

# Лекция 3

# ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ – реакция клетки на допороговый стимул

$E_{кр} = -50$  мВ



$E_0 = -70$  мВ



- Допороговый стимул вызывает частичную деполяризацию, которая не достигает до критического уровня.
- Возбуждение не возникает, т.е. генерации ПД не происходит.
- Свойства локального ответа:
  - (1) не распространяется
  - (2) зависит от силы раздражителя
  - (3) способен к суммации
  - (4) увеличивает возбудимость клетки

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПД И ЛОКАЛЬНОГО ОТВЕТА

## ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ

## ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ

**(1)** Не распространяется

**(1)** Распространяется

**(2)** Зависит от силы раздр.  
(закон силовых отношений)

**(2)** Не зависит от силы раздр.  
(закон «всё или ничего»)

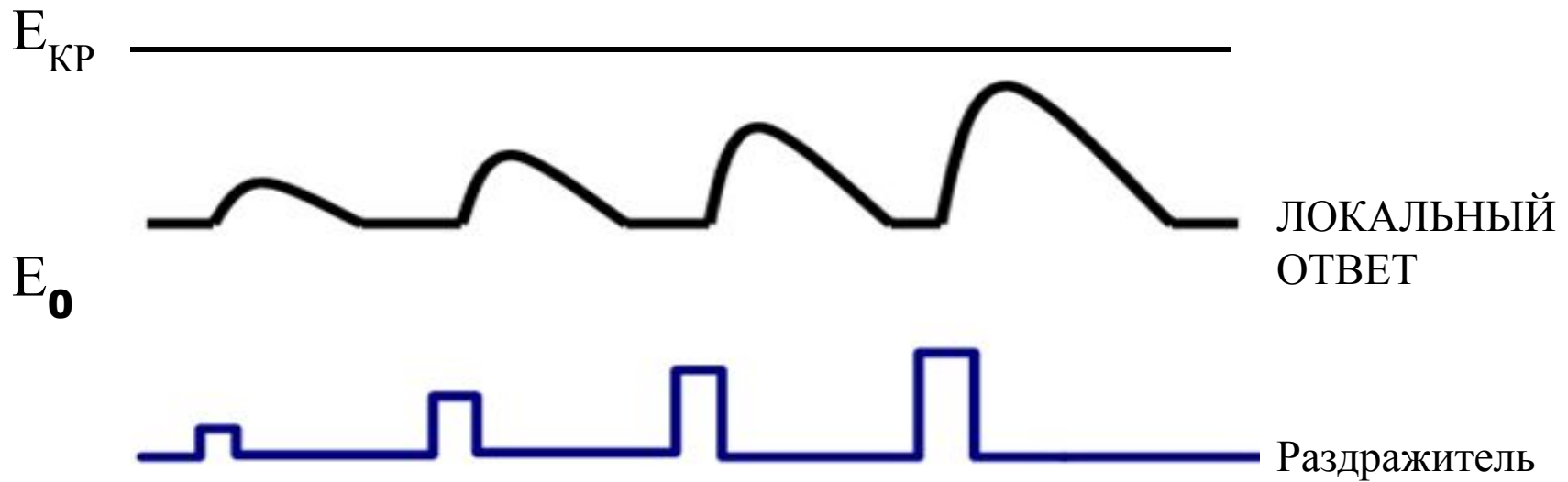
**(3)** Суммируется

**(3)** Не суммируется

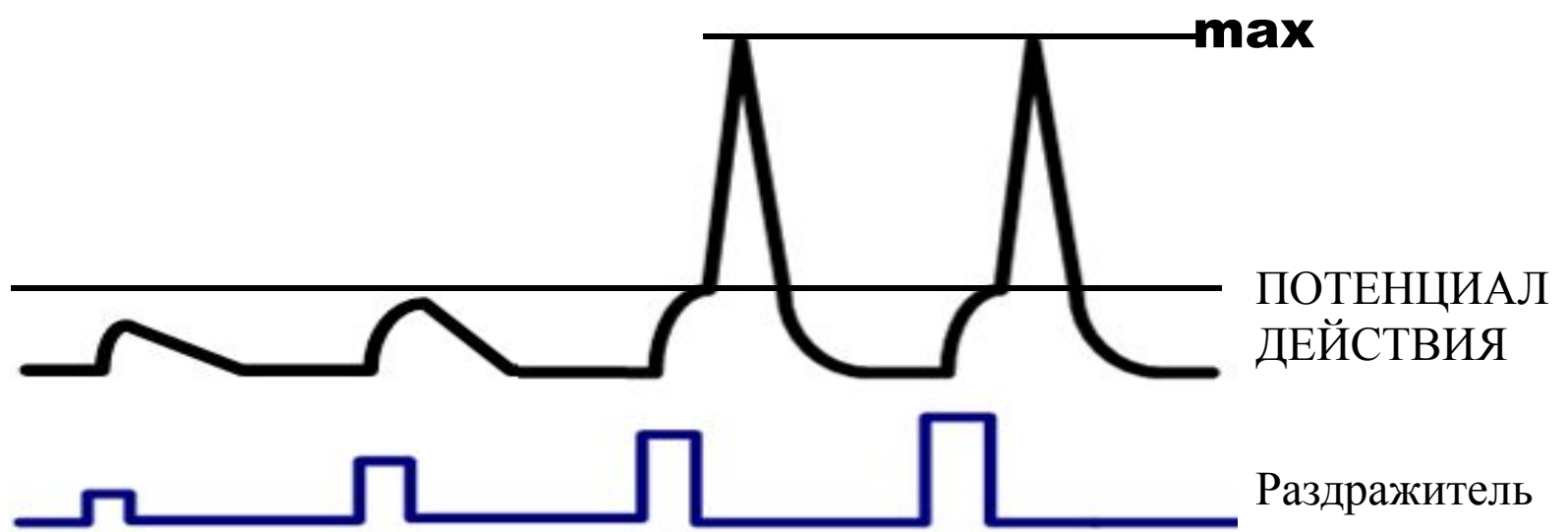
**(4)** Увеличивает возбудимость

**(4)** Во время возбуждения  
возбудимость отсутствует  
(рефрактерность)

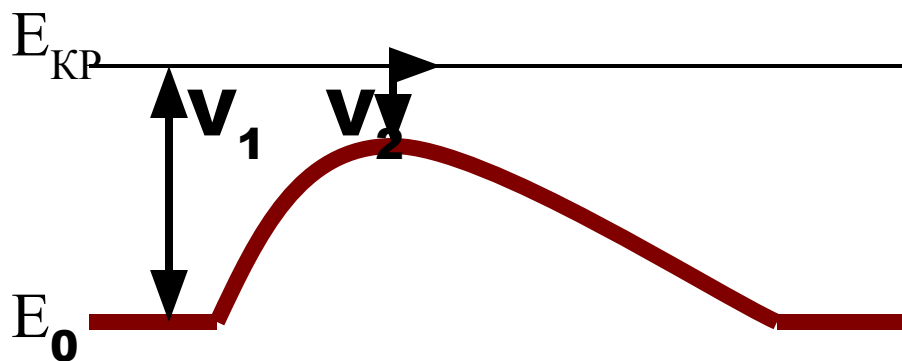
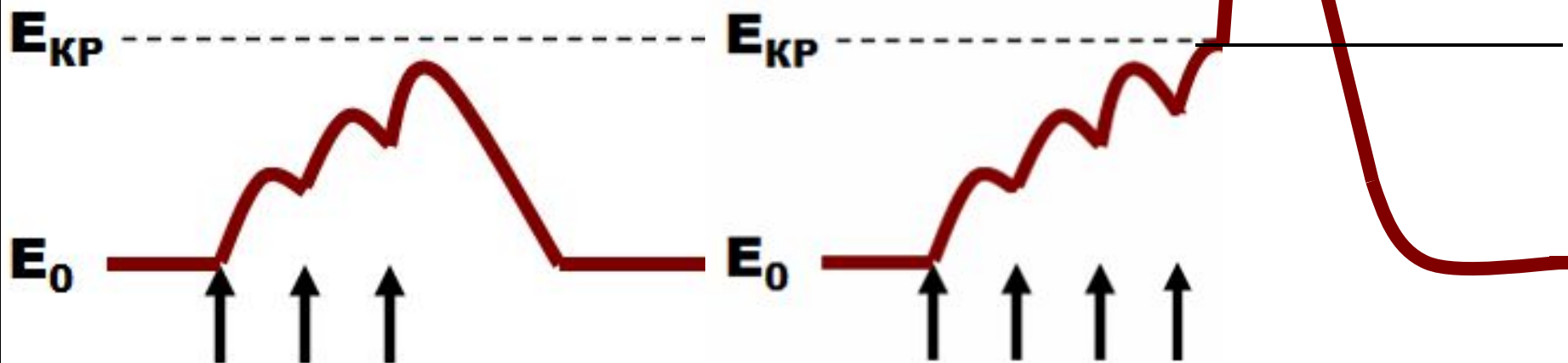
# ЗАКОН СИЛОВЫХ ОТНОШЕНИЙ



# ЗАКОН «ВСЁ ИЛИ НИЧЕГО»



Суммация локального ответа  
под действием ритмической стимуляции (может  
привести  
к генерации ПД)



Во время локального ответа  
возбудимость клетки увели-  
чивается, т.к. порог деполя-  
ризации (дельта- $V_2$ ) стано-  
вится меньше

# ВЫВОД

- **ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ** является **градуальным**. Он зависит как от силы, так и от частоты действующих стимулов.

Вот почему в нервной системе он используется для анализа поступающей информации.

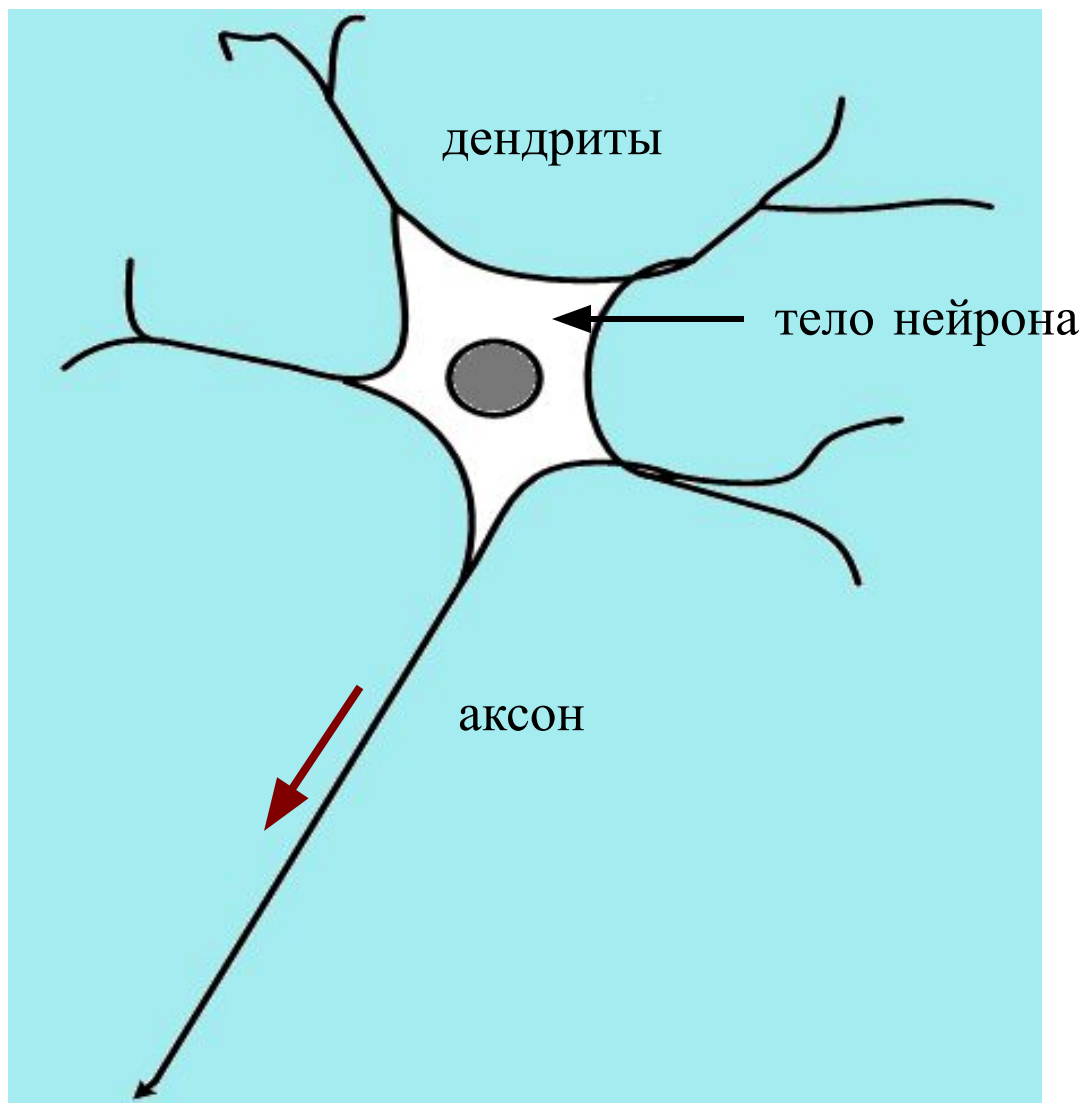
- **ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ** возникает по закону «всё или ничего», имеет постоянную (стандартную) амплитуду и форму.

Вот почему в нервной системе импульсы (ПД) используются для передачи информации на большие расстояния.

# НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

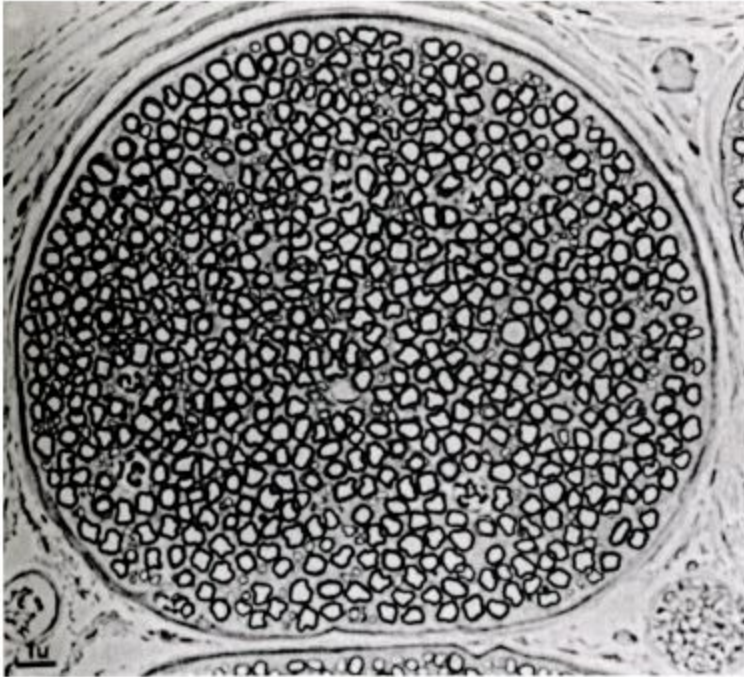
Нервное волокно – это  
отросток нервной клетки

# НЕРВНАЯ КЛЕТКА





# НЕРВ, НЕРВНЫЙ СТВОЛ –



Поперечное сечение  
небольшого нервного  
ствола

- это пучок нервных волокон:■
    - чувствительных,
    - двигательных,
    - вегетативных
- (миелинизированных и немиелинизированных)

# СВОЙСТВА НЕРВНЫХ ВОЛОКОН:

- возбудимость
- проводимость

# **ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН:**

- Проведение нервных импульсов (ПД)

# ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

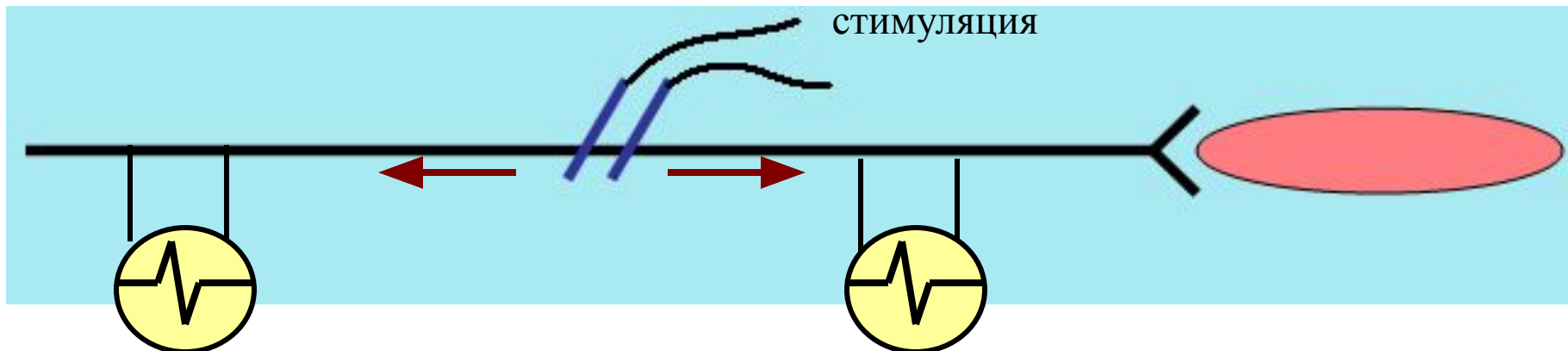
## 1. ЗАКОН АНАТОМИЧЕСКОЙ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ НЕПРЕРЫВНОСТИ ВОЛОКОН:



перерезка, перевязка нервных волокон, действие холода или химических блокаторов прекращает передачу импульсов.

# ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

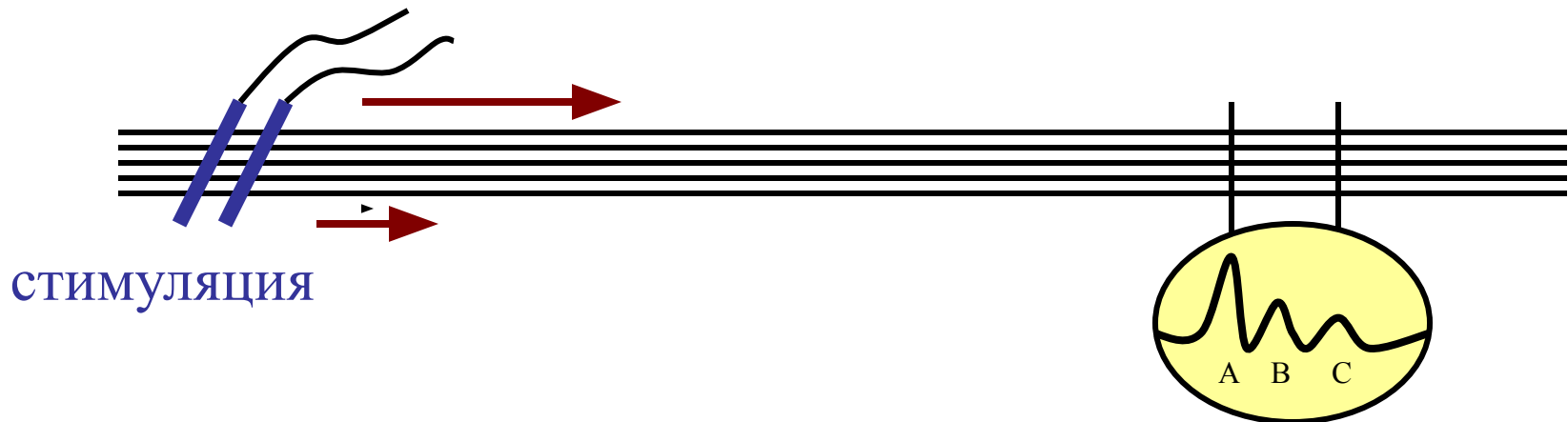
## 2. ЗАКОН ДВУХСТОРОННЕГО ПРОВЕДЕНИЯ :



по нервным волокнам импульсы проводятся в обе стороны

# ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

## 3. ЗАКОН ИЗОЛИРОВАННОГО ПРОВЕДЕНИЯ:



в пучке нервных волокон импульсы не  
передаются от одного волокна к другому.

# ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

## 4. НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА ОТЛИЧАЮТСЯ ВЫСОКОЙ ЛАБИЛЬНОСТЬЮ.

(Лабильность – это способность клетки генерировать максимальное число ПД за **1** секунду)



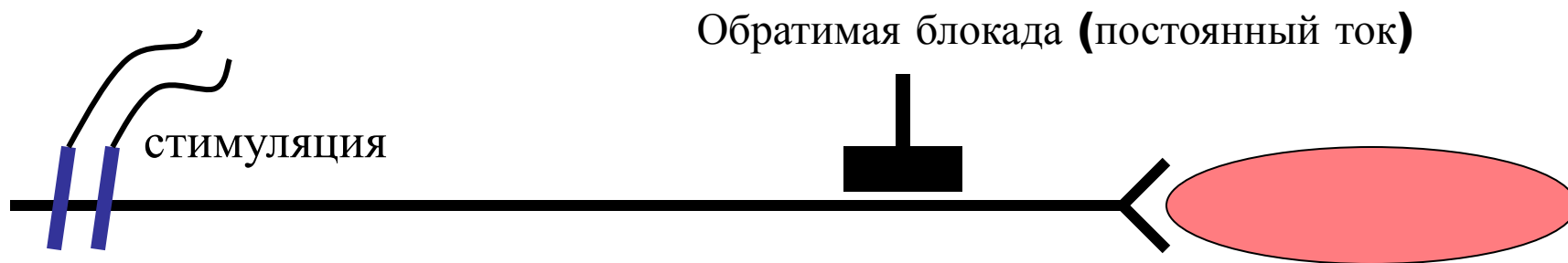
НЕРВ  
**500** имп/сек

СИНАПС  
**100** имп/сек

МЫШЦА  
**250** имп/сек

# ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

## 5. НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА ПРАКТИЧЕСКИ НЕ УТОМЛЯЮТСЯ

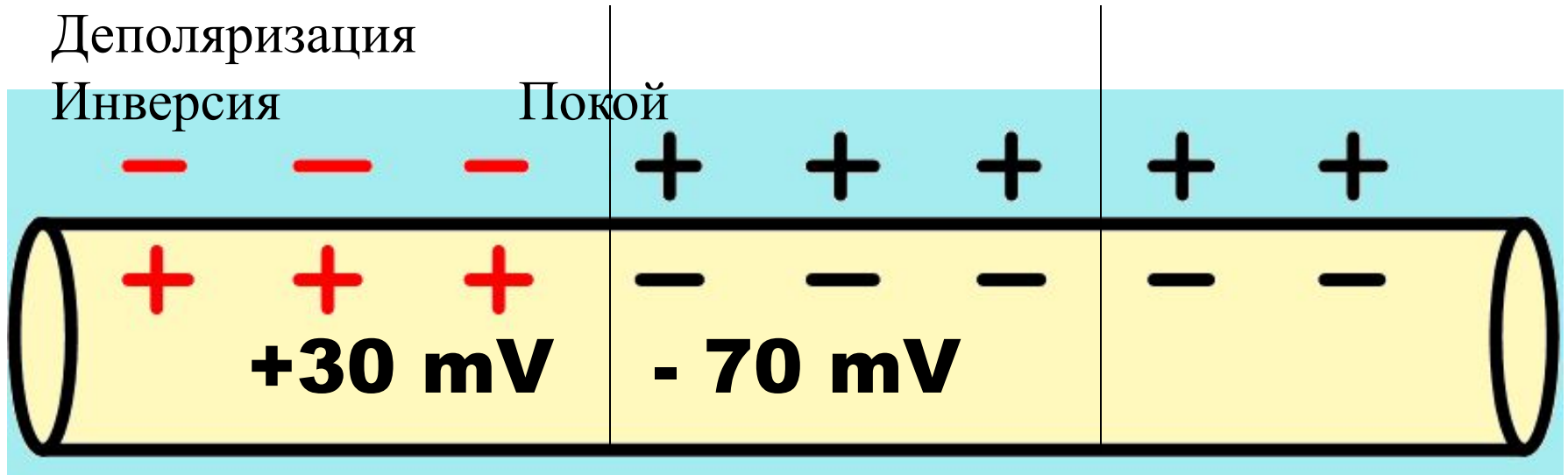


### ОПЫТ ВВЕДЕНСКОГО:

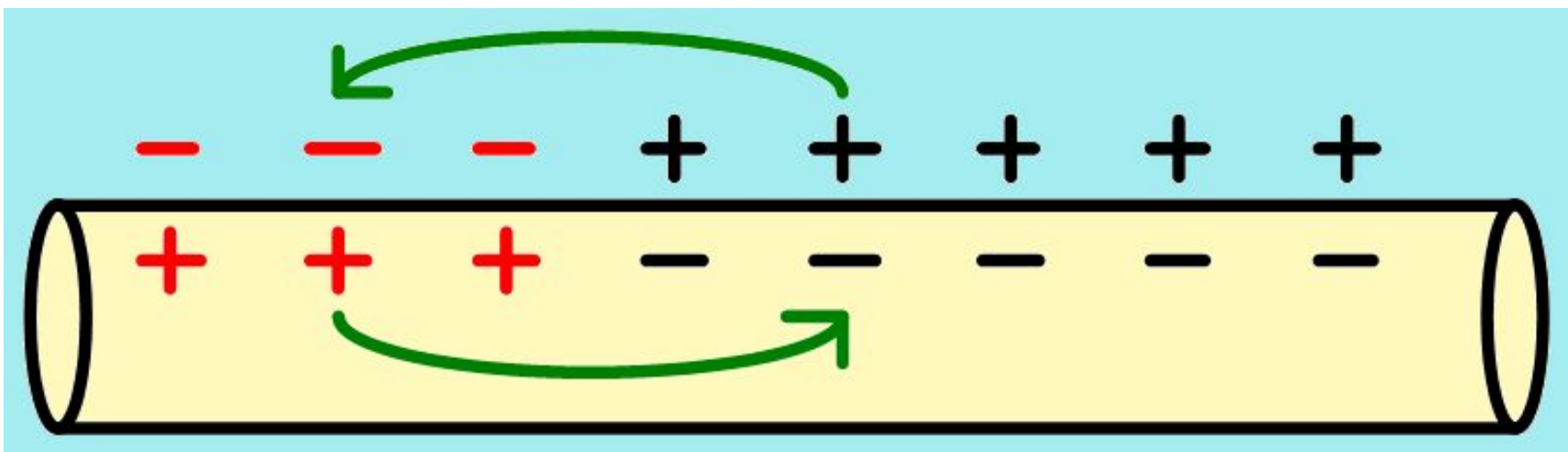
Непрерывная стимуляция нерва продолжалась **8-12** часов. Каждый раз, когда блокаду проведения снимали, импульсы проходили к мышце и мышца сокращалась.



# МЕХАНИЗМ ПРОВЕДЕНИЯ ИМПУЛЬСА ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ



1. Между возбуждённым и невозбужденным участком нервного волокна возникает разность потенциалов (**100 mV**)



**2.** Происходит движение заряженных частиц в электромагнитном поле, возникают локальные ионные токи в соответствии с законом Ома:

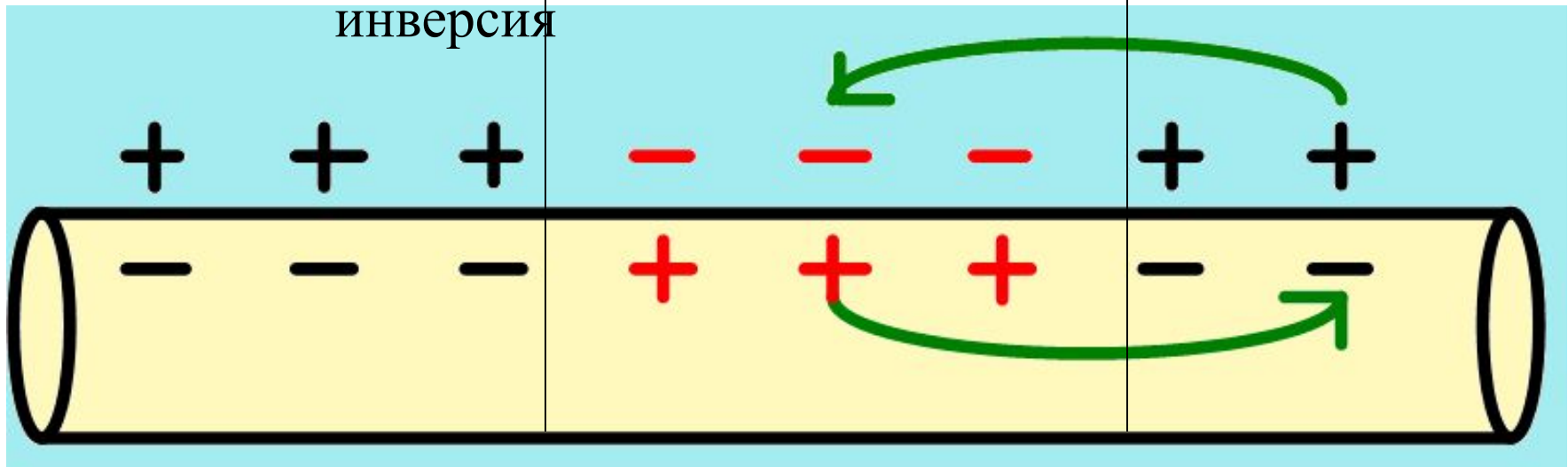
$$I = \frac{U_1 - U_2}{R}$$

Реполаризация

деполяризация

покой

инверсия



**3.** Движение заряженных частиц приводит к деполяризации и возбуждению соседних участков волокна, ранее находившихся в состоянии покоя, и т.д.

# СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ

## Зависит

### **1.** от сопротивления аксоплазмы ( $R_a$ ):

чем больше диаметр волокна, тем меньше сопротивление аксоплазмы –  
тем больше скорость проведения!

### **2.** от сопротивления мембраны ( $R_m$ ):

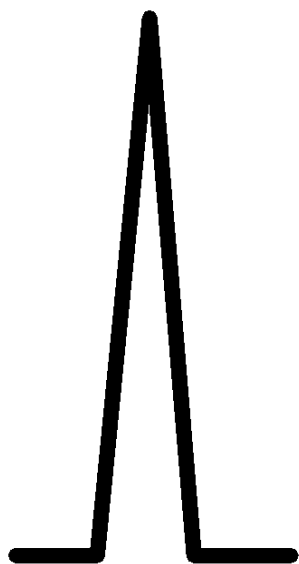
чем больше сопротивление мембраны, тем больше скорость проведения

### **3.** от амплитуды и длительности ПД:

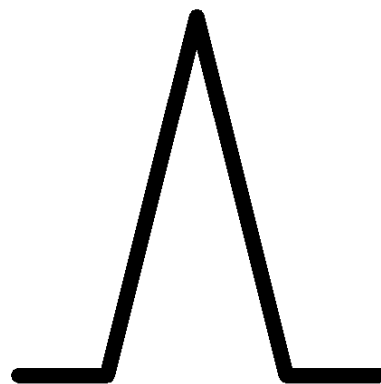
чем больше амплитуда, тем больше скорость;

чем меньше длительность, тем больше скорость.

# КАКОЙ ИМПУЛЬС РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ БЫСТРЕЕ?



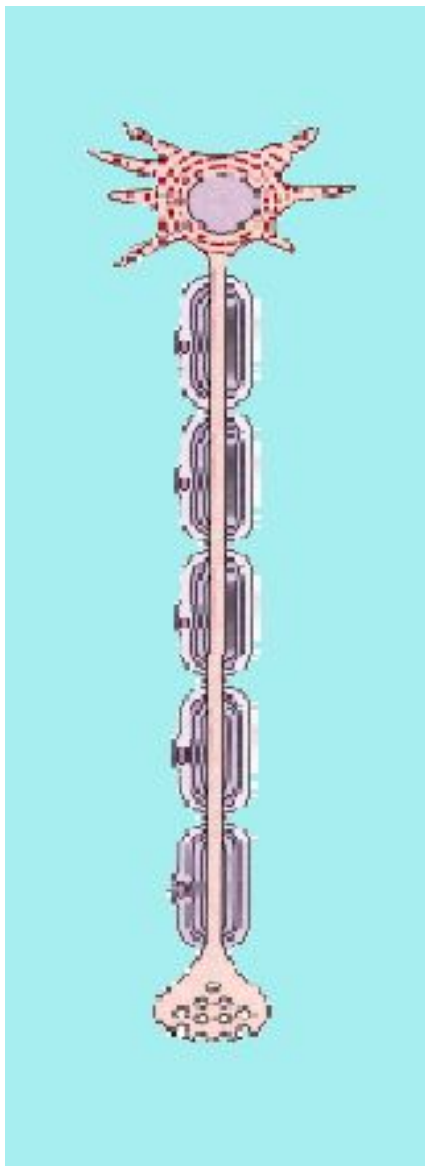
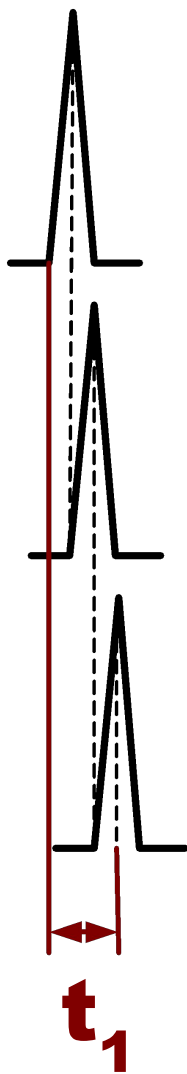
А



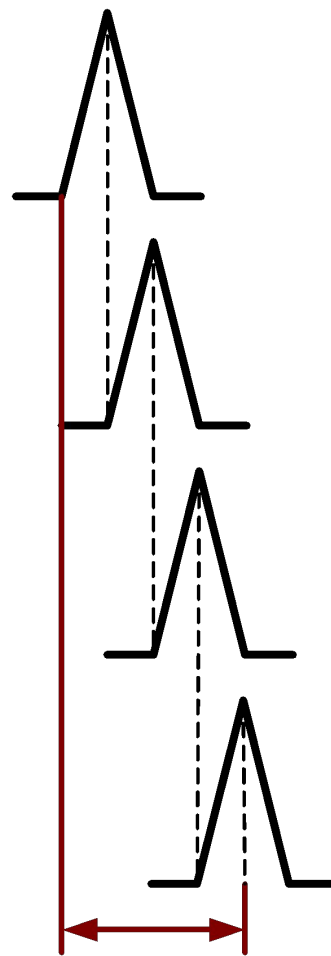
Б

Чем больше амплитуда и меньше длительность ПД (импульса),  
тем больше скорость распространения.

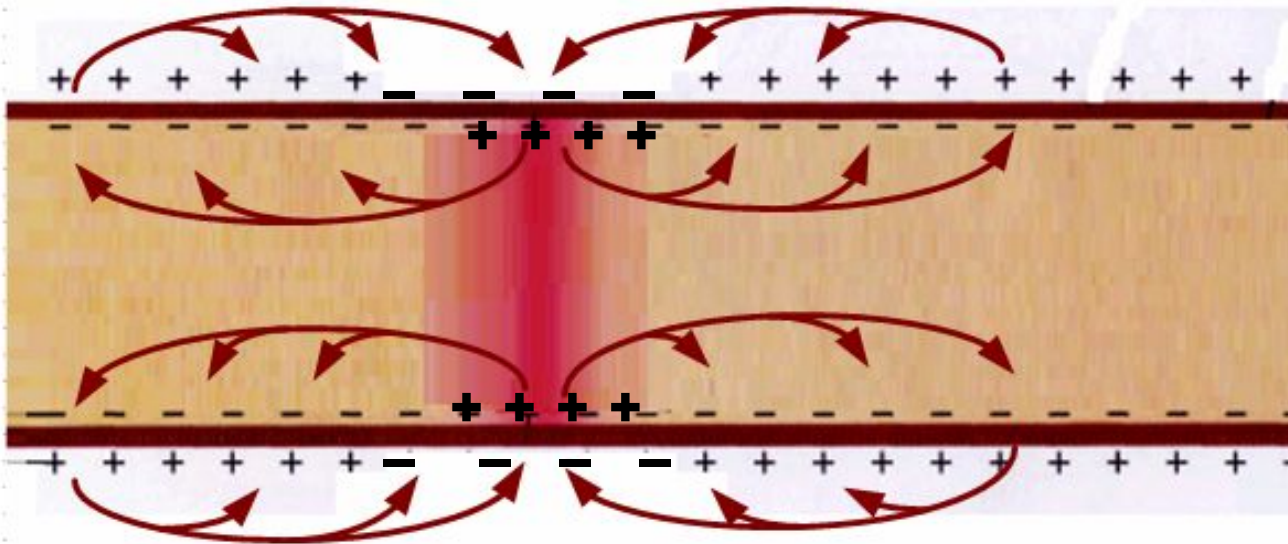
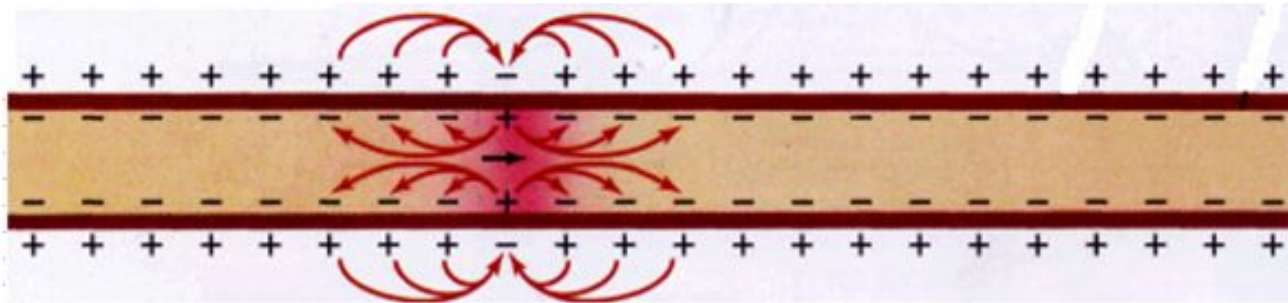
А



Б



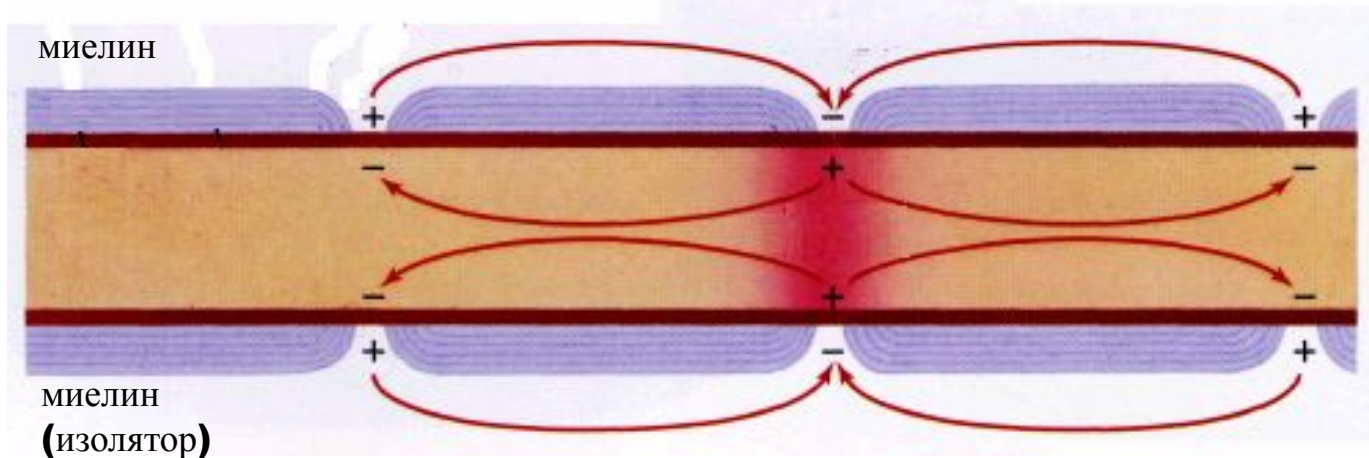
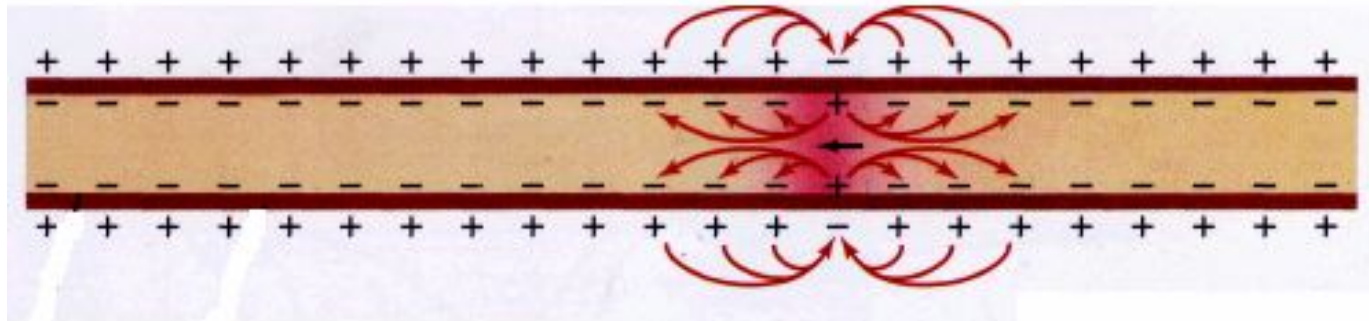
Чем больше диаметр волокна, тем меньше сопротивление аксоплазмы – тем больше скорость проведения импульса.



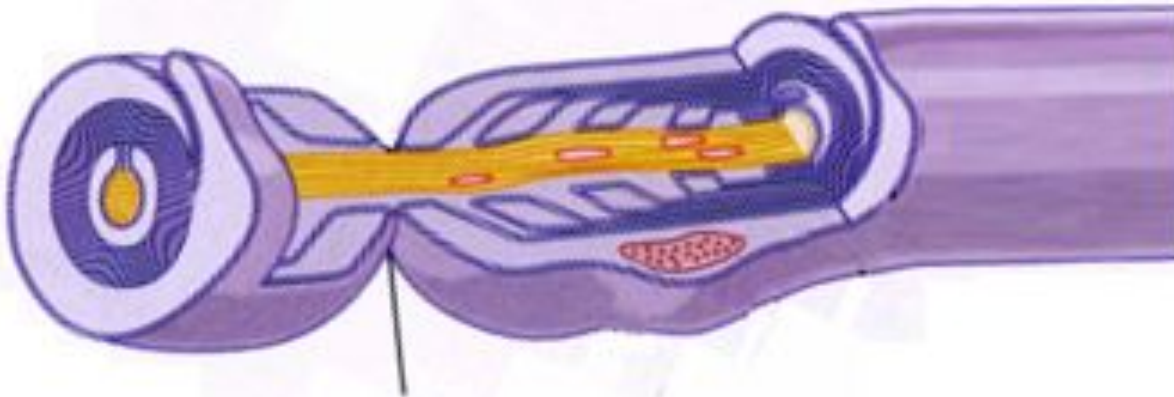




Чем больше сопротивление мембраны и меньше утечка зарядов –  
зарядов –  
тем больше скорость проведения импульса.



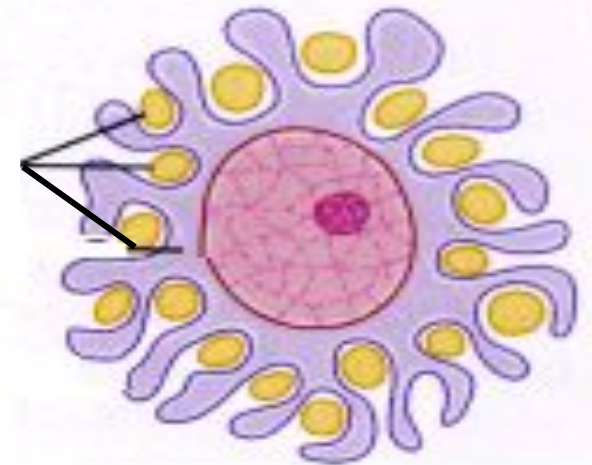
# МИЕЛИНОВАЯ ОБОЛОЧКА



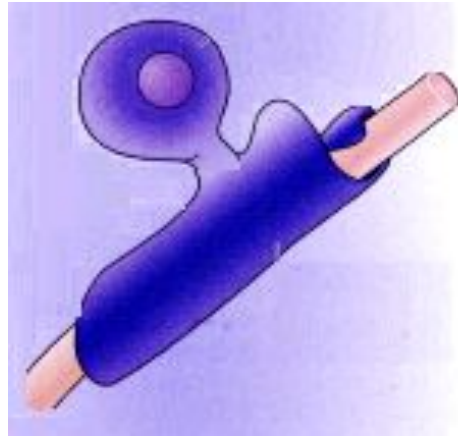
Перехват Ранвье

Миелинизированный аксон

Немиелинизированные аксоны

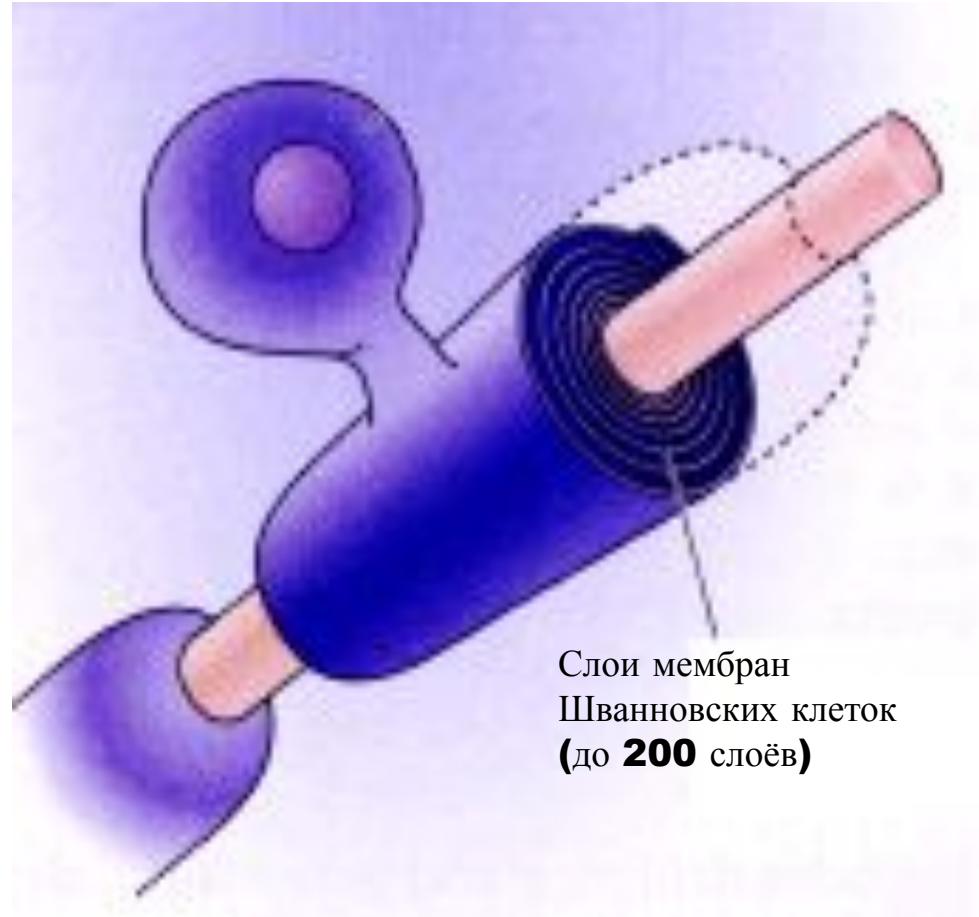


# МИЕЛИНОВАЯ ОБОЛОЧКА



## МИЕЛИН

представляет собой фосфолипидные слои мембраны Шванновских клеток (с минимальным включением белков).

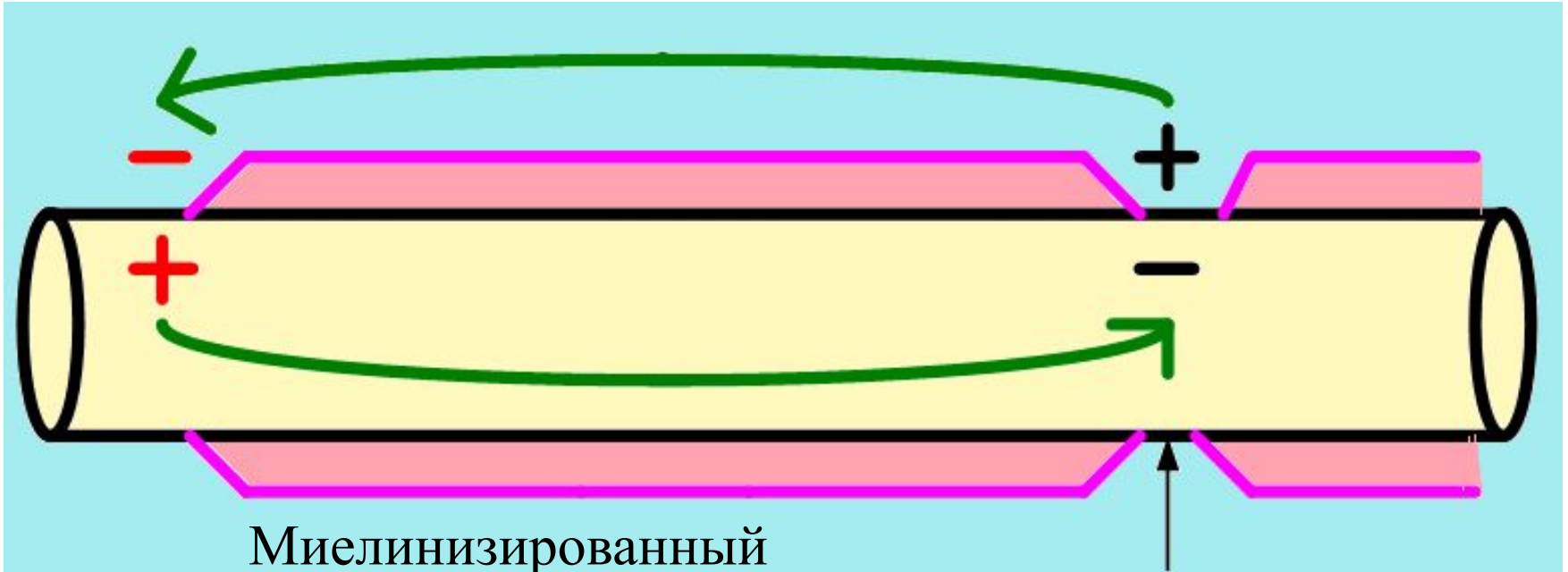


# ЗНАЧЕНИЕ МИЕЛИНОВОЙ ОБОЛОЧКИ

## МИЕЛИН

- Изолирует нервные волокна.
- Выполняет защитную и трофическую функцию.
- Увеличивает скорость проведения.
- Экономит энергию АТФ.

# МИЕЛИНИЗИРОВАННОЕ НЕРВНОЕ ВОЛОКНО



Миелинизированный

участок

перехват

Ранвье

**САЛТАТОРНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ  
(СКАЧКООБРАЗНОЕ)**

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН

## НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

**А** ТОЛСТЫЕ  
МИЕЛИНИЗИРОВ.  
**(70 - 120 m/s)**

Двигательные и  
чувствительные

**В** ТОНКИЕ  
МИЕЛИНИЗИРОВ.  
**(30 - 70 m/s)**

Преганглионарные  
вегетативные

**С** НЕМИЕЛИНИЗИР.  
**(0.5 - 5 m/s)**

Постганглионарные  
вегетативные



# НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ СИНАПС

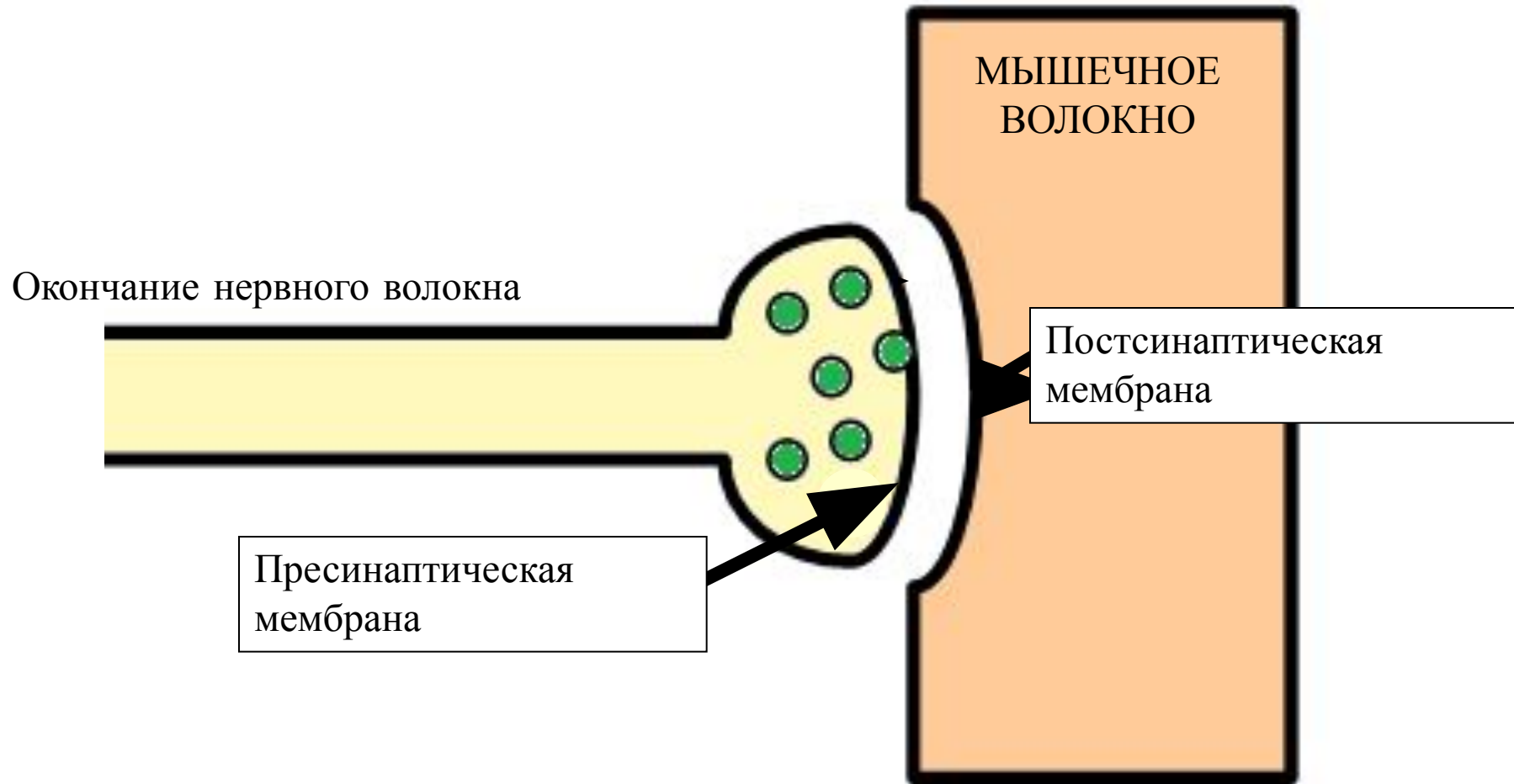
Структура, с помощью которой происходит передача возбуждения с нервного волокна на мышечное



МЫШЦА



# СТРОЕНИЕ СИНАПСА



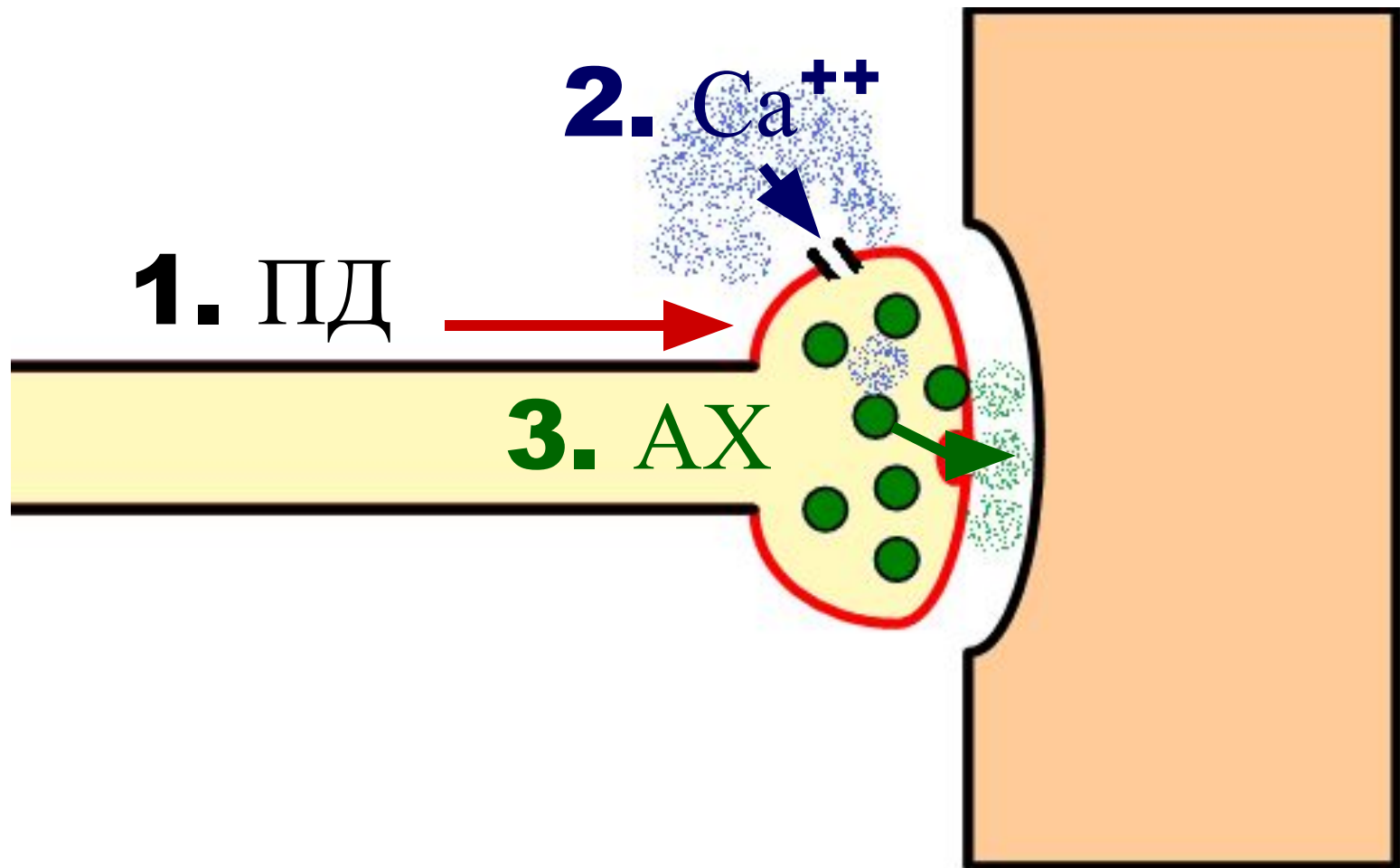
# МЕХАНИЗМ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ В СИНАПСЕ

- Механизм **химический**.
- Вещество, с помощью которого передаётся сигнал, называется **медиатором**.
- Медиатором нервно-мышечного синапса является **ацетилхолин (АХ)**.
- Ацетилхолин – самый «быстрый» медиатор: у него самый короткий медиаторный цикл.

# ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИАТОРА

- 1.** Генерация ПД в нервном окончании
- 2.** Открытие потенциал-зависимых кальциевых каналов в мембране нервного окончания и диффузия ионов кальция (Ca) в нервное окончание
- 3.** Выделение медиатора из синаптических пузырьков путём экзоцитоза  
(одновременно из **100-200** пузырьков)

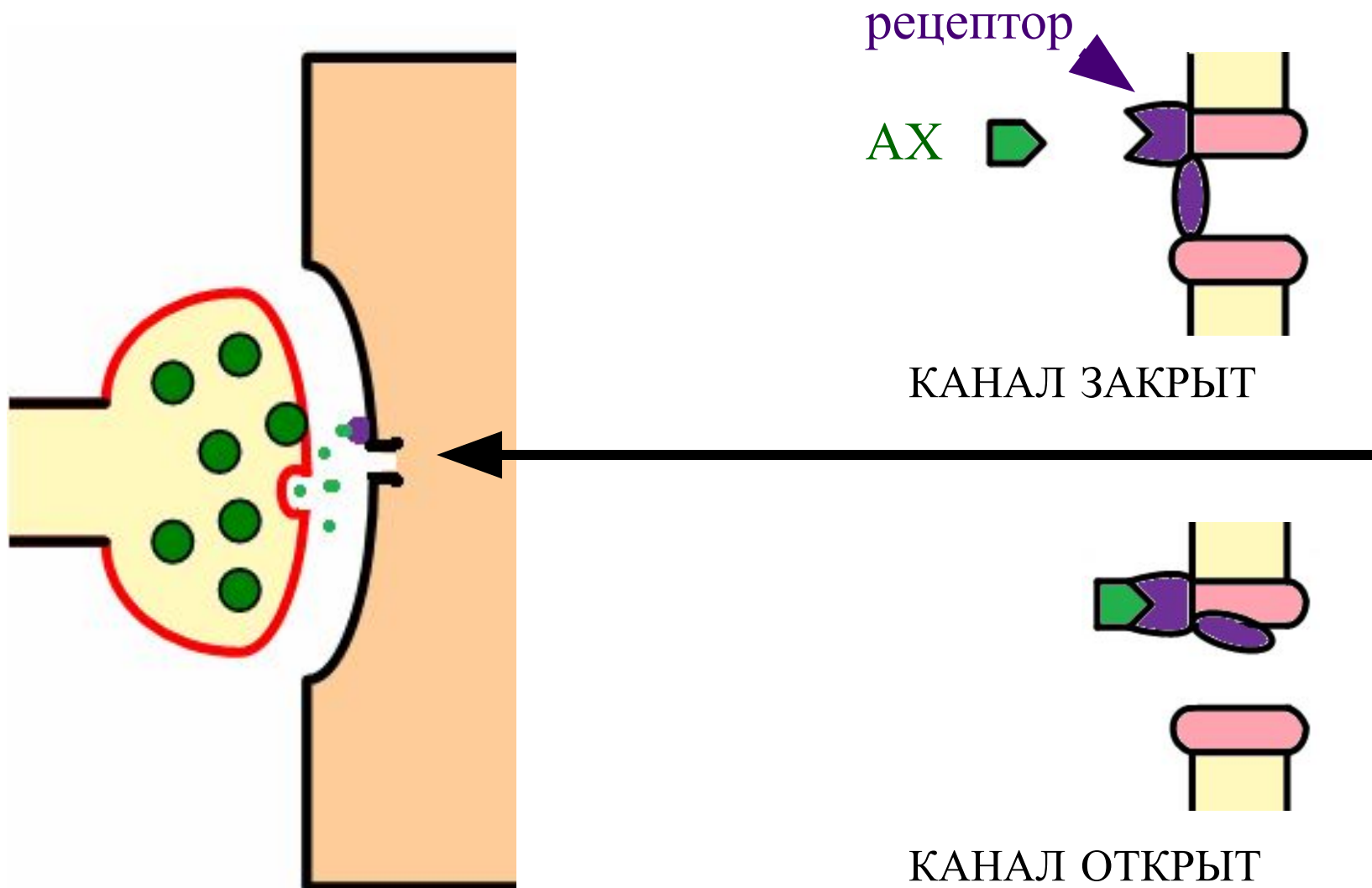
# ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИАТОРА (схема)



# ДЕЙСТВИЕ МЕДИАТОРА

- 1.** Взаимодействие медиатора с рецептором постсинаптической мембраны.  
(Рецептор – это белковая молекула, которая имеет высокое сродство к медиатору. Рецепторы, которые связываются с АХ, называются холинорецепторами).
- 2.** Открытие хемочувствительных ионных каналов постсинаптической мембраны.
- 3.** Деполяризация постсинаптической мембраны.  
Генерация ПКП (потенциала концевой пластинки).

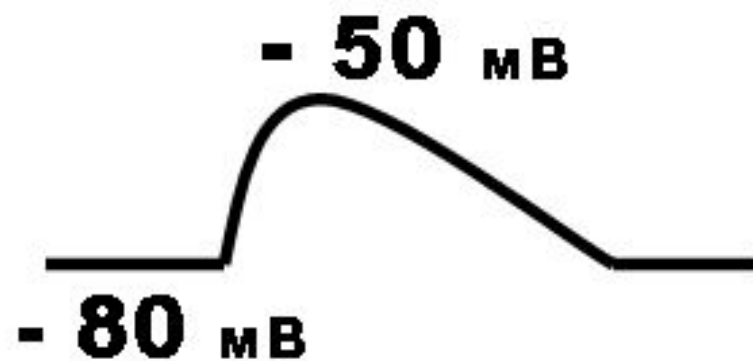
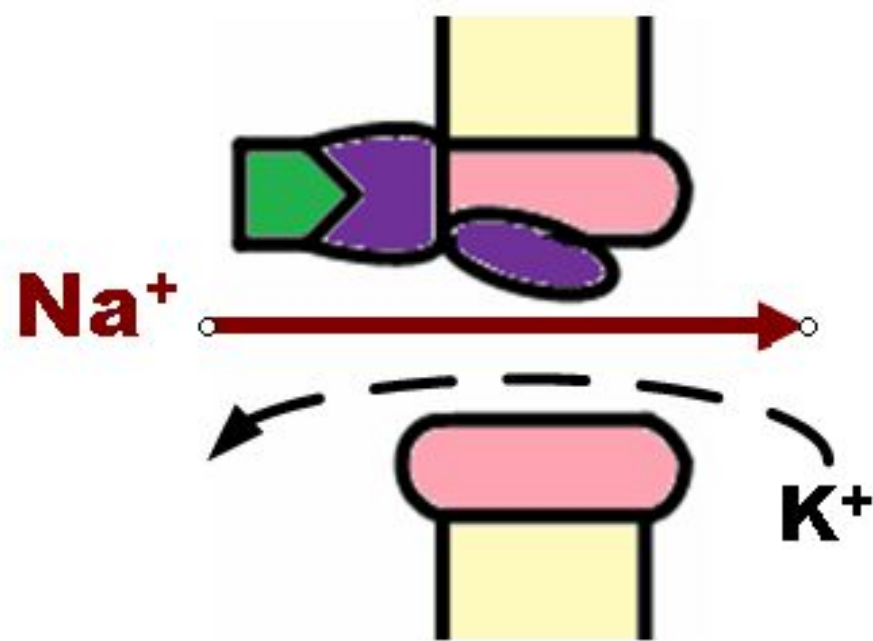
# ДЕЙСТВИЕ МЕДИАТОРА (схема)



# ГЕНЕРАЦИЯ ПКП

- Каналы постсинаптической мембраны:
  - Хемочувствительные
  - Низкой селективности (т.е. проницаемы и для натрия, и для калия)
- Ток натрия идёт в клетку, а ток калия в то же время идёт из клетки
- Происходит частичная деполяризация постсинаптической мембраны (ПКП)
- ПКП имеет свойства локального ответа

# ГЕНЕРАЦИЯ ПКП (схема)

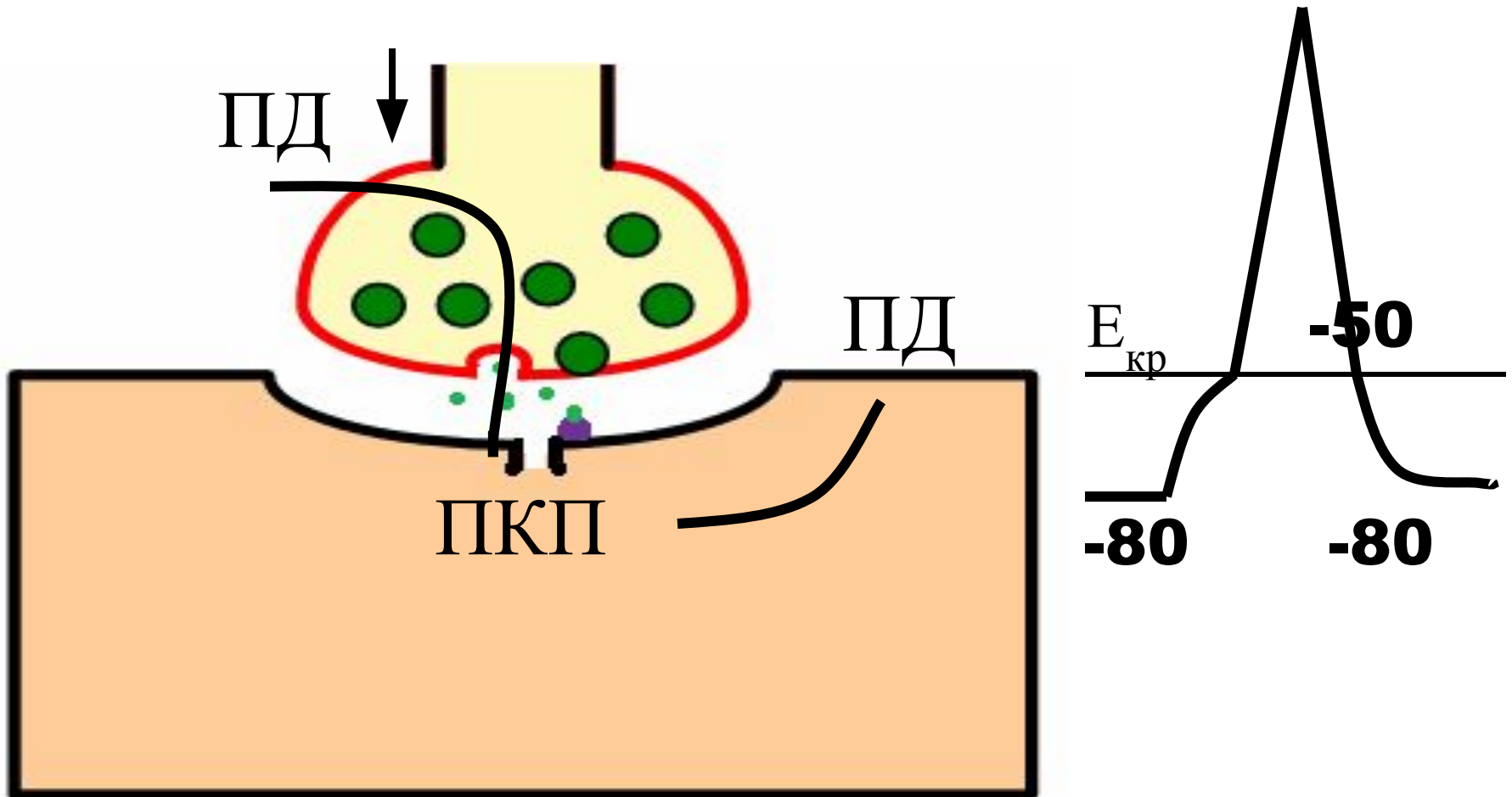


## Свойства ПКП:

1. Не распространяется
2. Зависит от концентрации медиатора
3. Суммируется
4. Увеличивает возбудимость клетки

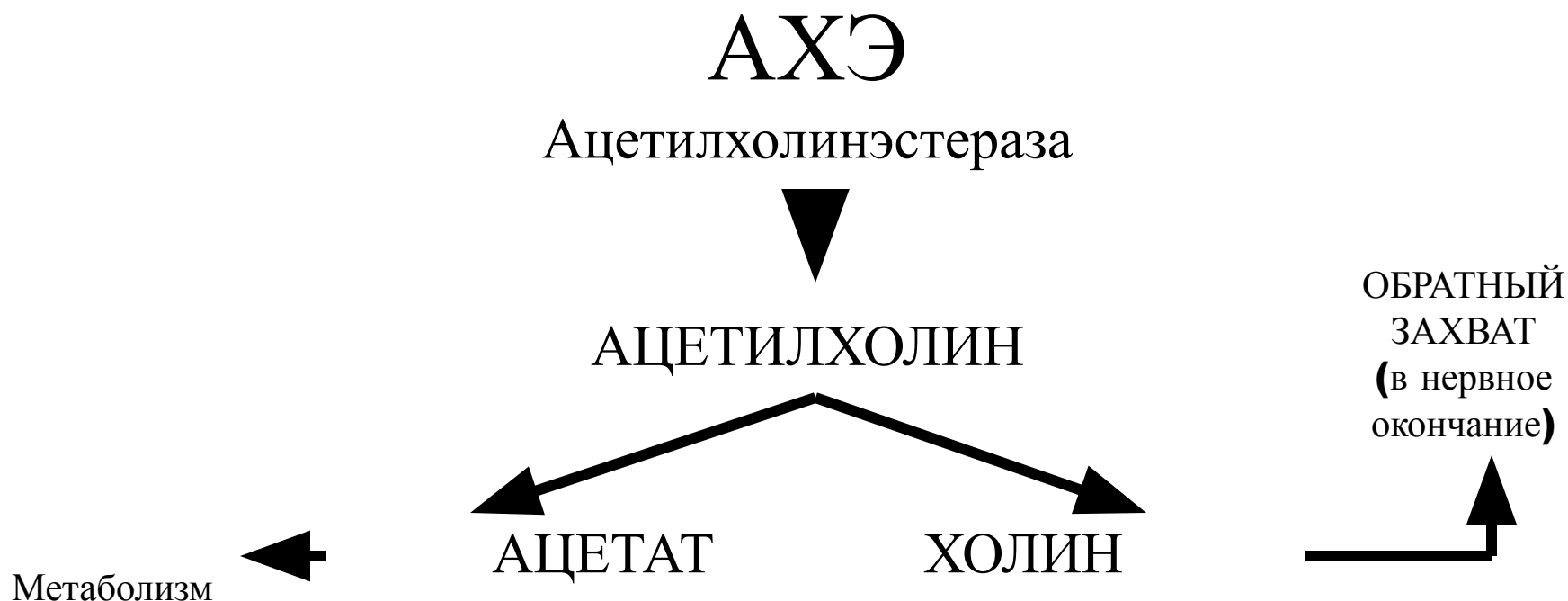


# ВОЗБУЖДЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА (схема)



# ДАЛЬНЕЙШАЯ СУДЬБА МЕДИАТОРА

Самый быстрый механизм освобождения рецептора от медиатора – ферментативное расщепление ацетилхолина



# ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ СИНАПС

- Одностороннее проведение
- Синаптическая задержка (время, которое необходимо на проведение возбуждения через синапс – **0.2 мсек**)
- Высокая утомляемость (связана с истощением запаса медиатора)
- Низкая лабильность (**100 имп/сек**)
- Наличие специфических блокаторов (например, **яд кураре** избирательно блокирует холинорецепторы в нервно-мышечных синапсах только скелетных мышц)



КОНЕЦ

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН

## НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

**А** **ТОЛСТЫЕ**  
**МИЕЛИНИЗИРОВ.**  
**(70 - 120 m/s)**  
Двигательные и  
чувствительные

**В** **ТОНКИЕ**  
**МИЕЛИНИЗИРОВ.**  
**(30 - 70 m/s)**  
Преганглионарные  
вегетативные

**С** **НЕМИЕЛИНИЗИР.**  
**(0.5 - 5 m/s)**  
Постганглионарные  
вегетативные

