

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

■ ФИЗИОЛОГИЯ

(ОТ ГРЕЧ. СЛОВ PHYSIS – ПРИРОДА, LOGOS - УЧЕНИЕ)

НАУКА О ФУНКЦИЯХ И ПРОЦЕССАХ ,
ПРОТЕКАЮЩИХ В ОРГАНИЗМЕ ИЛИ
СОСТАВЛЯЮЩИХ ЕГО СИСТЕМАХ,
ОРГАНАХ, ТКАНЯХ, КЛЕТКАХ,
И МЕХАНИЗМАХ ИХ РЕГУЛЯЦИИ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ОПТИМАЛЬНОЕ
СУЩЕСТВОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ
В МЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.

Нормальная физиология изучает:

- 1) функции целостного организма и отдельных физиологических систем (например, сердечно-сосудистой, дыхательной);
- 2) функции отдельных клеток и клеточных структур, входящих в состав органов и тканей (например, роль миоцитов и миофибрилл в механизме мышечного сокращения);
- 3) взаимодействие между отдельными органами отдельных физиологических систем (например, образование эритроцитов в красном костном мозге);
- 4) регуляцию деятельности внутренних органов и физиологических систем организма (например, нервные и гуморальные).

Функциональная система

- – временная совокупность органов, которые принадлежат разным анатомическим и физиологическим структурам, но обеспечивают выполнение особых форм физиологической деятельности и определенных функций.

Она обладает *рядом свойств*, таких как:

- 1) саморегуляция;
- 2) динамичность (распадается только после достижения желаемого результата);
- 3) наличие обратной связи.

Благодаря присутствию в организме таких систем он может работать как единое целое.

Особое место в нормальной физиологии уделяется *гомеостазу*.

- **ГОМЕОСТАЗ** – совокупность *биологических реакций*, обеспечивающих *постоянство внутренней среды* организма.
- Он представляет собой жидкую среду, которую составляют кровь, лимфа, цереброспинальная жидкость, тканевая жидкость.
- Их средние показатели поддерживают физиологическую норму (например, рН крови, величину артериального давления, количество гемоглобина и т. д.).

Нормальная физиология –

**это наука, определяющая
жизненно важные параметры
организма, которые широко
используются в медицинской
практике.**

■ **ФУНКЦИЯ** -

СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ ИЛИ ОРГАНА.

■ **НОРМА** -

ЭТО ПРЕДЕЛЫ НОРМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИВОЙ СИСТЕМЫ, БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

■ **РЕГУЛЯЦИЯ** -

СОВОКУПНОСТЬ ПРОЦЕССОВ, ВЕДУЩИХ К ОПТИМИЗАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В МЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА.

■ **РЕАКЦИЯ** -

*ИЗМЕНЕНИЕ (УСИЛЕНИЕ ИЛИ
ОСЛАБЛЕНИЕ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОРГАНИЗМА ИЛИ ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ
В ОТВЕТ НА РАЗДРАЖЕНИЕ
(ВНУТРЕННЕЕ ИЛИ ВНЕШНЕЕ).*

■ **АДАПТАЦИЯ** -

*ПРОЦЕСС ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОРГАНИЗМА
К МЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ
СРЕДЫ, ЧТО ОЗНАЧАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ
ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА
К ОБЩЕПРИНЯТЫМ,
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ И СОЦИАЛЬНЫМ
УСЛОВИЯМ.*

ОБЛАСТИ ФИЗИОЛОГИИ

- Общая физиология
- Частная физиология
- Сравнительная физиология
- Эволюционная физиология
- Специальная (прикладная) физиология

ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

К НЕЙ ОТНОСЯТ **ВСЕ ЖИДКОСТИ
ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА**

- ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ ИЛИ ТКАНЕВАЯ ЖИДКОСТЬ
- КРОВЬ
- ЛИМФА
- ТРАНСЦЕЛЛЮЛЯРНЫЕ ЖИДКОСТИ (СПИННОМОЗГОВАЯ, ВНУТРИГЛАЗНАЯ, ВНУТРИСУСТАВНАЯ, ЖИДКОСТИ СЕРОЗНЫХ ПРОСТРАНСТВ)

ЖИДКОСТИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА **ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ**

- **ПОСТОЯНСТВОМ**
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ – ОСМОЛЯРНОСТИ,
рН, КОНЦЕНТРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ
ИОНОВ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ, ТЕМПЕРАТУРЫ.
- **ПОСТОЯННЫ ОБЪЕМЫ,**
ЗАНИМАЕМЫЕ РАЗЛИЧНЫМИ
ЖИДКОСТЯМИ ВНЕКЛЕТОЧНОГО
ПРОСТРАНСТВА.

- ПОКАЗАТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА, ДИАПАЗОН ГРАНИЦ ОТКЛОНЕНИЯ КОТОРЫХ ОТ СРЕДНЕЙ ВЕЛИЧИНЫ МАЛ (КОНЦЕНТРАЦИЯ Na, K, P_H) ОТНОСЯТ К **ЖЕСТКИМ КОНСТАНТАМ.**

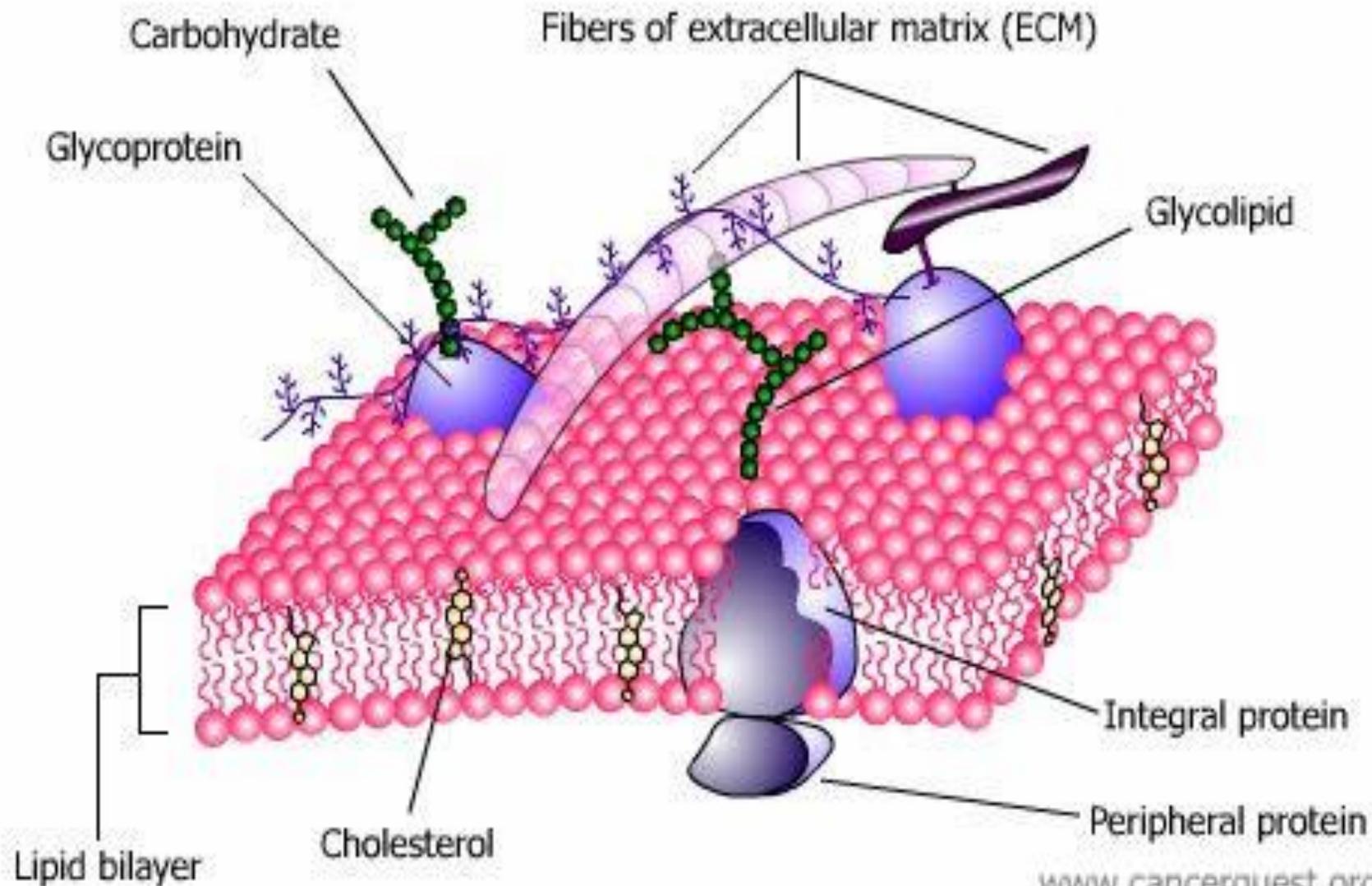
- **ПОКАЗАТЕЛИ, ГРАНИЦЫ ОТКЛОНЕНИЙ КОТОРЫХ ОТ СРЕДНИХ ВЕЛИЧИН ИМЕЮТ БОЛЕЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН** (КОНЦЕНТРАЦИЯ ГЛЮКОЗЫ, БЕЛКИ ПЛАЗМЫ КРОВИ) – **ПЛАСТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ.**

ВЫХОД ЗА НОРМАЛЬНЫЕ ГРАНИЦЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖЕСТКИХ КОНСТАНТ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ ЯВЛЯЕТСЯ ИЛИ ПРИЧИНОЙ, ИЛИ СЛЕДСТВИЕМ ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНИЗМА

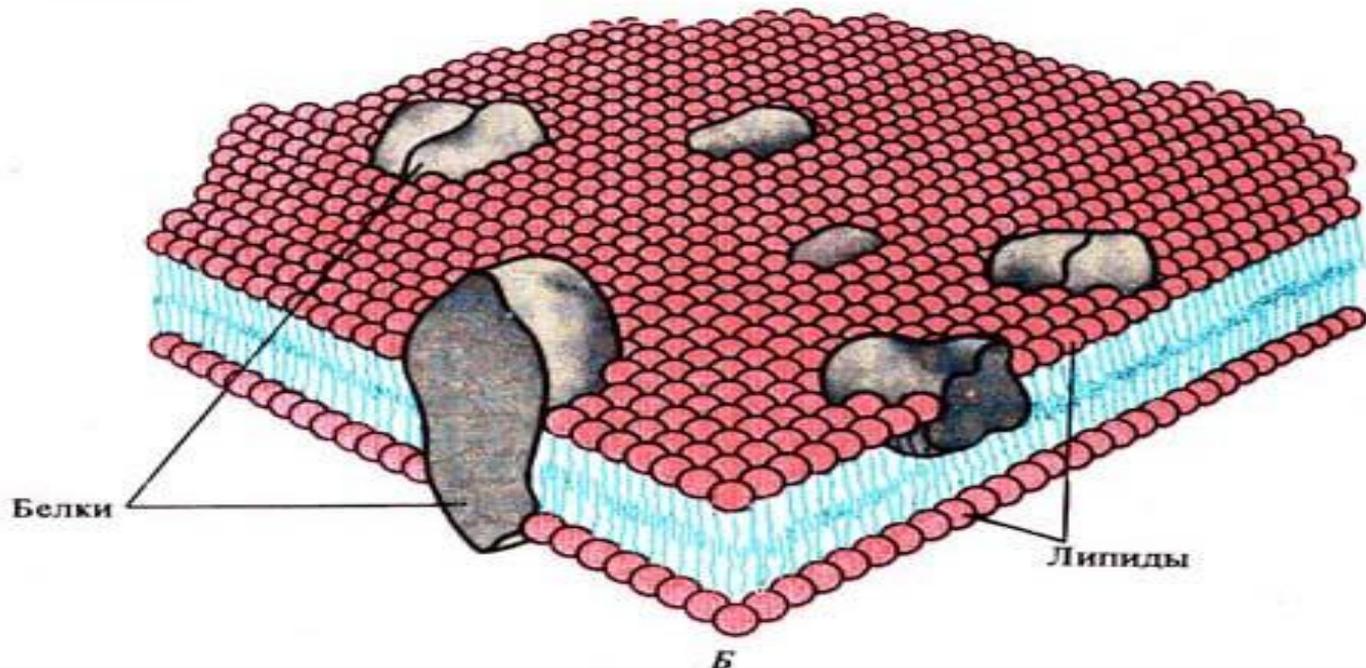
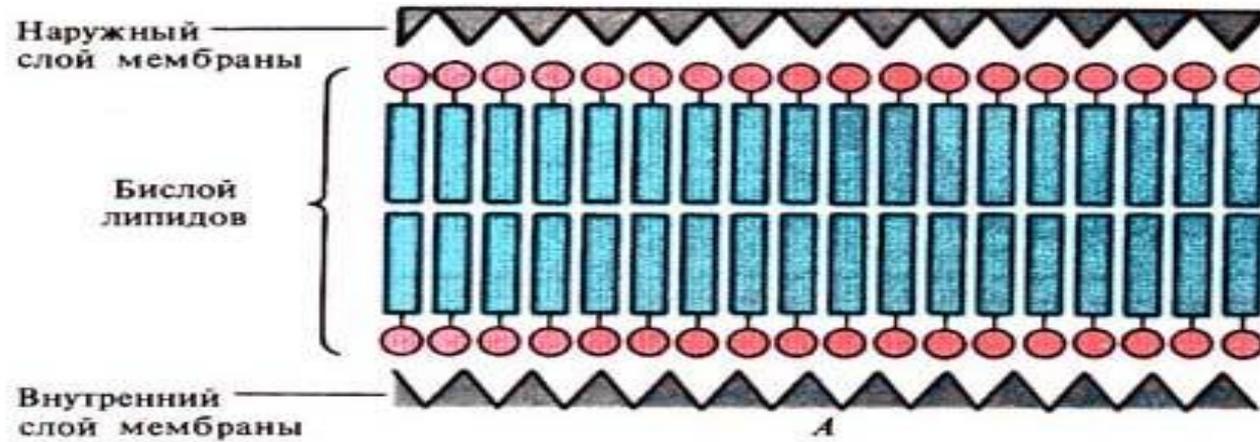
- **ВОЗБУДИМЫЕ ТКАНИ** –
ТКАНИ, СПОСОБНЫЕ В ОТВЕТ
НА ДЕЙСТВИЕ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ
ПЕРЕХОДИТЬ ИЗ СОСТОЯНИЯ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПОКОЯ
В СОСТОЯНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ.
- **ВОЗБУЖДЕНИЕ** –
АКТИВНЫЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ
ПРОЦЕСС, КОТОРЫМ НЕКОТОРЫЕ
КЛЕТКИ (МЫШЕЧНЫЕ, НЕРВНЫЕ,
ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КЛЕТКИ)
ОТВЕЧАЮТ НА ВНЕШНЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ.

- **ВОЗБУДИМОСТЬ** – СПОСОБНОСТЬ ЖИВЫХ КЛЕТОК ОТВЕЧАТЬ НА ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ РЕАКЦИЕЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ.
- **РАЗДРАЖИМОСТЬ** – ОБЩЕЕ СВОЙСТВО ЛЮБОЙ ЖИВОЙ КЛЕТКИ И ТКАНИ ОТВЕЧАТЬ НА ИЗМЕНЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЕМ УРОВНЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ, ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.

Строение клеточной мембраны



Мембрана



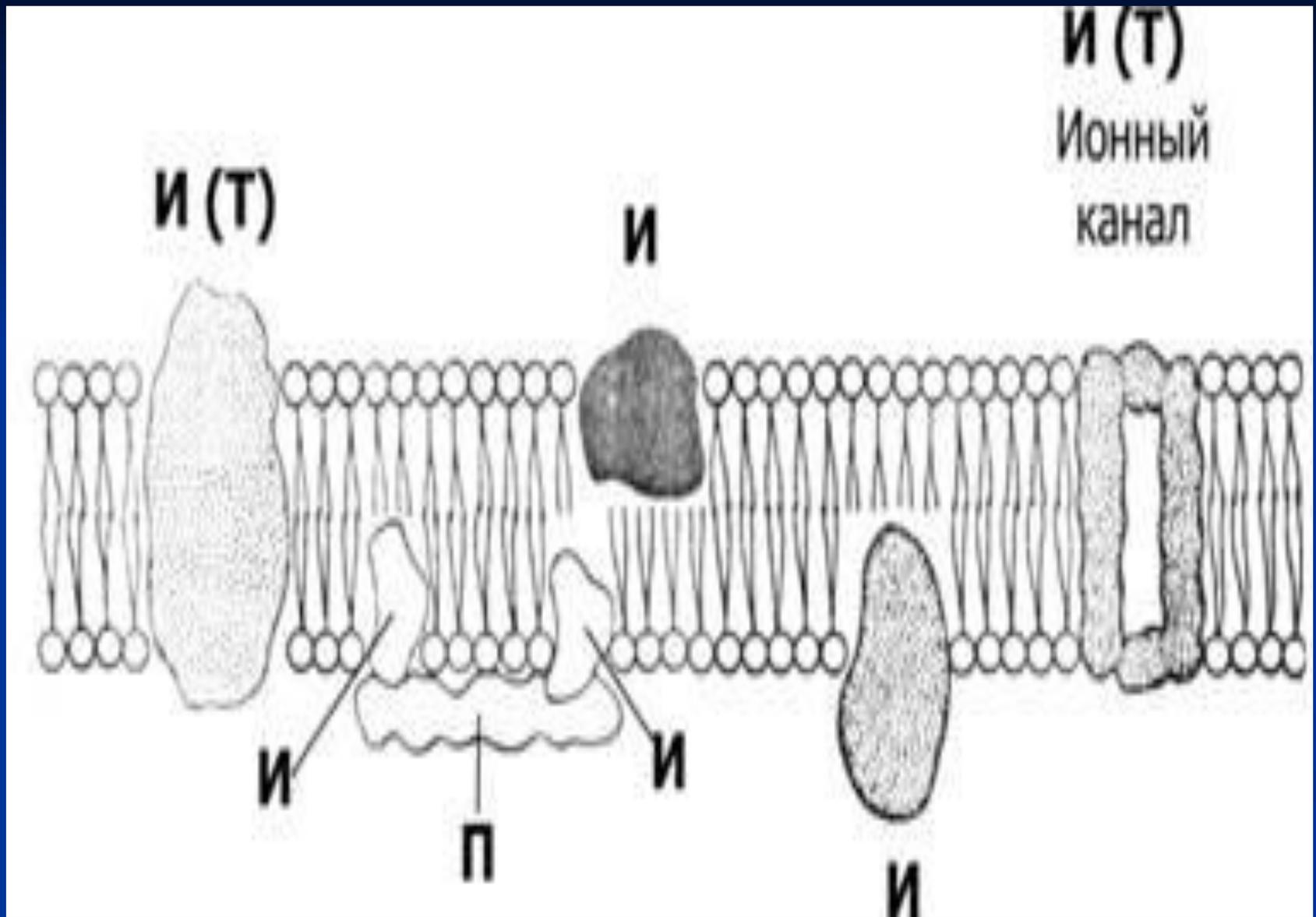
Мембраны клетки

- Все возбудимые клетки покрыты снаружи **мембраной** (ее называют **цитоплазматической** или **просто плазматической мембраны**, или **плазмолеммой**, или **цитолеммой**) .
- Внутри клетки также имеются **мембранные структуры**, например, мембраны митохондрий, мембраны ядра клетки, мембраны эндоплазматического ретикулума.
- По своим свойствам **они существенно отличаются от плазматической мембран.**

Строение плазмолеммы

- **Плазматическая мембрана** всех возбудимых клеток – самая толстая из клеточных мембран.
- Ее толщина составляет 7,5-11 нм (1 нм = 10^{-9} м).
- Под электронным микроскопом она имеет вид **трехслойной структуры**, представленной **двумя электронно-плотными слоями**, которые разделяются светлым слоем.
- Ее молекулярное строение описывается **жидкостно-мозаичной моделью**,
- Согласно этой модели, мембрана состоит из **двойного фосфолипидного слоя**, в который погружены и с которым связаны **молекулы белков**.

Биологическая мембрана



■ Рис. Биологическая мембрана состоит из **двойного слоя фосфолипидов**, *гидрофильные части* которых (головки) направлены к поверхности мембраны, а *гидрофобные части* (хвосты, стабилизирующие мембрану в виде бислоя) внутрь мембраны.

- **И** — интегральные белки погружены в мембрану.
- **Т** — трансмембранные белки пронизывают всю толщу мембраны.
- **П** — периферические белки расположены либо на наружной, либо на внутренней поверхности мембраны.

- Липидный бислой представлен преимущественно молекулами фосфатидилохолина (лецитина) и фосфатидилэтаноламина (цефалина).
- Эти молекулы имеют гидрофильную, или полярную, головку и гидрофобный (неполярный) хвост.
- Кроме того, в состав большинства мембран входит холестерин.
- В мембране гидрофобные цепи обращены внутрь бислоя, а гидрофильные головки – снаружи.

- **Электронно-плотные слои соответствуют расположению гидрофильных головок липидов.**
- **Состав липидов каждой из половин бислоя (обращенной к внеклеточной среде и внутрь цитоплазмы, соответственно) – неидентичен.**
- **Липиды обеспечивают основные физико-химические свойства мембран, в том числе их текучесть при температуре тела.**

ВАЖНЕЙШАЯ ФУНКЦИЯ МЕМБРАНЫ СВЯЗАНА С ТРАНСПОРТОМ ВОДЫ, РАЗЛИЧНЫХ ИОНОВ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ.

- **ОСМОС** – ПЕРЕХОД ВОДЫ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ ИЗ ОБЛАСТИ МЕНЬШЕЙ В ОБЛАСТЬ БОЛЬШЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО ВЕЩЕСТВА.
- *НАИМЕНЬШЕЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ, КОТОРОЕ НЕОБХОДИМО ПРИЛОЖИТЬ К РАСТВОРУ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ПРЕДОТВРАТИТЬ ПЕРЕТЕКАНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ПОЛУПРОНИЦАЕМУЮ МЕМБРАНУ В РАСТВОР С БОЛЬШЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ВЕЩЕСТВА* **НАЗЫВАЕТСЯ ОСМОТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ**

- **ДИФФУЗИЯ** – ПРОЦЕСС СВОБОДНОГО ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА В ПРЕДЕЛАХ РАСТВОРА.
- БОЛЬШИЕ МОЛЕКУЛЫ ДВИЖУТСЯ В **РАСТВОРЕ** МЕДЛЕННЕЕ, ЧЕМ МАЛЕНЬКИЕ, А ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА **В ВОДЕ** ПРОИСХОДИТ БЫСТРЕЕ, ЧЕМ В СРЕДЕ С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ.
- ДИФФУЗИЯ МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА ЧЕРЕЗ ПРОНИЦАЕМУЮ МЕМБРАНУ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ **ПО КОНЦЕНТРАЦИОННОМУ ГРАДИЕНТУ** И ОПИСЫВАЕТСЯ **ПЕРВЫМ ЗАКОНОМ ФИКА.**

- **ПЕРВИЧНО-АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ** – ЭТО ПЕРЕХОД ИОНОВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ ВОЗБУДИМЫХ КЛЕТОК **ПРОТИВ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ГРАДИЕНТА**, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ФУНКЦИЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ АТФ_{аз}.
- ОН ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ **ТРЕХ ТИПОВ АТФ_{аз}** – НАТРИЙ-КАЛИЕВОЙ, КАЛЬЦИЕВОЙ И ПРОТОННОЙ ПОМПЫ.

Транспорт Na и K через мембрану осуществляется с помощью **натрий-калиевого насоса**.

За один цикл активности насоса **три иона натрия** выводятся из клетки, а внутрь транспортируются **два иона калия**.

- Транспорт ионов **Ca** осуществляется с помощью **Ca- АТФазы**.
- Функция этого насоса заключается в поддержании **низкой концентрации ионов Ca** в цитоплазме мышечных клеток за счет депонирования ионов в саркоплазматический ретикулум.
- Это является основным условием расслабления мышцы

- Протонная помпа (H-АТФаза) транспортирует протоны через внутренние мембраны митохондрий.
- Этот процесс необходим для синтеза АТФ.

КАНАЛ
ЗАКРЫТ

Реполяризация

Деполяризация или
присоединение лиганда

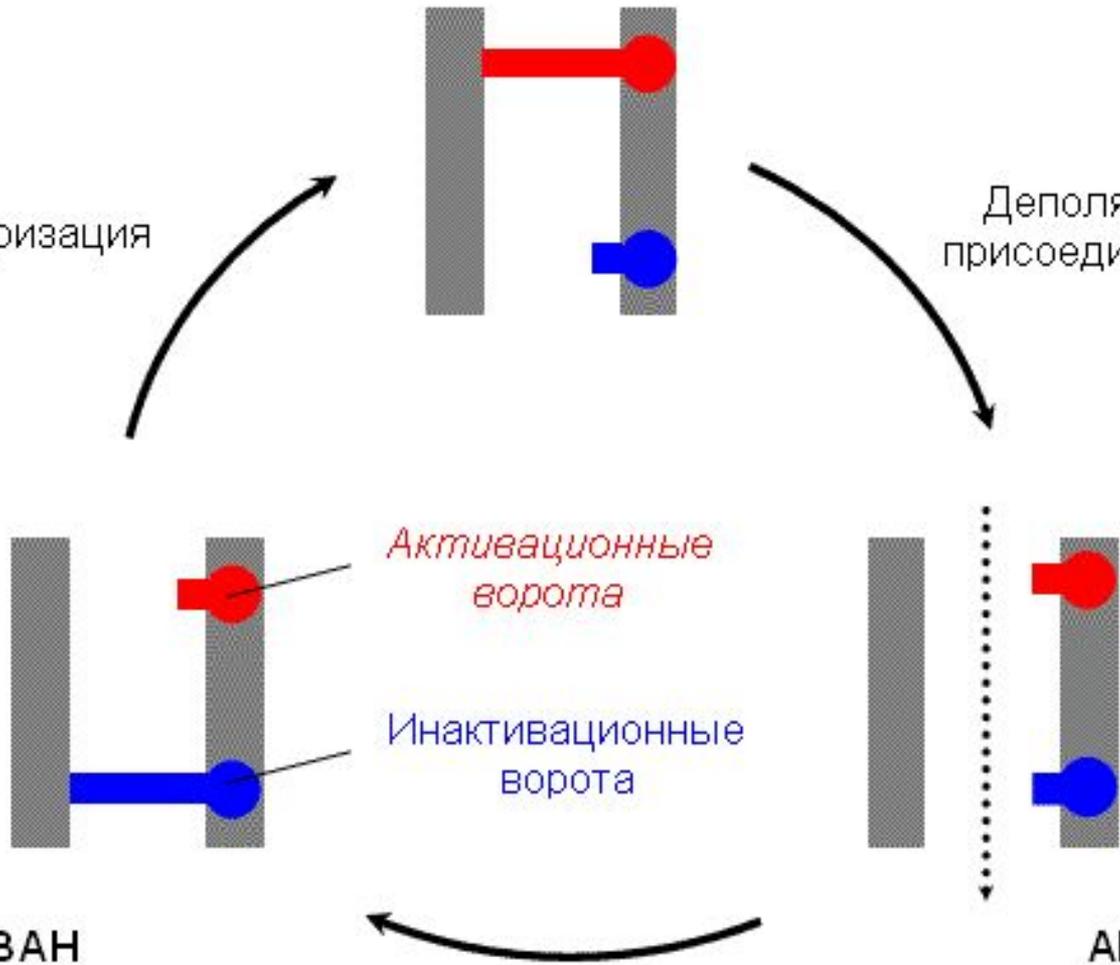
*Активационные
ворота*

Инактивационные
ворота

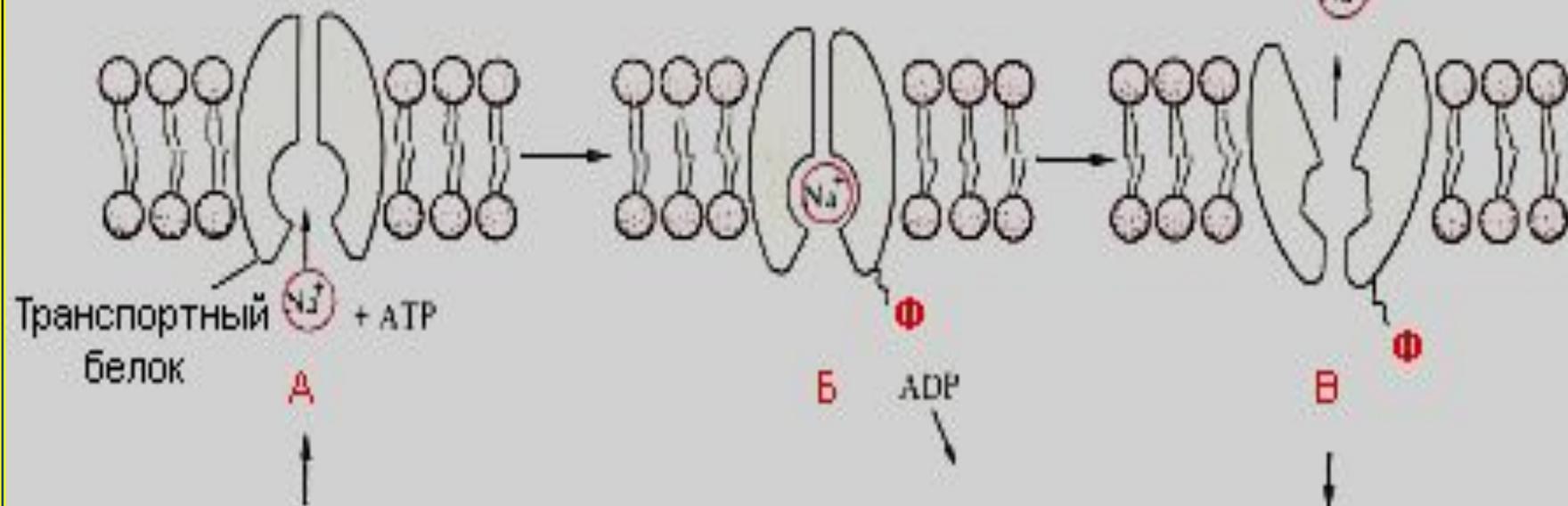
КАНАЛ
ИНАКТИВИРОВАН

КАНАЛ
АКТИВИРОВАН

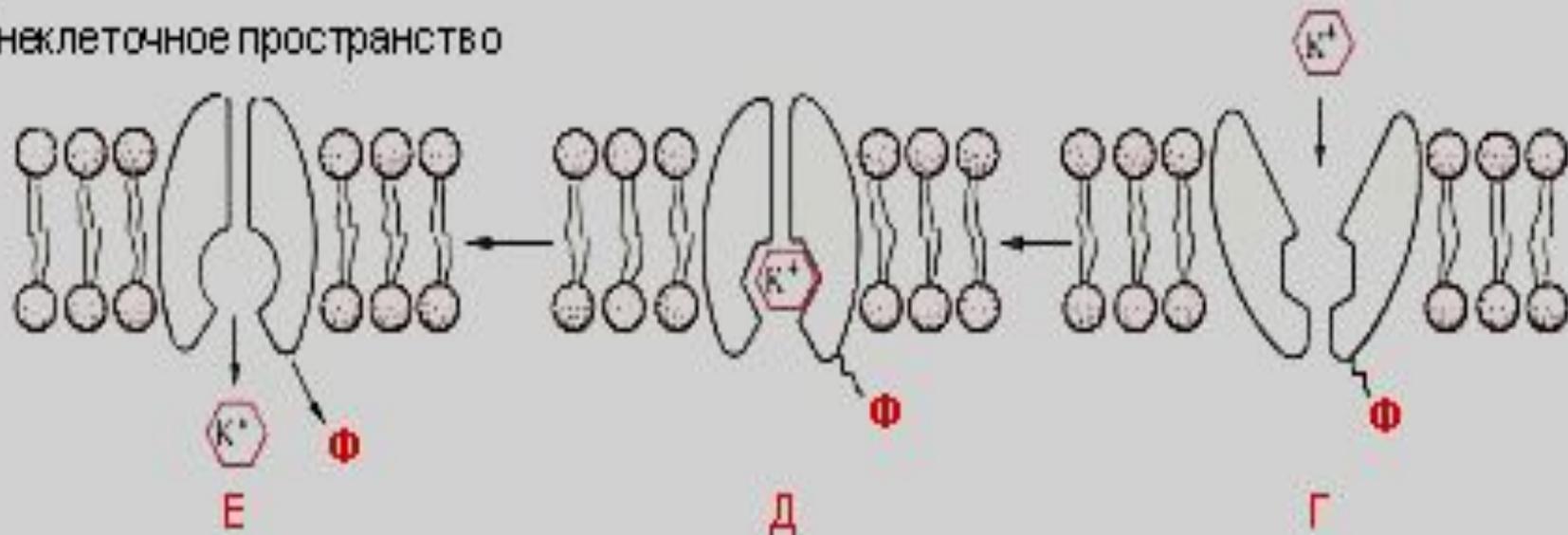
Дальнейшая
деполяризация



Внеклеточное пространство



Внеклеточное пространство



- **А.** Ион натрия в цитоплазме соединяется с молекулой транспортного белка.
- **Б.** Реакция с участием АТФ, в результате которой фосфатная группа (P) присоединяется к белку, а АДФ высвобождается.
- **В.** Фосфорилирование индуцирует изменение конформации белка, что приводит к высвобождению ионов натрия за пределами клетки
- **Г.** Ион калия во внеклеточном пространстве связывается с транспортным белком (А), который в этой форме более приспособлен для соединения с ионами калия, чем с ионами натрия.
- **Е.** Фосфатная группа отщепляется от белка, вызывая восстановление первоначальной формы, а ион калия высвобождается в цитоплазму. Транспортный белок теперь готов к выносу другого иона натрия из клетки.

- **ВТОРИЧНО-АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ** – ЭТО АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ КЛЕТОК ПРОТИВ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ГРАДИЕНТА, ЕСЛИ ЭКВИВАЛЕНТНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ ВЫСВОБОЖДАЕТСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДВИЖЕНИЯ ДРУГОГО ВЕЩЕСТВА ПО ЕГО КОНЦЕНТРАЦИОННОМУ ГРАДИЕНТУ.

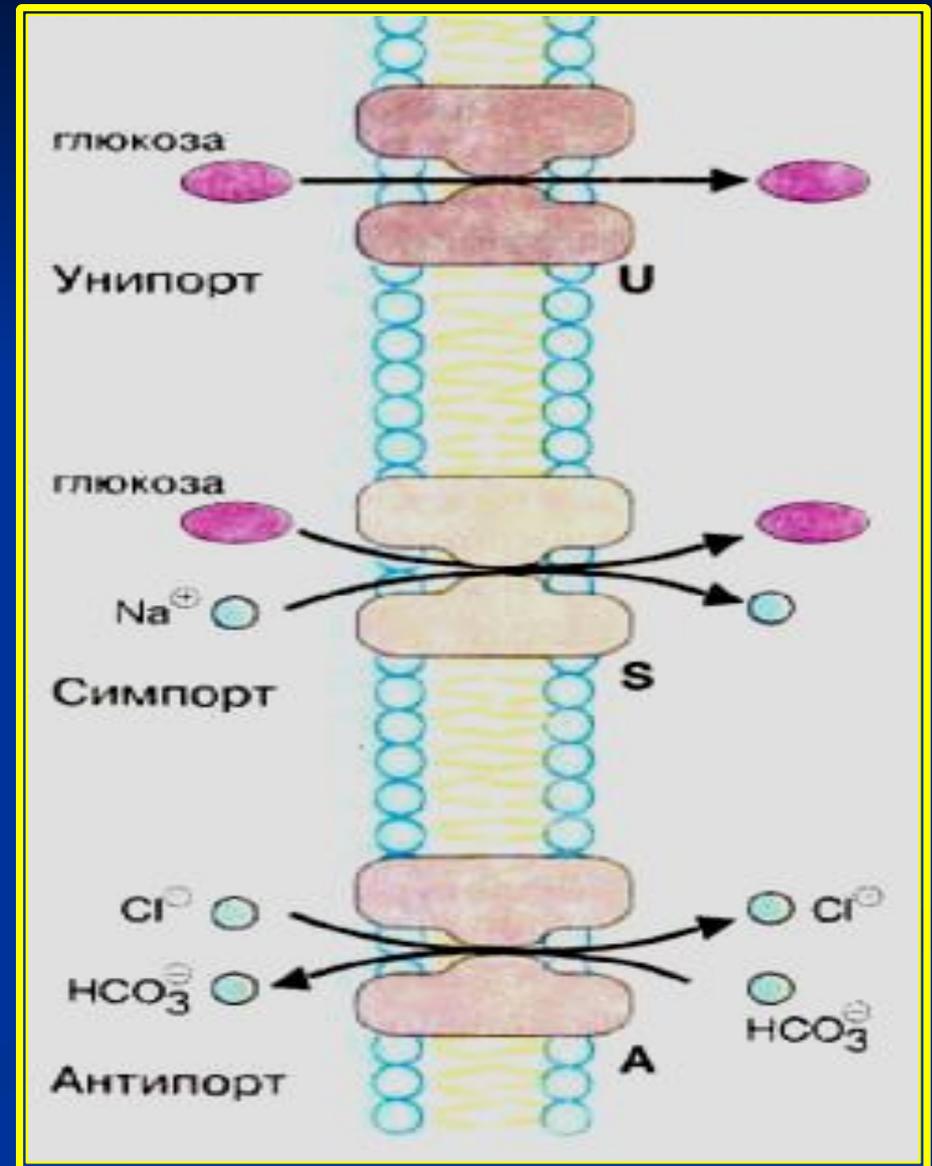
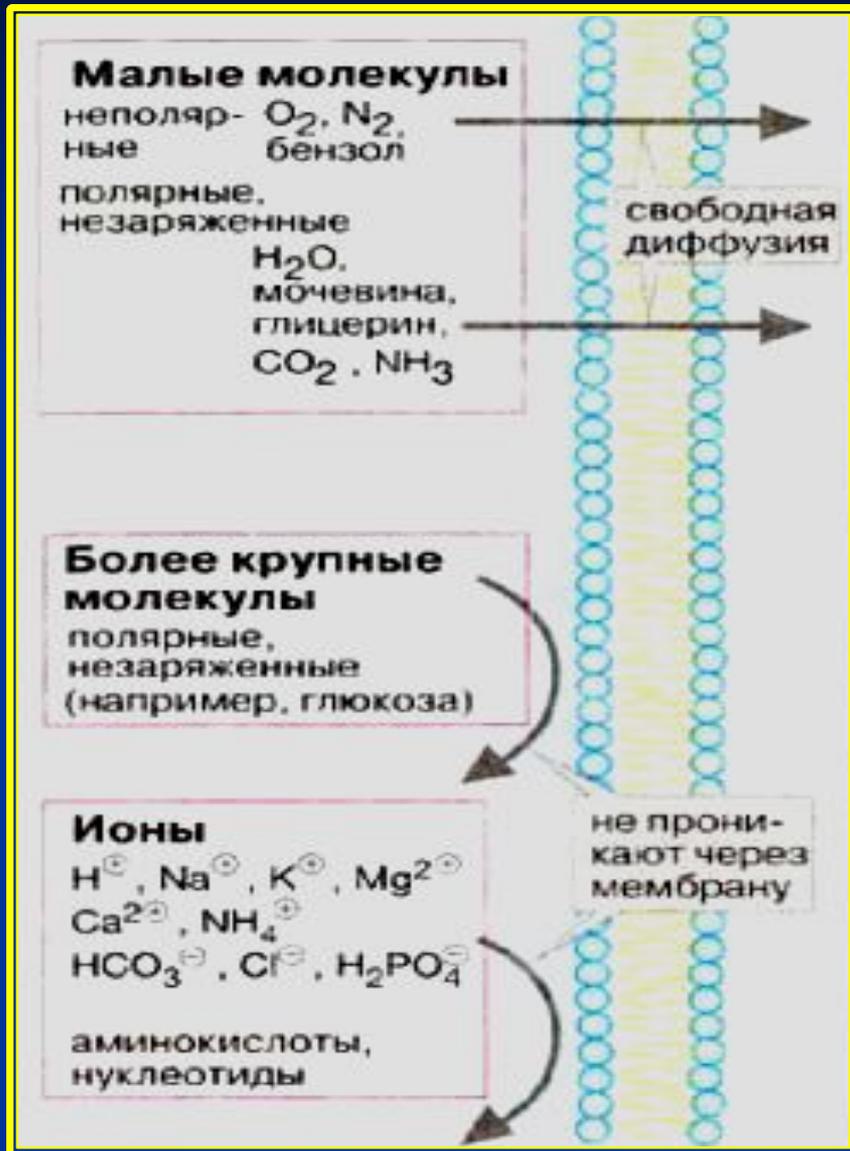
При этом виде транспорта молекулы веществ конкурируют между собой за белок-переносчик.

Если белок-переносчик переносит две субстанции, то это **КОТРАНСПОРТ**.

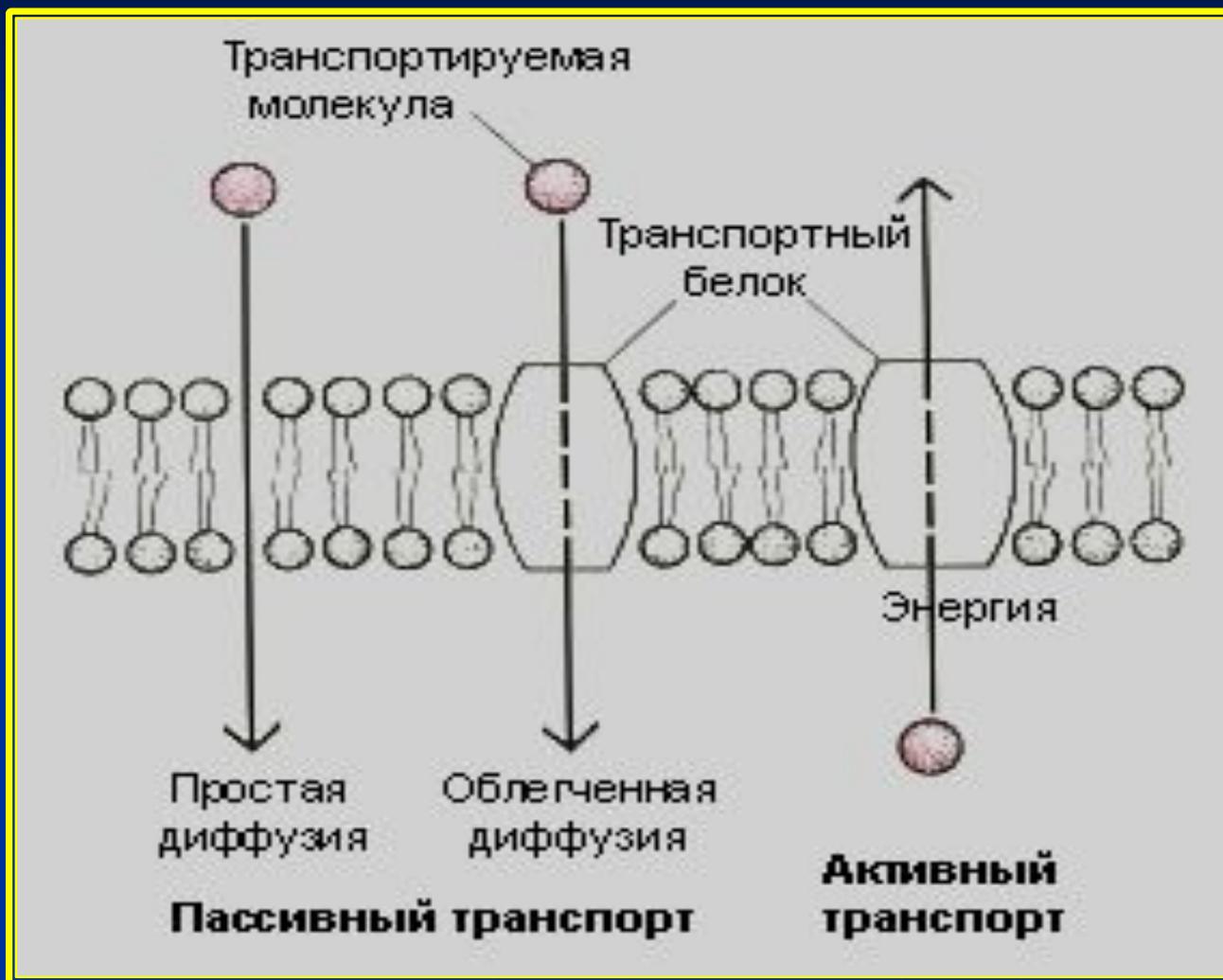
Если два вещества переносятся через мембрану одновременно, но в противоположных направлениях, это **АНТИПОРТ**.

Если вещества переносятся через мембрану одновременно в одном направлении, это **СИМПОРТ**.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАН. ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ.



ТРАНСПОРТНАЯ РОЛЬ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ



КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ

По биологической природе:

- 1 *Адекватные* – раздражители, к восприятию которого данная живая ткань приспособилась в процессе эволюции.
- 2 *Неадекватные* – факторы внешней или внутренней среды, которые в естественных условиях жизнедеятельности организма не являются источником возбуждения живой ткани.

По силе воздействия:

1. *Пороговые* – раздражители той минимальной силы, которая необходима для возникновения возбуждения нервной или мышечной ткани.
2. *Подпороговые* – их сила ниже, чем величина порога возбуждения.
3. *Сверхпороговые* – их сила превышает пороговую

По энергетической природе

раздражители делят на :

1. *физические*

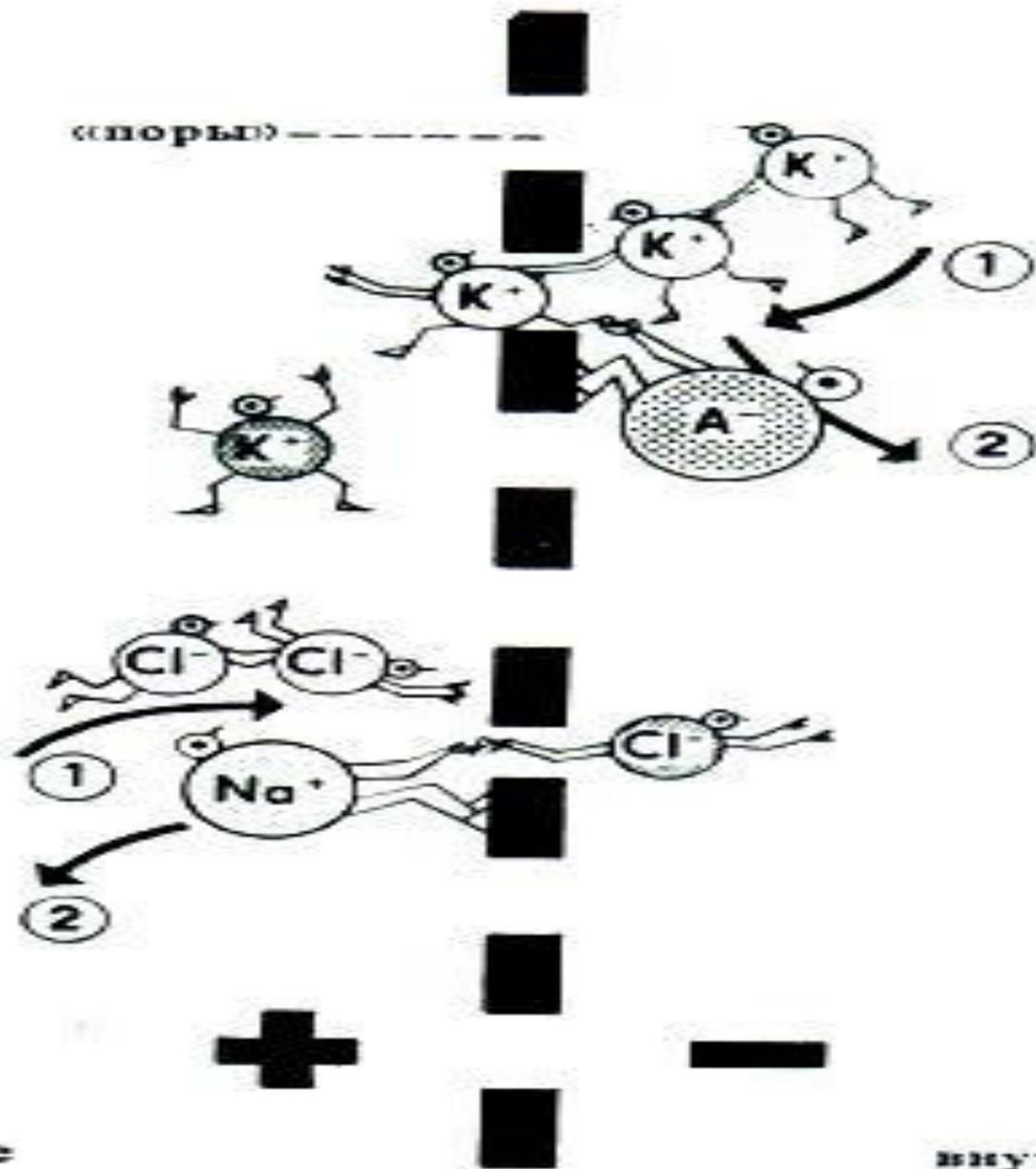
(механические, температурные, электрические, световые, звуковые, радиоактивные излучения)

2. *химические*

(гормоны, кислоты, щелочи, яды и.т.д).

ИЗ ВСЕХ НЕАДЕКВАТНЫХ
РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ, ОБЫЧНО НАИБОЛЕЕ
ШИРОКО ПРИМЕНЯЮТ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.

«поры»



вне

внутри

ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ (E_m).

- В конце 50-х годов **А.Ходжкин, А.Хаксли и Б. Катц** предложили новую *теорию возникновения биоэлектрических потенциалов*.
- Между внутренней и наружной поверхностями клеточной мембраны всегда *существует разность электрических потенциалов*:
наружная поверхность мембраны заряжена положительно, а внутренняя отрицательно, то есть мембрана поляризована.
- **Разность зарядов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны в состоянии физиологического покоя клетки называется ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ (E_m).**

- **Ионы калия**, имеющие положительный заряд, по градиенту концентрации *диффундируют из клетки во внеклеточную жидкость*, в ней они не рассеиваются, а **удерживаются** на внешней поверхности мембраны **внутриклеточными анионами** (анионами органических кислот: уксусной, пировиноградной, аспарагиновой), которые *не проникают сквозь клеточную мембрану*.
- При достижении равновесия концентрационные потенциалы ионов будут **равны по величине**, но **противоположны по знаку**

Функции мембранного потенциала покоя

- Поляризация мембраны является *условием для возбуждения и торможения*.
- Поляризация определяет *объем выделения медиатора из пресинаптического окончания*.
- ПП создает *условия для нахождения потенциалзависимых каналов в закрытом состоянии* (поляризация мембраны создает условия для формирования потенциала действия).

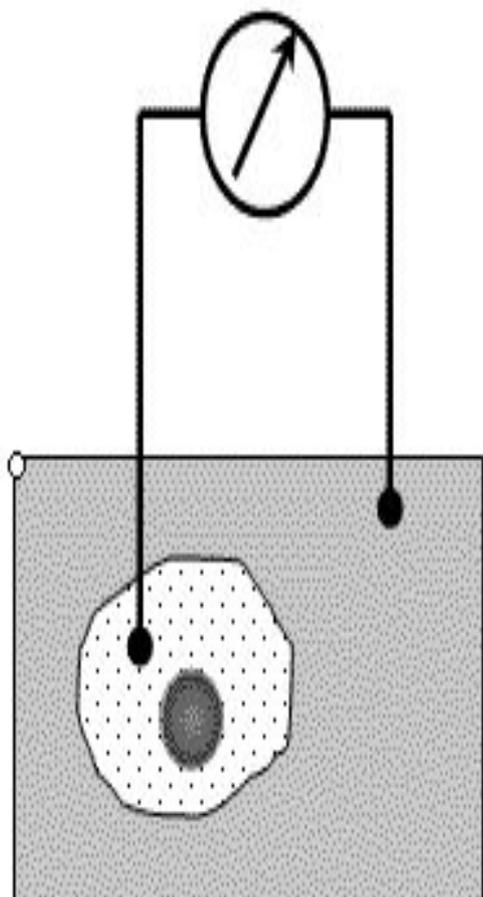
- Возникновение на мембране разности потенциалов (E_m) описывается уравнением Нернста, которое позволяет рассчитать *равновесный электрический потенциал для любого иона*

$$E_m = (RT/zF) \ln \left(\frac{p_K [K^+]_o + p_{Na} [Na^+]_o + p_{Cl} [Cl^-]_i}{p_K [K^+]_i + p_{Na} [Na^+]_i + p_{Cl} [Cl^-]_o} \right)$$

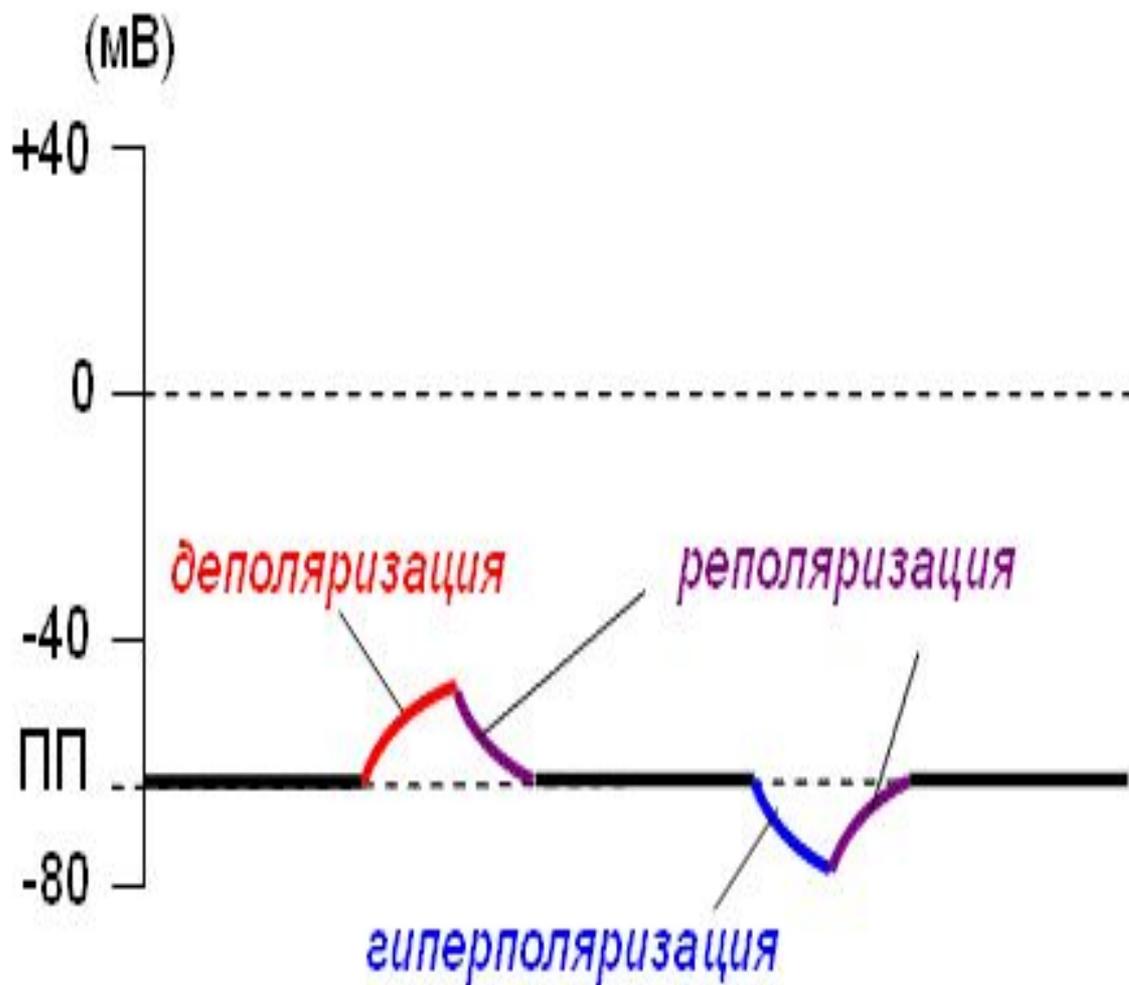
- $E_{Na} = +55$ мВ $E_{Ca} = +150$ мВ $E_{Cl} = -80$ мВ

- В отношении *возбудимых клеток потенциал на их мембране* может быть обусловлен ионами калия, натрия и хлора.
- В случае, если бы потенциал на мембране определялся только ионами калия, то его величина, согласно *уравнению Нернста*, должна равняться **-90мВ**.
- В нейронах теплокровных животных соотношение *концентраций калия снаружи и внутри* равняется **1\28**.
- В возбудимых клетках огромную роль в поддержании E_m играет **натрий-калиевый насос**.

А



Б



ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ

- Все клетки возбудимых тканей при действии раздражителей достаточной силы способны переходить в состояние возбуждения. Обязательный признак возбуждения – изменение электрического состояния клеточной мембраны.

ПИКООБРАЗНОЕ КОЛЕБАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА, ВОЗНИКАЮЩЕЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕЗАРЯДКИ МЕМБРАНЫ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕЕ ИСХОДНОГО ЗАРЯДА НАЗЫВАЕТСЯ **ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ**.

■ **ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ делится на стадии:**

1. Предспайк (медленная деполяризация).

Длится 0,5 мс.

2. Спайк (быстрая де- и реполяризация).

Длится 3-5мс.

2а –восходящая ветвь

2в –нисходящая ветвь

3.Отрицательный следовой потенциал.

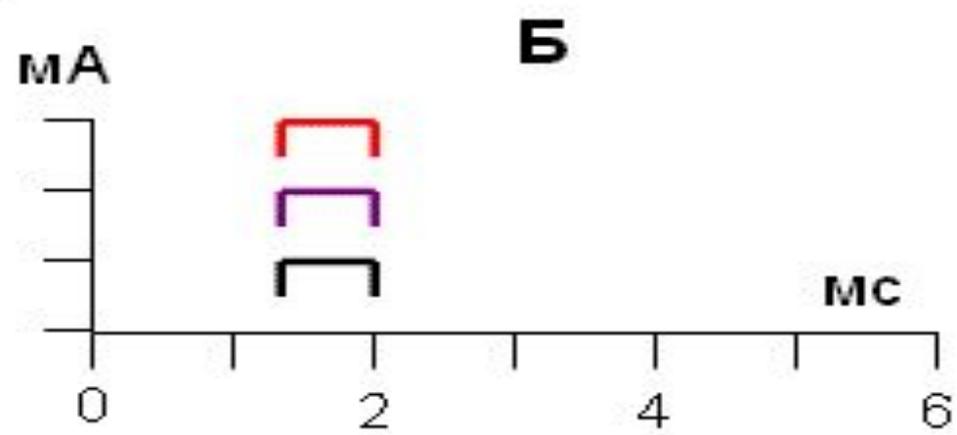
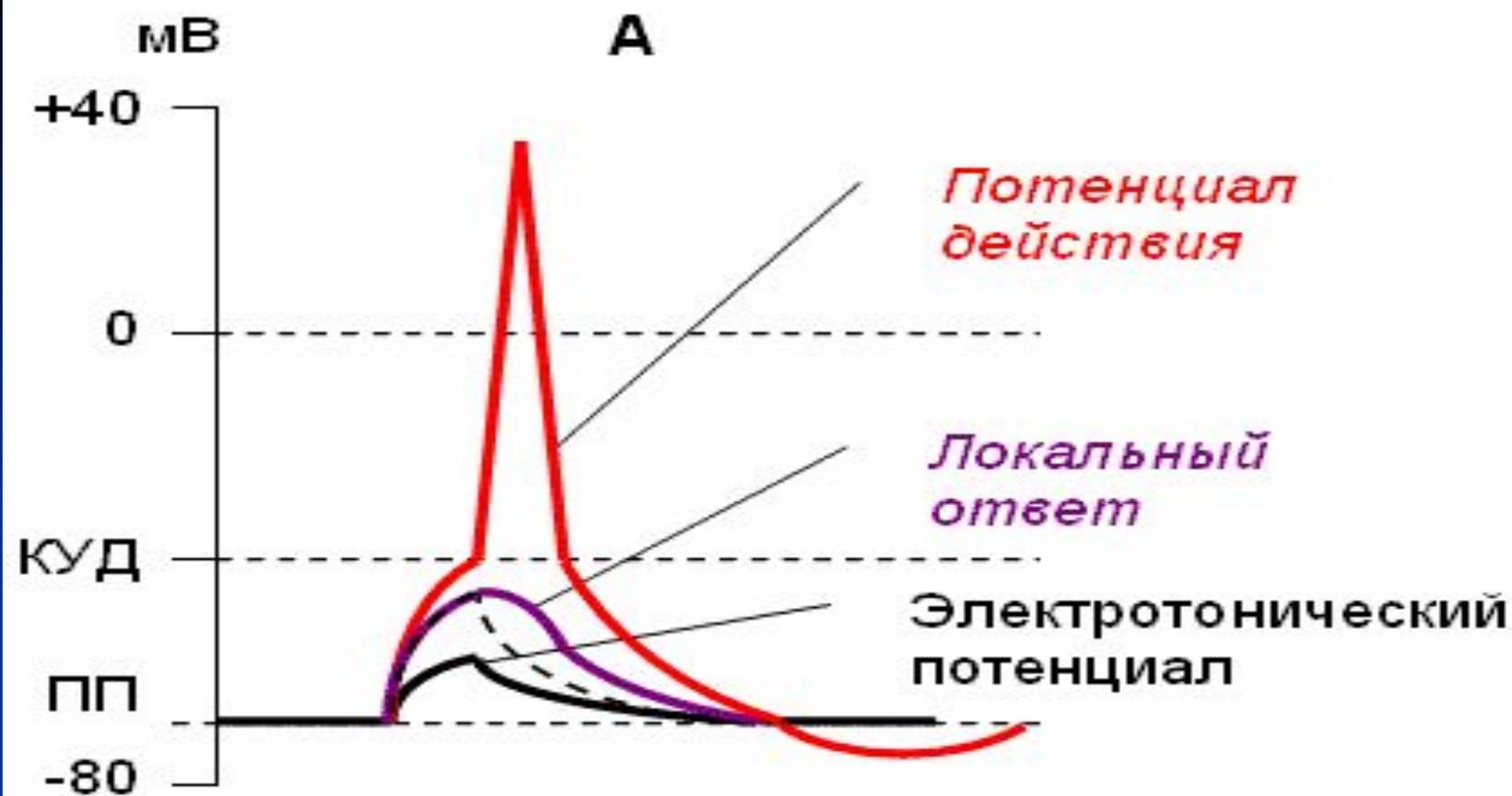
Длится 15-25мс.

4.Положительный следовой потенциал.

Длится 30-50мс.

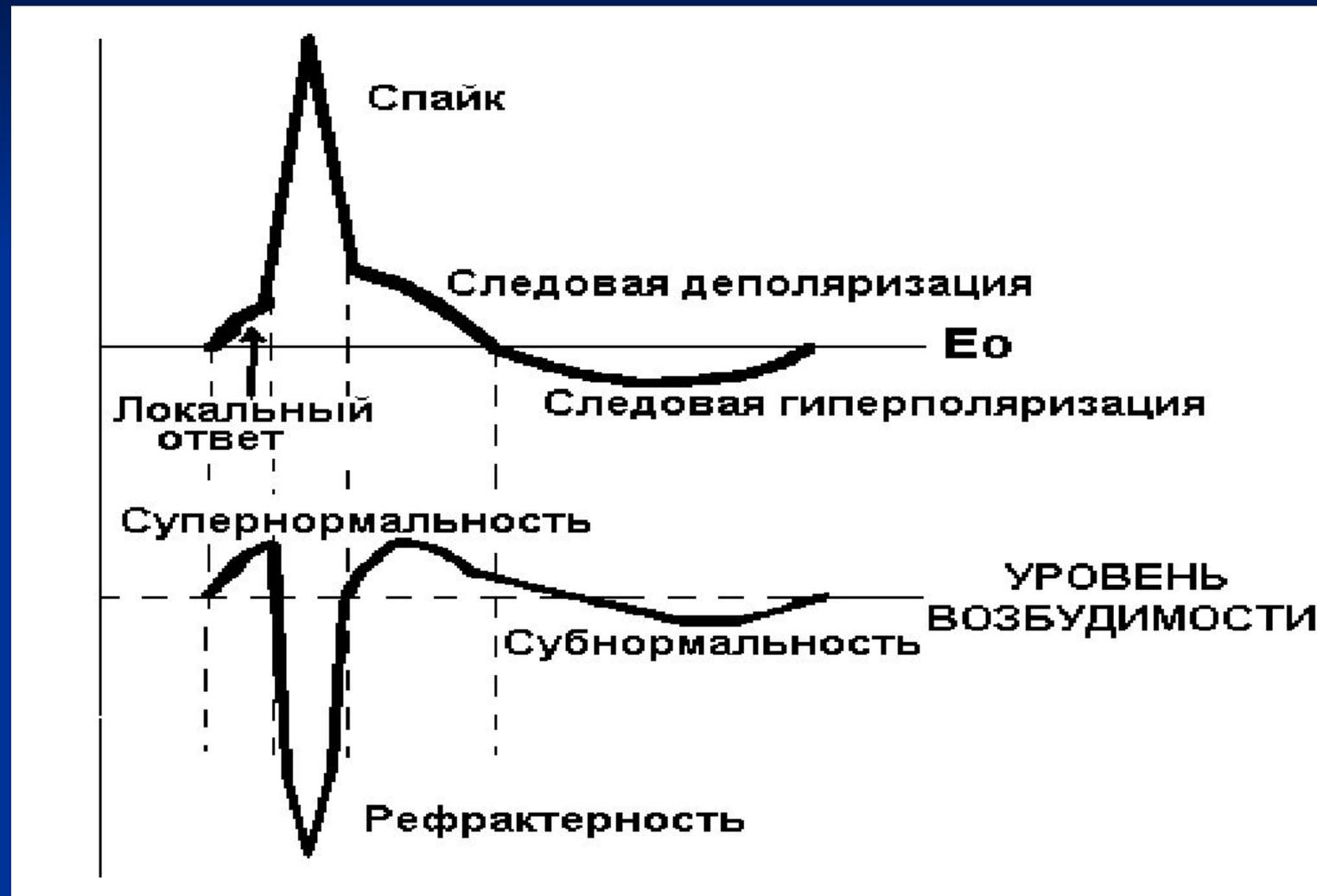
АМПЛИТУДА ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ РАВНА

ОКОЛО 120 мВ.



- Стимулом для генерации потенциала действия является быстрая кратковременная деполяризация мембраны возбудимой клетки, которая называется **КРИТИЧЕСКИМ УРОВНЕМ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ**

СОТНОШЕНИЕ ФАЗ ВОЗБУДИМОСТИ С ФАЗАМИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



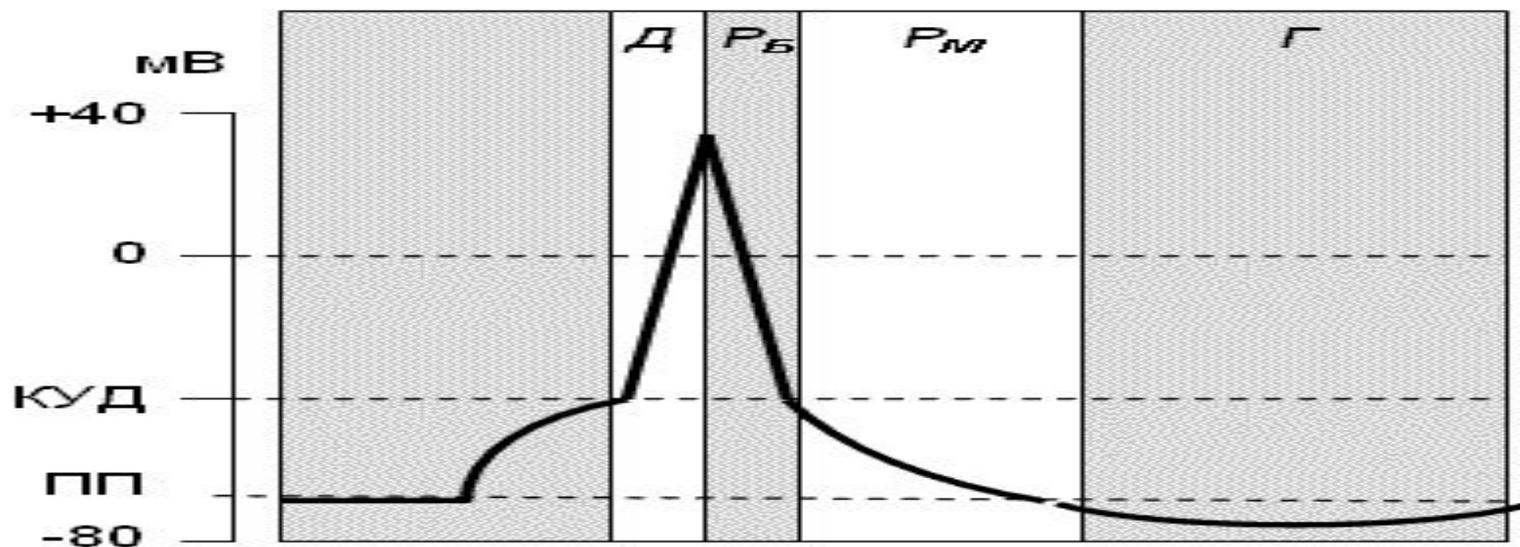
- Амплитуда критического уровня деполяризации мембраны нервного волокна и мышечной клетки в среднем меньше величины потенциала покоя на **15-20мВ**.
- Пороговый сдвиг мембранного потенциала возникает лишь в том случае, если *натриевый ток, направленный внутрь клетки начинает превышать противоположно направленный калиевый ток.*
- Если уменьшение мембранного потенциала происходит медленно, то инактивационные ворота в натриевых ионных каналах инактивируются раньше, чем произойдет открытие достаточного количества активационных ворот.
- В результате наступает **АККОМОДАЦИЯ МЕМБРАНЫ**

- Деполяризация мембраны начинается с активации инактивированных потенциалзависимых натриевых ионных каналов, и только после этого натриевые каналы открываются.
- Ионы натрия через открытые потенциалзависимые натриевые каналы устремляются по концентрационному градиенту внутрь клетки, заряжая внутреннюю поверхность мембраны положительным зарядом.
- В результате потенциал на мембране возбудимой клетки за 1-2мс стремится достичь величины натриевого равновесного потенциала.
- При этом потенциал на внутренней поверхности мембраны меняет знак и его величина достигает +40мВ (явление реверсии заряда мембраны).

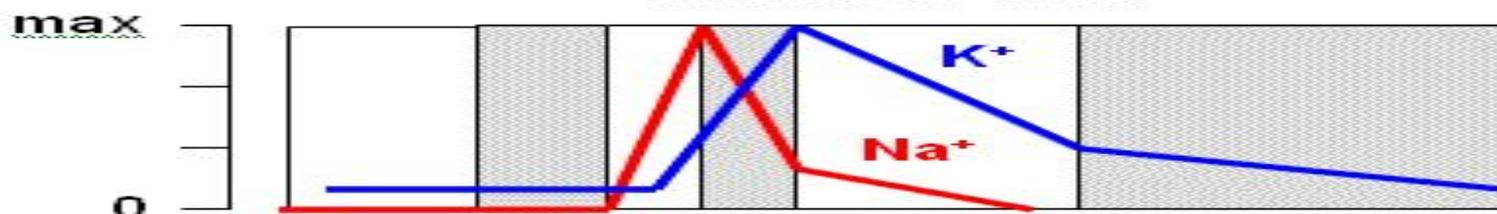
- Одновременно с прекращением входящего натриевого тока **открываются потенциалзависимые калиевые ионные каналы** и увеличивается входящий калиевый ток, который стремится сместить мембранный потенциал в сторону равновесного калиевого потенциала и **реполяризует мембрану**.
- Фаза реполяризации переходит в **следовые потенциалы**, которые делят на **следовую деполяризацию и следовую гиперполяризацию**. При этом чем медленнее в фазу деполяризации **открываются калиевые каналы**, тем длительнее будет следовая гиперполяризация и тем медленнее будет **восстанавливаться нормальная возбудимость клетки**.

Изменение мембранного потенциала

Мембранный потенциал



Ионные токи



Возбудимость

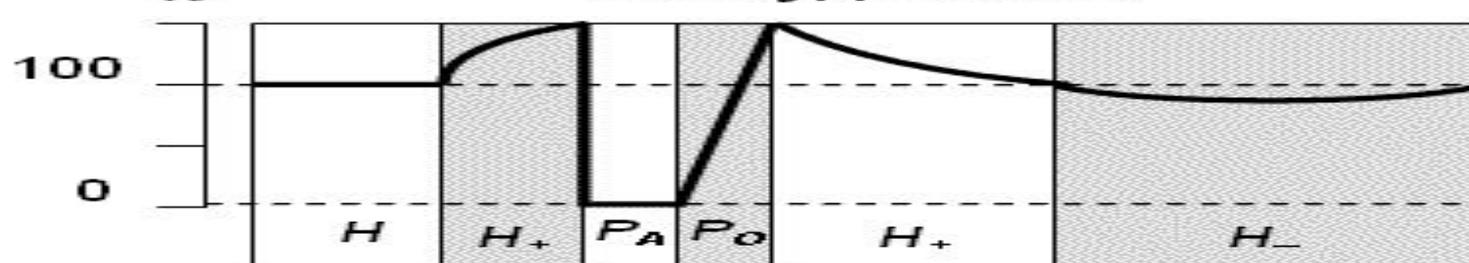


Рис. Изменение мембранного потенциала, интенсивности калиевого и натриевого трансмембранного тока и возбудимости клетки в разные фазы потенциала действия.

Д – фаза деполяризации,

Рб – фаза быстрой реполяризации,

Рм – фаза медленной реполяризации,

Г – фаза гиперполяризации;

Н – период нормальной возбудимости,

Ра – период абсолютной рефрактерности,

Ро – период относительной рефрактерности,

Н+ – период супернормальной возбудимости,

Н- – период субнормальной возбудимости

Зависимость возникновения возбуждения от длительности и силы раздражения

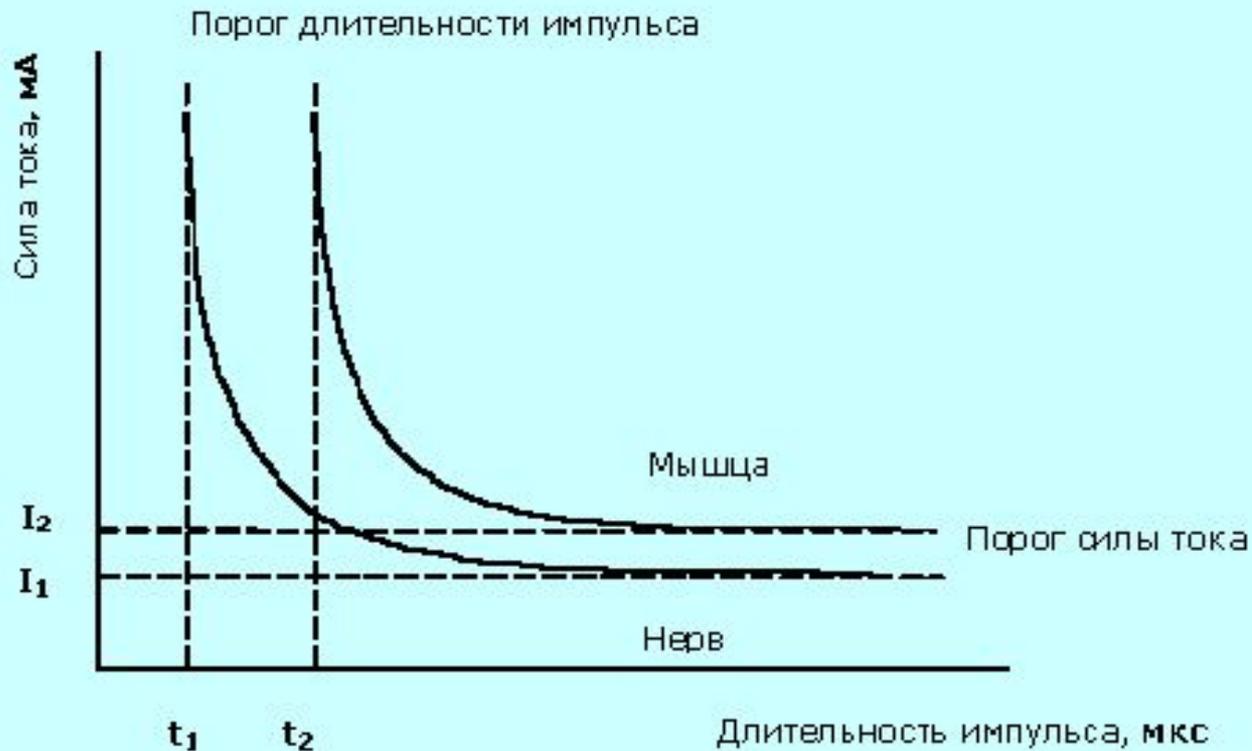
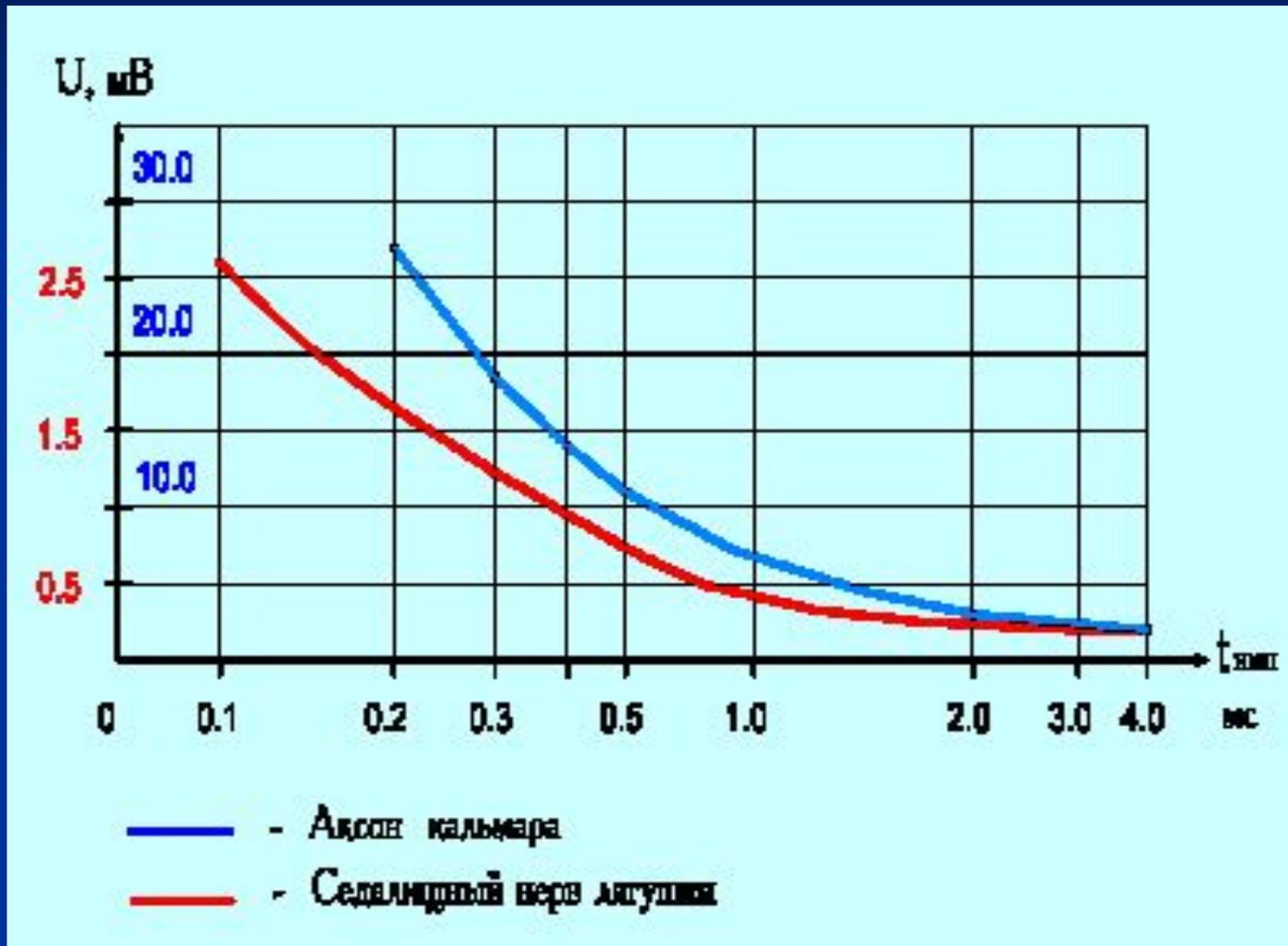


Рис. 1. Кривая «сила-длительность» для нервных и мышечных волокон

- Кривая «сила-длительность» описывает соотношение между длительностью различных применяемых стимулов и их амплитудой, необходимой для активирования нервных или мышечных волокон при данной продолжительности стимулов.
- Эта зависимость представляет собой гиперболу и имеет обратнопропорциональный характер.
- Из этого следует, что ток ниже некоторой минимальной силы или напряжения не вызывает возбуждение, как бы длительно он не действовал, и чем короче импульсы тока, тем меньшую раздражающую способность они имеют.

- Причиной такой зависимости является **мембранная емкость**.
- Очень «короткие» токи просто не успевают разрядить эту емкость до критического уровня деполяризации.
- Минимальная величина тока, способная вызвать возбуждение при неограниченно длительном его действии, называется **«реобазой»**.
- Время, в течении которого должен действовать ток удвоенной реобазы, чтобы вызвать возбуждение, носит название **«хронаксия»**.
- *Оба эти порога имеют более высокие значения для мышечных волокон, чем для нервов.*

Графики зависимости порога раздражения от длительности импульсов для седалищного нерва



- Для примера ниже приводятся графики зависимости порога раздражения от длительности импульсов для седалищного нерва лягушки (реобазис = 0,68 мВ, хронаксия = 0,26 мс) и аксона кальмара (реобазис = 1,9 мВ, хронаксия = 1,6 мс).
- Сравнение с моделью ПД аксона кальмара показало, что у седалищного нерва лягушки чувствительность выше более чем в два раза, а хронаксия – в пять раз.
- Это связано с тем, что в состав нерва входит несколько аксонов, обладающих различной чувствительностью, которая может превышать чувствительность модельного аксона

ЗАКОН «ВСЕ ИЛИ НИЧЕГО»

Если ткань подчиняется закону, то на подпороговый раздражитель ответной реакции нет. На пороговый или надпороговый раздражитель возникает ответ сразу максимальной амплитуды. Дальнейшая сила раздражения амплитуды не изменяет.

Если ткань не подчиняется закону – ответ градуальный, т.е. амплитуда ответа зависит от силы действующего раздражителя.

Если раздражитель подпороговый, возникает локальный ответ, или местный потенциал.

Этот процесс не переходит в потенциал действия.

ВОЗБУДИМОСТЬ И ВОЗБУЖДЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ТКАНЬ

- Мышцы и нервы – электролиты и проводят электрический ток.
- При накладывании на мышцу или нерв двух электродов, соединенных с источником постоянного тока, происходит перемещение ионов.
- К аноду устремляются анионы, а к катоду – катионы.

- При действии на нерв или мышцу постоянным током Е.Пфлюгер выяснил следующие закономерности (что было подтверждено Дюбуа – Реймоном).
- Постоянный ток раздражает ткань только в момент размыкания и замыкания электрической цепи.
- Раздражение ткани происходит не на всем участке, а лишь под электродами.
- При замыкании тока средней силы возбуждение возникает на катоде, а при размыкании – на аноде. Эти закономерности получили название **«полярный закон раздражения»**.
- ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ НА КАТОДЕ НАЗЫВАЕТСЯ КАТЭЛЕКТРОТОН, А НА АНОДЕ –АНЭЛЕКТРОТОН.

ИЗМЕНЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ В ПРОЦЕССЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Длительность потенциала действия в мышечном волокне составляет около 5 мс (в нервном - $0,5 \div 2$ мс).

Следует тут же отметить, что время **абсолютной рефрактерной фазы (АРФ)**, т.е. фазы, когда нервная структура совсем невосприимчива к раздражению - независимо от ее интенсивности - и **относительной рефрактерной фазы (ОРФ)** – фазы, когда возбудимость возможна при повышенной силе раздражающего стимула - для мышечных волокон составляют порядка 2,5 мс и 12 мс (соответственно) и для нервных волокон – обе фазы около 1 мс.

Далее следуют супернормальный период (или фаза **экзальтации**, т.е. фаза повышенной возбудимости) и **субнормальный период** (или фаза пониженной возбудимости).

Функциональная подвижность - лабильность

Свойство лабильности открыл Н.Е. Введенский (1892), изучая действие ритмических раздражений различной частоты на нервно-мышечный препарат. В каждой ткани одиночный импульс возбуждения продолжается определенное время.

Поэтому определение лабильности следующее:
СКОРОСТЬ ПЕРЕХОДА ВОЗБУДИМОЙ ТКАНИ ИЗ СОСТОЯНИЯ ПОКОЯ В СОСТОЯНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ И НАОБОРОТ БЕЗ ТРАНСФОРМАЦИИ РИТМА ДЕЙСТВУЮЩЕГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ

Мера лабильности – это максимальное число импульсов возбуждения, которые возникают за одну секунду в ответ на такое же максимальное число раздражений.

Измеряется лабильность в ПД/с.

В ПРОЦЕССЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛАБИЛЬНОСТЬ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ, ПРИ СТАРЕНИИ УМЕНЬШАЕТСЯ.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛАБИЛЬНОСТИ В СТОРОНУ ПОВЫШЕНИЯ ИЛИ ПОНИЖЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ИСХОДНЫМ УРОВНЕМ В СВЯЗИ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ТКАНИ НАЗЫВАЮТ **УСВОЕНИЕ РИТМА**.

Лучше усваивается частый ритм при невысокой исходной лабильности.

Например:

При стимуляции нервного волокна, с частотой 400 импульсов в секунду, по нервному волокну будет **проводиться каждый импульс**.

При увеличении стимуляции до 700 импульсов в секунду, будет проводиться **каждый второй импульс**.

При еще большей частоте (800 импульсов), будет проводиться **каждый третий импульс**.

- Однако при повышенной частоте стимуляции лабильность нервной ткани может повыситься и при частоте 700 импульсов вначале будет проводиться каждый второй, а затем каждый импульс.
- Однако, повышение лабильности не безгранично, и через некоторое время может снизиться проводимость возбудимого образования.
- Наибольшей лабильностью отличаются аксоны, способные воспроизводить до 500-1000 импульсов в 1 сек.; менее лабильны синапсы, например двигательное нервное окончание может передать на скелетную мышцу не более 100-150 возбуждений в 1 сек