

# КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

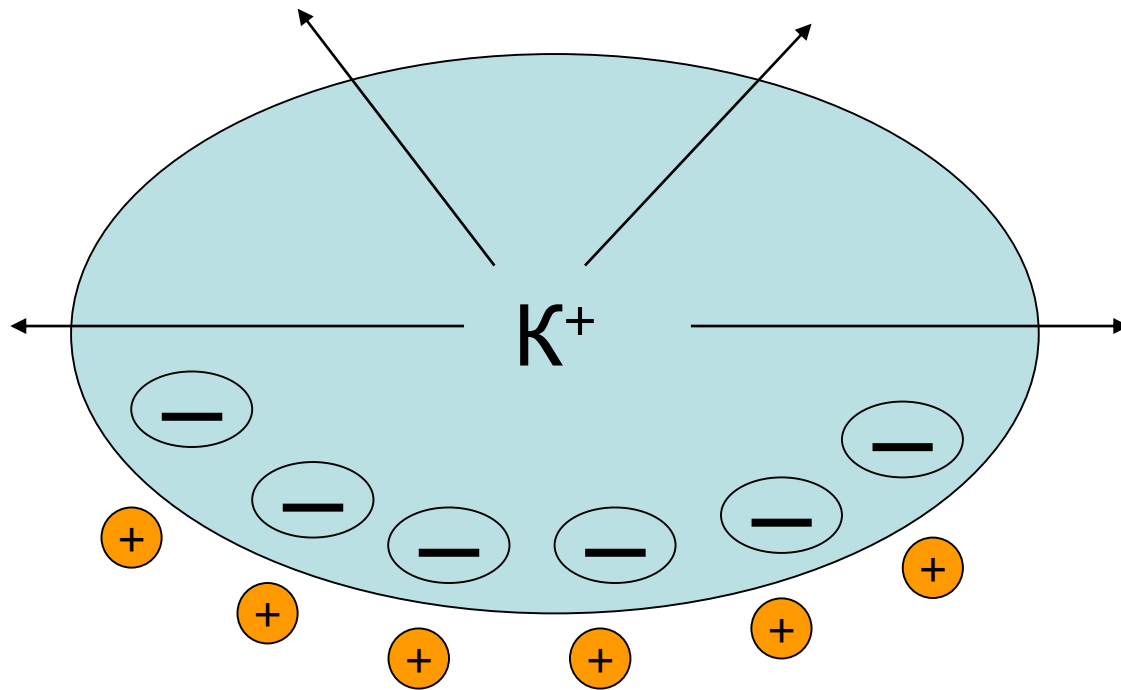


## Кафедра нормальной физиологии КГМУ



Механизмы формирования  
биопотенциалов в покое (МПП) и при  
возбуждении (ПД)

# Формирование мембранного потенциала покоя



Intracellular fluid  
concentrations

Extracellular fluid  
concentrations

12 mM

$\text{Na}^+$

145 mM

150 mM

$\text{K}^+$

5 mM

9 mM

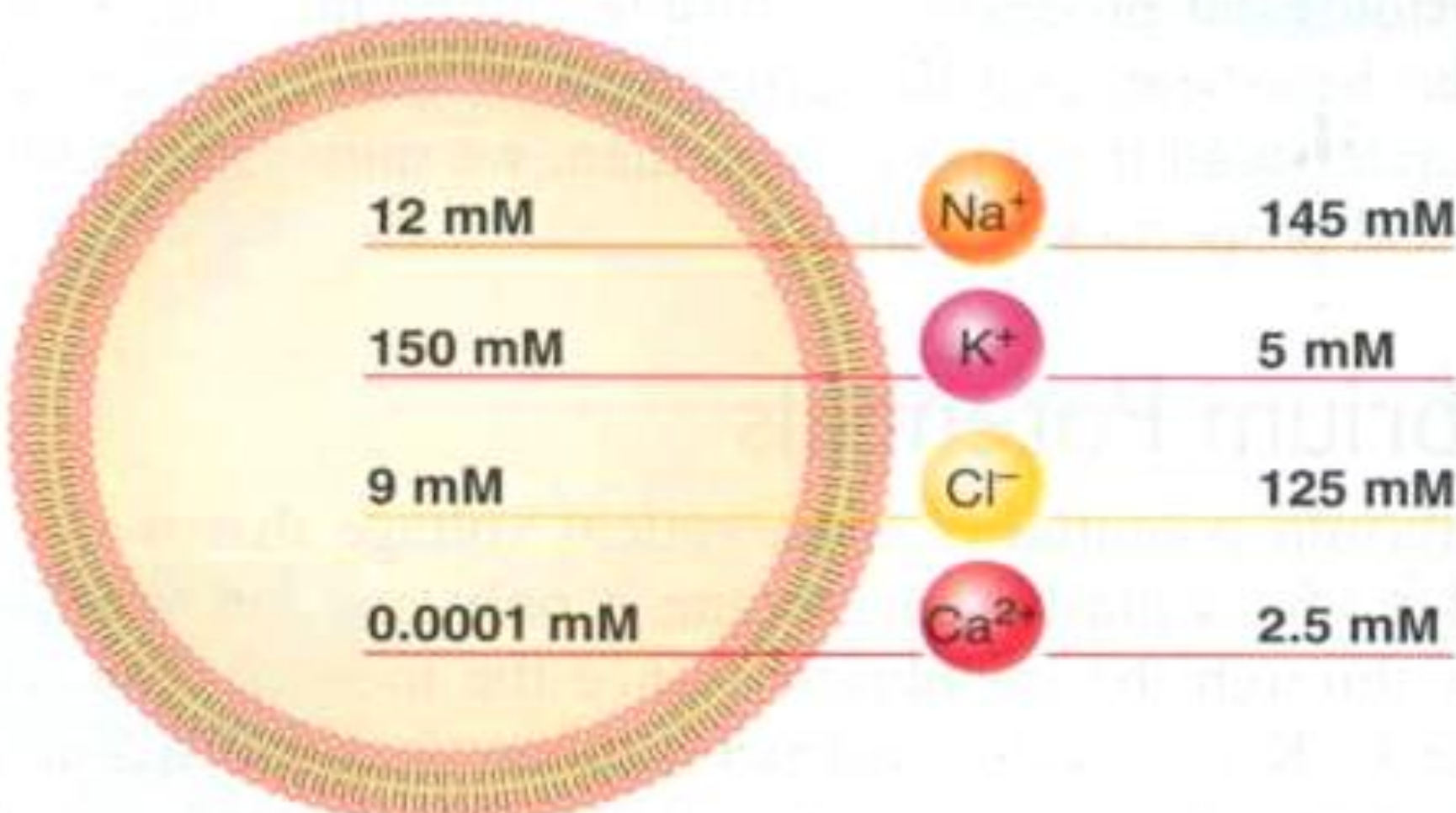
$\text{Cl}^-$

125 mM

0.0001 mM

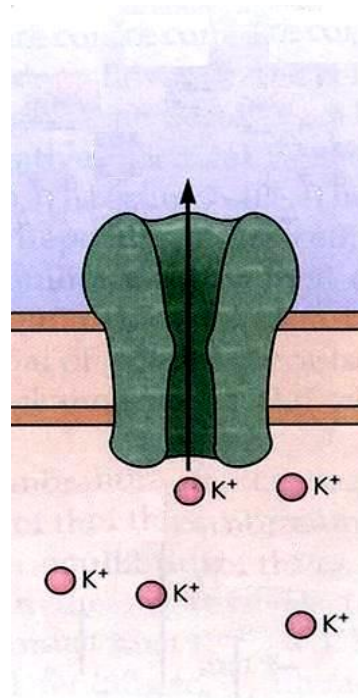
$\text{Ca}^{2+}$

2.5 mM

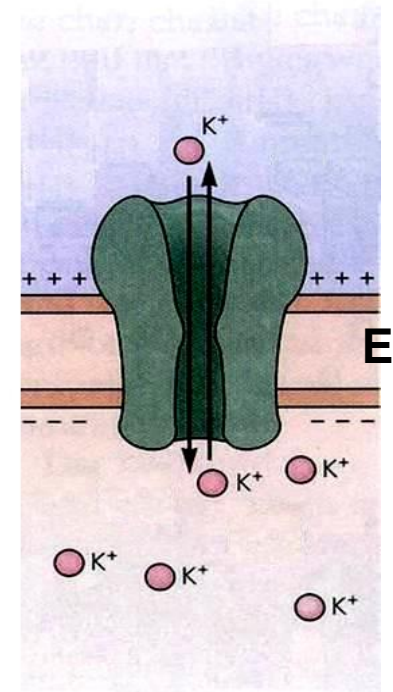


# Движение ионов через каналы

- **Химическая движущая сила** - зависит от **концентрационного градиента**,
- **Электрическая движущая сила** - зависит от разности **электрического потенциала на мембране**.
- **Равновесный потенциал** – такой мембранный потенциал, при котором эти две силы становятся равными. Движение ионов через канал прекращается.



цитоплазма



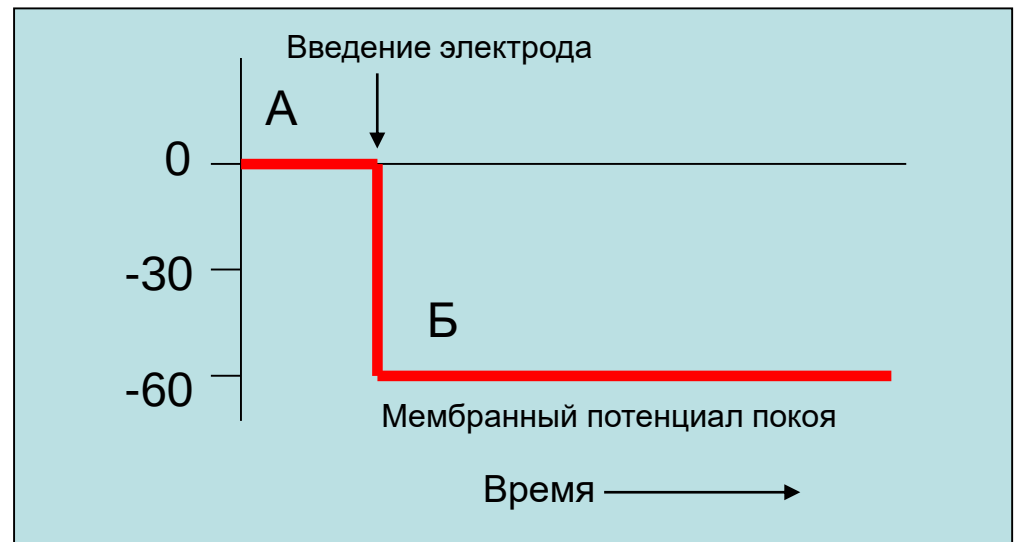
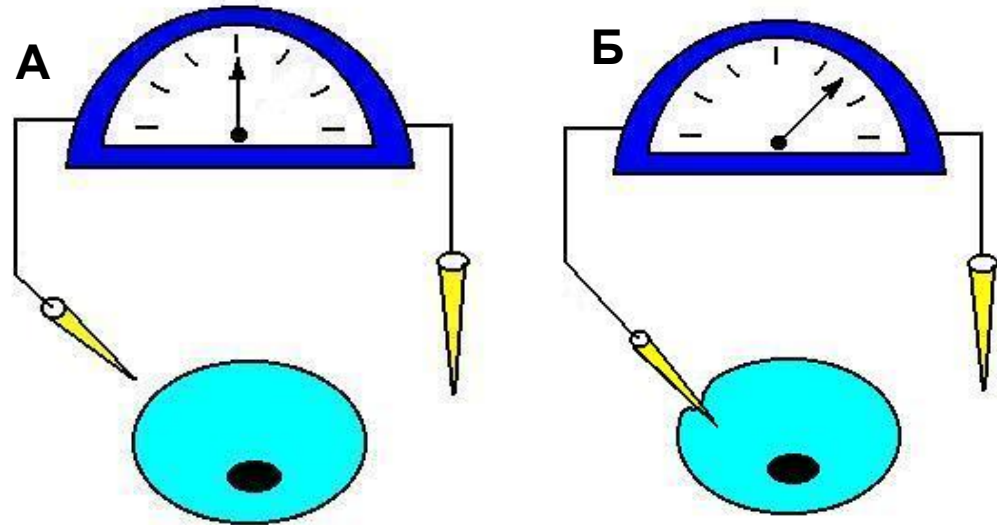
## Расчет равновесного потенциала – уравнение Нернста

$$E_R = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[X]_o}{[X]_i}$$

- Где R – газовая постоянная, T – температура (по Кельвину), z – валентность иона, F – константа Фарадея,  $[X]_o$  и  $[X]_{in}$  – концентрации ионов внутри и снаружи клетки.
- $E_k = -97.5 \text{ мВ}$

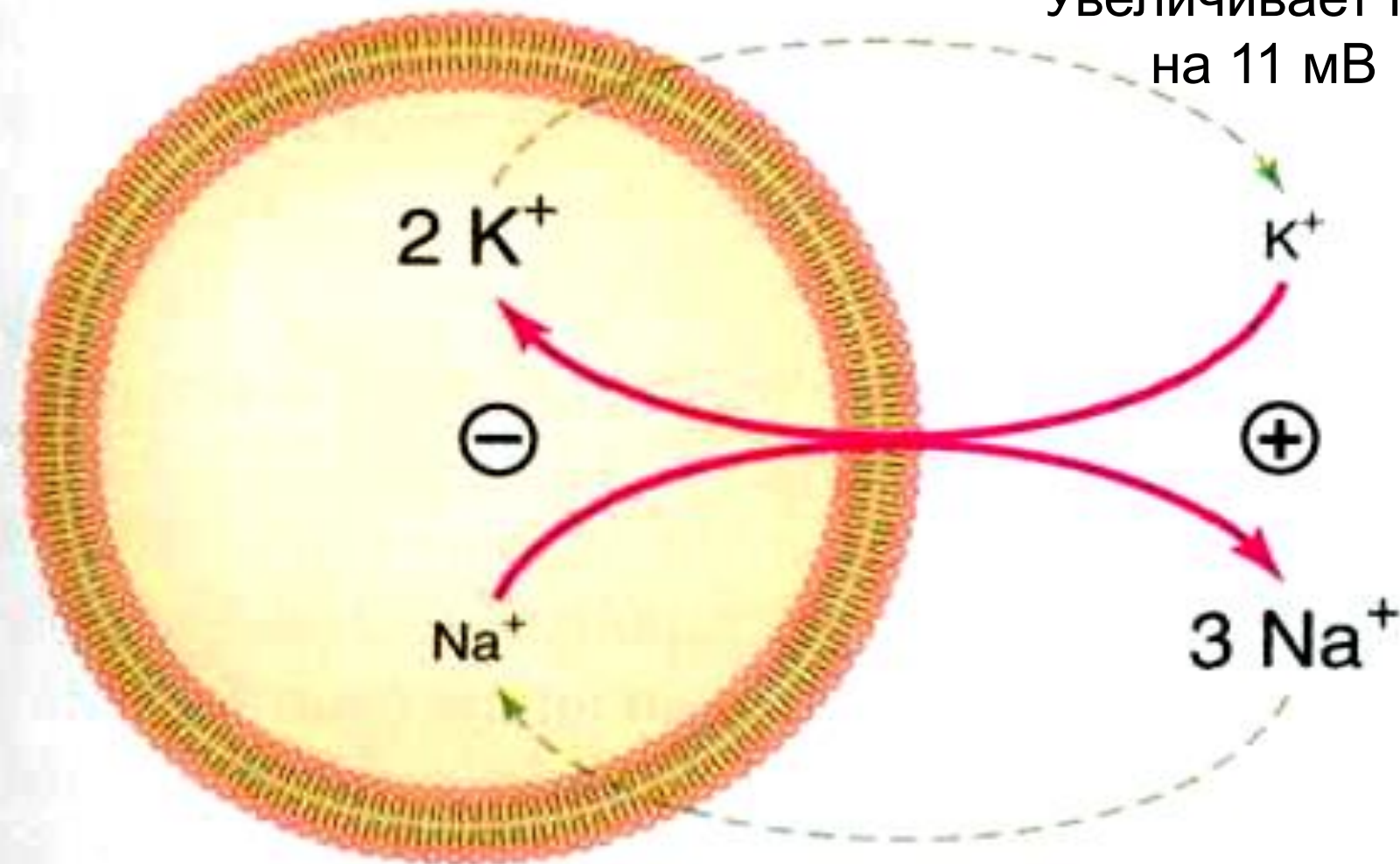
# Регистрация мембранного потенциала покоя

- 3. Внутриклеточная микроэлектродная регистрация
- Величина МПП в возбудимых клетках – от -60 до -90мВ



# Вклад натрий-калиевого насоса в формирование мембранного потенциала

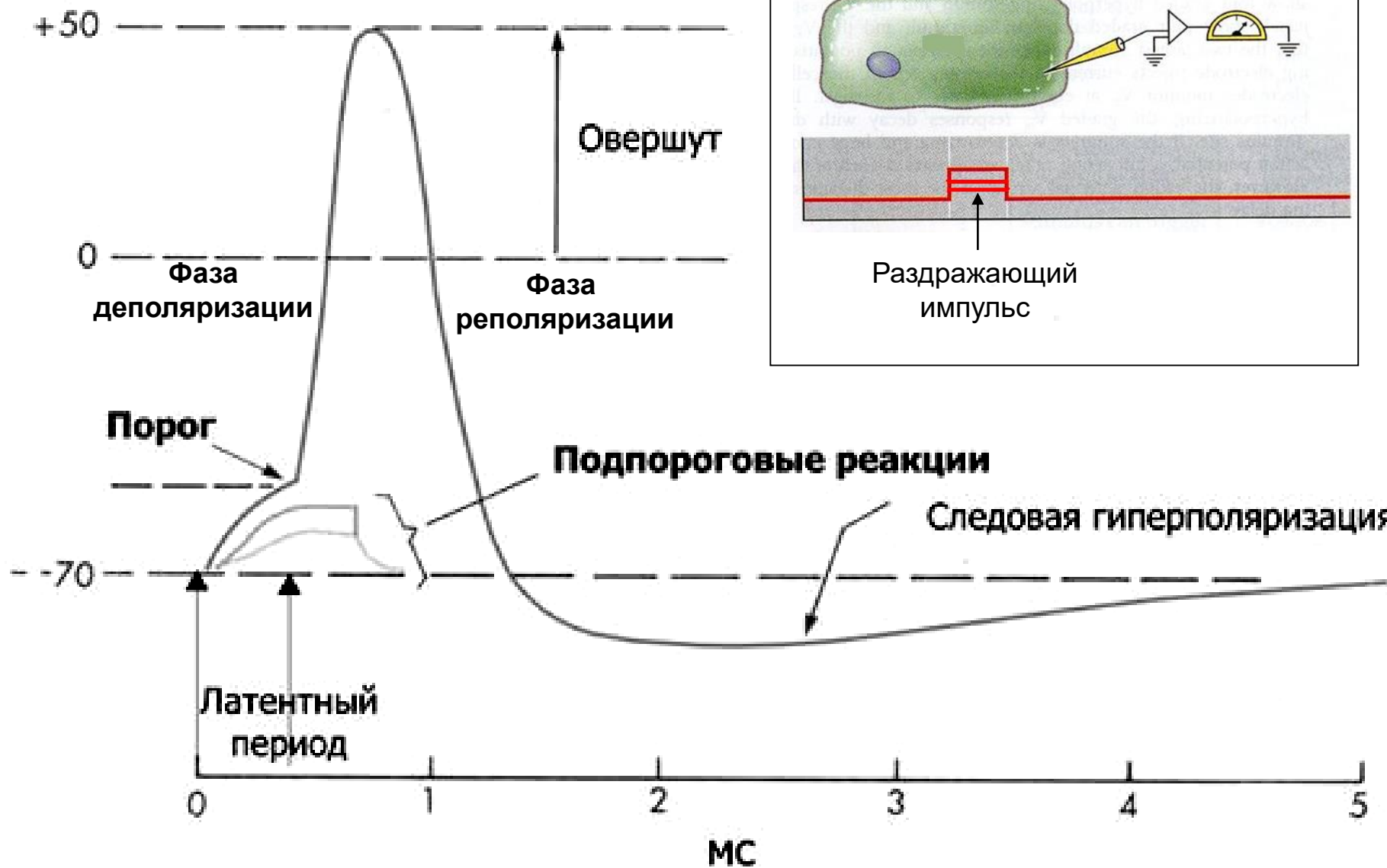
Увеличивает МПП  
на 11 мВ



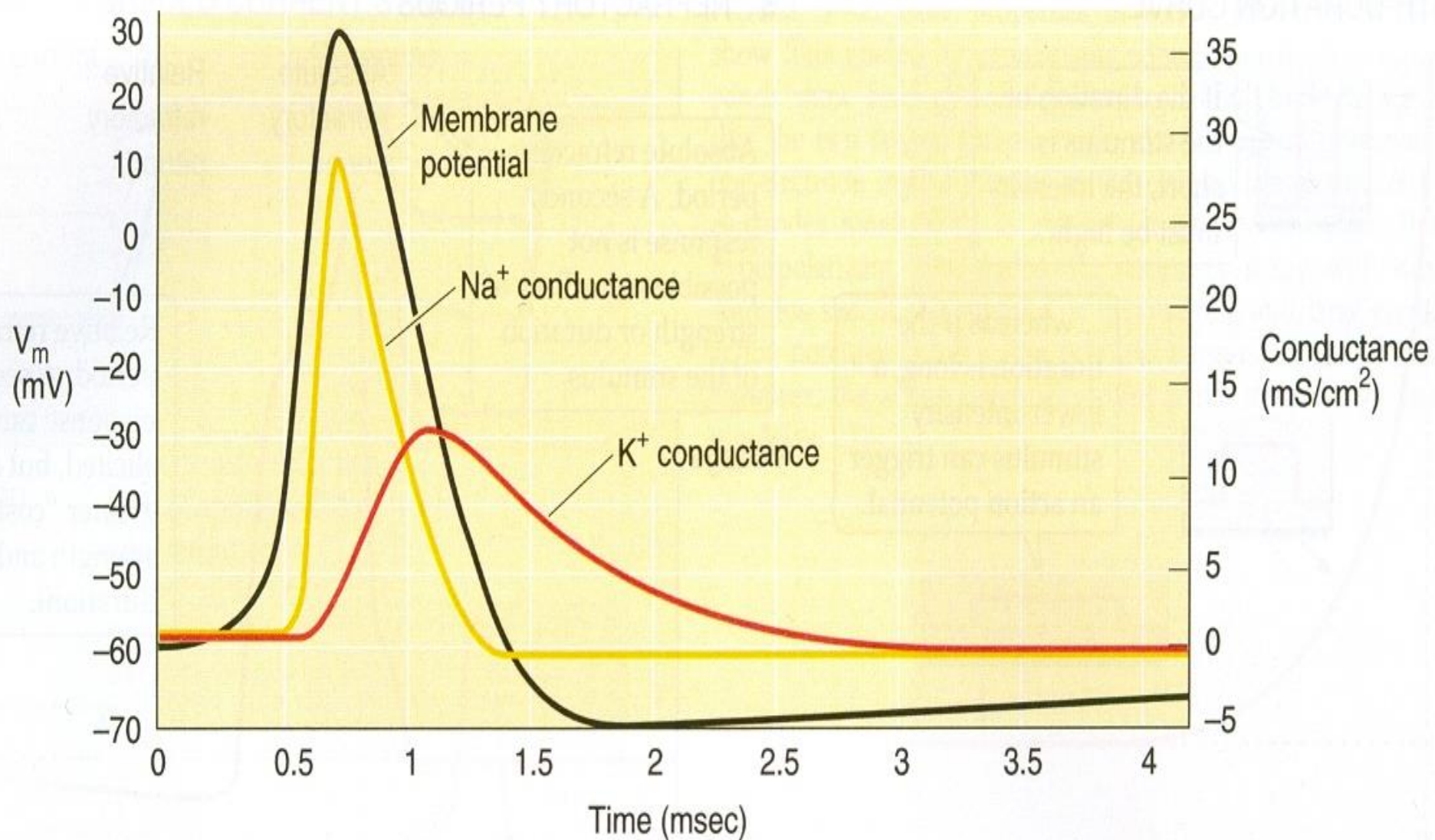
**Потенциал действия**

# Потенциал действия

Мембранный потенциал (мВ)

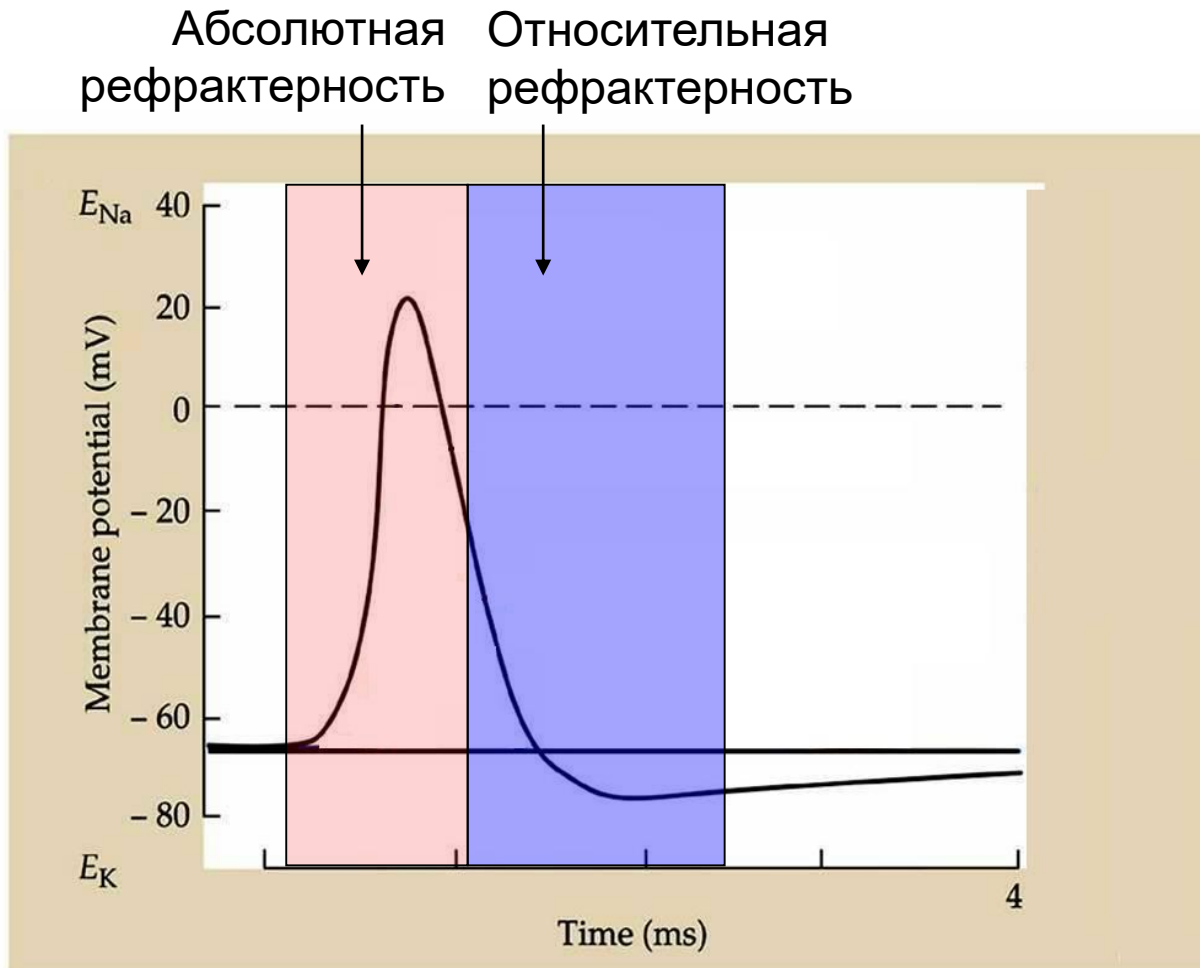


# Ток ионов в ходе потенциала действия



# Рефрактерность -

снижение способности клетки отвечать на раздражение в результате временной инактивации натриевых каналов



## Абсолютная рефрактерность

Генерация ПД невозможна

Вызвана инактивацией  
большинства Na каналов

## Относительная рефрактерность

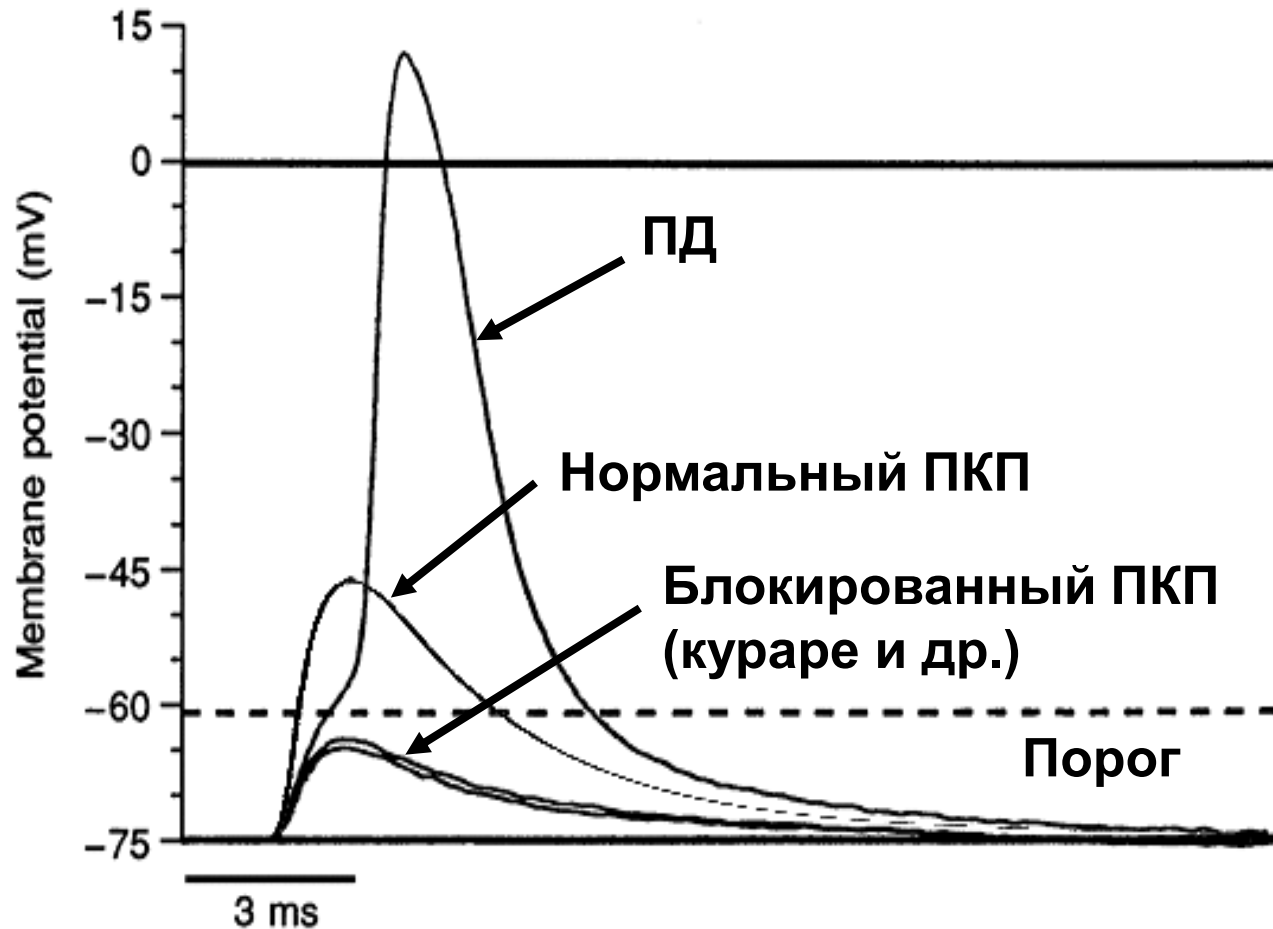
Генерация ПД возможна при  
увеличении интенсивности  
раздражителя

Связана с тем, что некоторая  
часть Na каналов все еще  
инактивированы

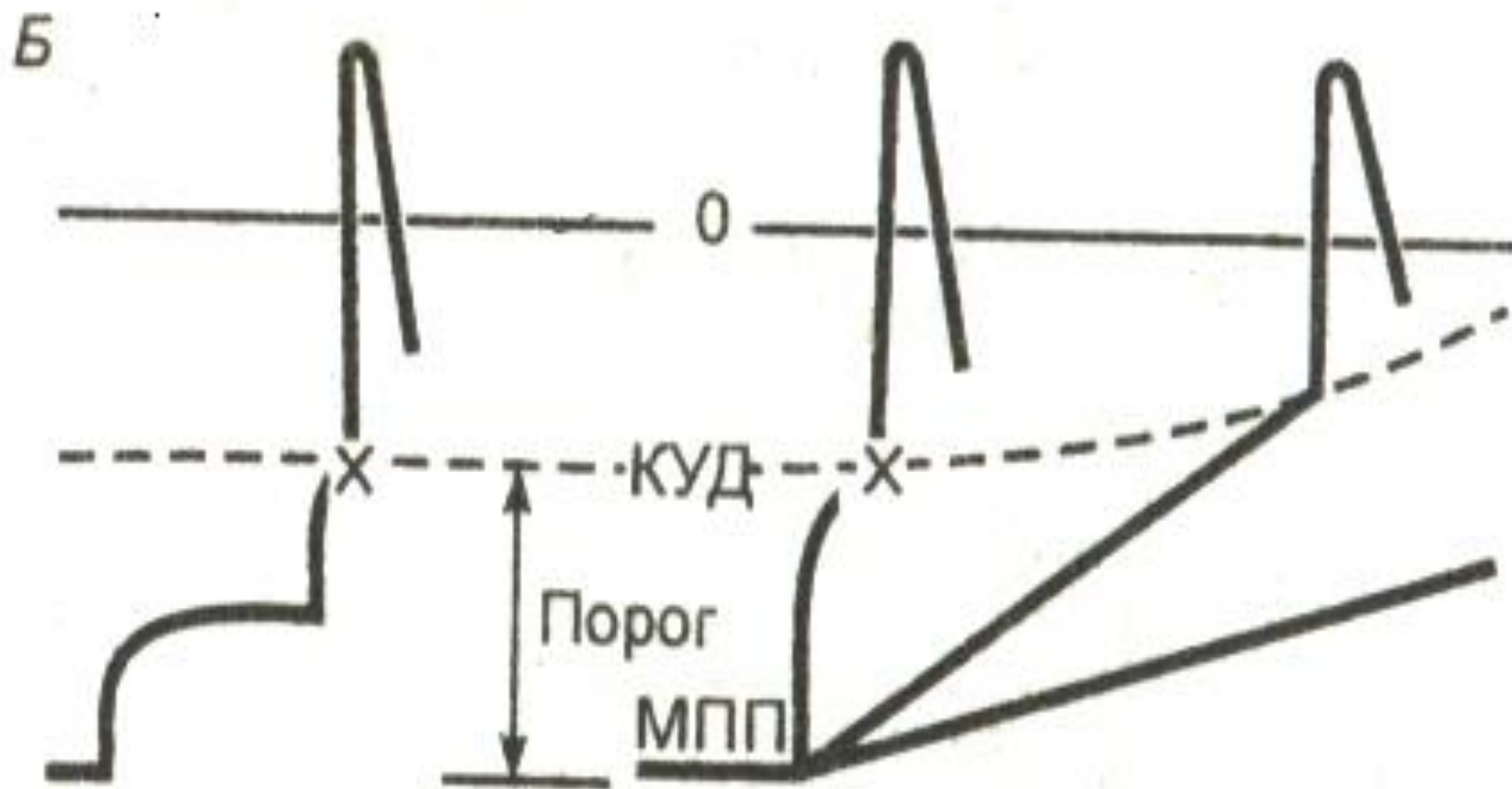
- **Порог раздражения** - минимальная интенсивность раздражителя, вызывающая возбуждение. Чем ниже порог, тем больше возбудимость
- **Критический уровень деполяризации (КУД)**
  - уровень мембранного потенциала, при котором происходит генерация потенциала действия
    - Определяется свойствами натриевых каналов
    - Равен около -55 мВ
- **Локальный ответ** – «местное возбуждение», активная подпороговая реакция клетки на электрический раздражитель
  - Постсинаптические потенциалы
  - Рецепторные потенциалы

| Потенциал действия                                            | Локальный ответ                                             |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Вызывается <b>надпороговым</b> раздражением                   | Вызывается <b>подпороговым</b> раздражением                 |
| Амплитуда <b>не зависит</b> от силы раздражения               | Амплитуда <b>зависит</b> от силы раздражения                |
| Распространяется по всей мембране <b>не затухая</b>           | <b>Затухает</b> вблизи места возникновения                  |
| Связан с активацией <b>большого</b> количества ионных каналов | Связан с активацией <b>малого</b> количества ионных каналов |
| <b>Не суммируется</b>                                         | <b>Суммируется</b>                                          |

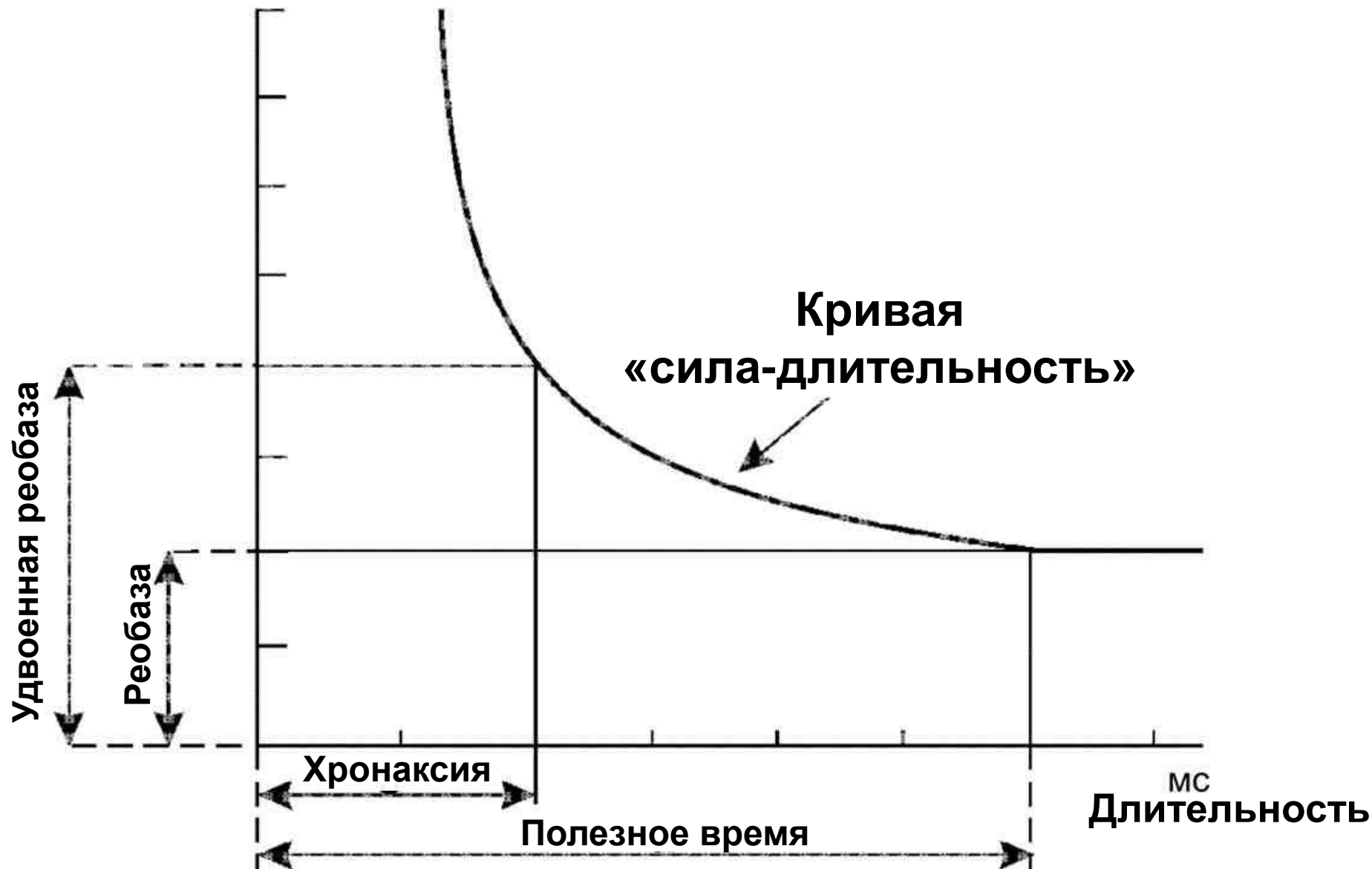
# Генерация ПД в мышечном волокне



# Явление аккомодации



**Сила**





**Спасибо за внимание!**