

# Лекция 1

## **Введение в физиологию. Физиология возбудимых тканей**

# Основные разделы современной физиологии

- **общая**

- **частная**

  - физиология дыхания

  - физиология кровообращения и т.д.

- **прикладная**

  - физиология труда

  - физиология спорта

  - физиология питания

  - экологическая физиология

# Методы исследования

- Острые
- Хронические
- Аналитические
- Синтетические
- Экстирпации
- Трансплантации
- Денервации
- Стимуляции
- Фистульный
- Пересадки органа
- Клинико-анатомические
- Инструментальные
- Генетические

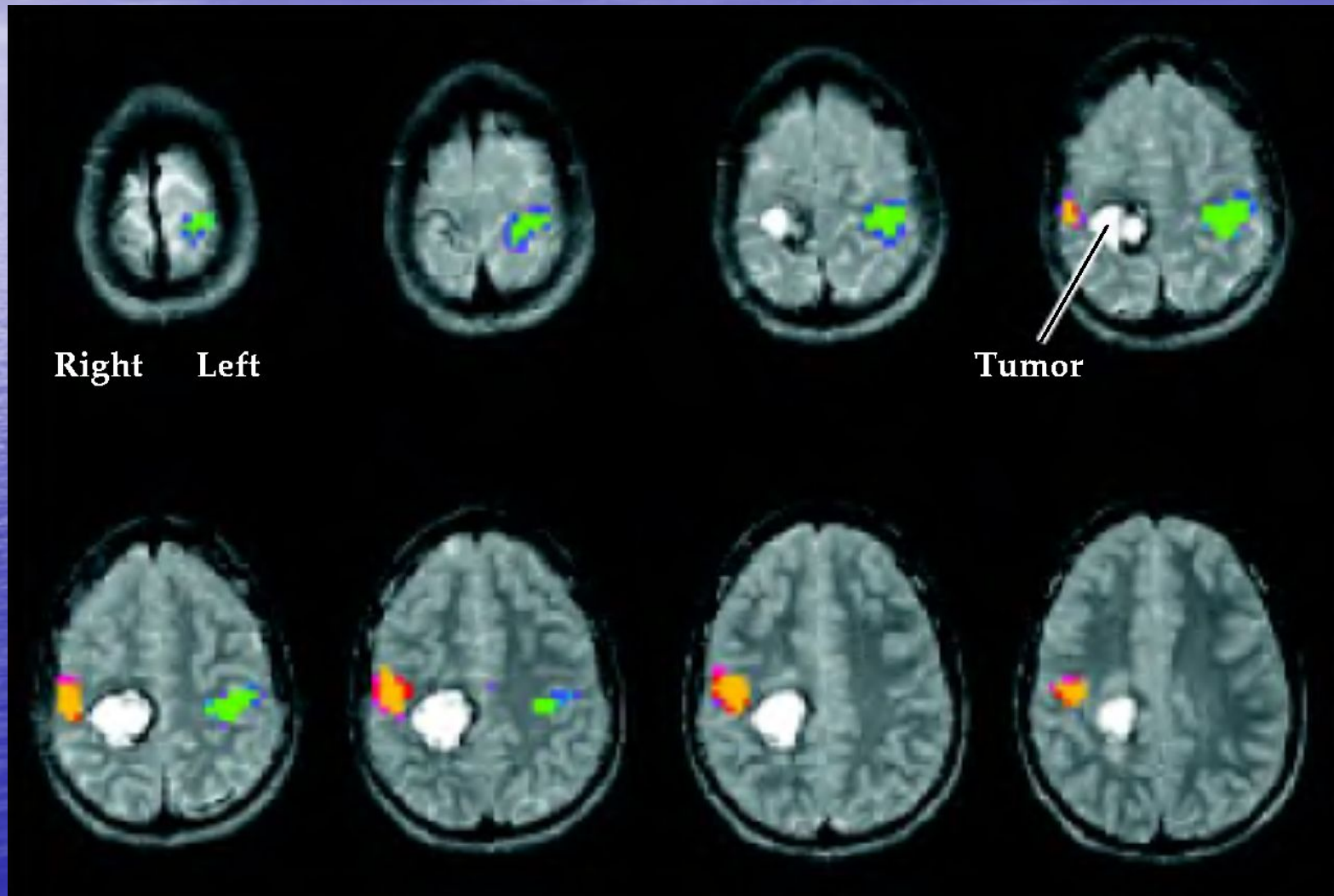
# ИНВАЗИВНЫЕ И НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ

- . Инвазивные – методы исследования функций физиологической системы, которые сопровождаются ее частичным повреждением (например, взятие пробы крови или ликвора),
- неинвазивными именуют методики при которых, не происходит повреждения или нарушения целостности физиологической системы (например, электрокардиография или электроэнцефалография).

# инструментальные методы

- Электрофизиологические
- Клинические и функциональные пробы
- Functional brain imaging
  - Позитронно-эмиссионная томография
  - Однофотонная эмиссионная компьютерная томография
  - functional magnetic resonance imaging

# functional magnetic resonance imaging



# Метод нокаута генов

- позволяет получать линии нокаутных мышей (knock-out mice, knockout mice) — мутантных мышей, у которых выключены определенные гены. Этот метод позволяет исследовать роль каждого конкретного гена в развитии организма и в его нормальной и патологической работе и изучать различные человеческие болезни, используя мышей в качестве модельных объектов. Выключенный ген приводит к тем или иным нарушениям. Характер этих нарушений позволяет судить о функциях данного



# Основные свойства живого организма

- живой организм (или физиологическая система) - это относительно автономная, самостоятельно функционирующая, саморегулирующаяся система, реагирующая как единое целое на изменение среды
- основные свойства живых систем - метаболизм, рост и развитие, способность к размножению, целостность и дискретность, раздражимость и возбудимость, гомеостаз и др.



# механизмы регуляции функций организма

- **Нервный**. Характеризуется меньшим латентным периодом, большей скоростью, локальностью ответа.
- **Гуморальный** – за счет циркуляции в крови определенных химических соединений. Характеризуется большим латентным периодом, меньшей скоростью, и диффузностью ответа.

# Базовые понятия физиологии возбудимых систем

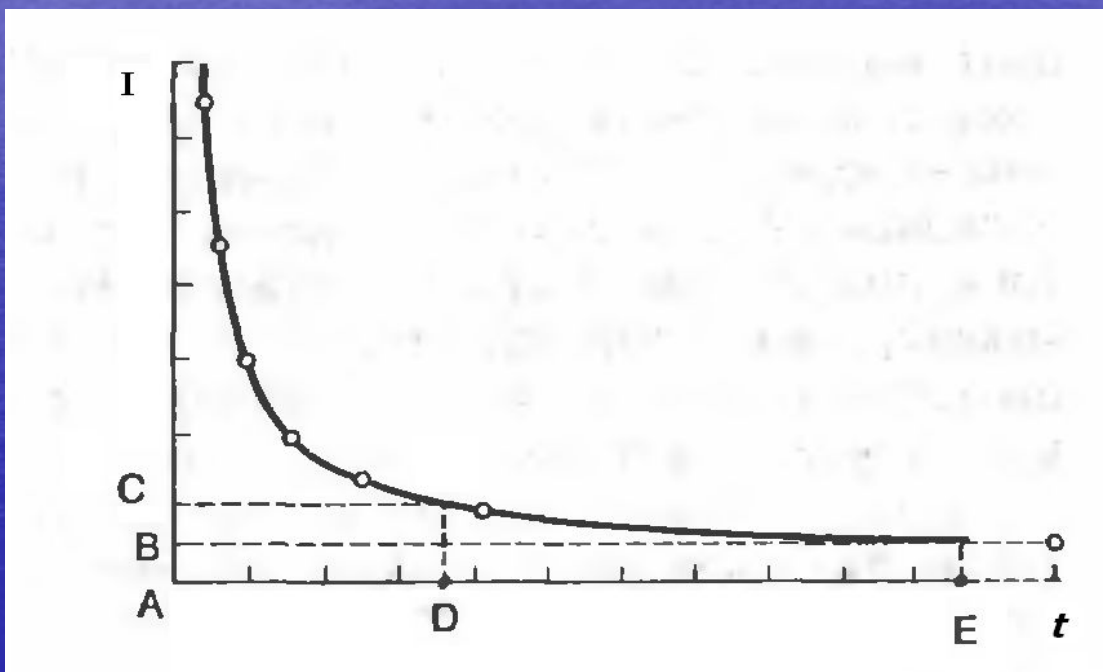
- **Раздражимость** – это способность (свойство) всех физиологических систем активно отвечать на внешнее или внутреннее воздействие той или иной ответной реакцией, например, усилением метаболизма и роста, ускорением деления, выбросом секрета, движением и т.д.
- **Возбудимость** – это способность (свойство) некоторых физиологических систем отвечать на внешнее или внутреннее воздействие в виде специализированной ответной реакции – генерации потенциала действия.

# раздражители

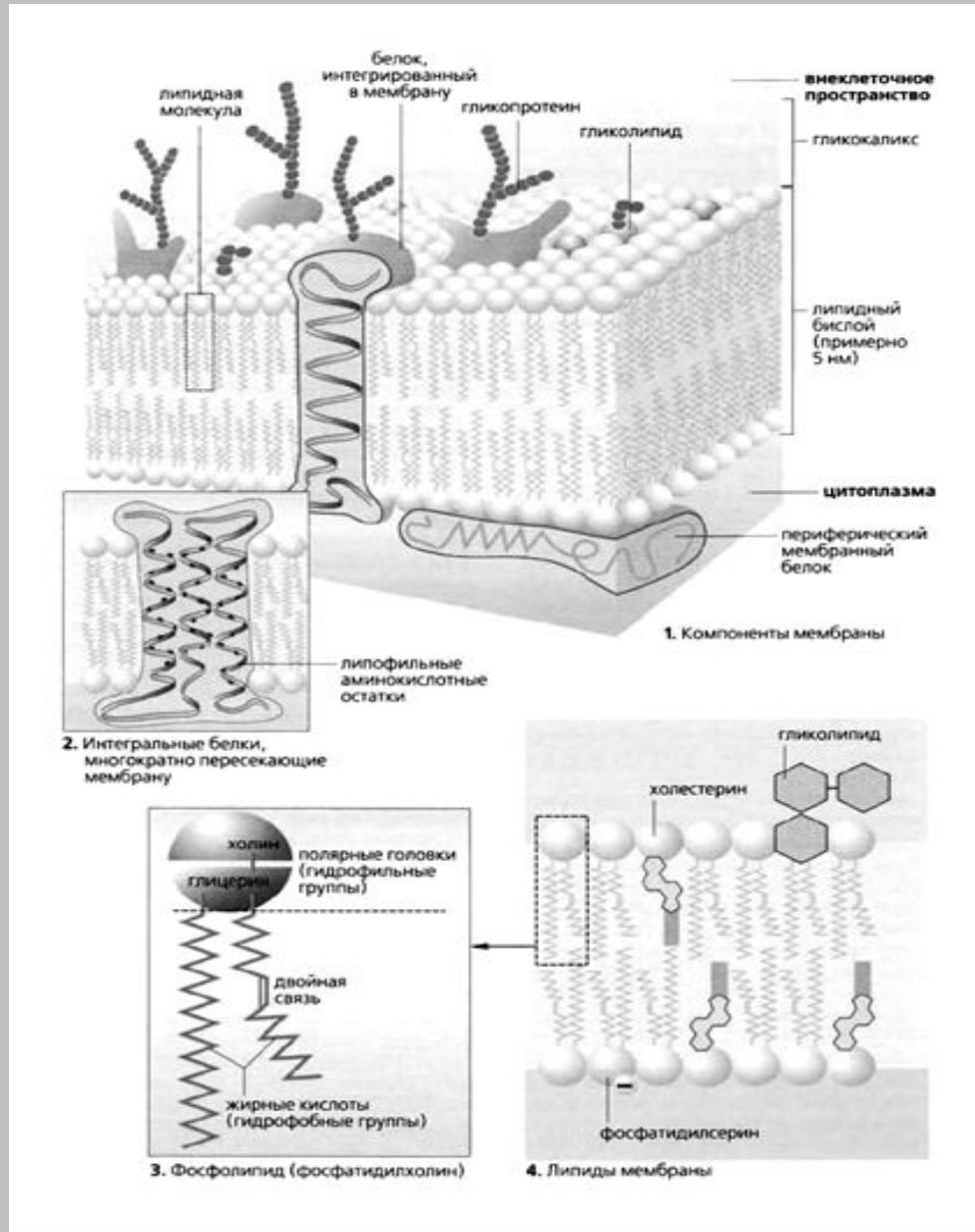
- Пороговые
- Подпороговые
- Надпороговые
- Физические
- Химические
- Биологические
- Адекватные
- Неадекватные

# Кривая «сила-длительность»

- АВ – реобазис
- АЕ – полезное время
- АД – хронаксия
- АС – удвоенная реобазис



# Строение мембран



# Липиды мембран

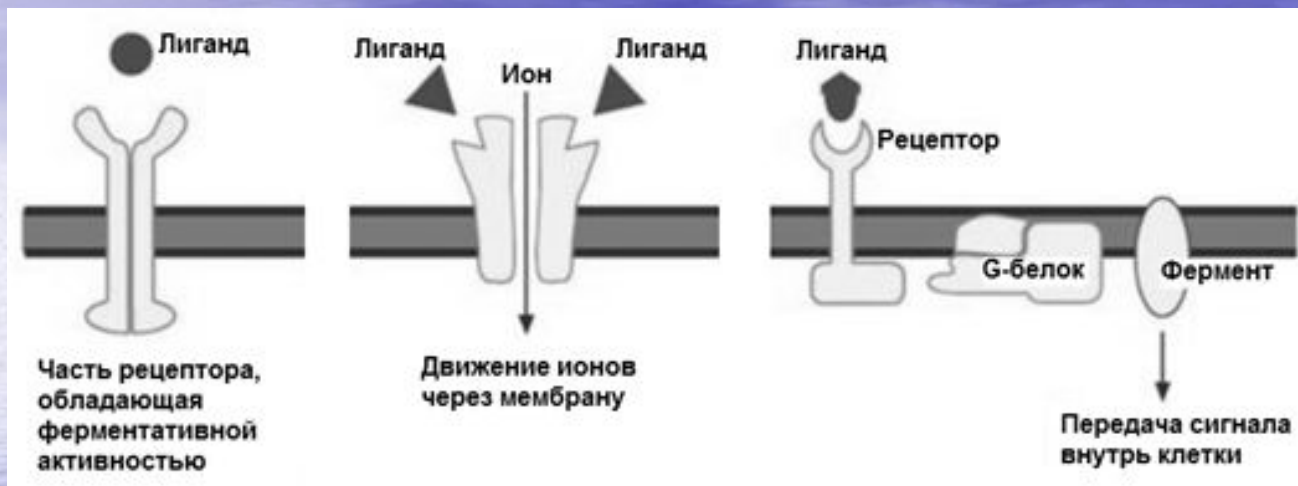
- **Холестерол**
- **Гликолипиды**
  - ганглиозиды
  - цереброзиды
- **Фосфолипиды**
  - сфингомиелин
  - фосфатидилхолин
  - фосфатидилсерин
  - этаноламин

# функции мембран

- 1. Барьерная**
- 2. Метаболическая**
- 3. Электрогенная**
- 4. Иммунологическая**
- 5. Рецептивная**
- 6. Обеспечение межклеточного взаимодействия.**

# Рецепторы

- Мембранные



- Ядерные

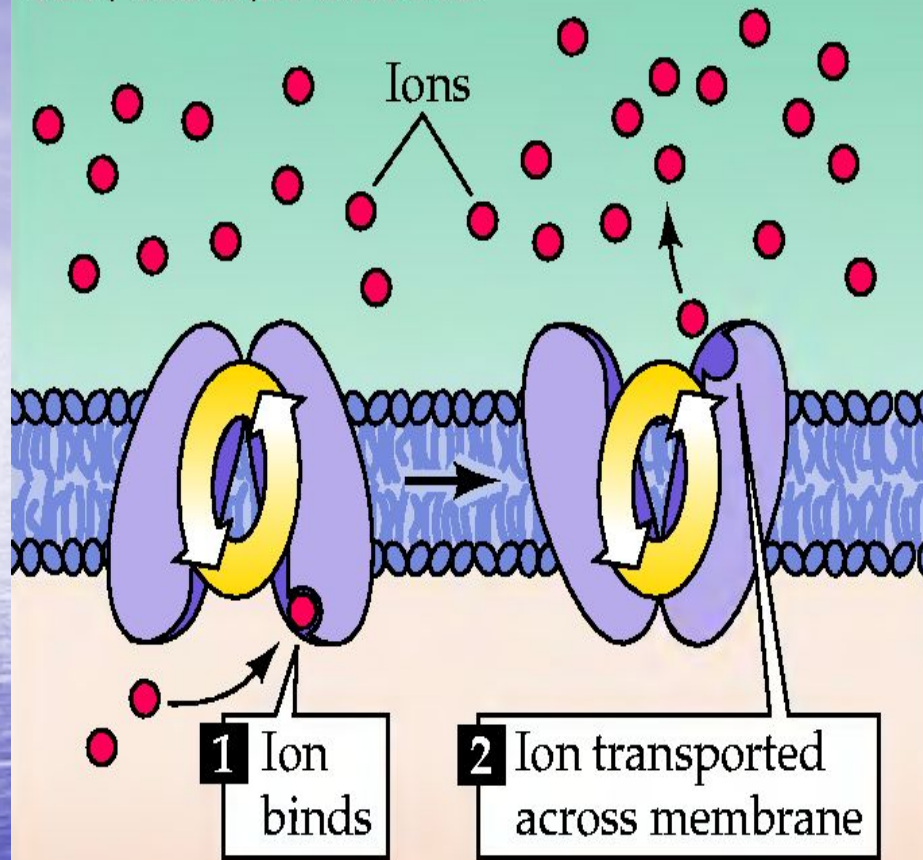




# Транспорт веществ через мембрану

- Пассивный
  - Простая диффузия
  - Облегченная диффузия
  - Осмос
- Активный
  - Первично-активный
  - Вторично-активный
    - а) Симпорт
    - б) Антипорт

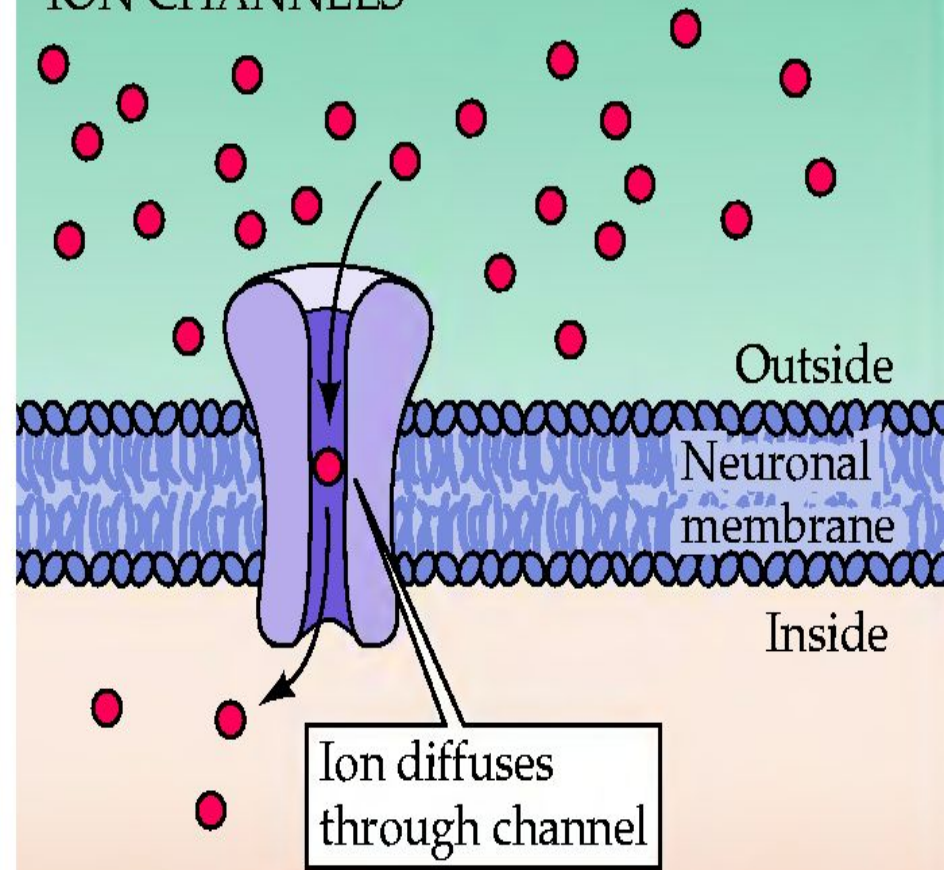
## ION TRANSPORTERS



### Ion transporters

- Actively move ions against concentration gradient
- Create ion concentration gradients

## ION CHANNELS



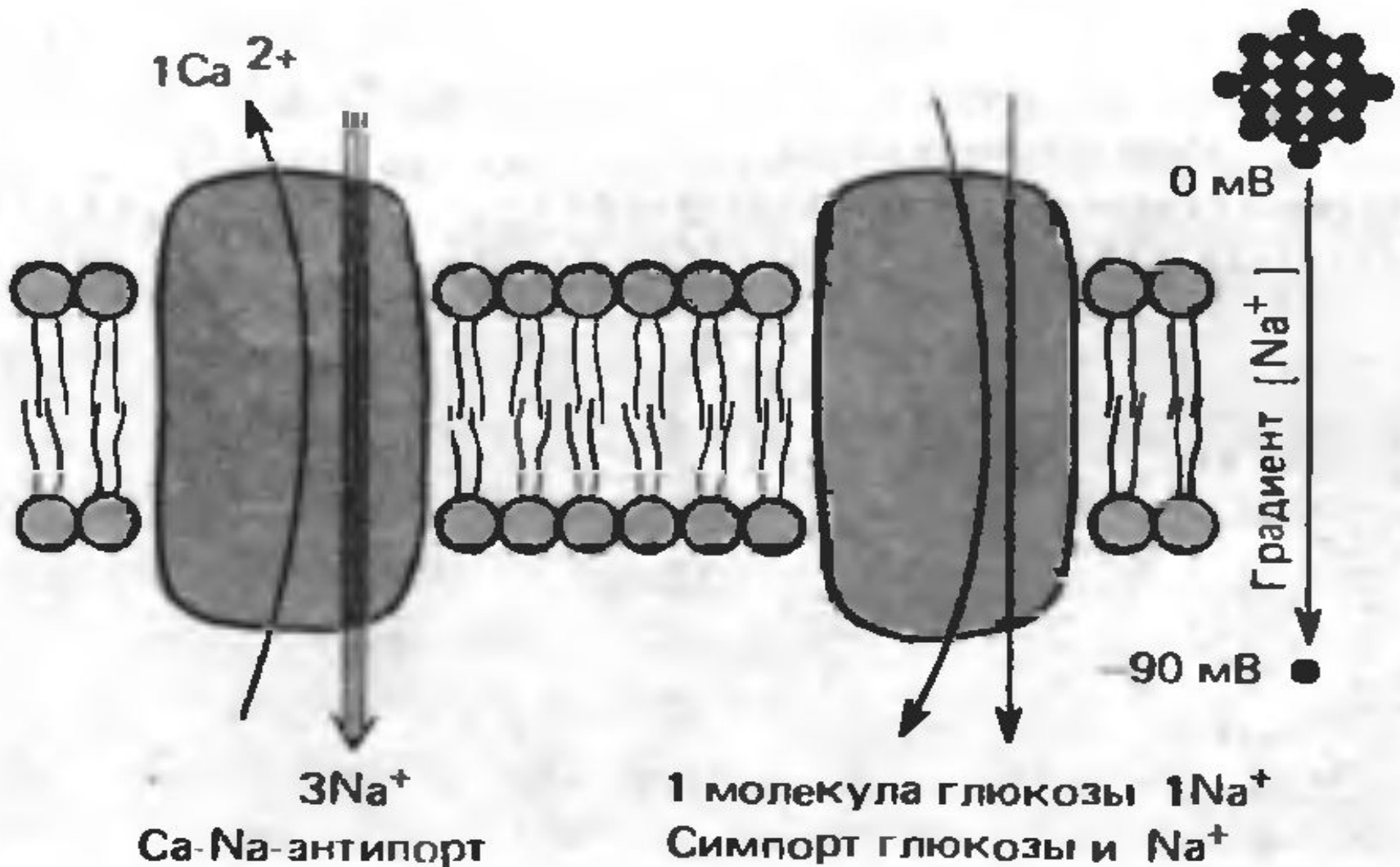
### Ion channels

- Allow ions to diffuse down concentration gradient
- Cause selective permeability to certain ions

# Классификация ионных каналов

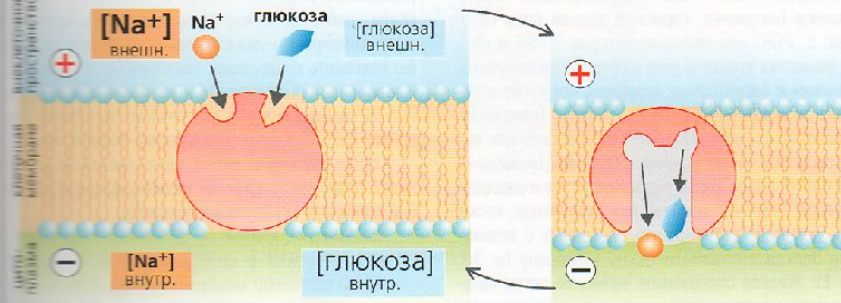
- **По типу активации**
  - Потенциалзависимые
  - Лигандзависимые
- **По селективности**
  - Селективные (Na, K, Ca, Cl)
  - Неселективные
- **По кинетике**
  - Быстрые
  - Медленные

# Вторично-активный транспорт



## Б. Вторичный и третичный активный транспорт

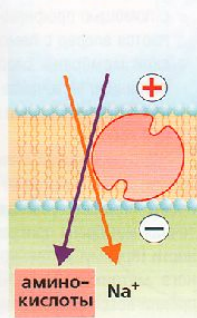
1. Электрохимический градиент  $\text{Na}^+$  запускает вторичный активный транспорт глюкозы



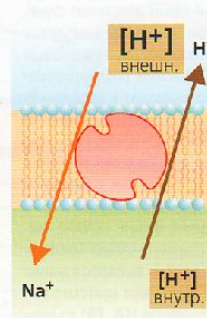
2. Электронейтральный симпорт



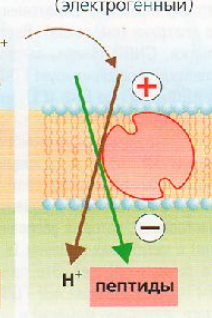
3. Электрогенный симпорт



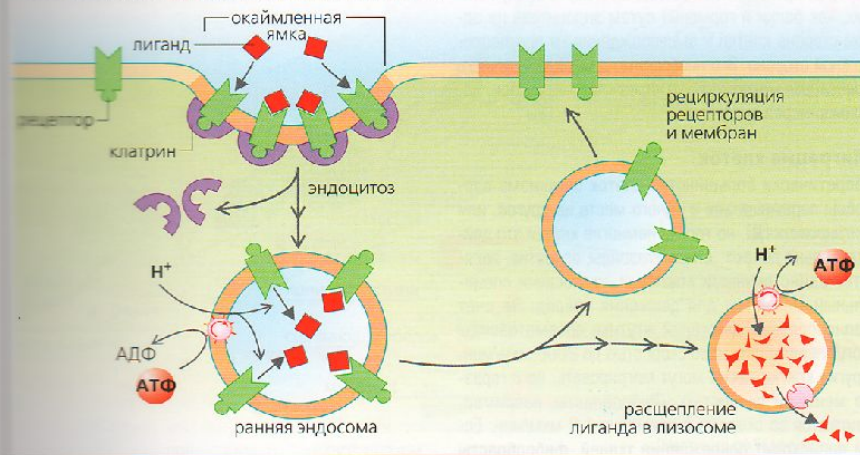
4. Электронейтральный антипорт



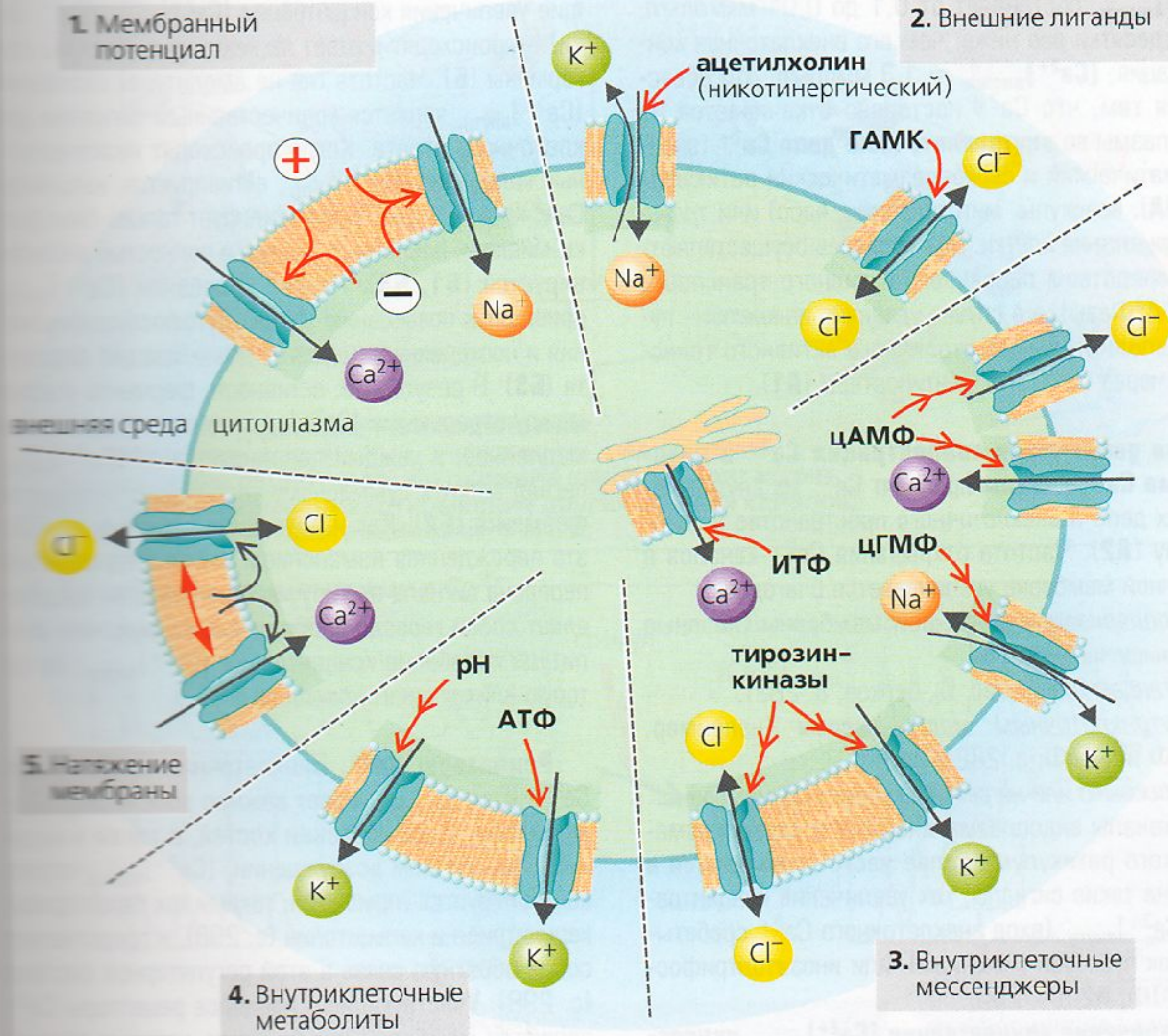
5. Третичный активный симпорт (электрогенный)



## В. Рецептор-опосредованный эндоцитоз

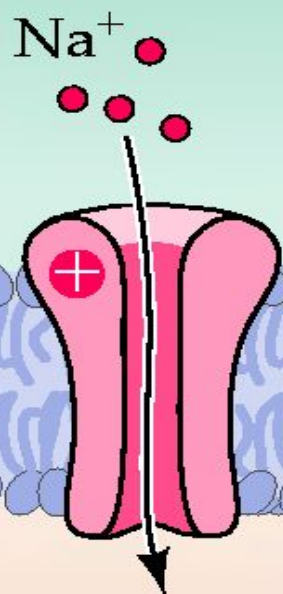


## В. Регуляция ионных каналов

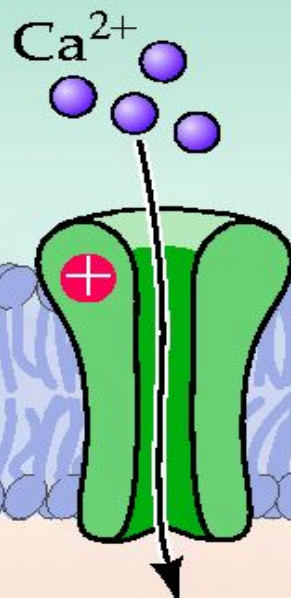


# Потенциалзависимые каналы

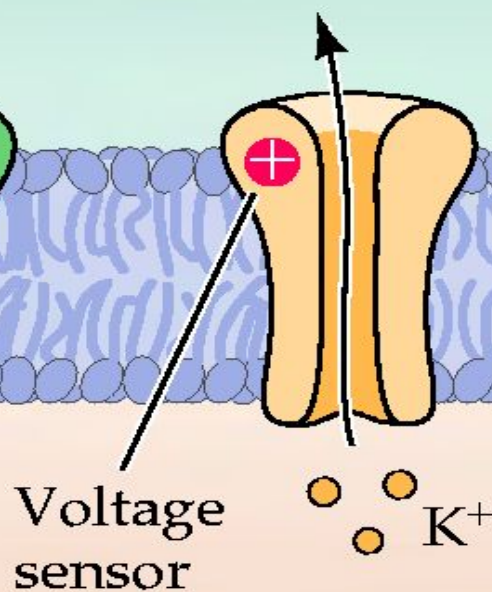
(A)  $\text{Na}^+$   
channel



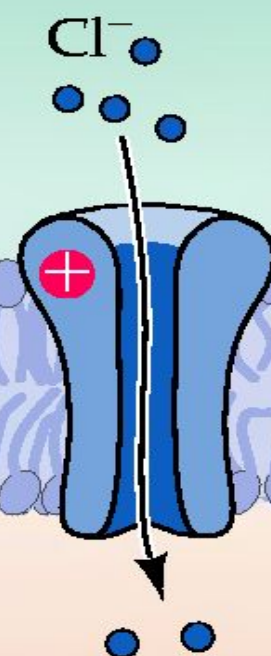
(B)  $\text{Ca}^{2+}$   
channel



(C)  $\text{K}^+$   
channel



(D)  $\text{Cl}^-$   
channel

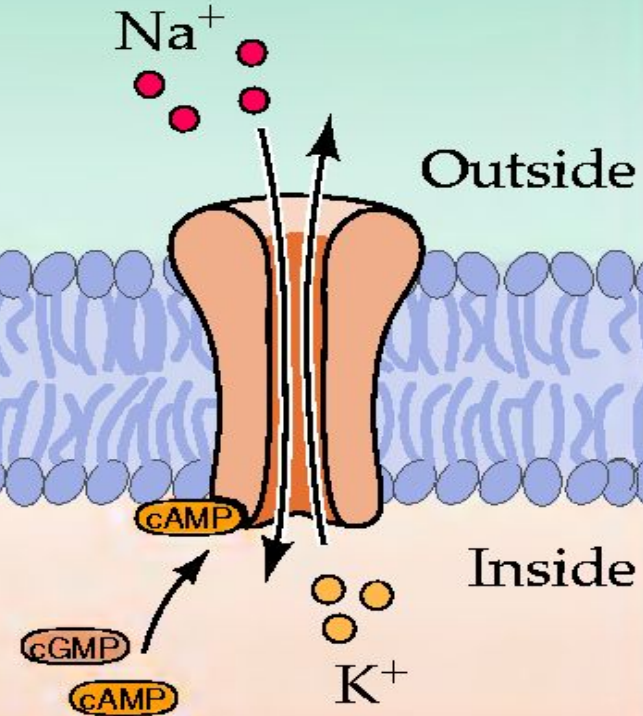
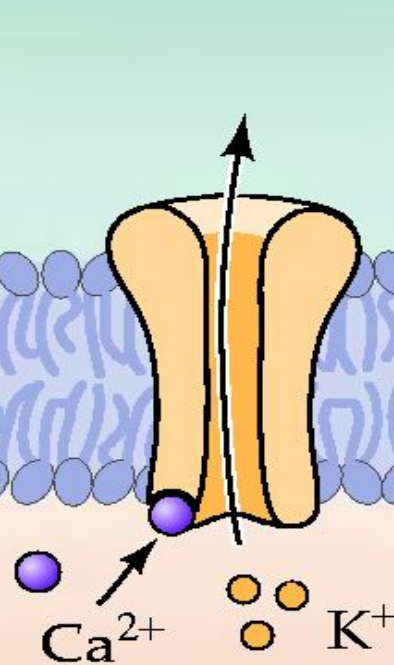
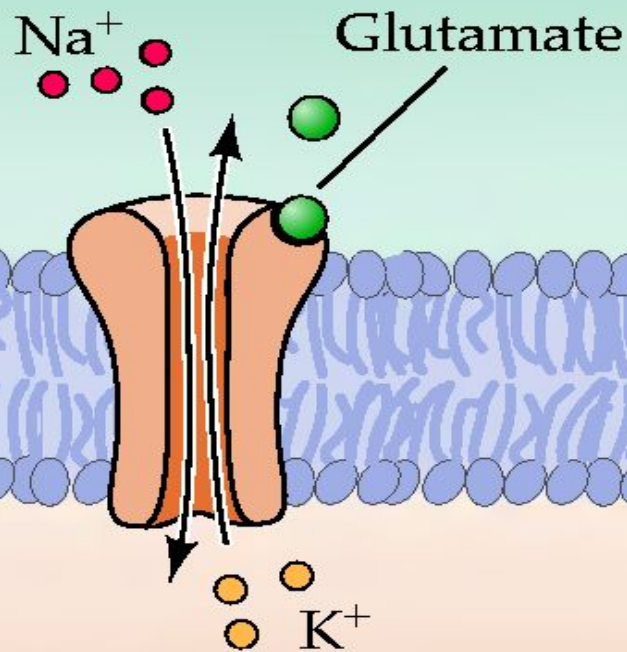


# Лигандзависимые каналы

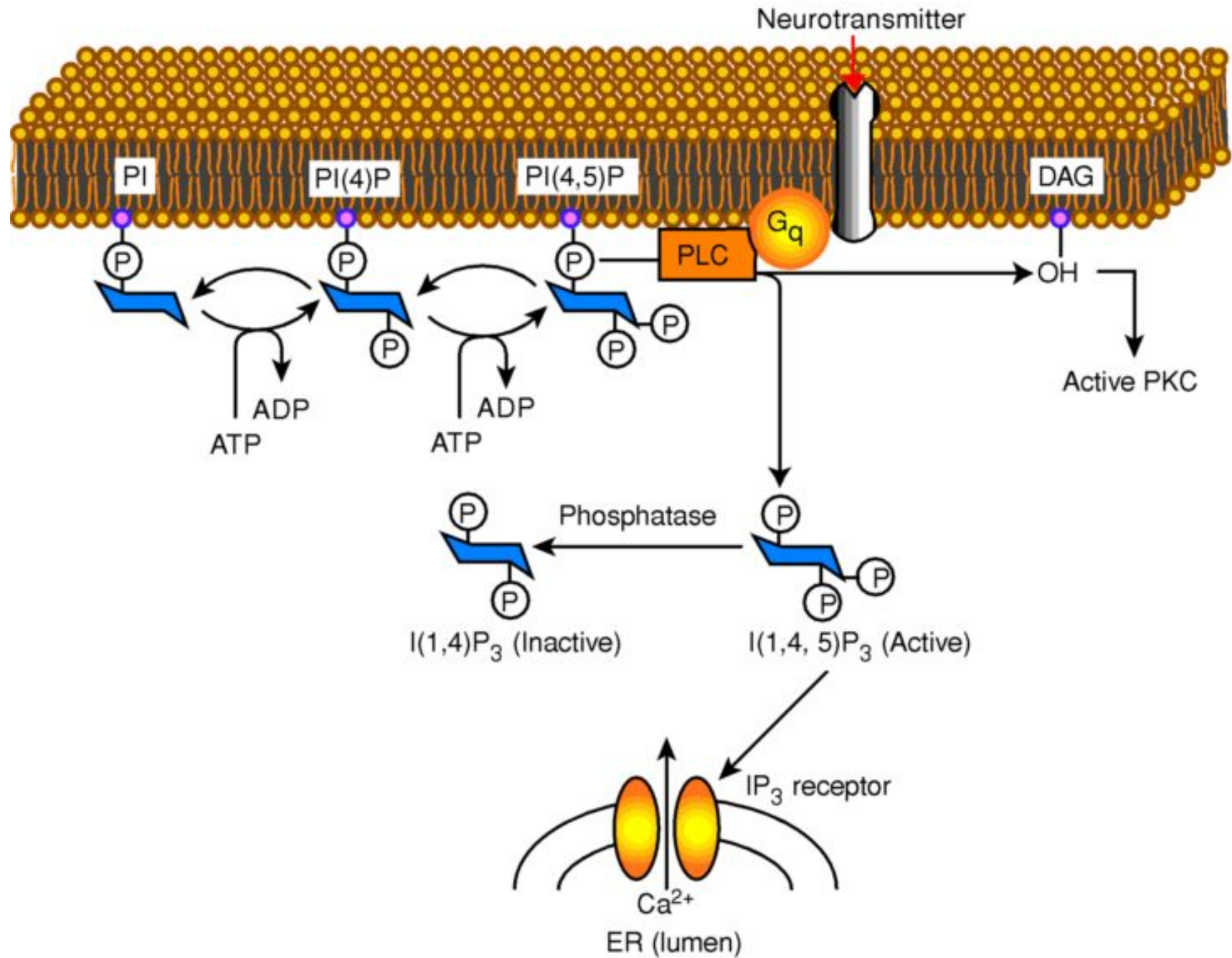
(E) Neurotransmitter receptor

(F)  $\text{Ca}^{2+}$ -activated  $\text{K}^+$  channel

(G) Cyclic nucleotide gated channel

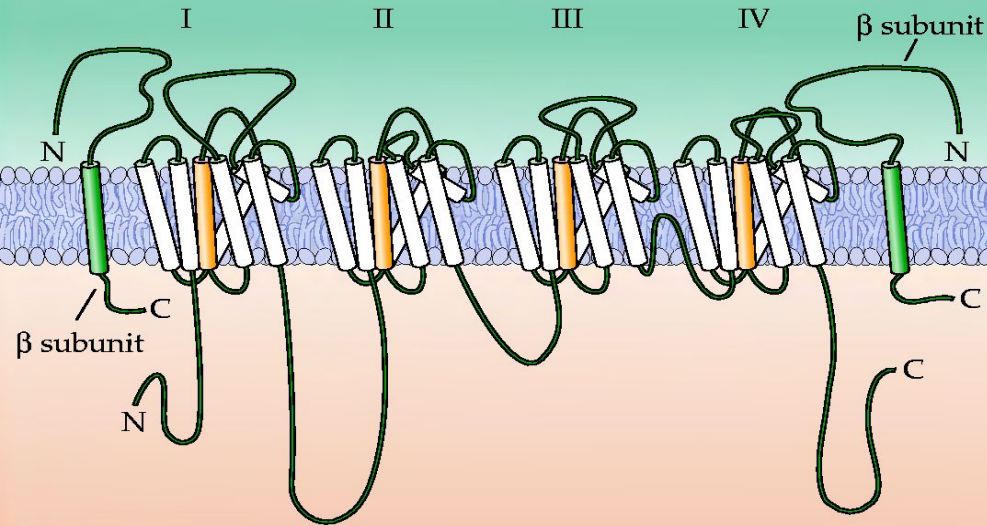




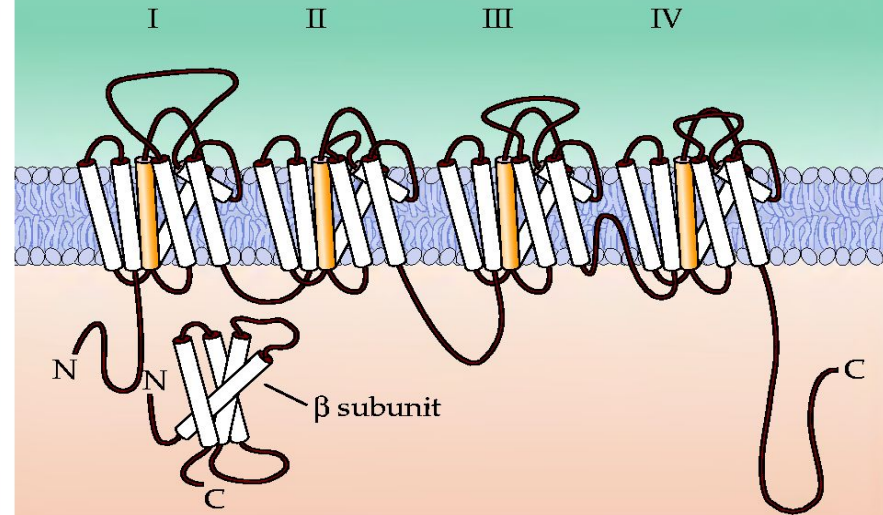


# Молекулярная структура ионных каналов

(A) Na<sup>+</sup> CHANNEL



(B) Ca<sup>2+</sup> CHANNEL



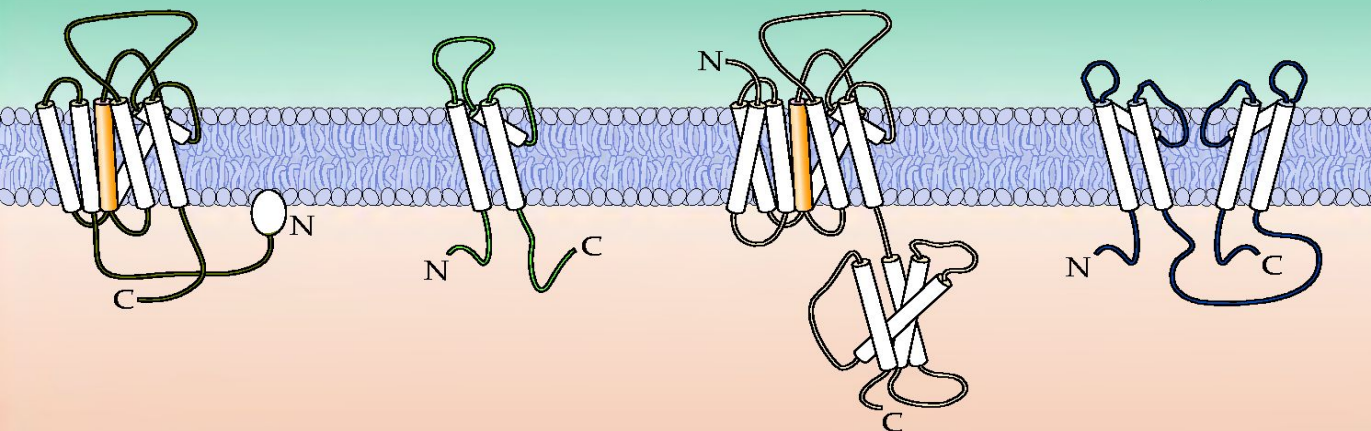
K<sup>+</sup> CHANNELS

(C) K<sub>v</sub> and HERG

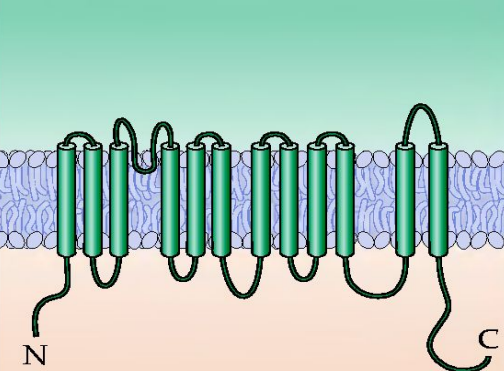
(D) Inward rectifier

(E) Ca<sup>2+</sup>-activated

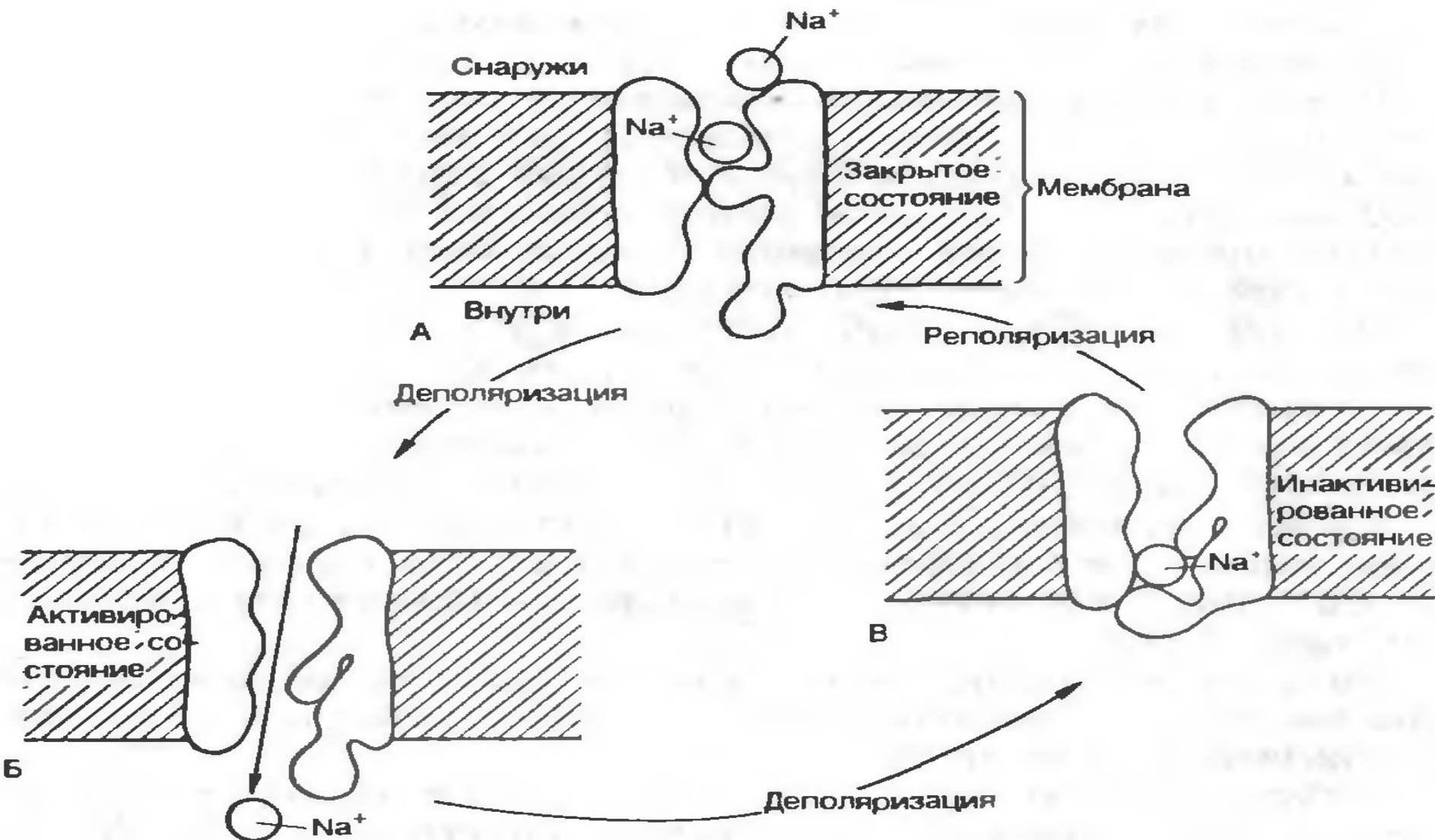
(F) 2-pore



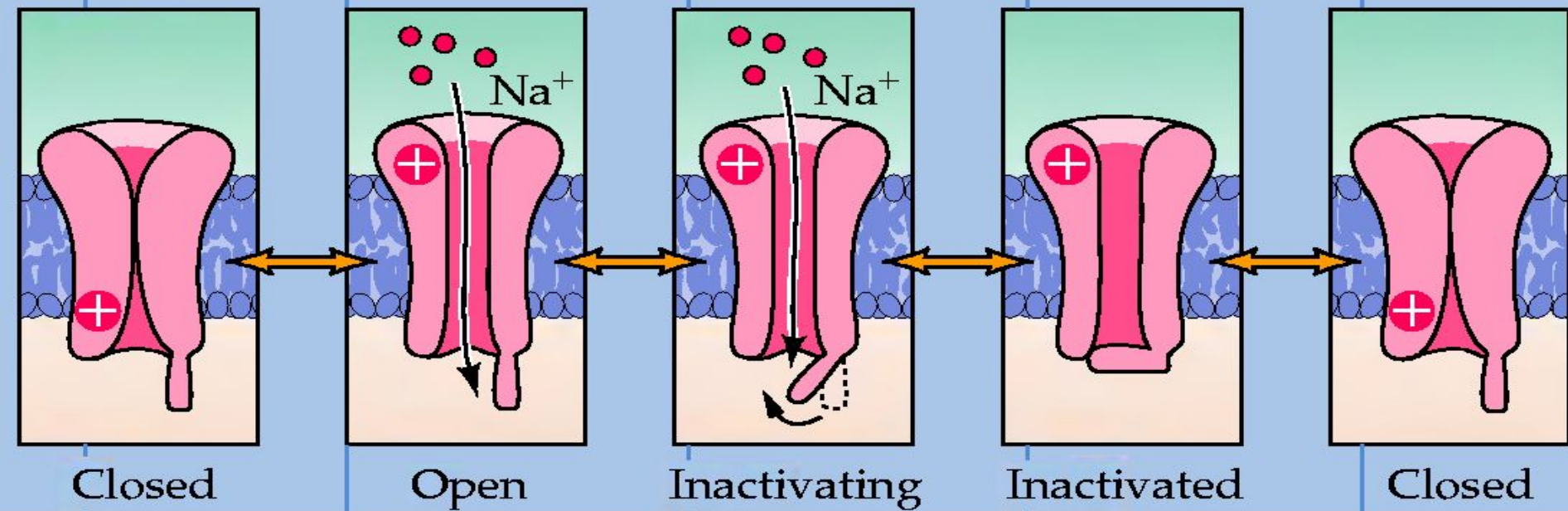
(G) Cl<sup>-</sup> CHANNEL



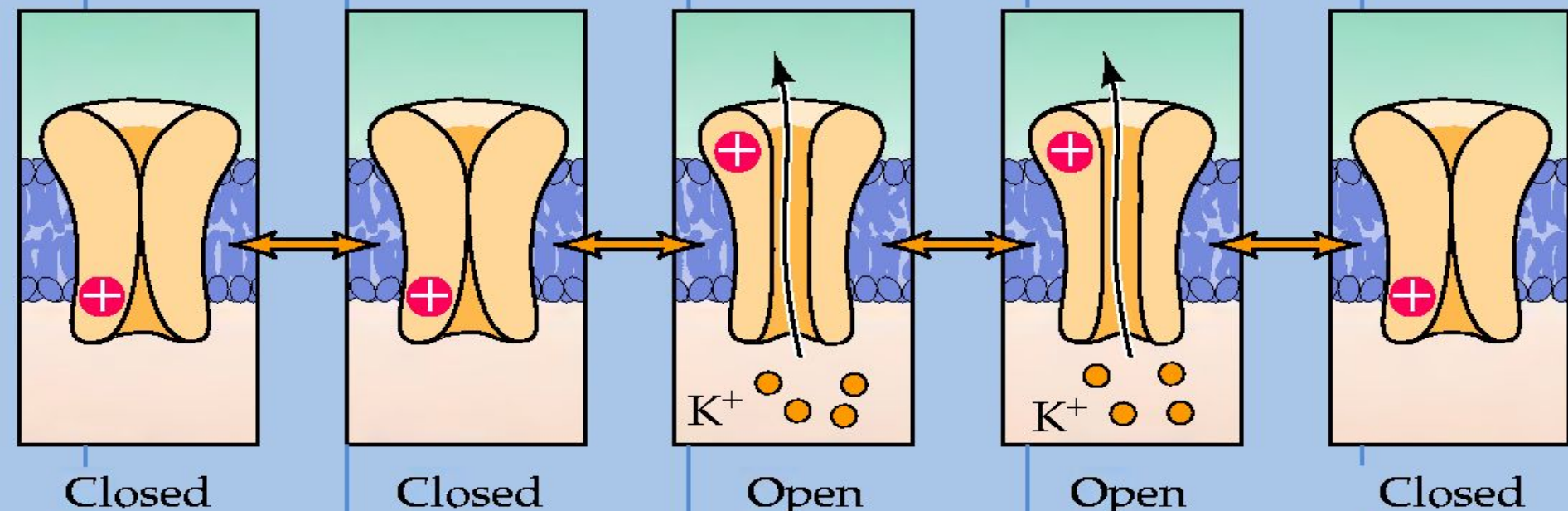
# Схема работы воротного механизма Na канала



## Na<sup>+</sup> CHANNEL



## K<sup>+</sup> CHANNEL



# Электрические процессы в возбудимых тканях

- 1. Токи покоя

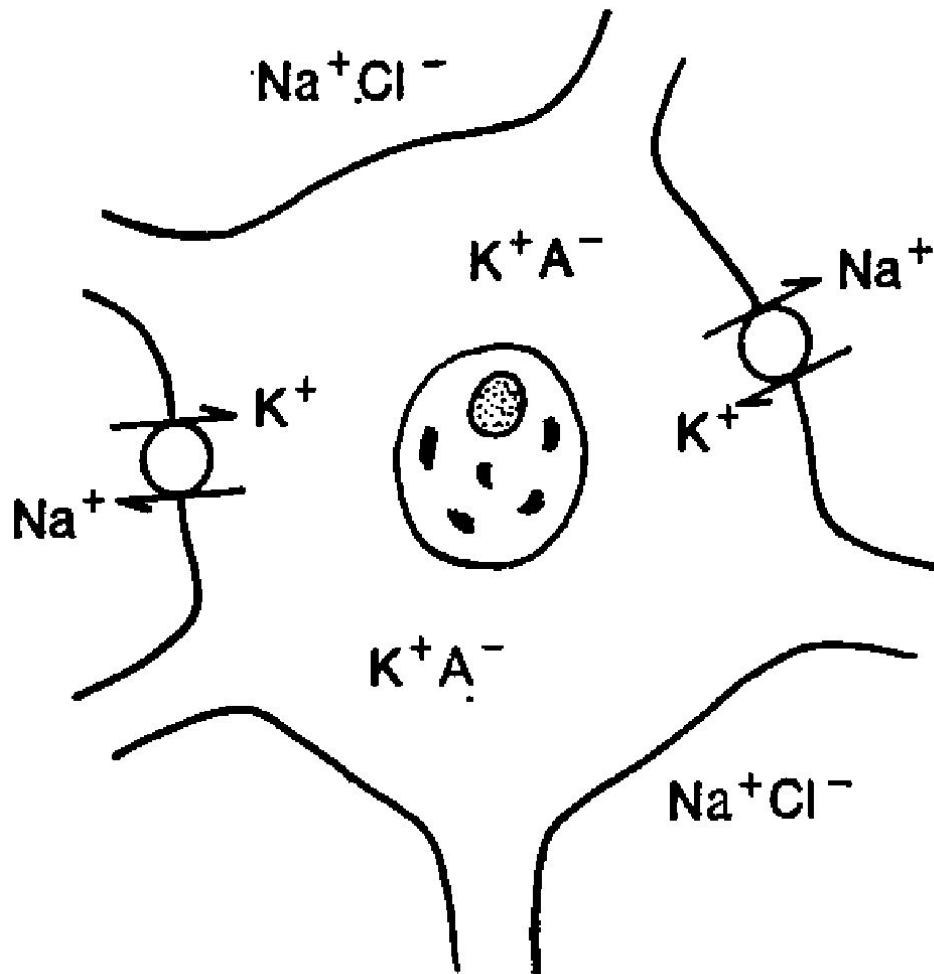
- а) Мембранный потенциал

- б) Потенциал повреждения

- в) Метаболический ток

- 2. Токи действия

# Распределение ионов снаружи и внутри клетки



Ионы	Концентрация (мМ/л)	
	Внутри	Снаружи
<b>Катионы</b>		
$K^+$	124	2
$Na^+$	10	125
$Ca^{2+}$	0,005	2
<b>Анионы</b>		
$Cl^-$	2	77
$HCO_3^-$	12	27
Орг. анионы	139	26
<b>Ионы</b>		

# Основные причины формирования мембранного потенциала

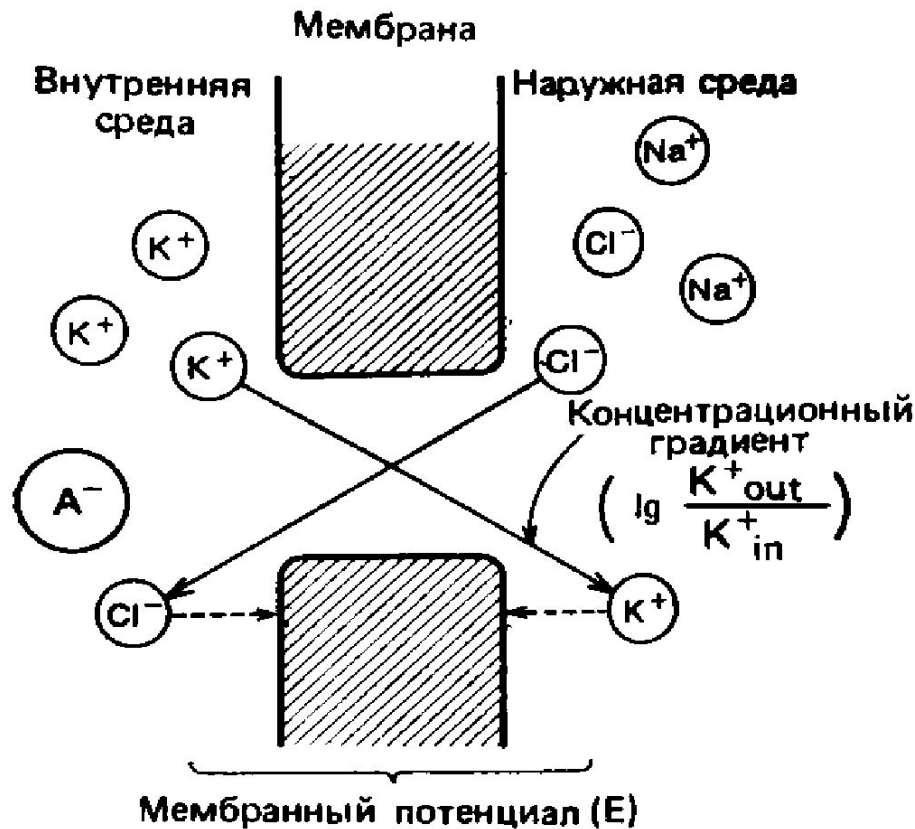
- Избирательная проницаемость мембраны
- Ионная асимметрия

# Уравнение Гольдмана

$$V_m = 58 \lg \frac{P_K [K^+]_{out} + P_{Na} [Na^+]_{out} + P_{Cl} [Cl^-]_{in}}{P_K [K^+]_{in} + P_{Na} [Na^+]_{in} + P_{Cl} [Cl^-]_{out}}$$



# Уравнение Нернста



$$A_x = 2,3RT \lg \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}}$$

$$A_o = FE$$

$$A_o = A_x$$

$$FE = RT \lg \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}}$$

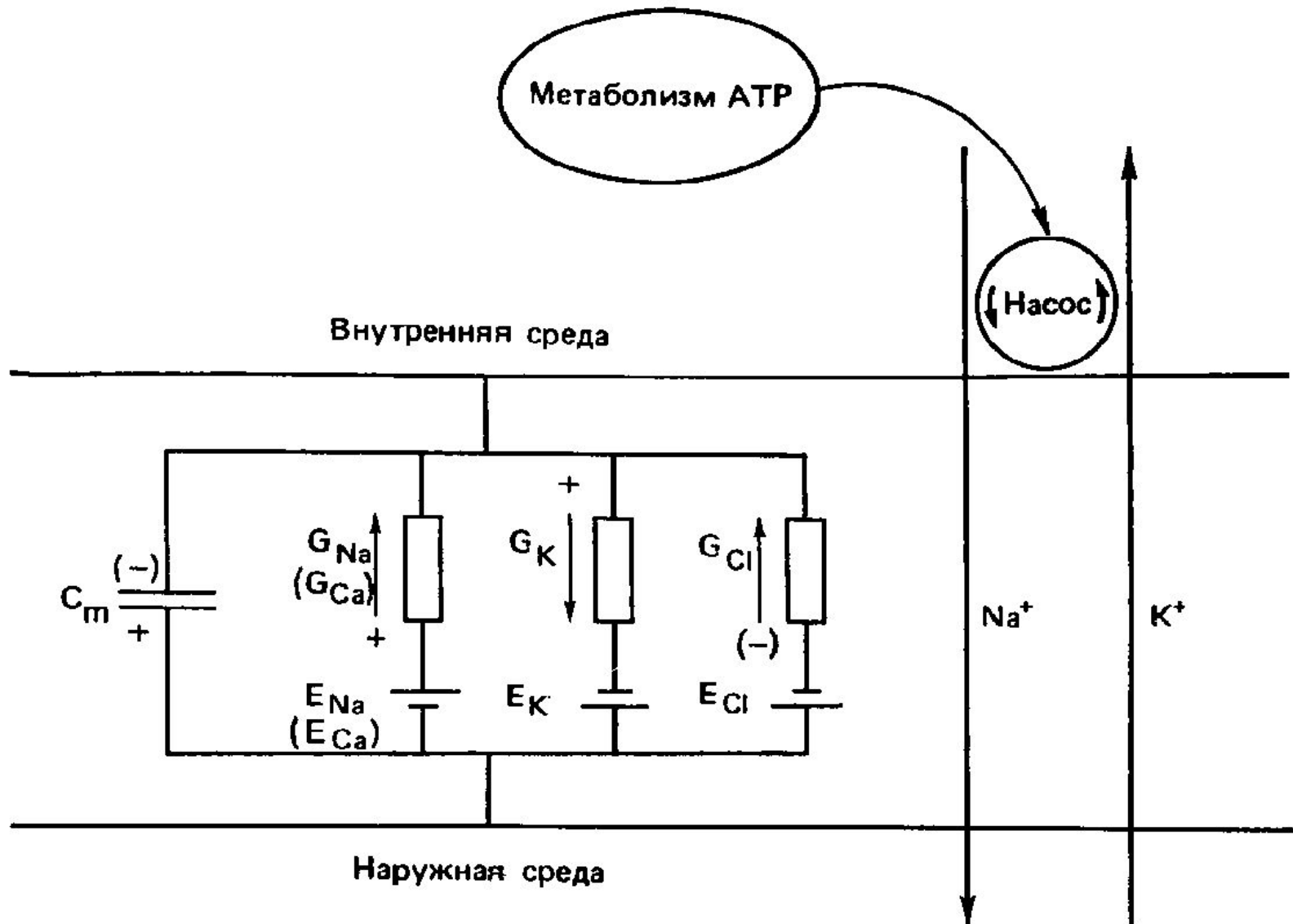
$$E = 2,3 \frac{RT}{F} \lg \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}}$$

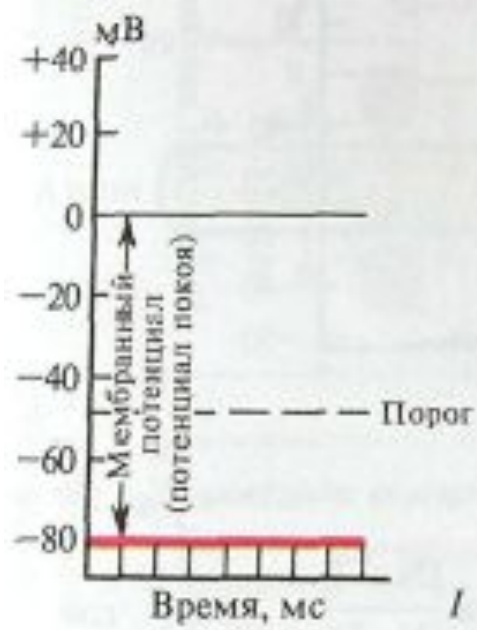
$$E_K = 58 \lg \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}} \text{ мВ}$$

$$= 58 \lg \frac{40}{400} \text{ мВ}$$

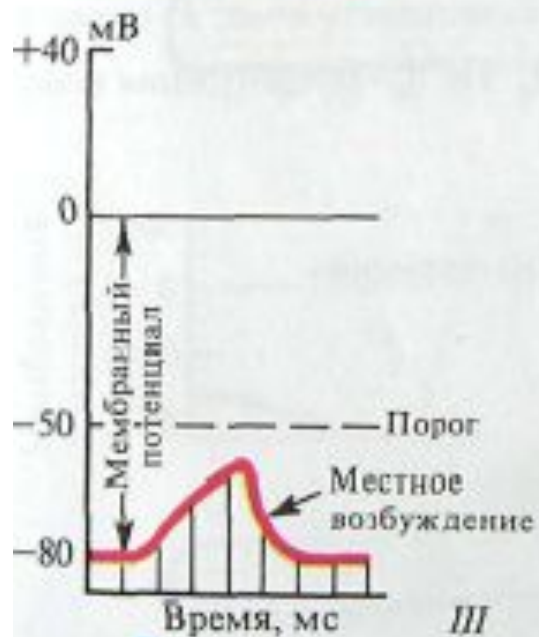
$$= -75 \text{ мВ}$$

# Эквивалентная электрическая схема мембраны





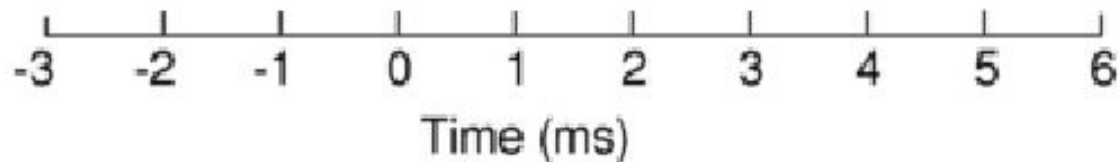
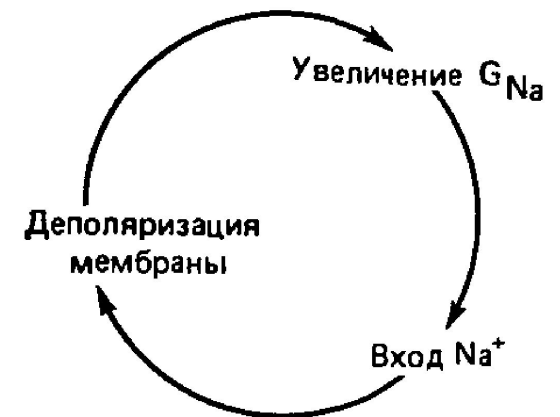
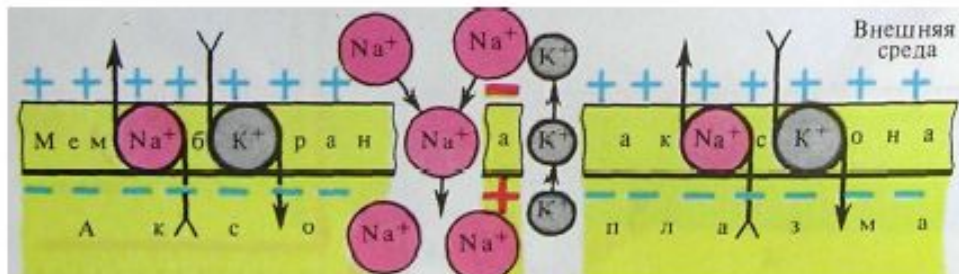
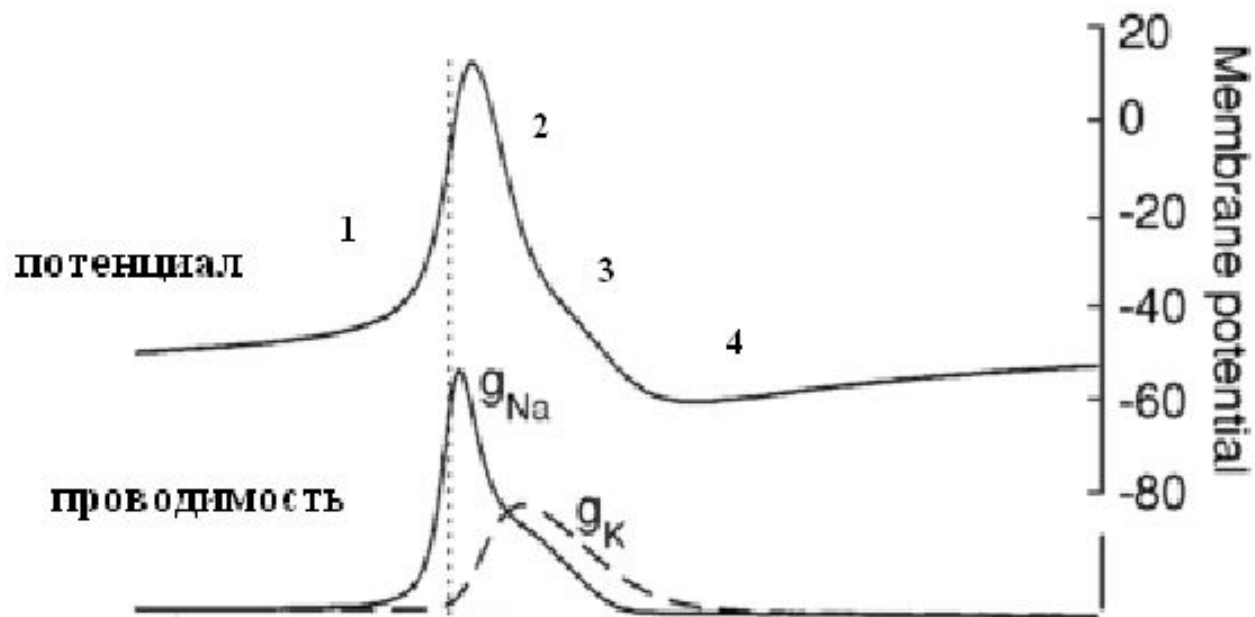
Симулирующий ток



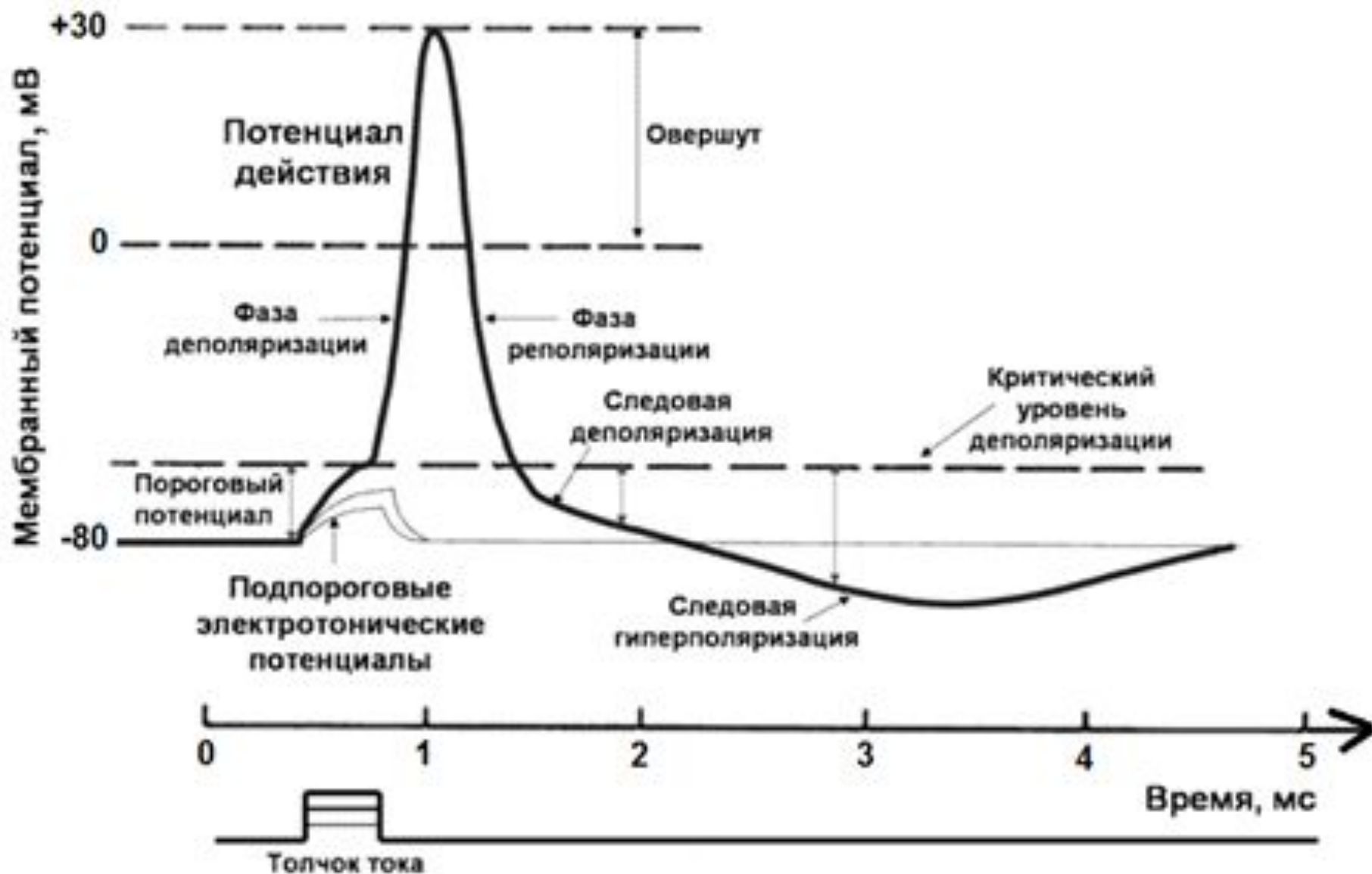
Симулирующий ток



# Потенциал действия



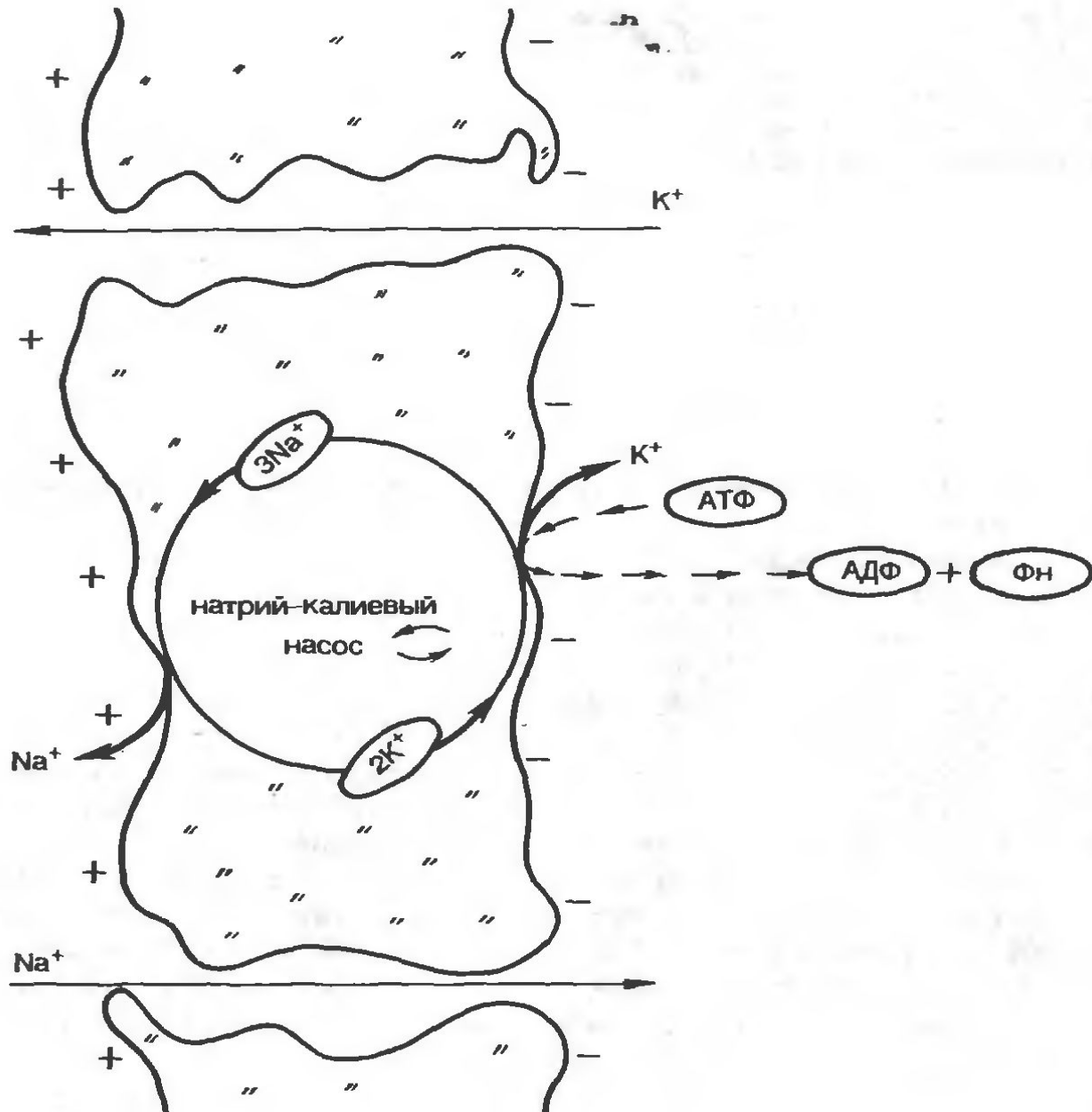
# Фазы ПД



# Фазы потенциала действия

- Деполяризации
- Реполяризации
- Отрицательный следовой потенциал
- Положительный следовой потенциал

# Na-K насос



# ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

Фазы возбуждения:

1. Абсолютной рефрактерности
2. Относительной рефрактерности
3. Повышенной возбудимости
4. Сниженной возбудимости

