 2. Гидратная оболочка**
- 3. Наличие нативной  
конформации**

# Кислотно-основные свойства

Заряд белка обусловлен:

1. Присутствием в белках заряженных аминокислот;
2. величиной рН среды, отличной от рI

(ИЭТ)

ИЭТ(рI) - значение рН, при котором суммарный заряд белка равен «0»

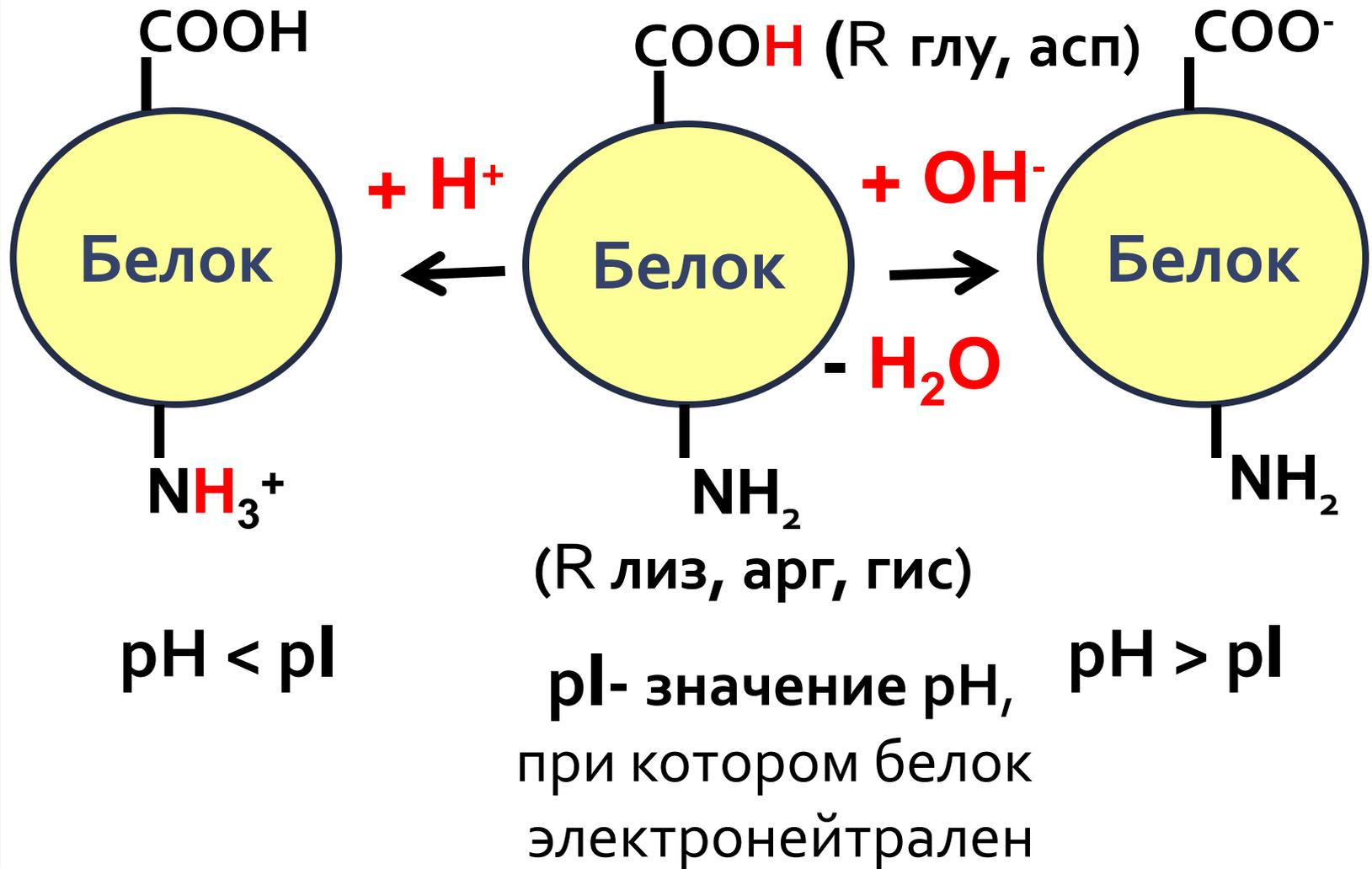
В зависимости от величины ИЭТ белки разделяют на:

Кислые –  $pI < 7$ ;

Нейтральные –  $pI = 7$

Основные –  $pI > 7$

# Механизм образования заряда у белков



# Осаждение белков

- 1. Высаливание**  
(дегидратация)
- 2. Осаждение в рI**  
(потеря заряда)
- 3. Седиментация**

# Высаливание (дегидратация)

Обратимое осаждение белков под действием высоких концентраций солей щелочных и щелочземельных металлов

Альбумины осаждаются в 100%  
растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Глобулины осаждаются в 50%  
растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

# Осаждение белка в рI (потеря заряда)

## Свойства белков в рI

- Максимум осаждения
- Минимальная устойчивость
- Отсутствие электрофоретической подвижности

# Классификация белков

- по форме молекул
- по молекулярной массе
- по химическому строению
- по функциям
- по локализации в клетке
- по возможности адаптивно регулировать количество данных белков

# Простые белки

- Альбумины и глобулины
- Протамины и гистоны
- Проламины и глютелины
- Протеиноиды

## Альбумины

- Молекулярная масса 40-70 тыс. Да
  - Растворимость в воде растворимы
  - Растворимость в слабом растворе  $\text{NaCl}$  Растворимы
- Функции**  
Регуляция  
Поддержание  
Транспорт  
ионы (Ca, Mg), билирубин,  
свободные жирные  
кислоты

## Глобулины

- масса 100-140 тыс. Да
- в воде нерастворимы
- растворе  $\text{NaCl}$  Растворимы
- в организме**  
рН  
онкотического давления  
веществ:  
гормоны, витамины,  
микроэлементы, липиды
- Участие в регуляции**  
специфической и  
неспецифической защиты,  
свертывания крови и  
фибринолиза

	<b>Гистоны</b>	<b>Протамины</b>
<b>Молекулярная масса</b>	11- 22 кДа	4-5 кД
<b>Аминокислотный состав</b>	20-30% лизина и аргинина	60 - 85% аргинина
<b>Характер белка</b>	основной	основной
<b>локализация</b>	В ядрах клеток (в составе нуклеопротеинов)	Сперматозоиды (в составе нуклеопротеинов)
<b>Функция</b>	1) регуляция активности генома, препятствуют транскрипции; 2) структурная, стабилизация структуры ДНК в пространстве	Защищает ДНК от действия нуклеаз и придает хроматину компактную форму

	<b>Глютелины</b>	<b>Проламины</b>
<b>Представители</b>	<p>глютенин (из пшеницы), оризенин (из риса)</p>	<p>гордеин (из ячменя) зеин (из кукурузы) глиадин (из пшеницы и ржи) авенин (из овса)</p>
<b>Аминокислотный состав</b>	<p>богаты глутаминовой кислотой и лизином</p>	<p>20–25% глутаминовой кислоты, 10–15% пролина</p>
<b>Свойства</b>	<p>Не растворимы в воде, спирте, растворимы только в разбавленных кислотах и основаниях</p>	<p>растворимы в 60–80% водном растворе этанола</p>

## **Идиопатическая спру, целиакия (у детей) или глютеновая энтеропатия -**

наследственное заболевание- энзимопатия, дефект ферментов, переваривающих глютен (белок клейковины злаков).

Продукты неполного переваривания глютена в кишечной стенке способствуют аутоиммунным и воспалительным реакциям, слизистая оболочка атрофируется, развивается синдром мальабсорбции (нарушение всасывания)

# Лечение целиакии

пожизненное соблюдение аглютеновой диеты (исключение из рациона хлеба, кондитерских, макаронных изделий, колбас, сосисок и всех продуктов, содержащих злаки)

# Протеиноиды

**Фибриллярные белки: коллаген, эластин, кератины.**

**Локализация: в соединительной ткани: (межклеточном матриксе, коже, хрящах ).**

**Богаты глицином, аланином, (гидрокси)пролином.**

**Высокая устойчивость к действию концентрированных кислот и щелочей, нерастворимы в воде.**

**Функции: опорная, барьерная, защитная.**

# Сложные белки

## БЕЛОК + небелковая часть (простетическая группа)

- липопротеины – липиды
- фосфопротеины – фосфорная кислота
- нуклеопротеины - ДНК, РНК
- гликопротеины – углеводы
- гемопroteины – гем
- металлопротеины - металлы

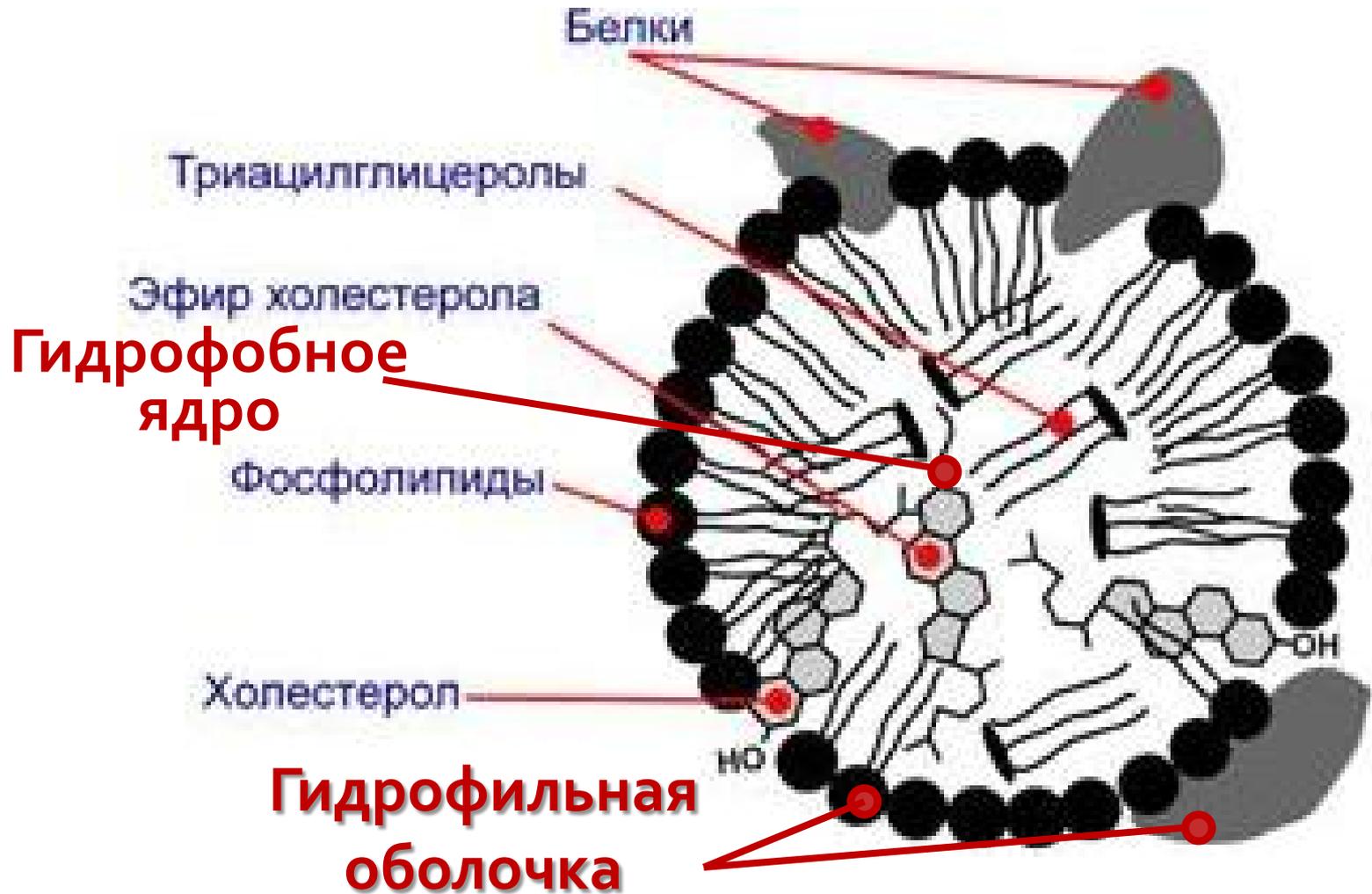
# ЛИПОПРОТЕИНЫ



- **Свободные липопротеины**  
в плазме крови,  
внутри липиды,  
снаружи белки  
(белка от 2 до 50%)

- **Протеолипиды:**  
структурные компоненты мембран (миелиновые оболочки нервных клеток, синаптические мембраны, мембраны митохондрий)  
Внутри белок, снаружи липиды (фосфолипиды)  
(белка 65-85%)  
Транспорт веществ через мембрану, передача нервного импульса, ферментативная функция

# Строение свободных липопротеинов



# Свободные липопротеины

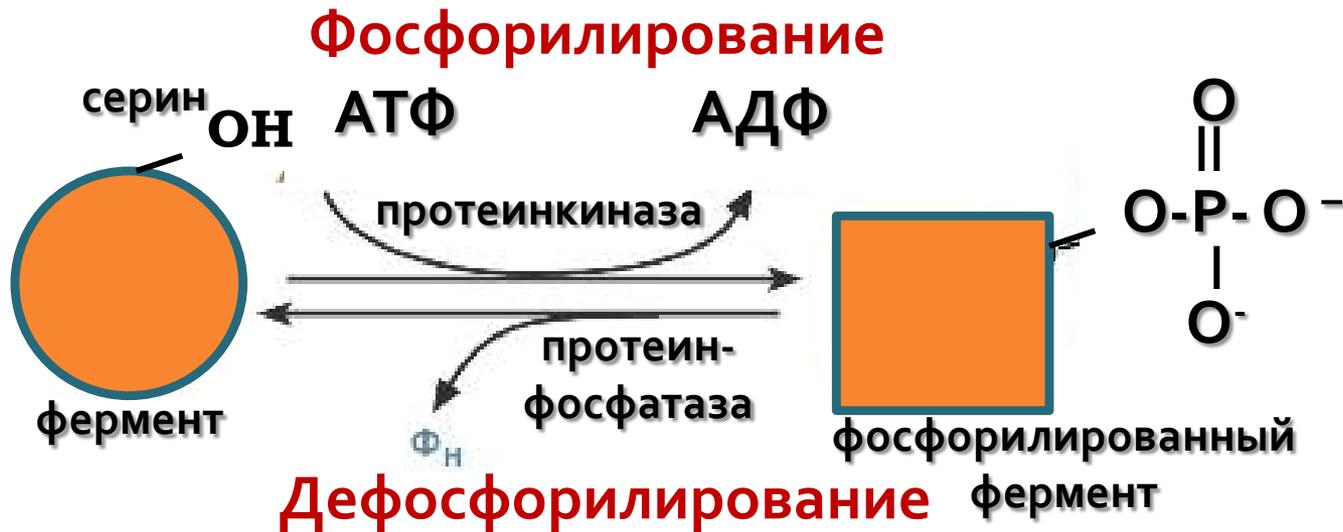
По плотности (м-д центрифугирования)	Электрофоретическое разделение	Химический состав	
<b>Транспорт экзогенных липидов</b>		<b>белок</b>	<b>липиды</b>
<b>Хиломикроны</b>	<b>Хиломикроны</b> (на линии старта)	<b>1-2%</b>	<b>98%</b>
<b>Транспорт эндогенных липидов</b>			
<b>ЛПОНП</b>	<b>Пре-β-ЛП</b>	<b>10%</b>	<b>90%</b>
<b>ЛПНП</b> (атерогенные)	<b>β-ЛП</b>	<b>25%</b>	<b>75%</b>
<b>ЛПВП</b> (антиатерогенные)	<b>α-ЛП</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>

# Фосфопротеины

Функции:

1) питательный материал – для зародышей и детенышей (казеин, фосвитин, овальбумин, ихтулин)

2) регуляция активности ферментов путем ковалентной модификации:



# ДНП ← НКП → РНП

- Локализация – ядро, митохондрии
- Функция – хранение наследственной информации
- Ядро, ядрышки, цитозоль, митохондрии
- Функции различны в зависимости от типа РНК – участвуют в синтезе нуклеиновых кислот и белков, являются рибозимами

# Кислотный гидролиз

ДНП ← **НКП** → РНП

белок

ДНК

РНК

белок

А/к

**ОЛИГОНУКЛЕОТИДЫ**

А/к

дезоксирибо-  
нуклеозид-  
монофосфаты:

dАМФ, dГМФ, dЦМФ, dТМФ

← **МОНО-  
НУКЛЕОТИДЫ** →

рибонуклеозид-  
монофосфаты:

АМФ, ГМФ, ЦМФ, УМФ

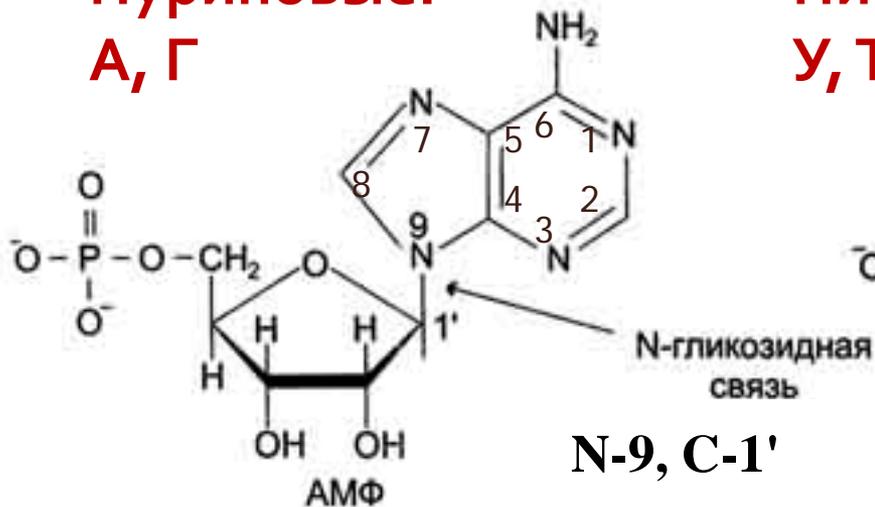
$\text{H}_2\text{O}$   
↓  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$   
**НУКЛЕОЗИДЫ**

А, Г, Ц, Т + дезоксирибоза

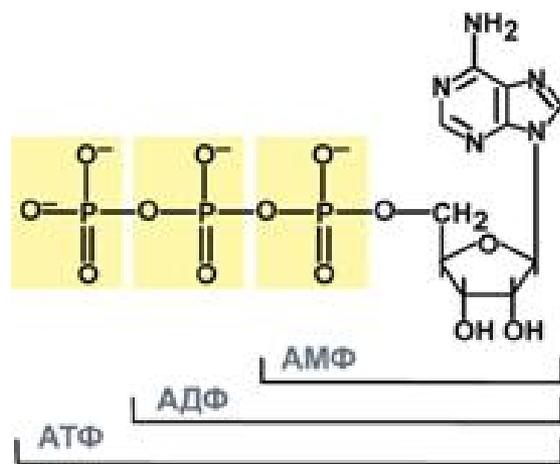
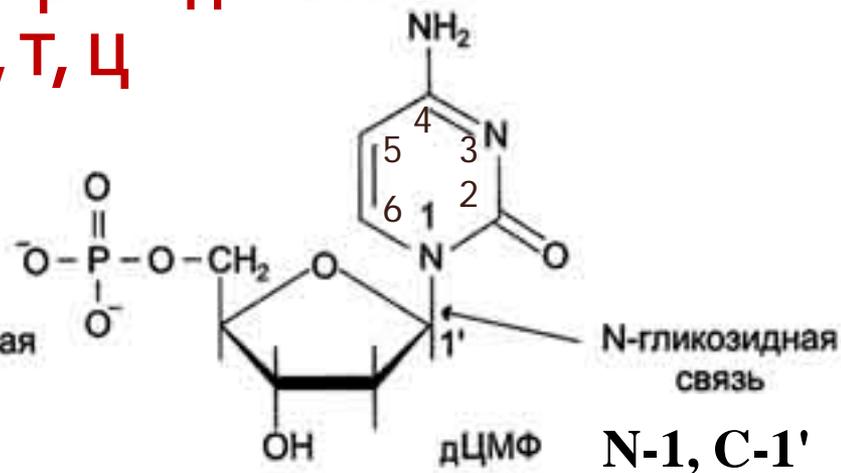
А, Г, Ц, У  
+ рибоза

# Строение нуклеотидов

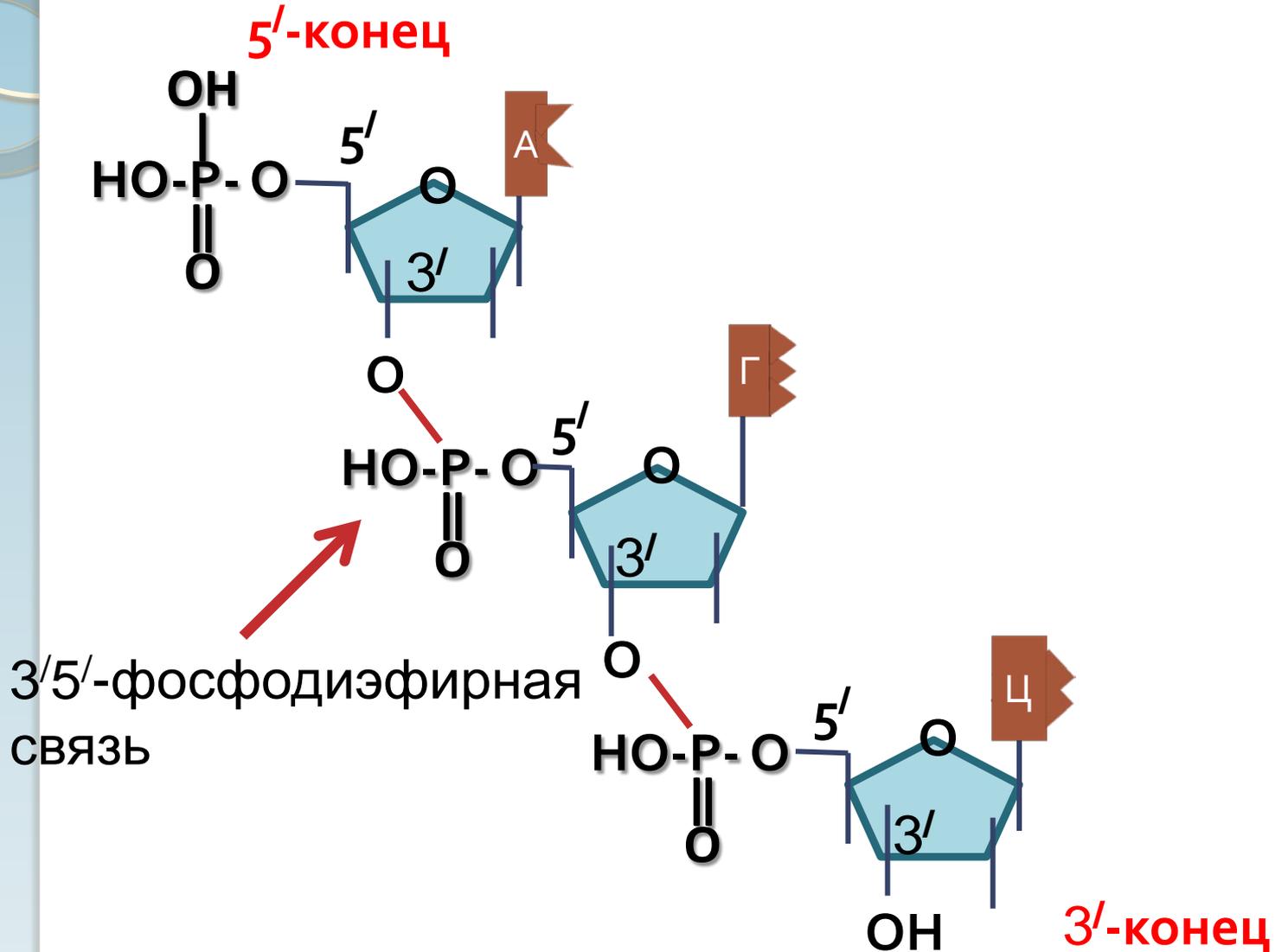
Пуриновые:  
А, Г



Пиримидиновые:  
У, Т, Ц



# Первичная структура НК - последовательность нуклеотидов, связанных 3'/5'-фосфодиэфирными связями



# Вторичная структура ДНК

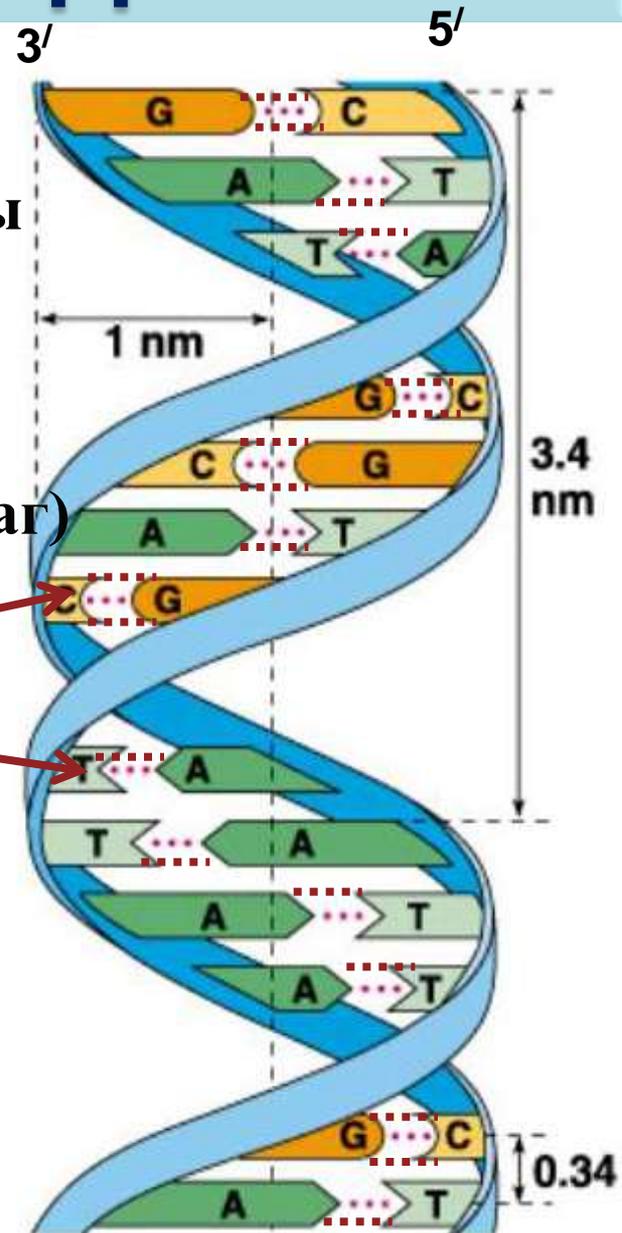
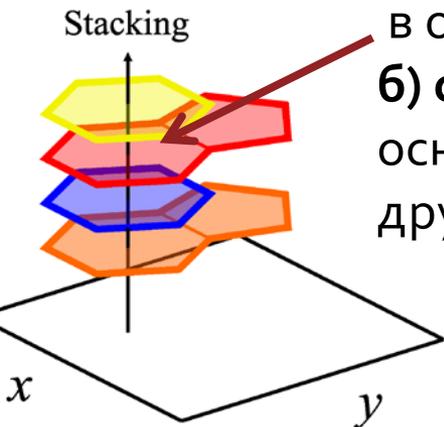
- Двойная спираль:
- цепи комплементарны и антипараллельны
- азотистые основания внутри, снаружи - сахаро-фосфатный скелет
- диаметр спирали - 2 нм,
- каждые 10 п.н. составляют один виток (шаг) (3,4 нм)

Связи двух типов:

а) водородные связи

между основаниями, лежащими в одной плоскости

б) стэкинг-взаимодействие между основаниями, уложенными одно над другим, как в стопке монет.



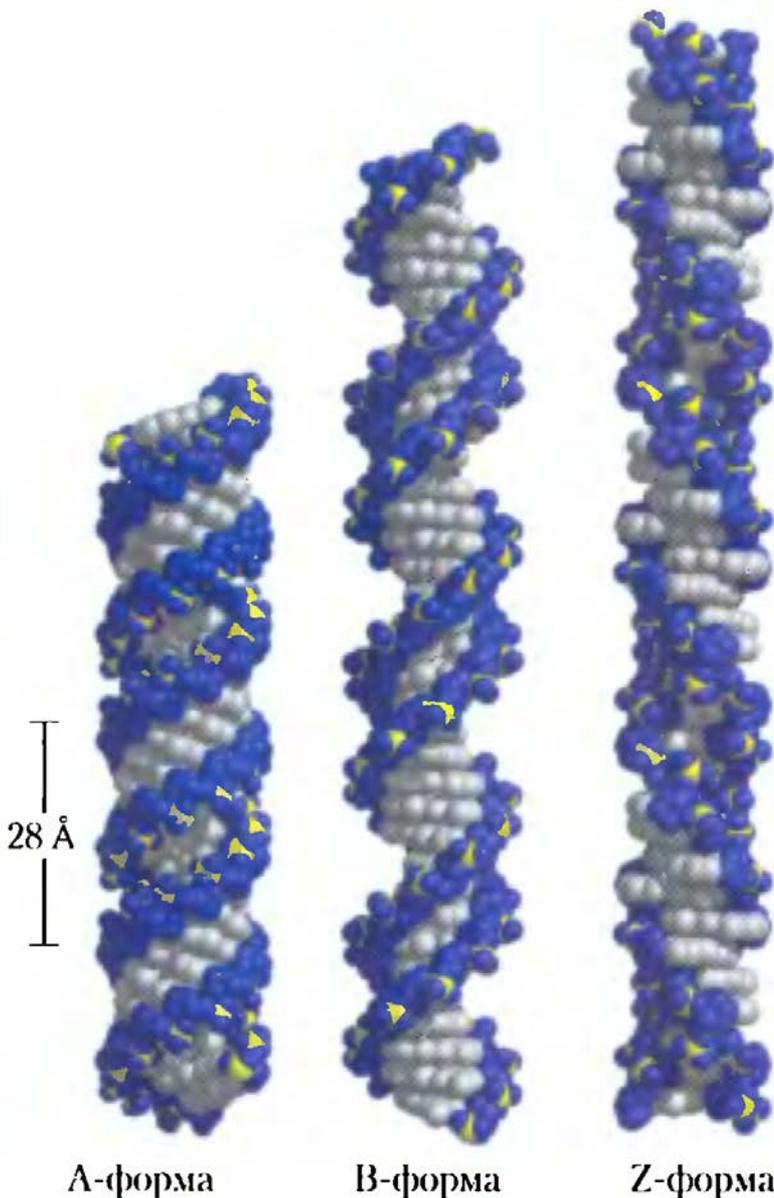
# Формы ДНК

(по Ленинджеру)

**А-форма** образуется в условиях уменьшения количества воды, правозакрученная, имеет шаг – 11 пар нуклеотидов

**В-форма** ДНК- классическая модель Уотсона-Крика, правозакрученная. Шаг спирали составляет 10 пар нуклеотидов.

**Z-форма** – левозакрученная с шагом 12 пар нуклеотидов



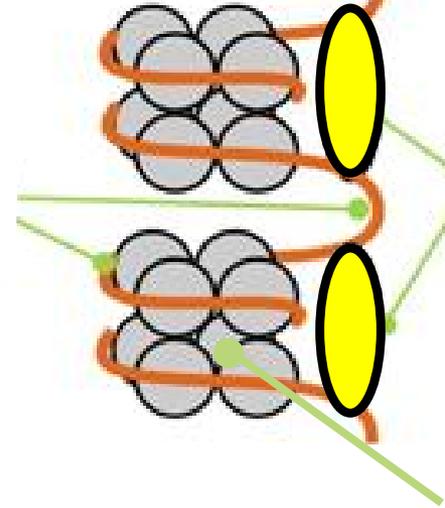
# Третьичная структура ДНК

## Взаимодействие ДНК с гистонами



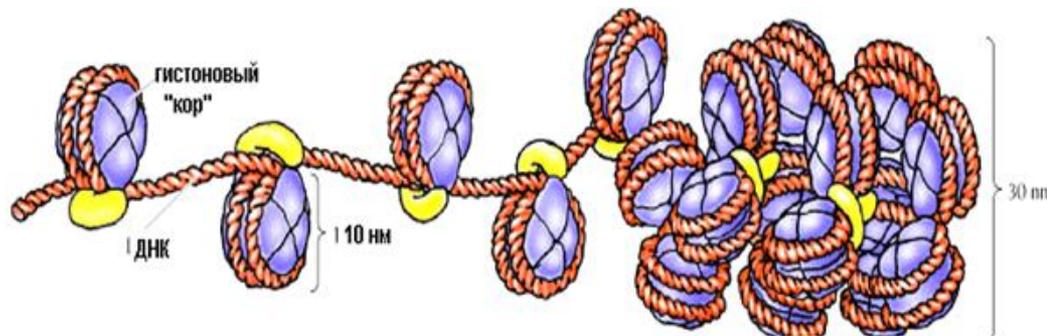
нуклеосома,  
содержит  
8 молекул  
ГИСТОНОВ

ДНК



Гистон H1

ГИСТОНОВЫЙ  
"кор"



нуклеосомная  
НИТЬ

суперспираль

# Типы РНК и их функции

**1) и-РНК** (3-5 % всей клеточной РНК)

- 1) перенос генетической информации от ДНК к рибосомам
- 2) каталитическая функция (аутосплайсинг - созревание и-РНК)
- 3) матрица для синтеза белка

## **2) р-РНК (80—85%)**

- 1) необходимый структурный компонент рибосом**
- 2) обеспечение взаимодействия рибосомы с и-РНК и с т-РНК;**
- 3) каталитическая функция – синтез пептидной связи (рибозим)**

### **3) т-РНК (10 %)**

- 1) перенос аминокислот к месту синтеза полипептидной цепочки**
- 2) перевод языка нуклеотидов на язык аминокислот (адапторная функция в синтезе белка)**

### **4) Малые ядерные РНК** - участие в процессе созревания и-РНК

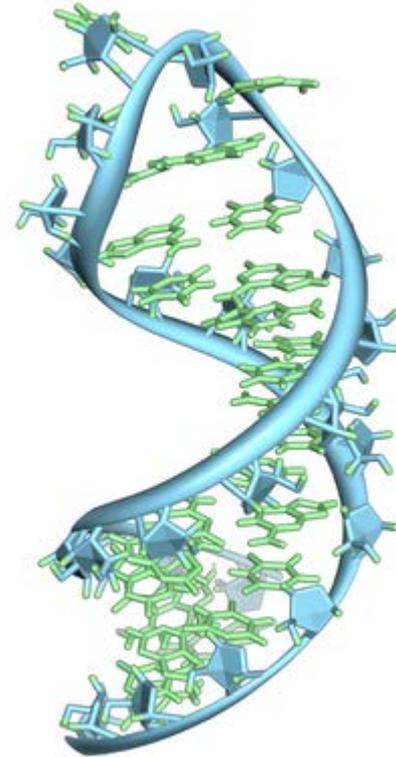
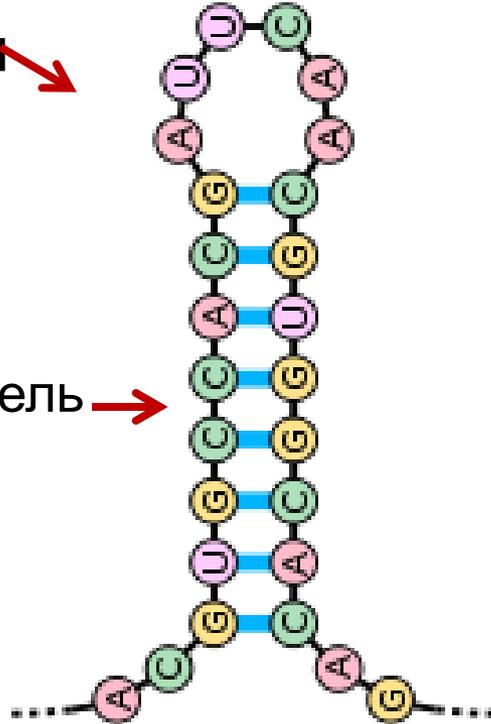
**5) РНК теломеразы** – участие в образовании теломеров на концах ДНК на стадии терминации репликации

# Вторичная структура РНК

## 1. типа «петли со стеблем» («шпилька») в и-РНК

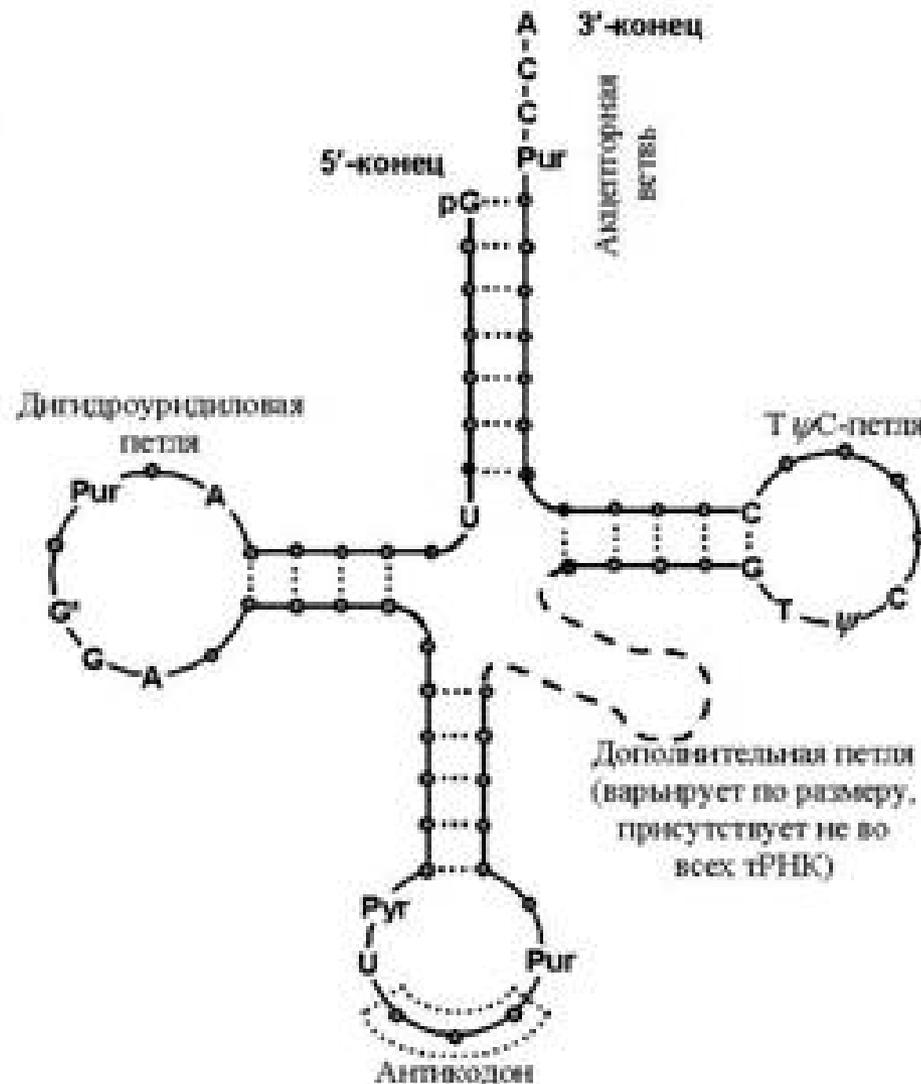
петля →

стебель →



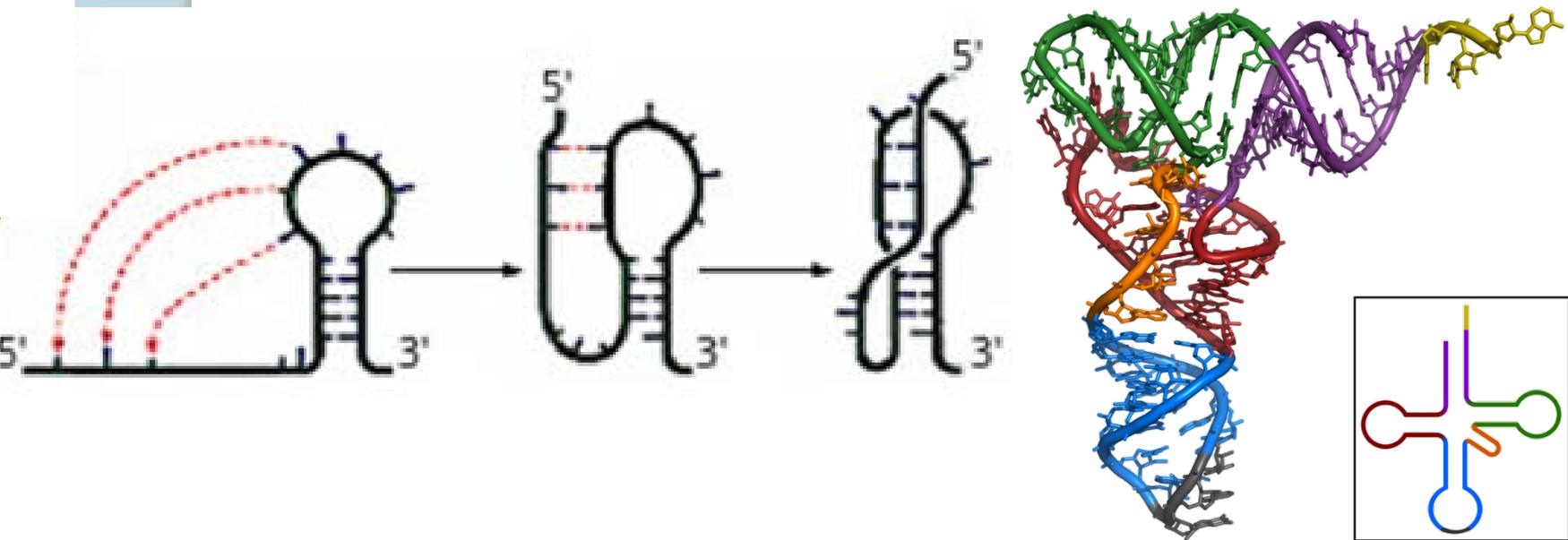
**Комплементарные  
участки в и-РНК**

## 2. Типа «клеверного листа» для т-РНК



# Третичная структура РНК

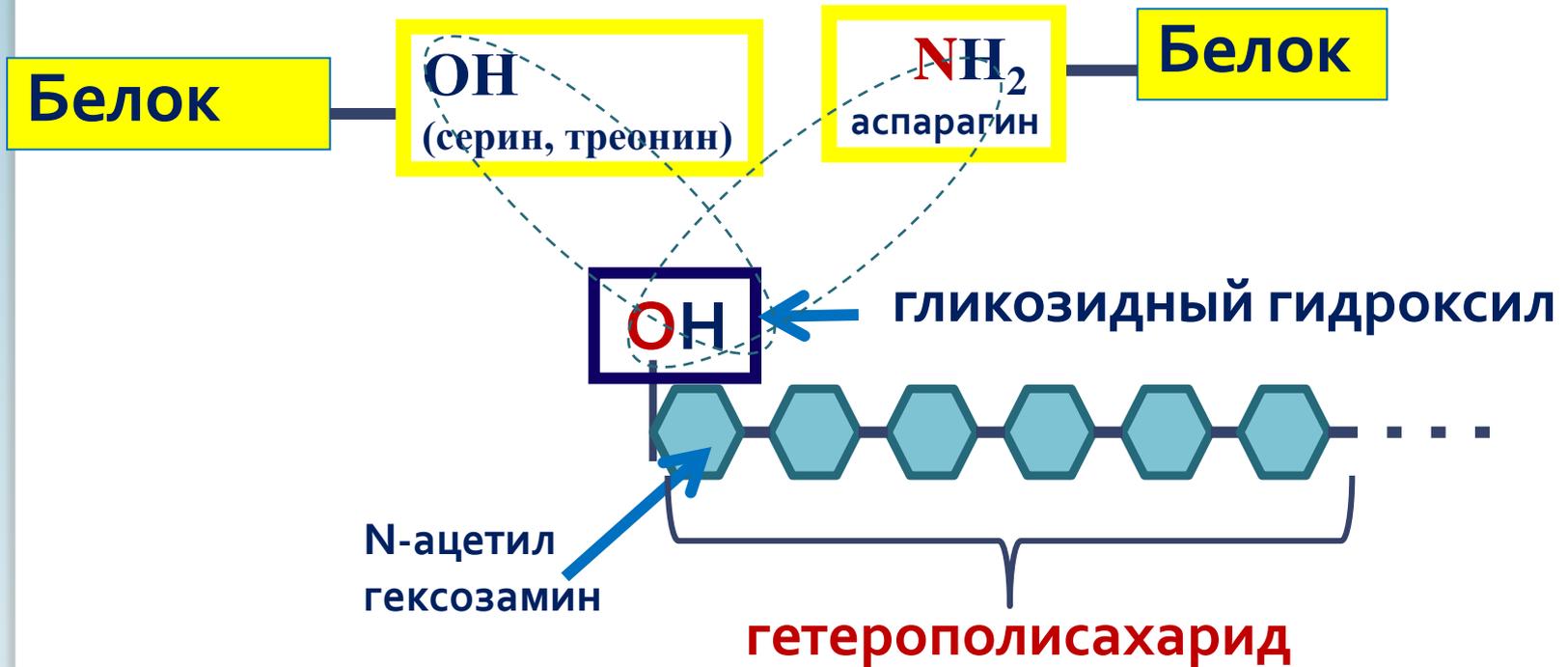
образуется на основе элементов вторичной структуры с помощью водородных связей внутри одной молекулы (2'-ОН – группа рибозы и азотистого основания), путем формирования псевдоузлов, дополнительных стэкинг-взаимодействий



# Гликопротеины

**О-гликозилпротеины**  
(О-гликозидная связь)

**N-гликозилпротеины**  
(N-гликозидная связь)



# ГЛИКОПРОТЕИНЫ



СОБСТВЕННО –  
ГЛИКОПРОТЕИНЫ



ПРОТЕОГЛИКАНЫ

# Собственно гликопротеины

локализация : все ткани, мембраны, плазма крови

**Белок**  
**90-**  
**95%**

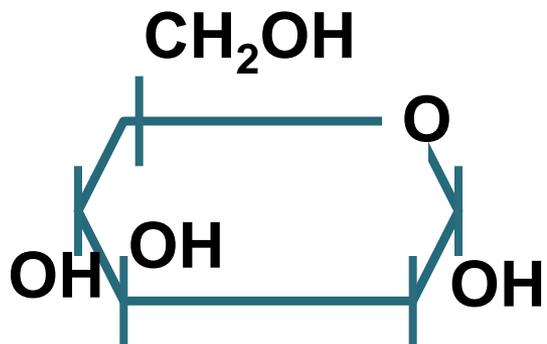
**Углеввод- гетерополи-**  
**сахариды, разветвленные,**  
**нерегулярного строения**  
**5-10%.**

**В составе моносахариды:**  
**гексозы (глюкоза,**  
**галактоза, манноза),**  
**ацетилированные**  
**гексозамины, фукоза,**  
**нейраминовая кислота,**  
**сиаловые кислоты**

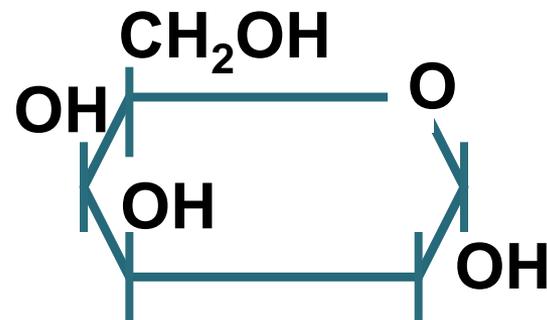
# Функции собственно-гликопротеинов

- структурная
- рецепторная
- защитная (муцины, иммуноглобулины, антигены гистосовместимости, комплимент, интерферон)
- транспортная (транспорт витаминов, липидов, микроэлементов)
- регуляторная (гормоны: тиротропин, хорионический гонадотропин)
- каталитическая (ферменты (нуклеазы, факторы свертывания крови))
- осуществление межклеточных контактов

# Структура моносахаридов

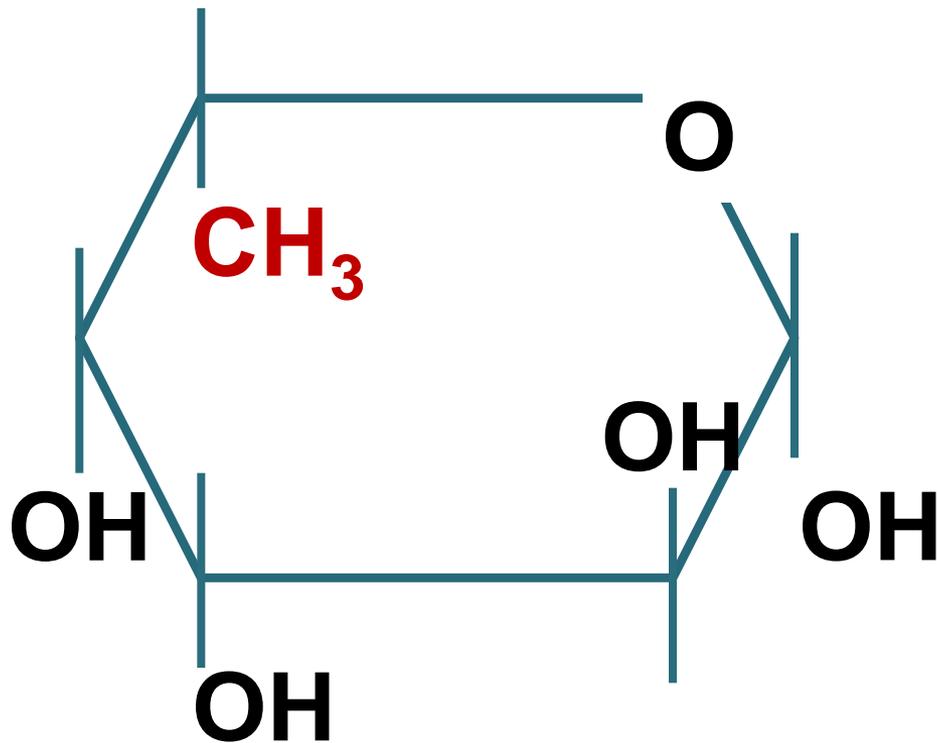


N- ацетил-  
 $\alpha$ , D -глюкозамин

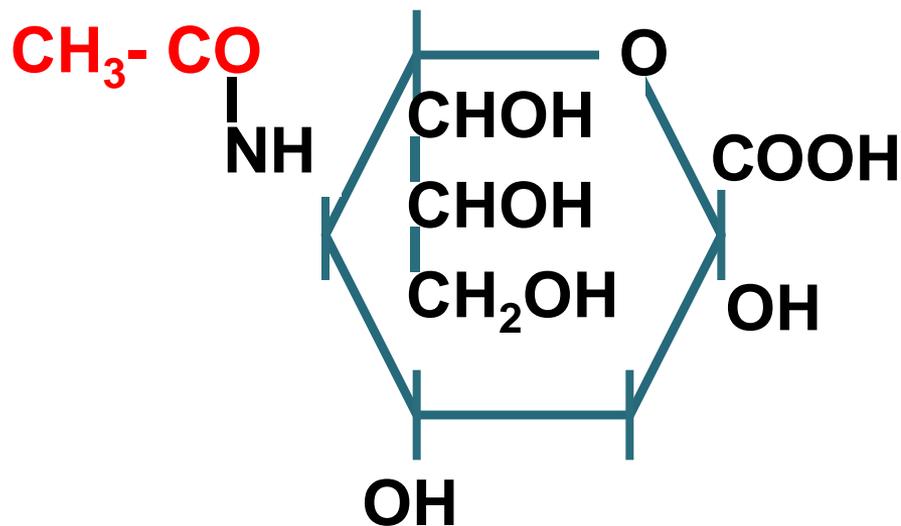


N- ацетил-  
 $\alpha$ , D -галактозамин

# 6-деоксигалактоза (L-фукоза)



# Структура моносахаридов



**N- ацетил-  
нейраминовая кислота  
(сиаловая кислота)**

# Протеогликаны

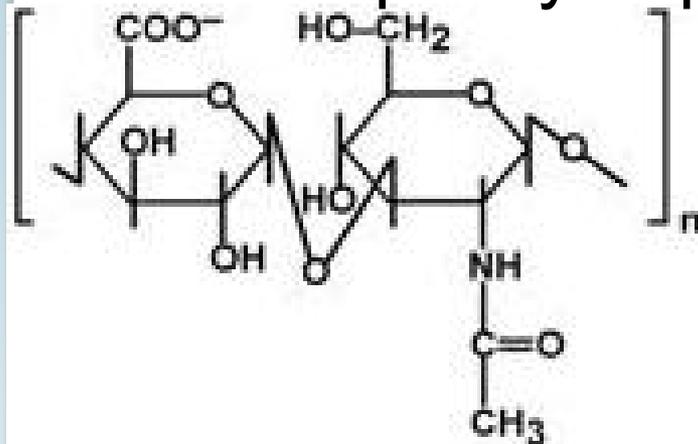
Белок  
5-10%



Углевод – 90-95%  
гетерополисахариды  
(гликозаминогликаны –  
ГАГи) регулярное строение  
Мономер – повторяющийся  
дисахарид (уроновая  
кислота-  $\beta$ 1,3-гликозидная  
связь-ацетилированный  
глюкозамин)

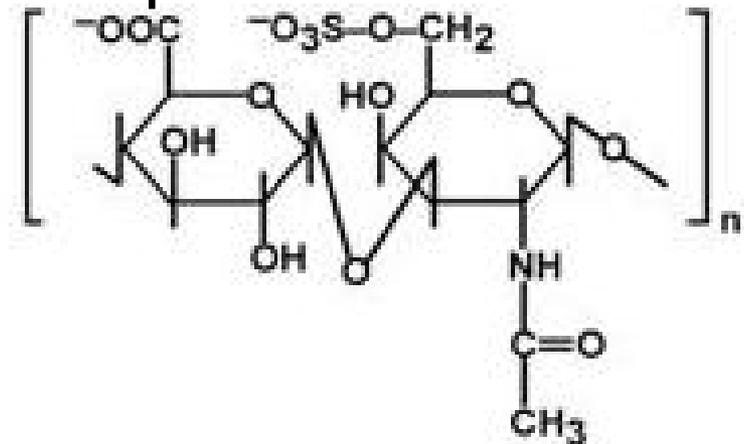
# Гликозаминогликаны

1. Гиалуроновая кислота
2. Хондроитин-4-сульфат
3. Хондроитин-6-сульфат
4. Дерматансульфат
5. Кератансульфат
6. Гепаринсульфат и гепарин



Гиалуроновая кислота

$\beta$ -Глюкуронат-( $\beta$ 1-3)-N-ацетил-  
глюкозамин



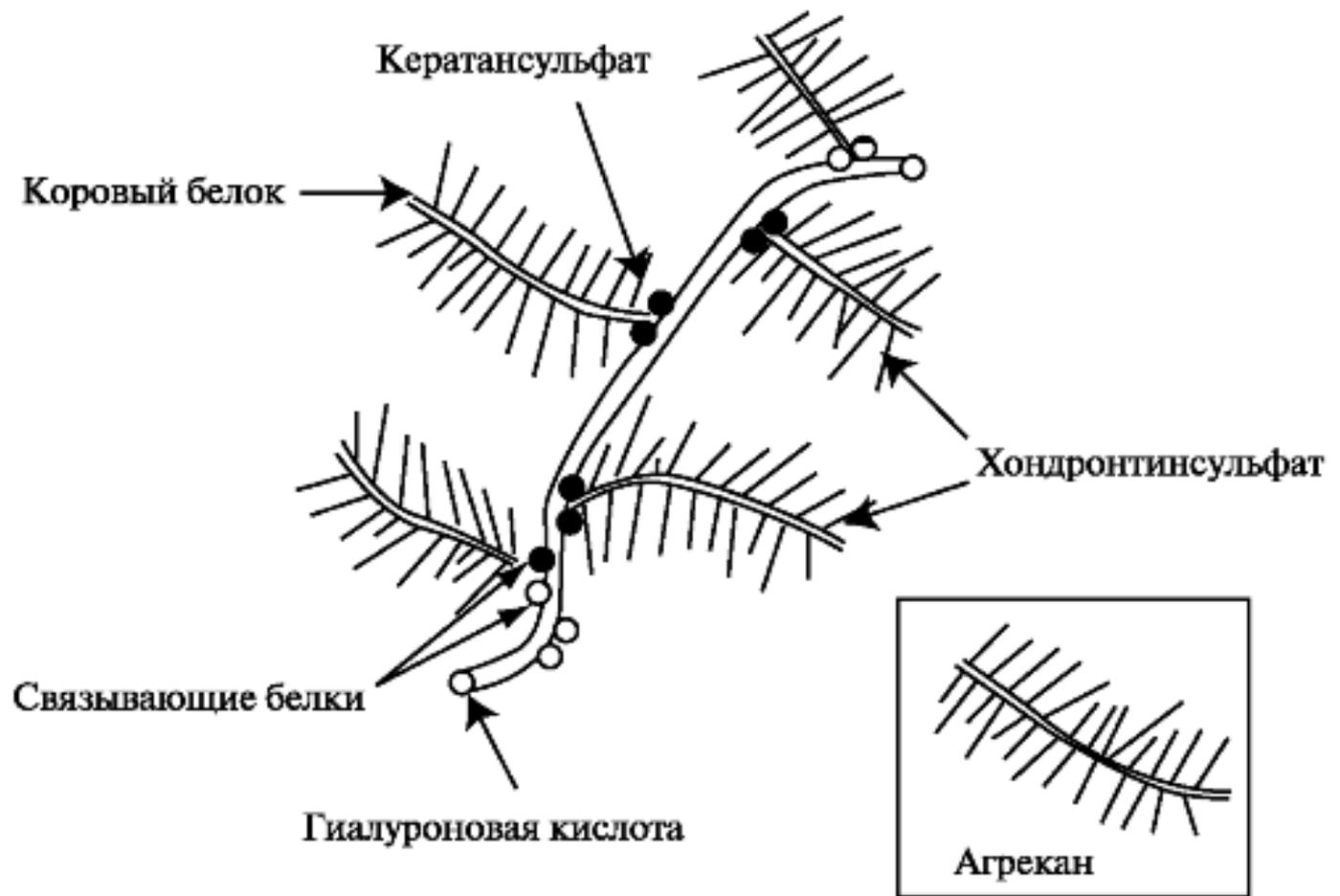
Хондроитин-6-сульфат

$\beta$ -Глюкуронат-( $\beta$ 1-3)-N-ацетил-  
галактозаминсульфат

# Функции протеогликанов:

- **Структурная** - компоненты внеклеточного матрикса (соединительная ткань). Связывают «+» заряженные ионы ( $\text{Ca}^{2+}$ ), участвуют в минерализации костной и зубной тканей ( **механическая, барьерная, опорная функции**)
- **Связующая** (межклеточное вещество)
- **Поверхностно-механическая, защитная** (амортизация суставов)(синовиальная жидкость)
- **Обеспечивают тургор тканей** (депо воды и минералов);
- **Действуют как молекулярные сита во внеклеточном матриксе** (препятствуют распространению патогенных микроорганизмов, создают фильтрационный барьер в почках);
- **Участвуют в дифференцировке и регенерации тканей**
- **Антикоагулянты** (гепарин)

# Протеогликановый агрегат хрящевого матрикса



# Хромопротеины

## Гемопротейны:

### 1. Неферментные:

Гемоглобин  
Миоглобин

### 2. Ферментные:

Каталаза  
пероксидазы  
цитохромы

## Флавопротеины

Ферменты  
(ФМН, ФАД)

## Мg-порфирины

хлорофилл

Кобамидпротеины  
(Ферменты,  
содержащие вит. В<sub>12</sub>)



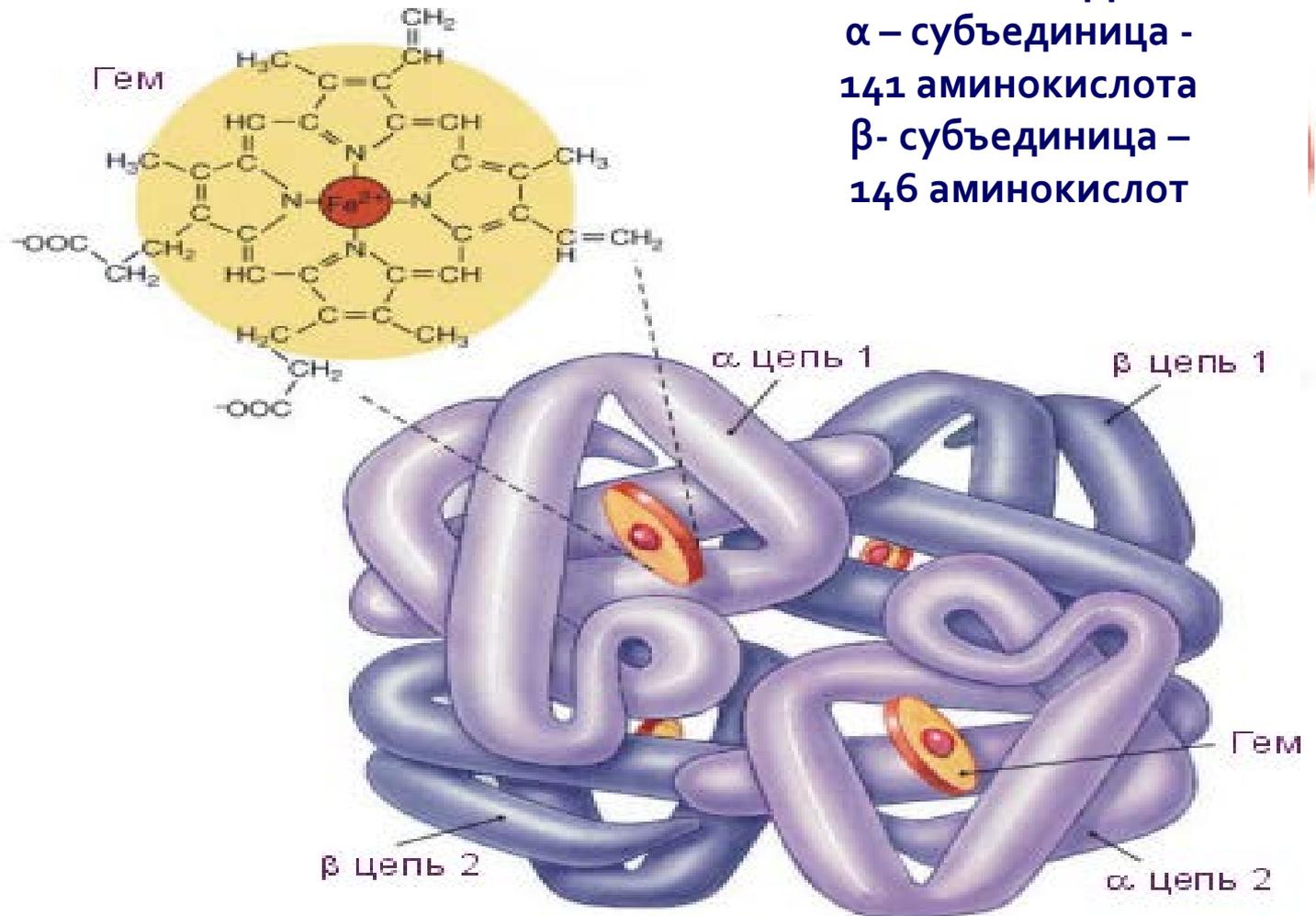
## **миоглобин**

## **гемоглобин**

<b>локализация</b>	<b>мышцы</b>	<b>эритроциты</b>
<b>Молекулярная масса</b>	<b>17 кДа</b>	<b>65 кДа</b>
<b>Количество полипептидных цепей</b>	<b>Белок третичной структуры (1п/п цепь)</b>	<b>Белок четвертичной структуры (4п/п цепи)</b>
<b>Сродство к кислороду</b>	<b>высокое</b>	<b>Ниже в 6 раз по сравнению с миоглобином</b>
<b>Функции</b>	<b>Депонирование и перенос кислорода</b>	<b>•Перенос газов: кислорода, CO<sub>2</sub>; •Буферное действие; •Антитоксическая функция</b>

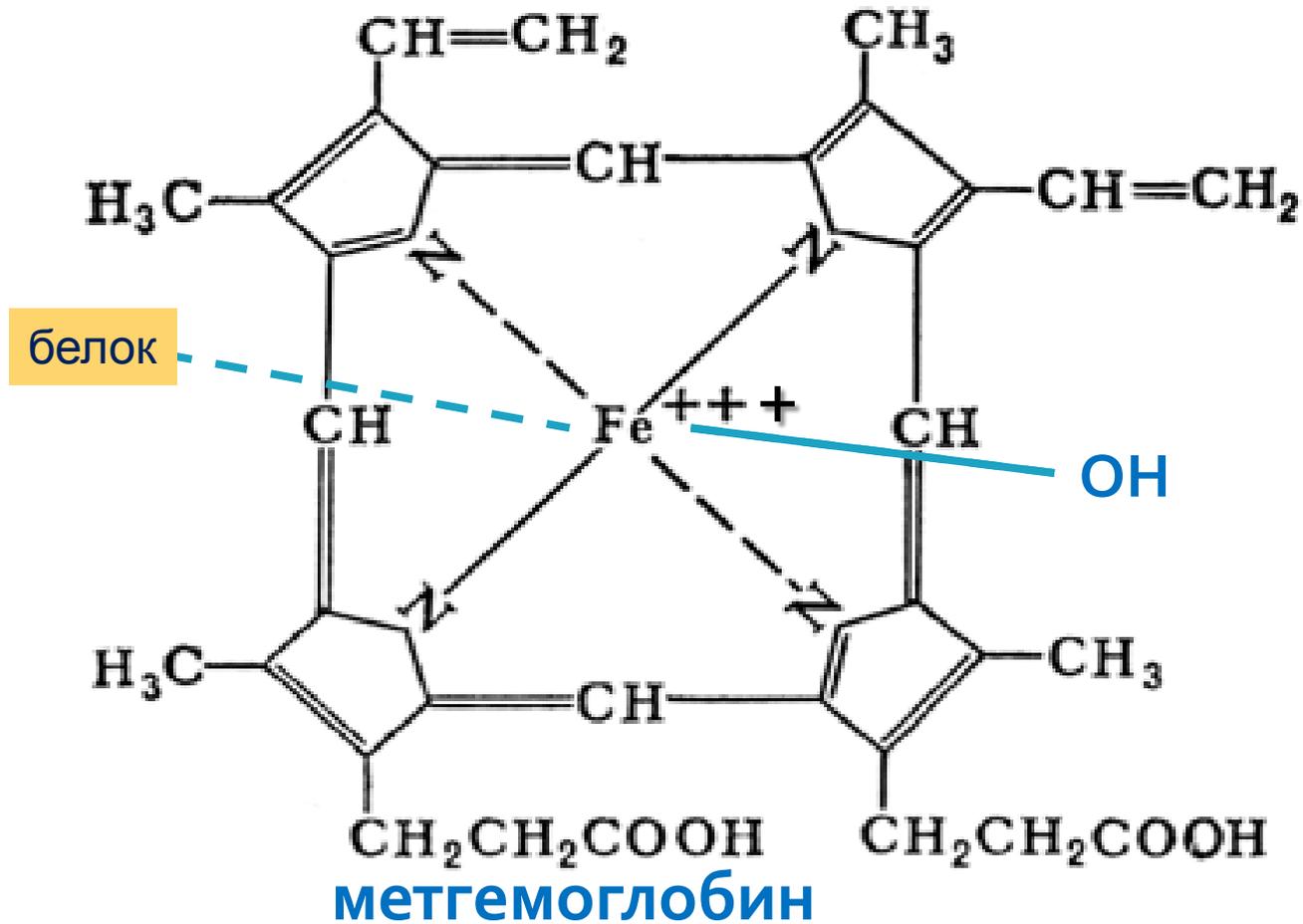
# Гемоглобин

М.т 65 кДа  
 $\alpha$  – субъединица -  
141 аминокислота  
 $\beta$ - субъединица –  
146 аминокислот



Молекула гемоглобина

# Гем



# Металлопротеины

## Ферментные:

- Алкогольдегидрогеназа - Zn;
- Цитохромоксидаза - Cu;
- протеиназы - Mg, K;
- АТФ-аза - Na, K, Ca, Mg.

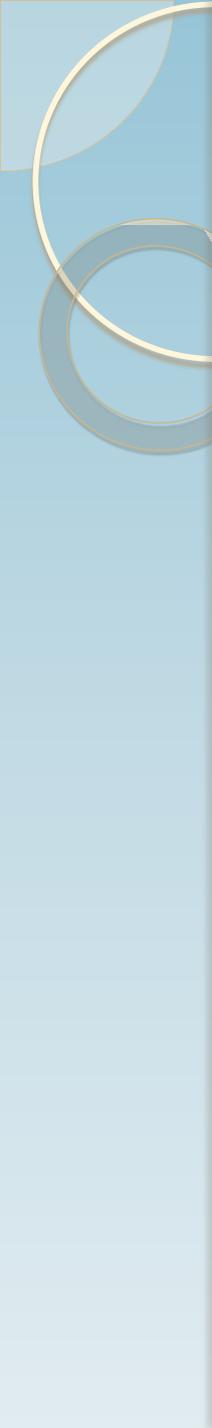
## Неферментные:

- ферритин, трансферрин гемосидерин-Fe;
- Церулоплазмин - Cu

# **В ферментных металлопротеинах**

**ионы металлов выполняют следующие функции:**

- **являются активным центром фермента;**
- **служат мостиком между активным центром фермента и субстратом, сближают их;**
- **служат акцепторами электронов на определенной стадии ферментативной реакции**



***Спасибо за  
внимание!***