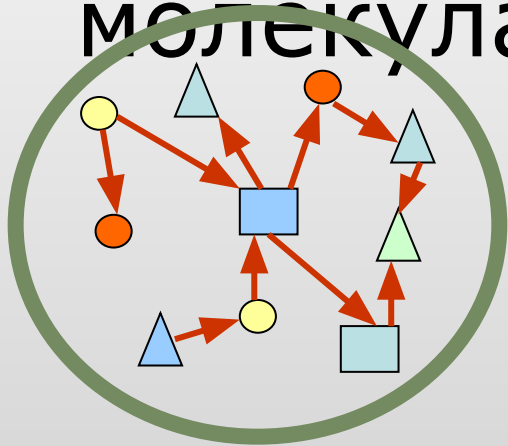


# В чем смысл жизни белка?

В контактах с другими  
молекулами.

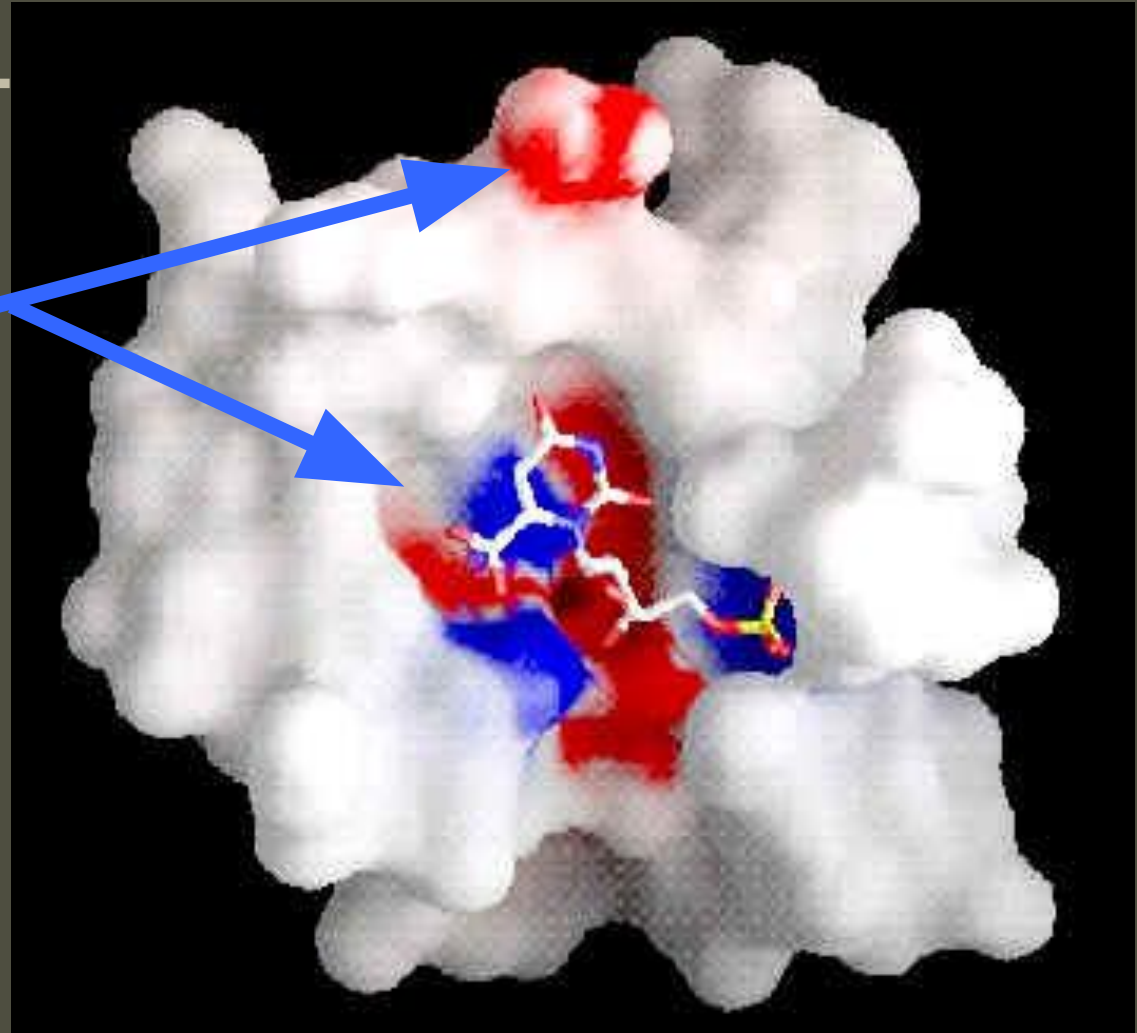


Белок – часть системы:  
клетки и организма

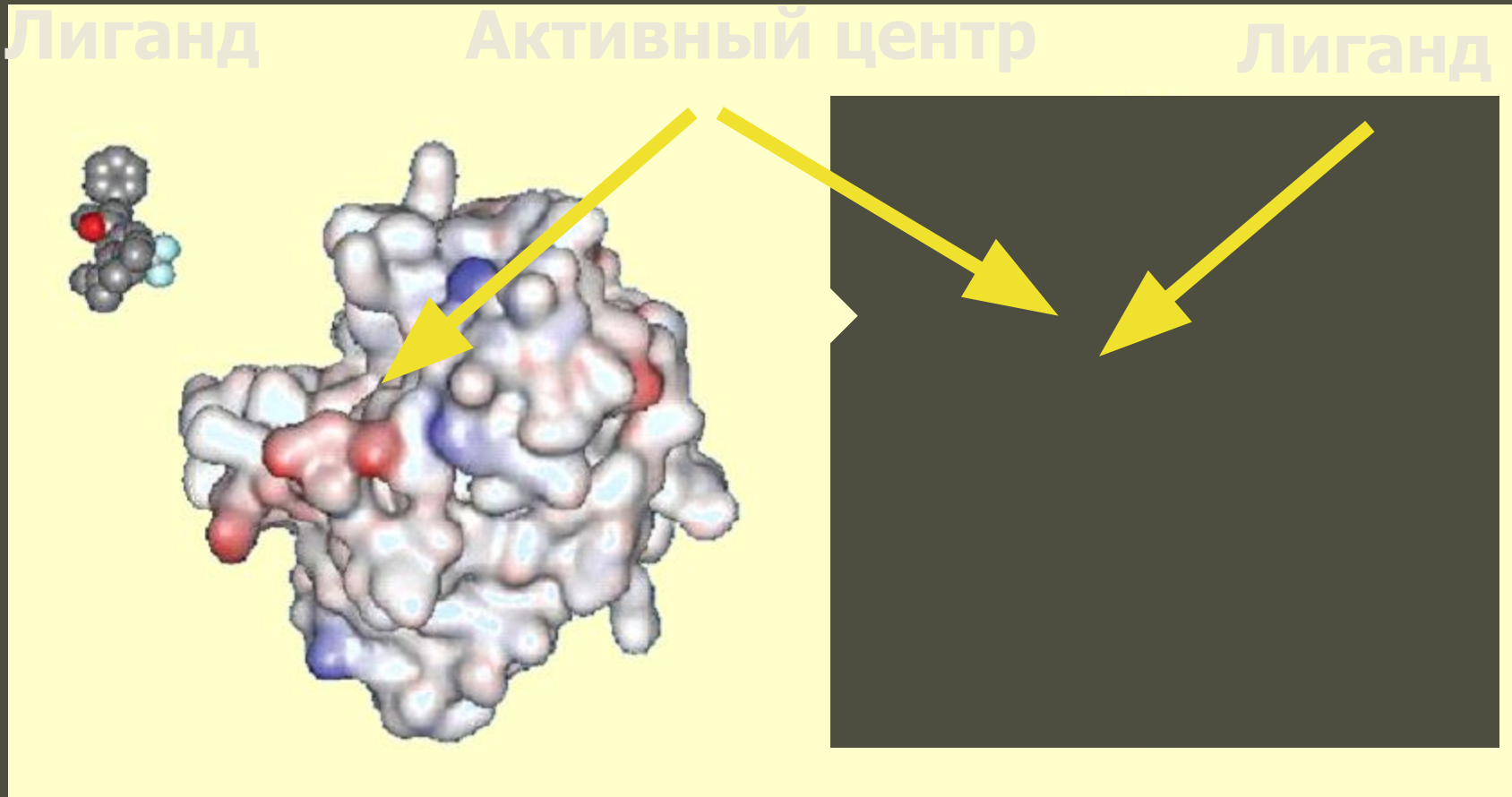
Часть белка, которая узнает другие  
молекулы и взаимодействует с ними –  
**активный центр**

# Активный центр фермента

Белок может  
иметь  
**несколько**  
активных  
центров

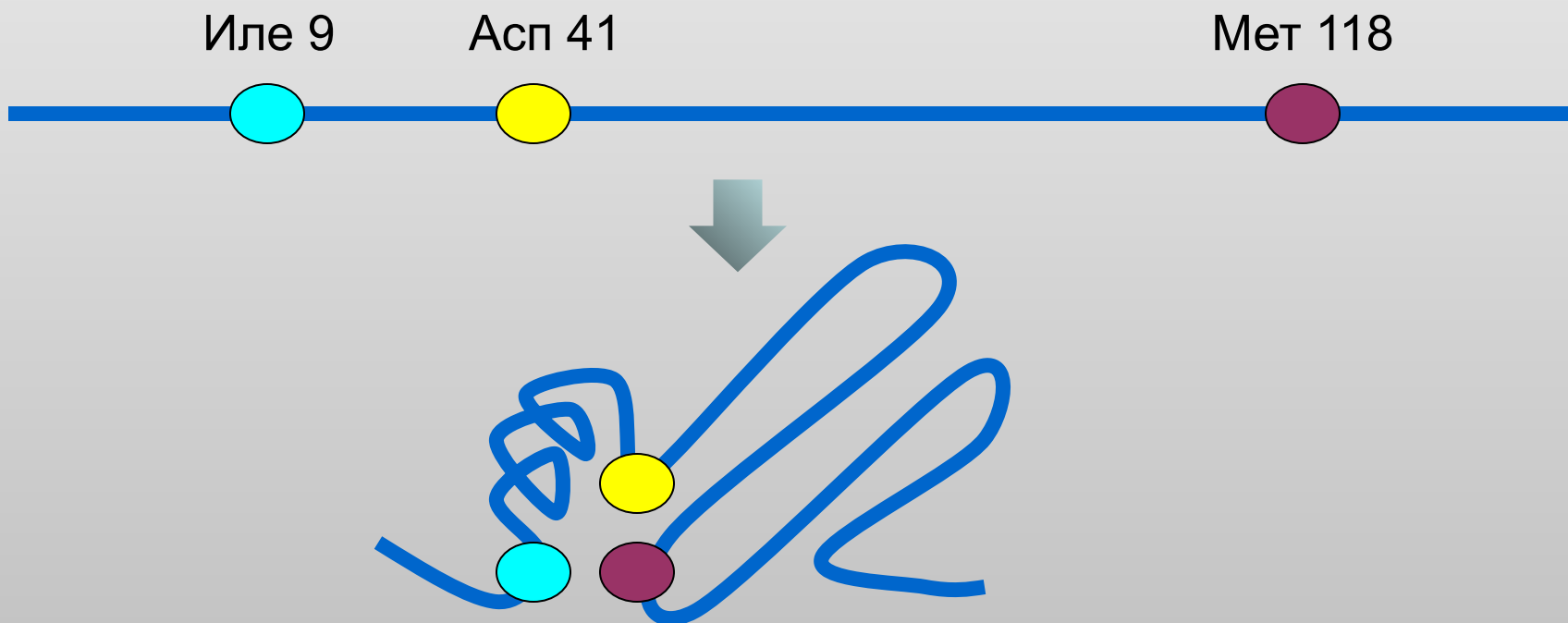


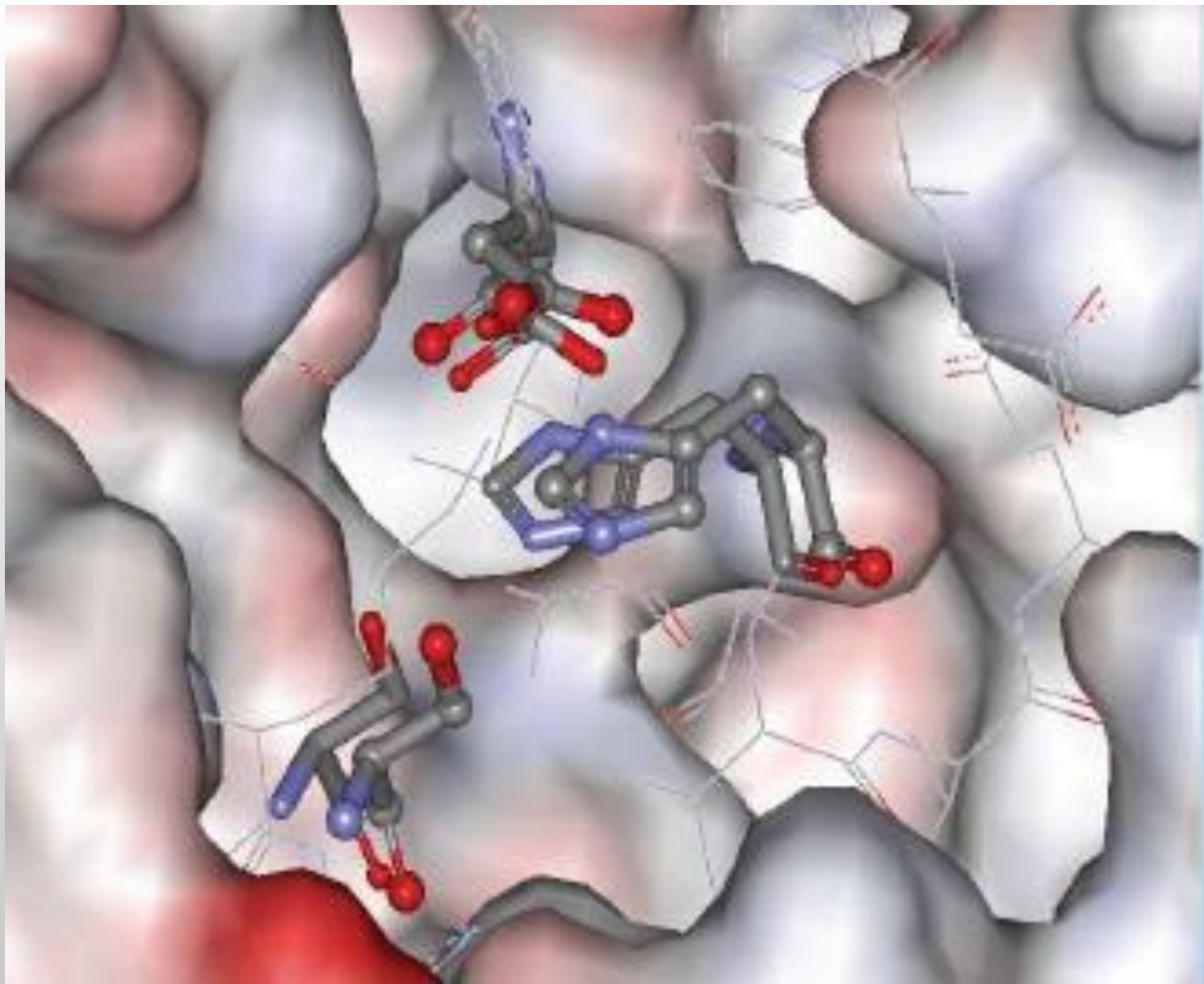
# Принцип узнавания: ключ к замку



# Активный центр белка

формируют несколько (до десятка) аминокислот, находящихся **не рядом** в первичной последовательности.



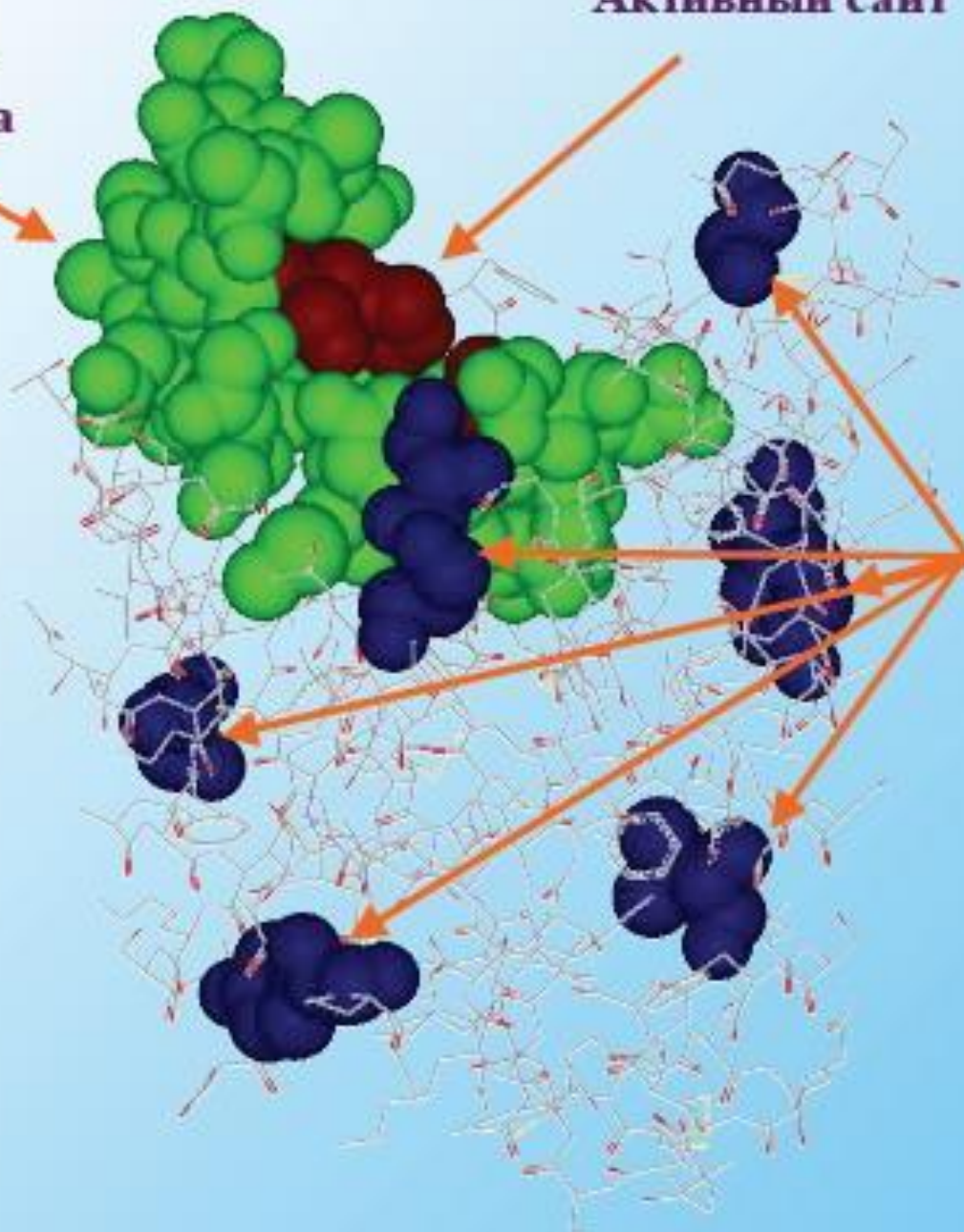


**Каталитический центр гидролазы**



**Модулирующее  
окружение сайта**

**Активный сайт**



**Удаленные  
активность-  
модулирующие  
аминокислоты**

# Влияние мутаций на активные центры

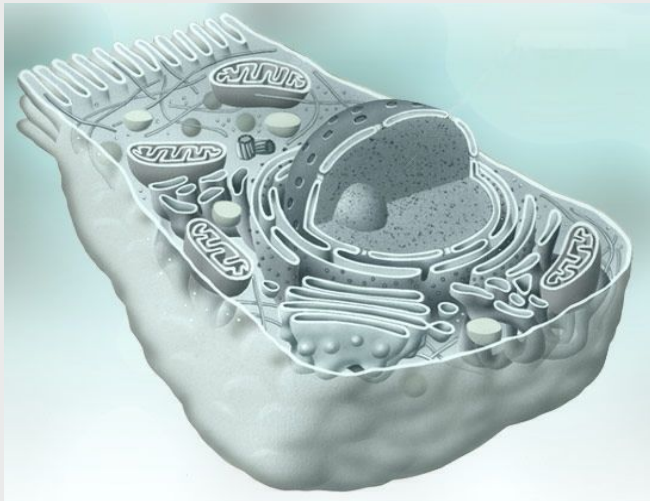
# *Функции белков*

1. **Структурная**
2. **Каталитическая: ферменты**
3. **Регуляторная**
4. **Защитная**
5. **Транспортная**
6. **Двигательная и другие виды трансформации энергии**
7. **Энергетическая и питательная**
8. **Буферная**



# Структурная (строительная)

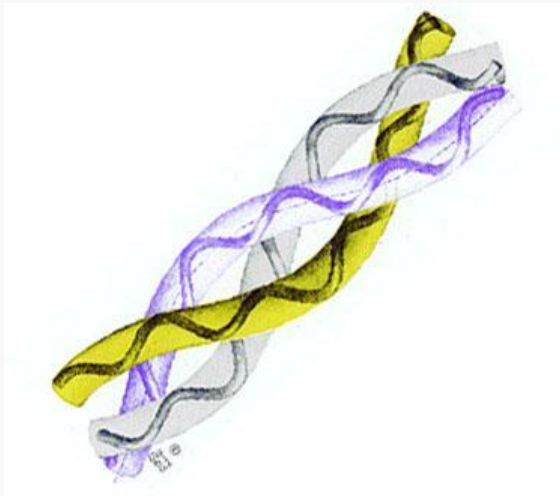
Белки входят в состав **всех** клеточных органелл, цитоплазматических структур, мембран



**и межклеточного вещества:**

**коллаген,  
белки плазмы крови**

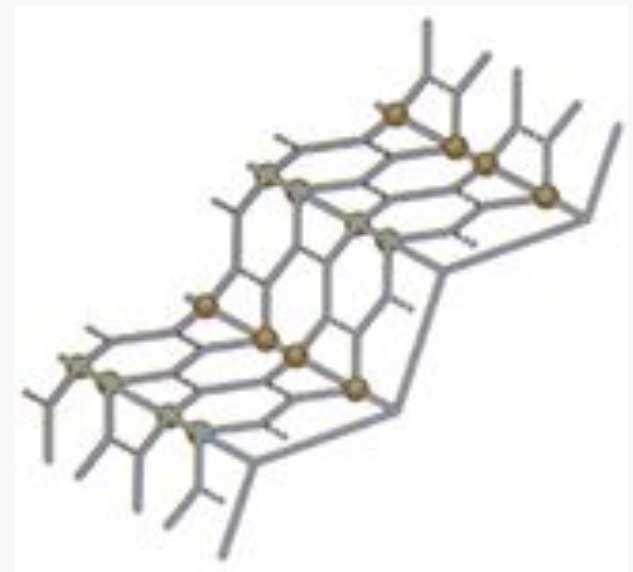
# У фибриллярных белков структурная функция – главная



Коллаген

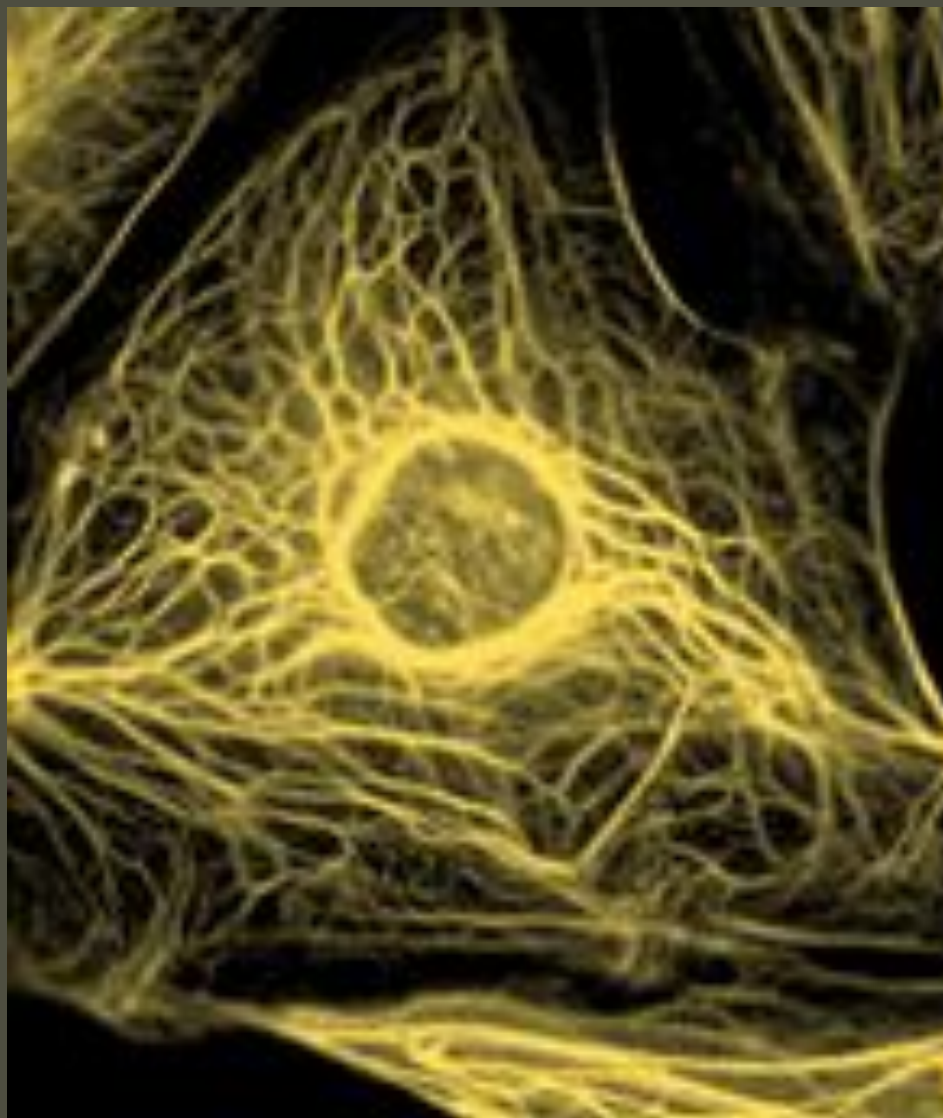


Кератин



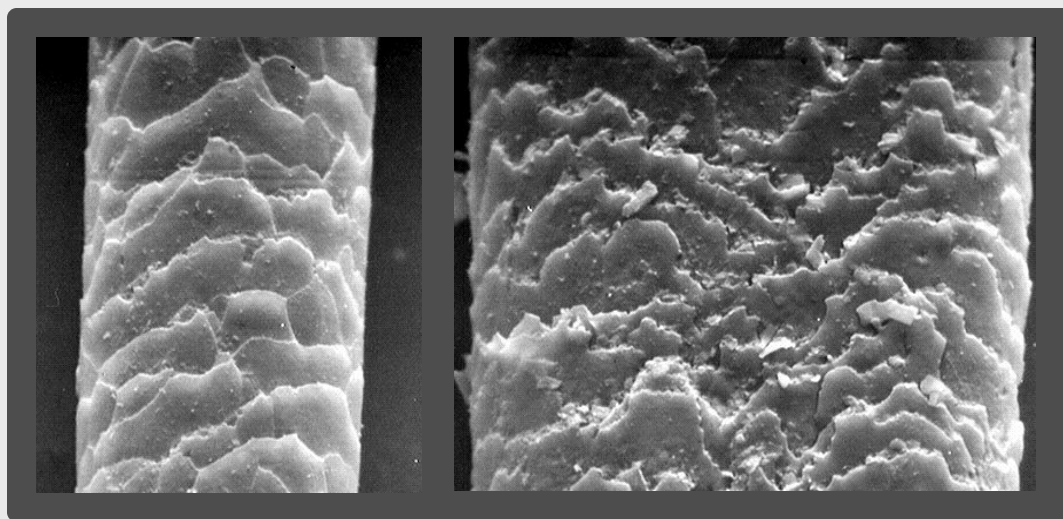
Фиброин

# Внутри клетки: цитоскелет



# Вне клетки: кератин

## Рога и Копыта



Прямой волос

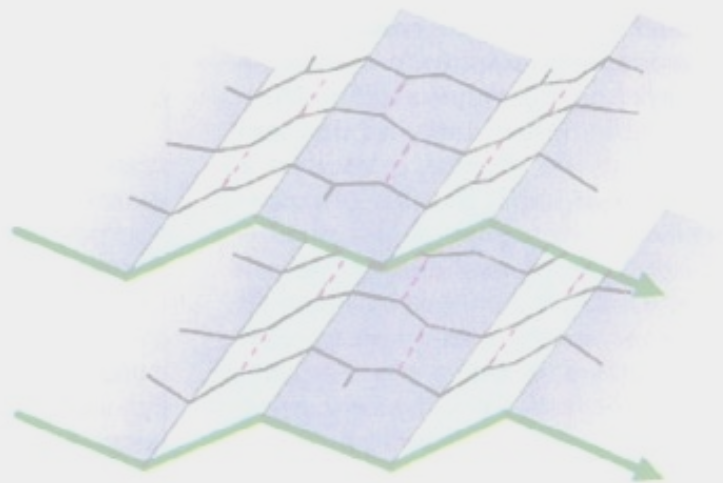
Курчавый



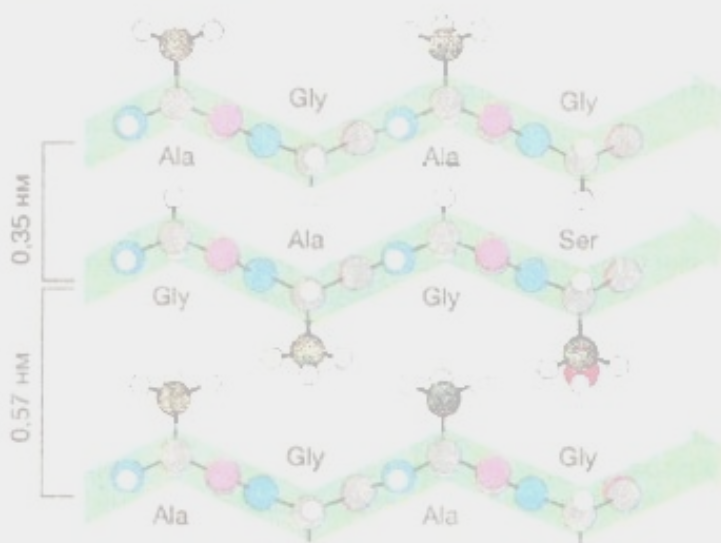
# Фиброин – белок шелка и паутины

Регулярный:

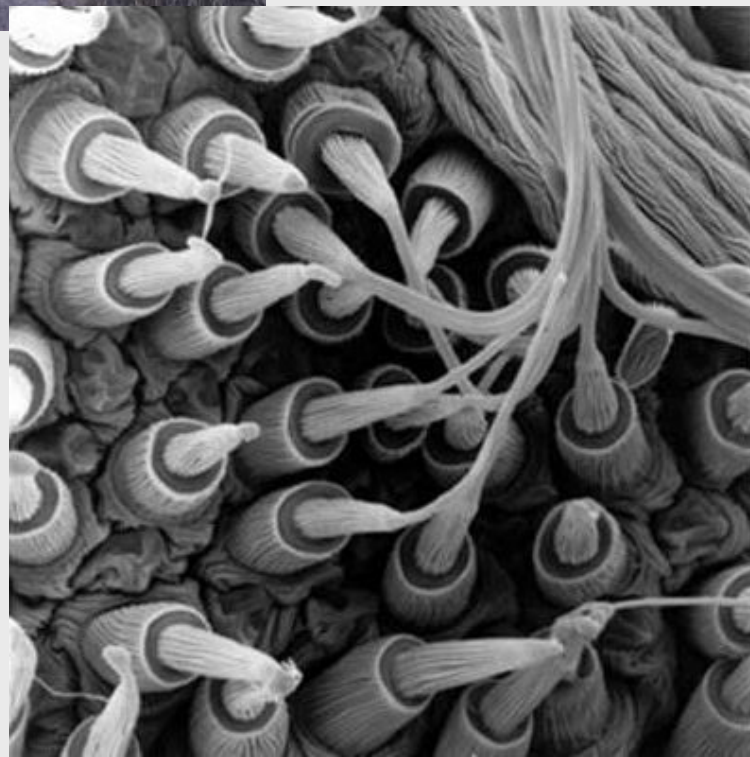
(Гли-Ала-Гли-Ала-Гли-Сер)<sub>n</sub>



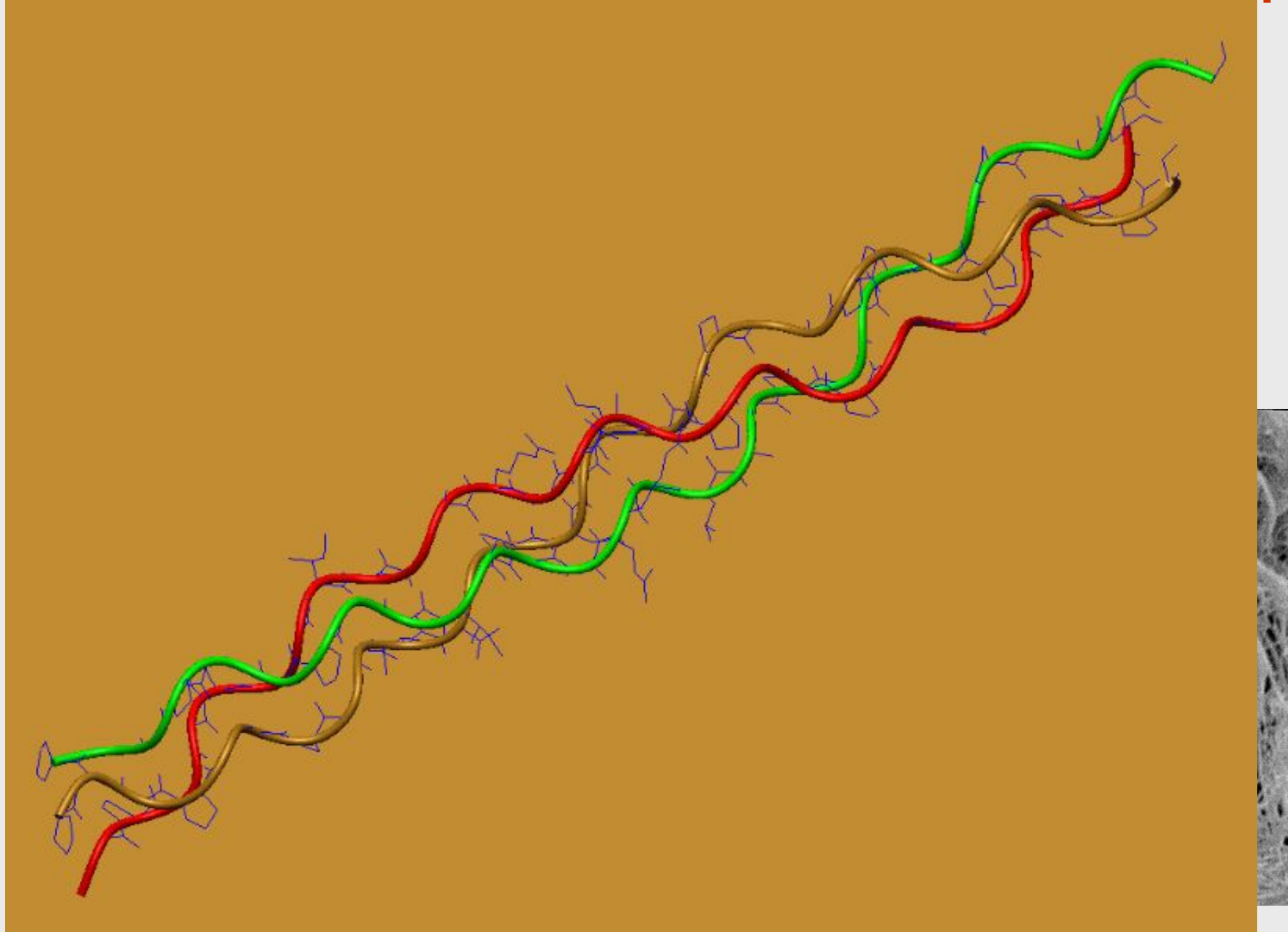
1. Объемное изображение



2. Схематическое изображение

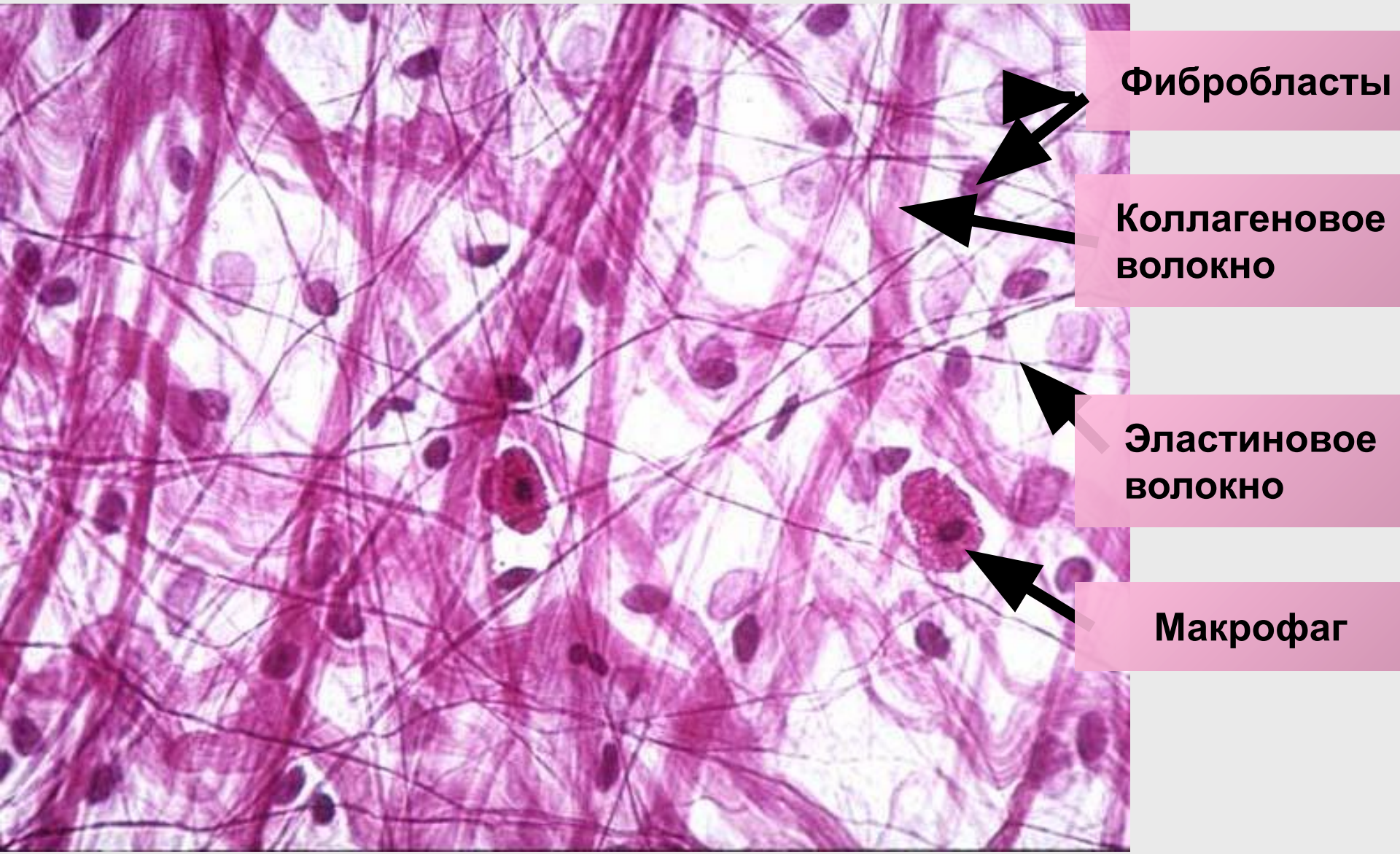


# Коллаген – структурный белок кожи и хрящей





# Волокна **коллагена** и **эластина** в межклеточном веществе подкожной соединительной ткани



Фибробласты

Коллагеновое  
волокно

Эластиновое  
волокно

Макрофаг

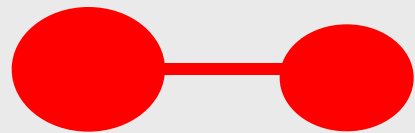


# *Функции белков*

1. Структурная
2. **Каталитическая: ферменты**
3. Регуляторная
4. Защитная
5. Транспортная
6. Двигательная и другие виды трансформации энергии
7. Энергетическая и питательная
8. Буферная

# Ферменты – белки-катализаторы

суффикс – аза



Субстрат



Продукты



Фермент

# Зачем клетке катализ?

- Скорость большинства реакций синтеза – одна молекула в сотни лет = 0
- Энергозатратные реакции без фермента невозможны вообще (фермент берет энергию из АТФ)

**Набор ферментов  
в клетке**

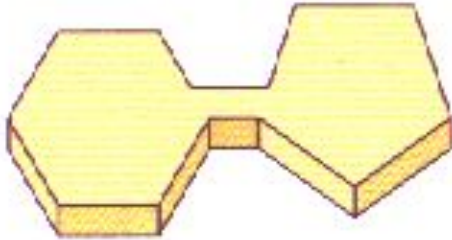


**Все химические  
реакции**

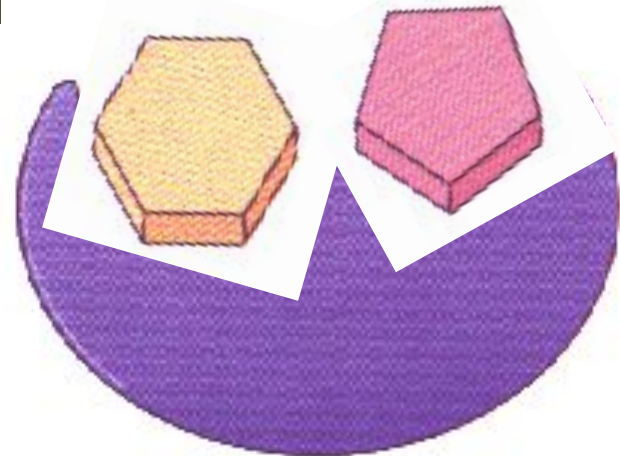
# Работа фермента

Продукты реакции

Субстрат



Катализ

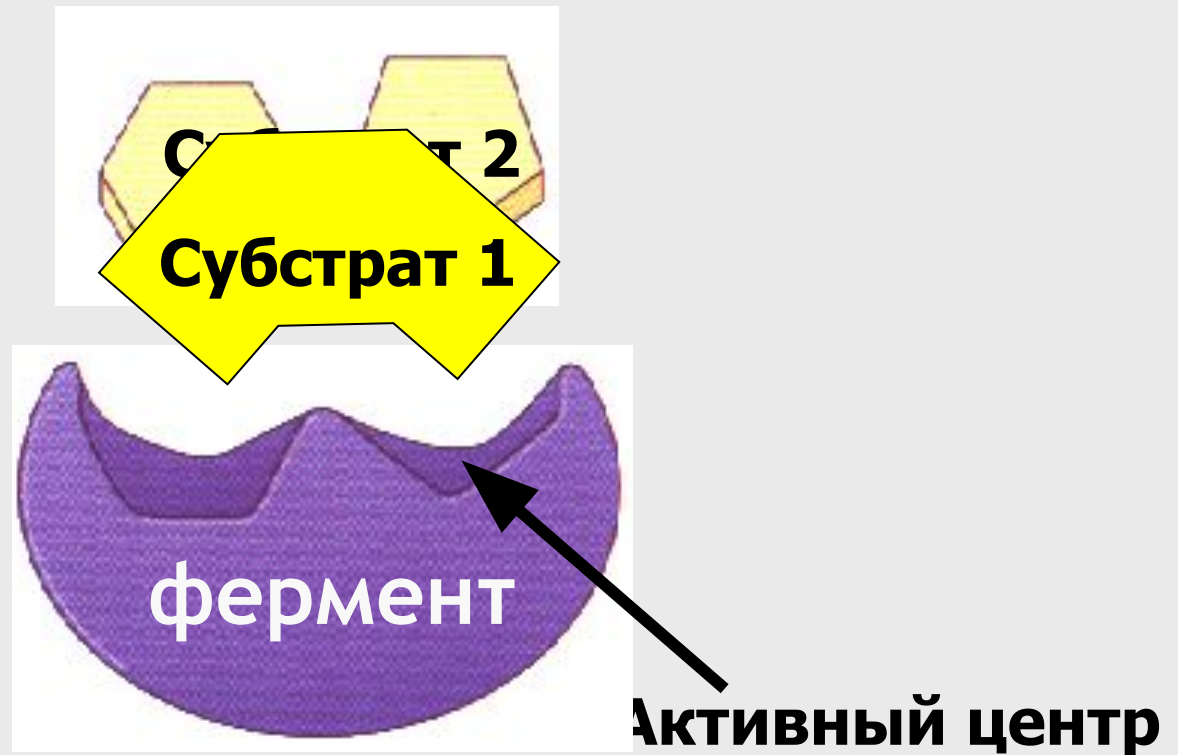


Фермент-субстратный комплекс

# Свойства ферментов:

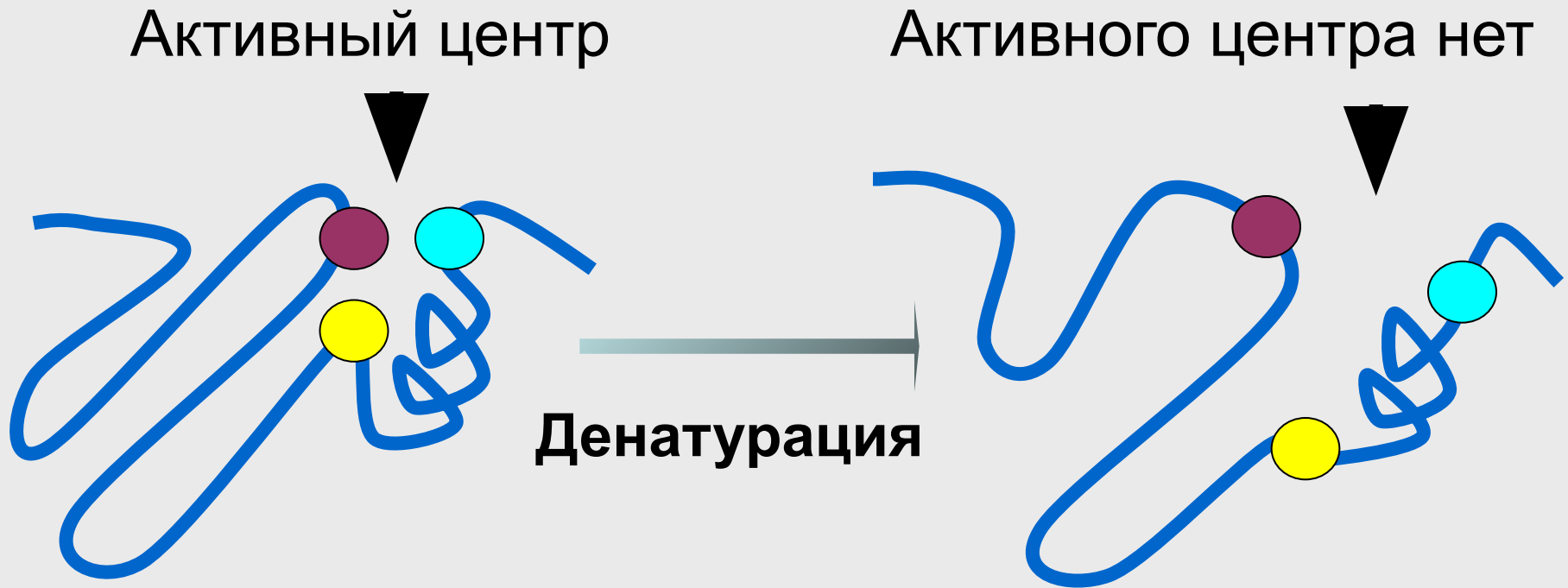
1. Высокая специфичность
2. Узкие пределы  
оптимума действия

# 1. Высокая специфичность



**«Ключ к замку»**

## 2. Узкие пределы оптимума действия



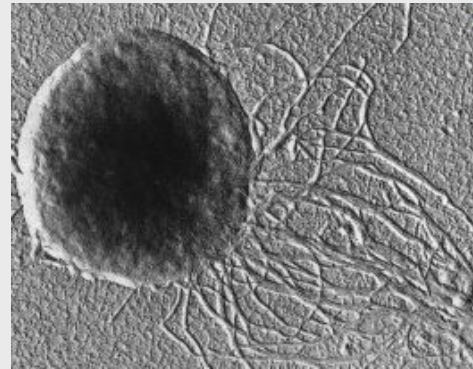
**Оптимум чего?**

**Температуры**

**Концентрации  $H^+$  и других ионов**



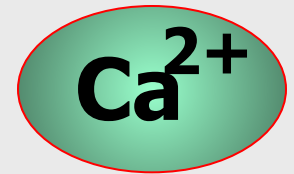
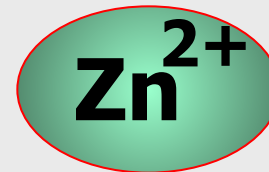
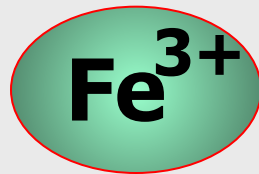
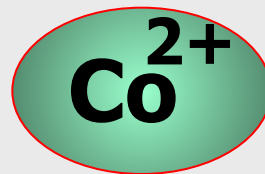
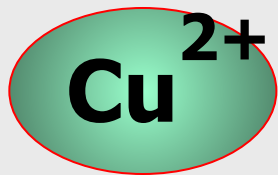
Это свойства не только ферментов, а **всех белков**



Белки бактерий-термофилов устойчивы при  $100^{\circ}\text{C}$  и выше

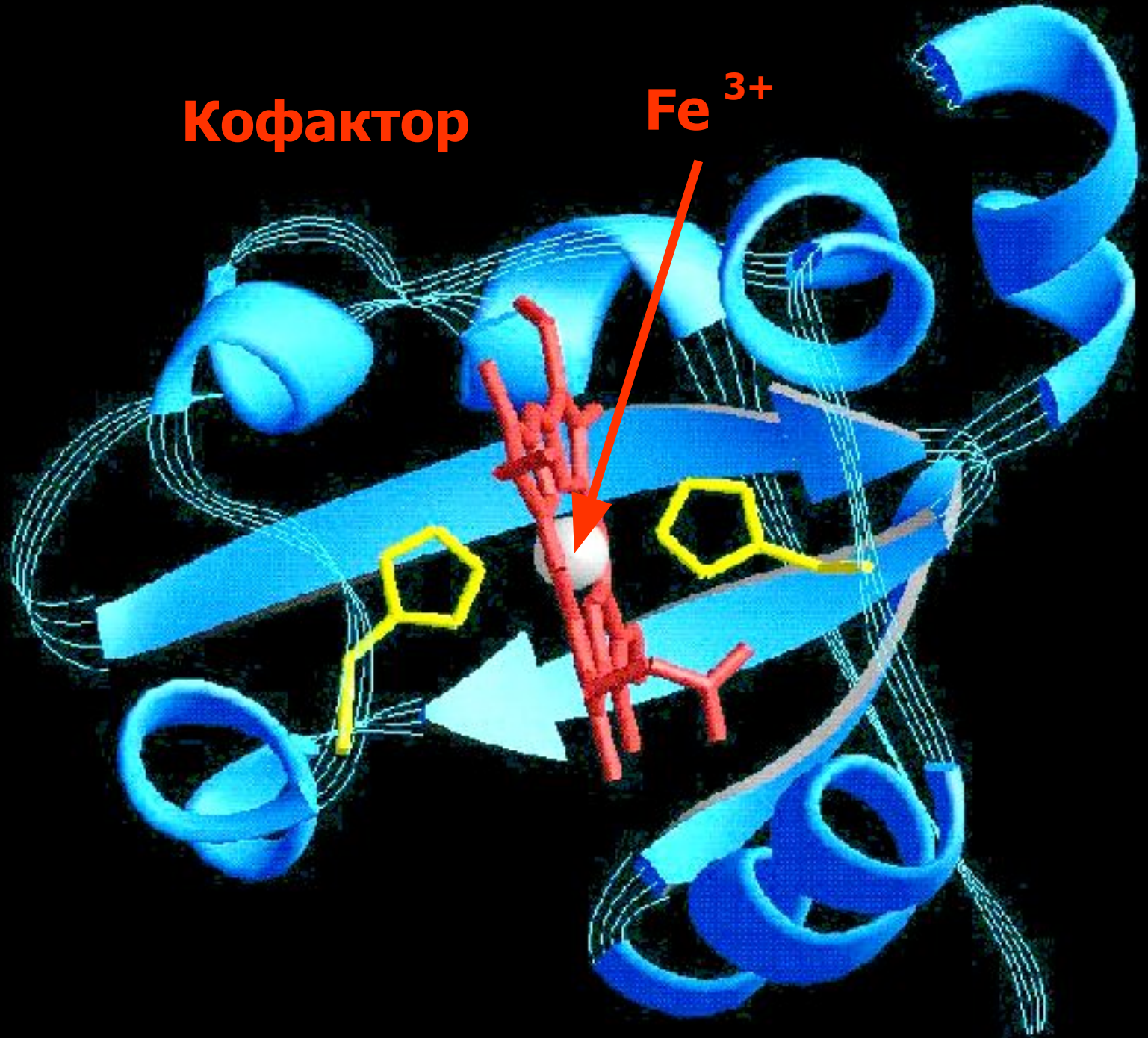
# Кофактор

небелковая молекула в активном центре,  
необходимая для работы фермента



**Кофактор**

**Fe<sup>3+</sup>**



# Кофактор

небелковая молекула в активном центре,  
необходимая для работы фермента

**Кофермент** – органический кофактор



# Кофактор

**Любая** небелковая молекула или ион в активном центре, необходимая для работы фермента

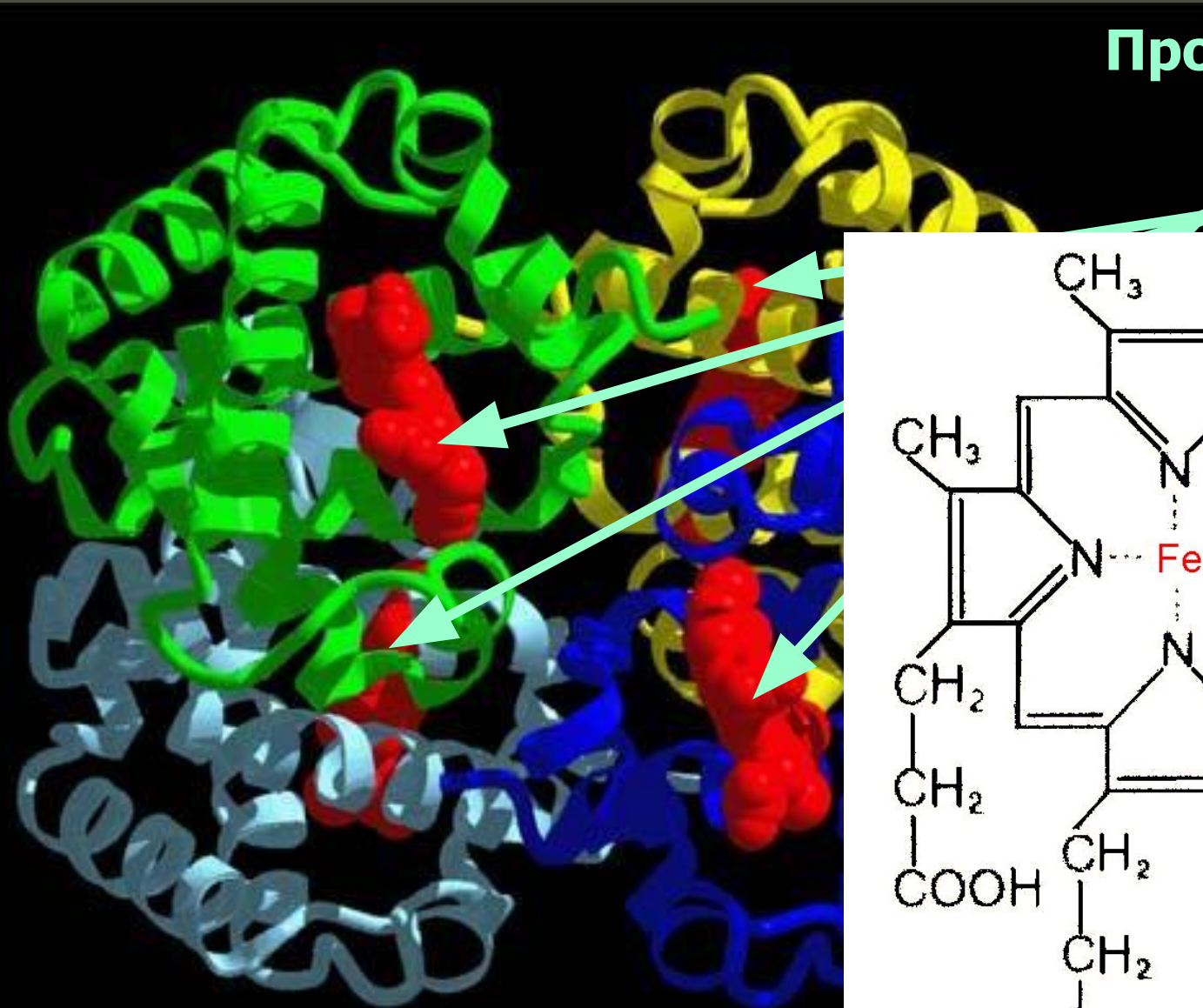
**Кофермент** – **органический** кофактор

**Простетическая группа** – кофактор, соединенный с белком **ковалентной** связью

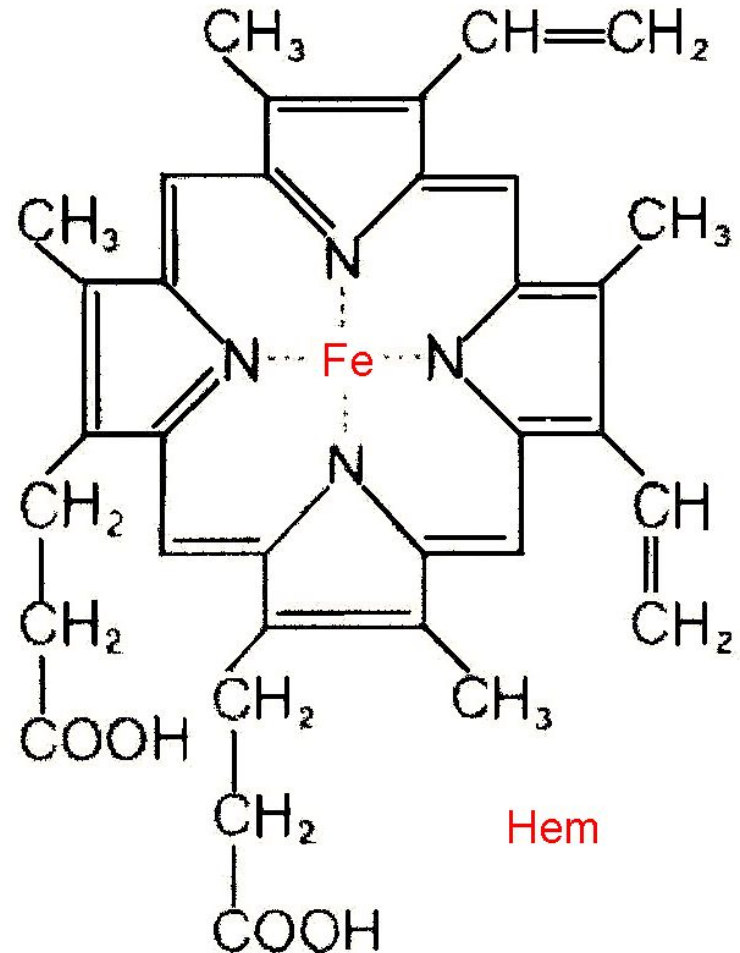




# Гемоглобин



Простетическая группа (гем)





# Регуляция работы ферментов

Продукта реакции клетке больше не надо

**Что делать?**

**Уничтожить  
фермент**



**Выключить  
фермент**



# Аллостерические конформации

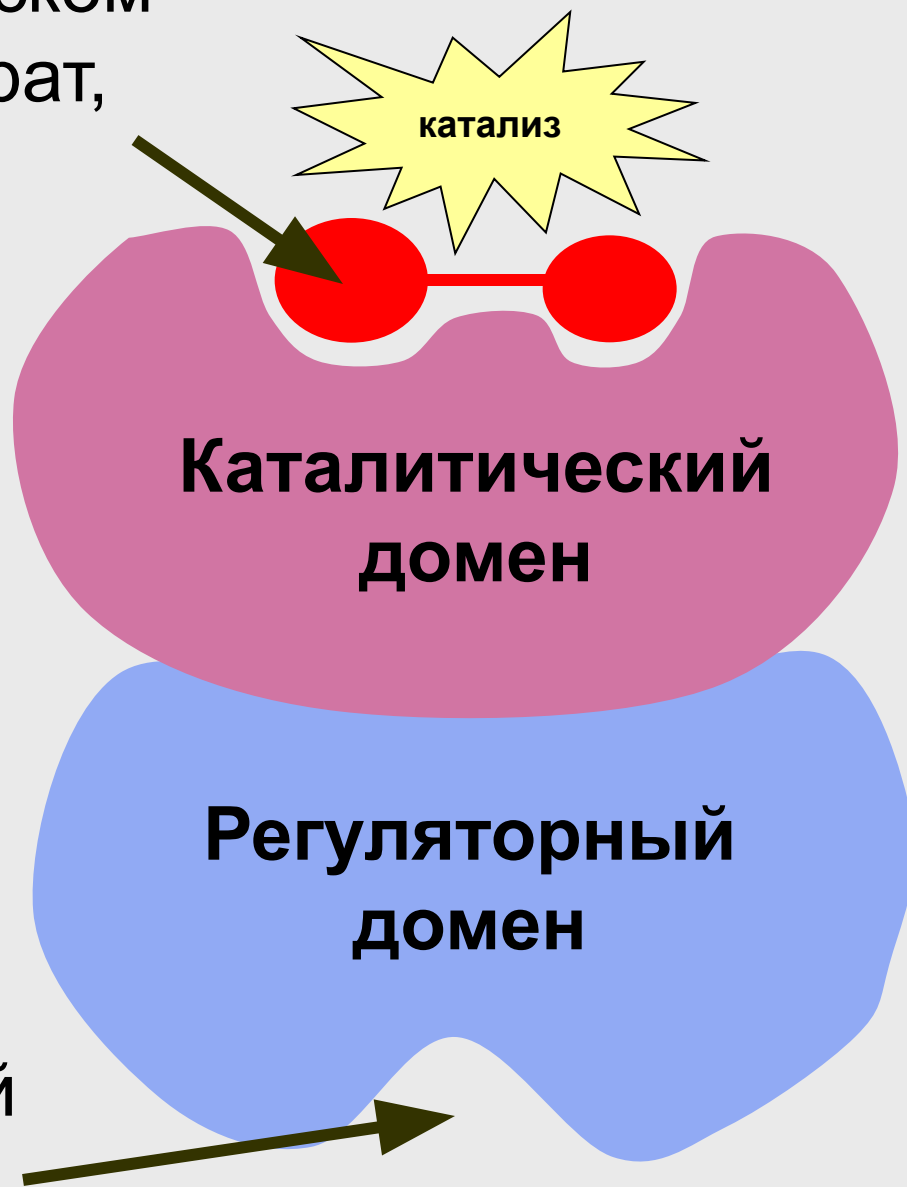
устойчивые изменения формы белка при связывании с разными молекулами

Когда?

- включить-выключить фермент
- белки-рецепторы сигналов
- белки-регуляторы генов
- движение белков

В каталитическом центре субстрат, идет реакция

**Состояние 1**  
**Фермент активен**



Регуляторный центр пуст



**Каталитический  
домен**

**Регуляторный  
домен**

Регуляторная молекула входит в регуляторный центр и меняет его форму

Субстрат  
больше не  
может войти в  
каталитический  
центр

Состояние 2  
Фермент НЕ  
работает

**изменение конформации!**

Регуляторный  
домен

Регуляторная  
молекула



# Регуляторными молекулами могут быть

- **Другие белки**
- **Малые молекулы** – ц АМФ,  $\text{Ca}^{2+}$
- **Продукт реакции** (катализируемой данным ферментом или цепочкой ферментов)

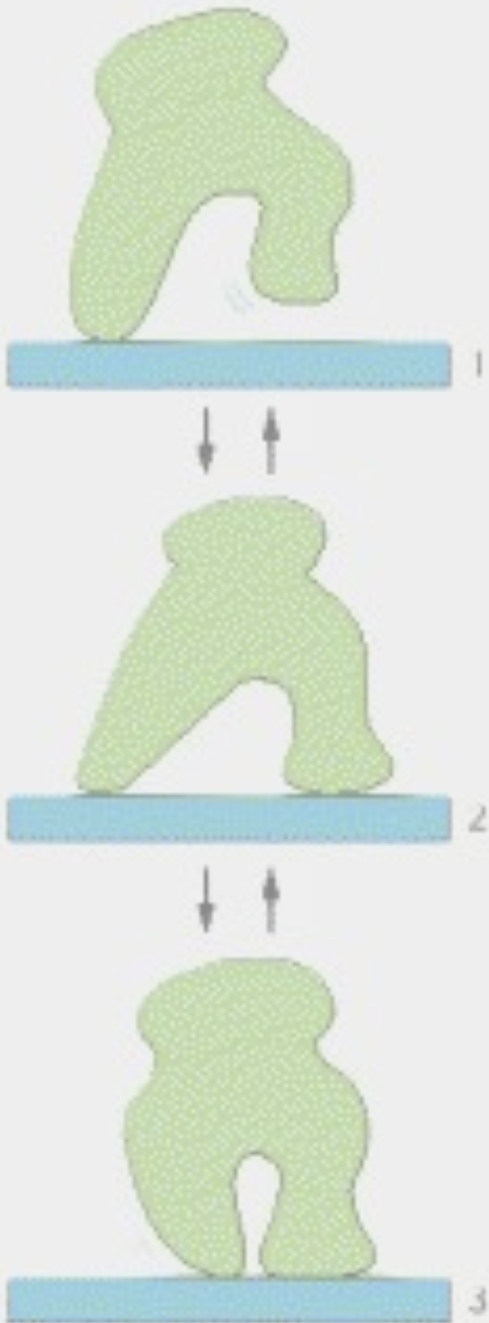


- **Ингибиторы** – **подавляют** работу фермента
- **Активаторы** – **активируют** неактивный фермент

# Аллостерические конформации

## Шагающий белок

Используя энергию  
АТФ, меняет свою  
конформацию и  
движется вдоль  
другой белковой  
молекулы.



# *Функции белков*

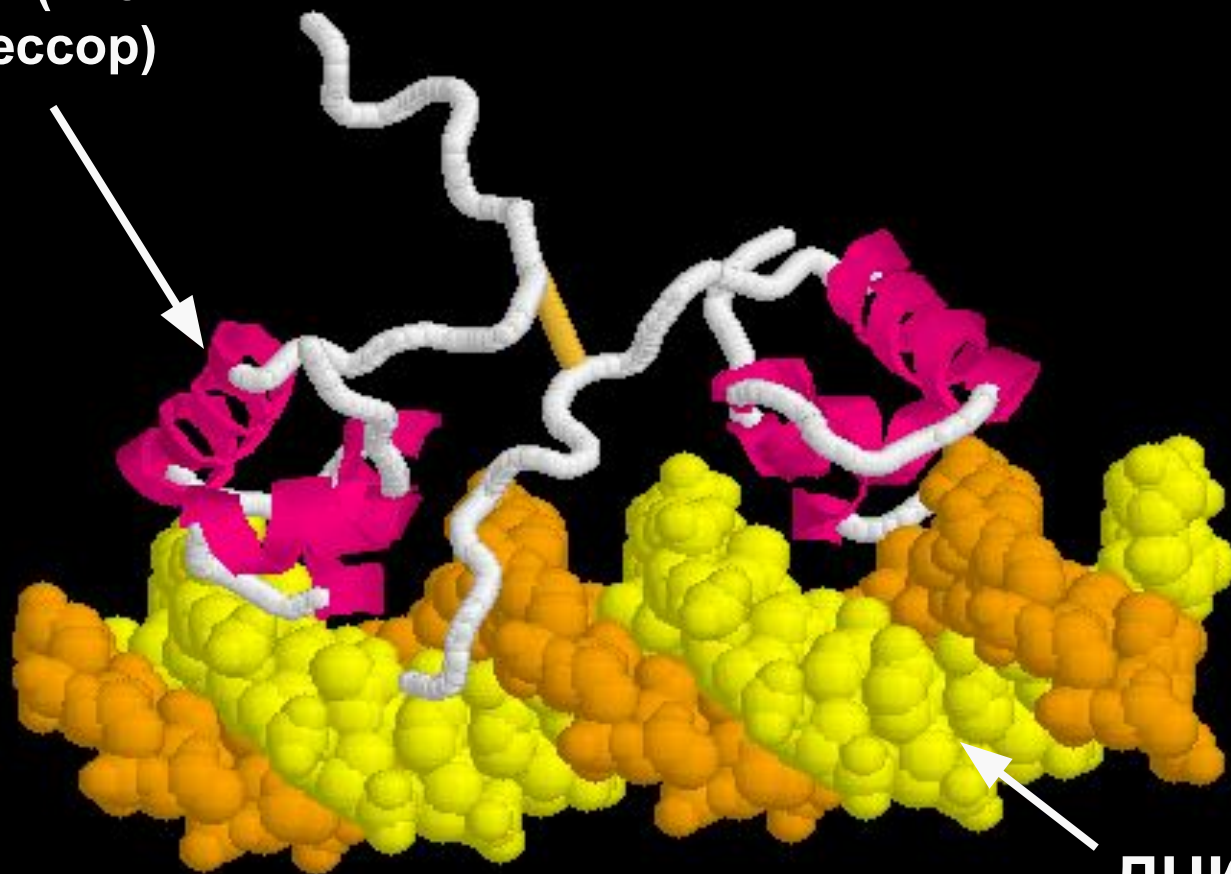
1. Структурная
2. Каталитическая: ферменты
3. **Регуляторная**
4. Защитная
5. Транспортная
6. Двигательная и другие виды трансформации энергии
7. Энергетическая и питательная
8. Буферная

# Регуляторные белки можно разделить по дальности действия

- Внутри клетки
- Между соседними клетками
- Гормоны – всем-всем-всем

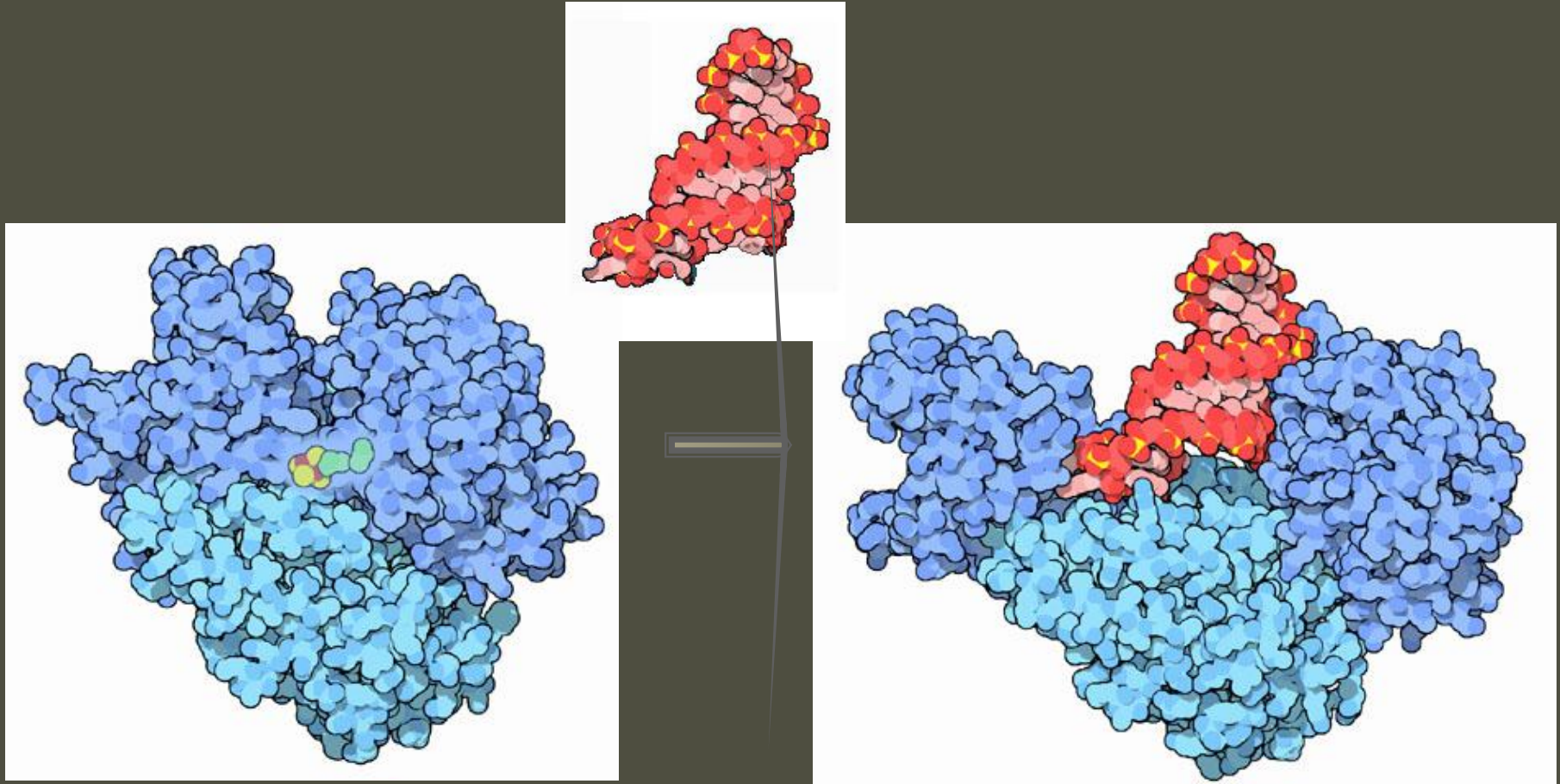
**В ядре клетки**  
**белки взаимодействуют с ДНК**  
**включают-выключают гены**

**Белок (Arc-репрессор)**



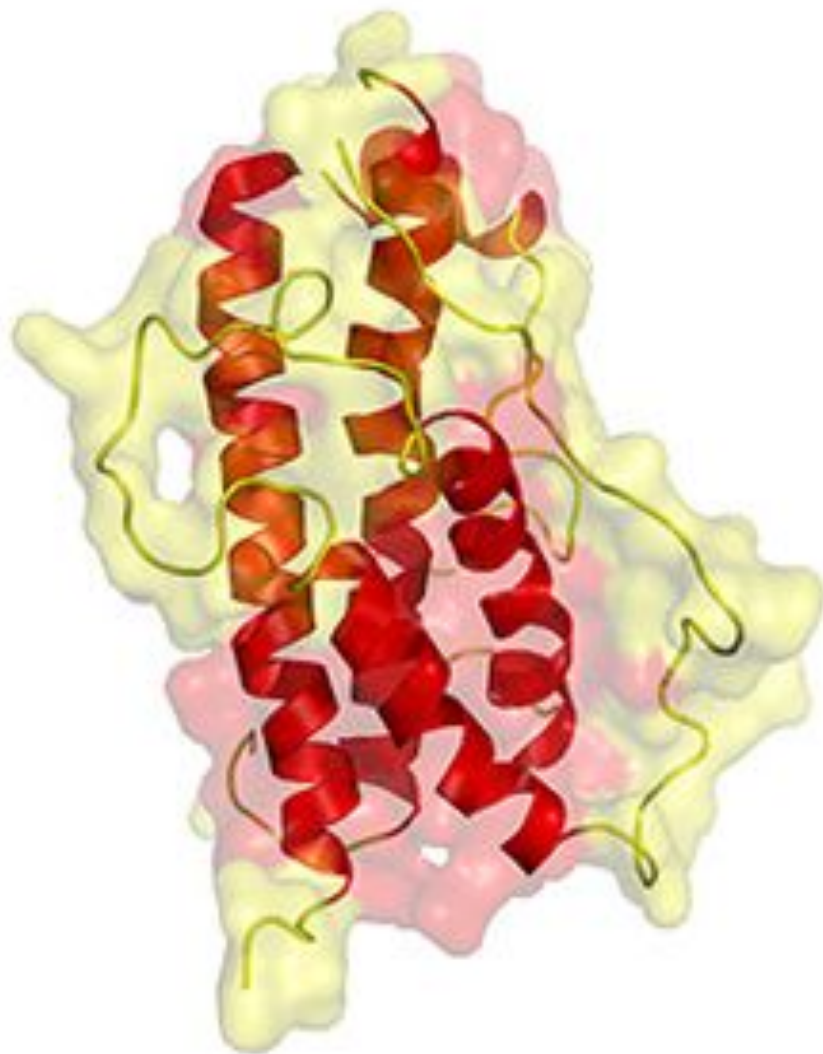
**ДНК**

# В ЦИТОПЛАЗМЕ белки передают сигналы

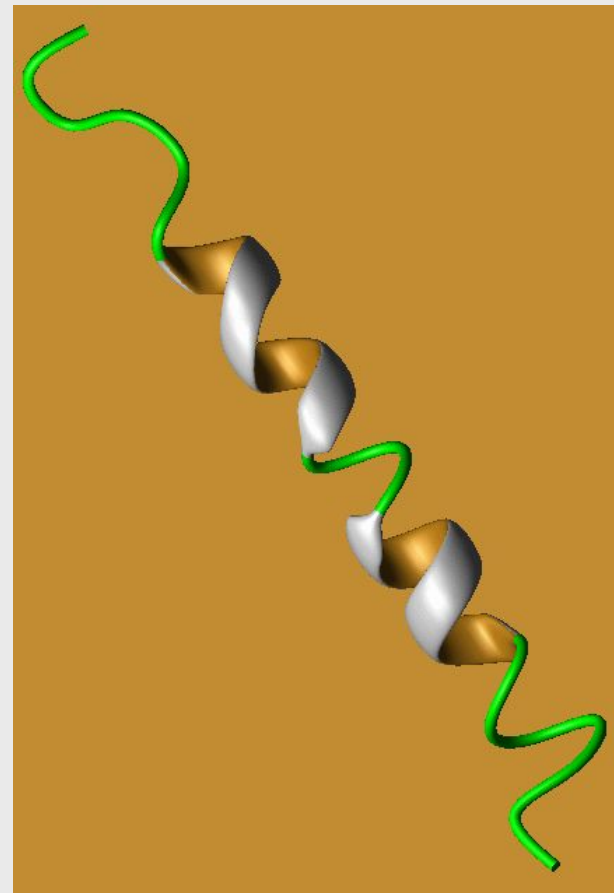


**Белок-белковое взаимодействие**

# Гормоны



Гормон роста 191 а.к.



Глюкагон  
29 а.к.

# Не все гормоны – белки

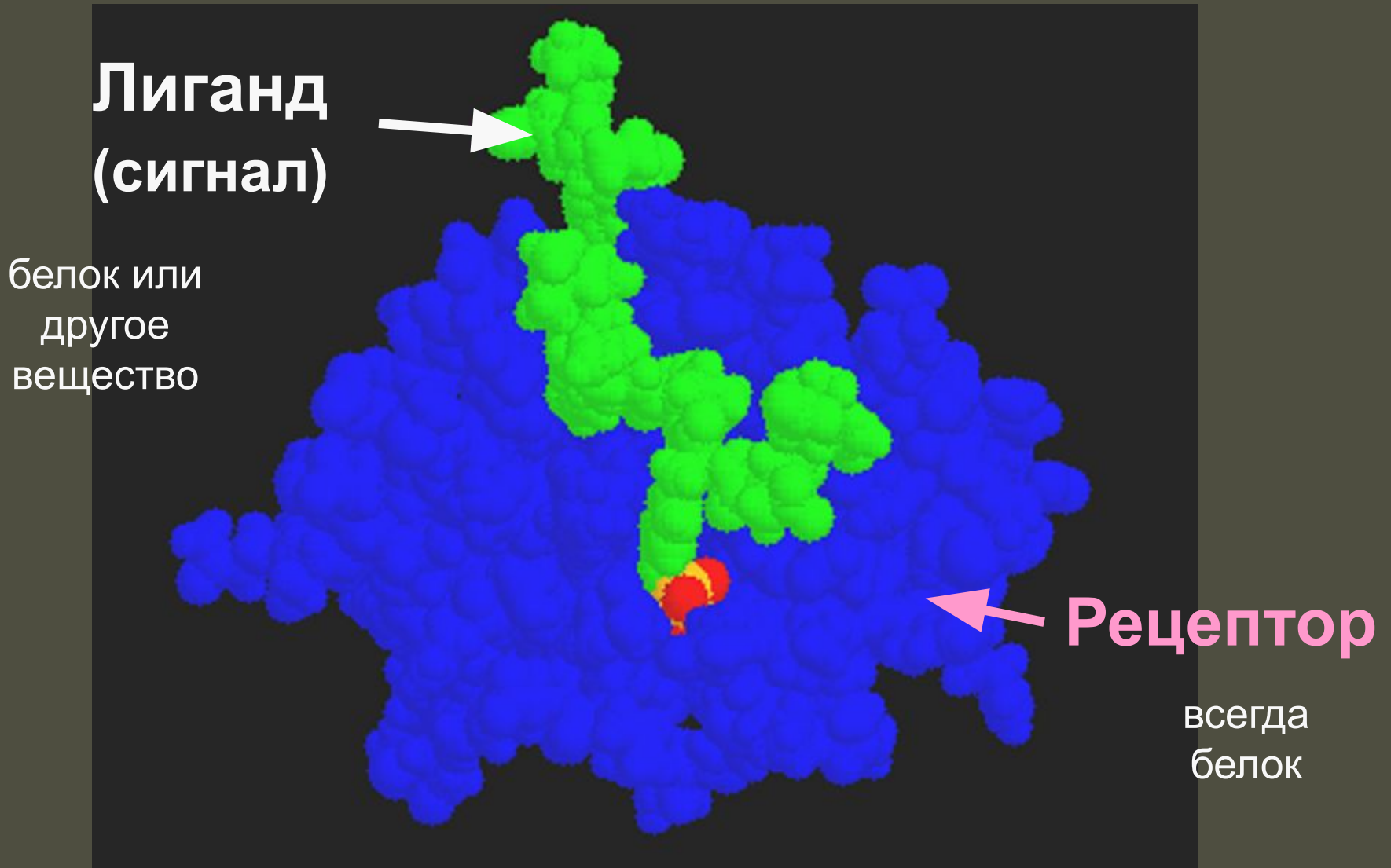
Другие вещества, которые есть среди  
гормонов:

**Производные аминокислот**

**Липиды**

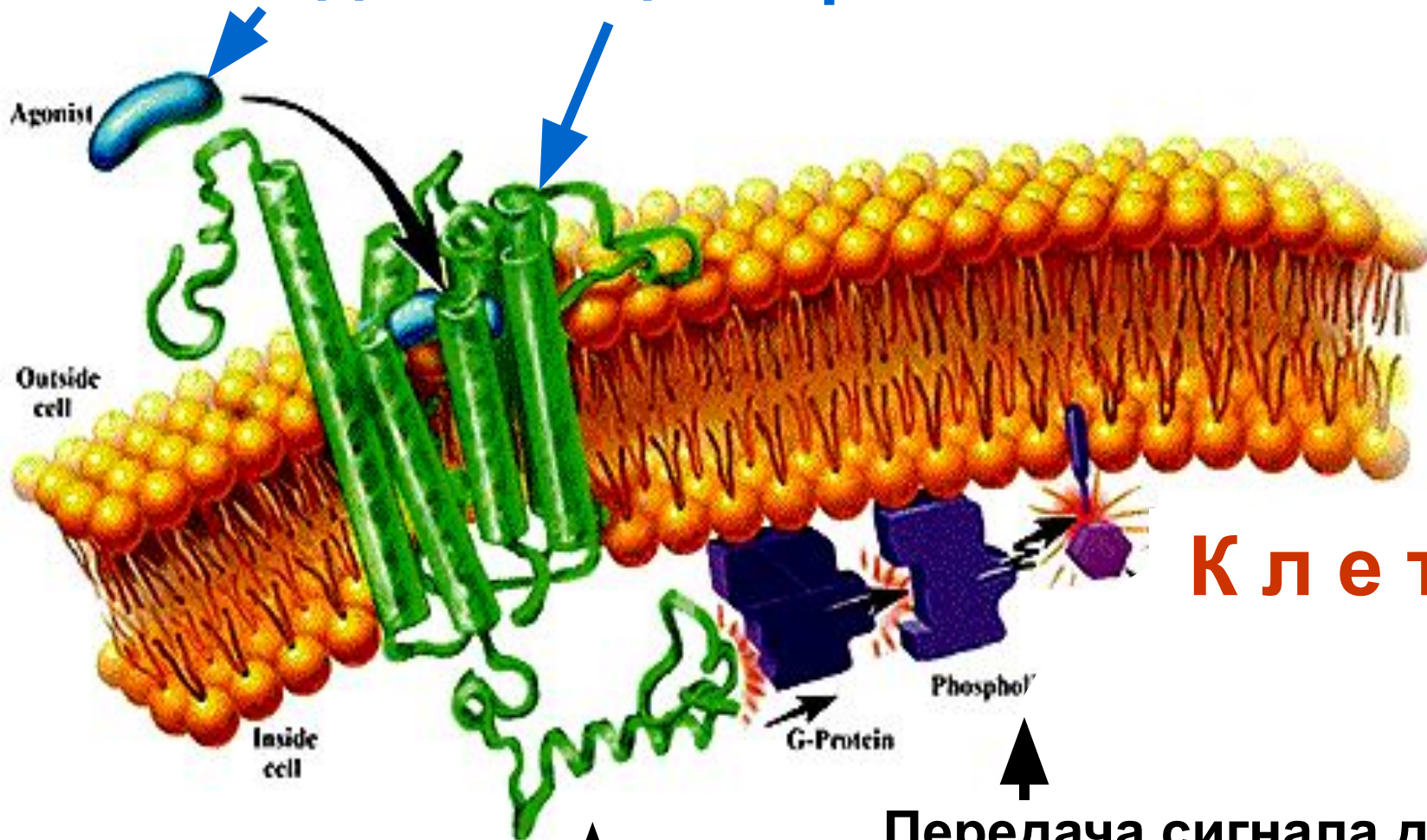


# Принимают сигнал только те клетки, где есть рецепторы



**Лиганд**

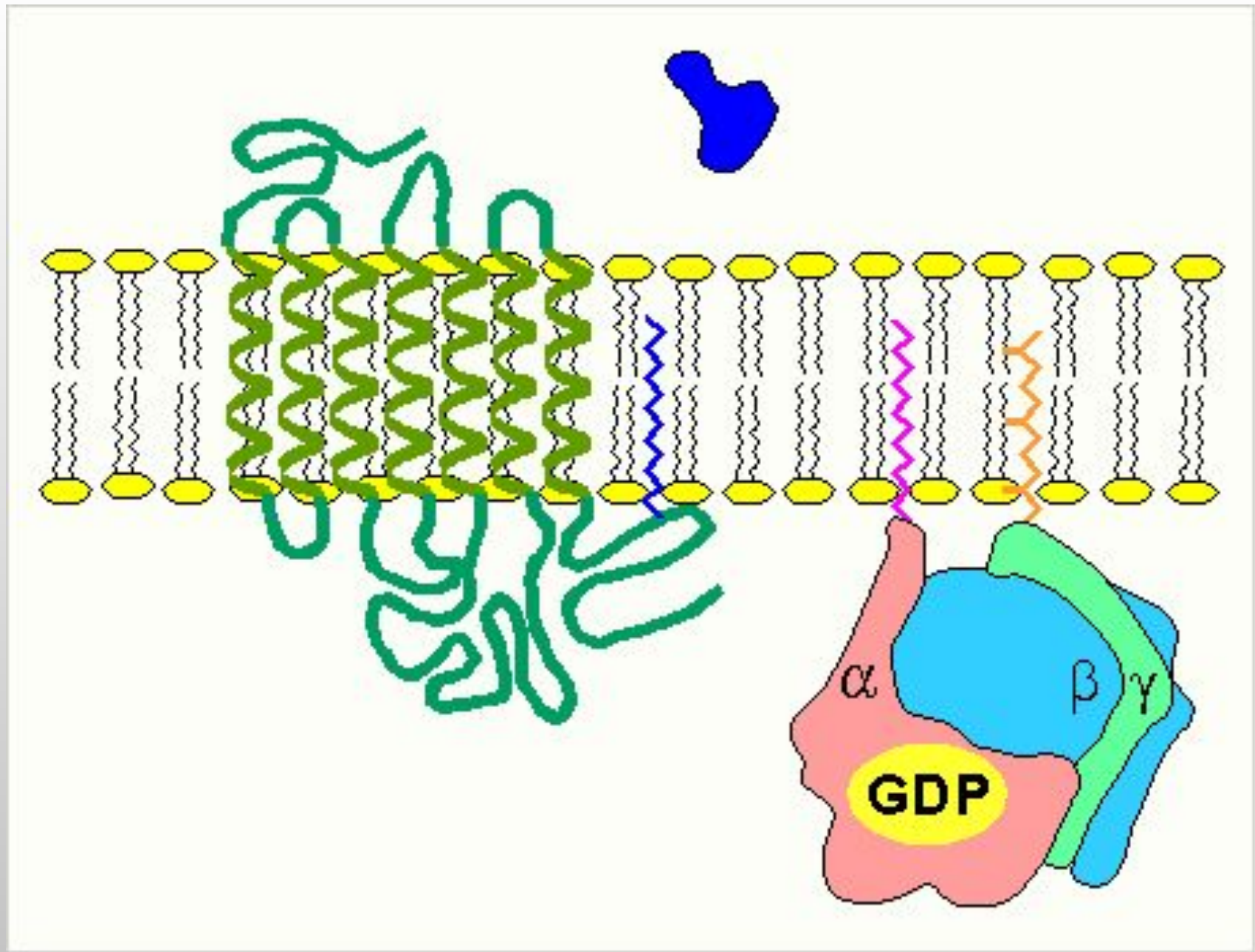
**Рецептор**



**Клетка**

**Изменение конформации  
внутриклеточного домена  
белка-рецептора**

**Передача сигнала другим  
внутриклеточным белкам**



# *Функции белков*

1. Структурная
2. Каталитическая: ферменты
3. Регуляторная
4. **Защитная**
5. Транспортная
6. Двигательная и другие виды трансформации энергии
7. Энергетическая и питательная
8. Буферная

# Иммунитет



**Неспецифический**  
врожденный

Эволюционно древний,  
есть у всех организмов

**Специфический**  
приобретенный

Новое приобретение  
позвоночных.

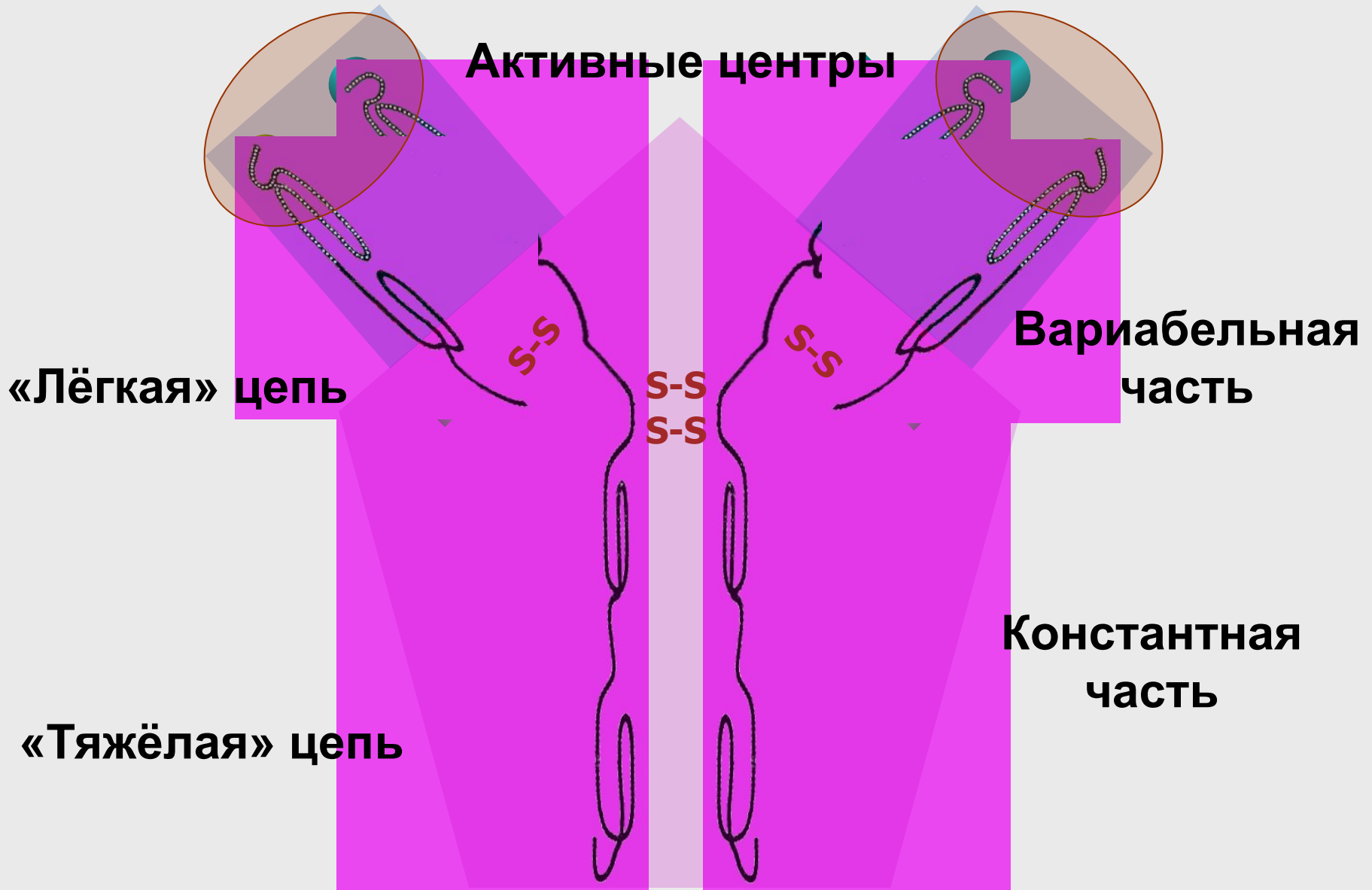
Возник у костистых **рыб**  
~ 400 млн. лет назад

**Антитела** – белки, распознающие свое-чужое

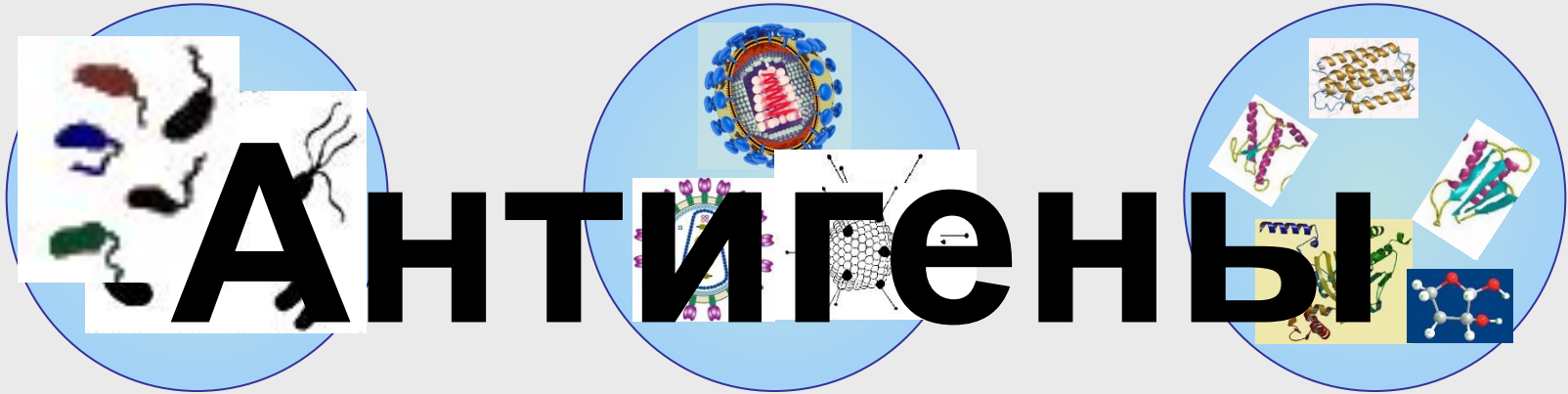
**Антигены** – чужеродные вещества



# Строение антитела



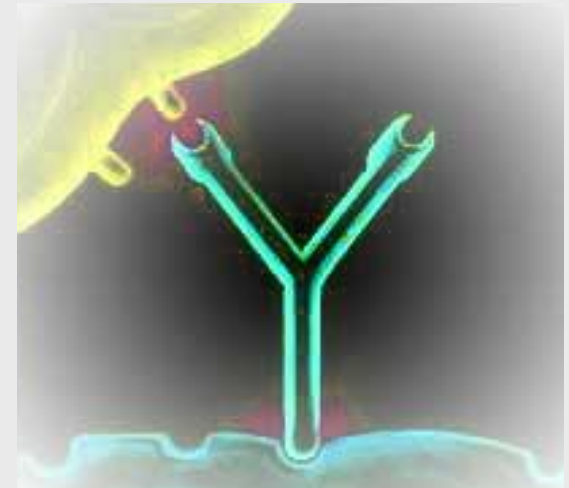
# Действие антител



Бактерии

Вирусы

Чужеродные  
вещества

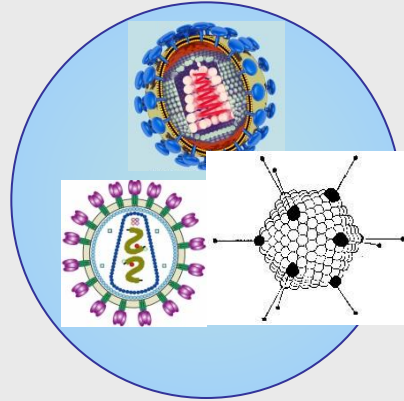


# Действие антител

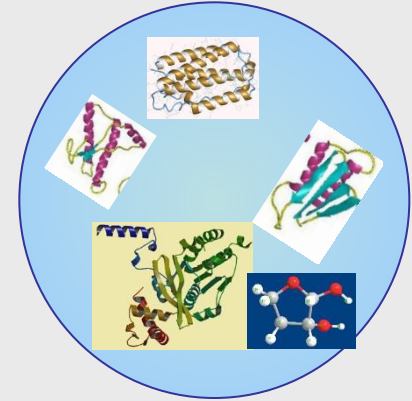
## Антигены



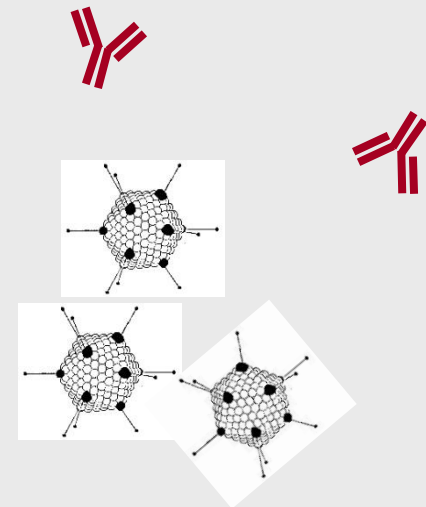
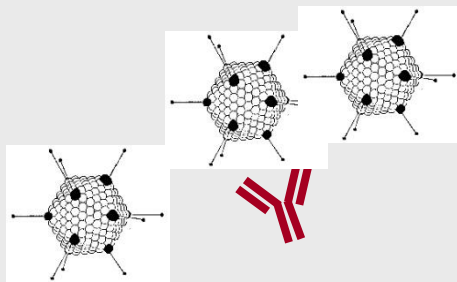
Бактерии



Вирусы



Чужеродные вещества



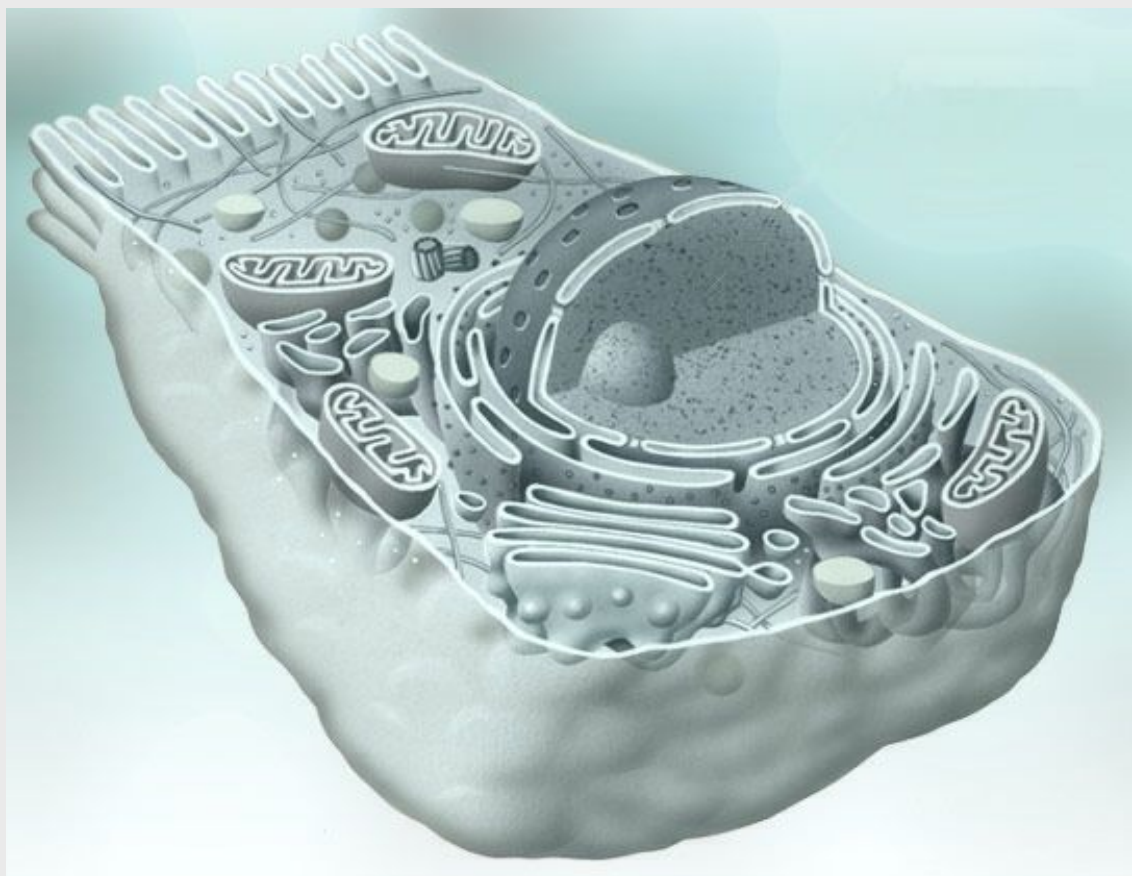


# *Функции белков*

1. Структурная
2. Каталитическая: ферменты
3. Регуляторная
4. Защитная
5. **Транспортная**
6. Двигательная и другие виды трансформации энергии
7. Энергетическая и питательная
8. Буферная

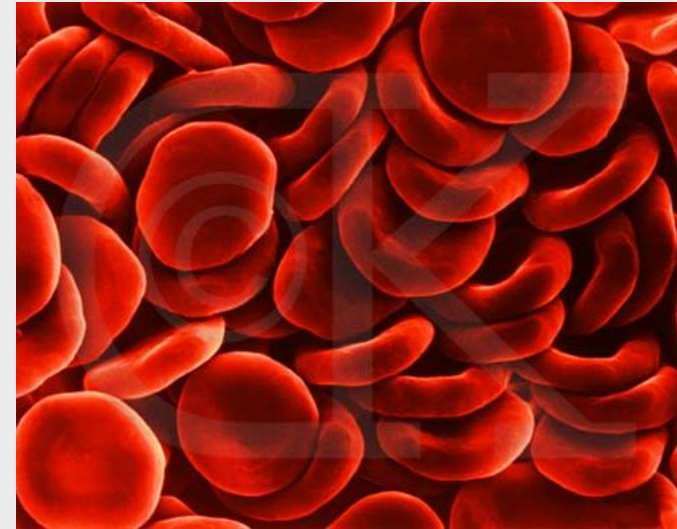
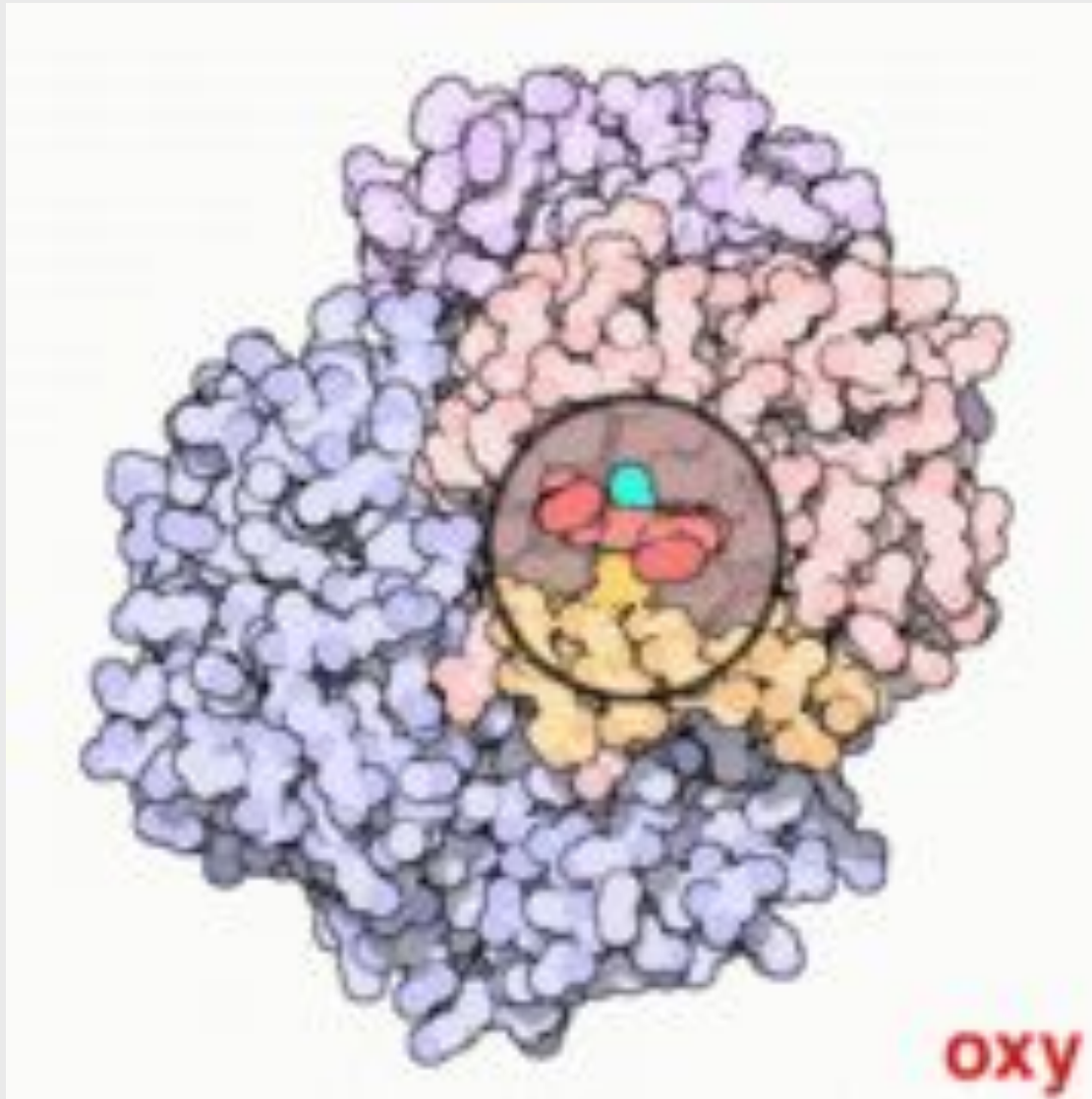
**Транспорт в крови –  
липидов, ионов,  
кислорода**

**Транспорт через  
мембрану клетки**



**Транспорт в  
цитоплазме  
клетки**

# Транспорт кислорода в крови

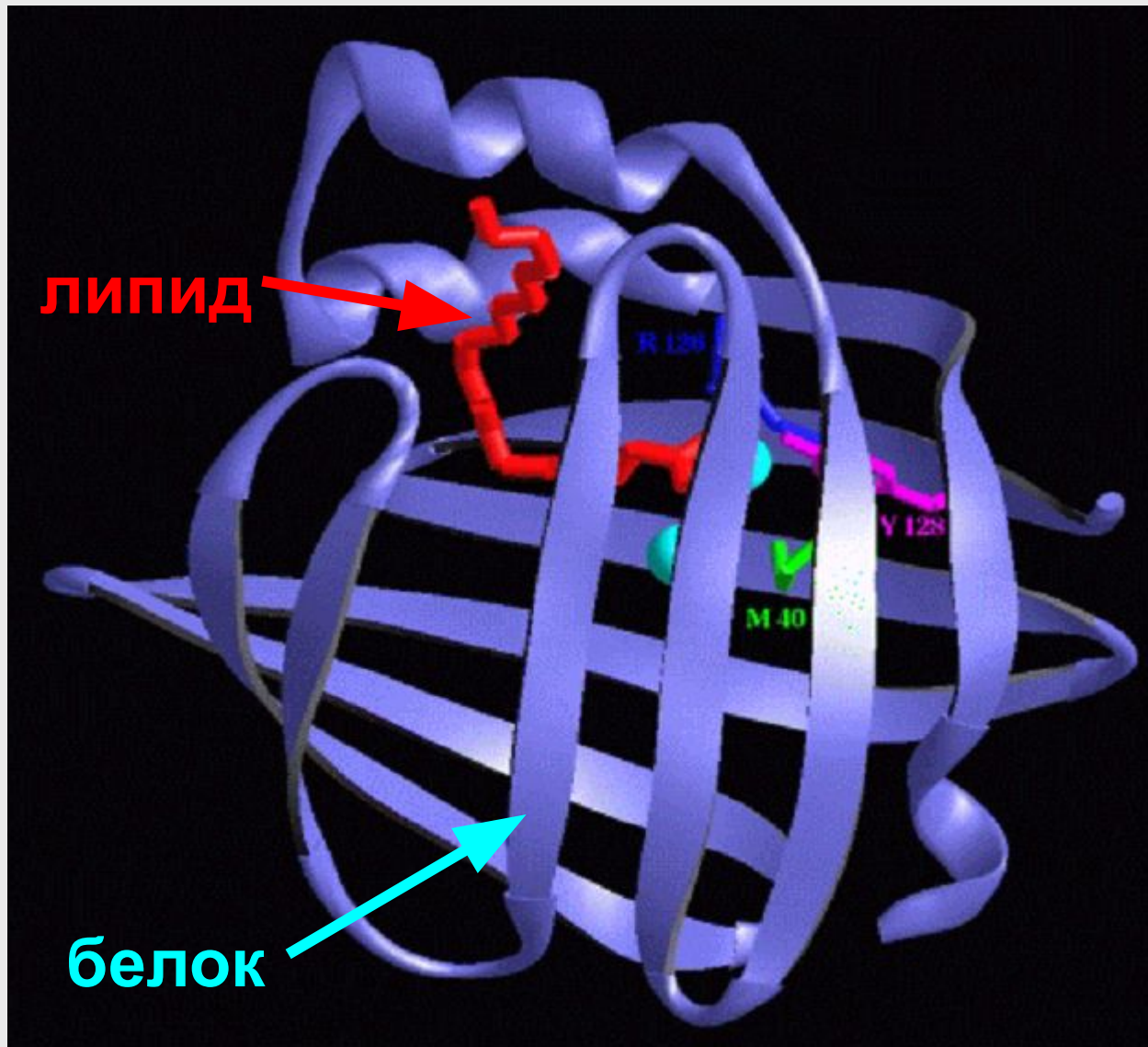


**Гемоглобин**

находится внутри  
эритроцитов

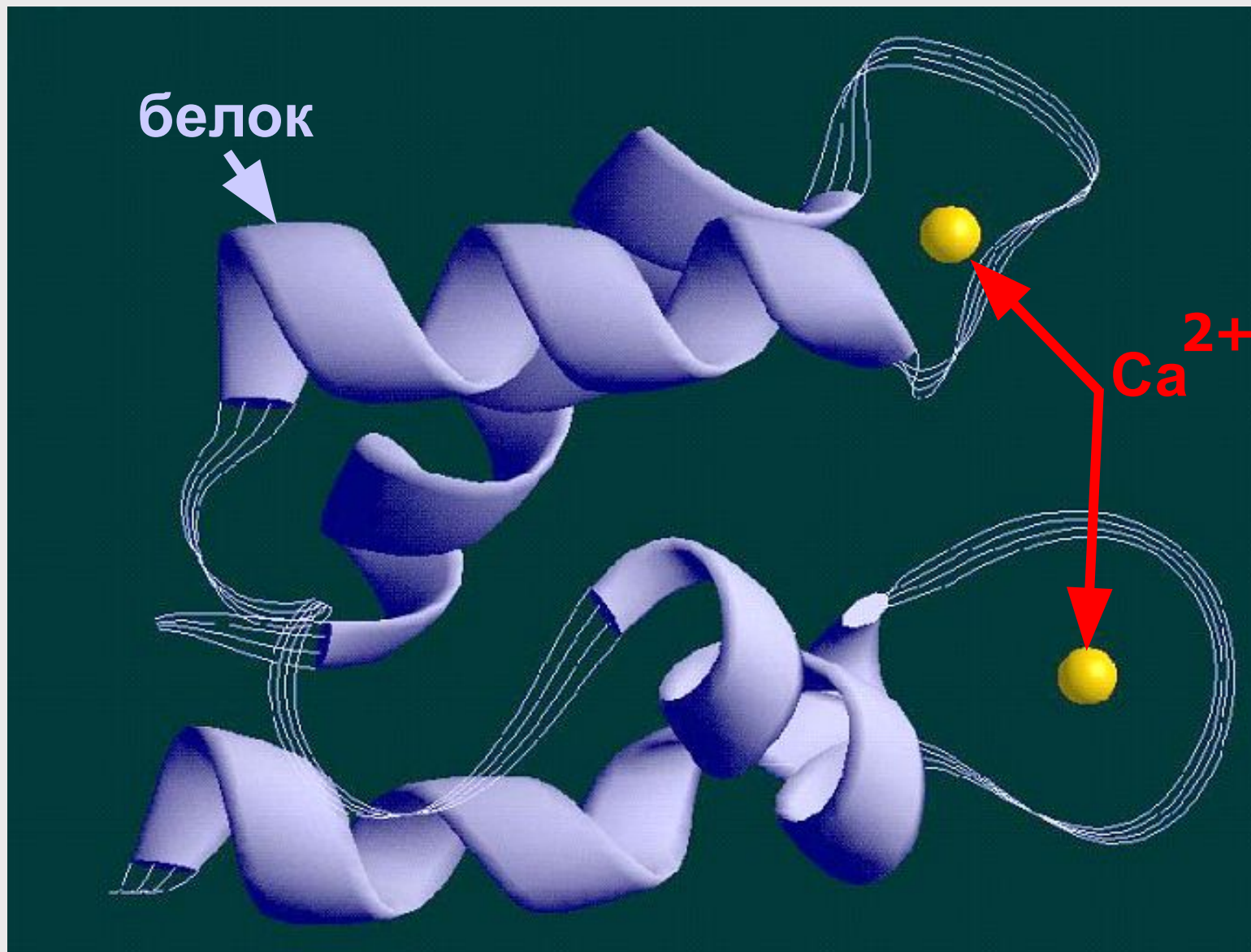


# Транспорт липидов в крови





# Транспорт ионов кальция



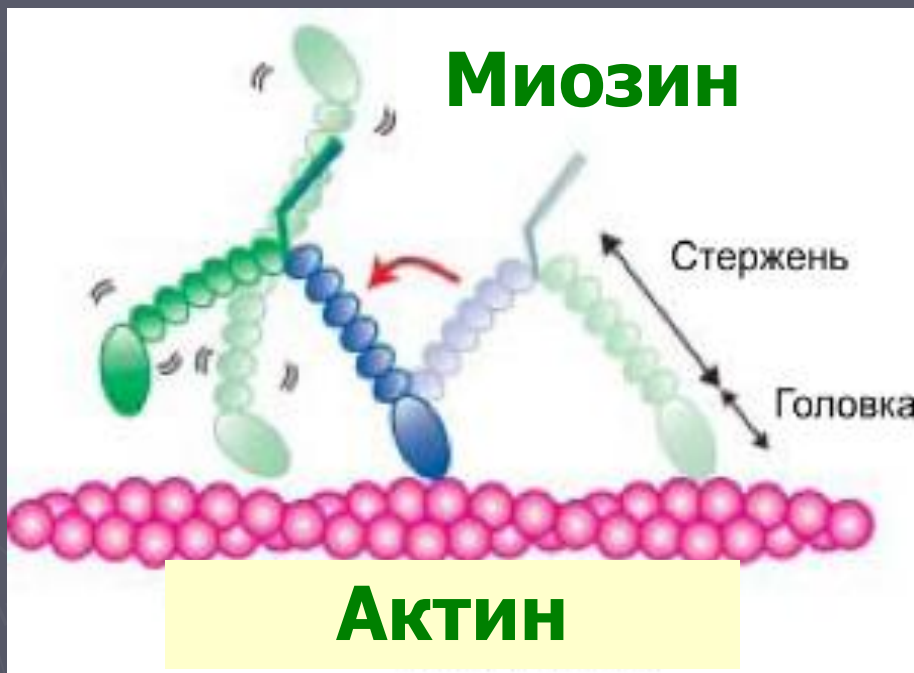
# *Функции белков*

1. Структурная
2. Каталитическая: ферменты
3. Регуляторная
4. Защитная
5. Транспортная
6. **Двигательная и другие виды трансформации энергии**
7. Энергетическая и питательная
8. Буферная

# Энергия химических связей

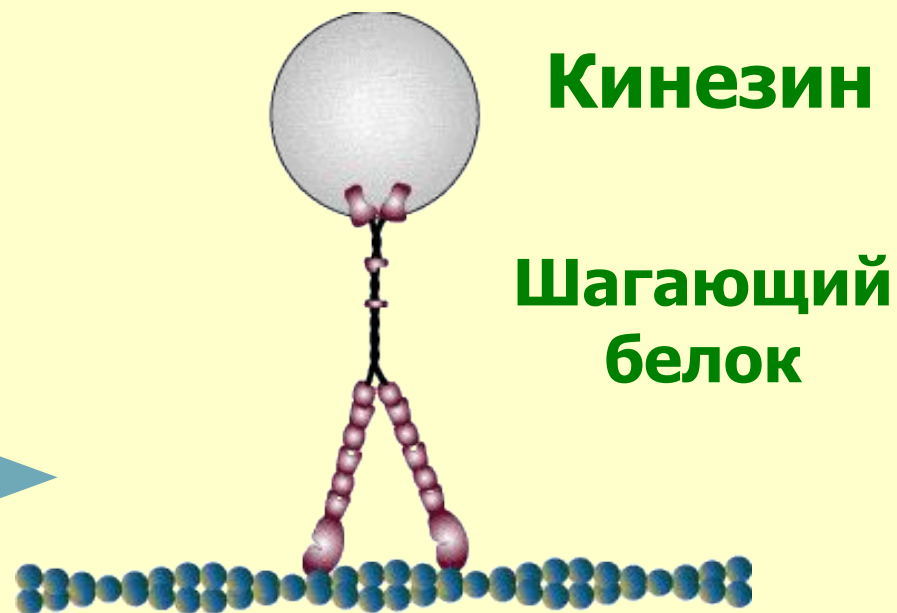


механическая  
энергия

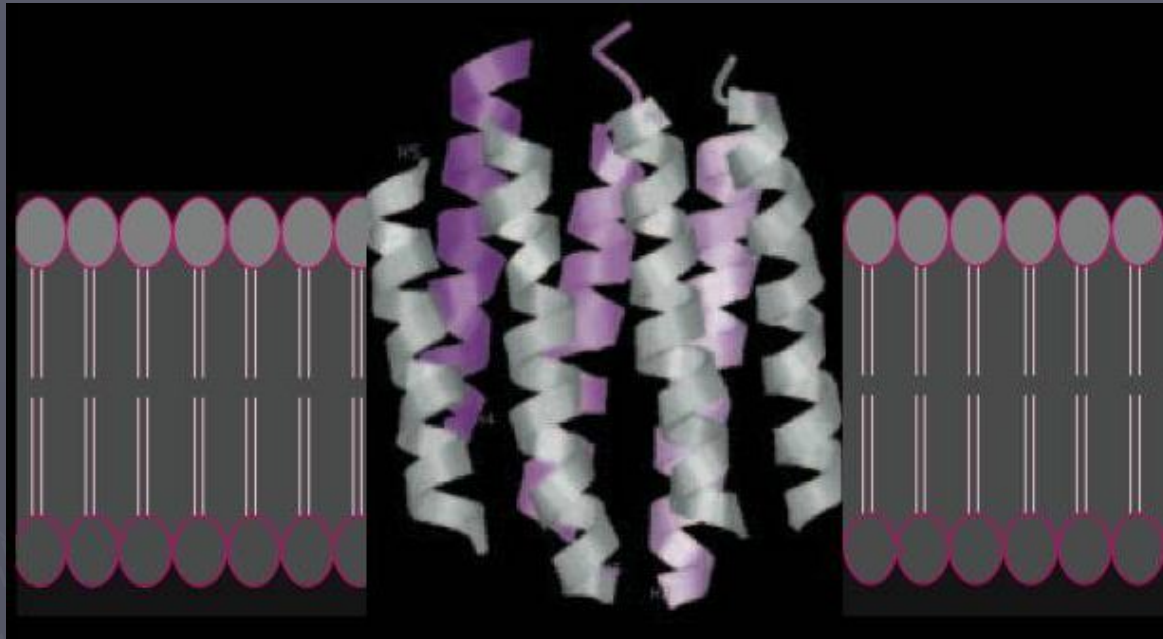


Работа мышц

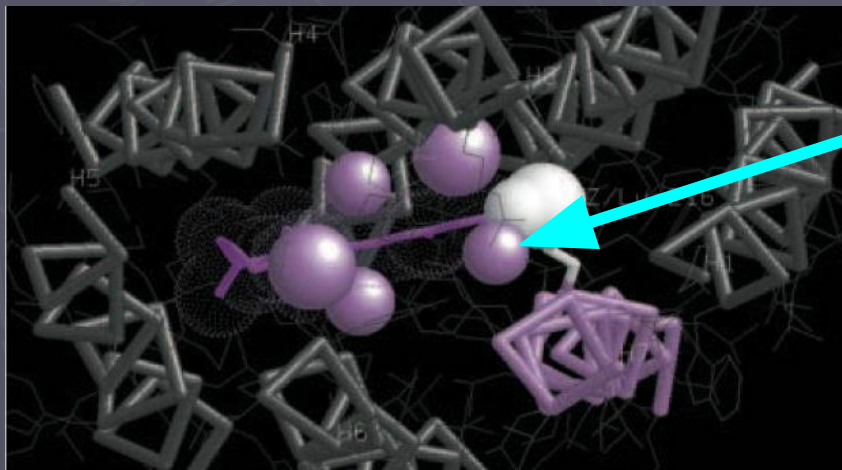
Внутриклеточный  
транспорт



# Световая энергия ➔ химическая



Родопсин –  
фоторецептор  
сетчатки глаза



Ретиналь –  
простетическая  
группа в  
родопсине



# *Функции белков*

1. Структурная
2. Каталитическая: ферменты
3. Регуляторная
4. Защитная
5. Транспортная
6. Двигательная и другие виды трансформации энергии
7. **Энергетическая и питательная**
8. Буферная

# Питательная

**Запасные белки**



**Незаменимые  
аминокислоты**



**Овальбумин**



**Казеин**

# Энергетическая

**1г углеводов** ➔ **4 ккал**

**1 г жира** ➔ **9 ккал**

**1г белка** ➔ **4 ккал**

Белки – последние на очереди,  
когда речь идет о топливе

# Уникальность функций белков

Есть ли другие вещества, выполняющие те же функции ?



<http://http://biologii.net>