

The background of the slide is composed of several interlocking yellow puzzle pieces. Each piece has a red label for a vitamin. The labels include: 'А' (Vitamin A) in the top left; 'Ниацин' (Niacin) in the top center; 'В₁' (Vitamin B1) in the top right; 'D₃' (Vitamin D3) in the upper middle; 'С' (Vitamin C) in the center; 'В₂' (Vitamin B2) in the middle right; 'К₃' (Vitamin K3) in the middle left; 'В₆' (Vitamin B6) in the lower middle; 'В_с' (Vitamin Bc) in the bottom left; 'В₁₂' (Vitamin B12) in the bottom center; 'Биотин' (Biotin) in the bottom right; and 'Е' (Vitamin E) in the far bottom right.

Лекция 2. Химический состав клетки.

Элементный состав клетки

- **Макроэлементы** (99% массы клетки):
(кислород, углерод, азот, водород) - 98% массы клетки;
калий, магний, натрий, кальций, железо сера, фосфор, хлор.
- **Микроэлементы** (0,001-0,000001%): бор, кобальт, медь, молибден, цинк, ванадий, йод, бром, фтор
- **Ультрамикроэлементы** ($<10^{-6}\%$): селен, цезий, бериллий, радий, золото.

Морские водоросли накапливают йод, ряска-радий, диатомовые водоросли и злаки-кремний, моллюски и ракообразные - медь, некоторые бактерии - серу, железо, марганец и др.

Химические элементы участвуют в построении клетки в виде либо ионов, либо в виде соединений.

Химический состав клетки

Органические соединения:

- ВМС (биополимеры)
- НМС



Неорганические соединения:

- простые соединения (атомарные, молекулярные);
- сложные соединения;

Сложные неорганические соединения клетки, ионы

Сложные (оксиды, соли, кислоты, основания) соединения.

Важнейшие оксиды: H_2O , CO_2 , NO .

Многие элементы и соединения в клетке существуют в виде ионов.

Важнейшие катионы: K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , $\text{Fe}^{++/+++}$.

Важнейшие анионы: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- .



Функции ионов в клетке

- Входят в состав белков (ферментов, гормонов, пигментов).
- Обеспечивают буферные свойства.
- Являются регуляторами активности белков (Са-связывающие белки).
- Обеспечивают электрические свойства клетки (мембраны, цитозоля).

Вода. Физико-химические свойства.

- Прозрачная жидкость без вкуса и запаха;
- Чистая вода не проводит электрический ток (молекулы воды электронейтральны).
- Электрические свойства молекул воды объясняются её дипольным строением.
- Между молекулами воды существуют водородные связи;
- Характерно поверхностное натяжение, которое определяется особым состоянием молекул, находящихся в поверхностном слое.

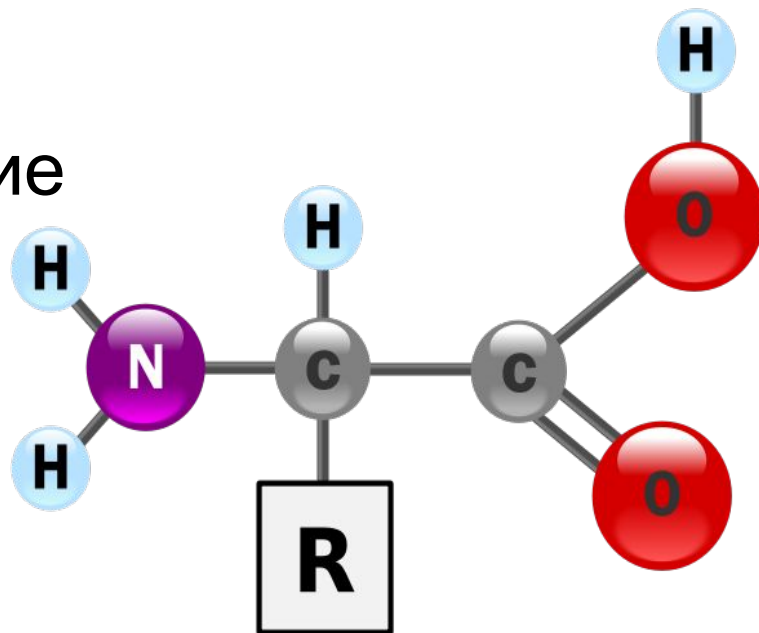
Функции воды

- универсальный растворитель (растворение и гидратирование веществ);
- участник химических реакций (гидролиз, гидратация, фотолиз воды);
- обеспечение теплообмена (высокая теплоемкость и теплопроводность);
- Среда для протекания химических реакций;
- Среда для движения клеток и внутриклеточного транспорта;
- Посредник во взаимодействии клеток;

Белки

- нерегулярные биополимеры, мономерами в которых являются аминокислоты.

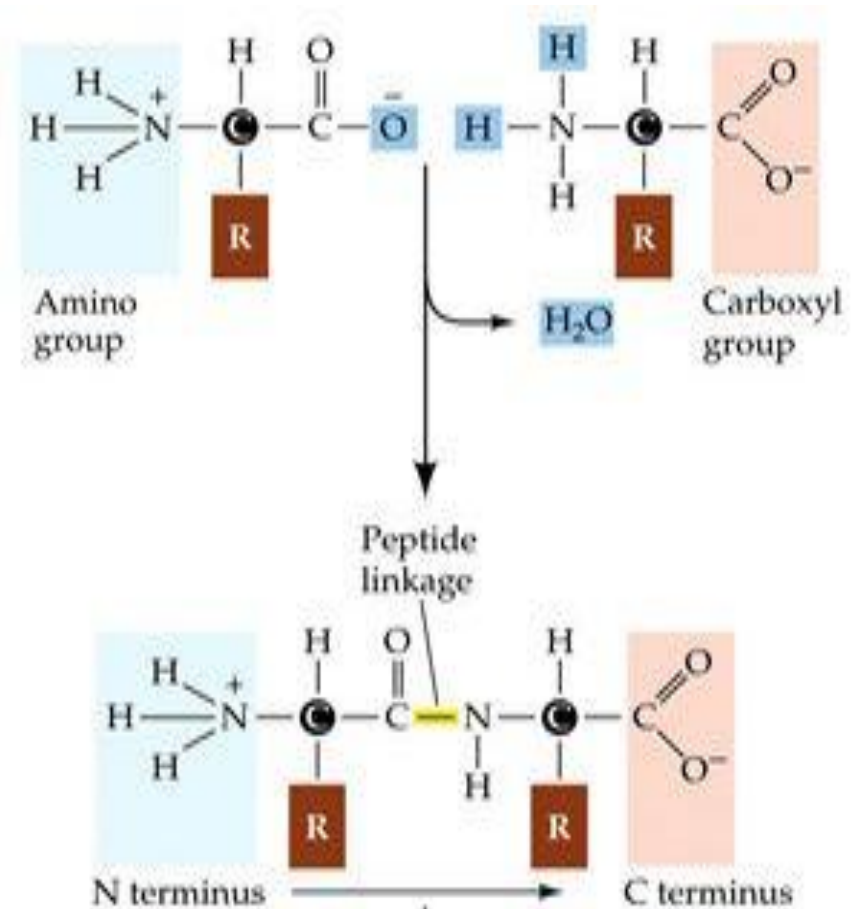
Аминокислоты - органические соединения в молекуле которых имеется карбоксильная и амино-группы.



Биогенные аминокислоты - α аминокислоты.

Пептидная связь

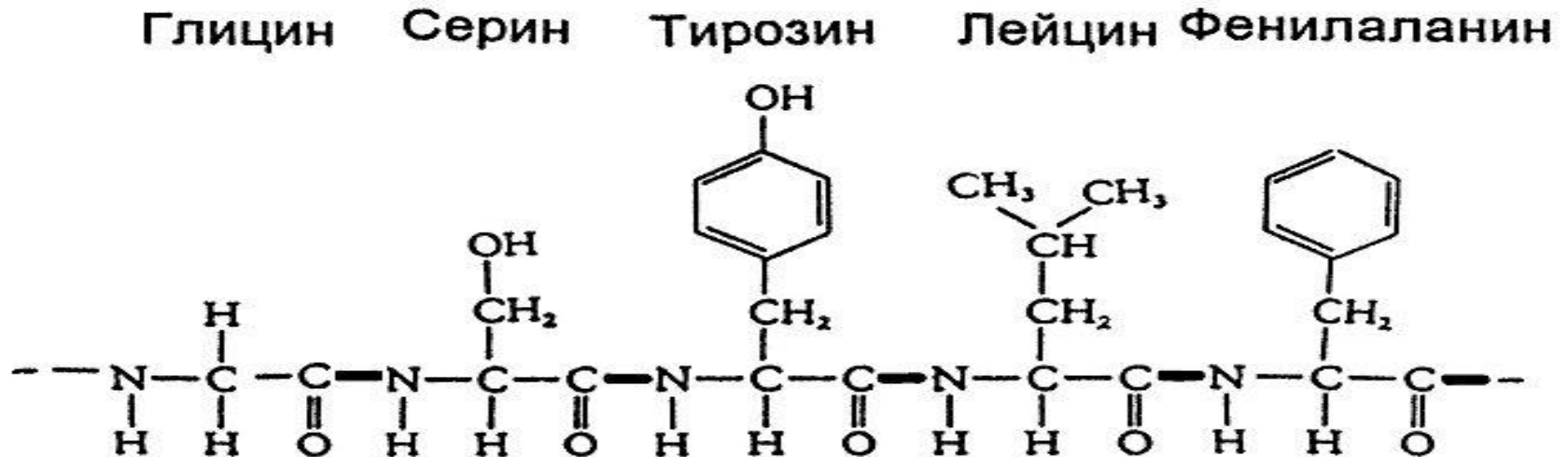
- связь между α -карбоксильной группой одной аминокислоты и α -аминогруппой другой (амидная). Мономеры аминокислот, входящие в состав белка – аминокислотные остатки.
- N-конец
- C-конец



Цепь повторяющихся атомов –NH-CH-CO-
пептидный остов.

Пептиды

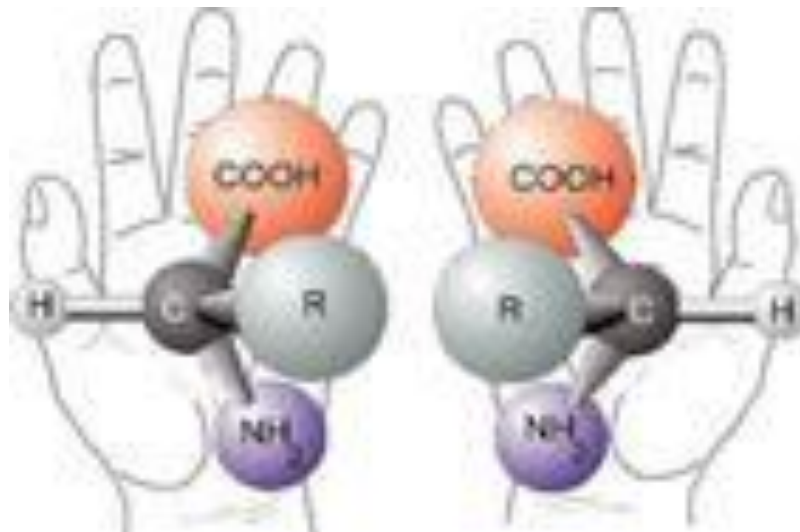
- Олигопептиды (до 10 аминокислотных остатков);
- Полипептиды (более 10);
- Белки – полипептиды, содержащие более 50 аминокислотных остатков.



Оптическая изомерия

Все биогенные аминокислоты, кроме глицина, содержат асимметричный атом углерода и обладают оптической активностью.

В состав белка входят только L-аминокислоты.

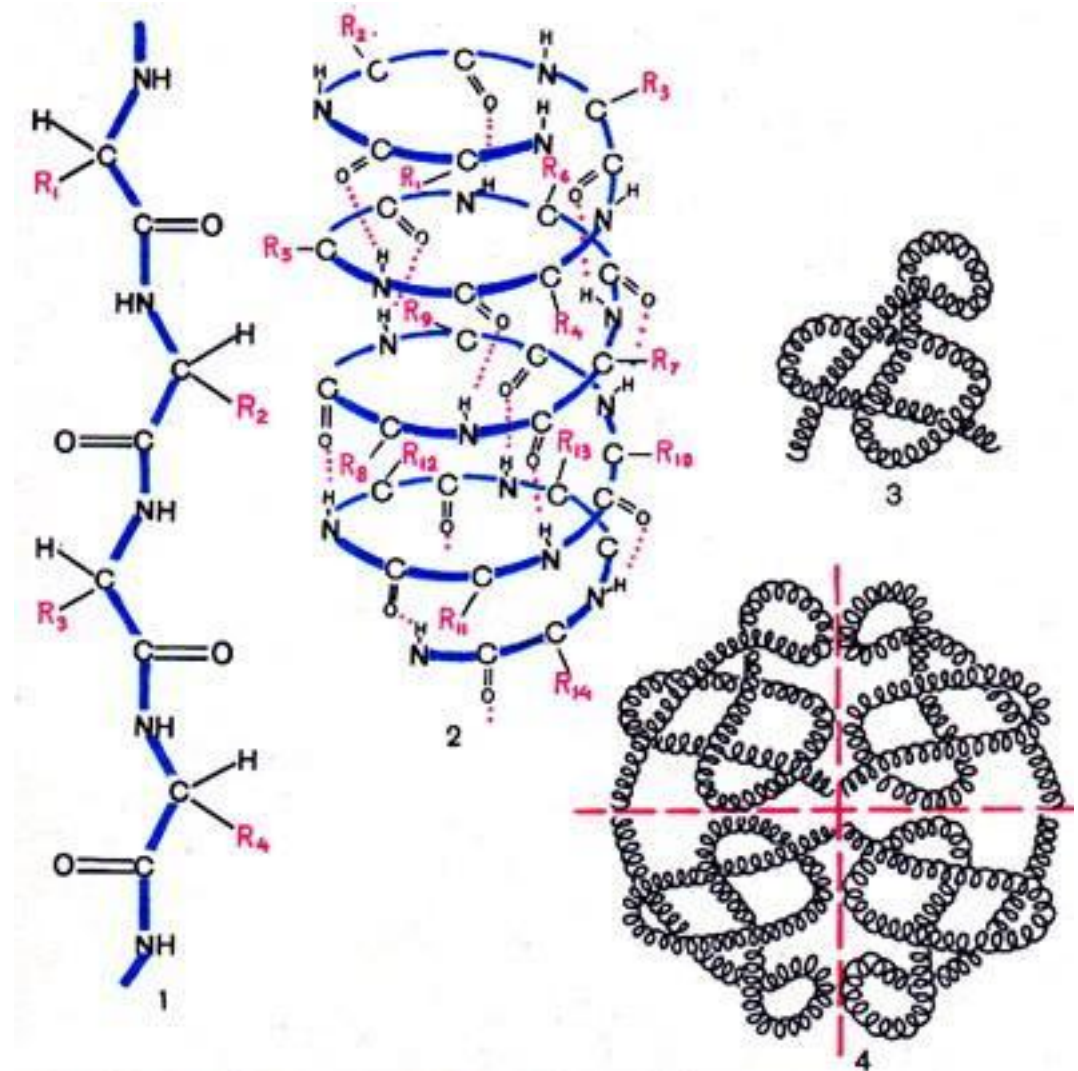


Роль D-аминокислот

- Оптические изомеры аминокислот претерпевают медленную самопроизвольную неферментативную рацемизацию. Например, в белках дентина L-аспартат переходит в D-форму со скоростью 0,1 % в год.
- Входят в состав клеточных стенок некоторых бактерий и в тканей высших организмов. Например, D-аспартат и D-метионин предположительно являются нейромедиаторами у млекопитающих.
- Входят в состав некоторых пептидов, образующиеся при посттрансляционной модификации. Например, D-метионин и D-аланин входят в состав опиоидных гептапептидов кожи южноамериканских амфибий филломедуз (дерморфина, дермэнкефалина).
- Входят в состав пептидных антибиотиков бактериального происхождения, действующих против грамположительных бактерий — низин, субтилиин и эпидермин.

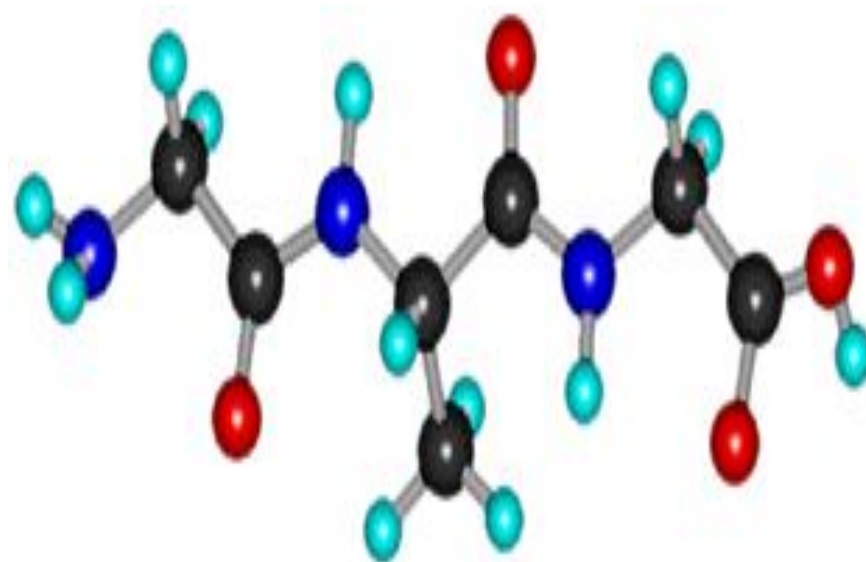
Структура белка

- Первичная
- Вторичная
- Третичная
- Четвертичная

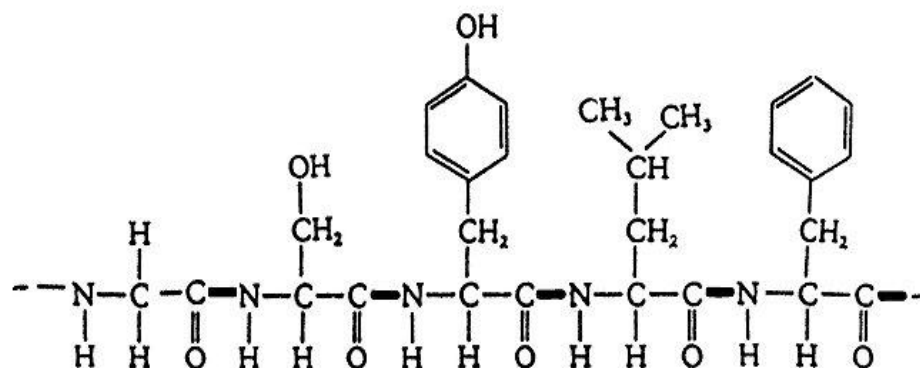


Первичная структура

- линейная
последовательность
аминокислотных
остатков,
соединенных
пептидными
связями.



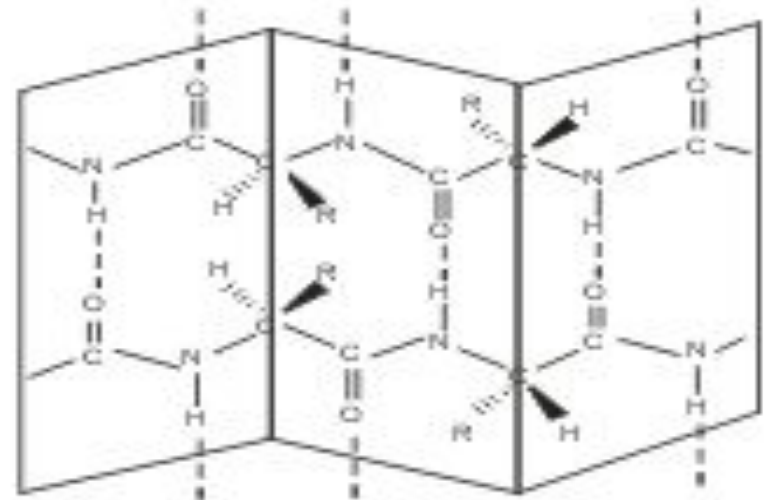
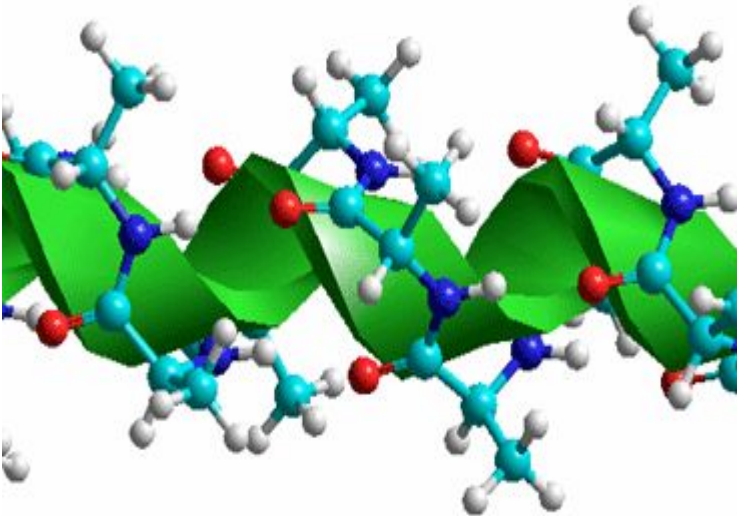
Глицин Серин Тирозин Лейцин Фенилаланин



Вторичная структура



Пространственная структура, образующаяся в результате взаимодействия (водородная связь) между функциональными группами пептидного остова.

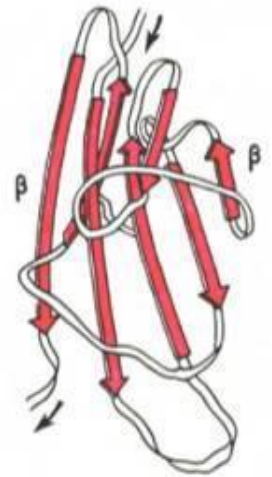
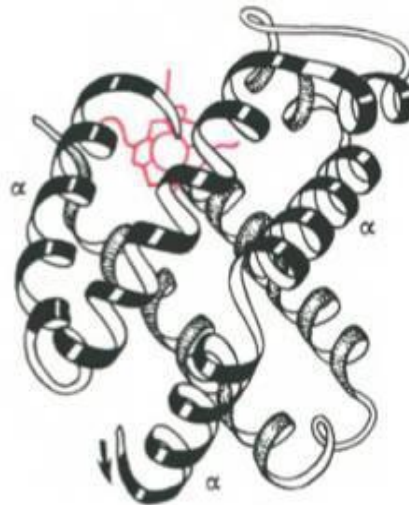


Третичная структура

- пространственная структура белковой молекулы, образующаяся за счет взаимодействия радикалов аминокислотных остатков.

Связи, поддерживающие третичную структуру.

- Водородные связи.
- Ионные связи.
- Дисульфидные связи.
- Гидрофобные связь.



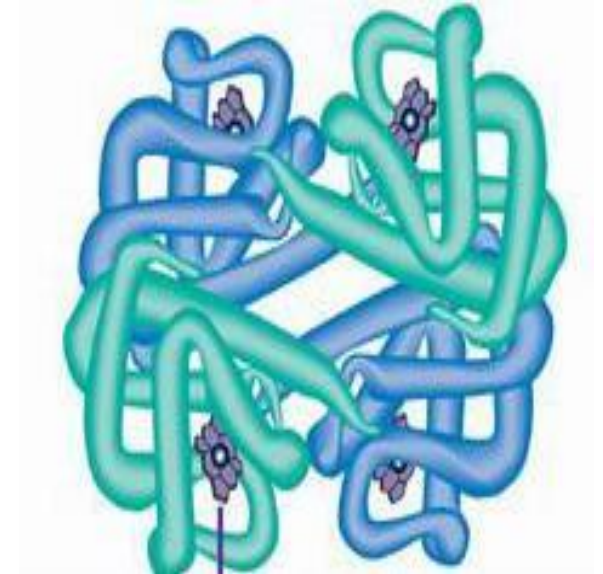
Четвертичная структура белка

- несколько взаимодействующих отдельных полипептидных цепей (протомеров).

Связи, участвующие в формировании четвертичной структуры:

- Гидрофобные.
- Ионные.
- Водородные.

Домен — участок полипептидной цепи, который имеет глобулярную структуру, независимо от конформации целой молекулы.

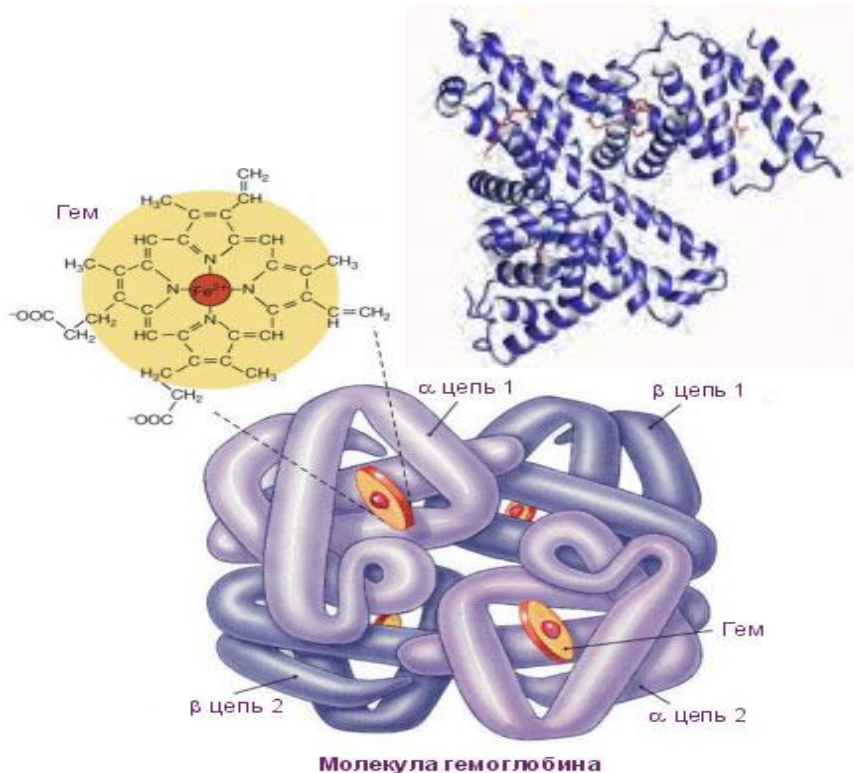


Простые и сложные белки

Простые белки – полипептиды, при гидролизе которых образуются только свободные аминокислоты.

Сложные белки помимо полипептида содержат компонент не аминокислотной природы.

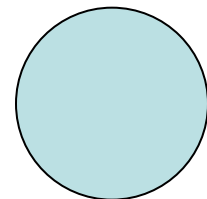
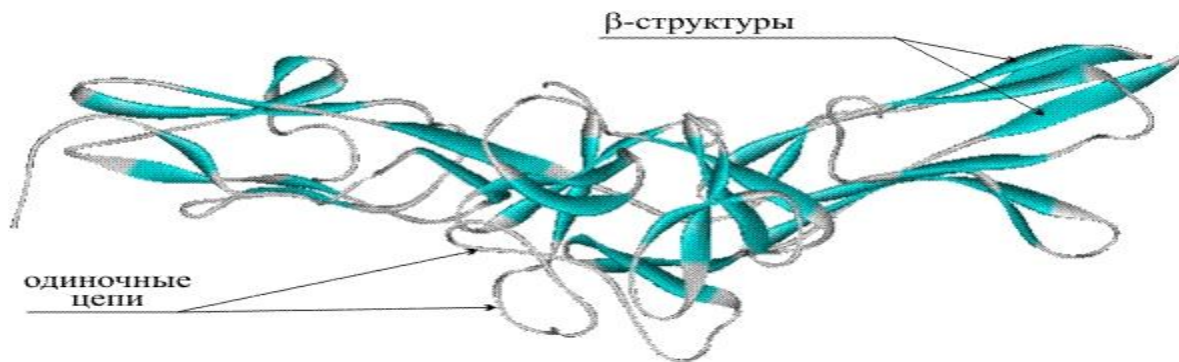
- гликопротеины,
- липопротеины,
- хромопротеины,
- нуклеопротеины,
- фосфопротеины и
- металлопротеины.



Фибриллярные и глобулярные белки

Фибриллярные белки - белки, продольный размер молекул которых более чем в два раза превышает поперечный.

Глобулярные белки - белки, продольный размер молекул которых приблизительно равен поперечному.



БЕЛКИ



```
graph TD;
    A[БЕЛКИ] --- B[гормоны];
    A --- C[защитные];
    A --- D[двигательные];
    A --- E[структурные];
    A --- F[регуляторные];
    A --- G[токсины];
    A --- H[анти-биотики];
    A --- I[транспортные];
    A --- J[запасные];
    A --- K[рецепторные];
    A --- L[ферменты];
```

гормоны

защитные

двигательные

структурные

регуляторные

ТОКСИНЫ

анти-
биотики

транспортные

запасные

рецепторные

ферменты

Углеводы (карбогидраты)

- полигидроксилсодержащие,
гетерофункциональные производные
карбонильных соединений.

Моносахариды

Олигосахариды (2-10 углеводных остатка)

Полисахариды

Функции углеводов:

- Структурная.
- Энергетическая.



Моносахариды

По природе карбонильной группы:

- Альдозы
- Кетозы

По количеству атомов углерода:

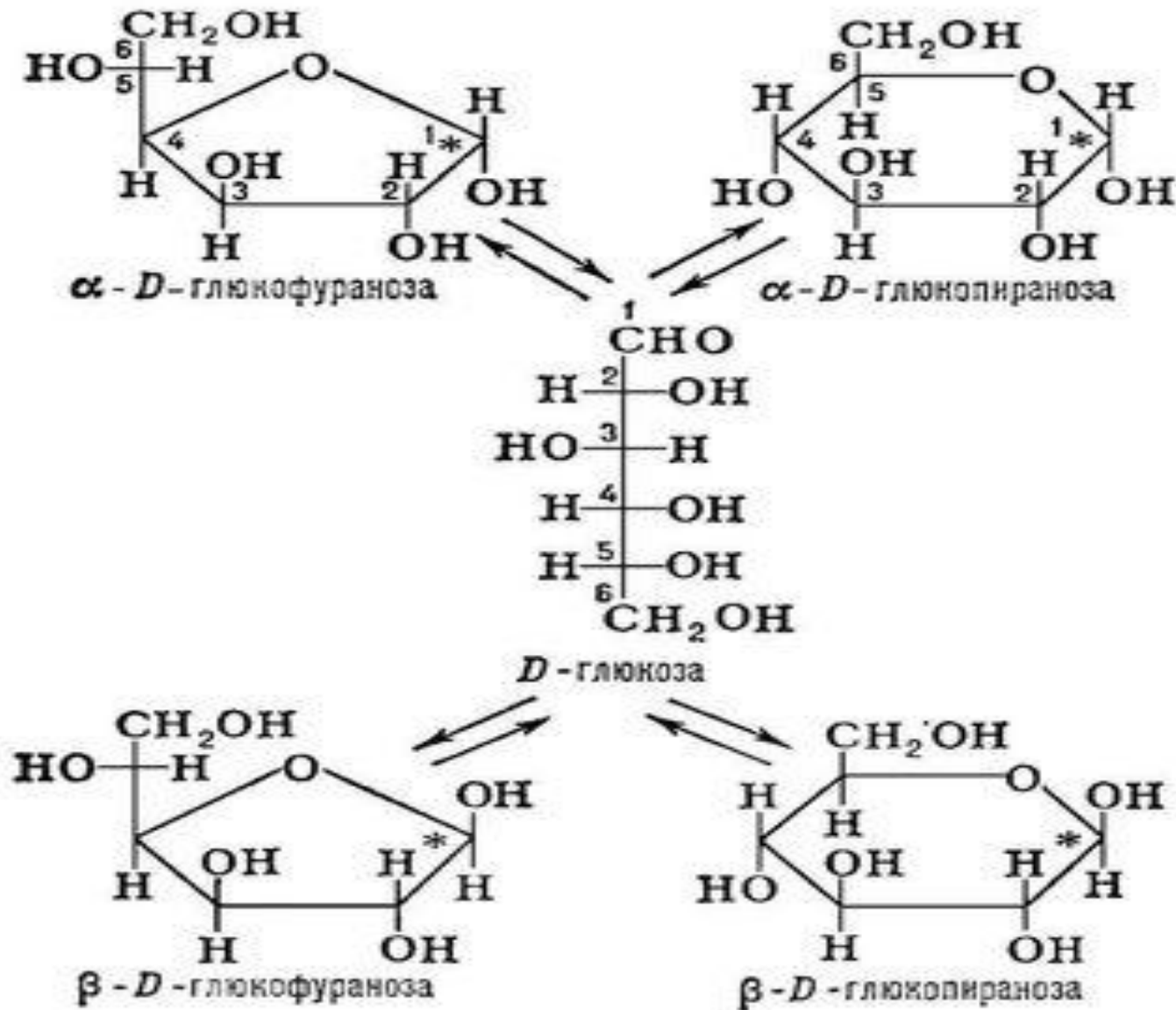
- Триозы (глицериновый альдегид)
- Тетрозы (эритроза)
- Пентозы (рибоза, ксилоза, арабиноза)
- Гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза)

Таутомерия

- равновесная динамическая изомерия, при котором два или более изомера легко переходят друг в друга. При этом устанавливается таутомерное равновесие, и вещество одновременно содержит молекулы всех изомеров в определённом соотношении.

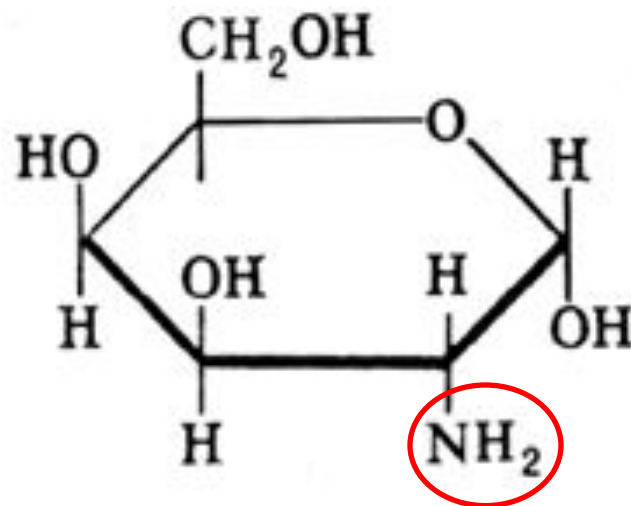
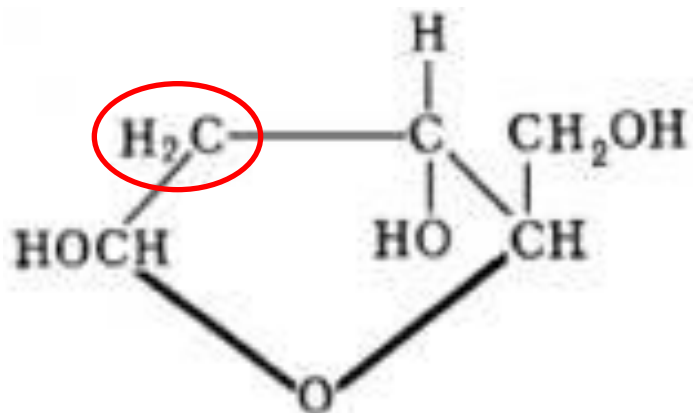
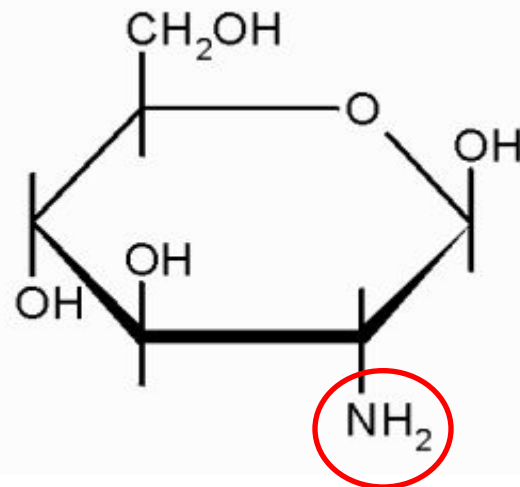
- В организме млекопитающих содержатся только D-сахара.

Циклооксотаутомерия



Производные моносахаридов

- D-глюкозамин
- D-галактозамин
- D-дезоксирибоза

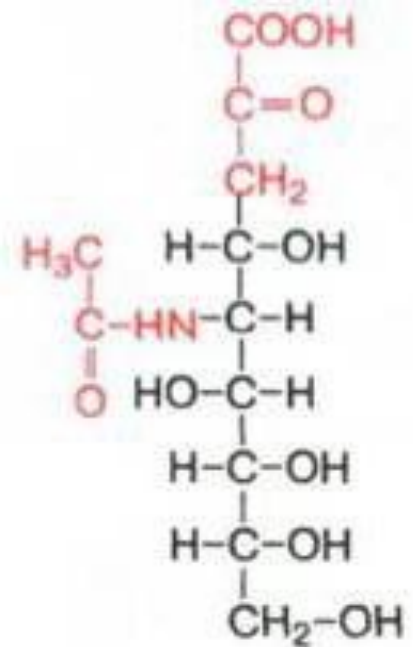


Сиаловые кислоты

- N- и O-ацильные производные нейраминовой кислоты.

Входят в состав

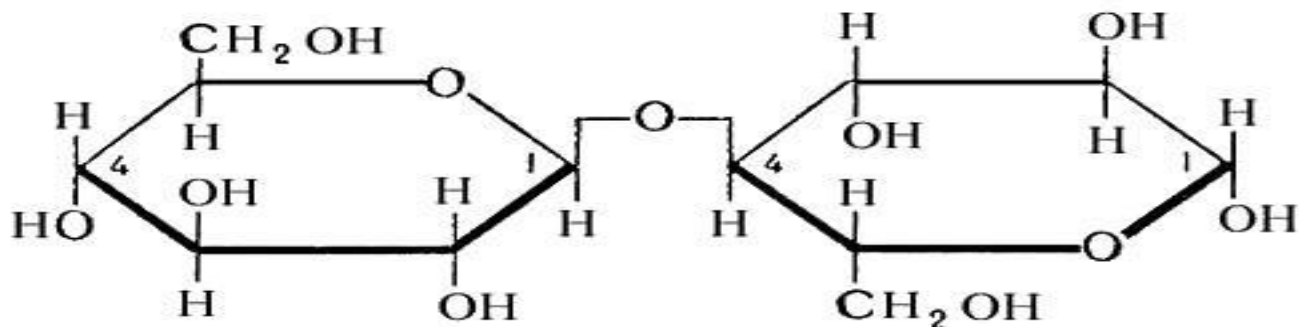
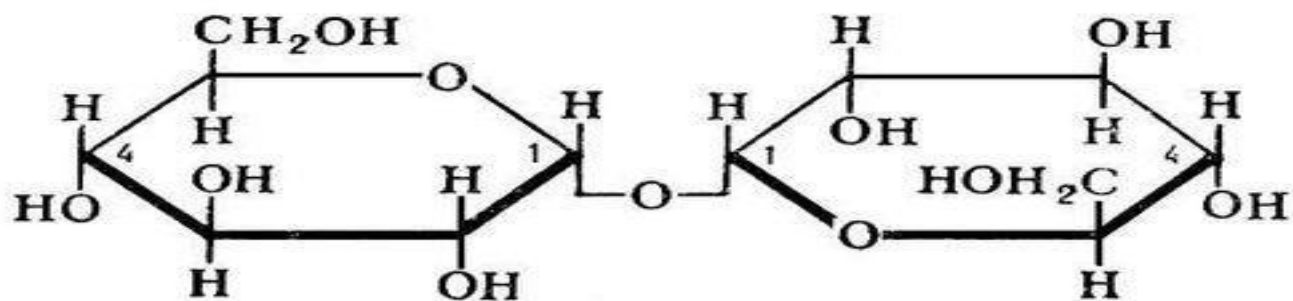
гликопротеинов и гликолипидов.



Сиаловая кислота
(N-ацетилнейраминовая
кислота)

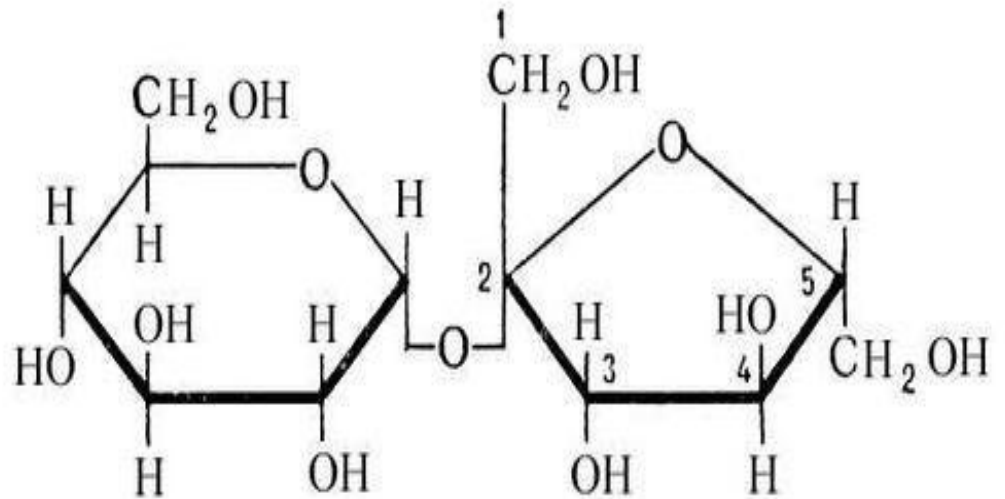
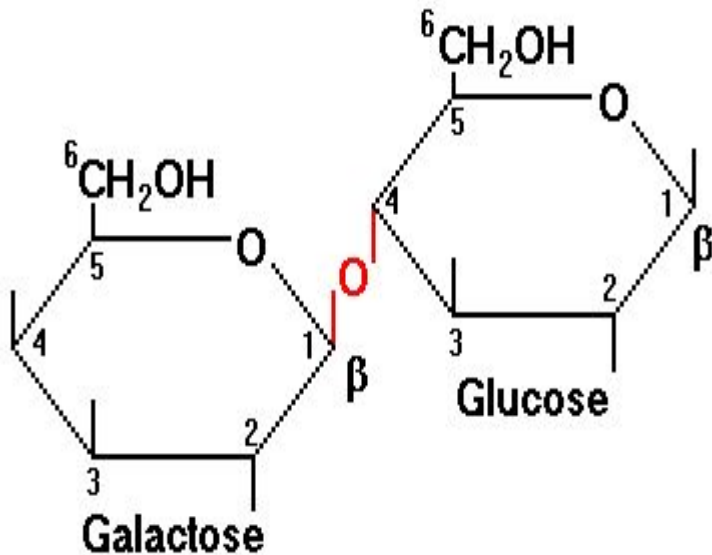
Дисахариды

- Мальтоза (α -D-глюкоза+глюкоза)
- Целлобиоза (β -D-глюкоза+глюкоза)



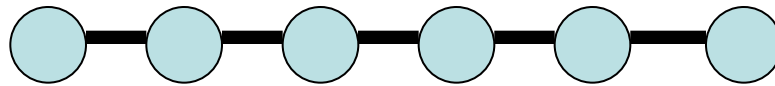
Дисахариды

- Лактоза (β -D-галактоза+глюкоза)
- Сахароза (α -D-глюкоза+ β -D-фруктоза)

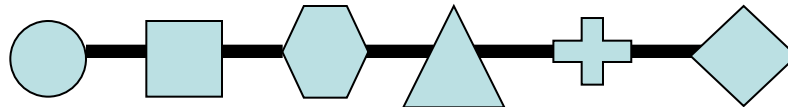


Полисахариды

- Гомополисахариды (гликаны) — это биополимеры, состоящие из остатков одного моносахарида или его производного.

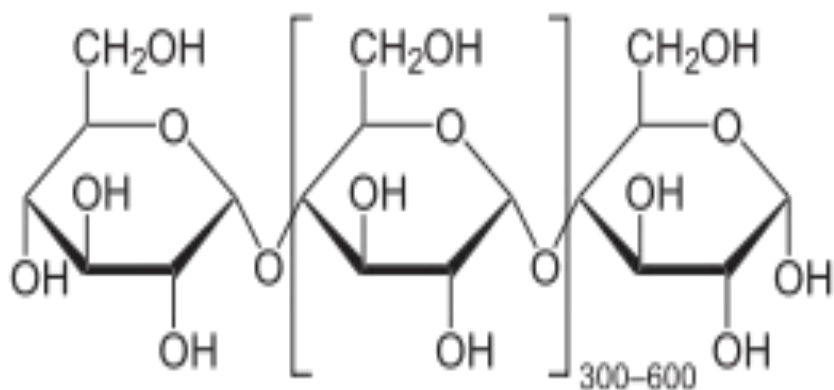


- Гетерополисахариды - это биополимеры, состоящие из остатков нескольких моносахаридов и/или их производных.

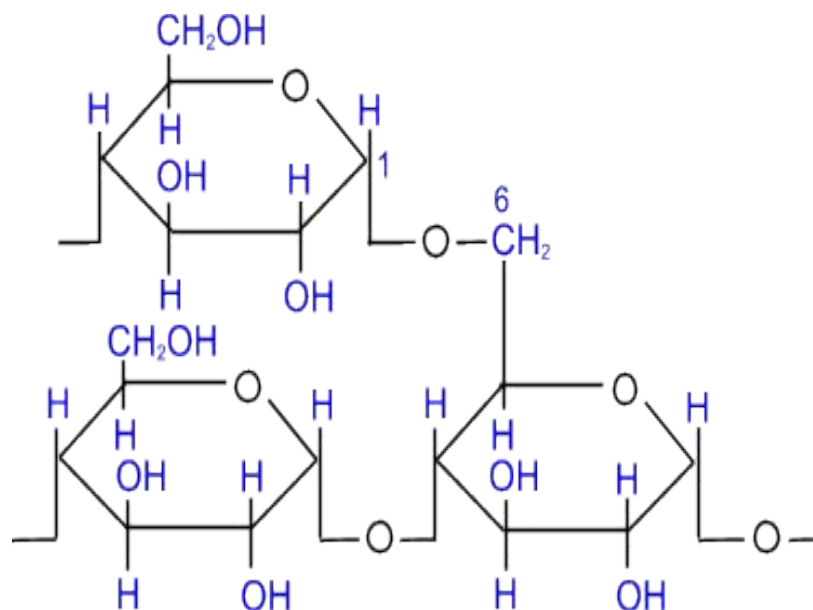


Крахмал

- гомополисахарид растений, мономером которого является α -D-глюкоза, состоящий из двух фракций.



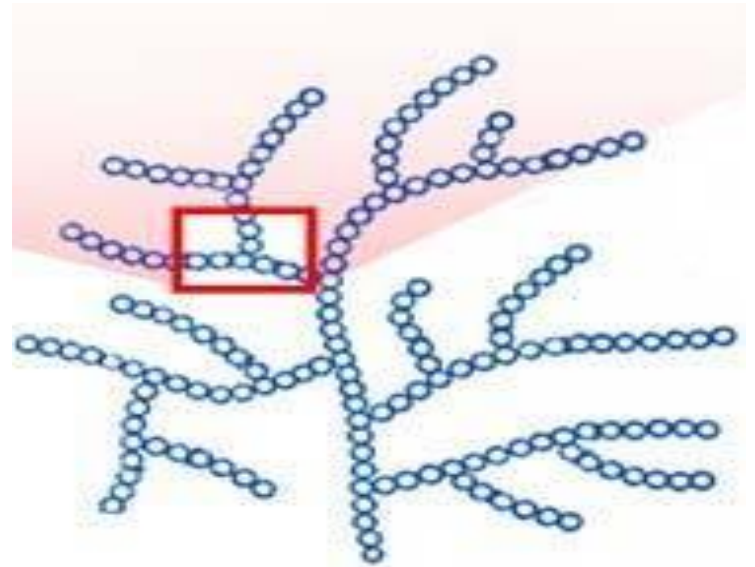
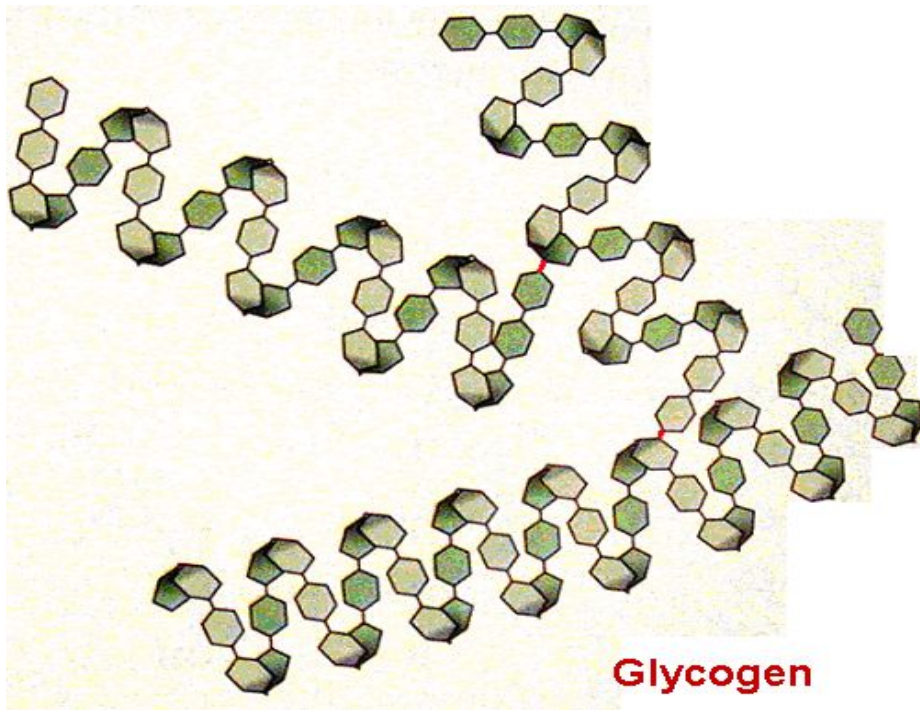
Амилоза (20%)



Амилопектин (80%)

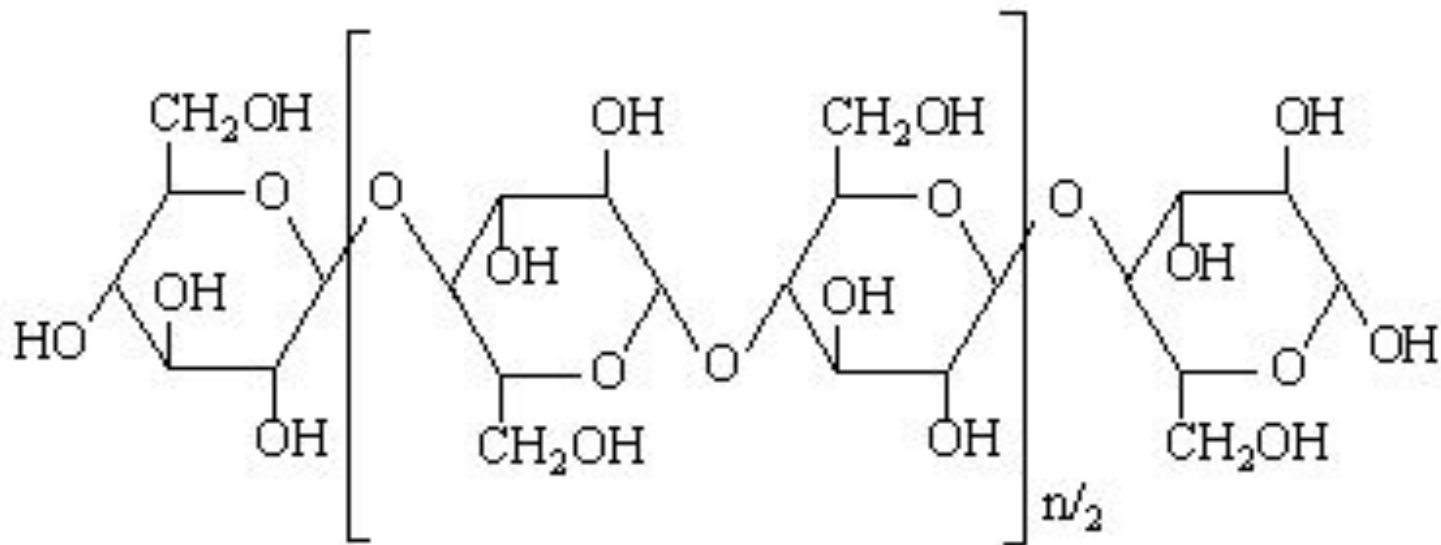
Гликоген

- гомополисахарид животных и грибов, мономером которого является α -D-глюкоза.



Целлюлоза (клетчатка)

- гомополисахарид, состоящий из остатков β -D-глюкозы, соединенных β -(1,4) гликозидной связью.



Прочие гомополисахариды

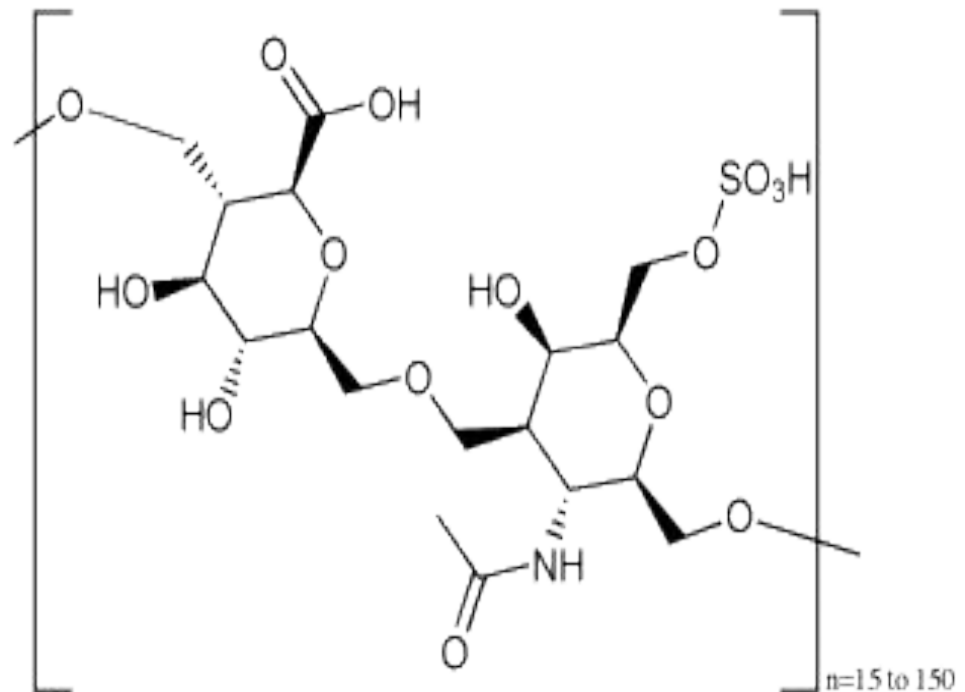
- **Декстран** - гомополисахарид бактерий, состоящий из остатков α -D-глюкозы, соединенных α -(1,4)-гликозидной связью.
- **Инулин** - гомополисахарид, состоящий из остатков β -D-фруктозы, соединенных β -(2,1)-гликозидной связью, но заканчивается всегда α -D-глюкозой.
- **Пектиновые вещества** - гомополисахариды, состоящие из уроновых кислот.
- **Хитин** – гомополисахарид, состоящий из N-ацетилглюкозамина, соединенного β -(1,4)-гликозидной связью.

Гетерополисахариды: хондроитинсульфат

Состоит из повторяющихся дисахаридных фрагментов (N-ацетилхондрозин), соединенных β -(1,4)-гликозидной связью.

Глюкуроновая кислота соединена с N-ацетилгалактозамином β -(1,3)-гликозидной связью.

N-ацетилхондрозин входит в состав ХИС в форме сульфэфира.

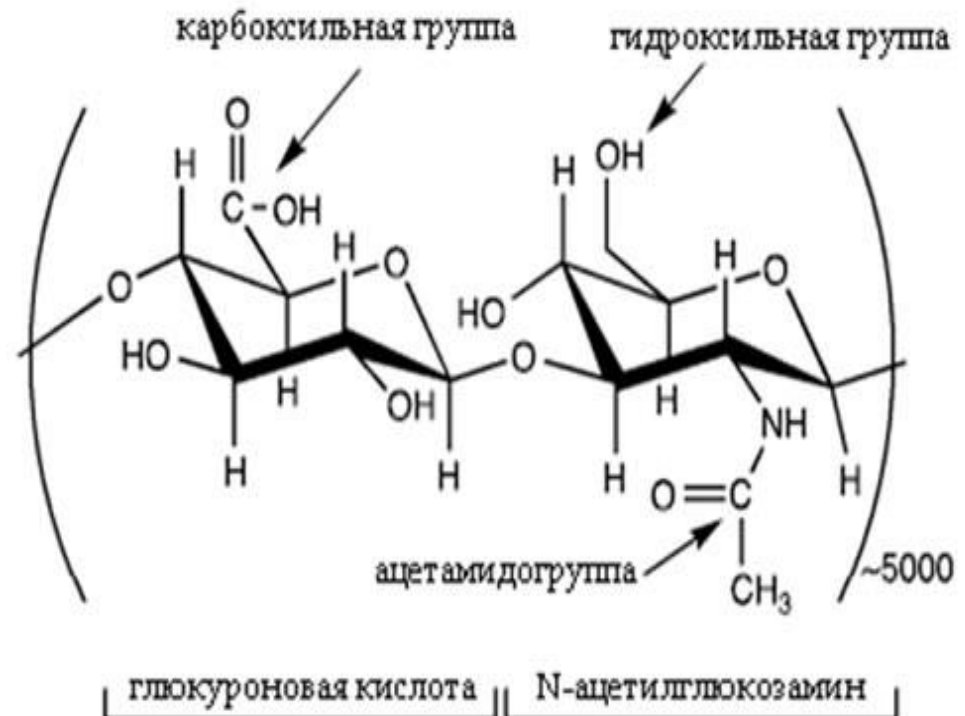


Гиалуроновая кислота

- гетерополисахарид, состоящий из дисахаридных фрагментов, соединенных β -(1,4)-гликозидной связью.

Дисахаридное звено состоит из:

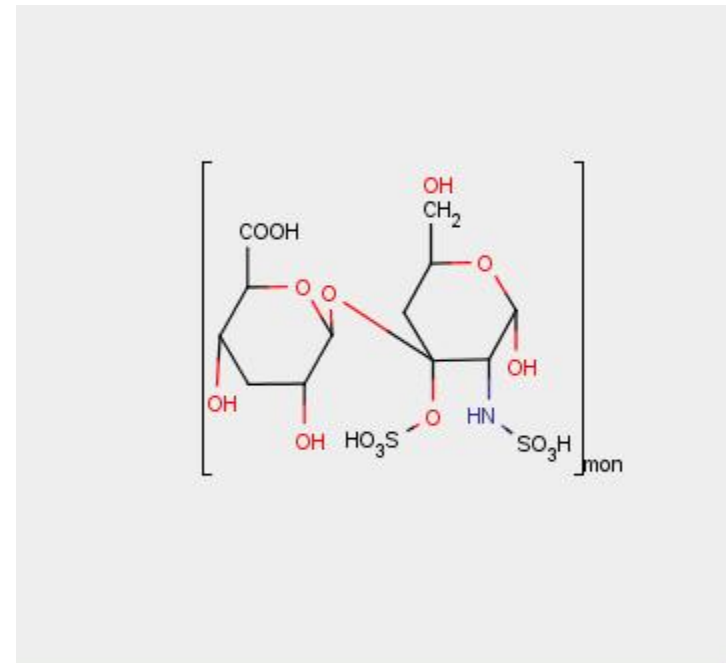
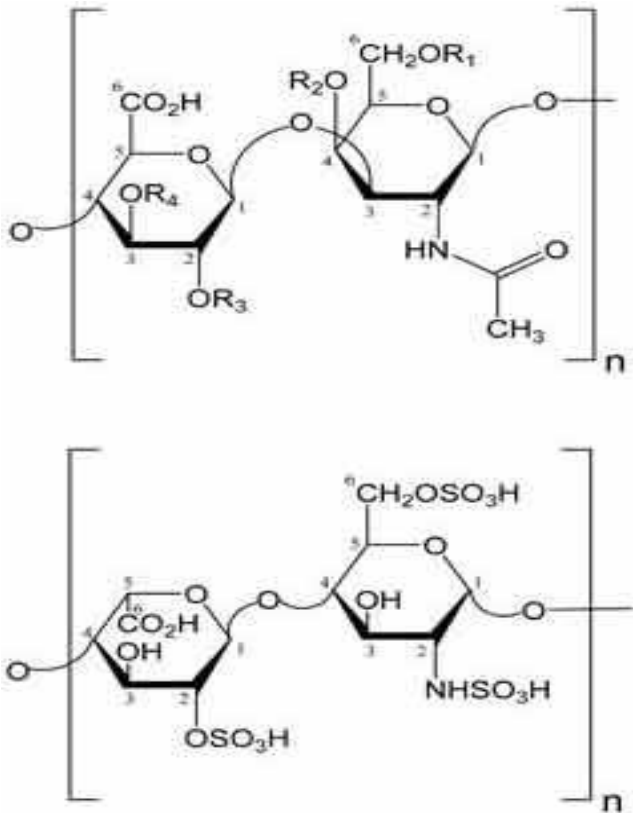
- N-ацетилглюкозамина;
 - Глюкуроновая кислоты,
- соединенных β -(1,3)-гликозидной связью.



Гепарин

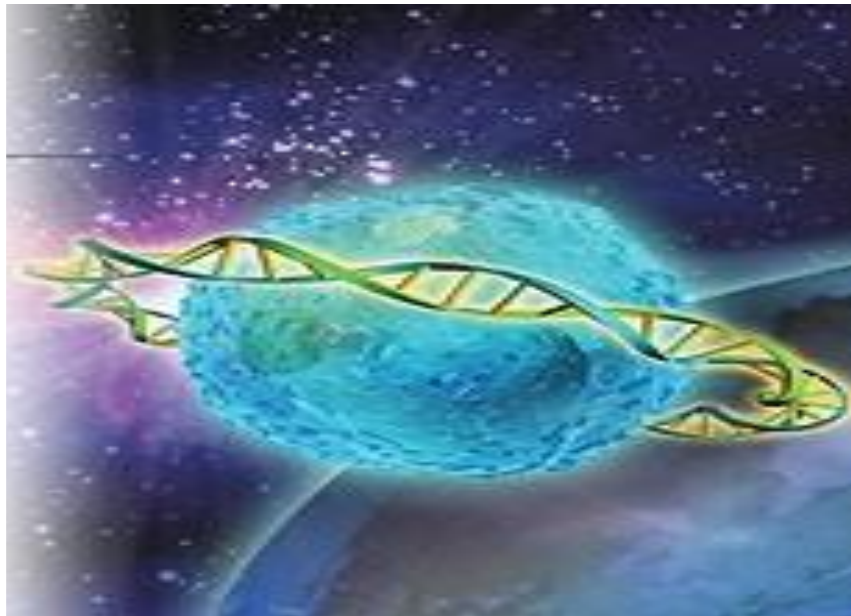
- гетерополисахарид, состоящий из остатков глюкозамина, глюкуроновой и идуроновой кислот.

Сульфатирование по 6 углероду и аминогруппе.

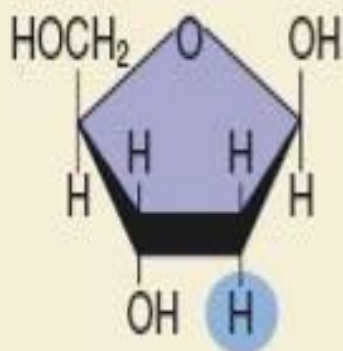
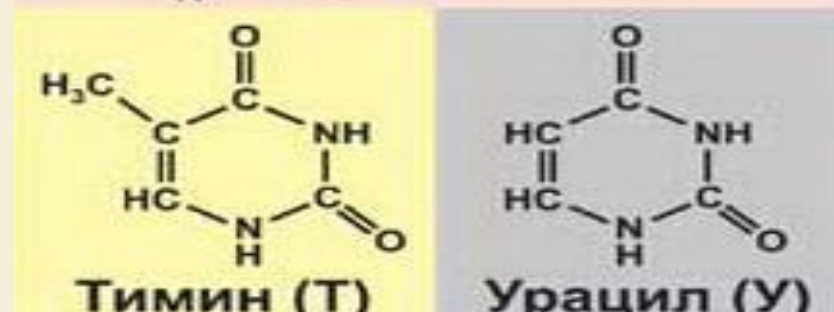
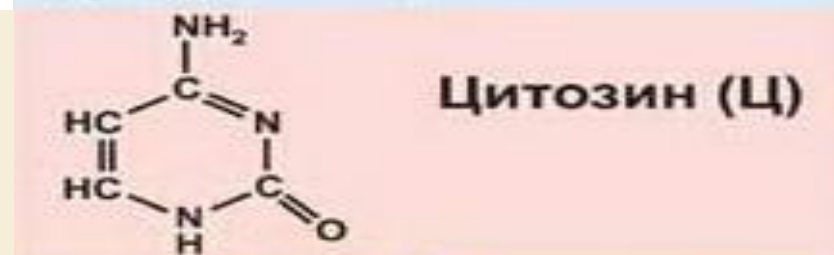
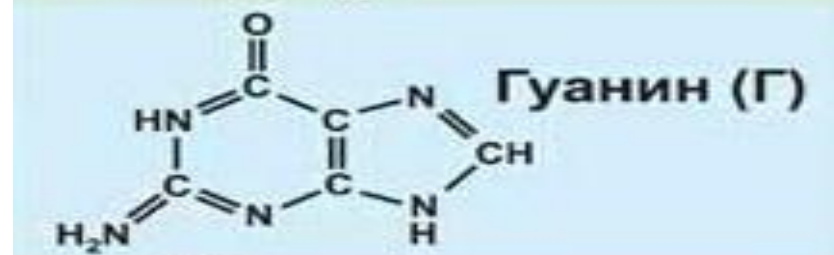
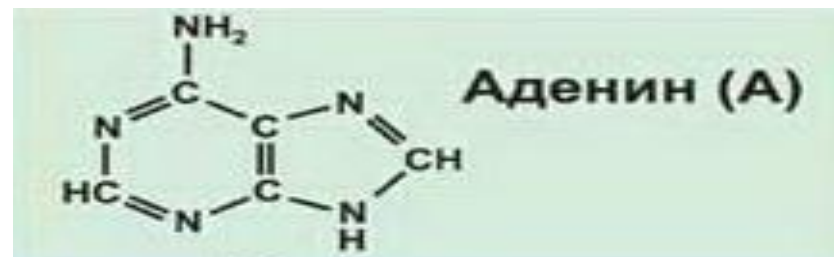
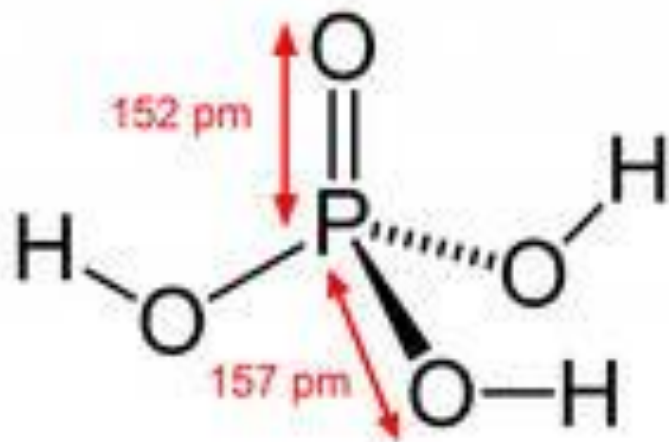


Нуклеиновые кислоты

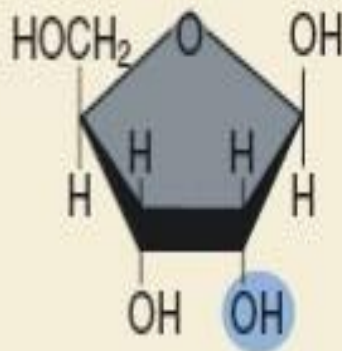
- высокомолекулярные органические соединения, биополимеры (полинуклеотиды), образованные мономерами – нуклеотидами.



Компоненты нуклеотидов

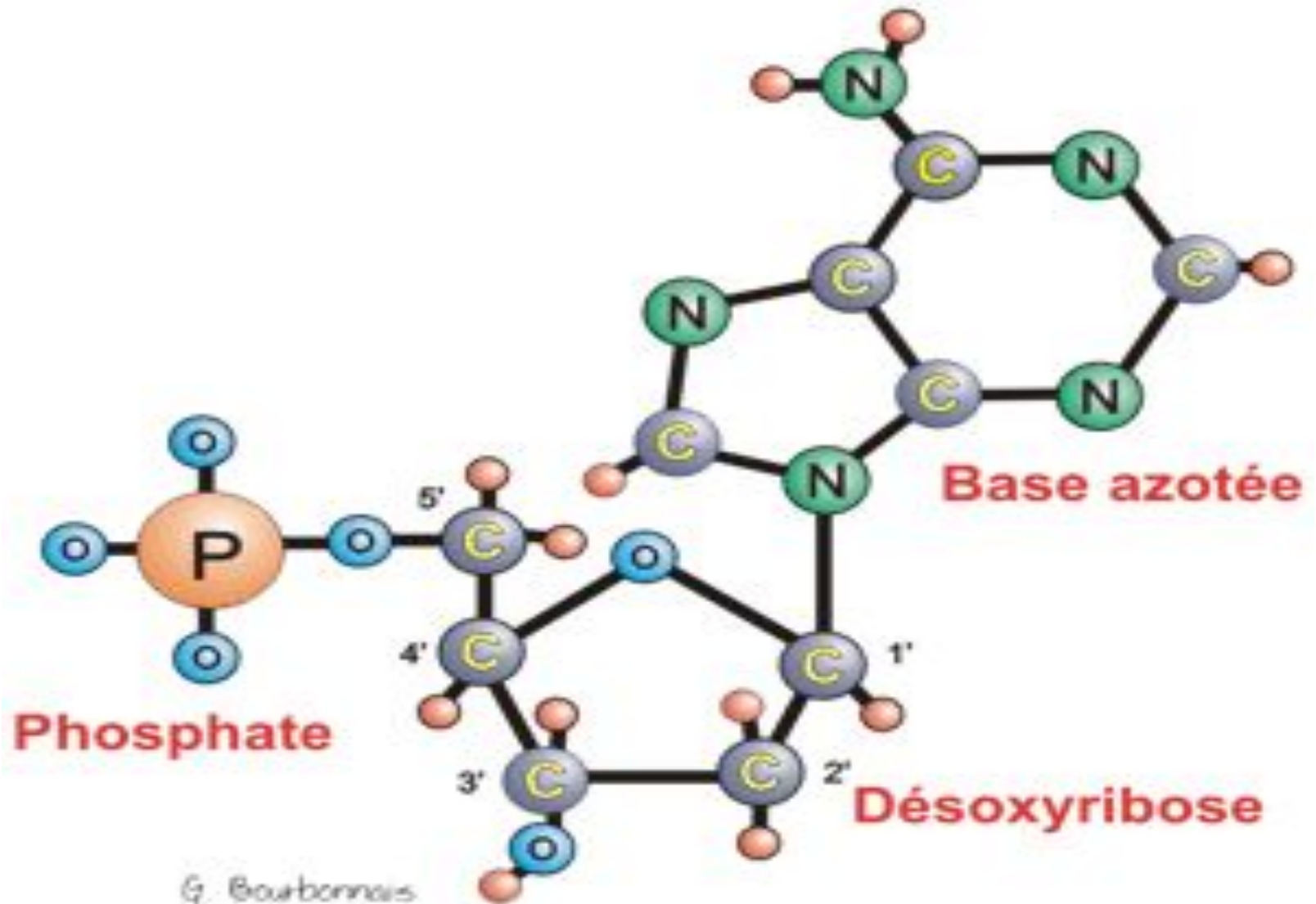


а) Дезоксирибоза

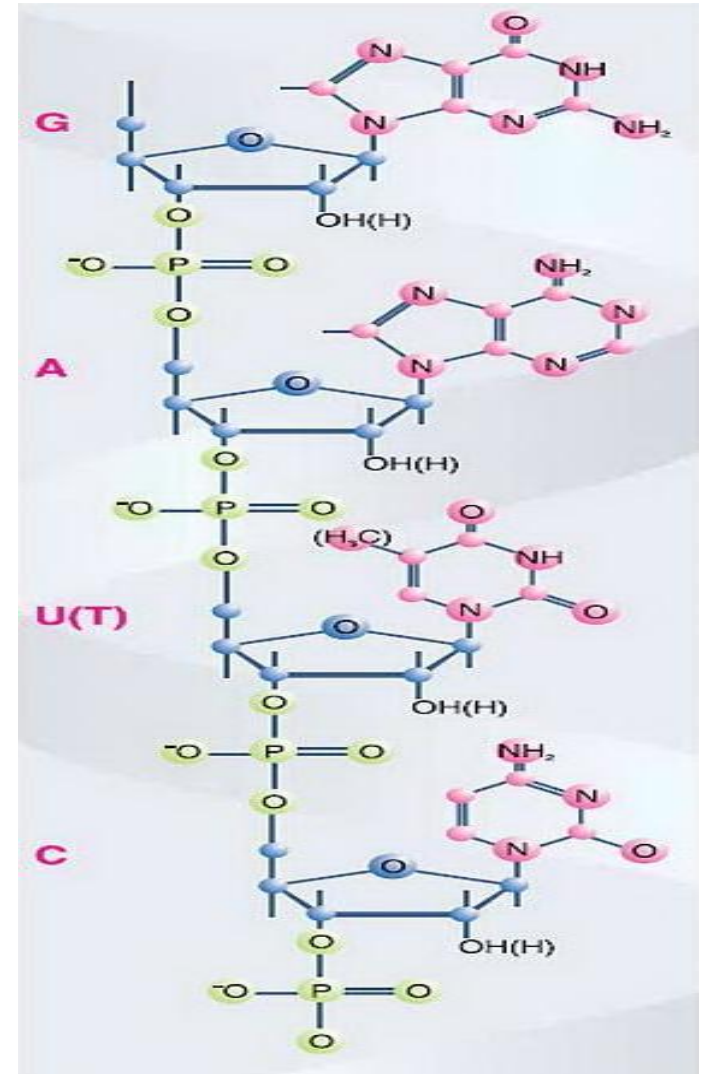
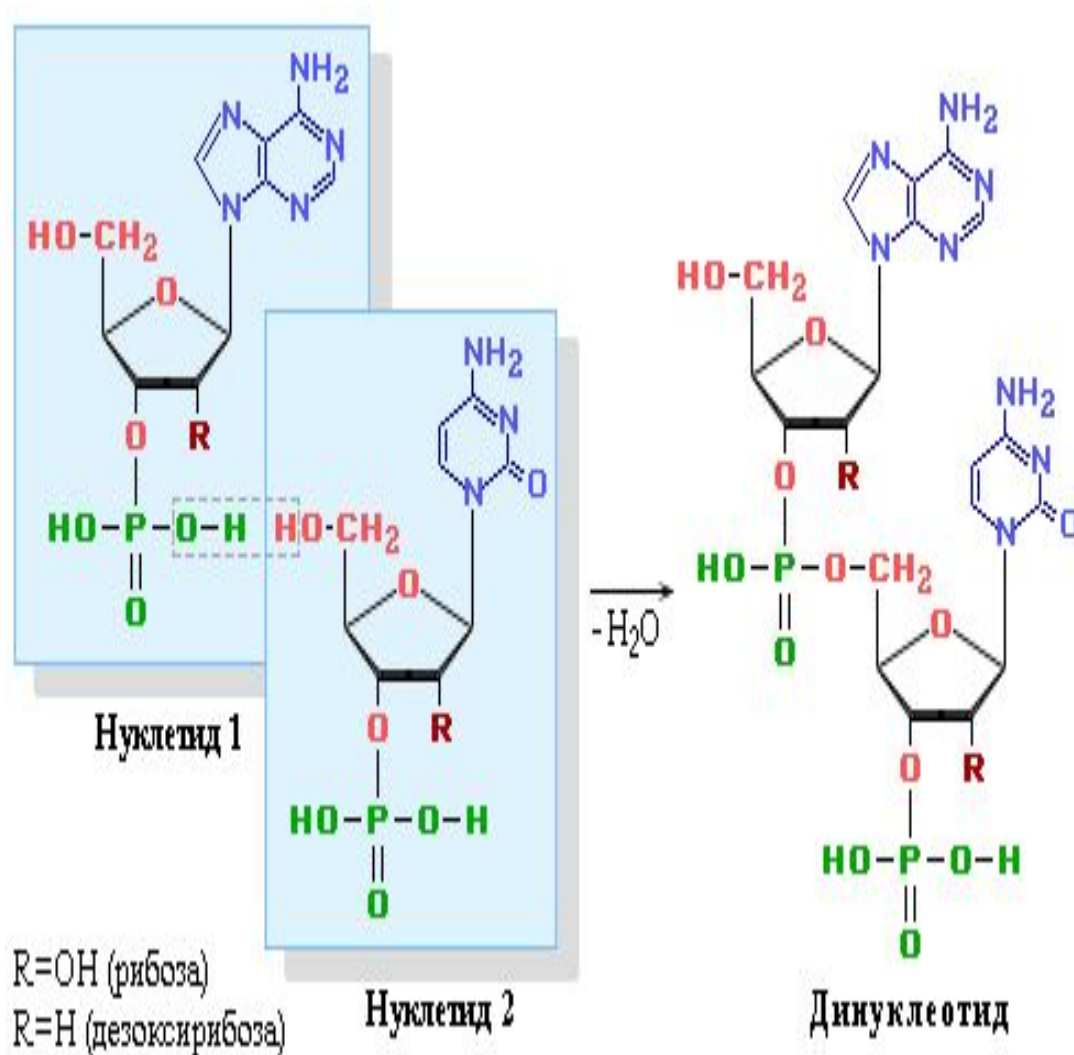


б) Рибоза

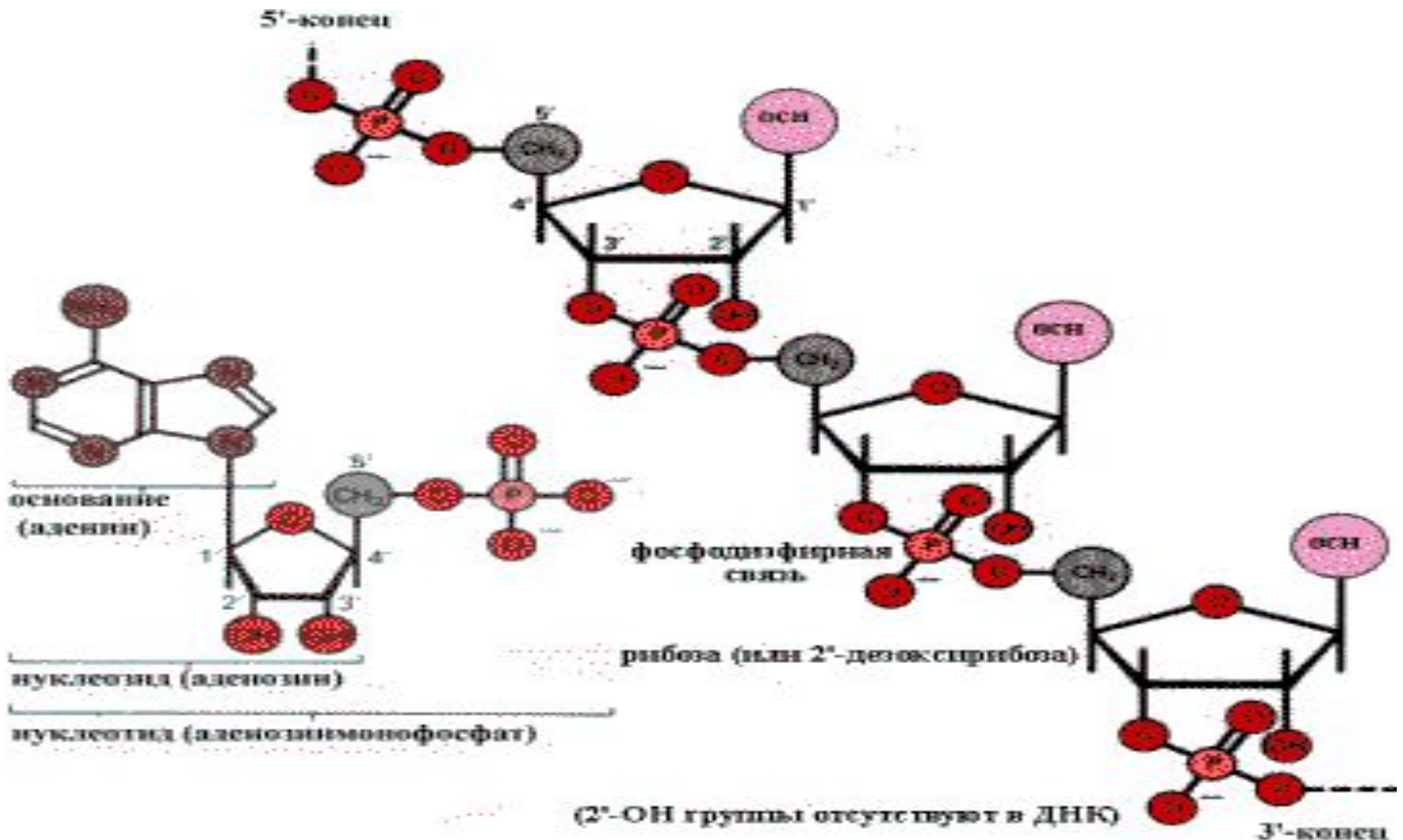
Нулеотиды



Фосфодиэфирная связь



Строение нуклеиновых кислот (первичная структура)



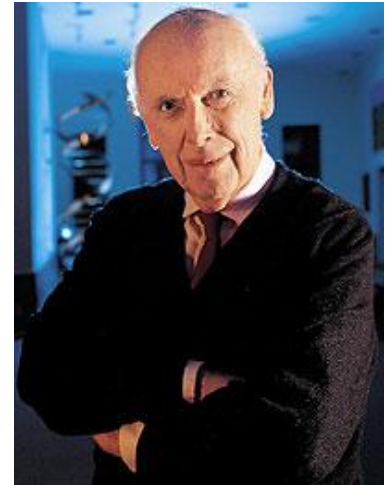
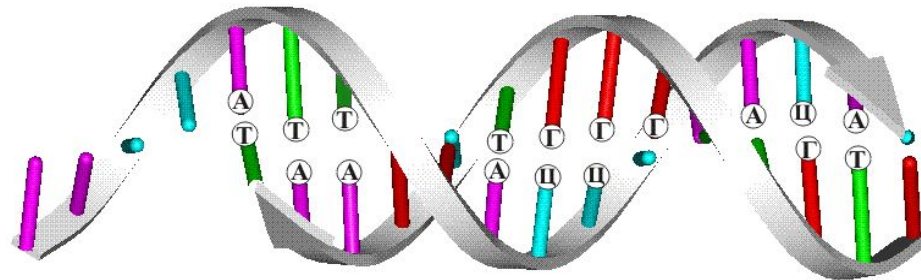
Правила Чаргаффа

1. $A=T$, $C=G$

2. Пуриновые АО = Пиримидиновые АО

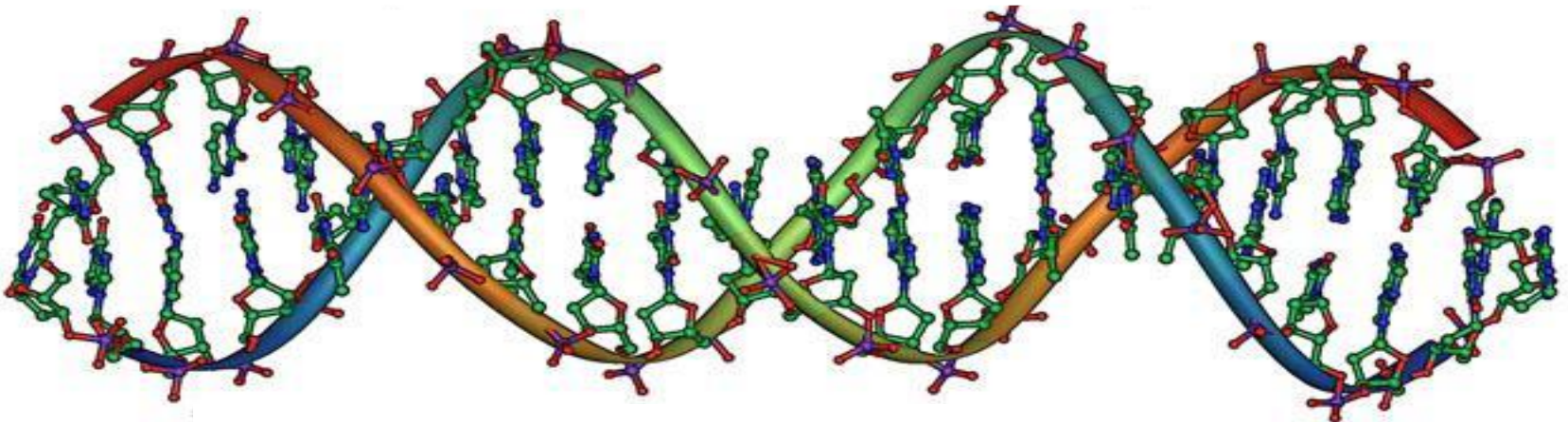
Правила Чаргаффа послужили предпосылкой
для разработки

Ф. Криком и Дж. Уотсоном
модели двойной спирали.

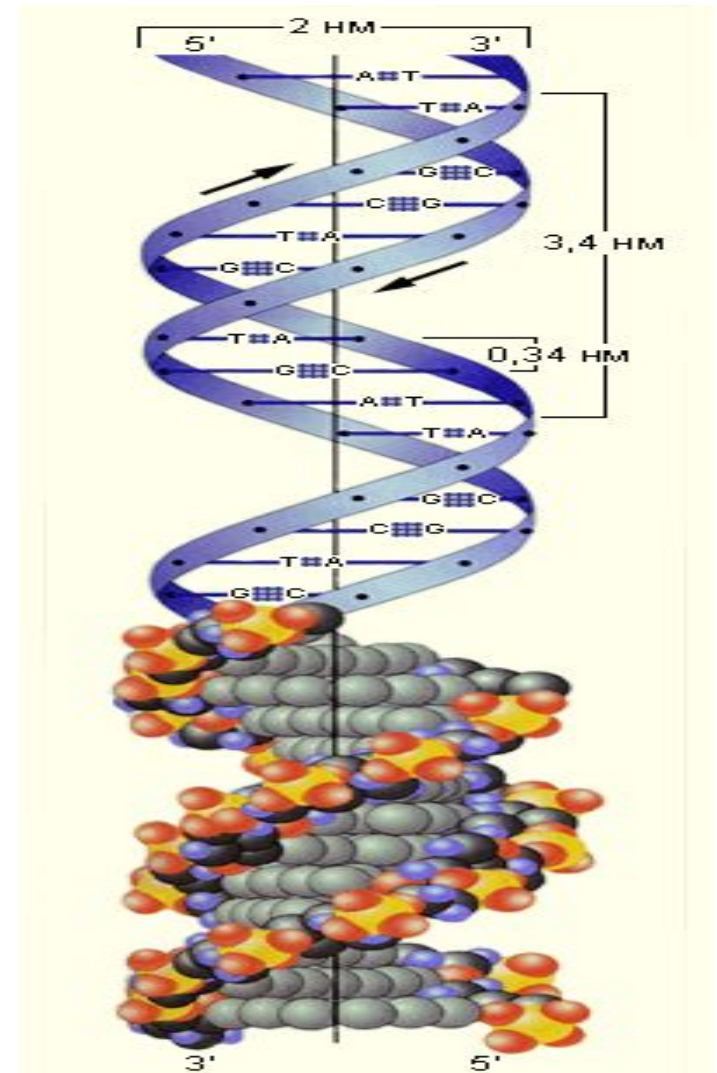
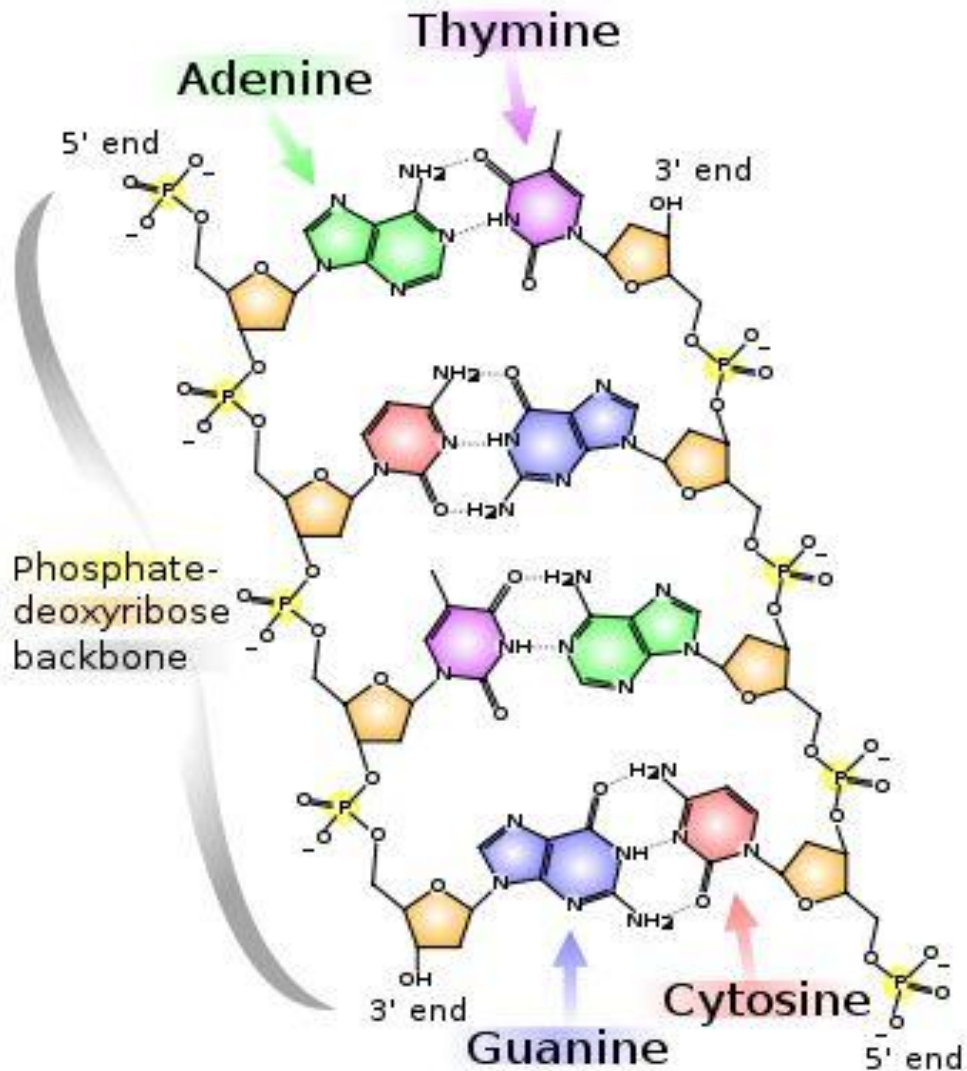


ДНК

- нуклеиновая кислота, полимер дезоксирибонуклеотидов, в состав которых входят остаток ортофосфорной кислоты, дезоксирибозу и азотистые основания — аденин, цитозин, гуанин и ТИМИН.

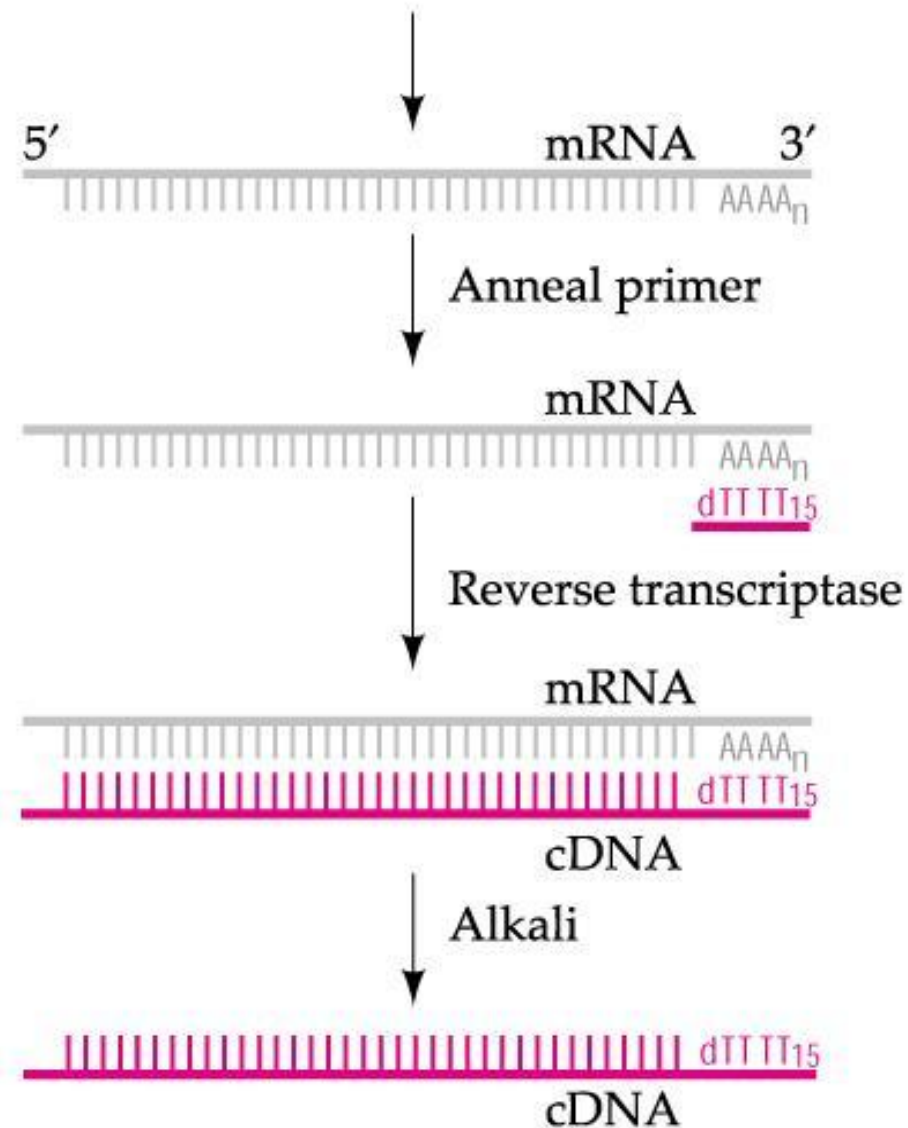


ДНК (вторичная структура)



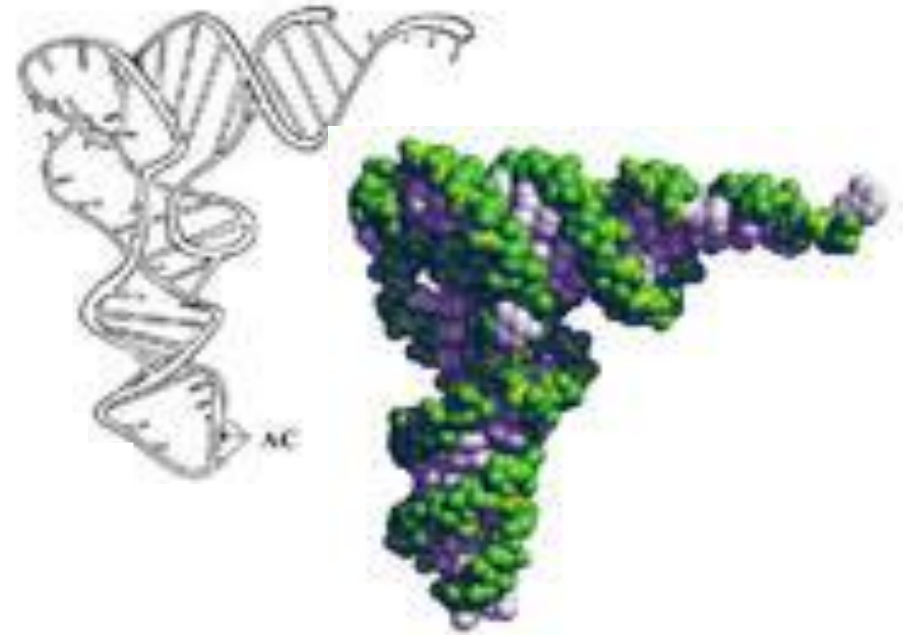
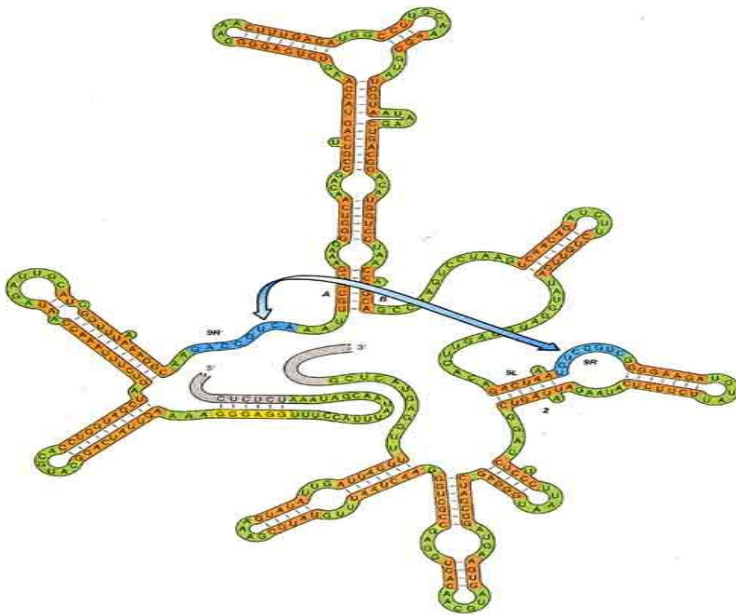
кДНК (cDNA)

- одноцепочечная ДНК синтезированная из зрелой мРНК (комплементарная ей) с помощью обратной транскриптазы.



РНК

- нуклеиновые кислоты, полимеры рибонуклеотидов, в состав которых входят остаток ортофосфорной кислоты, рибоза и азотистые основания — аденин, цитозин, гуанин и урацил.



Вторичная структура РНК Третичная структура РНК

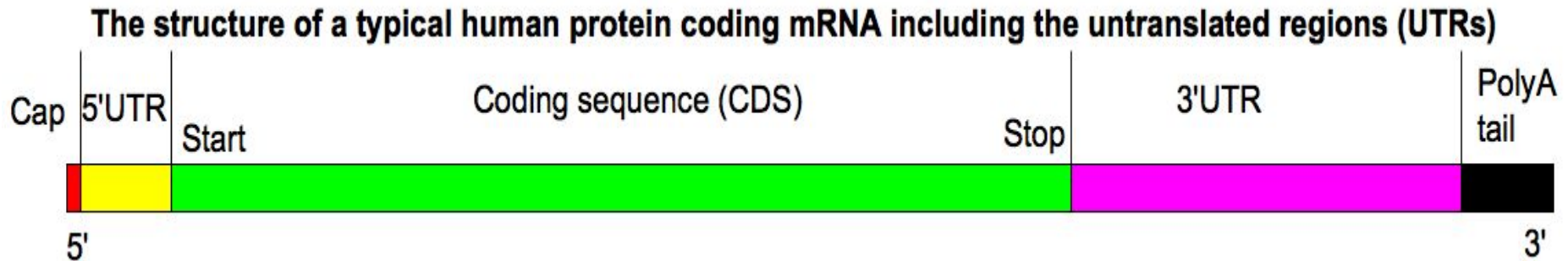
ДНК-подобная РНК (гяРНК, hnRNA)

- полирибонуклеотид, являющийся полной копией транскрибируемого участка ДНК и являющийся предшественником мРНК.

Содержатся в ядре и подвергаются процессингу в результате которого формируются мРНК.

= Первичный транскрипт мРНК

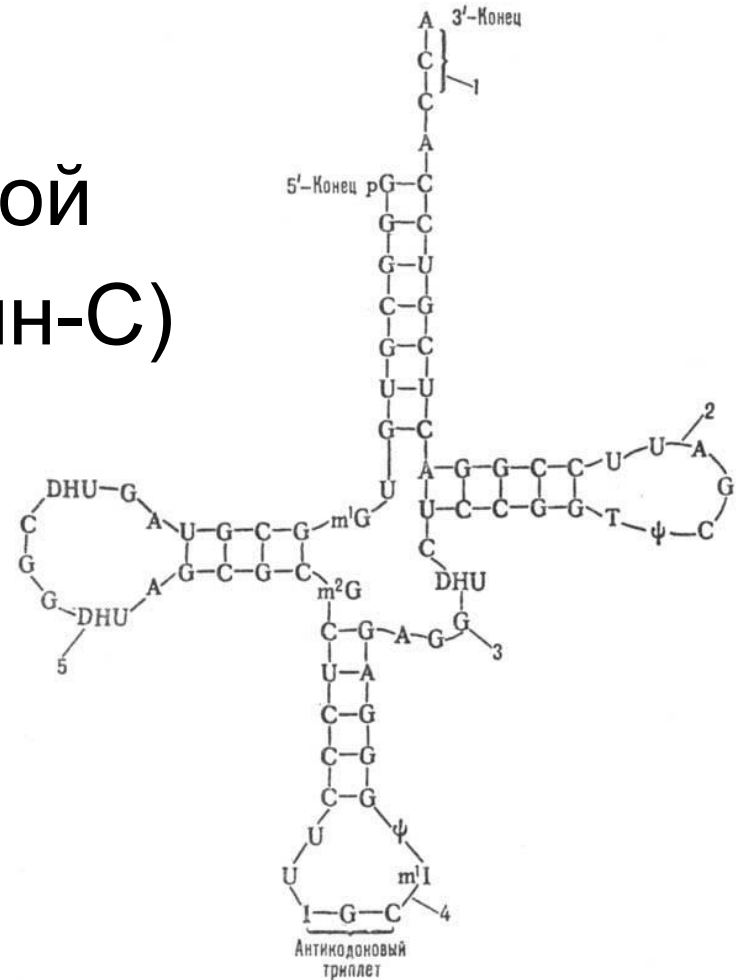
Матричная РНК (мРНК)



- На 5'-конце – 7-метилгуанозин-5'-фосфат.
- 5'UTR-нетранслирующий регион
- Иницирующий кодон – AUG
- CDS-кодирующая последовательность
- Терминирующий кодон – UGA, UUA, UAG
- 3'UTR-нетранслирующий регион
- Полиаденилатный хвост (200-300 А-нуклеотидов)

Транспортная РНК (тРНК)

1. 3'-конец ответственен за связывание с аминокислотой
2. ТψС-плечо (Т-псевдоуридин-С)
3. Дополнительное плечо
4. Антикодонное плечо
5. D-плечо (дигидроуридин)



Рибосомальная РНК (рРНК)

- 5 S кодируется отдельным геном
 - 5,8 S
 - 28 S
 - 18 S
- считываются с одного гена 45S РНК

Содержит минорные нуклеотиды.

Малые РНК (sRNA)

Описаны только у эукариот.

Содержат до 300 нуклеотидов

До 10^6 на клетку.

- тмРНК (tmRNA)
- мяРНК (snRNA)
- мяоРНК (snoRNA)
- гРНК (gRNA)
- мцРНК (scRNA)
- миРНК (siRNA)
- микроРНК (miRNA)

Функции:

Редактирование РНК

Сплайсинг

Полиаденилирование

Эпигенетическая
регуляция экспрессии
генов

Поддержание
целостности теломер

Малые РНК (sRNA)

Описаны только у
эукариот.

Содержат до 300
нуклеотидов

До 10^6 на клетку

- Функции:
- Редактирование РНК
- Сплайсинг
- Полиаденилирование
- Эпигенетическая регуляция экспрессии генов
- Поддержание целостности теломер

Липиды

- разнородная группа органических веществ, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в неполярных растворителях.

- Омыляемые (сфинголипиды, глицеролипиды).
- Неомыляемые (стероиды, терпены).

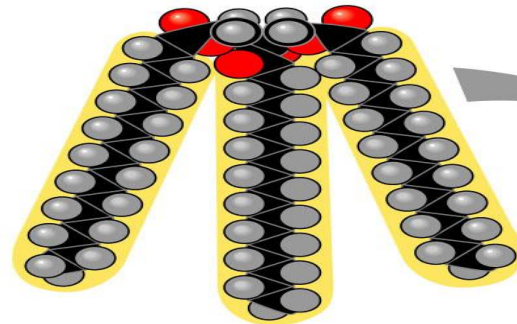
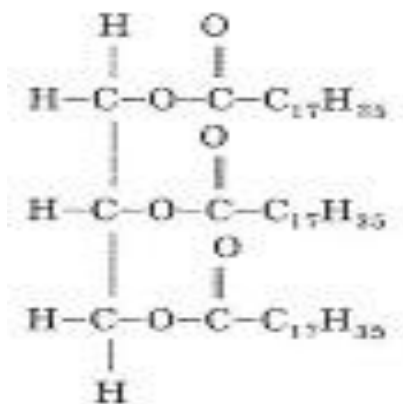


Жирные кислоты

Гидрофобные участки мембранных липидов представлены остатками высших карбоновых кислот. В составе жирных кислот выделяют алифатический радикал и карбоксильную группу. Жирные кислоты в организме человека имеют всегда чётное число атомов углерода в своём составе, ненасыщенные жирные кислоты имеют цис-конформацию.

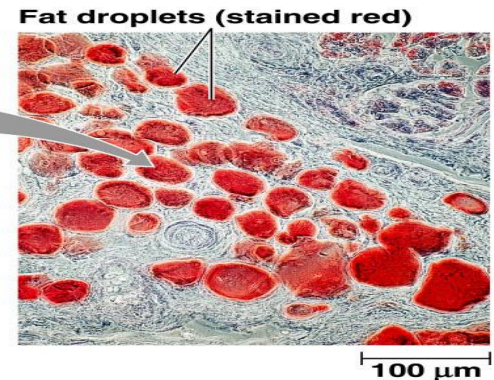
Жиры (триглицериды) и воски

- Жиры - органические соединения, полные сложные эфиры глицерина и высших насыщенных или ненасыщенных жирных кислот;
- Масла - жидкие жиры.
- Воски – сложные эфиры высших жирных кислот и высших высокомолекулярных спиртов .



(a) A fat molecule

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



(b) Mammalian adipose cells

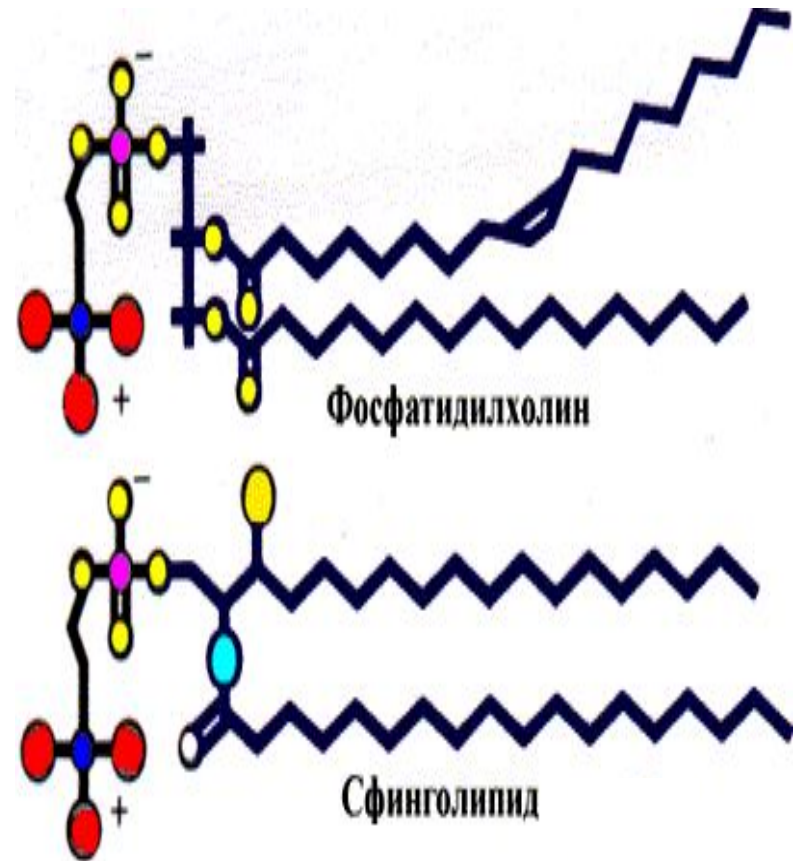
Омыляемые липиды.

Глицеролипиды и сфинголипиды

- глицеролипиды
- сфинголипиды.

В составе глицеролипидов два остатка жирной кислоты соединены с 1 и 2 атомами углерода глицерина.

В составе сфинголипидов входит 1 остаток жирной кислоты.



Фосфолипиды и гликолипиды

К свободной 3 ОН-группе глицерина и ОН-группе сфингозина, может присоединиться остаток фосфорной кислоты или углеводный фрагмент.

С остатком фосфорной кислоты связываются аминокислоты, производные нуклеотидов, витамины, формируя гидрофильную часть молекулы липида.

Среди фосфолипидов выделяют: фосфоглицеролипиды и сфингомиелины.

Среди гликолипидов выделяют: гликосглицеролипиды, цереброзиды, глобозиды, ганглиозиды.

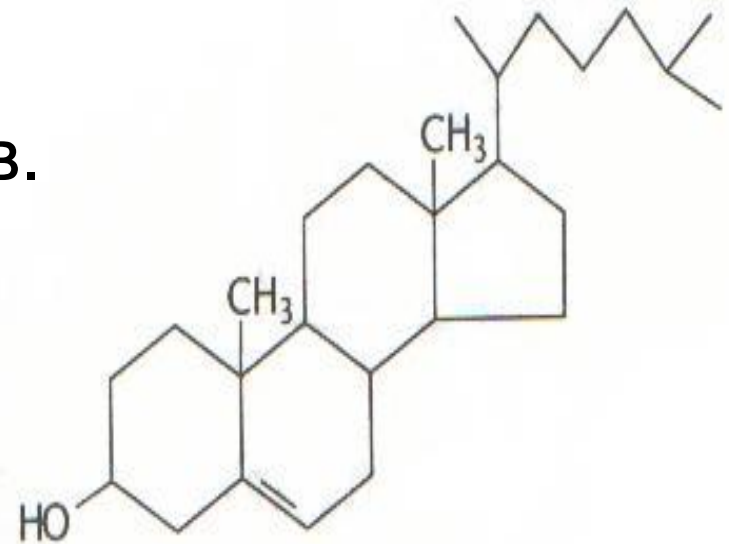
Неомыляемые липиды мембран. Стеройды.

— производные восстановленных
конденсированных циклических систем
- циклопентанпергидрофенантронов.

Бактерии не имеют стеройдов.

Растения – фитостеролы.

Грибы – микостеролы.



Cholesterin

Функции липидов

1. Структурная
2. Барьерная
3. Энергетическая
4. Терморегуляция
5. Запасание воды
6. Синтез витаминов
7. Синтез гормонов
8. Синтез желчных кислот



Спасибо за внимание!

