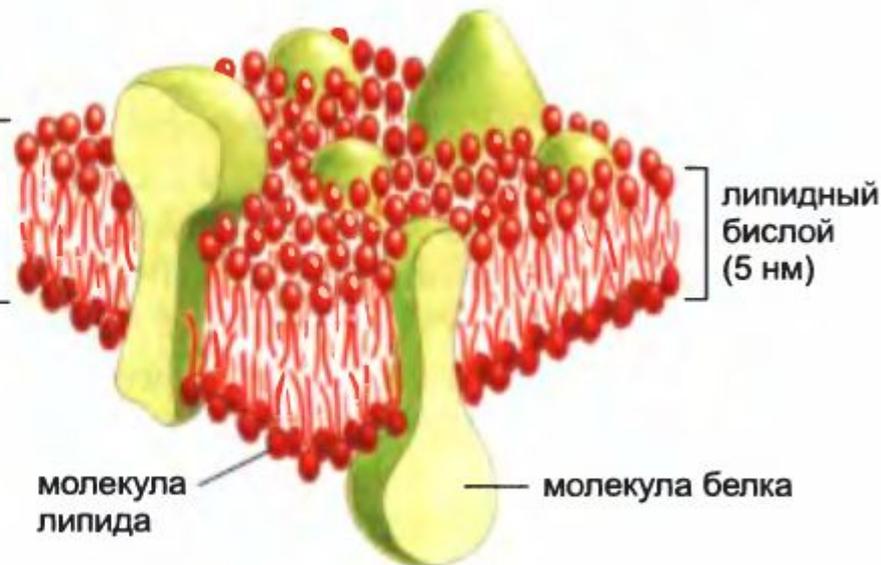
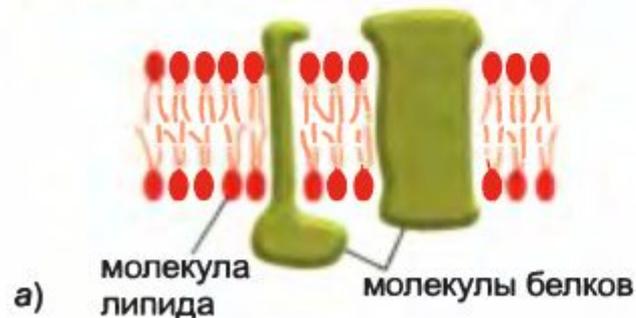


БИОМЕМБРАНЫ



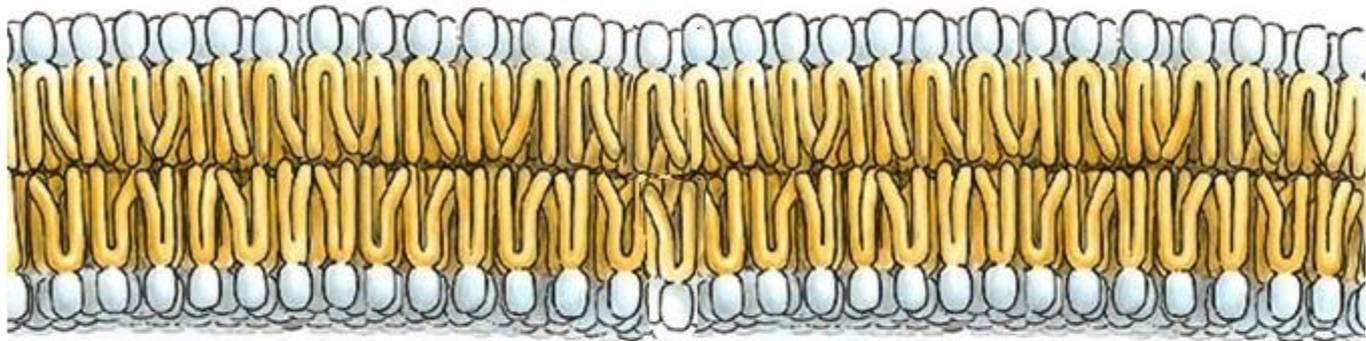
Мембраны – динамические, жидкие, белково-липидные структуры

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ БИОМЕМБРАН

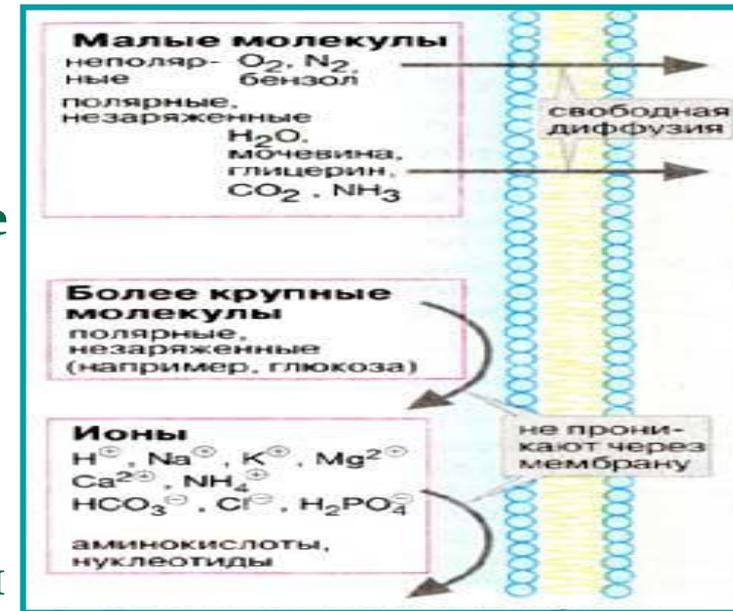
- **Барьерная функция**
- **Осмотическая функция**
- **Трансмембранный перенос ионов**
- **Структурная функция**
- **Энергетическая функция**
- **Биосинтетическая функция**
- **Рецепторно-регуляторная**
- **Участие в секреторных процессах**

Липидный бислой

- Молекулы липидов организованы в непрерывный двойной слой (бислой) толщиной около 5нм.
- Липидный состав внутреннего (цитоплазматического) и внешнего монослоев различается.
- Молекулы липидов составляют около 50% массы большинства клеточных мембран животных, на 1 мкм² липидного слоя находится около $5 \cdot 10^6$ липидных молекул (10^9 молекул на одну маленькую клетку).
- Бислой является базовой жидкой структурой мембраны

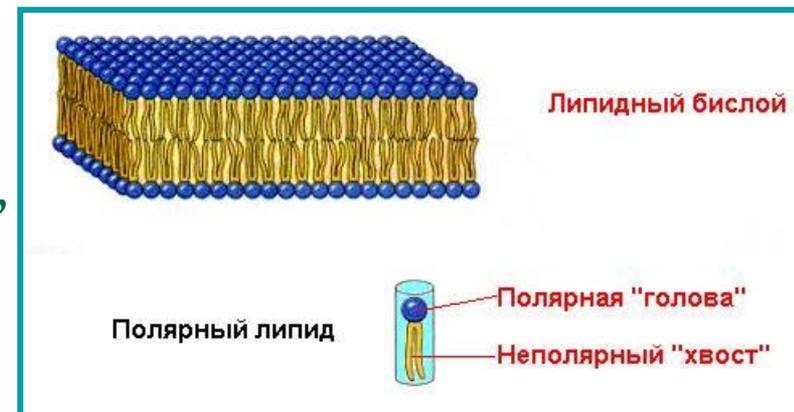


- Бислой служит относительно непроницаемым барьером для большинства растворимых в воде соединений.



- Все молекулы липидов мембраны – амфифильны. Состоят из:

- ✓ гидрофильной («любящей воду»), или полярной, части
- ✓ гидрофобной («боящейся воды»), или неполярной, части.



ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ ЛИПИДОВ МЕМБРАНЫ

- Фосфолипиды
- Холестерин
- Гликолипиды

СХЕМА СТРОЕНИЯ ФОСФОЛИПИДА (ФОСФОГЛИЦЕРИДА)

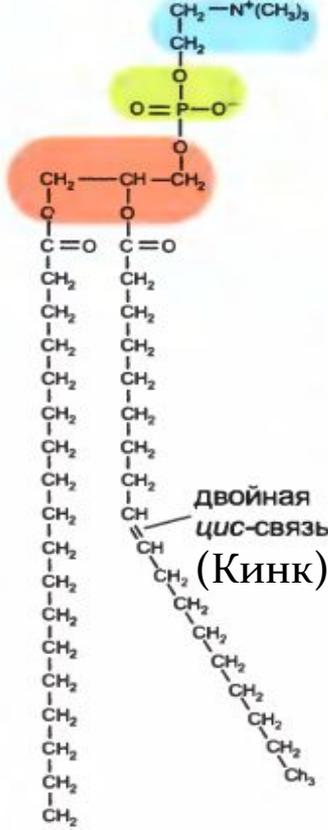
полярная (гидрофильная) «головка»

ХОЛИН
ФОСФАТ
ГЛИЦЕРИН

неполярные (гидрофобные) «хвосты»

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ «ХВОСТ»
УГЛЕВОДОРОДНЫЙ «ХВОСТ»

а)

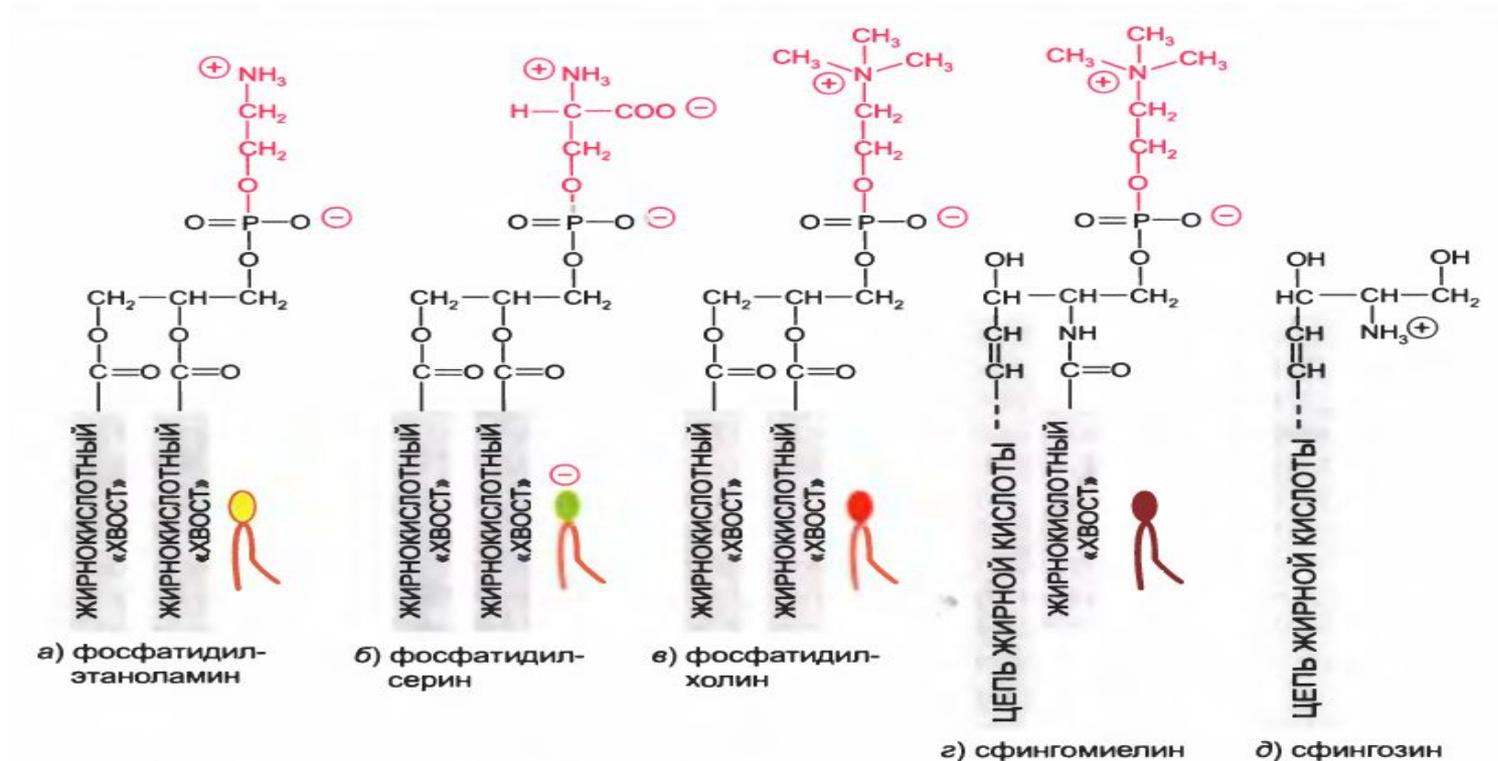


б)



в)

ОСНОВНЫЕ ФОСФОЛИПИДЫ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ

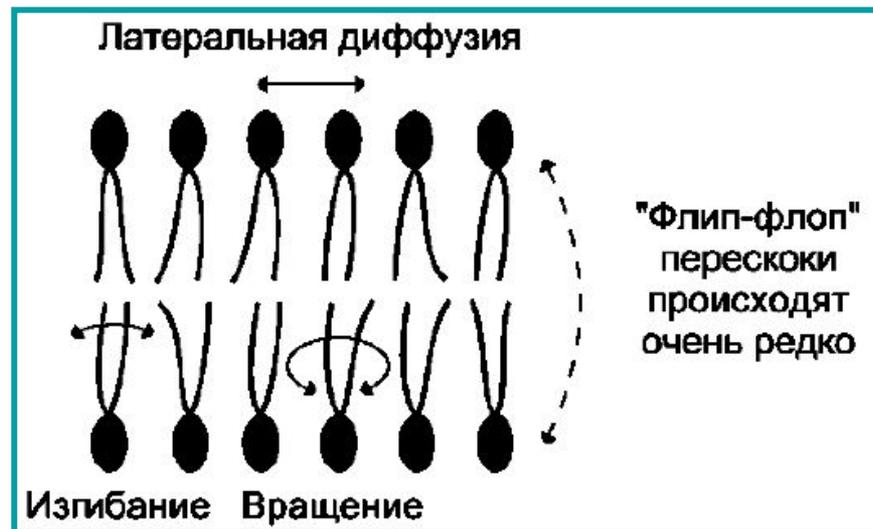


Преобладающие по содержанию липиды:

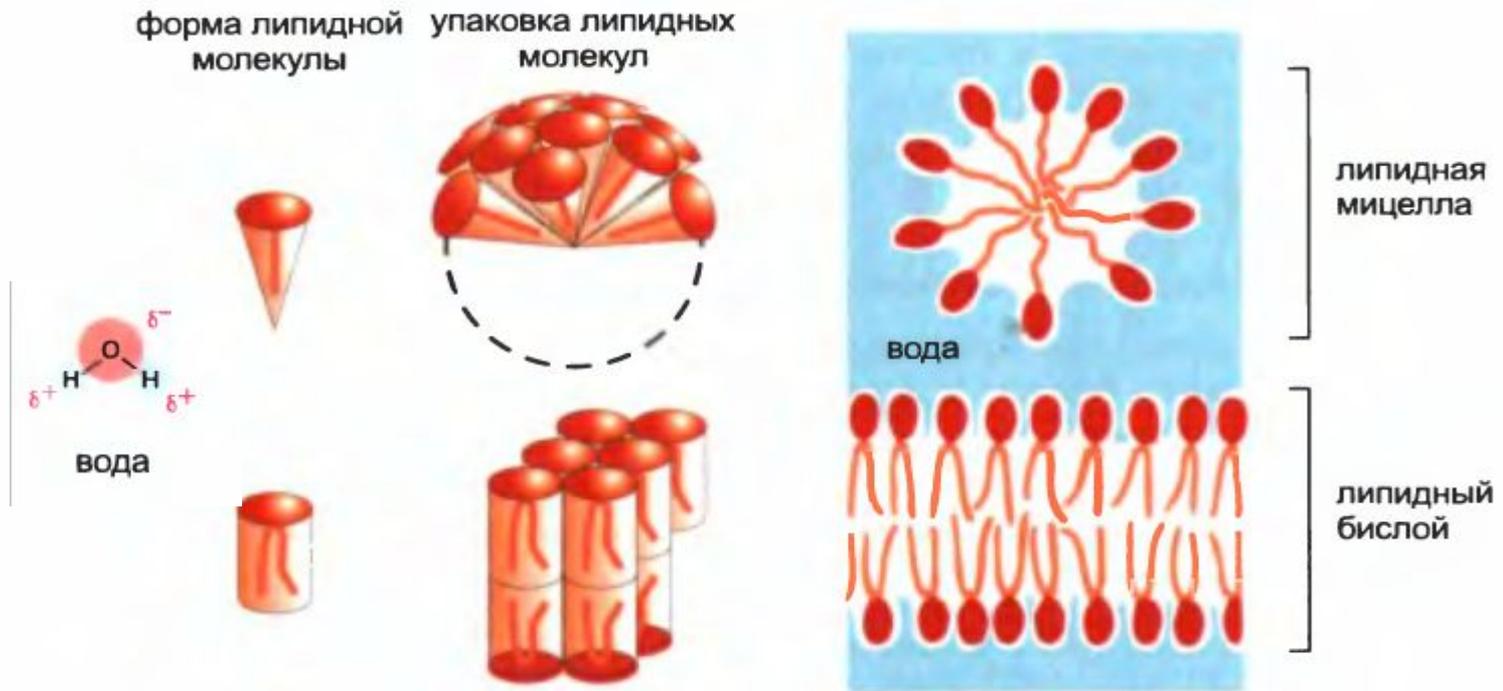
- Цитоплазматический монослой – фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин
- Нецитоплазматический монослой – фосфатидилхолин, сфингомиелин

МИГРАЦИЯ ЛИПИДНЫХ МОЛЕКУЛ

- Латеральная диффузия липидных молекул достаточно высокая (10^7 раз в секунду)
- Липидные молекулы находятся в постоянном движении: изгибание, вращение вокруг своей оси
- «Флип-флоп» процесс достаточно редок (реже, чем один раз в месяц для одной молекулы)
- Ферменты – транслокаторы фосфолипидов катализируют быстрый флип-флоп переход фосфолипидов из одного монослоя в другой.

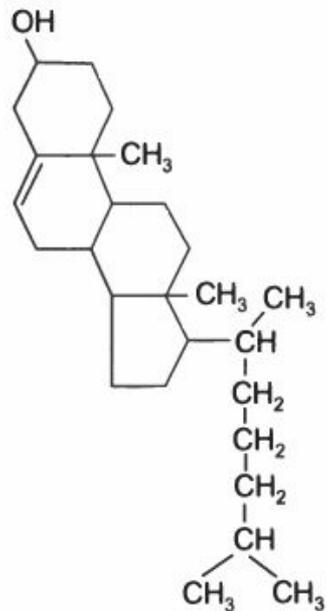


СПОСОБЫ УПАКОВКИ ЛИПИДНЫХ МОЛЕКУЛ В ВОДНОМ ОКРУЖЕНИИ

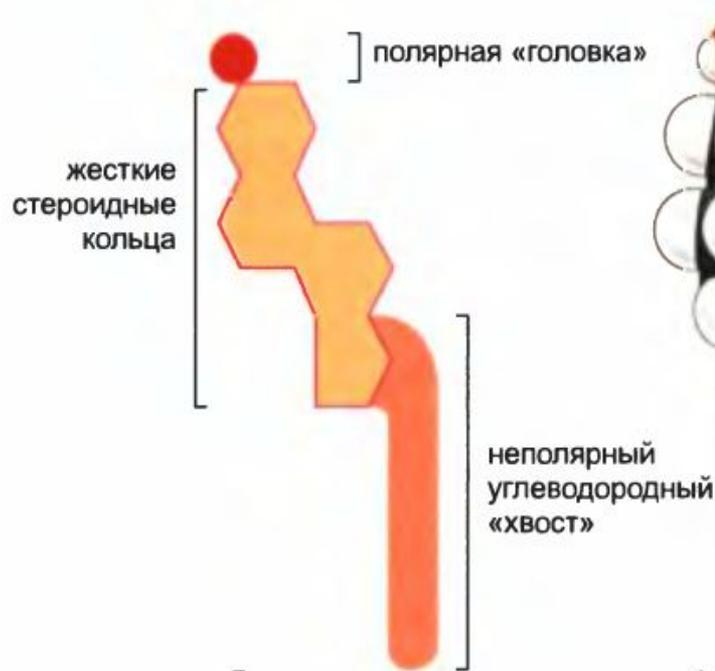


Самопроизвольная агрегация липидных молекул направлена на то, чтобы «спрятать» от водного окружения свои гидрофобные хвосты внутрь и выставить гидрофильные головки наружу.

ХОЛЕСТЕРИН



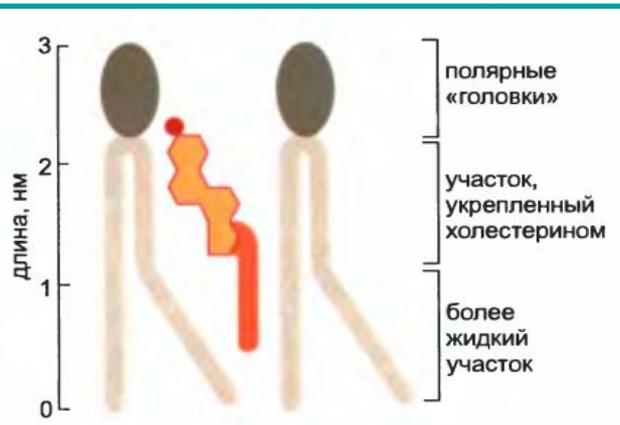
а)



б)



в)

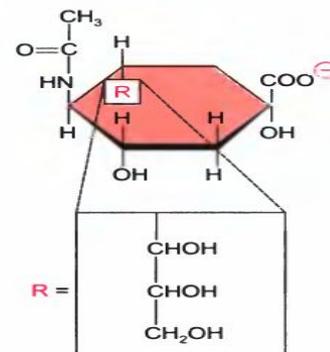
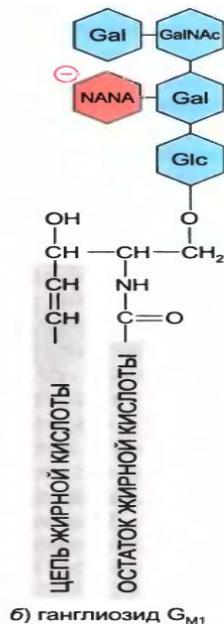
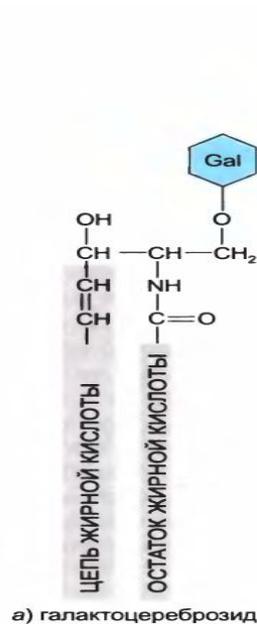


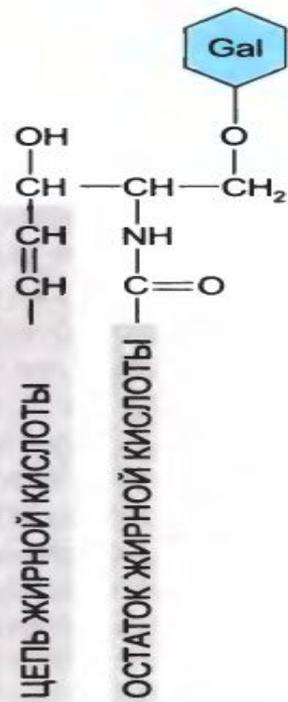
Холестерин регулирует барьерные свойства липидных бислоев, уменьшая их проницаемость для малых растворимых в воде молекул

Расположение холестерина относительно фосфолипидных молекул мембраны

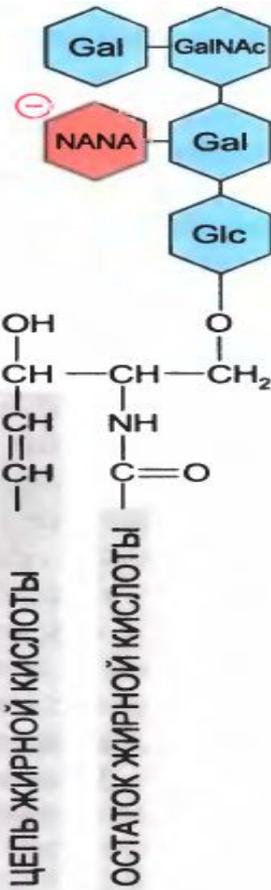
ГЛИКОЛИПИДЫ МЕМБРАН

- В большом количестве в нецитоплазматическом липидном монослое, составляя 5% всех липидов внешнего слоя
- Распределение гликолипидов очень асимметрично.
- Встречаются и во внутриклеточных мембранах.
- Основная функция – рецепторная, обеспечивающая межклеточное взаимодействие, восприятие внешних сигналов.
- Основной тип - ганглиозиды

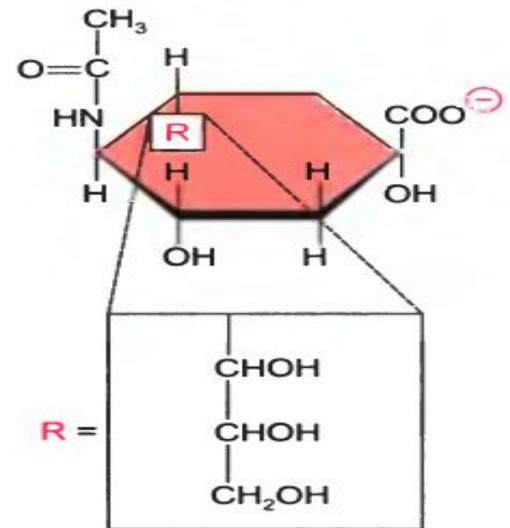




а) галактоцереброзид



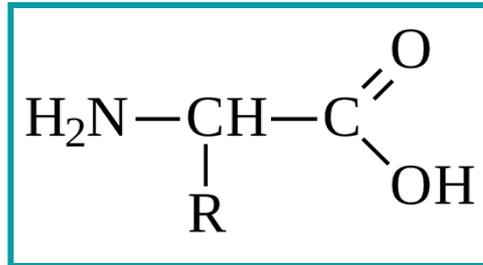
б) ганглиозид G_{M1}



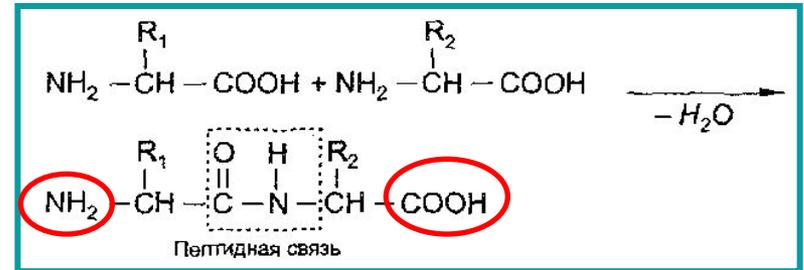
в) сиаловая кислота (NANA)

МЕМБРАННЫЕ БЕЛКИ

БЕЛКИ

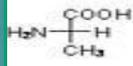


Общая формула аминокислоты

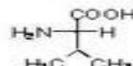


АМИНОКИСЛОТЫ

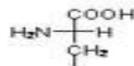
НЕПОЛЯРНЫЕ



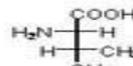
L-Аланин
Ala



L-Валин
Val



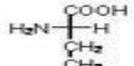
L-Лейцин
Leu



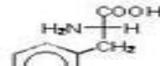
L-Изолейцин
Ile



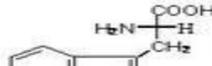
L-Пролин
Pro



L-Метионин
Met



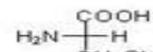
L-Фенилаланин
Phe



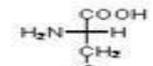
L-Триптофан
Trp



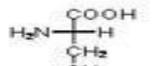
Глицин
Gly



L-Серин
Ser



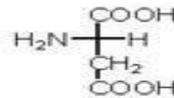
L-Аспарагин
Asn



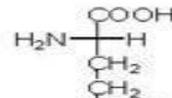
L-Глутамин
Gln

ПОЛЯРНЫЕ НЕЗАРЯЖЕННЫЕ

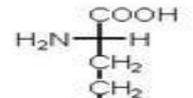
ЗАРЯЖЕННЫЕ



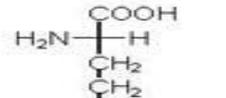
L-Аспарагиновая
кислота
Asp



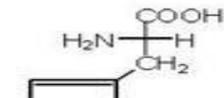
L-Глутаминовая
кислота
Glu



L-Лизин
Lys



L-Аргинин
Arg



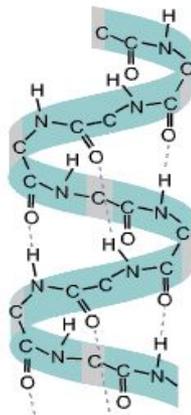
L-Гистидин
His

- Составляют примерно 50% массы плазмалеммы.
- Обуславливают большую часть функций мембраны. Могут выступать в качестве рецепторов, ферментов и транспортных каналов и т.д.
- В плазмалемме содержится примерно 30% всех синтезируемых клеткой белков.
- Количество и типы белков в различных мембранах сильно варьируют, т.е. белки придают каждому типу клеточных мембран специфические свойства.

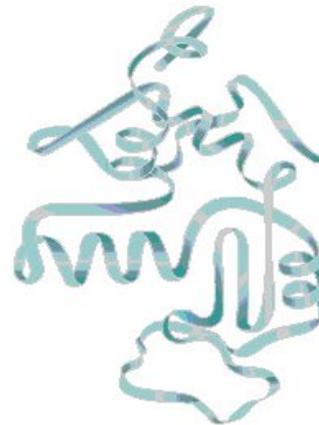
Первичная структура
(цепочка аминокислот)



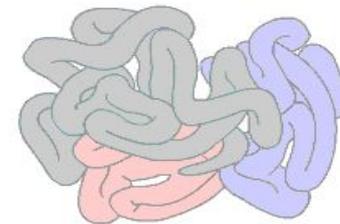
Вторичная структура
(α -спираль)



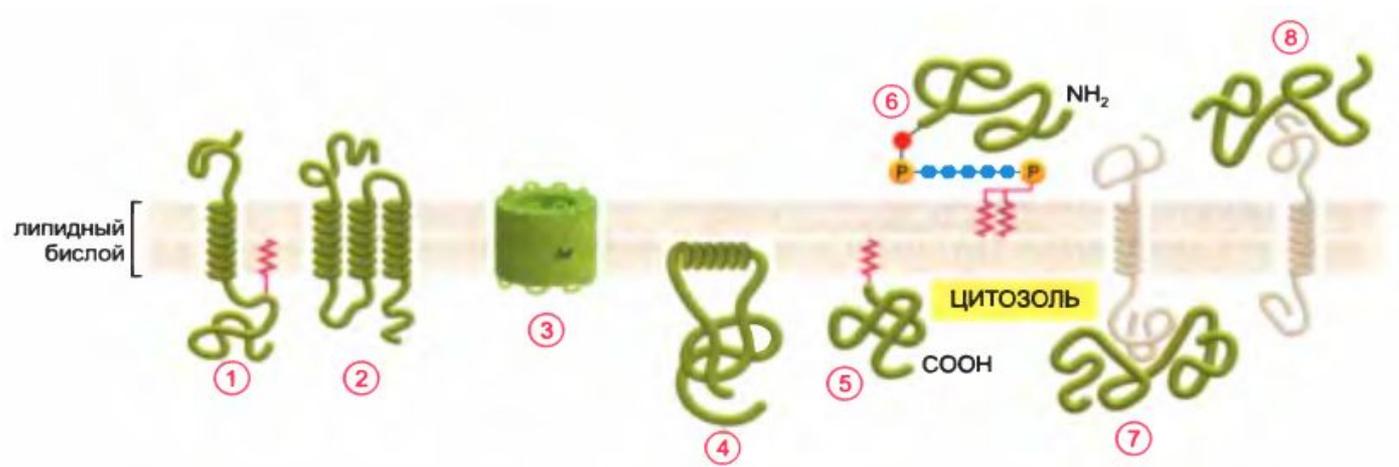
Третичная структура



Четвертичная структура
(клубок белков)



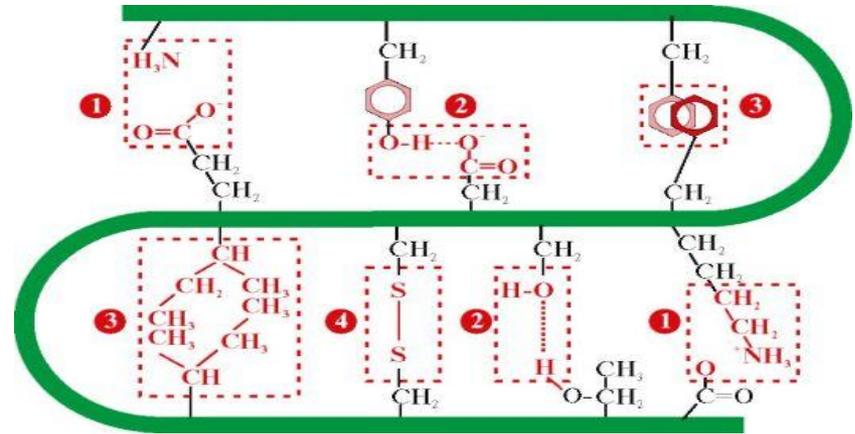
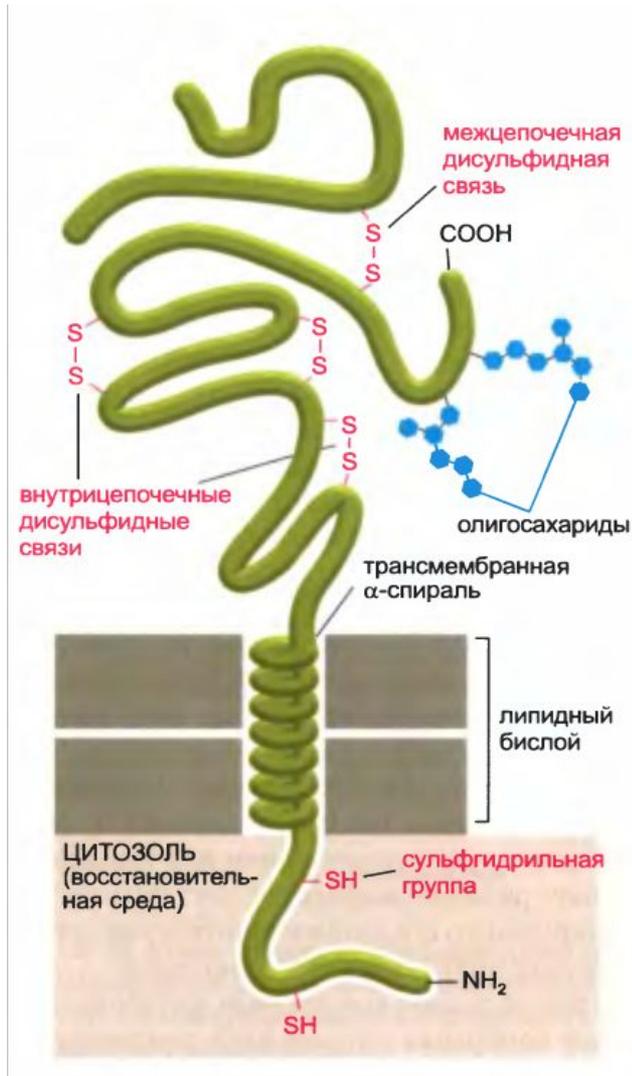
РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ



I. Трансмембранные (интегральные)

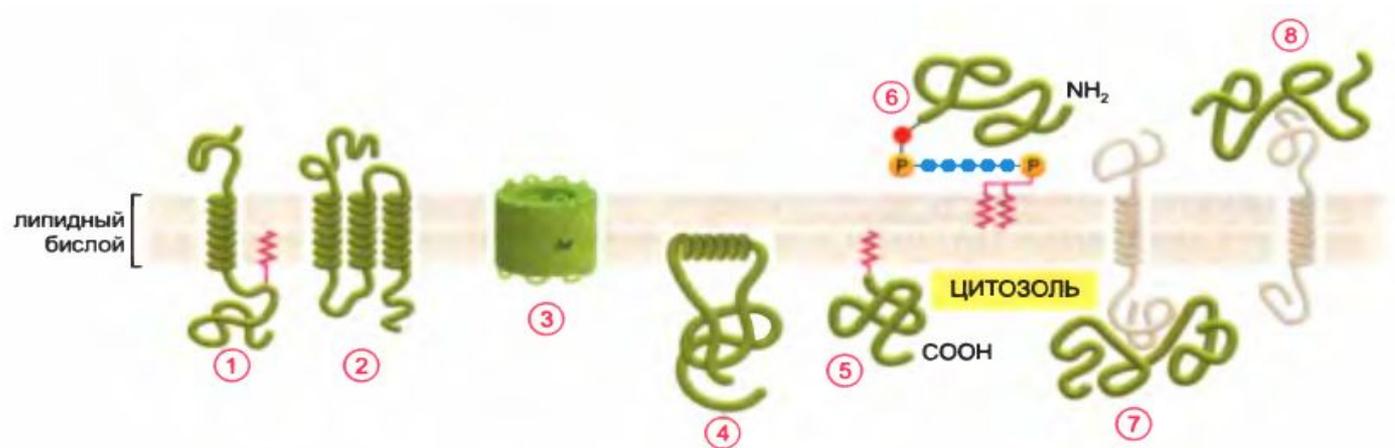
1. Одинарная α -спираль
2. Несколько α -спиралей
3. β -спираль (β -бочонок)

ПРИМЕР ОДНОПРОХОДНОГО БЕЛКА



- **1 - ионная связь** - возникает между положительно и отрицательно заряженными функциональными группами;
- **2 - водородная связь** - возникает между гидрофильной незаряженной и любой другой гидрофильной группой;
- **3 - гидрофобные взаимодействия** - возникают между гидрофобными радикалами;
- **4 - дисульфидная связь** - формируется за счет окисления SH-групп остатков цистеина и их взаимодействия друг с другом

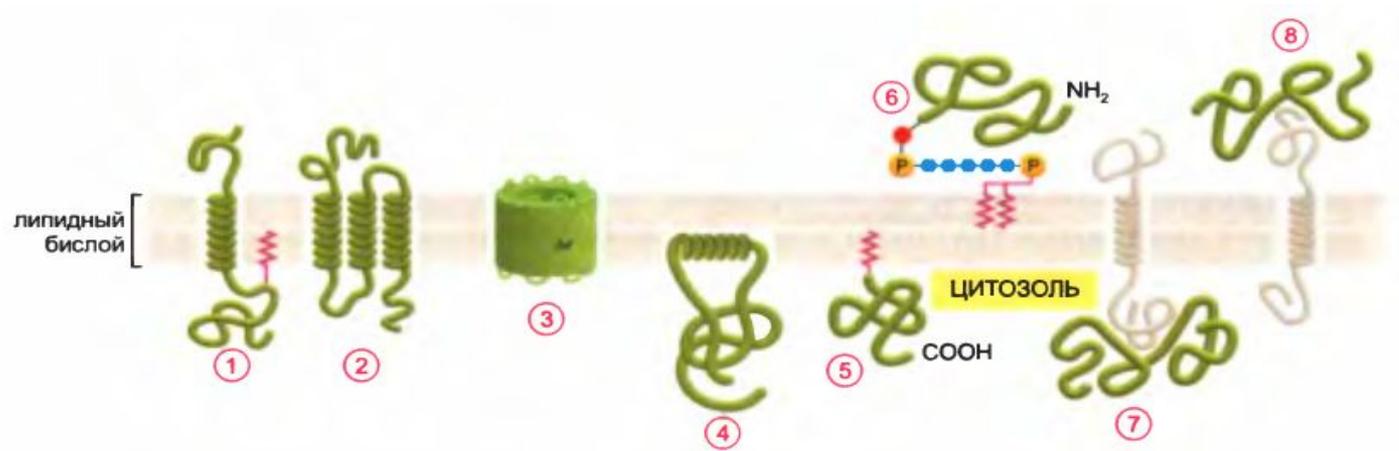
РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ



II. Полуинтегральные

4. Погруженные гидрофобной областью α -спирали с одной стороны мембраны
5. Связаны с мембраной только через липидную цепь в цитоплазматическом липидном монослое
6. Связаны с нецитоплазматическим липидным монослоем через олигосахаридный линкер и фосфатидилинозитол (липидный якорь)

РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ



III. Поверхностные (периферические)

7,8. Связаны с мембраной за счет взаимодействий с другими интегральными белками

МИГРАЦИЯ БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ

- Белки способны поворачиваются вокруг оси, перпендикулярно его поверхности.
- Латеральная диффузия характерна для некоторых периферических белков (фермент *фосфолипаза A₂*)
- Латеральная диффузия интегральных белков в мембране ограничена.
- «Флип-флоп» перескоки не характерны

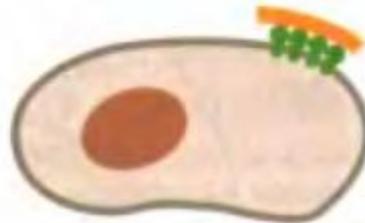
СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ БЕЛКОВ



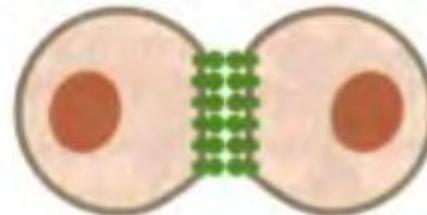
а)



в)

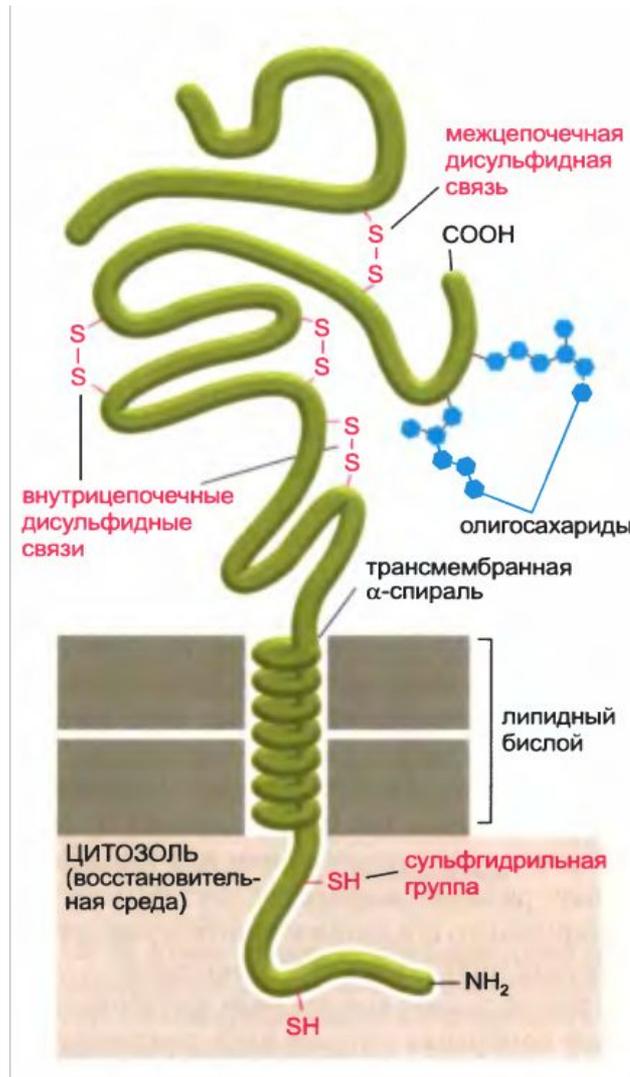


б)



г)

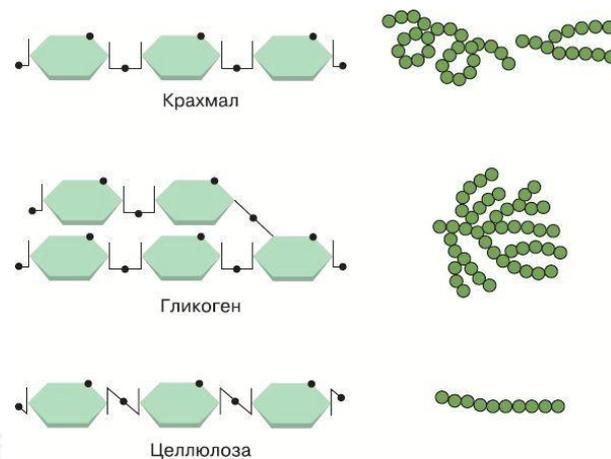
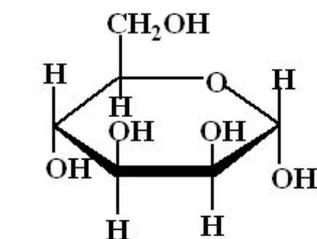
- а) самоорганизация в крупные агрегаты
- б) фиксация за счет взаимодействий с макромолекулами вне клетки
- в) фиксация за счет взаимодействий с макромолекулами внутри клетки
- г) взаимодействие с белками на поверхности другой клетки



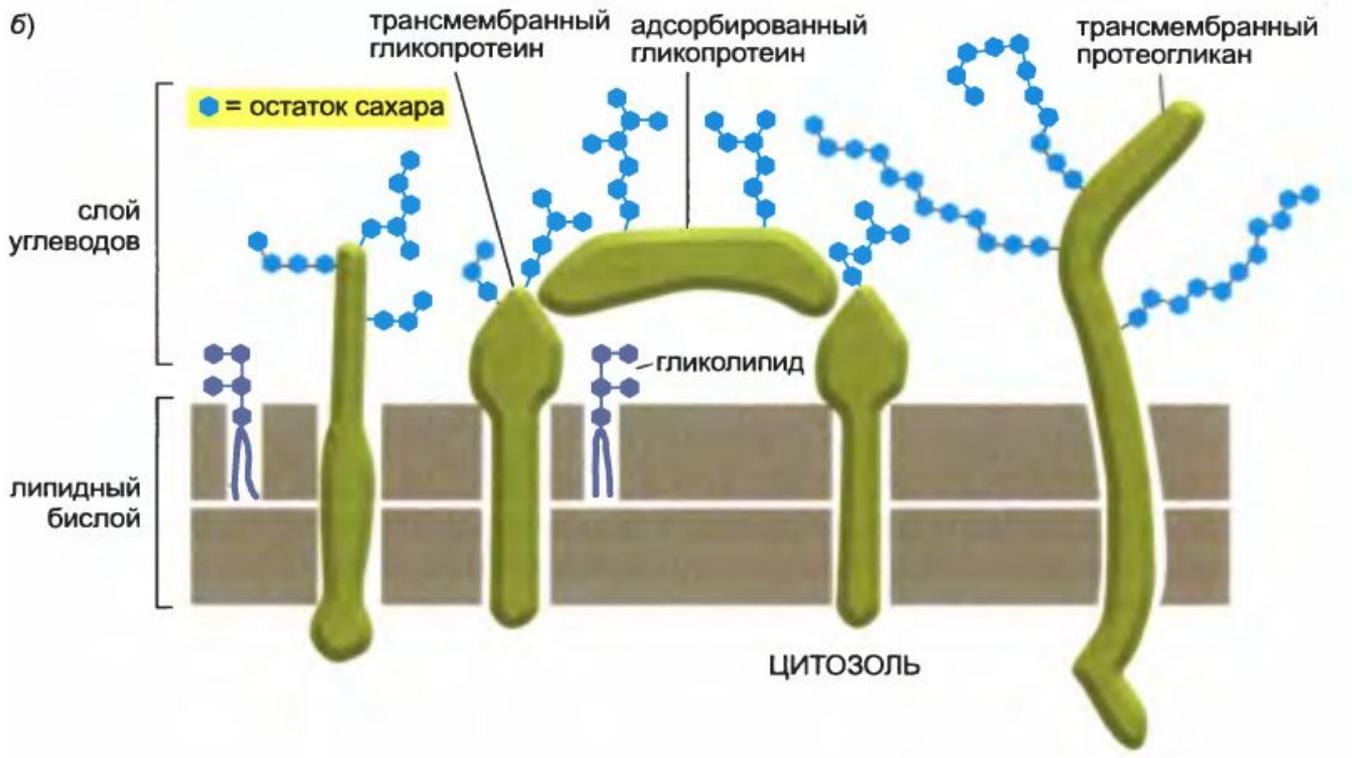
УГЛЕВОДЫ МЕМБРАНЫ

Функции:

- Защита клеток от механического и химического повреждения
- Защита от нежелательных межклеточных взаимодействий.
- Рецепторная функция.

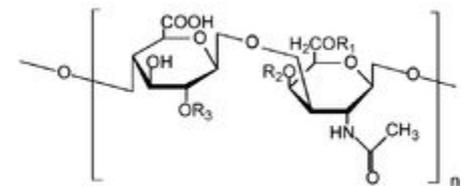
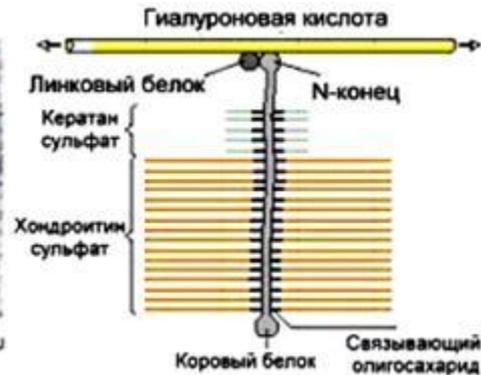


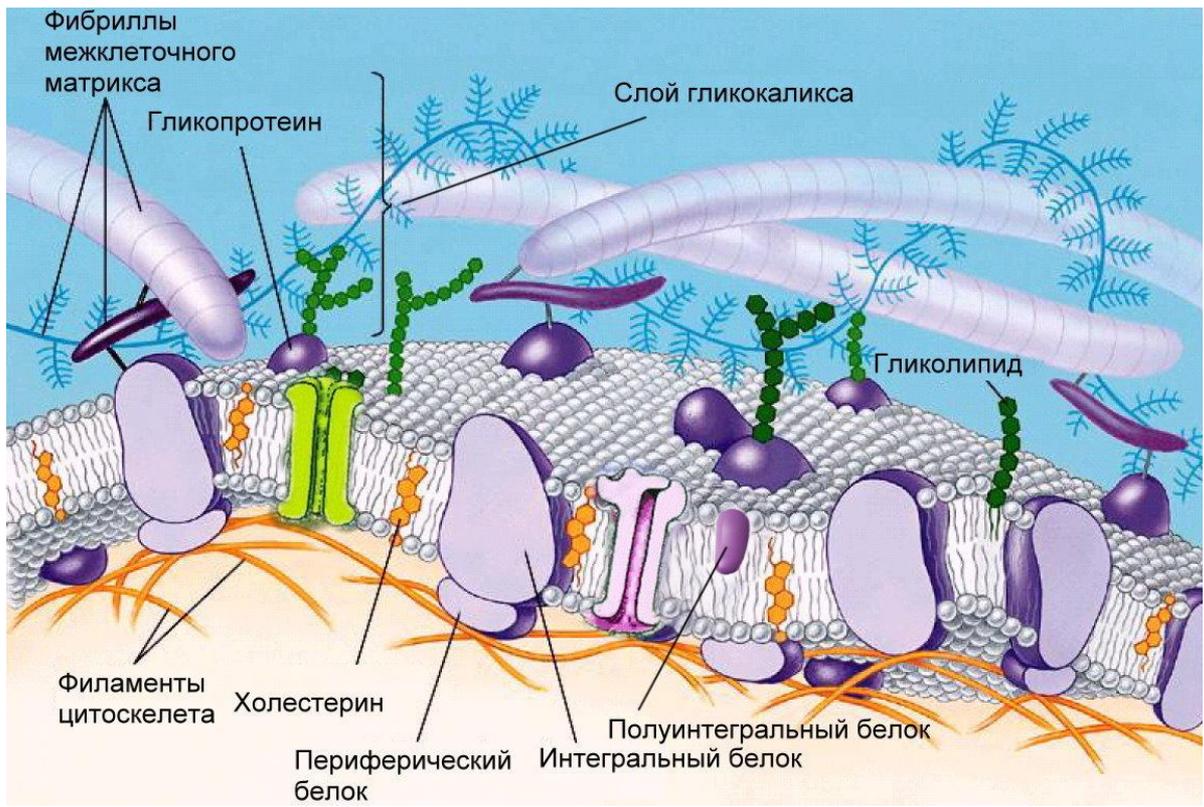
УГЛЕВОДНЫЙ СЛОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕМБРАН



- Гликопротеины
- Гликолипиды
- Протеогликаны

ПРОТЕОГЛИКАНЫ

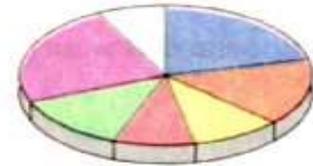
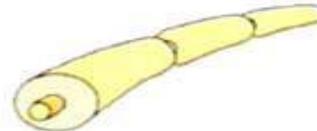
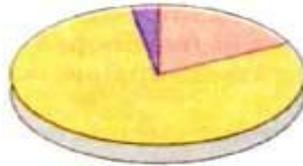




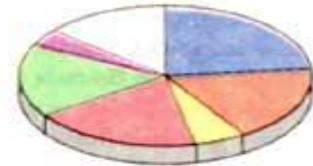
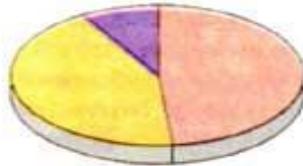
СОТНОШЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ МЕМБРАН

компоненты мембран

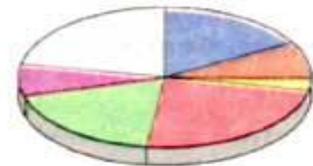
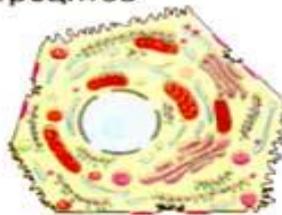
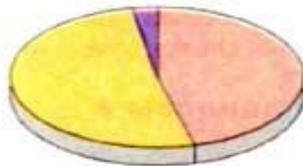
соотношение различных липидов



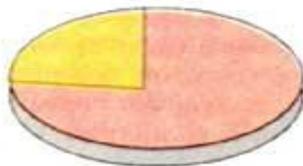
плазматическая мембрана
нервной клетки



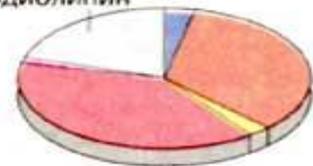
плазматическая мембрана
эритроцитов



плазматическая мембрана
гепатоцитов



кардиолипин



внутренняя мембрана

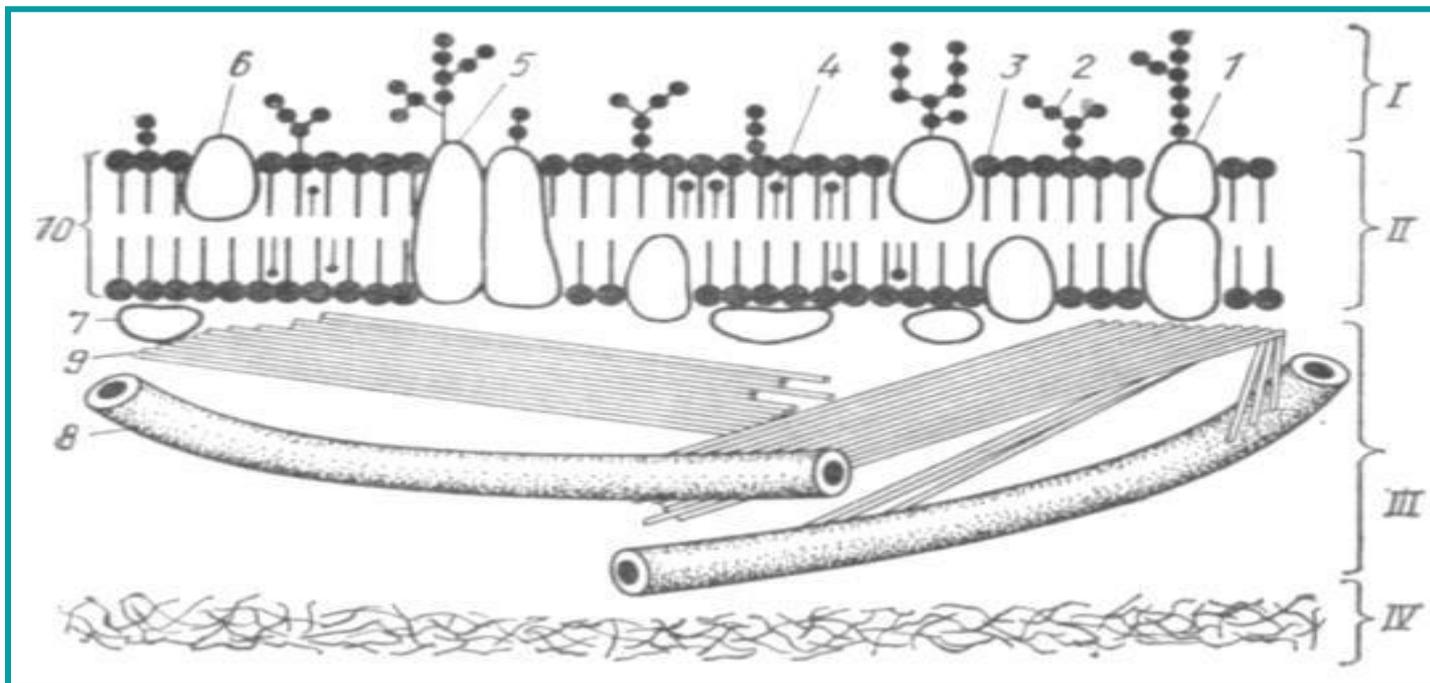
митохондрия

обе мембраны
(внешняя + внутренняя)



Б. Состав мембран

ЦИТОТЕКА



- I — надмембранный комплекс (гликокаликс);
- II — плазмолемма;
- III — субмембранный комплекс;
- IV — цитоплазма;

1 — гликопротеиды; 2 — гликолипиды; 3 — фосфолипиды; 4 — холестерин; 5 — интегральные. 6 — полуинтегральные и 7 — периферические белки; 8 — микротрубочки; 9 — микрофиламенты; 10 — билипидный слой.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!