

**Лекция:**  
**«Сложные белки:**  
**гликопротеины, фосфопротеины,**  
**липопротеины»**

БГМУ каф биохимии  
Доц. Меньшикова И.А.

**Гликозаминогликаны (ГАГ)** - линейные отрицательно заряженные гетерополисахариды, которые построены из повторяющихся дисахаридных единиц.

*1 мономером* этого дисахарида является гексуроновая кислота (D-глюкуроновая кислота или L-идуоновая),

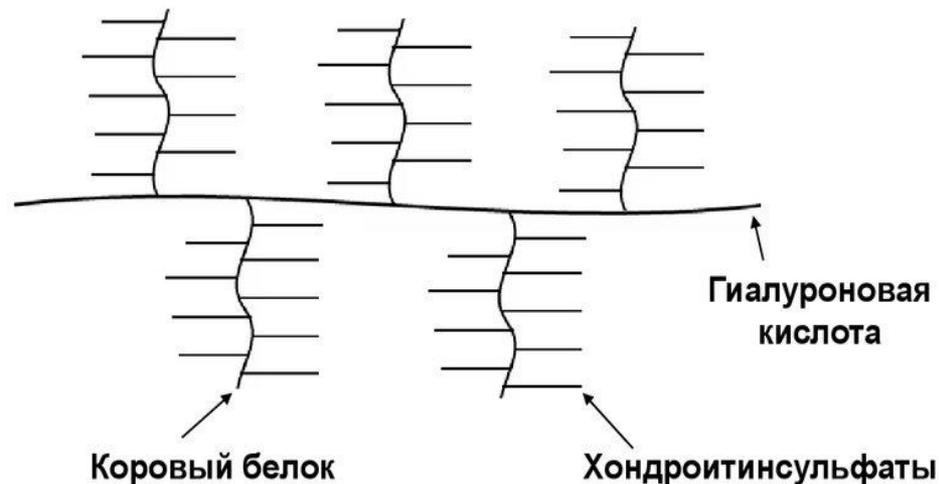
*2 мономером* - производное аминсахара (глюкоз- или галактозамина).

NH<sub>2</sub>-группа аминсахаров обычно ацетилирована.

**Протеогликаны** - высокомолекулярные соединения, состоящие из гликозаминогликанов (90-95%) и белка (5-10%).

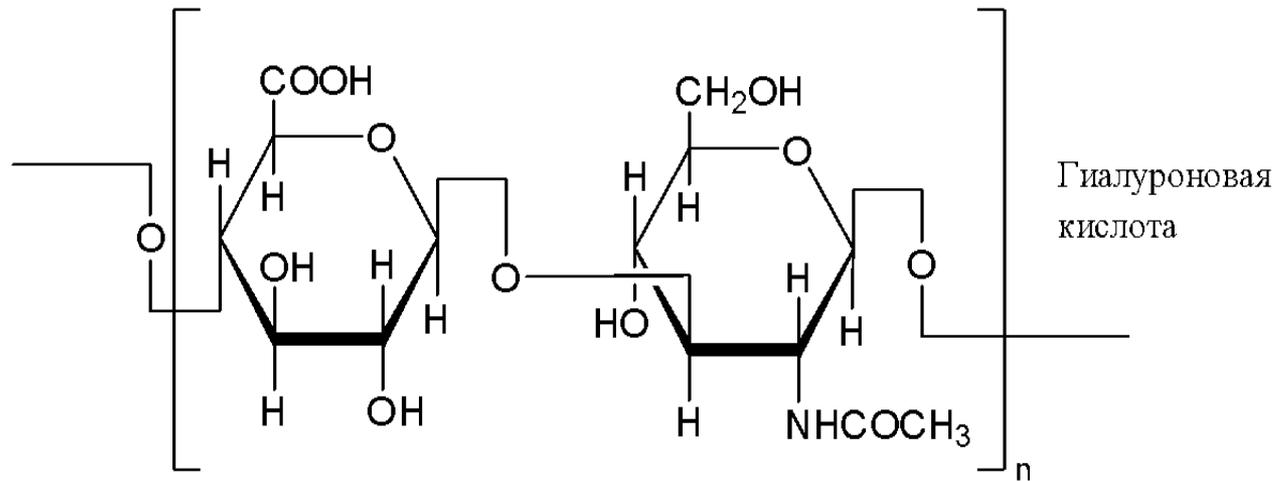
Они образуют основное вещество межклеточного матрикса соединительной ткани.

### Схема строения протеогликана хряща



**Гиалуроновая кислота** (ГК) содержит несколько тысяч дисахаридных единиц, молекулярная масса до 10 млн. дальтон.

В хряще ГК связана с белком и участвует в образовании протеогликанов, в стекловидном теле глаза, пупочном канатике, суставной жидкости встречается и в свободном виде.



Остаток

**Функции:** D-глюкуроновой кислоты

Остаток

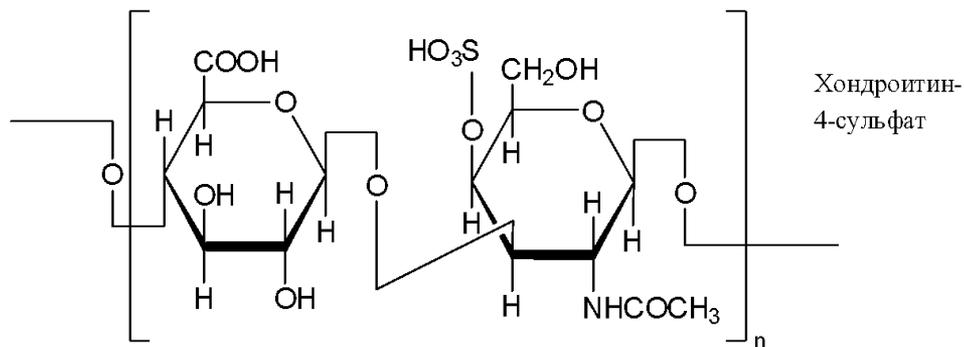
N-ацетилглюкозамина

1. Структурная.
2. Связывает воду.
3. Регулирует проницаемость тканей.
4. Уменьшает трение между суставными поверхностями.

## ***Хондроитин-4-сульфат и хондроитин-6-сульфат***

Они содержатся в хряще, коже, сухожилиях, связках, артериях, роговице глаза.

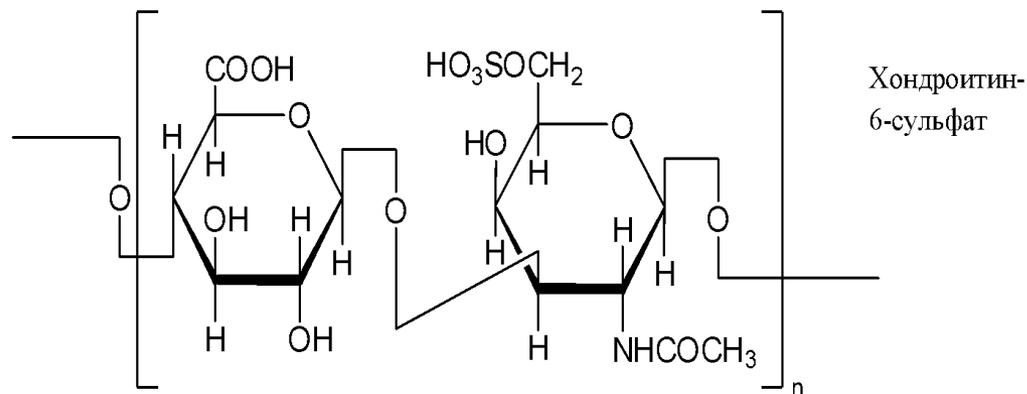
Одна цепь содержит около 40 дисахаридных единиц и имеет молекулярную массу до 300 тысяч дальтон.



Хондроитин-4-сульфат

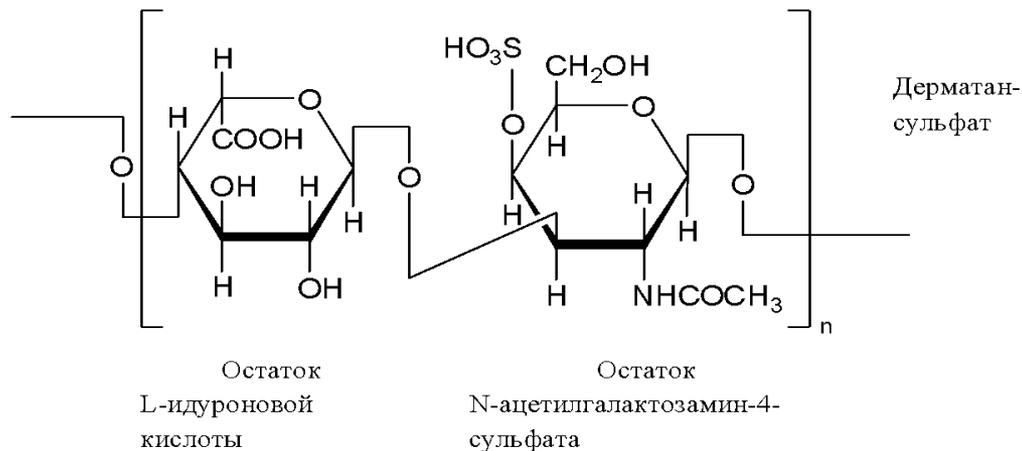
Остаток  
D-глюкуроновой кислоты

Остаток  
N-ацетилгалактозамин-4-сульфата

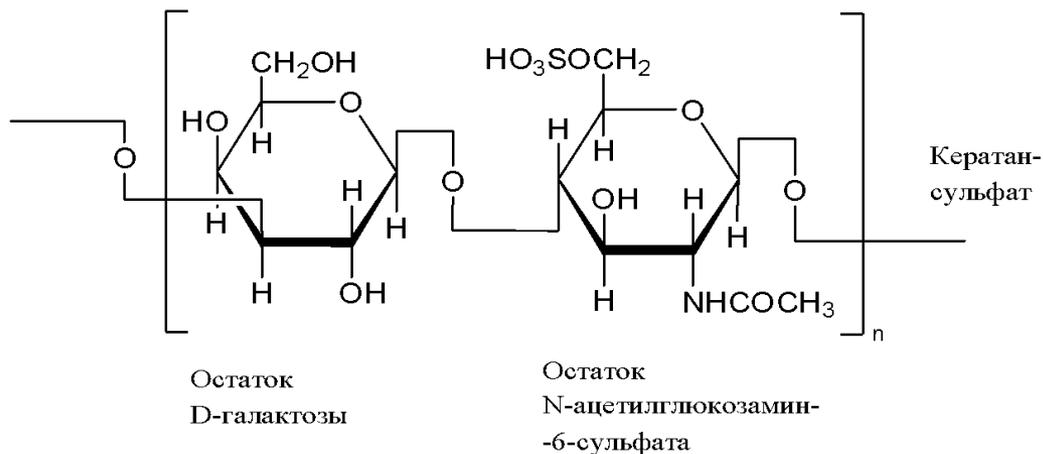


Хондроитин-6-сульфат

**Дерматансульфат** является компонентом кожи, кровеносных сосудов, сердечных клапанов. Молекулярная масса 15-40 тысяч дальтон.

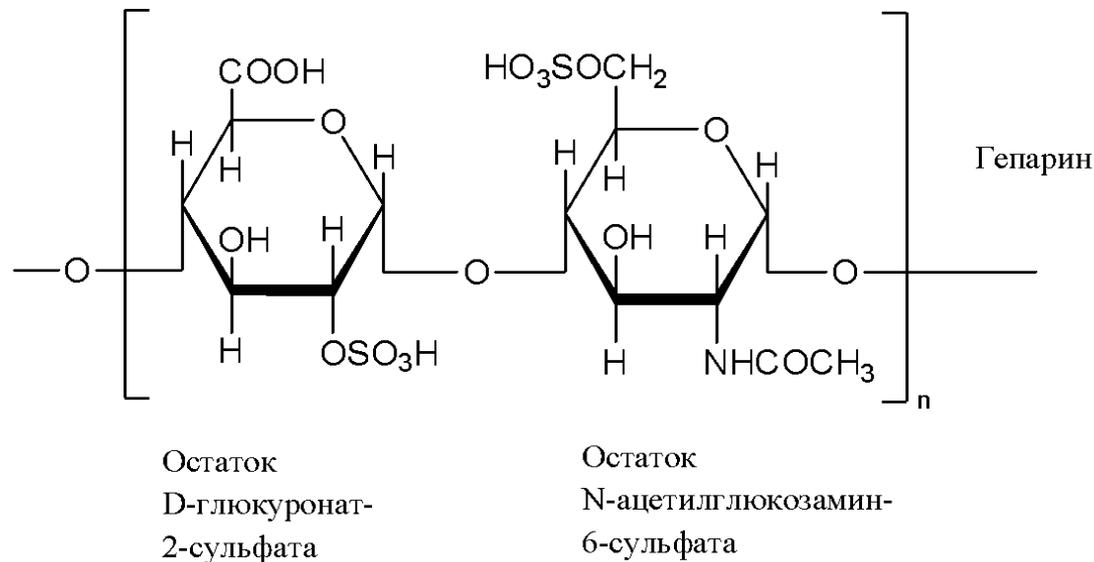


**Кератансульфат** находится в роговице глаза, хрящах, костях, межпозвоночных дисках. Молекулярная масса 4-20 тысяч дальтон.



**Гепарин** - мощный антикоагулянт (предотвращает свертывание крови), участвует в обмене липопротеинов и в иммунных реакциях. Молекулярная масса 17 тысяч дальтон.

- Синтезируется и накапливается в «тучных» клетках (лаброцитах). Используется для увеличения сохранности крови доноров и при лечении тромбоэмболических состояний.

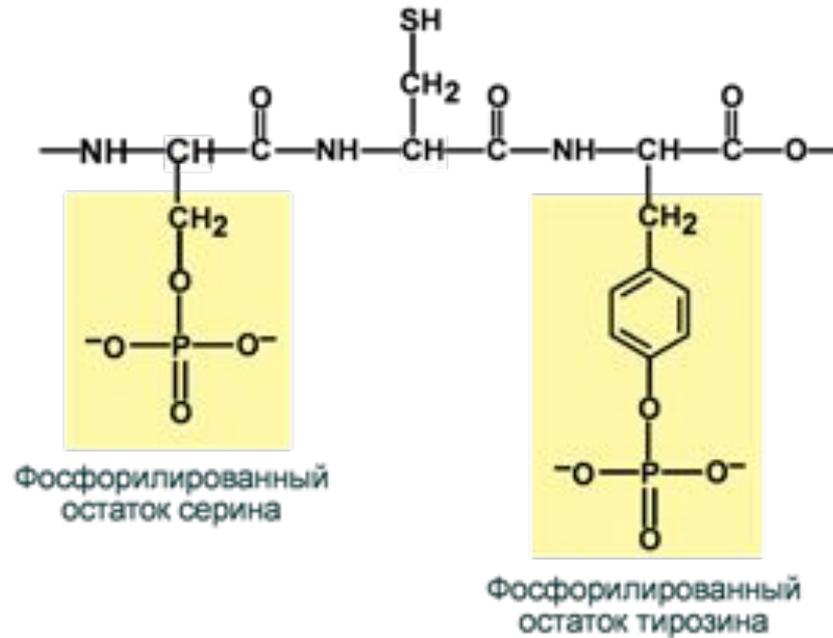


**Гепарансульфат** – компонент плазматических мембран клеток, участвует в клеточной адгезии и межклеточных взаимодействиях. Содержит аналогичные дисахаридные единицы, как гепарин. Молекулярная масса 5-12 тысяч дальтон.

*Мукополисахаридозы* - заболевания, связанные с генетическим дефектом гидролаз, участвующих в катаболизме ГАГ. Характеризуются избыточным накоплением ГАГ в тканях, приводящим к деформации скелета, увеличению органов, нарушениям в умственном развитии, поражениям сосудов, помутнению роговицы, низкой продолжительностью жизни.

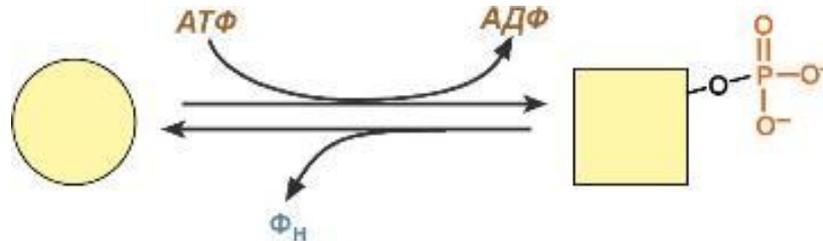


**Фосфопротеины** - сложные белки, содержащие в простетической группе фосфорную кислоту.



**Функции:**

- Питательная: *овальбумин желтого тела, казеин молока, овальбумин яичного белка, вителлин, вителленин и фосвитин яичного желтка, ихтулин икры рыб и др.*
- Структурная.
- Метаболическая.
- Энергетическая.



Изменение конформации белка в фосфорилированном и дефосфорилированном состоянии.

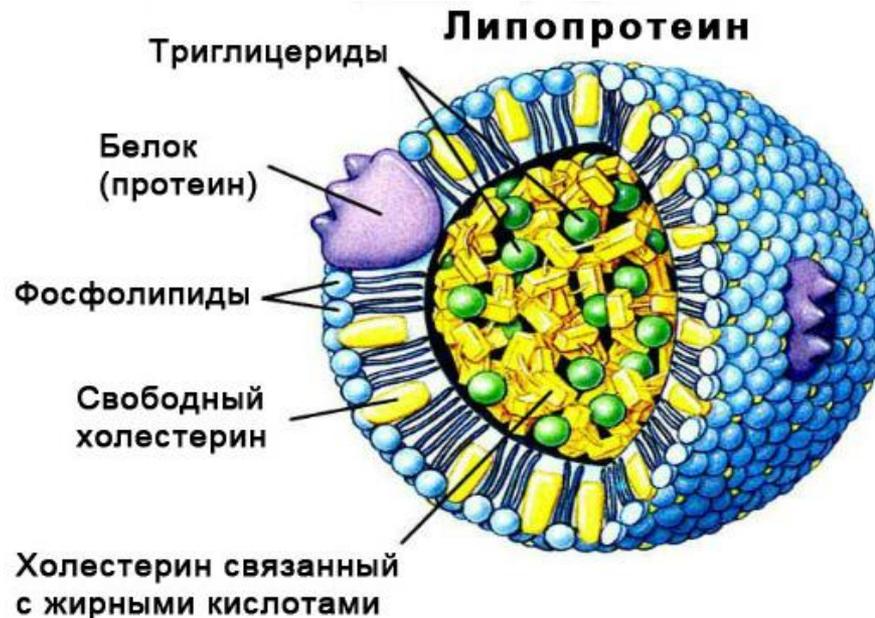
**Липопротеины(ЛП)** - сложные белки, содержащие в простетической группе разные липиды.

ЛП широко представлены в плазме крови, нервной ткани, молоке, участвуют в построении плазматических мембран.

ЛП имеют сходное строение:

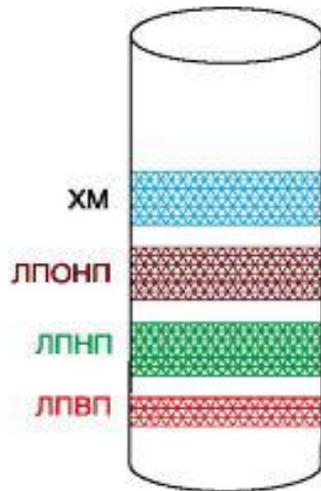
гидрофобное ядро (триацилглицерол (ТАГ), эфиры холестерина (ЭХС)) и

гидрофильный слой на поверхности (фосфолипиды (ФЛ), холестерин (ХС), белки – апопротеины).

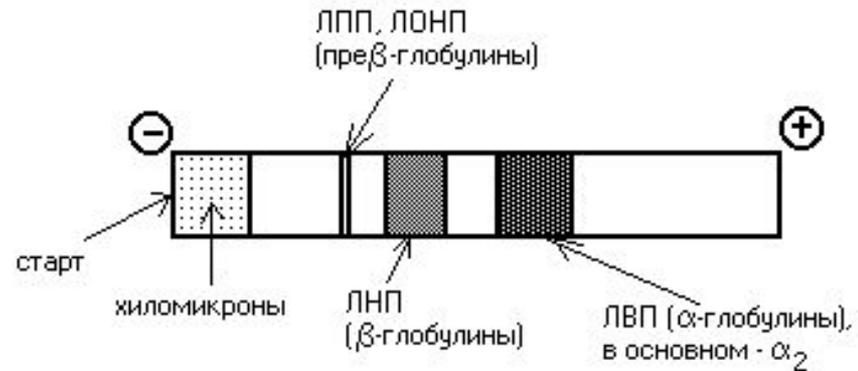


## Классификация липопротеинов.

1. ЛП при *ультрацентрифугировании* подразделяются на фракции: хиломикроны, липопротеины очень низкой плотности, липопротеины низкой плотности и липопротеины высокой плотности.
2. При *электрофорезе* ЛП подразделяются на:  $\gamma$ -ЛП, пре- $\beta$ -ЛП,  $\beta$ -ЛП,  $\alpha$ -ЛП.
3. ЛП различают по содержанию и функционированию апопротеинов. Эти белки обозначают буквами латинского алфавита (А, В, С, Е).



ЛП полученные  
методом ультрацентрифугирования



ЛП полученные  
методом электрофореза

## *Состав и функции липопротеинов плазмы крови*

<b>Типы ЛП</b>	<b>ХМ</b>	<b>ЛПОНП</b>	<b>ЛПНП</b>	<b>ЛПВП</b>
<b>Белки, %</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>50</b>
<b>ФЛ, %</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>27</b>
<b>ХС+ЭХС, %</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>42-50</b>	<b>20</b>
<b>ТАГ, %</b>	<b>85-90</b>	<b>55</b>	<b>7</b>	<b>3</b>
<b>Функции</b>	<b>Транспортирование липидов из клеток кишечника</b>	<b>Транспортирование липидов, синтезируемых в печени</b>	<b>Транспортирование холестерина в ткани</b>	<b>Удаление избытка холестерина из тканей в печень</b>
<b>Аполипопротеины</b>	<b>В-48, С-2, Е</b>	<b>В-100, С-2, Е</b>	<b>В-100</b>	<b>А-1, С-2, Е</b>

## Функции мембран.

1. Разделительная.
2. Структурная.
3. Транспортная.
4. Обеспечение межклеточных взаимодействий.
5. Восприятие и передача сигнала внутрь клетки (рецепция).
6. Энерготрансформирующая функция.

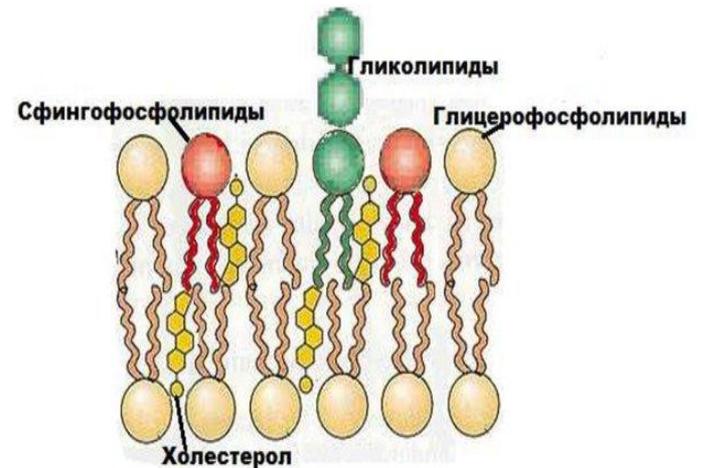
## Белки мембран представлены:

- 1) структурными
- 2) ферментными
- 3) транспортными
- 4) антигенными
- 5) рецепторными белками.

## Липиды БМ.

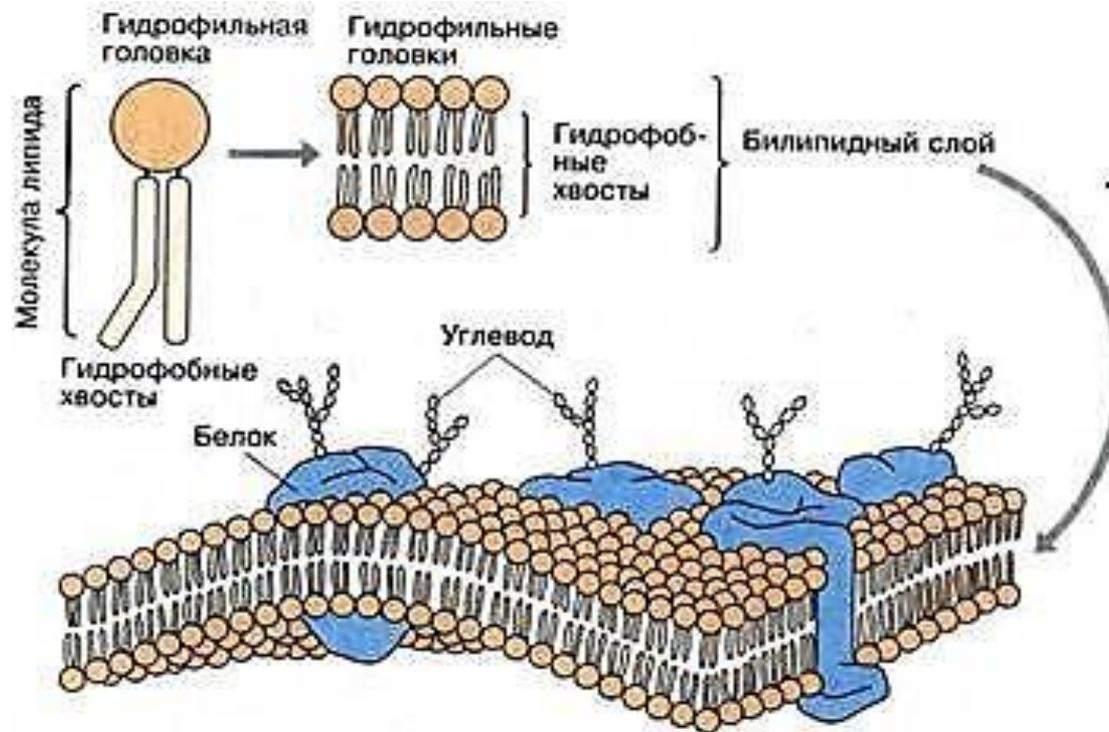
В мембранах присутствуют три основных типа липидов: фосфолипиды, гликолипиды и холестерол. В состав БМ входят только полярные липиды, они образуют полюса:

- 1 – гидрофильный, взаимодействующий с  $H_2O$ ;
- 2 – гидрофобный, взаимодействующий с жирорастворимыми веществами – (ХС, ФЛ, ГЛ).



## *Принцип построения мембран:*

В 1972 г. Сенджер и Николсон предложили жидкостно-мозаичную модель строения мембраны.

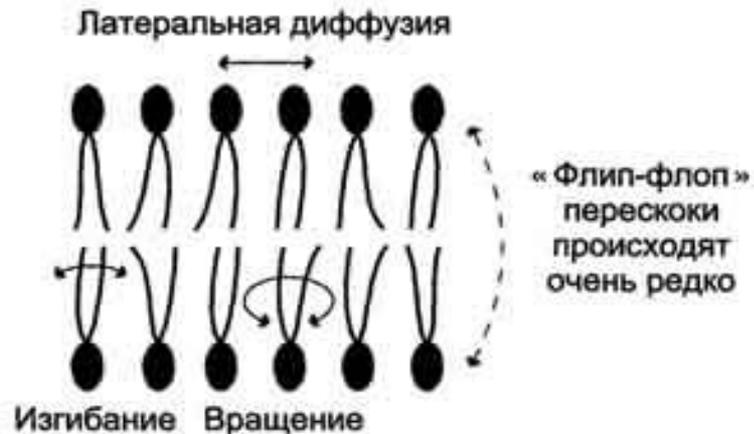


***В БМ выделяют 2 группы белков:***

- 1) периферические белки – находятся на поверхности (или частично погружены), подвижны, могут легко отделяться от БМ;
- 2) интегральные белки – расположены внутри БМ, чаще пронизывают всю мембрану, образуют: внутримембранный и внешнемембранный домены.

### Общие свойства клеточных мембран:

- 1. Ассиметрия** – внутренние и внешние стороны отличаются (по составу липидов, плотности, упаковки, рН белков, электрическому заряду).
- 2. Диффузия** – липиды мембран способны к диффузии в пределах слоя параллельно поверхности мембраны (латеральная диффузия). Поперечная диффузия в мембранах сильно ограничена.



3. В зависимости от температуры БМ находятся в 2 состояниях:

- кристаллически-гелевом (твердая фаза) – при низкой температуре;
- жидкостно-кристаллическом – при высокой температуре.

**4. Текучесть:** зависит от температуры (чем выше  $t^{\circ}$ , тем больше диффузия), от состава липидов (снижается, если много ХС), от количества непредельных жирных кислот (чем их больше, тем больше диффузия).

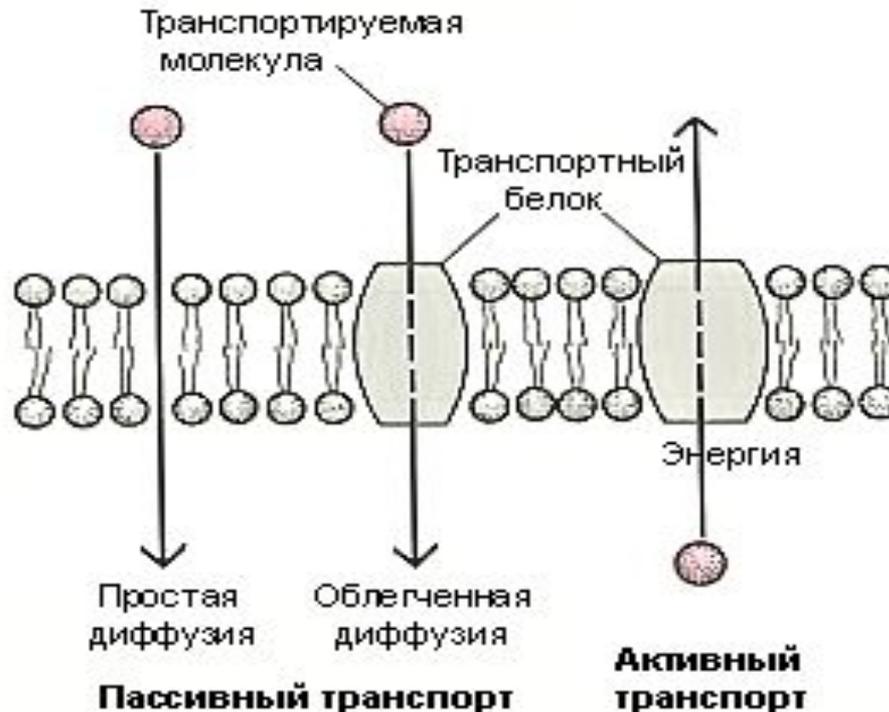
**5. Селективность, избирательность.**

## ***Виды транспорта через биологические мембраны:***

***Простая диффузия*** – это перенос молекул по градиенту концентрации без затрат энергии и переносчиков ( $O_2$ , стероиды, тиреоидные гормоны,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ , этанол, мочевины и др.).

***Облегченная диффузия*** – перенос вещества по градиенту концентрации без затрат энергии, но с переносчиком. Различают две разновидности облегченной диффузии:

- а) транспорт по специальным каналам (например, катионселективные каналы);
- б) с помощью белков-транслоказ (например, перенос глюкозы в эритроциты с помощью белка-переносчика ГЛЮТ-1).



**Активный транспорт** – транспорт вещества против градиента концентрации (незаряженные частицы) или электрохимического градиента (для заряженных частиц), требующий затрат энергии, чаще всего АТФ.

