

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В КЛЕТКЕ

1. Проницаемость биомембран и методы ее исследования.
2. Пути проникновения веществ в клетку. Правила Овертона.
3. Классификация транспортных процессов.
4. Диффузия, ее виды.
5. Уравнения, описывающие диффузию.
6. Осмос и фильтрация.
7. Ионные каналы, их виды.
8. Активный транспорт.

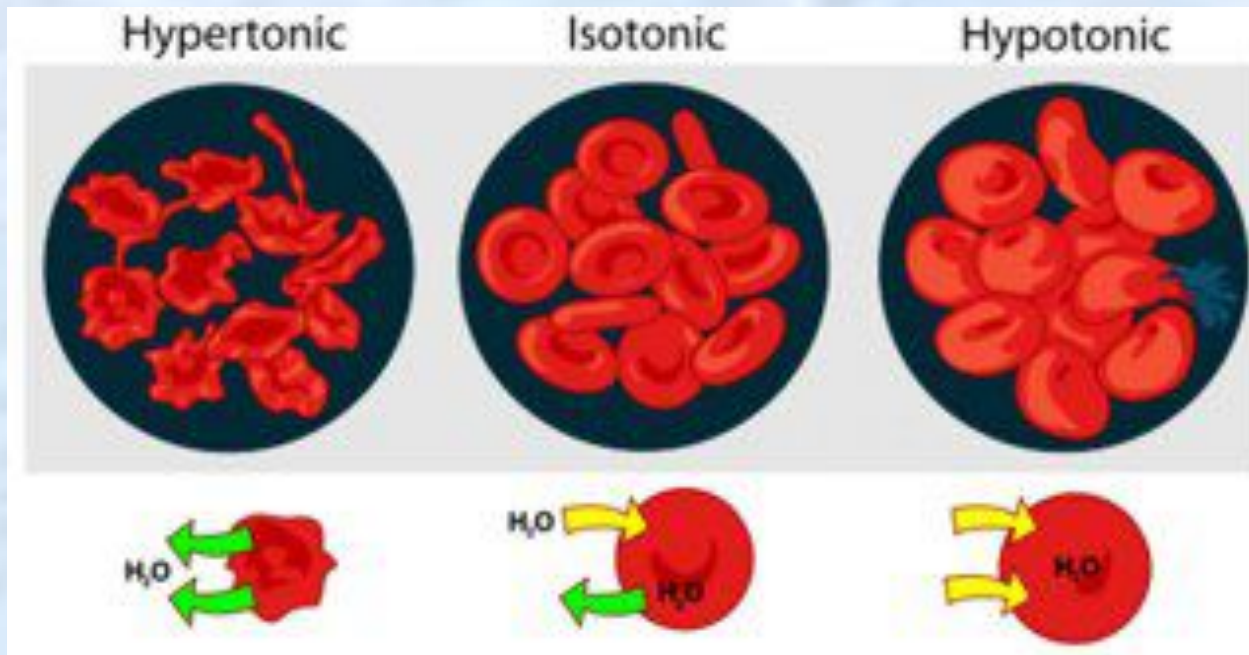
ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТА ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНЫ

- Регуляция объема клетки
- Регуляция pH цитоплазмы
- Регуляция ионного состава цитоплазмы
- Обеспечение метаболизма клетки и биоэнергетических процессов
- Генерация биоэлектрических потенциалов
- Выведение продуктов обмена

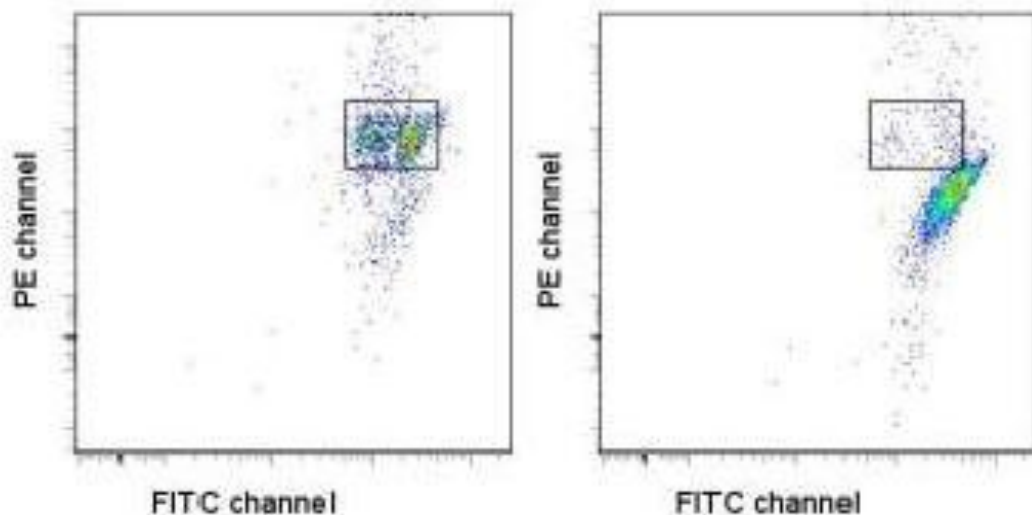


МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ БИОМЕМБРАН

1. Осмотический (по изменению объема клетки).



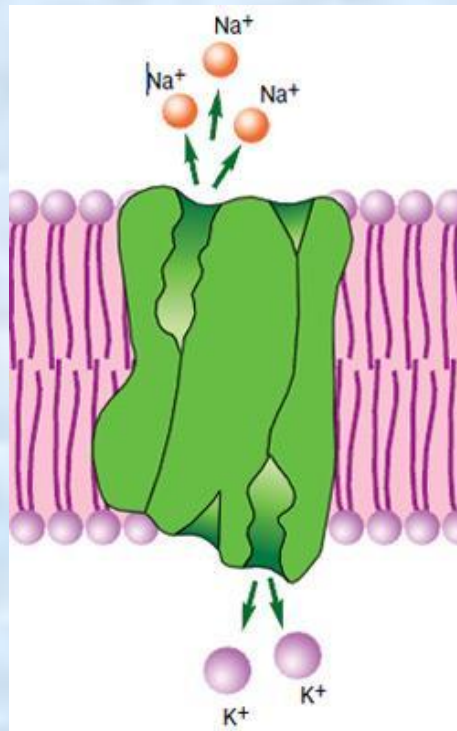
2. Химический (цитохимический) (проникновение красителей)



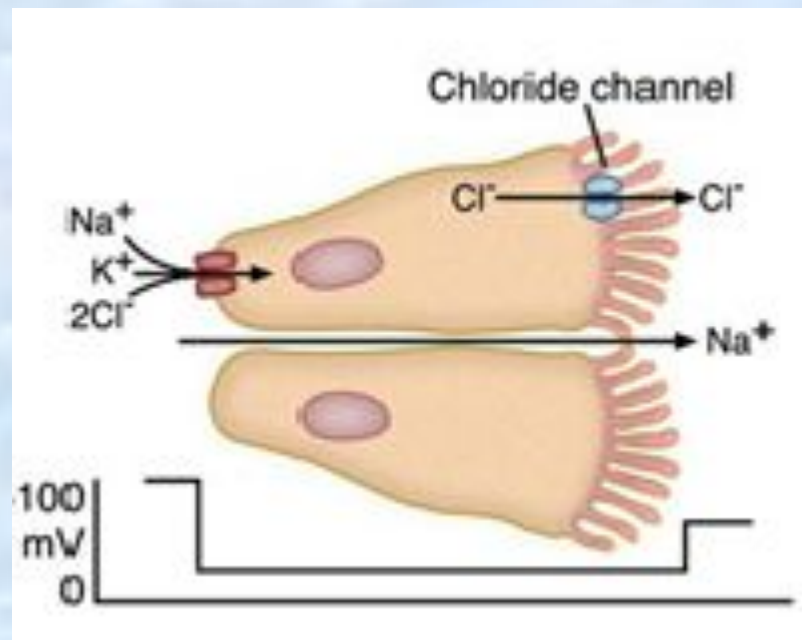
Тимоциты Va1/s были выдержаны на холоду (слева) или при 37 °С (справа) в течение ночи, затем окрашены 2,5 мкг в 1 мл JC-1 в течение 10 мин при комнатной t⁰ и аннексином V-APC. На диаграммах представлены APC-положительные события.

Например, красители для исследования концентрации внутриклеточного кальция

3. Биохимический (по активности ферментов, участвующих в транспорте)

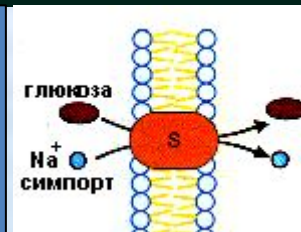
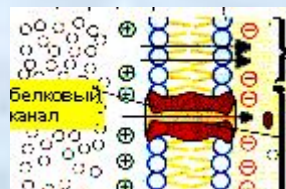


4. Метод изотопных меток: углерода (C^{14}), натрия (Na^{22}), рубидия (Rb^{86}) и др.

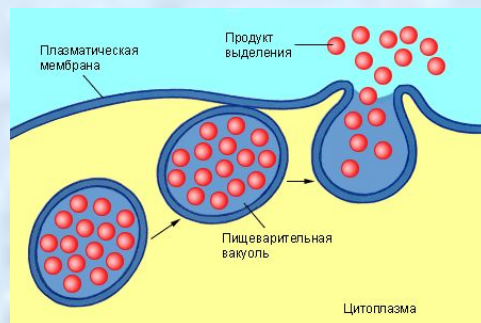


СПОСОБЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В КЛЕТКУ

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ ДИФфуЗИЯ



ТРАНСПОРТ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СТРУКТУР



ЭКЗО- И ЭНДОЦИТОЗ (связан с нарушением целостности мембраны клетки)

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ ДИФФУЗИЯ

- осуществляется благодаря **физико-химическим** свойствам липидного бислоя
- без участия специальных механизмов
- вещества проникают, растворяясь в липидах мембран





ПРАВИЛА **Э.ОВЕРТОНА**

Проницаемость клеток для органических веществ **уменьшается** по мере возрастания в них **карбоксильных, гидроксильных и аминогрупп**

Возрастание в веществе **метиловых, этиловых, фениловых** групп **увеличивает** проницаемость этих веществ

ТРАНСПОРТ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СТРУКТУР

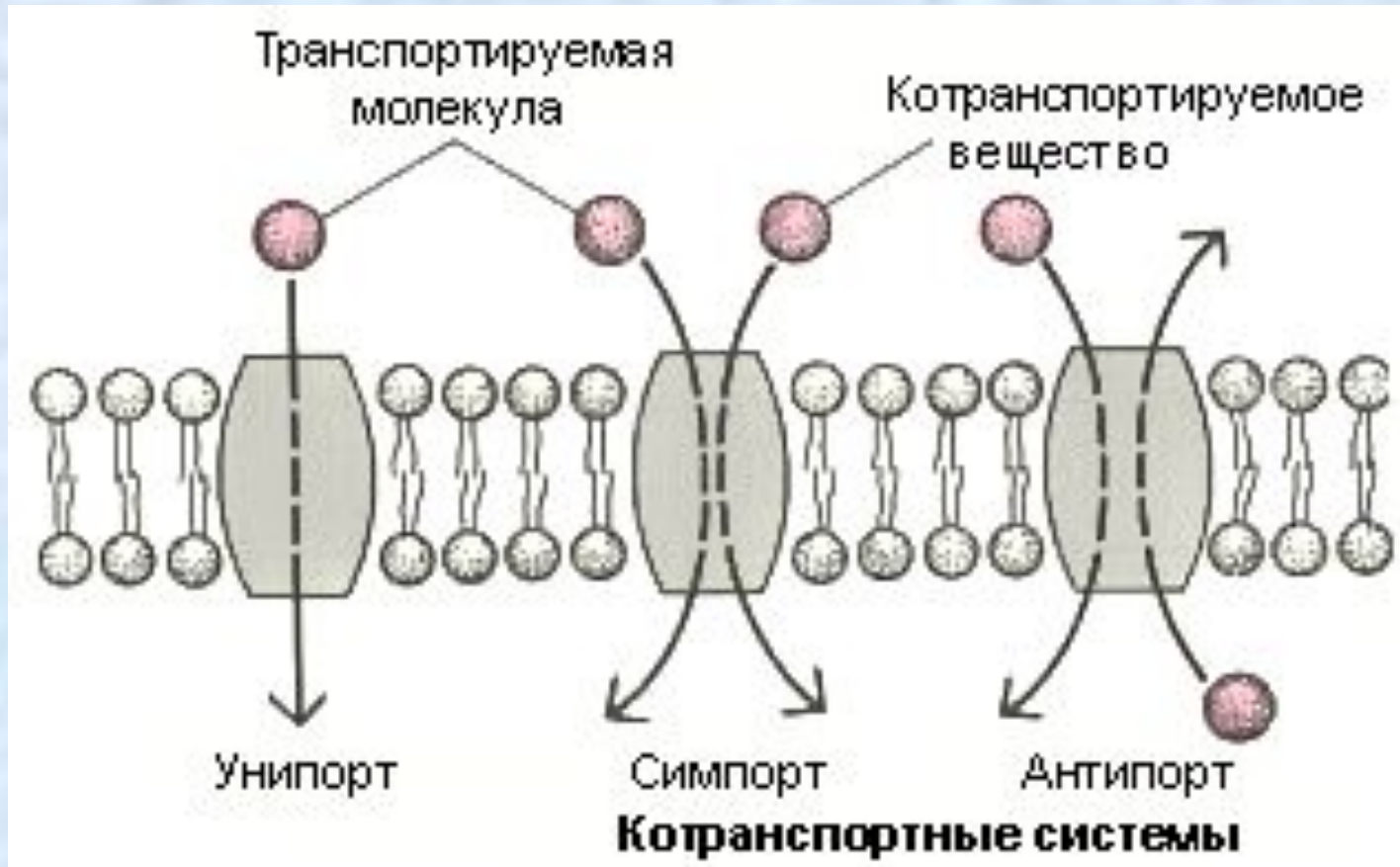
КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

```
graph TD; A[КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ] --> B[По количеству и направлению переносимых частиц]; A --> C[По изменению свободной энергии];
```

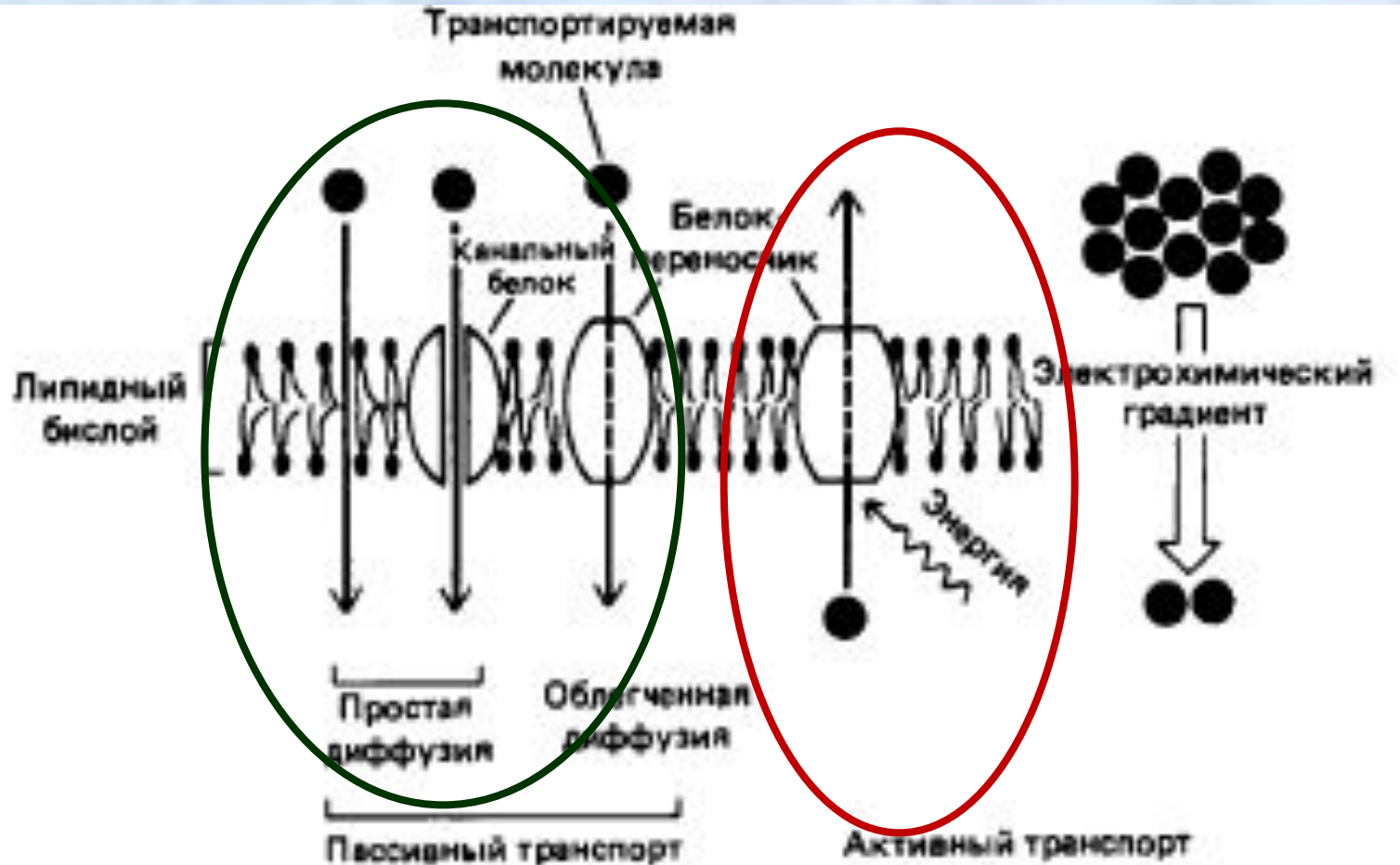
**По количеству и
направлению
переносимых частиц**

**По изменению
свободной
энергии**

По количеству и направлению переносимых частиц

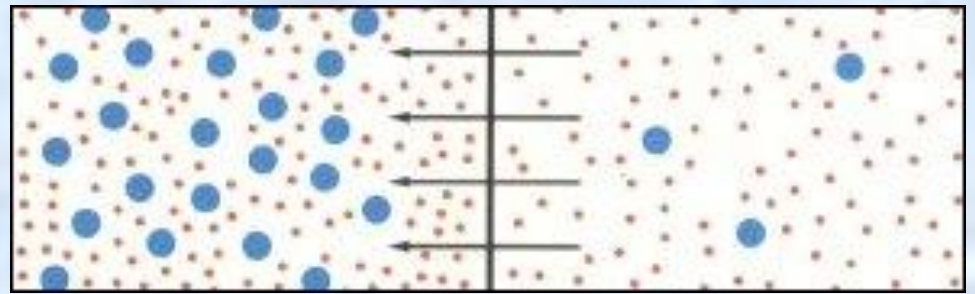


По изменению свободной энергии



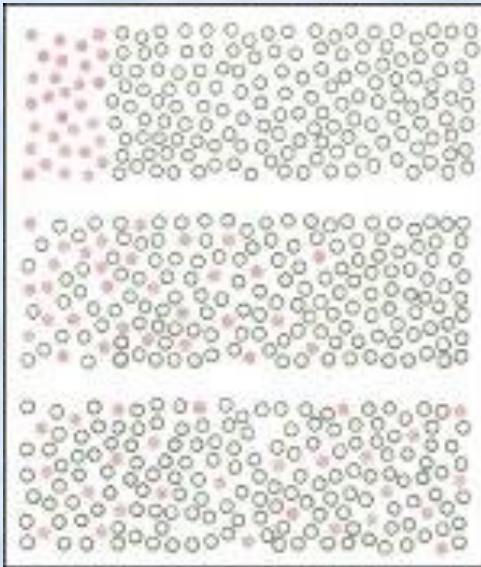
Свободная энергия
уменьшается

Свободная энергия
увеличивается



ОСМОС

ПАССИВНЫЙ ТРАНСПОРТ



ДИФФУЗИЯ

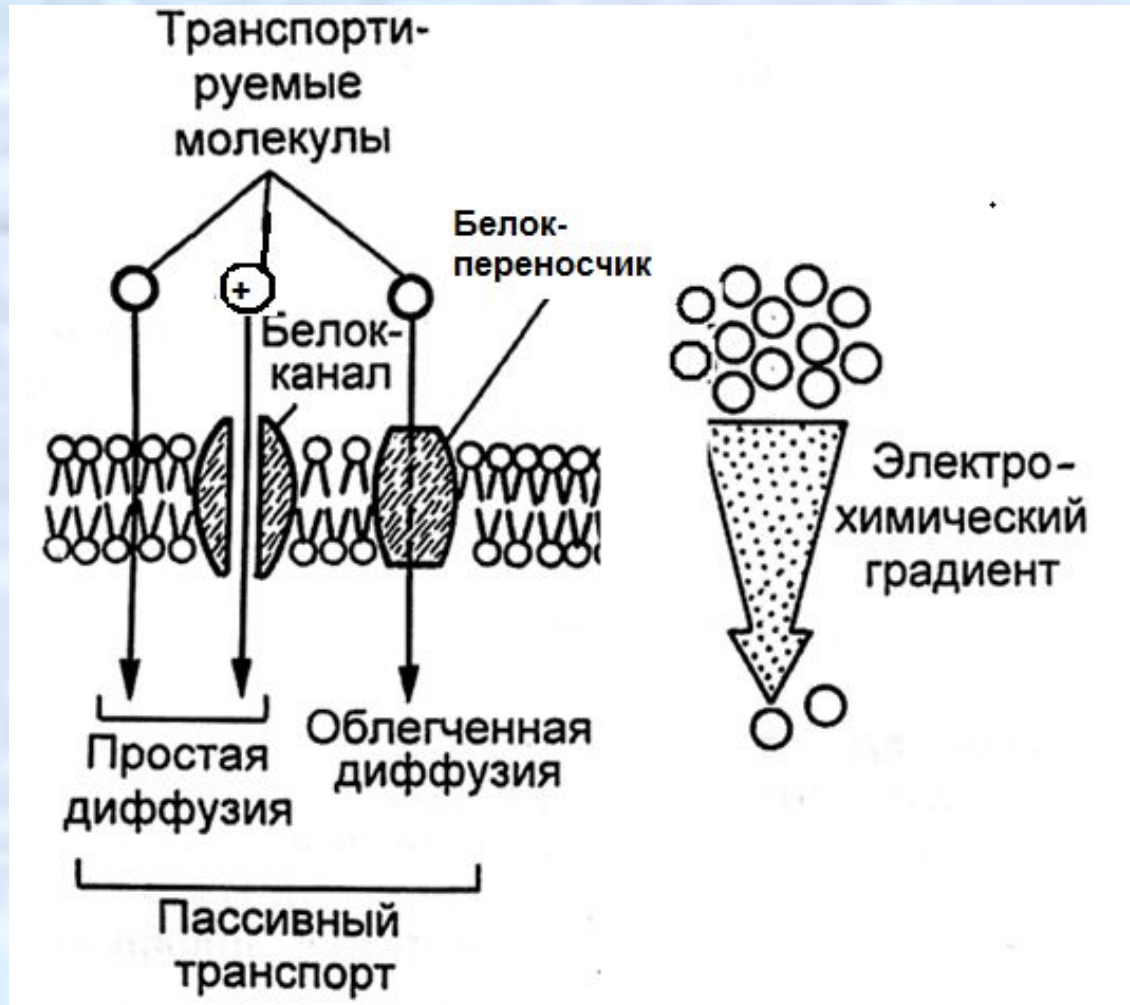
Движущие силы **пассивного транспорта**
веществ через биологическую мембрану -

градиенты:

□ **концентрационный** – для нейтральных молекул

□ **электрохимический** – для ионов

ТРАНСПОРТ НЕЙТРАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ И ИОНОВ



УРАВНЕНИЕ **ФИКА** ДЛЯ ПРОСТОЙ ДИФФУЗИИ

$$\frac{dm}{dt} = -DS \frac{dC}{dx}$$

Скорость переноса

D – коэффициент диффузии
S – площадь, через которую
происходит перенос

Концентрационный
градиент

УРАВНЕНИЕ Коллендера – Берлунда

(при условии, что мембрана имеет постоянную толщину)

$$\frac{dm}{dt} = PS(c_1 - c_2)$$

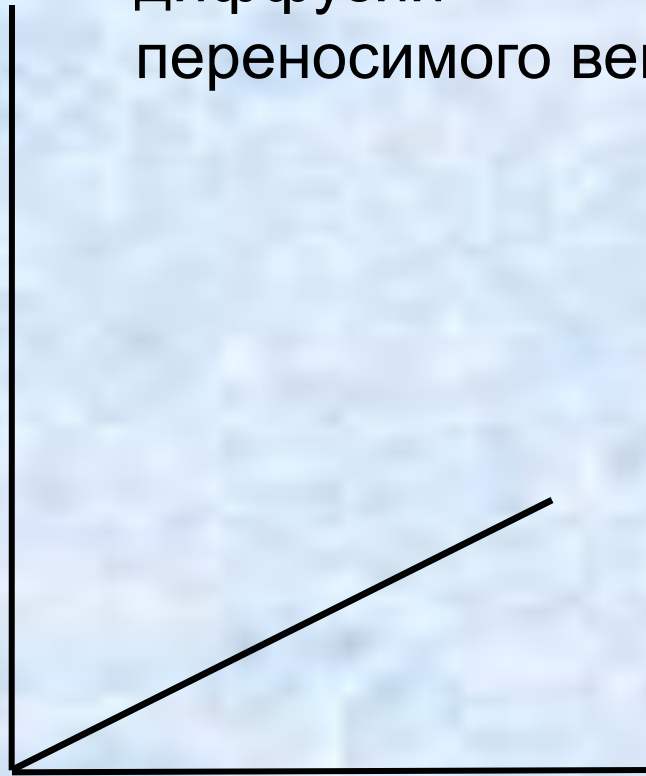
P — КОЭФФИЦИЕНТ ПРОНИЦАЕМОСТИ

$P = D\beta/l$, где l — ТОЛЩИНА МЕМБРАНЫ, β -
КОЭФФИЦИЕНТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

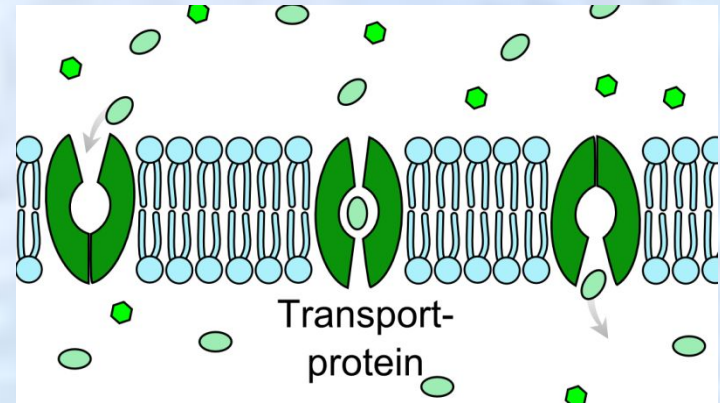
C_1 и C_2 — КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА ПО ОБЕ СТОРОНЫ
МЕМБРАНЫ

Зависимость скорости простой диффузии от концентрации переносимого вещества

dm/dt

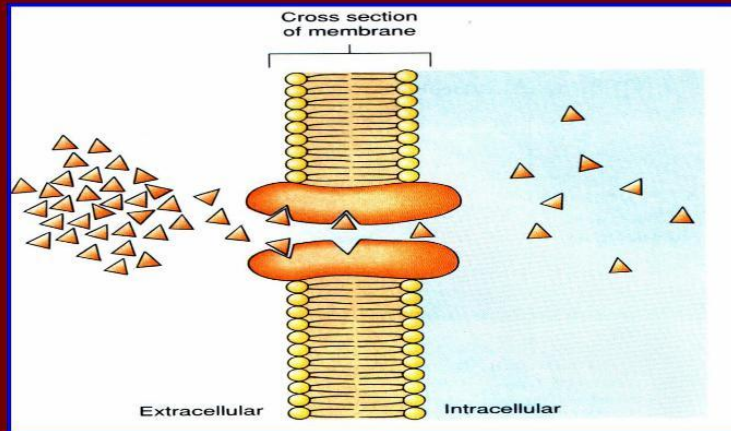


C



ОБЛЕГЧЕННАЯ ДИФФУЗИЯ

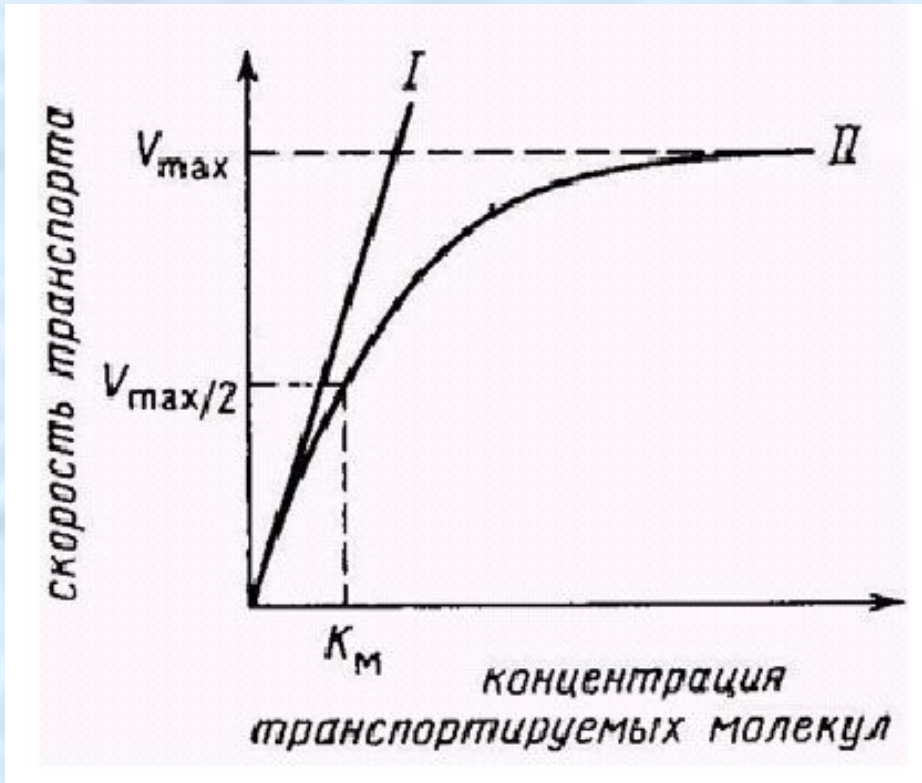
Облегченная диффузия



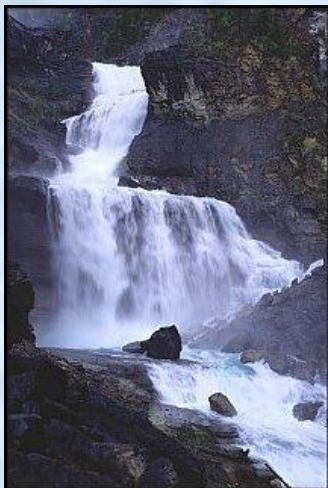
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ОБЛЕГЧЕННОЙ ДИФФУЗИИ:

- перенос веществ с участием переносчика происходит значительно быстрее по сравнению со свободной диффузией
- обладает свойством насыщения
- наблюдается конкуренция переносимых веществ в тех случаях, когда одним переносчиком переносятся разные вещества
- имеются блокаторы

ОБЛЕГЧЕННАЯ ДИФФУЗИЯ

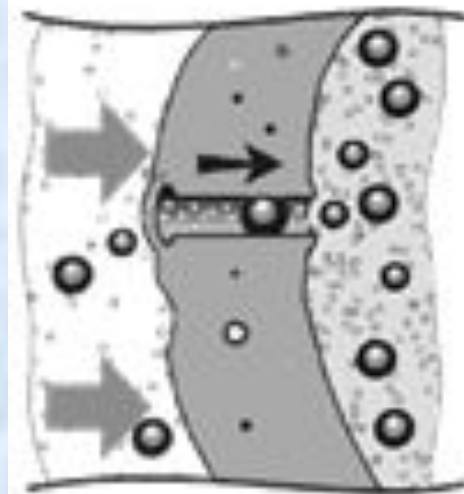


$$J = \frac{J_{\max} [S]}{K + [S]}$$



ТРАНСПОРТ ВОДЫ

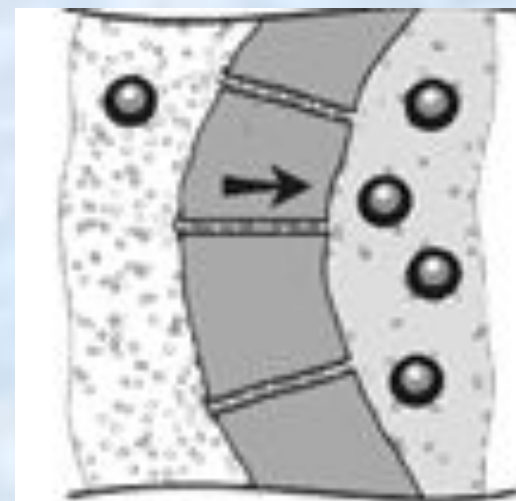
ФИЛЬТРАЦИЯ – перенос воды из области высокого гидростатического давления в область низкого.



Фильтрация

□ градиент гидростатического давления
□ осмотический градиент

ОСМОС – перенос воды из области низкой концентрации растворенного вещества в область высокой концентрации

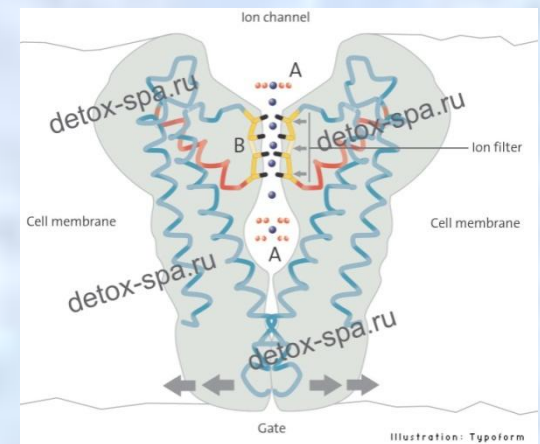


Осмоз

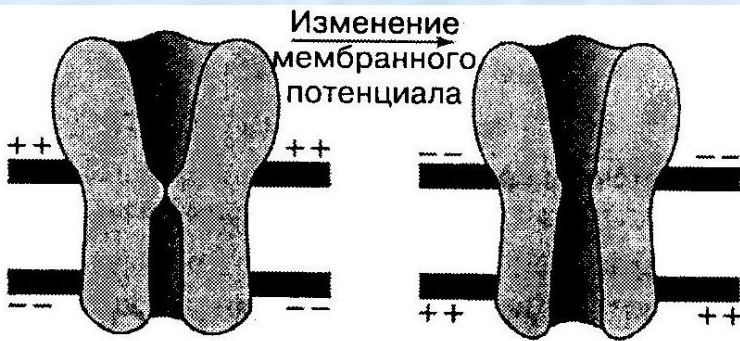
ИОННЫЕ КАНАЛЫ

СВОЙСТВА ИОННЫХ КАНАЛОВ

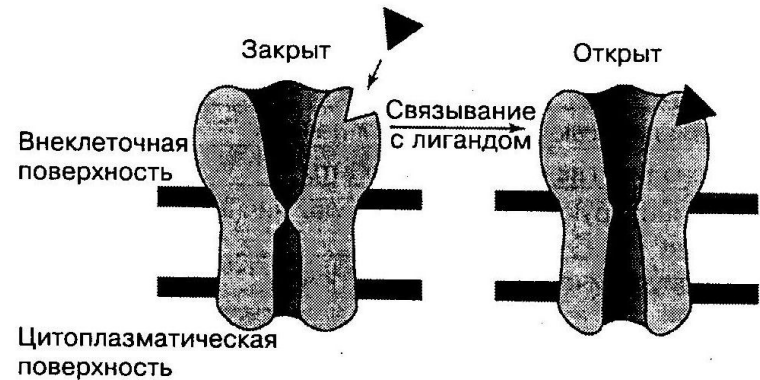
1. СЕЛЕКТИВНОСТЬ
2. НАСЫЩЕНИЕ
3. КОНКУРЕНТНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ИОННЫХ КАНАЛОВ ИОНАМИ-БЛОКАТОРАМИ
4. КАНАЛЫ – УПРАВЛЯЕМЫЕ СТРУКТУРЫ
5. НЕЗАВИСИМОСТЬ РАБОТЫ ИОННЫХ КАНАЛОВ
6. ДИСКРЕТНЫЙ ХАРАКТЕР ПРОВОДИМОСТИ КАНАЛОВ



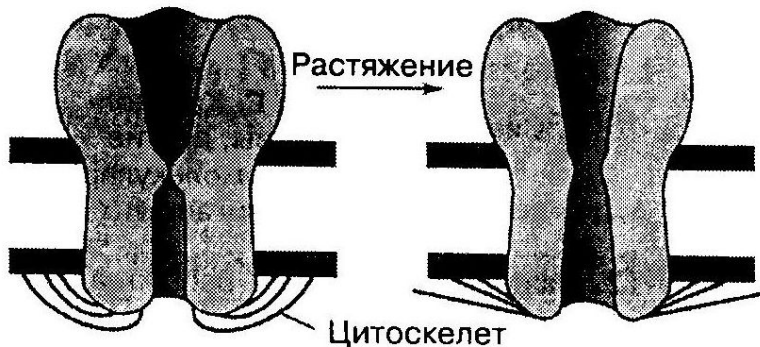
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ИОННЫХ КАНАЛОВ ПО МЕХАНИЗМУ УПРАВЛЕНИЯ



ПОТЕНЦИАЛОЗАВИСИМЫЕ КАНАЛЫ

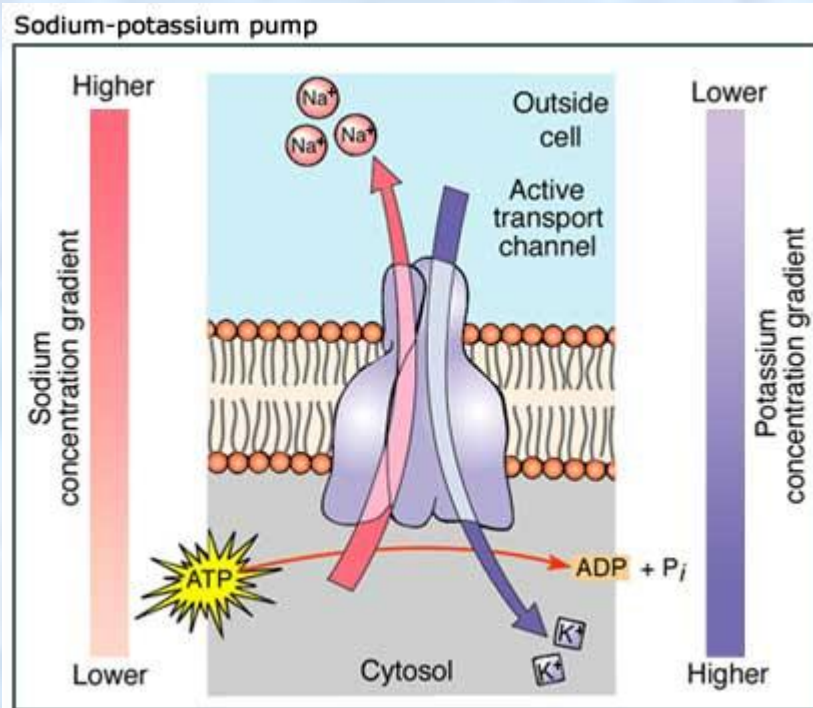


ХЕМОЗАВИСИМЫЕ КАНАЛЫ

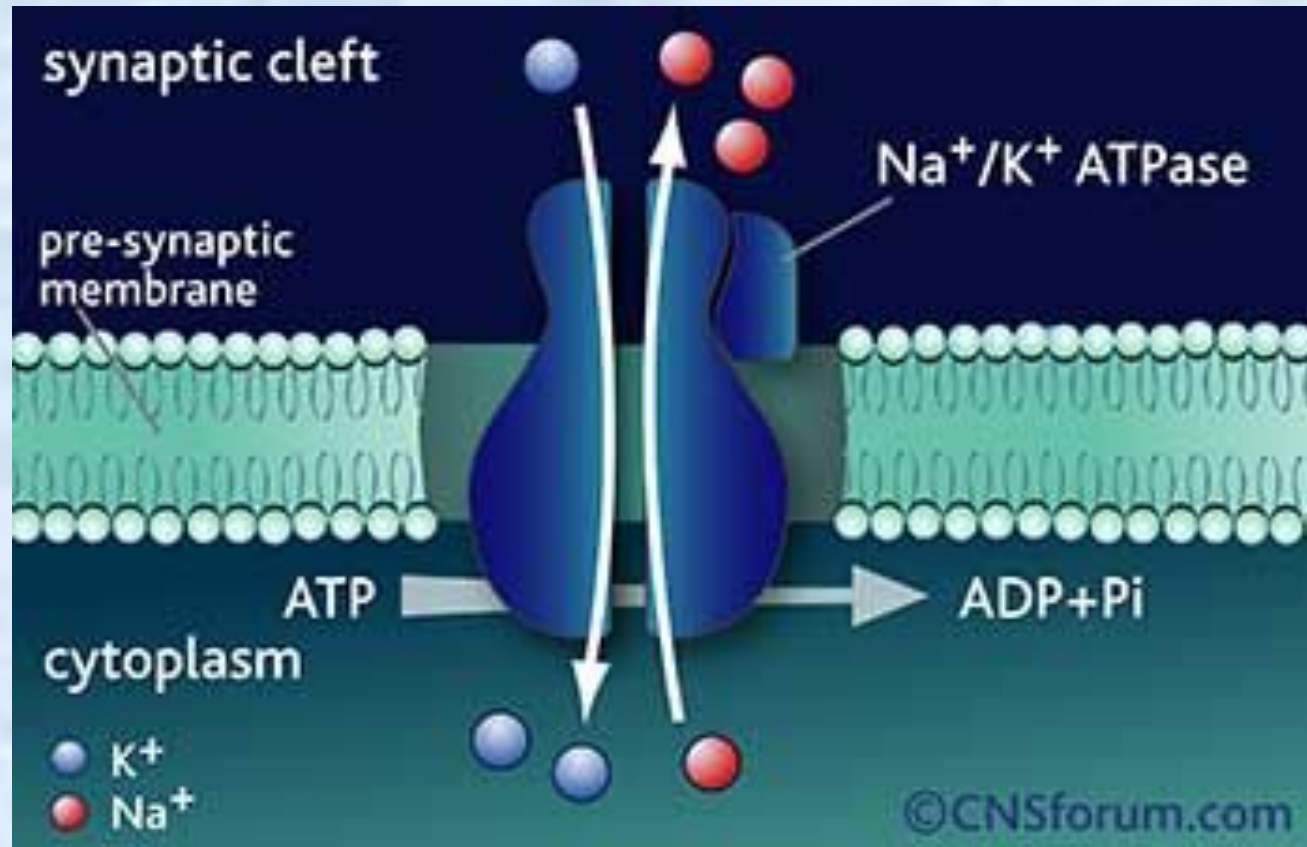


МЕХАНОЗАВИСИМЫЕ КАНАЛЫ

АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ



Na/K АТФаза

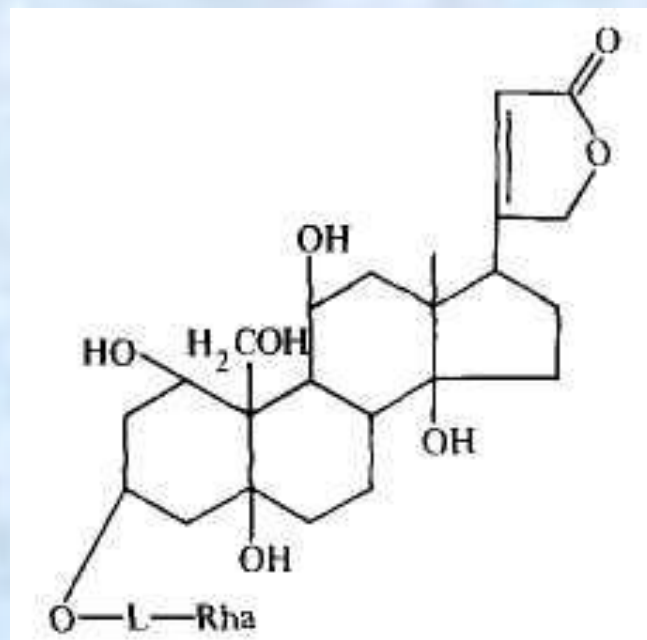


ЛОКАЛИЗОВАНА НА ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЕ
СОЗДАЕТ ГРАДИЕНТ ИОНОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ

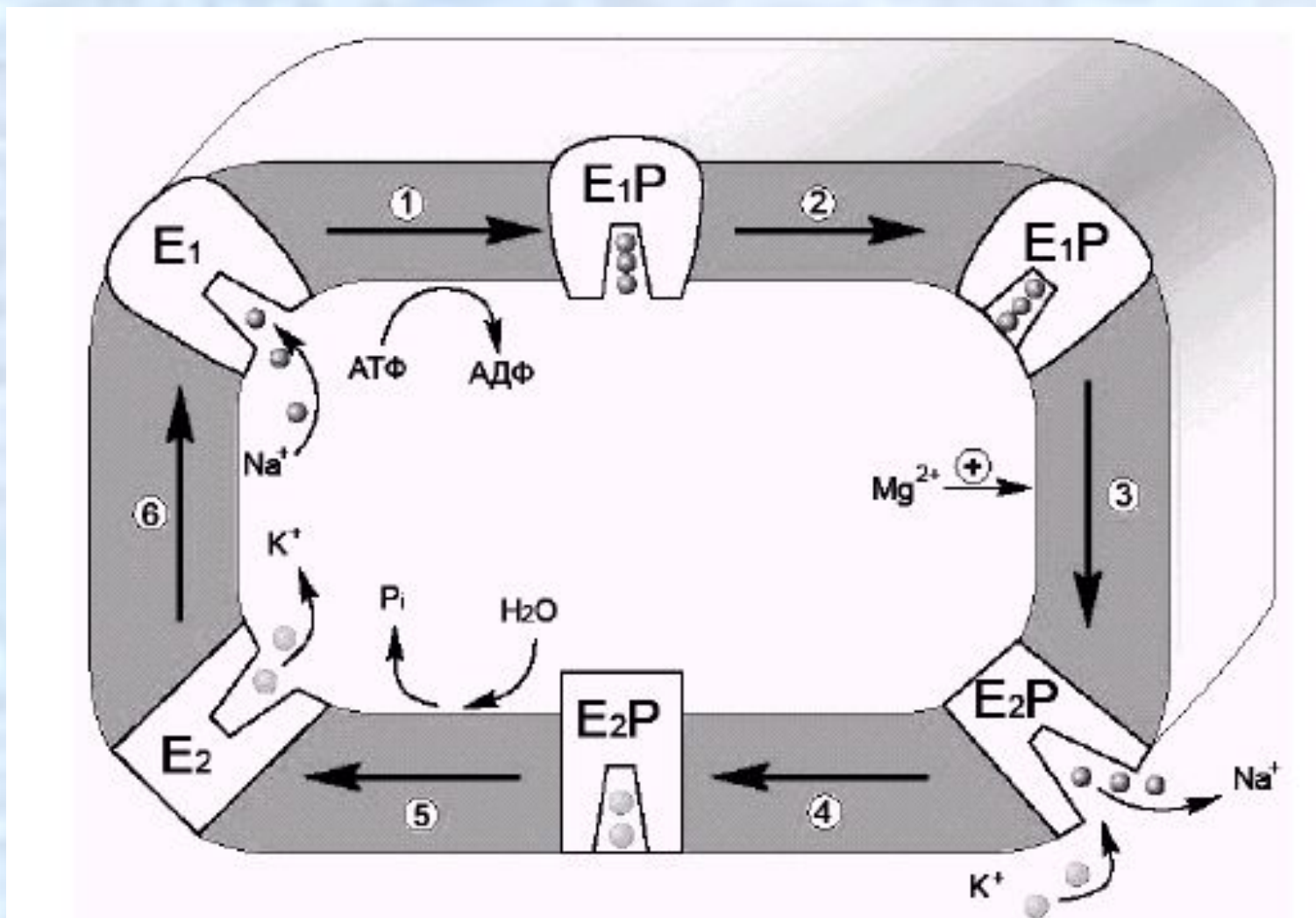
УАБАИН – ингибитор Na,K-АТФазы



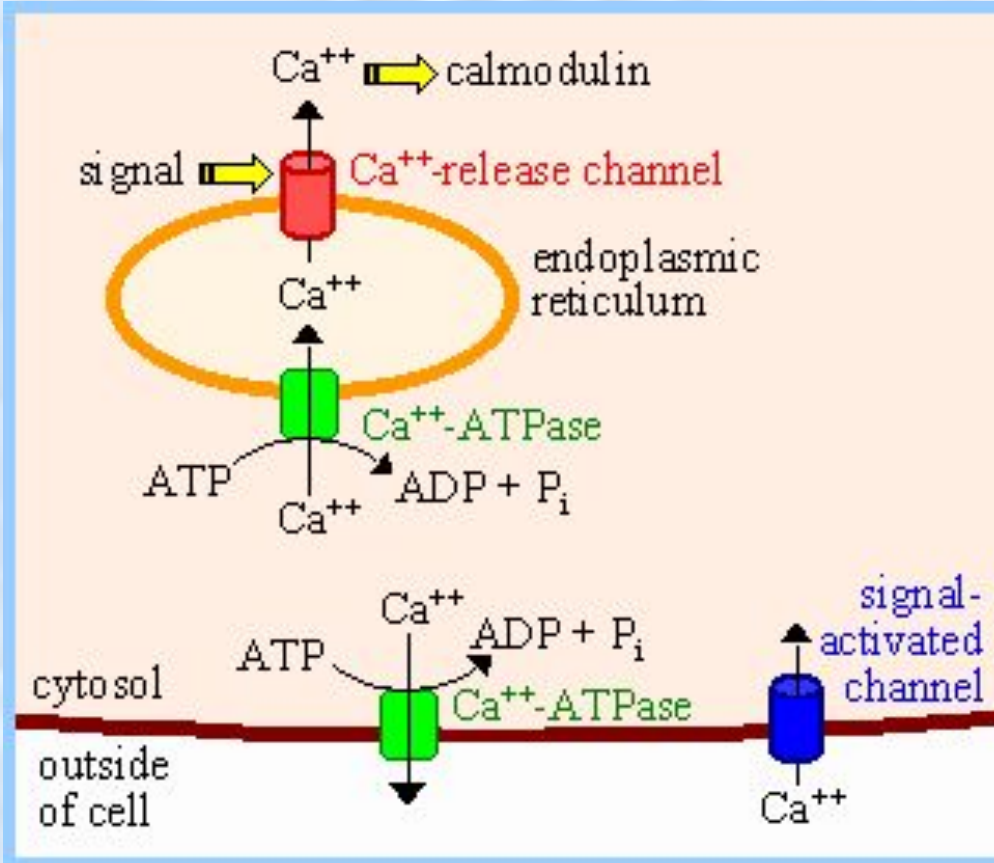
Строфант



РЕАКЦИОННЫЙ ЦИКЛ Na/K АТФазы



Ca²⁺ АТФаза



ЛОКАЛИЗАЦИЯ:

- САРКО- (ЭНДО)-ПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ
- ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ МЕМБРАНА

ВСЕ **Ca²⁺ АТФазы** – МОНОМЕРНЫЕ БЕЛКИ, Т.Е.
СОСТОЯТ ИЗ ОДНОЙ ПОЛИПЕПТИДНОЙ ЦЕПИ

Ca²⁺ АТФаза СПР И
ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ
МЕМБРАНЫ БЛИЗКИ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ
СВОЙСТВАМ, НО ОБРАЗУЮТСЯ ПРИ УЧАСТИИ РАЗНЫХ ГЕНОВ
ОТЛИЧАЮТСЯ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЕ, ПО МЕХАНИЗМАМ
РЕГУЛЯЦИИ

СТРУКТУРА Ca^{2+} АТФазы

Са АТФаза

СПР

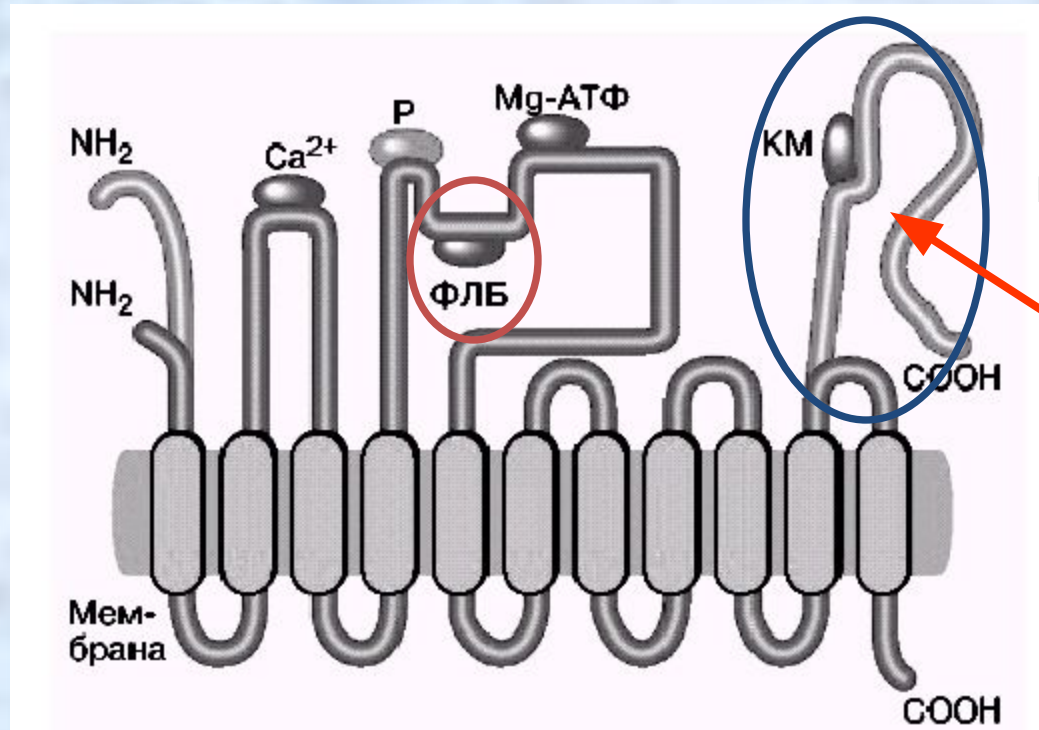
снаружи

Са АТФаза
наружной
мембраны

внутри

Дополнительная
петля

снаружи

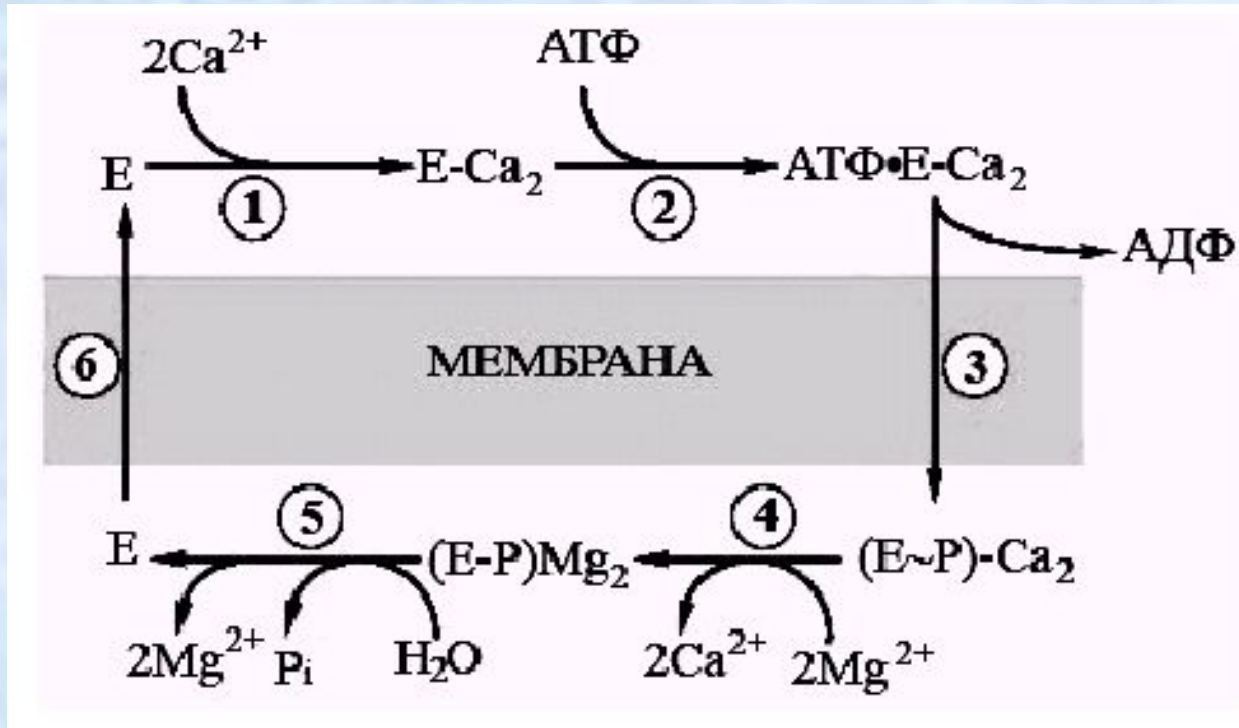


Мем-
брана

COOH

ФБЛ – фосфоламбан (у Са АТФазы саркоплазматического ретикулума), **КМ – кальмодулин** (у Са АТФазы плазматической мембраны)

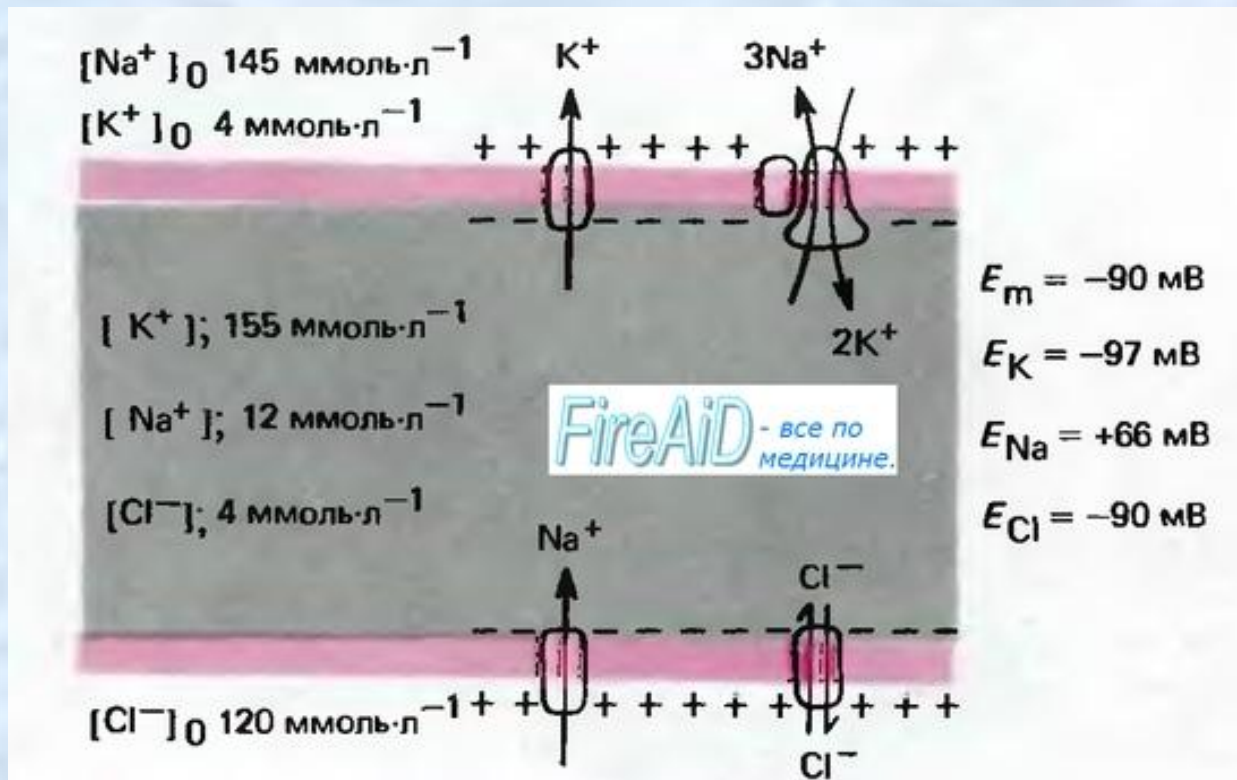
ЦИКЛ РАБОТЫ Ca^{2+} АТФазы



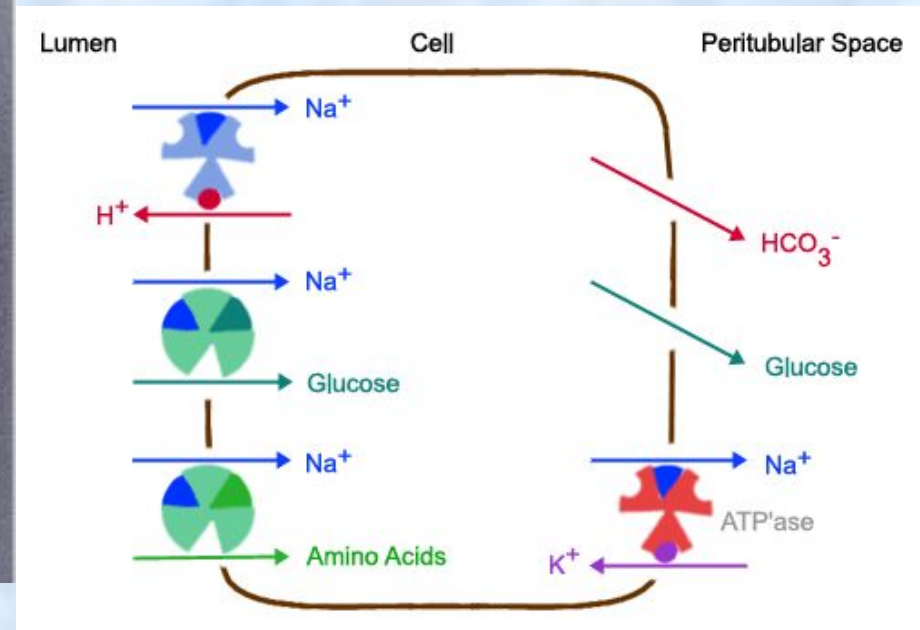
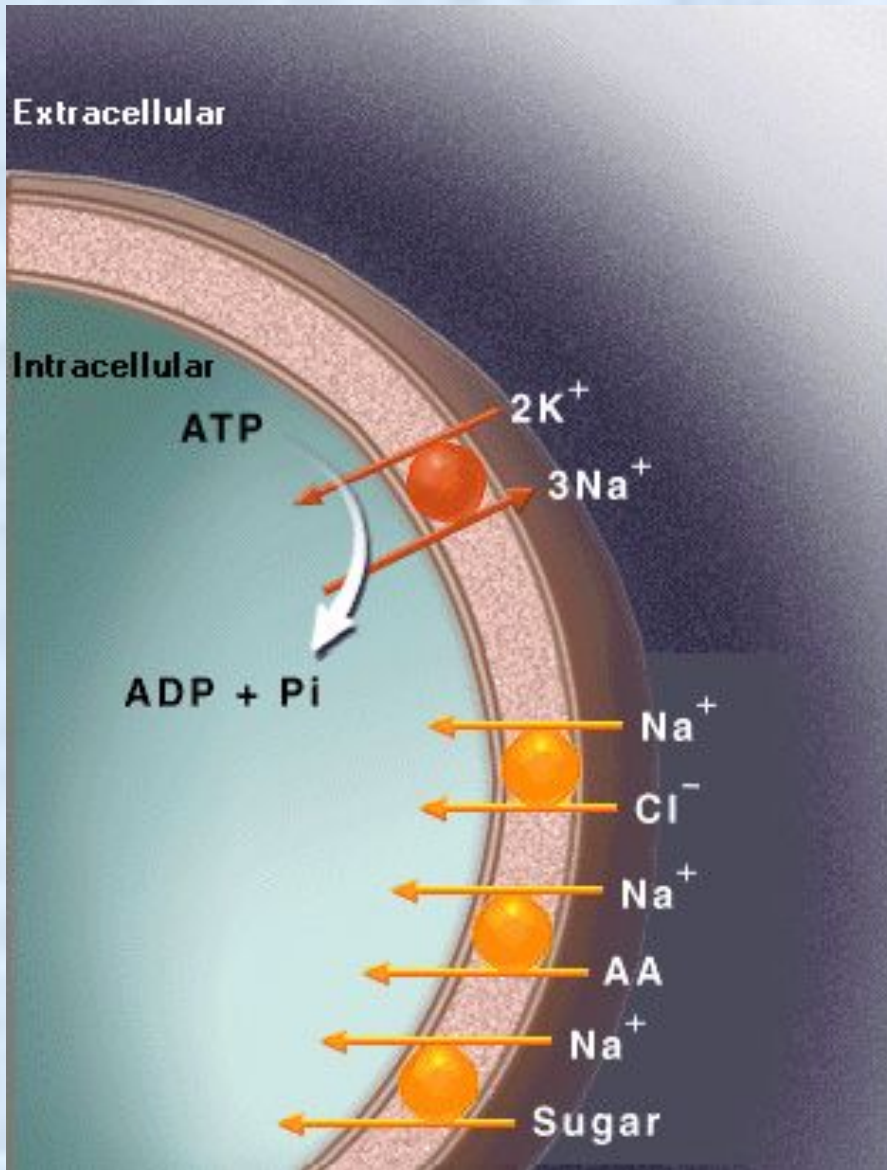
СТАДИИ ГИДРОЛИЗА **АТФ** ЧЕРЕДУЮТСЯ СО СТАДИЯМИ ПЕРЕНОСА ИОНОВ КАЛЬЦИЯ

ЗНАЧЕНИЕ АТФаз

СОЗДАНИЕ ИОННЫХ ГРАДИЕНТОВ В КЛЕТКАХ



ВТОРИЧНЫЙ АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ



ВТОРИЧНЫЙ АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ

ТРАНСПОРТ САХАРОВ И АМИНОКИСЛОТ ЗА СЧЕТ **ЭНЕРГИИ**
ГРАДИЕНТА Na^+ , КОТОРЫЙ СОЗДАЕТСЯ БЛАГОДАРЯ
РАБОТЕ **Na/K** НАСОСА

ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. **СТЕРЕОСПЕЦИФИЧНОСТЬ** (стереоизомеры сахаров и аминокислот транспортируются с разной скоростью)
2. **СПЕЦИФИЧЕСКОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ** (флоридзин ингибирует транспорт сахаров, но не аминокислот)
3. **ВЗАИМНОЕ КОНКУРЕНТНОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ** (вещества одного класса тормозят перенос друг друга)
4. **ЭФФЕКТ НАСЫЩЕНИЯ** (транспорт с помощью переносчика)

$$J = \frac{J_{\max} [S]}{K + [S]}$$

Уравнение для транспорта сахаров

J_{max} = 12 мкмоль / м² с – одинакова для всех моносахаридов

K характеризует сродство переносчика к моносахариду и различна для разных моносахаридов при нормальном содержании ионов натрия в среде:

K для глюкозы 1,4 ммоль/л, галактозы – 0,35 ммоль/л, для пентоз – от 2,8 до 19,6 ммоль/л

ТРАНСПОРТ ГЛЮКОЗЫ, СОПРЯЖЕННЫЙ С ИОНАМИ НАТРИЯ

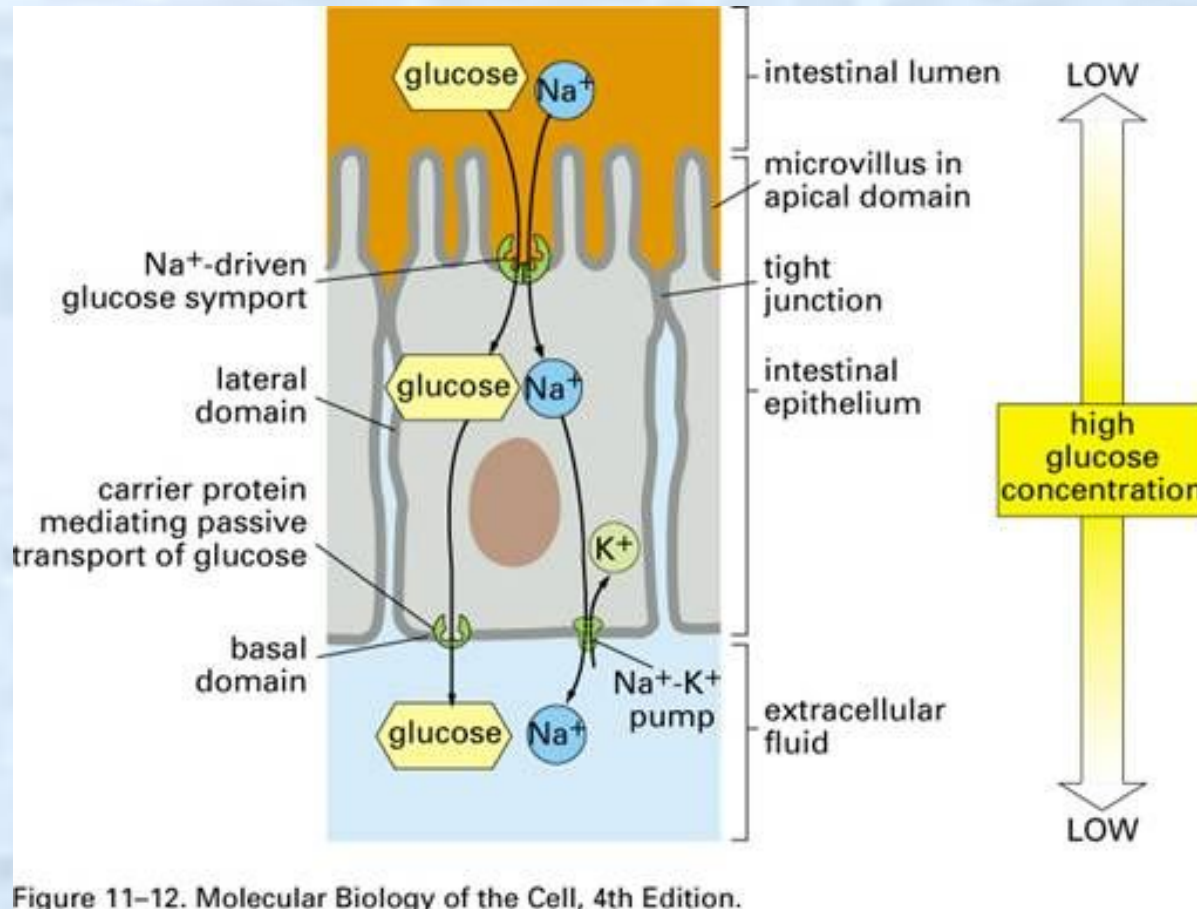


Figure 11-12. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

ТРАНСПОРТ АМИНОКИСЛОТ, СОПРЯЖЕННЫЙ С ИОНАМИ НАТРИЯ

