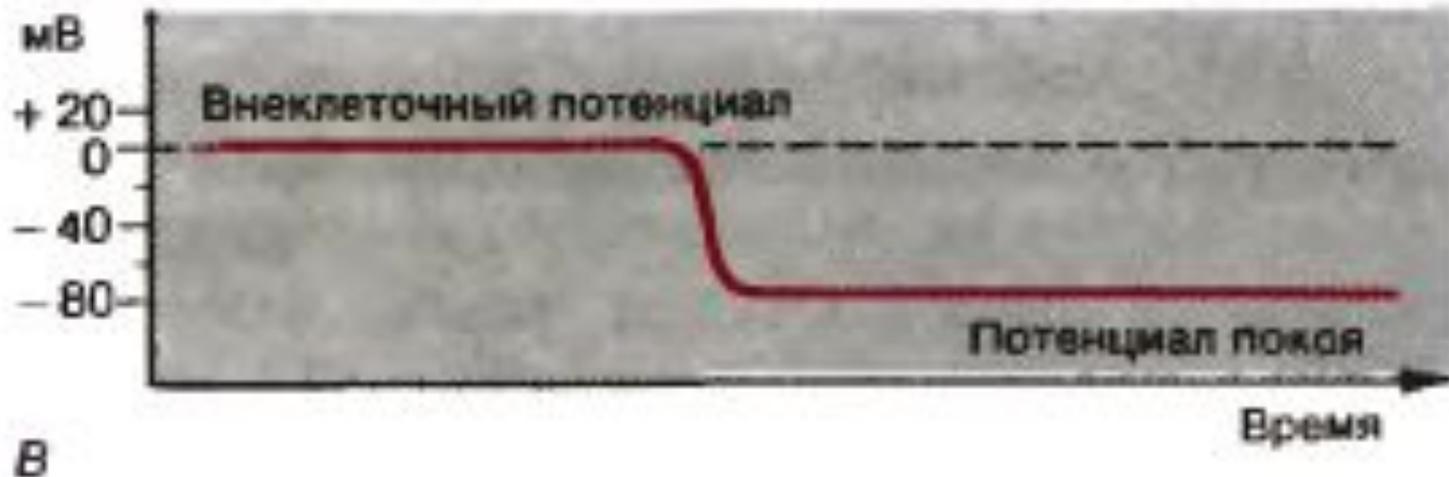
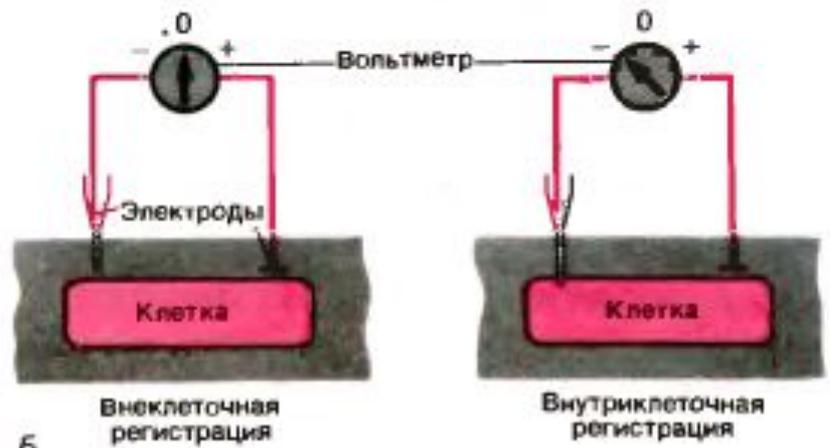
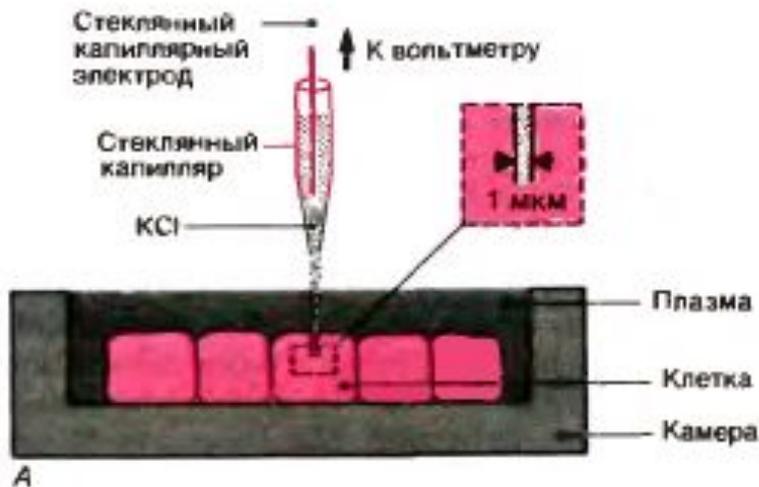


# Физиология в рисунках и схемах

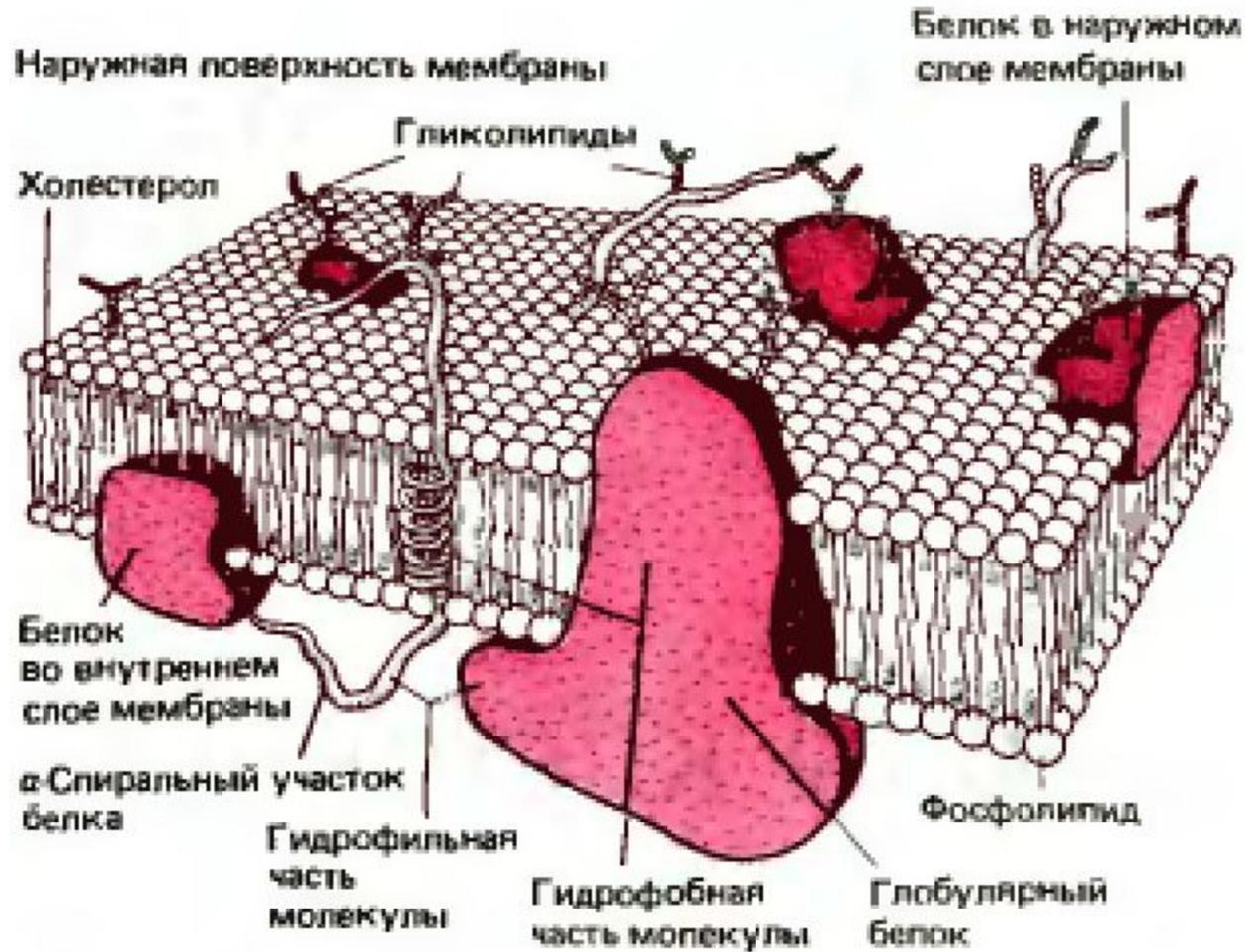
## *Модуль 2*

### Общая физиология возбудимых тканей

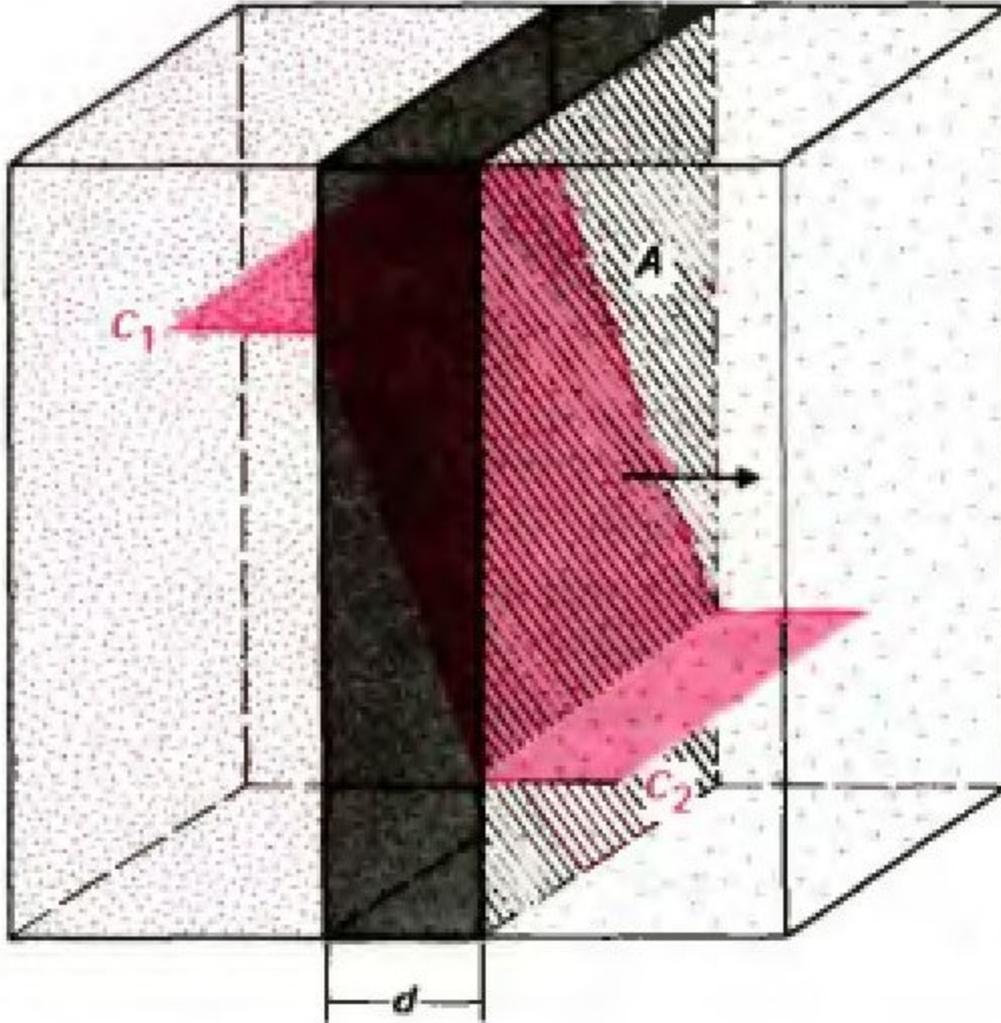
# ВНУТРИКЛЕТОЧНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ



# СТРОЕНИЕ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ

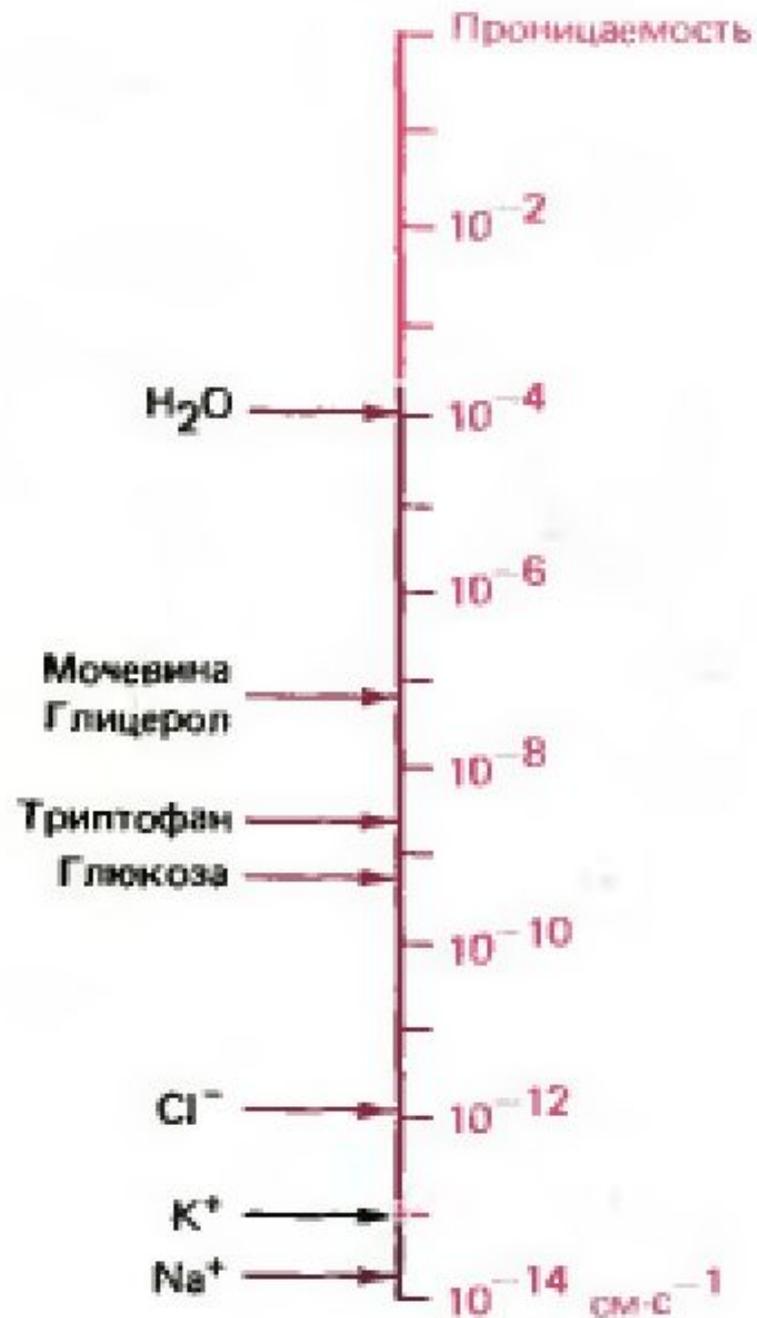


# ДИФФУЗИЯ ЧЕРЕЗ ПЛАЗМАТИЧЕСКУЮ МЕМБРАНУ

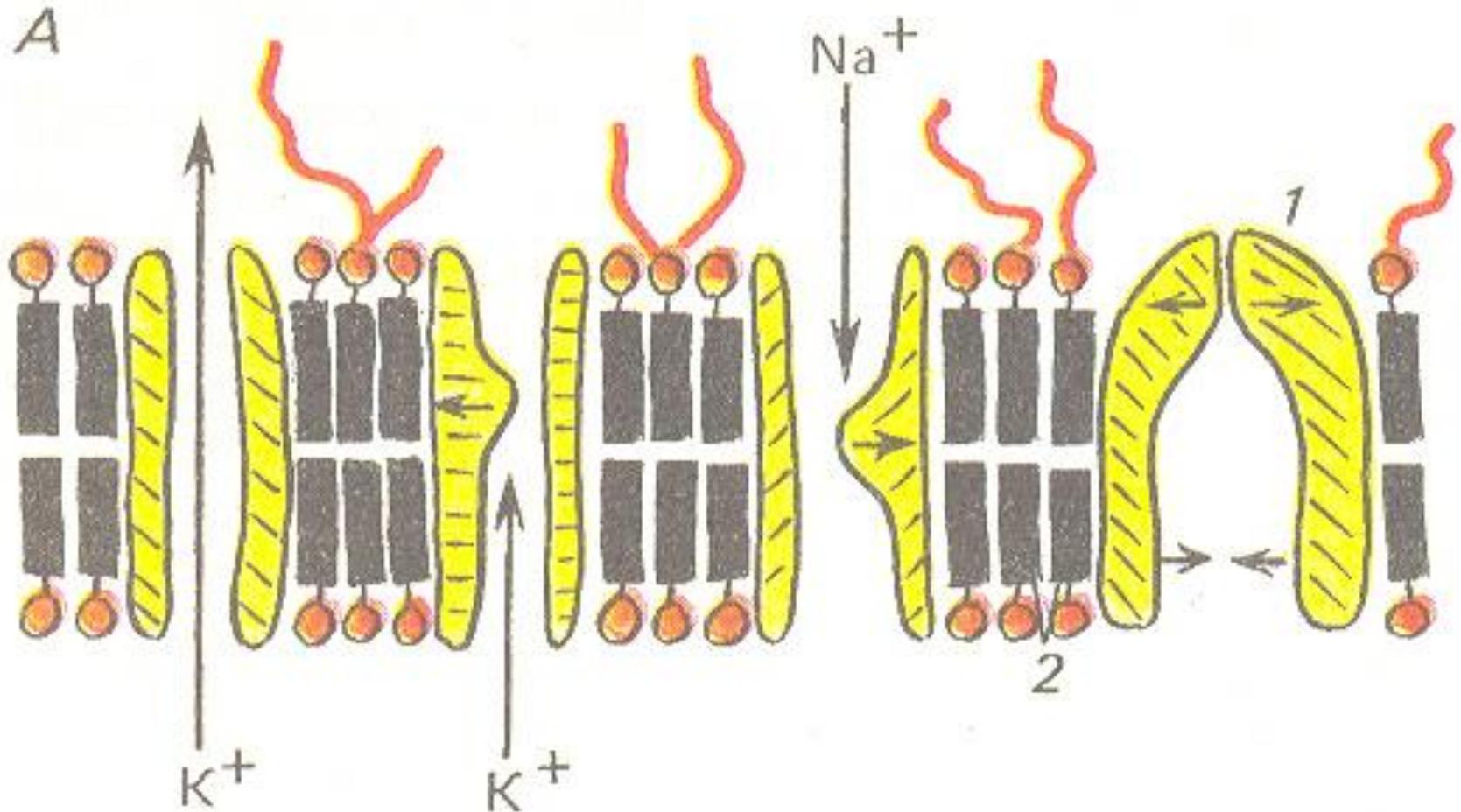


$$dm/dt = P \cdot A \cdot \Delta c$$

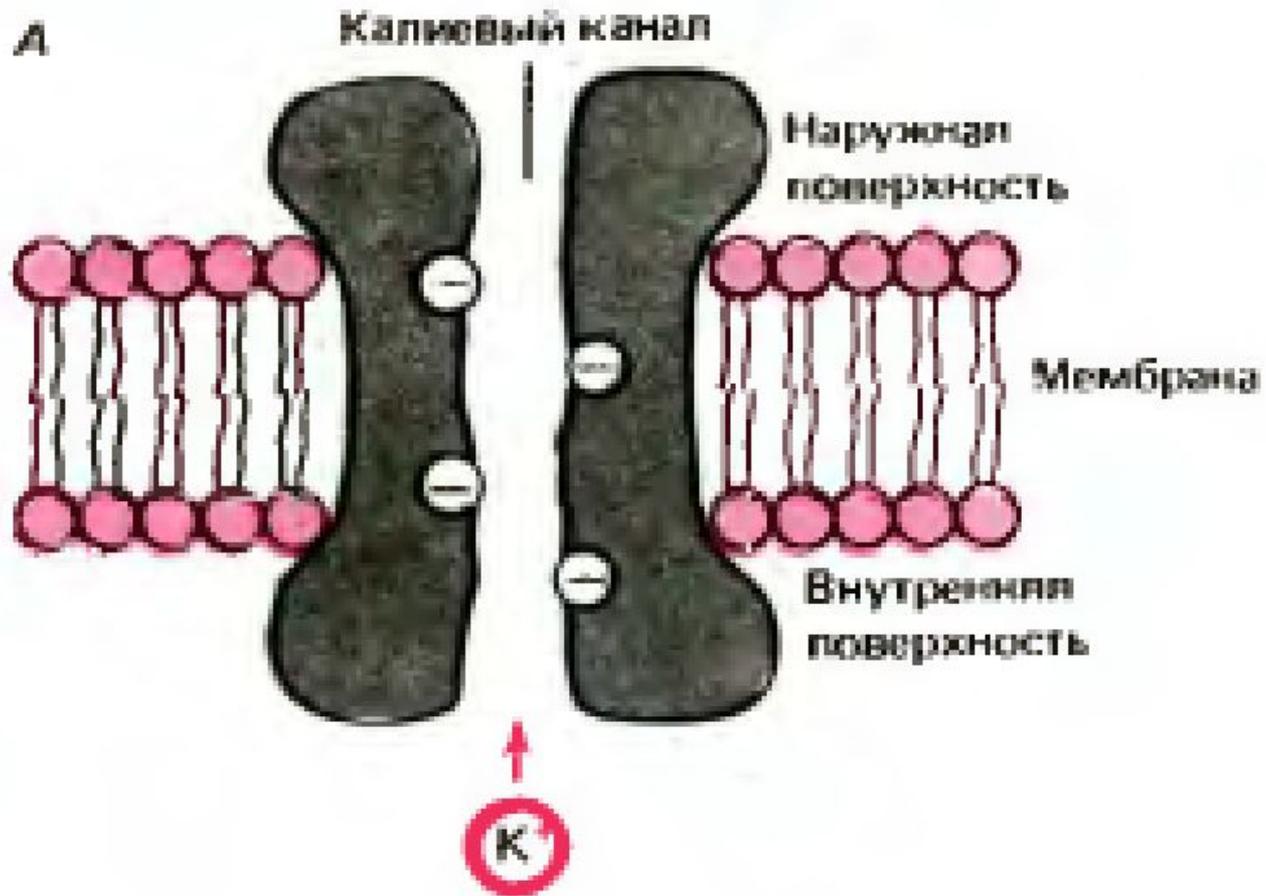
# ПРОНИЦАЕМОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛИПИДНЫХ БИСЛОЕВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ



# БЕЛКИ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ



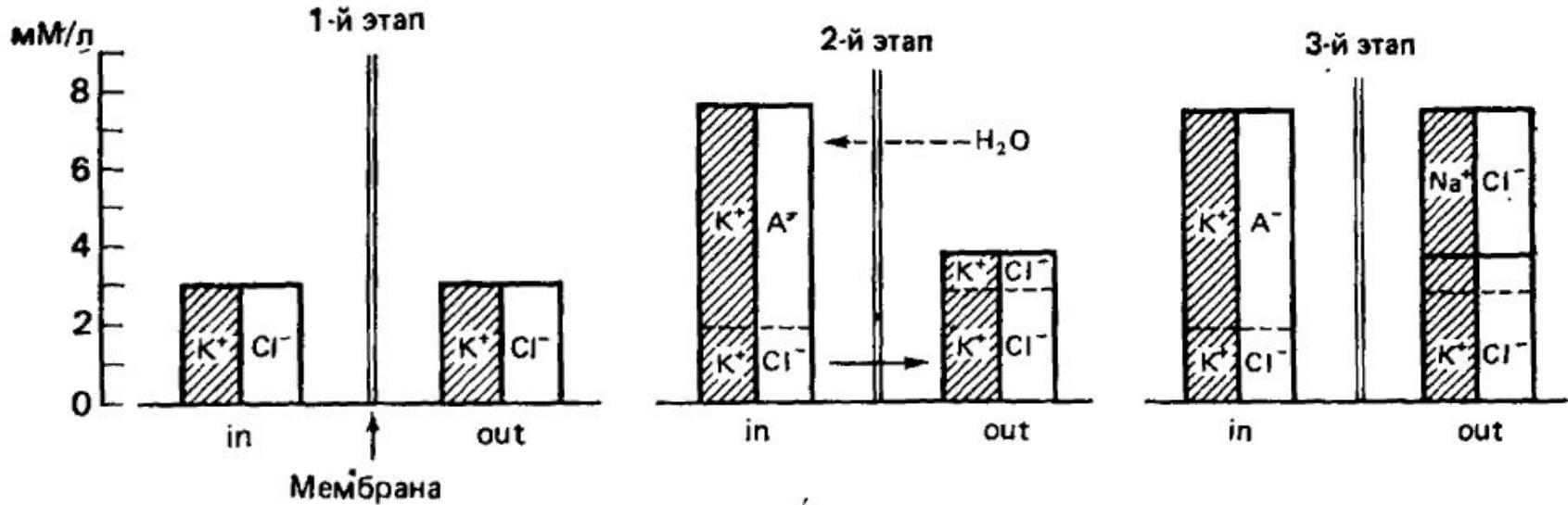
# СХЕМА КАЛИЕВОГО КАНАЛА



# СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ТРАНСПОРТА МОЛЕКУЛ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПРИ ДИФФУЗИИ И НАСОСНОМ ТРАНСПОРТЕ



# РАВНОВЕСИЕ ДОННАНА



$$\frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}} = \frac{[Cl^-]_{in}}{[Cl^-]_{out}}$$

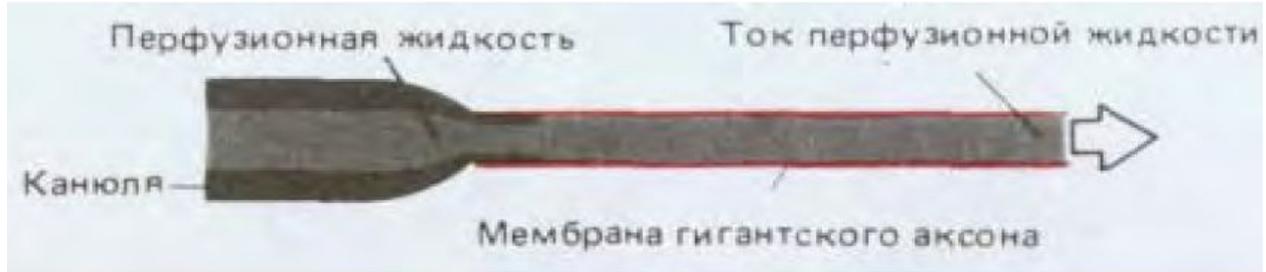
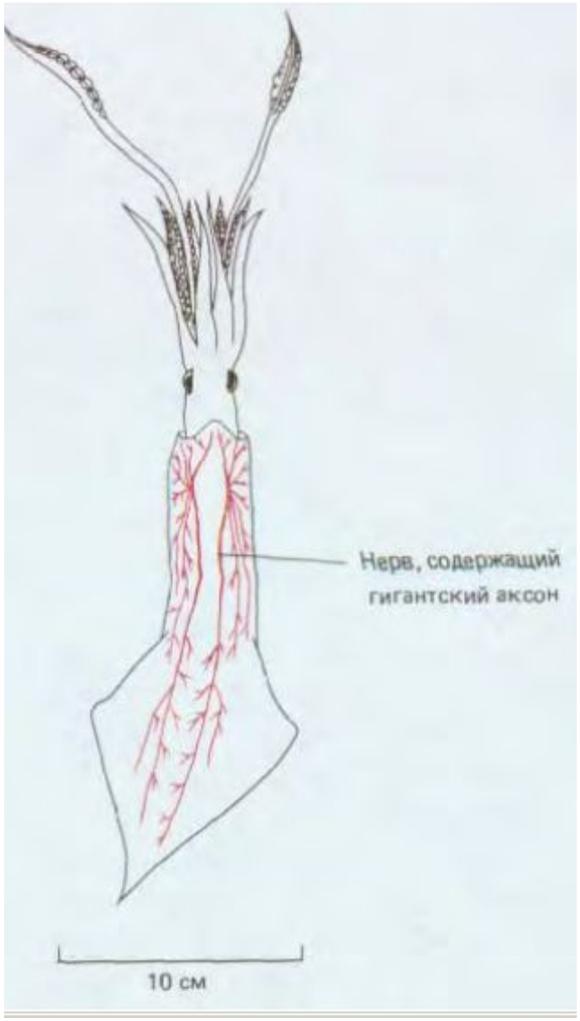
# УРАВНЕНИЕ НЕРНСТА

$$E_K = \frac{RT}{F} \ln \frac{[K^+]_{\text{нар}}}{[K^+]_{\text{вн}}}$$

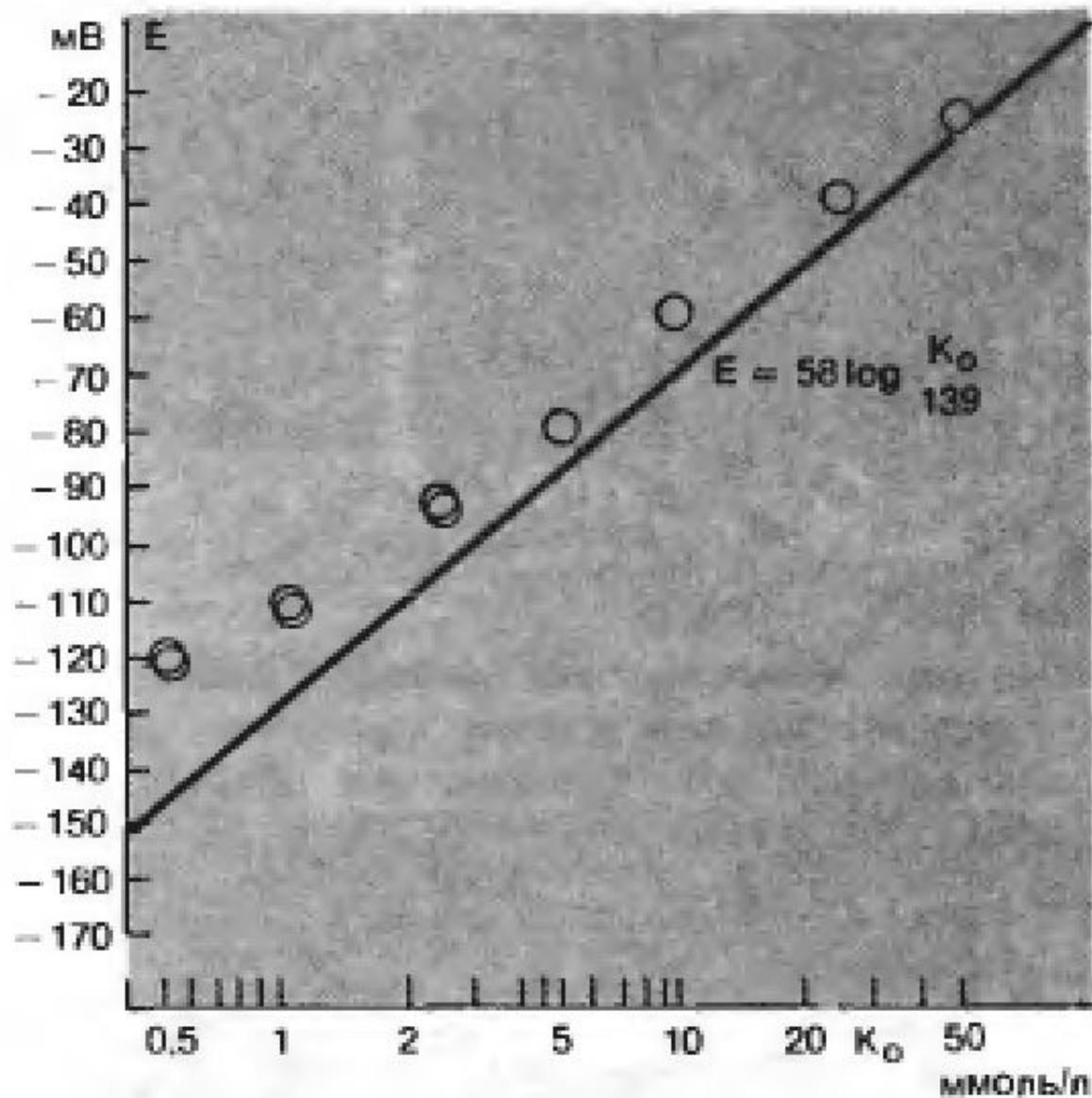
# УРАВНЕНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА

$$\tilde{E} = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_{\text{нар}} + P_{Na} [Na^+]_{\text{нар}} + P_{Cl} [Cl^-]_{\text{вн}}}{P_K [K^+]_{\text{вн}} + P_{Na} [Na^+]_{\text{вн}} + P_{Cl} [Cl^-]_{\text{нар}}}$$

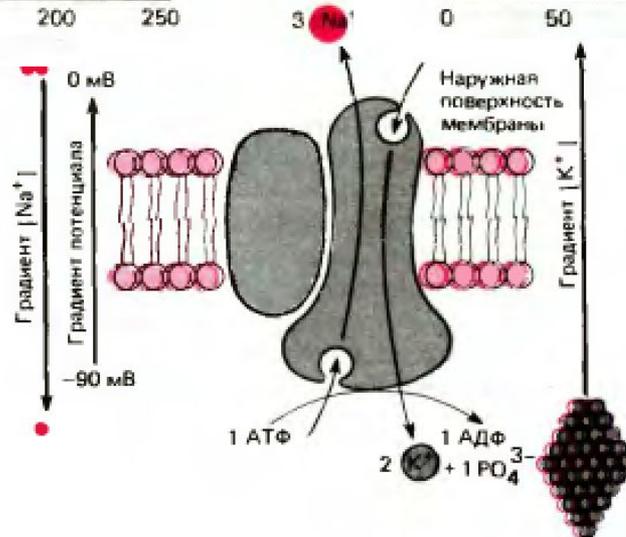
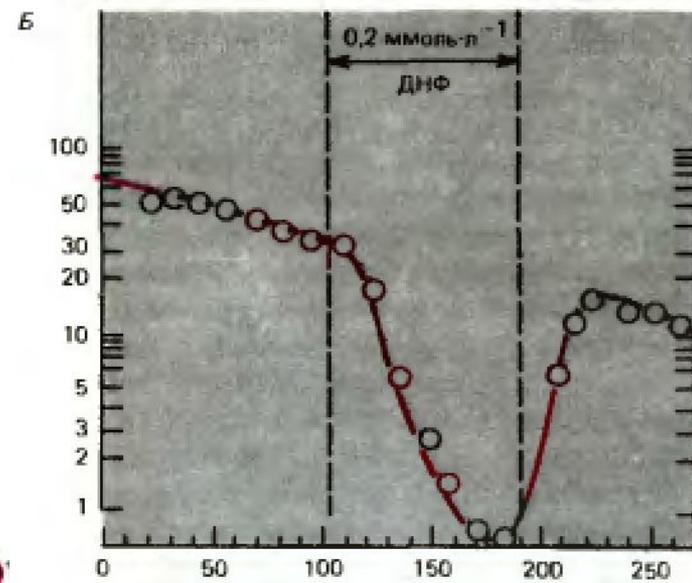
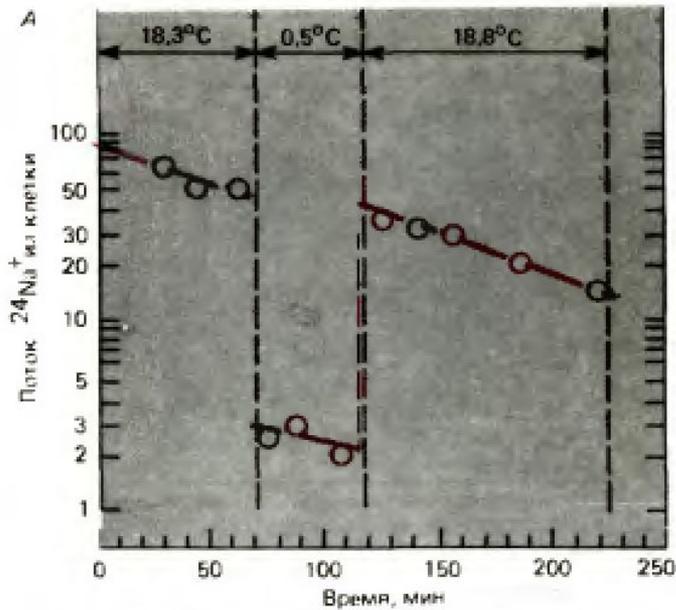
# ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ГИГАНТСКИХ АКСОНАХ КАЛЬМАРА



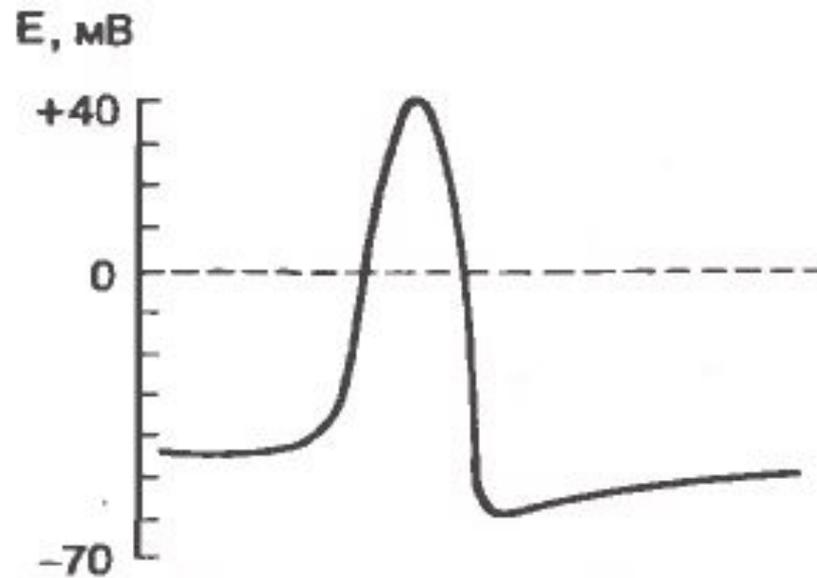
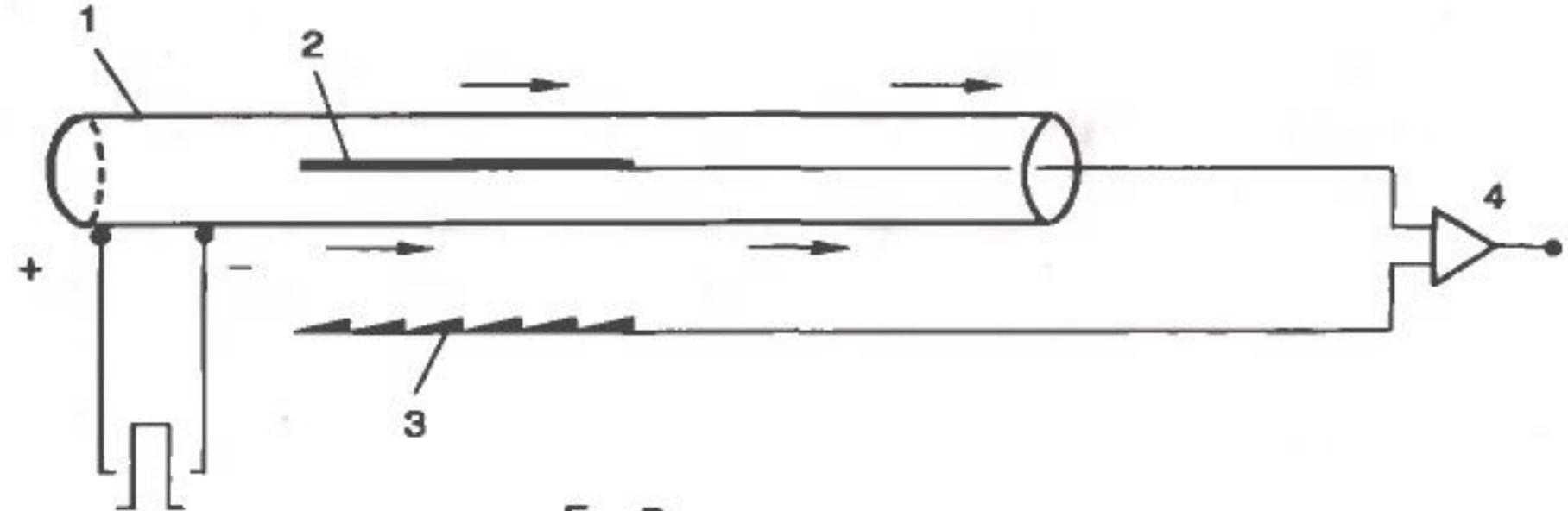
# ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ ОТ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ $K^+$



# Na-K АТФаза



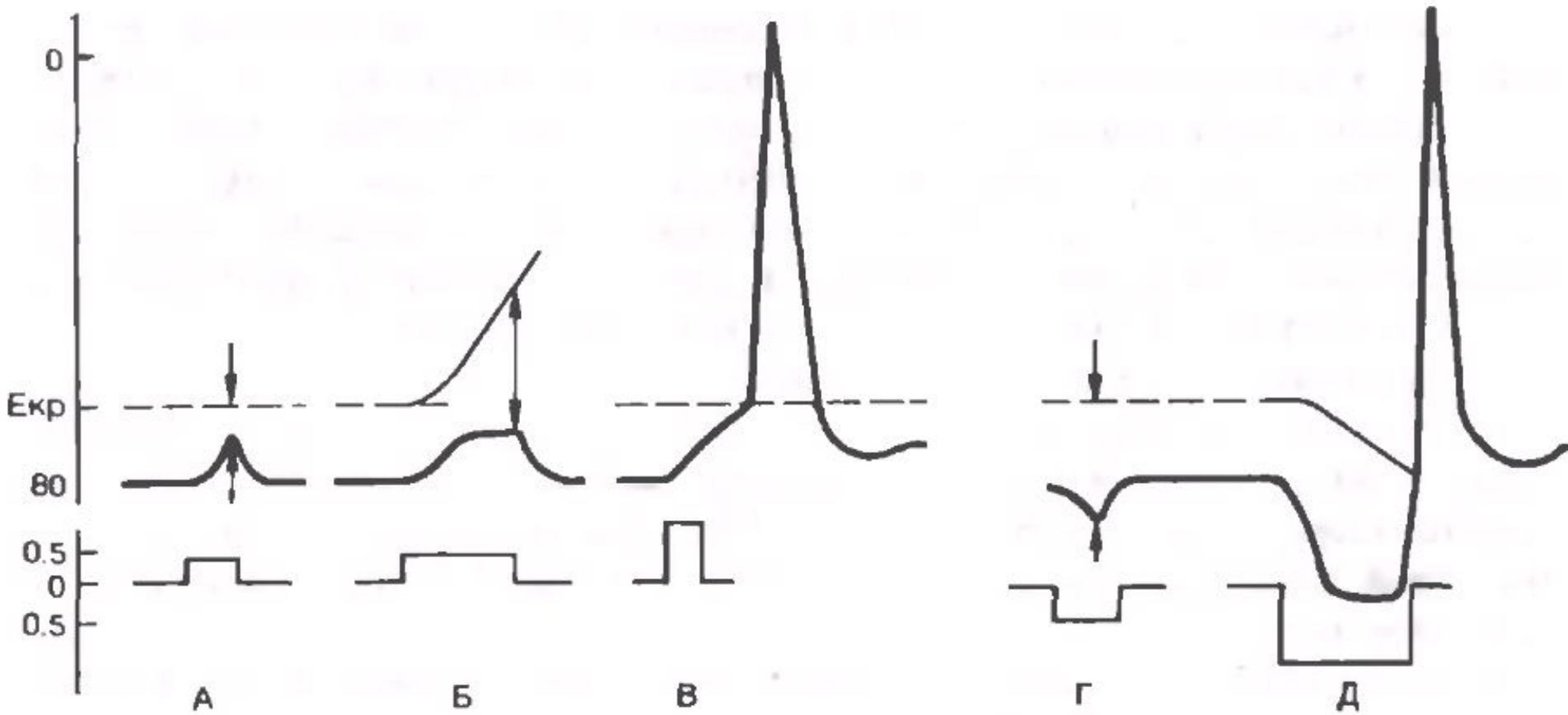
# РЕГИСТРАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ В АКСОНЕ КАЛЬМАРА



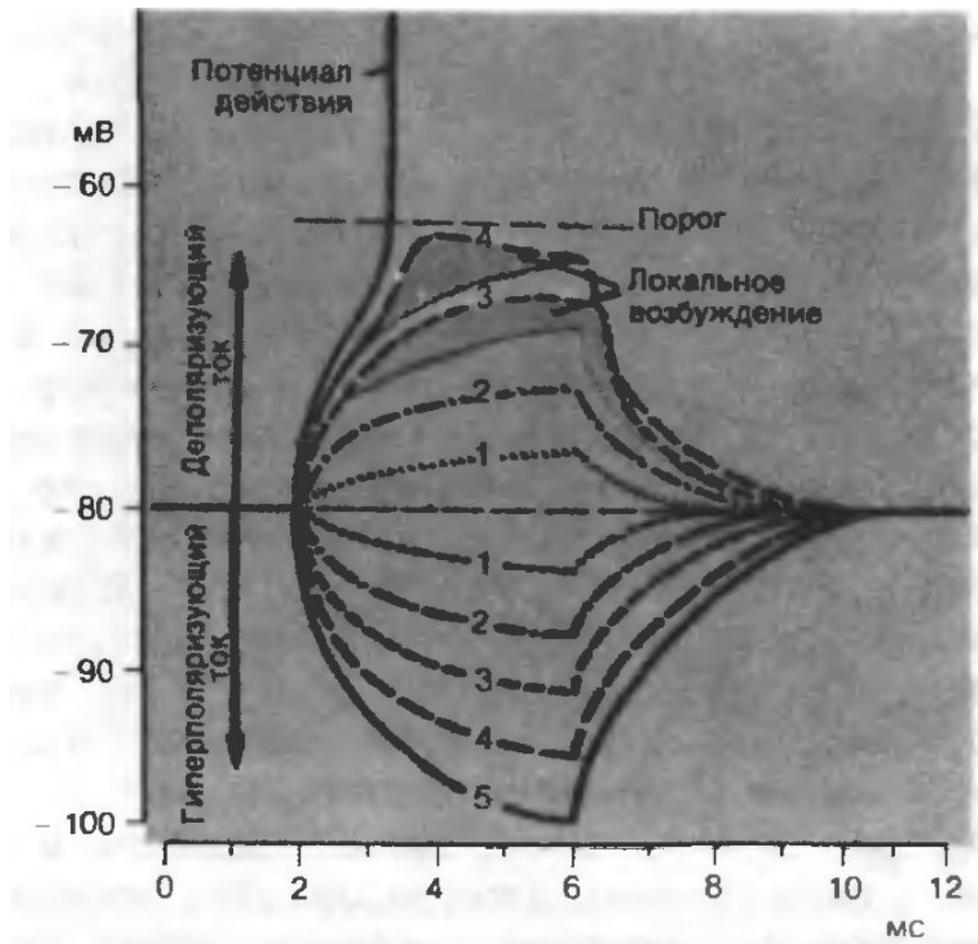
# ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА КЛЕТКУ



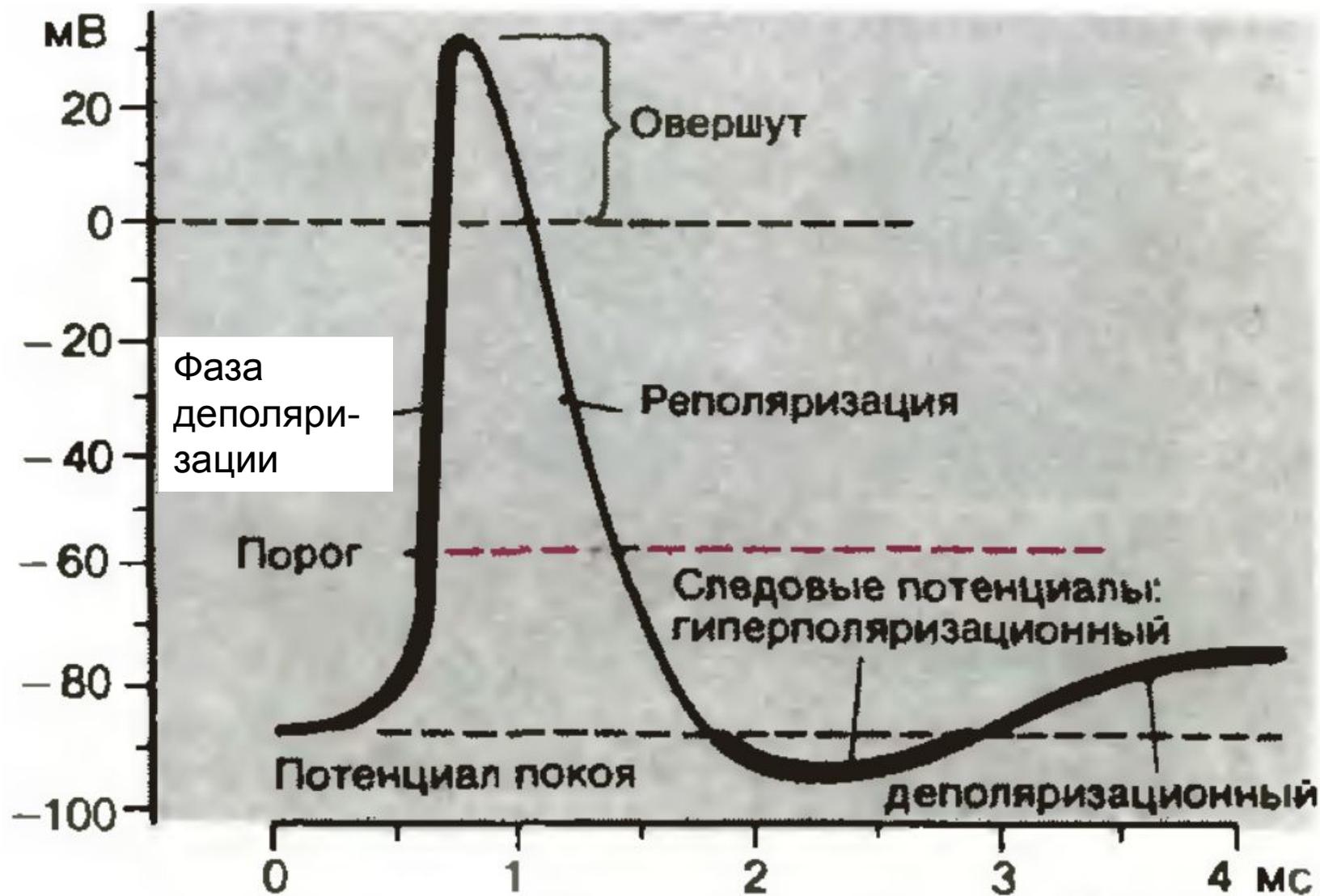
# КАТОДИЧЕСКАЯ ДЕПРЕССИЯ И АНОДНО-РАЗМЫКАТЕЛЬНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ



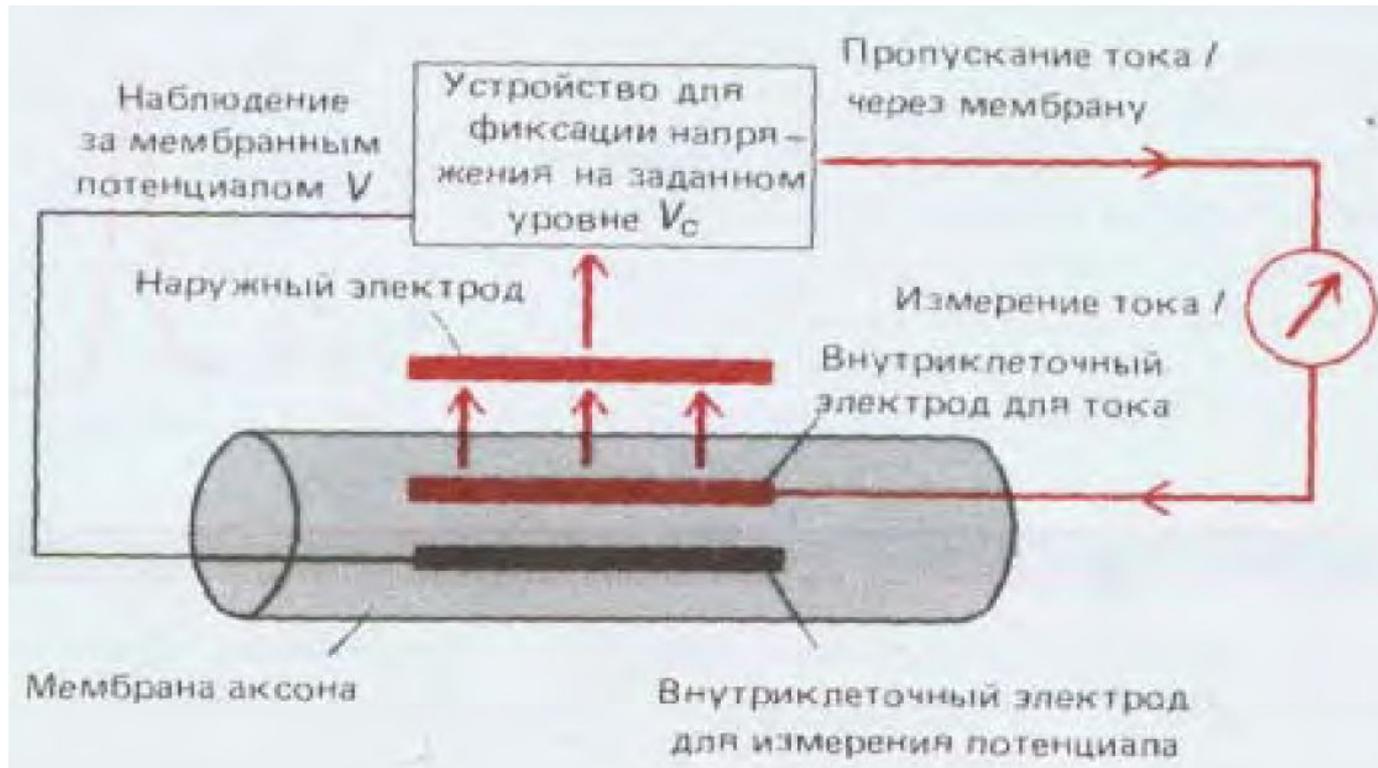
# ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ И ЛОКАЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ



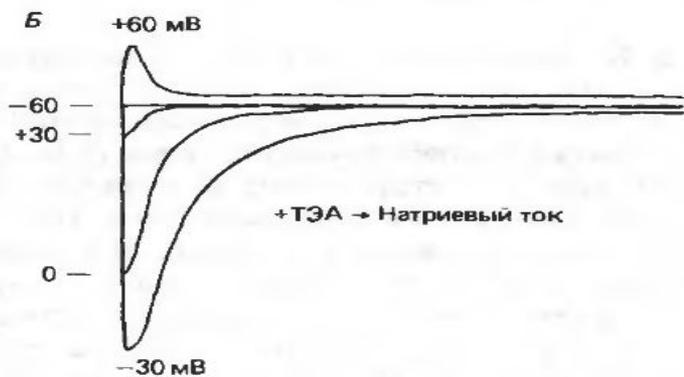
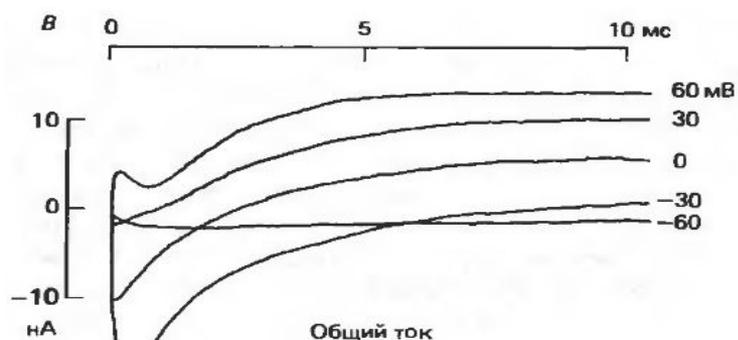
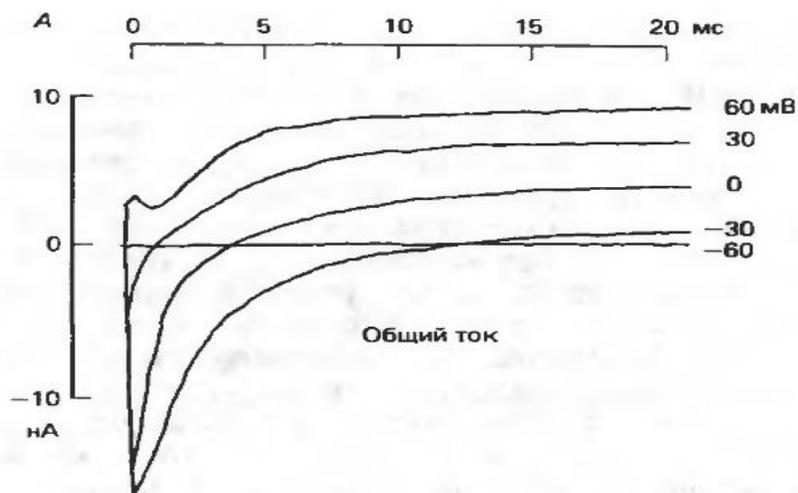
# ФАЗЫ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



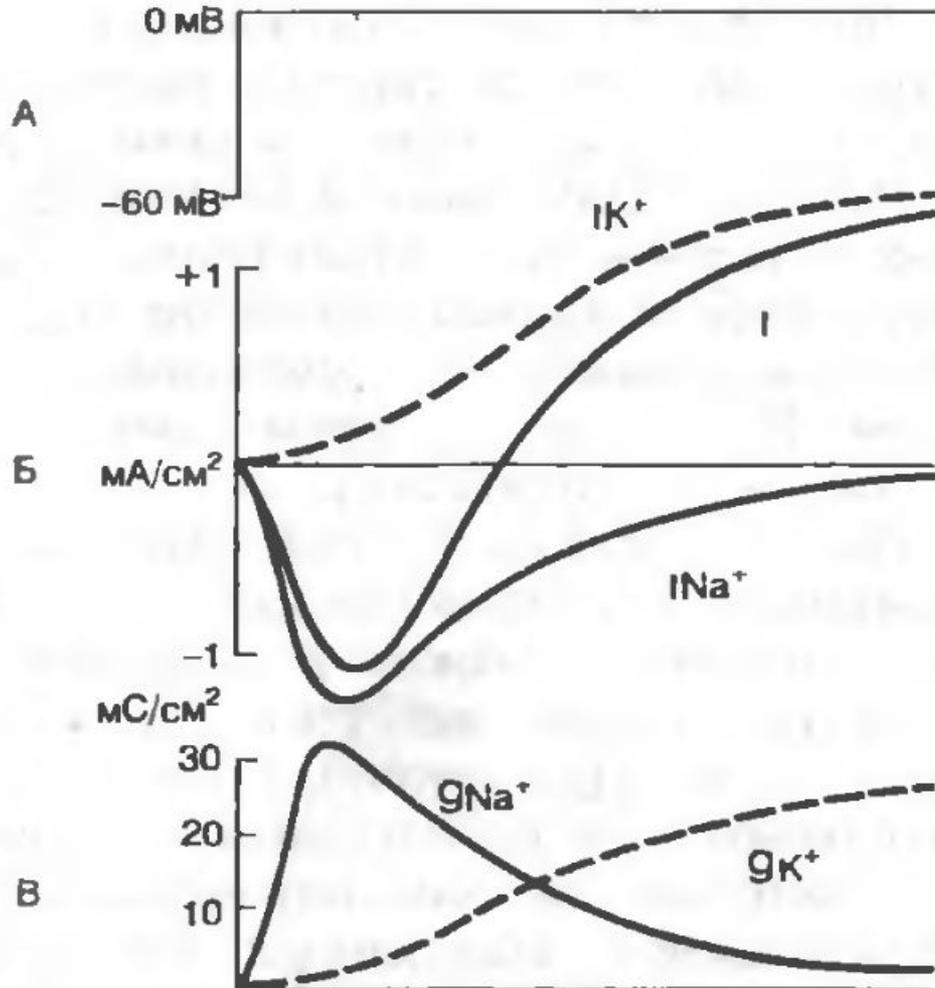
# МЕТОД ФИКСАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА



# МЕМБРАННЫЕ ТОКИ В АКСОНАХ ЛЯГУШКИ ПРИ СТУПЕНЧАТЫХ СДВИГАХ ПОТЕНЦИАЛА



# ИОННЫЕ ТОКИ И СДВИГИ ПРОВОДИМОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА



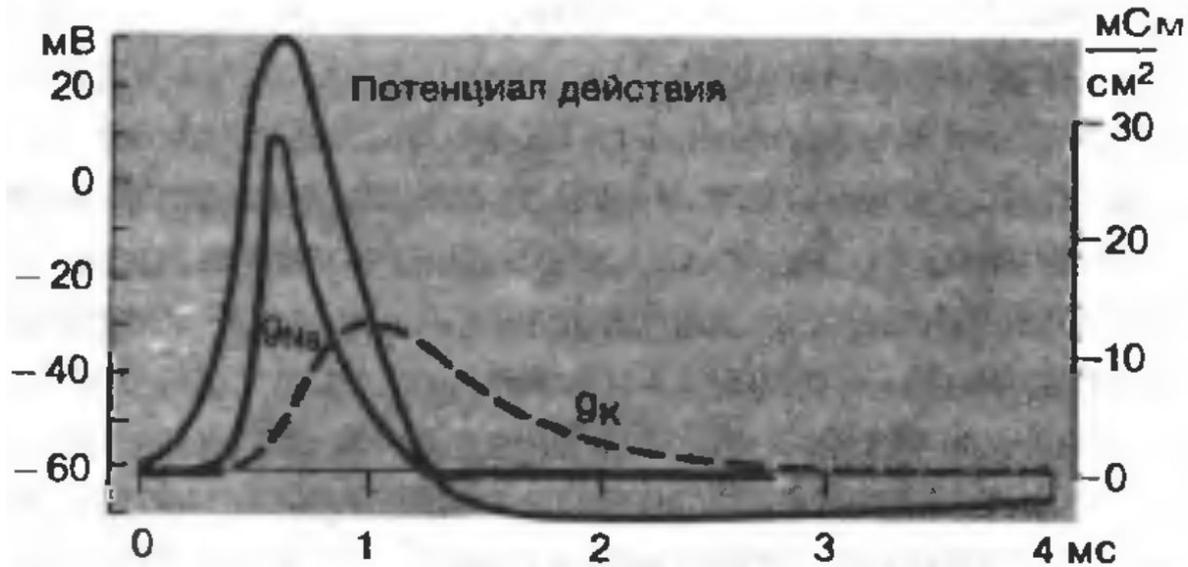
$$g_{Na} = 1/R_{Na} = I_{Na} / (E_M - E_{Na})$$

$$g_K = 1/R_K = I_K / (E_M - E_K)$$

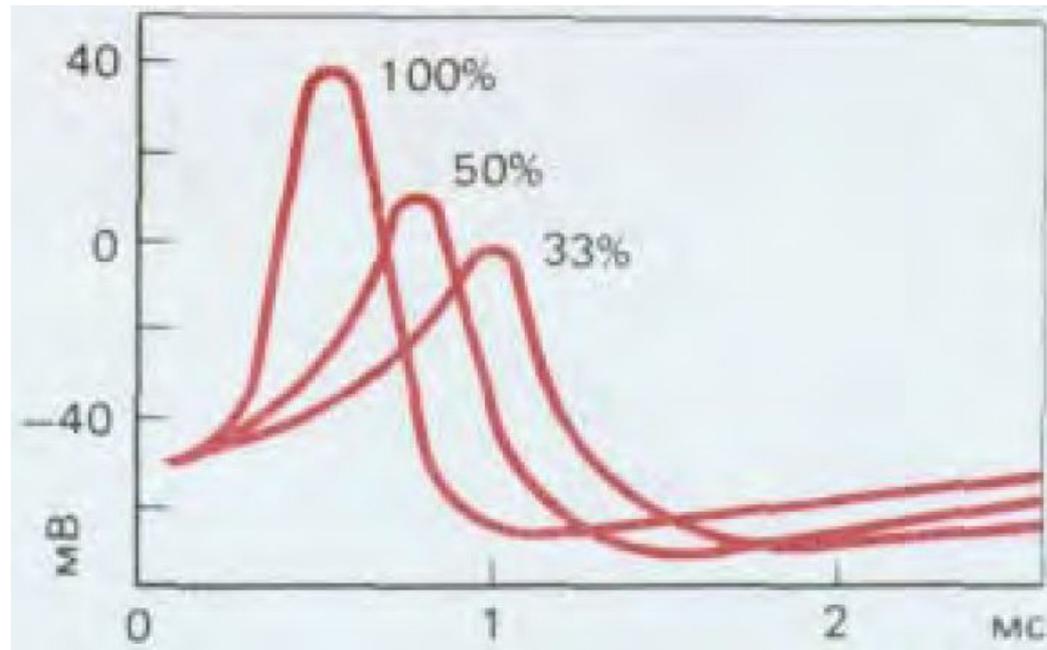
$$E_{Na} = RT/F \cdot \ln ([Na]_{out} / [Na]_{in})$$

$$E_K = RT/F \cdot \ln ([K]_{out} / [K]_{in})$$

# МЕМБРАННЫЕ ПРОВОДИМОСТИ ВО ВРЕМЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



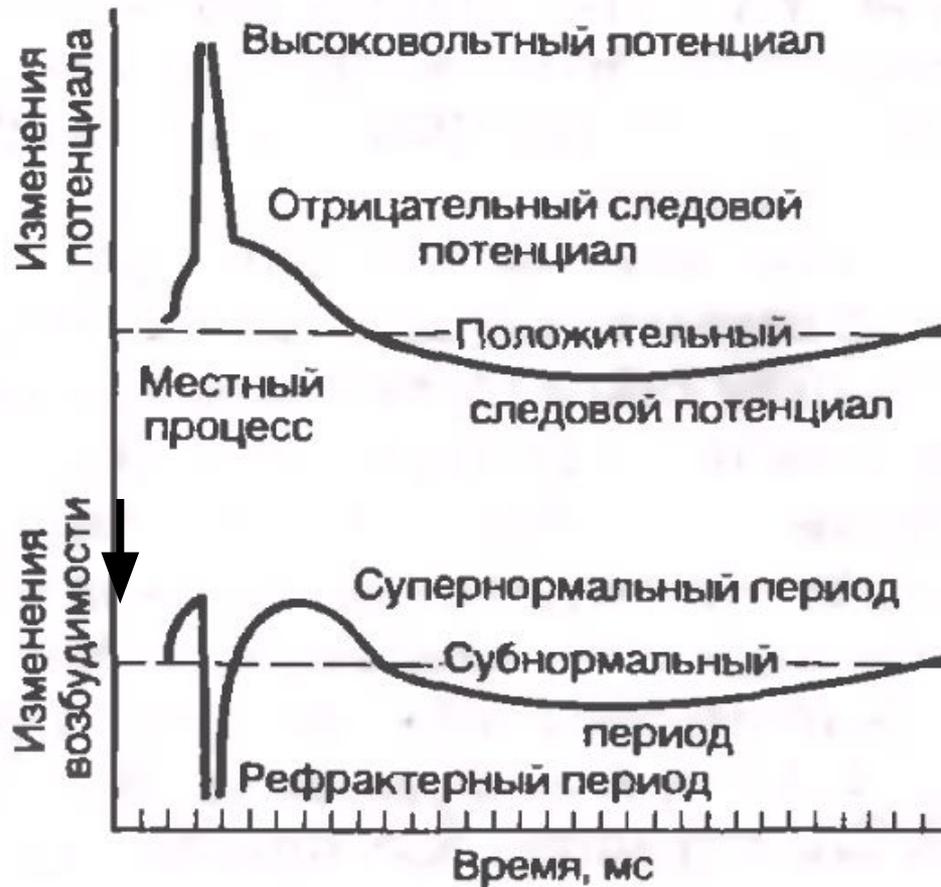
# ФОРМА ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ $\text{Na}^+$ В НАРУЖНОЙ СРЕДЕ



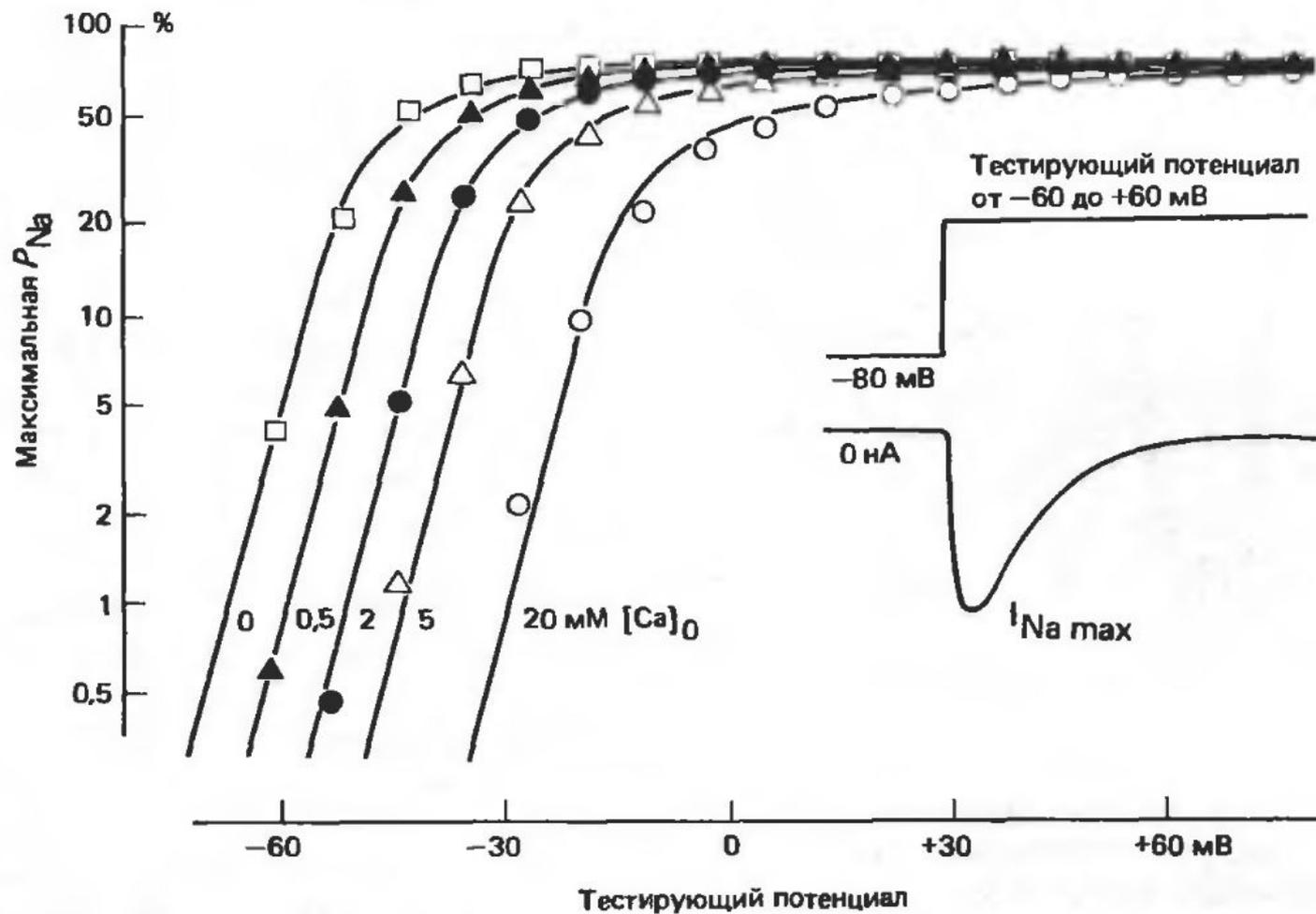
# РЕФРАКТЕРНОСТЬ ПОСЛЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ



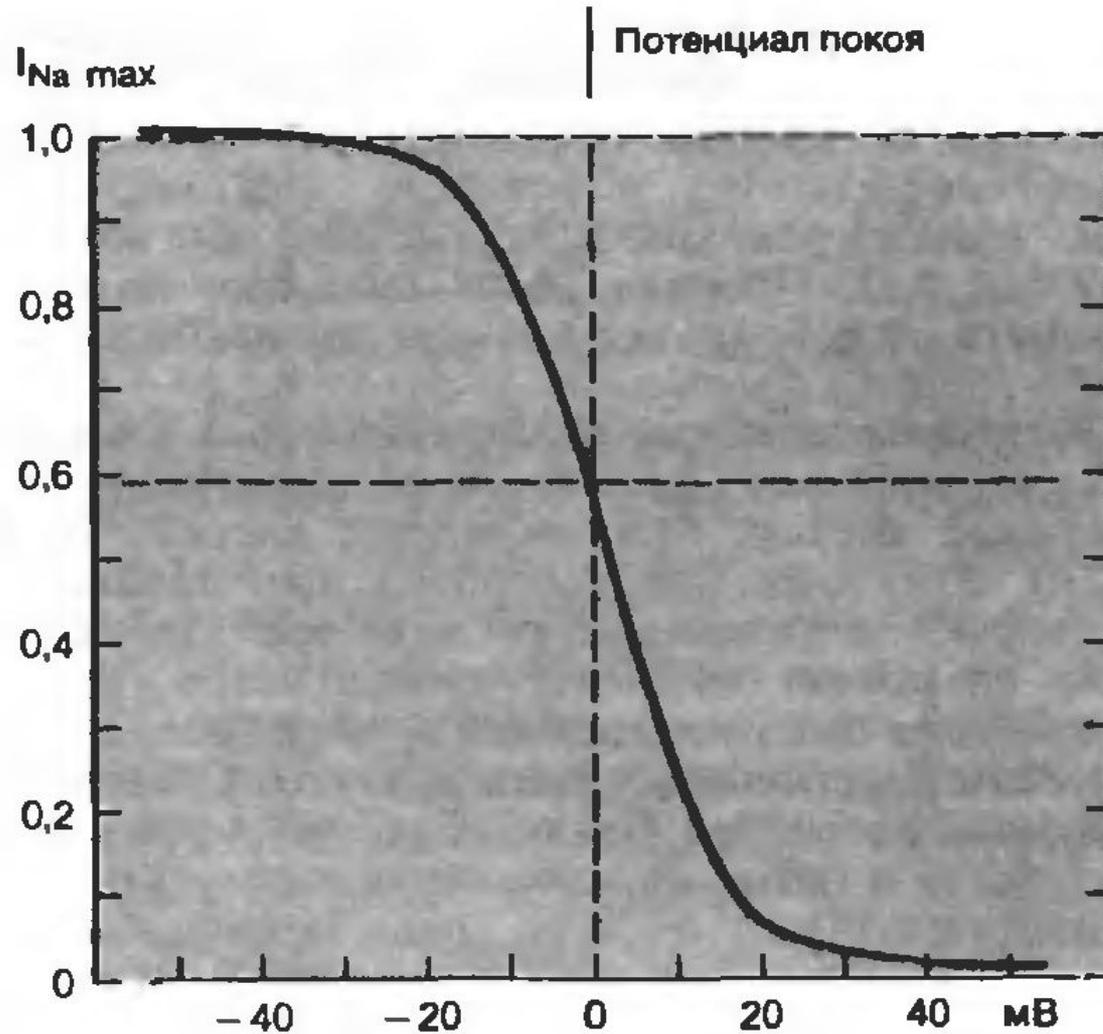
# ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



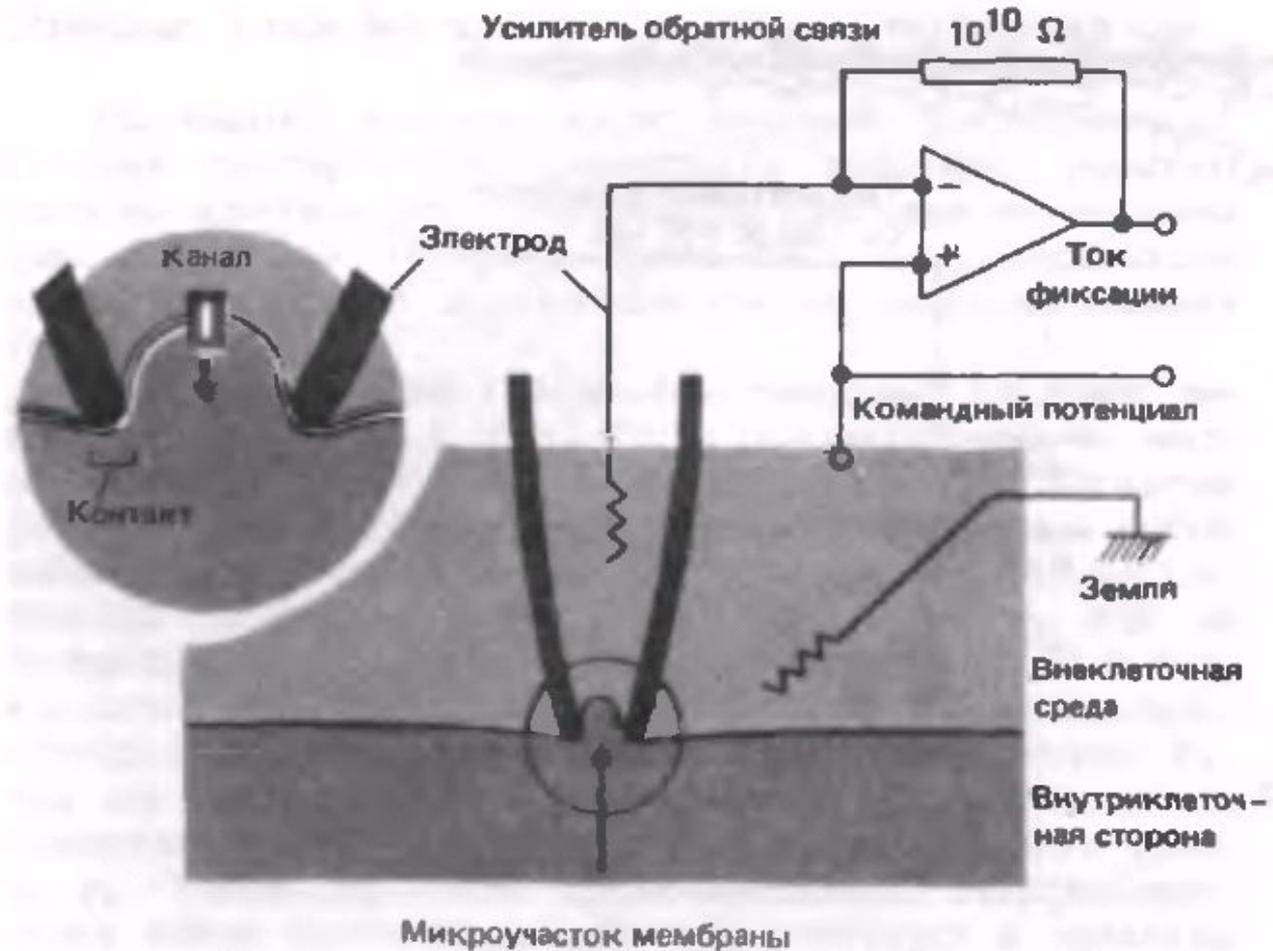
# ЗАВИСИМОСТЬ $\text{Na}^+$ -ПРОНИЦАЕМОСТИ ОТ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛЬЦИЯ



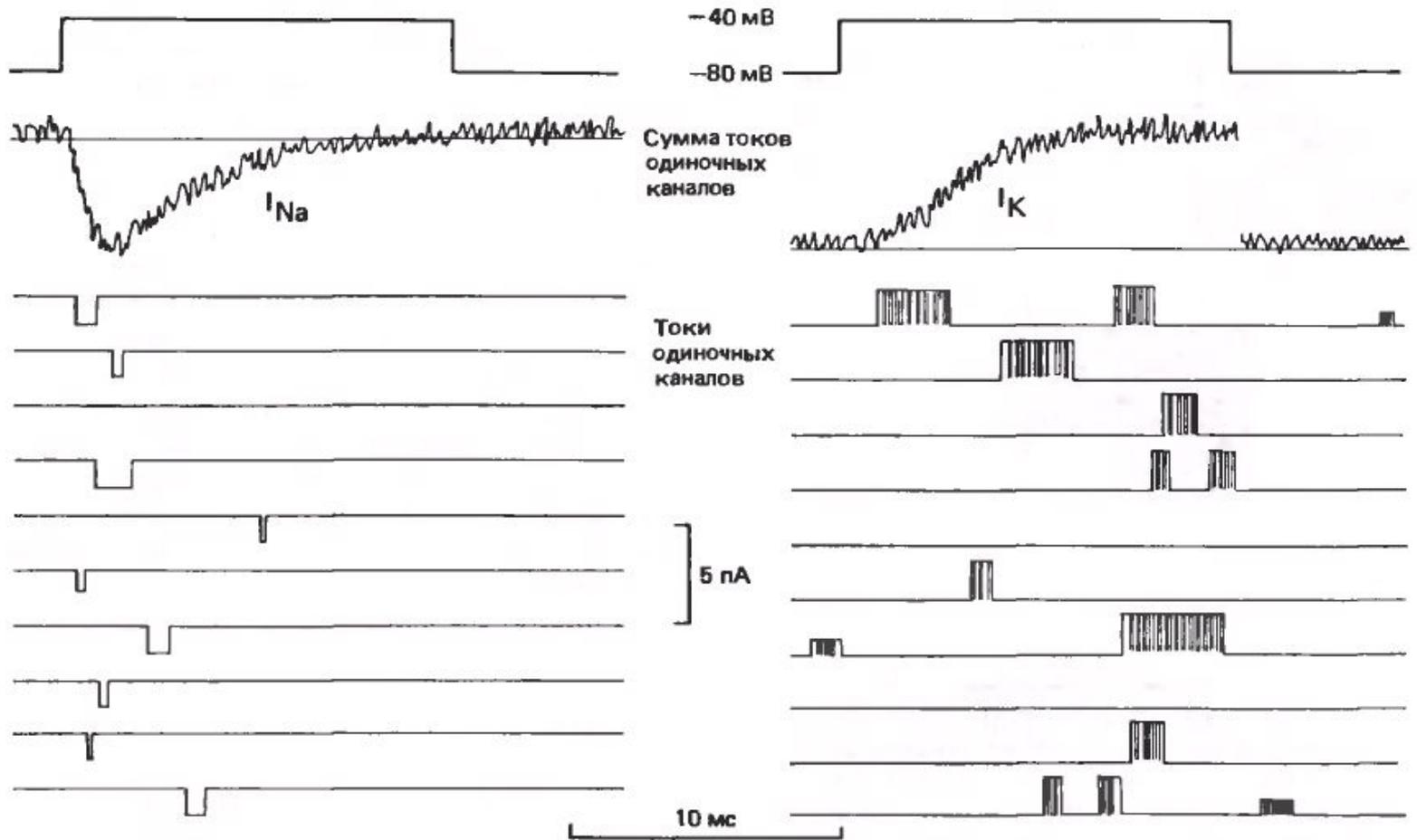
# ПОТЕНЦИАЛ-ЗАВИСИМАЯ ИНАКТИВАЦИЯ ТОКА НАТРИЯ



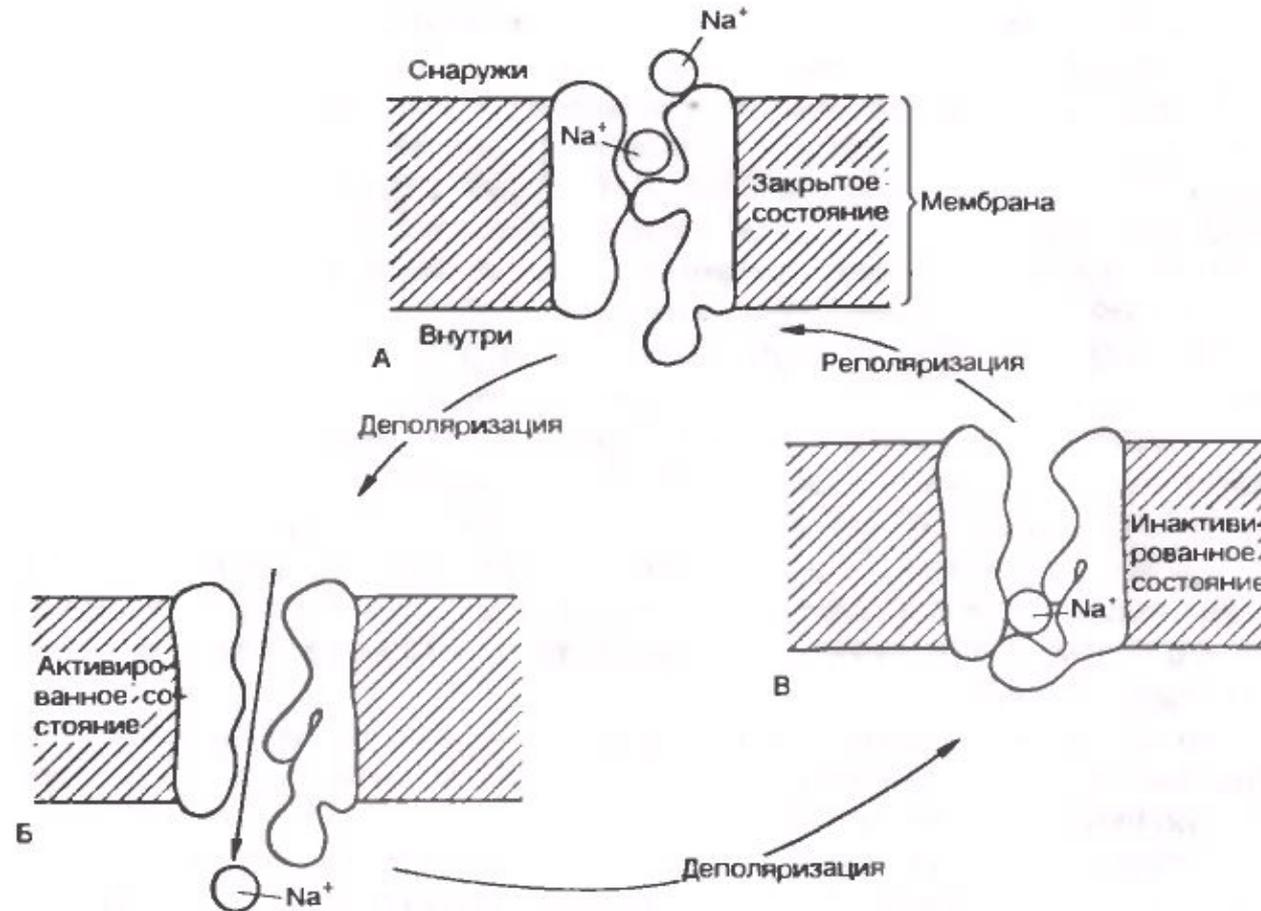
# МЕТОД ЛОКАЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА (PATCH-CLAMP)



# ТОКИ ЧЕРЕЗ ОДИНОЧНЫЕ НАТРИЕВЫЕ И КАЛИЕВЫЕ КАНАЛЫ

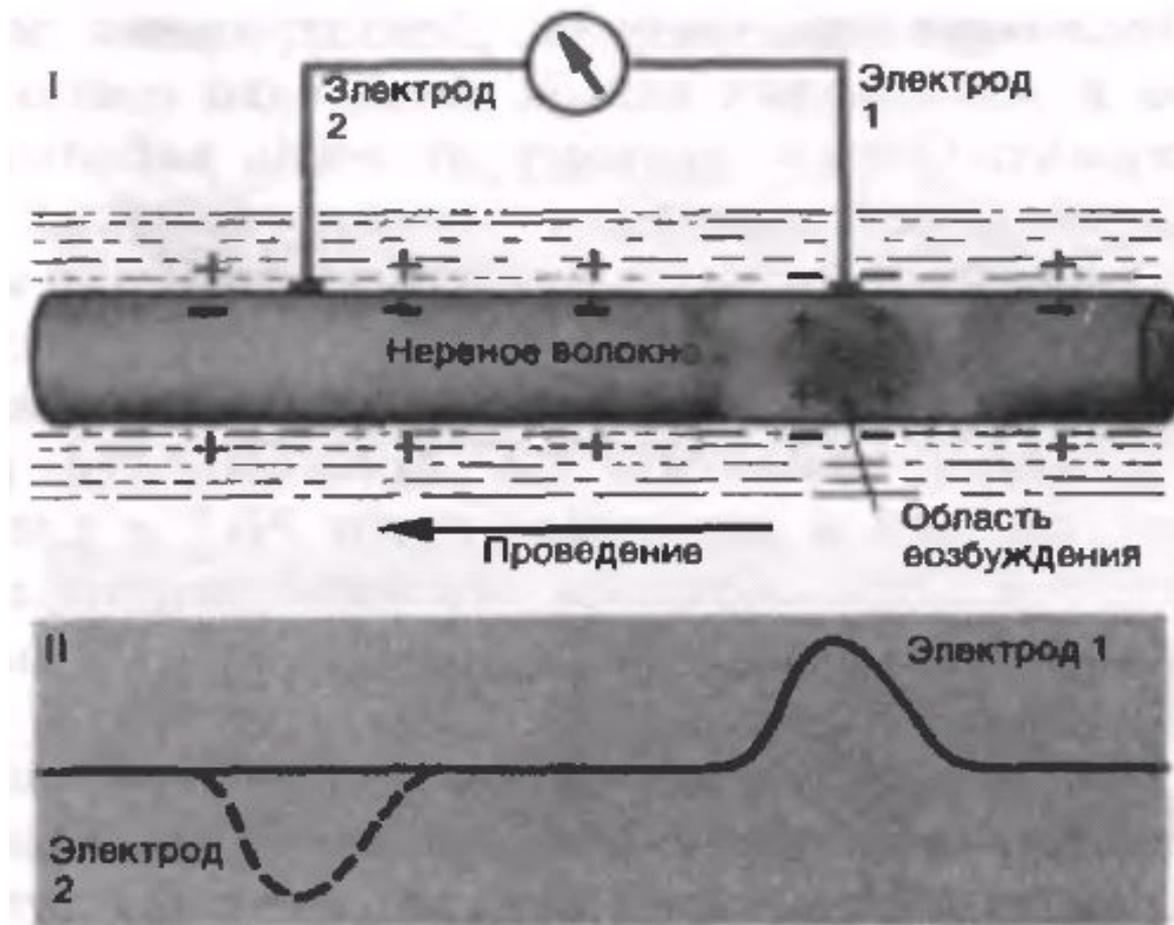


# МОДЕЛЬ РАБОТЫ НАТРИЕВОГО КАНАЛА

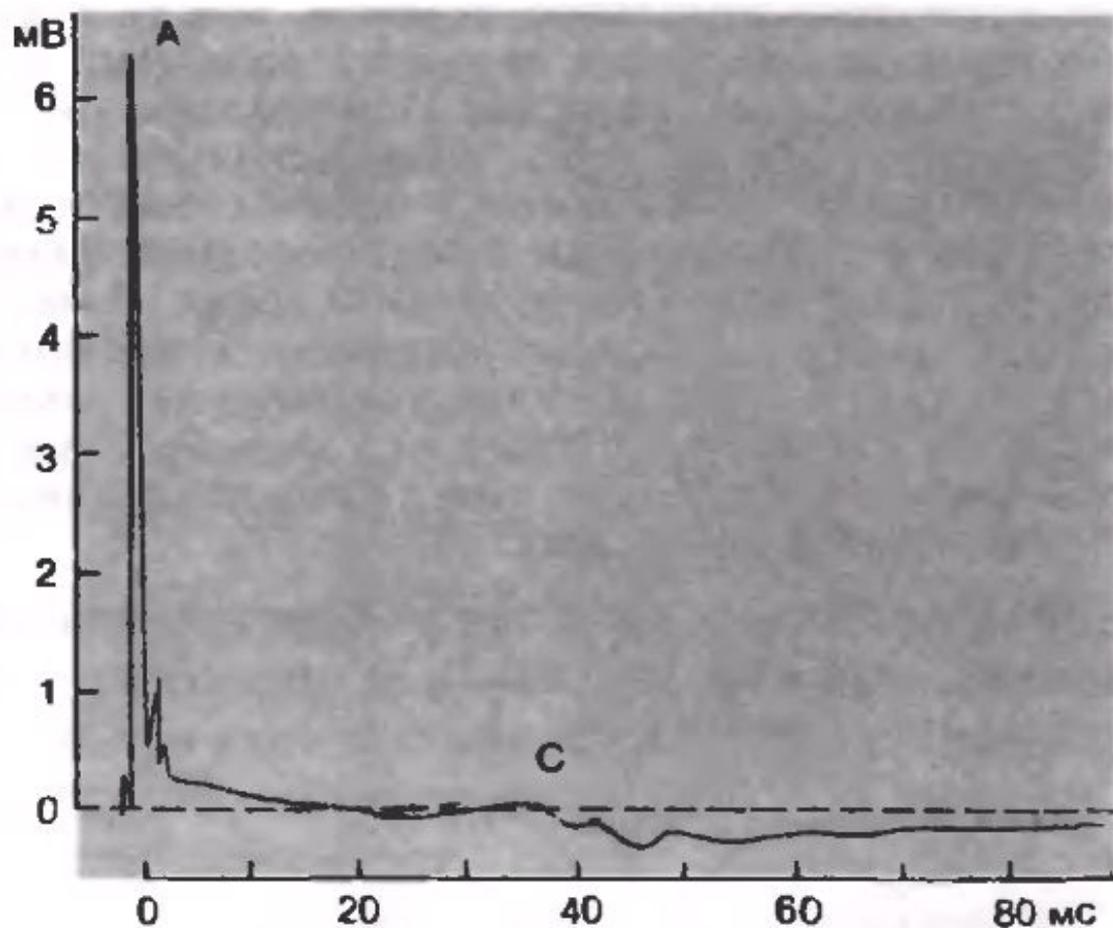




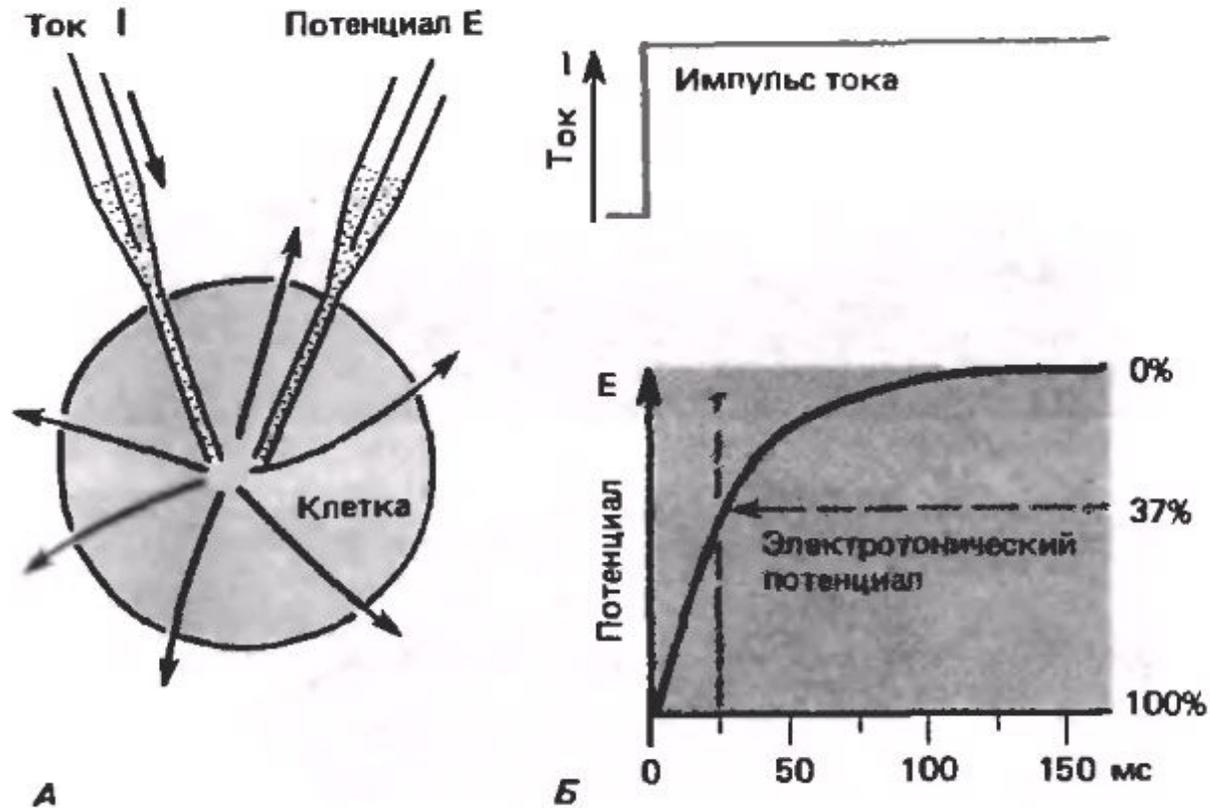
# ВНЕКЛЕТОЧНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



# СОСТАВНОЙ ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ НЕРВА

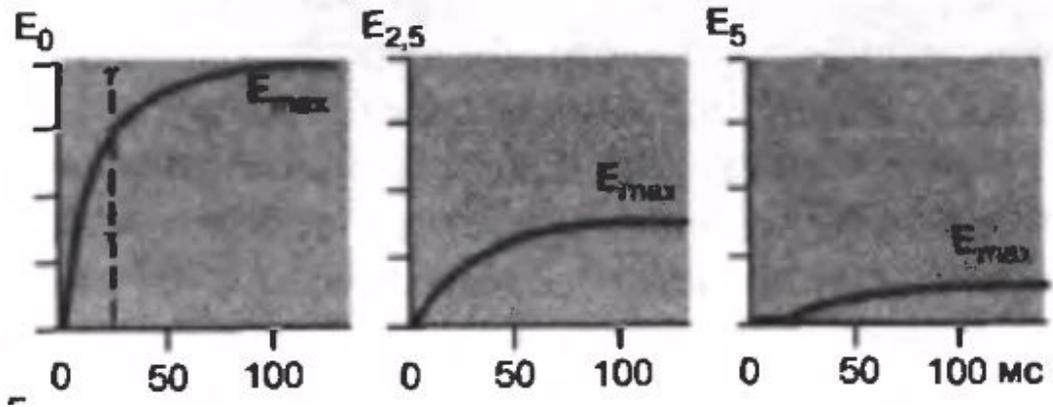
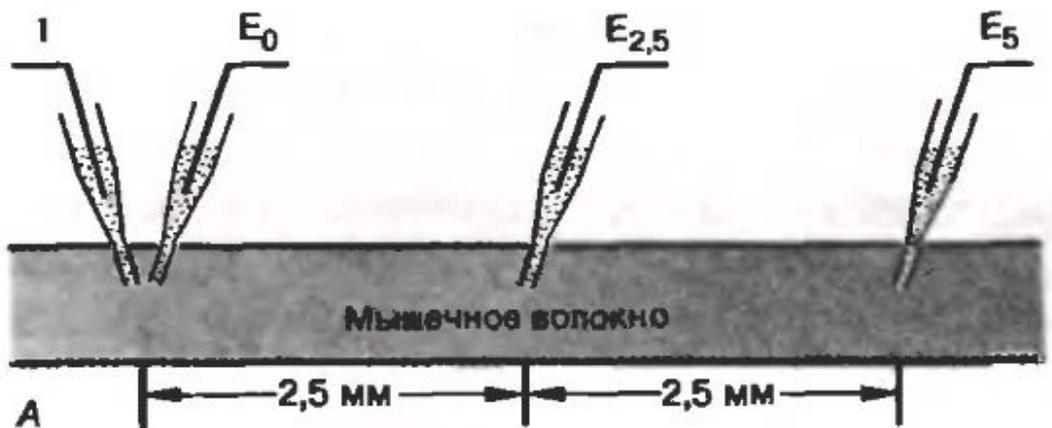


# ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В КЛЕТКЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

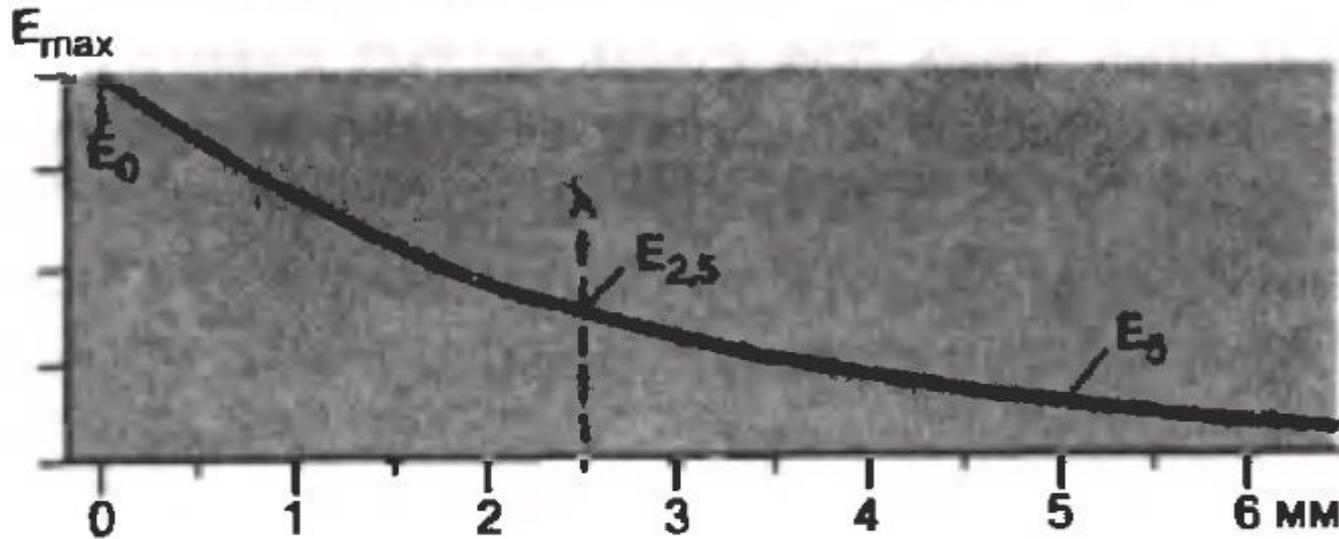


$$E(t) = E_{\text{MAX}} (1 - e^{-t/\tau}) \quad \tau = R_M \cdot C_M$$

# ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В КЛЕТКЕ ВЫТЯНУТОЙ ФОРМЫ

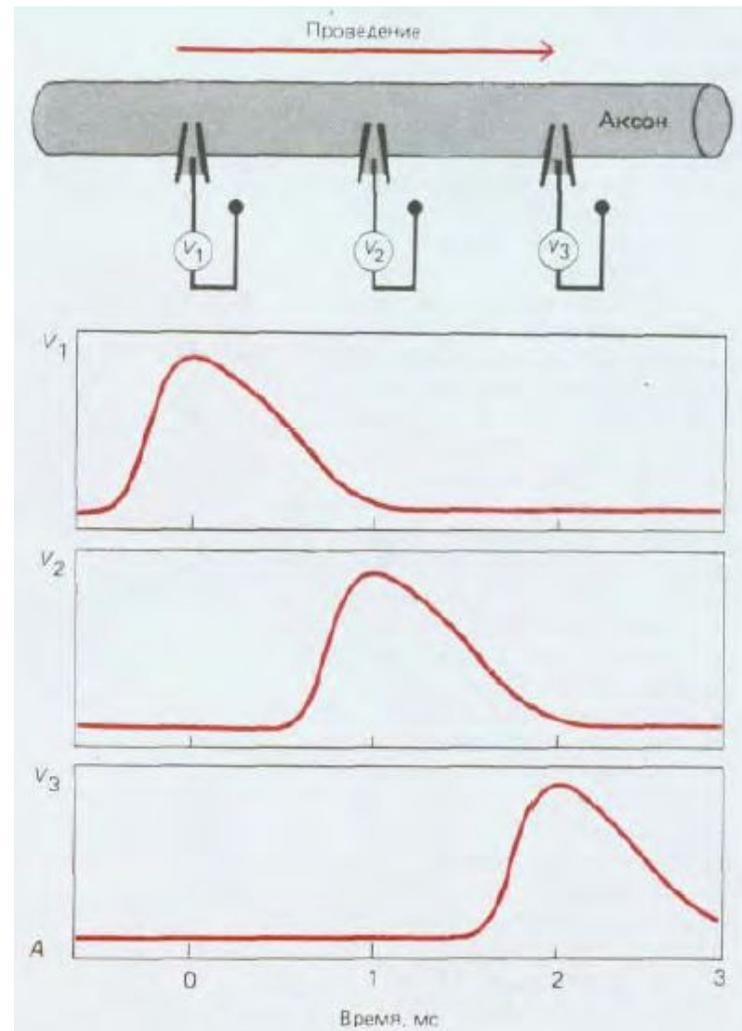


# ПОСТОЯННАЯ ДЛИНЫ МЕМБРАНЫ

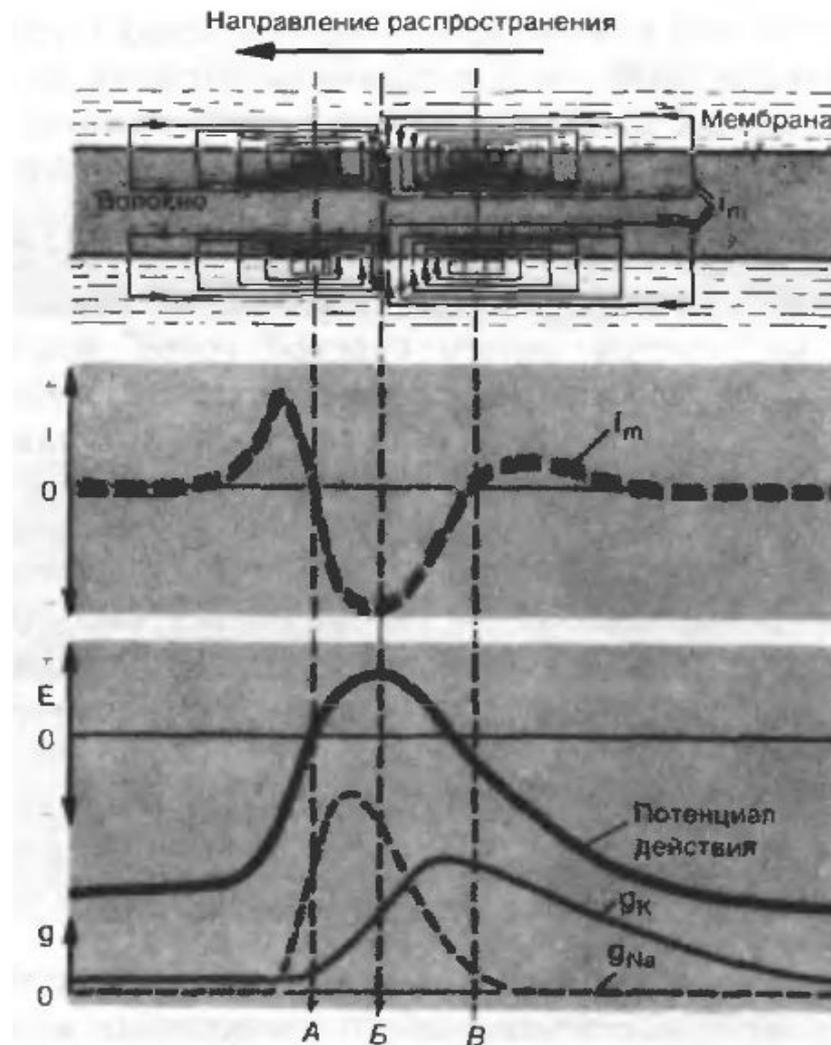


$$E(x) = E_{\text{MAX}} e^{-x/\lambda}$$

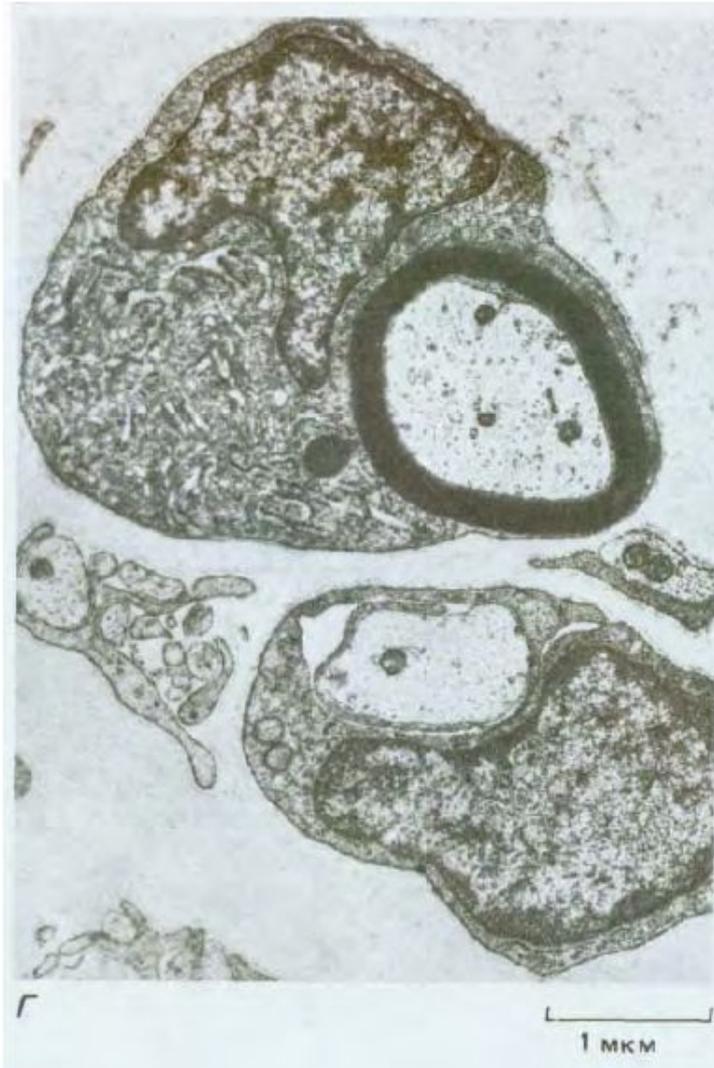
# БЕЗДЕКРЕМЕНТНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



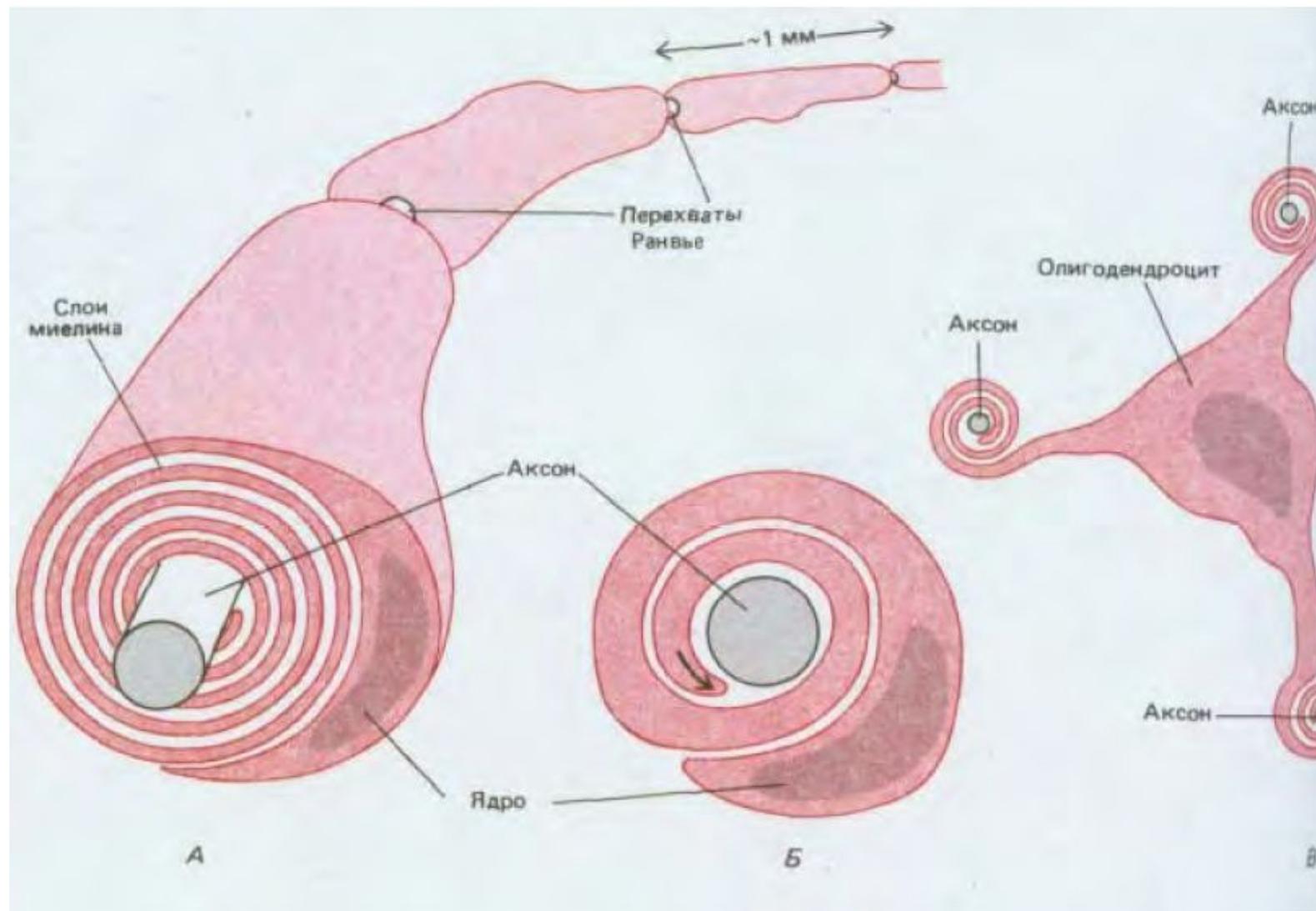
# МЕХАНИЗМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



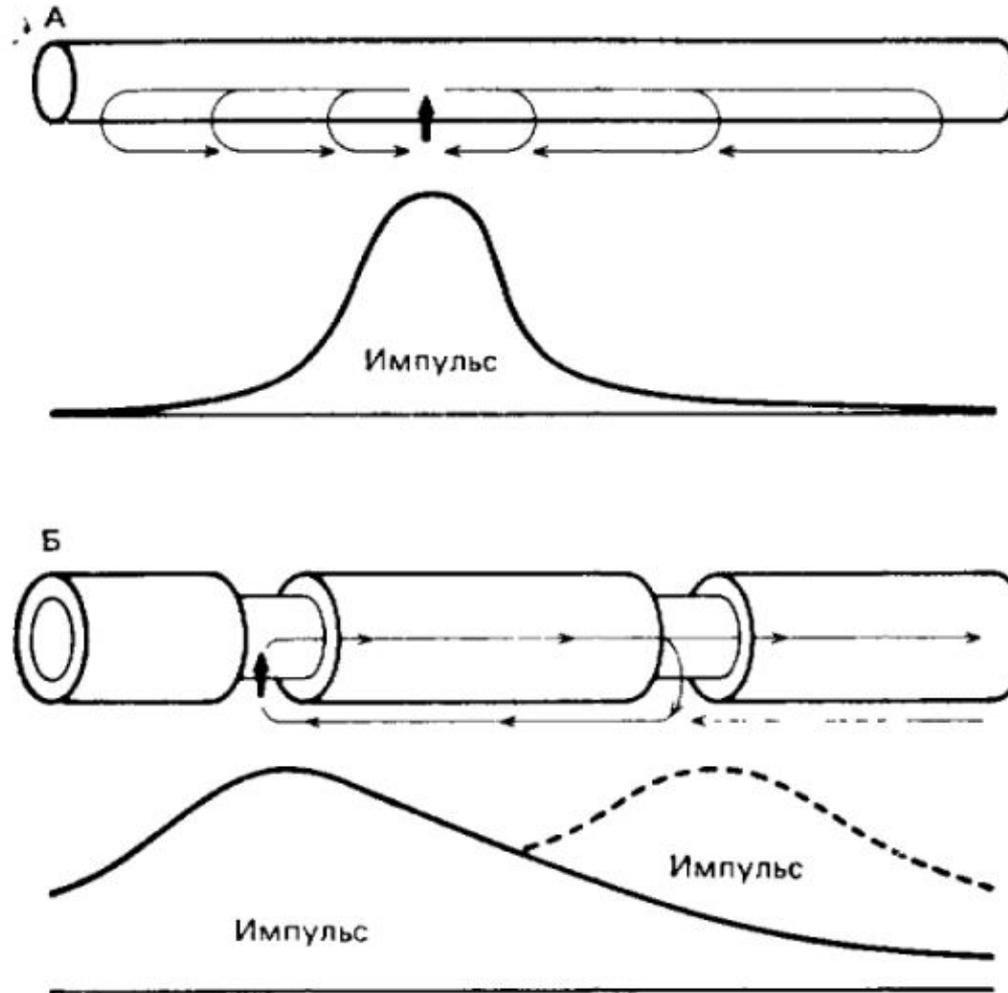
# ПОПЕРЕЧНЫЙ СРЕЗ АКСОНА



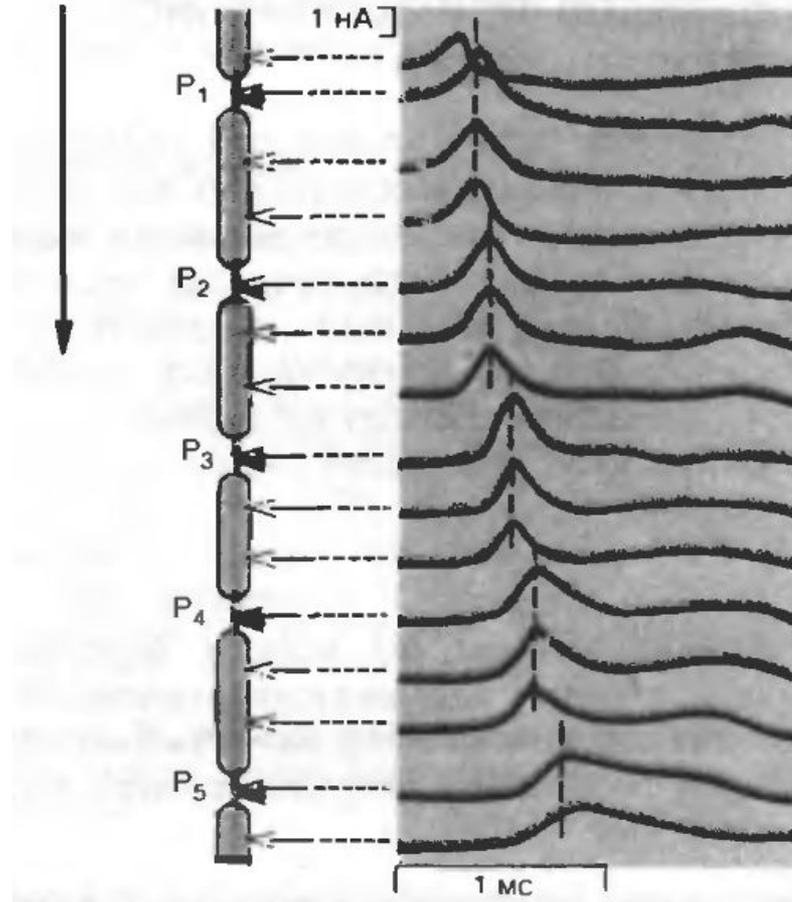
# СТРОЕНИЕ МИЕЛИНИЗИРОВАННОГО АКСОНА



# САЛЬТАТОРНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ В МИЕЛИНИЗИРОВАННОМ АКСОНЕ



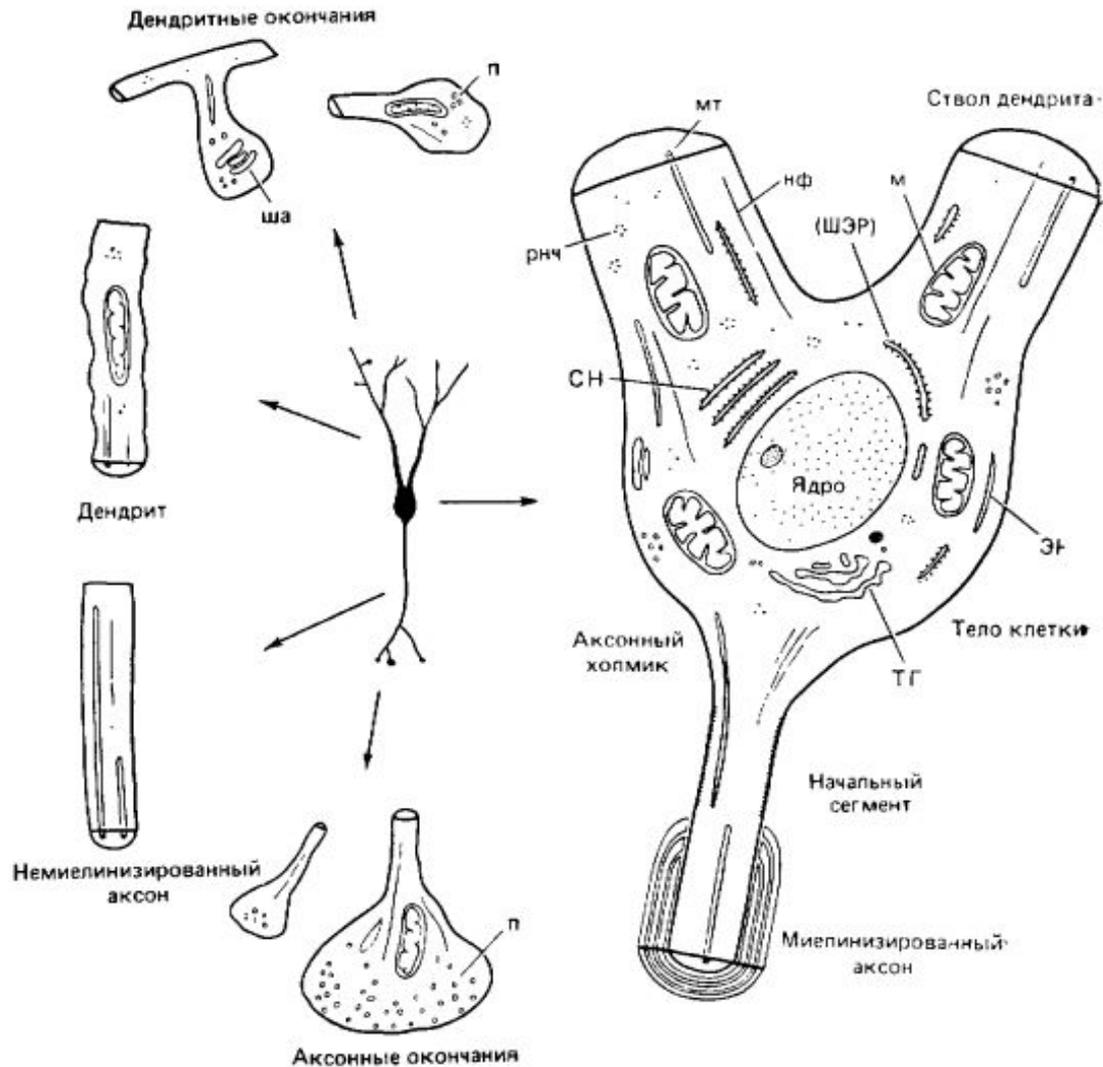
# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО САЛЬТАТОРНОГО ПРОВЕДЕНИЯ



# ТИПЫ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

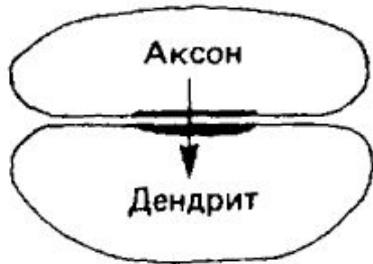


# СТРОЕНИЕ НЕЙРОНА

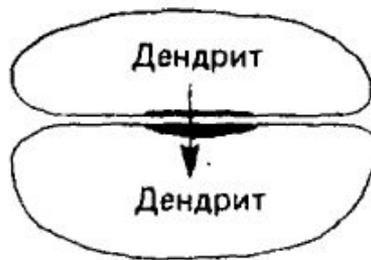


# ТИПЫ СИНАПТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

А Аксо-дендритный



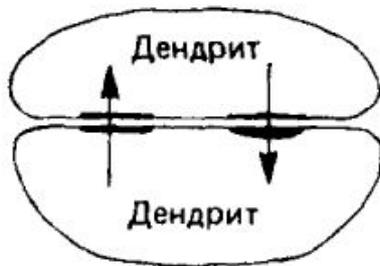
Б Дендро-дендритный



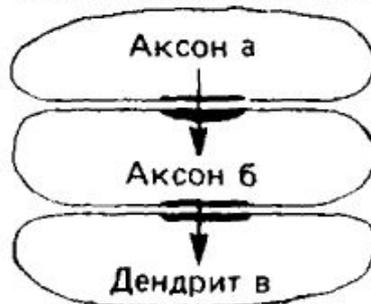
В Аксо-аксонный



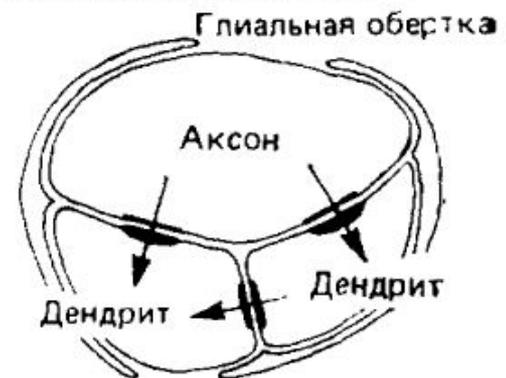
Г Реципрокные синапсы



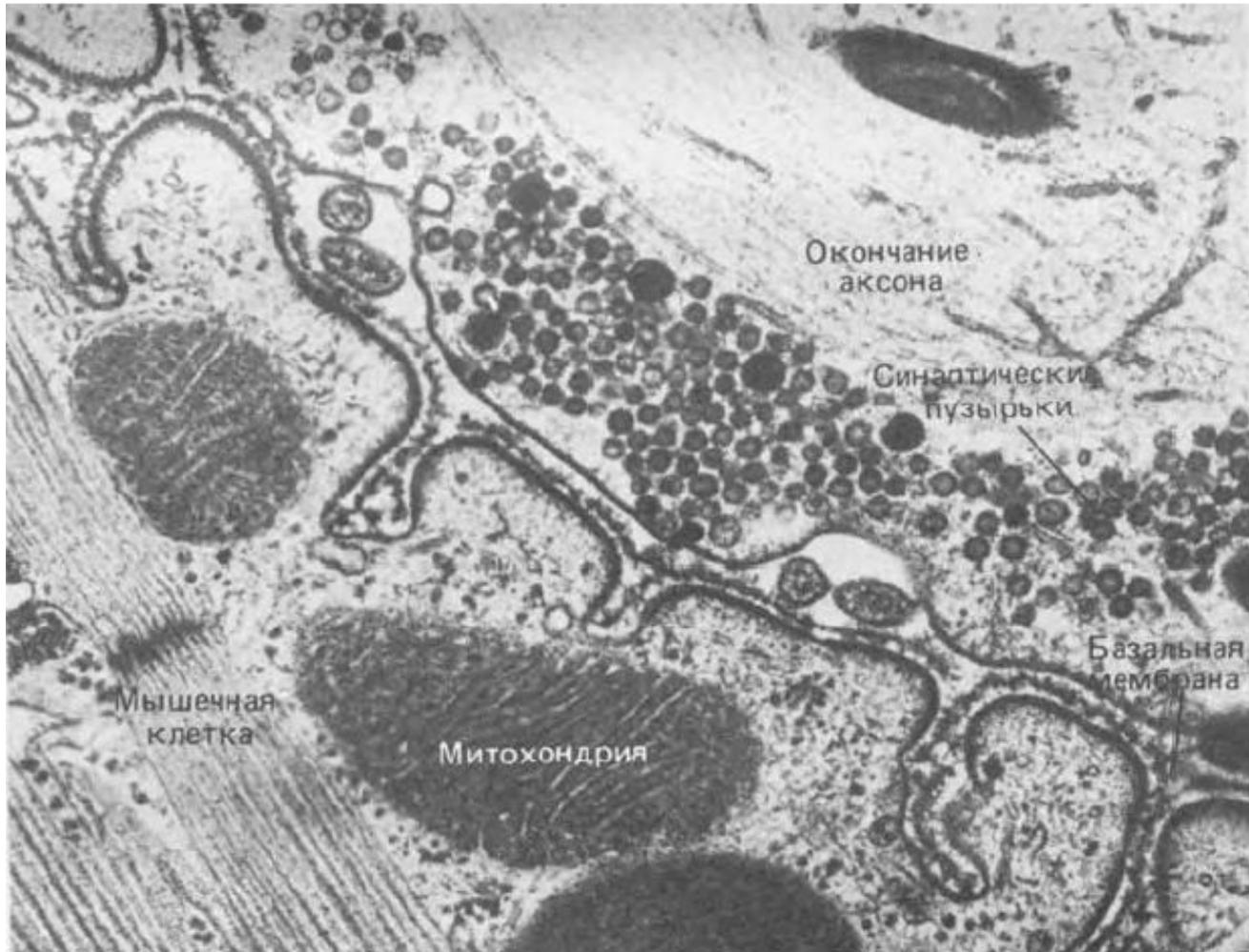
Д Последовательные синапсы (аксо-аксо-дендритные)



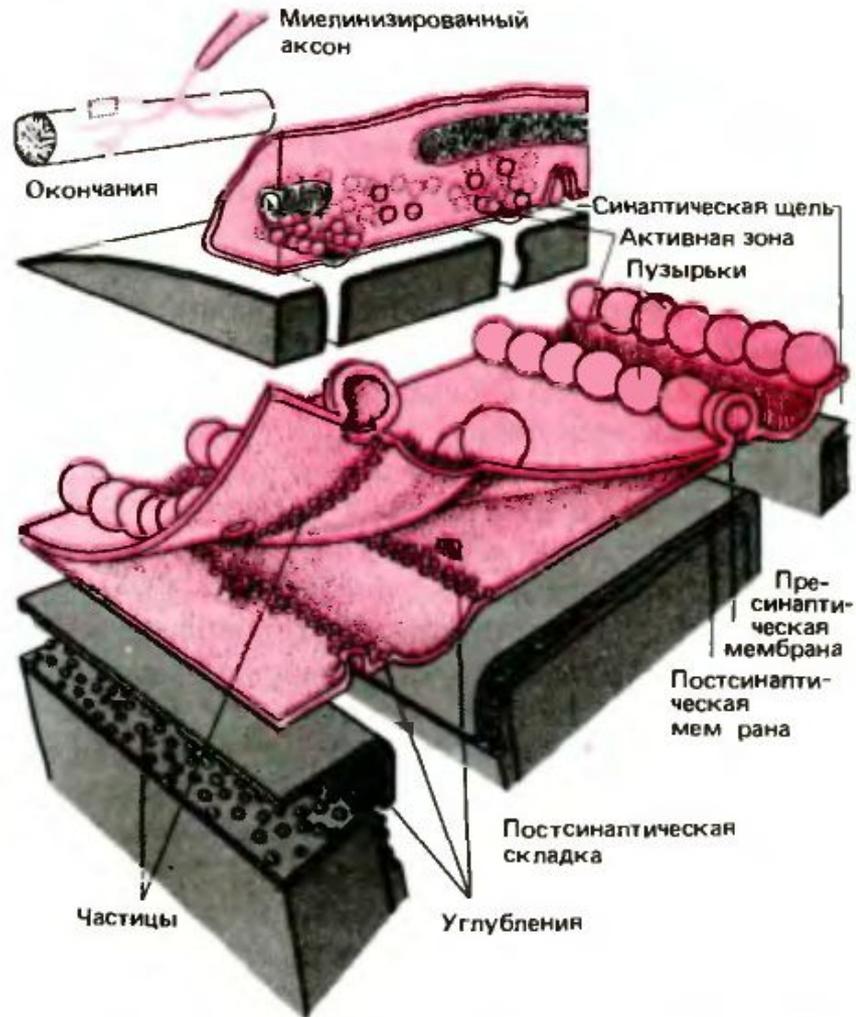
Е Синаптические гломерулы



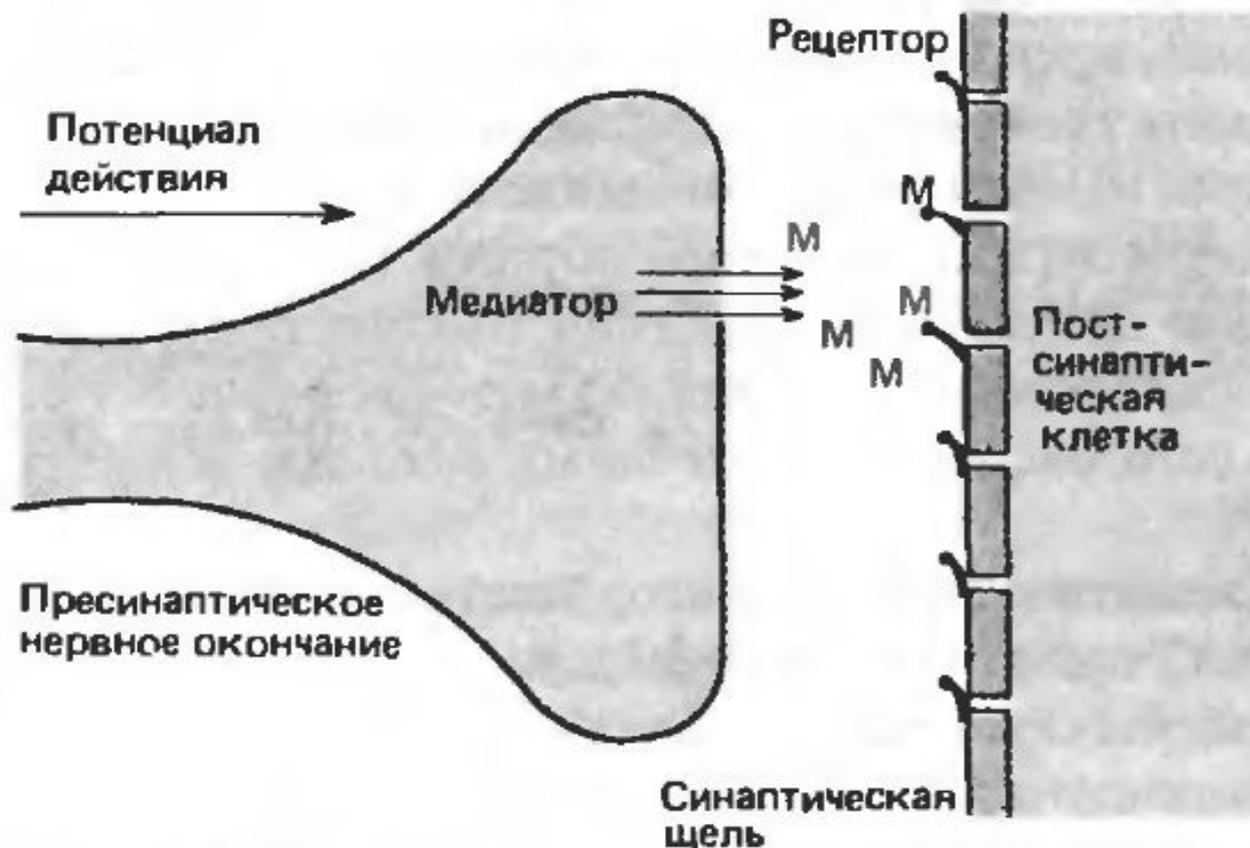
# ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОФОТОГРАФИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ



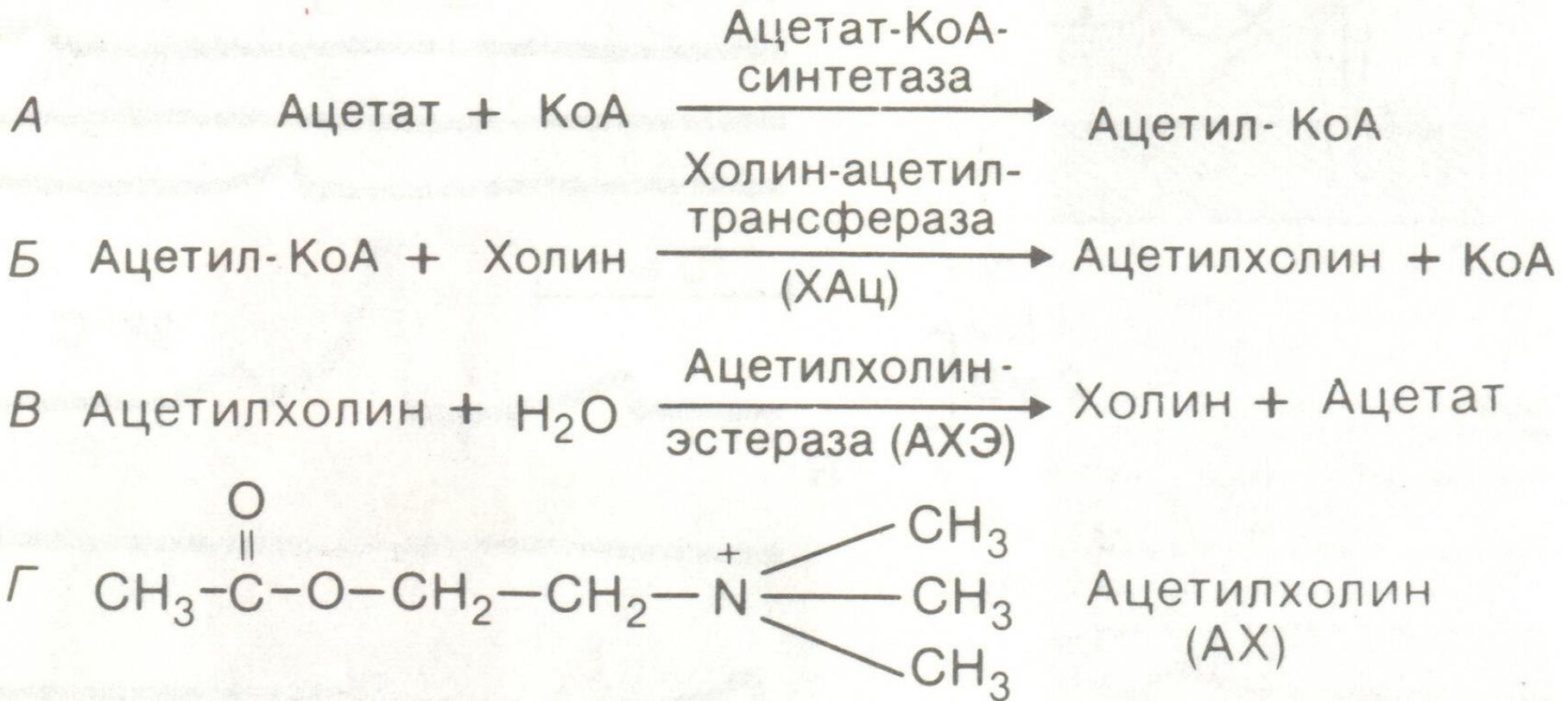
# СТРОЕНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СИНАПСА



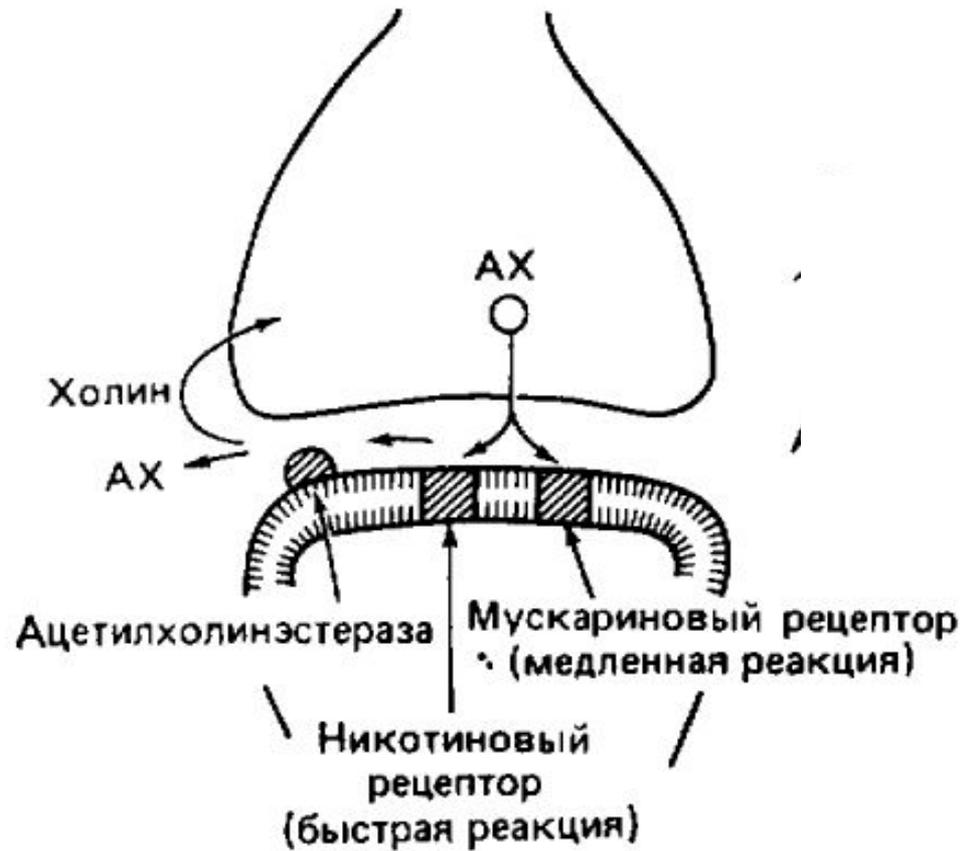
# СХЕМА ХИМИЧЕСКОГО СИНАПСА



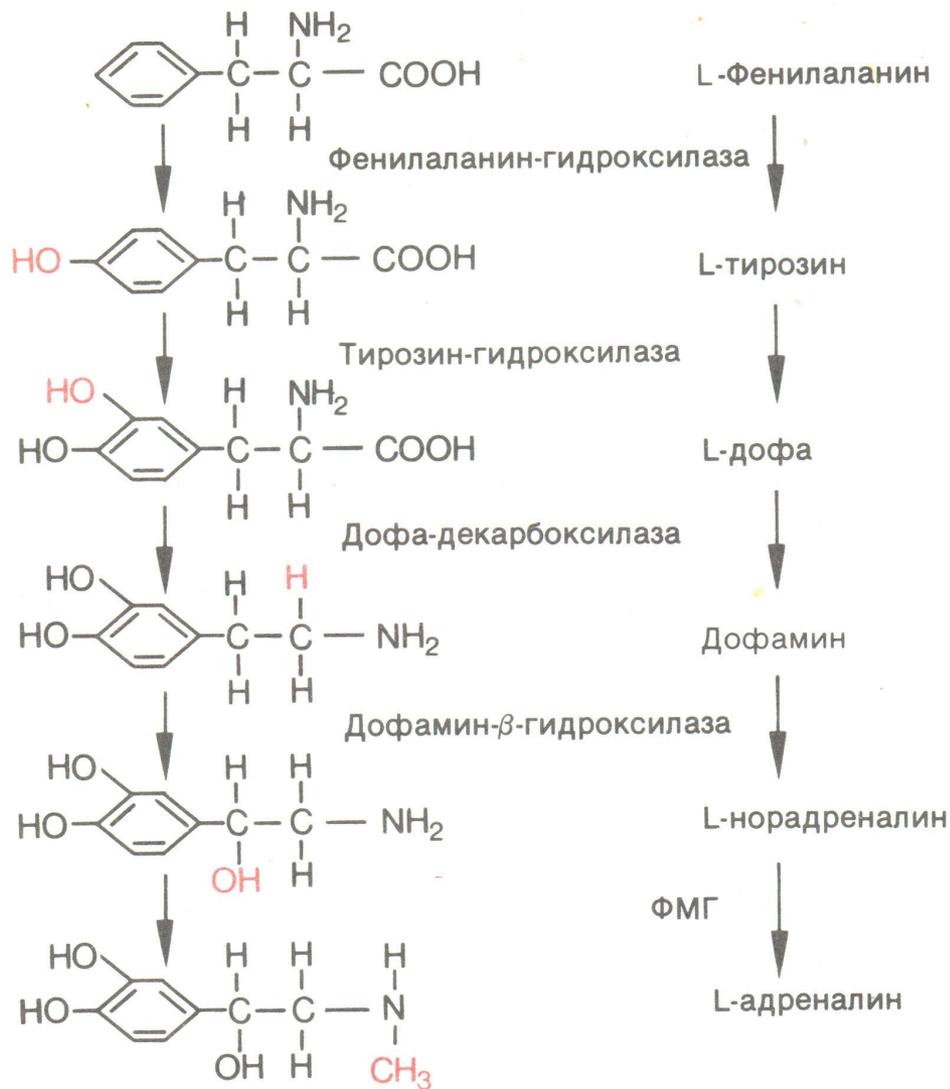
# БИОСИНТЕЗ И ИНАКТИВАЦИЯ АЦЕТИЛХОЛИНА



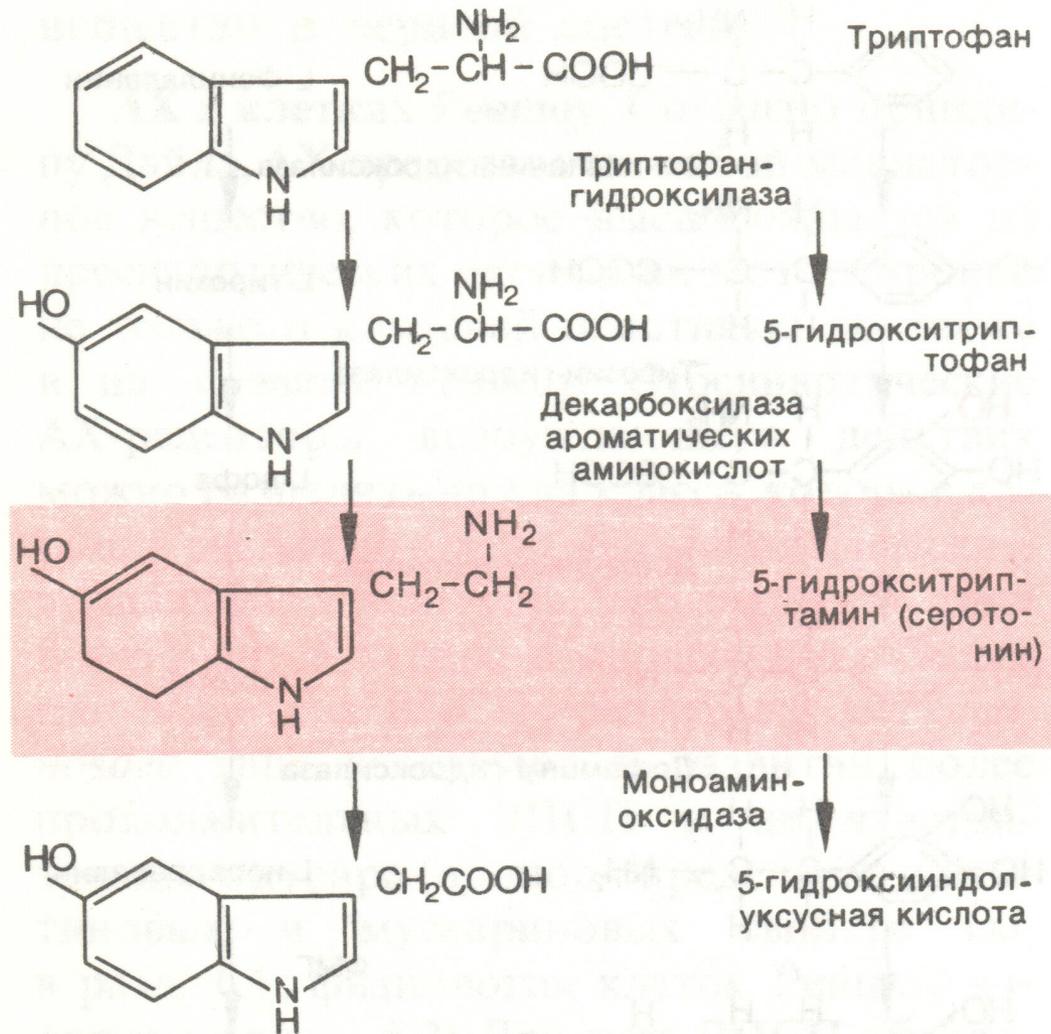
# РЕЦЕПТОРЫ К АЦЕТИЛХОЛИНУ



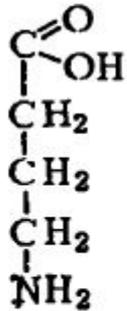
# БИОСИНТЕЗ КАТЕХОЛАМИНОВ



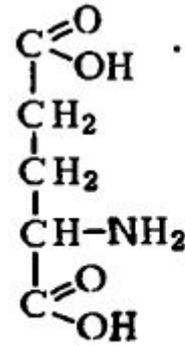
# БИО-СИНТЕЗ И ИНАКТИВАЦИЯ СЕРОТОНИНА



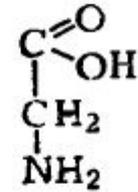
# АМИНОКИСЛОТЫ-МЕДИАТОРЫ



*γ-аминомасляная  
кислота (ГАВА)*

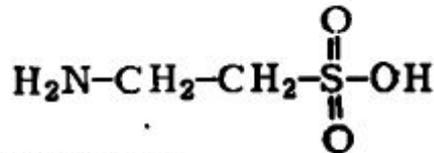


*глутаминовая  
кислота*

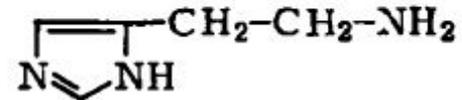


*глицин*

## КАНДИДАТЫ В МЕДИАТОРЫ



*таурин*

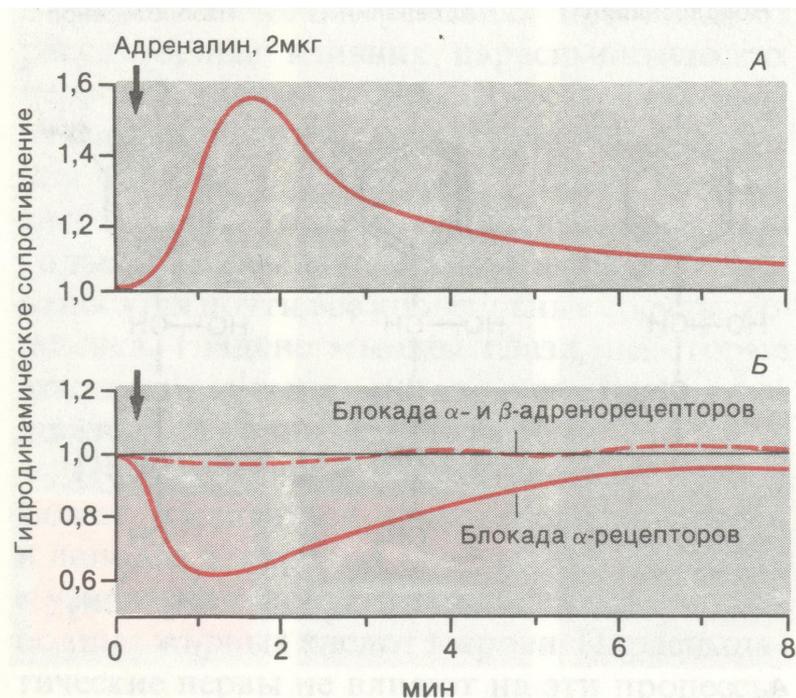
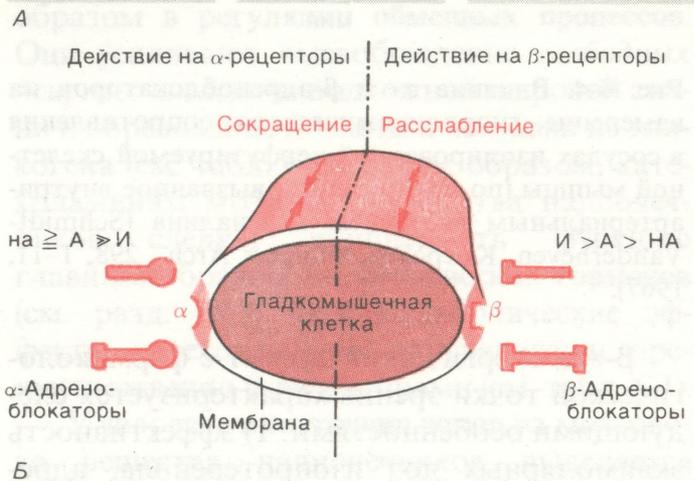
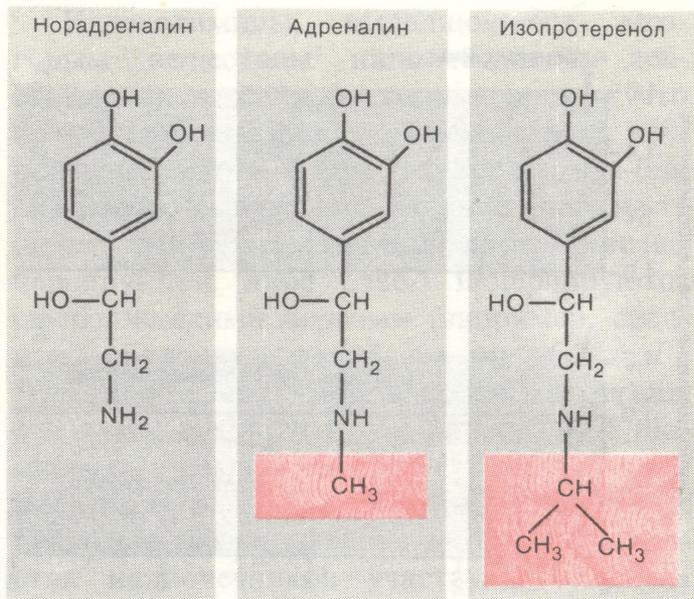


*гистамин*

*Другие возможные кандидаты: АТР, аспарагиновая кислота,  
пролин*



# АМБИВАЛЕНТНОСТЬ МЕДИАТОРОВ:ДЕЙСТВИЕ КАТЕХОЛАМИНОВ НА АДРЕНОРЕЦЕПТОРЫ



# СТАДИИ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ



А. Пресинаптическая  
деполяризация



Б. Движение Ca



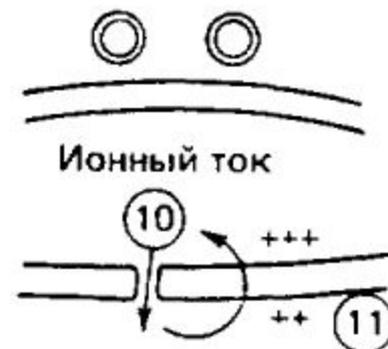
В. Высвобождение  
медиатора



Г. Диффузия  
и связывание

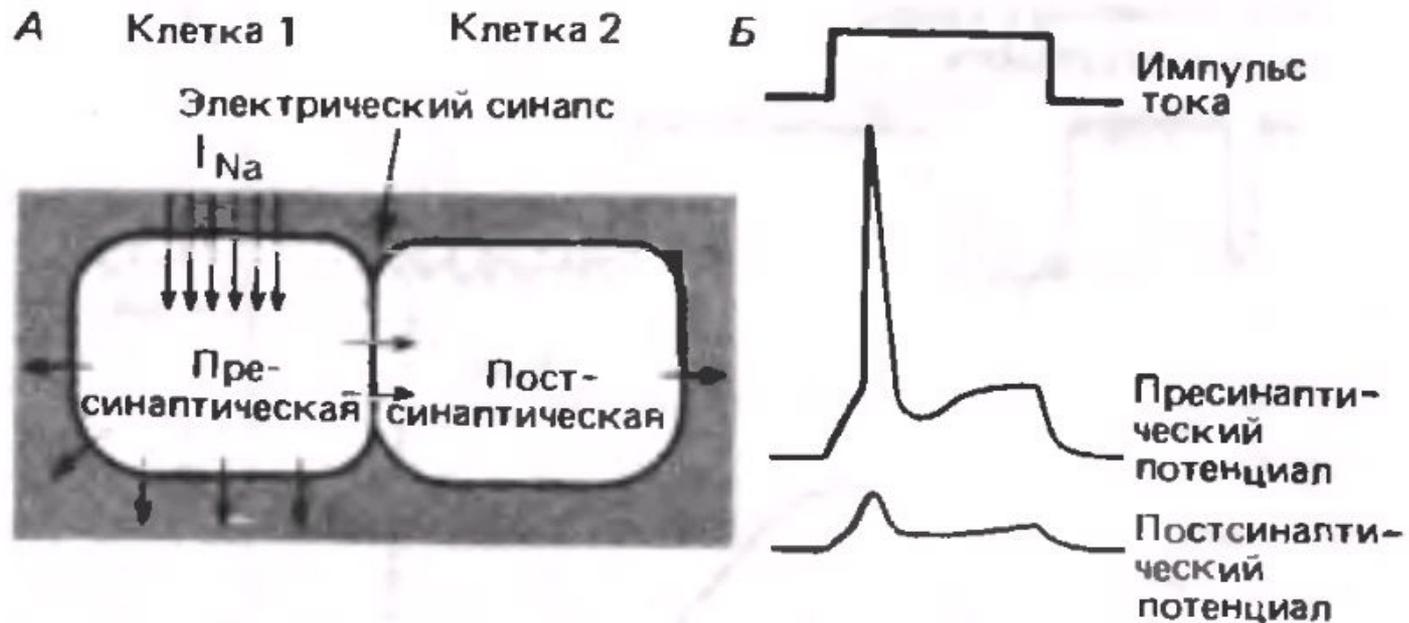


Молекулярные события  
Д. События на молекулярном  
уровне

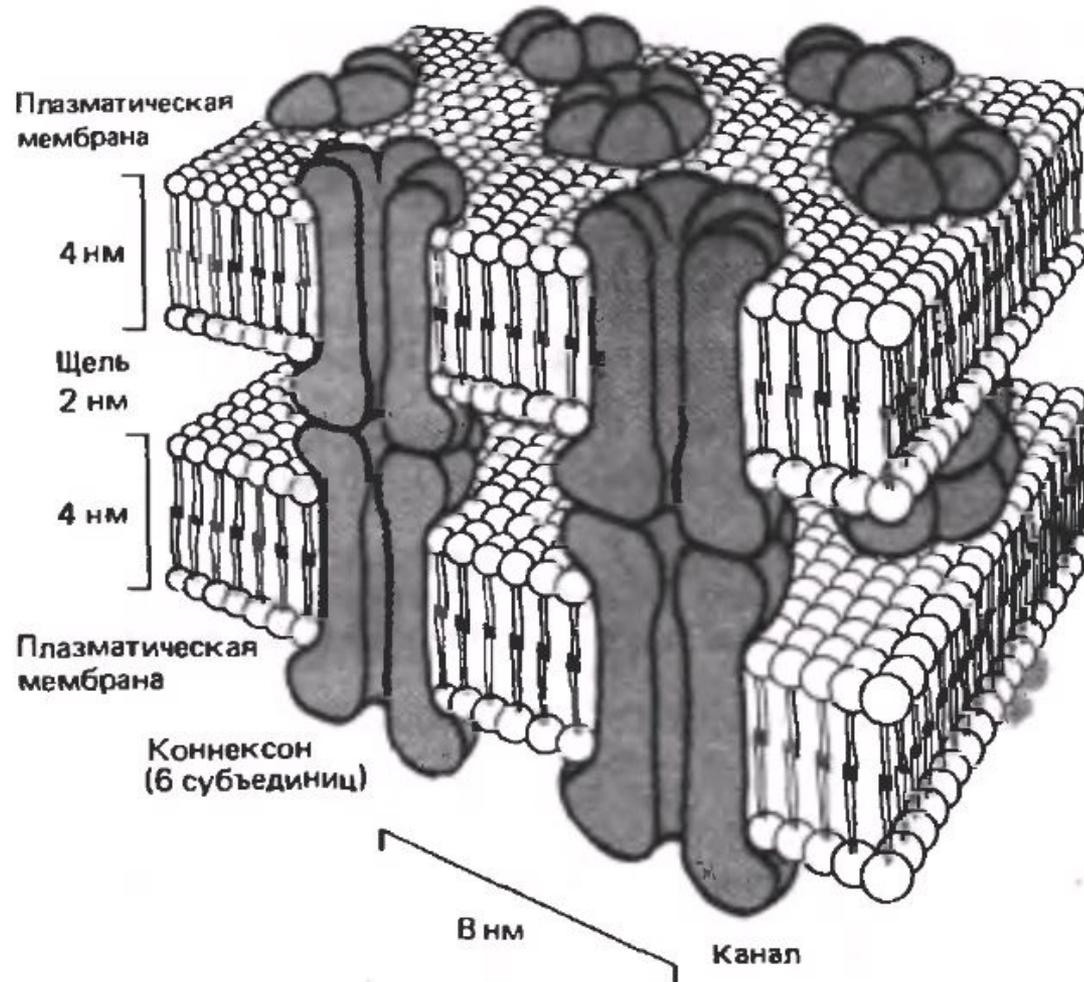


Постсинаптический потенциал  
Е. Постсинаптические  
потенциалы

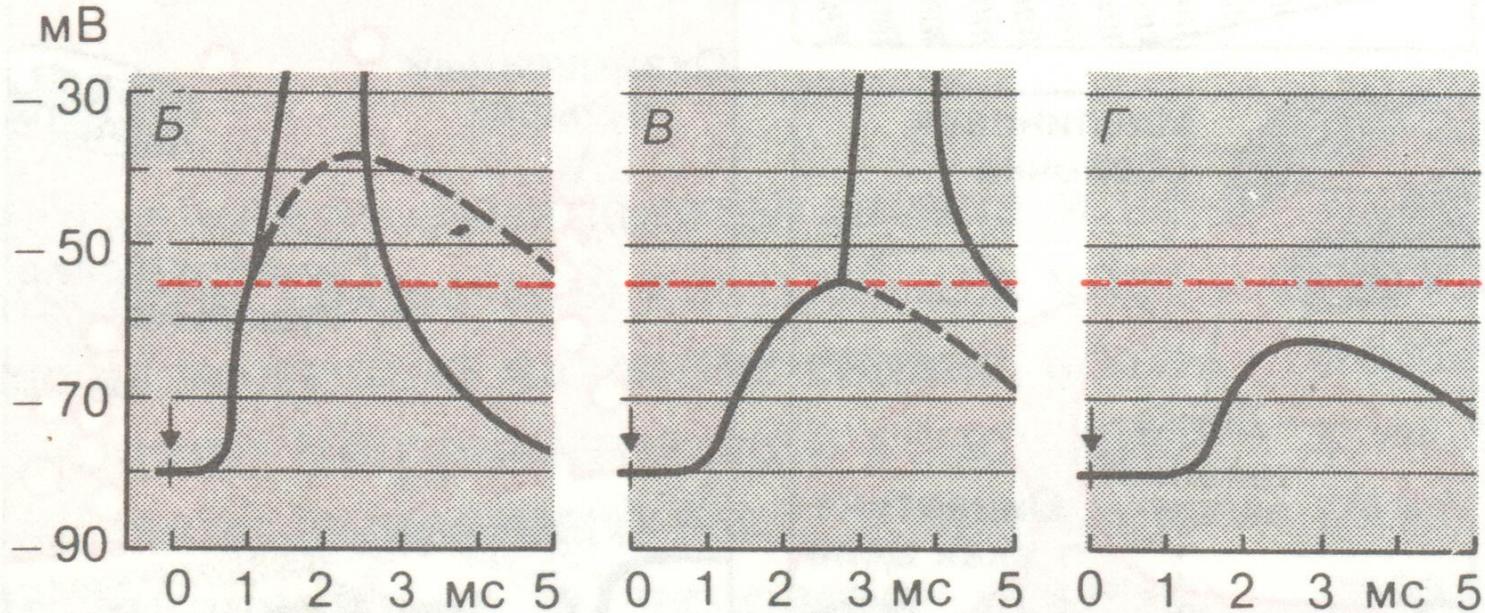
# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНАПС



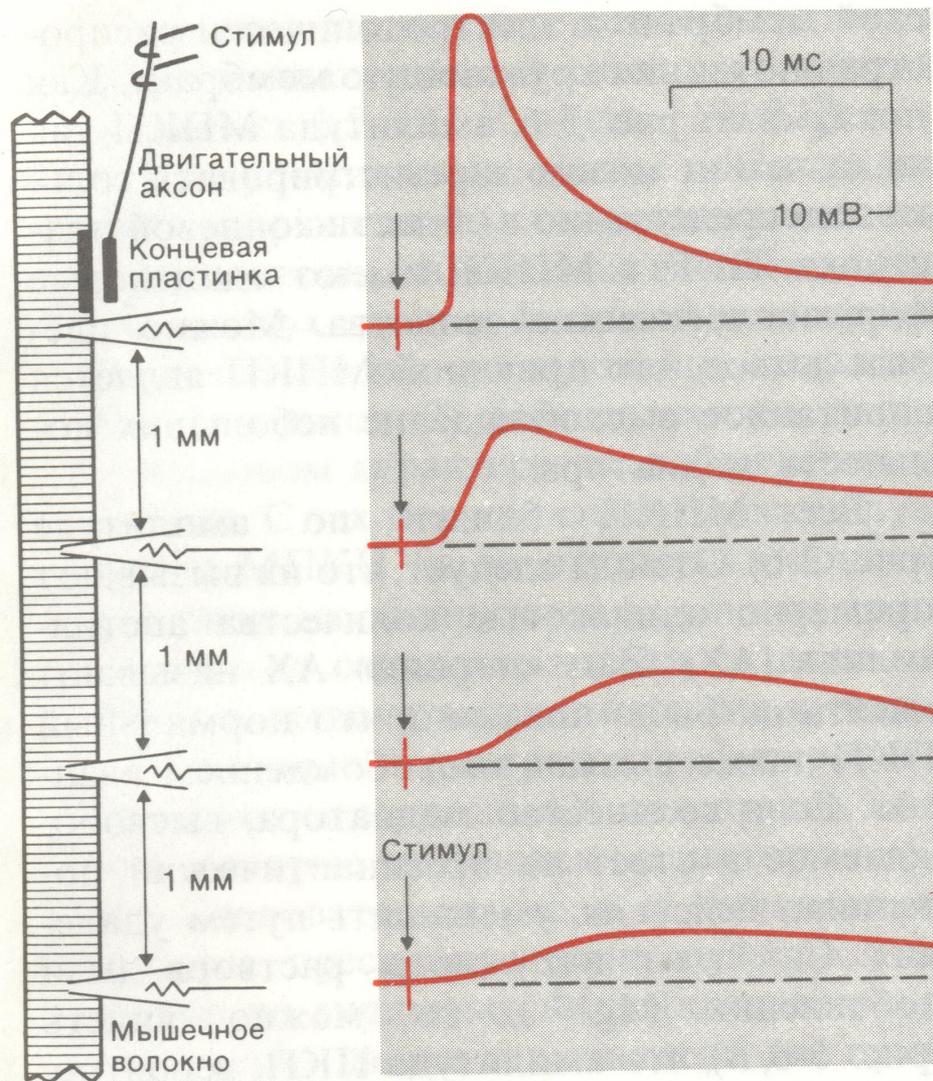
# УЛЬТРАСТРУКТУРА НЕКСУСА (ЩЕЛЕВОГО КОНТАКТА)



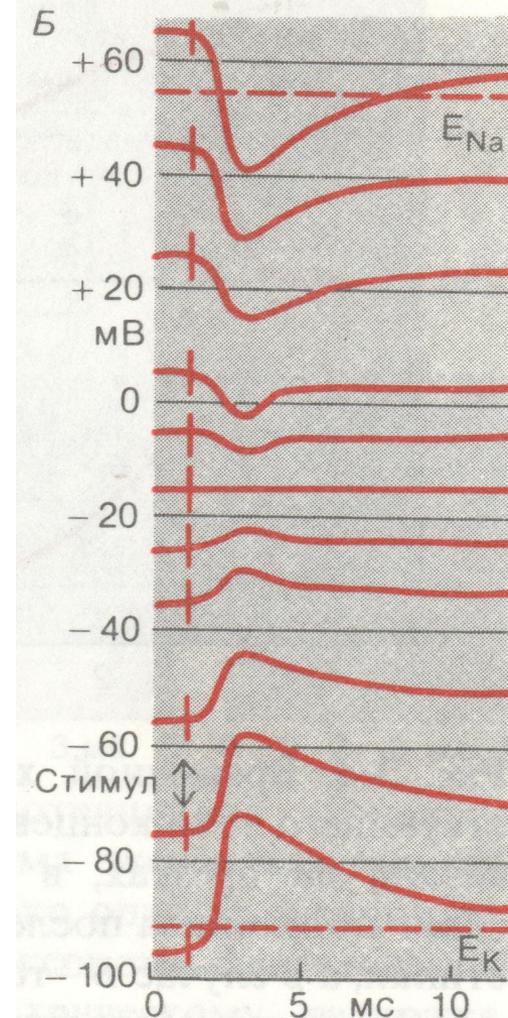
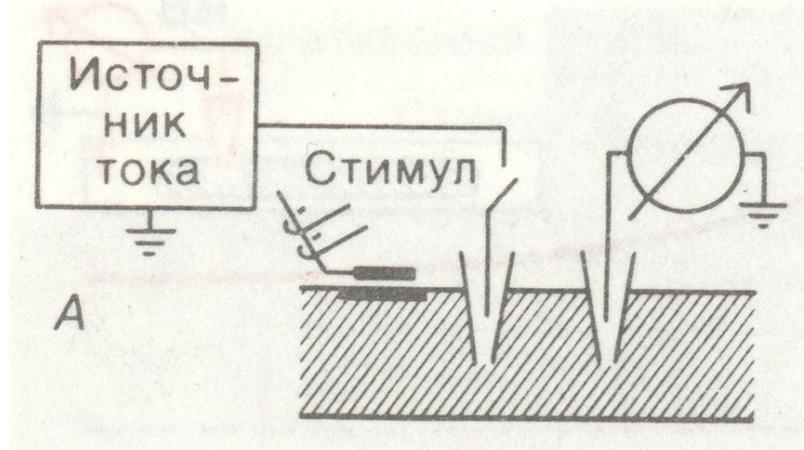
# РЕГИСТРАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ (ПКП) ПРИ ДЕЙСТВИИ ТУБОКУРАРИНА



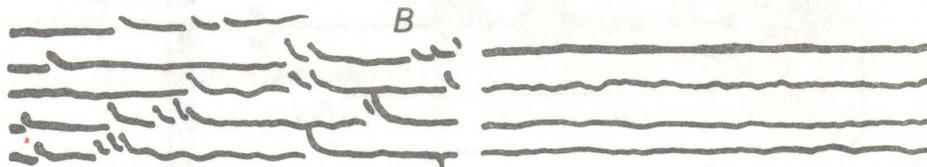
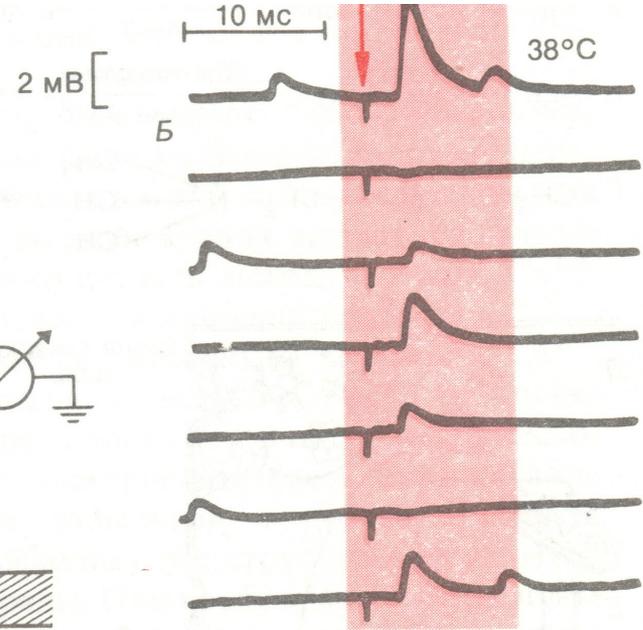
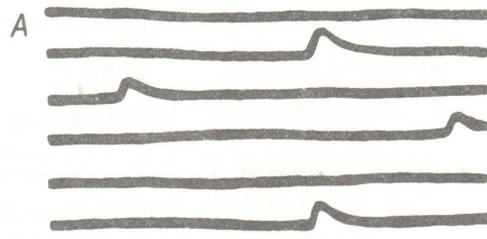
# ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПОТЕНЦИАЛА КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ



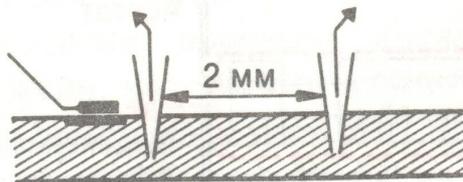
# ИЗМЕРЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ПКП



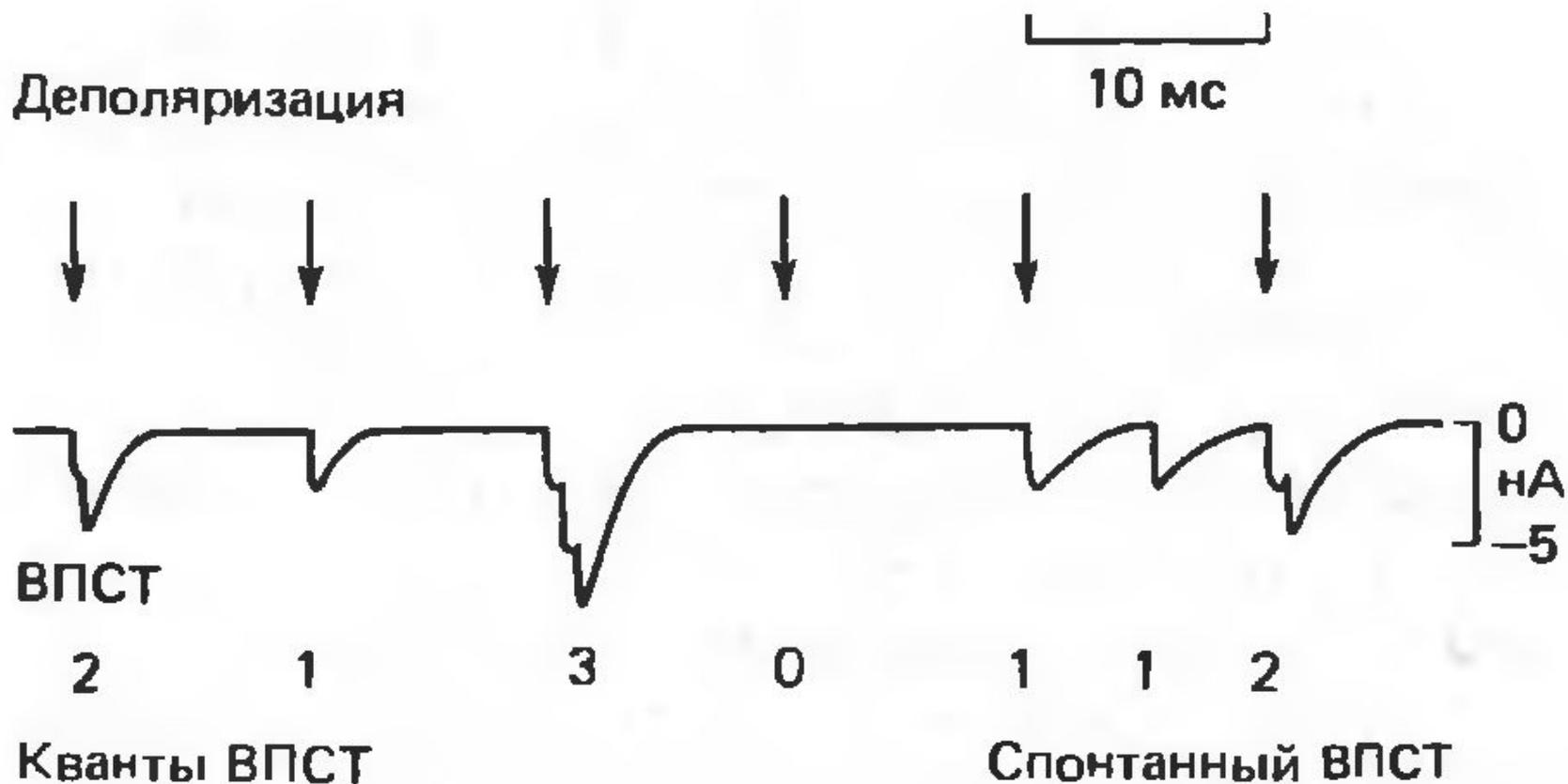
# МИНИАТЮРНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ



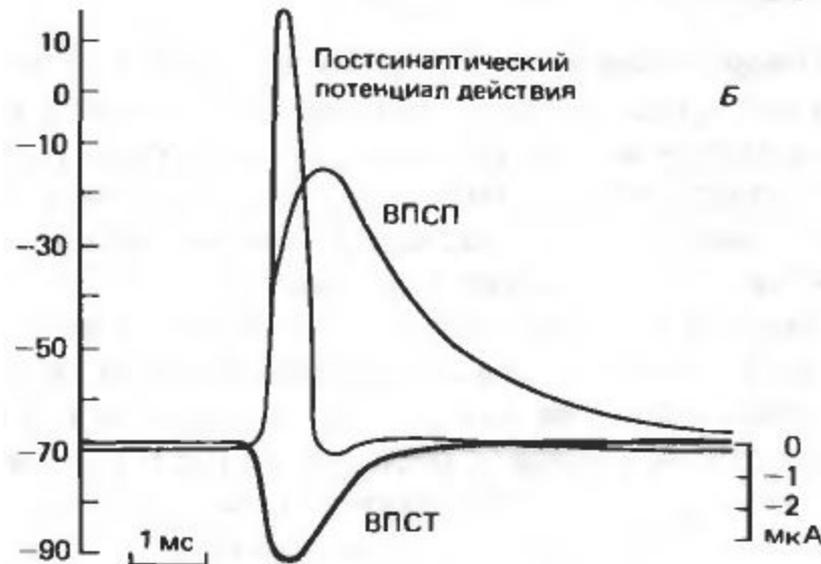
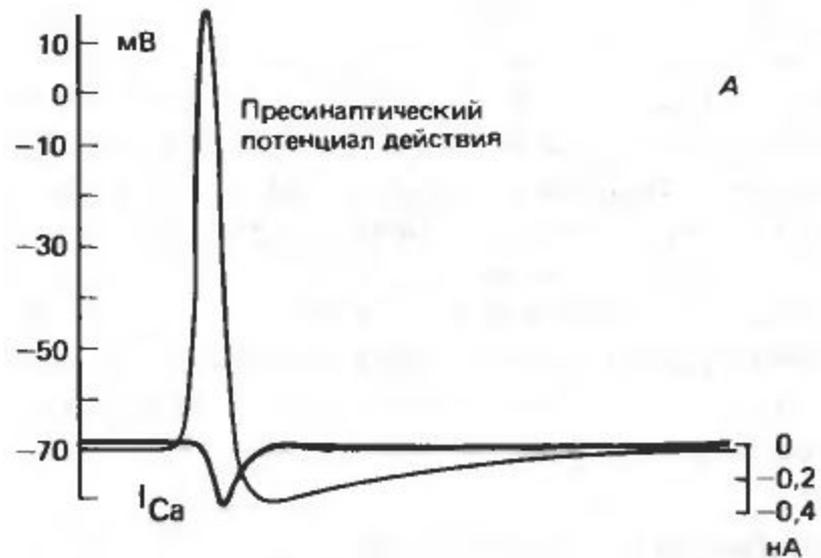
2 мВ  
50 мс



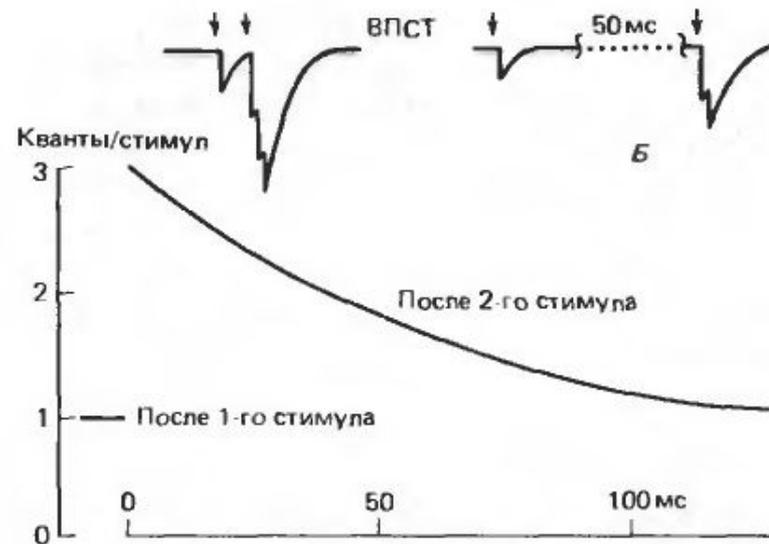
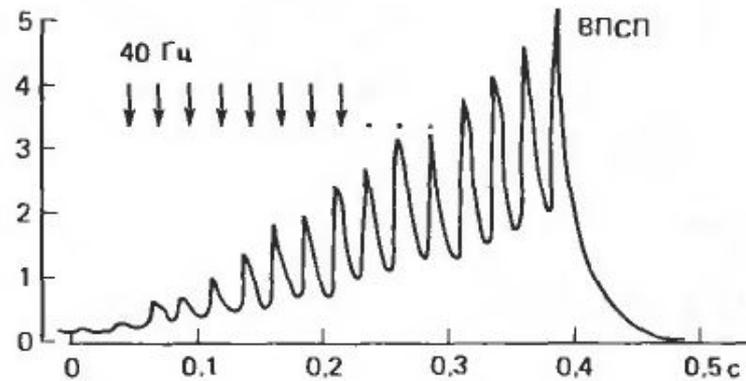
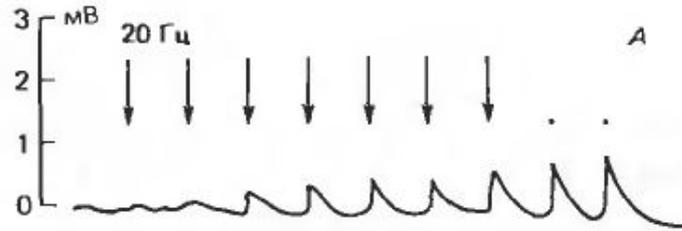
# КВАНТОВЫЙ ХАРАКТЕР ВПСТ ПРИ ВЫСВОБОЖДЕНИИ КВАНТОВ МЕДИАТОРА



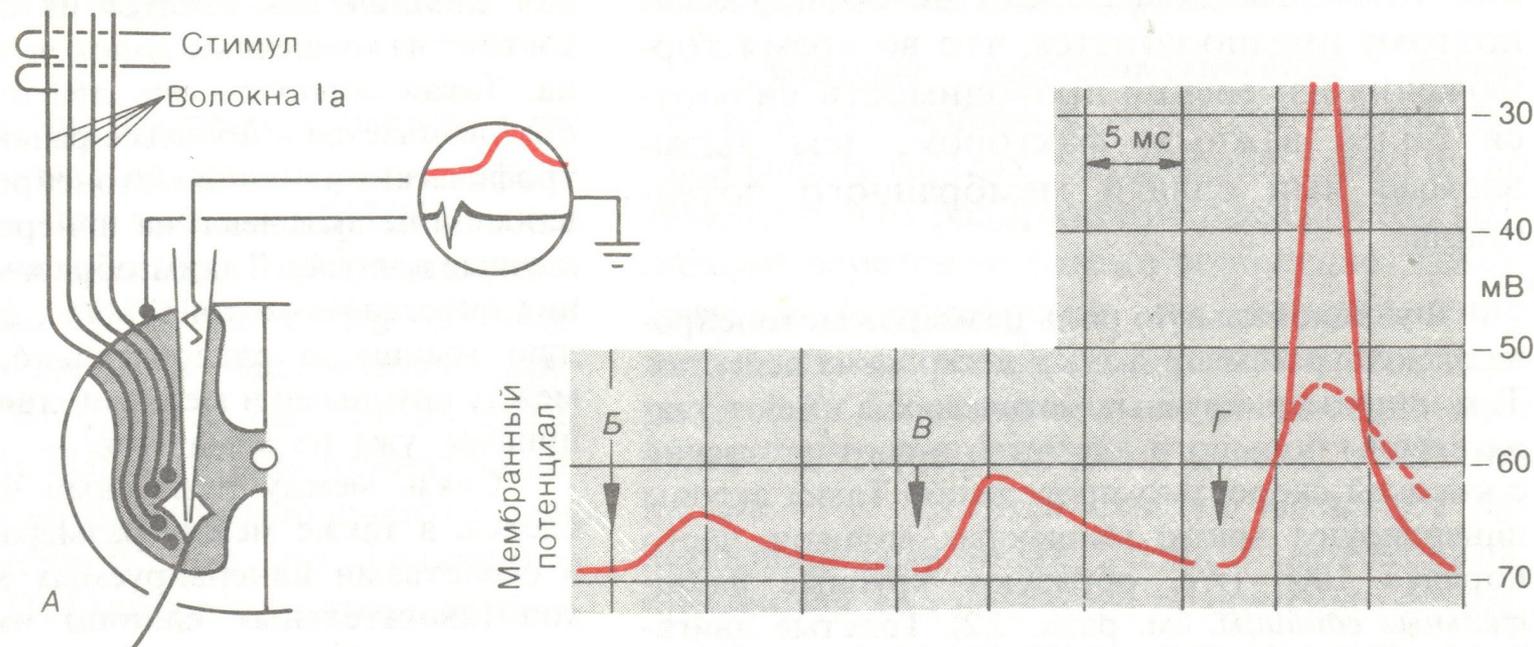
# СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА В АКСОНЕ КАЛЬМАРА



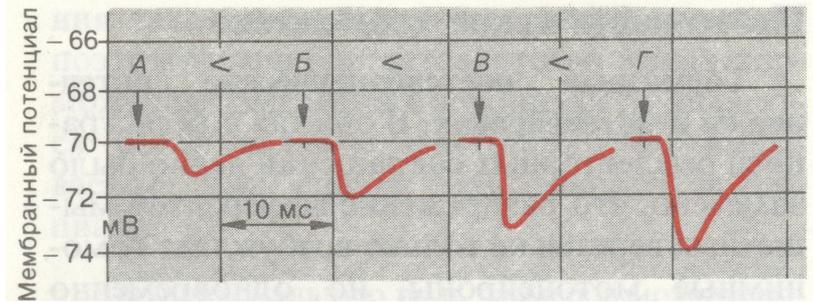
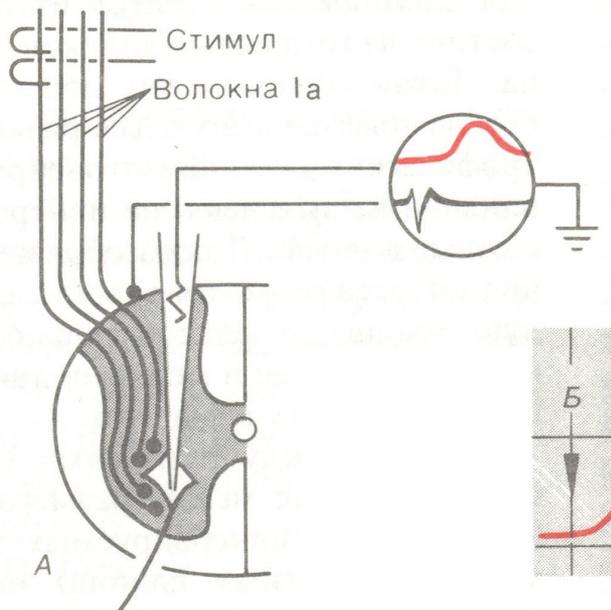
# СИНАПТИЧЕСКОЕ ОБЛЕГЧЕНИЕ



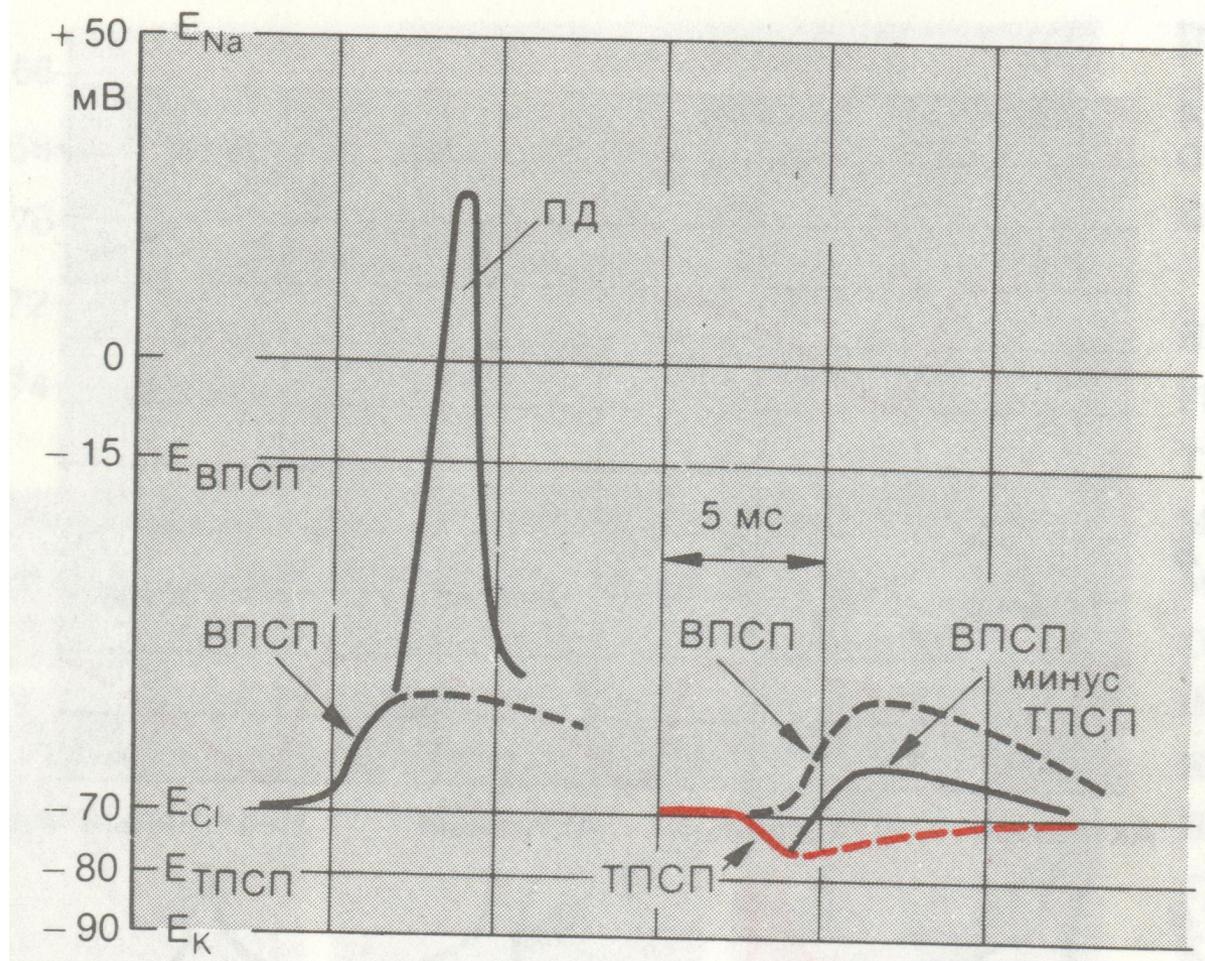
# ВОЗБУЖДАЮЩИЙ ПОСТСИНАПТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ (ВПСП)



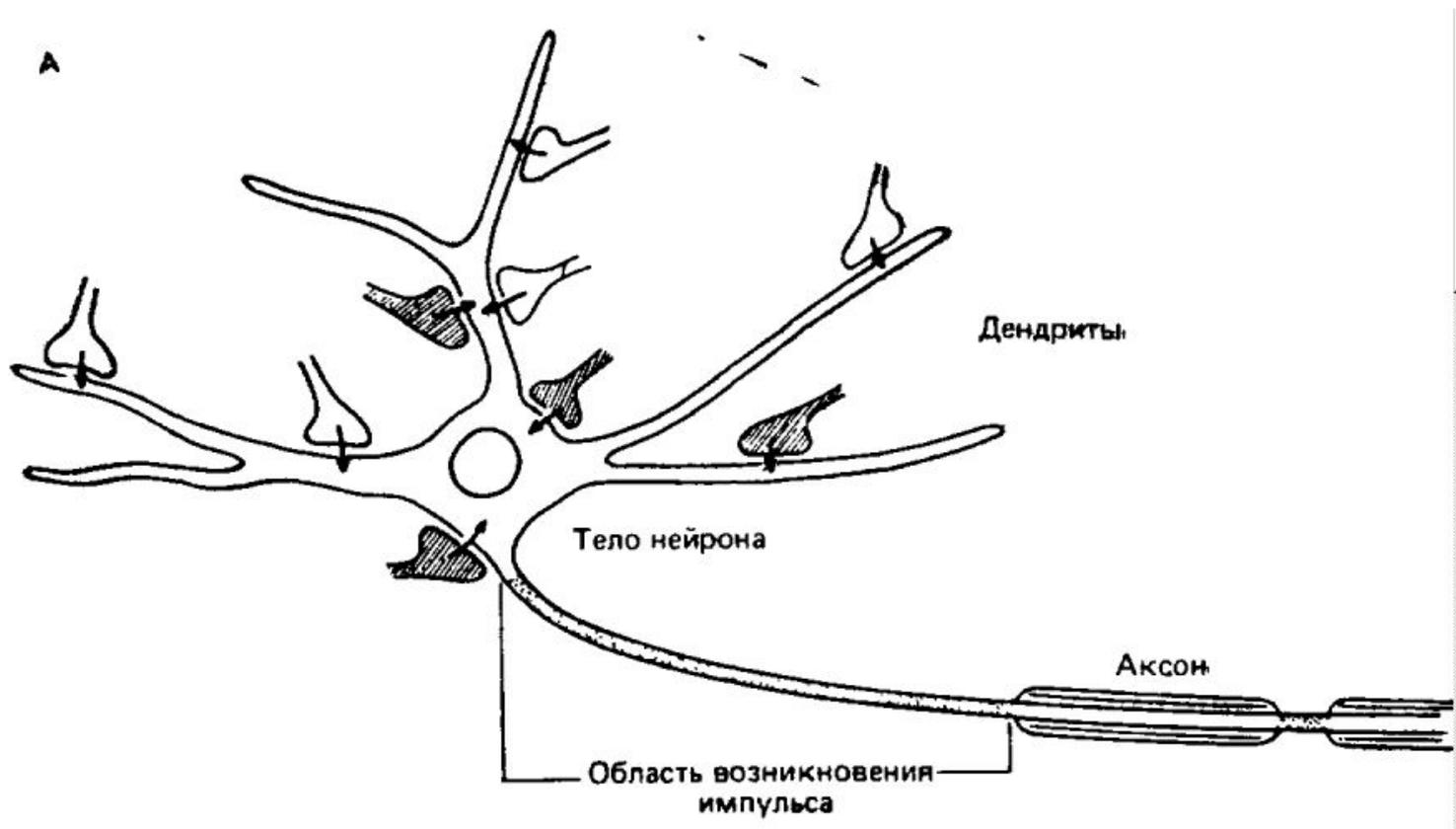
# ТОРМОЗНОЙ ПОСТСИНАПТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ (ТПСП)



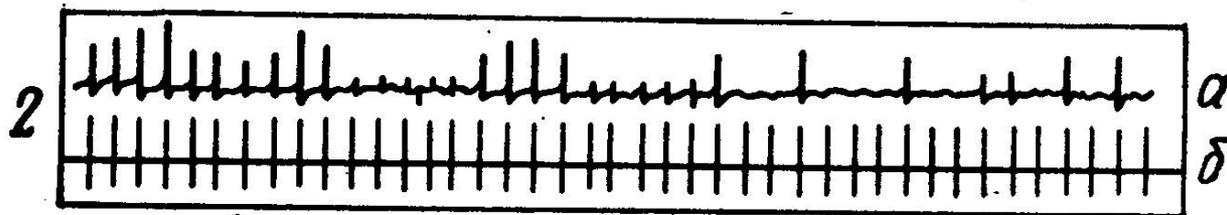
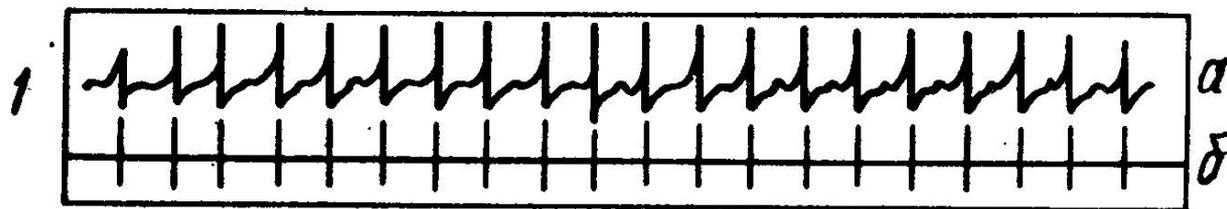
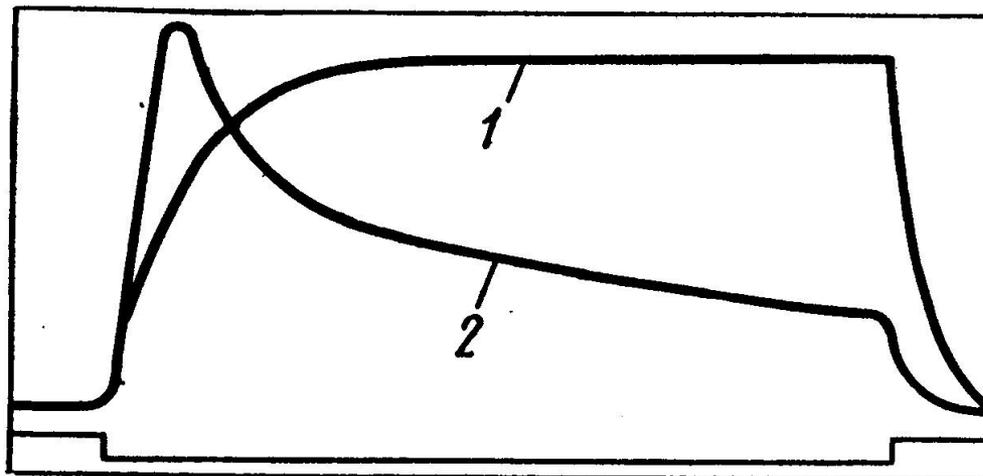
# ВЛИЯНИЕ ТПСП НА ПД



# ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВОЗБУЖДАЮЩИМИ И ТОРМОЗНЫМИ СИНАПСАМИ



# ОПТИМУМ И ПЕССИМУМ ЧАСТОТЫ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО ПРЕПАРАТА ЛЯГУШКИ



# ФАЗЫ ПАРАБИОЗА ПО ВВЕДЕНСКОМУ

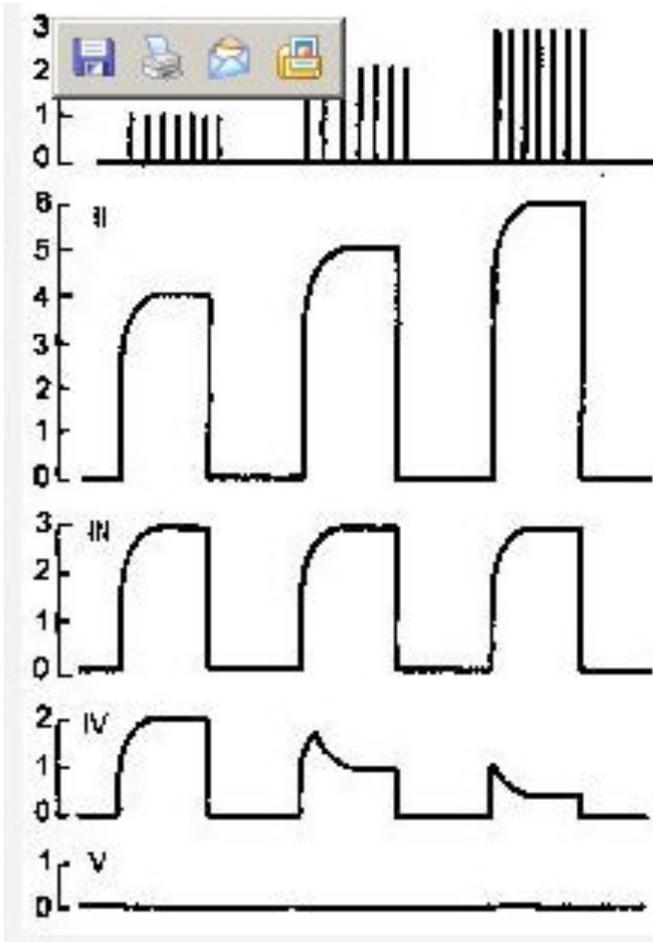


Рис. 3.8. Фазы парабิโอга.

I — серия раздражений разной силы (слабые, средние, сильные); II—V — ответные реакции на них: II — до парабิโอга, III — уравнительная фаза, IV — парадоксальная фаза, V — тормозная фаза.