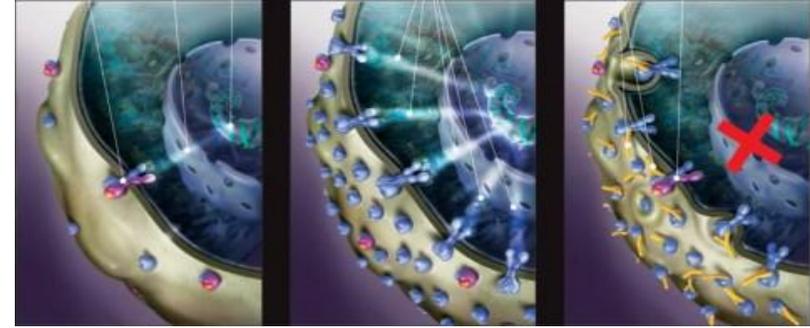
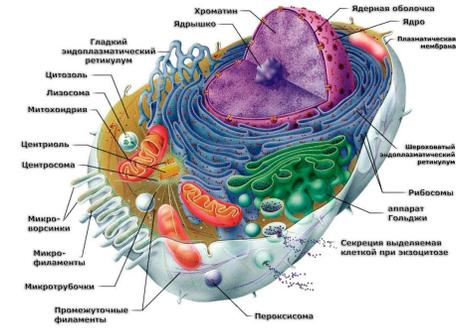


Курс:

Биология, Анатомия, Физиология человека



## Лекция №2 :

- Клетка как структурно-функциональная единица.
- Клеточная мембрана.

*проф Курашвили Юлия Борисовна*

+7 985 922 10 98

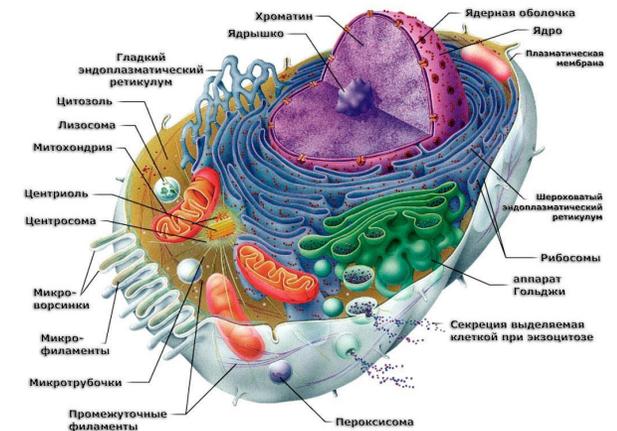
*leri@me.com*

# ФИЗИОЛОГИЯ изучает

процессы жизнедеятельности и закономерности функционирования:



- целостного организма
- физиологических систем
- органов
- тканей
  
- клеток
  
- отдельных клеточных структур



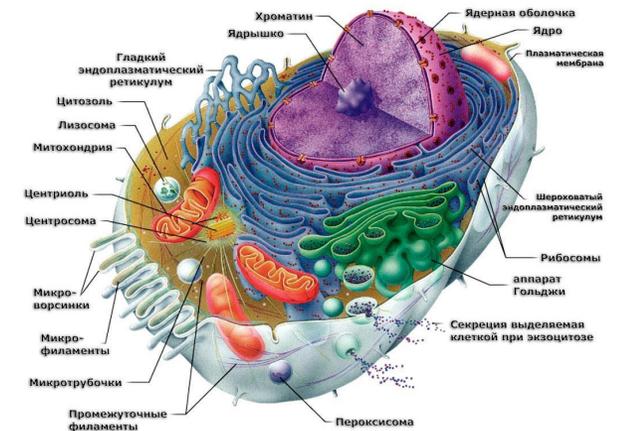
# ФИЗИОЛОГИЯ изучает

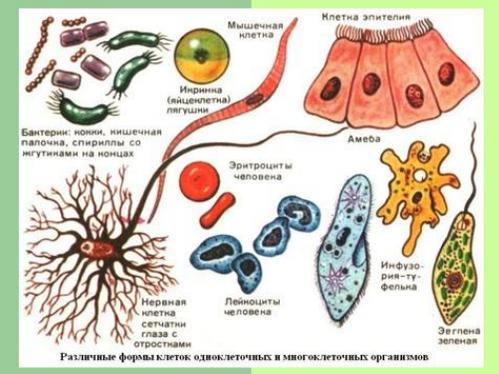
процессы жизнедеятельности и закономерности функционирования:



- целостного организма
- физиологических систем
- органов
- тканей

- клеток
- отдельных клеточных структур



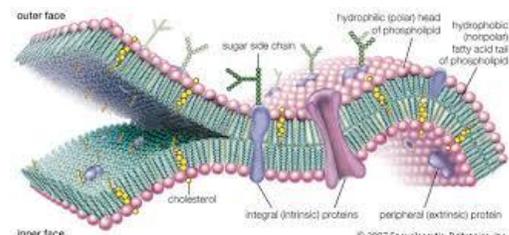
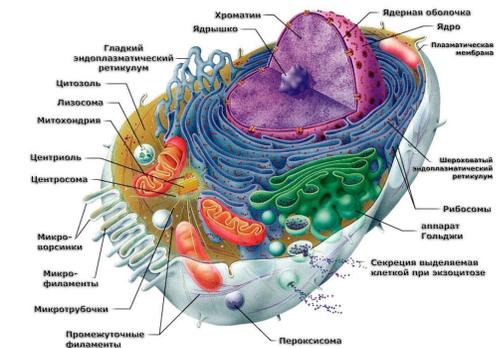


- Нормальная физиология изучает характерные общие элементы и принципы строения любой клетки, имеющей т.н. типичные компоненты.



- Одним из главных направлений изучения нормальной физиологии являются:

- варианты транспорта веществ через биологическую мембрану,
- а также мембранные органеллы и их основные функции.



## □ Основные физиологические понятия:

- Раздражимость
- Возбудимость
- Свойство некоторых тканей генерировать потенциал действия (ПД)

# **Способность АДАПТИРОВАТЬСЯ**

к постоянно изменяющимся условиям внешней среды

является

одним из **основных признаков**

**живых систем**

- В основе приспособительных (адаптационных) реакций организма лежит **РАЗДРАЖИМОСТЬ**.
  - Под термином «раздражимость» понимают **способность реагировать на действие различных факторов изменением структуры и функции**.
    - Раздражимостью обладают все ткани животных и растительных организмов.
    - В процессе эволюции происходила постепенная **дифференциация тканей**, участвующих в приспособительной деятельности организма.
  - Раздражимость этих тканей достигла наивысшего развития и трансформировалась в новое свойство – **ВОЗБУДИМОСТЬ**.
  - Под термином «возбудимость» понимают способность ряда тканей (нервной, мышечной, железистой) **отвечать на раздражение генерацией процесса возбуждения**.

▪ **ВОЗБУЖДЕНИЕ** – это сложный физиологический процесс временной деполяризации

**мембраны** клеток, который **проявляется специализированной реакцией** ткани:

- проведение нервного импульса,
- сокращение мышцы,
- отделение секрета железой
- и тд.

□ ВОЗБУДИМОСТЬ различных тканей неодинакова.

- Величину ВОЗБУДИМОСТИ оценивают по **порогу раздражения** – минимальной силе раздражителя,

которая способна вызвать возбуждение:

- минимальный по силе раздражитель, способный вызвать возбуждение, называется **пороговым**,
- менее сильные – **подпороговыми**,
- а более сильные – **сверхпороговыми раздражителями**.

**Раздражителями,**

вызывающими ВОЗБУЖДЕНИЕ, могут быть:

любые **внешние** (действующие из окружающей среды) или  
**внутренние** (возникающие в самом организме) **воздействия**

□ По ХАРАКТЕРУ ВОЗДЕЙСТВИЯ раздражители можно разделить на 3-и группы:

▪ **ФИЗИЧЕСКИЕ:**

- Механические
- Электрические
- Температурные
- Звуковые
- Световые

▪ **ХИМИЧЕСКИЕ:**

- Щелочи, кислоты, соли и тд

▪ **БИОЛОГИЧЕСКИЕ:**

- Вирусы, бактерии, насекомые, и др живые существа

- ❑ **По СТЕПЕНИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ биологических структур к восприятию раздражителя – раздражители можно разделить на:**
  - Адекватные
  - Неадекватные

- **АДЕКВАТНЫМИ** называются раздражители, к восприятию которых биологическая структура специально приспособлена в процессе эволюции.

✓ *Например:*

- ✓ адекватным раздражителем для фоторецепторов является свет,
- ✓ для барорецепторов – изменение давления,
- ✓ для мышц – нервный импульс.

- НЕАДЕКВАТНЫМИ называются такие раздражители, которые действуют на структуру, специально не приспособленную для их восприятия.

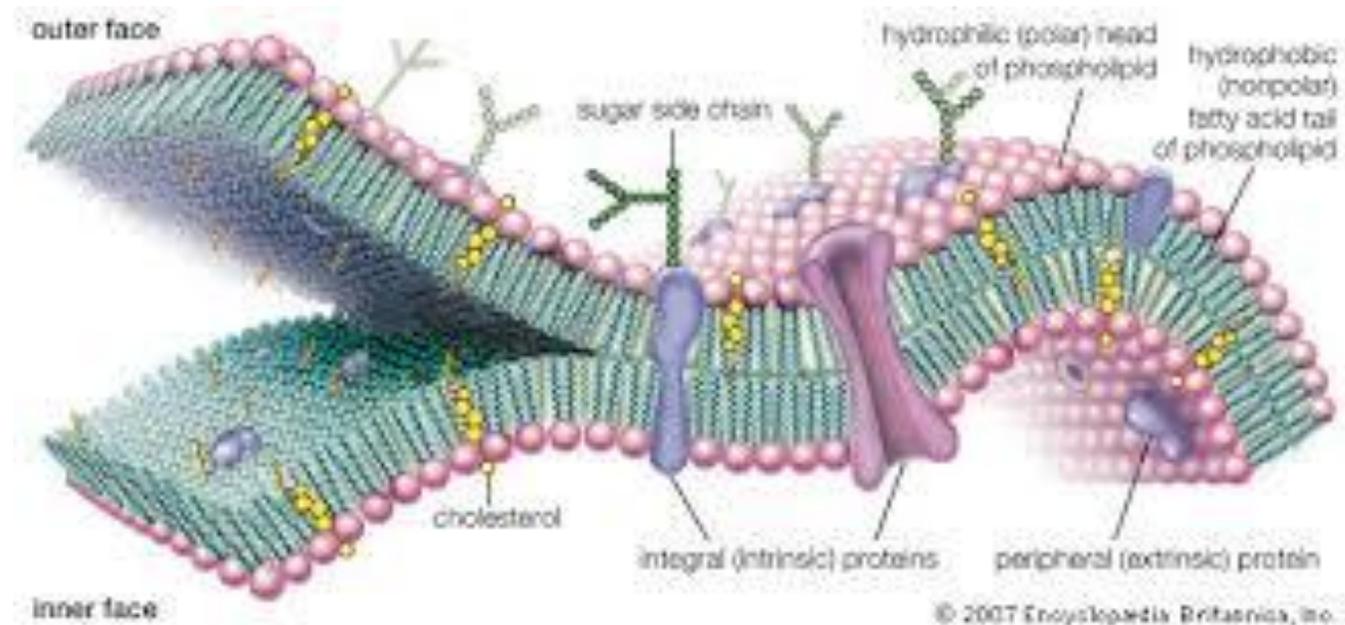
✓ *Например:*

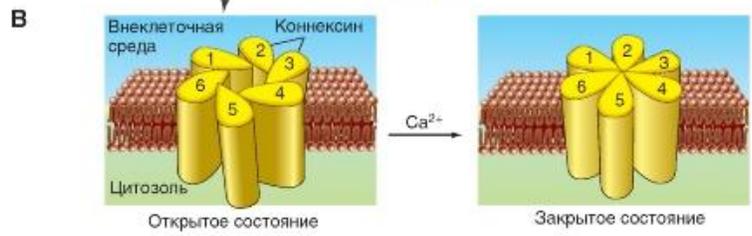
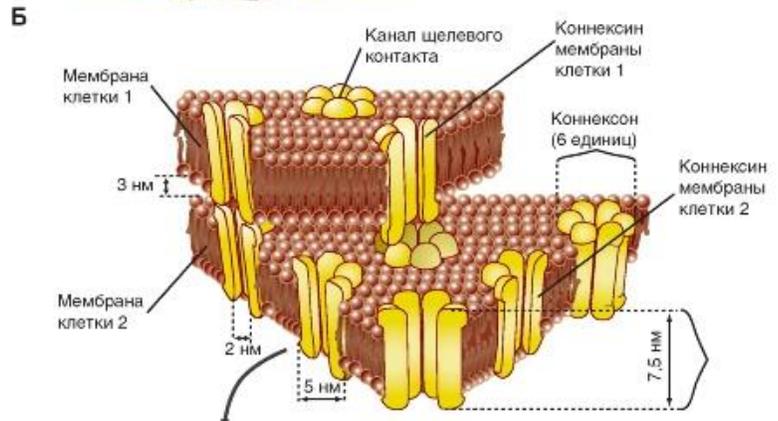
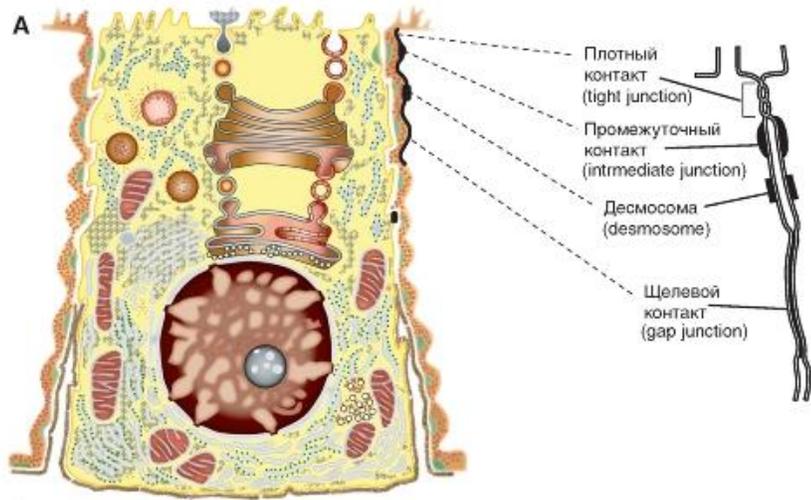
- ✓ мышца может сокращаться под влиянием механического, теплового, электрического раздражений, хотя адекватным раздражителем для неё является нервный импульс.
- Пороговая сила неадекватных раздражителей во много раз превышает пороговую силу адекватных.

Хотя в ПРОЦЕССЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ участвуют все органеллы клетки,

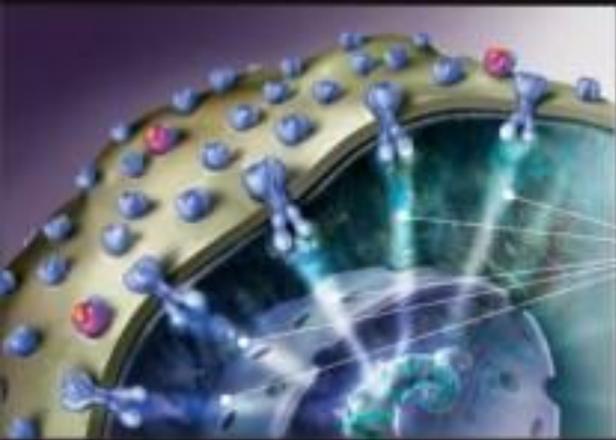
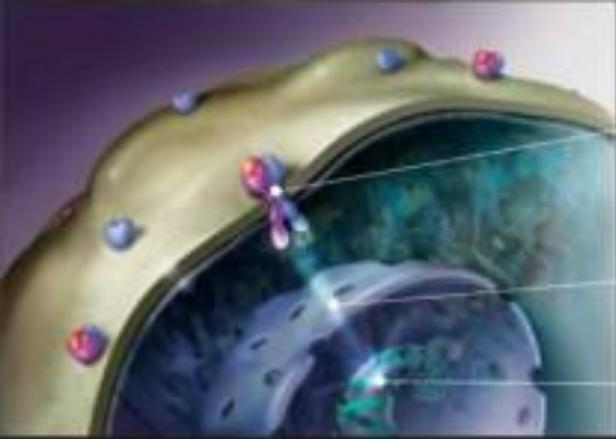
НО главным местом этого процесса является

## КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА



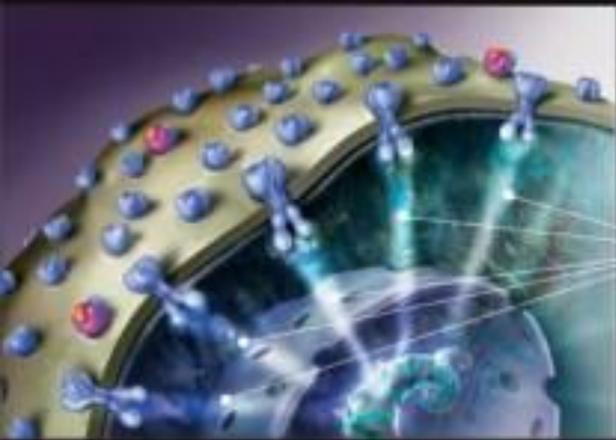
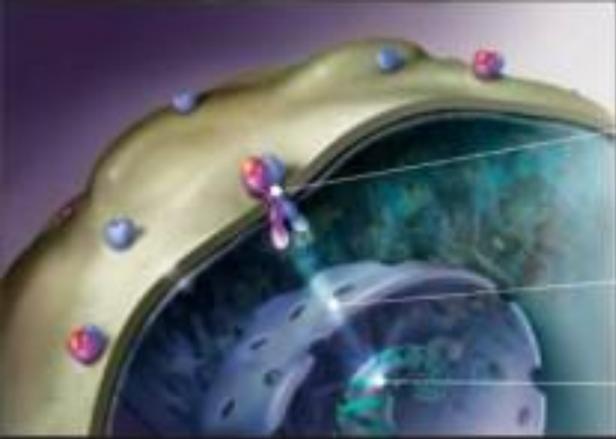


# СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ



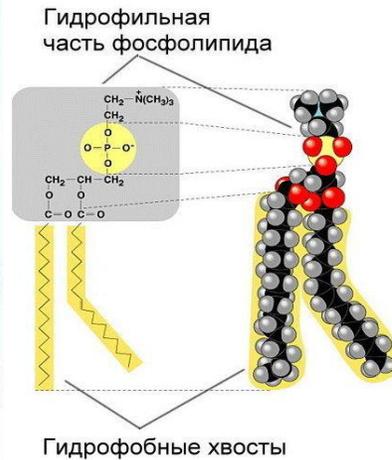
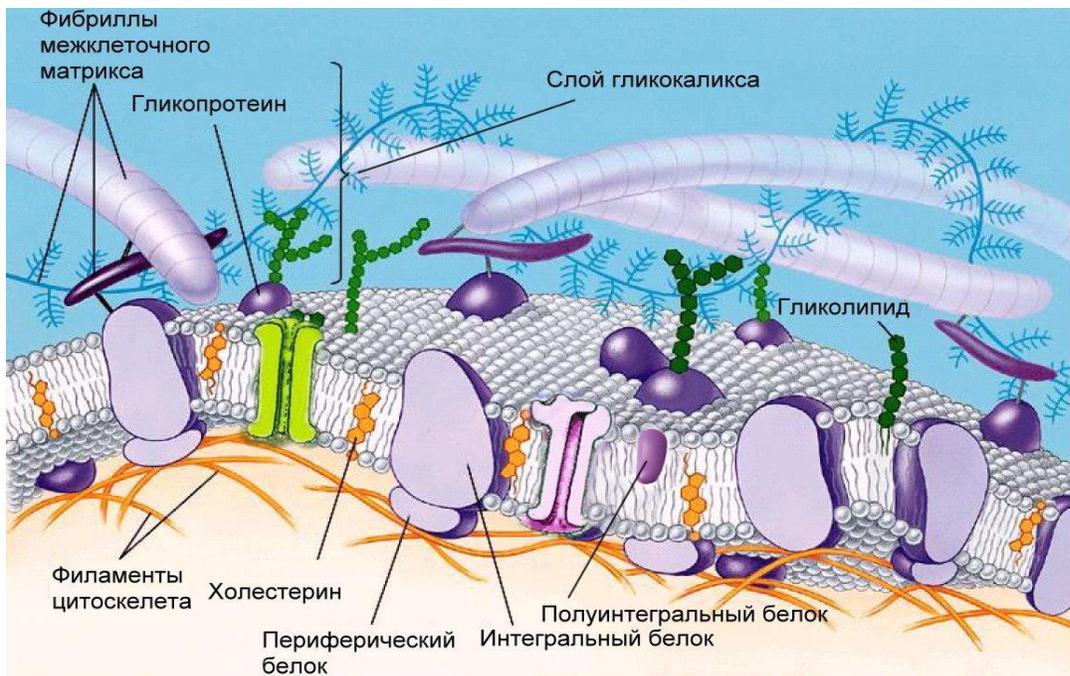
## □ ВИДЫ МЕМБРАН:

- Плазматическая
- Ядерная
- Эндоплазматическая
- Митохондриальная
- Аппарат Гольджи

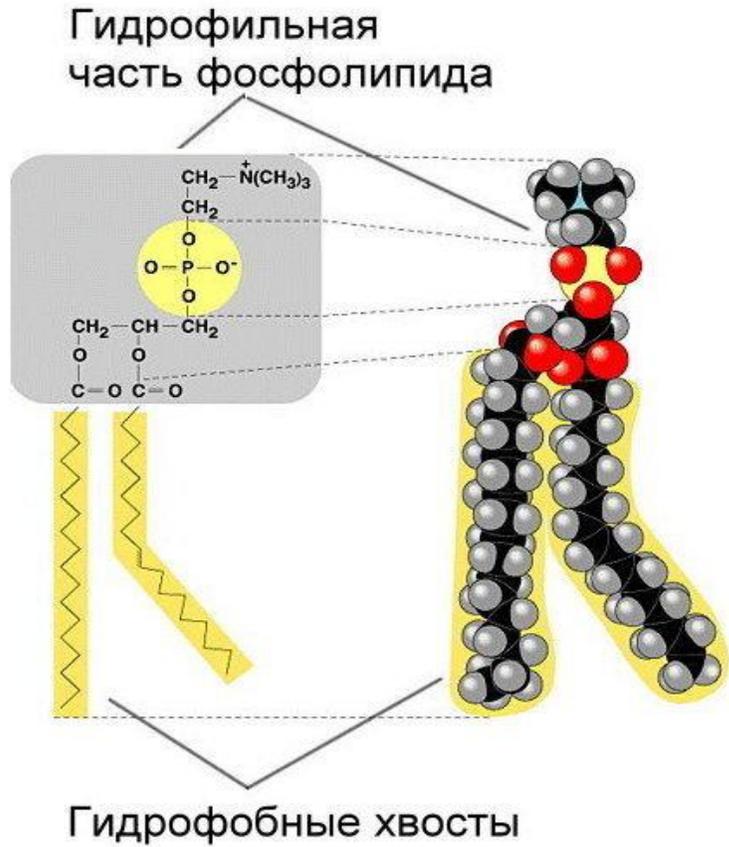


## □ ФУНКЦИИ МЕМБРАН:

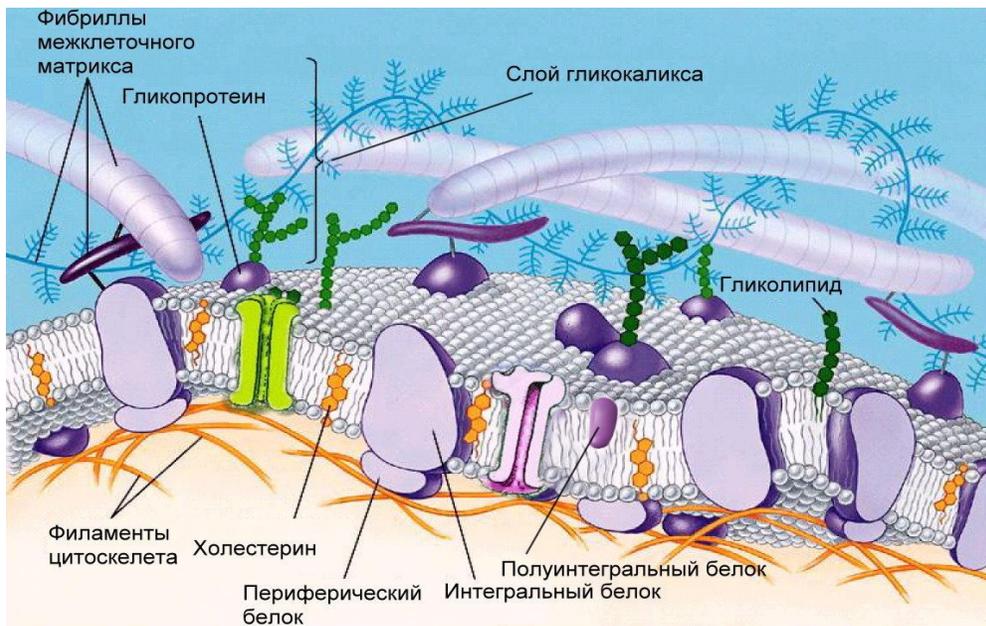
- Барьерная
- Структурная
- Рецепторная
- Транспортная
- Регуляторная
- Каталитическая



- **ОСНОВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ МЕМБРАНЫ ЯВЛЯЮТСЯ ЛИПИДЫ** (фосфолипиды, холестерин и гликолипиды), они составляют 3-70% «сухой» мембраны.
- Мембраны построены из полярных липидов, кт имеют полярную «головку» и углеводородные «хвосты».
- **Полярная головка** имеет электрический заряд, гидрофильна, состоит в основном из фосфатидилхолина (лецитина) и фосфатидилэтаноламина (цефалина).
- **Углеводные хвосты** не заряжены, гидрофобны, состоят из насыщенных и ненасыщенных жирных кислот

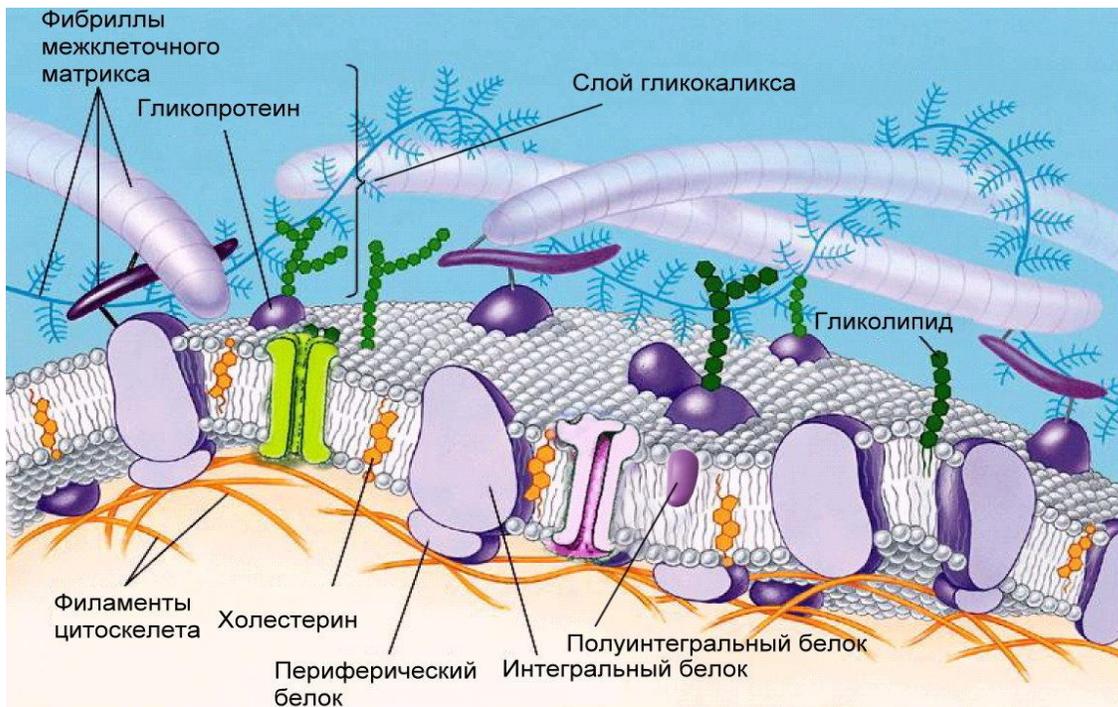


- Таким образом, липиды мембран имеют две различные части:
  - неполярный гидрофобный «хвост»
  - полярную гидрофильную «голову»
- Такую двойственную природу соединений называют **амфифильной**



## □ ЛИПИДЫ МЕМБРАН ОБРАЗУЮТ ДВУСЛОЙНУЮ СТРУКТУРУ:

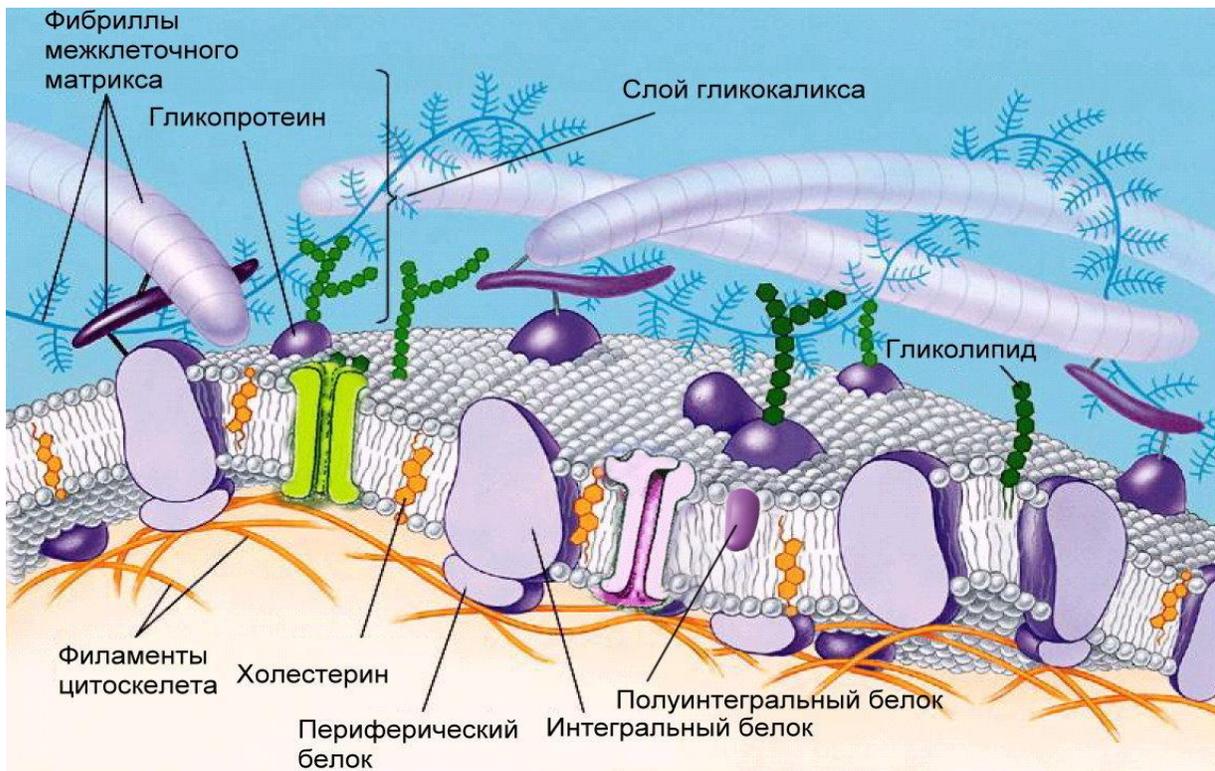
- Каждый слой состоит из сложных липидов, расположенных таким образом, что **неполярные гидрофобные «хвосты»** молекул находятся в тесном контакте др с др.
- Также контактируют **гидрофильные** части молекул.
- **Два монослоя** ориентируются «хвост к хвосту» так, что образующаяся **структура двойного слоя (бислоя) имеет внутреннюю неполярную часть и две полярные поверхности.**



□ **БЕЛКИ МЕМБРАНЫ** могут включаться в липидный слой двумя способами:

1. **связываясь с гидрофильной поверхностью липидного бислоя (поверхностные мембранные белки)**

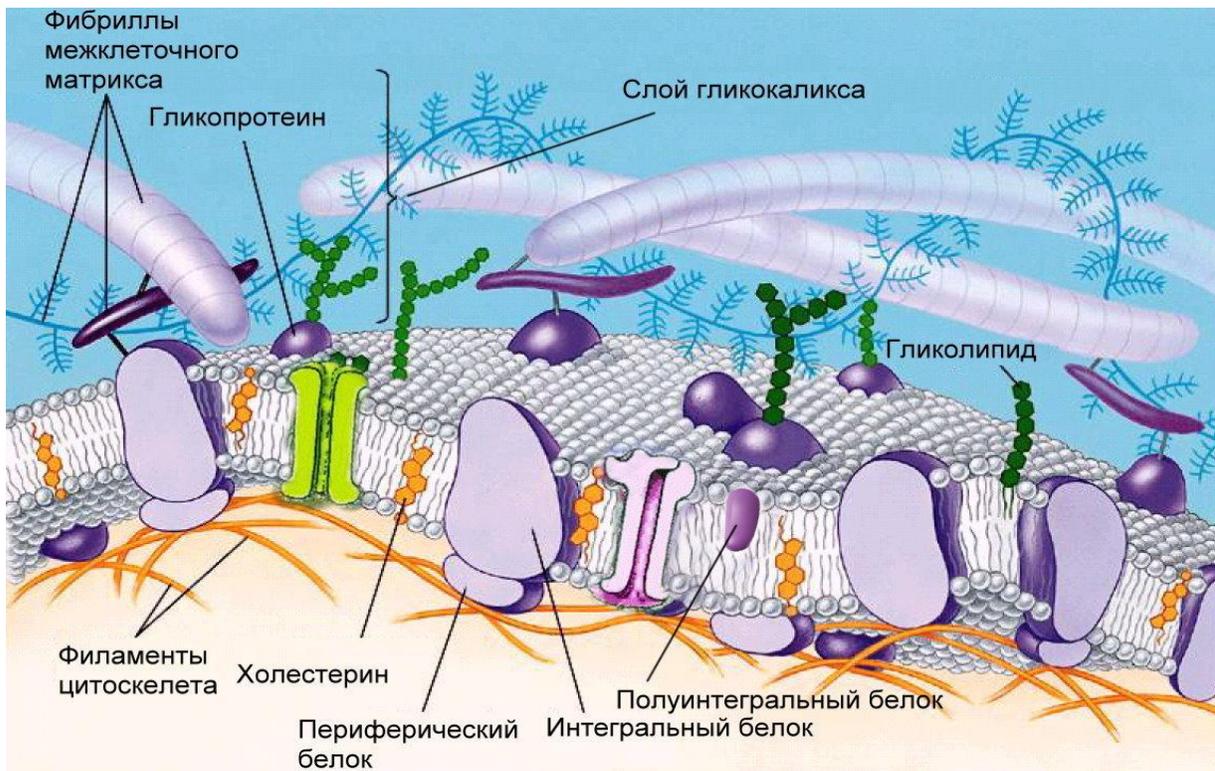
2. **погружаясь в гидрофобную область бислоя (интегральные мембранные белки)**



□ **ПОВЕРХНОСТНЫЕ БЕЛКИ** связаны гидрофильными радикалами аминокислот нековалентными связями с гидрофильными группами липидного слоя.

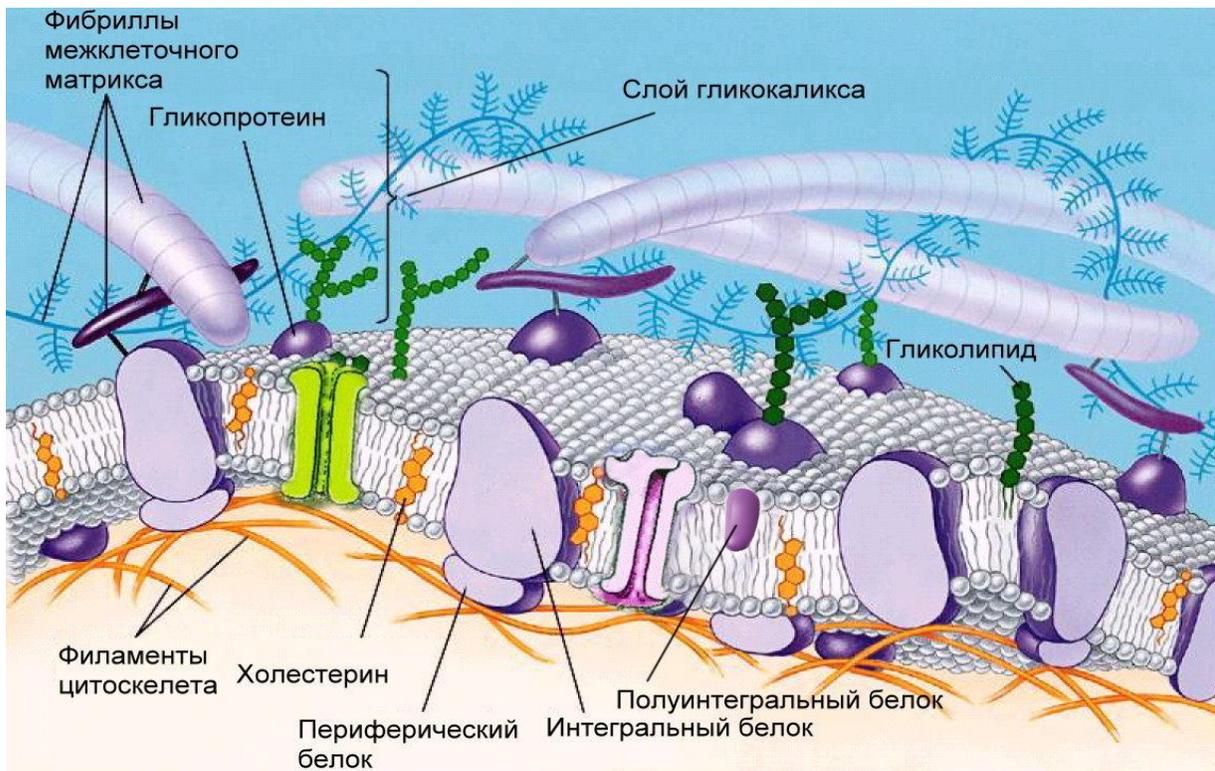
□ **ИНТЕГРАЛЬНЫЕ БЕЛКИ** различаются по степени погружённости в гидрофобную часть бислоя:

1. могут располагаться по **обеим сторонам мембраны**,
2. **частично погружаться** в мембрану
3. и могут **пронизывать мембрану** насквозь.



## □ Погружённая часть ИНТЕГРАЛЬНЫХ БЕЛКОВ:

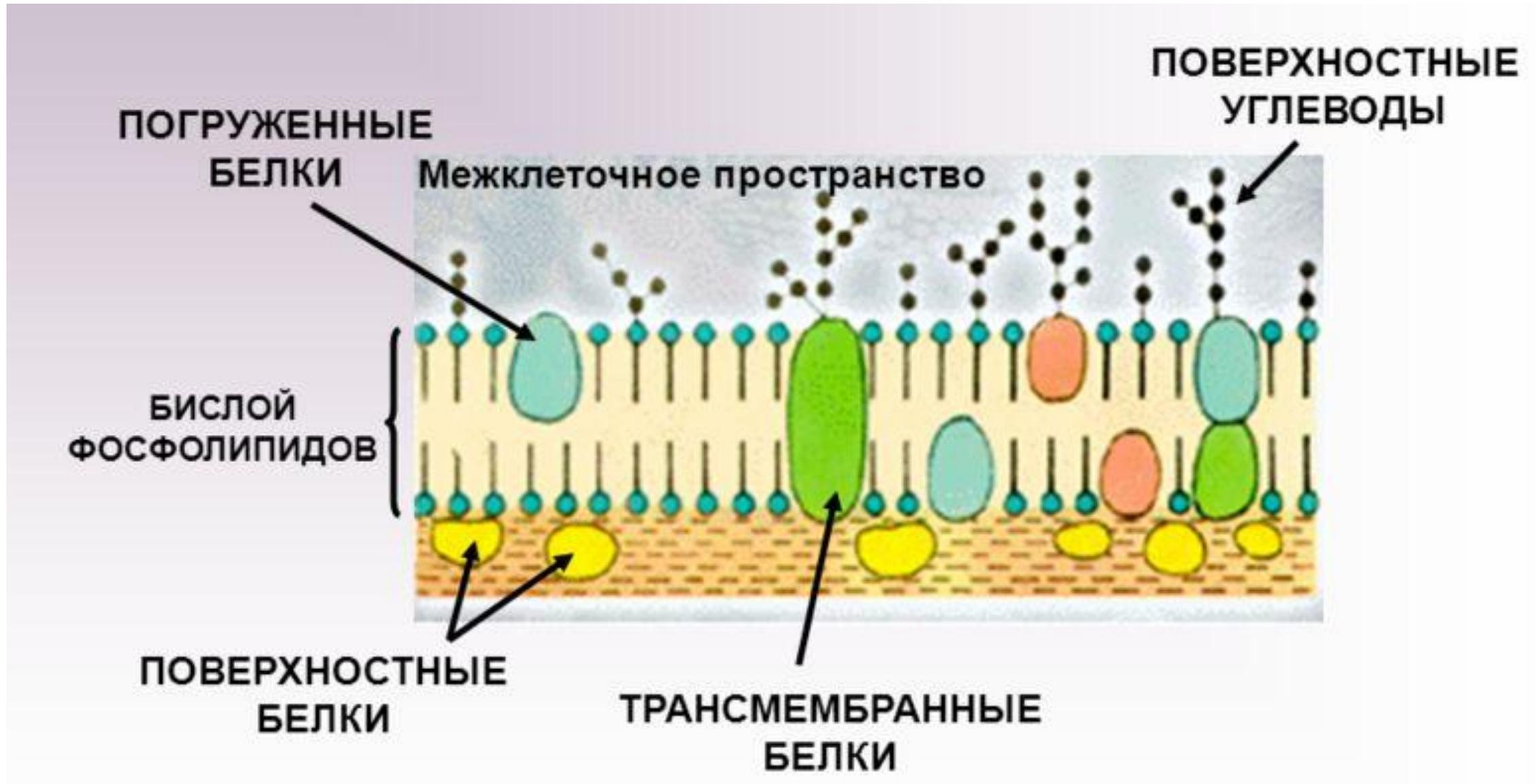
- содержит большое количество аминокислот с гидрофобными радикалами, кт обеспечивают взаимодействие с липидами мембраны;
- эти взаимодействия поддерживают определённую ориентацию белков в мембране;
- гидрофильная выступающая часть белка не может переместиться в гидрофобный слой.

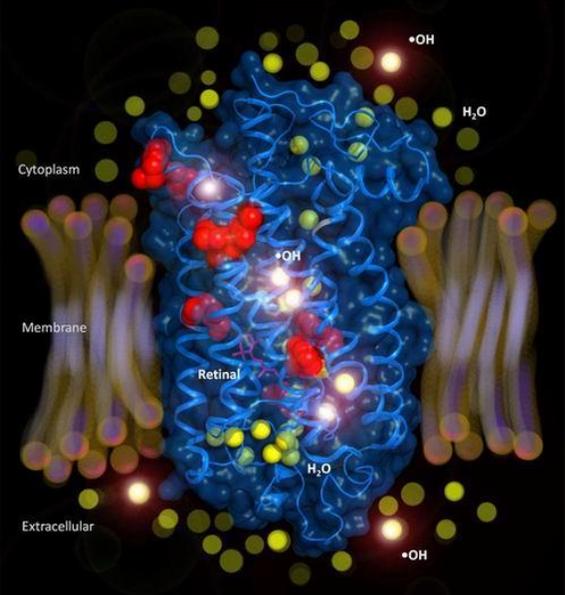


## ❑ Часть мембранных белков:

- ковалентно связана с моносахаридными остатками или олигосахаридными цепями (гликопротеины)

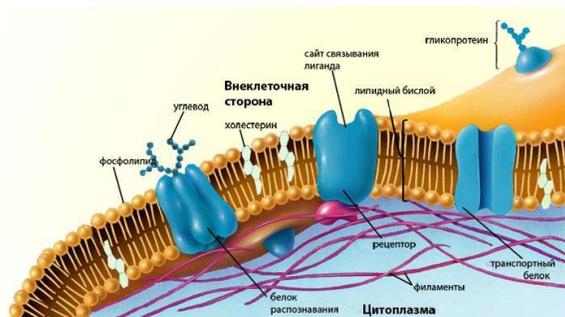
# ТАКИМ ОБРАЗОМ:





## □ БЕЛКИ МЕМБРАНЫ выполняют следующие ФУНКЦИИ:

- Ферментативную
- Участвуют в процессах транспорта веществ (переносчики, насосы)
- Определяют проницаемость мембраны (каналы)
- Рецепцию
- Распознавание клеток
- Образование межклеточных контактов

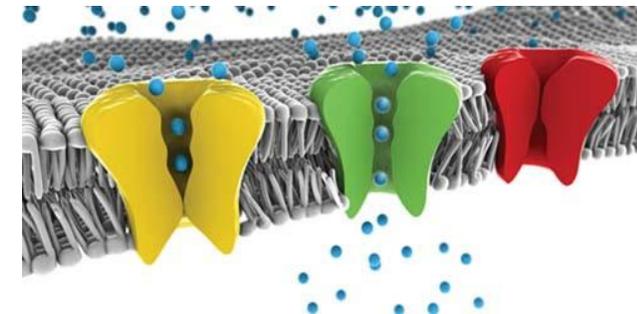
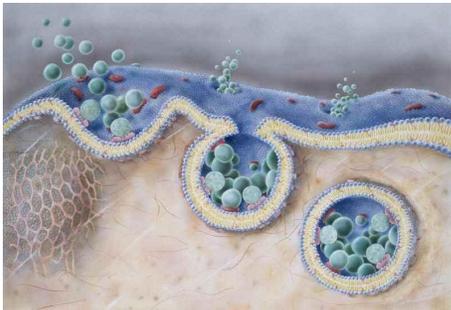


## □ КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА:

- **Липидный состав монослоёв различен в разных клетках:**
  - *Например, в плазматической мембране эритроцитов фосфатидилхолины преобладают в наружном слое, а фосфатидилсерины – во внутреннем слое мембраны.*
- **Углеводные части белков и липидов** располагаются на наружной части мембраны
- Поверхности мембраны отличаются по **белковому составу**.
- Степень **асимметрии мембран** различна у разных типов мембран и может меняться в процессе жизнедеятельности клетки, её старения.
- Подвижность (жёсткость) и текучесть мембран также зависят от её состава.
- **Повышение жёсткости** вызывается увеличением соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, а также повышением содержания холестерина.
- **Физические свойства мембран** зависят от расположения белков в липидном слое.
- Липиды мембран способны к диффузии в пределах слоя параллельно поверхности мембраны (**латеральная диффузия**).
- Белки тоже способны к латеральной диффузии.
- **Поперечная диффузия** в мембранах ограничена.

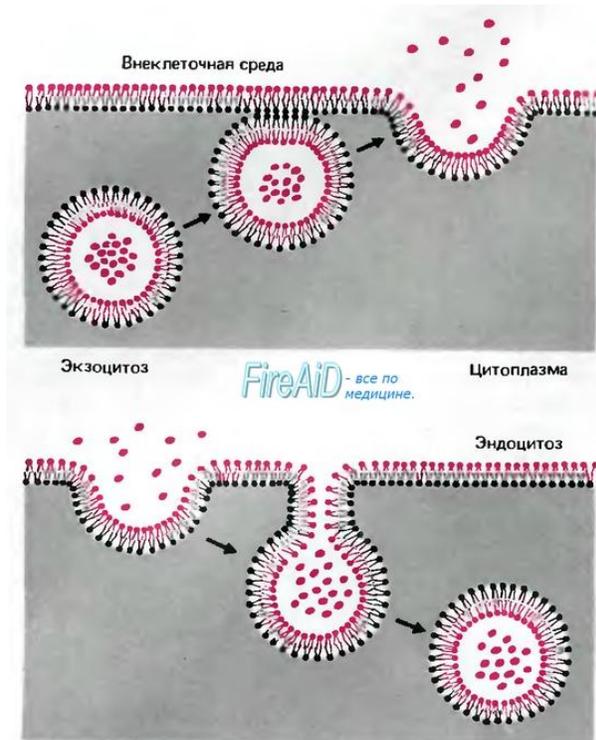
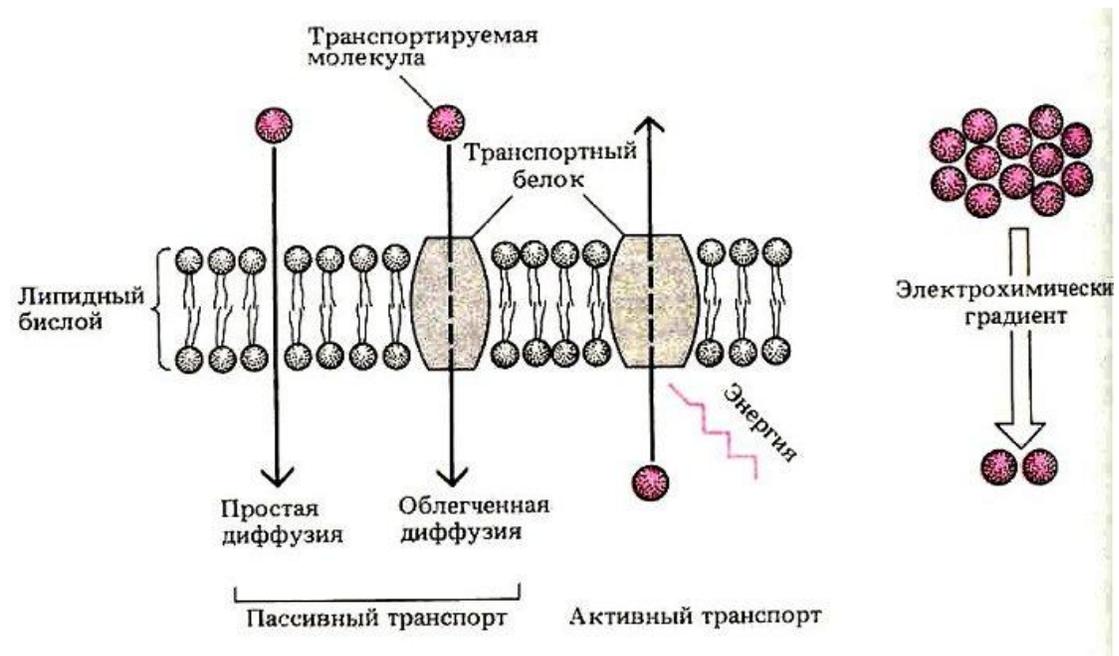
# ОДНИМ ИЗ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ МЕМБРАНЫ ЯВЛЯЕТСЯ ПОЛУПРОНИЦАЕМОСТЬ

- ❑ ПОЛУПРОНИЦАЕМОСТЬ – одни соединения могут проникать через неё, другие – нет.
  - Если бы мембраны были непроходимым барьером, то питательные вещества не могли бы поступать в клетку, а продукты жизнедеятельности – удаляться из неё.
  - При полной проницаемости было бы невозможно накопление необходимых клетке веществ.
  - Транспорт веществ внутрь и наружу клетки, а также между цитоплазмой и различными субклеточными органеллами (митохондриями, ядром и тд) обеспечивается мембранами.



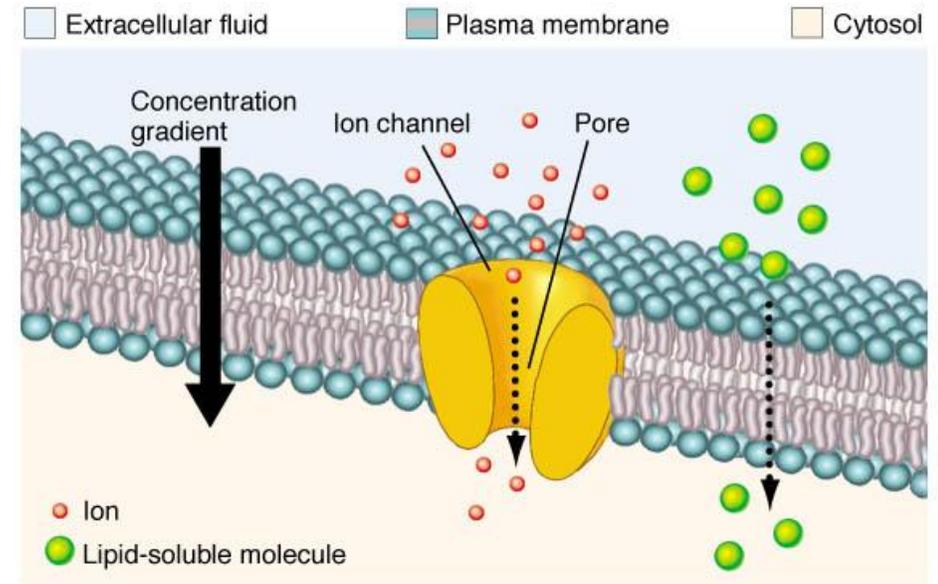
## □ СПОСОБЫ ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ:

1. пассивный транспорт
2. активный транспорт, *а также*
3. транспорт, связанный с нарушением структурной целостности мембраны (**ЭНДО- и ЭКЗОЦИТОЗ**).



❑ **ПАССИВНЫЙ ТРАНСПОРТ (ДИФФУЗИЯ)** – может идти только в направлении электрохимического градиента.

✓ *Например, если вещество движется через мембрану из области с высокой концентрацией в сторону низкой концентрации (т.е. по градиенту концентрации этого вещества) без затраты клеткой энергии, то такой транспорт называется **пассивным, или диффузией**.*

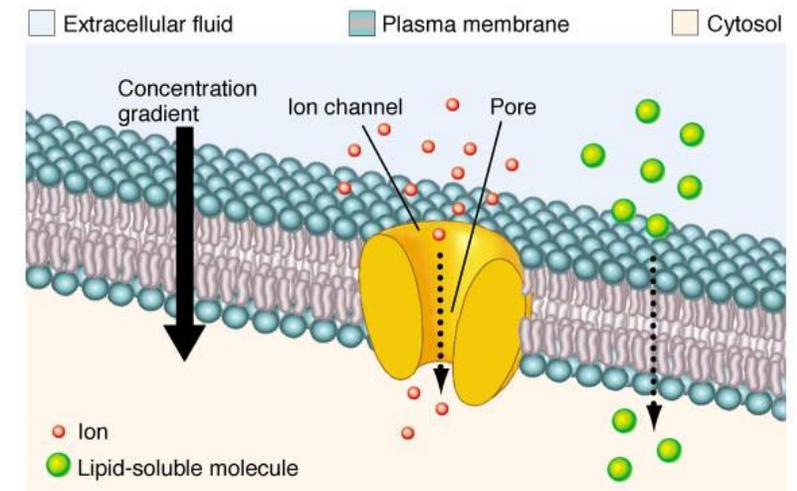


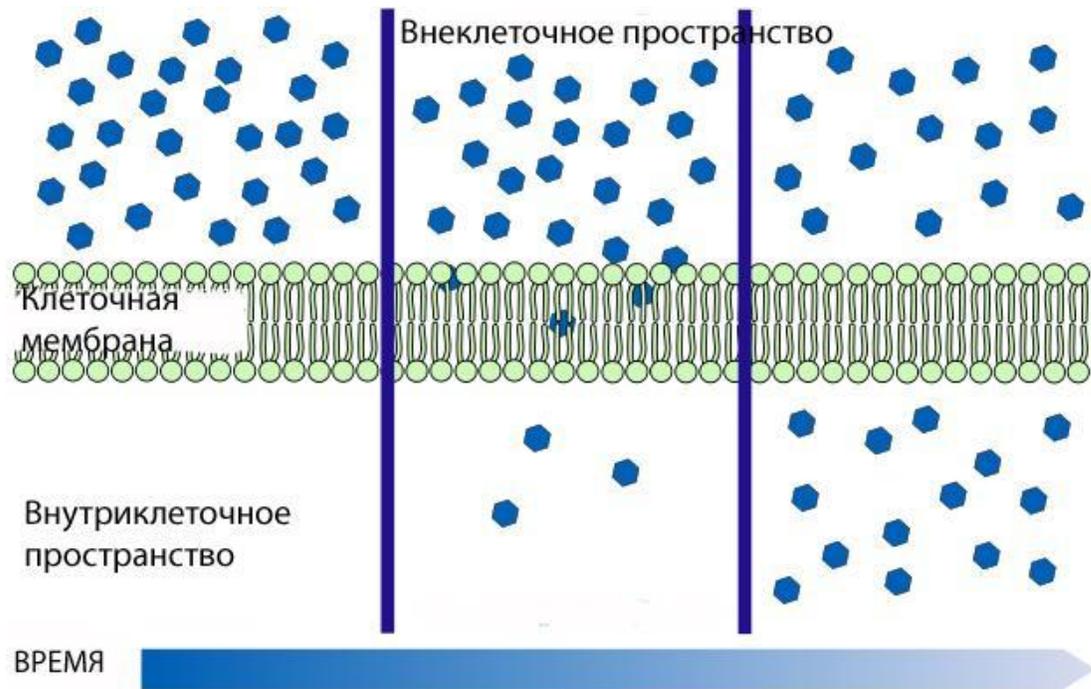
□ Различают два типа диффузии:

- Простая
- Облегчённая

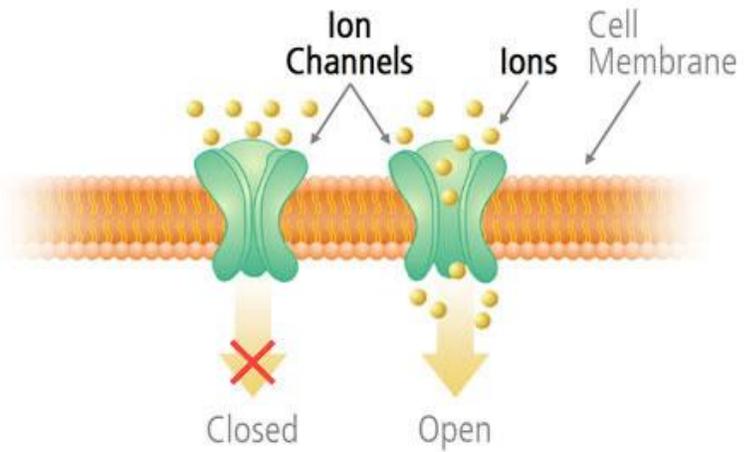
□ Диффузия может происходить:

- либо через липидный бислой,
- либо через каналы мембраны.

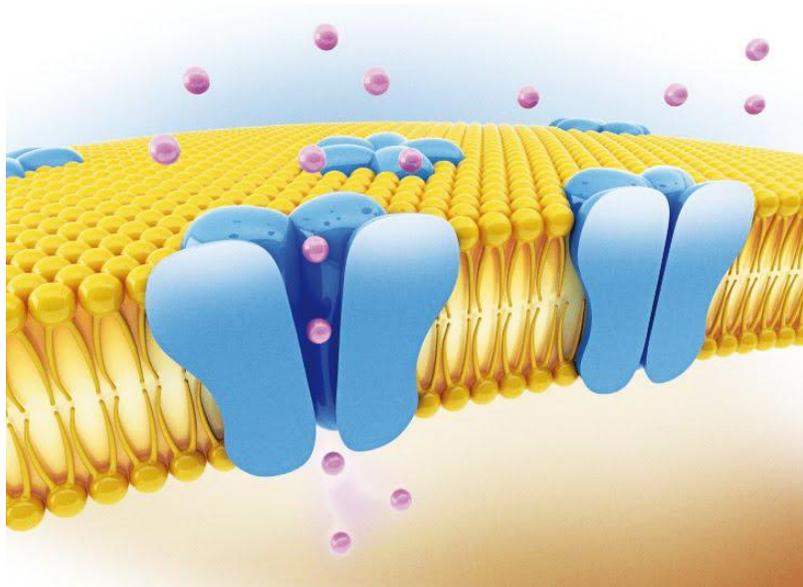


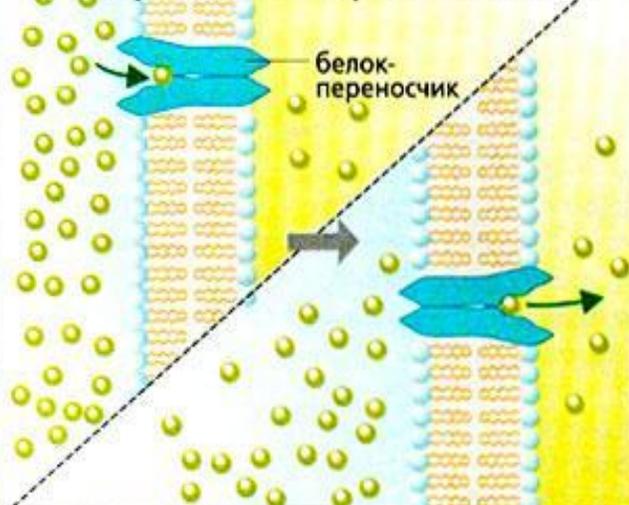


- **ПРОСТАЯ ДИФФУЗИЯ ЧЕРЕЗ ЛИПИДНЫЙ БИСЛОЙ:**
- Величина прямо пропорциональна градиенту концентрации вещества, площади мембраны и обратно пропорциональна толщине мембраны.
- Характерна для жирорастворимых веществ, а также неполярных и неионизированных полярных молекул : CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, алкоголь, стероидные гормоны, липиды, тироксин, мочевины и др.



- **ПРОСТАЯ ДИФФУЗИЯ ЧЕРЕЗ ИОННЫЕ КАНАЛЫ МЕМБРАНЫ:**
- **Вода** проникает в клетку через **водные каналы (аквопорины)**.
- Через водные каналы могут проходить малые незаряженные молекулы (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, мочевины, этанол).
- **Неорганические ионы** (катионы и анионы) не могут проходить через липидный бислой, поэтому они диффундируют через **специализированные каналы, которые образованы белками мембраны** и обладают селективностью (избирательной) проницаемостью для определенного иона.

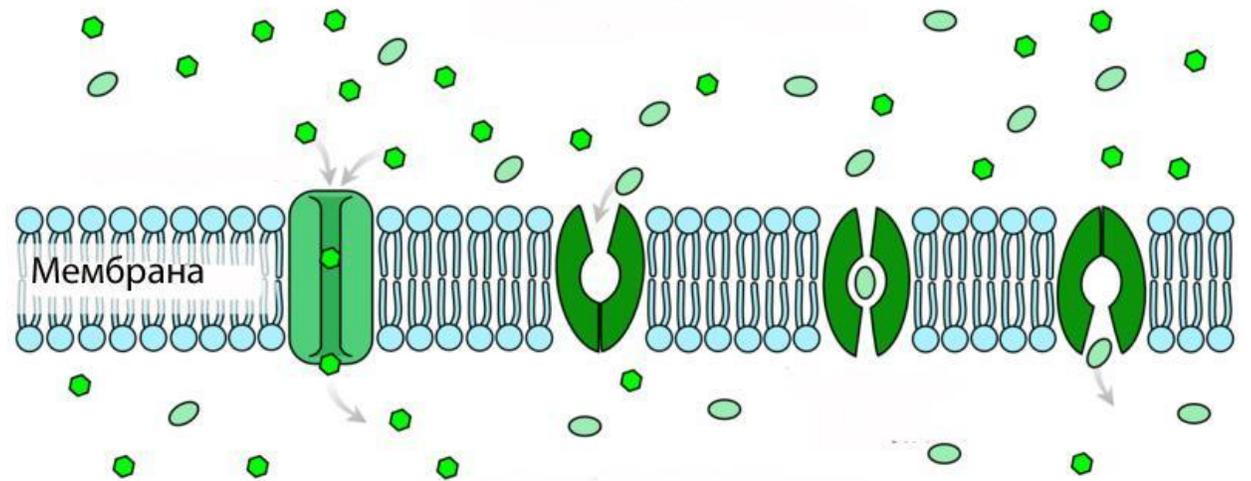


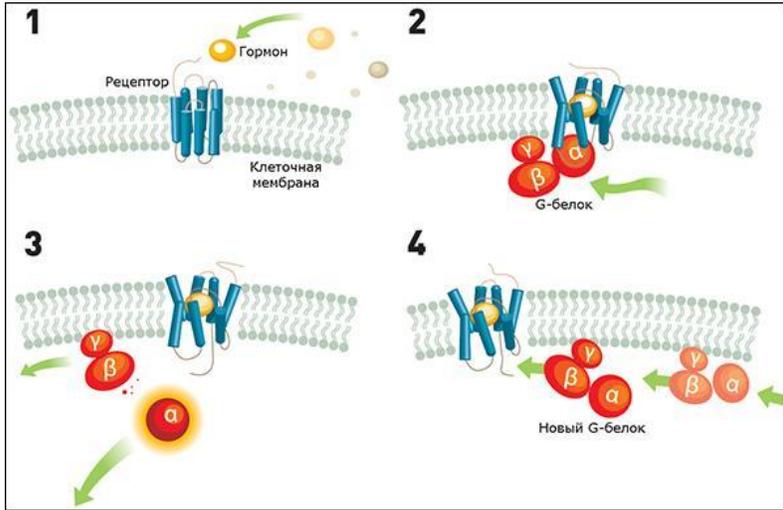


- **ОБЛЕГЧЁННАЯ ДИФFUЗИЯ :**
- Характерна для **гидрофильных молекул**, кт переносятся через мембрану **по градиенту концентрации, но с помощью специальных мембранных белков – переносчиков.**
- Липидный бислой мембраны очень плохо проницаем для большинства полярных молекул (сахаров, аминокислот, нуклеотидов и др).
- Для облегчённой диффузии характерна высокая избирательность (специфичность), т.к. белок-переносчик имеет центр связывания, комплементарный транспортируемому веществу;
- Перенос сопровождается конформационными изменениями белка.

- **ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОБЛЕГЧЁННОЙ ДИФФУЗИИ:**

1. **Транспортный белок (транслоказа) связывает вещество**, затем приближается к противоположной стороне мембраны, освобождает это вещество, принимает исходную конформацию и вновь может выполнять транспортную функцию.
2. **Вещество переходит от одного белка-переносчика к другому**, пока не окажется на противоположной стороне мембраны

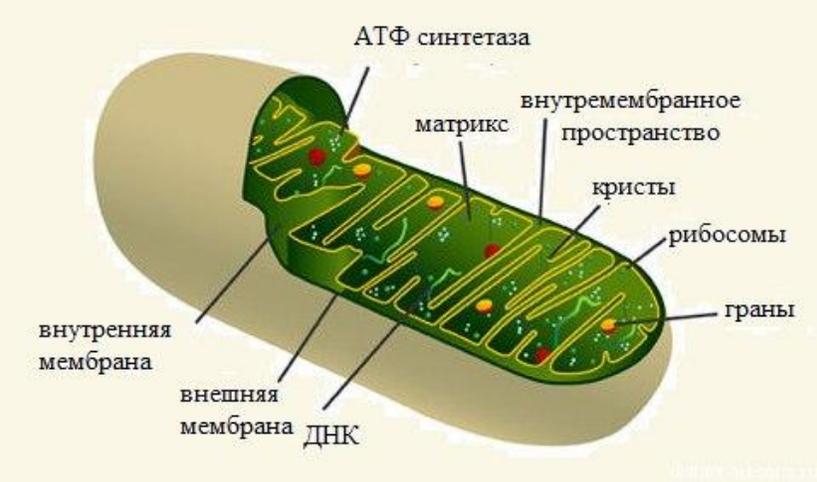




- В процессе облегчённой диффузии может наблюдаться **ЯВЛЕНИЕ НАСЫЩЕНИЯ**, когда при увеличении градиента концентрации скорость транспорта перестаёт увеличиваться, т.к. заняты все переносчики.



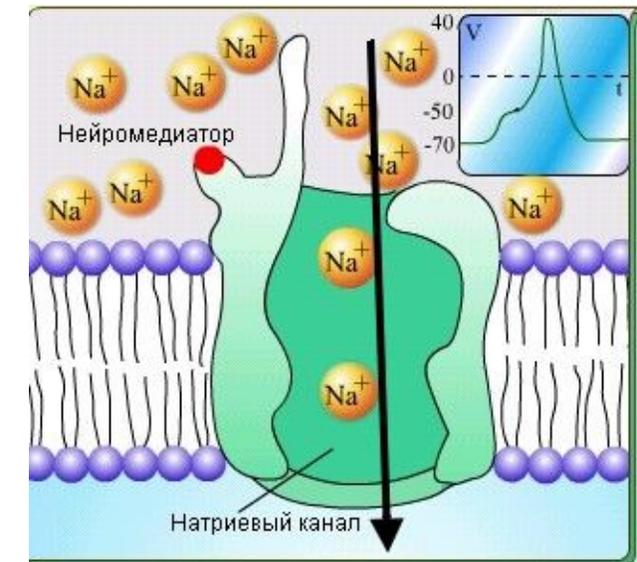
- Имеются **специфические стимуляторы и ингибиторы транспорта**, среди кт важную роль играют **гормоны**.
- ✓ *Например: инсулин активирует транспорт глюкозы в жировые и мышечные клетки)*



## □ АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ:

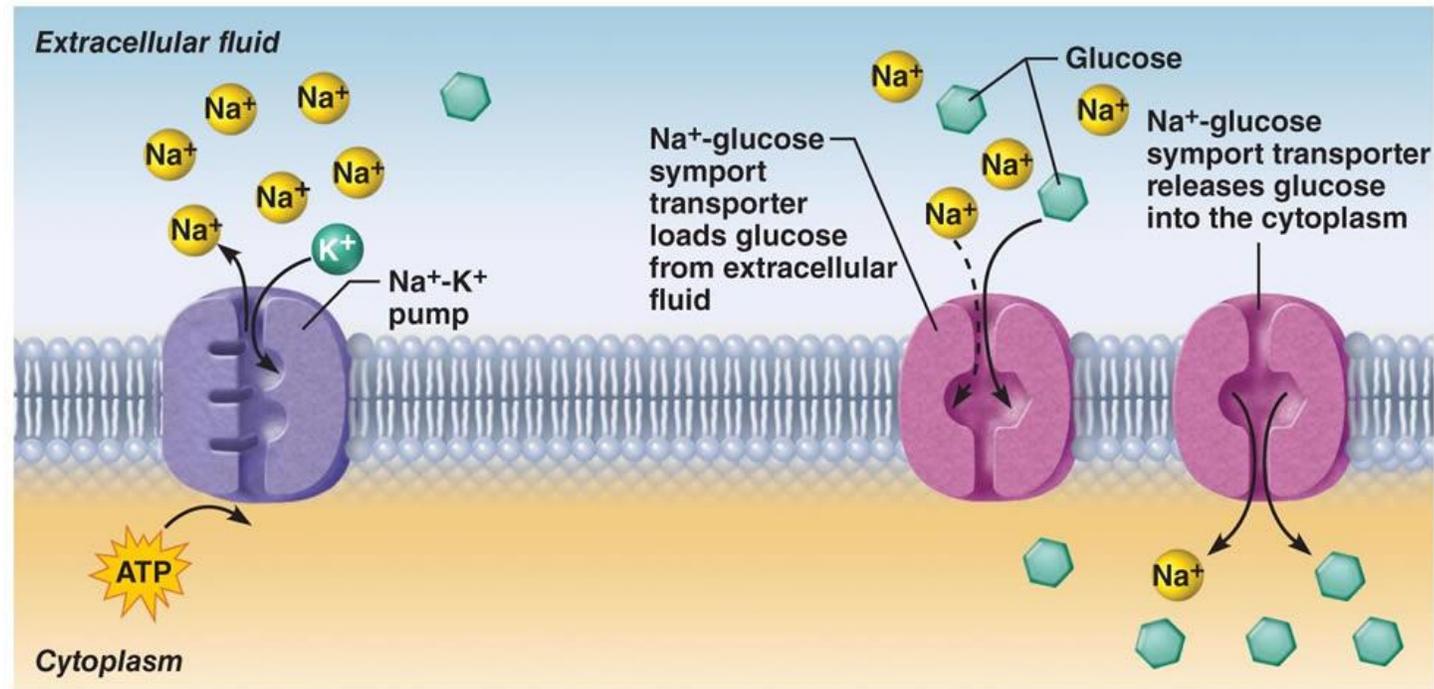
- Позволяет переносить вещества против градиента концентрации, т.е. из области меньшей концентрации в область большей.
- Такой перенос **требует затраты энергии и служит для накопления веществ.**
- На АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ тратится около 20% всей образующейся в организме энергии (в нервных волокнах до 50-90%).
- В клетке имеется два **основных источника энергии** для транспорта:

1. энергия химических связей АТФ и
2. энергия трансмембранных ионных градиентов  $\text{Na}^+$



□ В зависимости от источника энергии различают **2-а вида активного транспорта:**

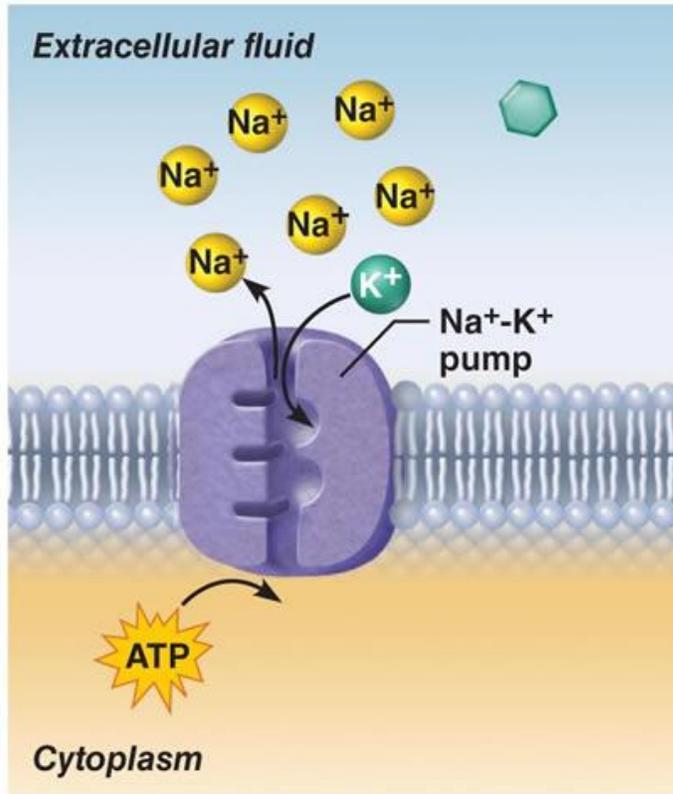
1. ПЕРВИЧНО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ (непосредственно используется энергия АТФ) и
2. ВТОРИЧНО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ (используется энергия электрохимического градиента ионов  $\text{Na}^+$ ).



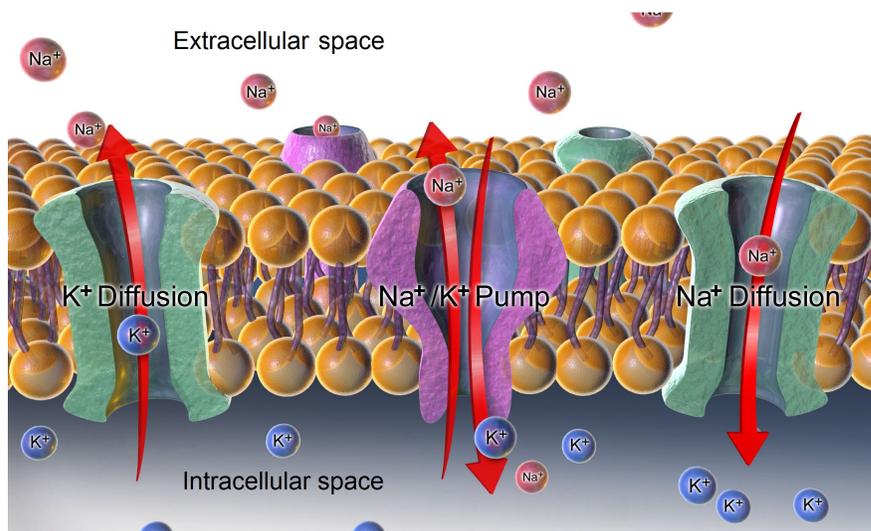
**① Primary active transport**  
The ATP-driven  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  pump stores energy by creating a steep concentration gradient for  $\text{Na}^+$  entry into the cell.

**② Secondary active transport**  
As  $\text{Na}^+$  diffuses back across the membrane through a membrane cotransporter protein, it drives glucose against its concentration gradient into the cell.

## ПЕРВИЧНО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ (используется энергия АТФ):

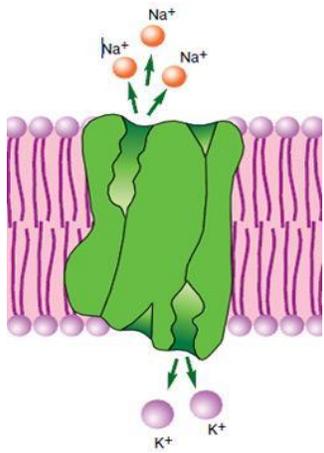
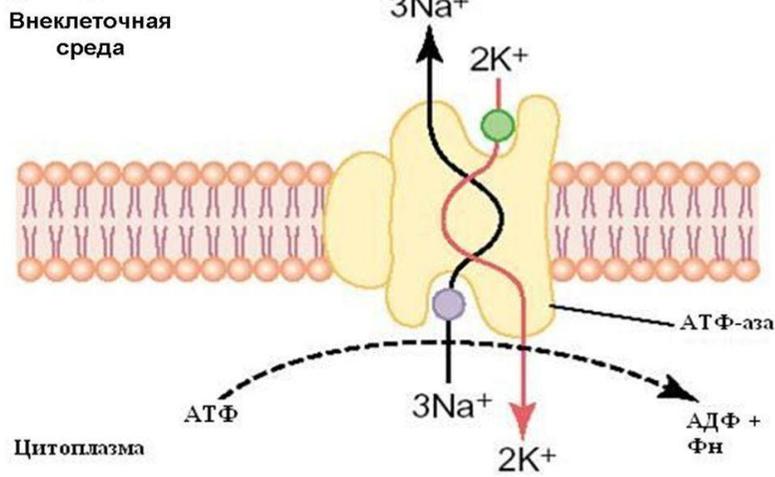


- Осуществляется в результате деятельности **ионных насосов (помп)**, **белковый комплекс** которых обладает свойствами переносчика (для транспортируемого вещества) и **фермента аденозинтрифосфотазы**, способного расщеплять АТФ, выделяемая при расщеплении АТФ **энергия используется для транспорта.**



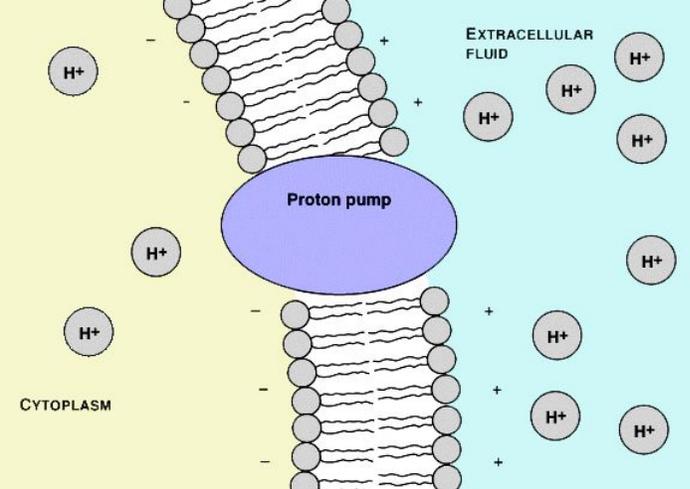
## ■ Система $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос:

- Одна из наиболее активных транспортных систем в клетке отвечает за перенос ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  через клеточную мембрану.
  - Имеется в мембранах всех клеток человека.
  - **Отвечает за поддержание состава внутриклеточной среды, в кт концентрация  $\text{K}^+$  выше, чем  $\text{Na}^+$ .**
  - Градиент концентрации калия и натрия поддерживается путём переноса  $\text{K}^+$  внутрь клетки,  $\text{Na}^+$  наружу.
- ✓ *Такое распределение ионов определяет содержание воды в клетках, возбудимость нервных клеток, клеток мышц и др свойства клеток.*



## □ $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос представляет собой белок – транспортную АТФ-азу:

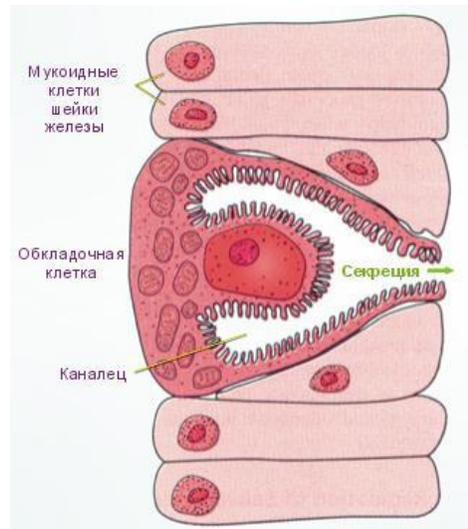
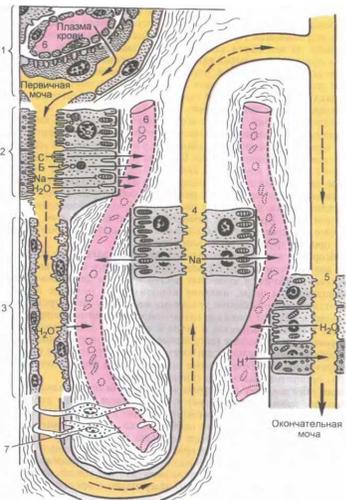
- Молекула этого фермента является олигомером и полностью пронизывает мембрану.
- Во многих клетках насос работает ассиметрично: за один полный цикл работы насоса (на это тратится энергия одной молекулы АТФ) из клетки в межклеточное вещество переносится **3-и иона  $\text{Na}^+$** , а в обратном направлении – **2-а иона  $\text{K}^+$** .
- Благодаря ассиметричной работе насос способствует созданию **отрицательного заряда** на внутренней стороне мембраны клетки (поляризация).

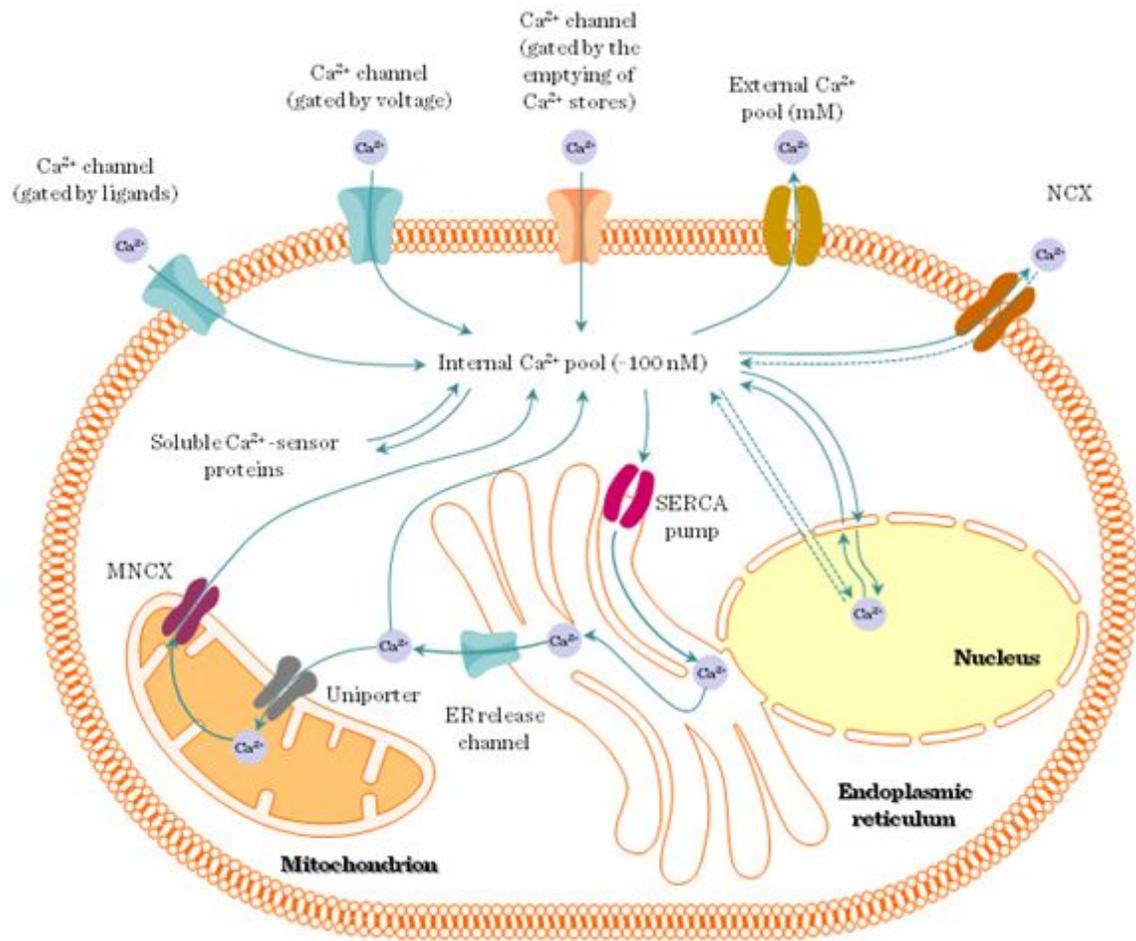


- Протонные насосы ( $H^+$  -АТФ-азы) имеются в цитоплазматической мембране и во внутриклеточных мембранах (лизосомы, секреторные гранулы).

✓ *Например:*

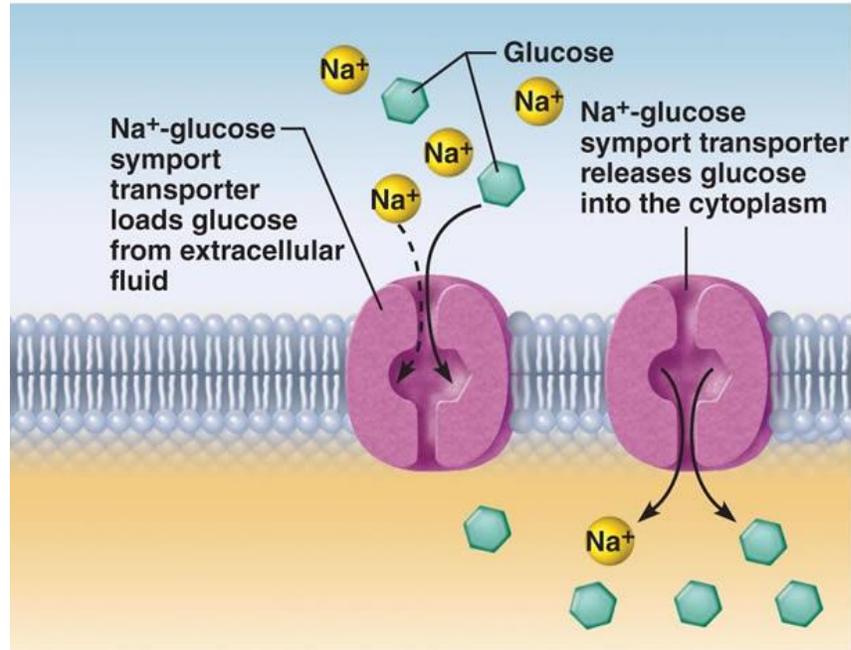
- ✓ в собирательных трубочках почек он переносит  $H^+$  -ионы в мочу (против градиента концентрации),
- ✓ а в обкладочных клетках желудка – в желудочный сок.





- Существует транспортная система для переноса ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$  -АТФ-аза).
- Изменение концентрации кальция в клетке может резко изменять её функции, поэтому должно строго контролироваться.
- $\text{Ca}^{2+}$  -насосы имеет как цитоплазматическая, так и внутриклеточные мембраны (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы).

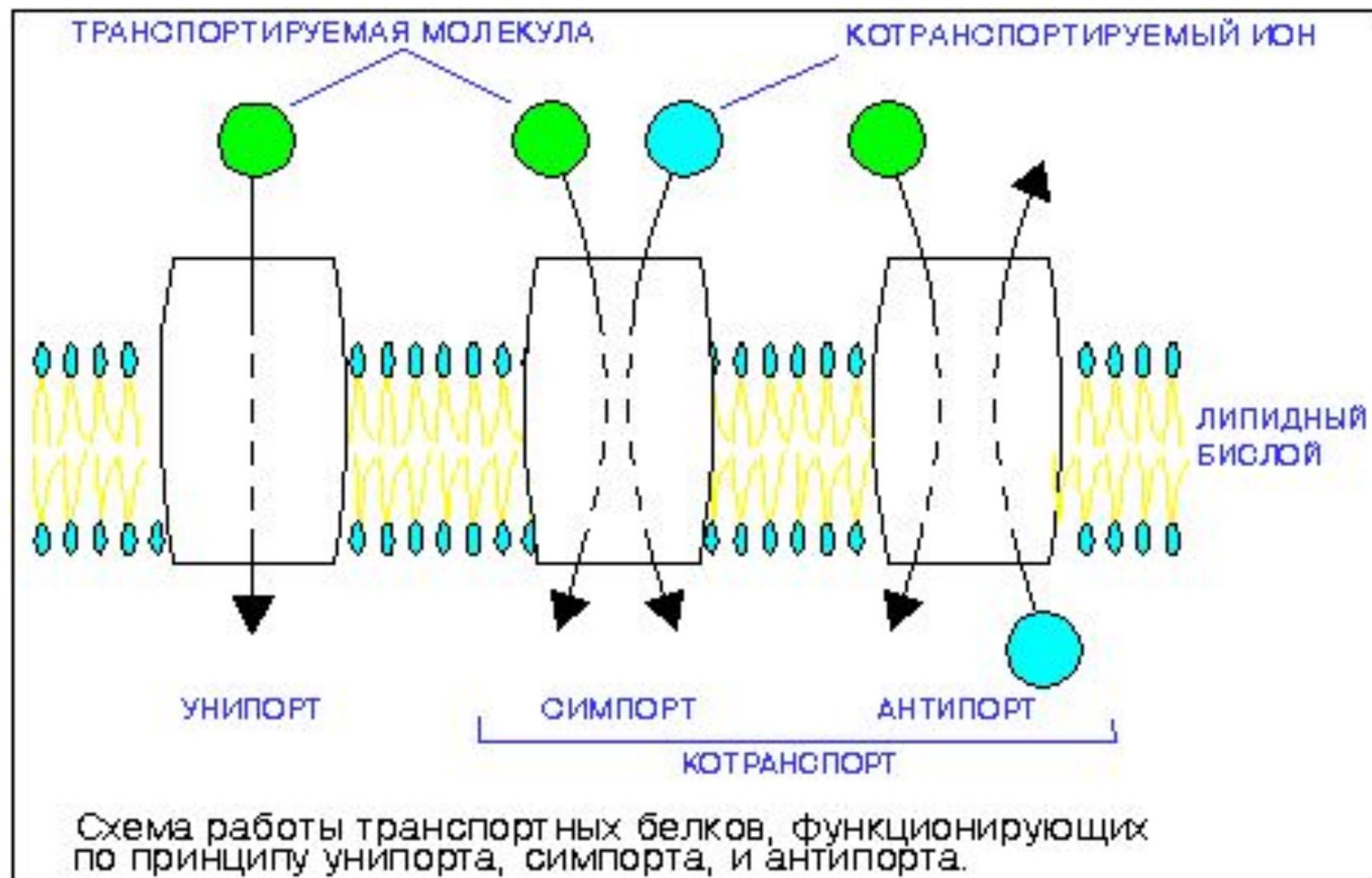
## ВТОРИЧНО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ (используется энергия электрохимического градиента ионов $\text{Na}^+$ ) :

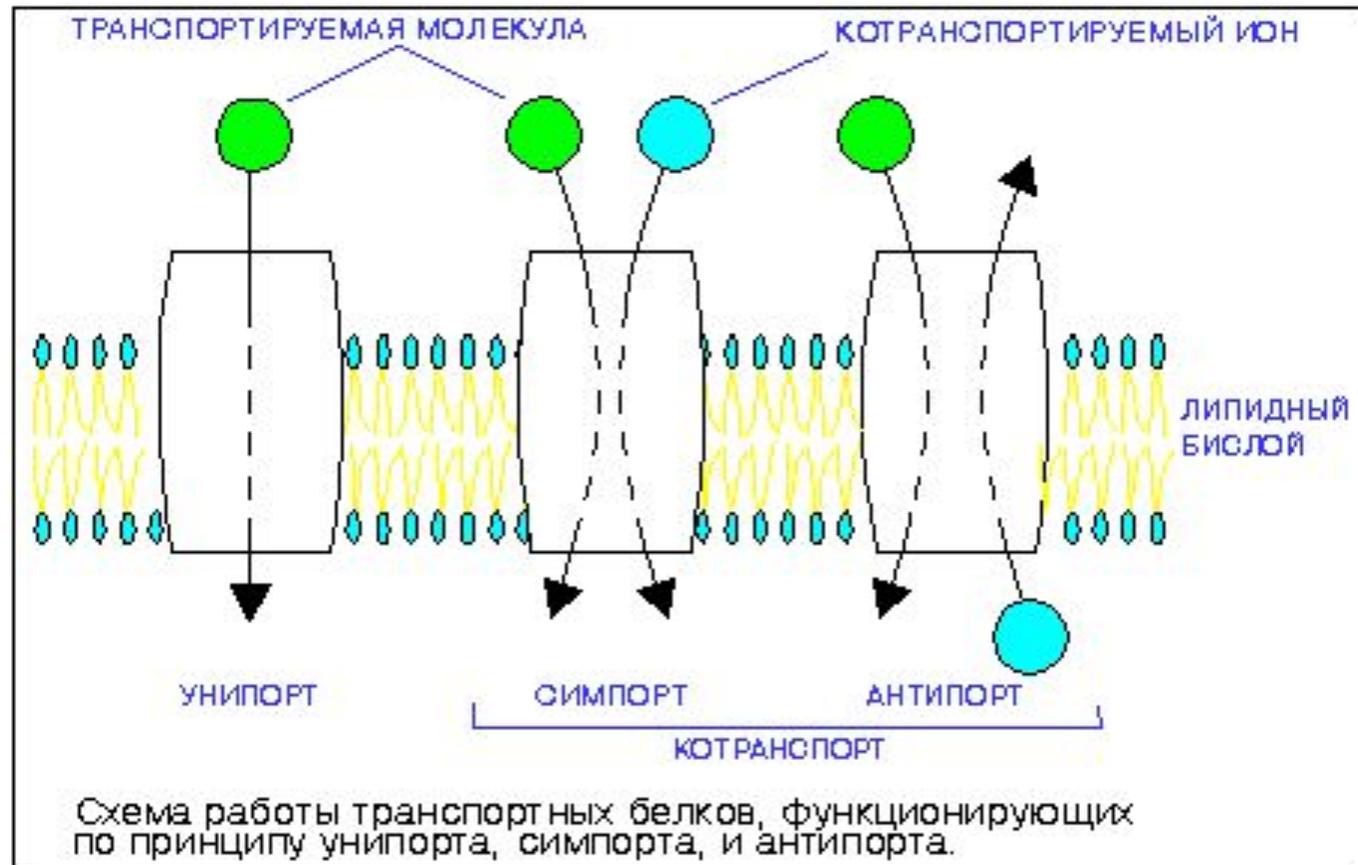


- Заключается в транспорте вещества против градиента концентрации, кт осуществляется не за счёт энергии непосредственно АТФ, а за счёт энергии градиента концентрации или разности потенциалов мембраны, которые в свою очередь, создаются за счёт работы насоса (энергии АТФ) или окислительно-восстановительных реакций.

- В зависимости от **направления движения ионов** различают 3-и вида вторичного активного транспорта:

- унипорт
- симпорт
- антипорт

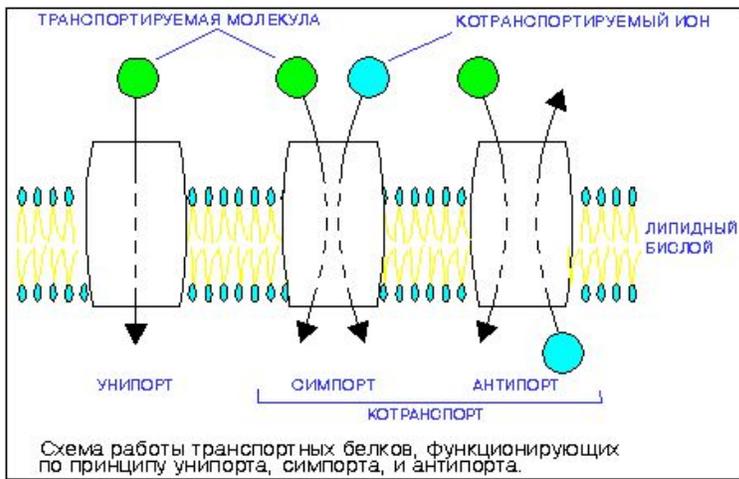




## □ УНИПОРТ:

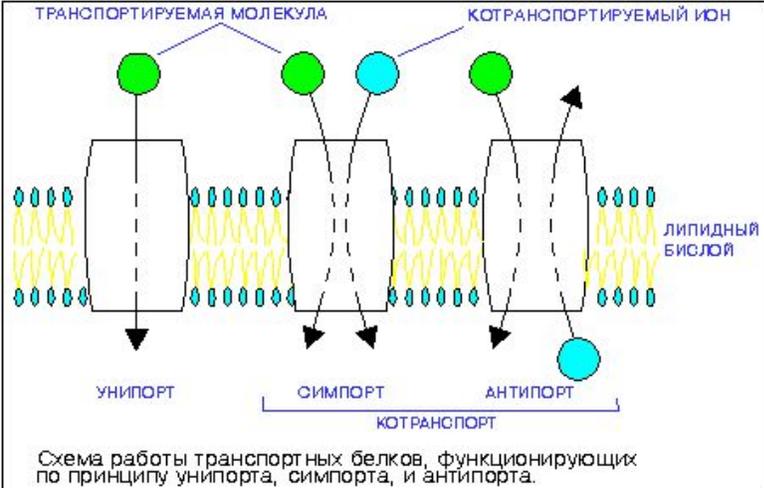
- **Однонаправленный перенос иона** специфическим переносчиком за счёт снижения разности зарядов по обе стороны мембраны.

✓ Например, накопление ионов  $K^+$  в митохондриях.



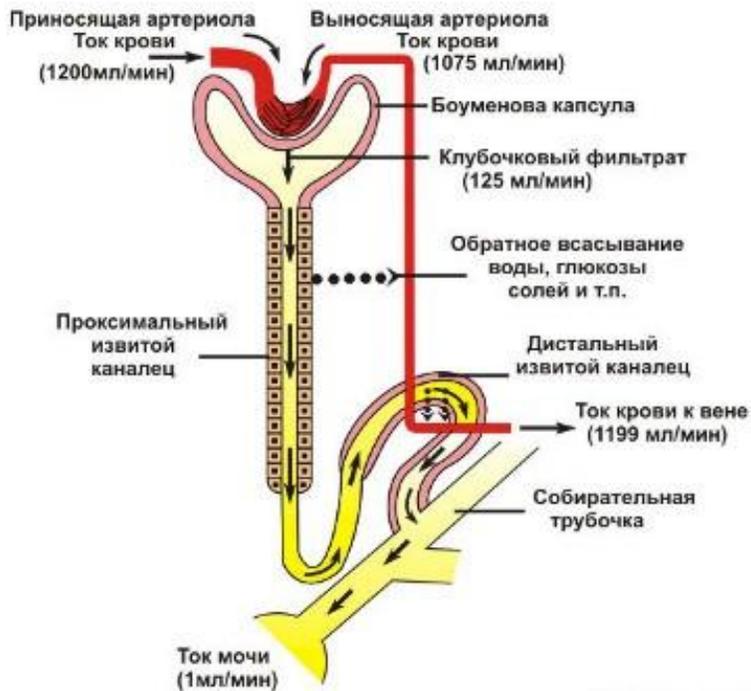
## ❑ СИМПОРТ (котранспорт):

- Это **активный перенос** вещества через мембрану, осуществляемый **посредством энергии градиента концентрации другого вещества**, при кт оба иона движутся в одну сторону.
- Путём симпорта происходит перенос через мембрану некоторых моносахаридов и аминокислот.
- Ионы натрия и транспортируемого вещества связываются с молекулой белка-переносчика мембраны.
- Натрий идёт внутрь клетки по электрохимическому градиенту и тянет за собой белок-переносчик вместе с прикреплённой к нему молекулой моносахарида, кт таким образом может переноситься против собственного градиента концентрации.
- Способность  $\text{Na}^+$  диффундировать по концентрационному градиенту является движущей силой для системы переноса.

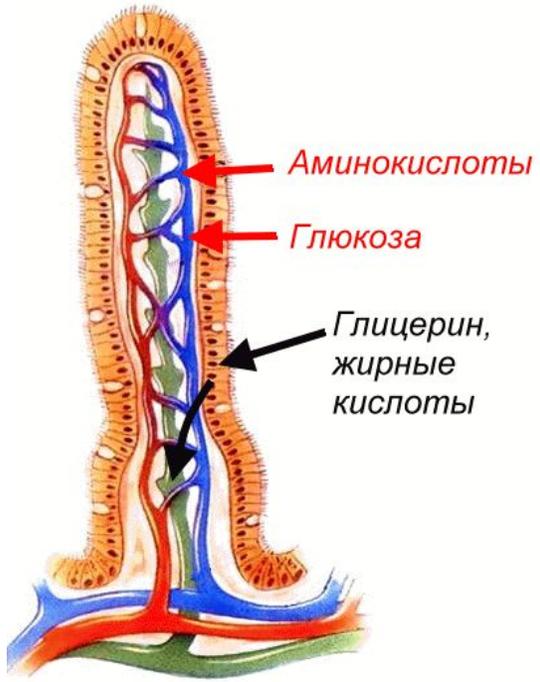


## ❑ АНТИПОРТ (контртранспорт):

- Это перемещение одного вещества против градиента своей концентрации, при кт другое вещество движется в противоположном направлении по градиенту своей концентрации.
- Натриевый концентрационный градиент участвует в поддержании очень низкой внутриклеточной концентрации кальция (на несколько порядков ниже внеклеточной) в некоторых клетках.
- Выведение  $\text{Ca}^{2+}$  из клетки происходит в обмен на пассивно поступающий в неё  $\text{Na}^{+}$ , и противоположно направленные потоки этих ионов, сопряжённые др с др, обеспечиваются переносчиком-обменником.
- Исходным источником энергии этого процесса является градиент  $\text{Na}^{+}$ .



- Другим примером антипорта является  $\text{Na}^+ - \text{H}^+$  -обмен, кт происходит в проксимальных канальцах почек:
  - Выделение  $\text{H}^+$  из клеток, выстилающих почечный каналец, в просвет канальца сопряжено с поглощениями клетками  $\text{Na}^+$ .
  - В результате почки получают возможность реабсорбировать  $\text{Na}^+$  из мочи и выводить избыток  $\text{H}^+$  в мочу.
  - Источником энергии для этого процесса служит электрохимический градиент  $\text{Na}^+$ , кт направлен из просвета канальцев в клетку.
  - Этот градиент поддерживается за счёт удаления  $\text{Na}^+$  из клетки  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  -насосом, расположенном на другой стороне клетки (обращённой к крови).



## □ ВТОРИЧНО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ ОБЕСПЕЧИВАЕТ:

- Всасывание аминокислот из кишечника и реабсорбцию глюкозы из первичной мочи
- При этом также используется энергия градиента концентрации ионов  $\text{Na}^+$ , создаваемого  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  -АТФ-азой.



## ТАКИМ ОБРАЗОМ

транспорт веществ внутрь и наружу клетки,

а также между цитоплазмой и различными субклеточными органеллами (митохондриями, ядром и тд)

обеспечивается :

