



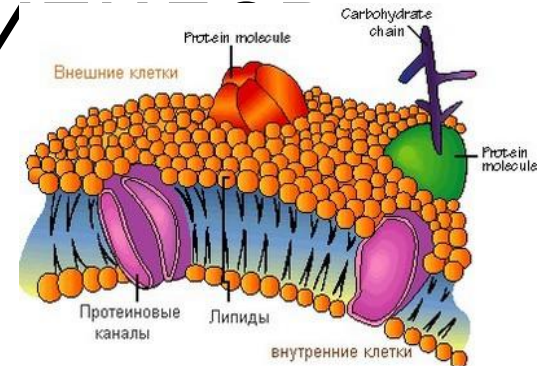
БИОМЕМБРАНЫ

ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ:



Строение и функции мембран клеток

- Структура и функции ли мембран
- Белки мембран и их биологическое значение
- Способы трансмембранного переноса веществ



Функции мембраны клетки

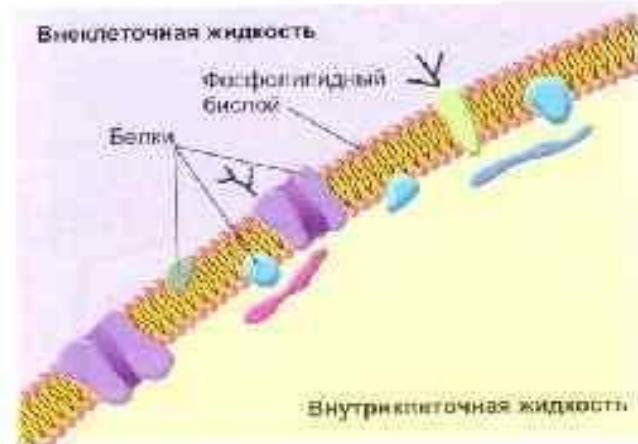
Биологические мембраны – сложные высокоорганизованные липопротеиновые структуры, окружающие клетку и внутриклеточные органеллы.

- Отделяют клетку от окружающей среды
- Ограничивают органеллы (компарменты) клетки
- Регулируют транспорт веществ в клетке
- Обеспечивают специфику клеточных контактов
- Передача внутриклеточных сигналов из внешней среды

Строение и функции биологических мембран

Поддержание клеточного гомеостаза

- Граница раздела между наружной и внутренней средой (*структурные белки*)
- Транспорт веществ (*белки-каналы и белки-насосы*)
- Участие в биохимических реакциях (*белки-ферменты*)
- Рецепция (*белки-рецепторы*)



Строение мембраны

Все биомембраны построены одинаково:

Это жидкомозаичные липопротеиновые структуры: они состоят из двух слоев липидных молекул (липидный бислой) толщиной около 6 нм, в которые встроены белки.

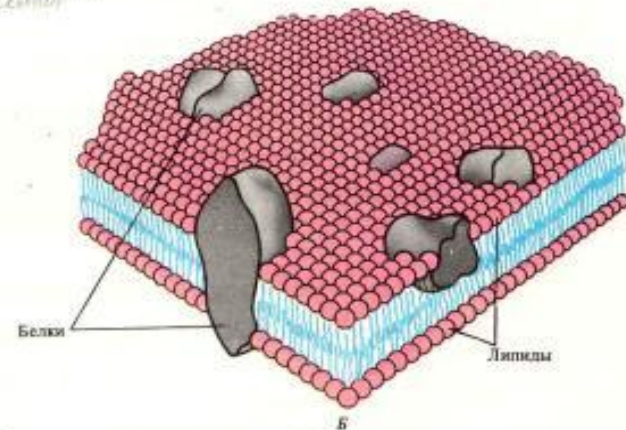
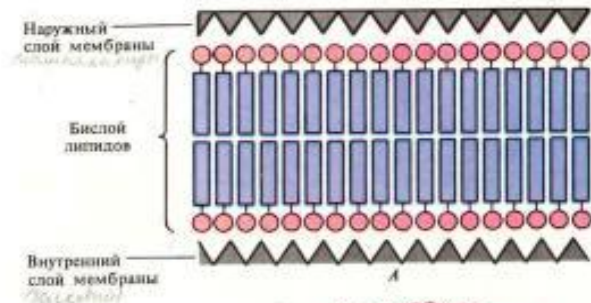
Основной компонент – фосфолипиды.

Мембраны содержат также углеводы, связанные с липидами и белками.

Соотношение: липиды - белки - углеводы является характерным для клетки или мембраны и существенно варьирует в зависимости от типа клеток или мембран.

9. Структурные элементы мембран

1. Липиды
2. Белки
3. Углеводы
4. Вода



Строение:

Липиды - органические соединения представляющие собой трёхатомный спирт глицерол связанный сложноэфирной связью с жирными кислотами (ТАГ).

Глицерофосфолипиды (ГФЛ) – органические соединения представляющие собой трёхатомный спирт глицерол связанный сложноэфирной связью с жирными кислотами на 2-х атомах углерода глицерола, а 3-й атом углерода простой эфирной связью связан с фосфором и либо с серином (АК), этаноламином или холином.

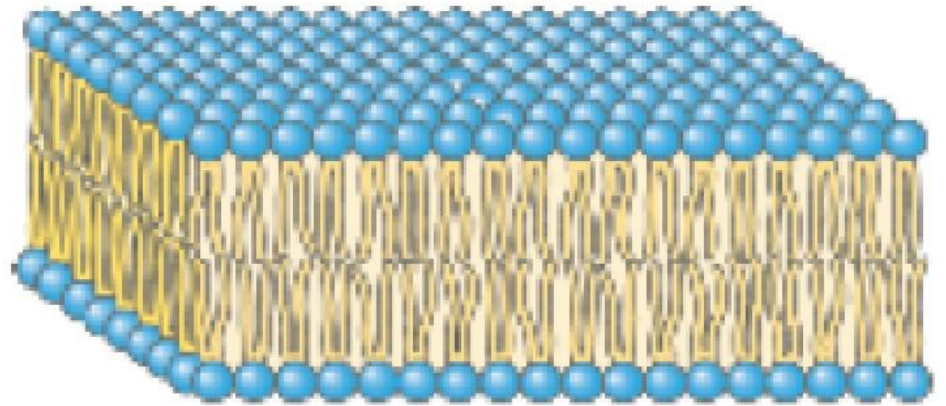
Липиды мембран

Липиды БМ представляют собой амфифильные молекулы с полярной гидрофильной частью, тяготеющей к поверхности БМ и неполярной липофильной частью, стремящимся вглубь бислоя БМ.

Сборка липидного бислоя

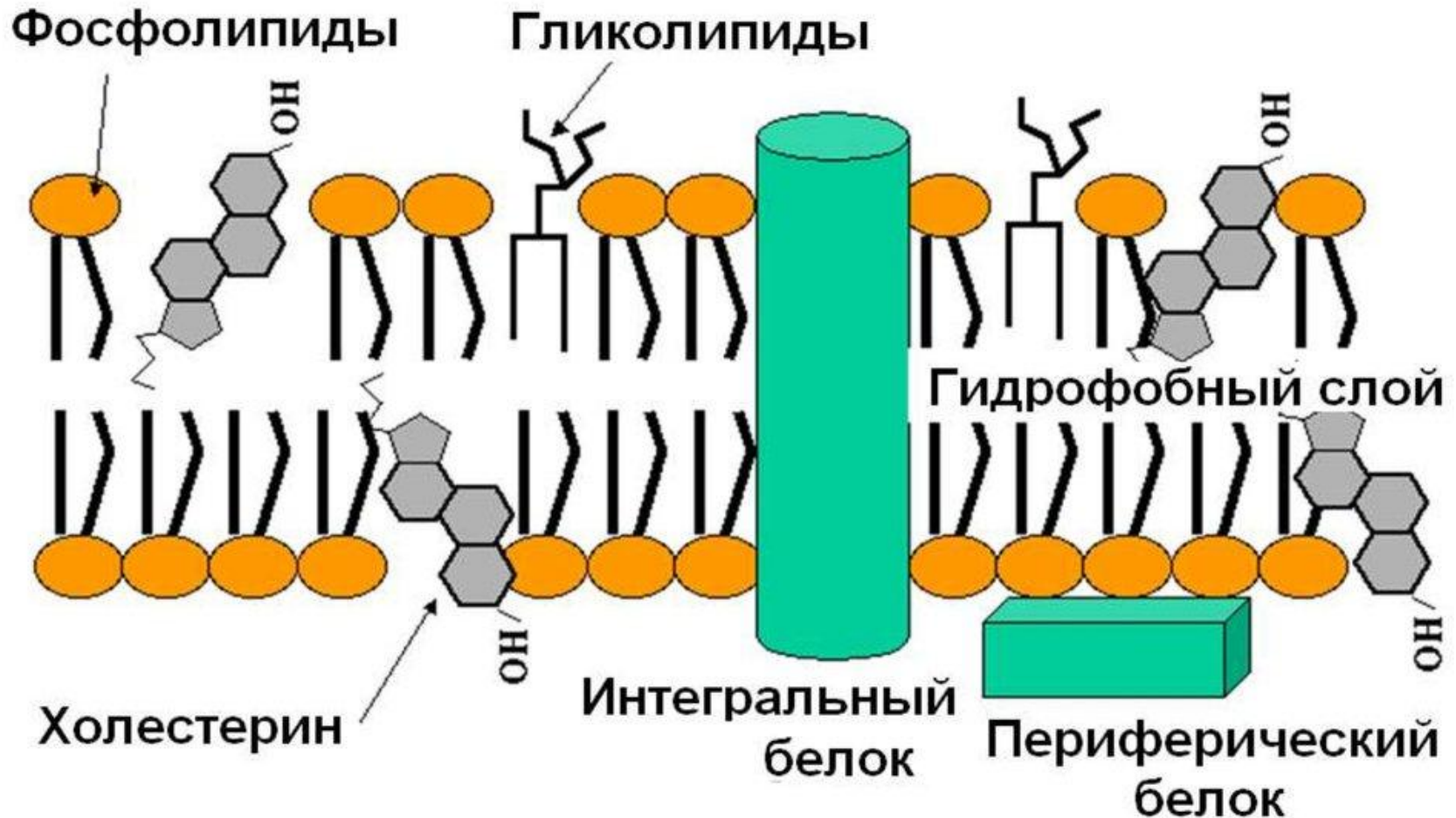


Единичная молекула
липида мембраны

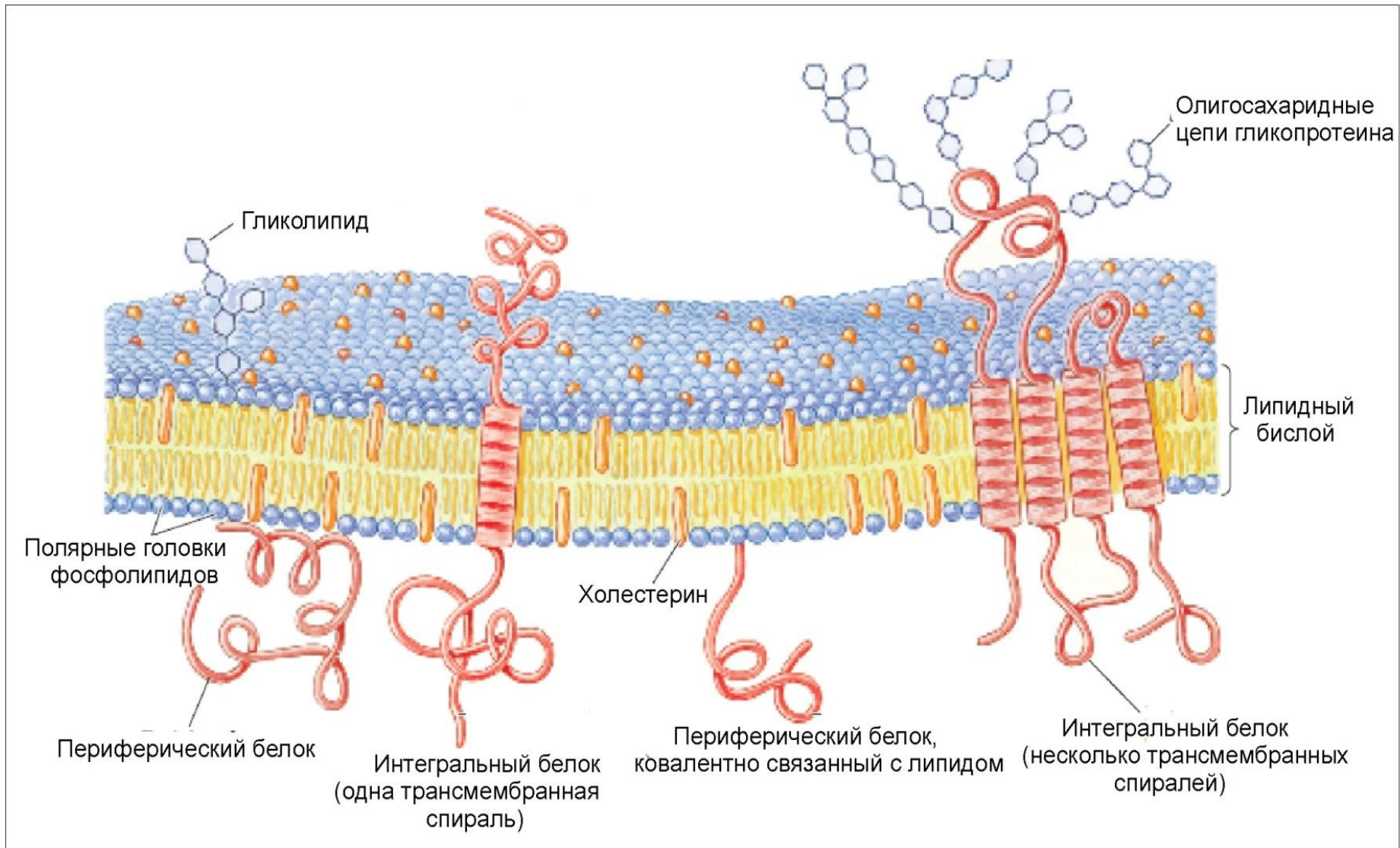


Липидный бислой

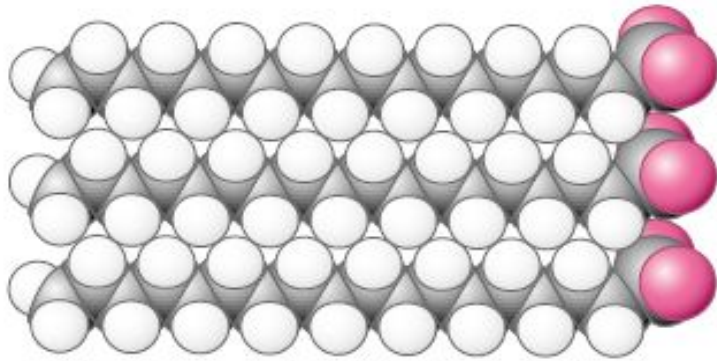
Строение биологической мембраны



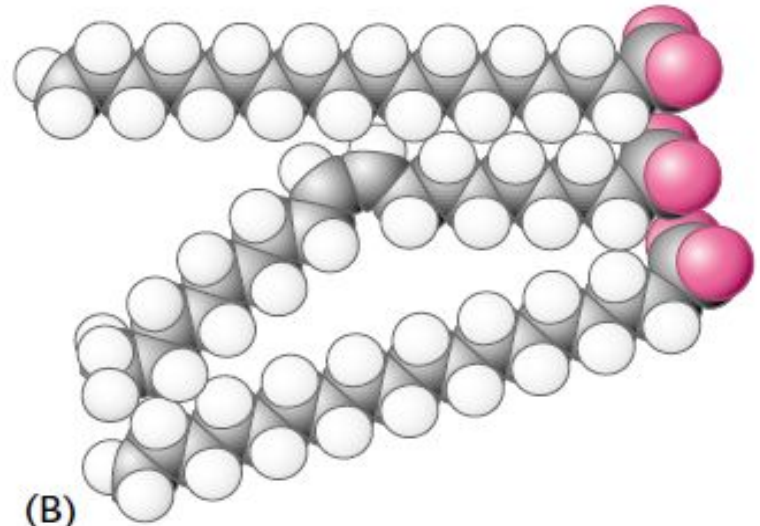
Строение биологических мембран



Упаковка жирных кислот в мембране



(A)



(B)

Сильно упорядоченная упаковка углеводородных цепей жирных кислот нарушается из-за присутствия *цис*-двойных связей. Объемная молекулярная модель показывает упаковку (A) трех молекул стеариновой кислоты и (B) молекулы олеиновой кислоты между двумя молекулами стеарата.

Асимметрия фосфолипидов

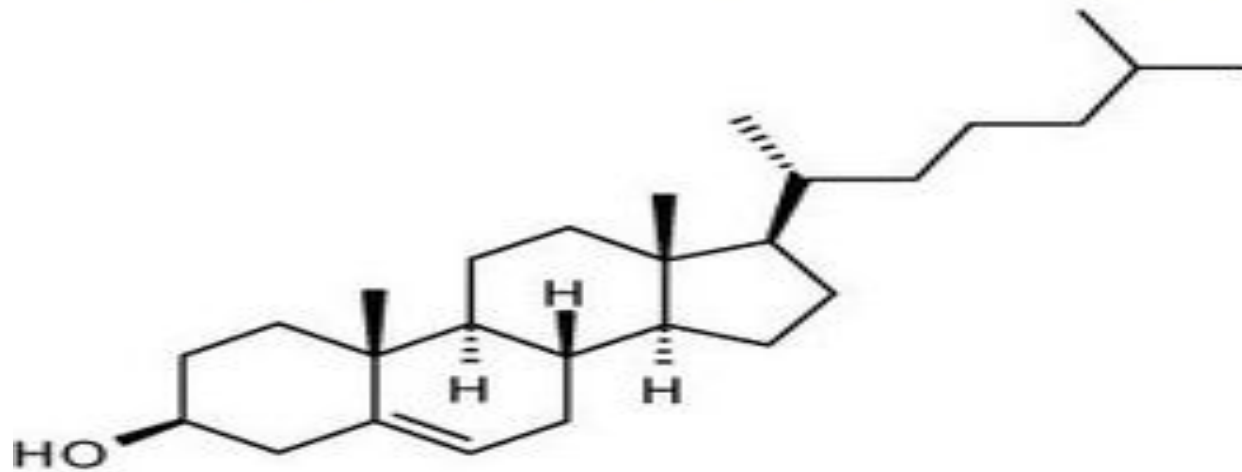
В мембранах содержатся липиды трех классов: фосфолипиды, холестерол и гликолипиды.

Наиболее важная группа - фосфолипиды: включает фосфатидилхолин (лецитин) – расположен на внешней стороне мембраны, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин – расположены на цитоплазматической стороне мембраны,

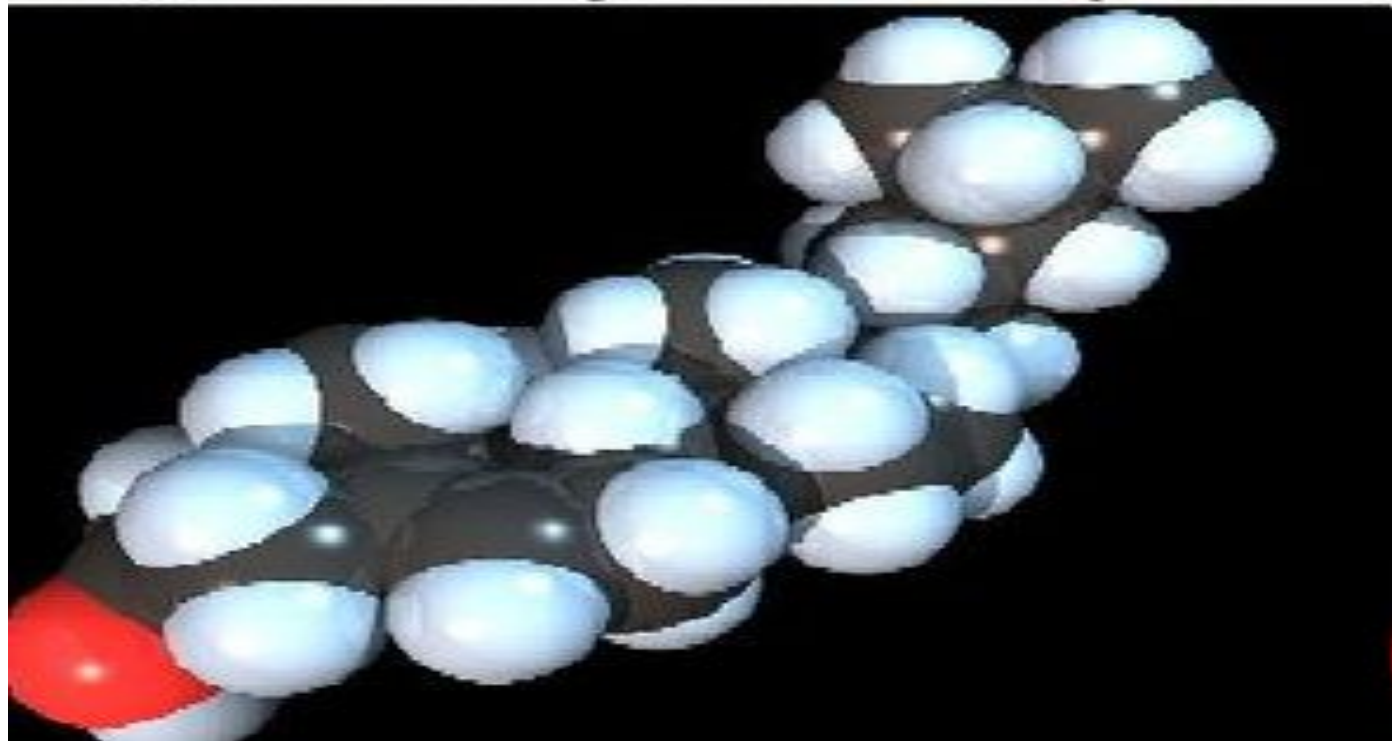
Фосфатидная кислота, фосфатидинозит и сфингомиелин – могут располагаться как на внутренней стороне, так и на наружной стороне.

Холестерол присутствует во внутриклеточных мембранах животных клеток (за исключением внутренней мембраны митохондрий) и расположен во внешнем монослое плазматической мембраны.

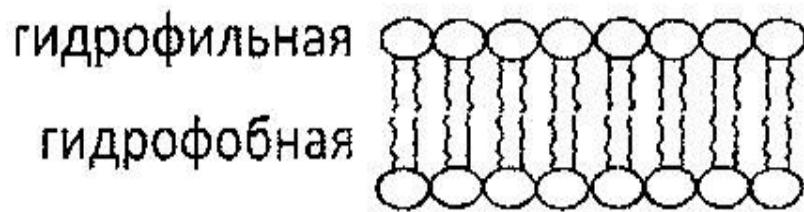
Строение молекулы холестерина



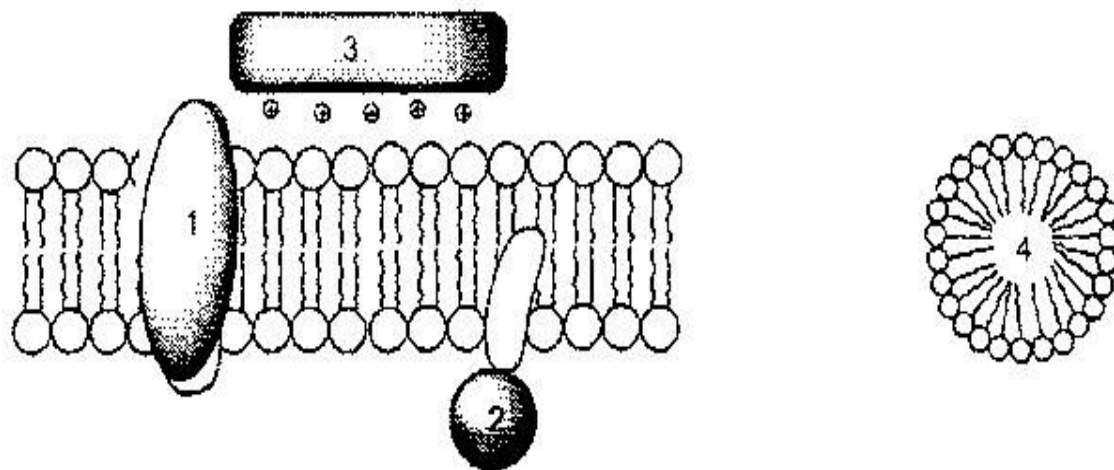
Модель молекулы холестерина



- Липиды мембран могут быть аллостерическими регуляторами мембранных ферментов.
- Часть липидов образуют вокруг белковых гидрофобных доменов липидное кольцо, которое участвует в регуляции активности белка. Такие кольца обнаружены у важных ферментов Na^+ , K^+ -АТФаза, Ca^{2+} -АТФаза
- Липиды могут образовывать бислоиные комплексы. В них ассиметрично распределяются мембранные белки, что способствует проявлению их специфической активности



фосфолипидный (амфипатический) бислой с обеих сторон покрыт белками

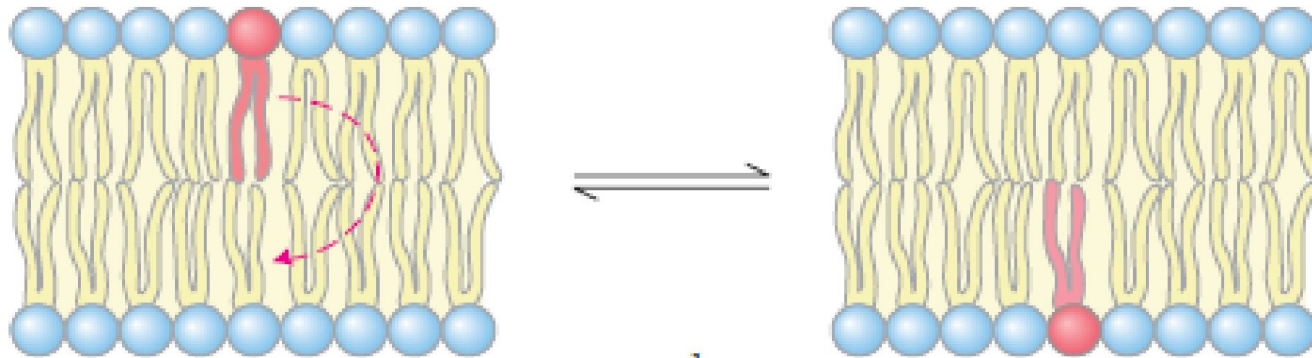


Примечание: 1 — интегральный мембранный белок,
2 — «заякоренный» в мембране белок,
3 — ассоциированный с мембраной белок,
4 — разрез сферической фосфолипидной мицеллы в воде.

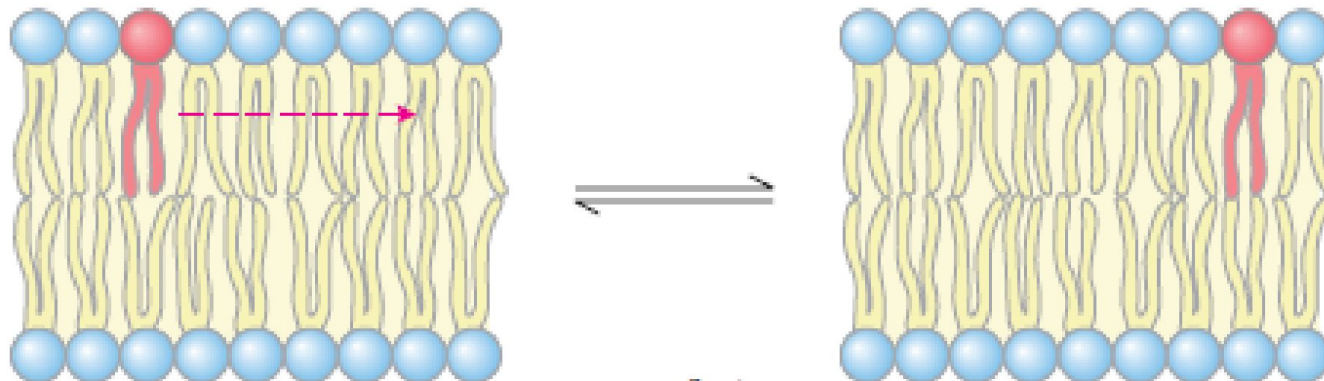
Липиды БМ находятся в постоянном движении. Выделяют несколько типов:

- Латеральная диффузия – перемещение липидов вдоль БМ в любые стороны
- Повороты вокруг оси (вращательная подвижность)
- Колебания цепей остатков жирных кислот
- Переход липидов из одного слоя в другой (в основном это касается холестерина)

Типы перемещения липидных молекул в бислое мембраны



«флип-флоп» перескоки



латеральная диффузия

Текучность мембраны

Текучность мембран зависит от липидного состава и температуры окружающей среды. С увеличением содержания ненасыщенных жирных кислот текучность возрастает, так как наличие двойных связей способствует нарушению полукристаллической мембранной структуры. Подвижными являются и мембранные белки. Если белки не закреплены в мембране, они «плавают» в липидном бислое как в жидкости. Поэтому биомембрана похожа на жидкостно-мозаичную структуру.

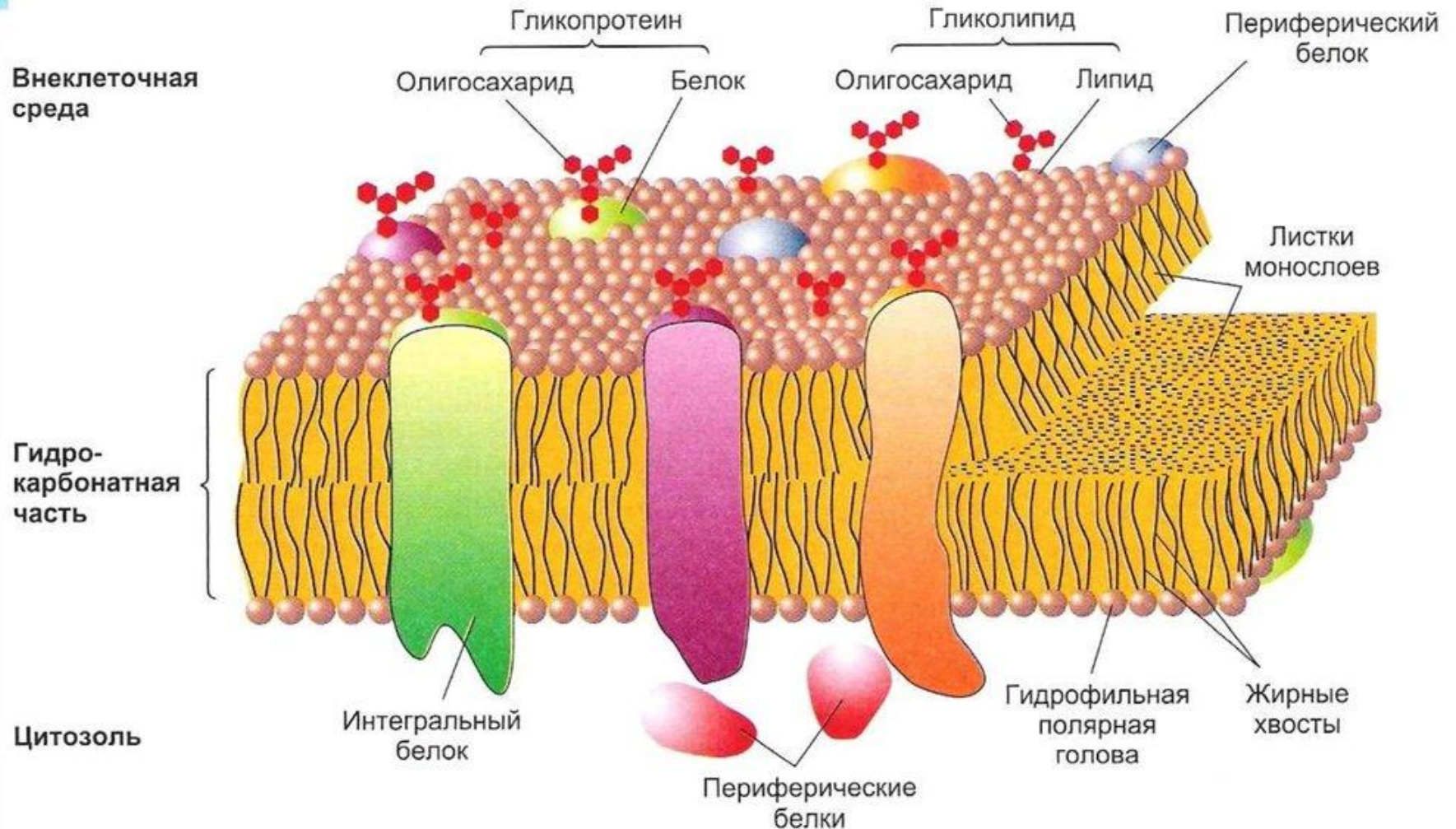
Мембранные белки

- **Периферические:** локализованы на поверхности бислоя и удерживаются за счет водородных связей и ионных взаимодействий. Некоторые белки м.б. «заякорены» в мембране, т.е. удерживаются на мембране с помощью липидного «якоря» и связаны с другими компонентами мембраны путем образования ковалентных связей;

Они могут ассоциироваться с интегральными мембранными белками.

- **Интегральные (трансмембранные):** Глубоко внедрены в мембранную структуру. Это амфифильные глобулярные структуры, центральная погружённая часть которых – гидрофобна, а концевые участки – гидрофильны.

Строение биологической мембраны

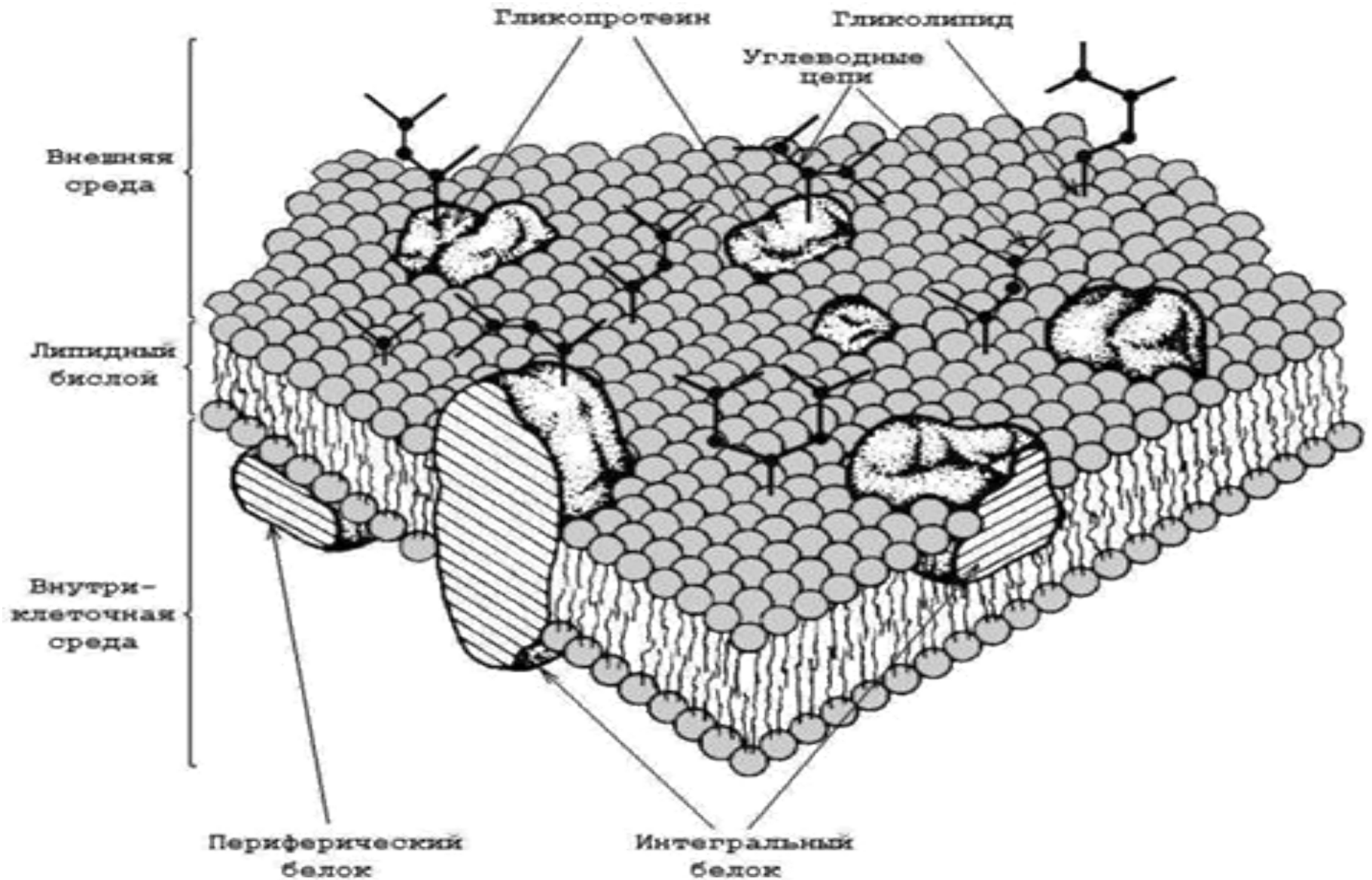


Гликолипиды мембран

Гликолипиды входят в состав многих мембран (например, во внешний слой плазматических мембран). В состав гликолипидов входят углеводные функциональные группы, которые ориентируются в водную фазу.

Гликолипиды являются производными церамида, содержащими один или несколько остатков моносахаридов. Например, цереброзиды содержат в первом положении остаток глюкозы или галактозы. Эти гликопротеины и гликолипиды вместе с дополнительными несвязанными гликопротеинами и полисахаридами образуют клеточную оболочку (гликокаликс).

Строение мембраны



Способы трансмембранного переноса веществ

- Одна из главных функций мембран – участие в переносе веществ.
- Этот процесс обеспечивается при помощи трёх основных механизмов:
 - простой диффузией,
 - облегчённой диффузией и
 - активным транспортом.

Транспорт

пассивный

1. *Осмоз.*
2. *Фильтрация.*
3. *Простая диффузия:*
 - через липидный слой;
 - через поры в липидном слое;
 - через белковую пору.
4. *Облегченная диффузия:*
 - с подвижным переносчиком;
 - с фиксированным переносчиком

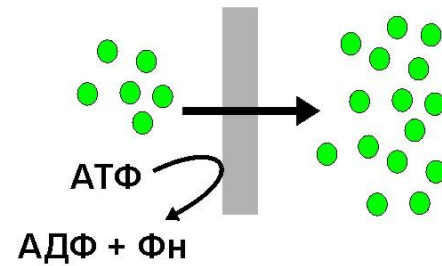
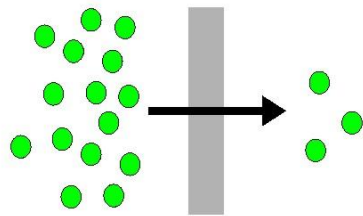
активный

1. *Первично-активный:*
 - ионные насосы (АТФазы).
2. *Вторично-активный:*
 - котранспорт (симпорт);
 - встречный транспорт (антипорт);
 - унипорт

Транспорт веществ через мембрану

пассивный

активный



простая
диффузия

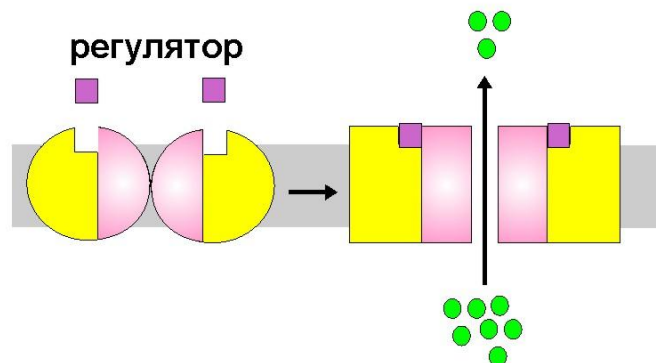
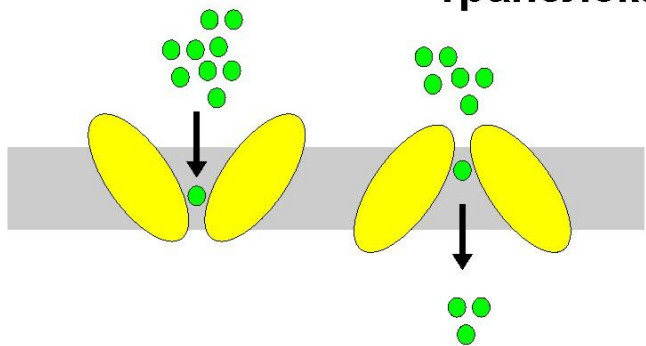
облегченная
диффузия

первичный

вторичный

транслоказы

ионные каналы



Пассивный транспорт

**Не требует затраты
энергии**

**По градиенту
концентрации**

- **Простая диффузия** –
- Перенос веществ через мембрану без участия специальных механизмов. Транспорт происходит по градиенту концентрации без затраты энергии.
- Путём простой диффузии транспортируются малые биомолекулы – H_2O , CO_2 , O_2 , мочевины, гидрофобные низкомолекулярные вещества.
- Скорость простой диффузии пропорциональна градиенту концентрации.

Быстро диффундируют:

Глюкоза

Аминокислоты

Ионы

**Жирорастворимые
молекулы**

- **Облегчённая диффузия** –
- Перенос веществ через мембрану при помощи белковых каналов или специальных белков-переносчиков. Осуществляется по градиенту концентрации без затраты энергии. Транспортируются моносахариды, аминокислоты, нуклеотиды, глицерол, некоторые ионы.
- Характерна кинетика насыщения – при определённой (насыщающей) концентрации переносимого вещества в переносе принимают участие все молекулы переносчика и скорость транспорта достигает предельной величины.

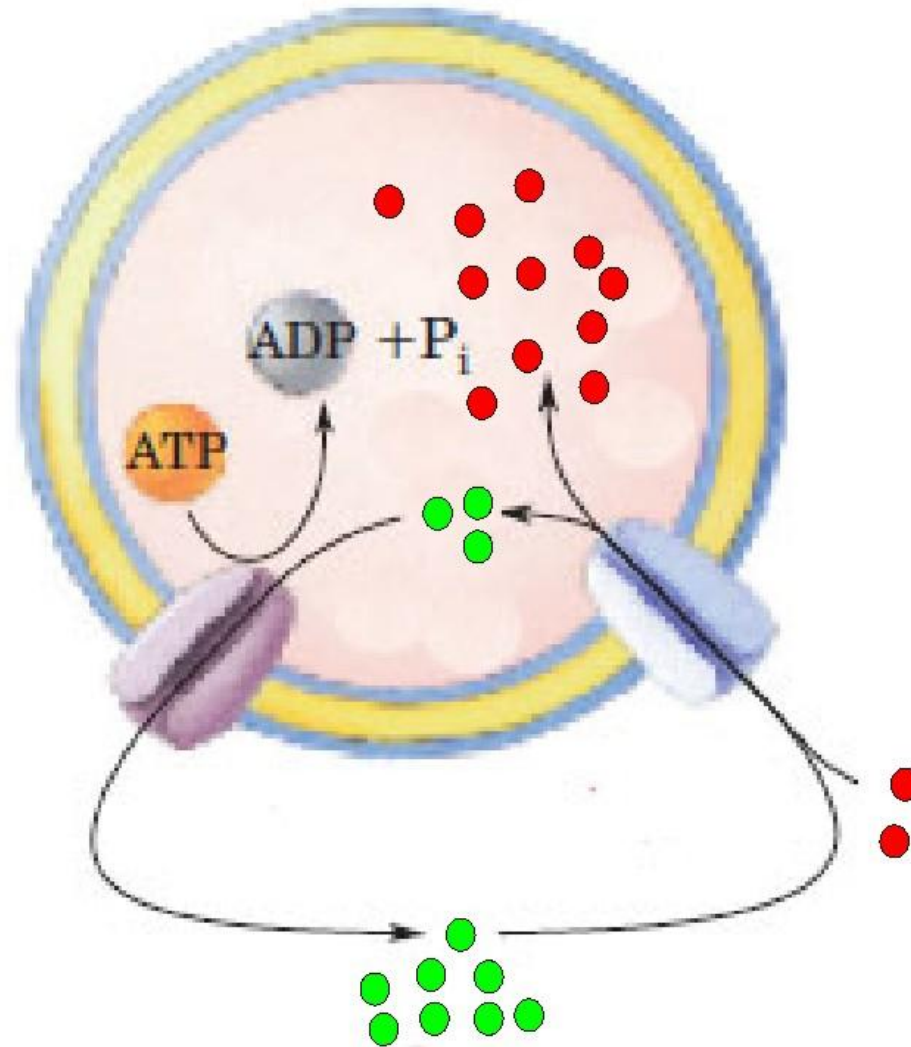
- **Активный транспорт** – против градиента концентрации идет за счет внешнего источника энергии – гидролиз АТФ.

Различают первичный и вторичный активный транспорт.

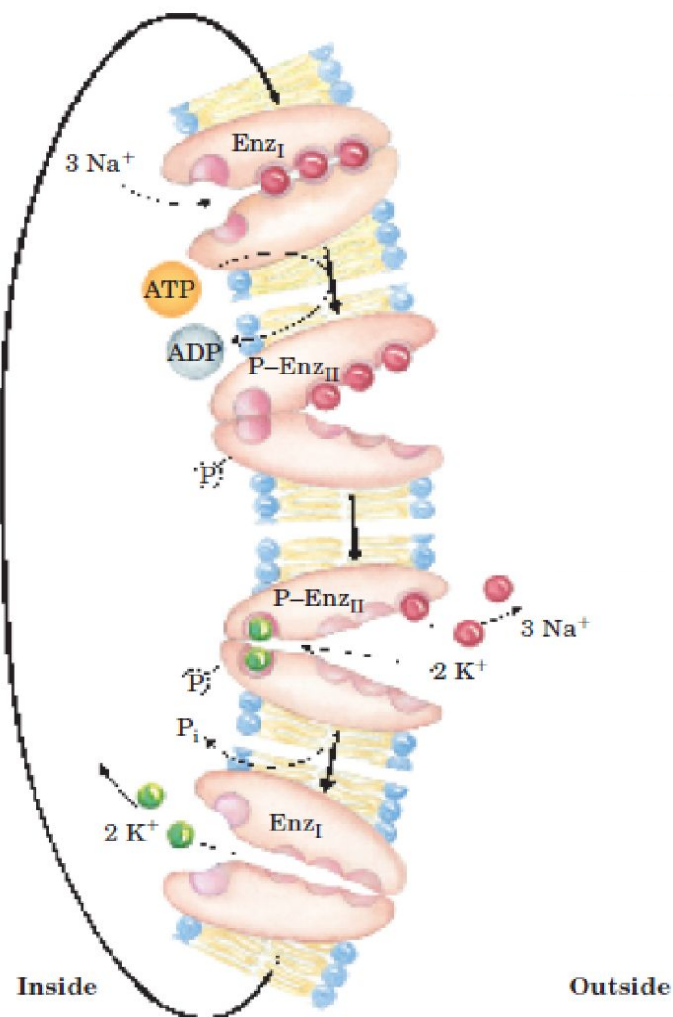
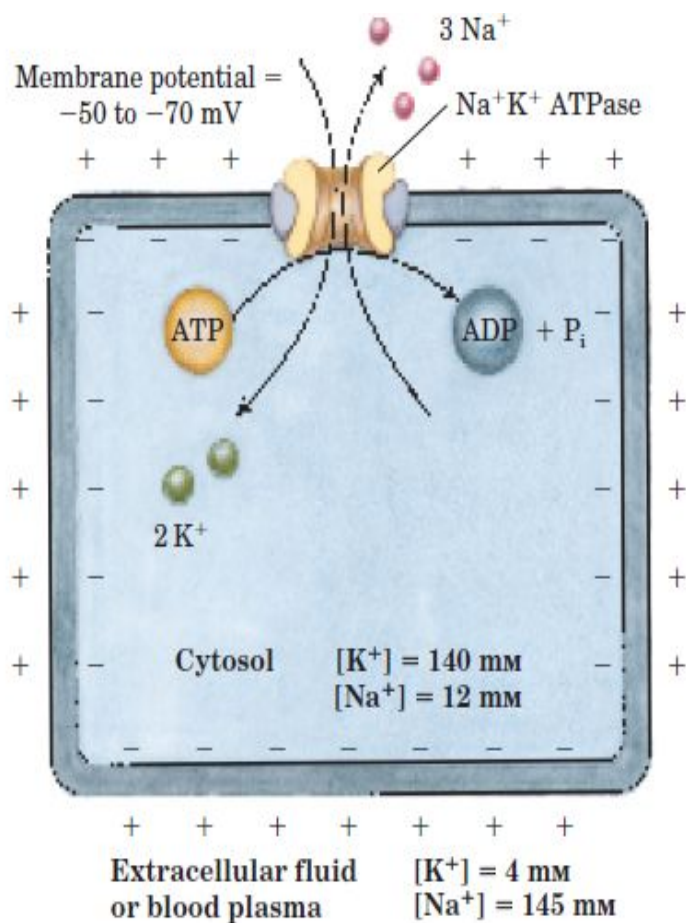
- В первом случае перенос вещества идет одновременно с расщеплением АТФ – это Ca^{2+} -АТФ-аза, которая непосредственно использует гидролиз АТФ как источник энергии для трансмембранного переноса Ca^{2+} . Ca^{2+} -АТФ-аза – белок унипортер.

- Во втором случае перенос молекулы против градиента концентрации с помощью градиента ионов Na^+ , который обеспечивается за счет гидролиза АТФ. Энергия АТФ заранее используется для создания электрохимического градиента ионов, а их обратный транспорт специализированными белками-переносчиками сопровождается прохождением других веществ:
- например, Na^+ , K^+ -АТФаза плазматических мембран. При помощи этого механизма через клеточную мембрану проходит перенос ионов Na^+ из клетки наружу, а K^+ - в противоположном направлении. Создаваемый ею градиент Na^+ используется для всасывания в клетку глюкозы, аминокислот.

Схема вторичного активного транспорта



Первичный активный транспорт на примере работы Na^+, K^+ -АТФазы



За один цикл калий-натриевый насос перекачивает:

Два иона Na^+ из клетки наружу и три иона K^+ внутрь клетки

Два иона Na^+ внутрь клетки и три иона K^+ из клетки наружу

Три иона Na^+ из клетки наружу и два иона K^+ внутрь клетки

Три иона Na^+ внутрь клетки и два иона K^+ из клетки наружу

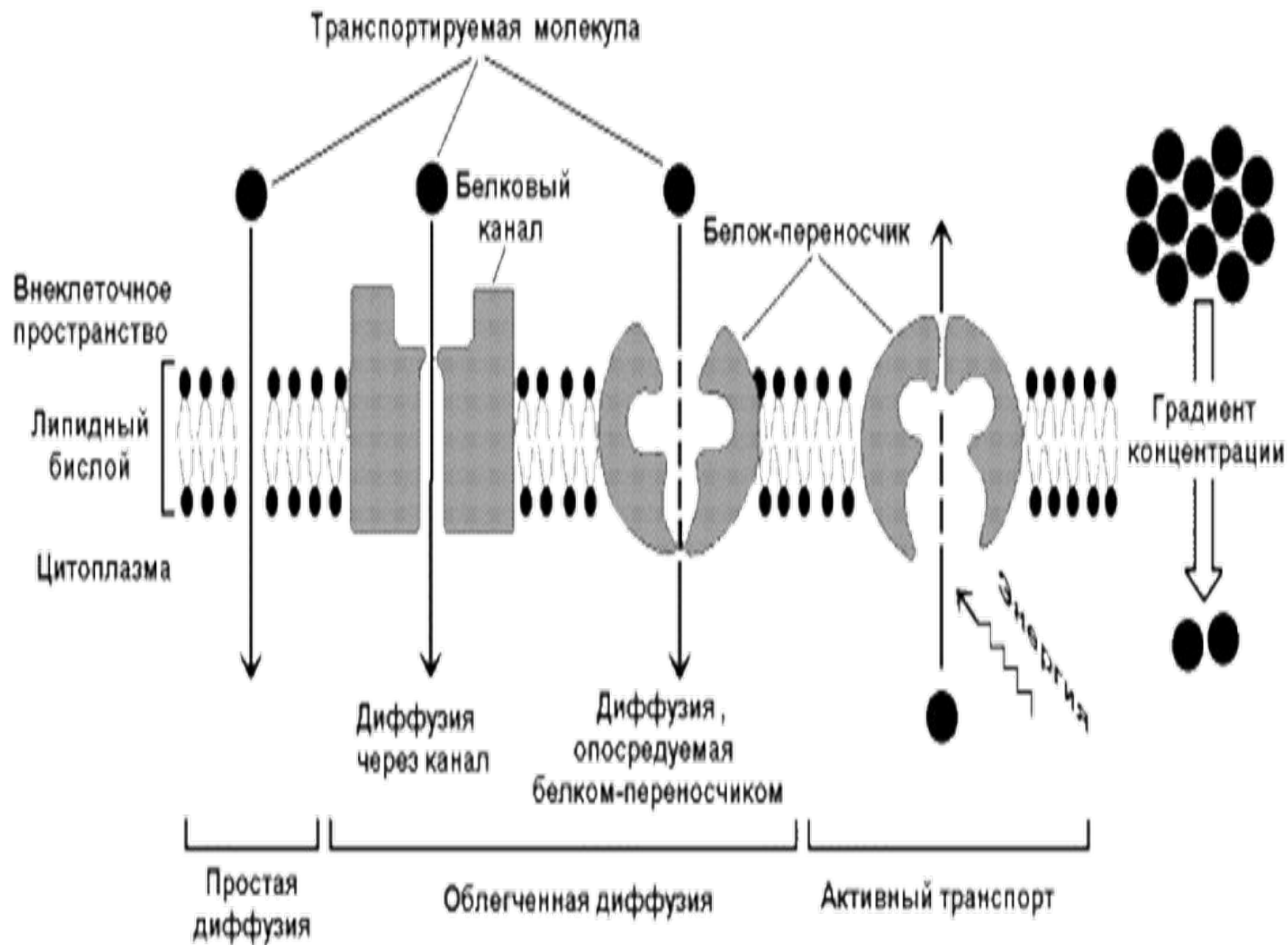
**Калий- натриевая- АТФ- аза
содержится в:**

Митохондриях

Плазмалемме

Ядре

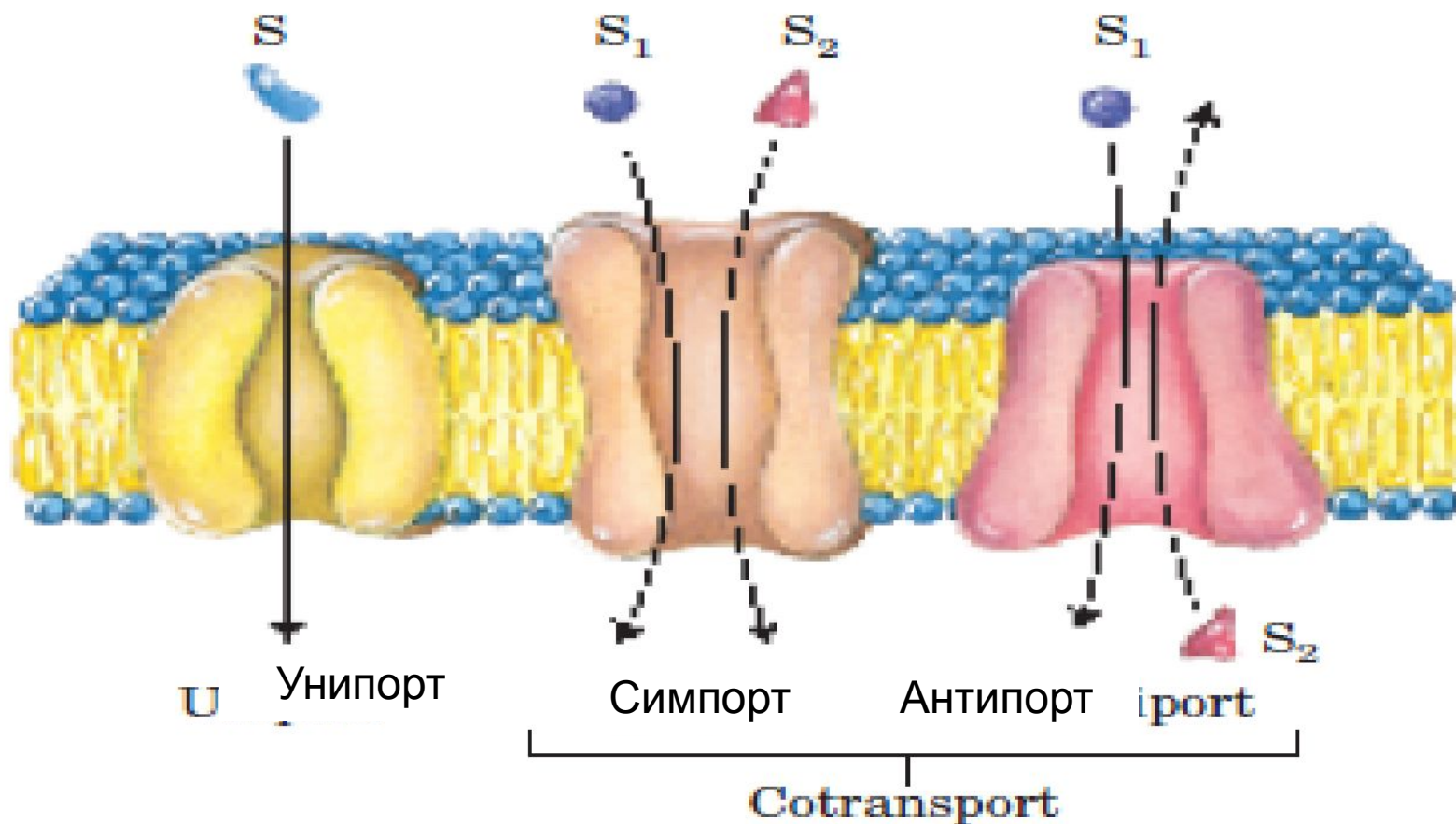
Лизосоме



Виды транспорта

- **Унипорт:** перенос любых веществ (в т.ч. ионов) с одной стороны мембраны на другую с помощью белков переносчиков (например, перенос глюкозы)
- **Симпорт** – совместный трансмембранный перенос двух веществ и более в одном направлении. (например, совместный перенос глюкозы и ионов натрия в клетки кишечника).
- **Антипорт** – совместный трансмембранный перенос двух веществ и более в противоположном направлении

Различные типы транспортных систем



Котранспорт

МЕМБРАННЫЙ ТРАНСПОРТ

Пассивный транспорт

Активный транспорт

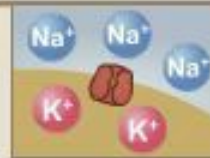
Диффузия



Ионный транспорт



Ионный насос



Транспорт в мембранной упаковке

Эндоцитоз

Экзоцитоз

Пиноцитоз

Фагоцитоз



Везикулярный транспорт

- Наряду с транспортом органических веществ и ионов, осуществляемым переносчиками, в клетке существует совершенно особый механизм, предназначенный для поглощения клеткой и выведения из неё высокомолекулярных соединений при помощи изменения формы биомембраны. Такой механизм называют **везикулярным** транспортом.
- При переносе макромолекул происходит последовательное образование и слияние окружённых мембраной пузырьков (везикул).
- По направлению транспорта и характеру переносимых веществ различают следующие типы везикулярного транспорта:

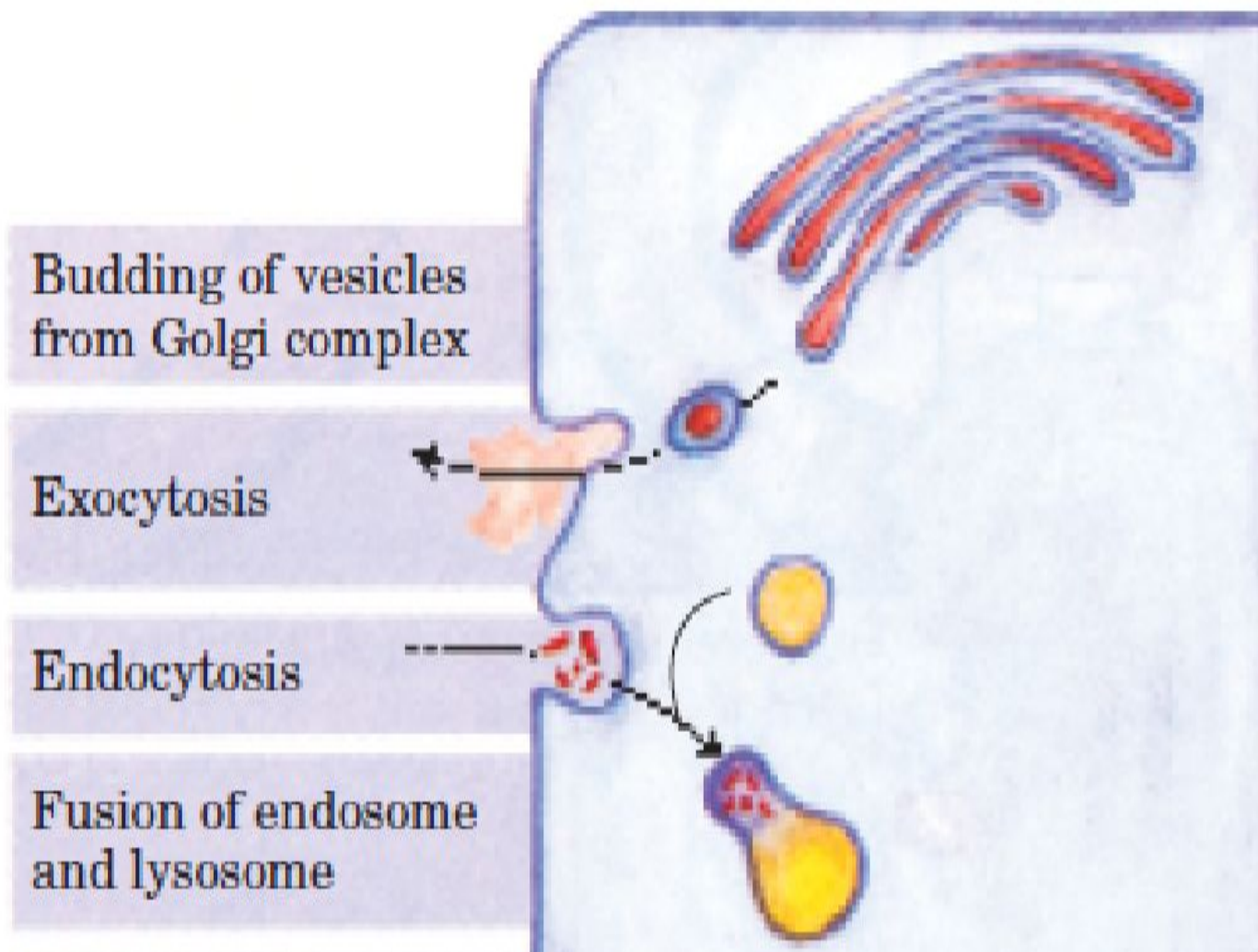
- а) **Пиноцитоз** — поглощение жидкости и растворённых макромолекул (белков, полисахаридов, нуклеиновых кислот) с помощью небольших пузырьков (150 нм в диаметре);
- Пиноцитоз характерен для большинства эукариотических клеток, в то время как крупные частицы поглощаются специализированными клетками - лейкоцитами и макрофагами.
- б) **фагоцитоз** — поглощение крупных частиц, таких, как микроорганизмы или фрагменты клеток. В этом случае образуются крупные пузырьки, называемые фагосомами диаметром более 250 нм.

- **Эндоцитоз** — захват клеткой и перенос в нее частиц или крупных молекул, которые не могут пройти через мембрану.
- На первой стадии эндоцитоза вещества или частицы адсорбируются на поверхности мембраны, этот процесс происходит без затраты энергии.
- На следующей стадии мембрана с адсорбированным веществом углубляется в цитоплазму.

Виды транспорта - экзоцитоз

- **Экзоцитоз** — высвобождение макромолекул из клеток во внешнюю среду.
- Этот процесс, как и эндоцитоз, протекает с поглощением энергии. Основными разновидностями экзоцитоза являются:
 - а) секреция - выведение из клетки водорастворимых соединений, которые используются или воздействуют на другие клетки организма.
 - б) экскреция - удаление из клетки веществ, которые не могут быть использованы (удаление агрегированных остатков органелл).

Транспорт макромолекул



**Тема следующей
лекции:**



**СИГНАЛЬНЫЕ
МОЛЕКУЛЫ**

**Трансмембранная передача
сигнала**