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:

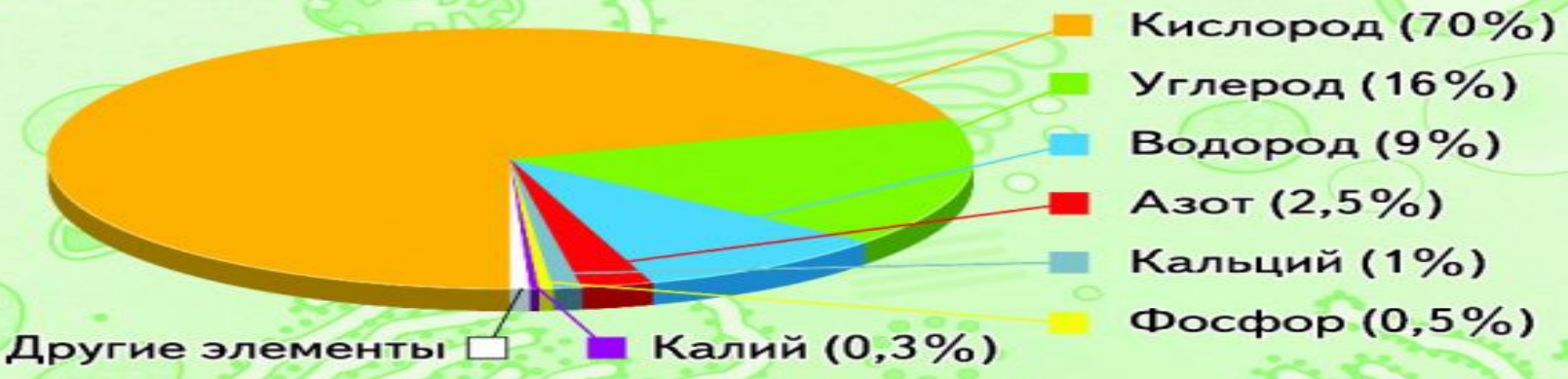
(Zn, Mn, Cu, Co, Mo и многие другие), доля которых составляет от 0,001% до 0,000001% (0,1 % массы клетки). Входят в состав биологически активных веществ — ферментов, витаминов и гормонов.

Ультрамикроэлементы:

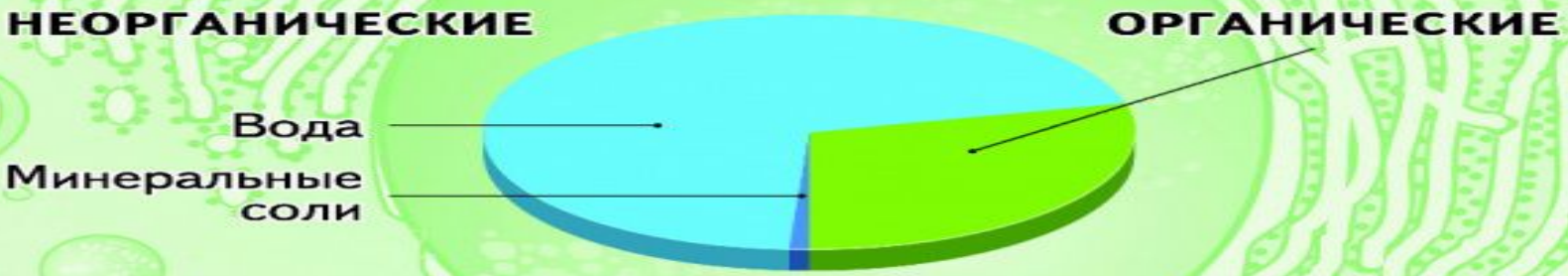
(Au, U, Ra и др.), концентрация которых не превышает 0,000001%. Роль большинства элементов этой группы до сих пор не выяснена.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

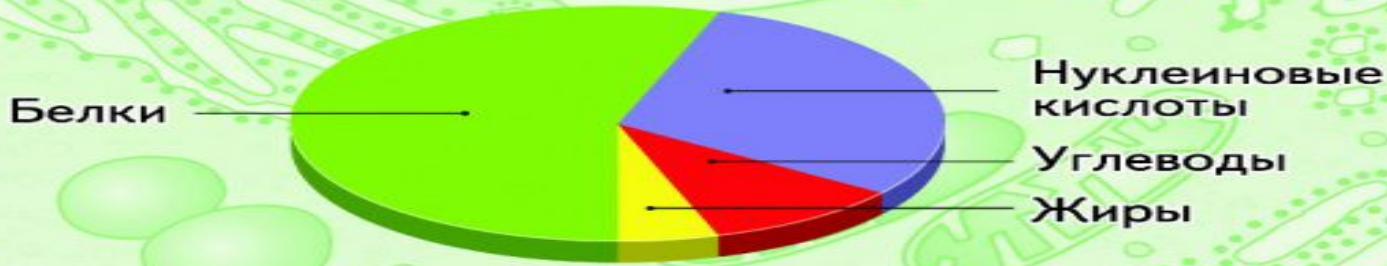
СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КЛЕТКЕ



ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ



ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ



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)
Аминокислоты
Глицерин
Жирные кислоты
Моносахара
Жиры
Белки
Углеводы
ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА
АДФ
Фосфат
АТФ
Низкомолекулярные соединения
Моносахара
Аминокислоты
Глицерин
Жирные кислоты
КАТАБОЛИЗМ (распад, энергетический обмен)

Органогены (биоэлементы)

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

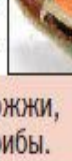
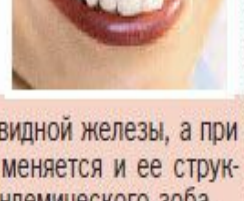
Элемент	% содержание	Функция
Кислород	65—75	Входит в состав большинства органических веществ клетки. **Образуется в ходе фотосинтеза при фотолизе воды**. Для аэробных организмов служит **окислителем в ходе клеточного дыхания, обеспечивая клетки энергией в виде молекул АТФ**. В наибольших количествах 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 **CO_2 фиксируется в процессе фотосинтеза** и **выделяется в ходе дыхания**, в виде CO (в низких концентрациях) участвует в регуляции клеточных функций, в виде $CaCO_3$ входит в состав минеральных скелетов.
Водород	8—10	Входит в состав всех органических веществ клетки. **В наибольших количествах содержится в составе воды**. Некоторые бактерии окисляют молекулярный водород для получения энергии **(хемосинтез).**
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 **азотфиксации**.

Прочие макроэлементы

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

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

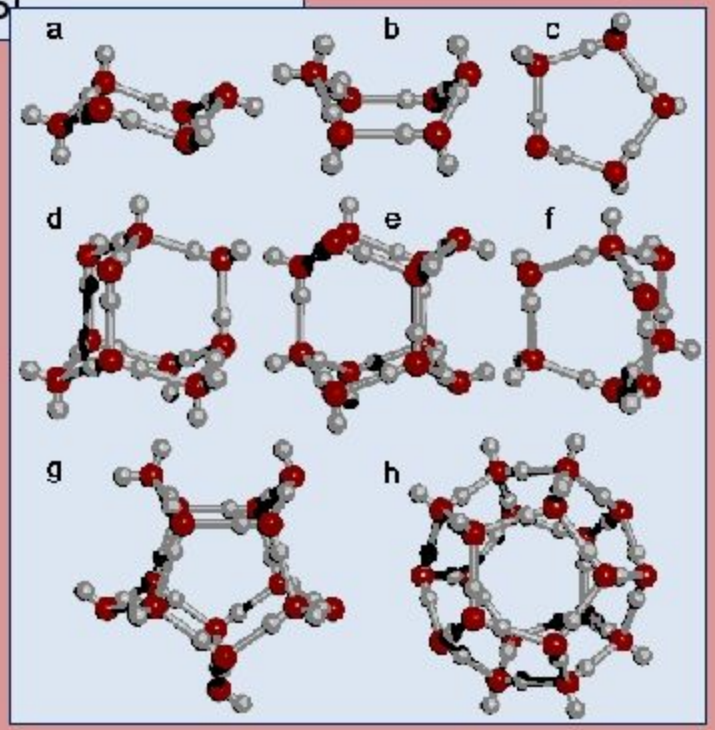
Микроэлементы

Элемент	Для чего нужен	Дневная норма	Признаки нехватки	Лучшие источники
Железо	Участвует в производсве 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.
Цинк	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.
Медь	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.
Кобальт	Активирует ряд ферментов, усиливает синтез белков, участвует в выработке витамина B_{12} и в образовании инсулина.	0,04 - 0,07 мг	Дефицит витамина B_{12}, что ведет за собой нарушения обмена веществ.	Говяжья и свиная печень, почки, свекла, горох, земляника и клубник жем или замороженном виде.
Марганец	Участвует в окислительных процессах, обмене жирных кислот и контролирует уровень холестерина.	2 - 5 мг	Нарушение холестеринового обмена, атеросклероз сосудов.	Животные и соевые белки.
Молибден	Стимулирует обмен веществ.	0,1 - 0,25 мг	Ухудшение липидного и углеводного обмена веществ.	Мясо и птица, животные жиры.
Селен	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. 
Хром	Контролирует переработку сахаров, инсулиновый обмен.	0,05 - 0,2 мг	Повышение сахара в крови, снижение усвоения глюкозы.	Морепродукты, пивные дрожжи, цельнозерновые продукты, грибы.
Фтор	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 пить дой. В некоторых регионах воду спе фторируют.
Йод	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 йо ные продукты - соль, хлеб, молоко (и ция об этом должна быть на упаковк

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.



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

$pH = -\lg[H^+]$. (2)

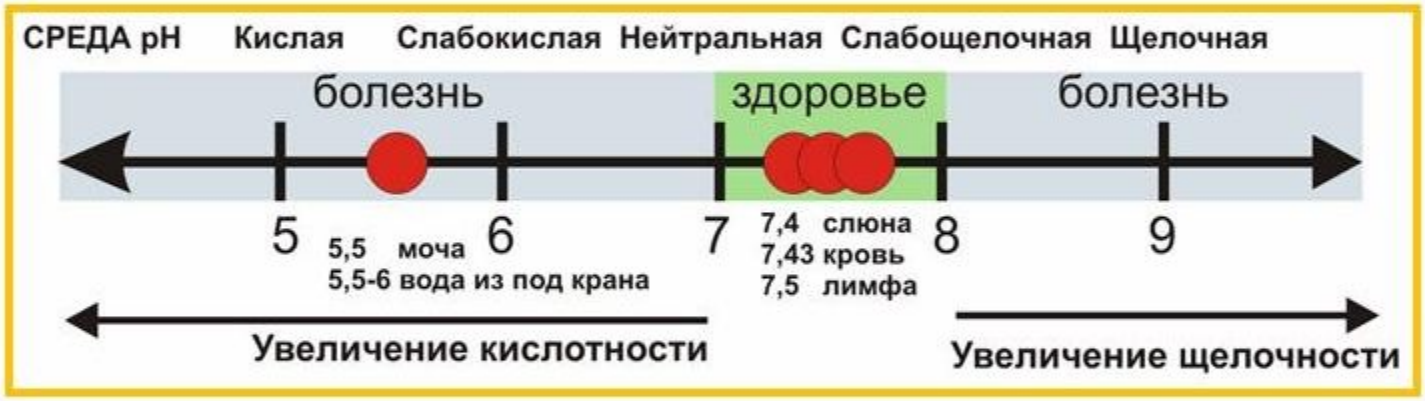
$pH = -\lg[10^{-7}] = 7$.

При pH = 7 – среда нейтральная. Если pH > 7, то среда щелочная, а при pH < 7 – среда кислая.

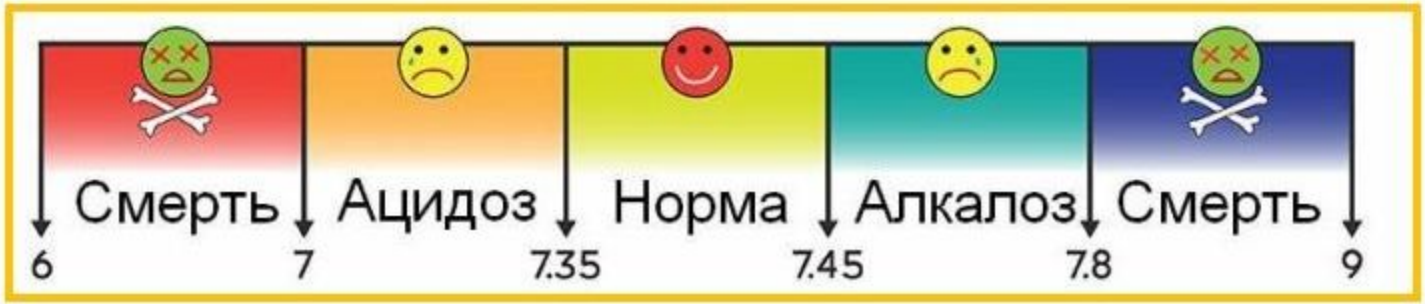
А еще есть такой немаловажный фактор, как кислотно-щелочной баланс, от которого зависит качество тысяч биохимических реакций и обменных процессов, проходящих в организме. А также биологических параметров организма, включая состояние бактериальное, паразитарное, грибковое, образование свободных радикалов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

Так вот, в этой системе последствия нарушения баланса следующие:

Уровни Ph



Уровни Ph крови



Биологическое значение pH.

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

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

- **Пепсин желудочного содержимого активен при pH≈ 1,7 – 1,8**
- **Каталаза крови активна при pH≈ 7,4**

2. При колебаниях pH 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.
  - $H_2CO_3 + OH^- \rightleftarrows HCO_3^- + H_2O$,
  - $HCO_3^- + H^+ \rightleftarrows H_2CO_3$
  - 2. Фосфатный буфер.
  - $H_2PO_4^- + OH^- \rightleftarrows HPO_4^{2-} + H_2O$,
  - $HPO_4^{2-} + H^+ \rightleftarrows H_2O_4^-$

- 3. Белковый буфер.
  - $RCOOH + OH^- \rightleftarrows ROOC^- + H_2O$,
  - $RCOO^- + H^+ \rightleftarrows ROOH$
- 4. Гемоглобинового буфер. По сути есть два гемоглобиновых буфера - один на основе восстановленного гемоглобина **HHb/Hb^-**, а второй на основе оксигемоглобина: **$HHbO_2/HbO_2$.** Первый преобладает в венозной крови, а второй - в артериальной.
- $Hb + OH^- \rightleftarrows Hb^- + H_2O$;
  - $HHbO_2 + OH^- \rightleftarrows HbO_2^- + H_2O$,

  - $Hb^- + H^+ \rightleftarrows HHb$;
  - $HbO_2^- + H^+ \rightleftarrows HHbO_2$

Органические вещества клетки

Вещества	Строение	Функции
Жиры	Гидрофобные вещества, состоящие из остатков глицерина и жирных кислот	**Строительная, Энергетическая, Теплоизоляционная функции, играют роль Запасных веществ**
Углеводы	- Моносахариды (глюкоза, фруктоза, рибоза и дезоксирибоза) - Дисахариды (сахароза) - Полисахариды (целлюлоза и крахмал) – состоят из остатков моносахаридов	- **Основной источник энергии** для организма; - **Строительная функция** у растений (оболочка из целлюлозы); **- Запасные питательные вещества** (крахмал, гликоген)
Белки	Высокомолекулярные, сложные органические вещества – полимеры. Мономерами белков являются аминокислоты. Индивидуальны для каждой особи.	- **Строительная функция** (белки входят в состав различных органелл клетки); - **Каталитическая** (ферменты- белки**);** - **Энергетическая** (могут распадаться с высвобождением энергии); - **Защитная** (Антитела – белки. - **Двигательная** (сократительные волокна состоят из белков). - **Транспортная** (белки-переносчики для разных веществ).
Нуклеиновые кислоты	Биополимеры; Мономеры – нуклеотиды.	1). **Синтез белка;** 2). **Хранение наследственной информации** клетки

Общая характеристика белков

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

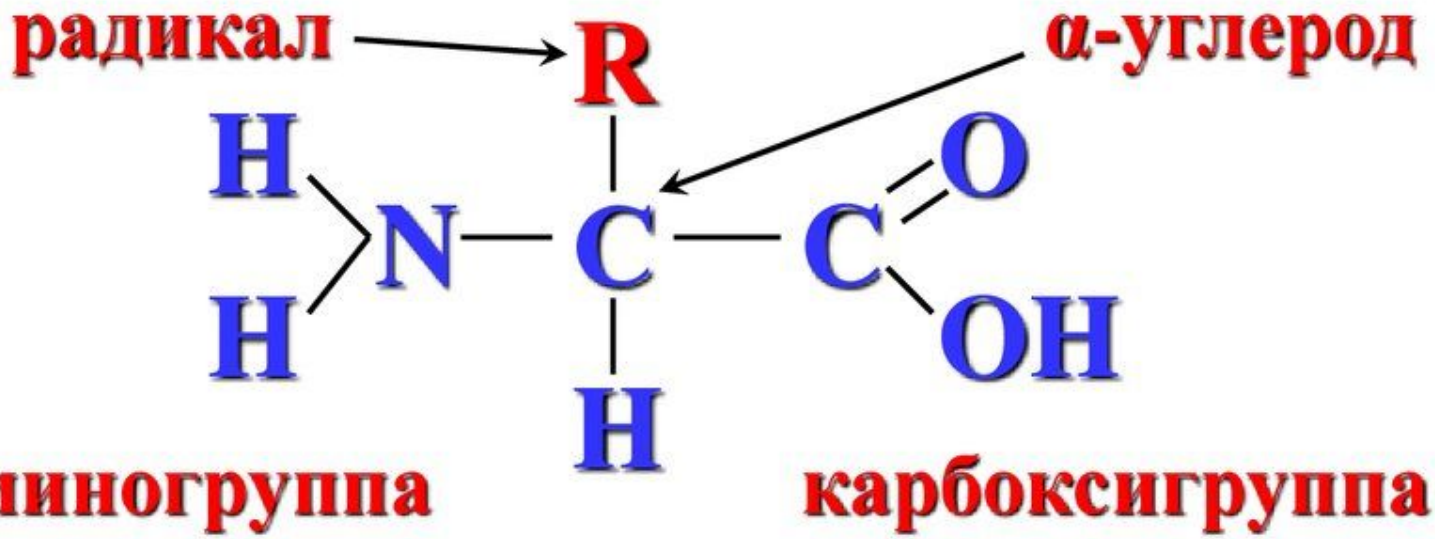
В состав простых белков входят: C, H, O, N, S. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь. Гемоглобин – $C_{3032}H_{4816}O_{872}N_{780}S_8Fe_4$

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 α-аминокислот.

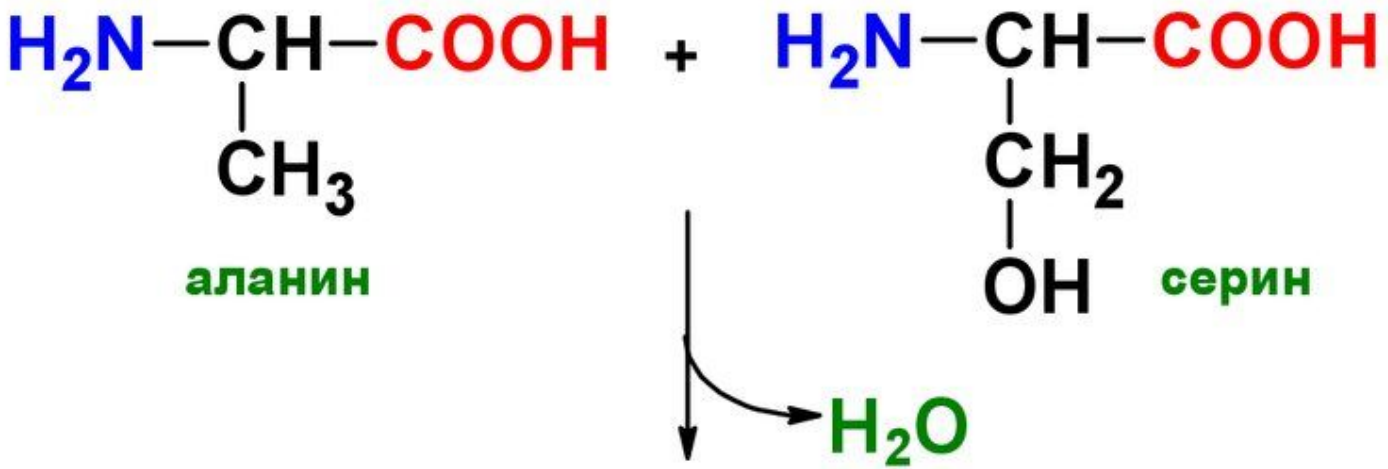
Белки являются *непериодическими гетерополимерами*, мономерами которых являются аминокислоты. В клетках и тканях обнаружено свыше 170 различных аминокислот, но в состав белков входит лишь 20.

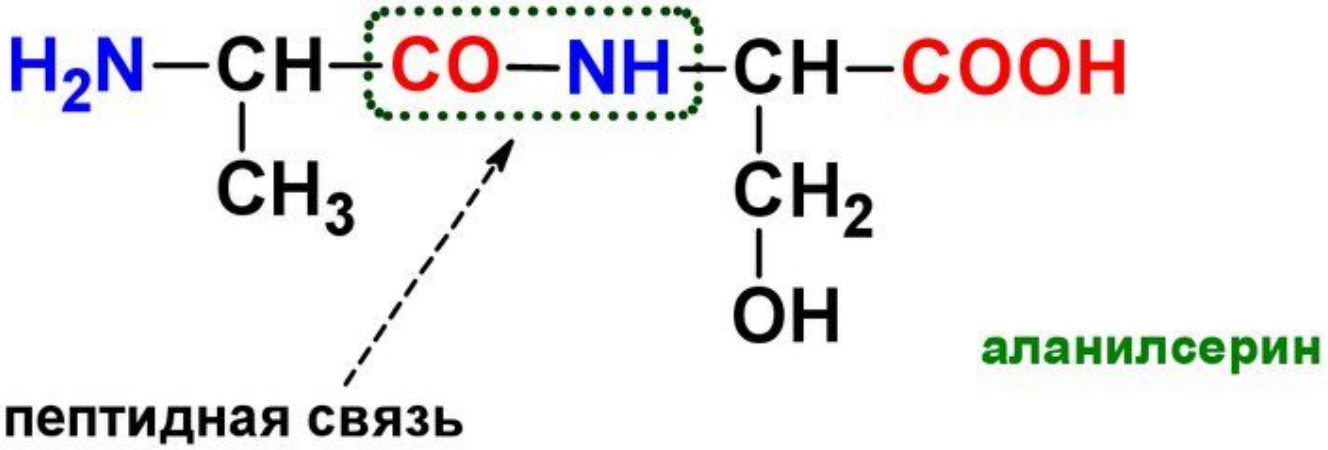
Строение аминокислоты



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;

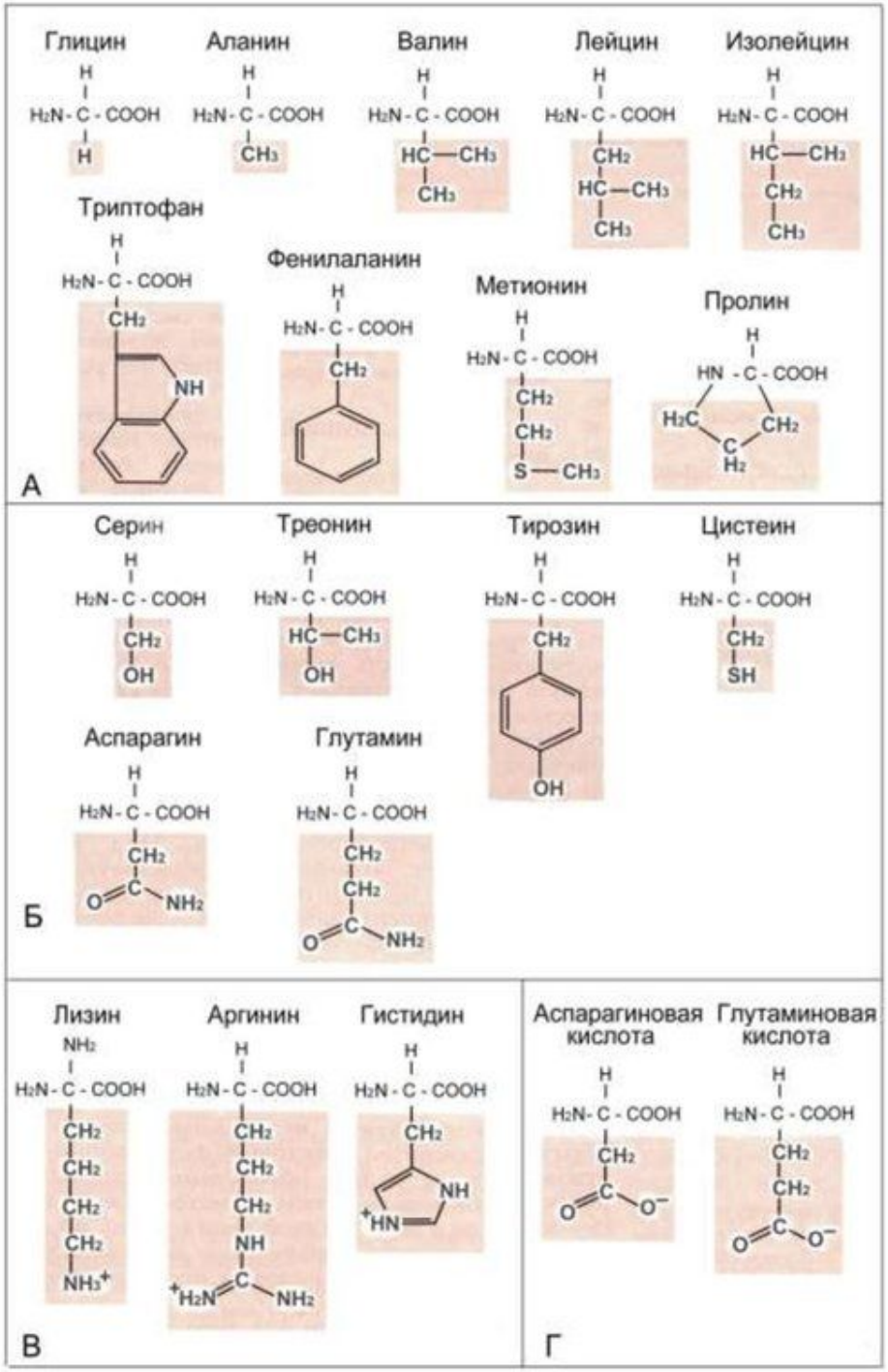
В – основные аминокислоты, с положительным зарядом;

Г – кислые аминокислоты с отрицательным зарядом.

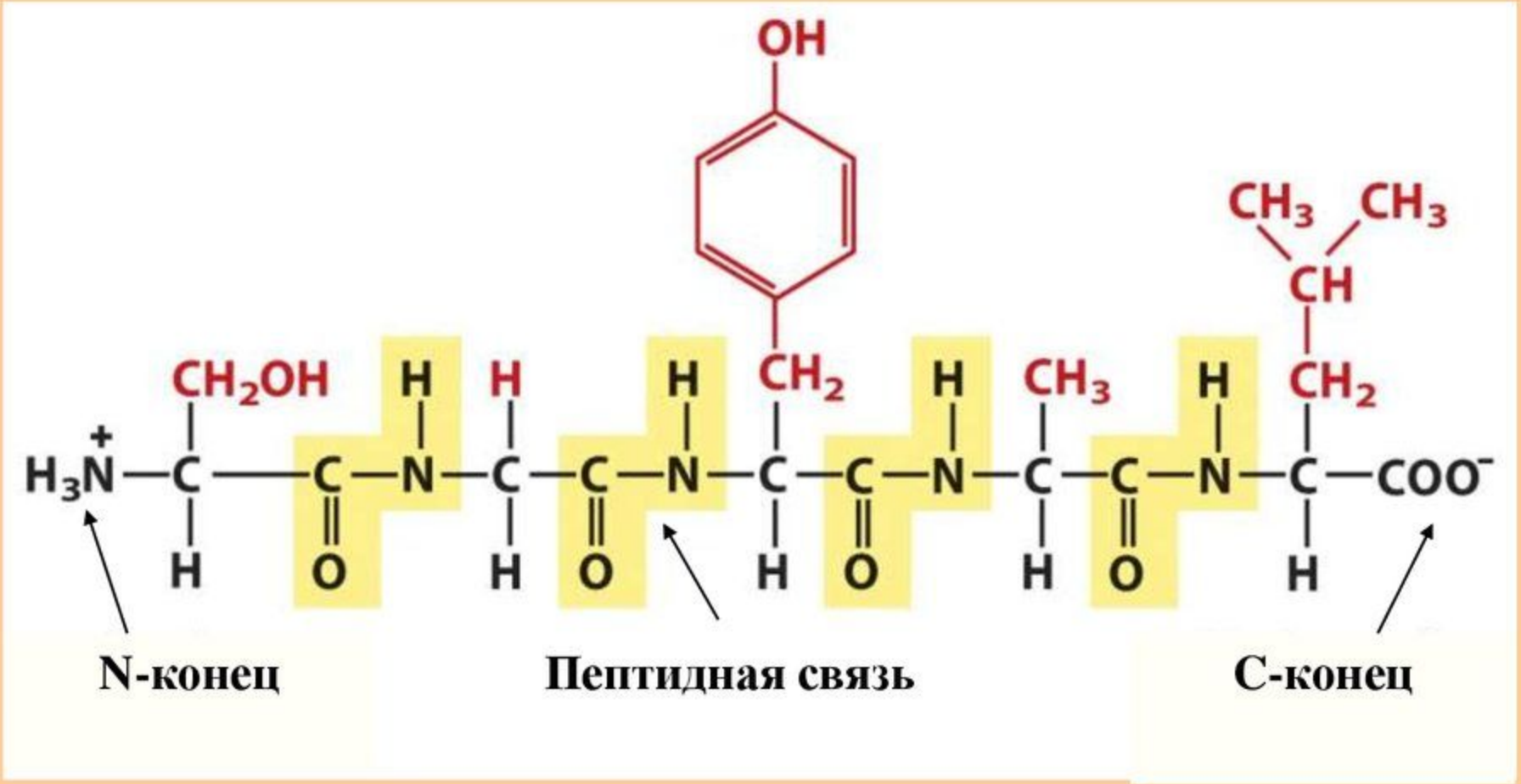
Метионин и цистеин – серосодержащие аминокислоты.

Набор аминокислот в каждом белке определяет его свойства:

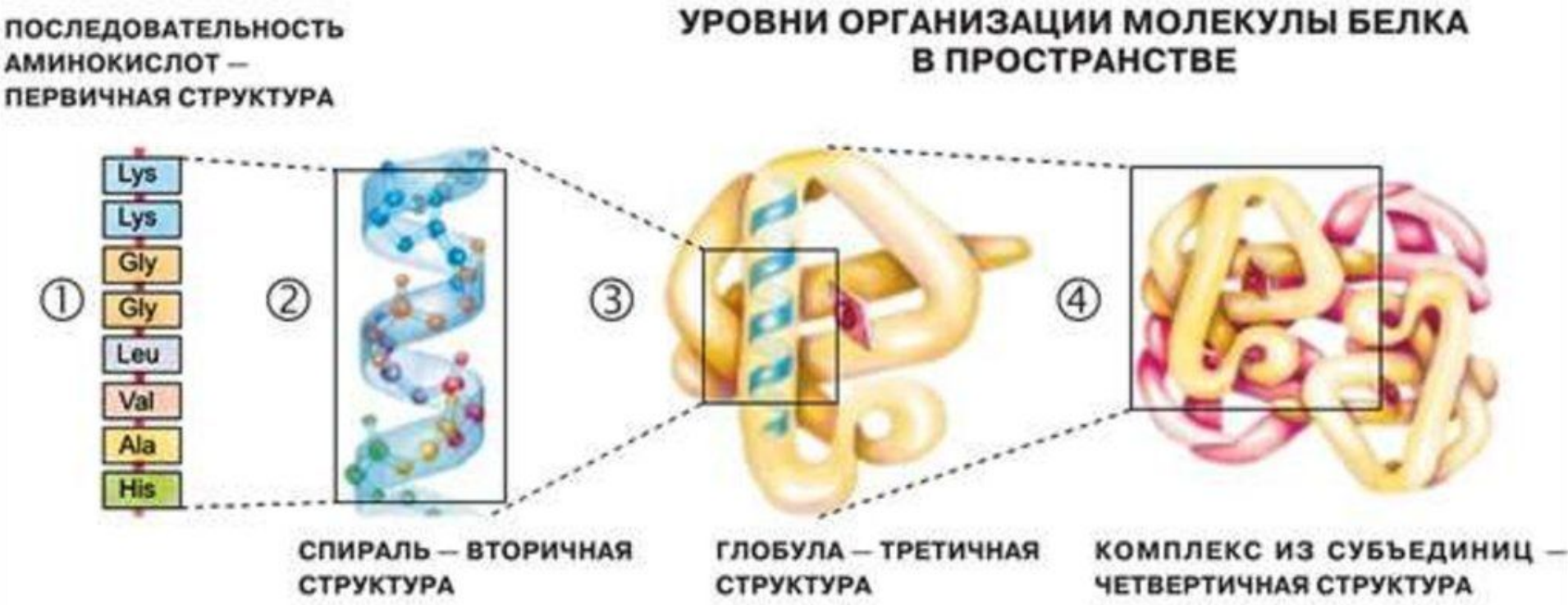
- кислотность-щелочность, т.е. электроподвижность;
- гидрофильность-гидрофобность, т.е. растворимость в воде;
- пространственную организацию и функцию.



Строение белков



Уровни организации белковой молекулы в пространстве

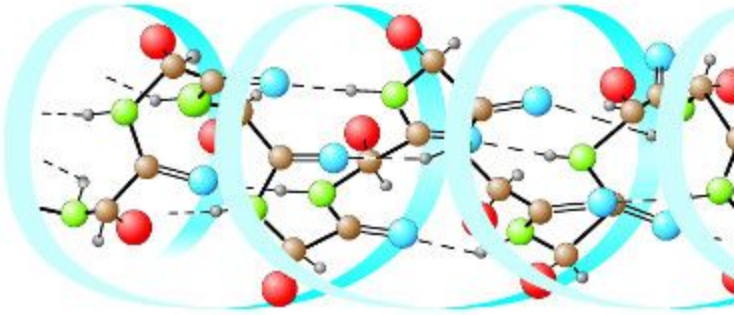


СТРОЕНИЕ И УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛ

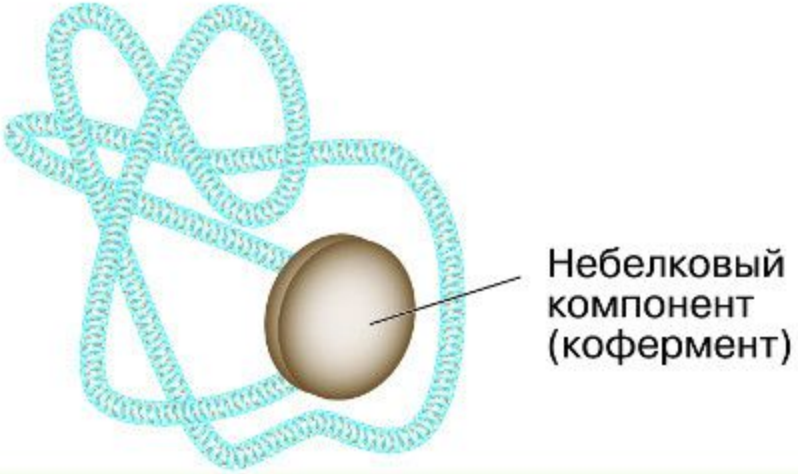
ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА

ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА

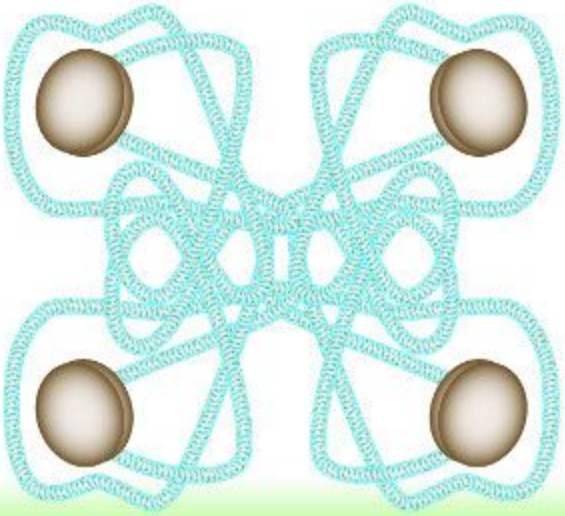
Спираль



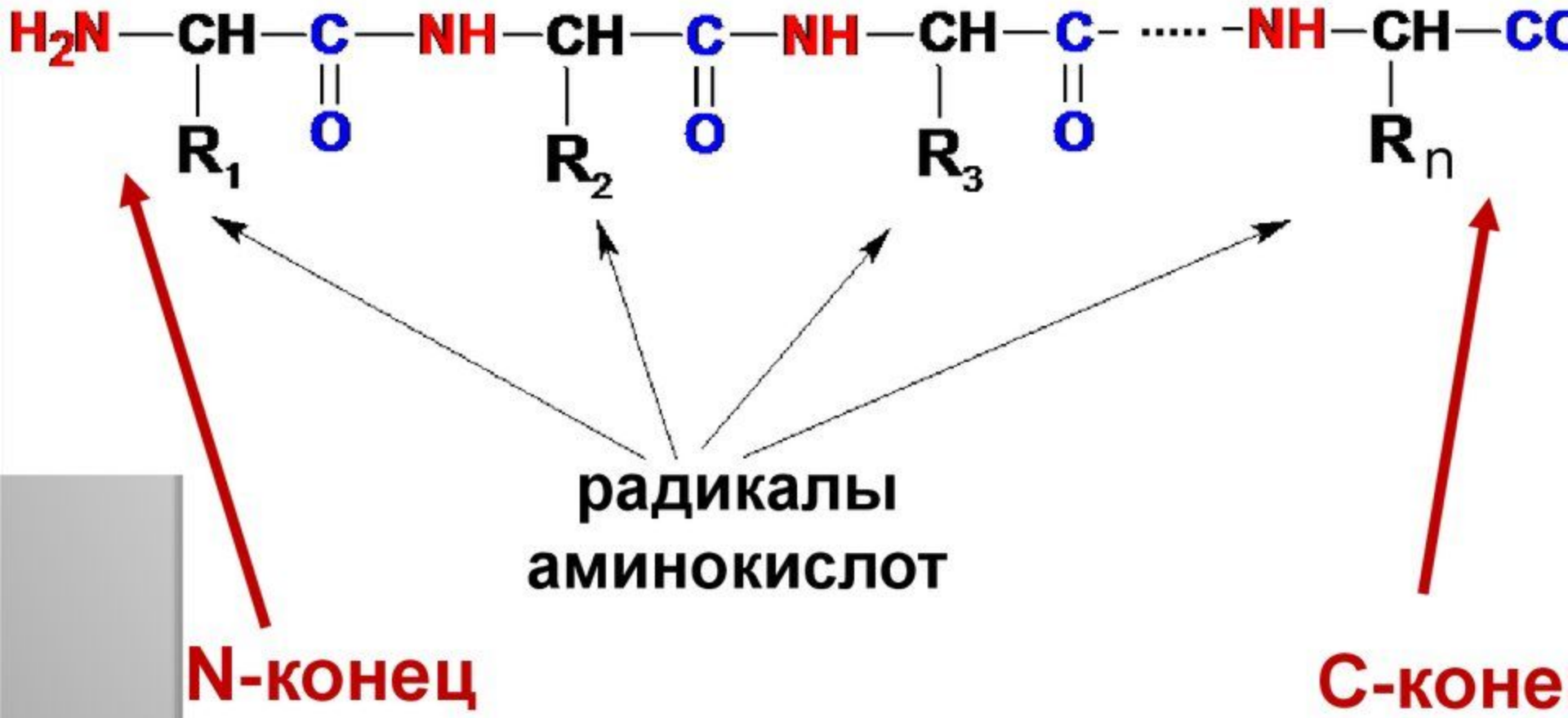
ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУ



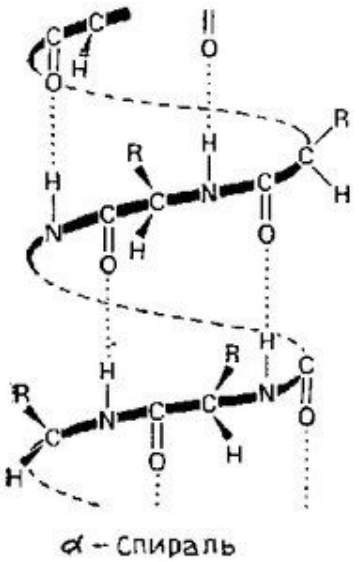
Первичная структура белка



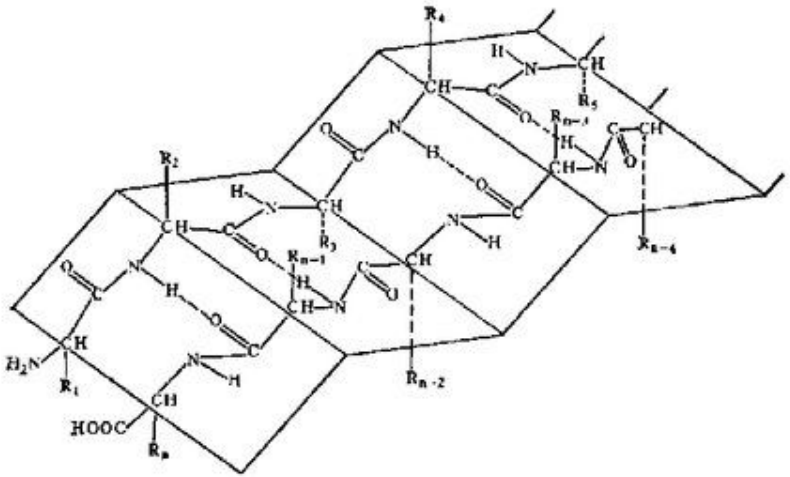
Вторичная структура белка

представляет собой способ укладки I структуры в виде:

α-спирали **β-структуры**

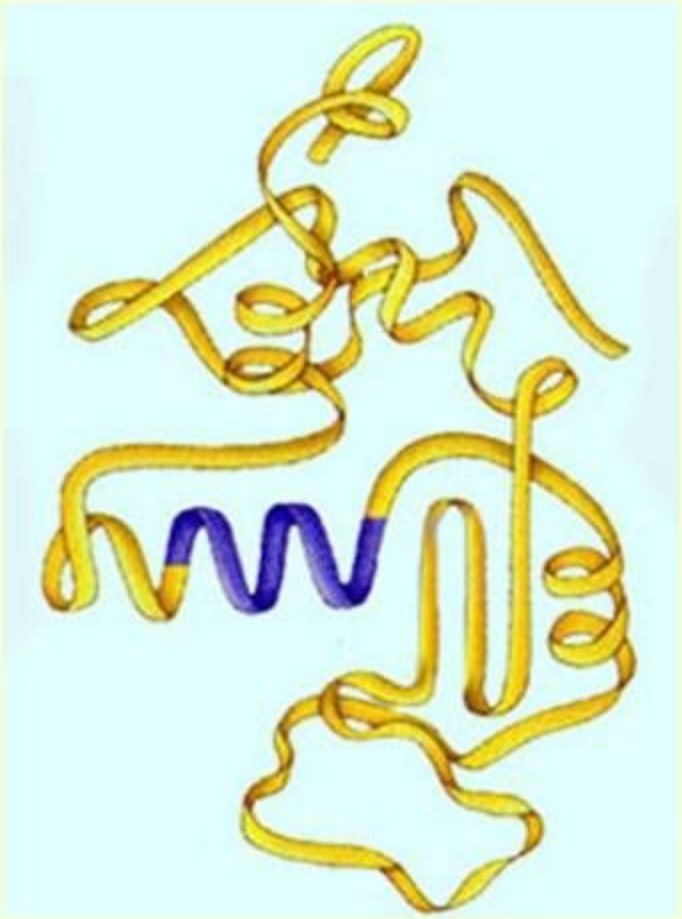


α – Спираль



удерживается водородными связями

Третичная структура белка



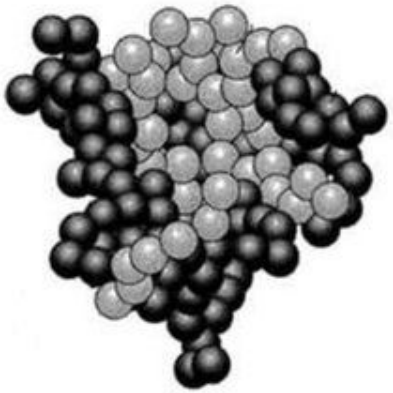
*Спираль, в свою очередь, свернута в форме **глобулы** и **шара**.*

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

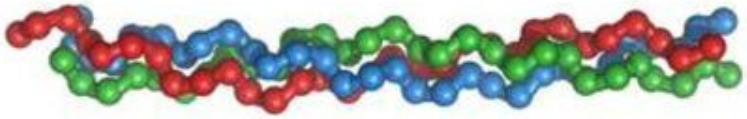
Каждому белку свойственна в определенной среде своя особая пространственная структура.

Форма белковых молекул

- Глобулярные (шарообразные)
- Фибриллярные (нитевидные)



глобула

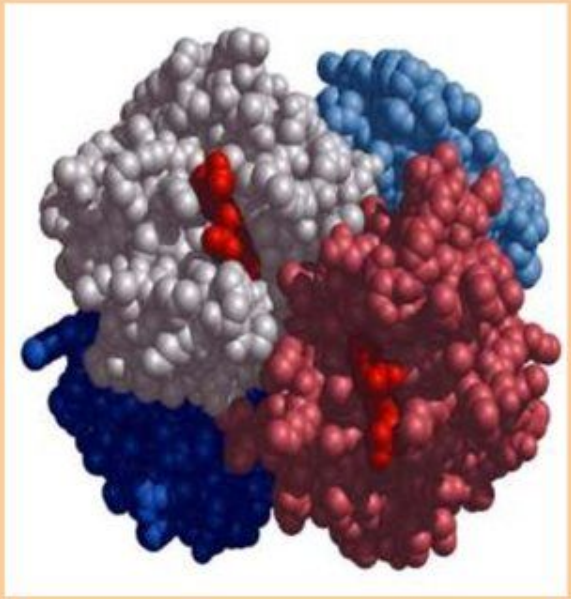


фибрилла

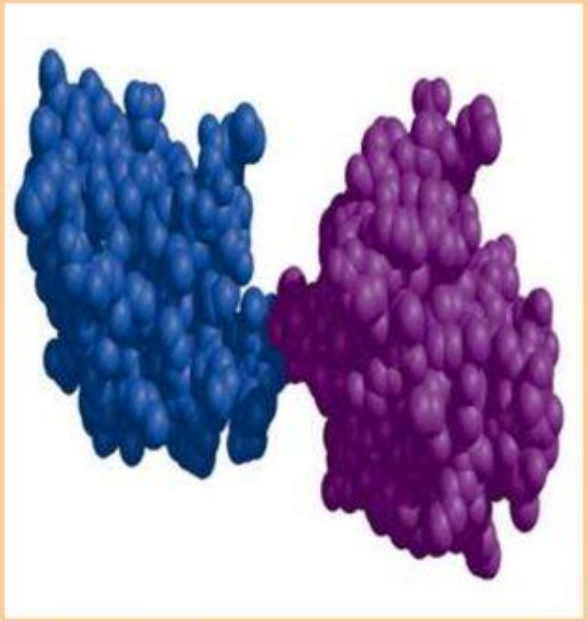
Четвертичная структура белка

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

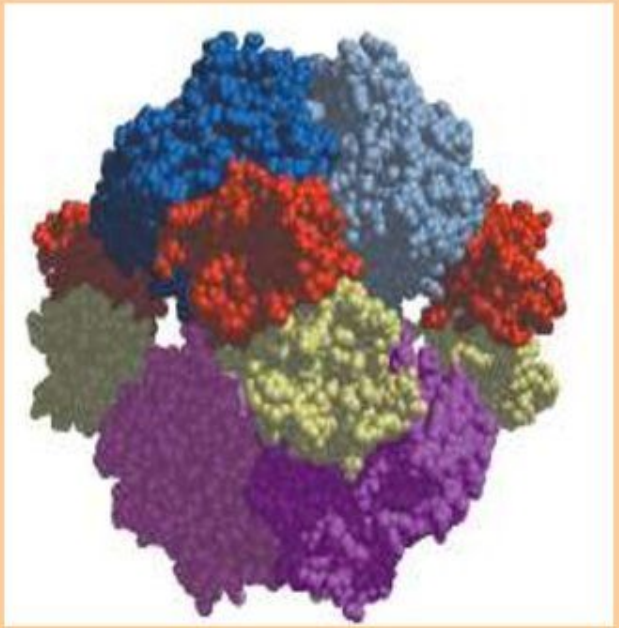
Она возникает в результате ассоциации нескольких субъединиц в компактную глобулу. Это взаимное расположение субъединиц белка в пространстве.



4 субъединицы в белке

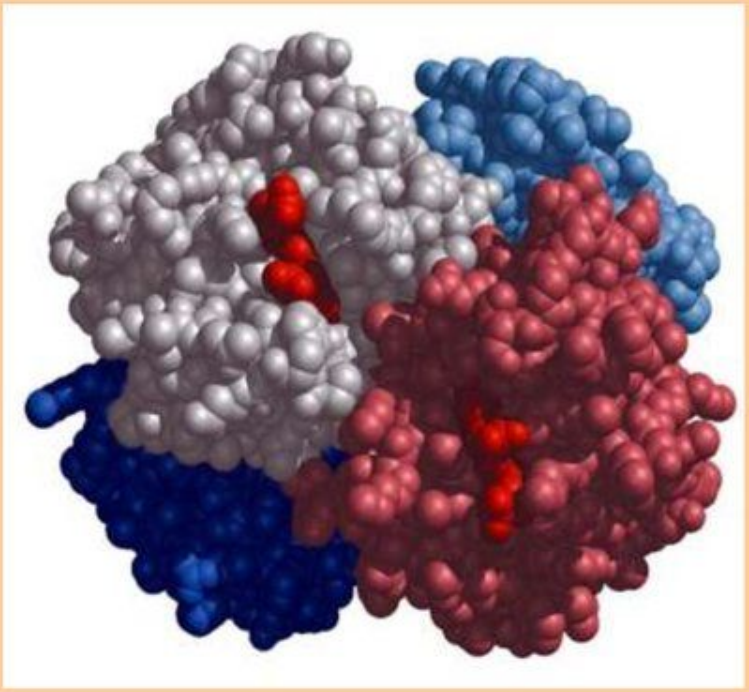


2 субъединицы в белке

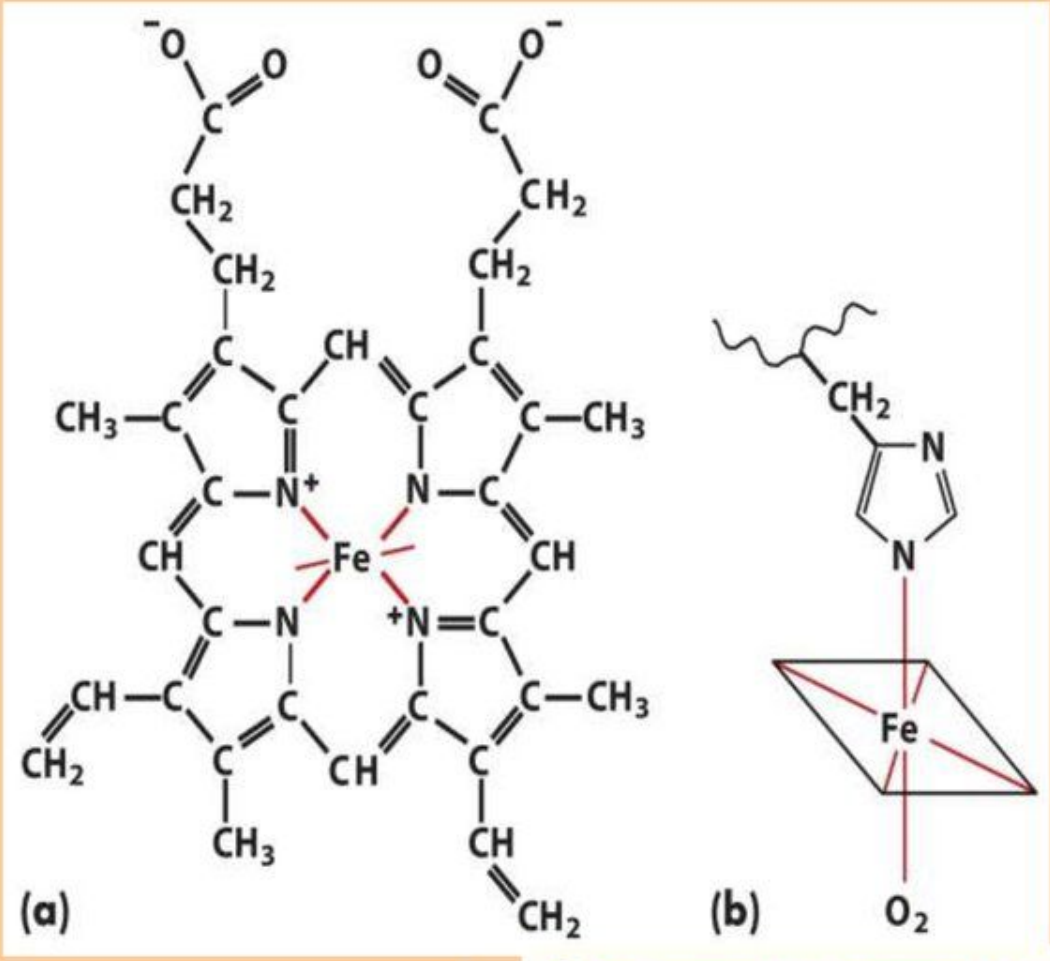


12 субъединиц в белке

Гемоглобин



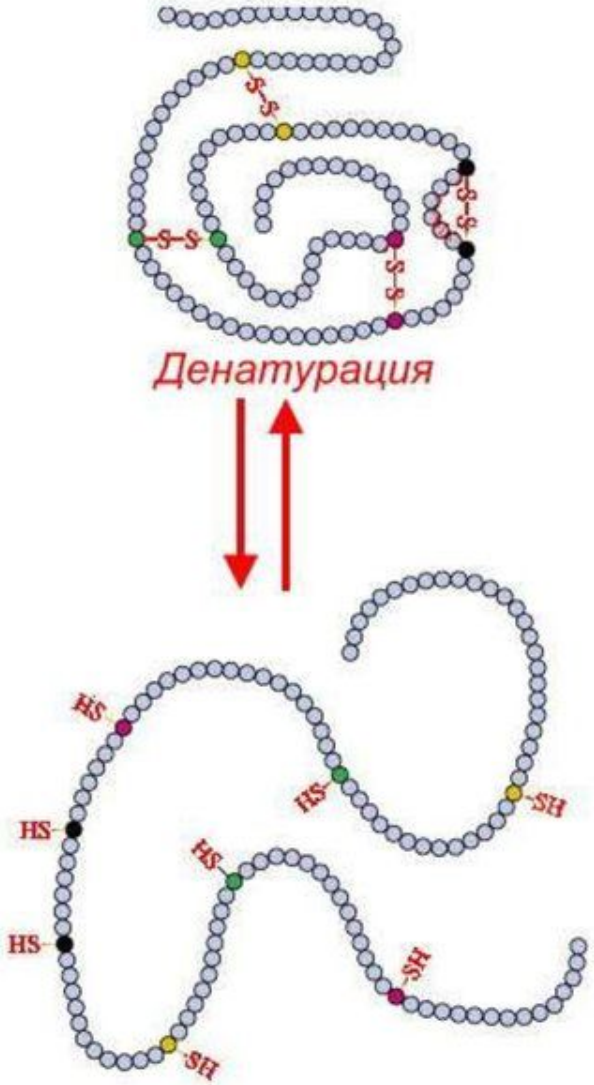
Гемоглобин –тетрамер:
2 α-субъединицы (141 а.к.)
2 β-субъединицы (146 а.к.)



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 свойственных ему 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)

✓ **α- и β-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)**

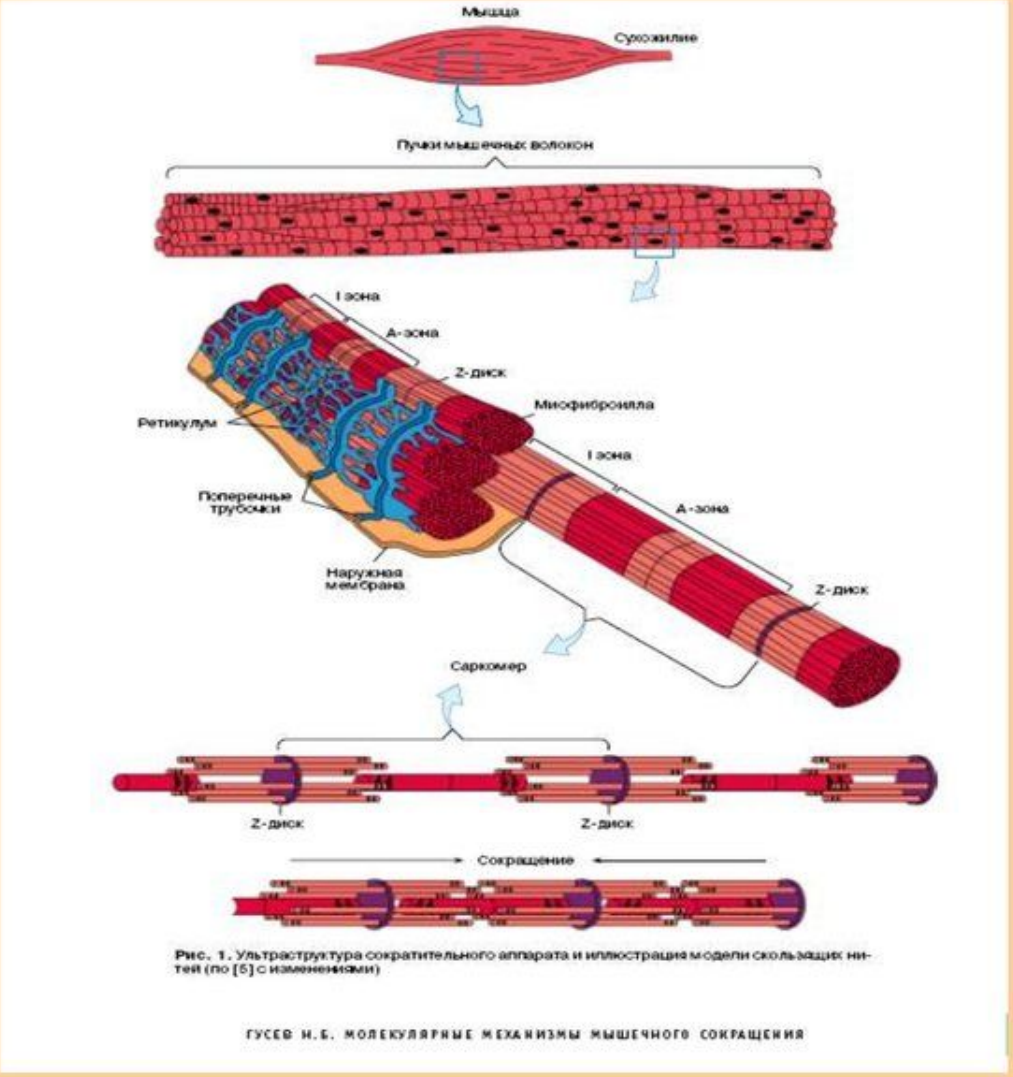


Рис. 1. Ультраструктура сократительного аппарата и иллюстрация модели скользящих нитей (по [5] с изменениями)

ГУСЕВ Н.Б. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

Белки-Ферменты

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

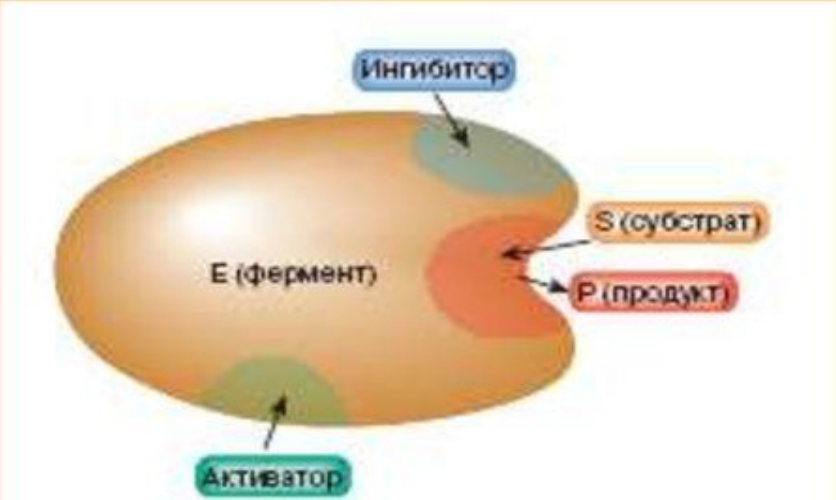


Рис. 1. Схематическое изображение взаимодействия фермента с субстратом и эффекторами

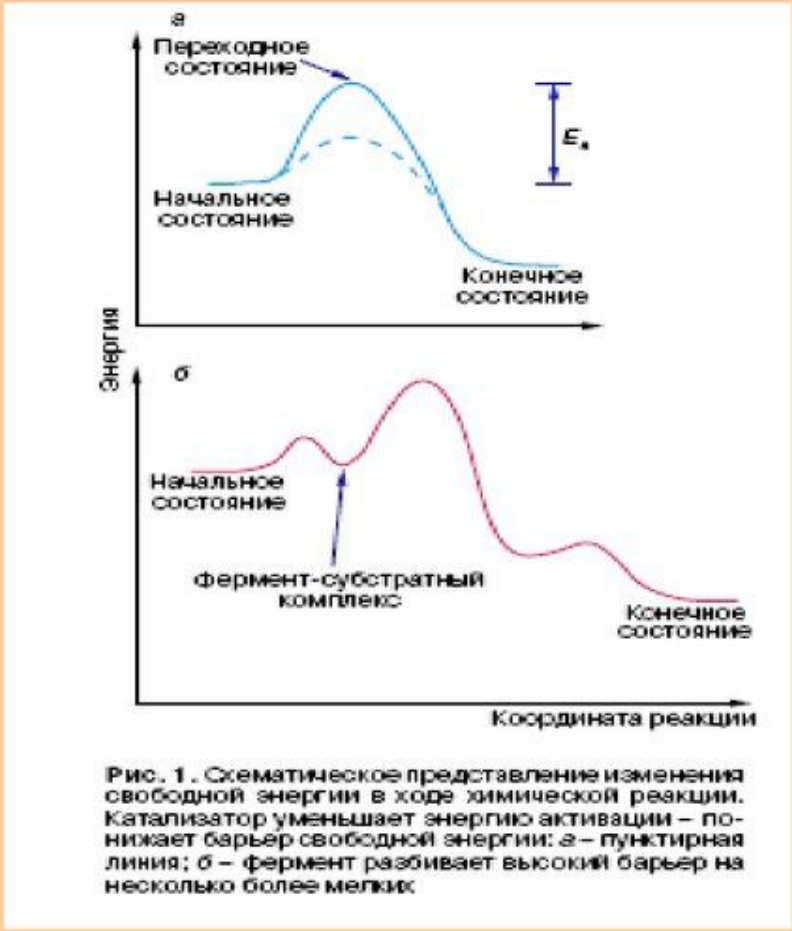


Рис. 1. Схематическое представление изменения свободной энергии в ходе химической реакции. Катализатор уменьшает энергию активации – понижает барьер свободной энергии: *а* – пунктирная линия; *б* – фермент разбивает высокий барьер на несколько более мелких

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

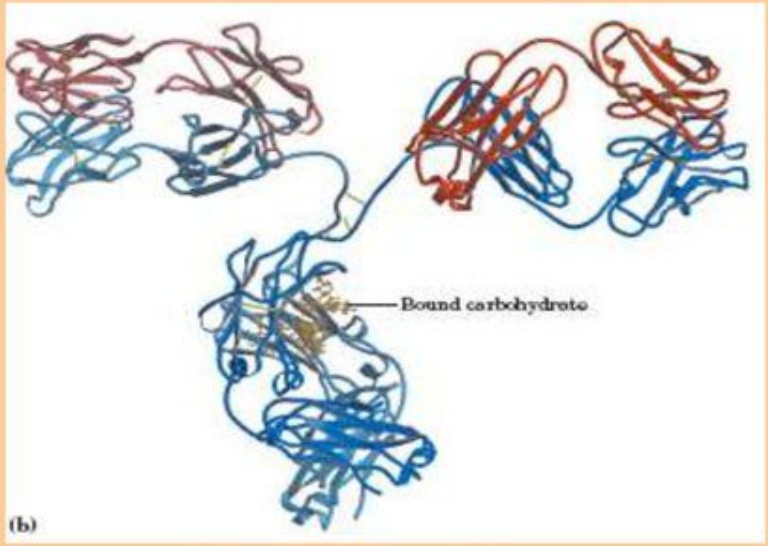
Регуляторные белки необходимы для функционирования различных звеньев клеточного метаболизма:

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

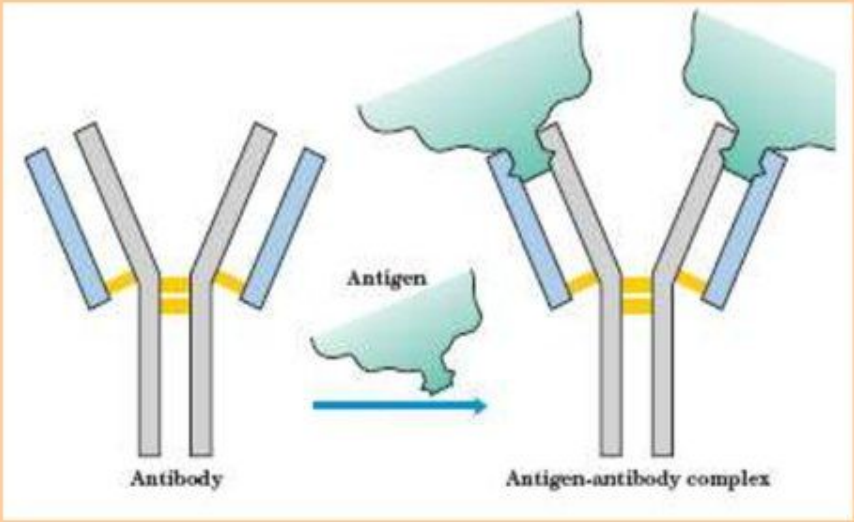
Защитные белки

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 (Ат) 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

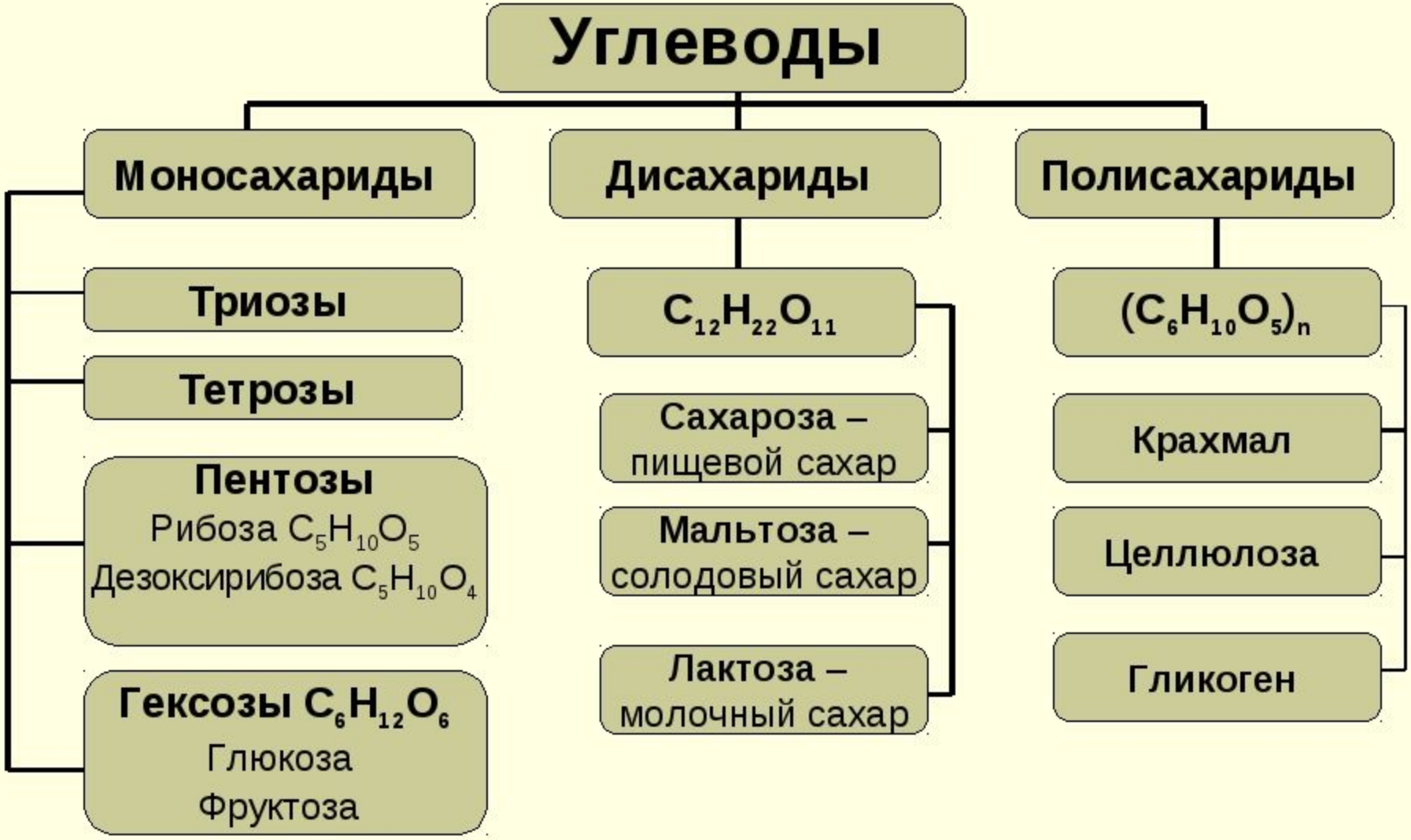
Гормоны – биологически активные регуляторы, вырабатываются в эндокринных железах и разносятся по кровяному руслу к клеткам-мишеням.

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).

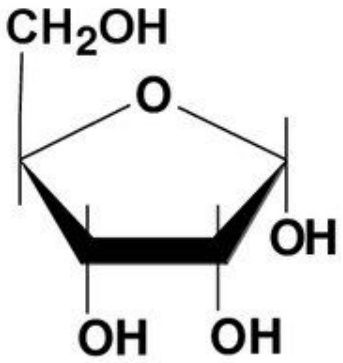
Пептидные гормоны – окситоцин, вазопрессин, глюкагон, гастрин, кальцитонин, тканевые гормоны брадикинин и ангиотензин.

Классификация углеводов

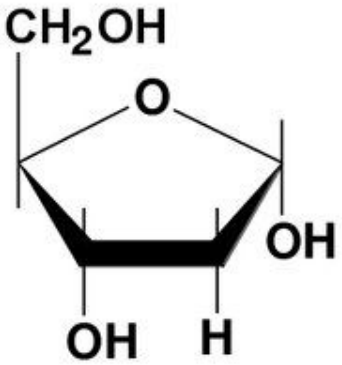


Моносахариды

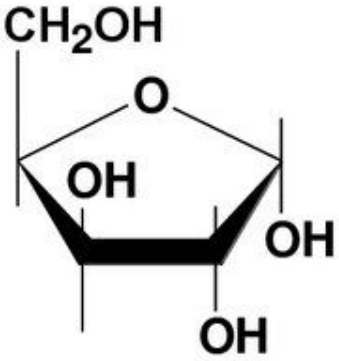
пентозы



D-рибоза

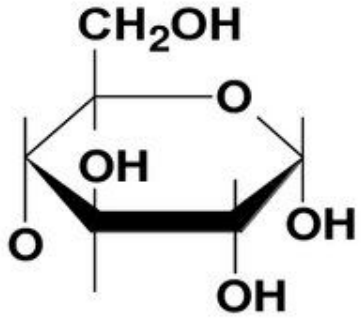


D-дезоксирибоза

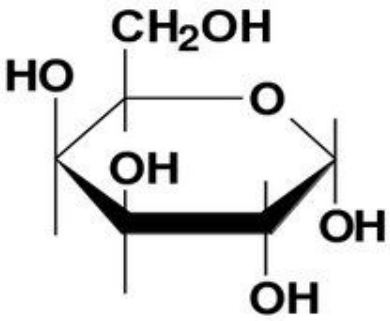


D-ксилоза

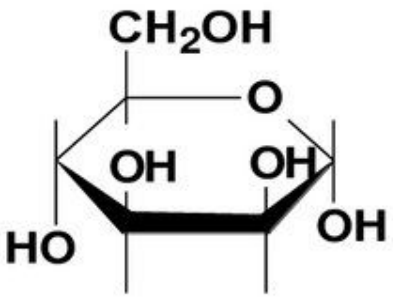
гексозы



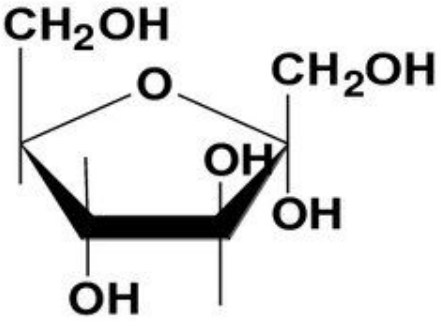
D-глюкоза



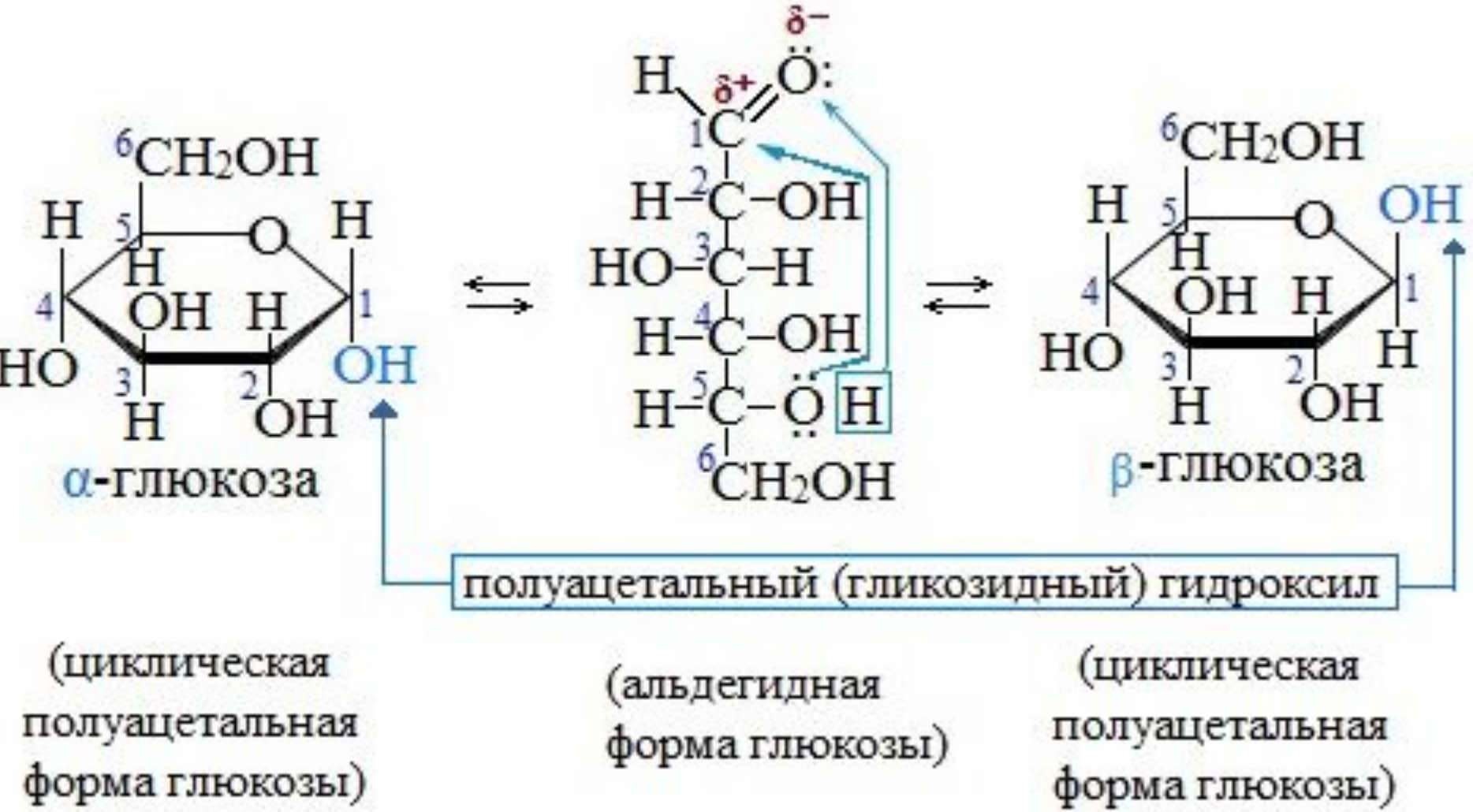
D-галактоза



D-манноза



D-фруктоза



(циклическая полуацетальная форма глюкозы)

(альдегидная форма глюкозы)

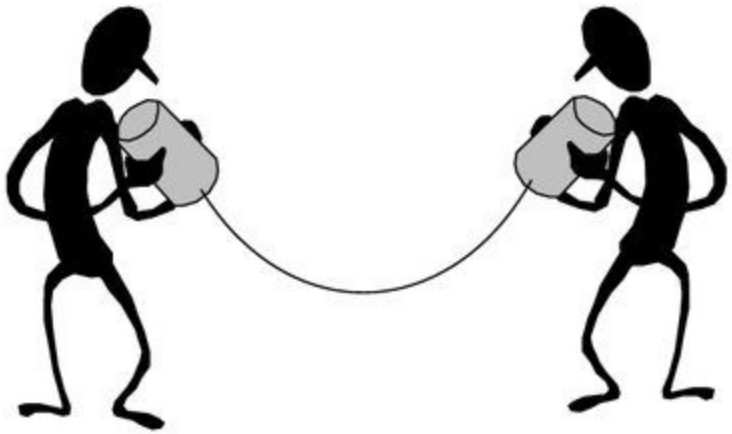
(циклическая полуацетальная форма глюкозы)

СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

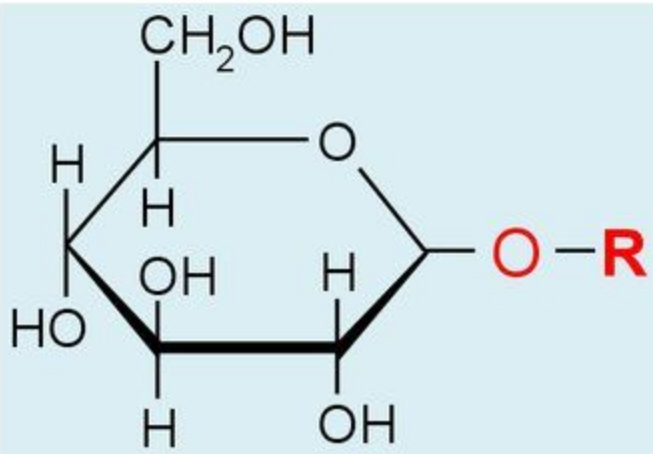
1. Разные формы моносахаридов различаются по растворимости и температуре плавления
2. Кристаллизуются
3. Гигроскопичны
4. Сладкие на вкус
5. Проявляют слабые кислотные свойства
6. Обладают восстановительными свойствами (т.е. легко окисляются)

Дисахариды

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



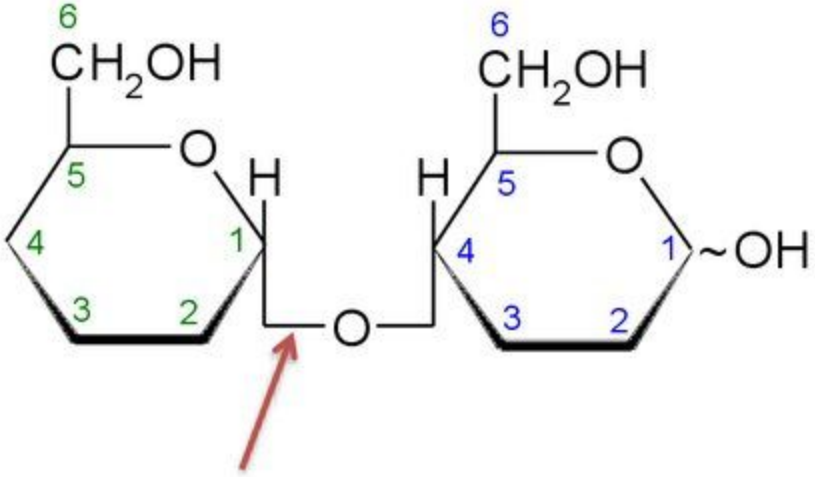
Структура дисахаридов



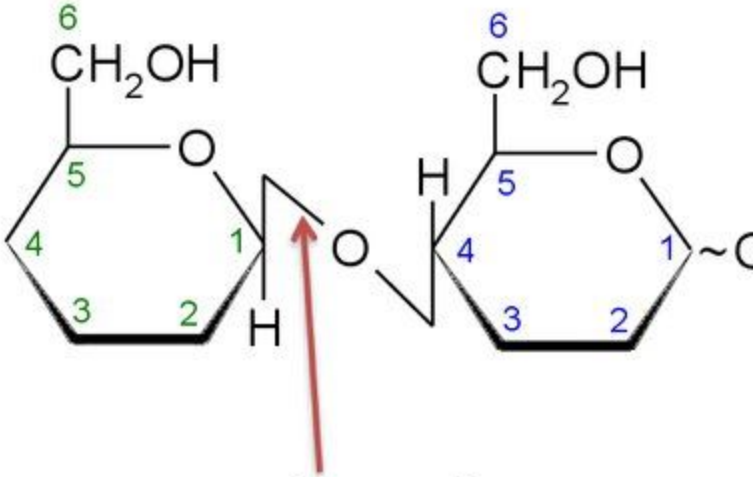
R = остаток моносахарида

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

Тип гликозидной связи



α(1→4)



β(1→4)

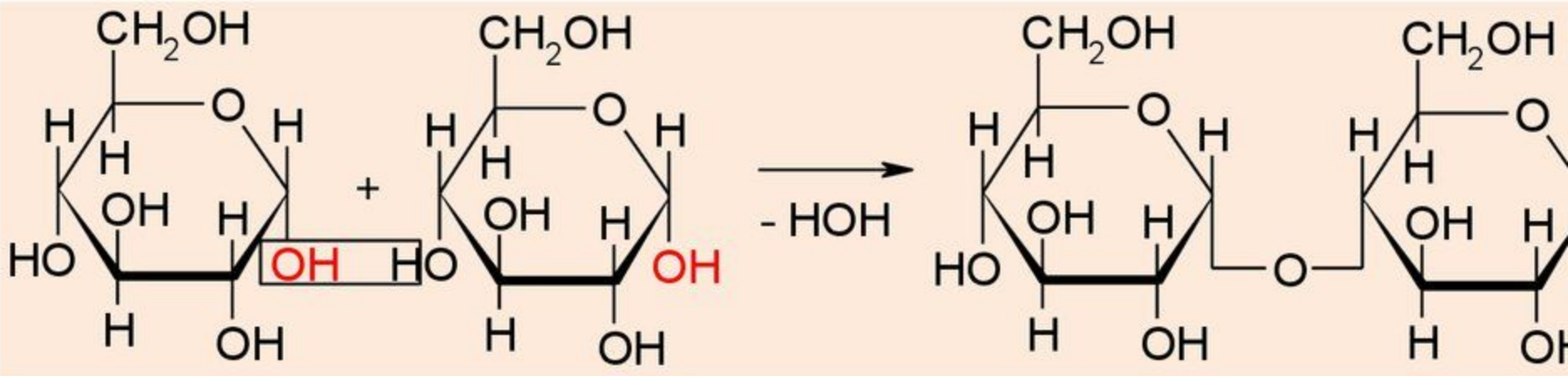
По строению и химическим связям дисахариды делят на 2 типа:

I. восстанавливающие (мальтоза, лактоза, целлобиоза),

II. невосстанавливающие (сахароза).

Мальтоза

Мальтоза (от англ. *malt* - солод) (солодовый сахар) (4-O-α-D-глюкопиранозил-(1→4)-D-глюкопиранос состоит из остатков α,D-глюкопиранозы и D-глюкозы.



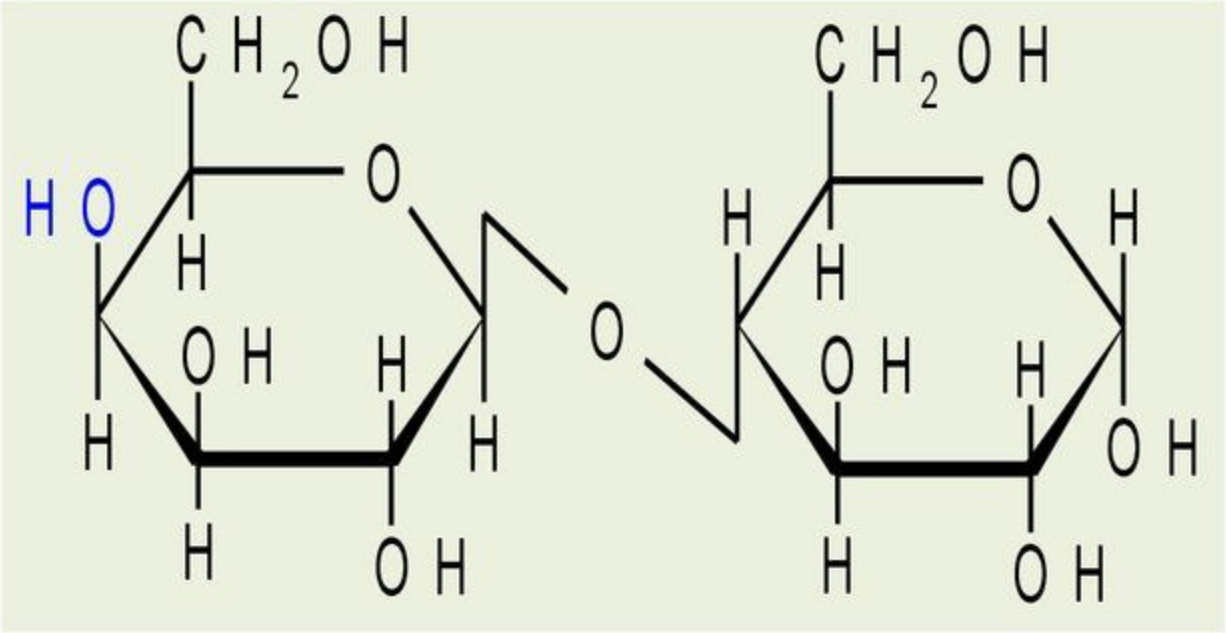
Связь между остатками α(1→4)-гликозидная.

Мальтоза

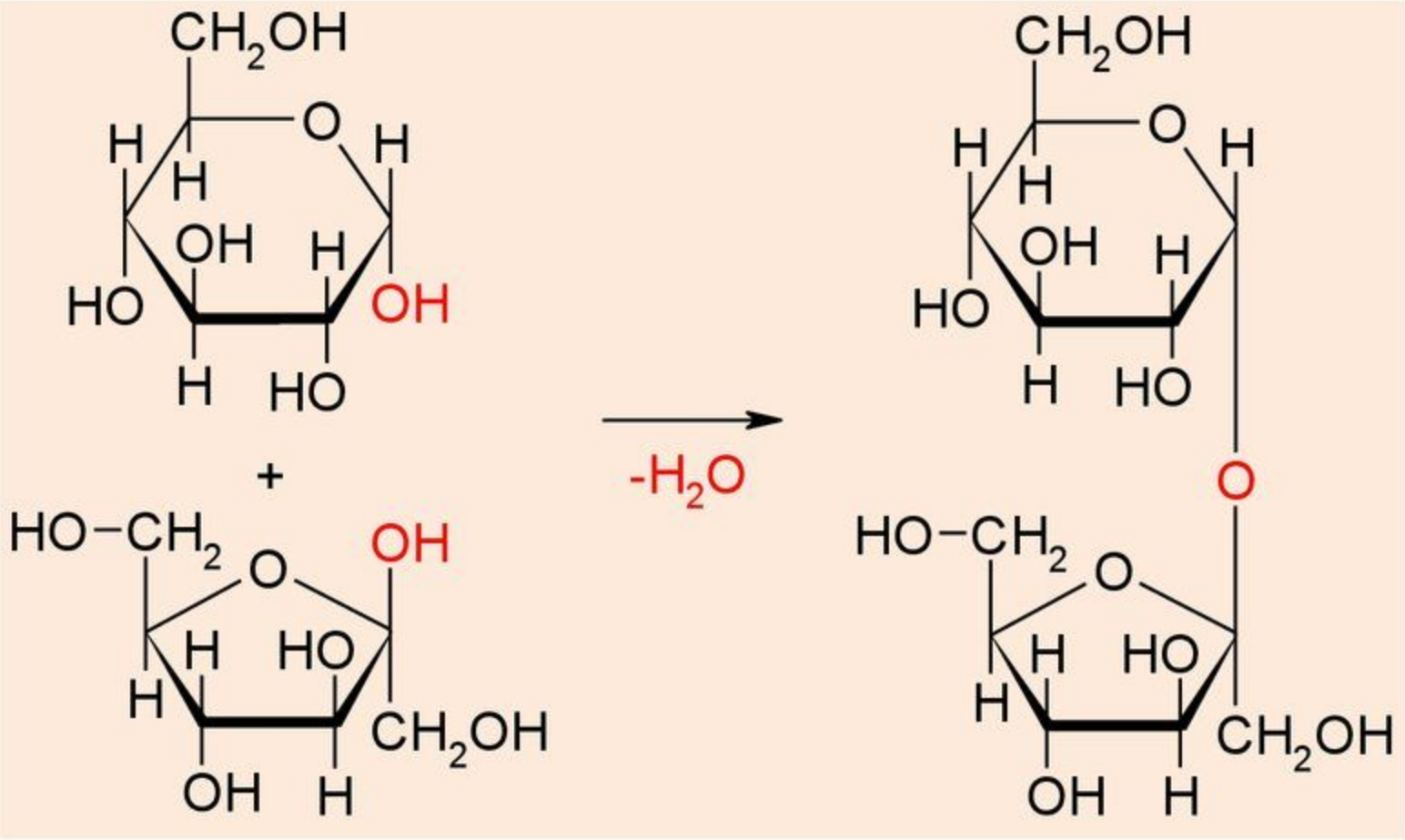
Мальтоза содержится в больших количествах в проросших зёрнах (солоде) ячменя, ржи и других зерновых; обнаружена также в томатах, в пыльце и нектаре ряда растений.

Лактоза

Лактоза (от лат. *lactis* - молоко) (b-D-галактопиранозил-(1→4)-D-глюкопираноза) молочный сахар; состоит из остатков β,D-галактопиранозы и D-глюкозы, связь между остатками β(1→4)-гликозидная.



Сахароза состоит из остатков α,D-глюкопиранозы и β,D-фруктофуранозы, связи между остатками (1→2) и (2→1)-гликозидные.



Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар) (b-D-фруктофуранозил-a-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 мылыша.

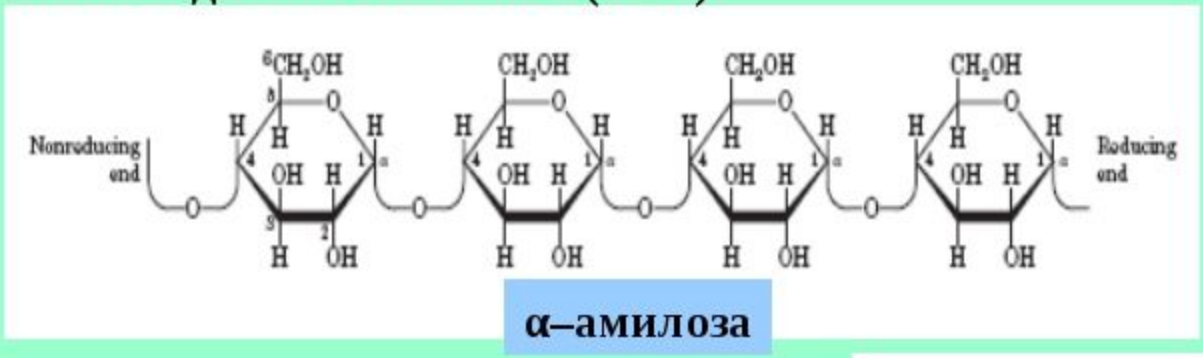
Лактоза способствует поглощению кальция и железа и стимулирует образование кишечных колоний Lactobacillus bifidus.

Полисахариды

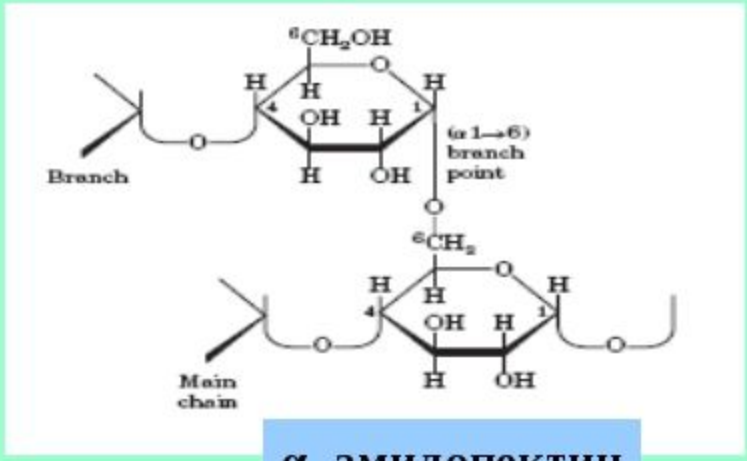
Крахмал – это резервный полисахарид растений.

Состоит из 2-х компонентов:

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



α–амилоза



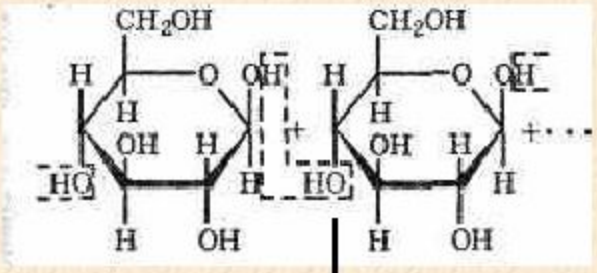
α–амилопектин

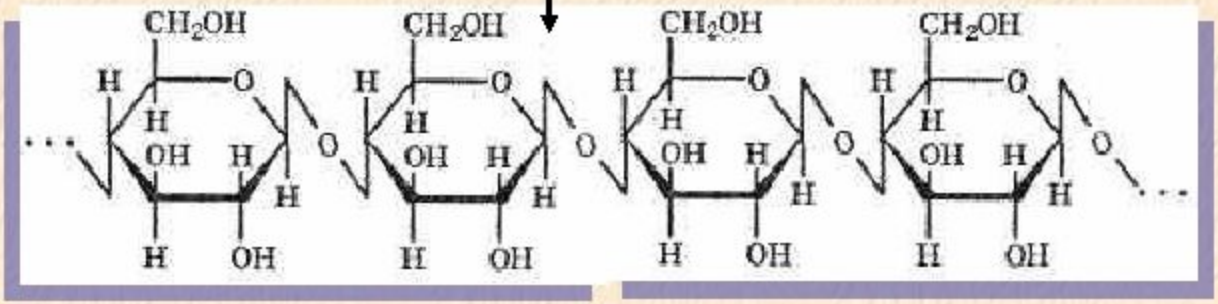
ПОЛИСАХАРИДЫ:

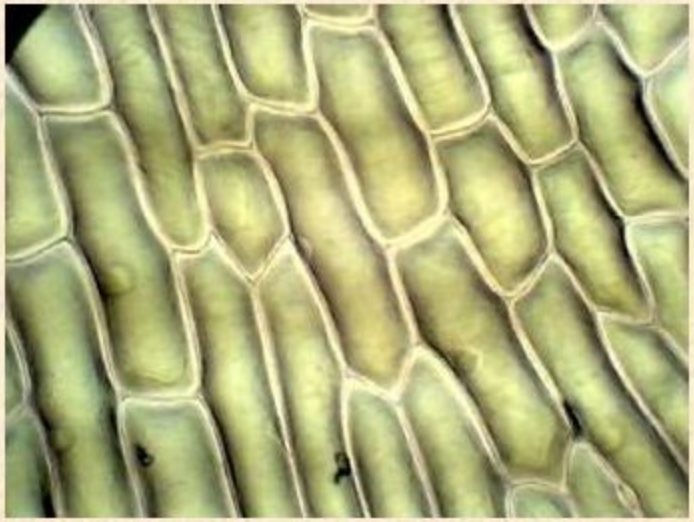
- **Целлюлоза**

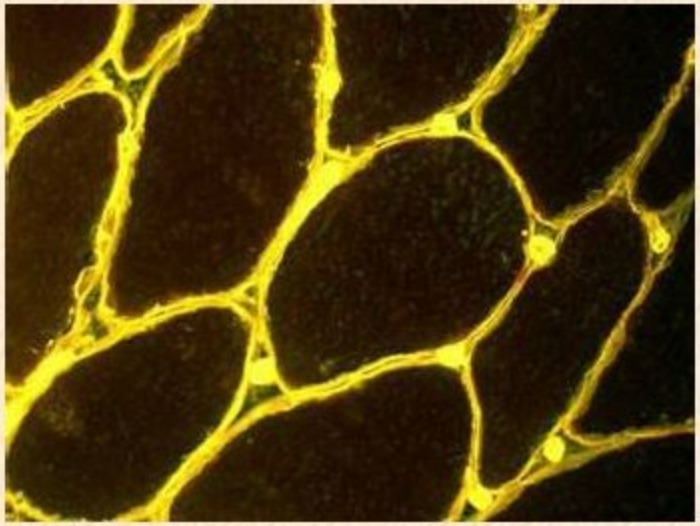
- Нерастворима в воде и не обладает сладким вкусом.

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









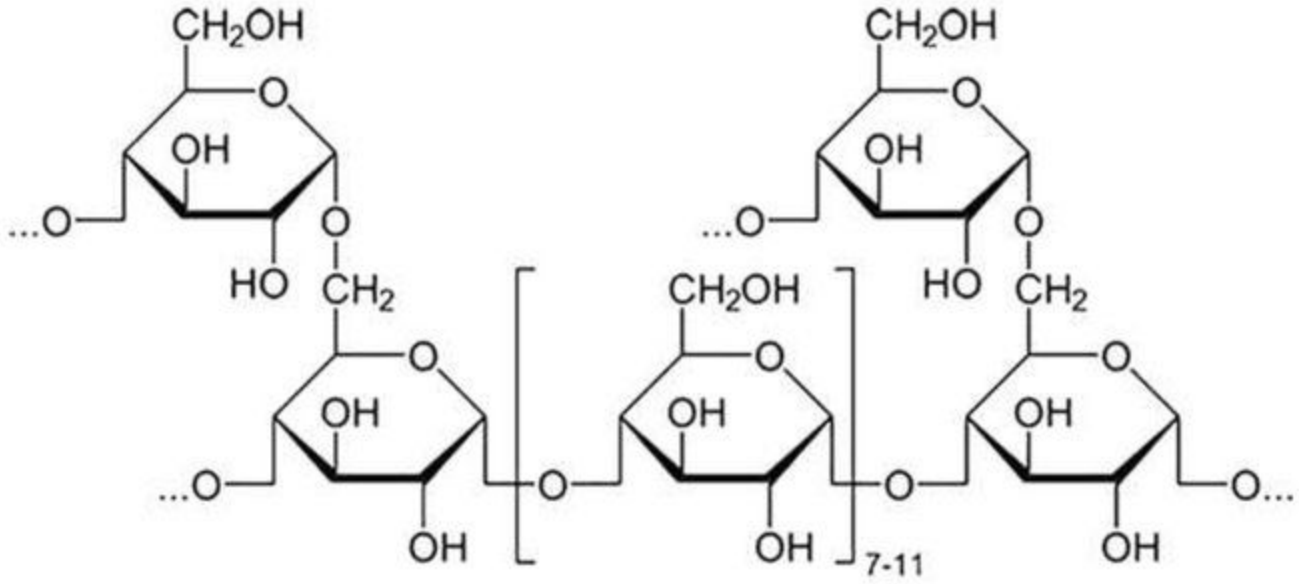
Из нее состоят стенки растительных клеток. Выполняет опорную и защитную функцию.

Полисахариды

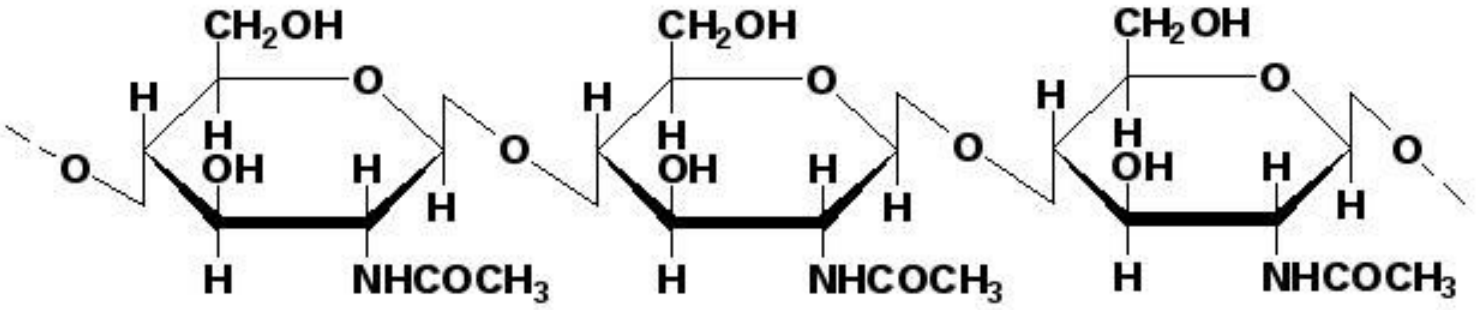
- **Гликоген** - полисахарид животных и человека. Так же, как крахмал в растениях, гликоген в клетках животных выполняет резервную функцию, но, так как в пище содержится лишь небольшое количество гликогена, он не имеет пищевого значения.

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

Гликоген

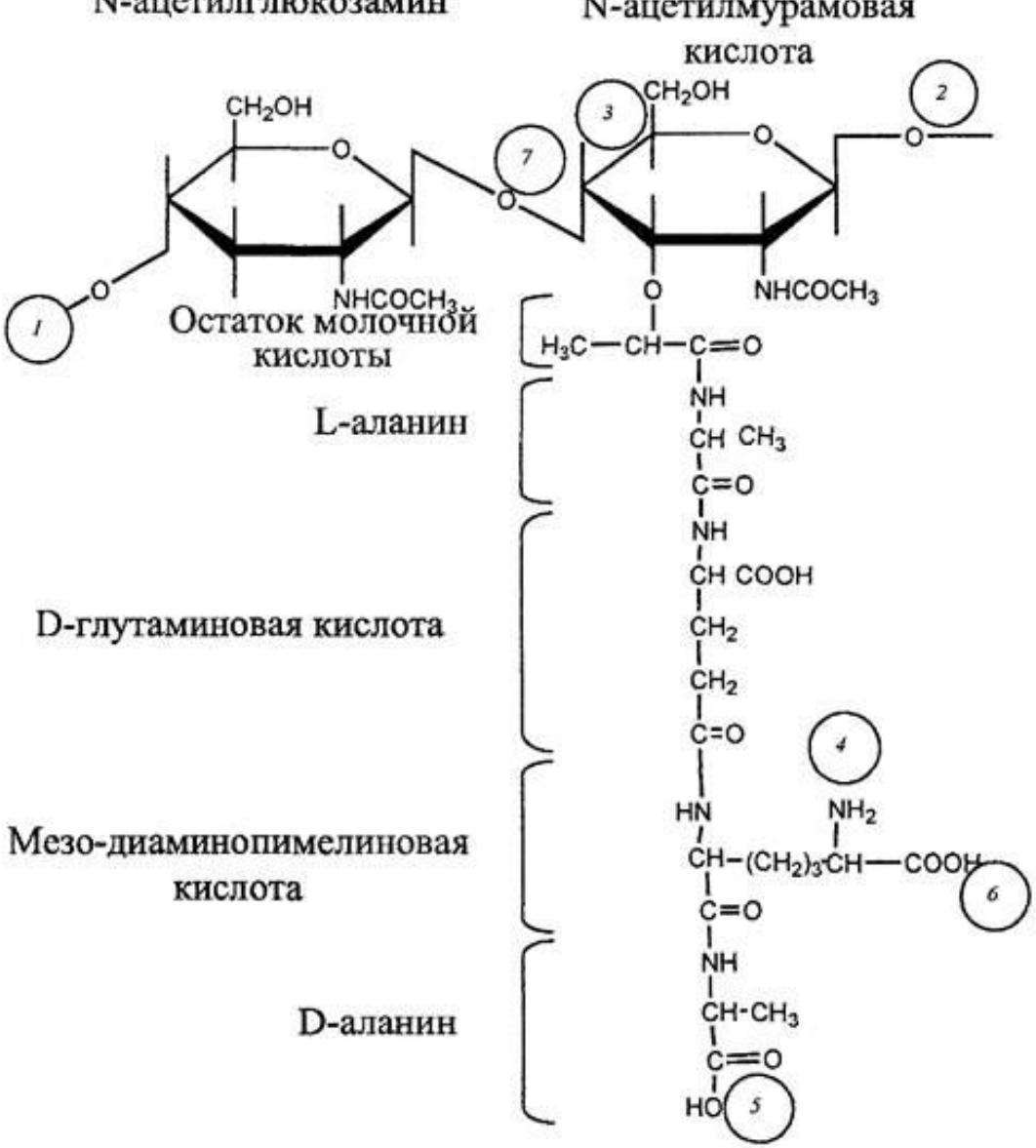


- *Хитин* является структурным гомополисахаридом наружного скелета членистоногих и некоторых других беспозвоночных животных, а также клеточных мембран грибов.



хитин

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



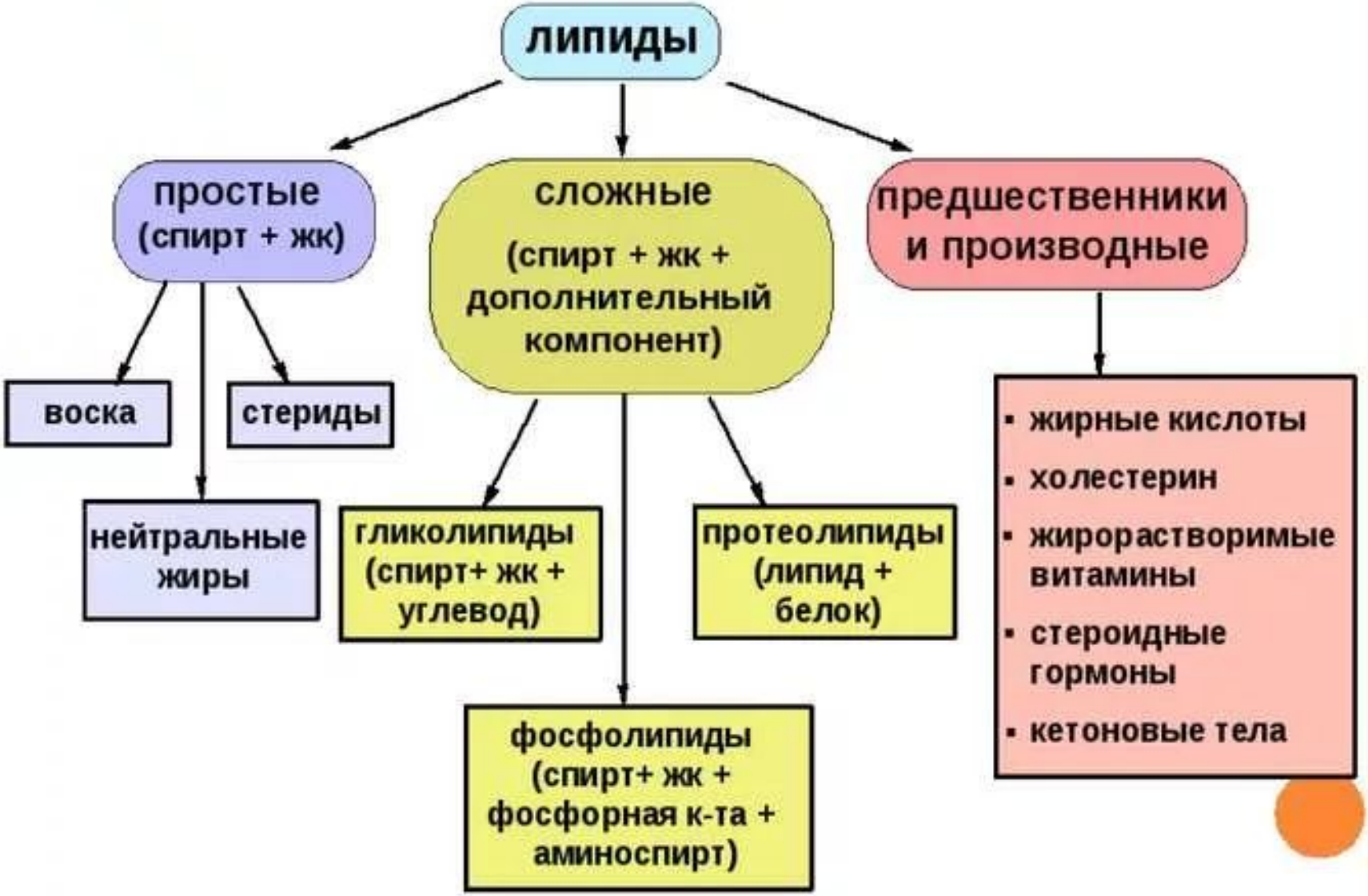
Структура пептидогликана

1 2 – места полимеризации гликанового остова молекулы, *3* – место присоединения с помощью фосфодиэфирной связи молекулы тейхоевой кислоты в клеточной стенке грамположительных прокариот, *4 5* – места по которым происходит связывание цепями с помощью пептидных связей *6* – место ковалентного связывания (пептидная связь) с липопротеидом наружной мембраны у грамотрицательных прокариот *7* – место действия лизоцима

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

- Большинство липидов имеют в своем состав жирные кислоты, связанные со *спиртам* *глицерином* или *холестерином* сложноэфирным связями, с аминоспиртом *сфингозином* – амидно связью.

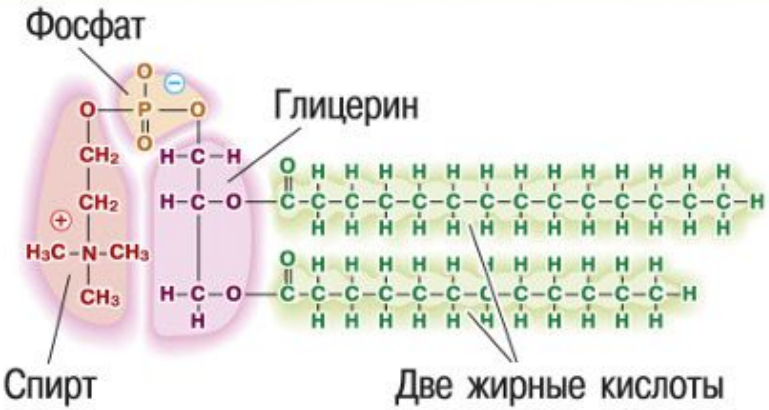
Классификация липидов



СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ

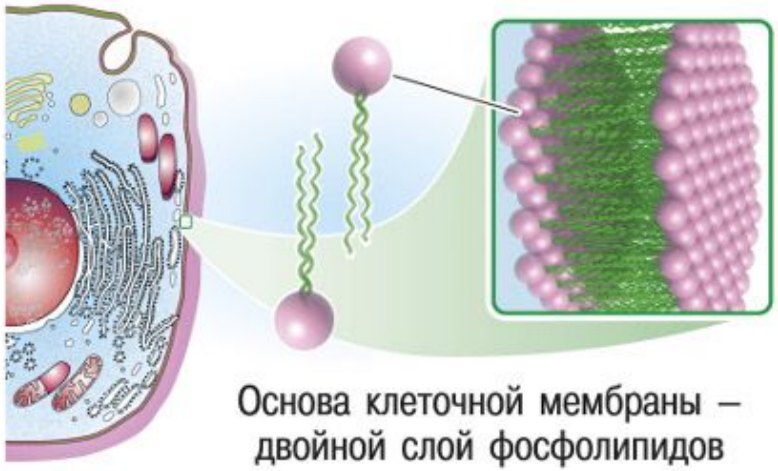
ФОСФОЛИПИДЫ

СТРОЕНИЕ



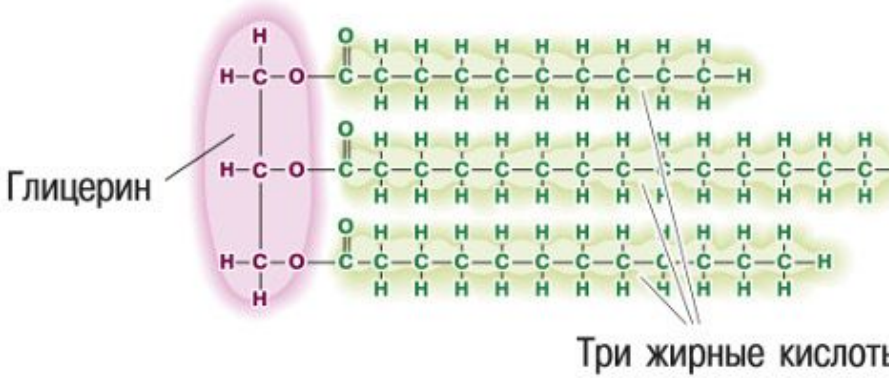
ФУНКЦИИ

СТРОИТЕЛЬНАЯ



ТРИГЛИЦЕРИДЫ

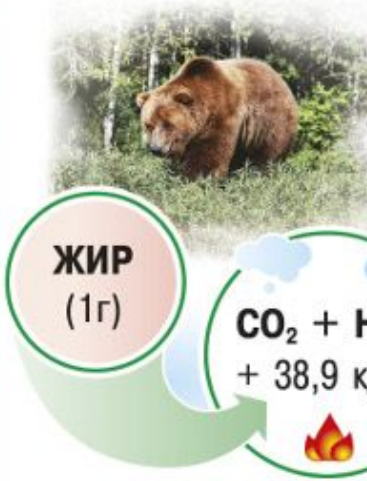
СТРОЕНИЕ



ФУНКЦИИ

ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩАЯ

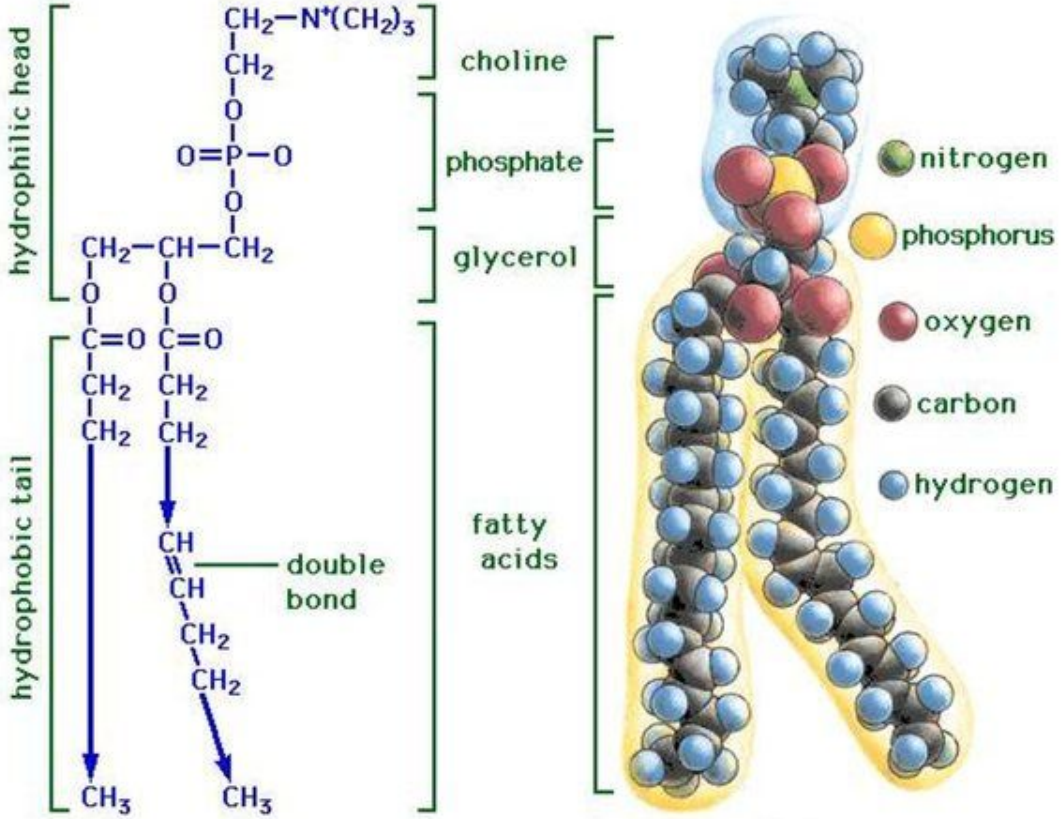
ЭНЕРГЕТИЧЕСКА



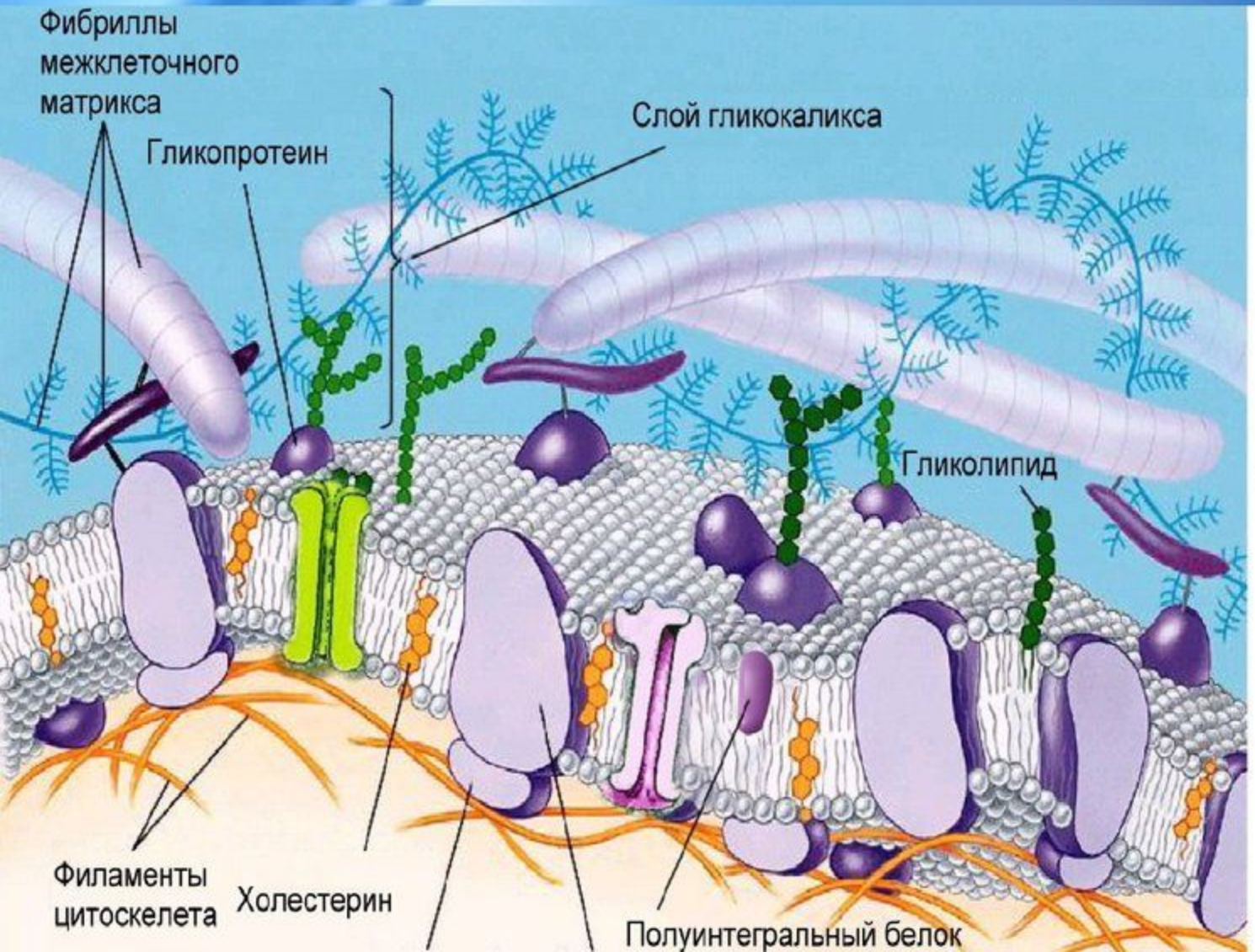
Российский учебник | rosuchebnik.ru

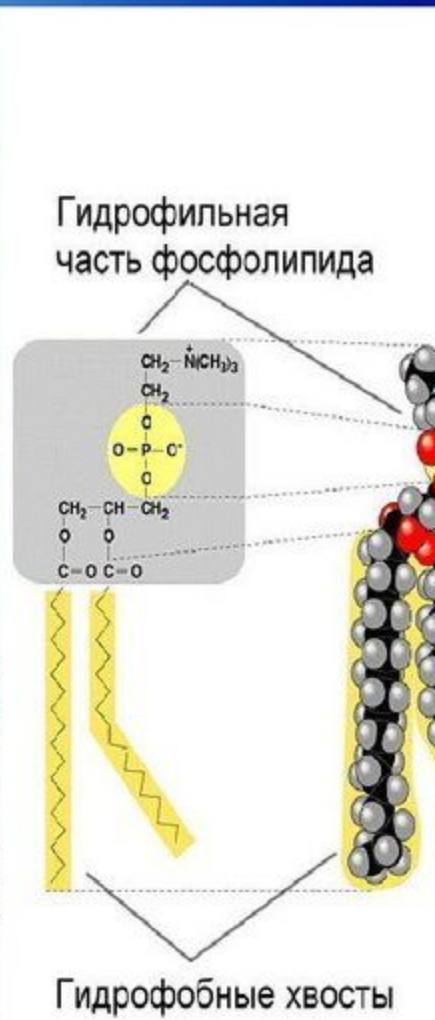
Фосфолипиды клеточной мембраны

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.

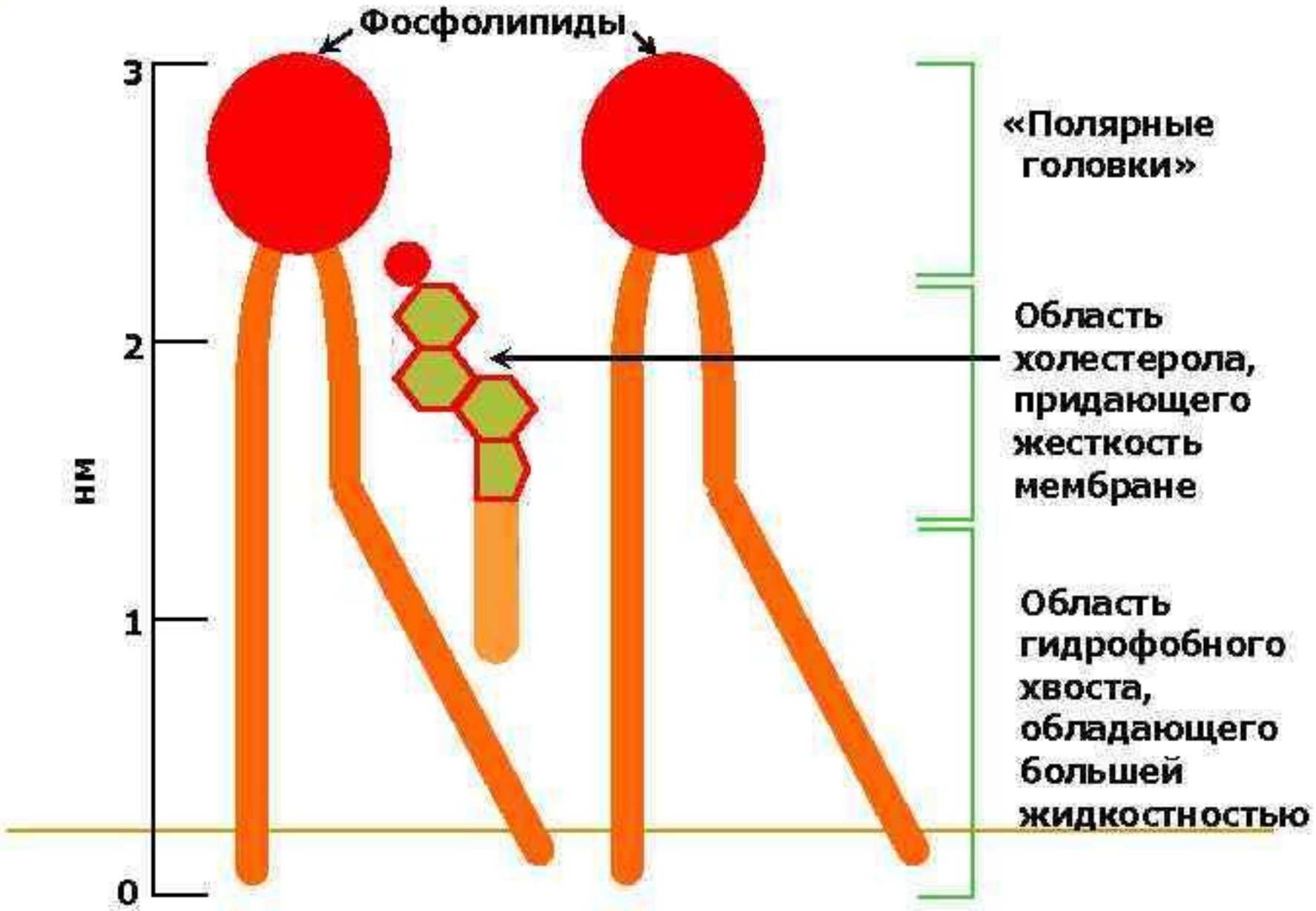


Жидкостно – мозаичная модель плазматическо мембраны

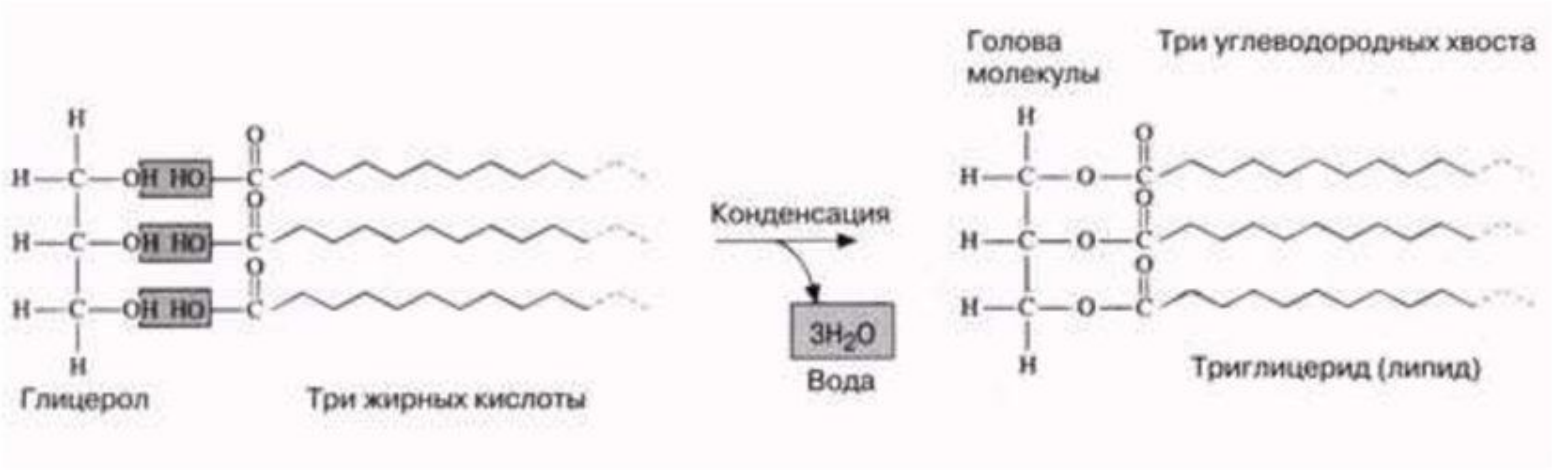


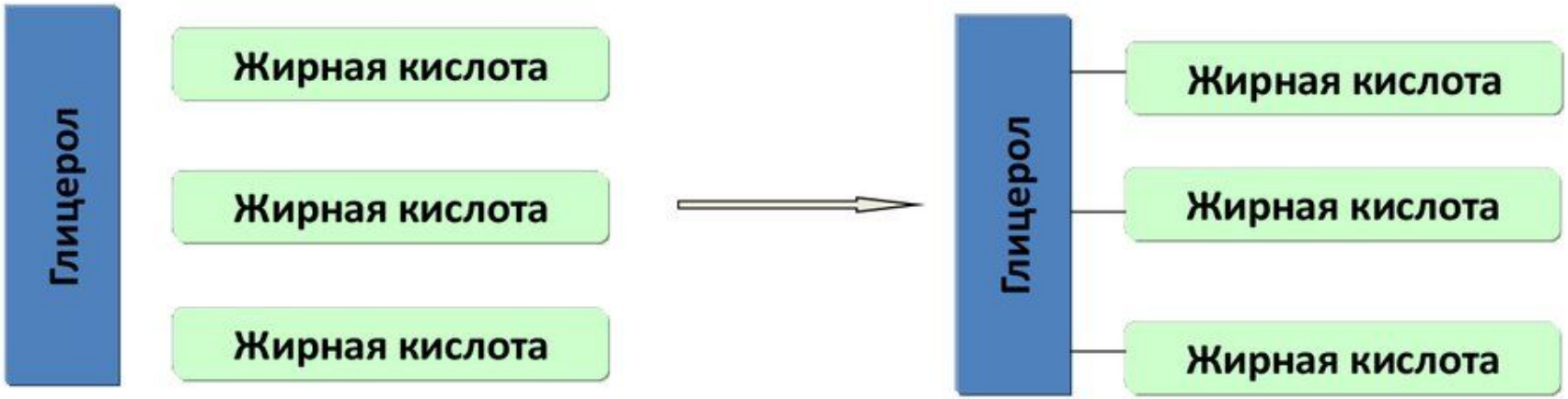


ПОЛОЖЕНИЕ ХОЛЕСТЕРОЛА В ЛИПИДНОМ БИСЛОЕ



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

Одной из наиболее распространенных кислот в живой природе является олеиновая кислота $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$.

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*.

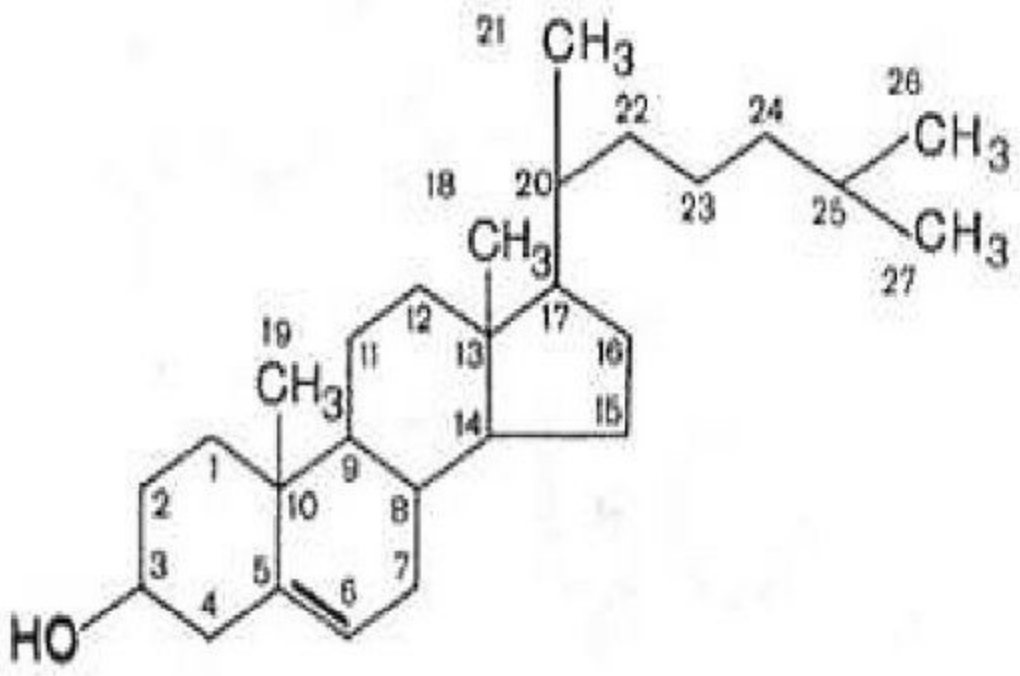
Насыщенные жирные кислоты имеют общую формулу $CH_3(CH_2)_n COOH$, в которой n может изменяться от 2 до 20 и несколько выше.

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

- масляная кислота $CH_3(CH_2)_2COOH$
- пальмитиновая $CH_3(CH_2)_{14}COOH$
- стеариновая $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (8-12%).

ХОЛЕСТЕРИН

Холестерин входит в состав клеточных мембран и определяет их микровязкость.



Холестерин – источник образования в организм млекопитающих желчны кислот, а также стероидных гормонов (половых и кортикоидны Продукт окисления холестерина – 7-дегидрохолестерин, под действием УФ-лучей в коже превращается в витамин D_3.

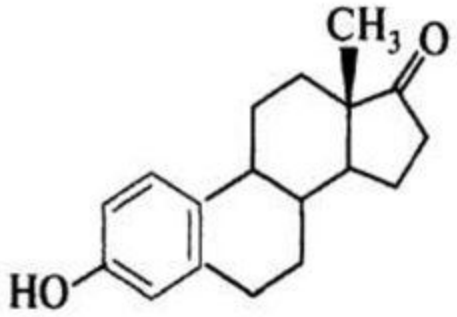
Роли холестерина в организме

ХОЛЕСТЕРИН

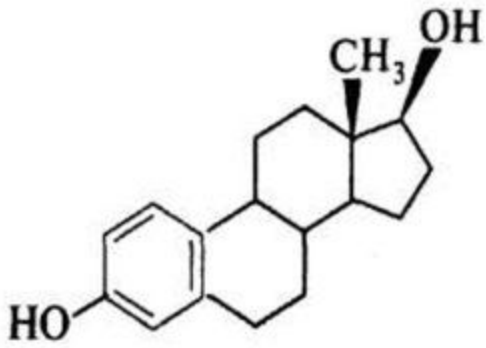
польза	вред
материал для синтеза	
Половые гормоны	Принимает участие в образовании атеросклеротических бляшек
Гормоны коры надпочечников	
Витамин D	
Желчные кислоты	
Участвует в образовании кожно-жировой плёнки, секрет сальных желез	
Входит в состав всех клеточных мембран (текучесть)	

Стероидные гормоны

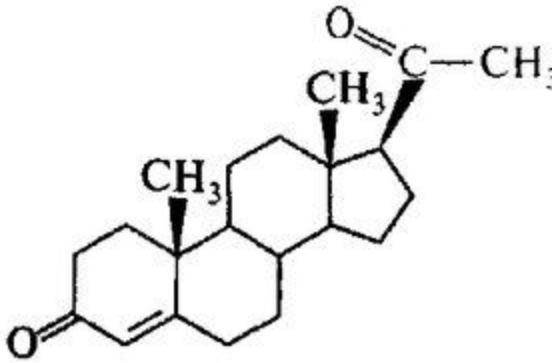
Половые гормоны



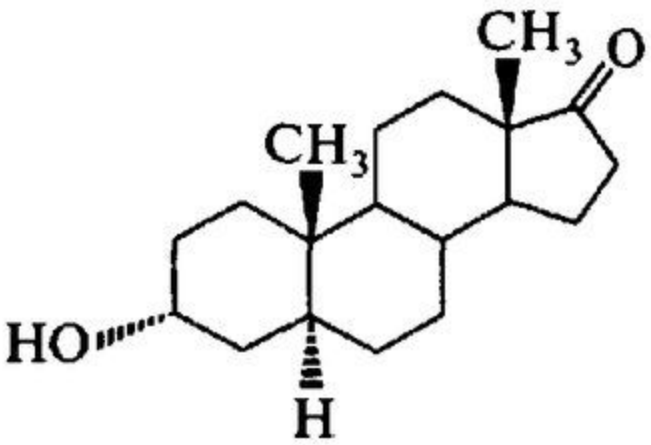
эстрон
(3-гидроксиэстратриен-1,3,5(10)-он-17)



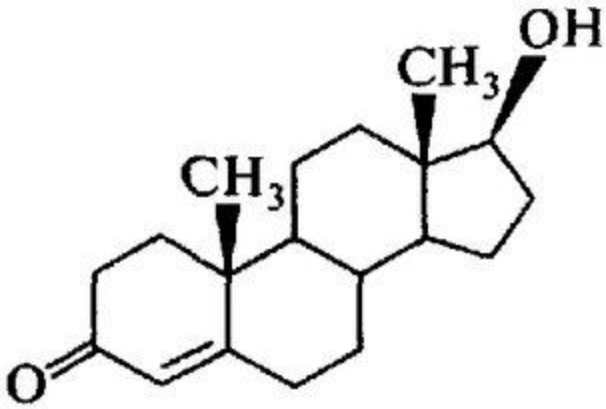
эстрадиол
(эстратриен-1,3,5(10)-диол-3,17β)



прогестерон (прегнен-4-дион-



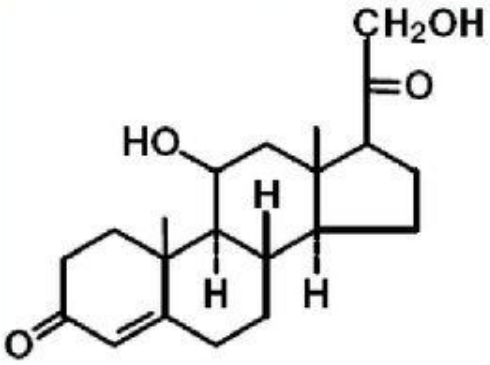
андростерон



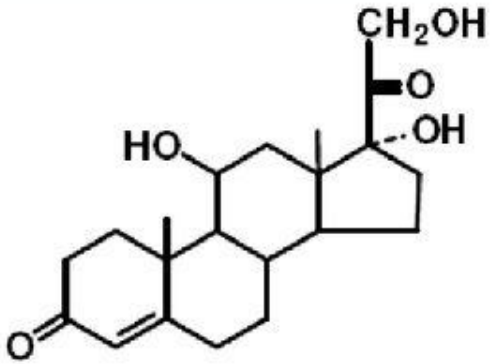
тестостерон

Глюкокортикоиды

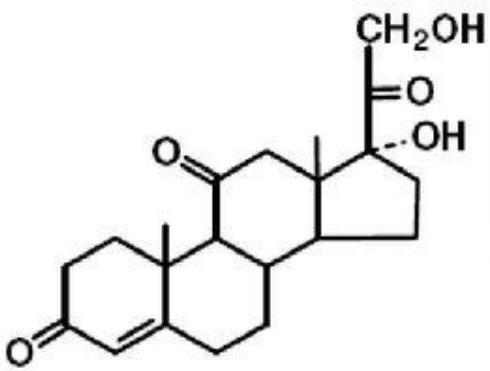
- **Места синтеза**
- **Кора надпочечников (*zona fasciculata*)**
- **Физиологическая активность**
- **Регуляция обмена углеводов (глюконеогенез ⇑), белков (протеолиз ⇑), жиров (липолиз ⇑), кальция**
- **Супрессия активности иммунной системы, регуляция, воспалительных и аллергических реакций**
- **Одни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



CORTICOSTERONE



CORTISOL
(HYDROCORTISONE)

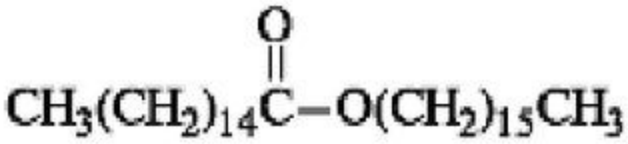


CORTISONE

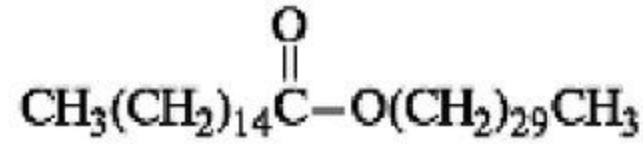
© 2007, В.Г.Зайцев

ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ. ВОСКИ.

- Воски - сложные эфиры высших жирных кислот и высши 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)

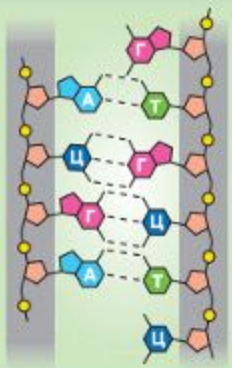


мелиссиловый эфир пальмитиновой кислоты
(мелиссилпальмитат)

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

СТРОЕНИЕ

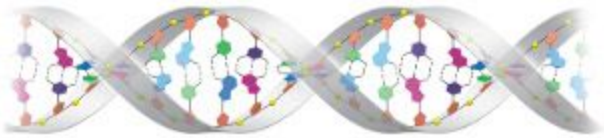
ДНК



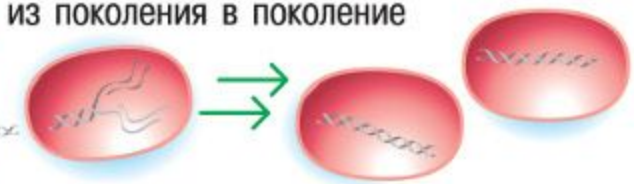
РНК

ФУНКЦИИ

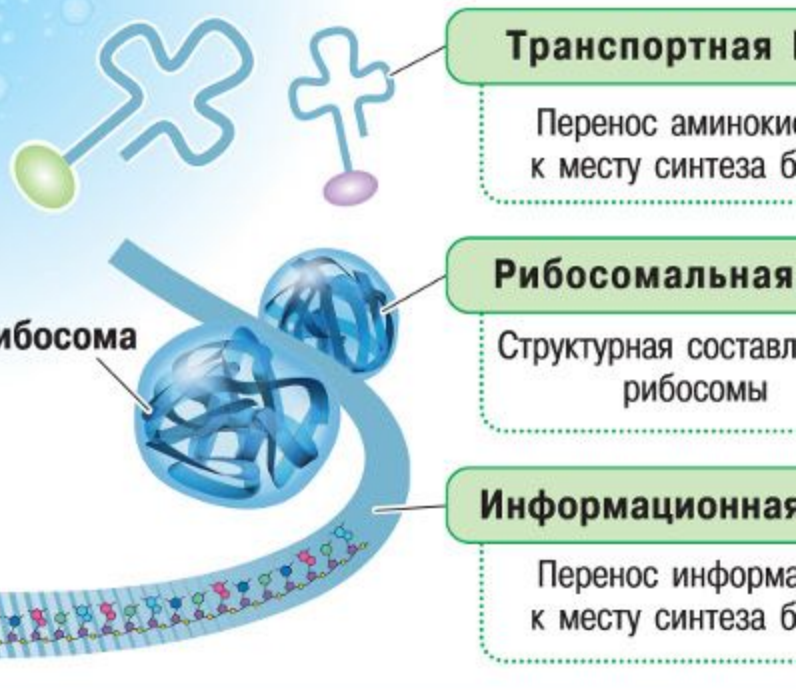
Хранение наследственной информации



Передача наследственной информации из поколения в поколение



Передача наследственной информации на РНК



Транспортная

Перенос аминоки
к месту синтеза б

Рибосомальная

Структурная составл
рибосомы

Информационная

Перенос информа
к месту синтеза б

Нуклеиновые кислоты

- НК – *нерегулярные* полимеры. Мономерами для них являются ***нуклеотиды.***

- Каждый нуклеотид имеет в своем составе:

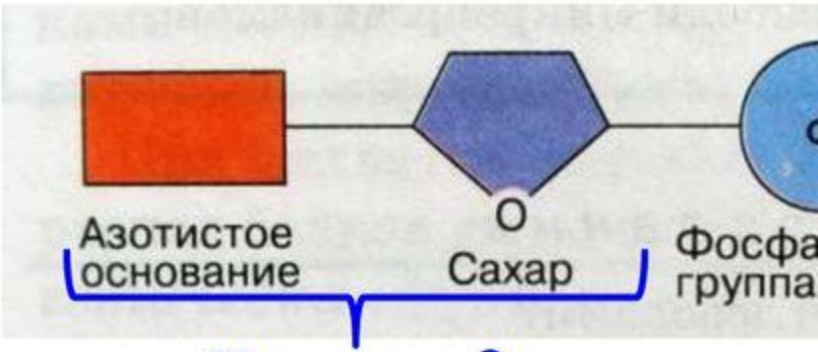
- **1.** остаток фосфорной кислоты,
- **2.** молекулу сахара (рибозу или дезоксирибозу),
- **3.** азотистое основание:
  - аденин,
  - гуанин,

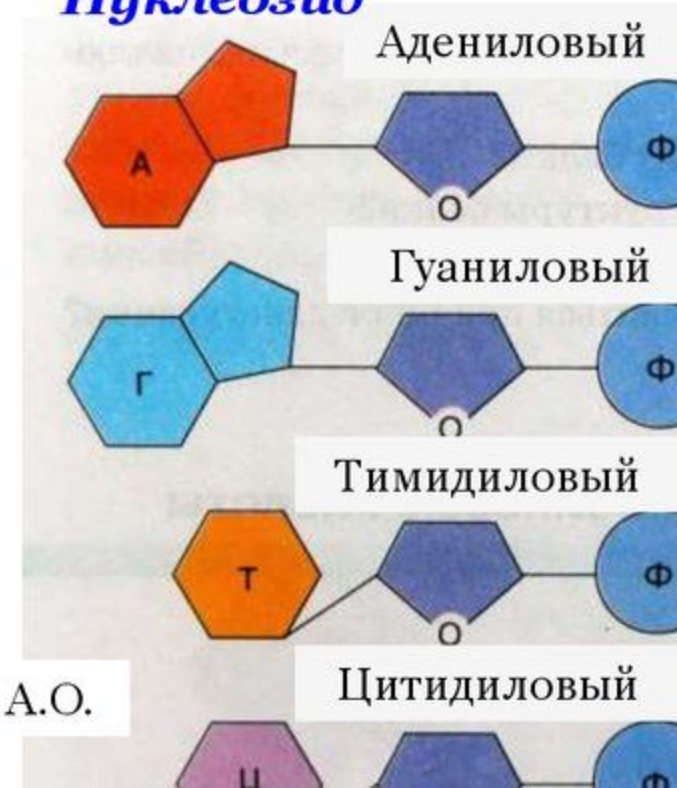
  } Большие (пуриновые) А.О.

  - цитозин,
  - тимин (ДНК)
  - урацил (РНК),

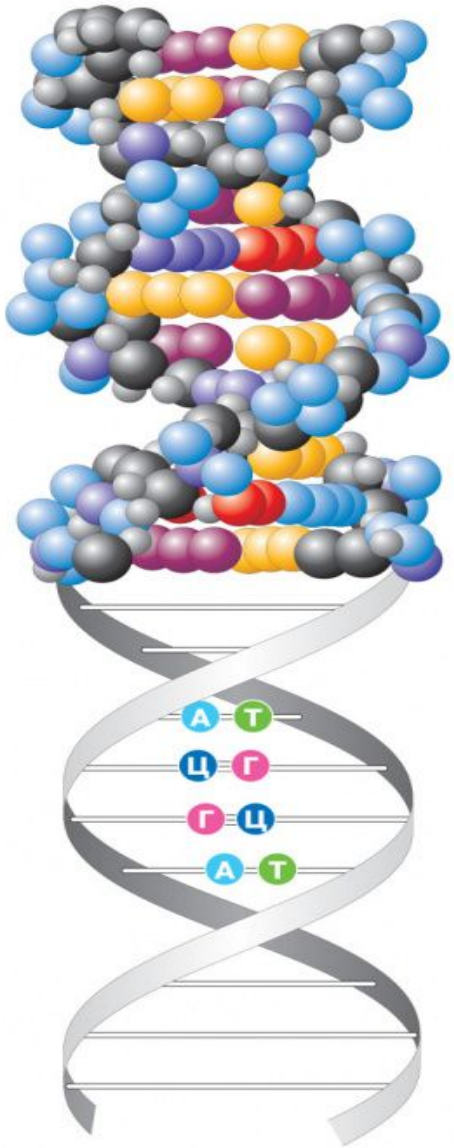
  } Малые (пиримидиновые) А.О.

Строение нуклеотида

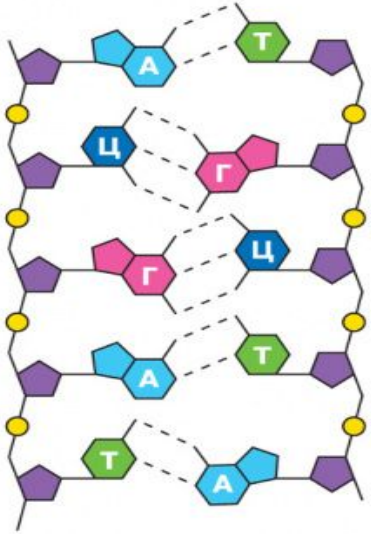




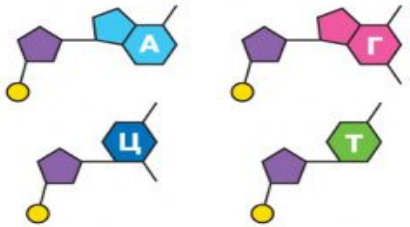
СТРОЕНИЕ ДНК



ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ



НУКЛЕОТИДЫ



Азотистые основания

А Аденин

Т Тимин

Г Гуанин

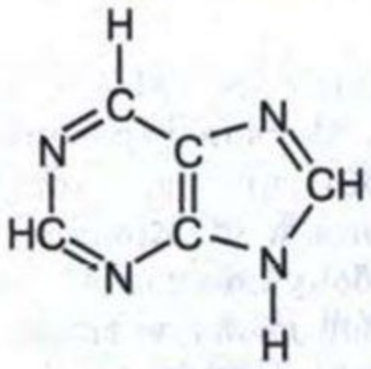
Ц Цитозин

Фосфат

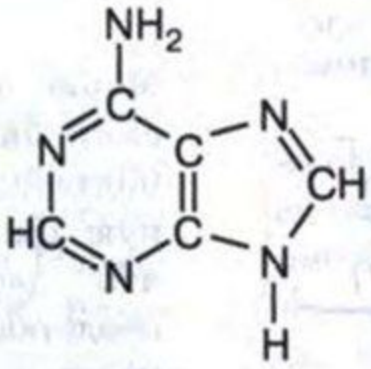
Дезоксирибоза

российский учебник | rosuchebnik.ru

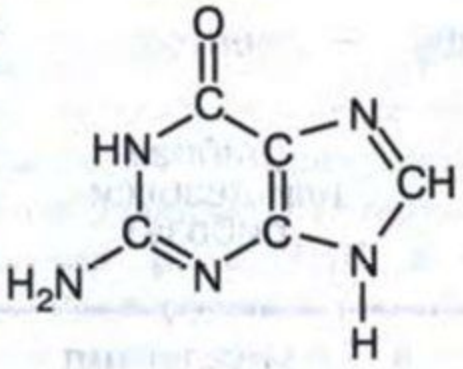
Азотистые основания



Пурин



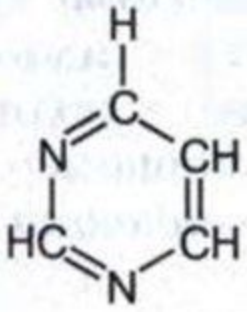
Аденин



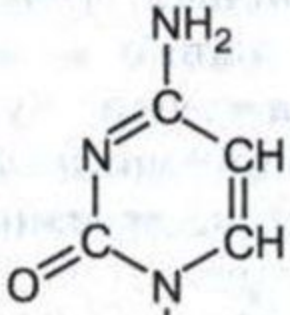
Гуанин

Пуриновые основания

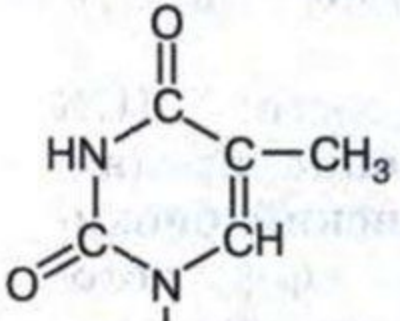
Пиримидиновые основания



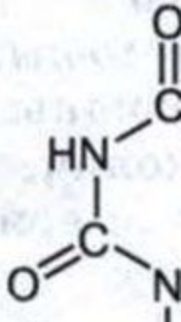
Пиримидин



Цитозин



Тимин

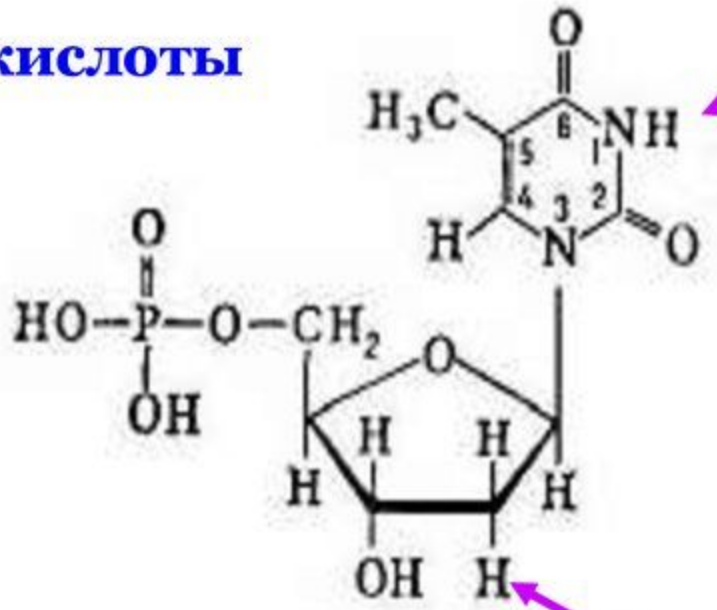


Ура

Строение нуклеотида ДНК (тимидиловый)

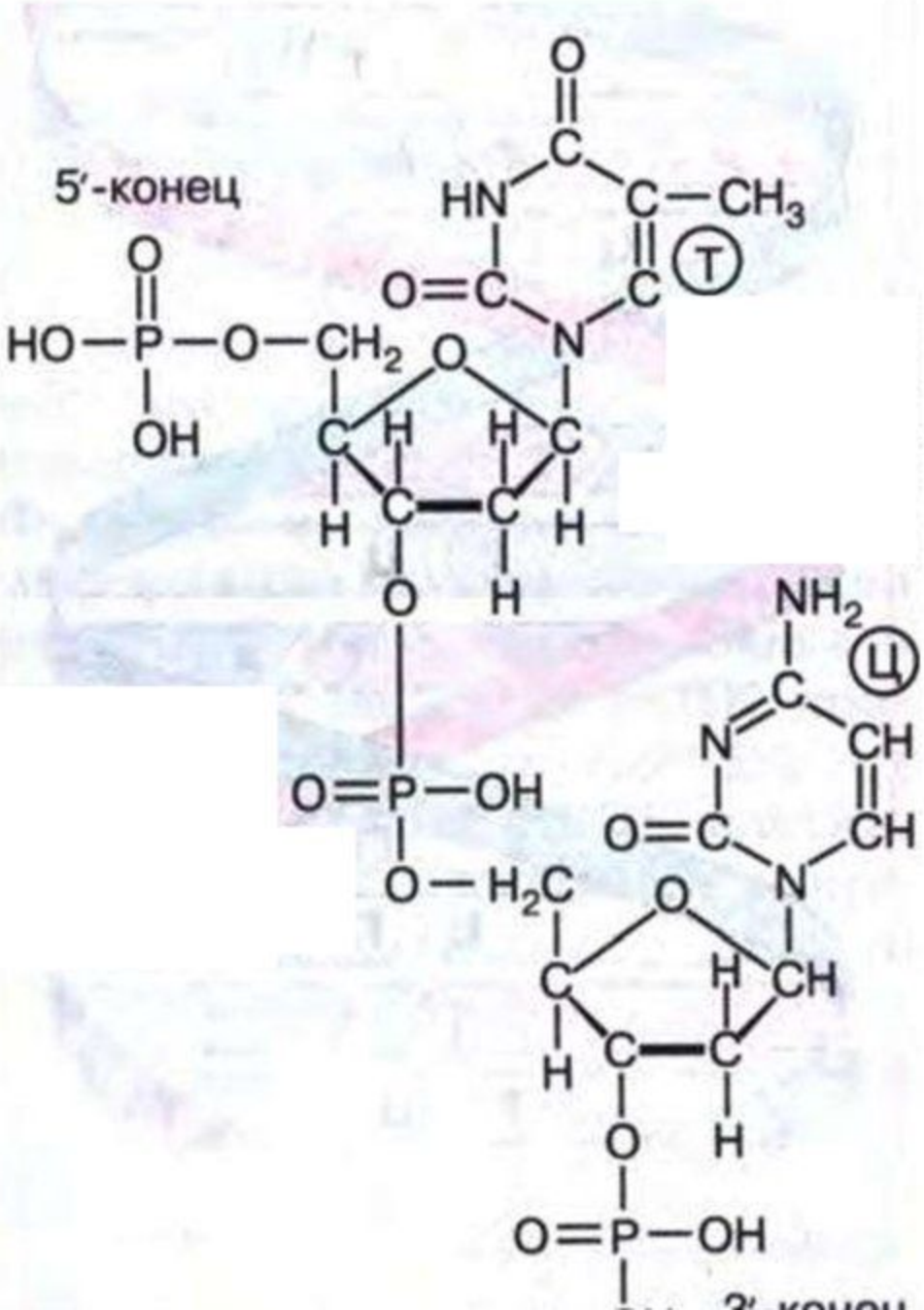
Азотистое основан
тимин

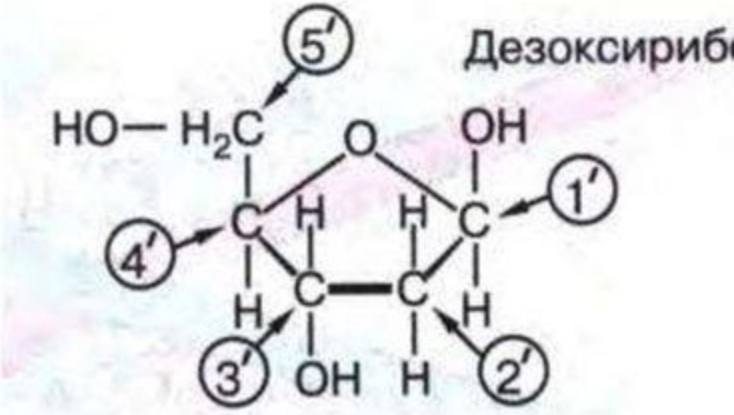
Остаток фосфорной кислоты



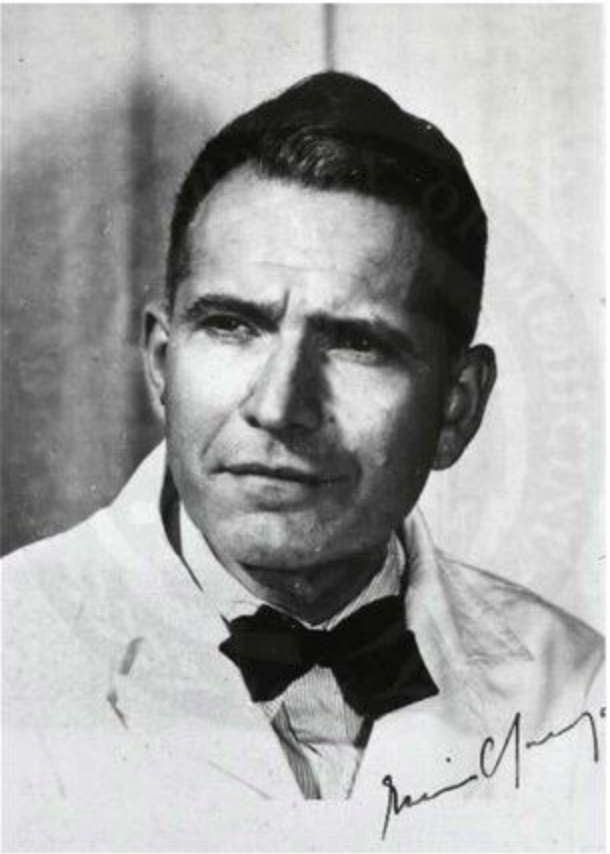
Дезоксирибоза

Схема построения полинуклеотидной цепочки





Открытие структуры ДНК



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

А+Г=Т+Ц; А=Т, Г=Ц	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 осново наследственности.

Открытие структуры ДНК

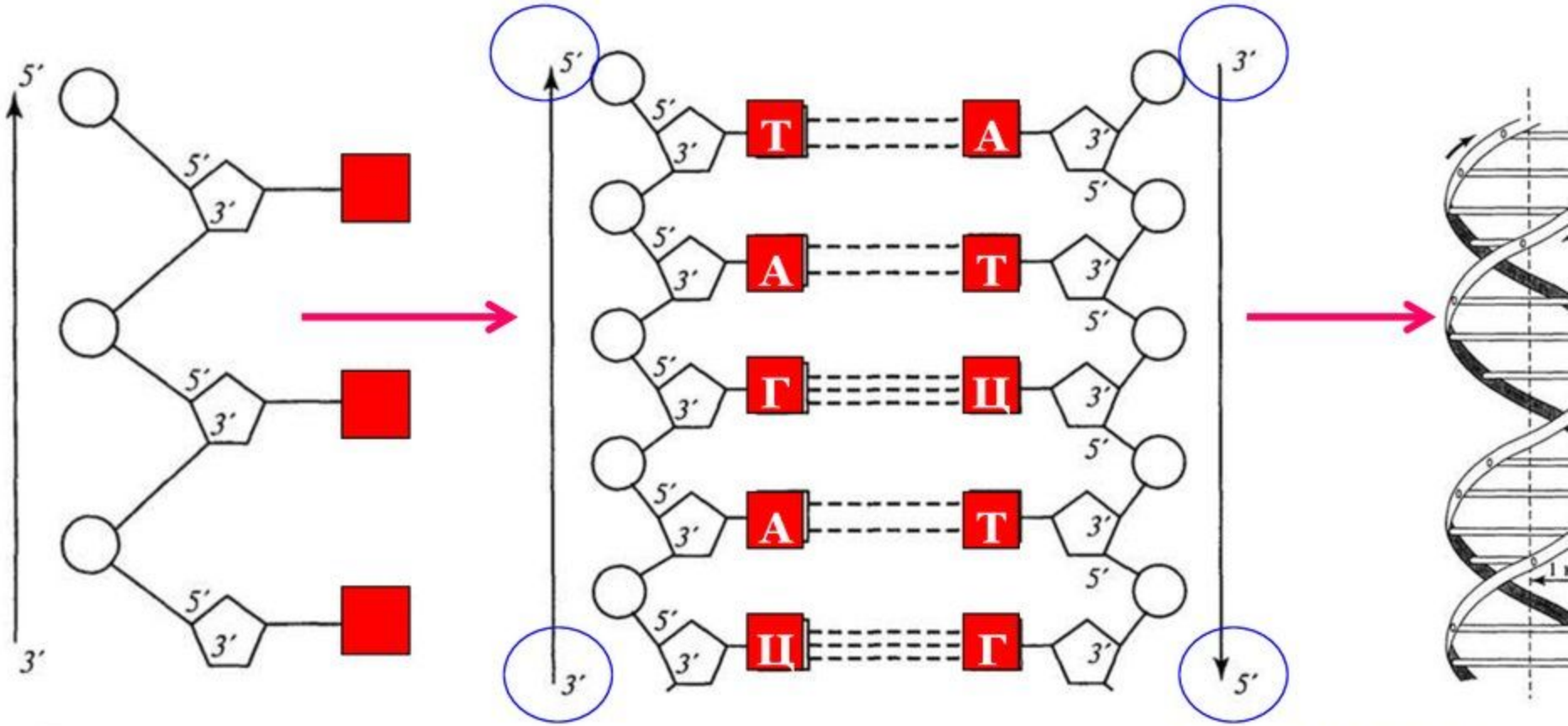
Нобелевская премия
(1962 г.).

Морис Хью Уилкинс

Рентгеноструктурная фо
графия ДНК

- Используя данные Чаргаффа и рентгеноструктурный анализ молекулы ДНК, американский биохимик **Джеймс Уотсон** и английский физик **Фрэнсис Кр**
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.
- Внутрь 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.

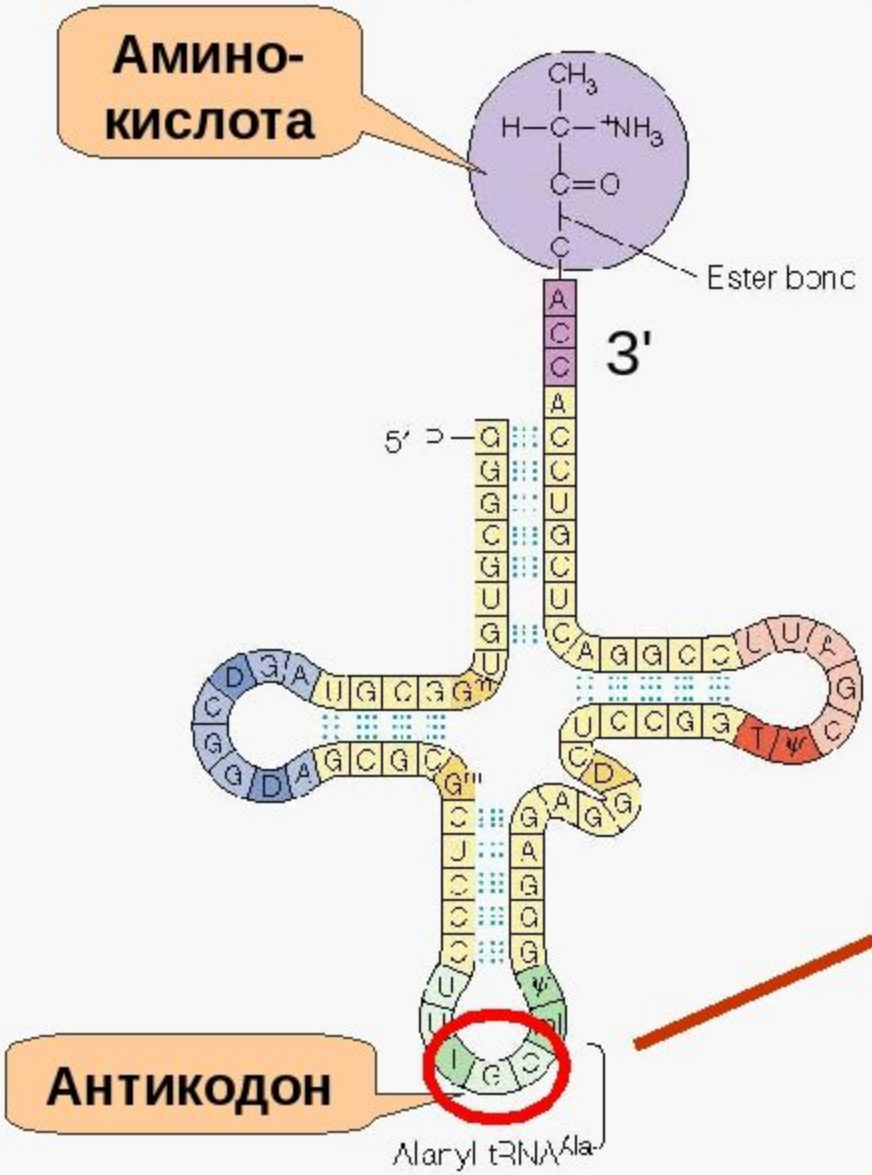
Главные отличия РНК от ДНК

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

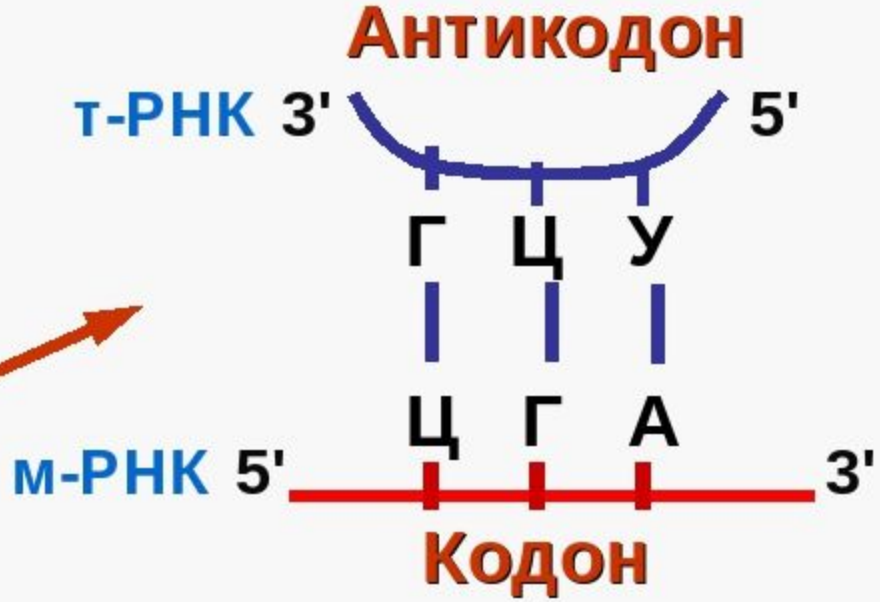
Виды РНК

- 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.

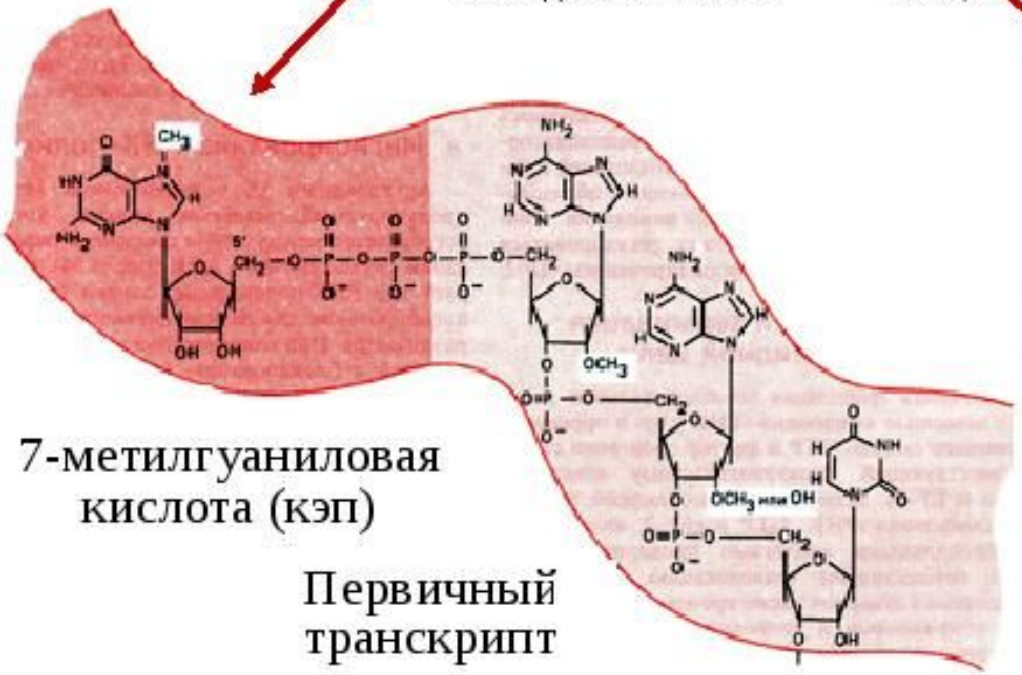
Транспортные РНК



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



Структура эукариотической мРНК

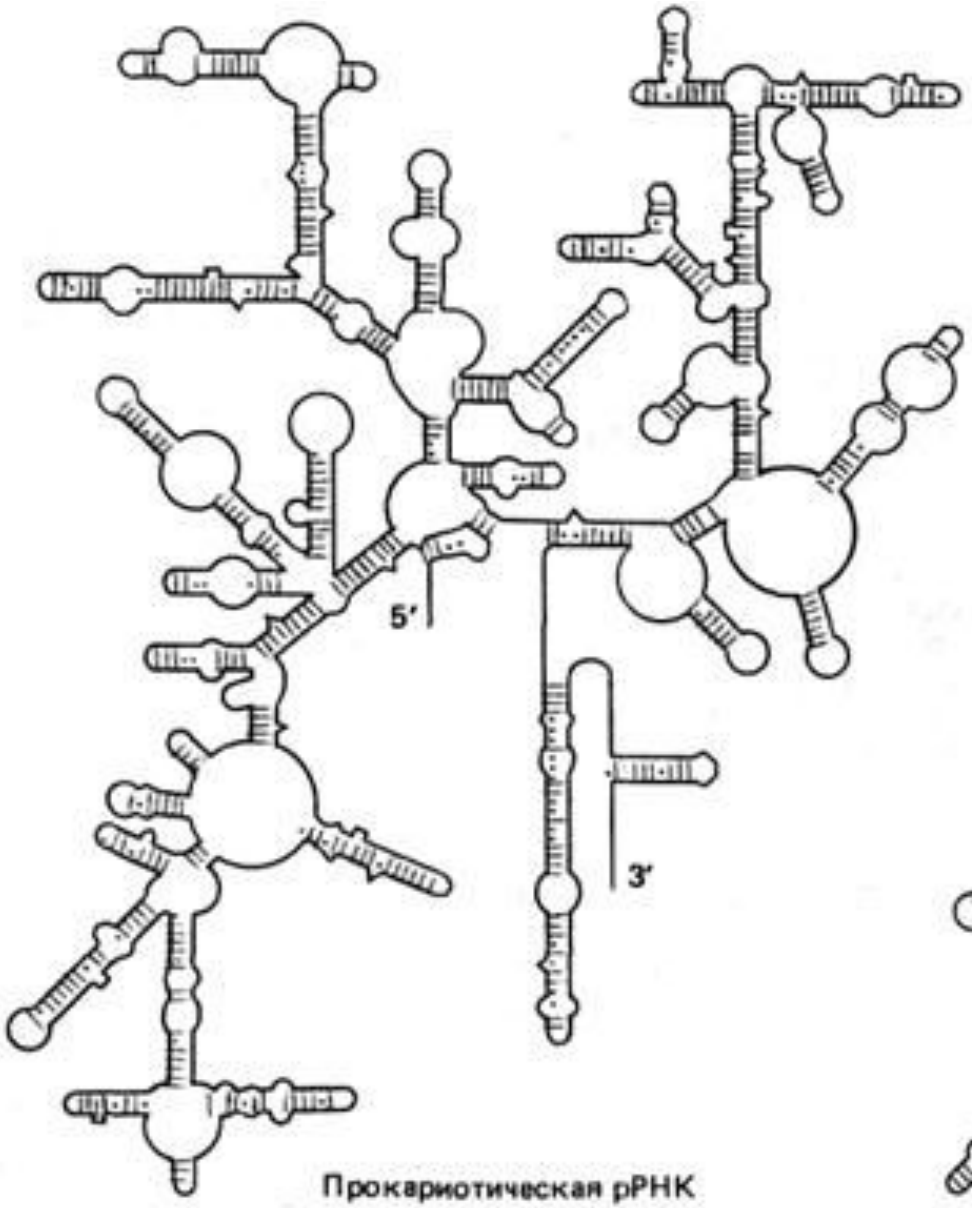


7-метилгуаниловая кислота (кэп)

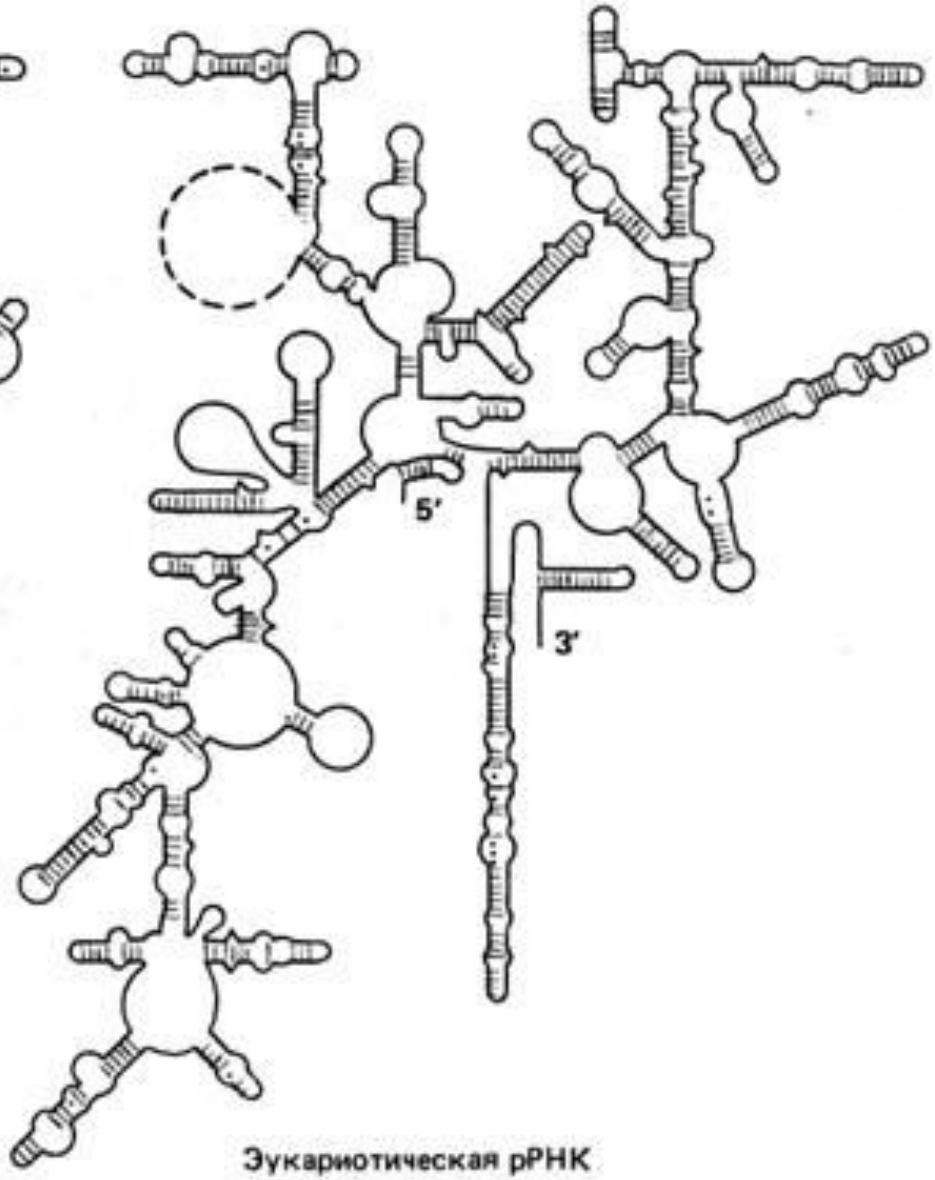
Первичный транскрипт

Последовательность Козак

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



Прокариотическая рРНК



Эукариотическая рРНК

АМФ (аденозинмонофосфат)

АДФ (аденозиндифосфат)

АТФ (аденозинтрифосфат)

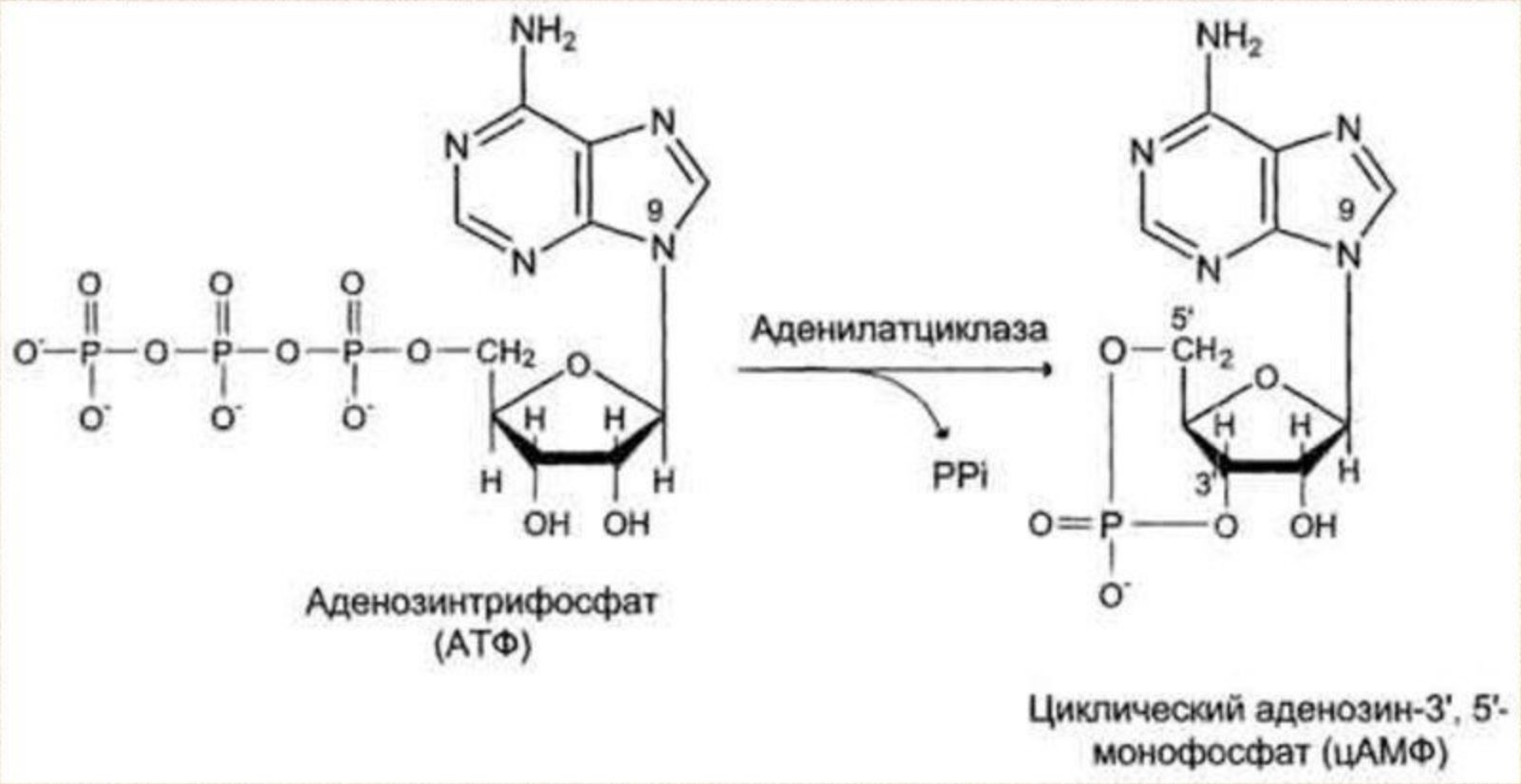
Гидролиз АТФ

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

$$АТФ + H_2O \rightarrow АДФ + H_3PO_4 + \boldsymbol{E}$$

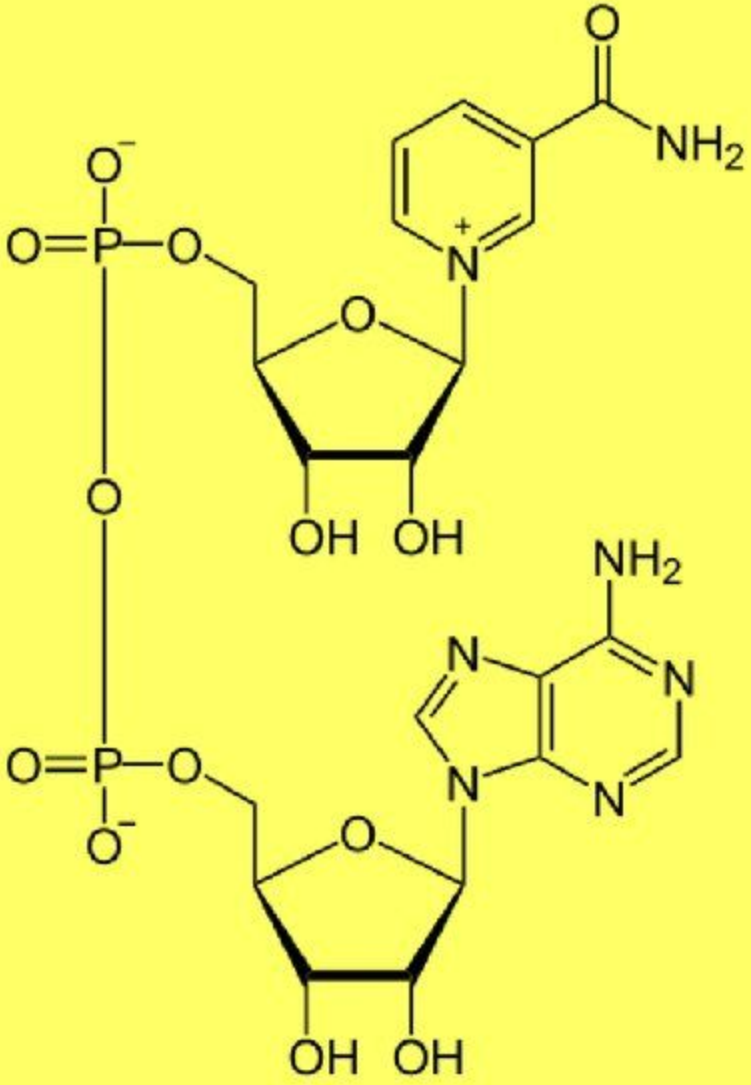
Обратный процесс - восстановление – ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

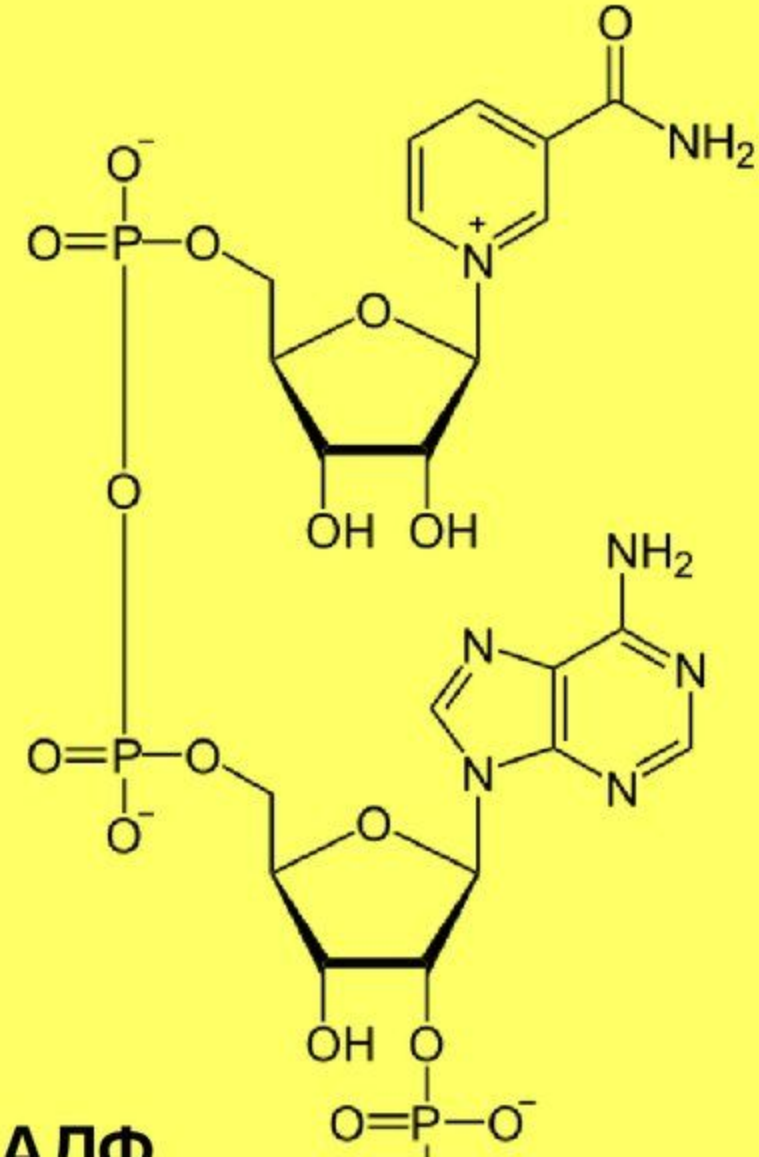
Механизм образования цАМФ



АТФ ⟶ цАМФ + ФФн

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





НАДФ