

A collection of yellow puzzle pieces scattered on a white background. Each piece has a red label for a vitamin or nutrient. The labels include: 'А' (top left), 'Ниацин' (top center), 'В<sub>1</sub>' (top right), 'D<sub>3</sub>' (middle left), 'С' (middle right), 'В<sub>2</sub>' (middle right, below C), 'К<sub>3</sub>' (middle left, below D<sub>3</sub>), 'В<sub>6</sub>' (middle center), 'В<sub>с</sub>' (bottom left), 'В<sub>12</sub>' (bottom center), 'БИОТИН' (bottom right), and 'Е' (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:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ .

Многие элементы и соединения в клетке существуют в виде ионов.

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

Важнейшие анионы:  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .



# 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.

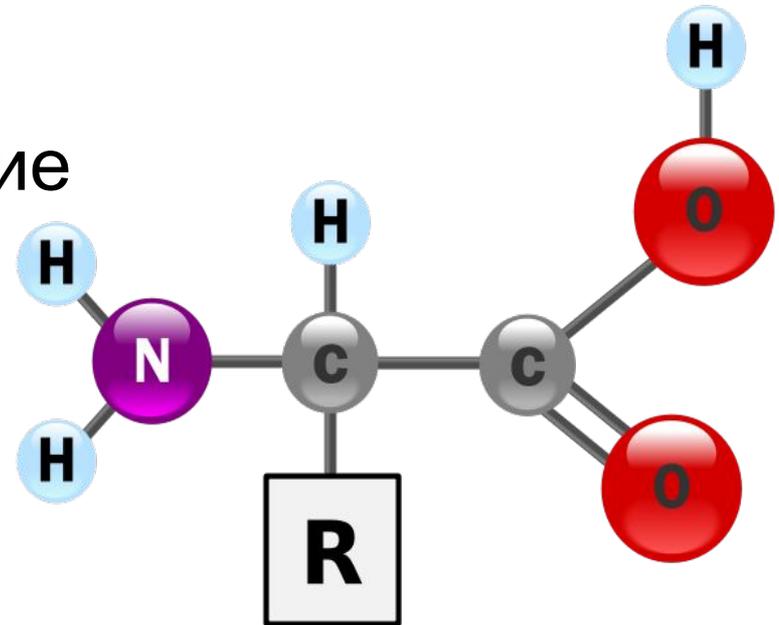
# Функции воды

- 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 аминогруппы.



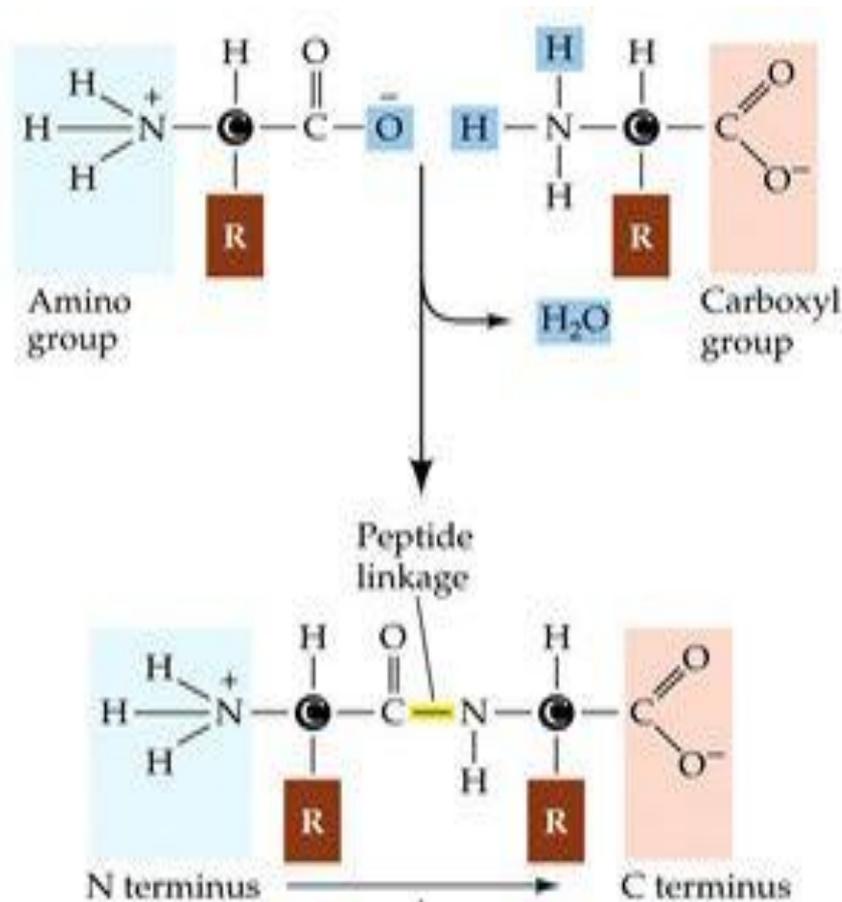
Биогенные аминокислоты - α аминокислоты.

# Пептидная связь

- связь между  $\alpha$ -карбоксильной группой одной аминокислоты и  $\alpha$ -аминогруппой другой (амидная). Мономеры аминокислот, входящие в состав белка – аминокислотные остатки.

- N-конец

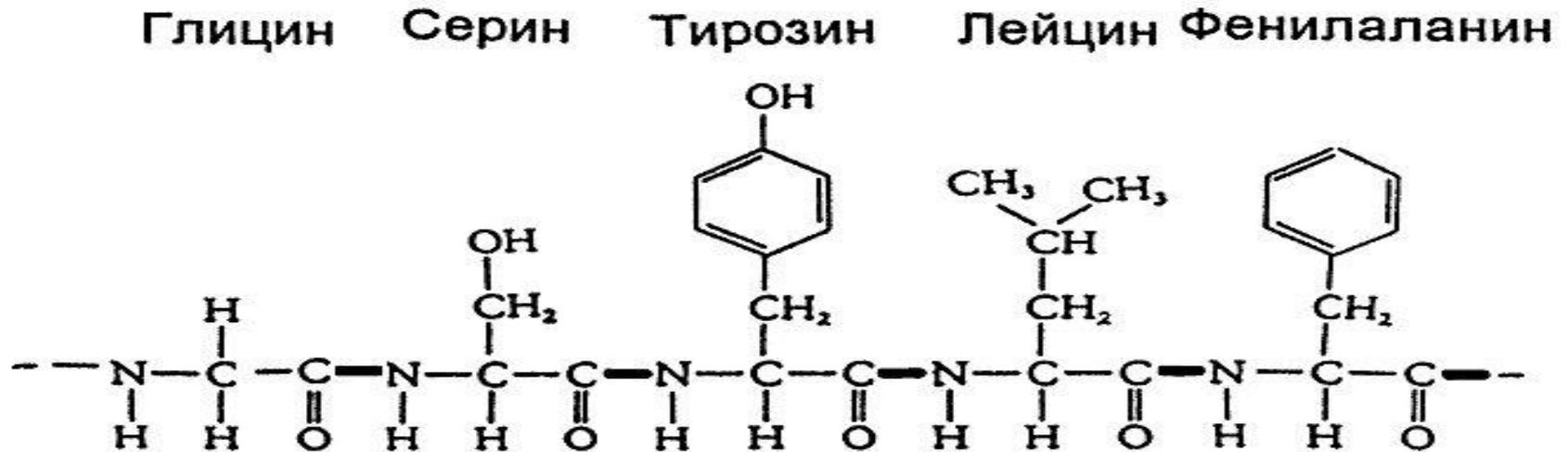
- C-конец



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

# Пептиды

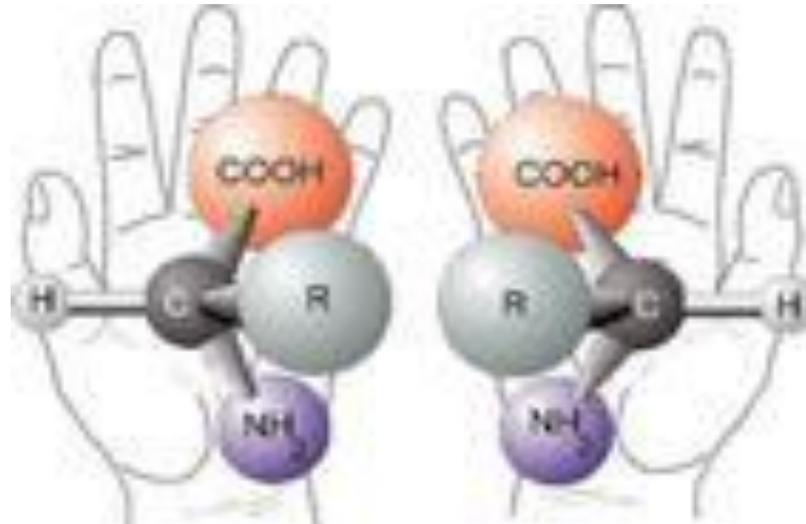
- Олигопептиды (до 10 аминокислотных остатков);
- Полипептиды (более 10);
- Белки – полипептиды, содержащие более 50 аминокислотных остатков.



# Оптическая изомерия

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

В состав белка входят только L-аминокислоты.

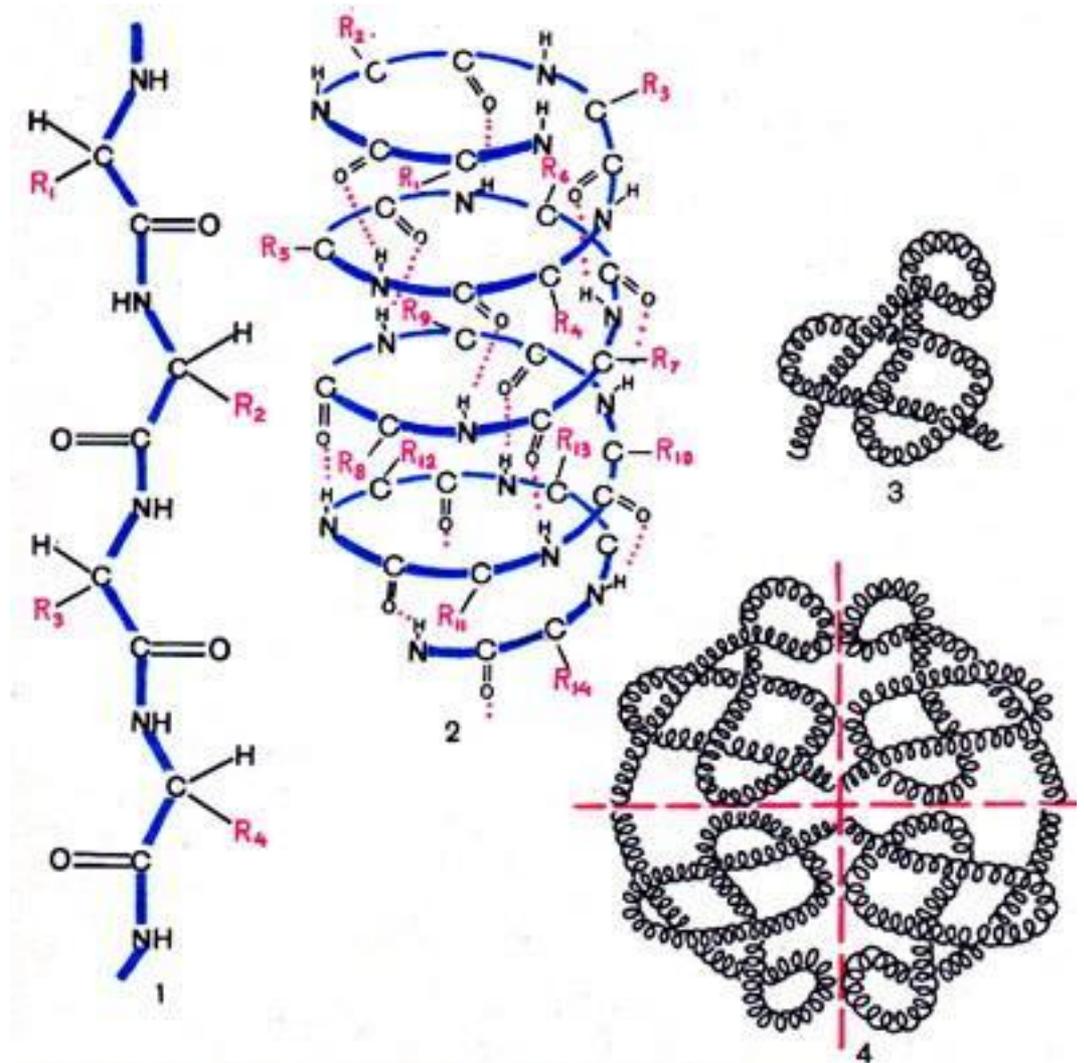


# Роль D-аминокислот

- 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, субтилилин и эпидермин.

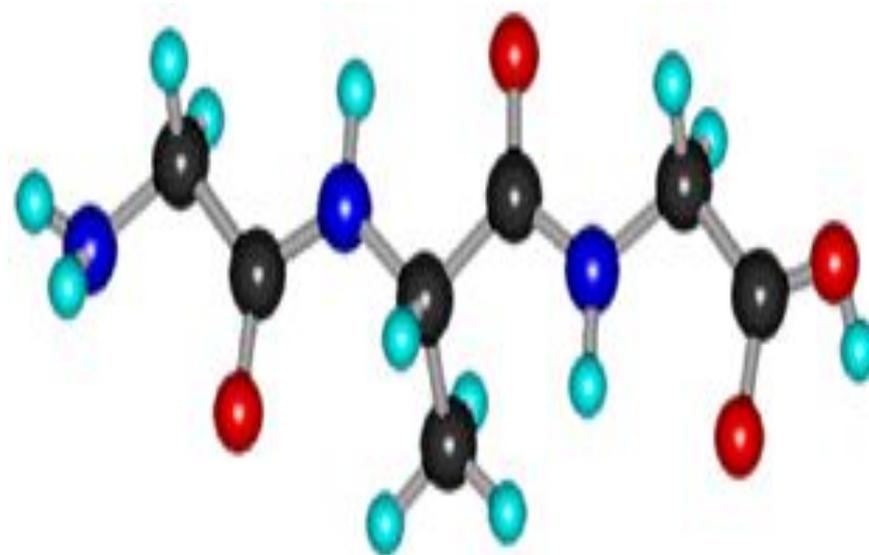
# Структура белка

- Первичная
- Вторичная
- Третичная
- Четвертичная

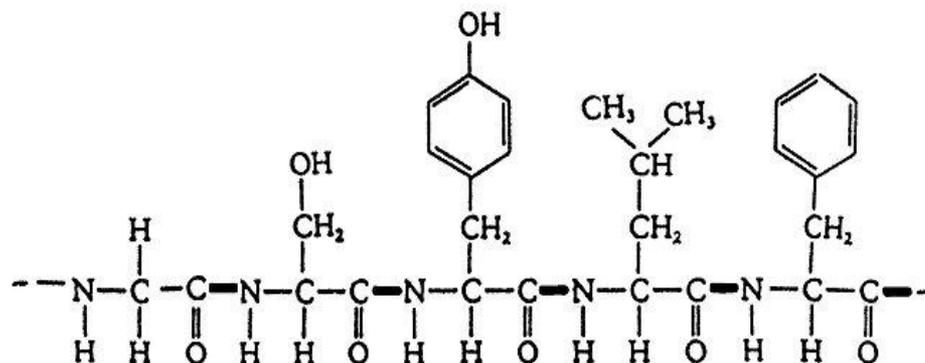


# Первичная структура

- линейная  
последовательность  
аминокислотных  
остатков,  
соединенных  
пептидными  
связями.



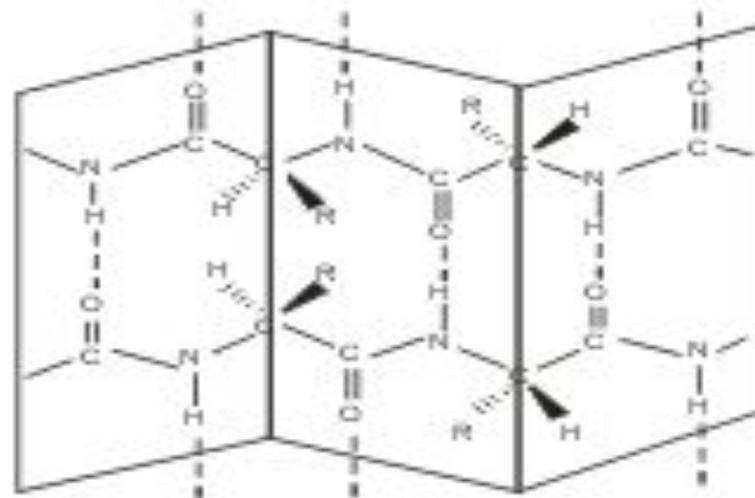
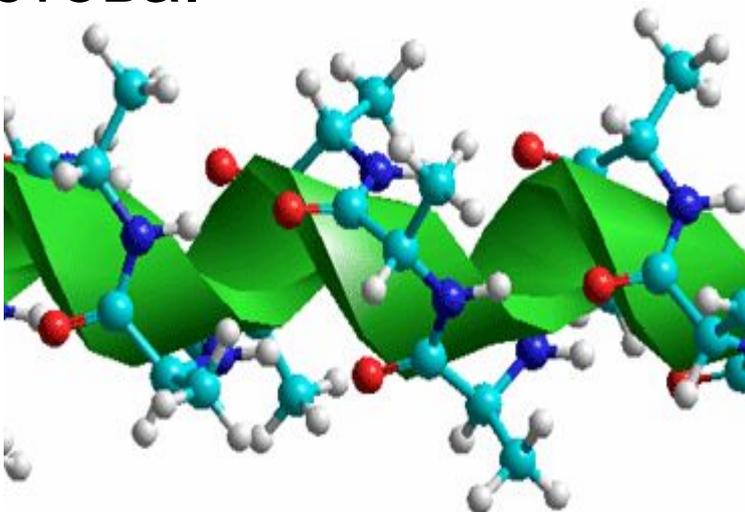
Глицин    Серин    Тирозин    Лейцин    Фенилаланин



# Вторичная структура



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

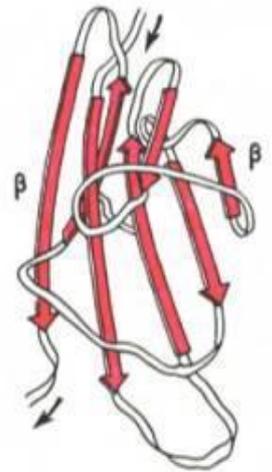
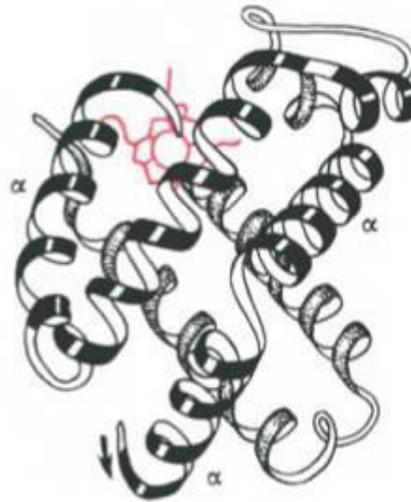


# Третичная структура

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

Связи, поддерживающие третичную структуру.

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



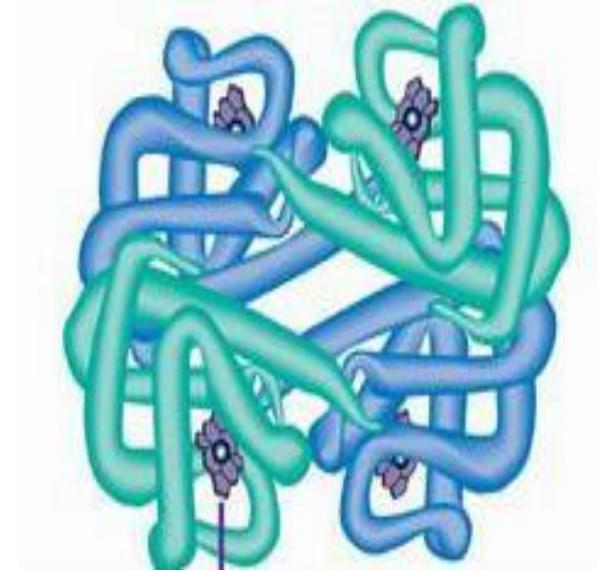
# Четвертичная структура белка

- 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.

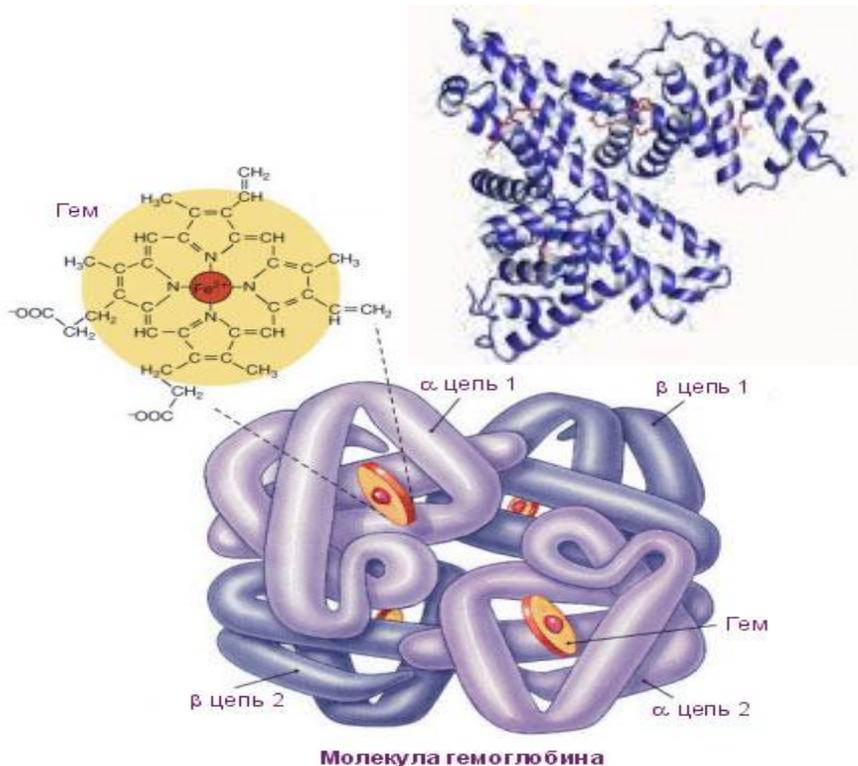


# Простые и сложные белки

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

Сложные белки помимо полипептида содержат компонент не аминокислотной природы.

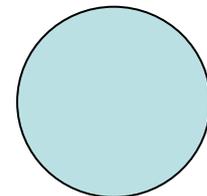
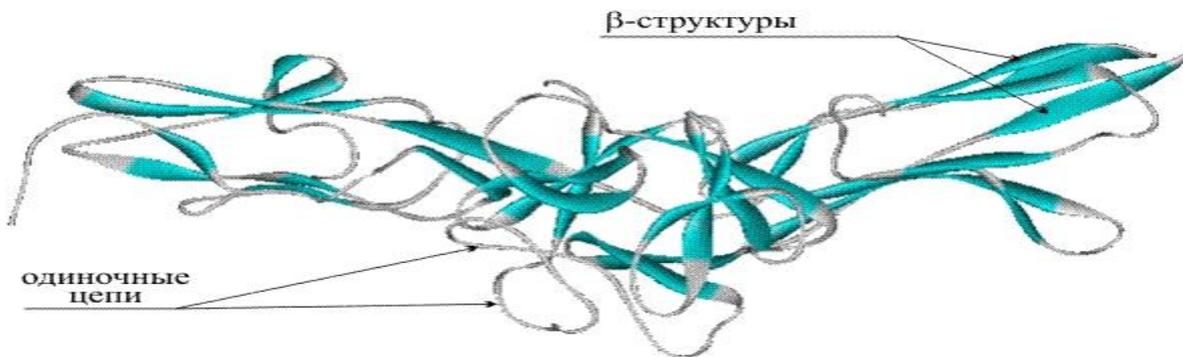
- гликопротеины,
- липопротеины,
- хромопротеины,
- нуклеопротеины,
- фосфопротеины и
- металлопротеины.



# 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

гормоны

ферменты

защитные

двигательные

рецепторные

структурные

запасные

регуляторные

транспортные

анти-  
биотики

ТОКСИНЫ

# 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:

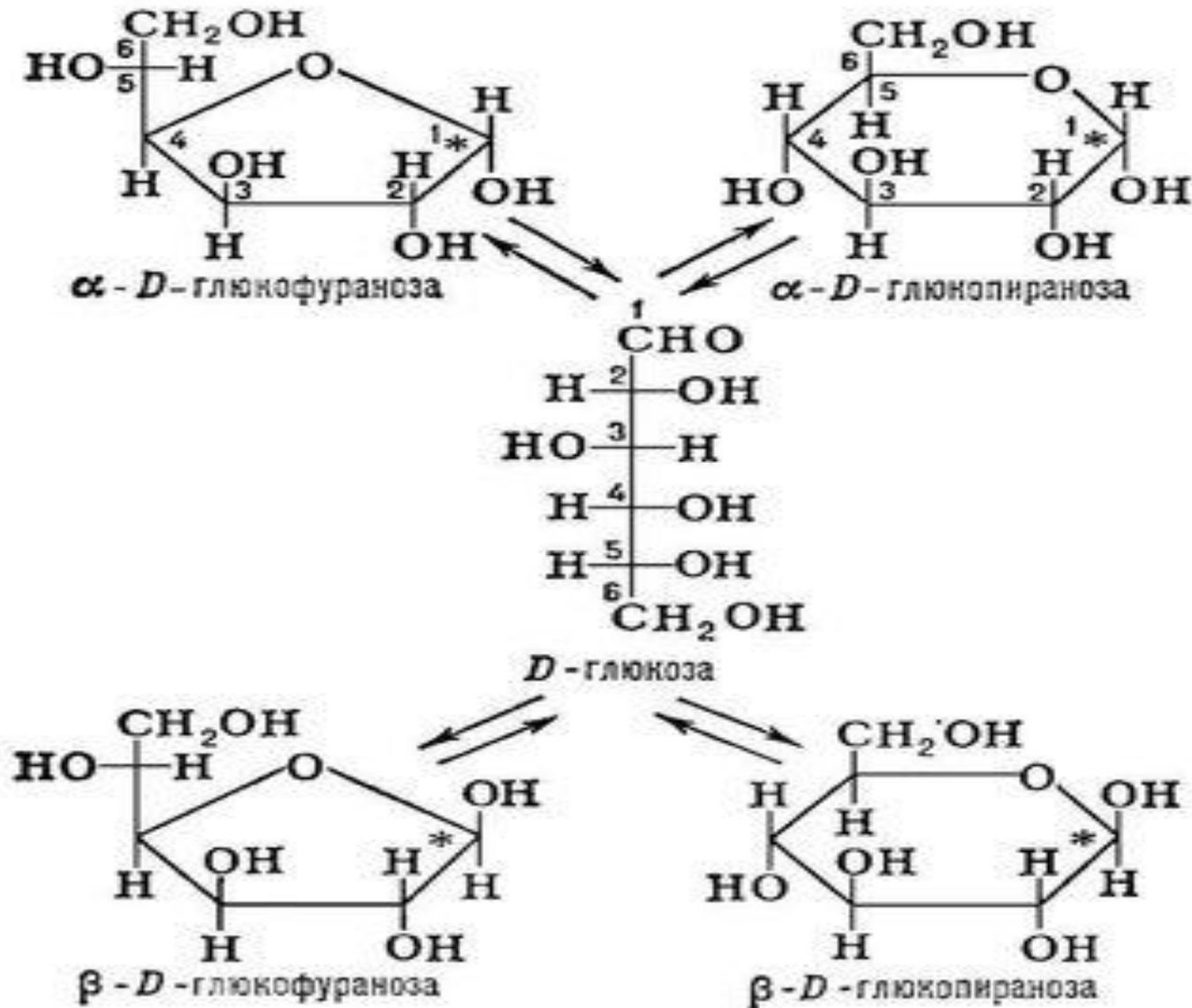
- Триозы (глицериновый альдегид)
- Тетрозы (эритроза)
- Пентозы (рибоза, ксилоза, арабиноза)
- Гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза)

# 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.

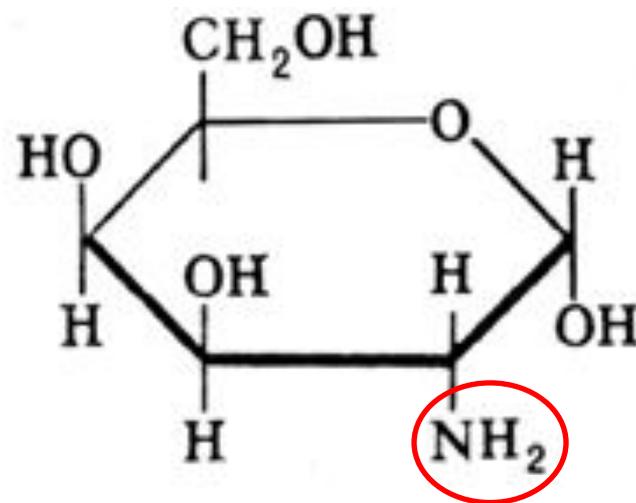
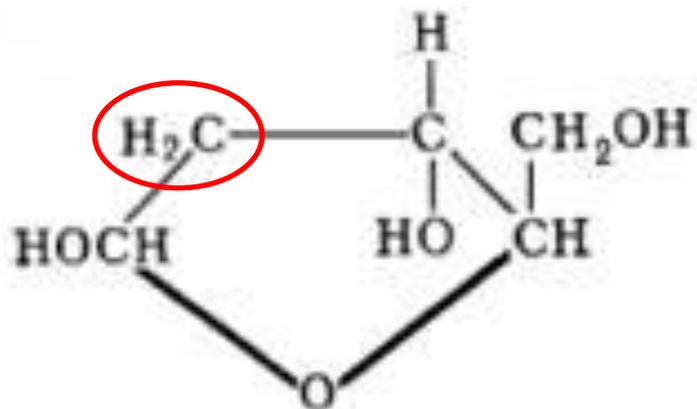
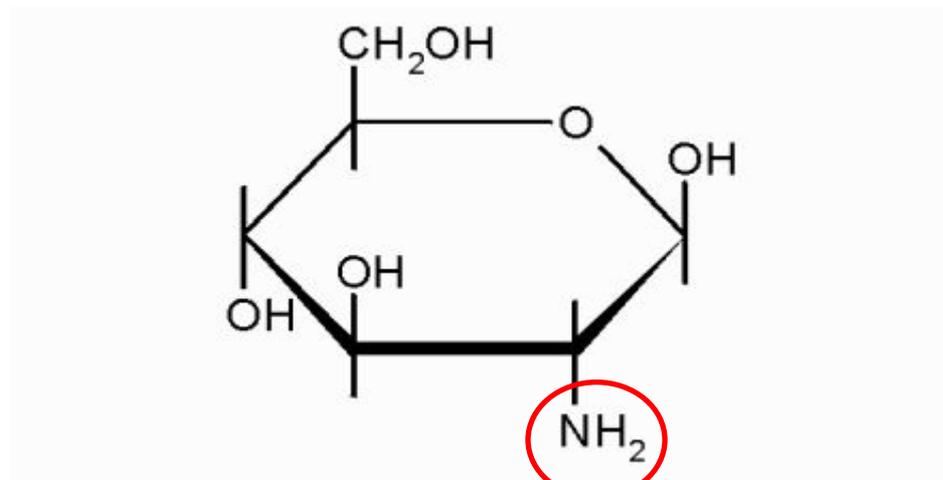
- В организме млекопитающих содержатся только D-сахара.

# Циклооксотаутомерия



# Производные моносахаридов

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

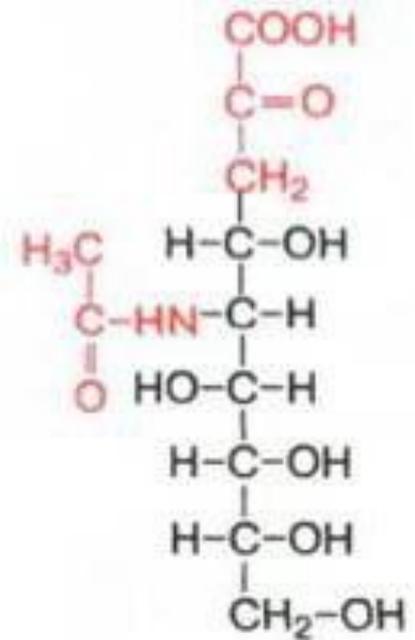


# Сиаловые кислоты

- N- и O-ацильные производные нейраминовой кислоты.

Входят в состав

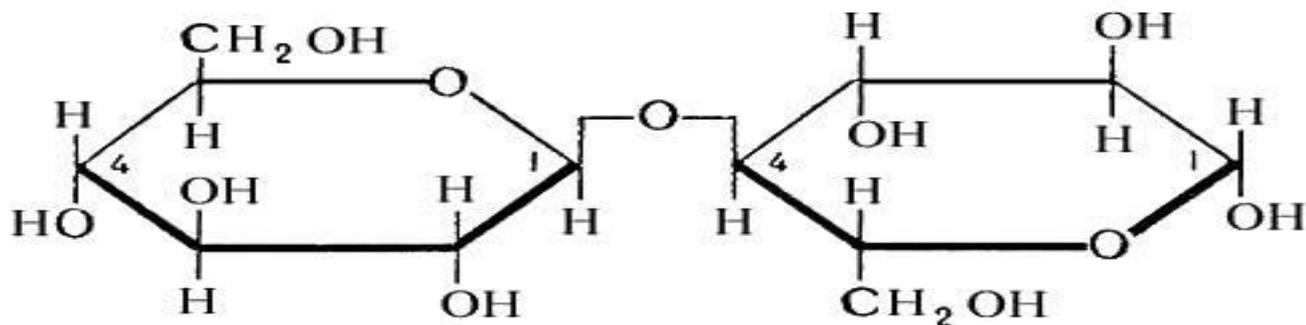
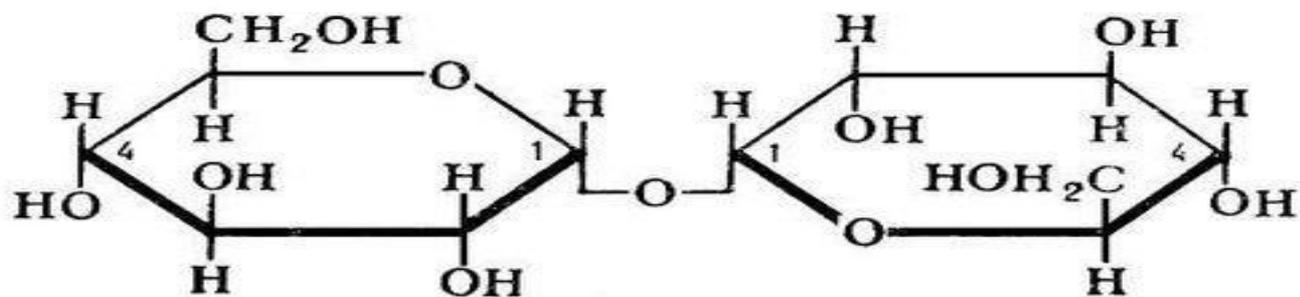
гликопротеинов и гликолипидов.



Сиаловая кислота  
(N-ацетилнейраминовая  
кислота)

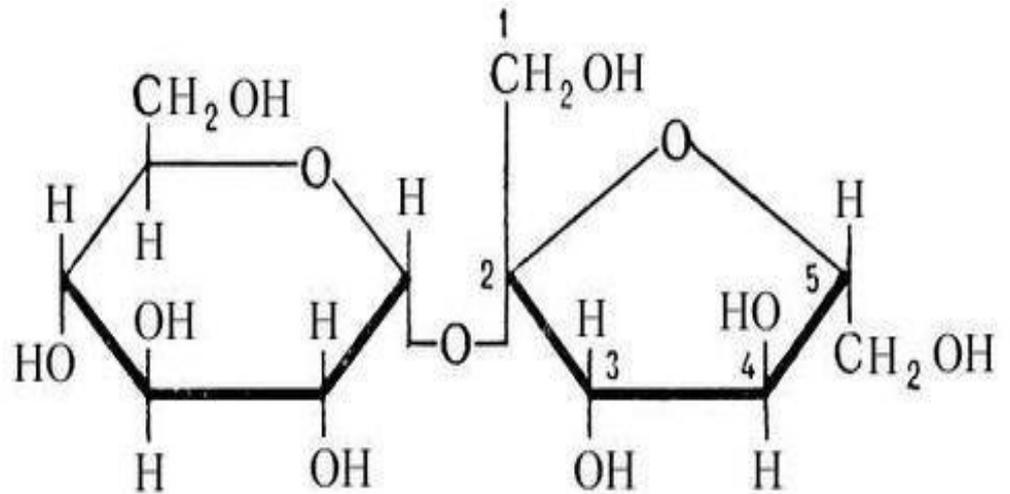
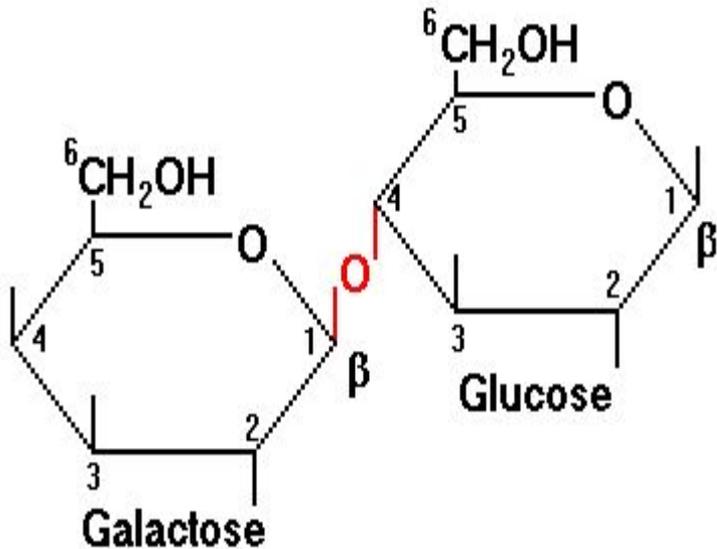
# Дисахариды

- Мальтоза ( $\alpha$ -D-глюкоза+глюкоза)
- Целлобиоза ( $\beta$ -D-глюкоза+глюкоза)



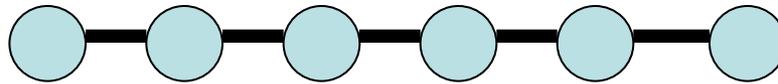
# Дисахариды

- Лактоза ( $\beta$ -D-галактоза+глюкоза)
- Сахароза ( $\alpha$ -D-глюкоза+ $\beta$ -D-фруктоза)



# Полисахариды

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

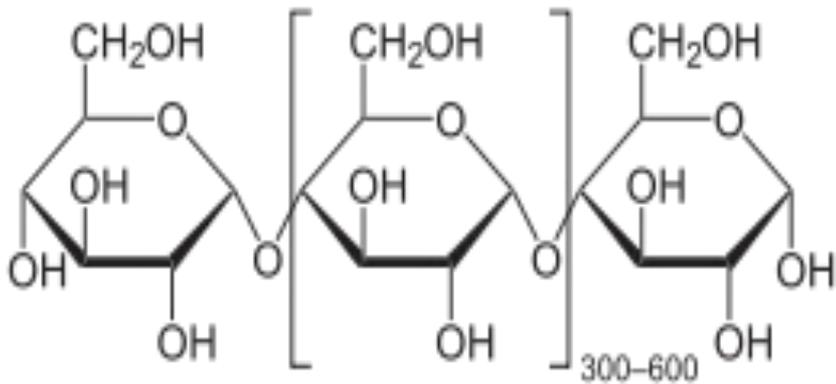


- Гетерополисахариды - это биополимеры, состоящие из остатков нескольких моносахаридов и/или их производных.

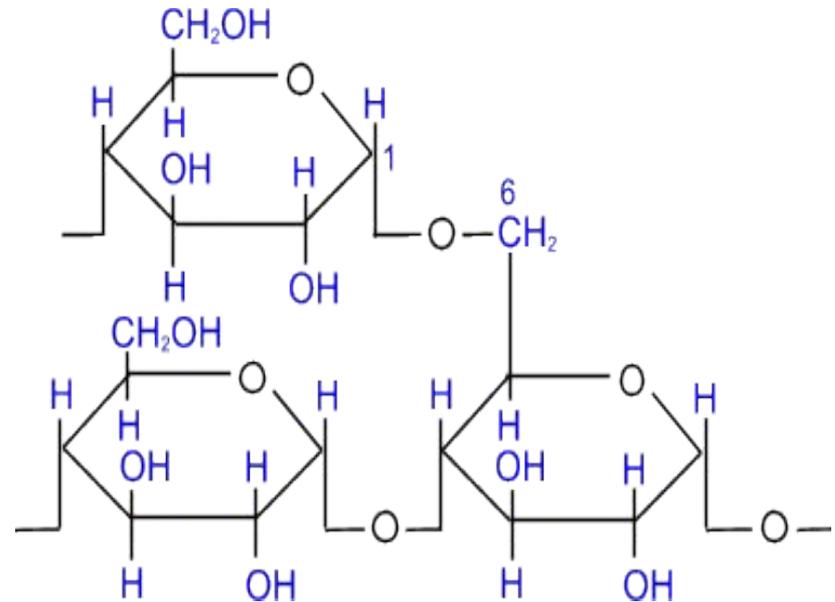


# Крахмал

- гомополисахарид растений, мономером которого является  $\alpha$ -D-глюкоза, состоящий из двух фракций.



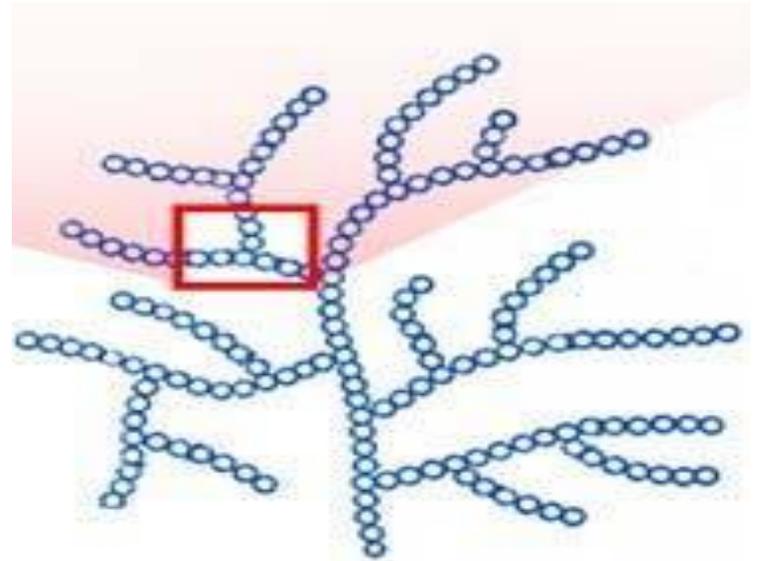
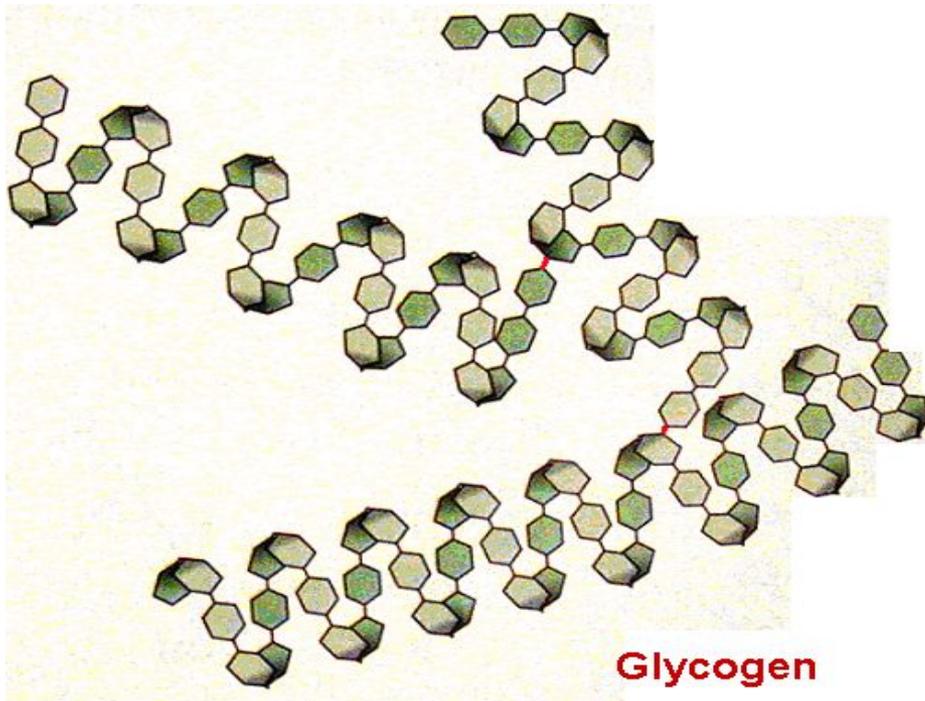
Амилоза (20%)



Амилопектин (80%)

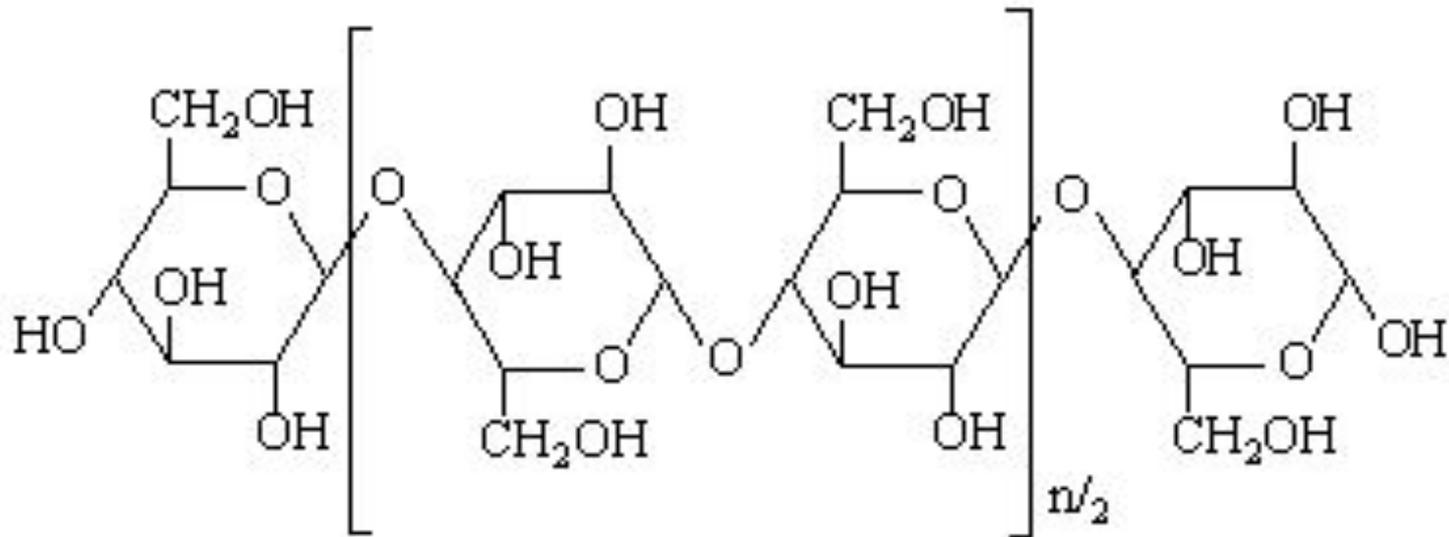
# Гликоген

- гомополисахарид животных и грибов, мономером которого является  $\alpha$ -D-глюкоза.



# Целлюлоза (клетчатка)

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



# Прочие гомополисахариды

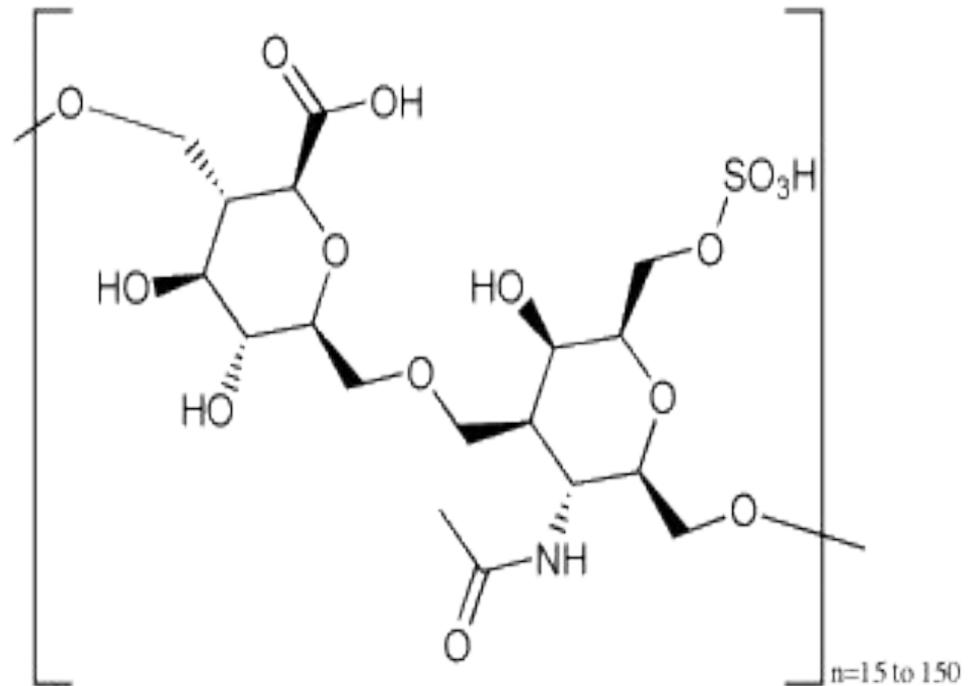
- **Декстран** - гомополисахарид бактерий, состоящий из остатков  $\alpha$ -D-глюкозы, соединенных  $\alpha$ -(1,4)-гликозидной связью.
- **Инулин** - гомополисахарид, состоящий из остатков  $\beta$ -D-фруктозы, соединенных  $\beta$ -(2,1)-гликозидной связью, но заканчивается всегда  $\alpha$ -D-глюкозой.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

# Гетерополисахариды: хондроитинсульфат

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

Глюкуроновая кислота соединена с N-ацетилгалактозамином  $\beta$ -(1,3)-гликозидной связью.

N-ацетилхондрозин входит в состав ХИС в форме сульфоэфира.

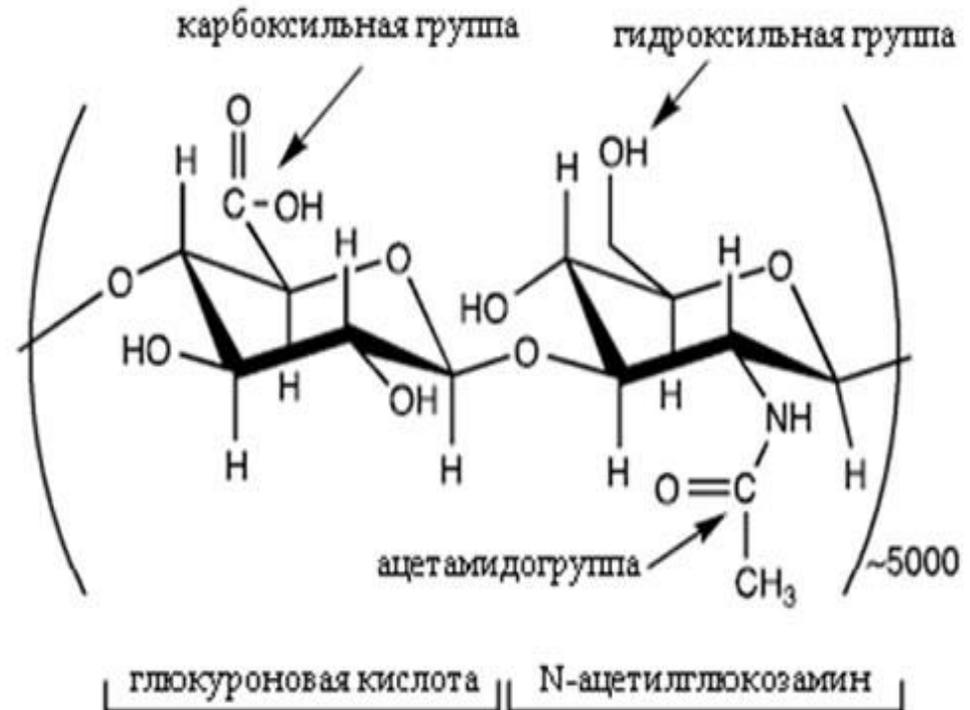


# Гиалуроновая кислота

- гетерополисахарид, состоящий из дисахаридных фрагментов, соединенных  $\beta$ -(1,4)-гликозидной связью.

Дисахаридное звено состоит из:

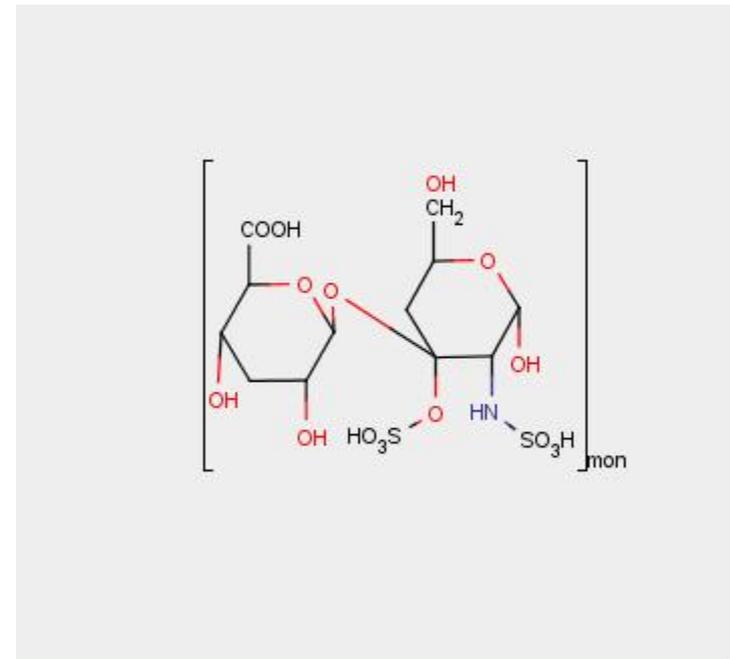
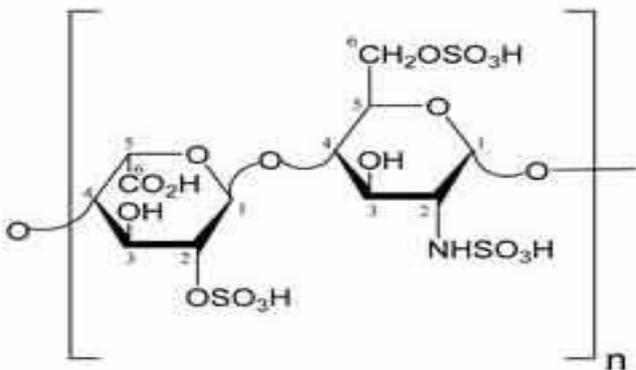
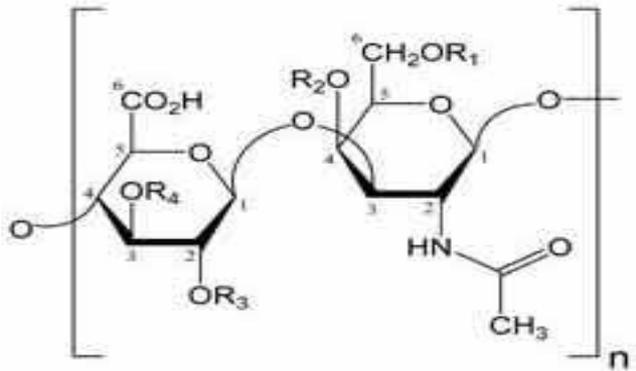
- N-ацетилглюкозамина;
- Глюкуроновой кислоты, соединенных  $\beta$ -(1,3)-гликозидной связью.



# Гепарин

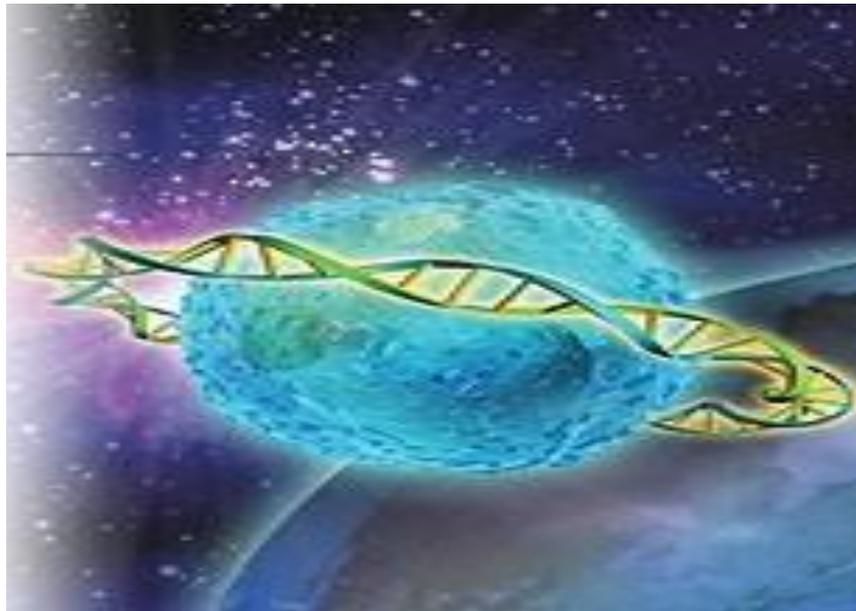
- гетерополисахарид, состоящий из остатков глюкозамина, глюкуроновой и идуроновой кислот.

Сульфатирование по 6 углероду и аминогруппе.

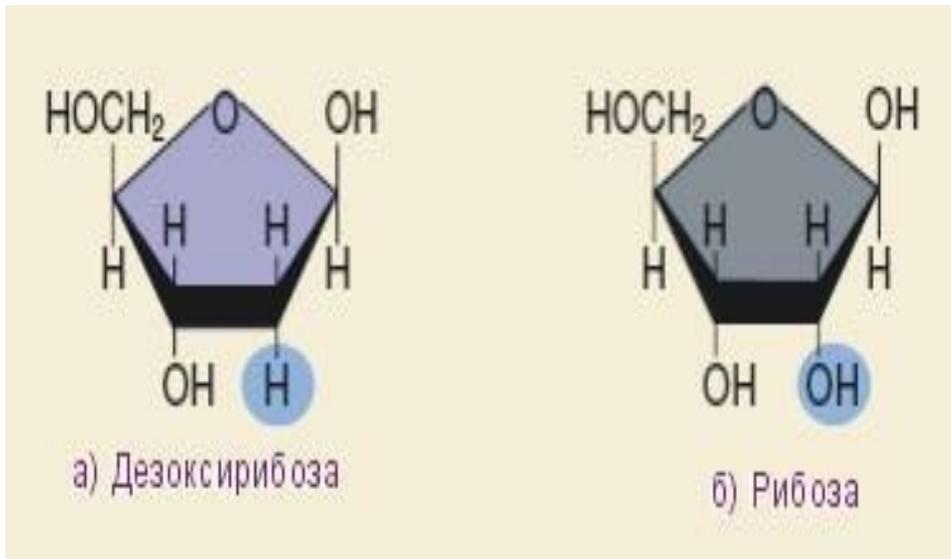
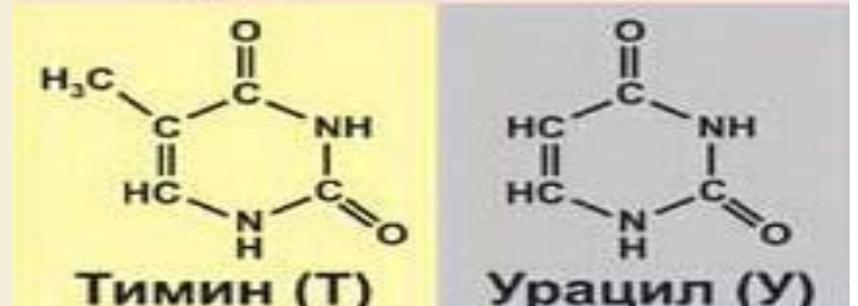
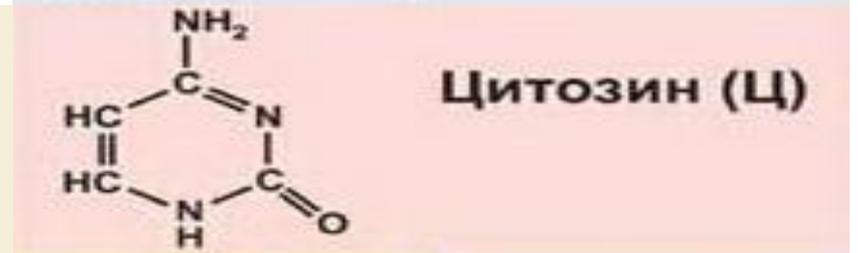
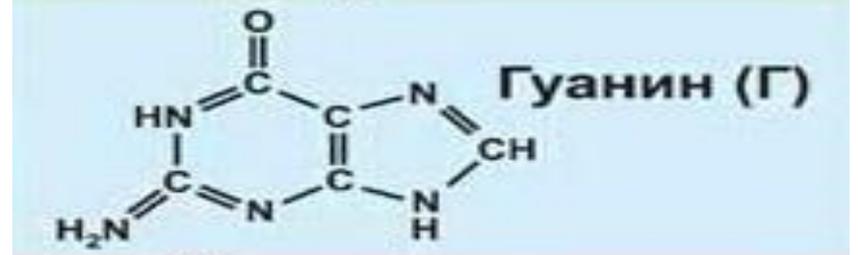
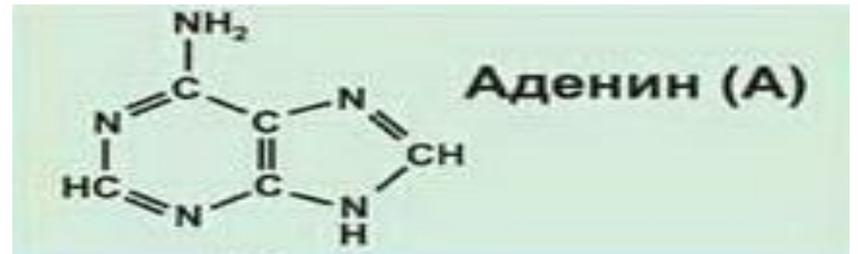
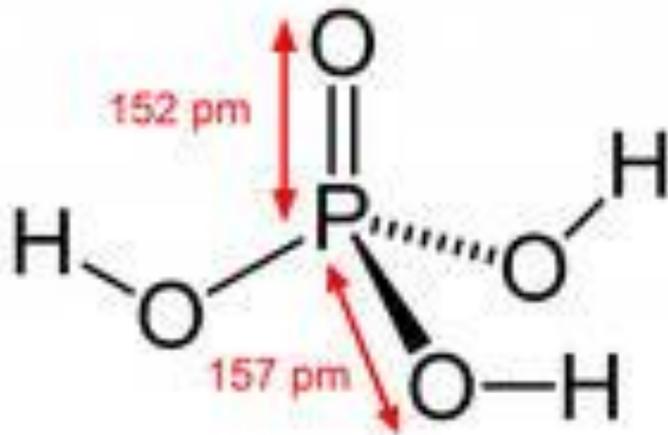


# Нуклеиновые кислоты

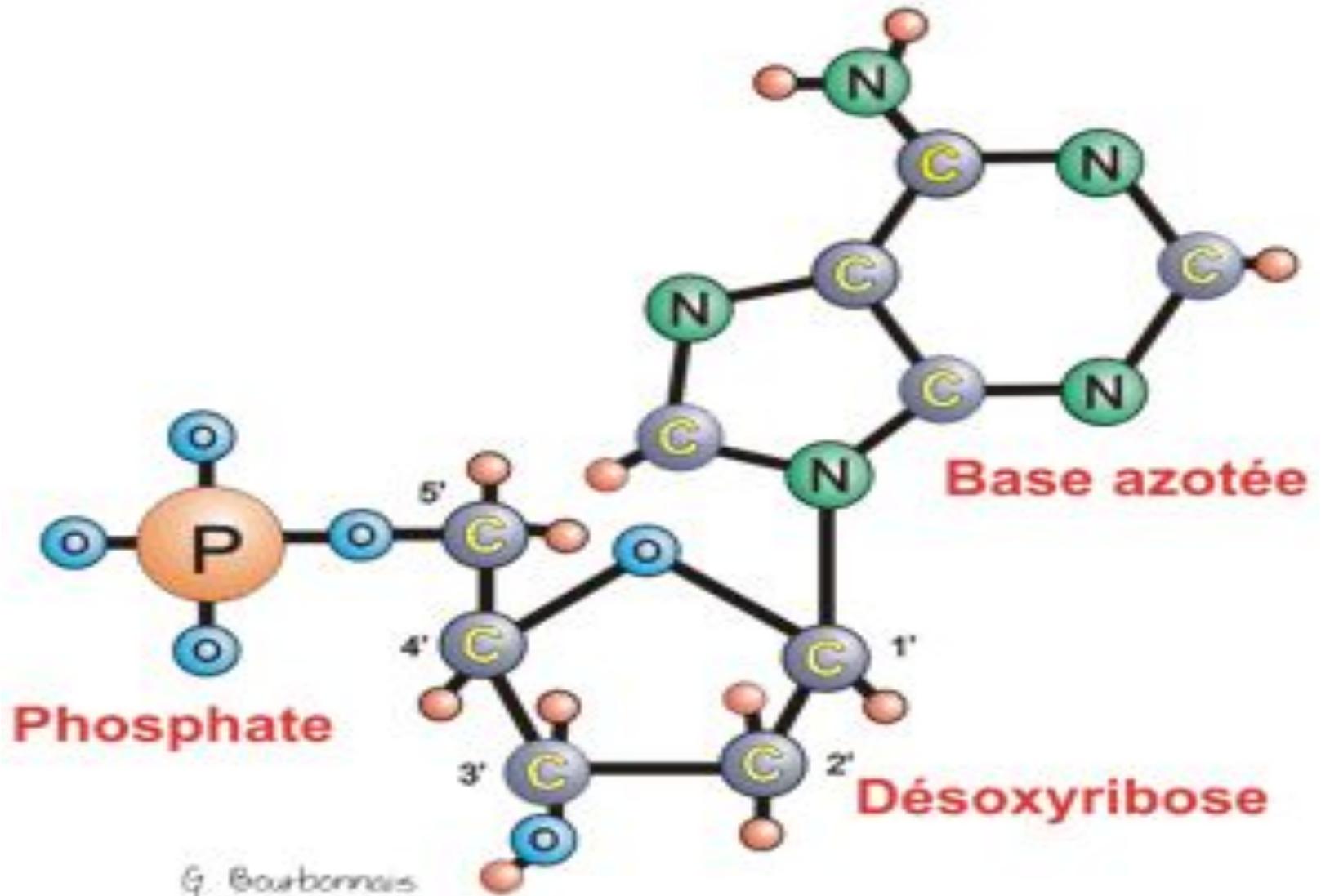
- высокомолекулярные органические соединения, биополимеры (полинуклеотиды), образованные мономерами – нуклеотидами.



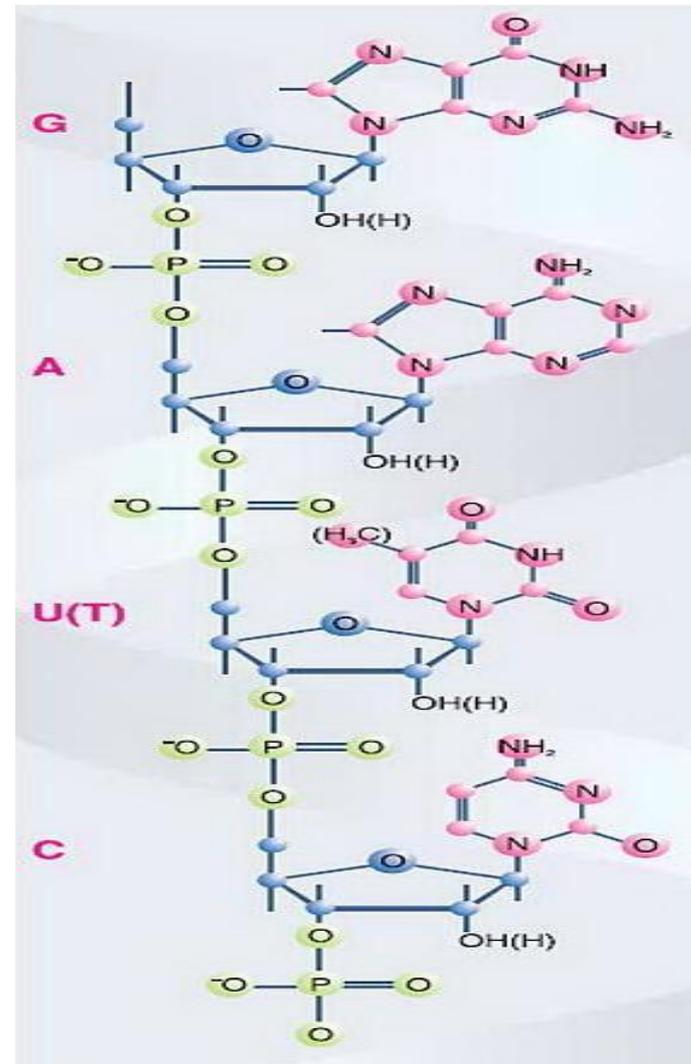
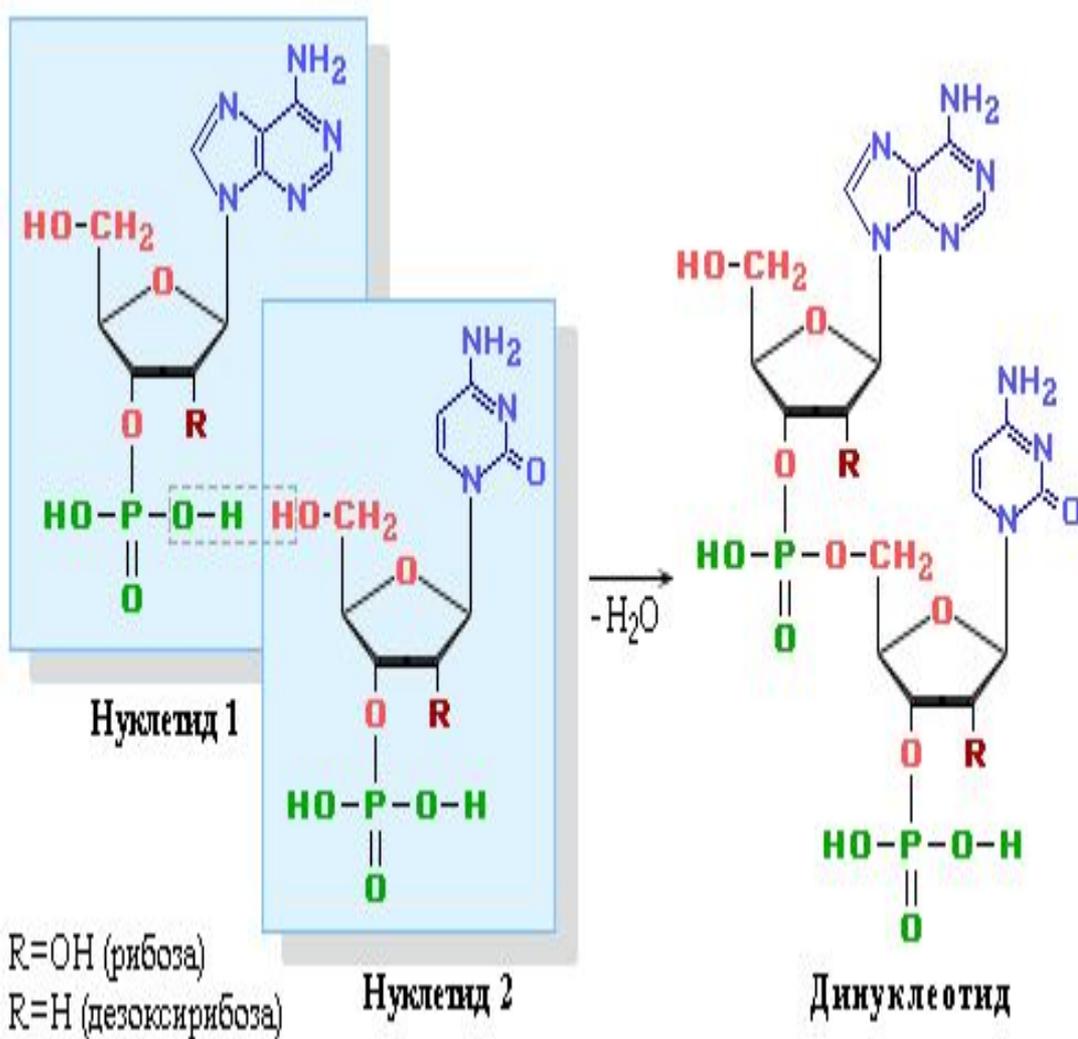
# Компоненты нуклеотидов



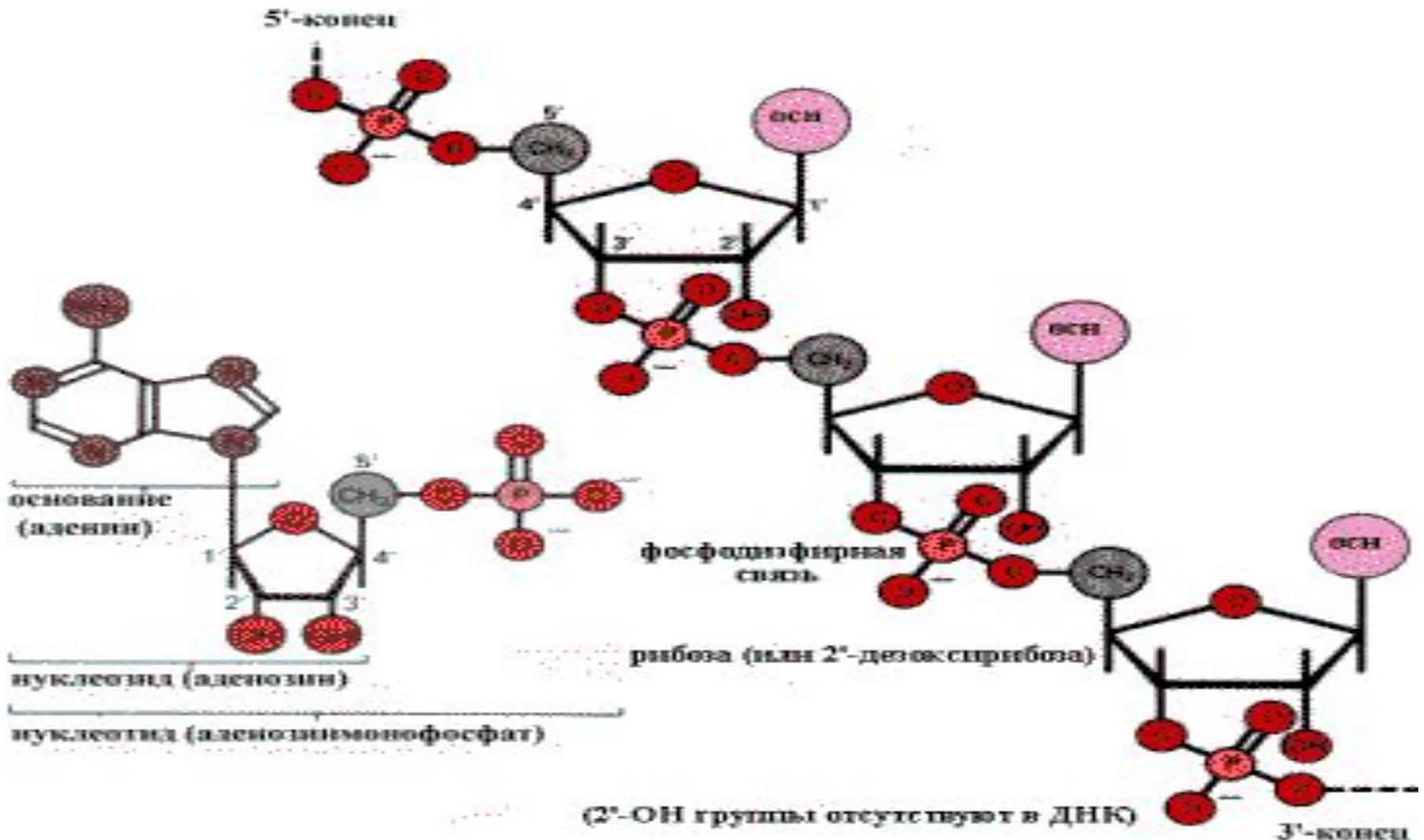
# Нулеотиды



# Фосфодиэфирная связь



# Строение нуклеиновых кислот (первичная структура)



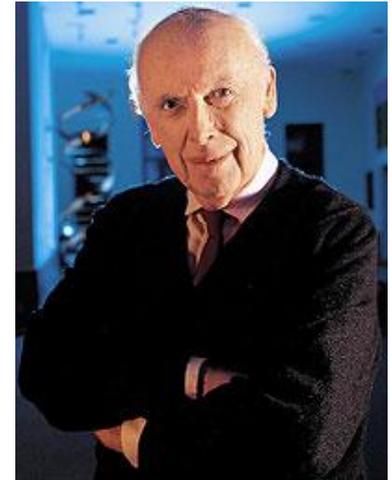
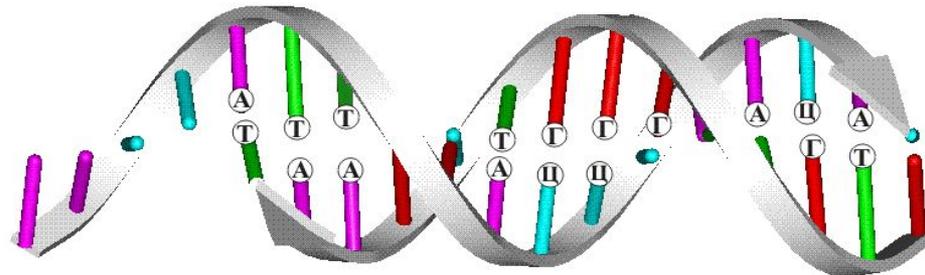
# Правила Чаргаффа

1. А=Т, Ц=Г

2. Пуриновые АО = Пиримидиновые АО

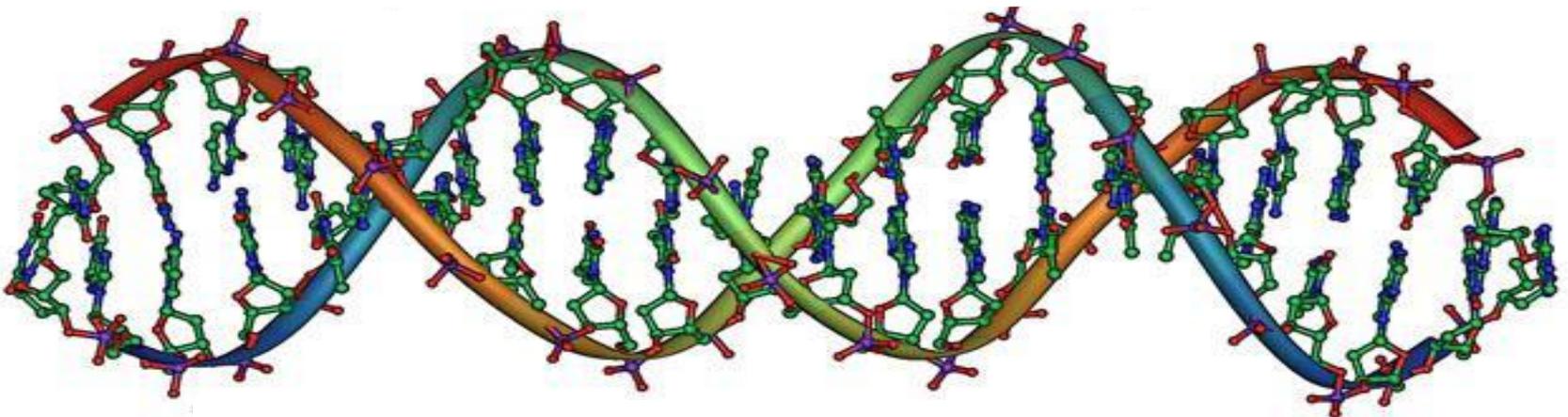
Правила Чаргаффа послужили предпосылкой  
для разработки

**Ф. Криком и Дж. Уотсоном**  
модели двойной спирали.

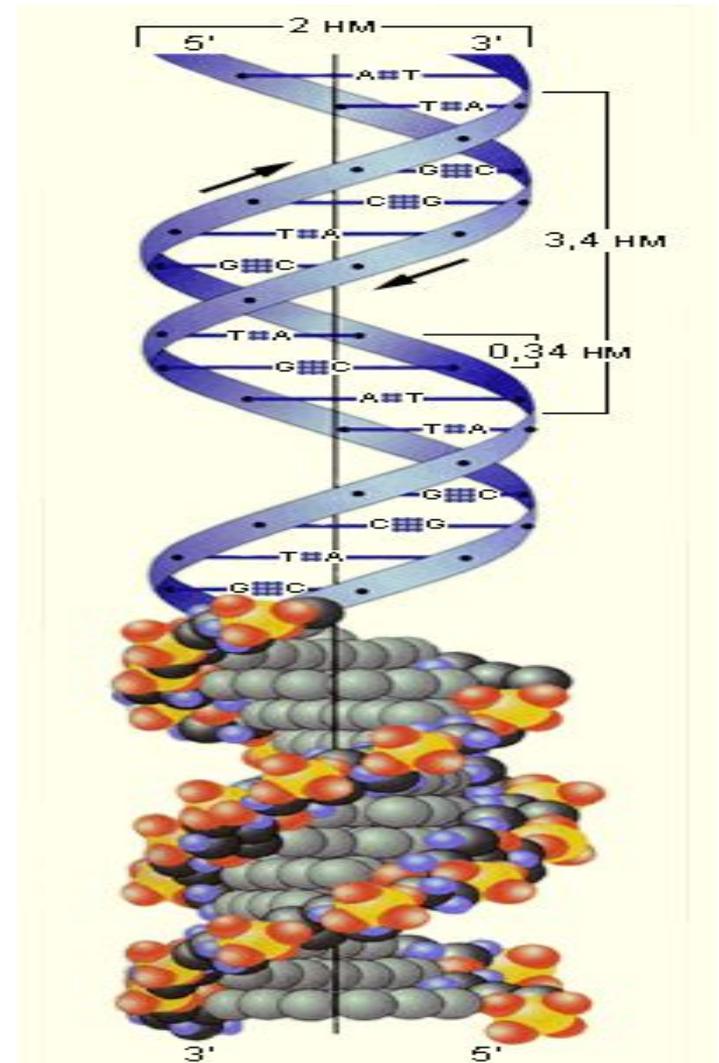
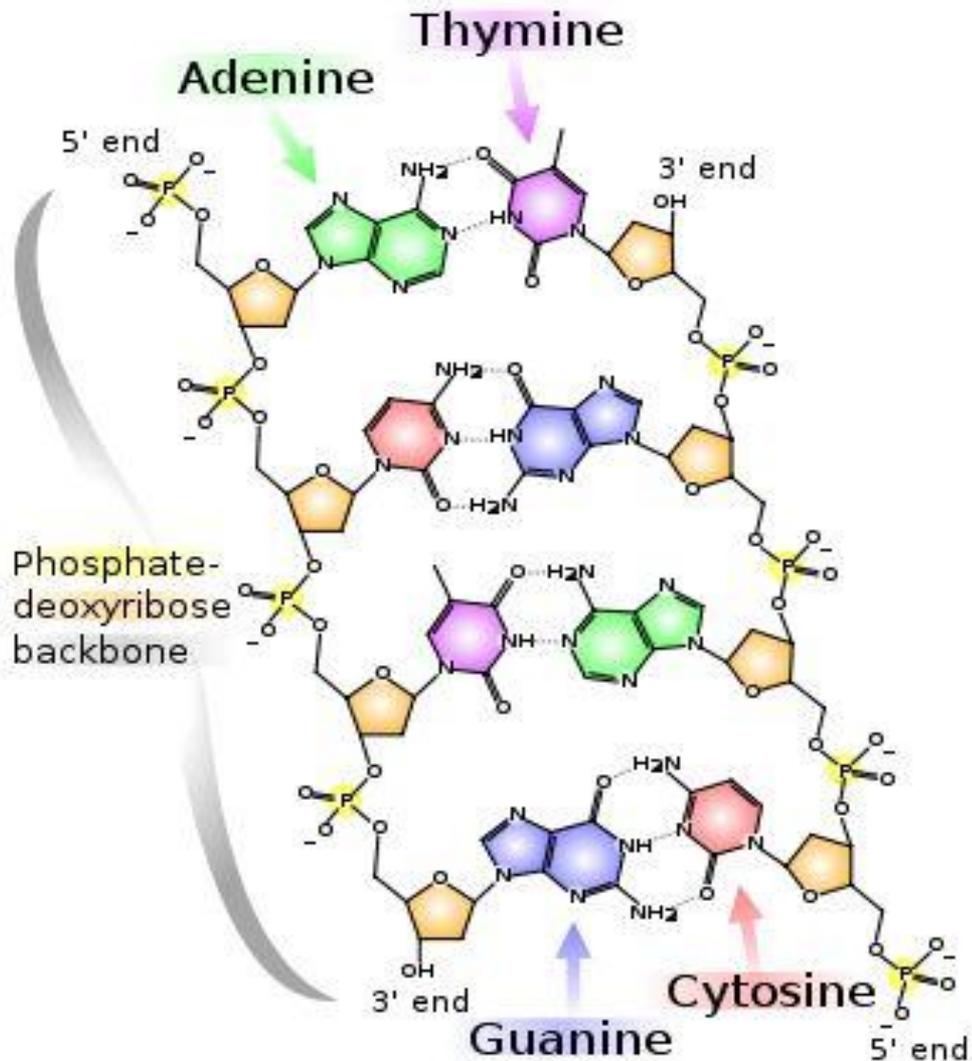


# ДНК

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

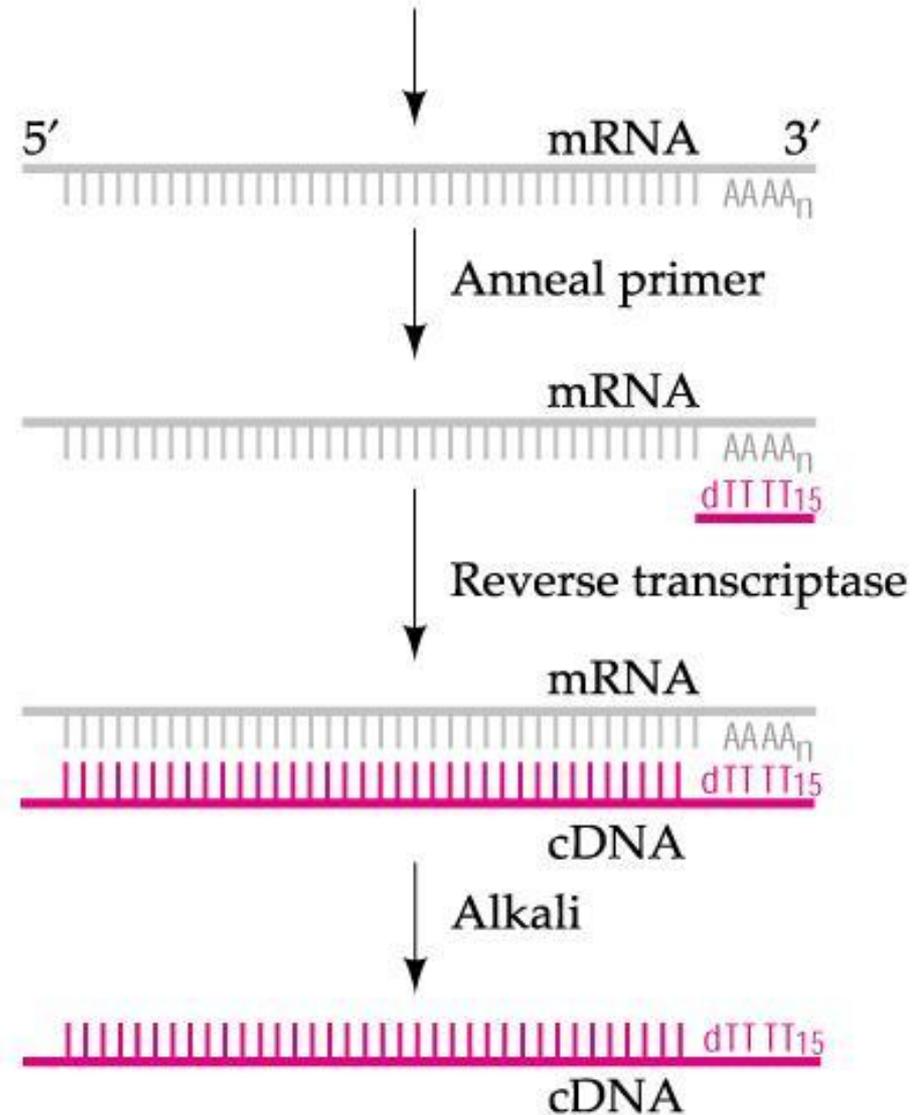


# ДНК (вторичная структура)



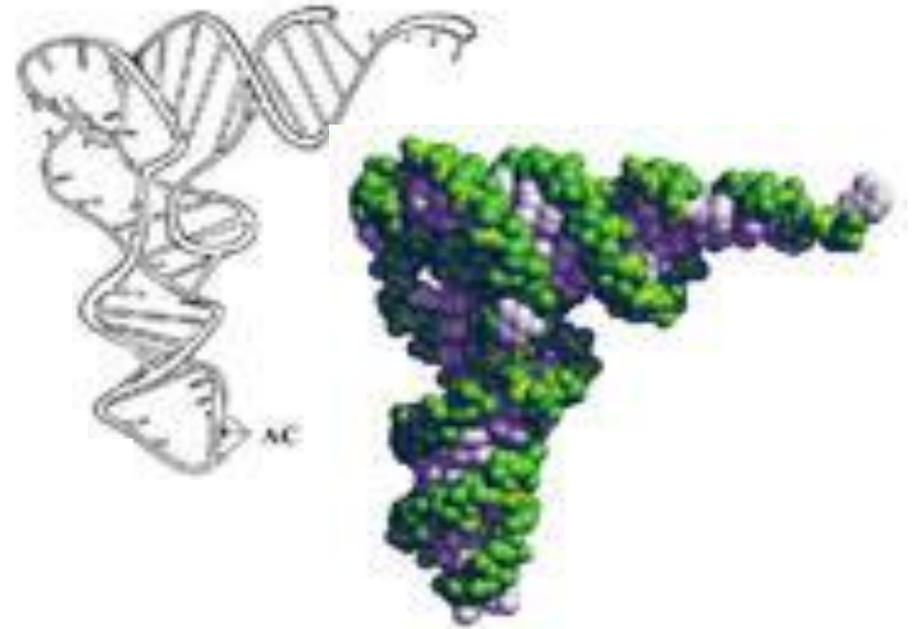
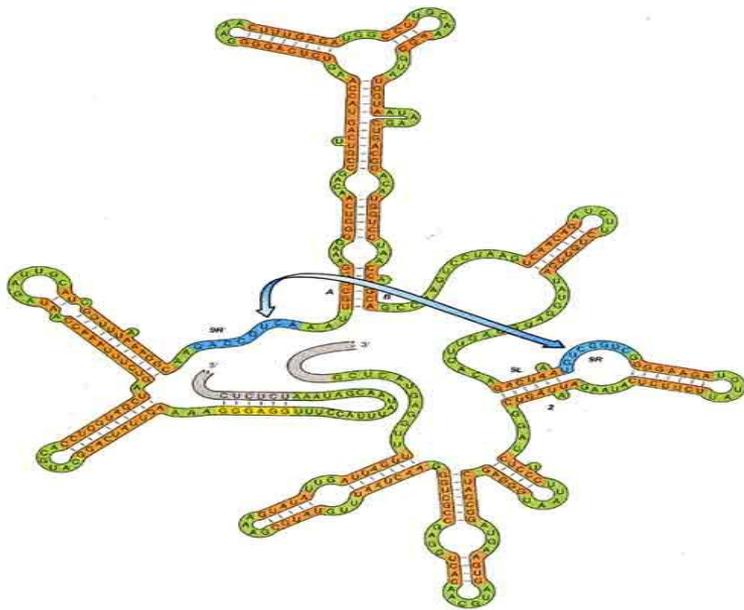
# кДНК (cDNA)

- 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

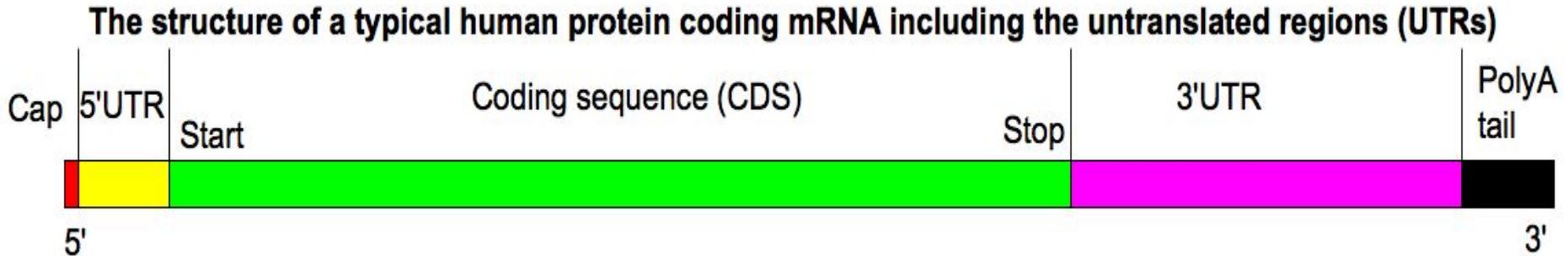
# ДНК-подобная РНК (гяРНК, hnRNA)

- 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

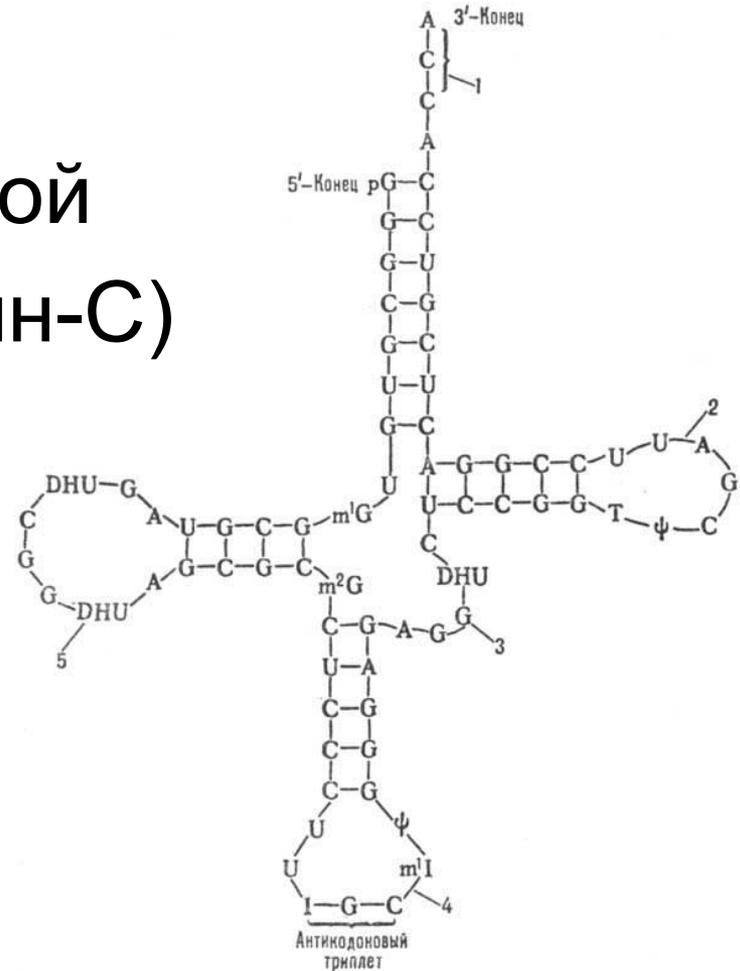
# Матричная РНК (мРНК)



- 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).

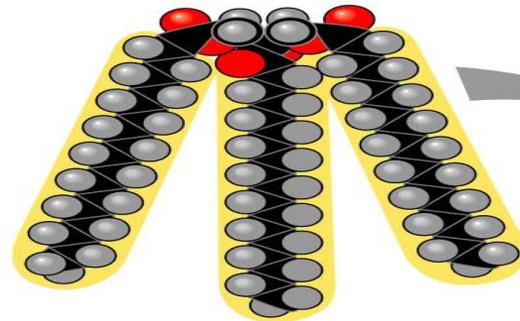
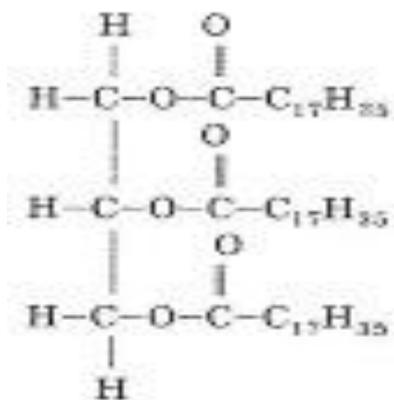


# Жирные кислоты

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.

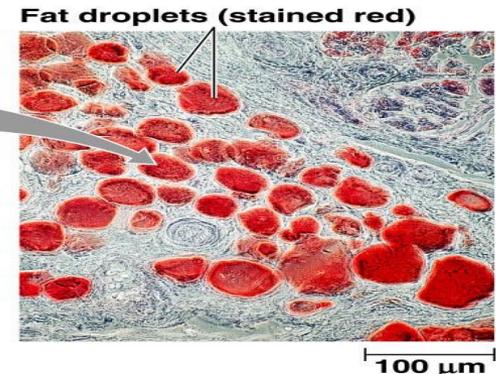
# Жиры (триглицериды) и воски

- 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

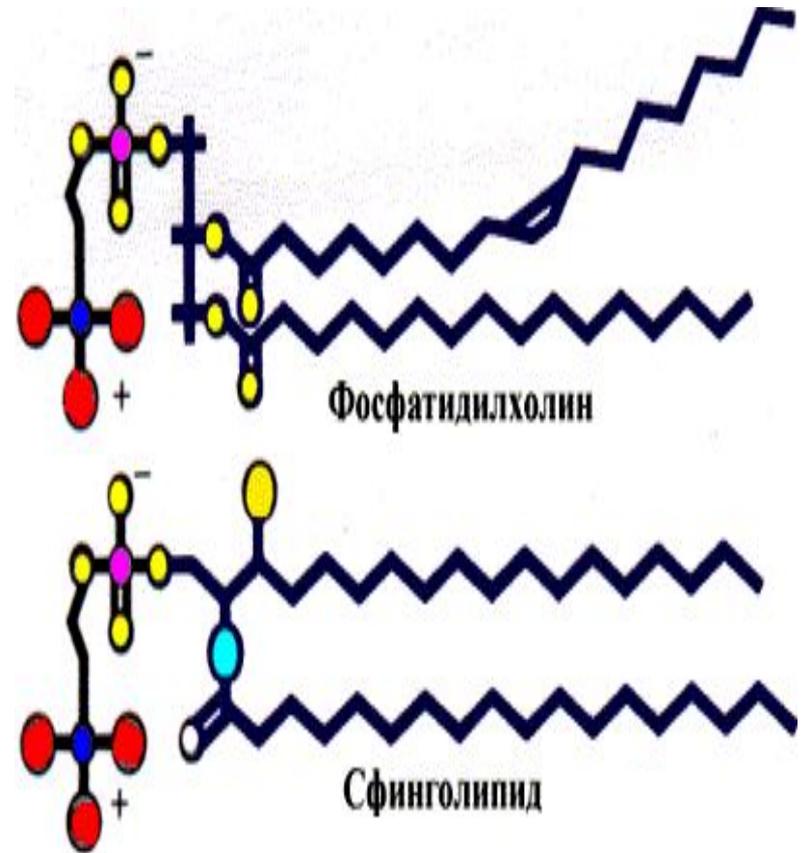
# Омыляемые липиды.

## Глицеролипиды и сфинголипиды

- глицеролипиды
- сфинголипиды.

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

В состав 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: гликоглицеролипиды, цереброзиды, глобозиды, ганглиозиды.

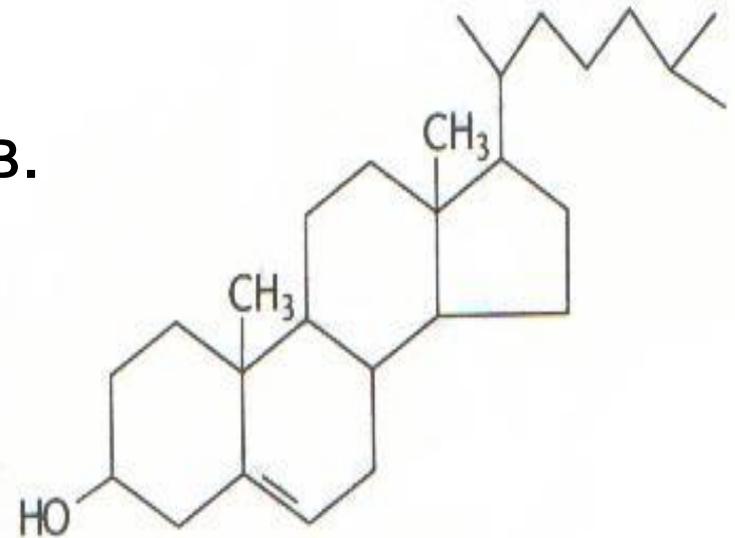
# Неомыляемые липиды мембран. Стероиды.

– производные восстановленных  
конденсированных циклических систем  
- циклопентанпергидрофенантронов.

Бактерии не имеют стероидов.

Растения – фитостеролы.

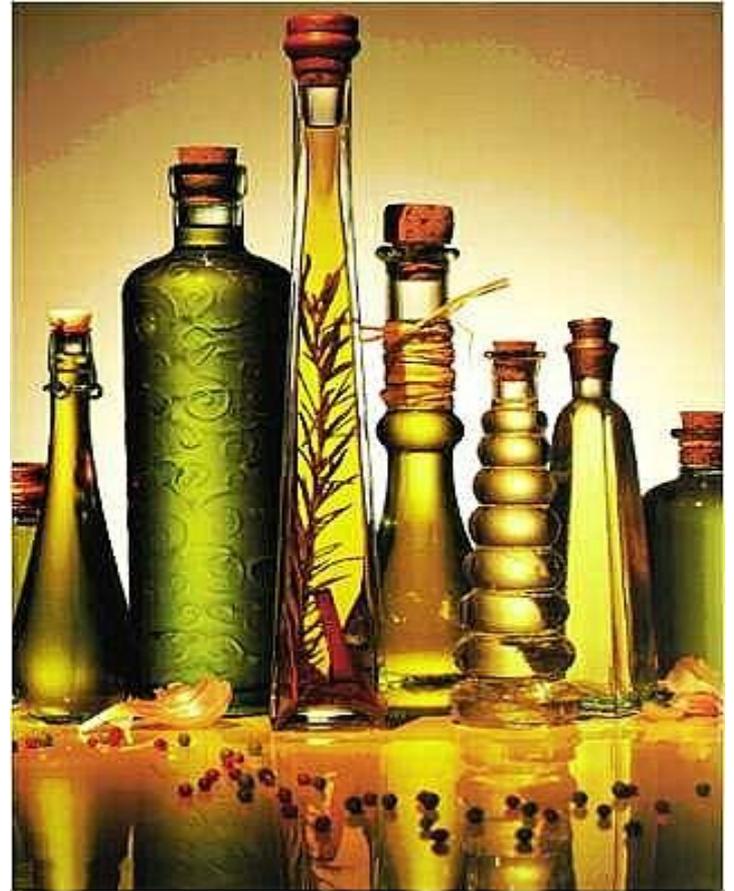
Грибы – микостеролы.



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!

