

Физиология возбудимых тканей

Свойства возбудимых тканей:

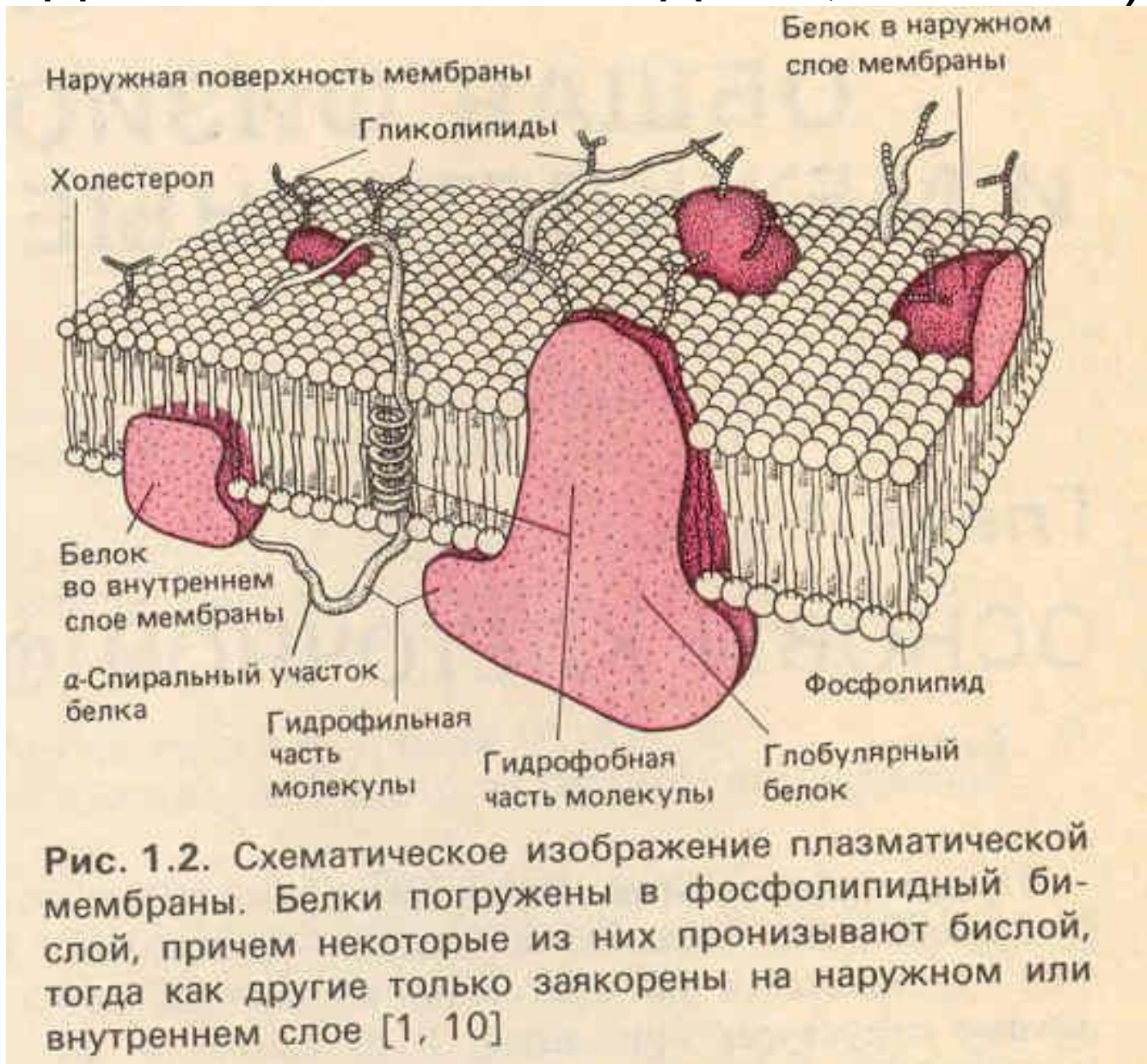
- **Раздражимость** – способность реагировать в ответ на внешнее раздражение изменением обмена веществ
- **Возбудимость** – способность реагировать возбуждением в ответ на внешнее раздражение

Специфические и неспецифические реакции

Опыты Гальвани (1-й опыт, Вольта, 2-й опыт)

Опыты Дюбуа-Реймона (вторичный тетанус)

Строение клеточных мембран (жидко-мозаичная модель, 6-12 нм)



Функции клеточных мембран

- барьерные;
- регуляторные;
- электрические
- Медиаторные

Емкость, проводимость,
проницаемость

Строение и функции ионных каналов мембраны клетки (0,5-0,7 нм).

Т а б л и ц а 2.1. Важнейшие ионные каналы и ионные токи возбудимых клеток

Тип канала	Функция	Ток	Блокатор канала
Калиевый (в покое)	Генерация потенциала покоя	I_{K^+} (утечка)	ТЭА
Натриевый	Генерация потенциала действия	I_{Na^+}	ТТХ
Кальциевый	Генерация медленных потенциалов	$I_{Ca^{2+}}$	D-600, верапамил
Калиевый (задержанное выпрямление)	Обеспечение реполяризации	I_{K^+} (задержка)	ТЭА
Калиевый кальций-активируемый	Ограничение деполяризации, обусловленной током Ca^{2+}	$I_{K^+ Ca^{2+}}$	ТЭА

Примечание. ТЭА — тетраэтиламмоний; ТТХ — тетродотоксин.

Свойства клеточных каналов

- Селективность
- Проводимость

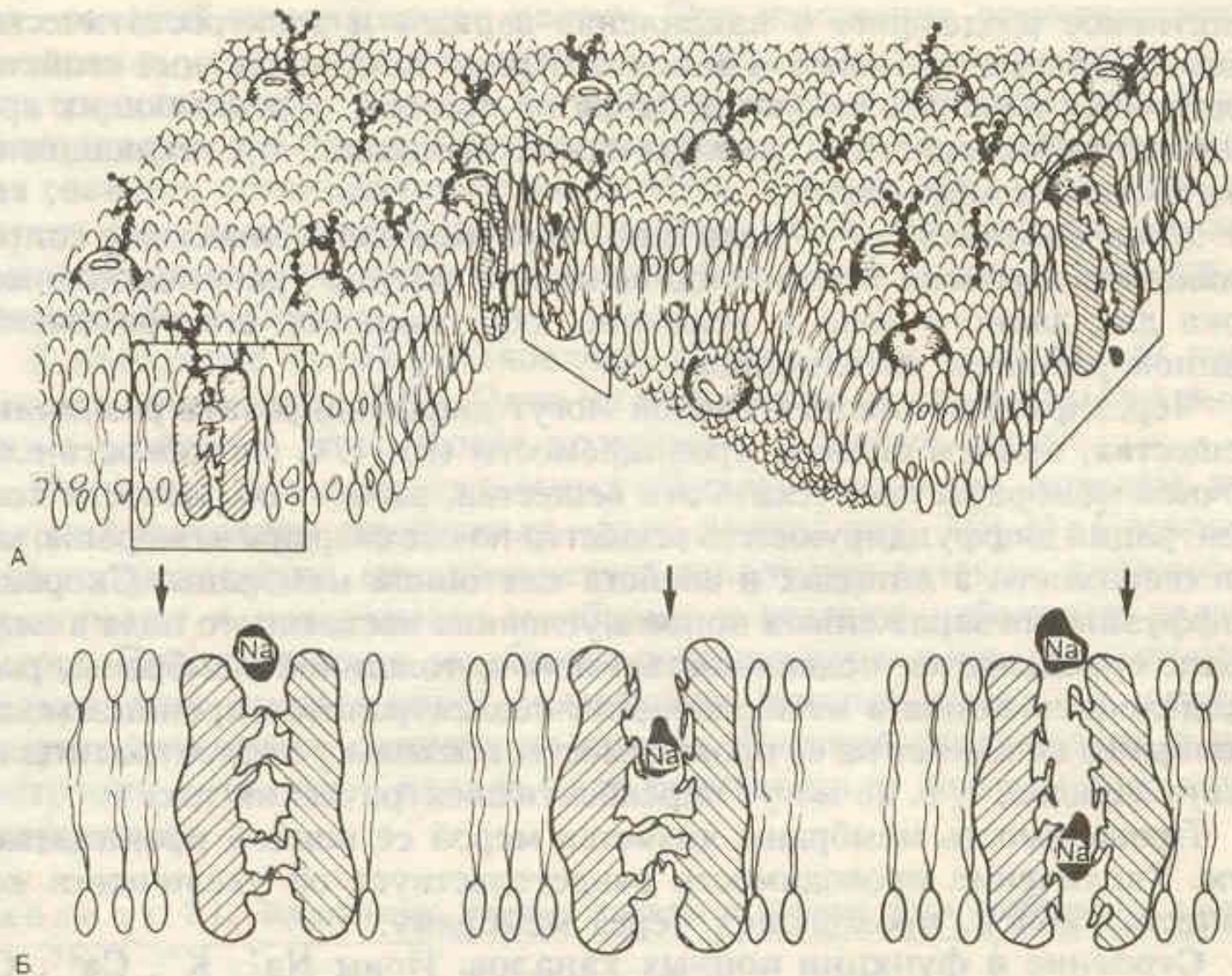


Рис. 2.1. Трехмерная жидкостно-мозаичная модель клеточной мембраны по Singer—Nicolson.

А — фосфолипидный бислой, в котором погружены белки; Б — различные моменты движения ионов Na^+ через натриевый канал.

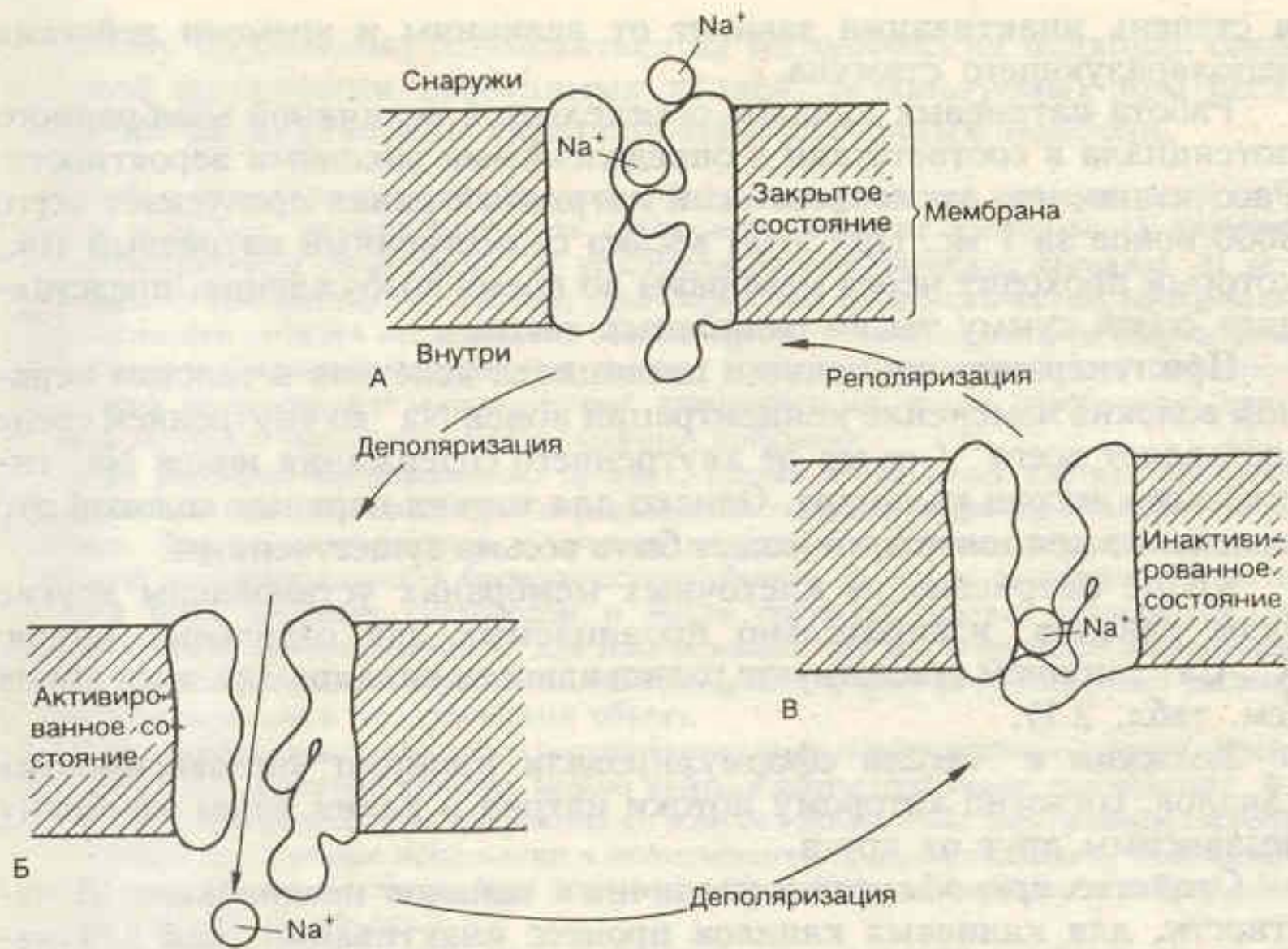


Рис. 2.4. Работа натриевых каналов и «воротных» механизмов.

А — в покое m-активационные ворота («m-ворота») закрыты; Б — при возбуждении «m-ворота» открыты; В — закрытие «p-ворот» (инактивация) при деполаризации.

Модель натриевого канала

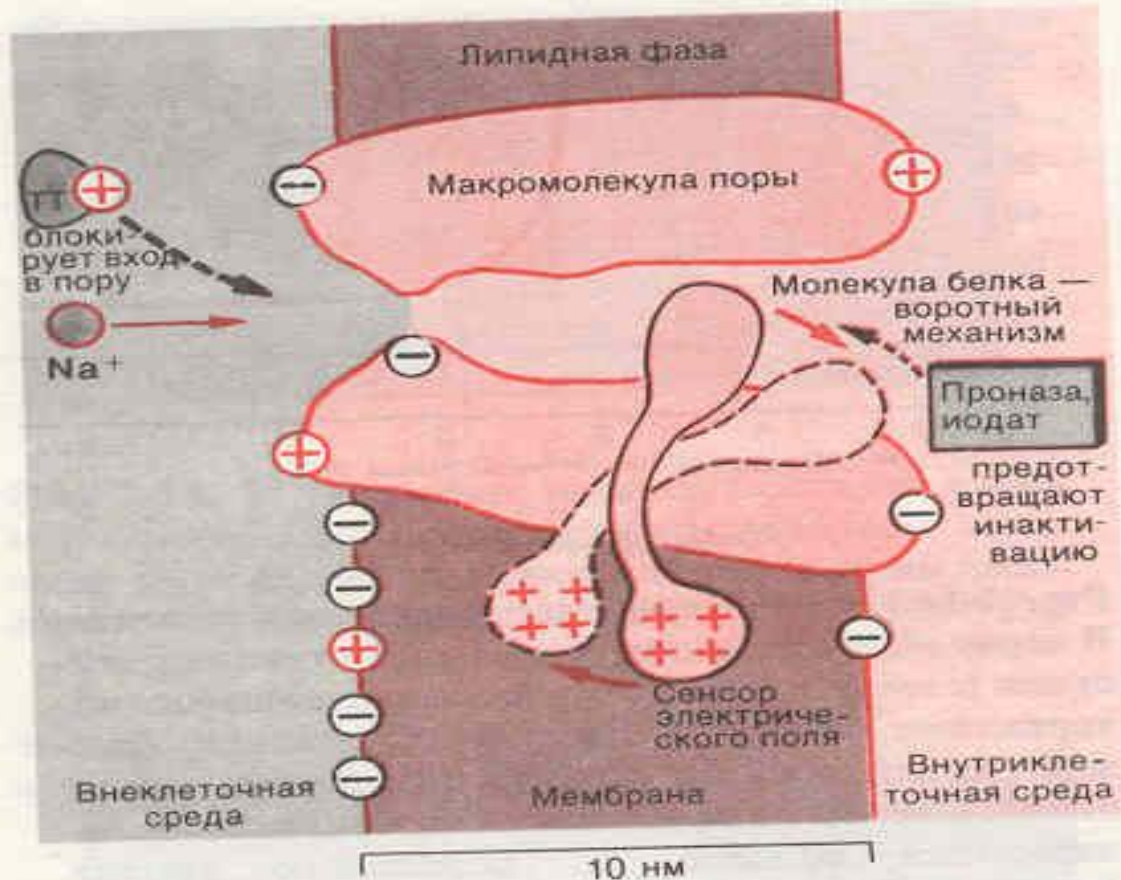
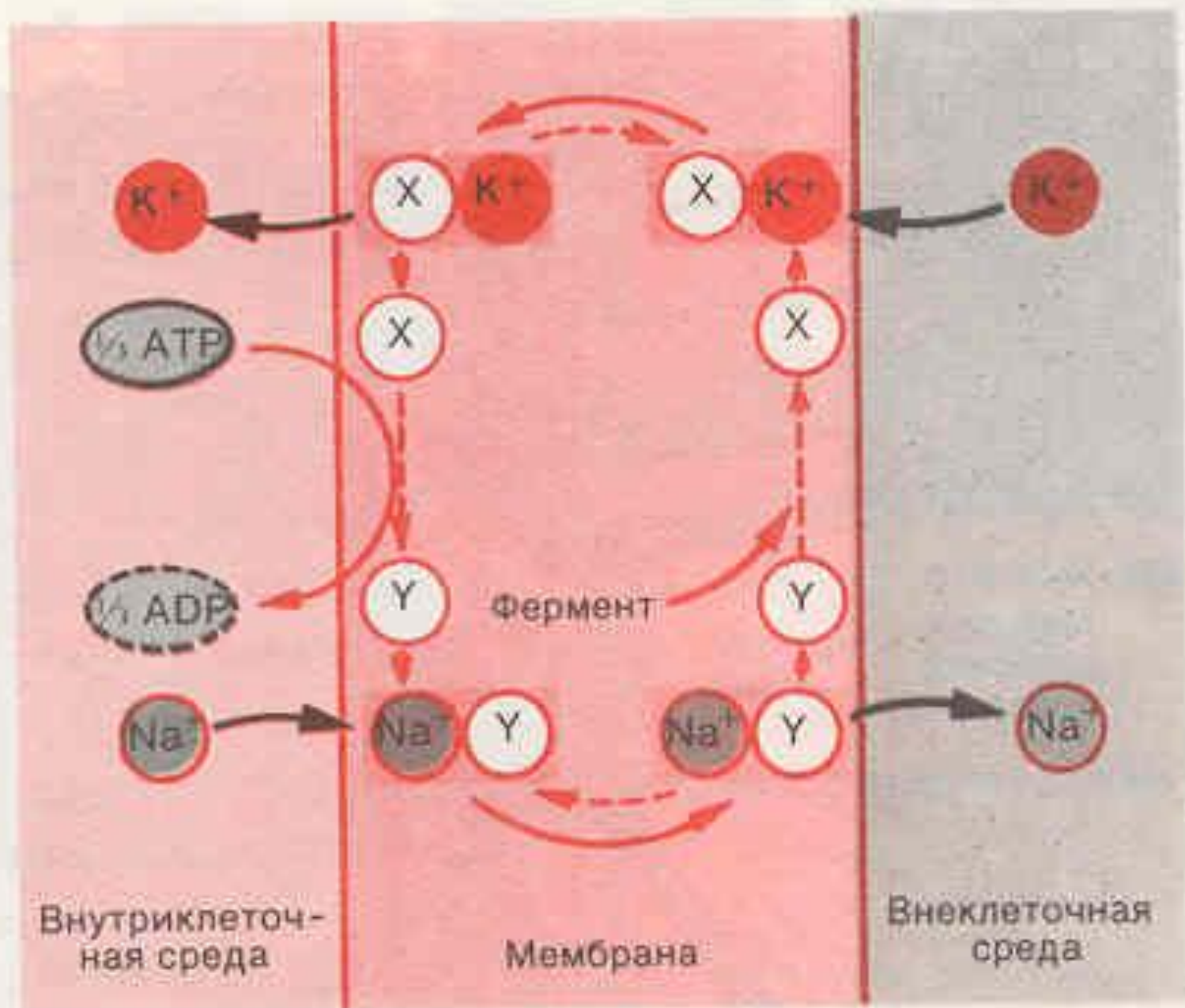


Рис. 1-17. Схематическая модель Na^+ -канала в мембране. Компоненты мембраны и ионы изображены в приближенном масштабе. Ионы Na^+ способны проходить через пору; прерывистыми стрелками показано место действия ингибиторов — тетродотоксина (ТТ), который блокирует вход в пору, проназы и иодата, которые предотвращают инактивацию [10, 18].



Методы изучения возбудимых клеток

- Микроэлектродный метод регистрации электрического потенциала мембраны.
- Методы раздражения возбудимой клетки.

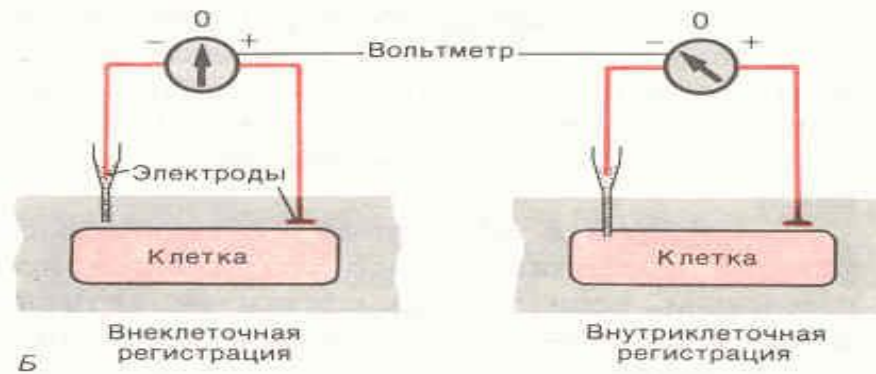
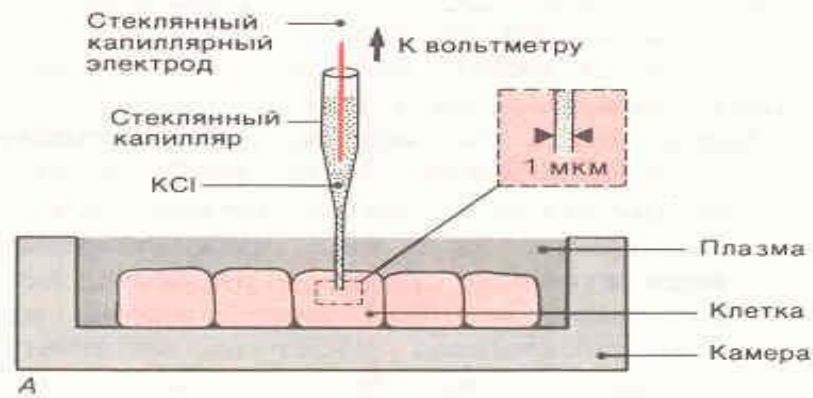


Рис. 1-2. Внутриклеточная регистрация мембранного потенциала. *А.* Клетка помещена в камеру, заполненную плазмой крови (или физиологическим раствором). *Б. Слева:* оба электрода, отводящий и референтный, находятся вне клетки – вольтметр регистрирует между ними нулевую разность потенциалов. *Справа:* отводящий электрод введен в клетку, а референтный находится вне клетки – вольтметр регистрирует величину потенциала покоя. *В.* Потенциал до и после введения электрода в клетку.

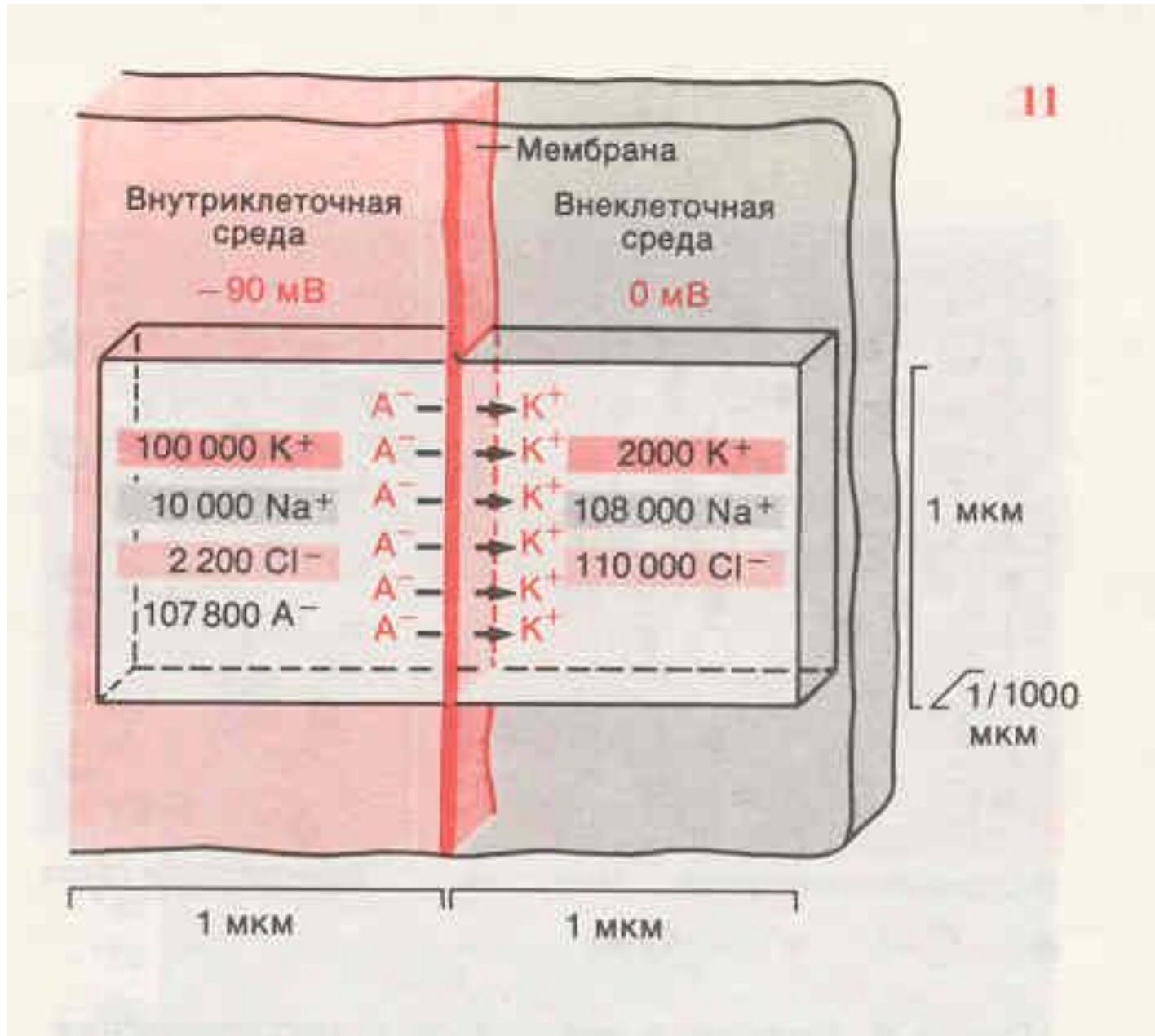
Потенциал покоя

Таблица 1-1. Внутри- и внеклеточные концентрации ионов для мышечной клетки теплокровного животного, ммоль/л

Внутриклеточная		Внеклеточная	
Na ⁺	12	Na ⁺	145
K ⁺	155	K ⁺	4
Cl ⁻	4	Другие катионы	5
HCO ₃ ⁻	8	Cl ⁻	120
A ⁻	155	HCO ₃	27
Мембранный потенциал	-90 мВ	Другие анионы	7

$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{K_o^+}{K_i^+}$$

Содержание ионов внутри и снаружи клетки



Потенциал действия

Voltage-clamp

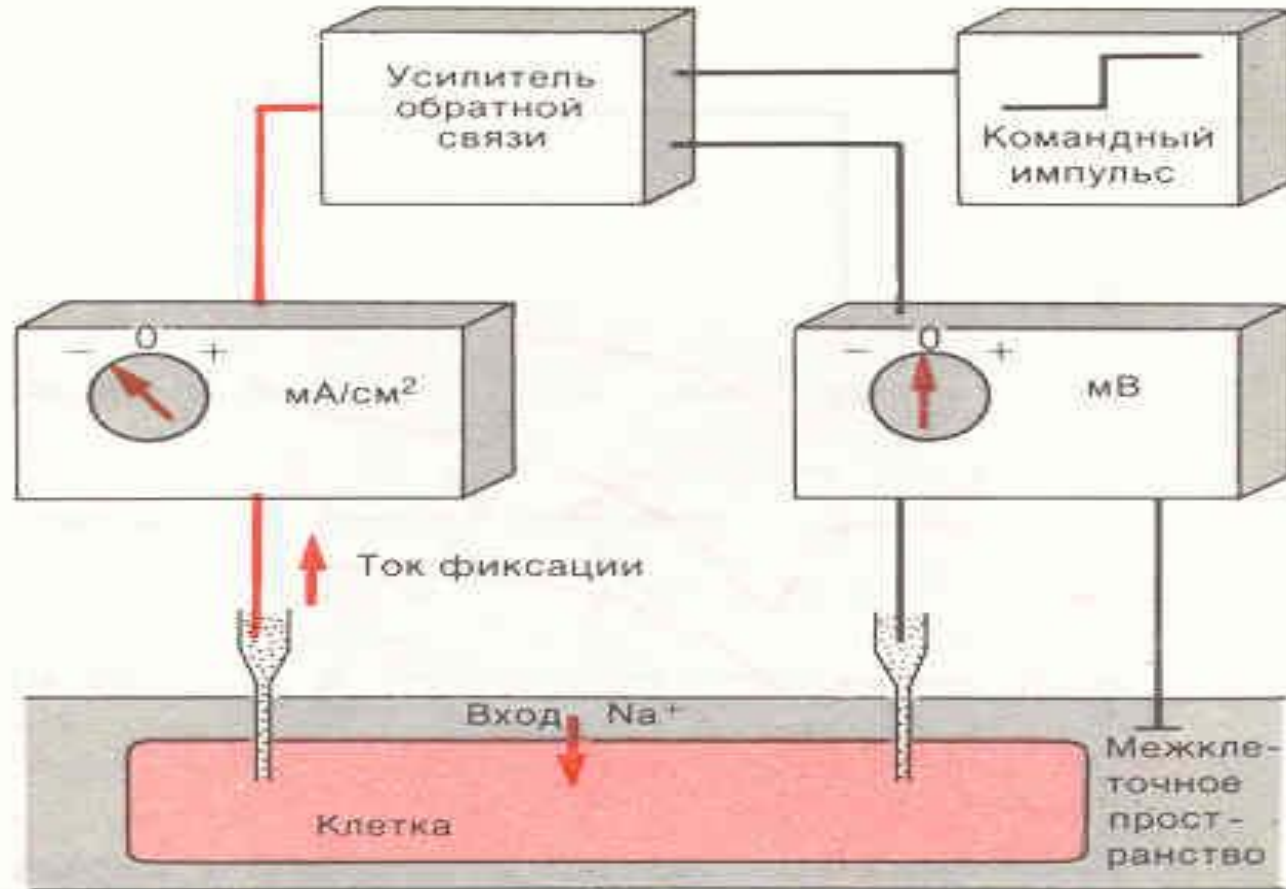


Рис. 1-11. Фиксация потенциала. Регистрируемый потенциал сопоставляется с командным потенциалом, и всякое различие между ними устраняется путем автоматического пропускания соответствующего по величине компенсаторного тока.



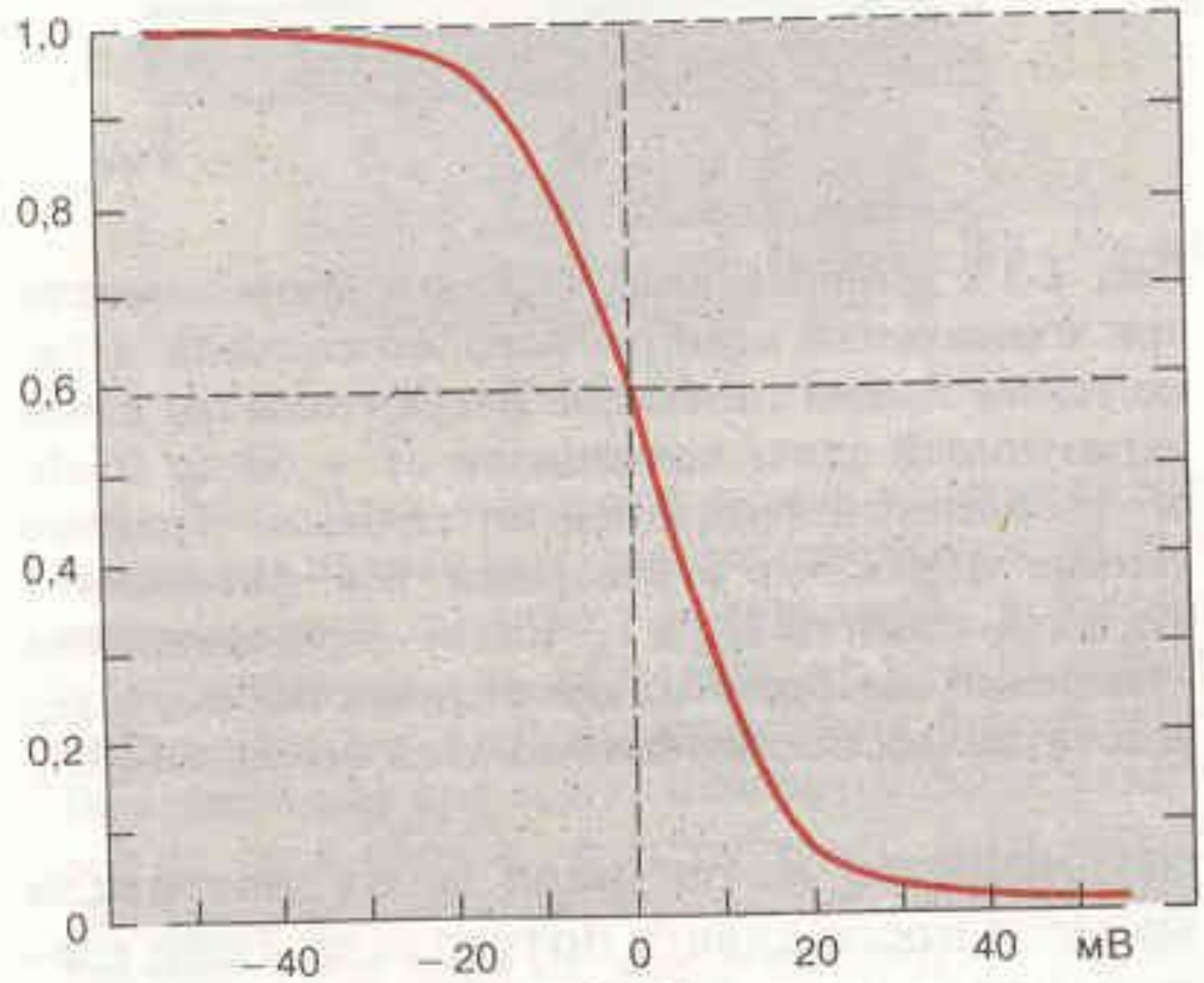
Рис. 1-10. Фазы потенциала действия; временной ход потенциала действия в нерве. Описание в тексте.



Рис. 1-14. Мембранные проводимости во время потенциала действия в гигантском аксоне кальмара. g_{Na} и g_K рассчитывали, подавая серии деполяризующих скачков (см. рис. 1-12, 1-13) [23].

$I_{Na \max}$

Потенциал покоя



$E - E_0$



Нобелевская премия 1963 года в области физиологии и медицины



Алан Ходжкин



Эндрю Хаксли



Сэр Джон Эклс

«За открытия ионных механизмов возбуждения и торможения нервных клеток»

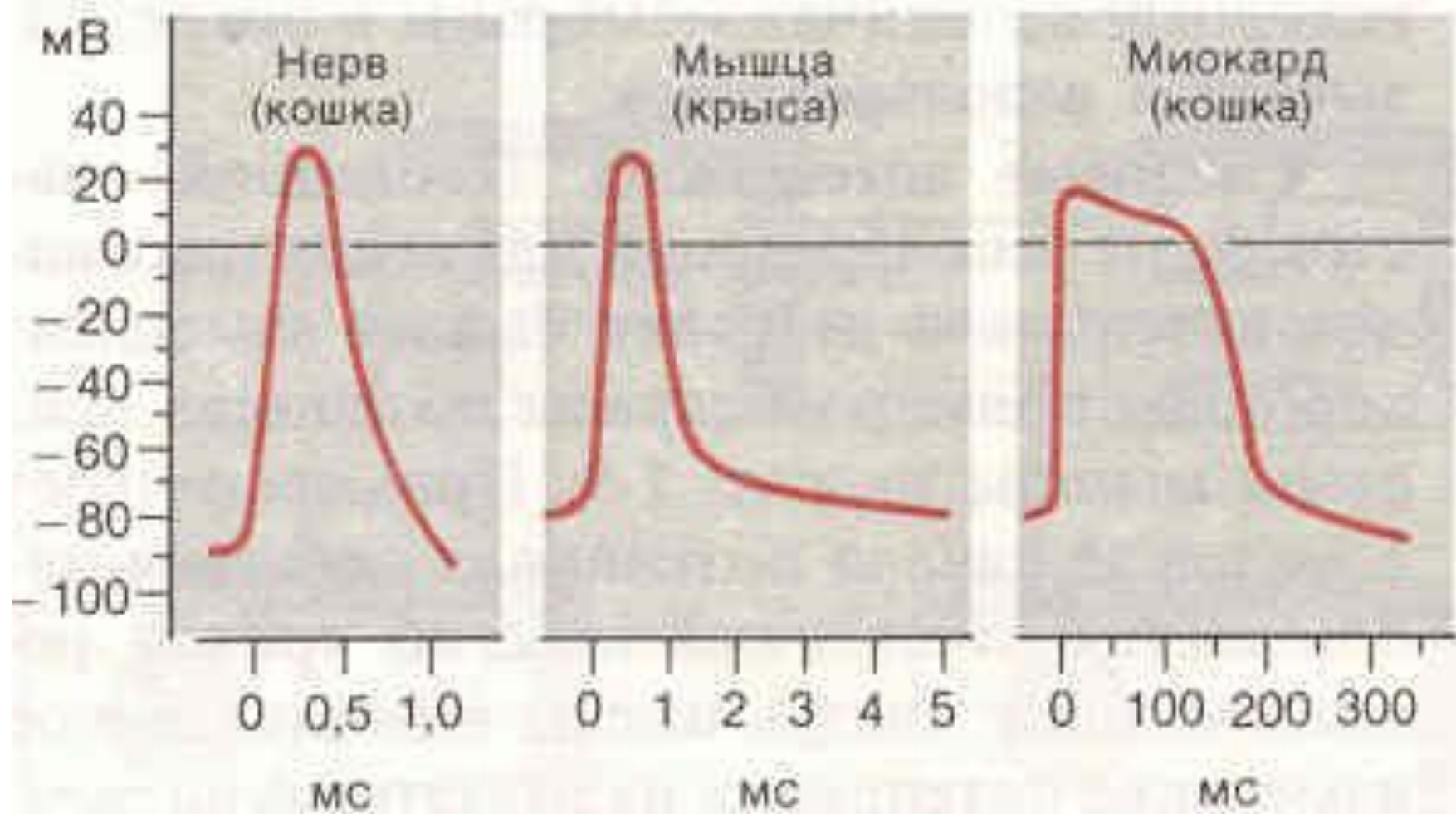


Рис. 1-9. Потенциалы действия в различных тка-

Действие различных форм электрического тока на заряд мембраны

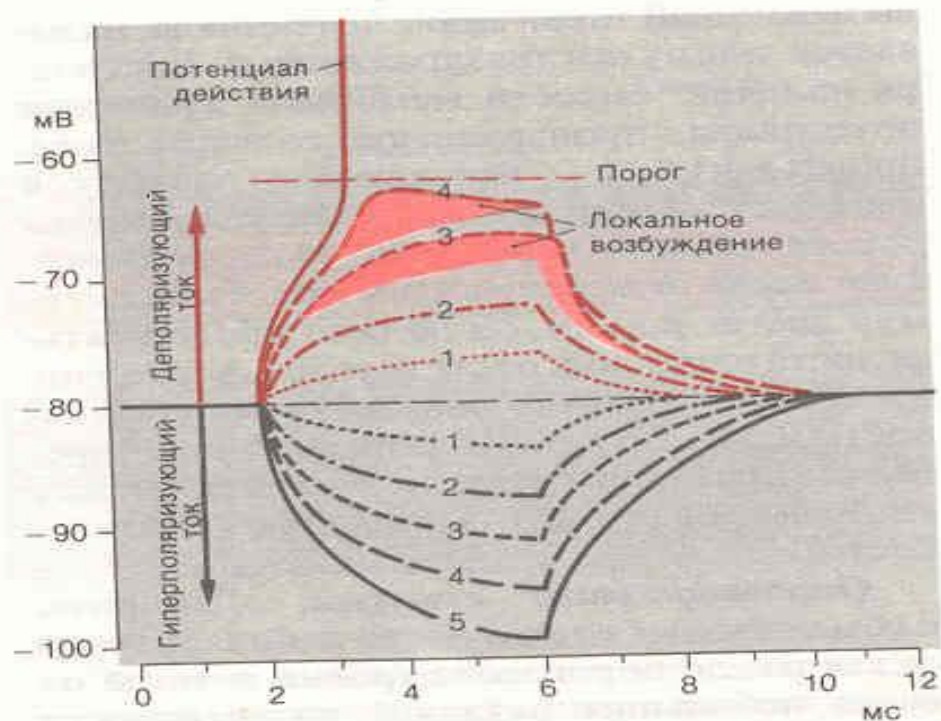


Рис. 1-22. Электротонические потенциалы и локальные ответы. Гиперполяризирующие толчки тока (длительностью 4 мс) с относительной амплитудой 1, 2, 3, 4 и 5 вызывают пропорциональные по амплитуде электротонические потенциалы. При деполаризирующих токах с амплитудой 1 и 2 возникающие потенциалы являются зеркальным отражением потенциалов при соответствующих гиперполяризирующих токах. При деполаризирующих толчках с амплитудой 3 и 4 электротонические потенциалы выше тех, которые возникают при деполаризации менее -70 мВ (область превышения затушевана розовым). Ток с амплитудой 5 производит деполаризацию, которая превышает порог и вызывает потенциал действия.

Полярный закон действия тока

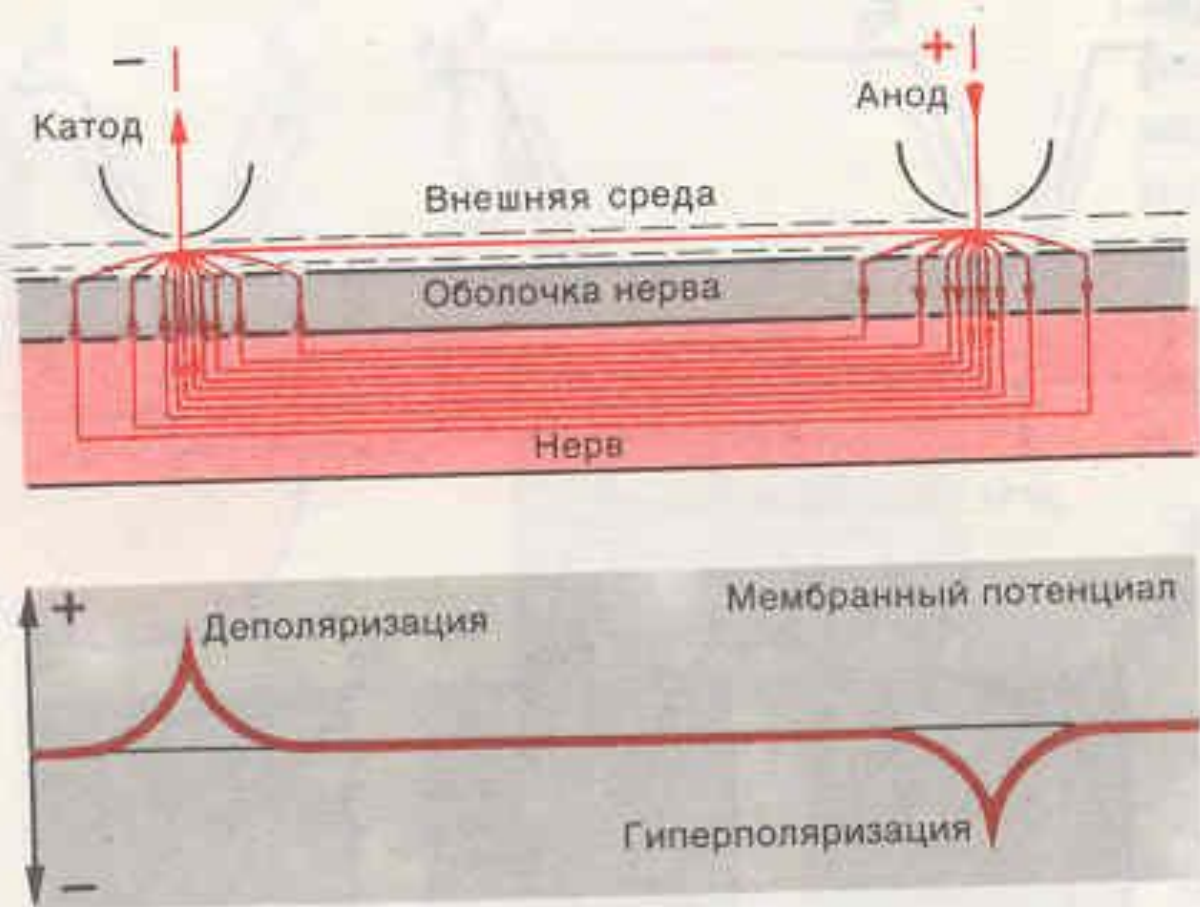
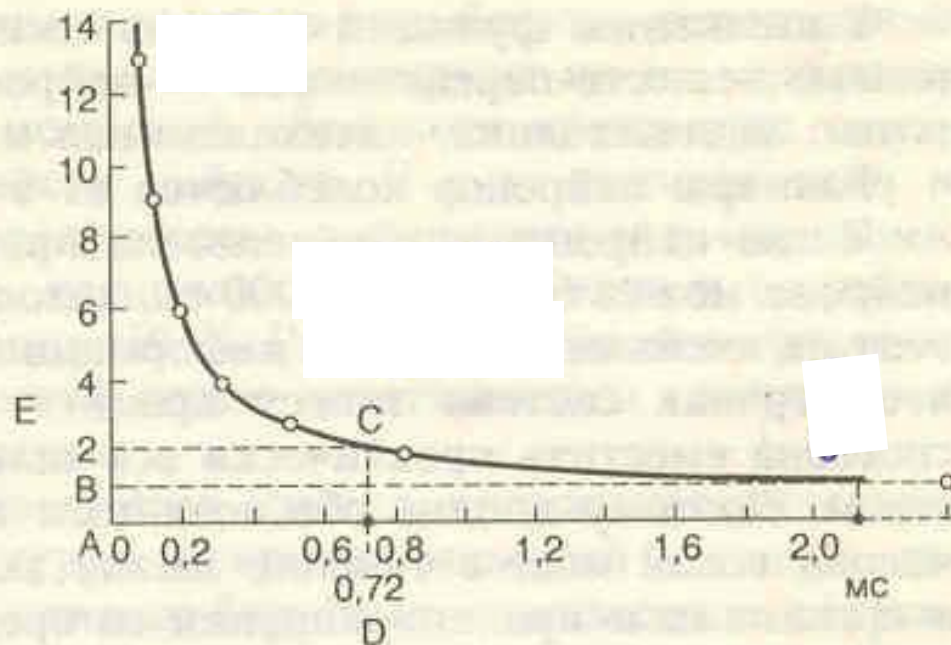


Рис. 1-21. Схема внеклеточного приложения тока. Ток идет от анода к катоду (оба электрода — вне нерва), частично через пленку жидкости на поверхности нерва, а частично через оболочку нерва и в продольном направлении внутри волокна. Кривая внизу показывает вызываемые током изменения мембранного потенциала нервного волокна [28].

Порог раздражения, полезное время раздражения, хронаксия

Рис. 2.15. Кривая "сила — длительность".

AB — реобазис; AC — порог времени; AE — двойная реобазис; AD — хронаксия. По оси абсцисс — продолжительность действия стимула, по оси ординат — величина реобазиса.



Парабиоз

Лабильность – количество элементарных реакций в единицу времени

Оптимум - возбуждение

Пессимум - торможение

Парабиоз – состояние ткани, лабильность которой не удовлетворяет требованиям раздражителя

Стадии парабиоза:

- уравнивательная
- парадоксальная
- тормозная