

# **Биоэлектрические явления в клетках возбудимых тканей**

**Возбудимость – способность специализированной ткани отвечать на раздражение присущей ей деятельностью.**

**Возбудимые ткани: нервная, мышечная, секреторная.**

**Деятельность  
ткани**

Мышечная ткань  
способна к  
сокращению

Секреторная ткань  
вырабатывает  
секреты

Нервная ткань  
проводит нервный  
импульс

Возбудимые ткани могут находиться в состоянии физиологического покоя (неполный покой).

# Мембранный потенциал покоя

Возбудимость и проводимость обусловлены особым строением мембраны нейронов.

Наличие специальных каналов (белков), образующих сквозные отверстия (поры)

В основе работы канала: избирательная проницаемость.

Пропускная способность зависит от внутреннего диаметра канала и заряда на внутренних стенках.

Каналы могут быть либо в открытом либо в закрытом состоянии. Закрывается канал «воротами» - специальными участками белка.

**Пассивный транспорт:**  
движение ионов и небольших молекул из области большей концентрации в область меньшей концентрации.

Положительно заряженные каналы пропускают только анионы и наоборот.



Аlessandro Вольтa  
(1745-1827)

Изучение  
возбудимости  
мышечных и  
нервных клеток  
началось в 18 века А.  
Вольтa и Л.Гальвани,  
показавшими в своих  
исследованиях, что  
работа нервов и  
мышц связана с  
электрическими  
явлениями.

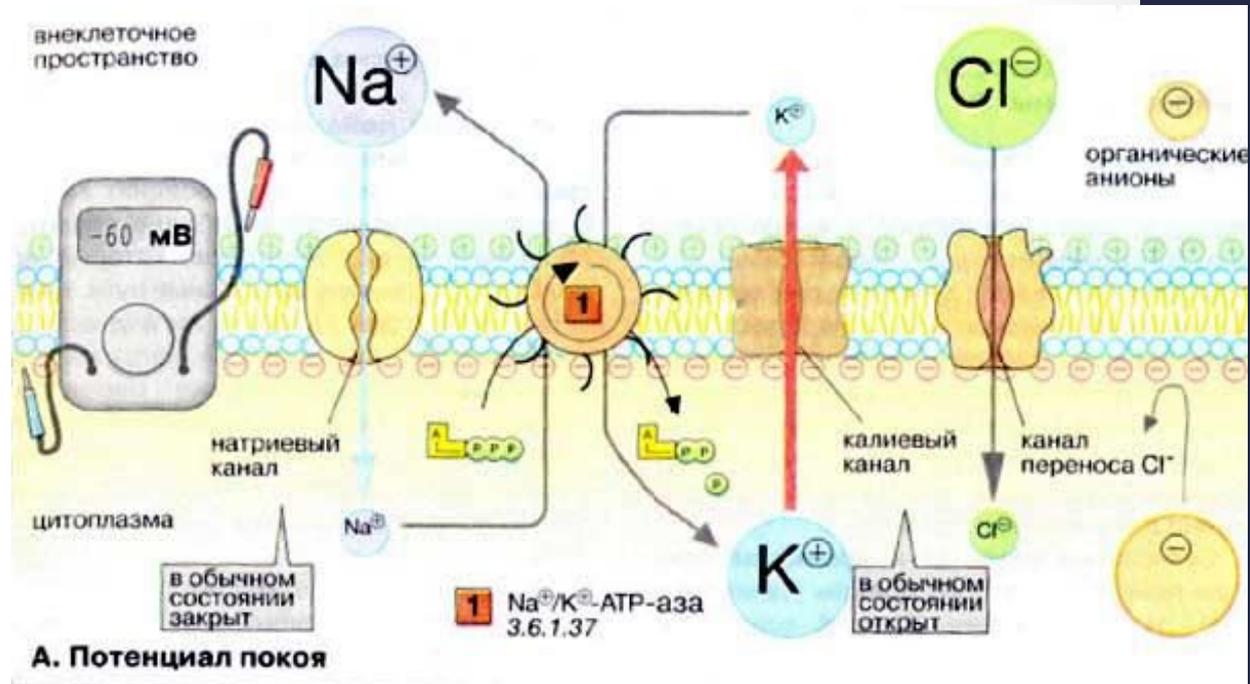


Результаты опытов свидетельствовали о том, что внутреннее содержимое клетки заряжено отрицательно по отношению к наружной среде.



Разность электрических потенциалов между  
цитоплазмой клетки и внеклеточной жидкостью –  
**мембранный потенциал**

Если клетка находится в состоянии покоя (не возбуждена), внешняя сторона мембраны несет положительный заряд, внутренняя - отрицательный заряд. Разность потенциалов (мембранный потенциал) невозбужденной клетки – **потенциал покоя**



В состоянии покоя калиевые каналы открыты, натриевые – закрыты. Под действием разности концентраций ионы калия стремятся выйти из клетки, где их содержание меньше. Они положительно заряжены. Поэтому внешняя сторона мембрана становится все более электроположительной по сравнению с внутренней.

Растущий положительный заряд мешает дальнейшему выходу K из клетки. Наступит момент, когда +заряд снаружи и –заряд внутри настолько велики, что ионы K смогут выходить из клетки только в обмен на ионы K. установится равновесие. Это – потенциал покоя (60-80 мВ)

Клетка поддерживает неравномерное распределение ионов:  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -АТФаза постоянно «откачивает»  $\text{Na}^+$  из клетки и «закачивает» в нее  $\text{K}^+$

В результате внутриклеточная концентрация  $\text{K}^+$  примерно в 35 раз выше по сравнению с внеклеточной, а внутриклеточная концентрация  $\text{Na}^+$  примерно в 20 раз ниже, чем внеклеточная.

Как и любой активный транспорт, этот процесс требует энергии, которую поставляет АТФ. Недостаток энергии или ингибирование  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -АТФазы приводят к выравниванию ионного градиента и нарушению мембранного потенциала.

#### А. Причины и следствия мембранного потенциала покоя

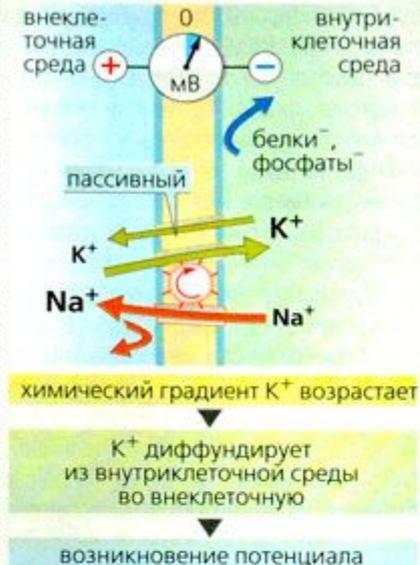
1. Пассивное распределение ионов



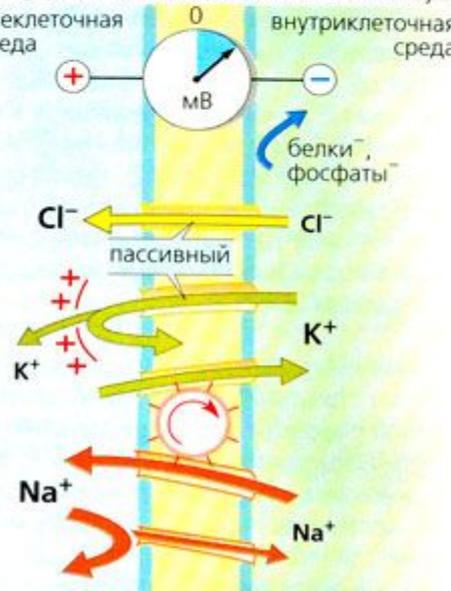
2. Активный  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос



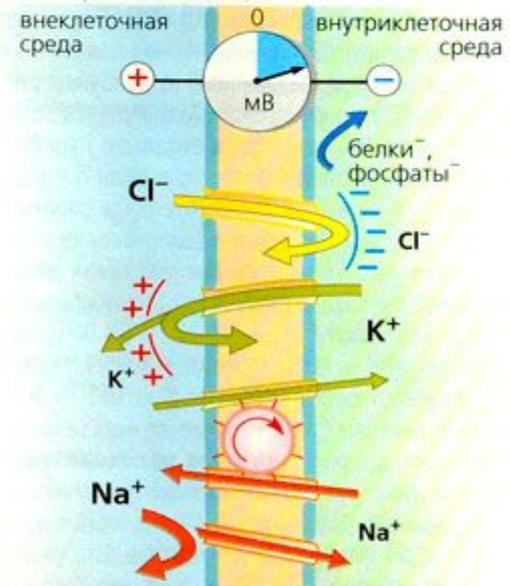
3. Диффузионный потенциал: диффузия  $\text{K}^+$



4. Потенциал проводит ионы  $\text{Cl}^-$  из внутриклеточной среды во внеклеточную



5. Конечное состояние: мембранный потенциал покоя

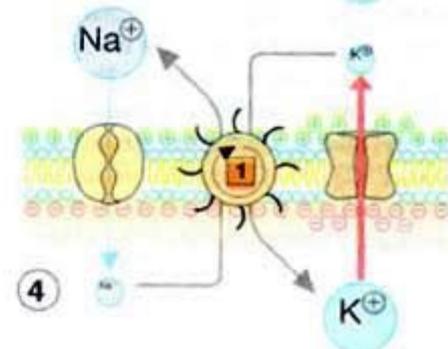
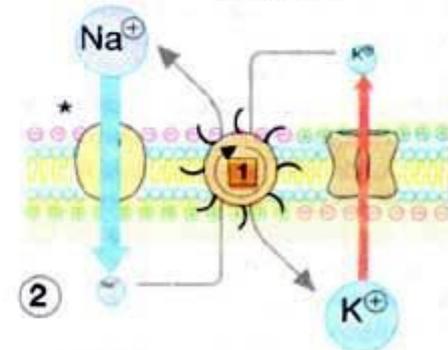
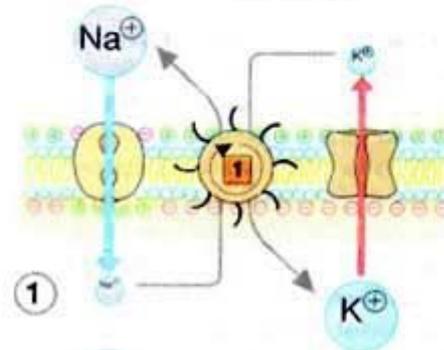
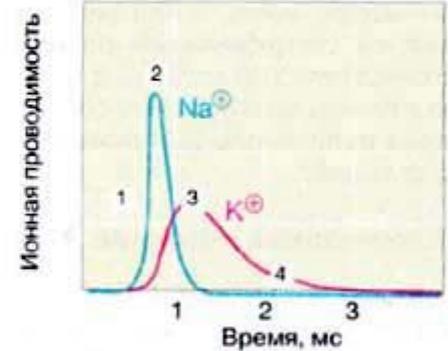
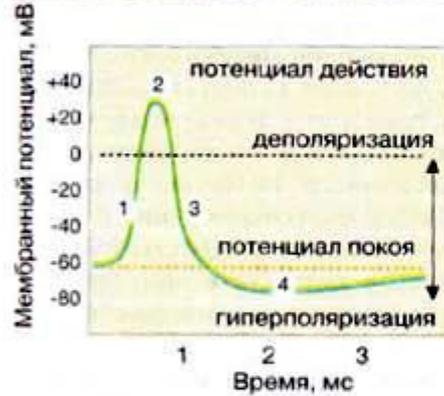


# Биоэлектрические явления, возникающие

При действии на мембрану при возбуждении клетки

клетки стимула достаточной силы натриевые каналы открываются (активируются). Ионы натрия направляются в клетку (их намного больше снаружи клетки, а внутренняя сторона мембраны заряжена отрицательно. Попадая внутрь, они постепенно компенсируют заряд внутренней стороны мембраны, и мембранный потенциал уменьшается.

Снижение разности потенциалов между цитоплазмой и внеклеточной жидкостью - **деполяризация**.



\* перезарядка мембраны

Б. Потенциал действия

# Биоэлектрические явления, возникающие при возбуждении клетки

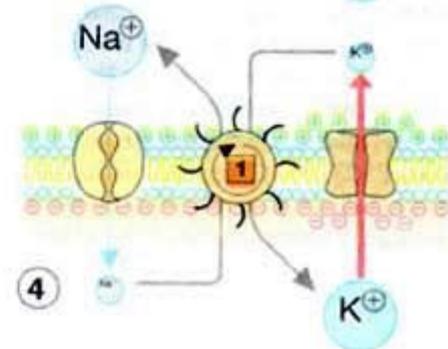
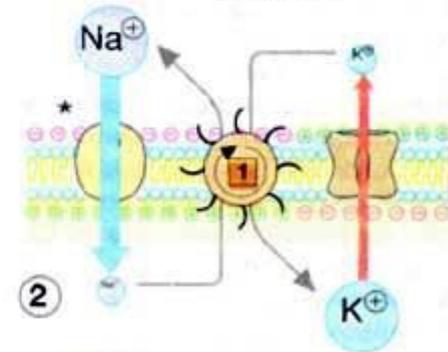
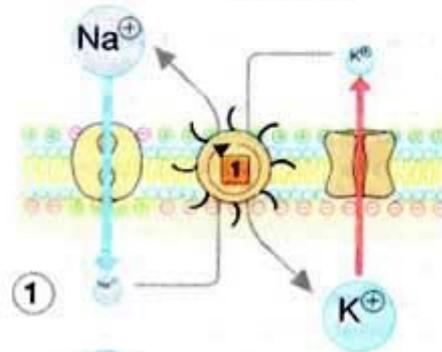
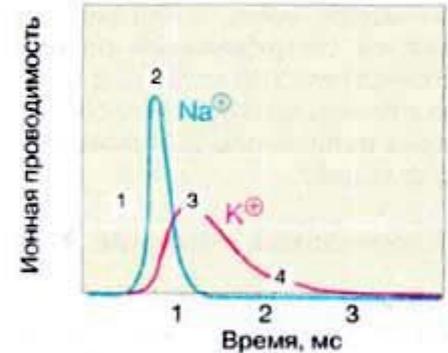
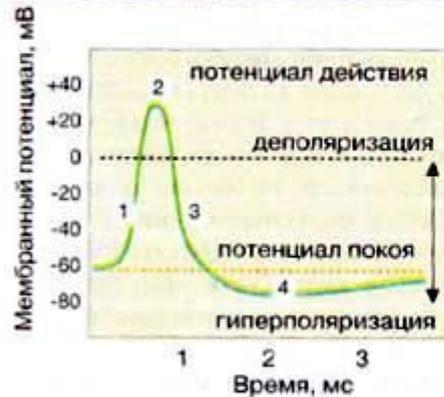
Снижение разности потенциалов между цитоплазмой и внеклеточной жидкостью - **деполяризация**.



Ионы натрия будут проникать в клетку до тех пор, пока не произойдет «перезарядка» мембраны: ее внутренняя сторона приобретет +заряд, а внешняя - -заряд.



Это первая фаза развития нервного импульса (потенциала действия)



\* перезарядка мембраны

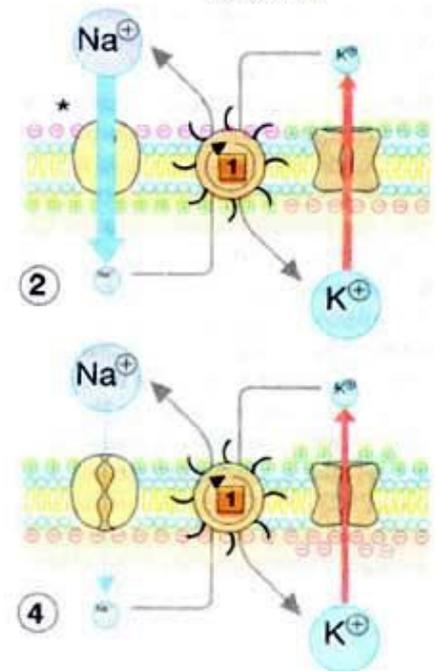
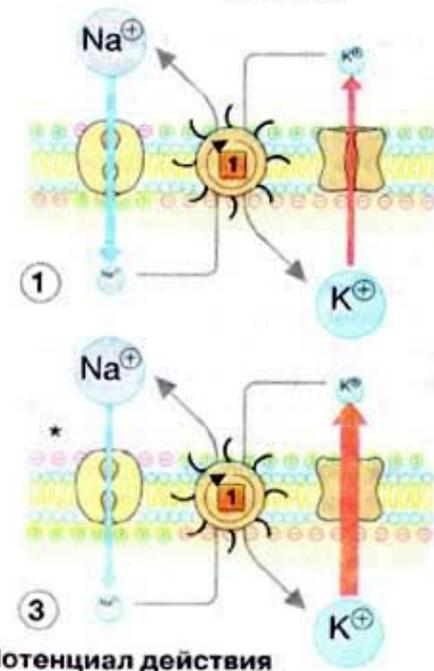
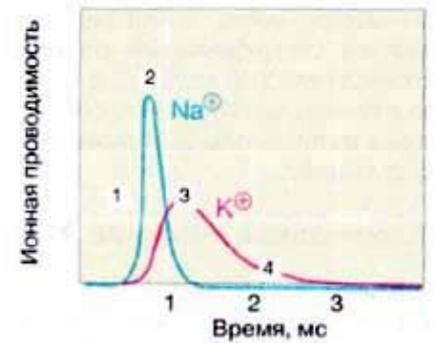
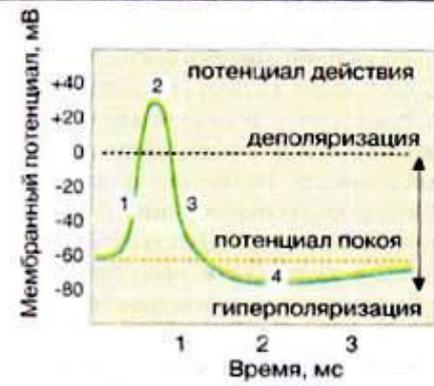
Б. Потенциал действия

# Биоэлектрические явления, возникающие при возбуждении клетки

## Описание схемы «Возникновение потенциала действия»

Потенциал покоя -60 мВ скачком изменяется на +30 мВ и спустя 1 мс принимает исходное значение.

1. Процесс начинается с открывания Na<sup>+</sup>-канала.
2. Ионы Na<sup>+</sup> устремляются в клетку (по градиенту концентрации), что вызывает локальное обращение знака мембранного потенциала.
3. При этом Na<sup>+</sup>-каналы тотчас закрываются (инактивация каналов), т. е. поток ионов Na<sup>+</sup> в клетку длится очень короткое время. В связи с изменением мембранного потенциала открываются (на несколько мс) потенциал-управляемые K<sup>+</sup>-каналы (2) и ионы K<sup>+</sup> устремляются в обратном направлении, из клетки. В результате мембранный потенциал принимает первоначальное значение (3), и даже превышает на короткое время потенциал покоя (4). После этого нервная клетка вновь



Б. Потенциал действия

\* перезарядка мембраны

Состояние невозбудимости мембраны - рефрактерность

# Биоэлектрические явления, возникающие при возбуждении клетки

Нервный импульс развивается по закону «**все или ничего**»



Если сила раздражения недостаточно велика, то нервный импульс (потенциал действия) развиваться не будет, и после деполяризации мембранный потенциал вернется к уровню потенциала покоя («ничего»). Если сила раздражения велика и мембранный потенциал в результате деполяризации снизится до определенной пороговой величины, то будет развиваться потенциал действия («все») и последует «перезарядка» мембраны

Способность возбудимой ткани воспроизводить определенное количество потенциалов действия в единицу времени - **лабильность**



Нервные клетки способны возбуждаться 200-300 раз в секунду; сердечные мышечные клетки – 2-3 раза в секунду

# Реполяризация мембраны и ее значение

Реполяризация – процесс восстановления исходного мембранного потенциала покоя.

При деполяризации проницаемость мембраны для ионов К увеличилась

Если мембрана «перезарядилась», то ионы К еще больше будут выходить из клетки

Диффузия длится до тех пор, пока не восстановится исходный потенциал покоя - реполяризация

Т.к. натриевые каналы закрыты, возрастает только поток ионов К наружу.

Тогда клетка сможет снова реагировать на раздражение.