

## Химический состав клетки

Все клетки, независимо от уровня организации, сходны по химическому составу. В живых организмах обнаружено около 80 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева. По количественному содержанию в живом веществе элементы делятся на три категории:

### Макроэлементы:

**O, C, H, N** — около 98% от массы клетки, элементы 1-ой группы;  
**K, Na, Ca, Mg, S, P, Cl, Fe** — 1,9 % от массы клетки, элементы 2-ой группы. К макроэлементам относят элементы, концентрация которых превышает 0,001%. Они составляют основную массу живого вещества клетки.

### Микроэлементы:

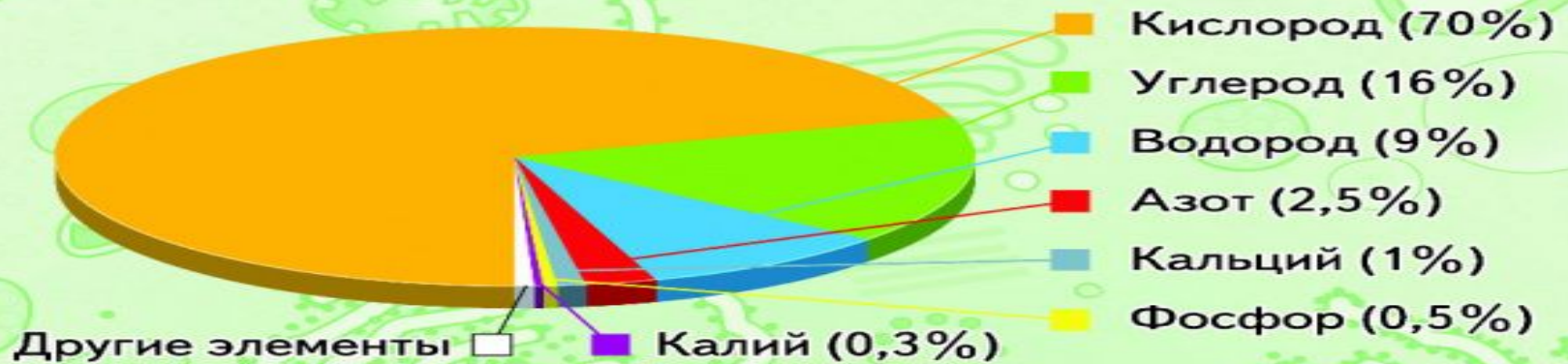
(*Zn, Mn, Cu, Co, Mo и многие другие*), доля которых составляет от 0,001% до 0,000001% (0,1 % массы клетки). Входят в состав биологически активных веществ — ферментов, витаминов и гормонов.

### Ультрамикроэлементы:

(*Au, U, Ra и др.*), концентрация которых не превышает 0,000001%. Роль большинства элементов этой группы до сих пор не выяснена.

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

## СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КЛЕТКЕ

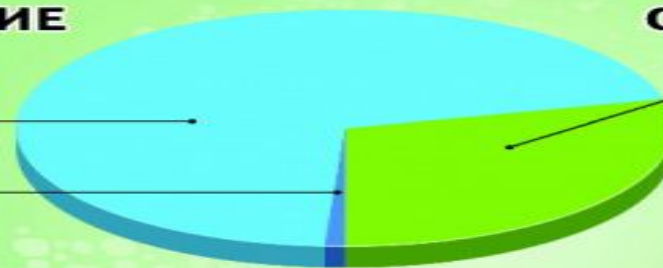


## ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ

### НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

### ОРГАНИЧЕСКИЕ

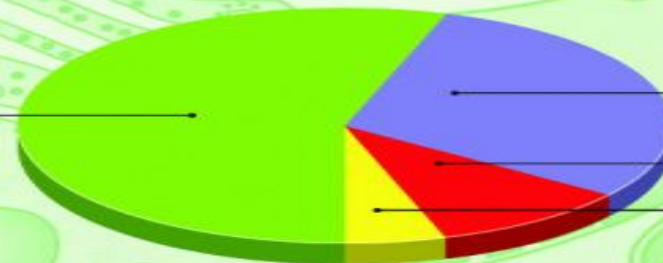
Вода  
Минеральные соли



## ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ

Белки

Нуклеиновые кислоты  
Углеводы  
Жиры



# **БИОХИМИЯ –**

**наука, изучающая химический состав живых организмов, химические процессы, которые лежат в основе жизнедеятельности и обеспечивают организму сложную морфологическую целостность и высокую функциональную активность**

# МЕТАБОЛИЗМ

АНАБОЛИЗМ (синтез, пластический обмен)

ПИТАТЕЛЬНЫЕ  
ВЕЩЕСТВА



## Органогены (биоэлементы)

Органогены — химические элементы, входящие в состав всех органических соединений и составляющие около 98% массы клетки.

Элемент	% содержание	Функция
Кислород	65—75	Входит в состав большинства органических веществ клетки. <b>Образуется в ходе фотосинтеза при фотолизе воды.</b> Для аэробных организмов служит <b>окислителем в ходе клеточного дыхания, обеспечивая клетки энергией в виде молекул АТФ.</b> В наибольших количествах в живых клетках содержится в составе воды.
Углерод	15—18	Входит в состав всех органических веществ; скелет из атомов углерода составляет их основу. Кроме того, в виде <b>СО<sub>2</sub></b> <b>фиксируется в процессе фотосинтеза и выделяется в ходе дыхания,</b> в виде СО (в низких концентрациях) участвует в регуляции клеточных функций, в виде СаСО <sub>3</sub> входит в состав минеральных скелетов.
Водород	8—10	Входит в состав всех органических веществ клетки. <b>В наибольших количествах содержится в составе воды.</b> Некоторые бактерии окисляют молекулярный водород для получения энергии ( <b>хемосинтез</b> ).
Азот	2—3	Входит в состав аминокислот, белков (в том числе ферментов и гемоглобина), нуклеиновых кислот, хлорофилла, некоторых витаминов. Включается в живые организмы в ходе процесса <b>азотфиксации.</b>

# Прочие макроэлементы

Элемент	%	Функция
<b>Кальций</b>	0,04— 2	Содержится в мембране клетки, межклеточном веществе и костях. Участвует в <b>регуляции внутриклеточных процессов, поддержания мембранного потенциала, передаче нервных импульсов, необходим для мышечного сокращения и экзоцитоза.</b> Нерастворимые соли кальция участвуют в <b>формировании костей и зубов</b> позвоночных и минеральных скелетов беспозвоночных.
<b>Фосфор</b>	0,2—1	Входит в состав <b>АТФ</b> в виде остатка фосфорной кислоты ( $PO_4^{3-}$ ). Содержится <b>в костной ткани и зубной эмали</b> (в виде минеральных солей), а также присутствует в цитоплазме и межклеточных жидкостях (в виде фосфат-ионов).
<b>Калий</b>	0,15— 0,4	Участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации <b>нервного импульса (Na/K - насос)</b> , регуляции сокращения сердечной мышцы. Содержится в межклеточных веществах. Участвует в фотосинтезе.

Элемент	%	Функция
<b>Сера</b>	0,15—0,2	Содержится в некоторых аминокислотах ( <b>цистеин</b> ), ферментах, тиамине. В небольших количествах присутствует в виде сульфат-иона в цитоплазме клеток и межклеточных жидкостях.
<b>Хлор</b>	0,05—0,1	Участвует в формировании осмотического потенциала плазмы крови и других жидкостей в виде аниона. Содержится в желудочном соке в виде <b>HCl</b> .
<b>Натрий</b>	0,02—0,03	Участвует в поддержании мембранного потенциала, <b>генерации нервного импульса (Na/K насоса)</b> , процессах осморегуляции (в том числе в работе почек у человека) и создании буферной системы крови.

# Микроэлементы

Элемент	Для чего нужен	Дневная норма	Признаки нехватки	Лучшие источники
<b>Железо</b>	Участвует в производстве гемоглобина и дыхательных ферментов. Стимулирует кроветворение.	10 - 15 мг	Анемия - иначе «малокровие», когда в крови мало красных кровяных телец и низкий гемоглобин.	Зерновые продукты, бобовые, яйца, говяжья печень, овощи и фрукты з цвета, например, зеленые яблоки.
<b>Цинк</b>	Помогает клеткам поджелудочной железы вырабатывать инсулин. Участвует также в жировом, белковом и витаминном обмене, в процессах кроветворения и синтезе ряда гормонов.	12 - 15 мг	Задержка психомоторного развития у детей, облысение, дерматиты, снижение иммунитета и половой функции (у мужчин - нарушение выработки спермы), раздражительность, депрессии.	Животные белки: говядина, постная свинина, баранина, крабы, устрицы. А также тыквенные семечки и ростки пшеницы.
<b>Медь</b>	Участвует в синтезе красных кровяных телец, коллагена, ферментов кожи. Способствует правильному усвоению железа.	1,5 - 3 мг	Анемия, нарушение пигментации волос и кожи, температура ниже нормы, психические расстройства.	Красное мясо, морепродукты - мидии, креветки, орехи, особенно грецкие и кешью.
<b>Кобальт</b>	Активирует ряд ферментов, усиливает синтез белков, участвует в выработке витамина В <sub>12</sub> и в образовании инсулина.	0,04 - 0,07 мг	Дефицит витамина В <sub>12</sub> , что ведет за собой нарушения обмена веществ.	Говяжья и свиная печень, почки, свекла, горох, земляника и клубника жем или замороженном виде.
<b>Марганец</b>	Участвует в окислительных процессах, обмене жирных кислот и контролирует уровень холестерина.	2 - 5 мг	Нарушение холестеринового обмена, атеросклероз сосудов.	Животные и соевые белки.
<b>Молибден</b>	Стимулирует обмен веществ.	0,1 - 0,25 мг	Ухудшение липидного и углеводного обмена веществ.	Мясо и птица, животные жиры.
<b>Селен</b>	Замедляет процесс старения, укрепляет иммунитет. Является естественным антиоксидантом - защищает клетки от онкологии.	0,04 - 0,07 мг	Снижение иммунитета, частые простудные инфекции, ухудшение работы сердца.	Морепродукты (особенно устрицы и мидии), красное вино, виноград, белые грибы.
<b>Хром</b>	Контролирует переработку сахаров, инсулиновый обмен.	0,05 - 0,2 мг	Повышение сахара в крови, снижение усвоения глюкозы.	Морепродукты, пивные дрожжи, цельнозерновые продукты, грибы.
<b>Фтор</b>	Участвует в формировании твердых тканей зубов и зубной эмали. От него же во многом зависит крепость костей.	0,5 - 0,8 мг	Хрупкость зубной эмали.	Фтор поступает в основном с питьевой водой. В некоторых регионах воду специально фторируют.
<b>Йод</b>	Играет важную роль в образовании гормона щитовидной железы - тироксина.	0,1 - 0,2 мг	Нарушаются функции щитовидной железы, а при постоянном йододефиците меняется и ее структура - вплоть до развития эндемического зоба.	Морская капуста, морепродукты и йодированные продукты - соль, хлеб, молоко (и др.). Об этом должна быть на упаковке.



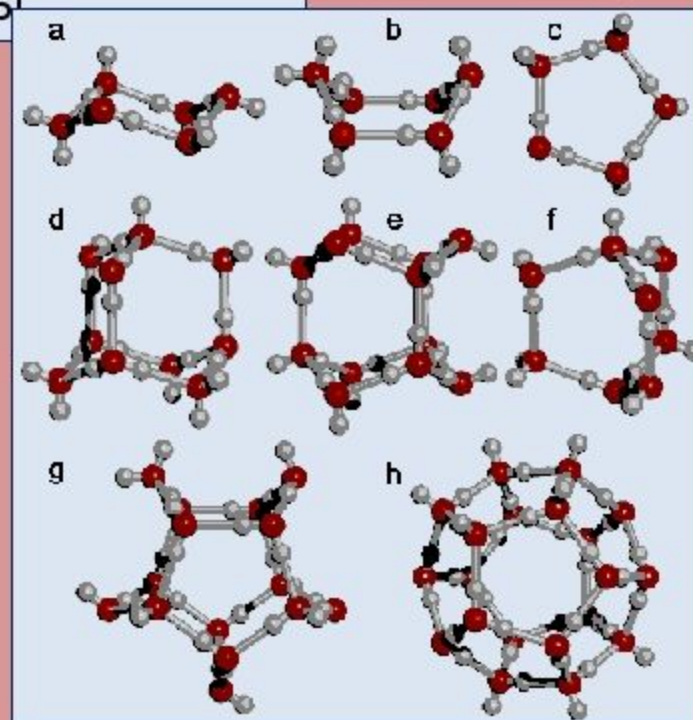


# Функции воды

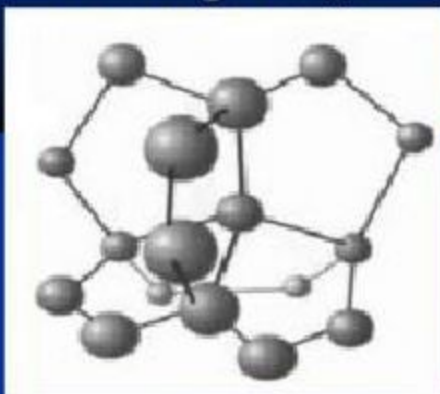
- Обеспечивает тургор (упругость) клетки
- Участвует в терморегуляции
- Равномерно распределяет тепло по клетке (высокая теплопроводность)
- Способствует перемещению веществ по клетке
- Участвует в химических реакциях, происходящих в клетке
- Является хорошим растворителем
- Является средой для протекания химических реакций

## Аномальные свойства воды

связаны с тем, между молекулами воды существуют водородные связи, благодаря которым вода в жидком состоянии образует динамически изменяющуюся сеть кластеров, поведение которых влияет на структуру и свойства воды.



## Кластеры воды



# Свойства воды и ее биологическая роль

## Свойства воды

## Роль в жизнедеятельности клетки

1. Способность растворять в себе вещества.

-все биохимические реакции протекают в водных растворах;  
-среда для транспорта различных веществ (гомеостаз);

2. Высокая теплоемкость и теплопроводность.

-поддержание теплового равновесия;  
Равномерное распределение тепла между всеми частями организма.

3. Высокая интенсивность испарения.

-приводит к быстрой потере тепла,  
-предохраняет от перегрева

4. Несжимаемость воды

-поддержание формы клетки.

5. Высокая сила поверхности натяжения воды

Обеспечивает восходящий и нисходящий транспорт веществ в растениях и движение крови в капиллярах.

# Водородный показатель pH

Водородный показатель (pH) – это отрицательный десятичный логарифм равновесной концентрации ионов водорода

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]. \quad (2)$$

$$\text{pH} = -\lg[10^{-7}] = 7.$$

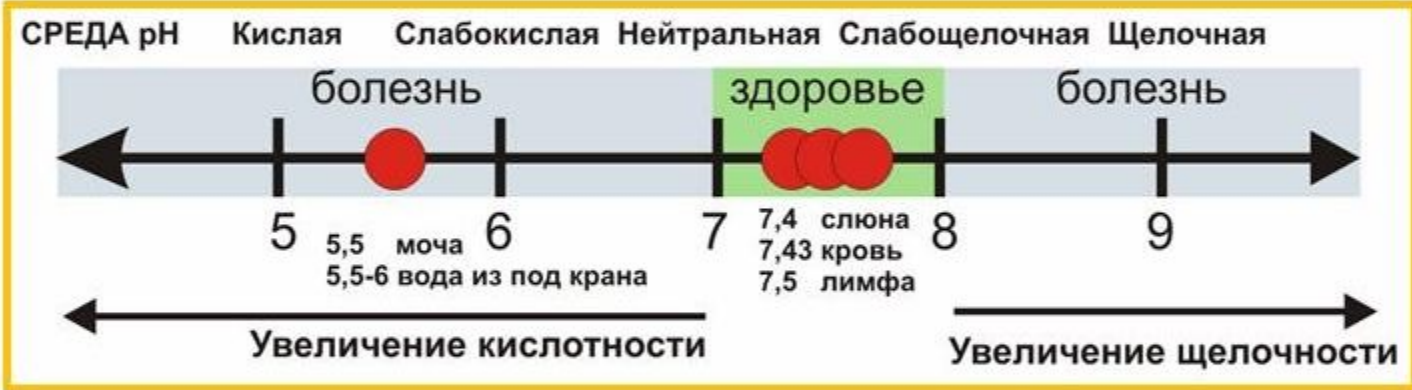
При  $\text{pH} = 7$  – среда нейтральная. Если  $\text{pH} > 7$ , то среда щелочная, а при  $\text{pH} < 7$  – среда кислая.



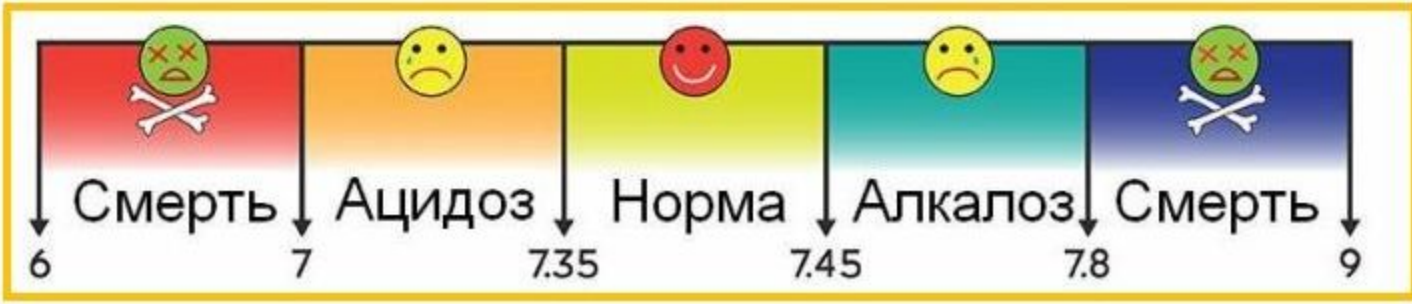
А еще есть такой немаловажный фактор, как кислотно-щелочной баланс, от которого зависит качество тысяч биохимических реакций и обменных процессов, проходящих в организме. А также биологических параметров организма, включая состояние бактериальное, паразитарное, грибковое, образование свободных радикалов и т.д.

Так вот, в этой системе последствия нарушения баланса следующие:

### Уровни Ph



### Уровни Ph крови



## *Биологическое значение рН.*

Постоянство рН биологических сред является залогом нормальной работы организма. Это объясняется несколькими причинами:

**1. Ферменты и гормоны проявляют физиологическую активность в определенном интервале рН:**

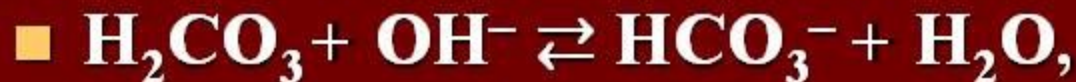
- Пепсин желудочного содержимого активен при  $\text{pH} \approx 1,7 - 1,8$
- Каталаза крови активна при  $\text{pH} \approx 7,4$

**2. При колебаниях рН белки способны денатурировать, т.е. разрушаться.**

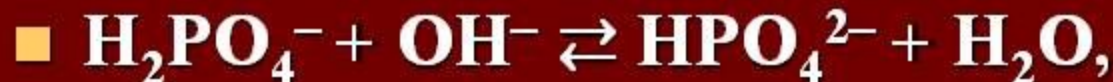
**3. Ионы водорода являются катализаторами многих биохимических превращений.**

# Буферные системы крови

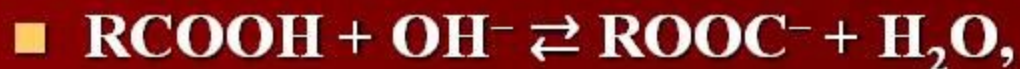
- Поддержание постоянной кислотно-щелочного равновесия крови обеспечивается буферными системами:
- 1. Бикарбонатный буфер.



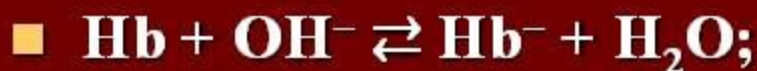
- 2. Фосфатный буфер.



■ 3. Белковый буфер.



■ 4. Гемоглобинового буфер. По сути есть два гемоглобиновых буфера - один на основе восстановленного гемоглобина  $\text{Hb}/\text{Hb}^-$ , а второй на основе оксигемоглобина:  $\text{HbO}_2/\text{HbO}_2^-$ . Первый преобладает в венозной крови, а второй - в артериальной.





Вещества	Строение	Функции
<b>Жиры</b>	Гидрофобные вещества, состоящие из остатков глицерина и жирных кислот	<b>Строительная, Энергетическая, Теплоизоляционная функции, играют роль Запасных веществ</b>
<b>Углеводы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Моносахариды (глюкоза, фруктоза, рибоза и дезоксирибоза)</li> <li>- Дисахариды (сахароза)</li> <li>- Полисахариды (целлюлоза и крахмал) – состоят из остатков моносахаридов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Основной источник энергии</u></b> для организма;</li> <li>- <b><u>Строительная функция</u></b> у растений (оболочка из целлюлозы);</li> <li>- <b><u>Запасные питательные вещества</u></b> (крахмал, гликоген)</li> </ul>
<b>Белки</b>	Высокомолекулярные, сложные органические вещества – полимеры. Мономерами белков являются аминокислоты. Индивидуальны для каждой особи.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Строительная функция</u></b> (белки входят в состав различных органелл клетки);</li> <li>- <b><u>Каталитическая</u></b> (ферменты- белки);</li> <li>- <b><u>Энергетическая</u></b> (могут распадаться с высвобождением энергии);</li> <li>- <b><u>Защитная</u></b> (Антитела – белки.</li> <li>- <b><u>Двигательная</u></b> (сократительные волокна состоят из белков).</li> <li>- <b><u>Транспортная</u></b> (белки-переносчики для разных веществ).</li> </ul>
<b>Нуклеиновые кислоты</b>	Биополимеры; Момеры – нуклеотиды.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). <b><u>Синтез белка;</u></b></li> <li>2). <b><u>Хранение наследственной информации</u></b> клетки</li> </ol>

## Общая характеристика белков

Из органических веществ клетки по количеству и значению на первом месте стоят белки (10-20% от массы клетки).

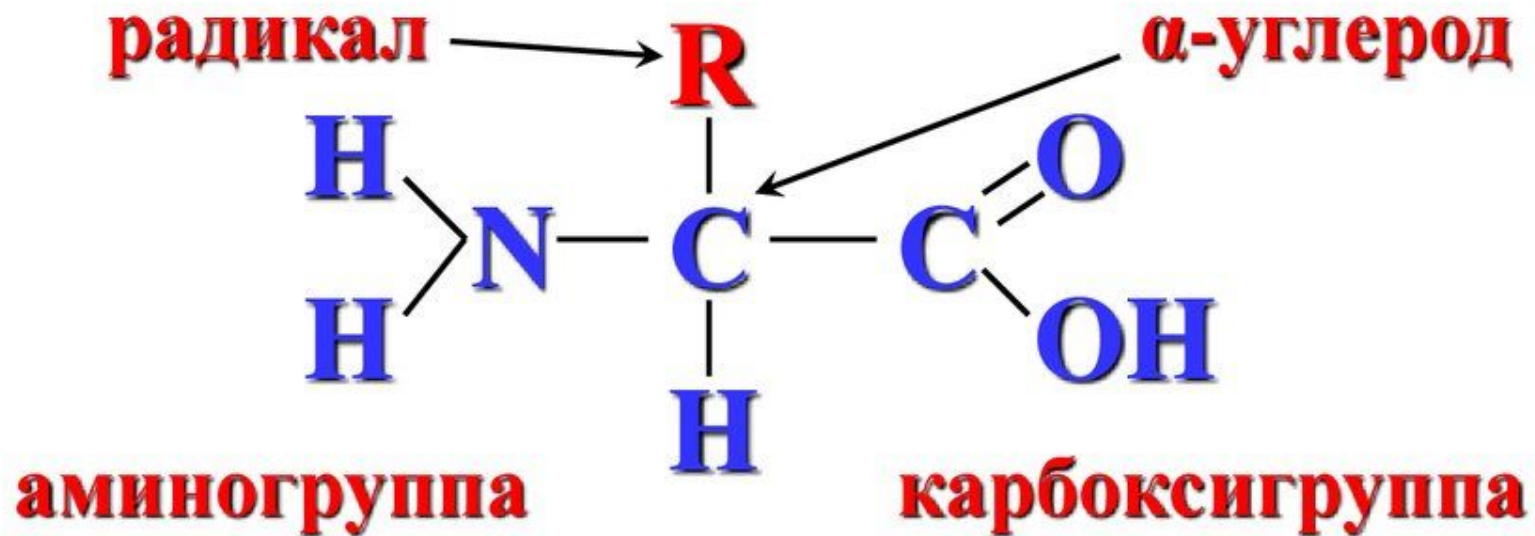
В состав простых белков входят: С, Н, О, N, S. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь. Гемоглобин -  $C_{3032}H_{4816}O_{872}N_{780}S_8Fe_4$

Белки обладают огромной молекулярной массой: молекулярная масса альбумина (одного из белков яйца) — 36000, гемоглобина — 152000, миозина (одного из белков мышц) — 500000. Для сравнения: молекулярная масса спирта — 46, уксусной кислоты — 60, бензола — 78.

Белки — высокомолекулярные органические вещества, состоящие из остатков  $\alpha$ -аминокислот.

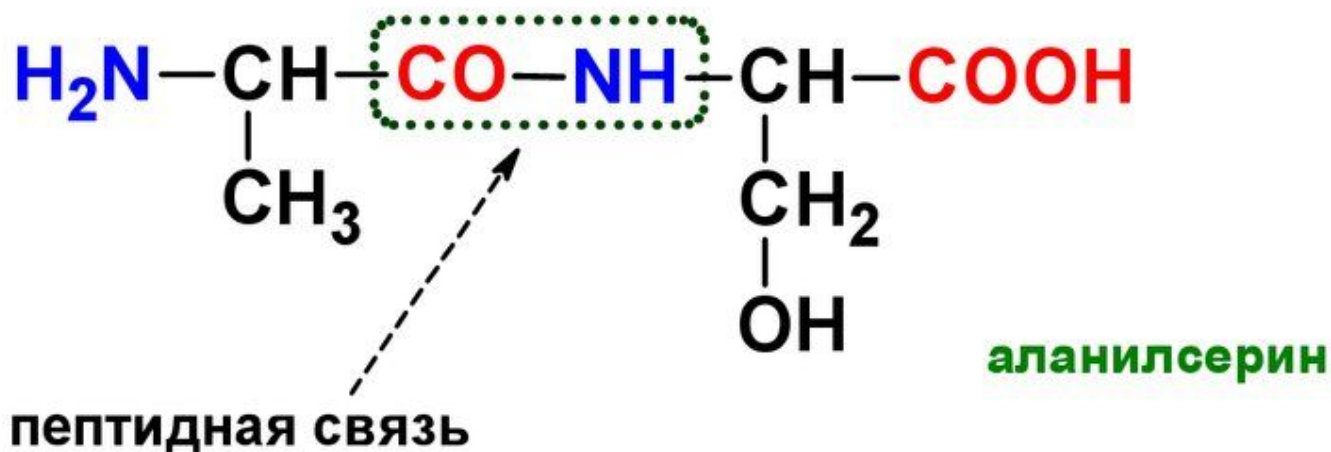
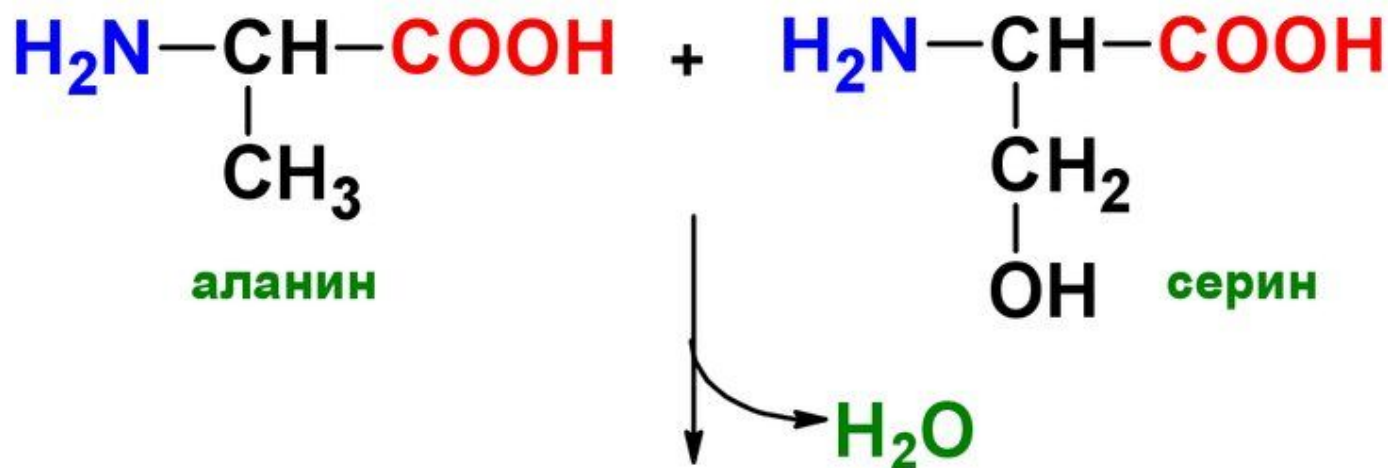
Белки являются *непериодическими гетерополимерами*, мономерами которых являются аминокислоты. В клетках и тканях обнаружено свыше 170 различных аминокислот, но в состав белков входит лишь 20.

# Строение аминокислоты



Радикал  $-R$  может быть как простым атомом водорода  $H$  (аминокислота *глицин*), так и другими заместителями, например, метильной группой  $-CH_3$  (аминокислота *аланин*), или циклическими соединениями (*тирозин*, *фенилаланин*, *триптофан*)

# Пептидная связь



# 20 видов аминокислот

различаются химической структурой своих радикалов.

**А** – нейтральные гидрофобные аминокислоты;

**Б** – нейтральные гидрофильные (полярные) аминокислоты;

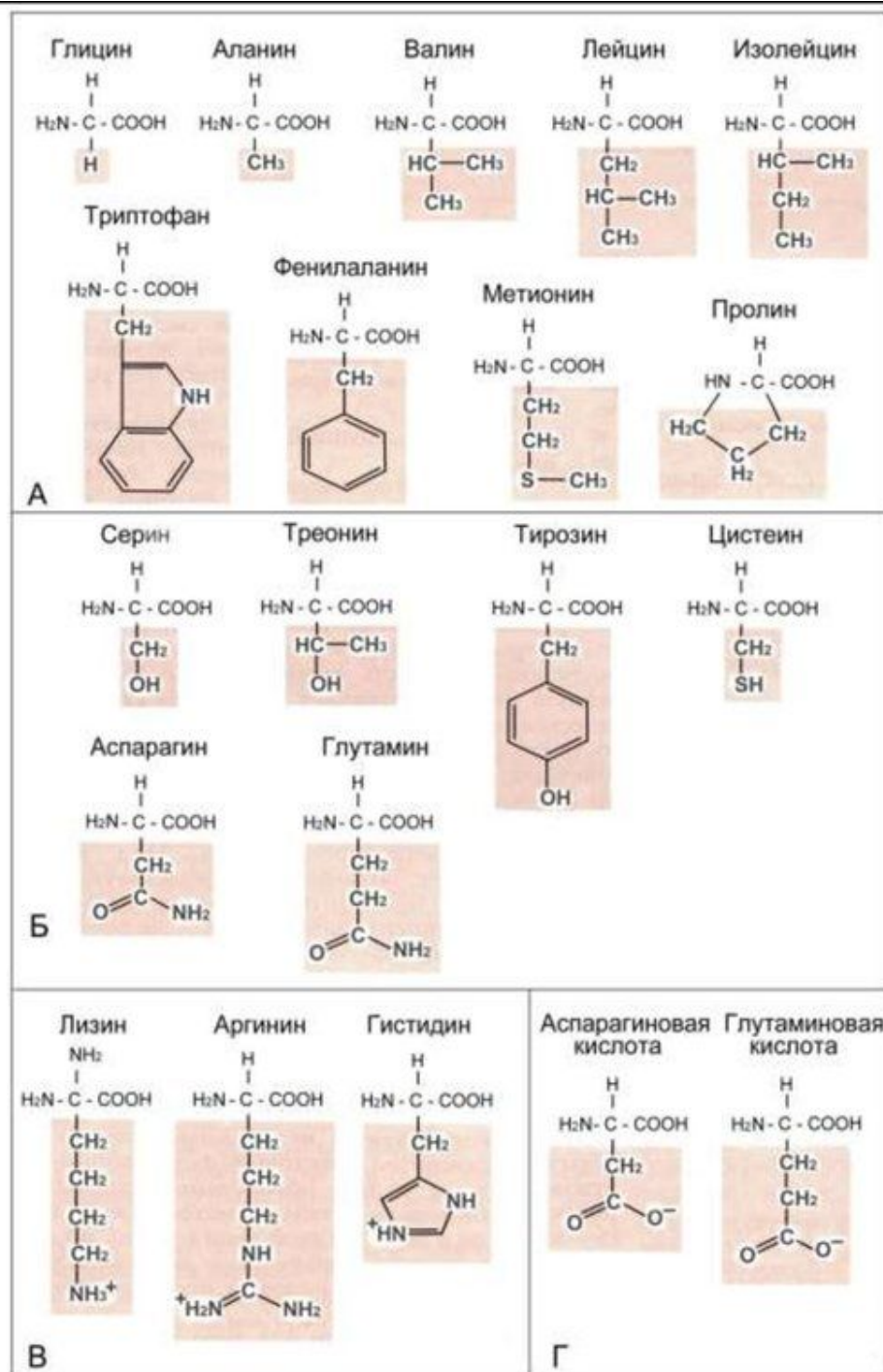
**В** – основные аминокислоты, с положительным зарядом;

**Г** – кислые аминокислоты с отрицательным зарядом.

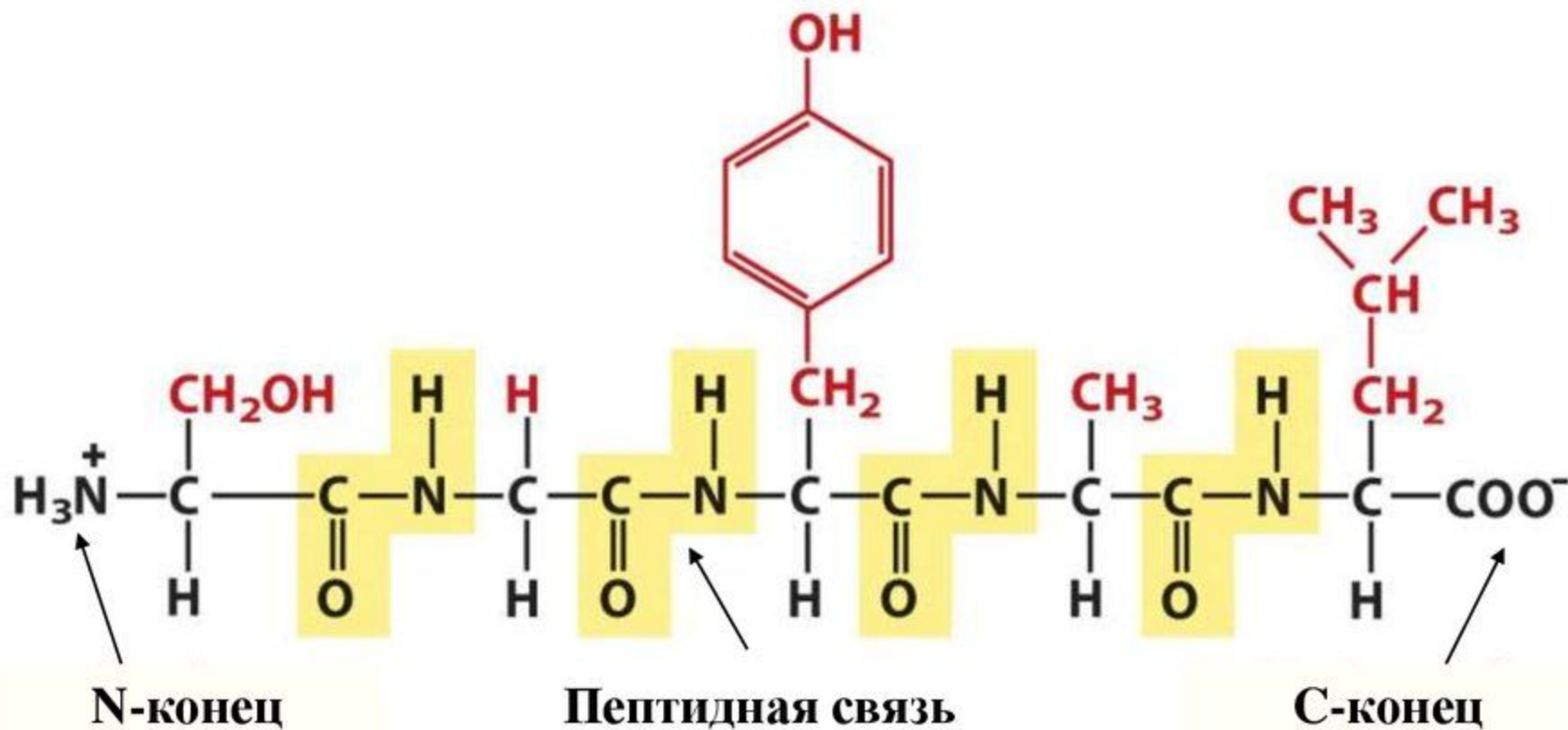
Метионин и цистеин – серо-содержащие аминокислоты.

**Набор аминокислот в каждом белке определяет его свойства:**

- кислотность-щелочность, т.е. электроподвижность;
- гидрофильность-гидрофобность, т.е. растворимость в воде;
- пространственную организацию и функцию.

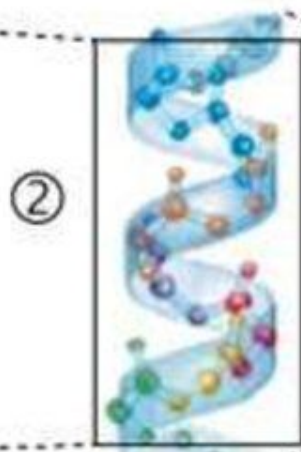
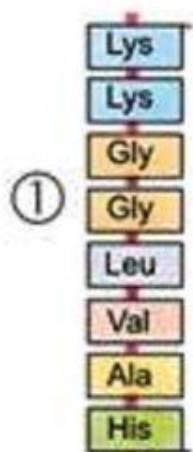


# Строение белков



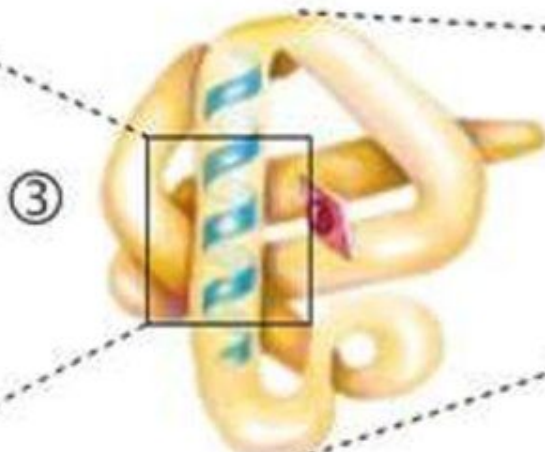
# Уровни организации белковой молекулы в пространстве

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ  
АМИНОКИСЛОТ —  
ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА

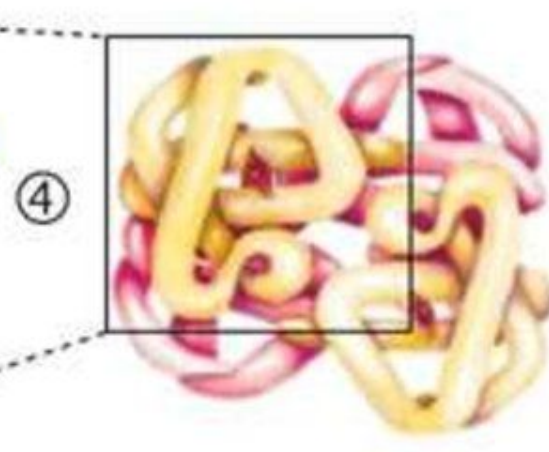


СПИРАЛЬ — ВТОРИЧНАЯ  
СТРУКТУРА

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ МОЛЕКУЛЫ БЕЛКА  
В ПРОСТРАНСТВЕ



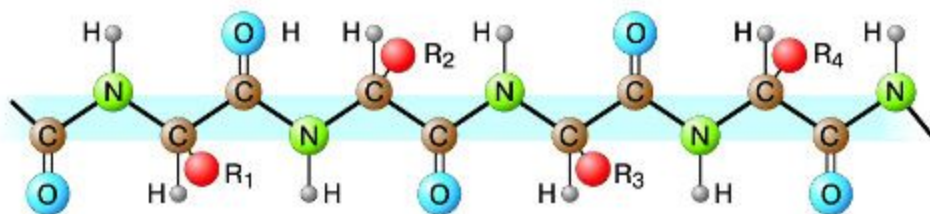
ГЛОБУЛА — ТРЕТИЧНАЯ  
СТРУКТУРА



КОМПЛЕКС ИЗ СУБЪЕДИНИЦ —  
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА

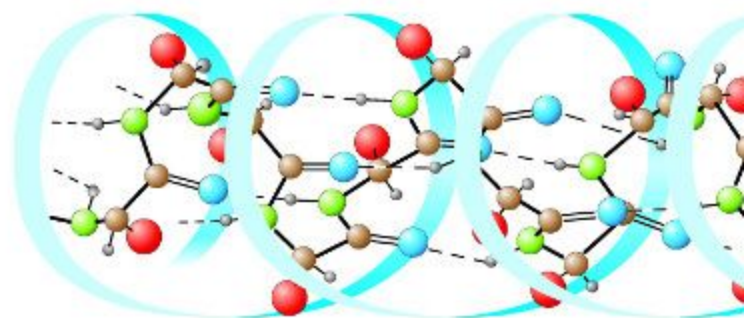
# СТРОЕНИЕ И УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛ

## ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА

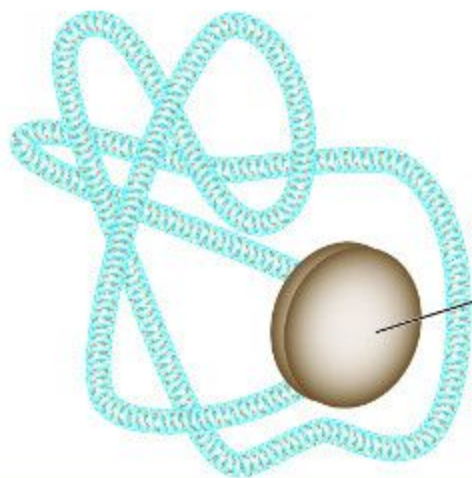


## ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА

Спираль

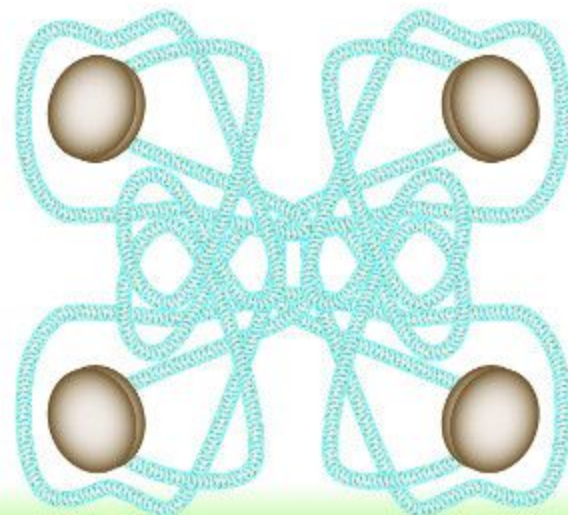


## ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



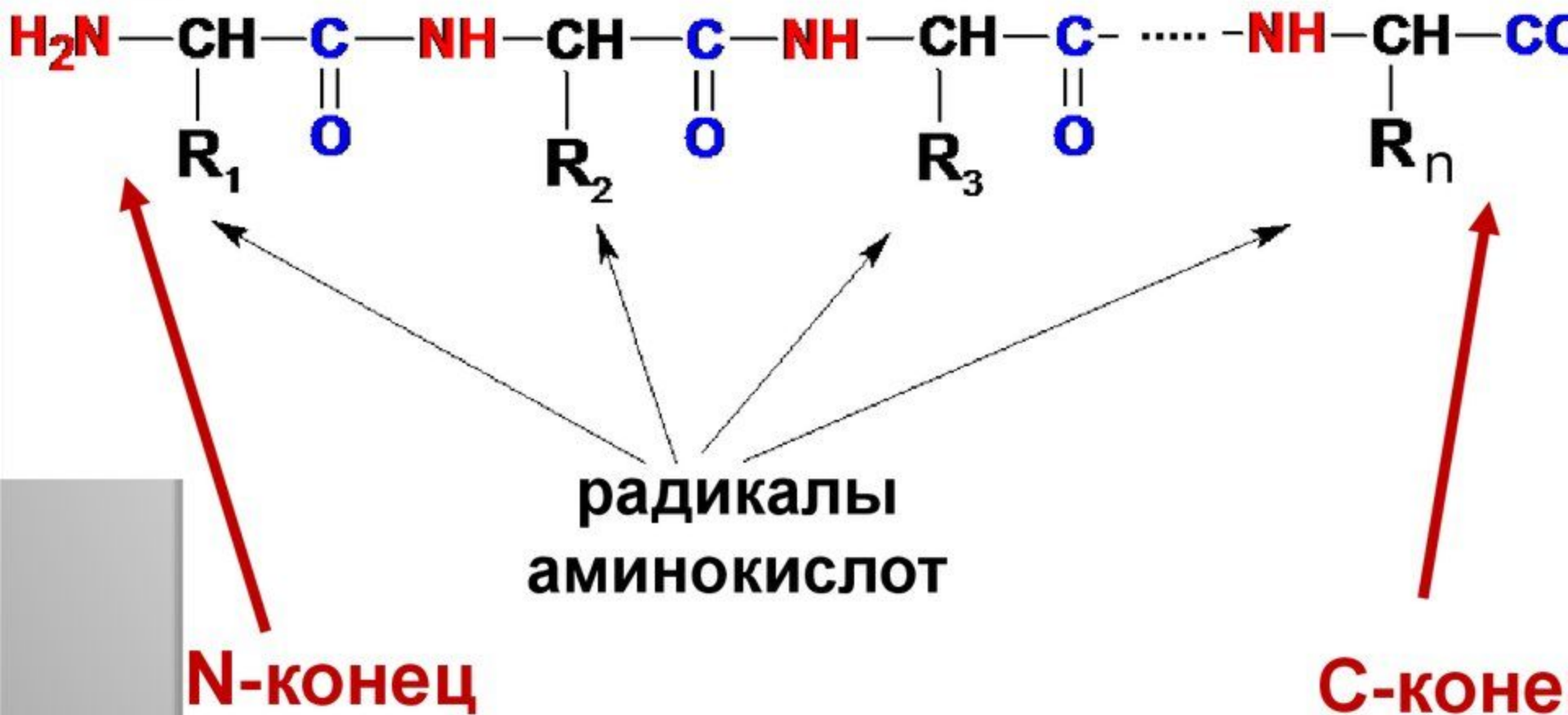
Небелковый  
компонент  
(кофермент)

## ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА





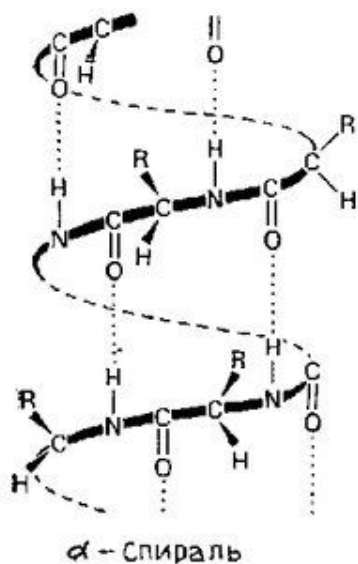
# Первичная структура белка



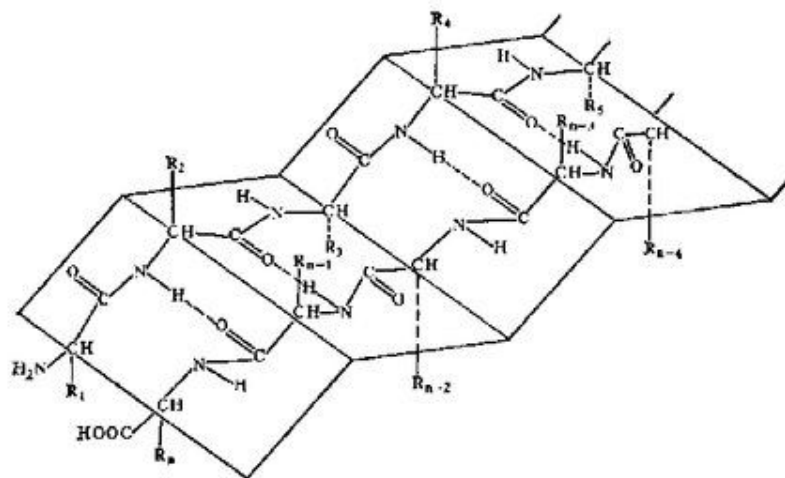
# Вторичная структура белка

представляет собой способ укладки I структуры в виде:

## $\alpha$ -спирали

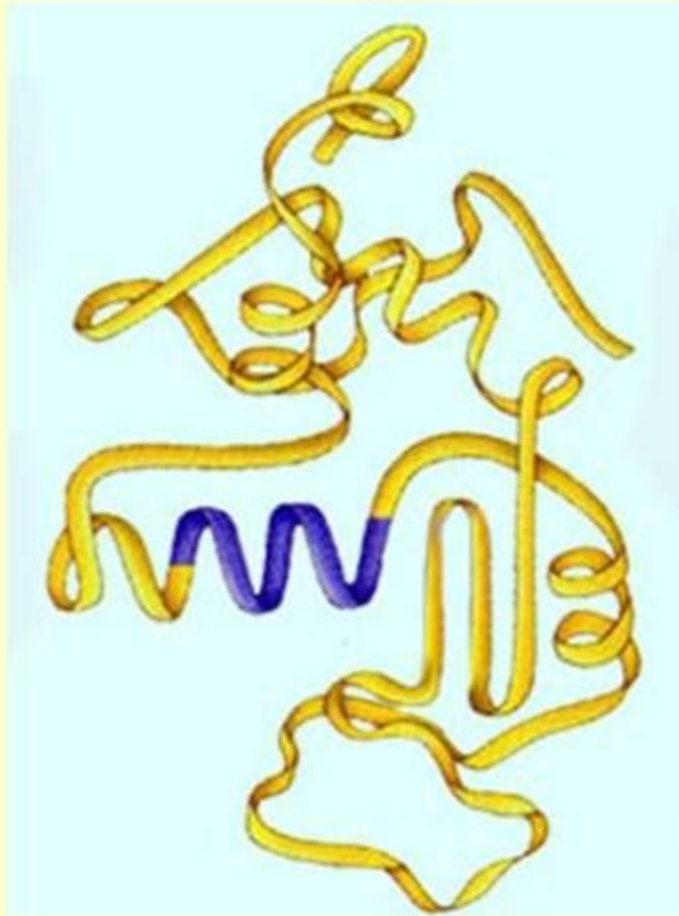


## $\beta$ -структуры



**удерживается водородными связями**

## Третичная структура белка



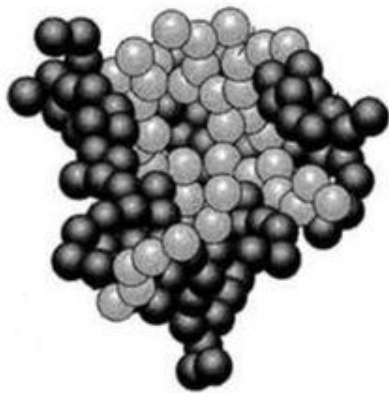
*Спираль, в свою очередь, свернута в форме **глобулы и шара**.*

*Эта структура стабилизируется **водородными, ионными, ковалентными, дисульфидными связями и гидрофобными взаимодействиями**.*

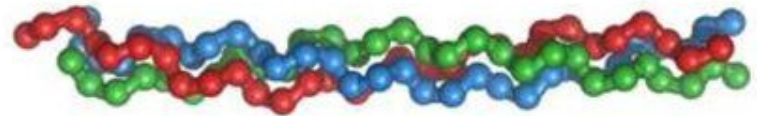
*Каждому белку свойственна в определенной среде своя особая пространственная структура.*

# Форма белковых молекул

- Глобулярные (шарообразные)
- Фибриллярные (нитевидные)



глобула

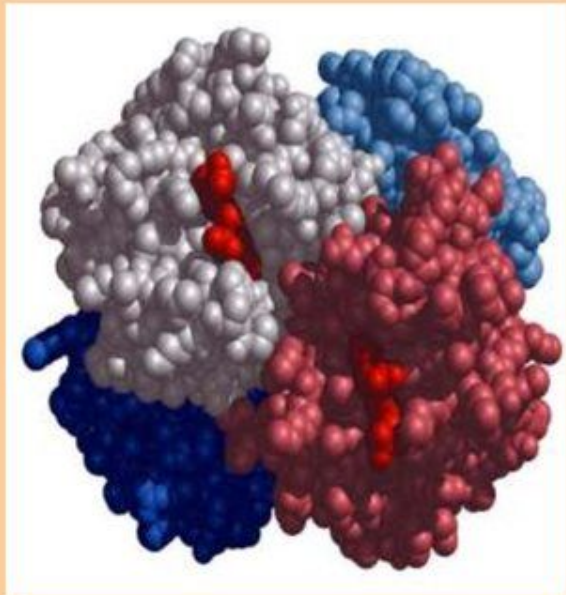


фибрилла

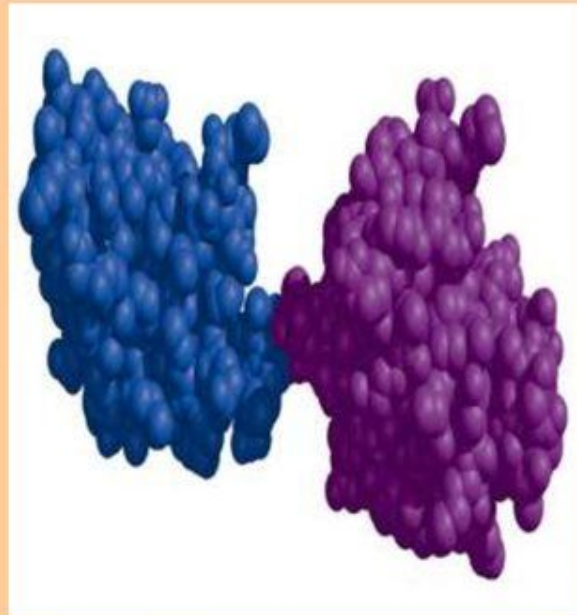
# Четвертичная структура белка

**Четвертичная структура** характерна для белков, состоящих из **нескольких полипептидных цепей**.

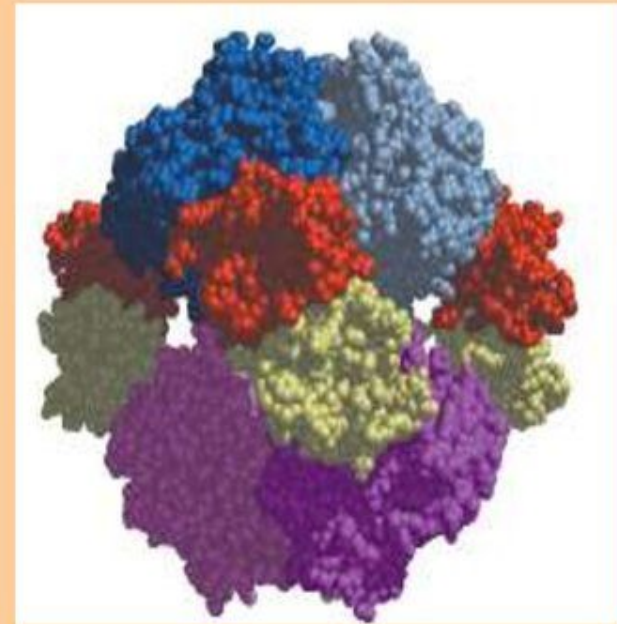
Она возникает в результате **ассоциации нескольких субъединиц** в компактную глобулу. Это **взаимное расположение субъединиц** белка в пространстве.



**4 субъединицы  
в белке**

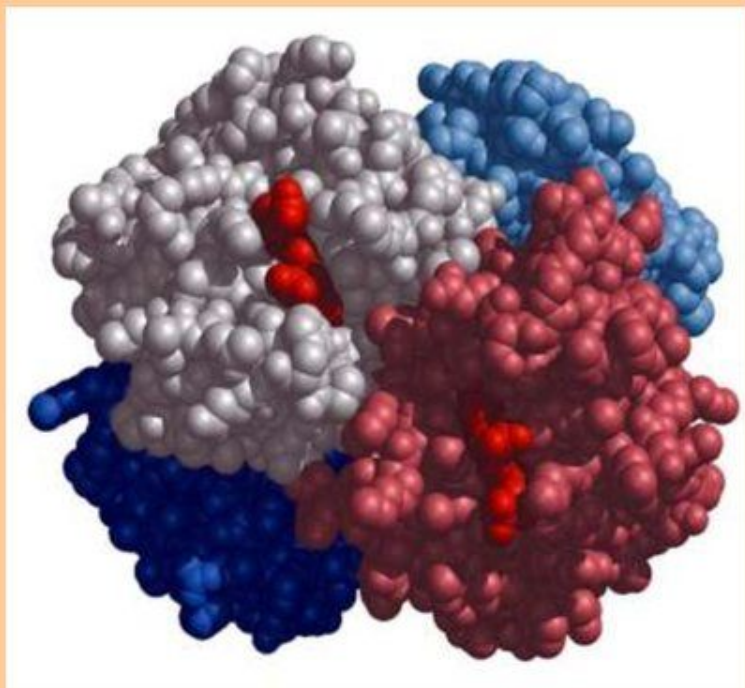


**2 субъединицы  
в белке**

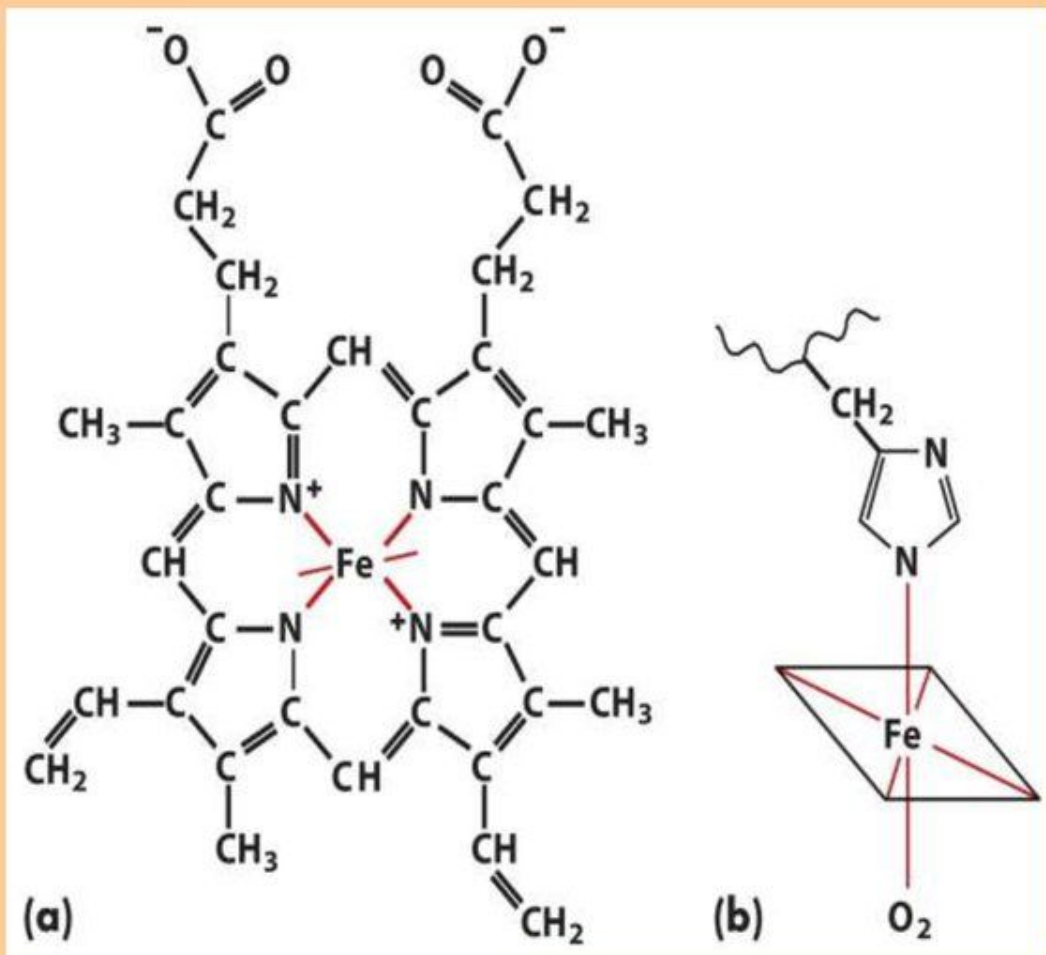


**12 субъединиц  
в белке**

# Гемоглобин



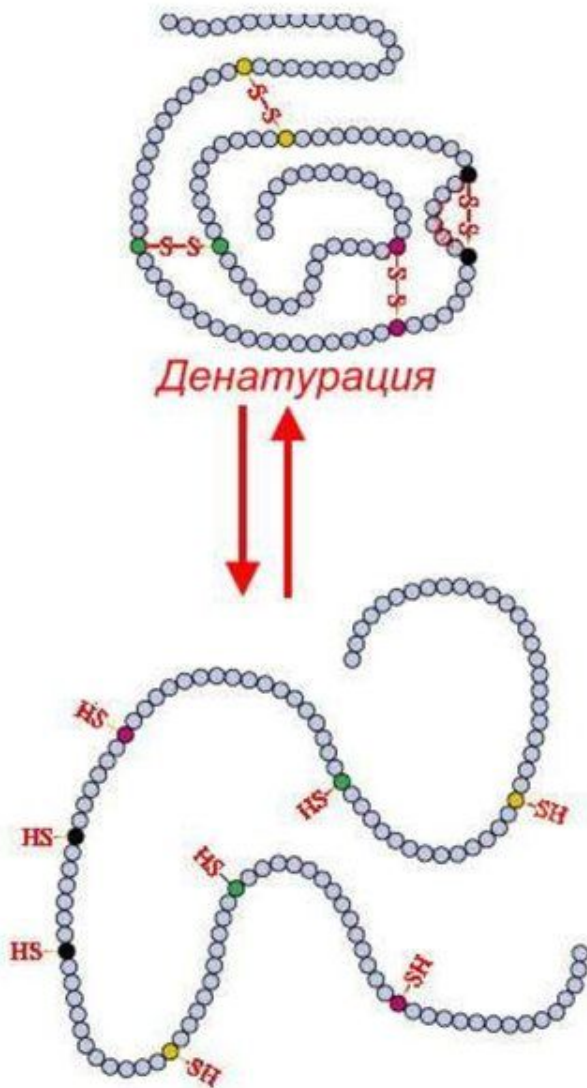
Гемоглобин –тетрамер:  
2  $\alpha$ -субъединицы (141 а.к.)  
2  $\beta$ -субъединицы (146 а.к.)



Структура гема

Структура активного центра гемоглобина

## Свойства белков



Процесс утраты трехмерной конформации, присущей данной молекуле белка, называют **денатурацией**. Причиной денатурации является разрыв связей, стабилизирующих определенную структуру белка. Вместе с тем, денатурация не сопровождается разрушением полипептидной цепи. Изменение пространственной конфигурации приводит к изменению свойств белка и, как следствие, **делает невозможным выполнение белком** **своих** **биологических функций**. Денатурация может быть: **обратимой**, процесс восстановления структуры белка после денатурации называется **ренатурацией**. Если восстановление пространственной конфигурации белка невозможно, то денатурация называется **необратимой**.

6. Разрушение первичной структуры белковой молекулы называется **деградацией**.

# Функции белков

Белки – исполнители основных клеточных (жизненных) функций:

- Структурная (опорная, адгезивная, барьерная и т.п.) функция: белки цитоскелета (кератин, актин, тубулин), внеклеточного матрикса (коллаген) и пр.
- Двигательная (сократительная) функция: сократительные белки миофибрилл (миозин) и микротрубочек (динеин, кинезин).
- Каталитическая (ферментная) функция: Белки-ферменты катализируют химические реакции в клетке и во внеклеточных полостях. Ферменты синтеза (ДНК-полимераза, АТФ-синтетаза и др.), ферменты расщепления (амилаза, пепсин, трипсин, ДНКаза, РНКаза, фосфатазы, дегидрогеназы и др.) и пр.
- Транспортная функция: Транспорт веществ из окружающей среды в клетку и обратно (мембранные белки-переносчики), а также между клетками (гемоглобин – обеспечивает перенос  $O_2$  и  $CO_2$ ).
- Сигнальная (информационная) функция: гормоны (инсулин, гормон роста и др.), нейромедиаторы и прочие БАВ специфично связываются с мембранными рецепторами - гликопротеидами.
- Регуляторная функция: Стимуляторы и ингибиторы других молекул, в частности ДНК (генов).
- Защитная (иммунная) функция: белки иммуноглобулины (антитела) распознают и обезвреживают чужеродные антигены.
- Энергетическая функция: при окислении аминокислот выделяется энергия, идущая на синтез АТФ.
- **NB: В основе белковых функций (кроме энергетической) лежит свойство конформационной перестройки белков – обратимого изменения пространственной организации (третичной структуры) молекулы.**



# Структурные белки

Структурные белки составляют остов многих тканей и органов.

- **Являются фибриллярными белками**
- **Это белки соединительной ткани:**
  - ✓ **коллаген** (кости, хрящи, кожа, сухожилия)
  - ✓  **$\alpha$ - и  $\beta$ -кератины** (волосы, шерсть, чешуя, панцири и т.д.)
  - ✓ **эластин** (связки, стенки сосудов и др.)
  - ✓ **фиброин** (шелк, паутина)
  - ✓ **протеогликаны** (клеточные стенки бактерий)

# Двигательные белки

## Двигательные белки :

- **Актин и миозин** (сократительный аппарат мышц)
- **Динеин** (реснички и жгутики простейших)
- **Спектрин** (мембраны эритроцитов)

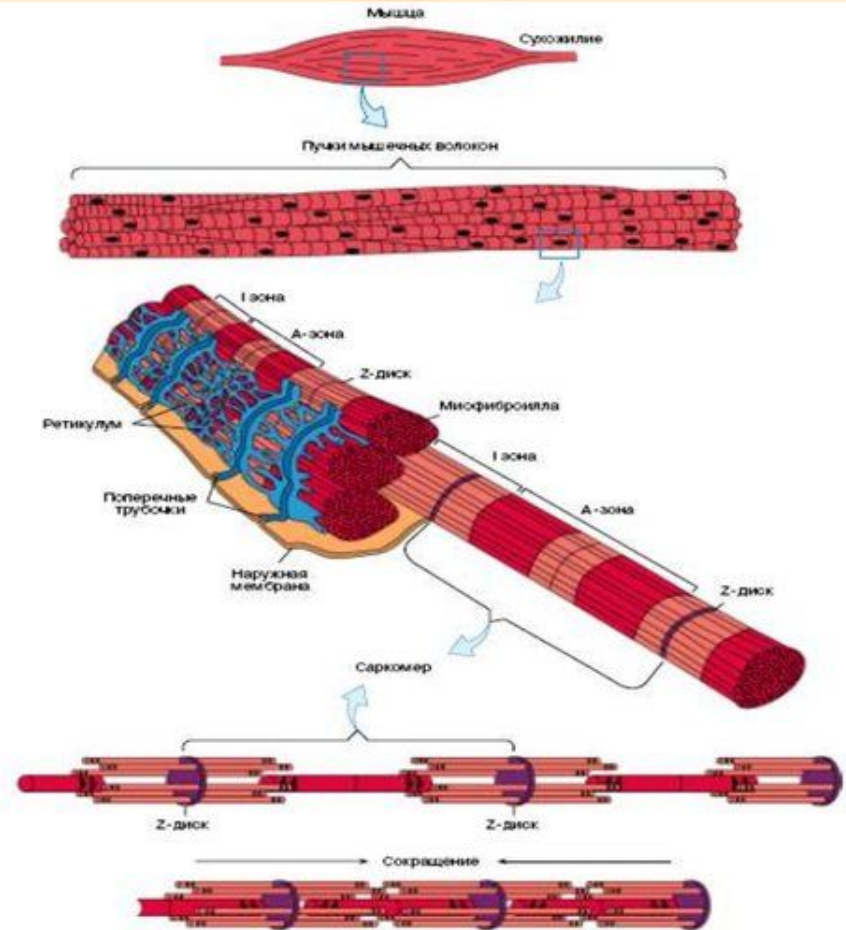
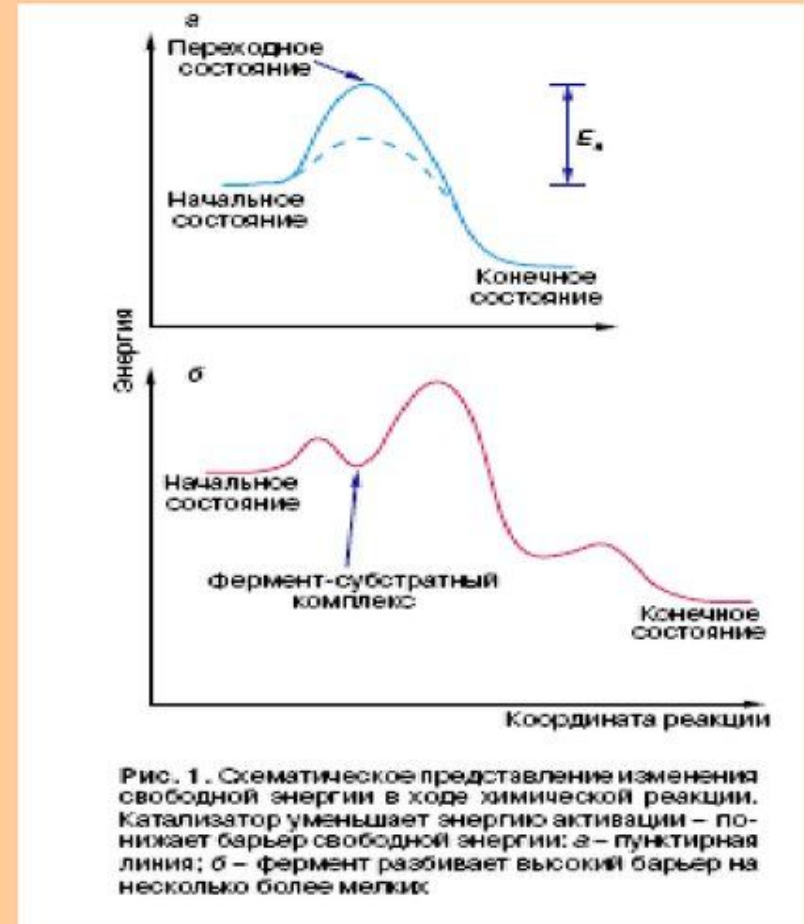


Рис. 1. Ультраструктура сократительного аппарата и иллюстрация модели скольжения нитей (по [5] с изменениями)

# Белки-Ферменты

Ферменты – это специфические и высокоэффективные катализаторы биохимических реакций, протекающих в живой клетке (скорость реакции может увеличиваться в  $10^{10}$  раз).

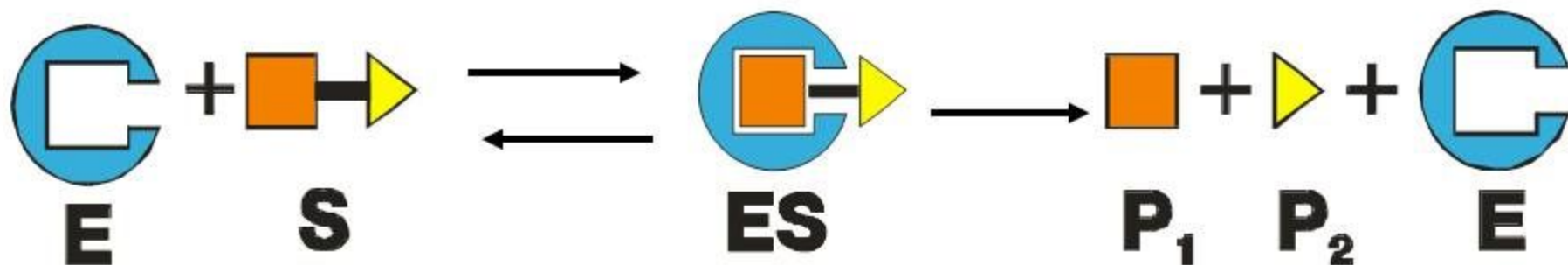


## Особенности белков-ферментов:

- Высокая активность
- Высокая специфичность
- Высокая стереоспецифичность

# Механизм действия ферментов:

1. Образование фермент-субстратного комплекса **ES!!!**
2. Превращение **S** в **P**: разрыв старых связей, образование новых связей
3. Высвобождение **P**



# Транспортные белки

**Транспортные белки участвуют в переносе различных веществ и ионов.**

## **Примеры:**

- **Гемоглобин** ( переносит  $O_2$  от легких к тканям )
- **Миоглобин** ( переносит  $O_2$  в мышечной ткани )
- **Цитохром с** (транспорт электронов в дыхательной цепи)
- **Сывороточный альбумин** (транспорт жирных кислот в крови)
- **Мембранные белки – каналообразователи** (транспорт веществ и ионов через биологические мембраны)

# Рецепторные белки

## Рецепторные белки:

- **Родопсин зрительного аппарата животных** (восприятие и преобразование световых сигналов)
- **Бактериородопсин галофильных бактерий**
- **Мембранные белки - рецепторы различных гормонов** (передают сигнал от гормона внутрь клетки и обеспечивают запуск механизма клеточного ответа)
- **Рецепторы клеточной поверхности эритроцитов, лимфоцитов, макрофагов** (выработка организмом иммунного ответа)
- **Рецепторы нейропептидов головного мозга** (регуляция поведения и высшей нервной деятельности)

# Регуляторные белки и пептиды

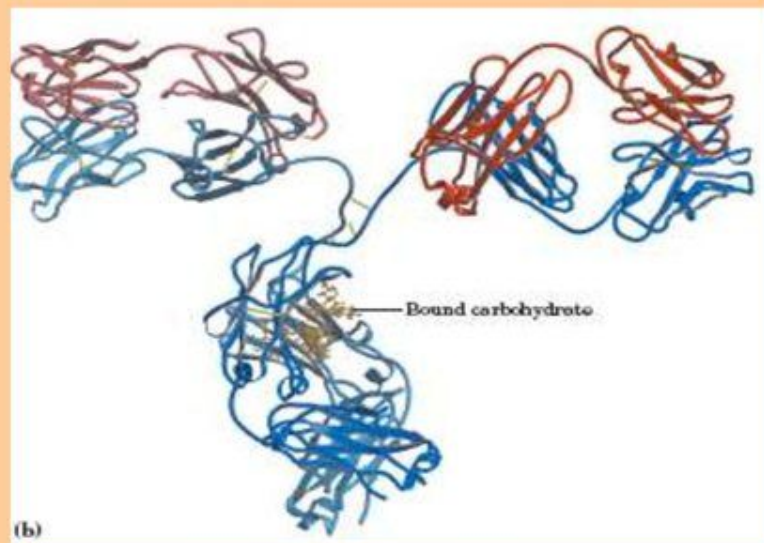
**Регуляторные белки необходимы для функционирования различных звеньев клеточного метаболизма:**

- **Гистоны, репрессоры, рибосомальные факторы инициации транскрипции и т.п. (регулируют активность генов и биосинтез белка).**
- **“Воротные” белки мембранных каналов (регулируют транспорт через биомембраны).**

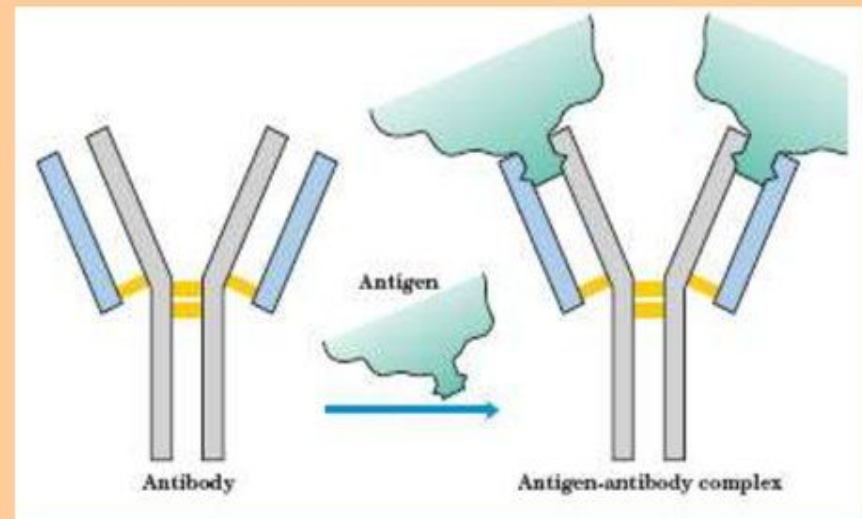
# Защитные белки

Защитные белки участвуют в проявлении защитных реакций организма.

- **Белки иммунной системы** (иммуноглобулины, белки системы комплемента (20 белков), антигены тканевой совместимости, интерлейкины, интерфероны и т.п.)
- **Белки системы свертывания крови** (фибриноген, фибрин, тромбин)



Структура Ig



Связыванием иммуноглобулином (Аг)  
чужеродной молекулы (Аг)



# Пищевые и запасные белки

## Пищевые белки:

- Казеин молока
- Альбумин яичный
- Глиадин пшеницы
- Зеин ржи

## Запасные белки:

- Ферритин (“депо” Fe в селезенке)

# Белки-гормоны

**Гормоны – биологически активные регуляторы, вырабатываются в эндокринных железах и разносятся по кровяному руслу к клеткам-мишеням.**

**Существует 3 класса гормонов – пептидно-белковые, стероидные, биогенные амины (адреналин).**

**Белковые гормоны – все гормоны гипоталамуса, некоторые гормоны гипофиза и др. (соматотропин, тиротропин, гонадотропин, пролактин, инсулин, паратропин).**

**Пептидные гормоны – окситоцин, вазопрессин, глюкагон, гастрин, кальцитонин, тканевые гормоны брадикинин и ангиотензин.**

# Классификация углеводов

## Углеводы

### Моносахариды

Триозы

Тетрозы

Пентозы

Рибоза  $C_5H_{10}O_5$

Дезоксирибоза  $C_5H_{10}O_4$

Гексозы  $C_6H_{12}O_6$

Глюкоза

Фруктоза

### Дисахариды

$C_{12}H_{22}O_{11}$

Сахароза –  
пищевой сахар

Мальтоза –  
солодовый сахар

Лактоза –  
молочный сахар

### Полисахариды

$(C_6H_{10}O_5)_n$

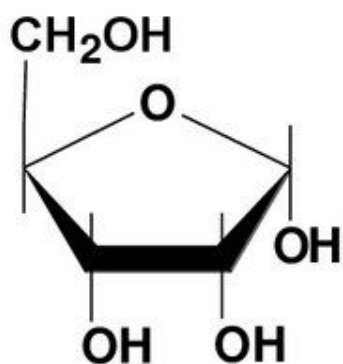
Крахмал

Целлюлоза

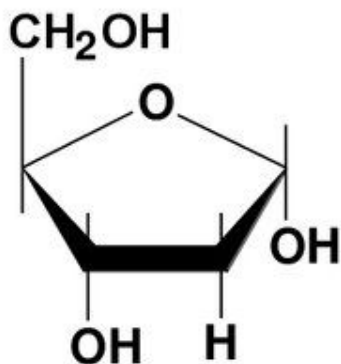
Гликоген

# Моносахариды

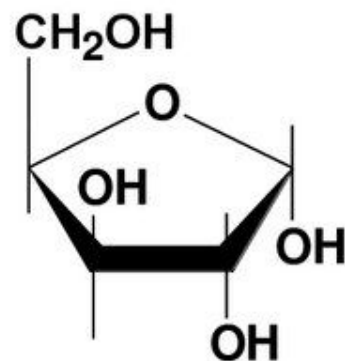
## пентозы



D-рибоза

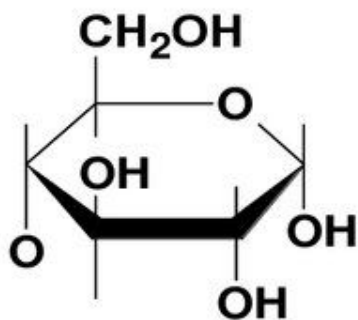


D-дезоксирибоза

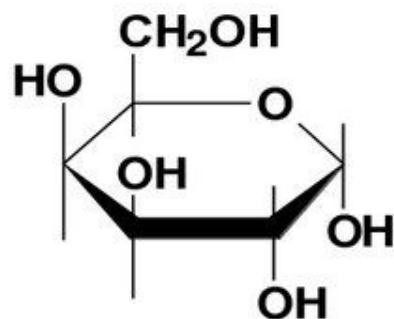


D-ксилоза

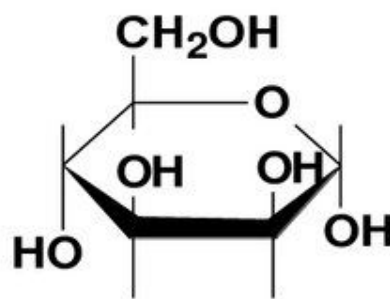
## гексозы



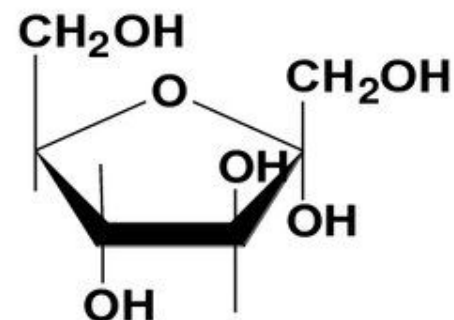
D-глюкоза



D-галактоза

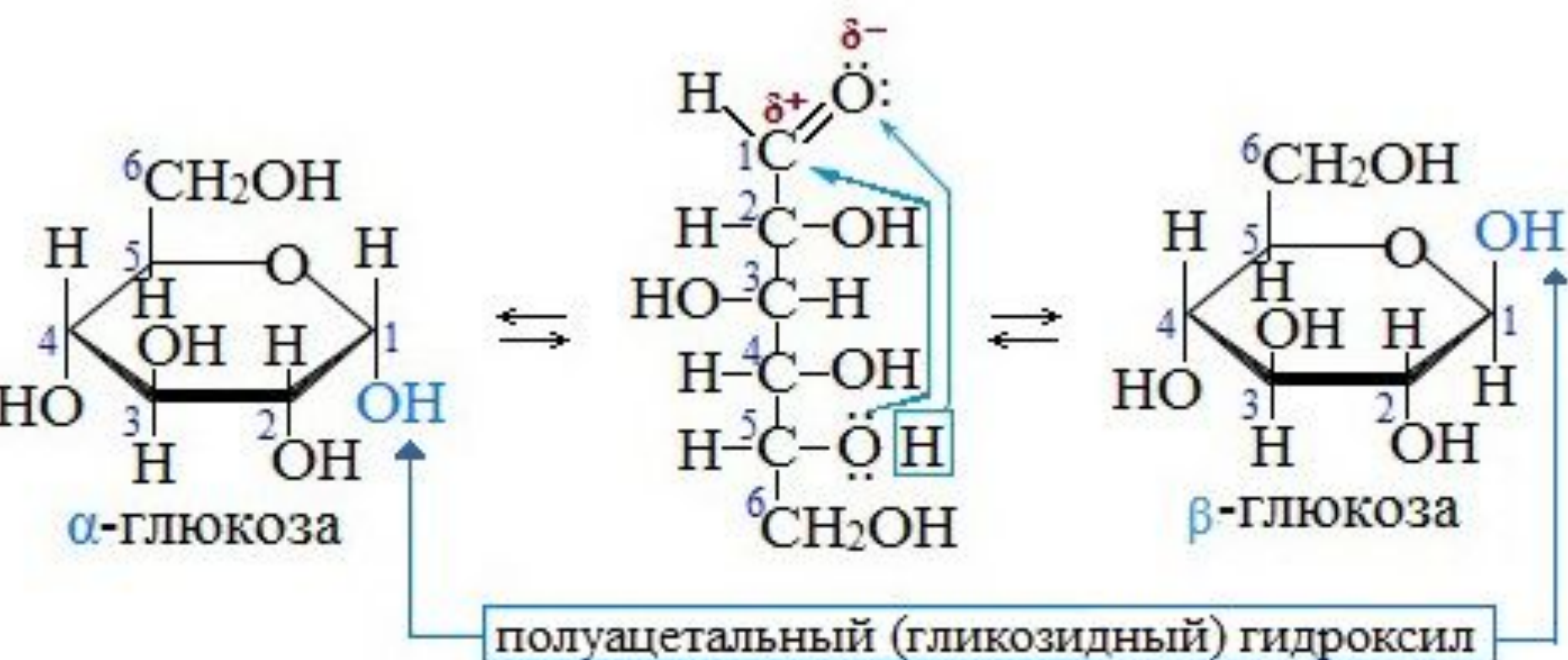


D-манноза



D-фруктоза





(циклическая  
полуацетальная  
форма глюкозы)

(альдегидная  
форма глюкозы)

(циклическая  
полуацетальная  
форма глюкозы)

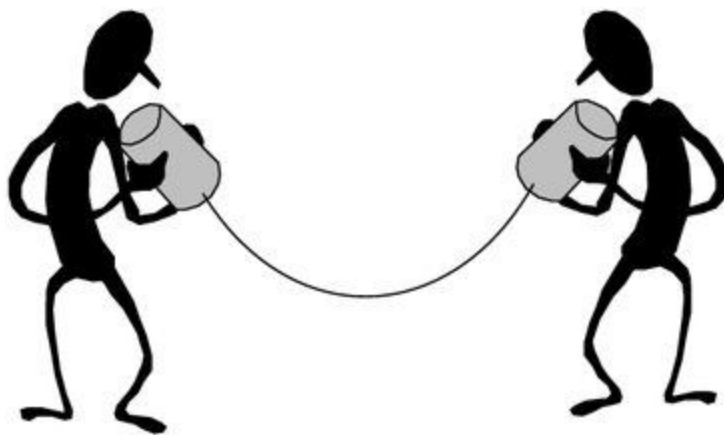
# СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

---

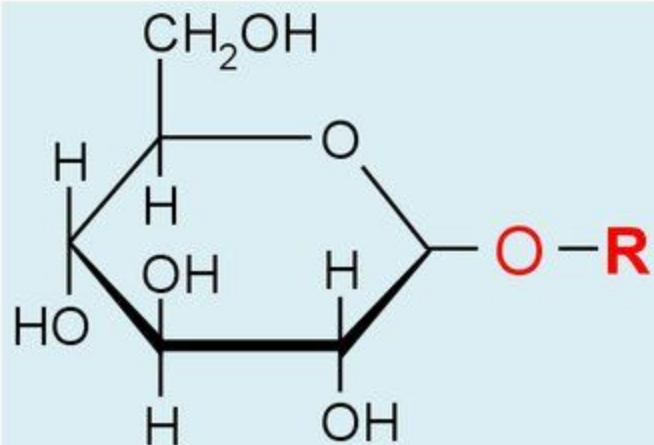
1. Разные формы моносахаридов различаются по растворимости и температуре плавления
2. Кристаллизуются
3. Гигроскопичны
4. Сладкие на вкус
5. Проявляют слабые кислотные свойства
6. Обладают восстановительными свойствами (т.е. легко окисляются)

## Дисахариды

Дисахариды (биозы) – углеводы, состоящие из двух одинаковых или разных моносахаридных остатков с общей формулой  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .



# Структура дисахаридов

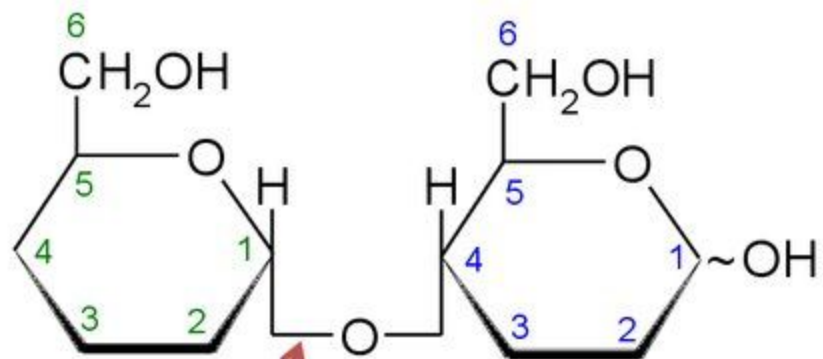


R = остаток моносахарида

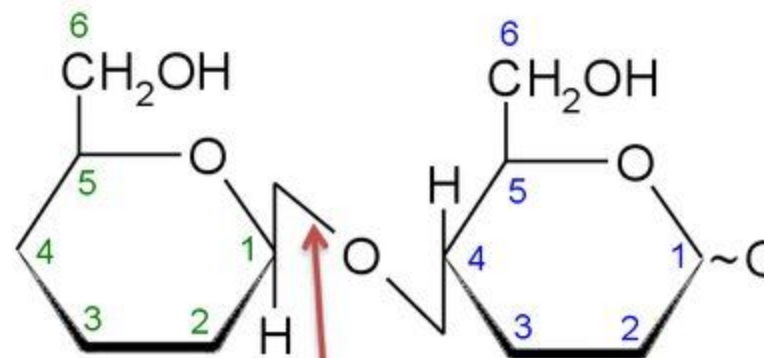
**По химической природе - это О-гликозиды: два остатка моносахаридов связаны друг с другом гликозидной связью.**



## Тип гликозидной связи



$\alpha(1 \rightarrow 4)$



$\beta(1 \rightarrow 4)$

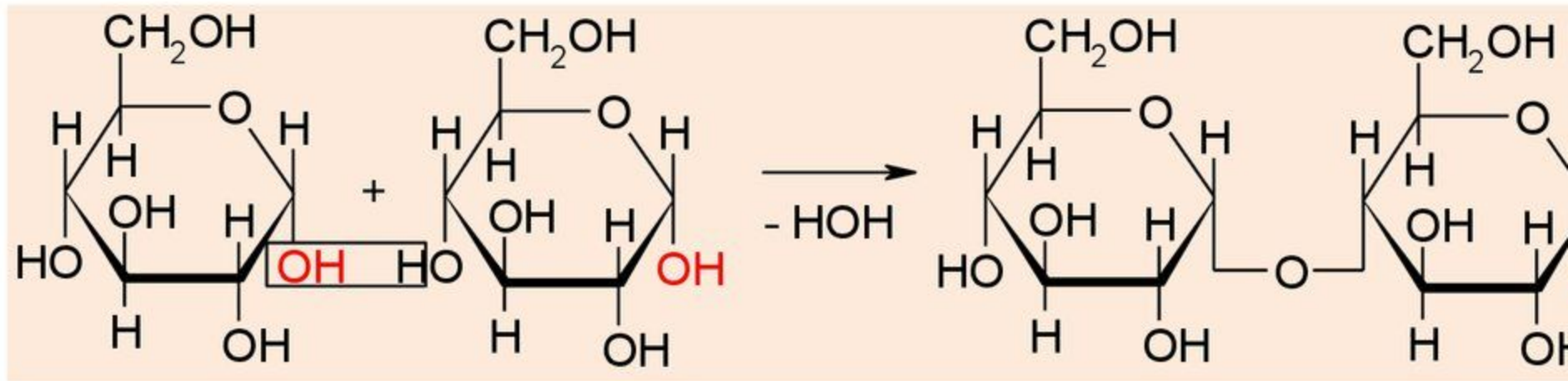
**По строению и химическим связям дисахариды делят на 2 типа:**

**I. восстанавливающие (мальтоза, лактоза, целлобиоза),**

**II. невосстанавливающие (сахароза).**

# Мальтоза

Мальтоза (от англ. *malt* - солод) (солодовый сахар) (4-О- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопиранос) состоит из остатков  $\alpha$ ,D-глюкопиранозы и D-глюкозы.



Связь между остатками  
 $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4)-гликозидная.

*Мальтоза*

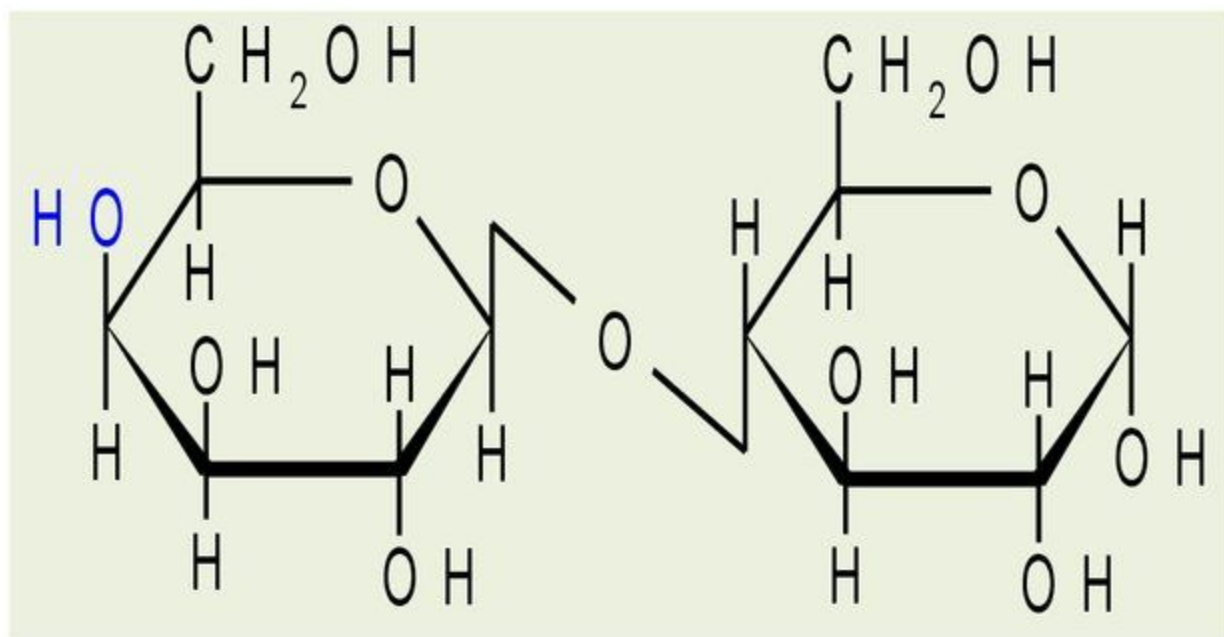


***Мальтоза содержится в больших количествах в проросших зёрнах (солоде) ячменя, ржи и других зерновых; обнаружена также в томатах, в пыльце и нектаре ряда растений.***

## Лактоза

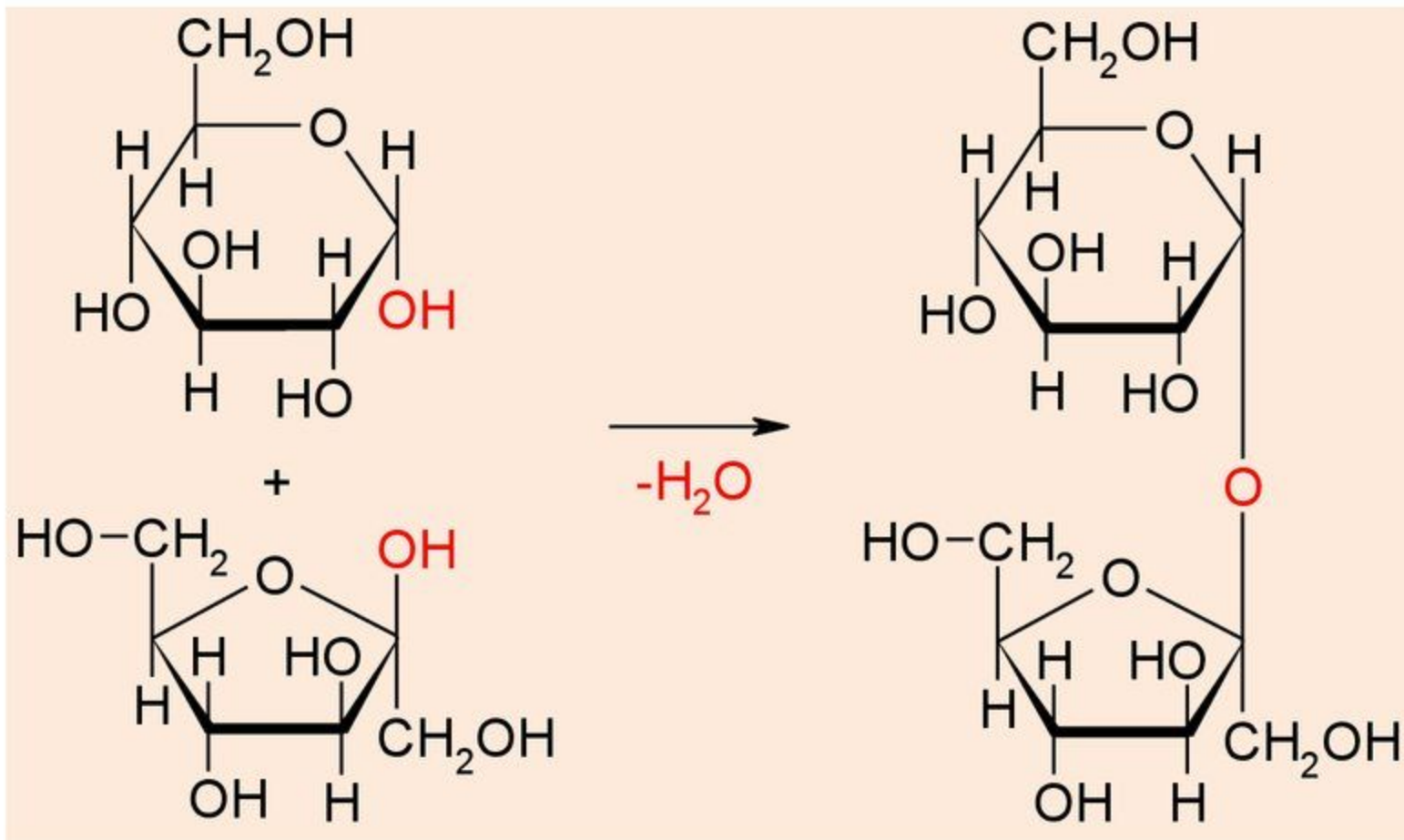
Лактоза (от лат. *lactis* - молоко)

( $\beta$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза)  
молочный сахар; состоит из остатков  
 $\beta$ -D-галактопиранозы и D-глюкозы, связь между  
остатками  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4)-гликозидная.



## Сахароза

Сахароза состоит из остатков  $\alpha$ ,D-глюкопиранозы и  $\beta$ ,D-фруктофуранозы, связи между остатками (1 $\rightarrow$ 2) и (2 $\rightarrow$ 1)-гликозидные.



# Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар) ( $\beta$ -D-фруктофуранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид)



**Сахароза содержится в сахарном тростнике, сахарной свекле (до 28% от сухого вещества), соках растений и плодах**

## *Лактоза*



*Лактоза является основным углеводом женского молока. В ходе метаболизма она преобразуется в глюкозу (источник энергии) и галактозу, составную часть гликолипидов, необходимых для развития центральной нервной системы малыша.*

*Лактоза способствует поглощению кальция и железа и стимулирует образование кишечных колоний *Lactobacillus bifidus*.*

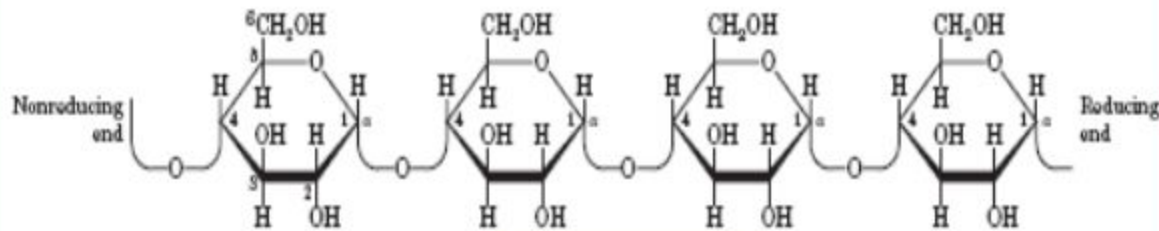


# Полисахариды

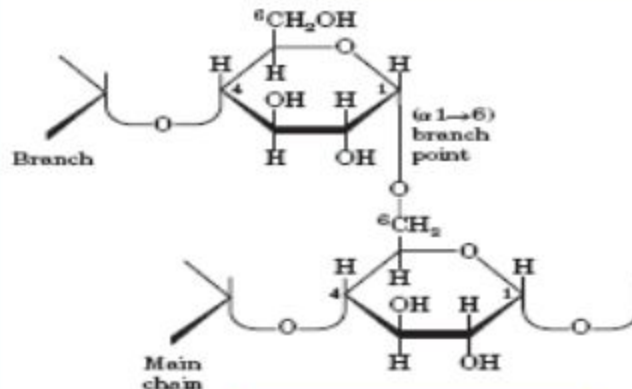
**Крахмал – это резервный полисахарид растений.**

**Состоит из 2-х компонентов:**

- **$\alpha$  – амилоза** (полимер D-глюкозы, гликозидные связи  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4))
- **$\alpha$  – амилопектин** (полимер D-глюкозы со связями  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) в основной цепи, цепи ответвлений присоединены к основной цепи гликозидными связями  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6)).



**$\alpha$ -амилоза**



**$\alpha$ -амилопектин**

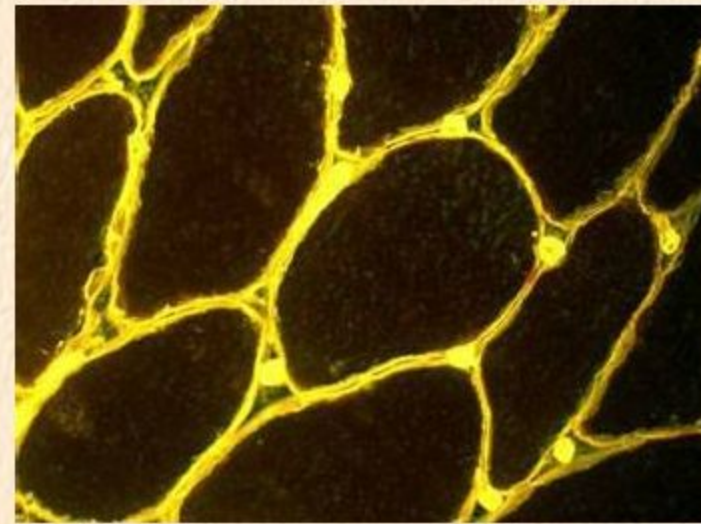
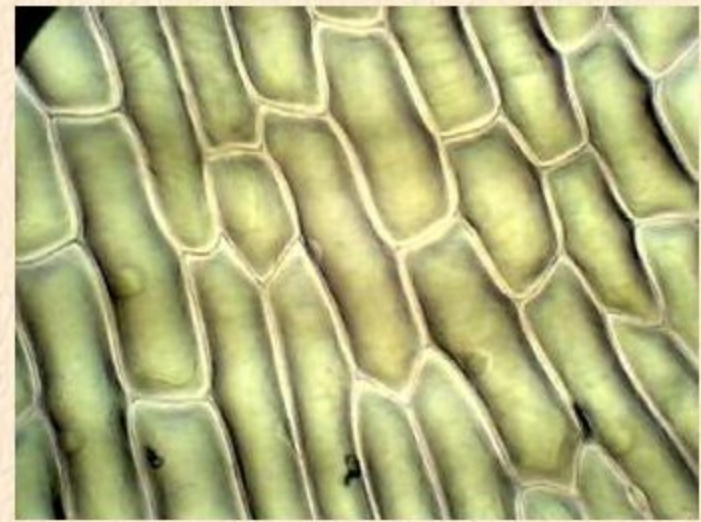
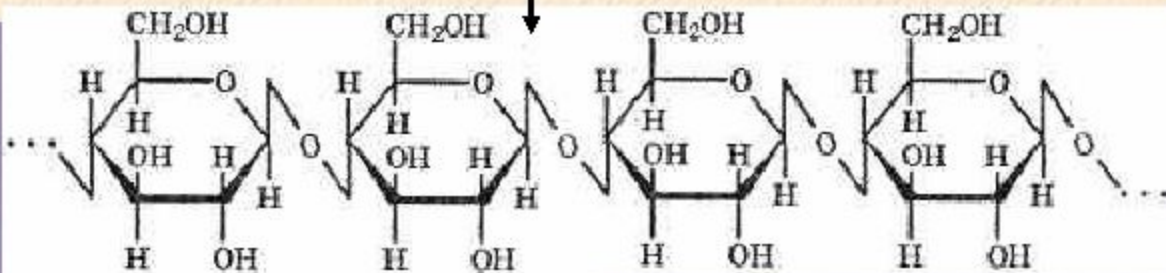
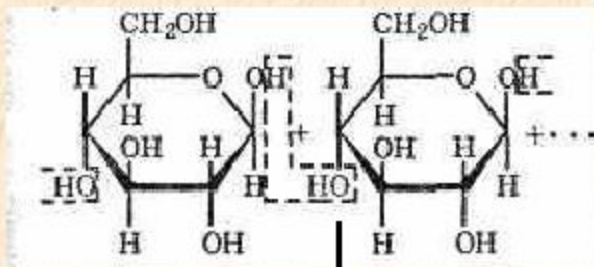
# ПОЛИСАХАРИДЫ:

## • Целлюлоза

- Нерастворима в воде и не обладает сладким вкусом.



- Молекулы имеют линейное (неразветвленное) строение, вследствие чего целлюлоза легко образует волокна.



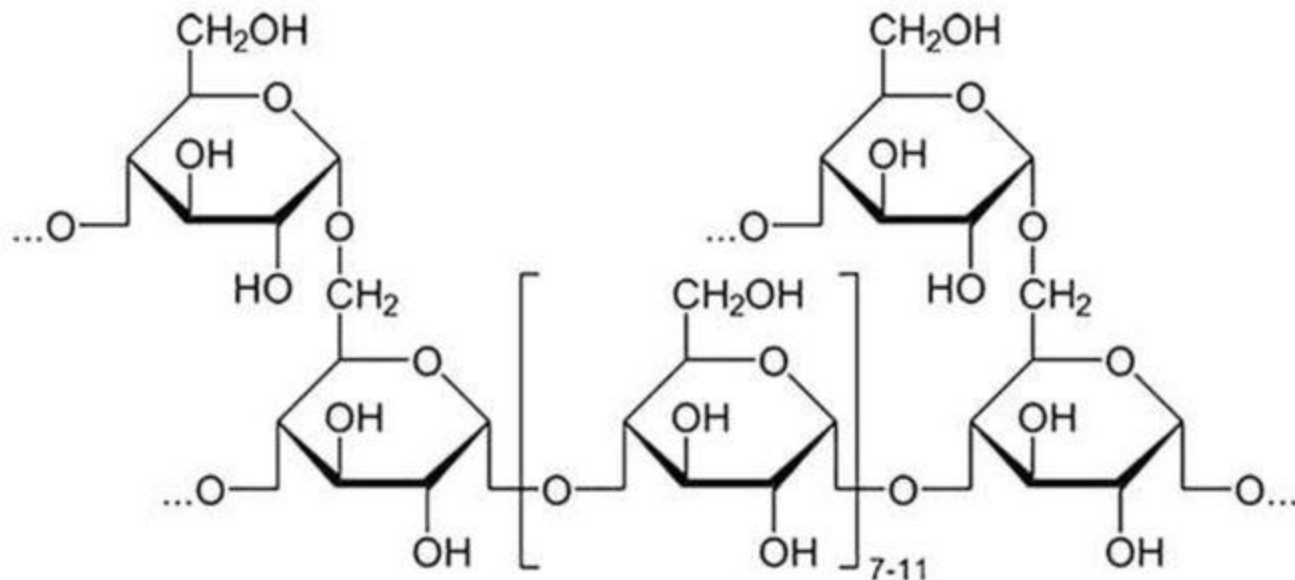
Из нее состоят стенки растительных клеток. Выполняет опорную и защитную функцию.

# Полисахариды

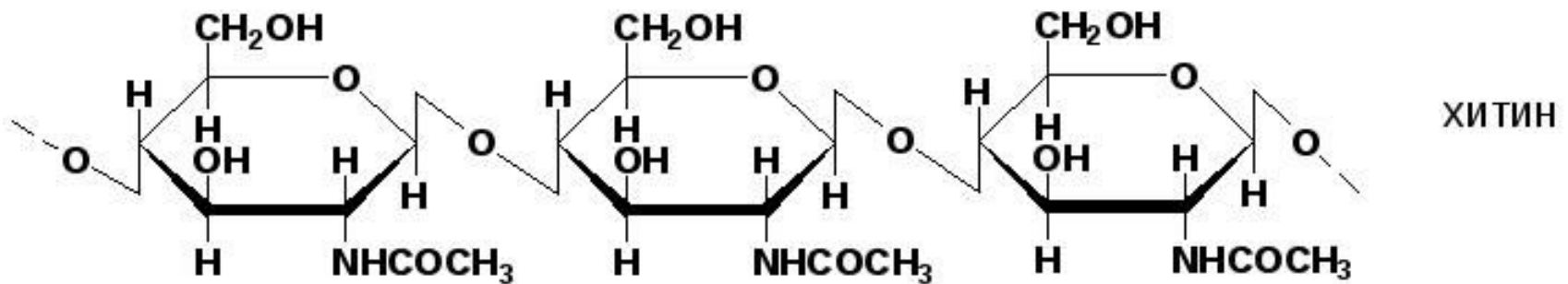
- **Гликоген** - полисахарид животных и человека. Так же, как крахмал в растениях, гликоген в клетках животных выполняет резервную функцию, но, так как в пище содержится лишь небольшое количество гликогена, он не имеет пищевого значения.

Гликоген представляет собой структурный аналог крахмала, но имеет большую степень ветвления: примерно на каждые 10 остатков глюкозы приходится одна  $\alpha$ -1,6-гликозидная связь.

## Гликоген



- *Хитин* является структурным гомополисахаридом наружного скелета членистоногих и некоторых других беспозвоночных животных, а также клеточных мембран грибов.



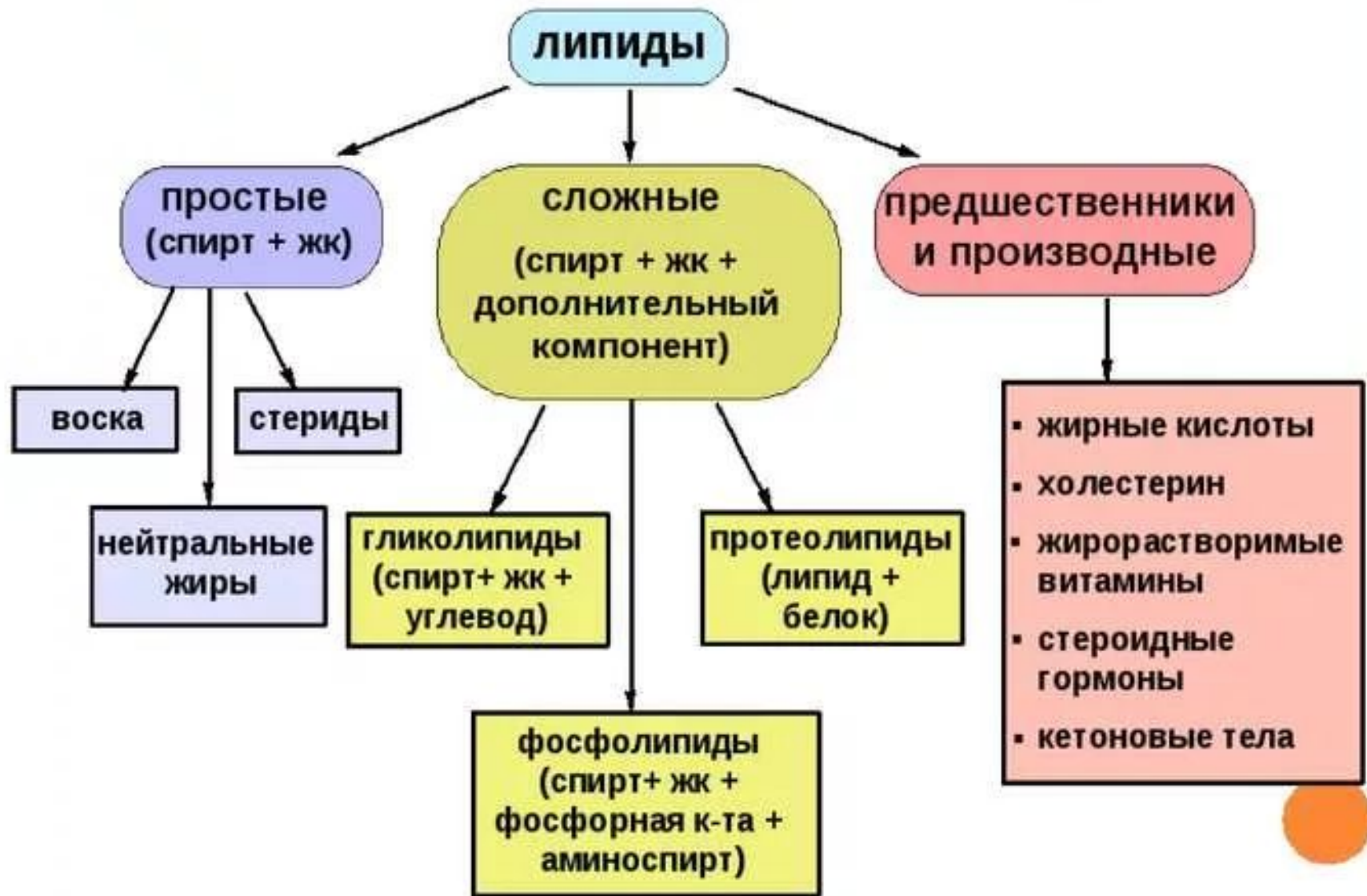
Хитин построен из остатков N-ацетил D-глюкозамина, связанных между собой  $\alpha$ -(1 → 4)-гликозидными связями. Макромолекула хитина не имеет разветвлений, а его пространственная упаковка подобна целлюлозе.



Липиды - органические вещества гидрофобной природы, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в неполярных органических растворителях: хлороформе, эфире, ацетоне, бензоле и др.

- Большинство липидов имеют в своем составе жирные кислоты, связанные со спиртами глицерином или холестерином **сложноэфирными СВЯЗЯМИ**, с аминспиртом сфингозином – **амидной СВЯЗЬЮ**.

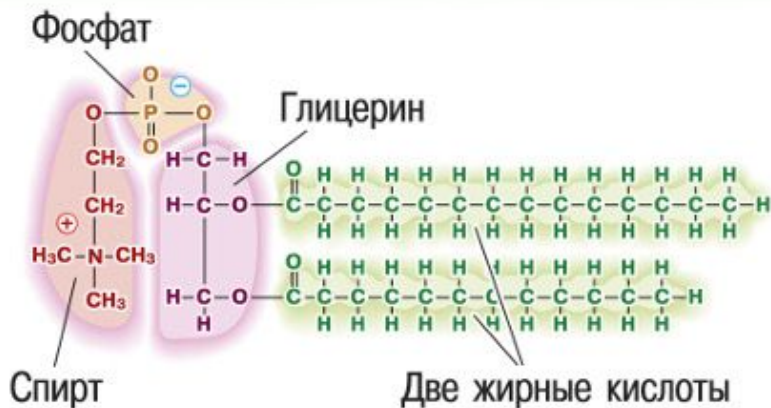
# Классификация липидов



# СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ

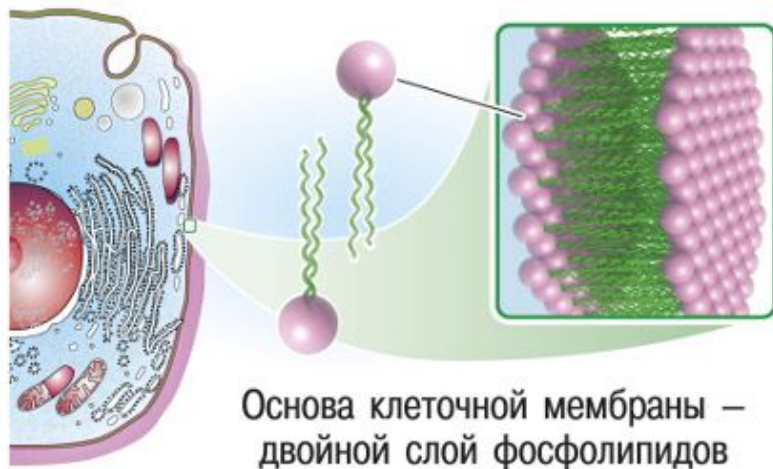
СТРОЕНИЕ

## ФОСФОЛИПИДЫ

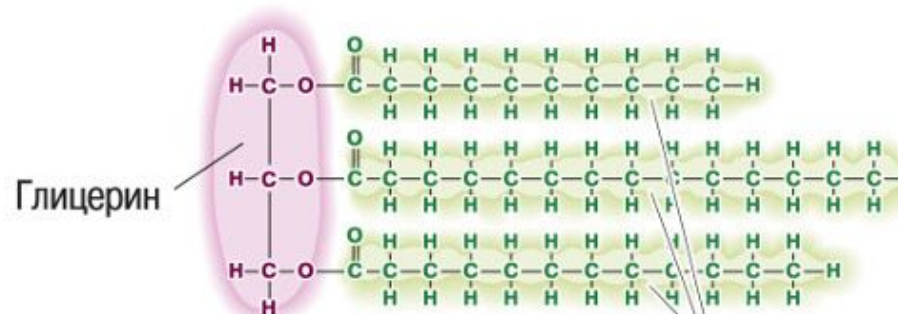


**СТРОИТЕЛЬНАЯ**

ФУНКЦИИ

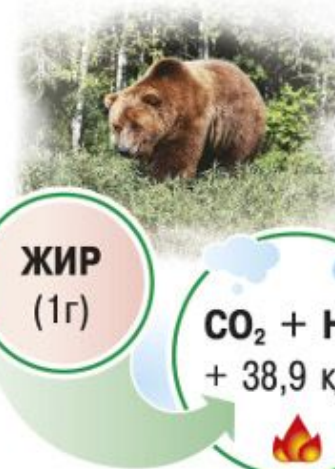


## ТРИГЛИЦЕРИДЫ



**ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩАЯ**

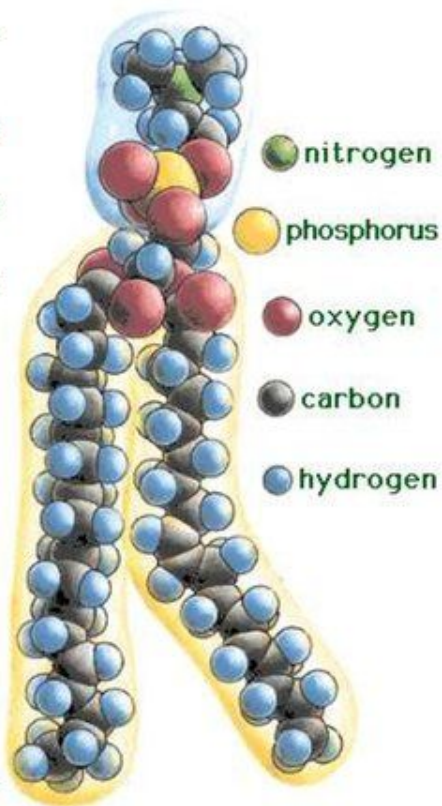
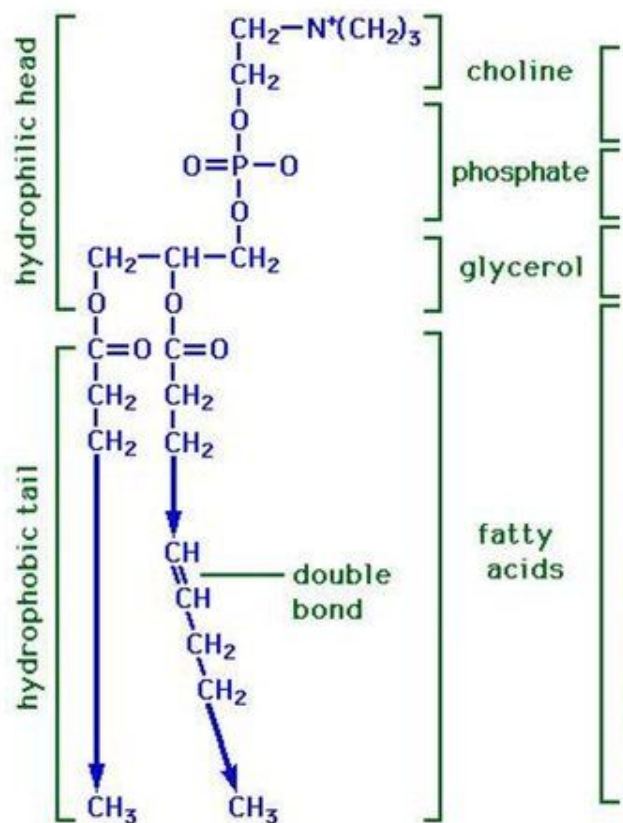
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ**



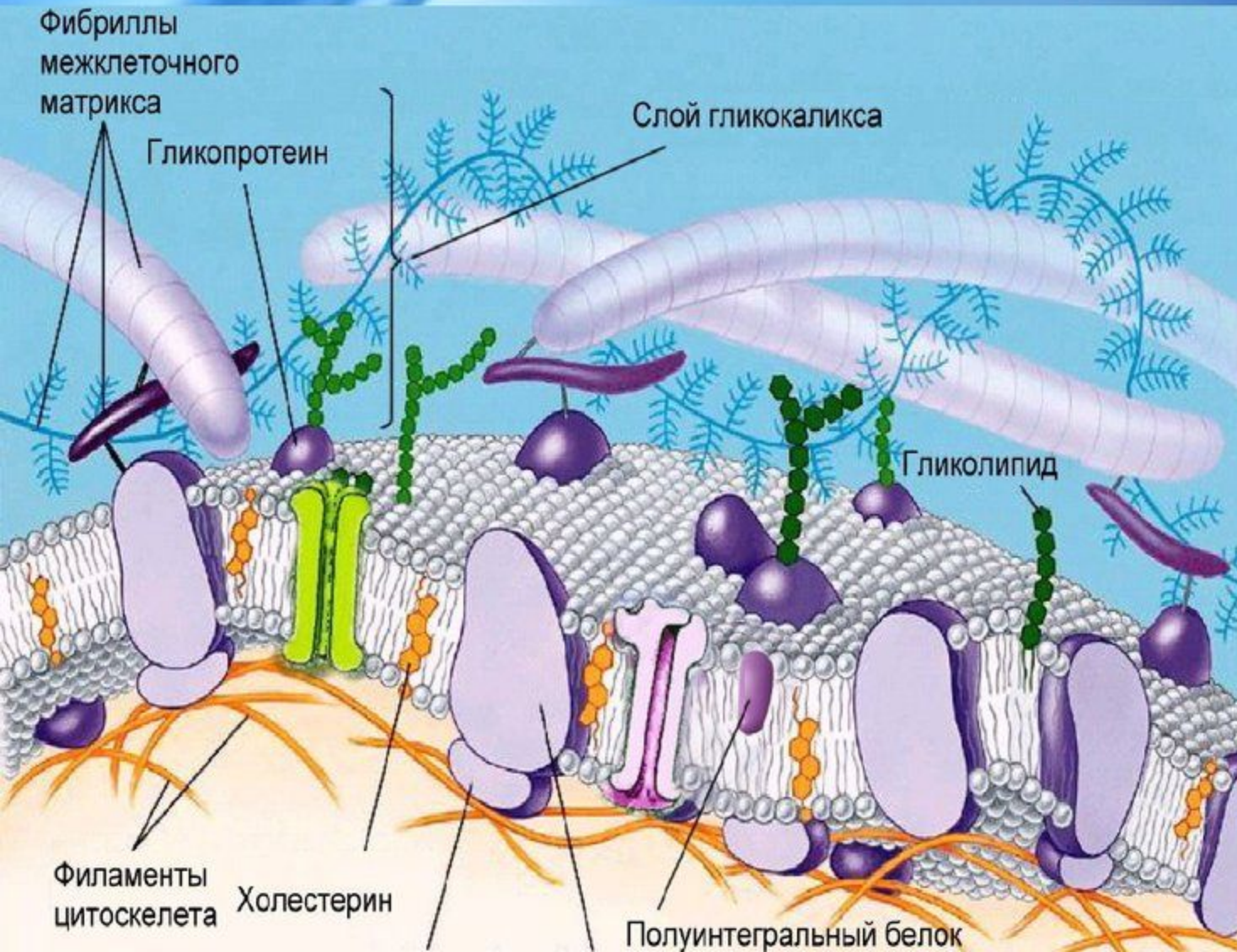


# Фосфолипиды клеточной мембраны

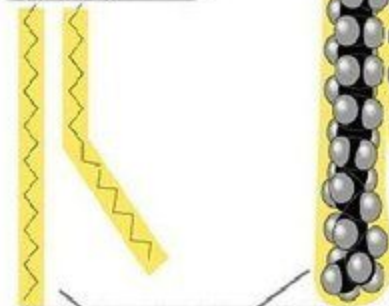
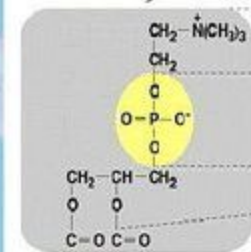
Фосфолипид **фосфатидилхолин** представляет собой сложный эфир глицерина и полярной группы фосфохолина (глицерол-фосфат), соединенный с двумя длинными (из 14-20 атомов углерода) «хвостами» жирных кислот.



# Жидкостно – мозаичная модель плазматической мембраны

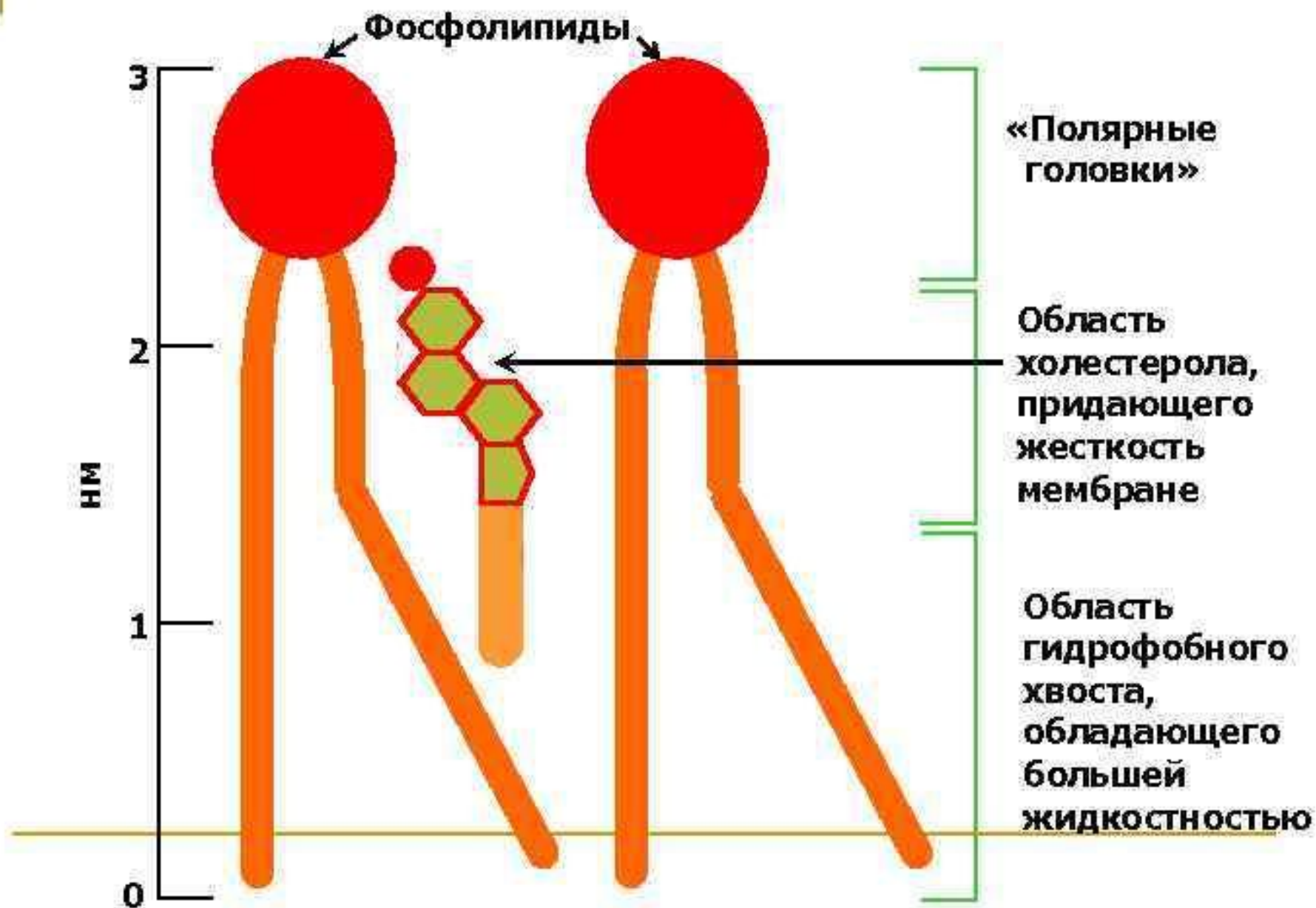


Гидрофильная часть фосфолипида

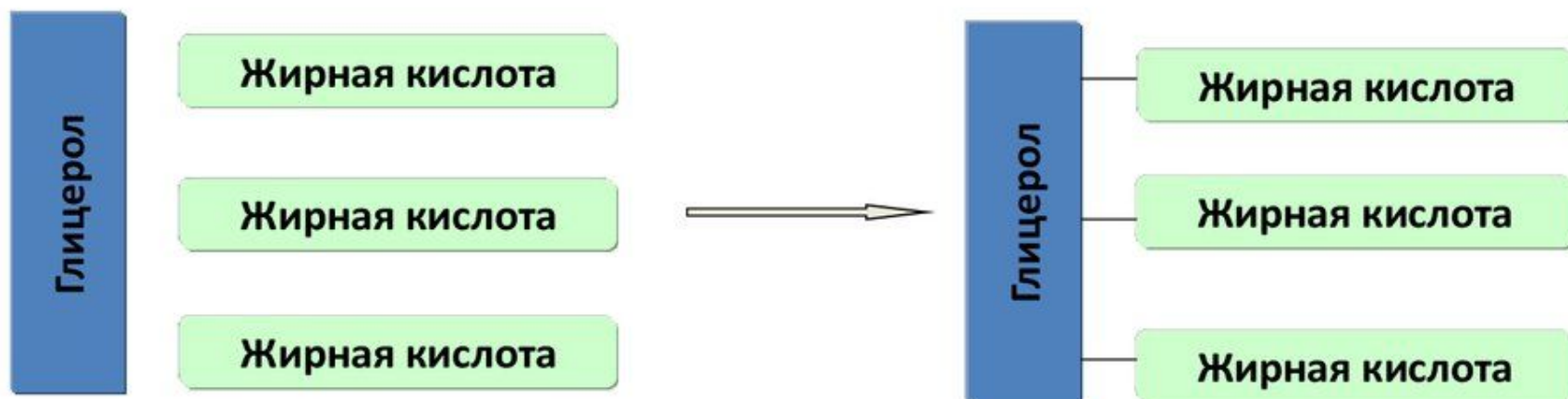
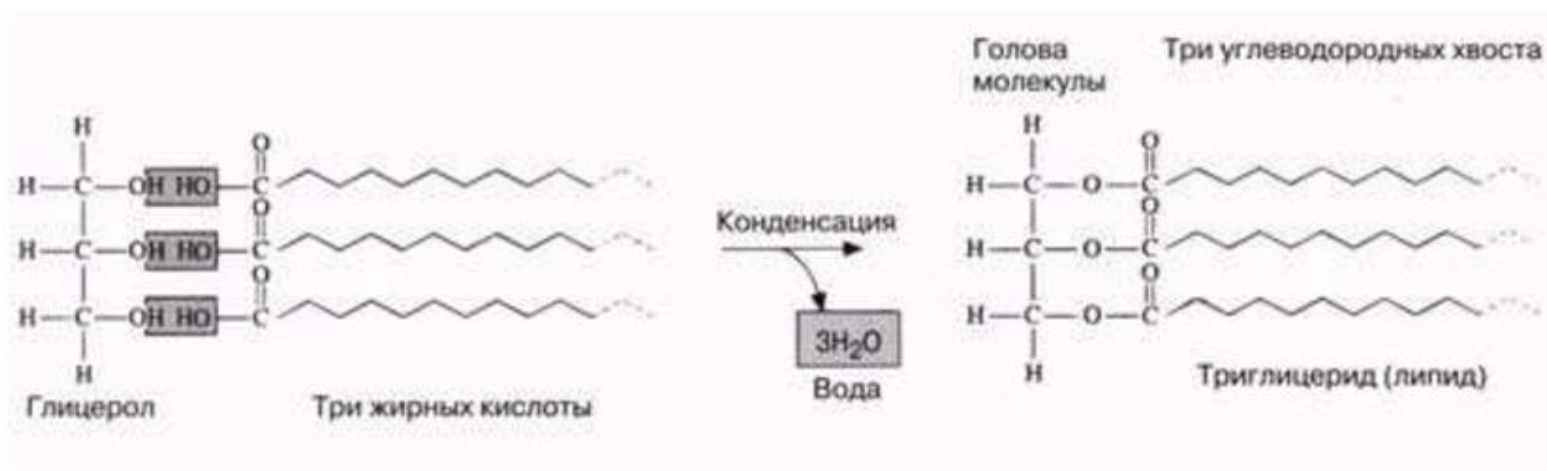


Гидрофобные хвосты

# ПОЛОЖЕНИЕ ХОЛЕСТЕРОЛА В ЛИПИДНОМ БИСЛОЕ



# Триглицериды



# КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИРОВ

растительные масла

животные жиры

## ЖИДКИЕ

Образованы непредельными кислотами:

Олеиновая  $C_{17}H_{33}COOH$

Линолевая  $C_{17}H_{31}COOH$

Линоленовая  $C_{17}H_{29}COOH$

(искл. - кокосовое масло)

## ТВЕРДЫЕ

Образованы предельными кислотами:

Пальмитиновая

$C_{15}H_{31}COOH$

Стеариновая

$C_{17}H_{35}COOH$

(искл. – рыбий жир)

# НЕНАСЫЩЕННЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

Жирные кислоты, содержащие одну или несколько двойных связей, соответственно называют *моно-* или *полиненасыщенными*.

К ним относятся:

- олеиновая кислота (C 18:1) (одна двойная связь),
- линолевая кислота (C 18:2) (две двойные связи),
- линоленовая кислота (C 18:3) (три двойные связи),
- арахидоновая кислота (C 20:4) (четыре двойные связи).

Одной из наиболее распространенных кислот в живой природе является

олеиновая кислота  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ .

Она содержится в оливковом масле, от которого и произошло ее название, а также в свином жире. Двойная связь в олеиновой кислоте имеет *цис-конфигурацию*.

# Насыщенные жирные кислоты

Жирные кислоты, не содержащие двойных связей, называют *насыщенными*.

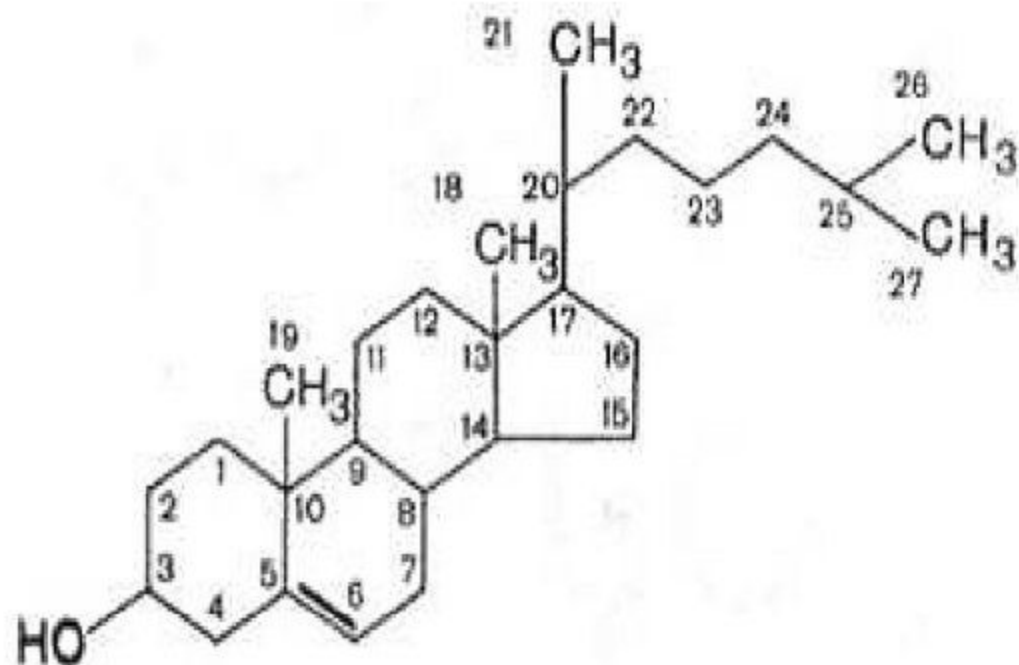
Насыщенные жирные кислоты имеют общую формулу  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ , в которой  $n$  может изменяться от 2 до 20 и несколько выше.

Основными среди насыщенных жирных кислот (до 30-35%) являются:

- масляная кислота  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
- пальмитиновая  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
- стеариновая  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  (8-12%).

# ХОЛЕСТЕРИН

Холестерин входит в состав клеточных мембран и определяет их микровязкость.



Холестерин – источник образования в организме млекопитающих желчных кислот, а также стероидных гормонов (половых и кортикоидных).  
Продукт окисления холестерина – 7-дегидрохолестерин, под действием УФ-лучей в коже превращается в витамин D<sub>3</sub>.



# Роли холестерина в организме

## ХОЛЕСТЕРИН

### польза

материал для синтеза

Половые гормоны

Гормоны коры надпочечников

Витамин D

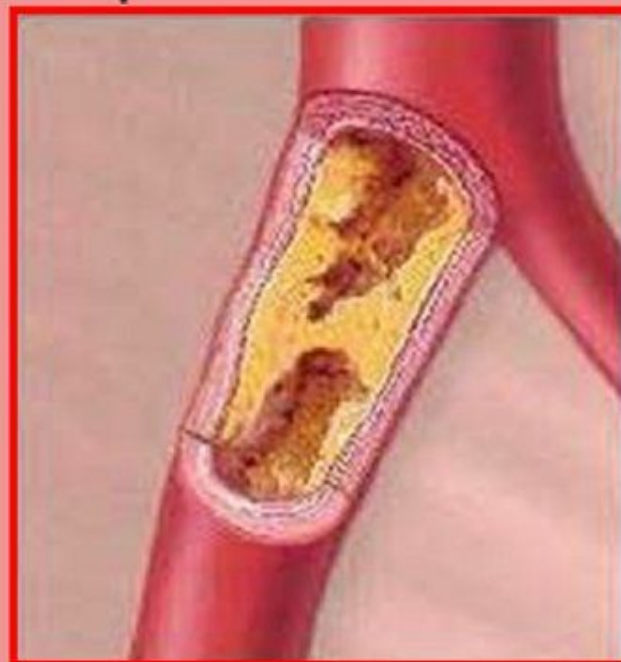
Желчные кислоты

Участвует в образовании кожно-жировой плёнки, секрет сальных желез

Входит в состав всех клеточных мембран (текучесть)

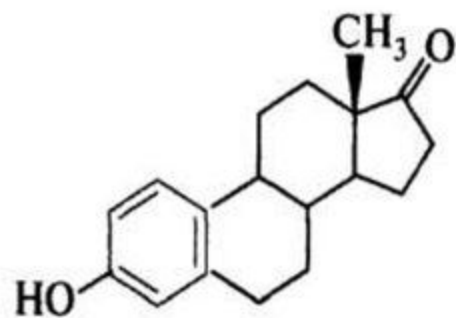
### вред

Принимает участие в образовании атеросклеротических бляшек



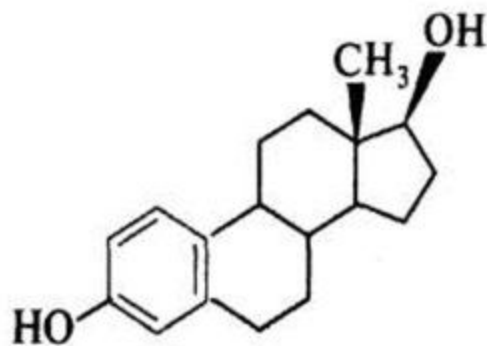
# Стероидные гормоны

## Половые гормоны



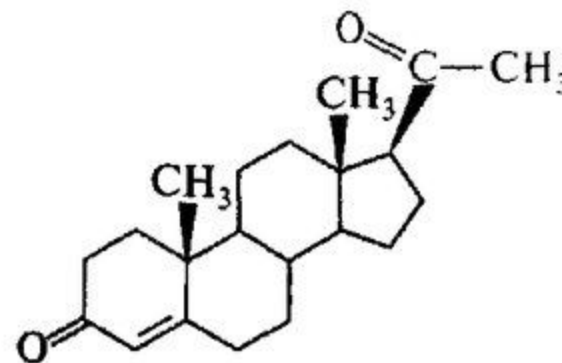
эстрон

(3-гидроксиэстратриен-1,3,5(10)-он-17)

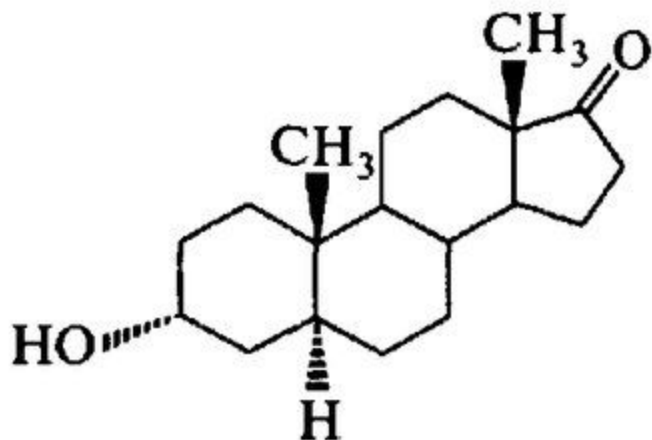


эстрадиол

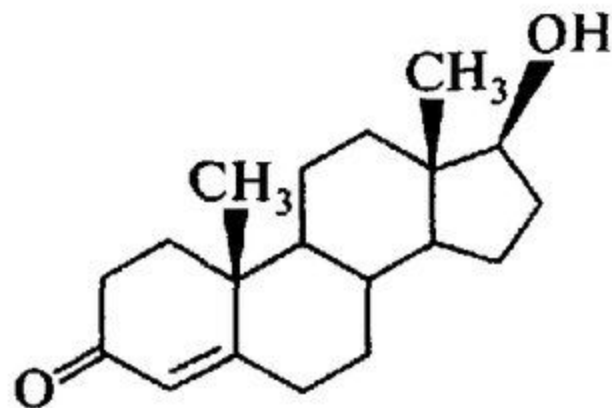
(эстратриен-1,3,5(10)-диол-3,17β)



прогестерон (прегнен-4-дион-



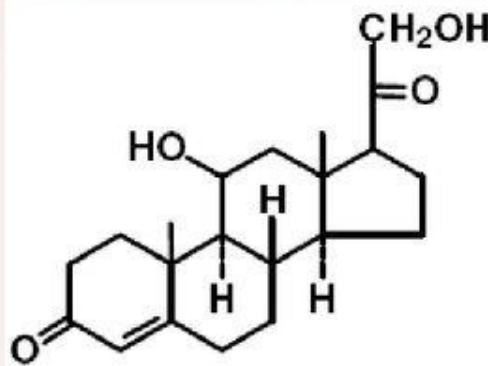
андростерон



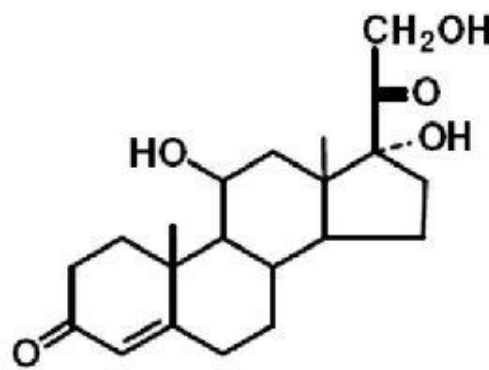
тестостерон

# Глюкокортикоиды

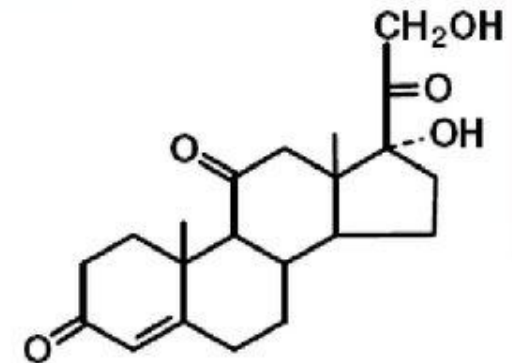
- **Места синтеза**
- Кора надпочечников (*zona fasciculata*)
- **Физиологическая активность**
- Регуляция обмена углеводов (глюконеогенез ↑), белков (протеолиз ↑), жиров (липолиз ↑), кальция
- Супрессия активности иммунной системы, регуляция, воспалительных и аллергических реакций
- Одни из стрессовых гормонов
- Вовлечены в формирование памяти, обучаемости, настроения, суточных ритмов



CORTICOSTERONE



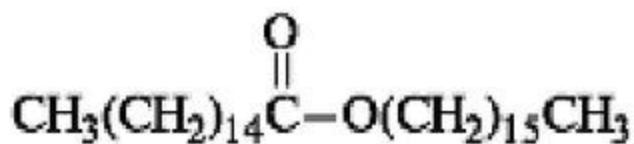
CORTISOL  
(HYDROCORTISONE)



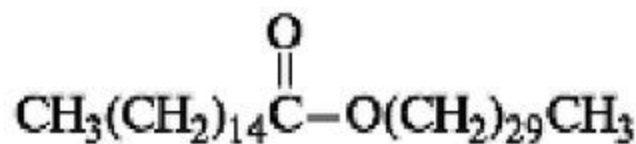
CORTISONE

# ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ. ВОСКИ.

- **Воски** - сложные эфиры высших жирных кислот и высших одноатомных спиртов.
- Воски образуют защитную смазку на коже человека и животных и предохраняют растения от высыхания. Они применяются в фармацевтической и парфюмерной промышленности при изготовлении кремов и мазей.
- Примером является **цетиловый эфир пальмитиновой кислоты** и **мелиссиловый эфир пальмитиновой кислоты** - компонент пчелиного воска.



цетиловый эфир пальмитиновой кислоты  
(цетилпальмитат)

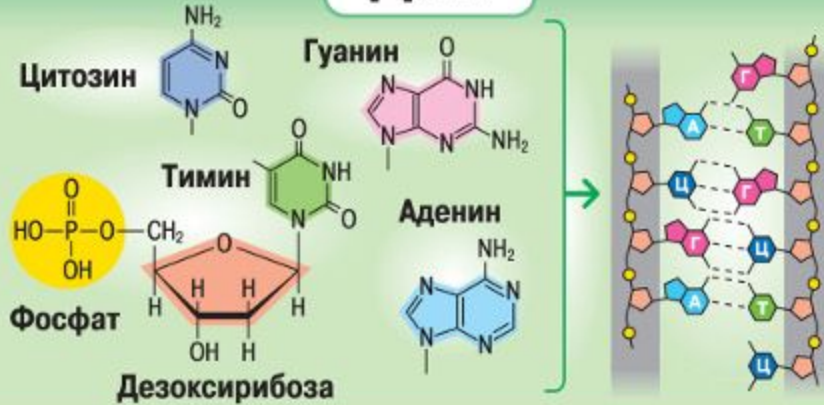


мелиссиловый эфир пальмитиновой кислоты  
(мелисилпальмитат)

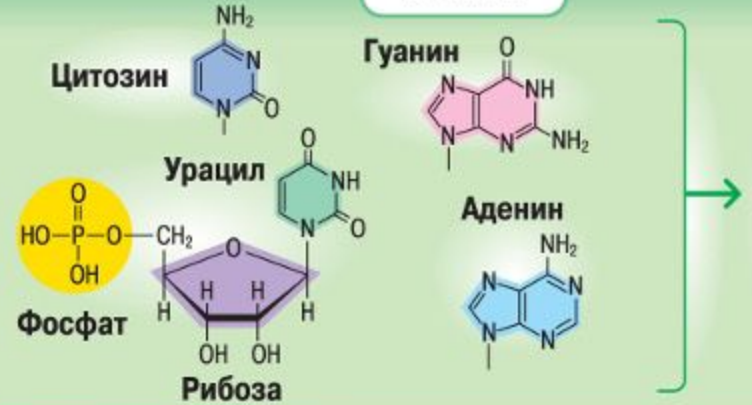
# НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

СТРОЕНИЕ

## ДНК

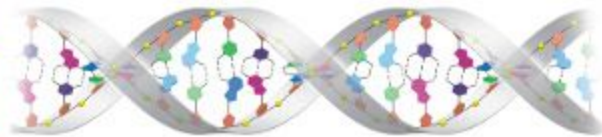


## РНК

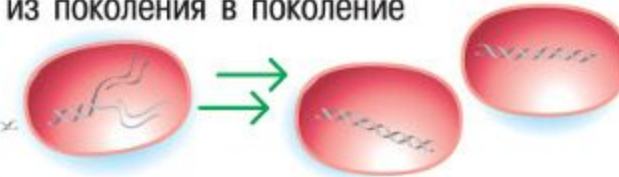


ФУНКЦИИ

Хранение наследственной информации



Передача наследственной информации из поколения в поколение



Передача наследственной информации на РНК



Транспортная

Перенос аминокислот к месту синтеза белка

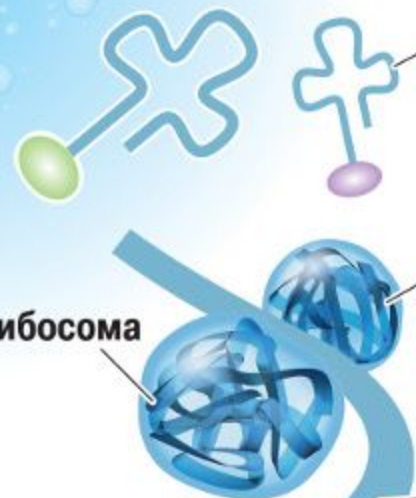
Рибосомальная

Структурная составная часть рибосомы

Информационная

Перенос информации к месту синтеза белка

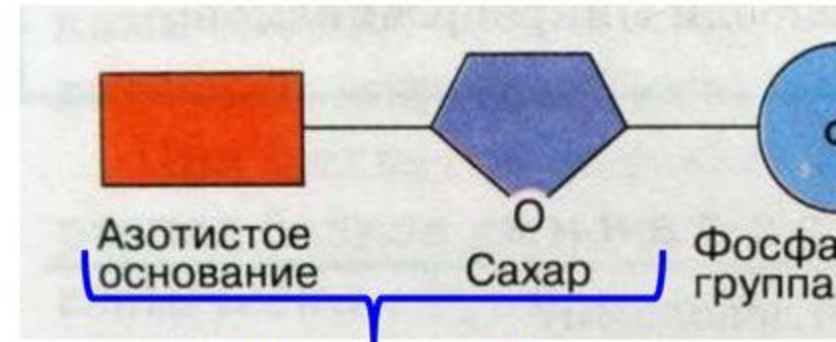
Рибосома



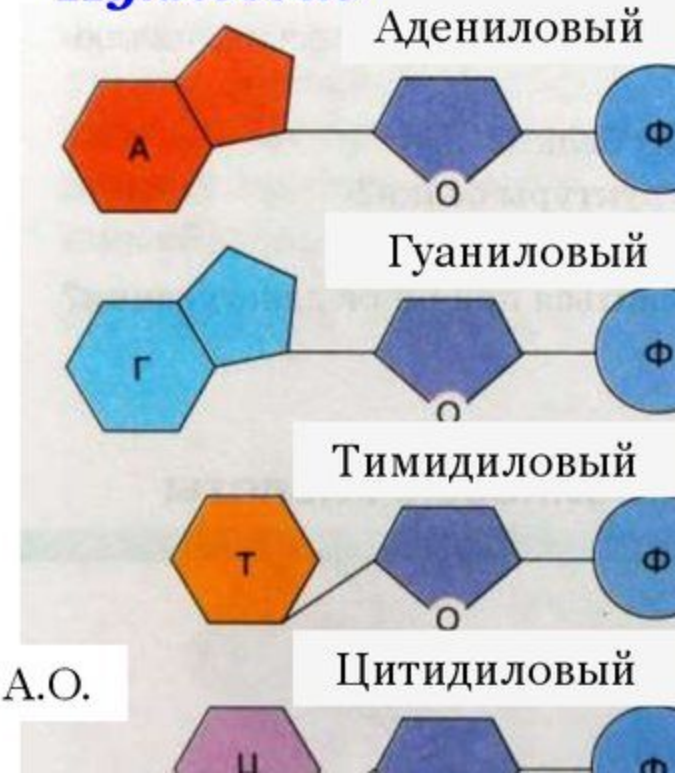
# Нуклеиновые кислоты

- НК – нерегулярные полимеры. Мономерами для них являются **нуклеотиды**.
- Каждый нуклеотид имеет в своем составе:
  1. остаток фосфорной кислоты,
  2. молекулу сахара (рибозу или дезоксирибозу),
  3. азотистое основание:
    - аденин, } Большие (пуриновые) А.О.
    - гуанин, }
    - цитозин, } Малые (пиримидиновые) А.О.
    - тимин (ДНК) }
    - урацил (РНК). }

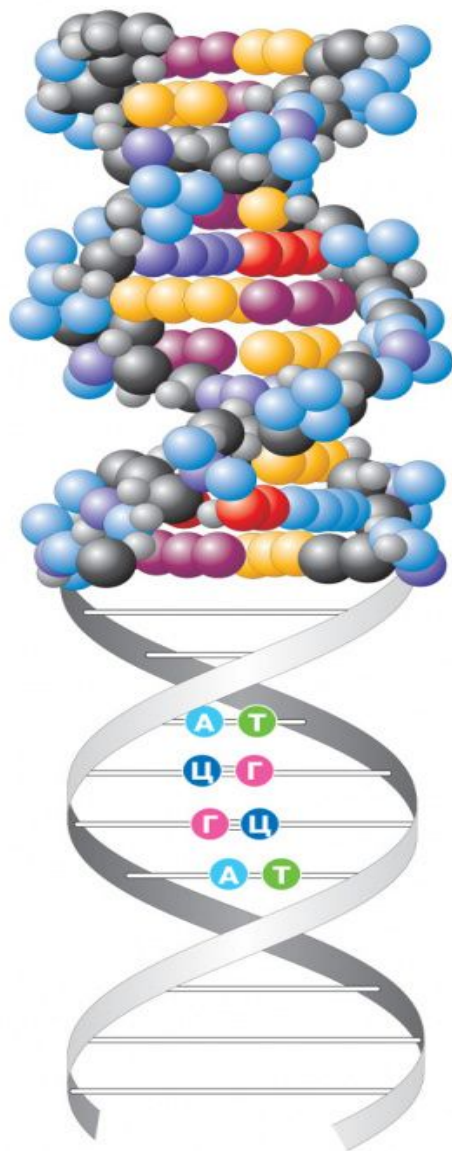
## Строение нуклеотида



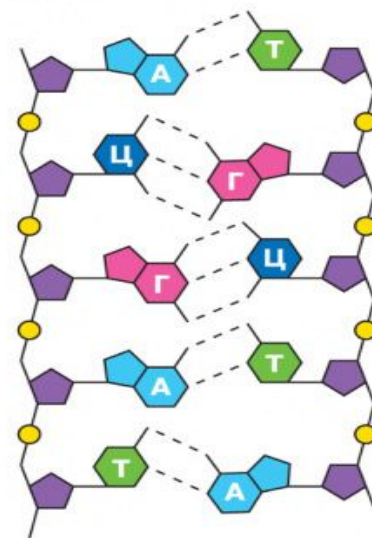
## Нуклеозид



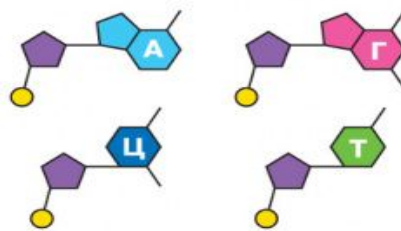
# СТРОЕНИЕ ДНК



## ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ



## НУКЛЕОТИДЫ



## Азотистые основания



● Фосфат    ● Дезоксирибоза



российский учебник

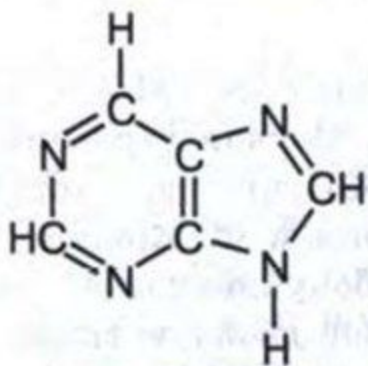


rosuchebnik.ru

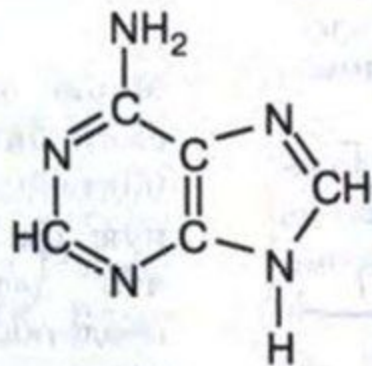
Автор-составитель: Черныш Иван Сергеевич  
Одобрены редакцией: Г. М. Писаркина  
Редакционный редактор: М. С. Мухоморова  
Художник: Ю. В. Дроздова  
Корректор: Л. А. Мельникова

Подписано в печать: 09.04.20  
Формат: 210x150  
Изд. №: 1.00  
Тираж: 2000 экз.  
© ООО «Дорис», 2020

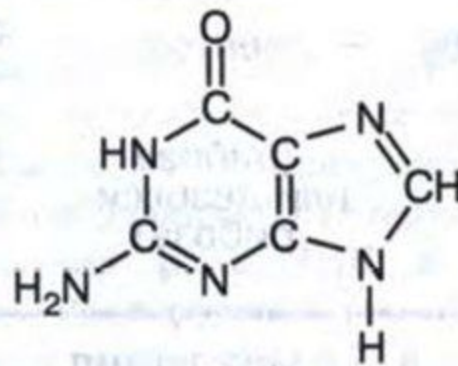
# Азотистые основания



Пурин

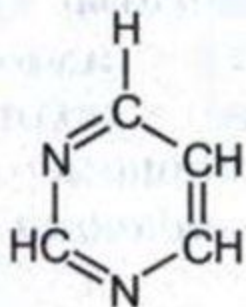


Аденин

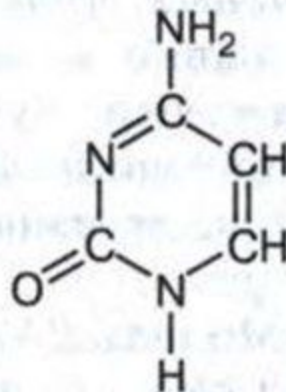


Гуанин

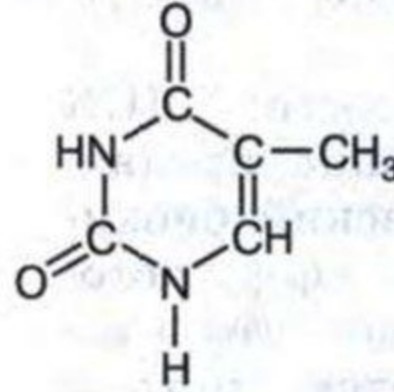
Пуриновые  
основания



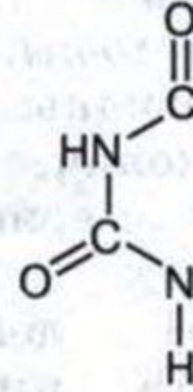
Пиримидин



Цитозин



Тимин



Урацил

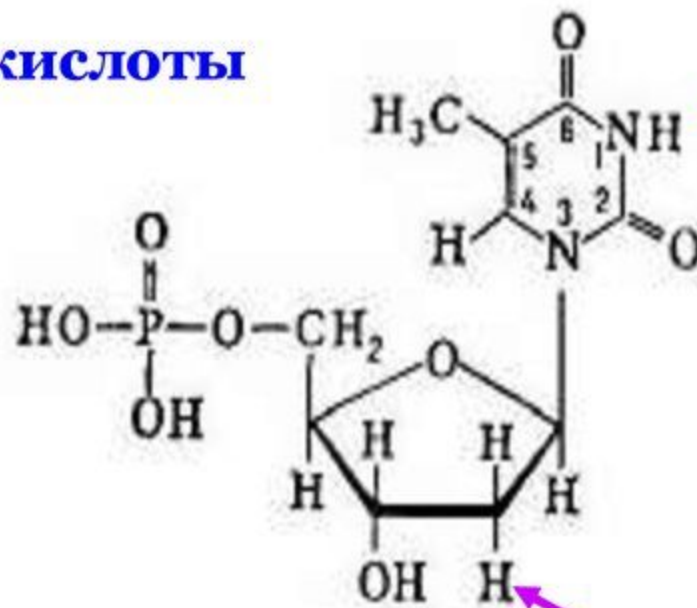
Пиримидиновые  
основания



# Строение нуклеотида ДНК (ТИМИДИЛОВЫЙ)

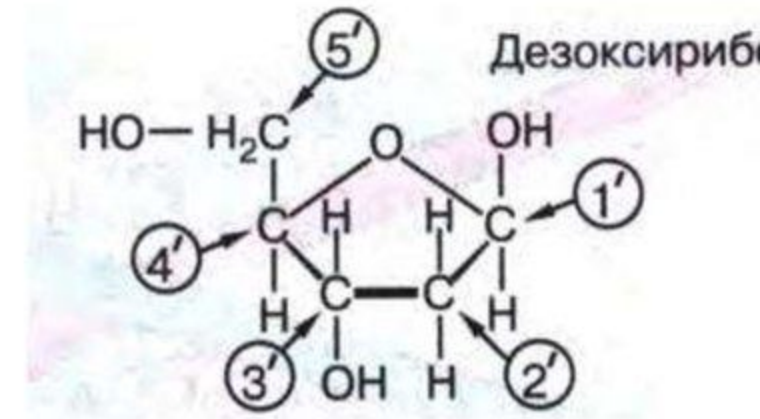
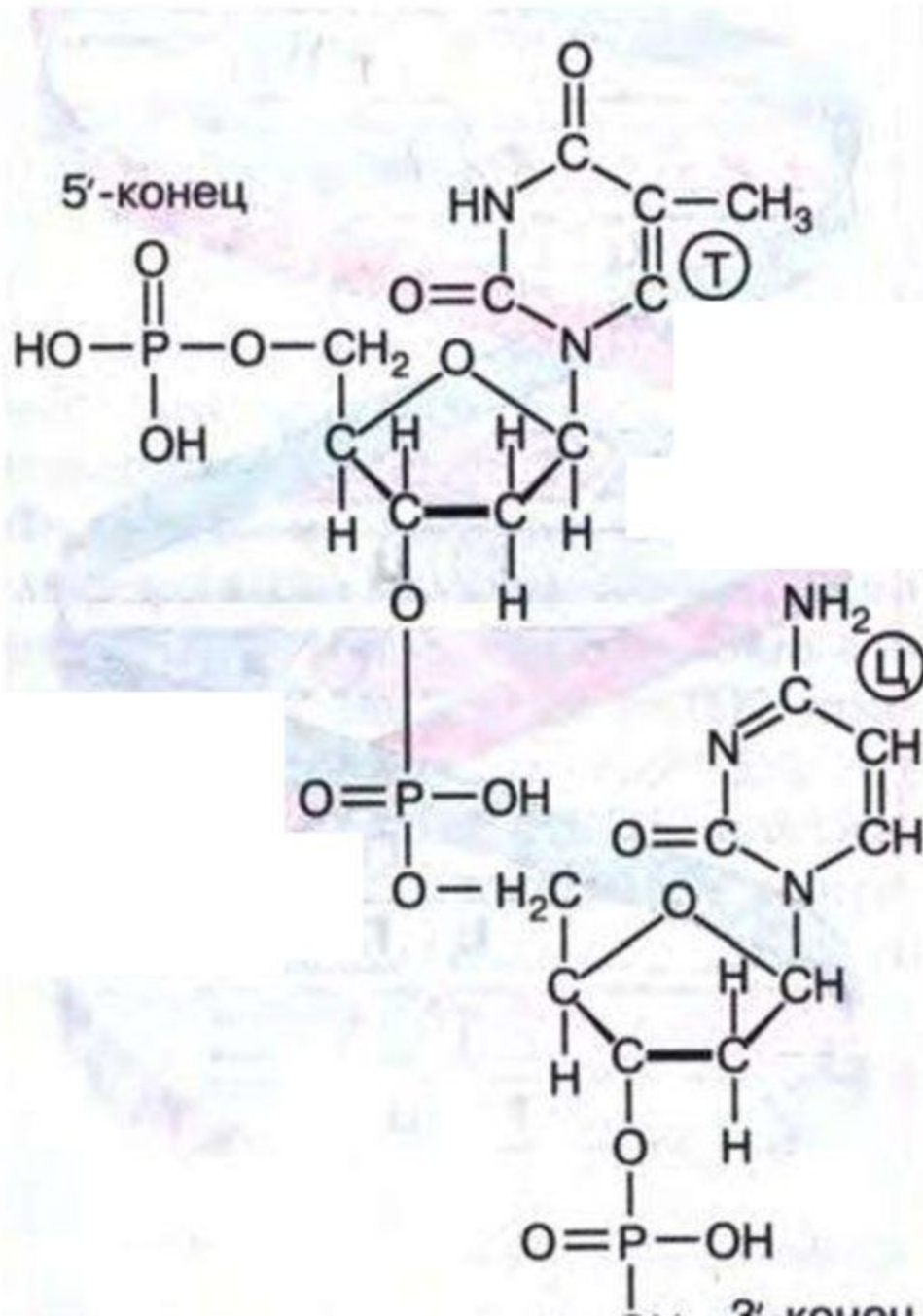
Азотистое основание  
ТИМИН

Остаток фосфорной кислоты

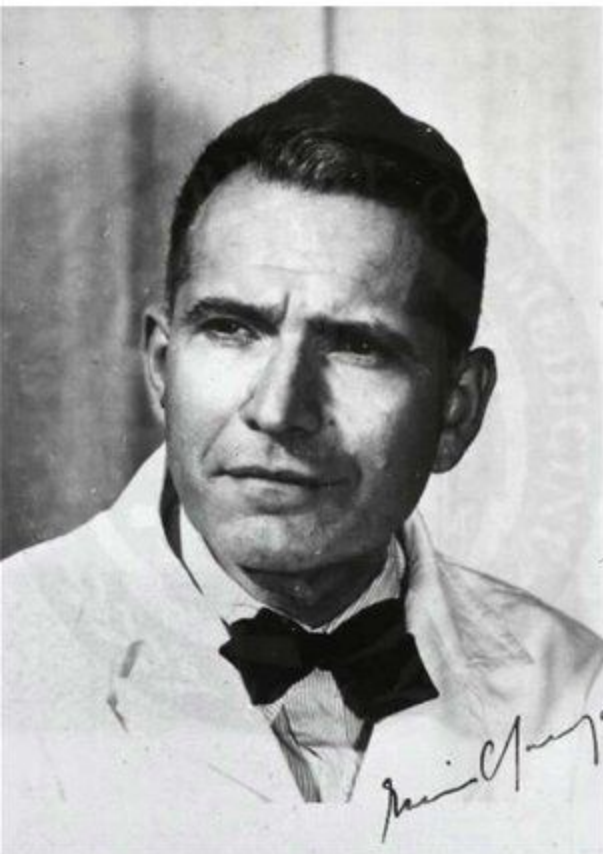


Дезоксирибоза

# Схема построения полинуклеотидной цепочки



# Открытие структуры ДНК



- В **1951** г. профессор биохимии Колумбийского университета **Эрвин Чаргафф**, исследуя состав нуклеотидов ДНК, обнаружил определенную закономерность в соотношении пуриновых и пиримидиновых оснований. Оказалось, что количество пуриновых оснований соответствует количеству пиримидиновых, причем количество аденина всегда было равно количеству тимина, а количество гуанина – количеству цитозина:

$$A+G=T+C; \quad A=T, \quad G=C$$

Правило  
Чаргаффа

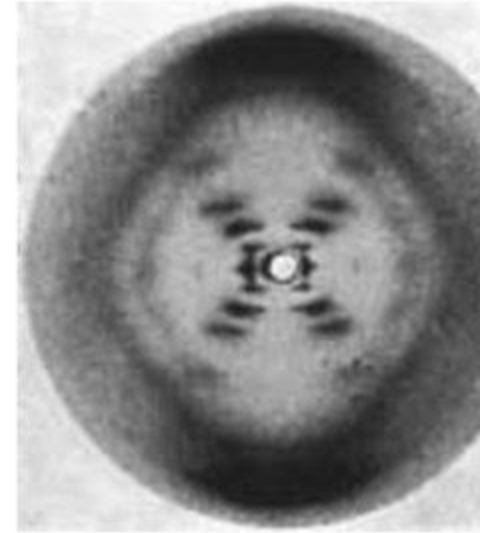
Например, в ДНК человека оказалось по 30% А и Т, по 20% Г и Ц, причем эти соотношения соблюдаются в клетках разных типов, что еще раз подтверждало, что именно ДНК является химической основой наследственности.

# Открытие структуры ДНК



**Нобелевская премия**  
(1962 г.).

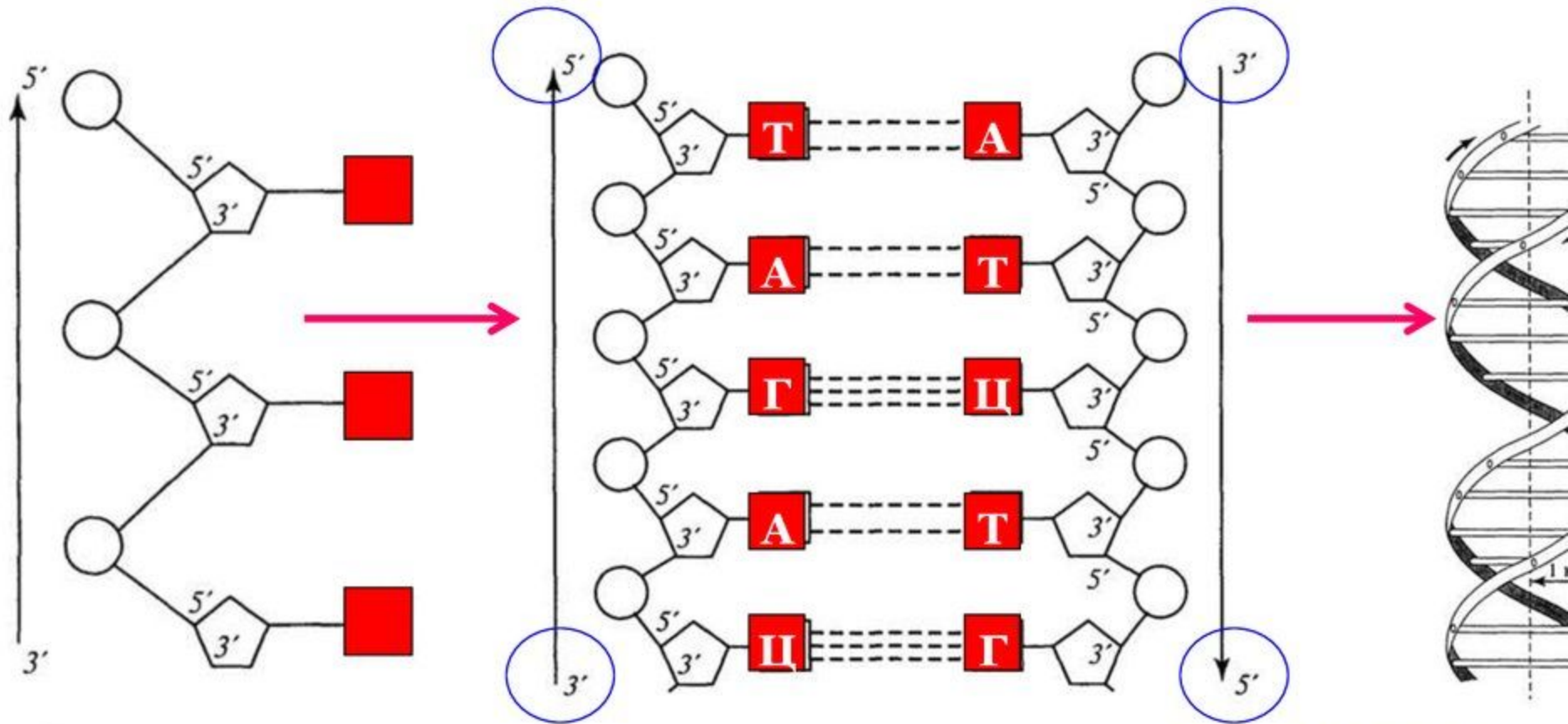
Морис Хью Уилкинс



Рентгеноструктурная фотография ДНК

- Используя данные Чаргаффа и рентгеноструктурный анализ молекулы ДНК, американский биохимик **Джеймс Уотсон** и английский физик **Фрэнсис Крик** работавшие в лаборатории Кембриджского университета, предложили вариант структуры молекулы ДНК в **1953 г.**

# Схема образования двойной спирали ДНК



- Двойная спираль образуется благодаря водородным **связям между азотистыми основаниями** разных цепочек.
- Внутри спирали обращены **азотистые основания**, а сахаро-фосфатный остов расположен снаружи.
- Напротив 5'-конца одной цепи находится 3'-конец комплементарной цепи. Такая ориентация цепей называется **антипараллельной**.

# Строение РНК

**РНК – это полимер, состоящий из мономеров – нуклеотидов.**

**Главные отличия РНК от ДНК**

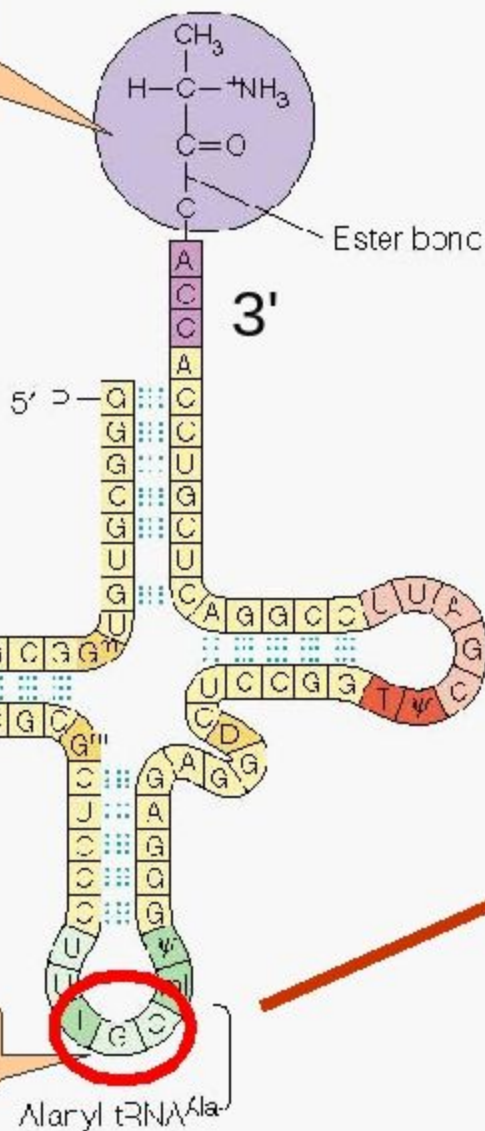
- 1) ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, РНК - из одной;**
- 2) ДНК содержит моносахарид дезоксирибозу, РНК - рибозу;**
- 3) ДНК содержит Тимин, РНК - Урацил**

# Виды РНК

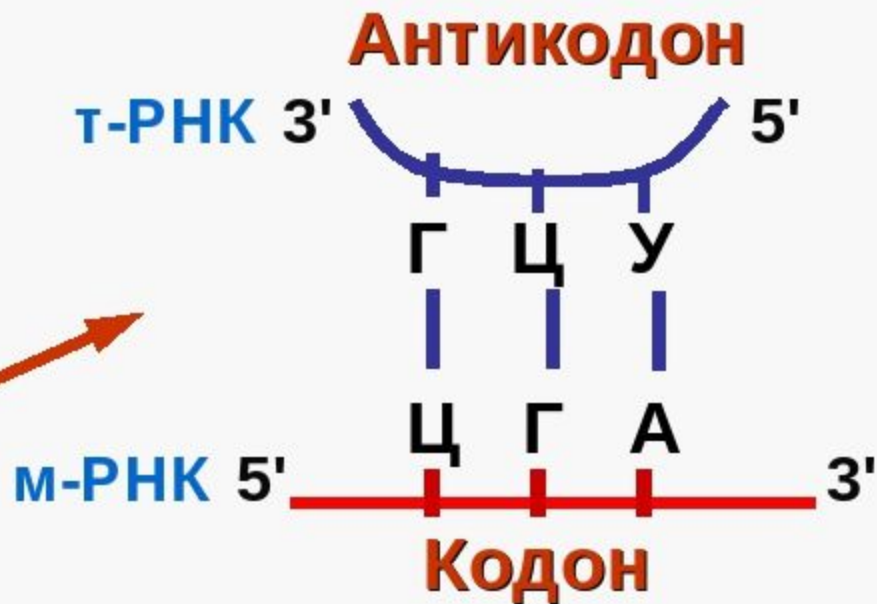
- В клетке имеется несколько видов РНК. Все они участвуют в синтезе белка.
- **Транспортные РНК** (т-РНК) - это самые маленькие по размерам РНК (80-100 нуклеотидов). Они связывают аминокислоты и транспортируют их к месту синтеза белка.
- **Информационные РНК** (и-РНК) - они в 10 раз больше тРНК. Их функция состоит в переносе информации о структуре белка от ДНК к месту синтеза белка.
- **Рибосомные РНК** (р-РНК) - имеют наибольшие размеры молекулы (3-5 тыс. нуклеотидов), входят в состав рибосом.

# Транспортные РНК

Аминокислота

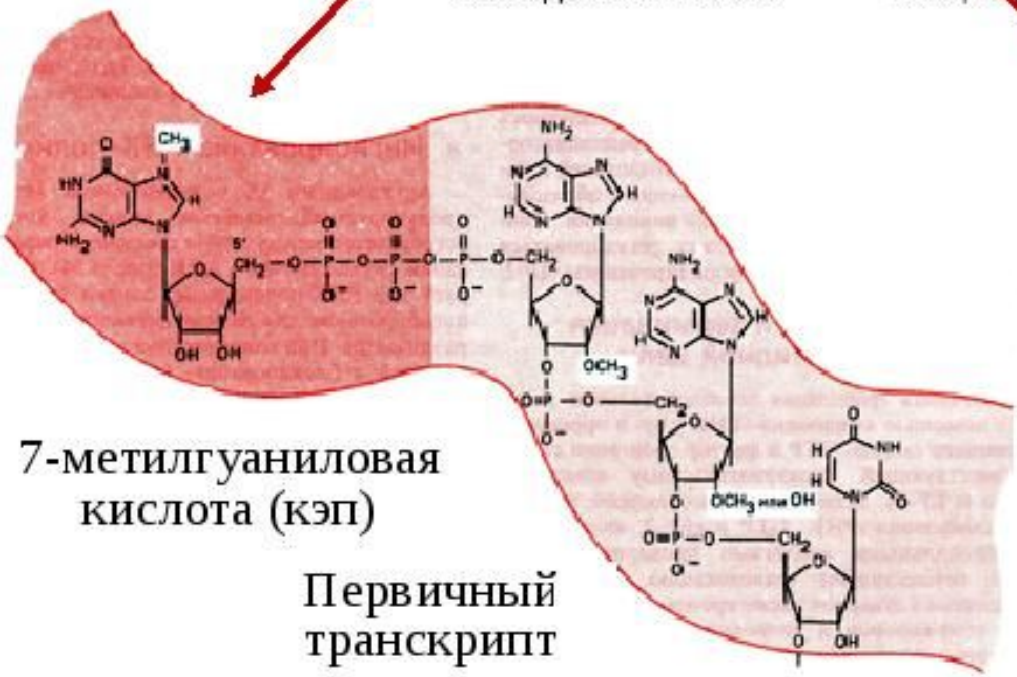


- Молекула-адаптор.
- Один ее конец узнает **кодон** в м-РНК, а другой – несет аминокислоту.





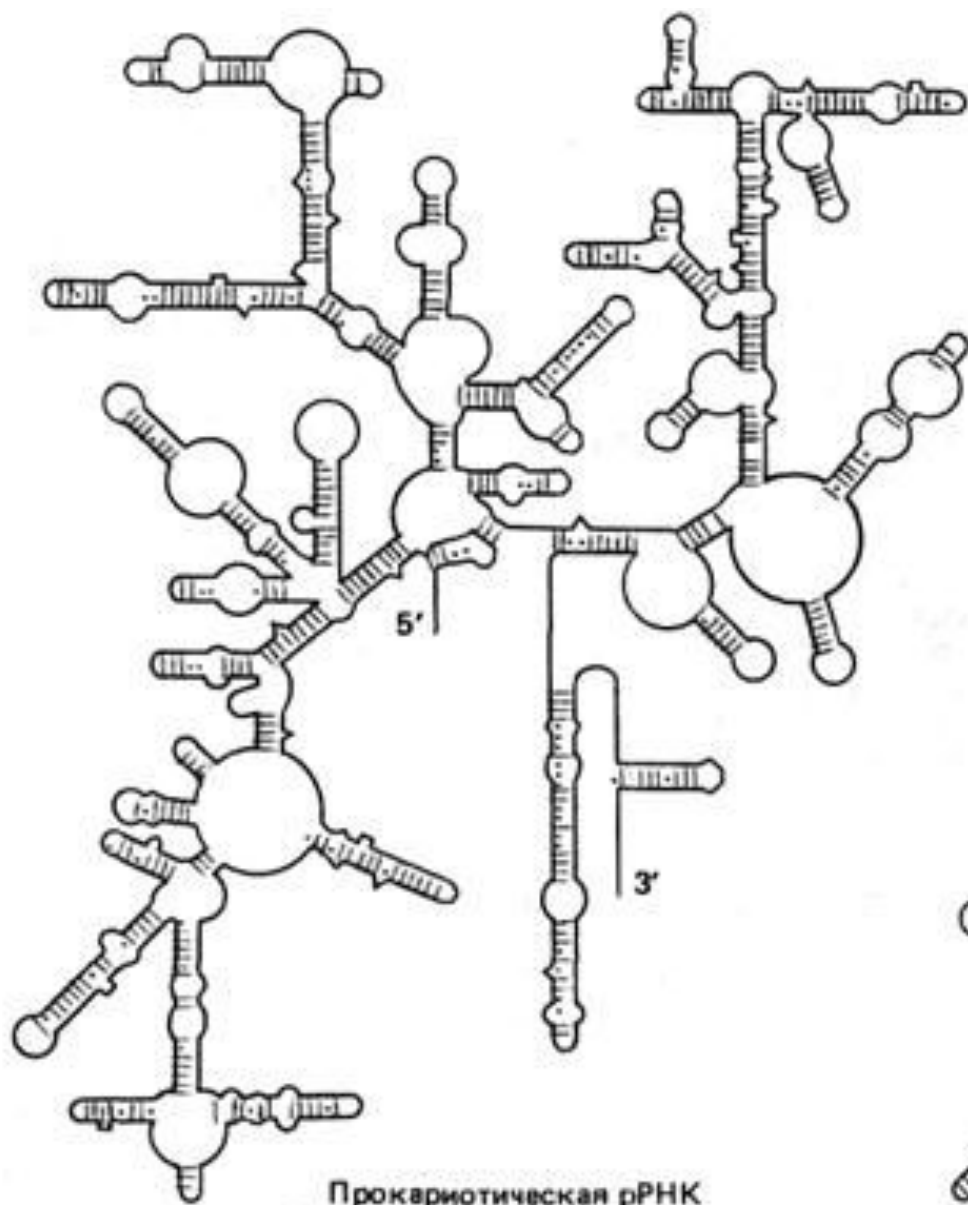
# Структура эукариотической мРНК



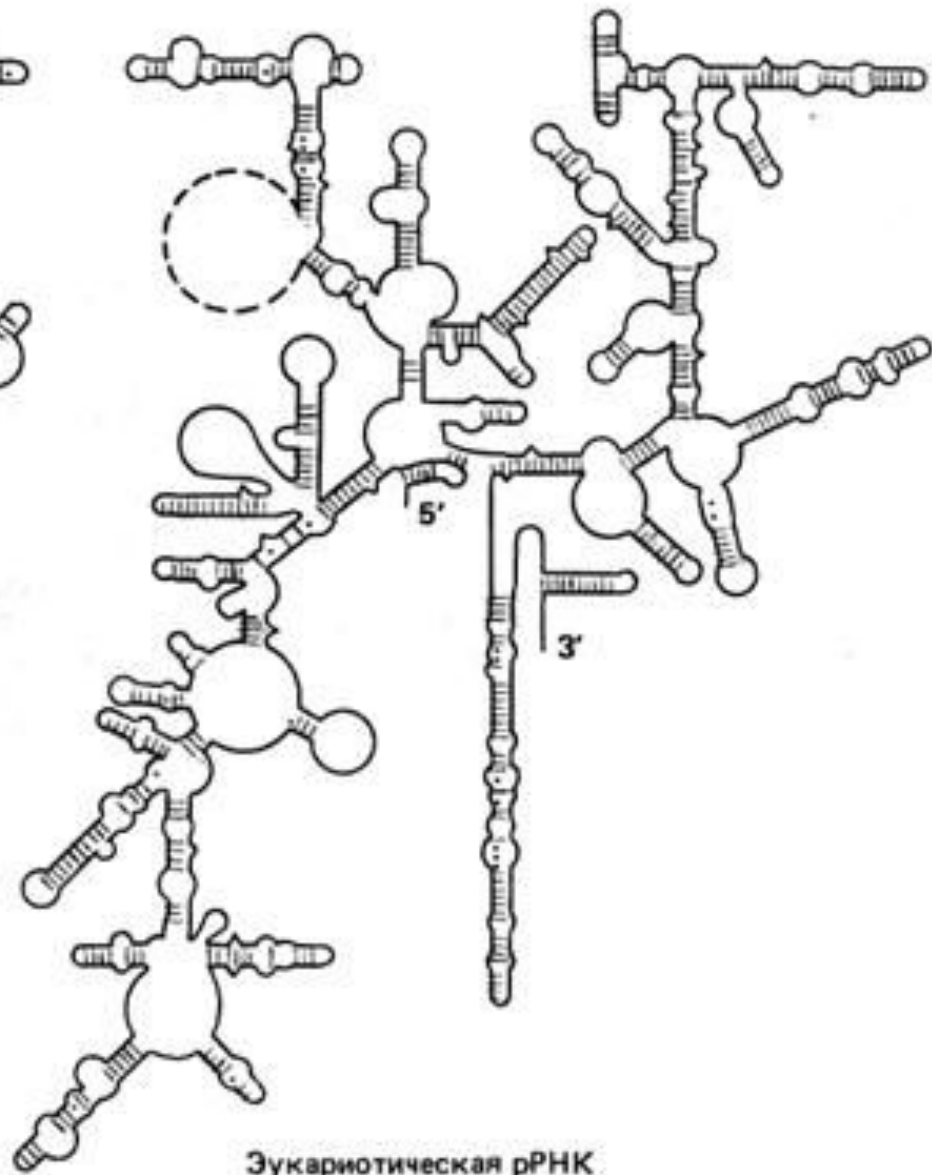
## Последовательность Козак



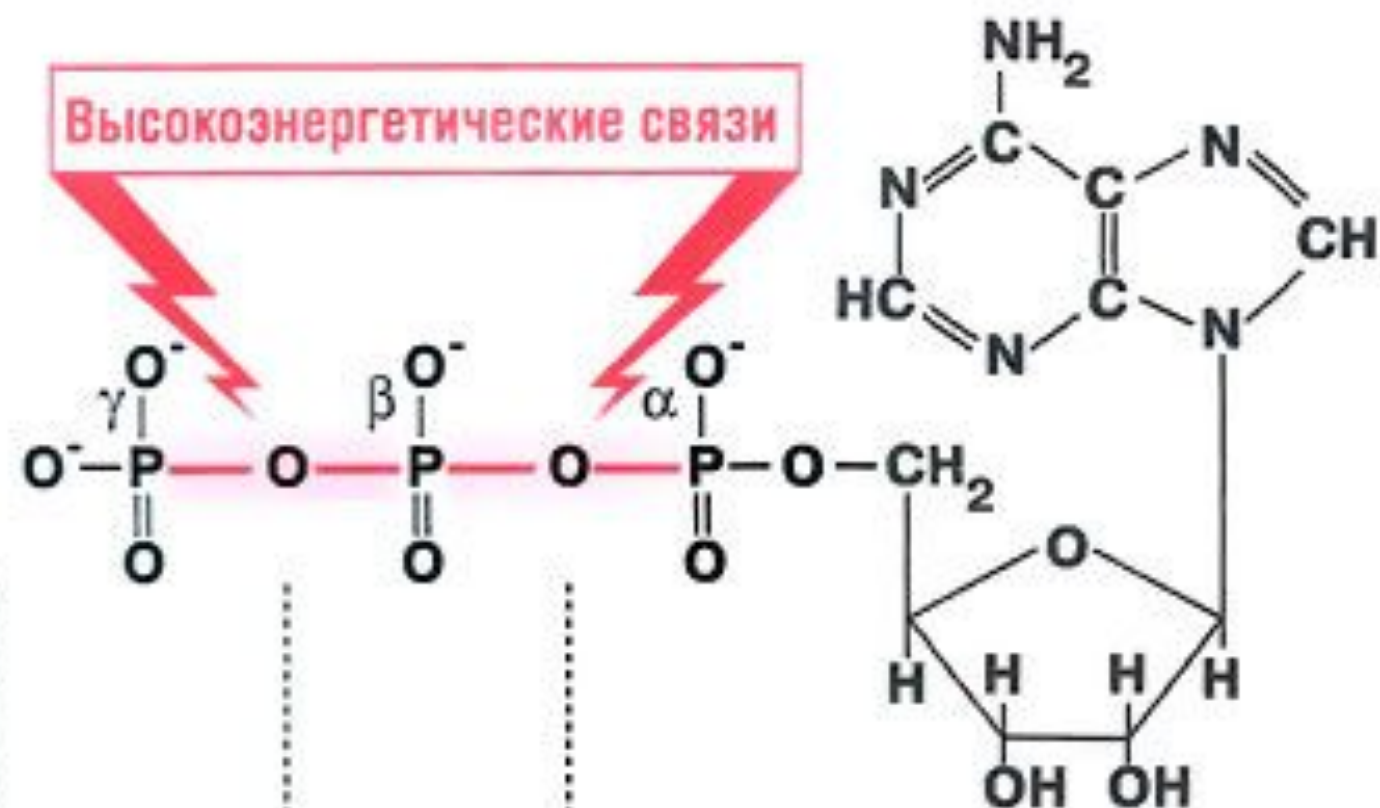
Наиболее консервативные основания, окружающие стартовый кодон в структуре различных мРНК человека.



Прокариотическая рРНК



Эукариотическая рРНК



**АМФ (аденозинмонофосфат)**

**АДФ (аденозиндифосфат)**

**АТФ (аденозинтрифосфат)**

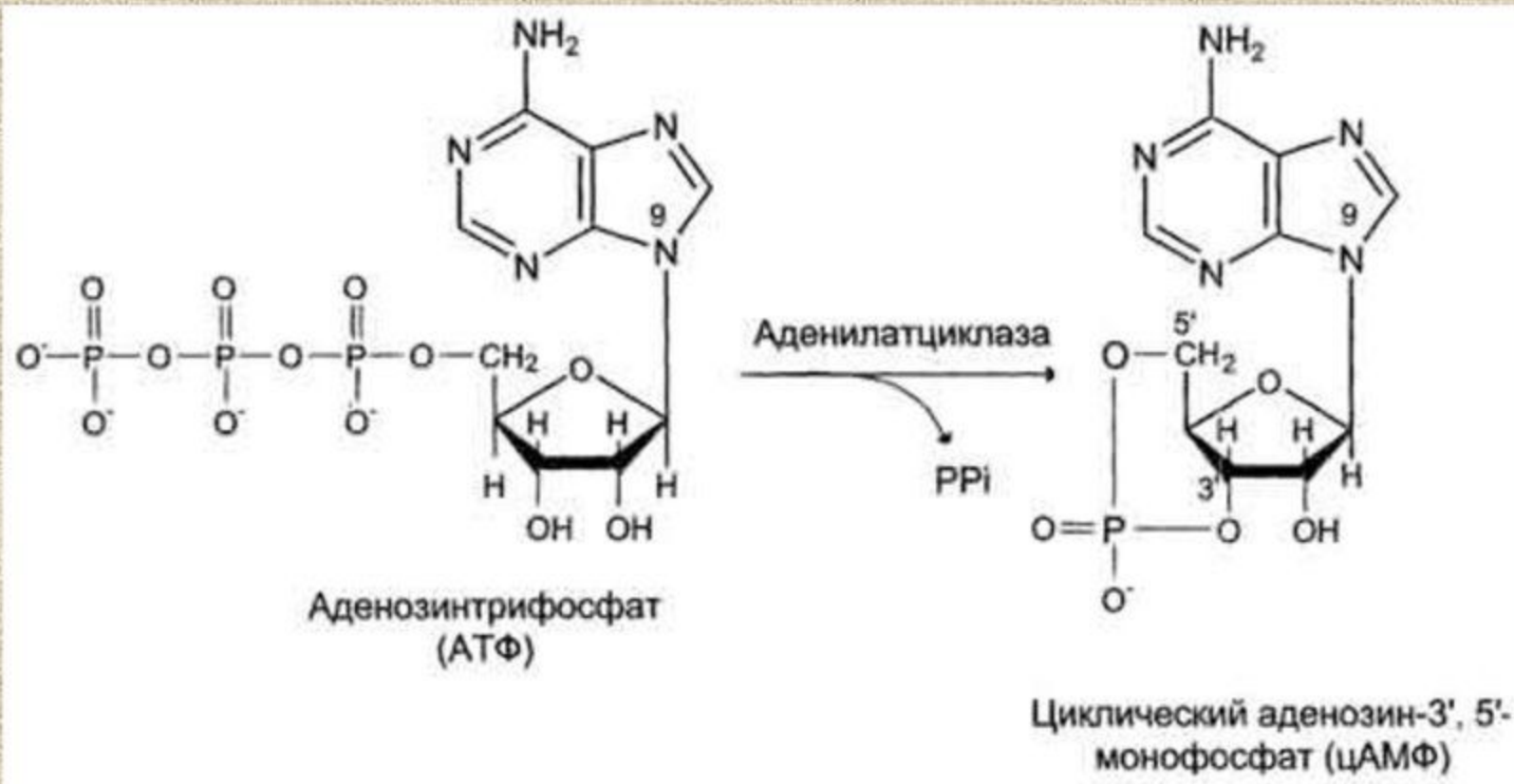
# Гидролиз АТФ

- Гидролиз макроэргических связей молекулы АТФ, сопровождается отщеплением 1, реже 2-х остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению **40 кДж (8-10 ккал)**



***Обратный процесс - восстановление –  
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ***

# Механизм образования цАМФ



Участвует в синтезе никотинамиддинуклеотида НАД и никотинамиддинуклеотидфосфата НАДФ – коферментов дегидрогеназ.

