

# Физиология нейронов и глии

## I. Классификация нейронов

Функциональная классификация: афферентные (чувствительные), эфферентные (двигательные) и ассоциативные (вставочные).

### 1. *Афферентные* нейроны

- Псевдоуниполярные.
- Тела за пределами ЦНС в спинномозговых узлах или в узлах чувствительных черепно-мозговых нервов.
- Один отросток идет на периферию и заканчивается там рецептором.
- Второй отросток - в ЦНС в составе задних корешков спинномозговых нервов или чувствительных волокон черепно-мозговых нервов.

2. *Эфферентные* нейроны передают информацию от ЦНС к рабочим органам.

- Мультиполярные.
- Тела в сером веществе ЦНС (или на периферии в вегетативных узлах).
- Длинные аксоны в виде соматических или вегетативных нервных волокон (периферических нервов) к рабочим органам (скелетным и гладким мышцам, и железам).

3. *Ассоциативные* нейроны передают нервный импульс с афферентного на эфферентный нейрон.

- В сером веществе ЦНС (97%).
- Мультиполярные.
- Есть командные, пейсмейкерные, гормонпродуцирующие, потребностно-мотивационные, гностические и др.



Тело клетки (*перикарион*) содержит ядро. От перикариона отходят отростки. Один из них - *аксон*, другие - *дендриты*. Справа функциональные зоны нервной клетки:

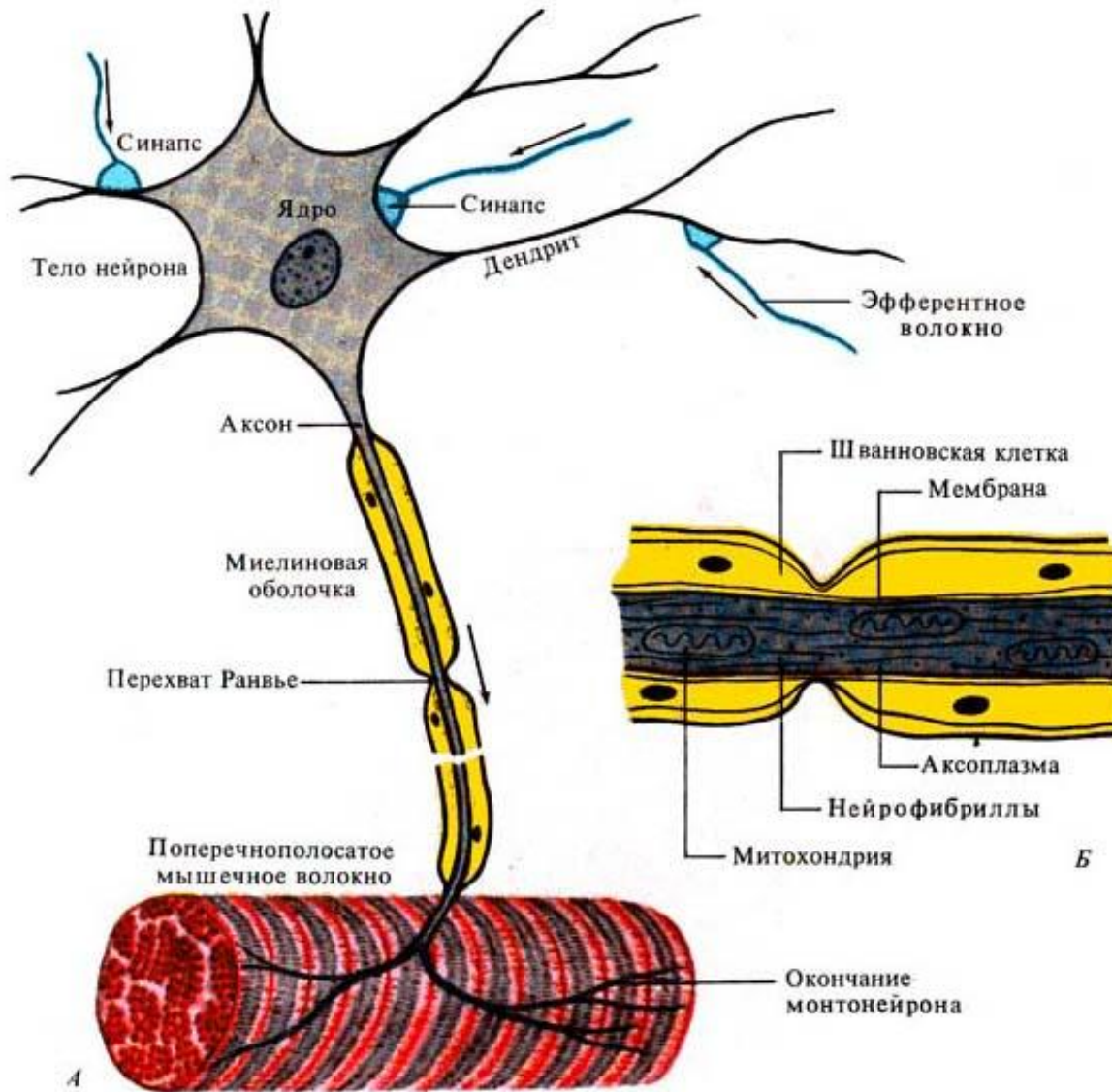
- рецептивная (дендритная)
- аксон (область проведения ПД)
- концевых разветвлений аксона (пресинаптическая)

Рис. Многоотростчатый нейрон

# Нейрон и его компоненты

А - нервная клетка, аксон, мышца;

Б - строение нервного волокна



**II. Функции нейрона:** прием, кодирование, обработка, хранение и передача информации.

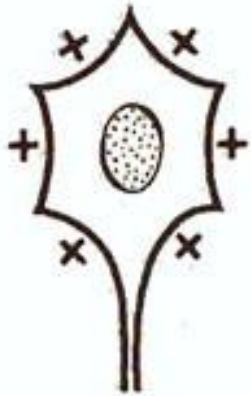
- Нейроны формируют управляющие команды для внутренних органов и для скелетных мышц
- Обеспечивают все формы психической деятельности.
- Генерация и восприятие ПД.
- Дендриты и перикарион - восприятие информации.
- Аксоны - передача информации.
- Перикарион или тело - принятие решения.
- Тело нейрона по отношению к своим отросткам и синапсам выполняет трофическую и ростовую функцию. Перерезка аксона или дендрита ведет к их гибели ниже места перерезки.

**Три состояния нейрона:** покой, активность и торможение.

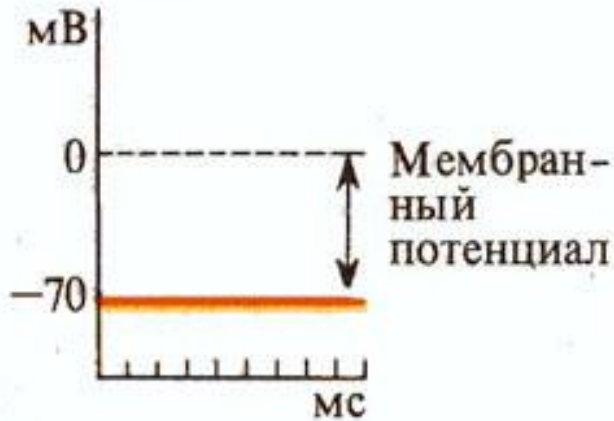
**Покой** - стабильный уровень мембранного потенциала и в любой момент он готов перейти в состояние торможения или активности.

**Активность** - генерация ПД или чаще группы ПД. Частота следования ПД внутри серии, длительность серии, интервалы между сериями — эти показатели являются способом кодирования информации.

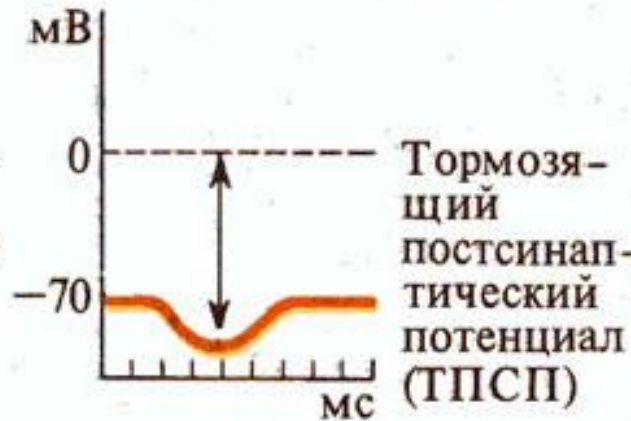
**Торможение** - уменьшение или прекращение фоновой частоты разрядов в ответ на внешний сигнал.



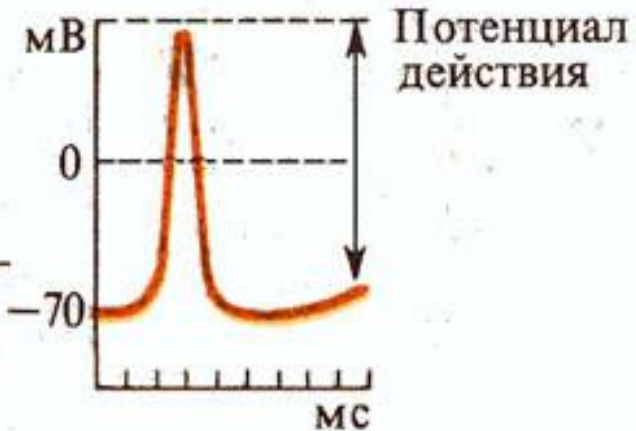
Поляризация



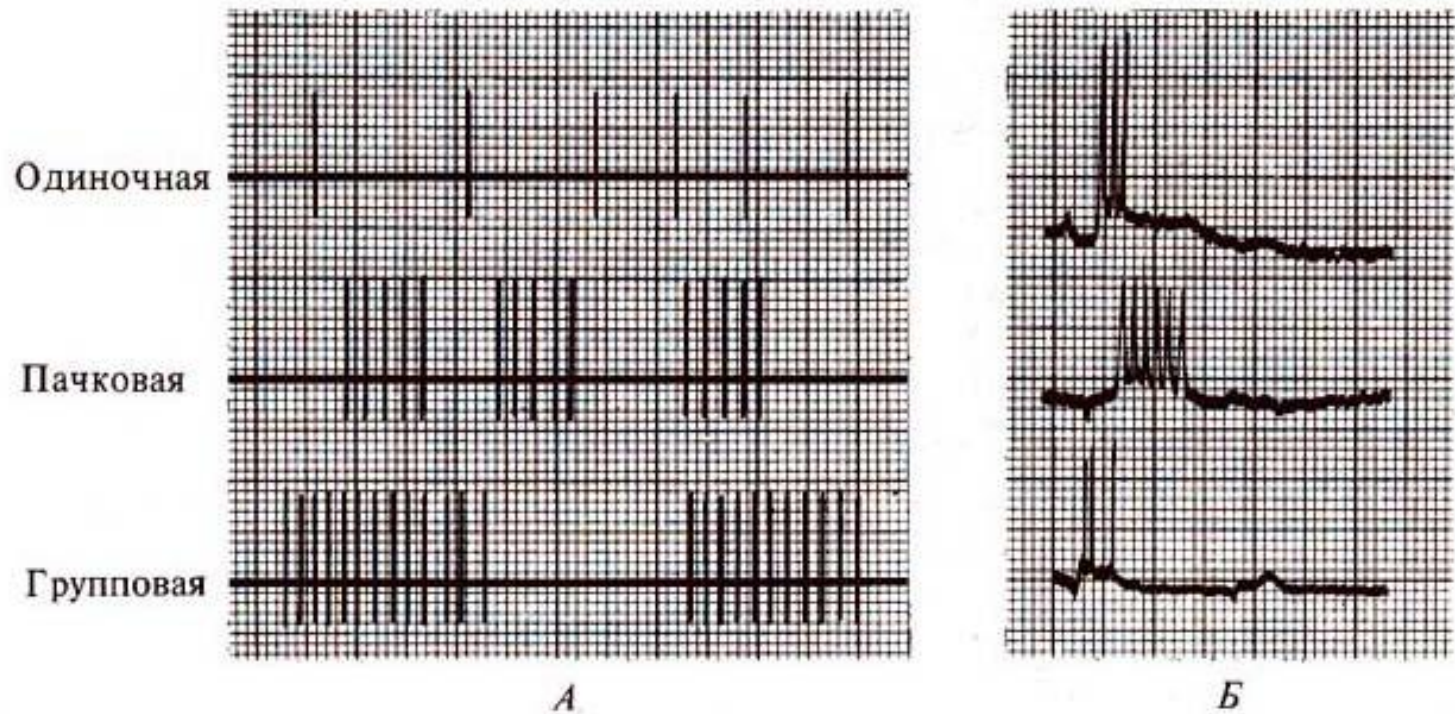
Гиперполяризация



Деполяризация



## Возможные состояния нейрона



**Фоновая и вызванная импульсная активность нейронов** (по Л. Шельцыну, 1980). А - типы активности ретикулярного нейрона; Б - типы вызванных ответов нейронов при внутриклеточной регистрации



**III. Нейроглия** (от гр. neuron – нерв, и glia – клей) – это разнородная группа клеток нервной ткани, обеспечивающая деятельность нейронов и выполняющая опорную, трофическую, разграничительную, барьерную, секреторную и функцию иммунологической защиты.

*Нейроглия подразделяется на макроглию (астроциты, олигодендроциты, эпендимоциты) и микроглию.*

***Астроциты*** – это многоотростчатые клетки (7- 25 мкм) встречаются во всех отделах ЦНС. Формируют опорный каркас, выполняют транспортную и барьерную функции, направленные на создание оптимального микроокружения нейронов.

**Олигодендроциты** окружают тела нейронов, входят в состав нервных волокон и нервных окончаний и, благодаря выработке миелина, изолируют эти образования от соседних структур.

**Эпендимоциты** (от греч. ependyma – оболочка) образуют выстилку полостей желудочков и центрального канала спинного мозга – *гематоэнцефалический барьер*, через него фильтруются вещества, поступающие из кровеносных капилляров в ликвор.

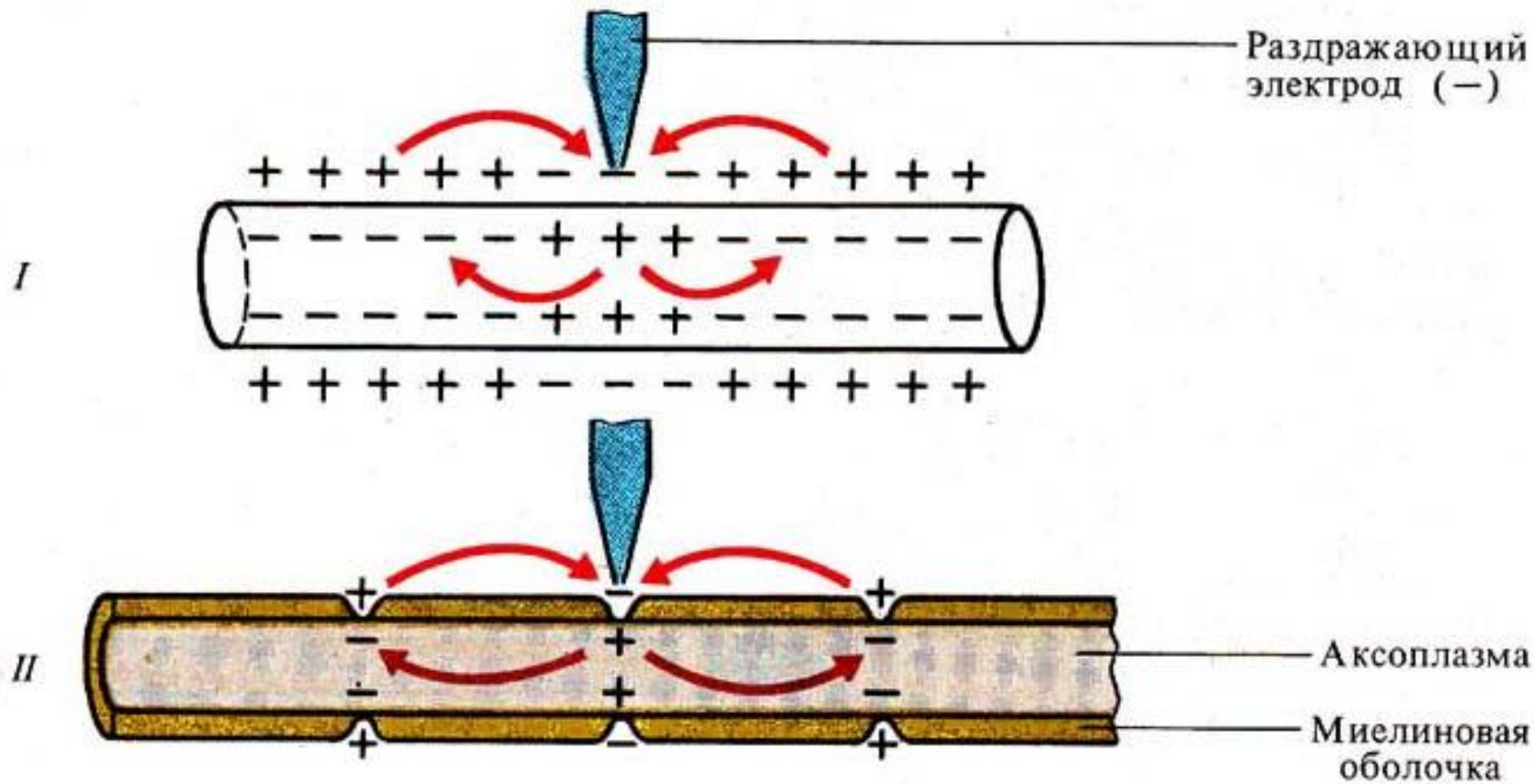
**Микроглия** – это совокупность мелких удлинённых звездчатых клеток, располагающихся преимущественно вдоль капилляров в ЦНС и выполняющих функцию иммунной защиты.

## IV. Нервные волокна

**Главная функция** нервных волокон - проведение нервных импульсов.

**Механизм распространения** нервного импульса - местные круговые токи ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  через мембрану аксона.

Вспыхнувшая разность потенциалов возбуждает кольцевой участок аксона, которая возбуждает следующий участок, и так все дальше по аксону до синапса.



## Проведение возбуждения в нервных волокнах

(по Дж. Бендоллу, 1970):

I - немиелинизированное волокно

II - миелинизированное волокно (сальтаторное проведение)

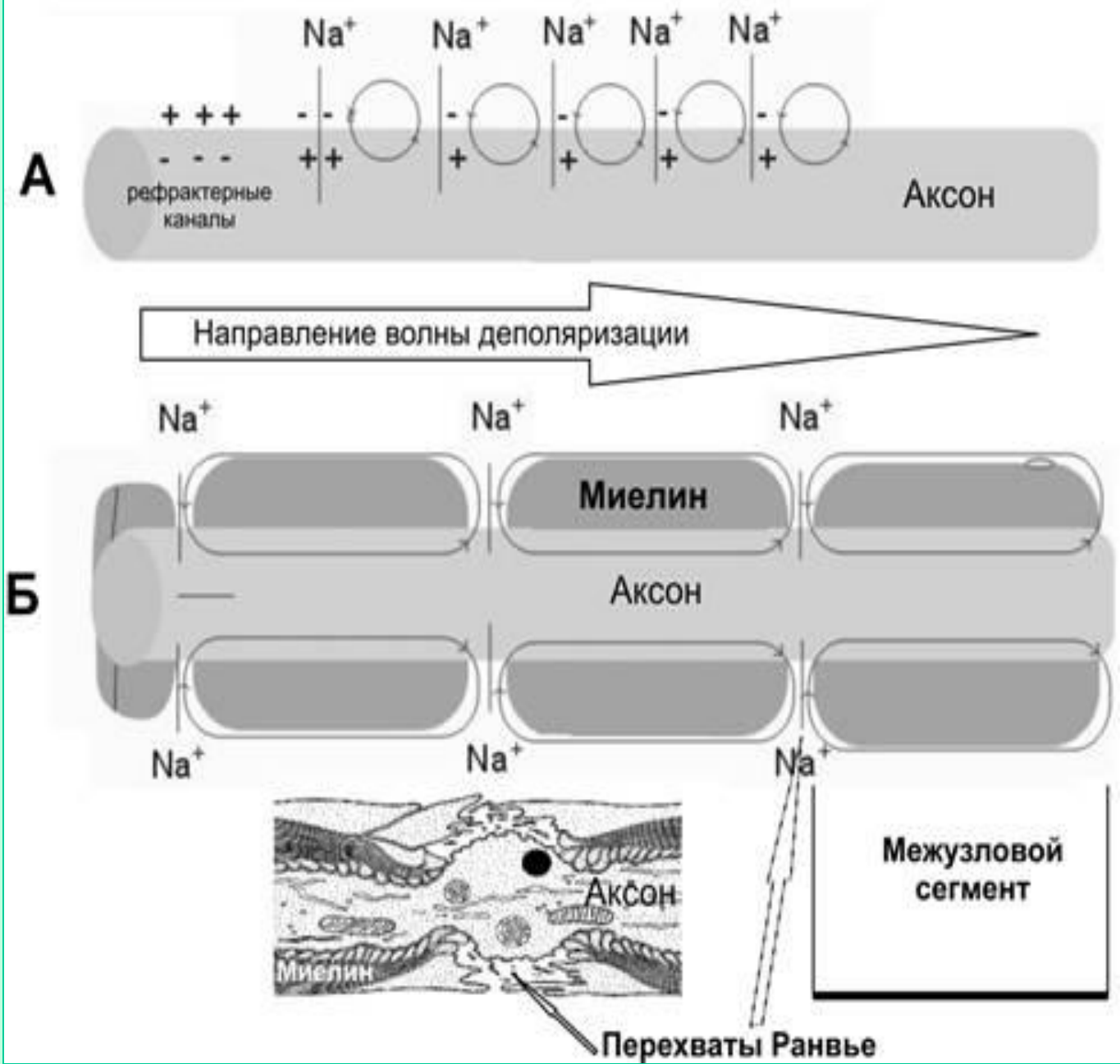
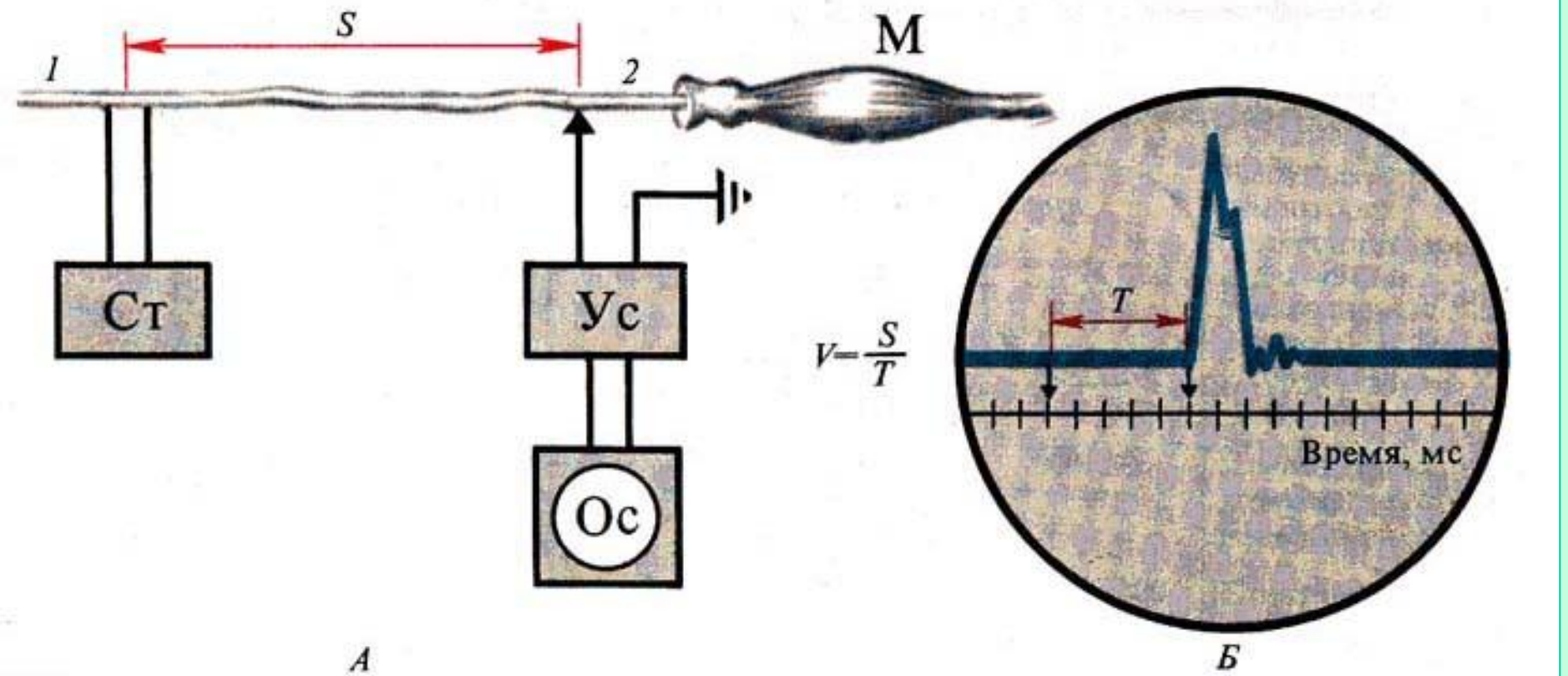


Рис. Проведение возбуждения в нервных волокнах. А - амиелиновое волокно, Б - миелиновое волокно (сальтаторное проведение). Миелин - электрический изолятор, а межклеточная жидкость в перехватах - проводник



**Измерение скорости проведения возбуждения по нервным волокнам.** А - схема опыта; Б - осциллограмма:  
 $V$  - скорость проведения возбуждения,  $S$  - расстояние между раздражающими (1) и отводящими (2) электродами,  $T$  - время между моментом раздражения и моментом прихода волны возбуждения к отводящему электроду (2)

# Законы проведения возбуждения по нервным волокнам

1. **З. изолированного проведения возбуждения:** по отдельным нервным волокнам, проходящим в составе нерва, проведение возбуждения происходит изолированно, независимо от других волокон (благодаря миелиновой оболочке).

2. **З. анатомической и физиологической целостности нервного волокна:** если нарушить свойства мембраны волокна (перевязка, блокада новокаином, аммиаком и др.), то проведение возбуждения по нему прекращается.

3. **З. бездекрементного проведения возбуждения.** Амплитуда ПД в различных участках нерва одинакова. Следовательно, кодирование информации осуществляется не за счёт изменения амплитуды ПД, а путём изменения их частоты и распределения во времени.

4. **З. двустороннего проведения возбуждения по нервному волокну:** любое нервное волокно способно проводить возбуждение в обоих направлениях.

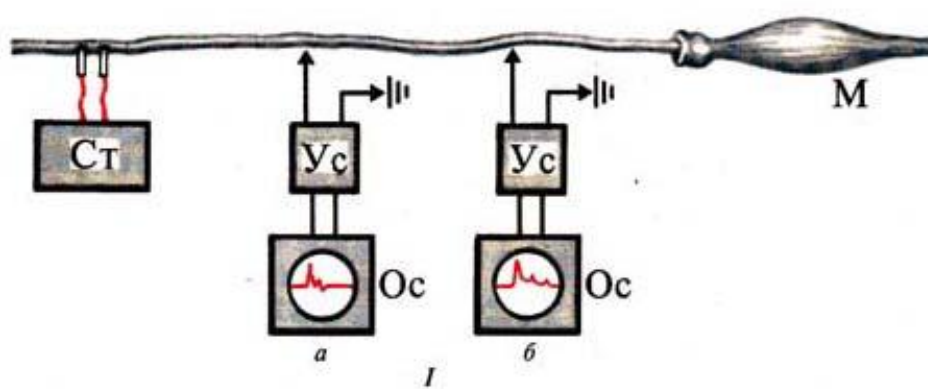
5. **З. практической неутомляемости нервных волокон (Н. Е. Введенский):** нервное волокно обладает малой утомляемостью, так как процессы ресинтеза энергии в нем идут с большой скоростью.

6. **З. прямо пропорциональной зависимости скорости проведения импульса от диаметра нервного волокна** был установлен лауреатами Нобелевской премии (1944) американскими физиологами Д. Эрлангером и Г. Гассером. На основании этого закона они предложили классификацию нервных волокон



## Таблица Классификация нервных волокон млекопитающих

Тип	Диаметр, мкм	Скорость проведения, м/с	Длительность ПД, мс	Функции волокон
А-альфа	13-22	70-120	0,4-0,5	Эфферентные, проводят возбуждение к скелетным мышцам; афферентные, проводят возбуждение от мышечных рецепторов
А-бета	8-13	40-70	0,4-0,6	Афферентные, проводят возбуждение от рецепторов прикосновения и сухожильных рецепторов
А-гамма	4-8	15-40	0,5-0,7	Афферентные, проводят возбуждение от рецепторов прикосновения и давления; эфферентные к мышечным веретенам
В	1-3	3-14	1,2	Преганглионарные волокна вегетативной нервной системы
С	0,5-1,0	0,5-2,0	2,0	Постганглионарные волокна вегетативной нервной системы; афферентные от рецепторов боли, давления и тепла



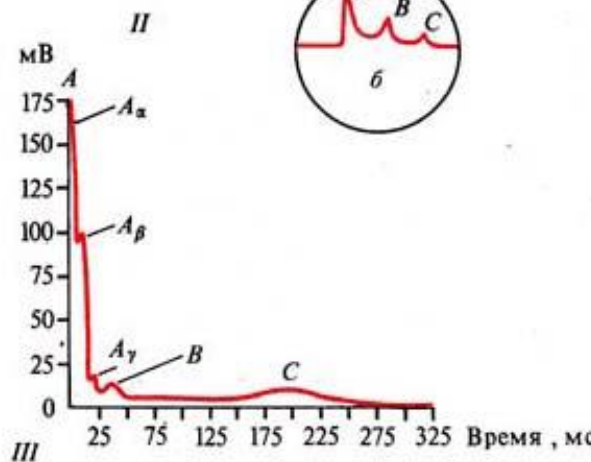
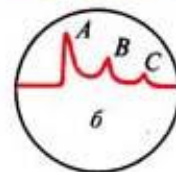
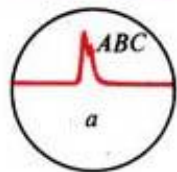
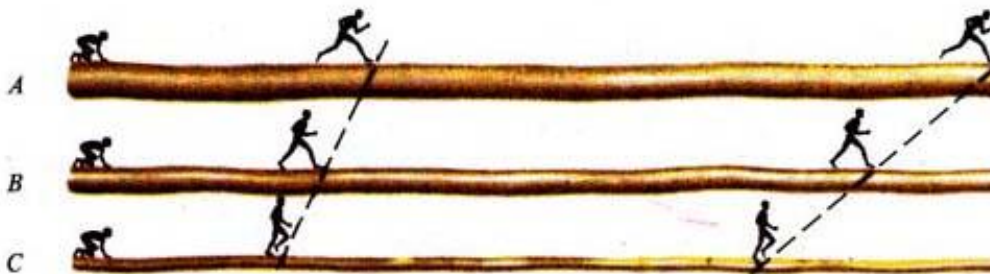
## Скорость распространения возбуждения по нервным волокнам разного типа:

I-II - схема Опыта:

а - установка, регистрирующая потенциалы нерва на небольшом расстоянии от раздражающих электродов,

б - установка, регистрирующая потенциал нерва на большом расстоянии от раздражающих электродов (человечками обозначены импульсы);

III - соотношение компонентов потенциала действия нерва, содержащего А-, В-, С-типы нервных волокон (по Гассеру и Эрлангеру, 1937)



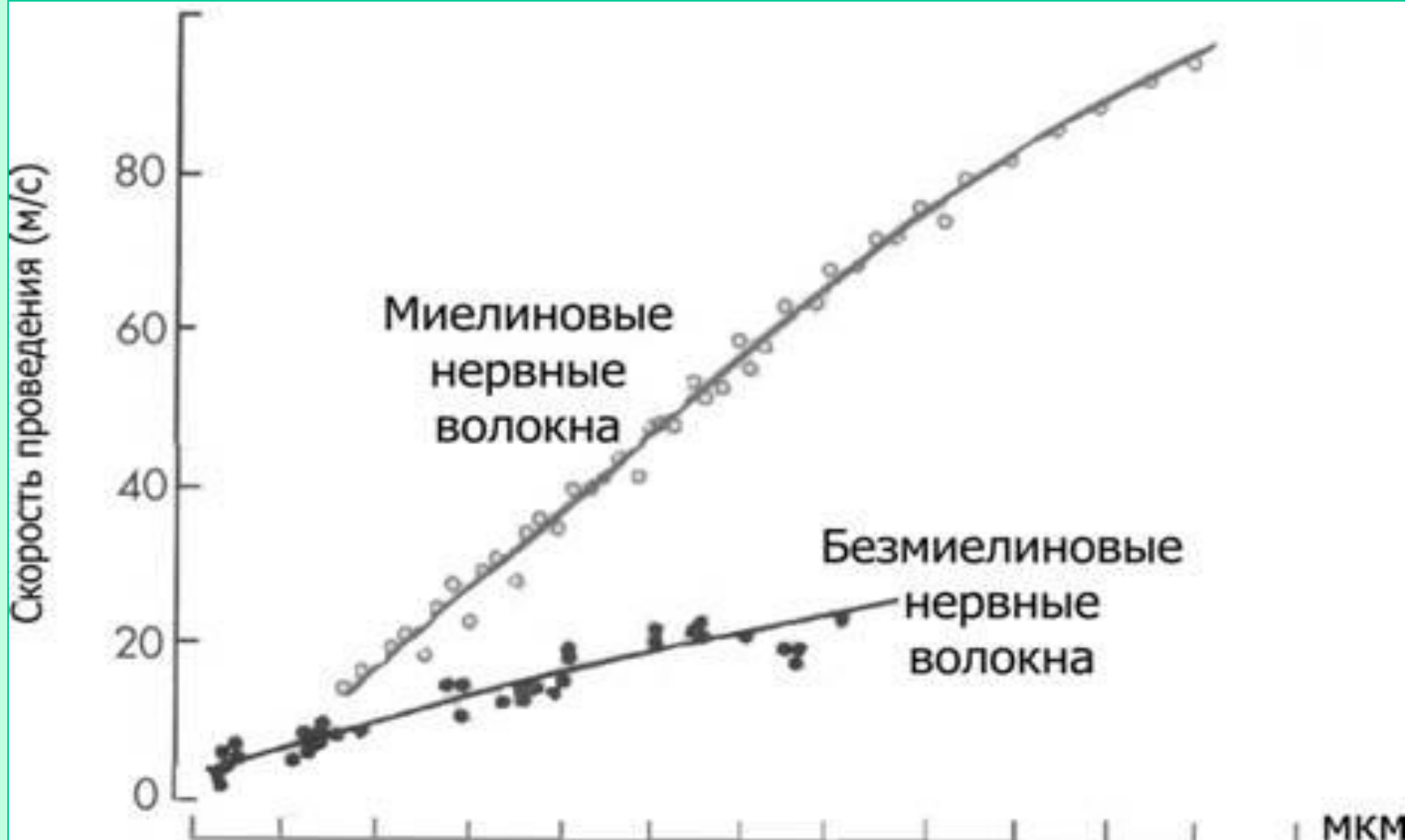


Рис. Скорость проведения возбуждения в миелиновых и безмиелиновых нервных волокнах разного диаметра. Скорость проведения пропорциональна диаметру нервного волокна и в миелиновых волокнах выше, чем в безмиелиновых

## V. Синапсы

**Синапс** – это морфофункциональное образование нервной системы, которое обеспечивает передачу сигнала с нейрона на другой нейрон или с нейрона на эффекторную клетку (мышечное волокно, секреторную клетку).

### Классификация синапсов

1. *По локализации* – центральные и периферические. Центральные синапсы, в свою очередь, делятся на аксо-аксональные, аксо-дендритические, дендро-соматические и т.п. Большинство межнейронных синапсов относится к аксодендритическим (в коре больших полушарий - до 98%).

2. *По развитию в онтогенезе* – стабильные (синапсы дуг безусловного рефлекса) и динамичные, появляющиеся в процессе индивидуального развития.

3. *По конечному эффекту* – тормозные и возбуждающие.

4. *По механизму передачи сигнала* – электрические, химические, смешанные.

5. Химические синапсы классифицируются *по природе медиатора*: холинергические, медиатор ацетилхолин; адренергические – норадреналин; дофаминергические – дофамин; серотонинергические – серотонин; ГАМК-ергические – гамма-аминомасляная кислота; глицинергические – глицин; глутаматергические – глутамат и др.

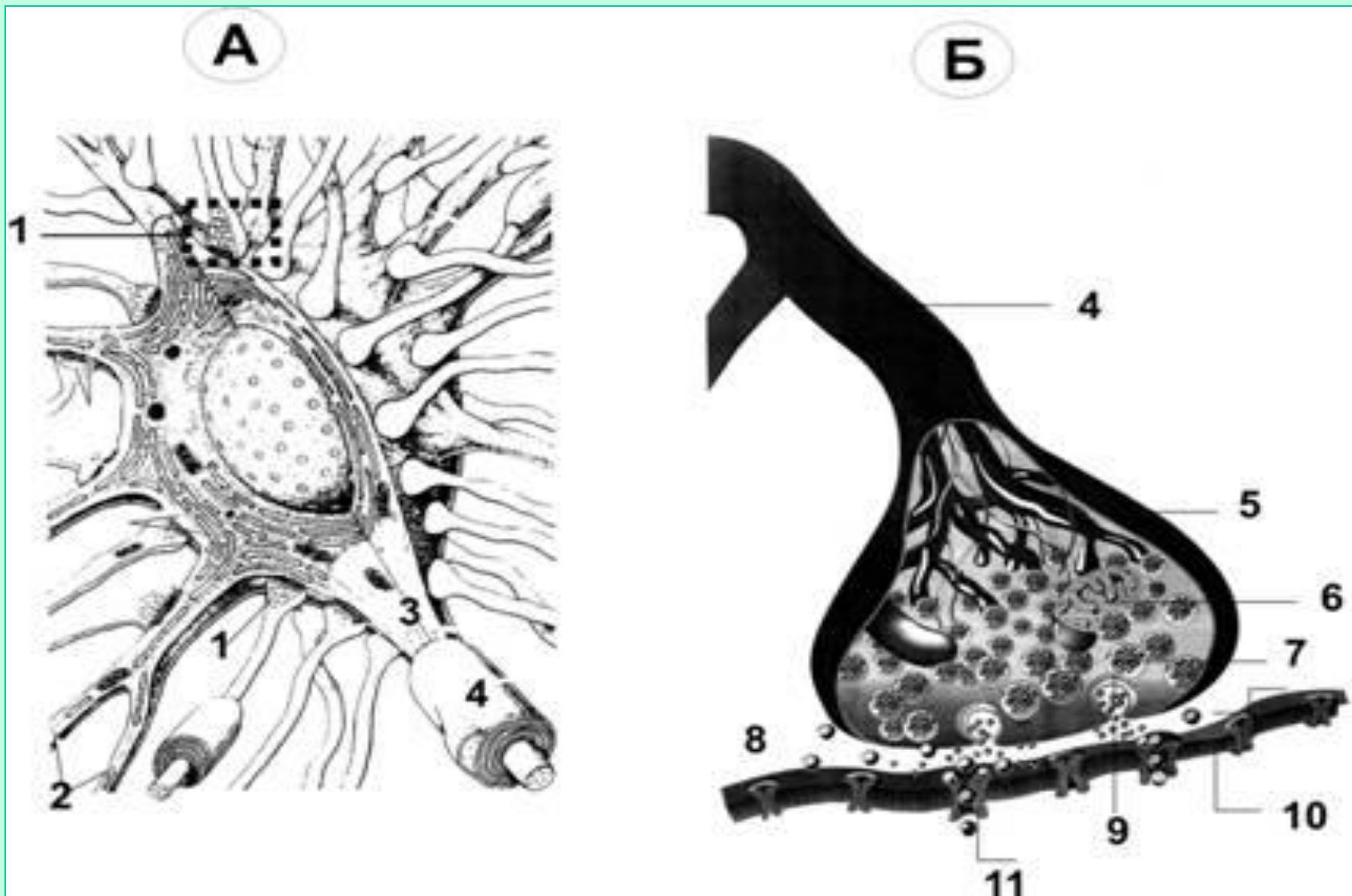


Рис. Межнейронный (аксосоматический) синапс

# Механизм синаптической передачи

1. Под влиянием потенциала действия происходит деполяризация пресинаптической мембраны,
2. Повышается проницаемость кальциевых каналов пресинаптической мембраны и ионы  $\text{Ca}^{2+}$  входят в пресинапс.
3. Путем экзоцитоза 100-200 квантов медиатора выходят из пресинапса.
4. В синаптической щели медиатор взаимодействует со специфическими рецепторами постсинаптической мембраны.
5. В постсинапсе повышается проницаемость для  $\text{Na}^+$  или  $\text{K}^+$

**6.** Деполяризация постсинаптической мембраны – возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП).

**7.** Если его величина достигает критического уровня деполяризации, то во внесинаптических областях генерируется ПД. В тормозных синапсах - гиперполяризация за счет, например, увеличения проницаемости для  $K^+$  или  $Cl^-$  - тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП).

**8.** Разрушение медиатора специфическим ферментом. Ацетилхолин - ацетилхолинэстеразой, норадреналин – моноаминоксидазой (МАО) и катехол-О-метилтрансферазой (КОМТ).



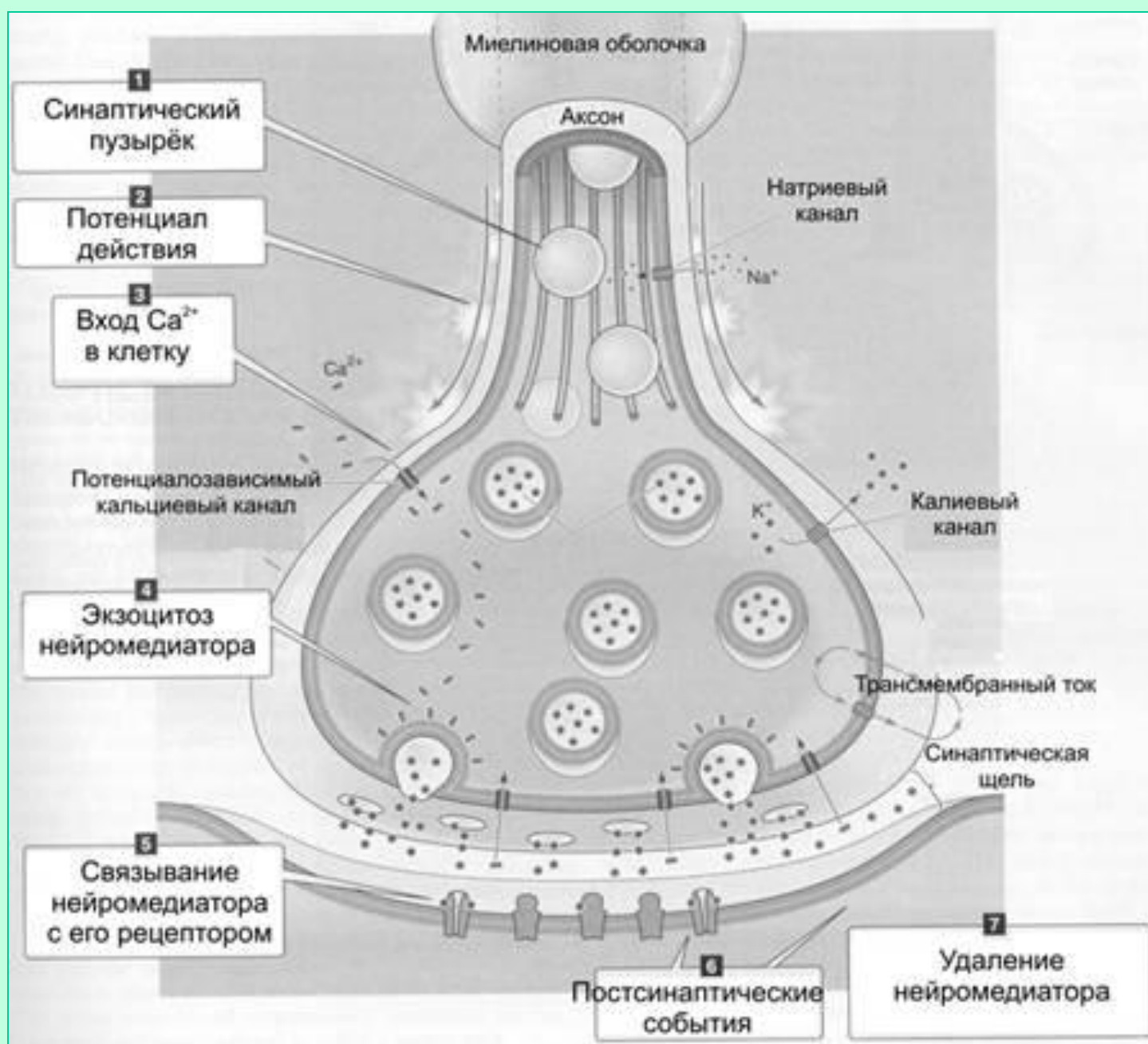


Рис. Этапы синаптической передачи

## Свойства химических синапсов

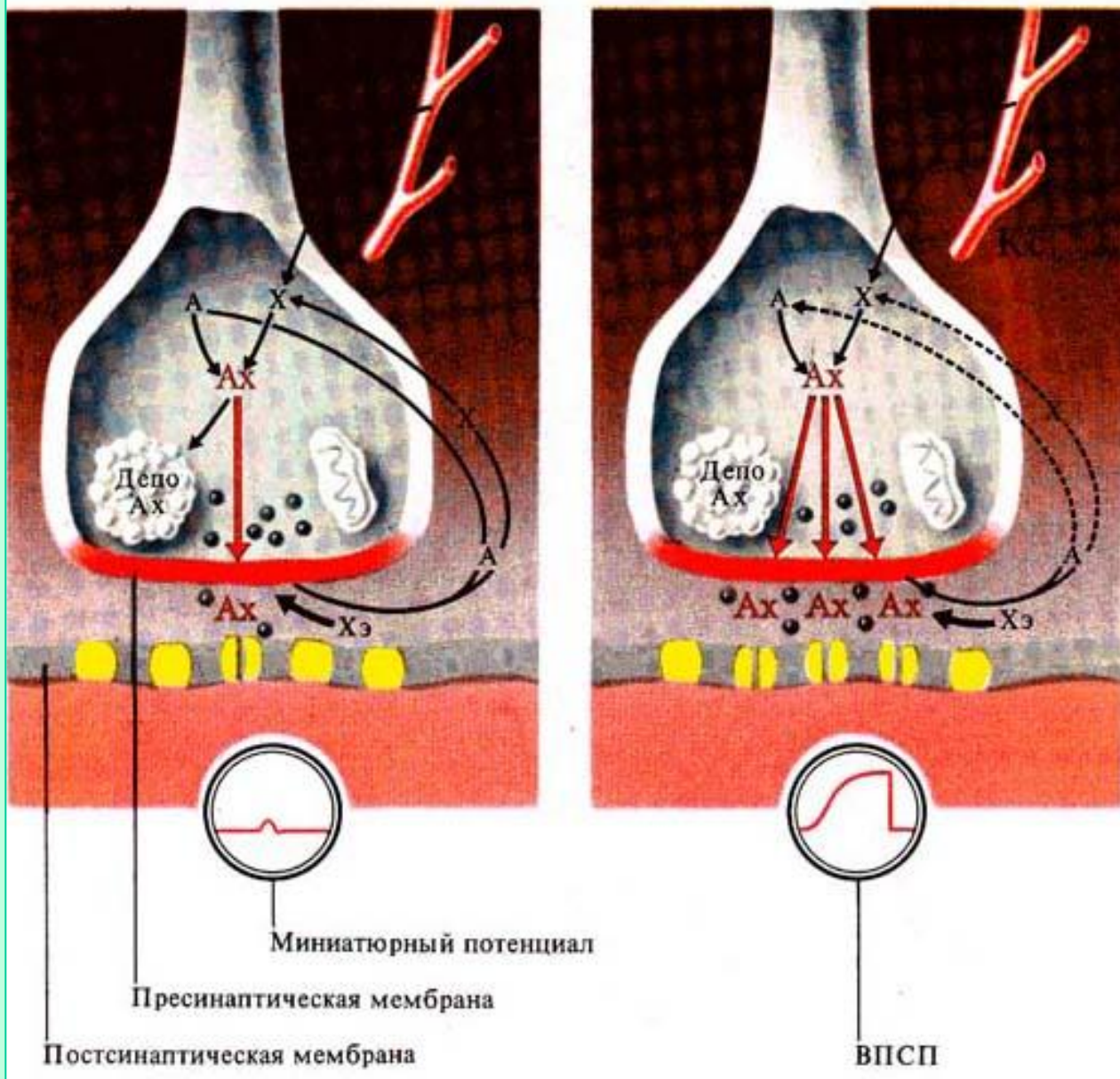
1. **Односторонняя проводимость** – морфологическая и функциональная асимметрия синапса.
2. **Синаптическая задержка**: время (0,2-0,5 мс) для выделения в область пресинапса медиатора и изменения постсинаптического потенциала.
3. Благодаря синаптическому процессу нервная клетка может оказывать **возбуждающее** или **тормозное** воздействие.
4. **Отрицательная обратная связь** – выделяемый в синаптическую щель медиатор может регулировать выделение следующей порции медиатора путем воздействия на специфические рецепторы пресинаптической мембраны.

**5. Облегчение** или **потенциация** - возрастание ответа постсинаптической мембраны при учащении подачи импульсов по аксону (накопление кальция внутри пресинапса).

**6. Катодическая депрессия** - уменьшение ответа из-за стойкой деполяризации постсинапса, если частота следования сигнала через синапс очень большая (медиатор не успевает разрушаться или удалиться из синаптической щели).

Покой

Возбуждение



**Синаптические процессы в невозбужденном и возбужденном синапсах** (по Л. Щельцыну, 1980):  
А - ацетат,  
Х - холин,  
Хэ - холинэстераза