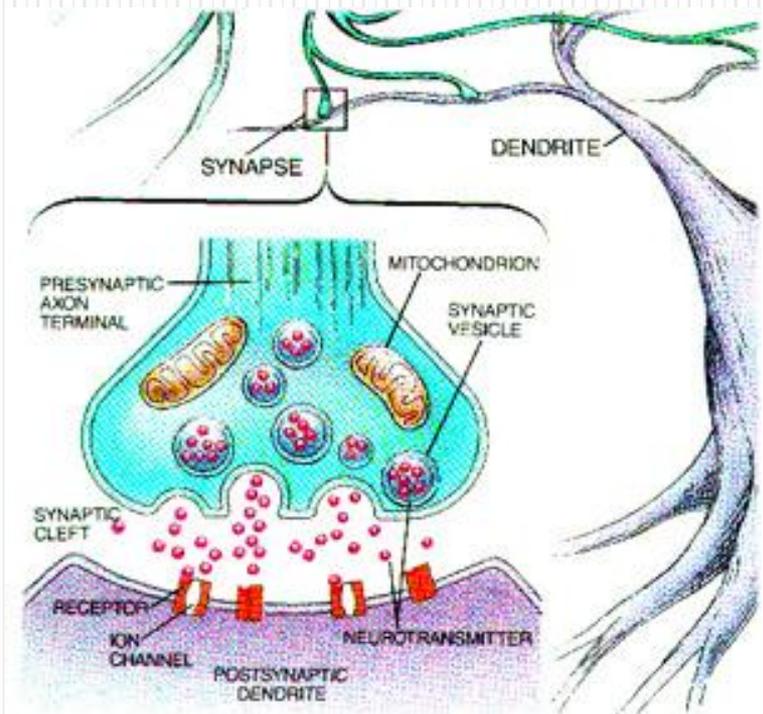


# Физиология синапсов

*Мартусевич Андрей Кимович*

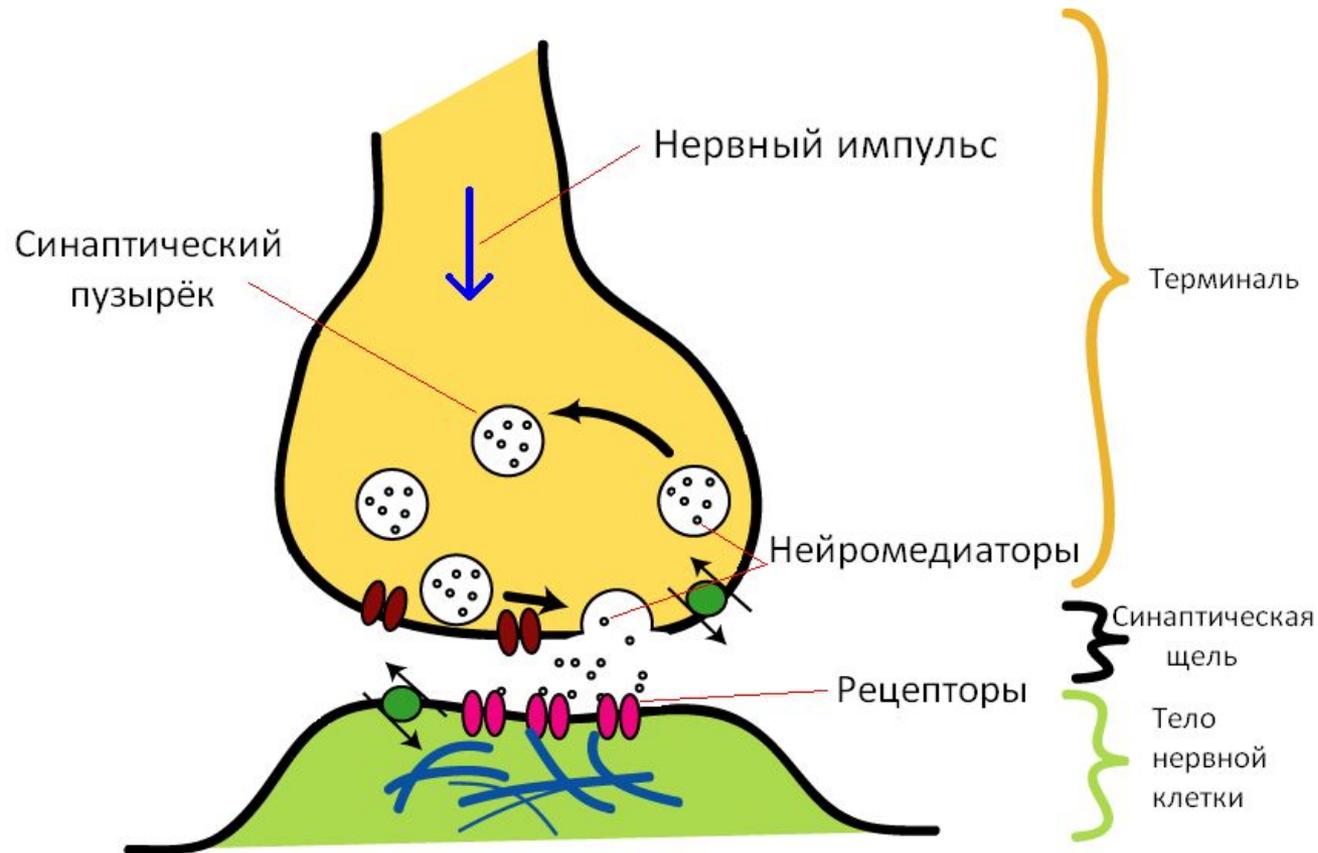
д.б.н., проф. каф. физиологии и  
биохимии животных



# План лекции:

- **Понятие о синапсе. Классификации синапсов**
- **Синаптическая передача и ее особенности химических и электрических синапсах**
- **Строение и ультраструктура синапсов**
- **Возбуждающий и тормозной постсинаптический потенциал**
- **Нейромедиаторы**
- **Основные процессы в нейронных сетях**

- **Синапсами** (от греч. *synapsis* — соприкосновение, соединение) называют специализированные контакты между нервными клетками или между нервными и эффекторными клетками, используемые для передачи сигналов.



# Классификация синапсов

- 1) по *их местоположению и принадлежности* соответствующим клеткам — нервно-мышечные, нейро-нейрональные, а среди последних — аксосоматические, аксодендритические синапсы;
- 2) по *знаку их действия* — возбуждающие и тормозящие;
- 3) по *способу передачи сигналов* — электрические (в которых сигналы передаются электрическим током) и химические, в которых передатчиком, трансмиттером сигнала, или посредником, медиатором, является то или иное физиологически активное вещество  
Существуют и смешанные — электрохимические — синапсы.

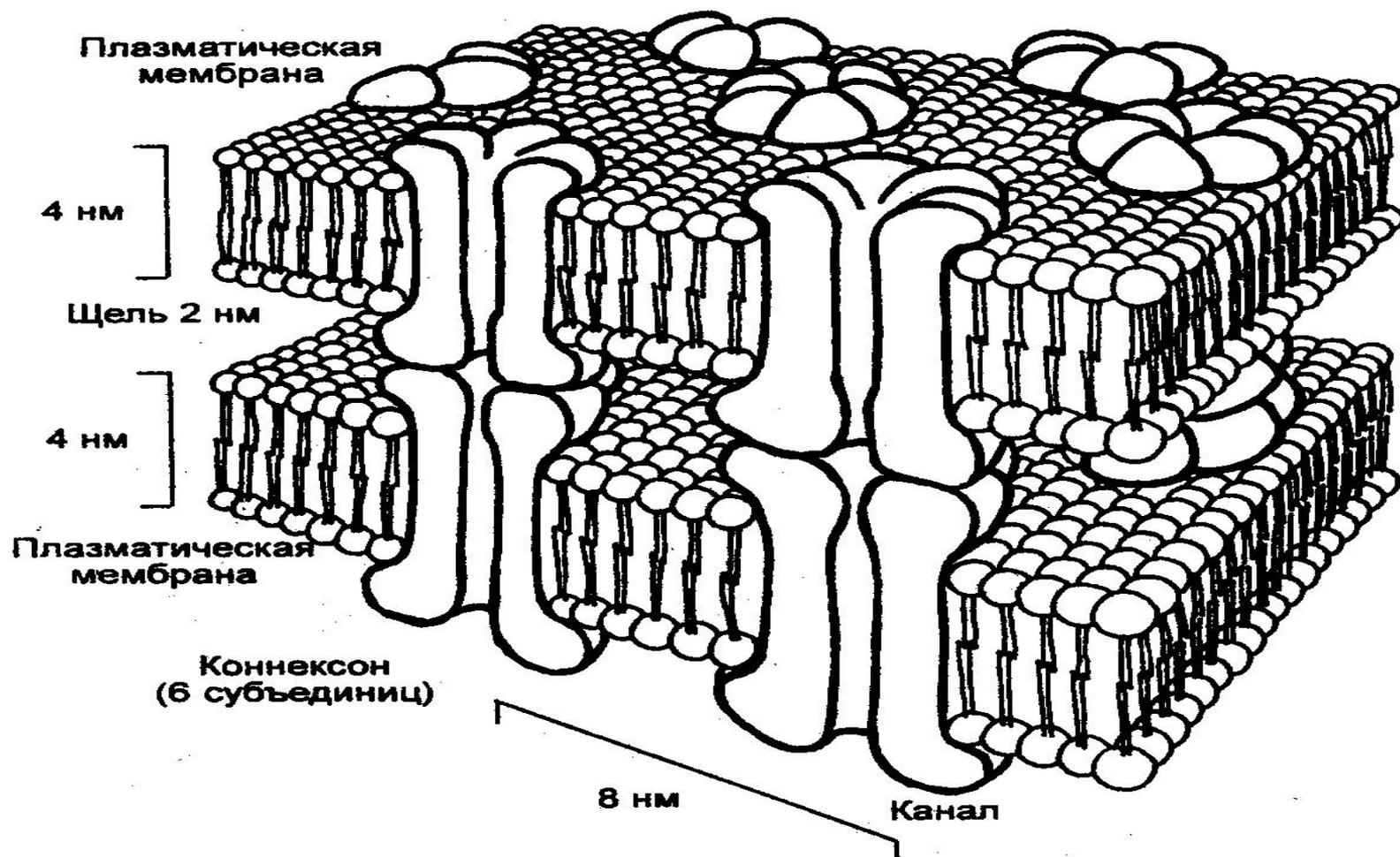
# Проведение возбуждения в химических синапсах

- Одностороннее проведение возбуждения в направлении от пресинаптического окончания в сторону постсинаптической мембраны.
- Замедление проведения сигнала объясняется синаптической задержкой. Время необходимо для выделения медиатора из пресинаптического окончания, диффузии к постсинаптической мембране, возникновения ВПСП.
- Низкая лабильность синапсов равняется 100-150 имп/с, что в 5-6 раз ниже лабильности аксона.
- Проводимость химических синапсов изменяется под воздействием БАВ, лекарственных средств, ядов.

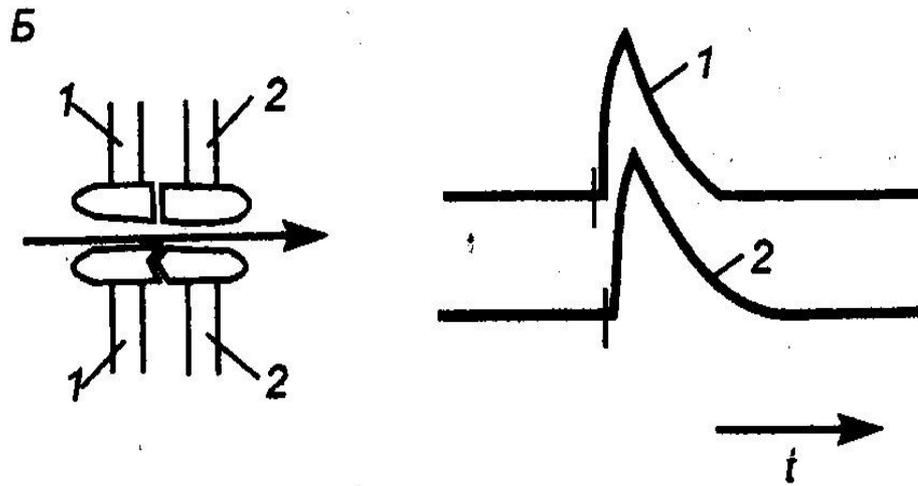
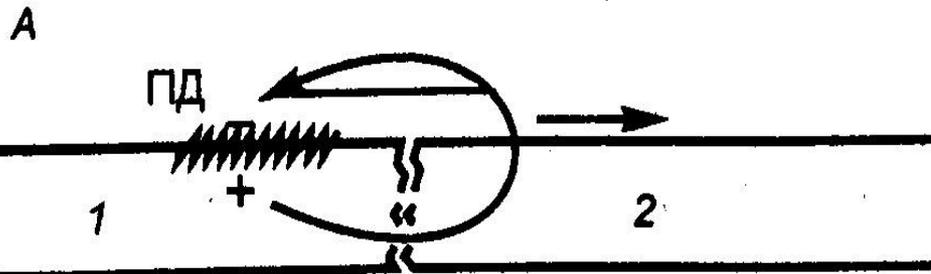
# Основные характеристики, отличающие химическую синаптическую передачу от электрической

- В химическом синапсе постсинаптический ток генерируется за счет открывания каналов в постсинаптической мембране и обусловлен ионными градиентами постсинаптической клетки.
- В электрическом синапсе источник постсинаптического тока — мембрана постсинаптической клетки

# Ультраструктура щелевого контакта - *нексуса*

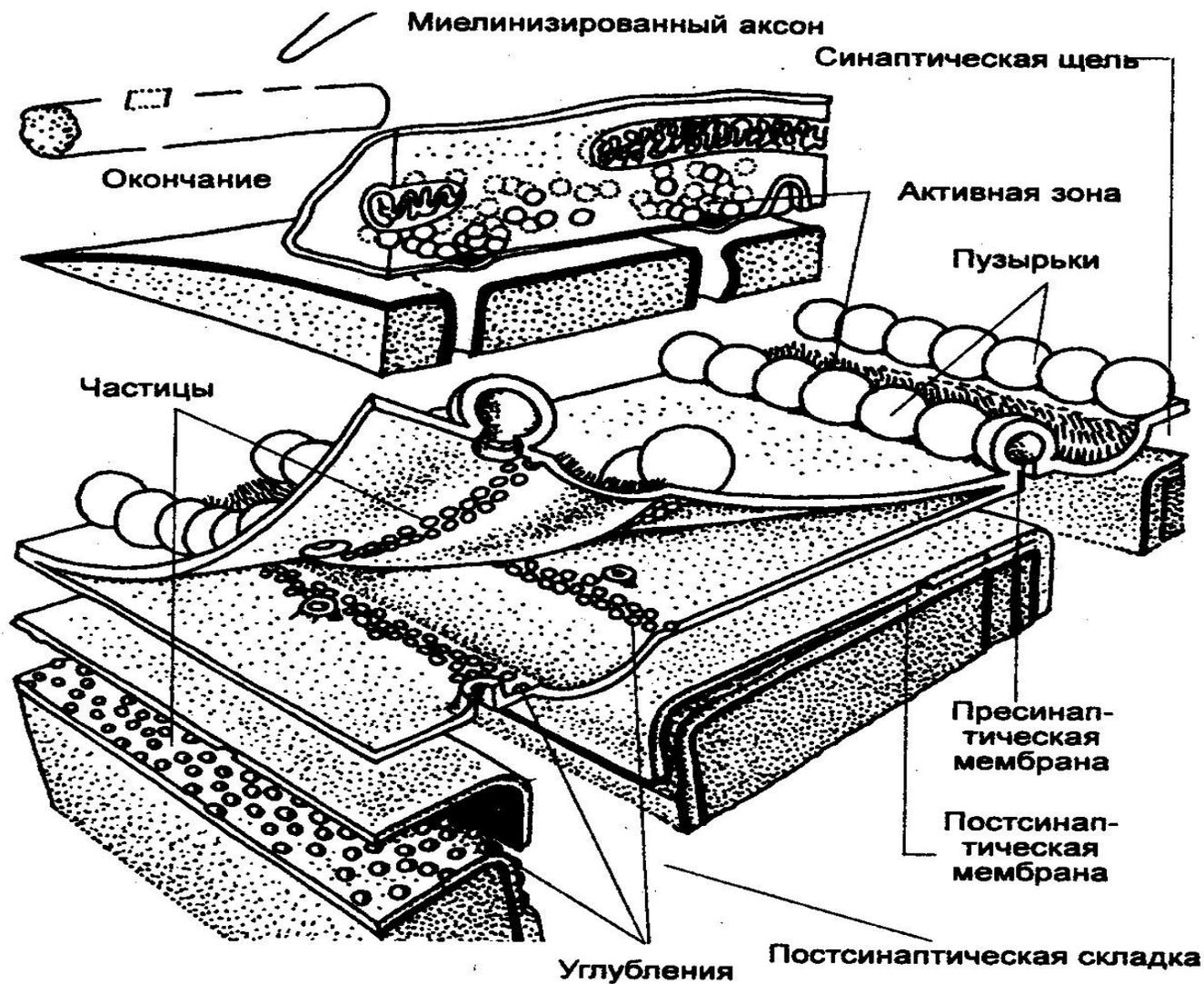


# Строение и работа возбуждающего (электротонического) синапса

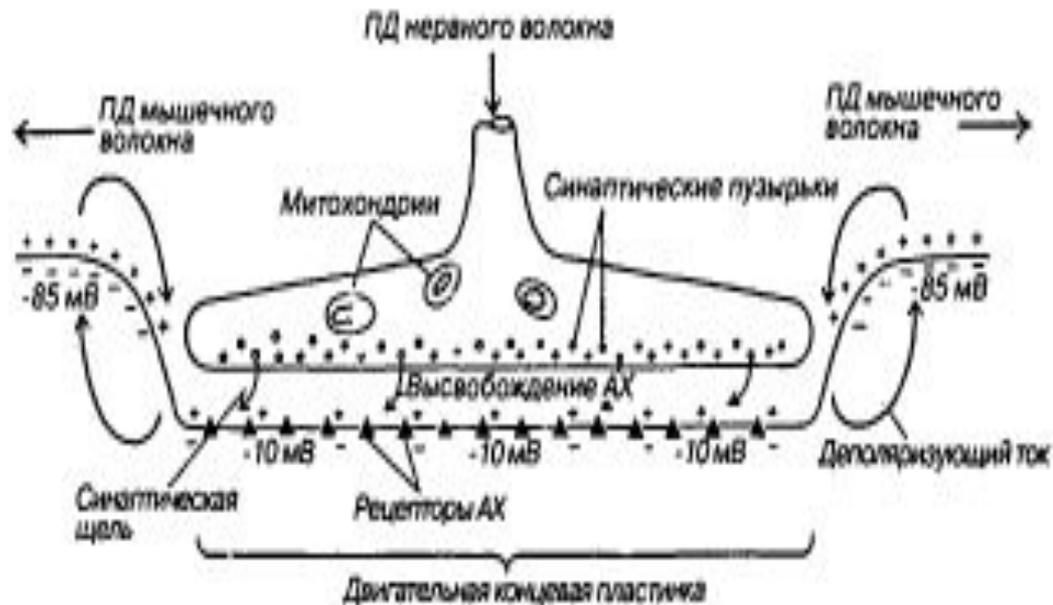


- А — раздражение постсинаптической клетки (2) петлей тока ПА пресинаптической клетки (1); Б — участок близкого прилегания пре- (1) и постсинаптической (2) мембран с поперечным каналом, обеспечивающим протекание ионного тока; В — соотношение во времени ( $t$ ) пре- (1) и постсинаптического (2) ПА. Стрелкой показано направление

# Ультраструктура нервно-мышечного синапса



# Нервно-мышечный синапс



# Факторы, определяющие концентрацию нейромедиатора в синаптической щели:

- Количество нейромедиатора, высвобождаемого пресинаптическим нервным окончанием.
- Пассивная диффузия медиатора по градиенту концентрации из синаптической щели в соседние участки внеклеточной жидкости.
- Активный захват нейромедиатора транспортными белками, находящимися на плазматической мембране соседних нейронов.
- Расщепление нейромедиатора ферментами, находящимися в пресинаптической щели или на плазматической мембране пресинаптического или постсинаптического нейронов.

# Синаптическая задержка

- Время от прихода нервного импульса до развития постсинаптического ответа в химическом синапсе составляет около 0,2 – 0,5 мс, причем основная часть этого времени тратится на процесс секреции медиатора.

# Возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП)

- локальный потенциал, который электротонически распространяется по мембране. С помощью внутриклеточных микроэлектродов и методики фиксации потенциала можно изучить токи, проходящие через активируемую постсинаптическую мембрану. В подобных экспериментах, варьируя ионный состав среды, установили, что *Ax открывает в постсинаптической мембране каналы, пропускающие катионы  $Na^+$ ,  $K^+$ , но не пропускающие анионы  $Cl^-$ .*

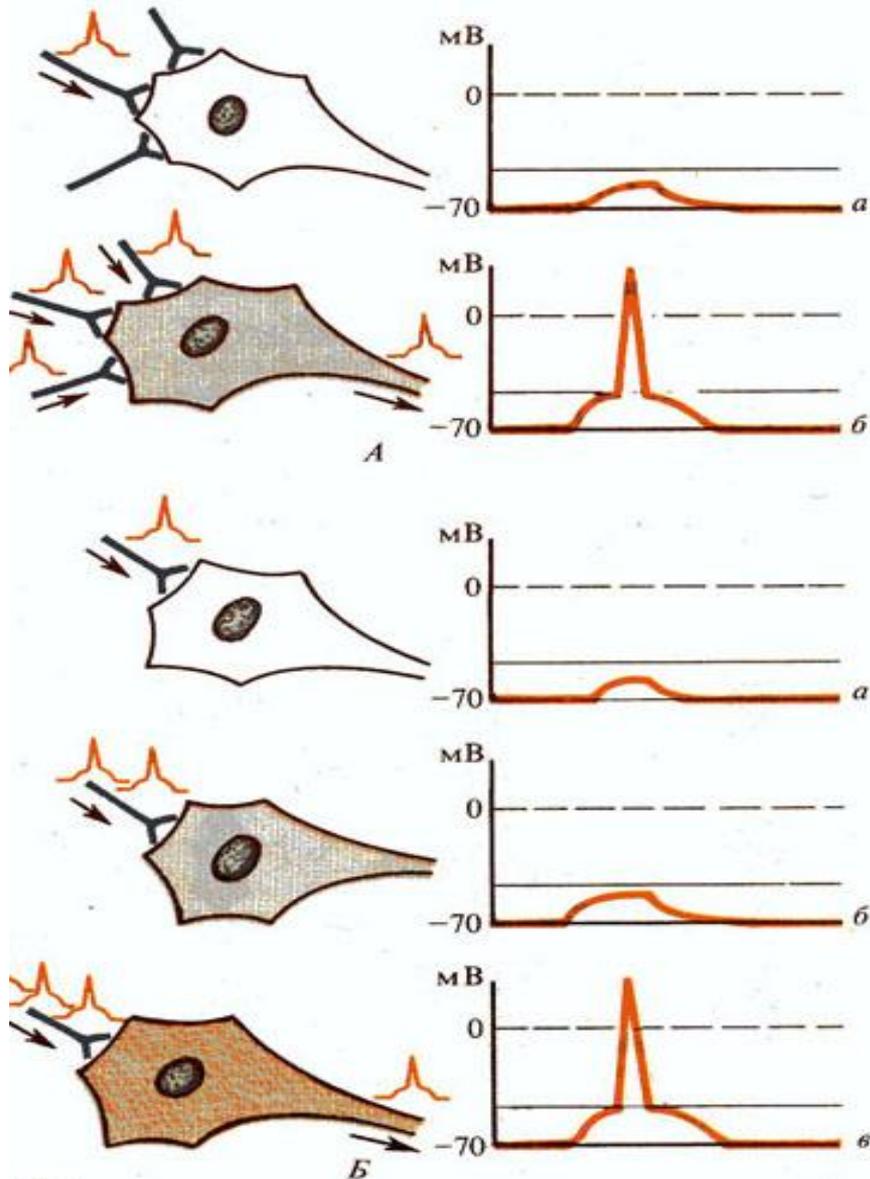
# Синаптическим торможением

- обозначают влияние пресинаптической нервной клетки, прекращающее или предотвращающее возбуждение постсинаптической нервной клетки.

# Тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП)

- имеет вид гиперполяризации
- развитие ТПСП связано со значительным увеличением ионной проводимости
- развивается при низком мембранном потенциале покоя и обычной внутриклеточной концентрации  $\text{Cl}^-$  (хлорный шунт)

# Явление суммации:



- **А — пространственная суммация в результате одновременно наносимых раздражений:**

а — передача возбуждения с одного аксона (уменьшение мембранного потенциала),

б — передача возбуждения с трех аксонов и генерация потенциала действия;

- **Б — временная суммация в результате последовательно наносимых раздражений:**

а - одно раздражение,

б - два раздражения,

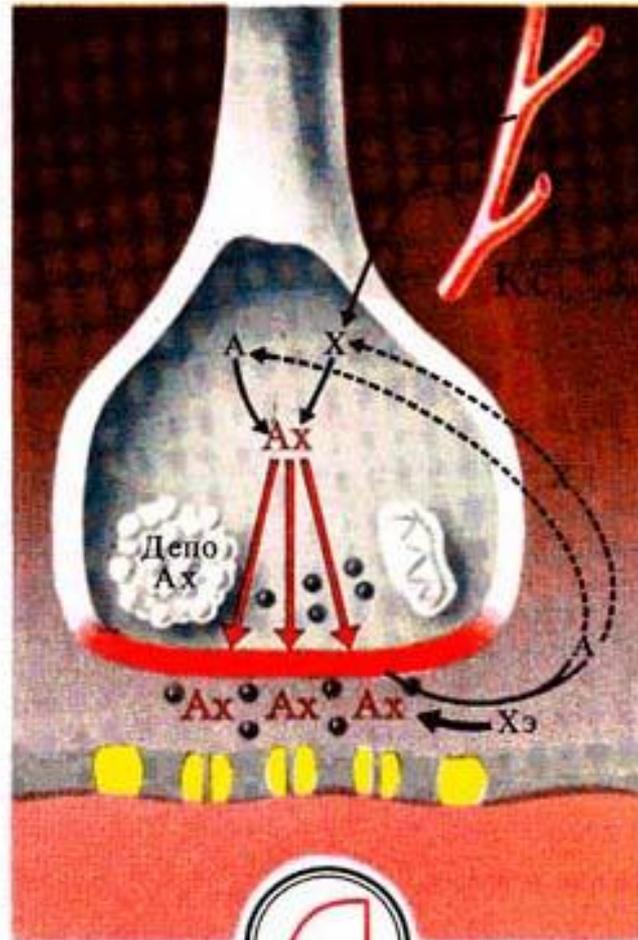
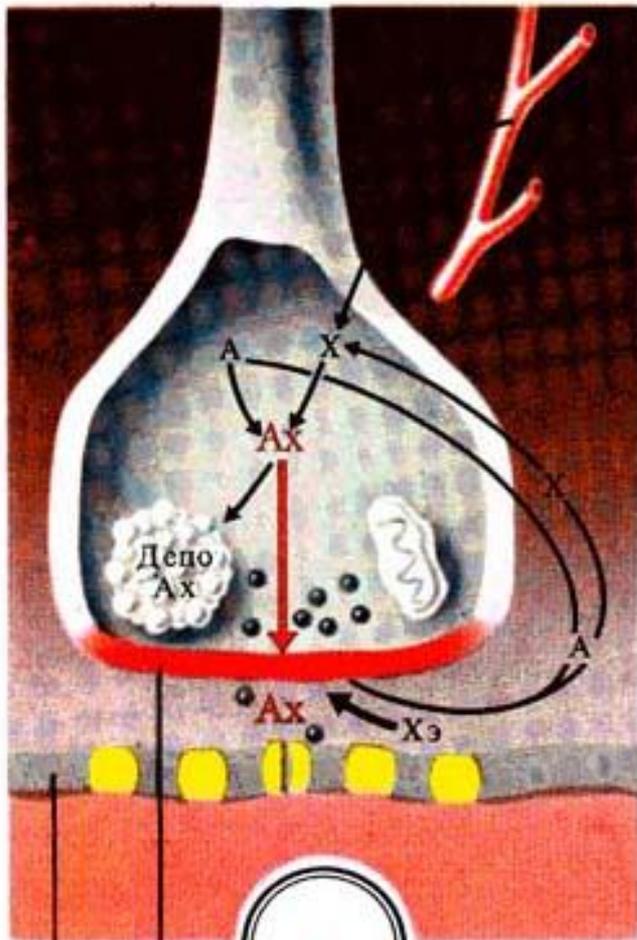
в - три раздражения и генерация потенциала действия.

● **Временная суммация** представляет собой суммарное воздействие нескольких ВПСП или ТПСП, исходящих из одного и того же пресинаптического нейрона, на мембранный потенциал постсинаптического нейрона. Например, повторное раздражение возбуждающего нейрона с последующей суммацией ВПСП может вызвать пороговую деполяризацию и генерацию потенциала действия. При этом между двумя ВПСП нет периода рефрактерности, поскольку каждый из них приводит лишь к небольшому увеличению деполяризации мембраны, недостаточному для активации  $\text{Na}^+$ -каналов. Это позволяет многочисленным ВПСП оказывать суммарное деполяризующее воздействие на мембранный потенциал постсинаптического нейрона.

● **Пространственная суммация** представляет собой суммарное воздействие нескольких ВПСП или ТПСП, поступающих одновременно из разных пресинаптических нейронов, на мембранный потенциал постсинаптического нейрона (т.е. химические сигналы исходят из разных пространственных источников). При физиологических условиях пространственная и временная суммация участвуют в регуляции мембранного потенциала постсинаптического нейрона одновременно.

# Покой

# Возбуждение



Миниатюрный потенциал

ВПСП

Пресинаптическая мембрана

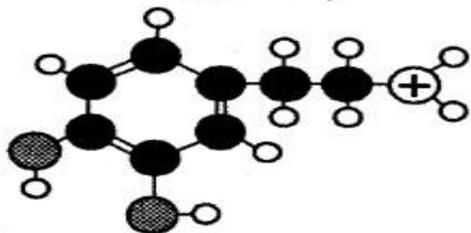
Постсинаптическая мембрана

# Нейромедиаторы (нейротрансмиттеры)

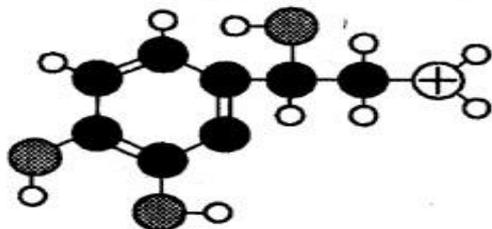
- *Нейромедиаторы - биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача электрического импульса с нервной клетки через синаптическое пространство.*
- Нейромедиаторы характеризуются способностью реагировать со специфическими белковыми рецепторами клеточной мембраны , инициируя цепь биохимических реакций, вызывающих изменение трансмембранного тока ионов, что приводит к деполяризации мембраны и возникновению потенциала действия.

МОНОАМИНЫ

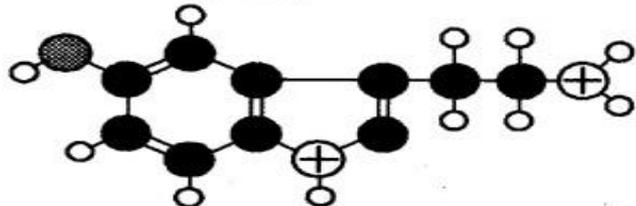
Дофамин



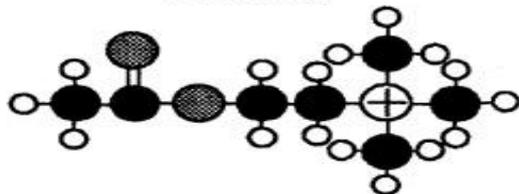
Норадреналин



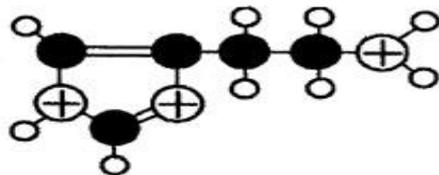
Серотонин



Ацетилхолин

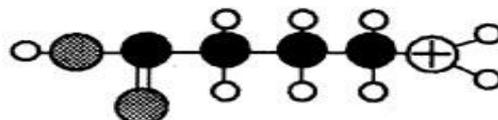


Гистамин

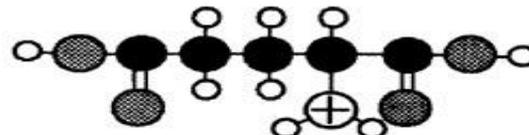


АМИНОКИСЛОТЫ

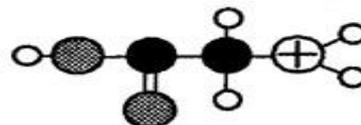
γ-аминомасляная кислота



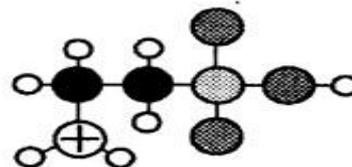
Глутаминовая кислота



Глицин



Таурин



● Углерод

● Кислород

⊕ Азот

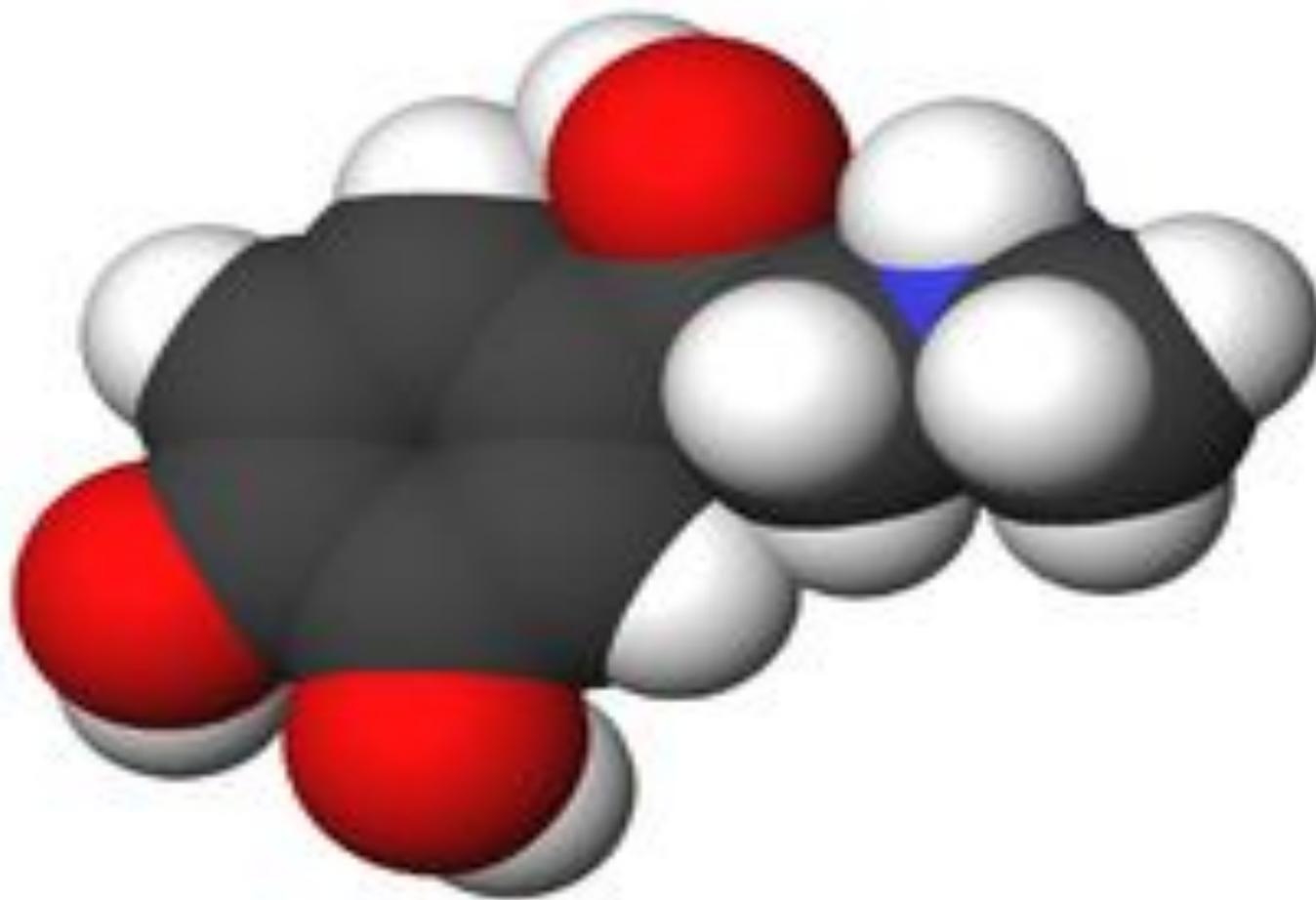
● Сера

○ Водород

# Ацетилхолин

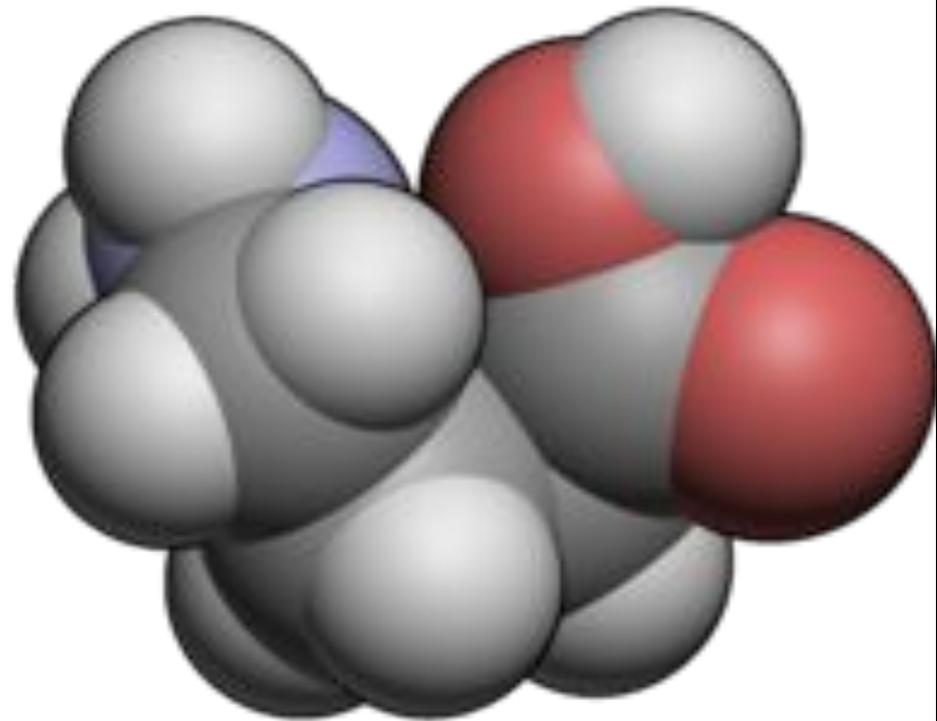
- Возбуждающий медиатор: медиатор  $\alpha$ -мотонейронов спинного мозга, иннервирующих скелетную мускулатуру, ретикулярной формации, гипоталамусе.
- Обнаружены М- и N- холинорецепторы.
- Тормозное влияние оказывают с помощью М-холинорецепторов в глубоких слоях коры большого мозга, в стволе мозга, хвостатом ядре.

Адреналин (эпинефрин) (L-1(3,4-  
Диоксифенил)-2-метиламиноэтанол)



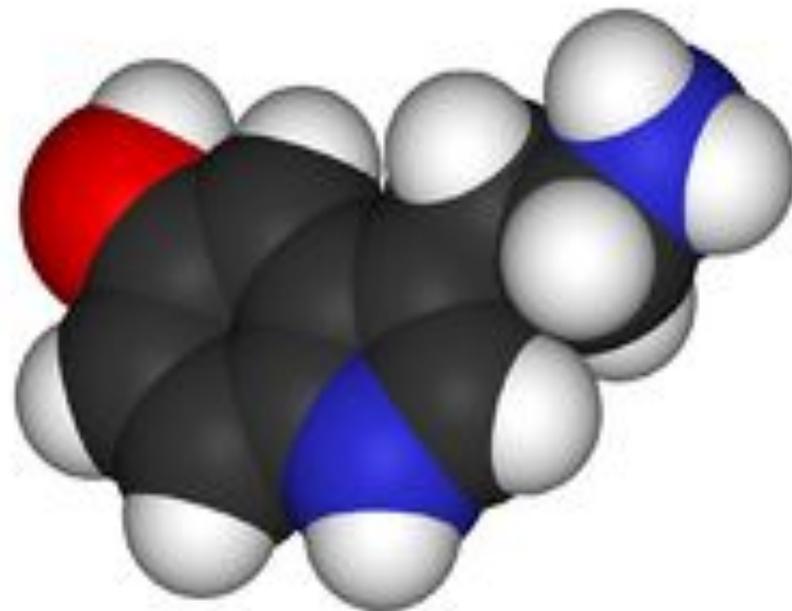
# γ-Аминомасляная кислота (ГАМК, GABA)

- Аминокислота, важнейший тормозной нейромедиатор центральной нервной системы человека и млекопитающих. Аминомасляная кислота является биогенным веществом. Содержится в ЦНС и принимает участие в нейромедиаторных и метаболических процессах в мозге.



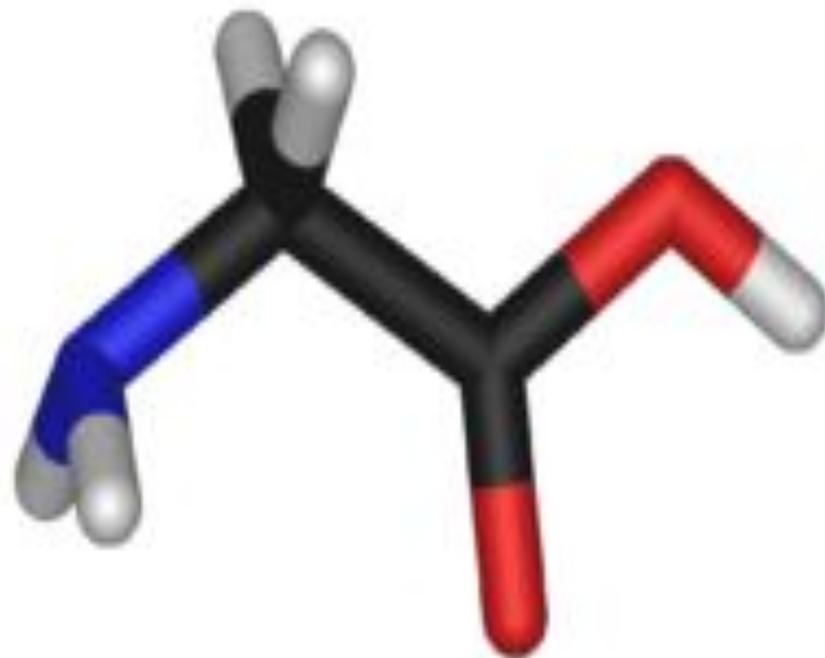
## Серотонин, 5-гидрокситриптамин, 5-НТ

● важный нейромедиатор и гормон. По химическому строению он относится к биогенным аминам, к классу триптаминов.



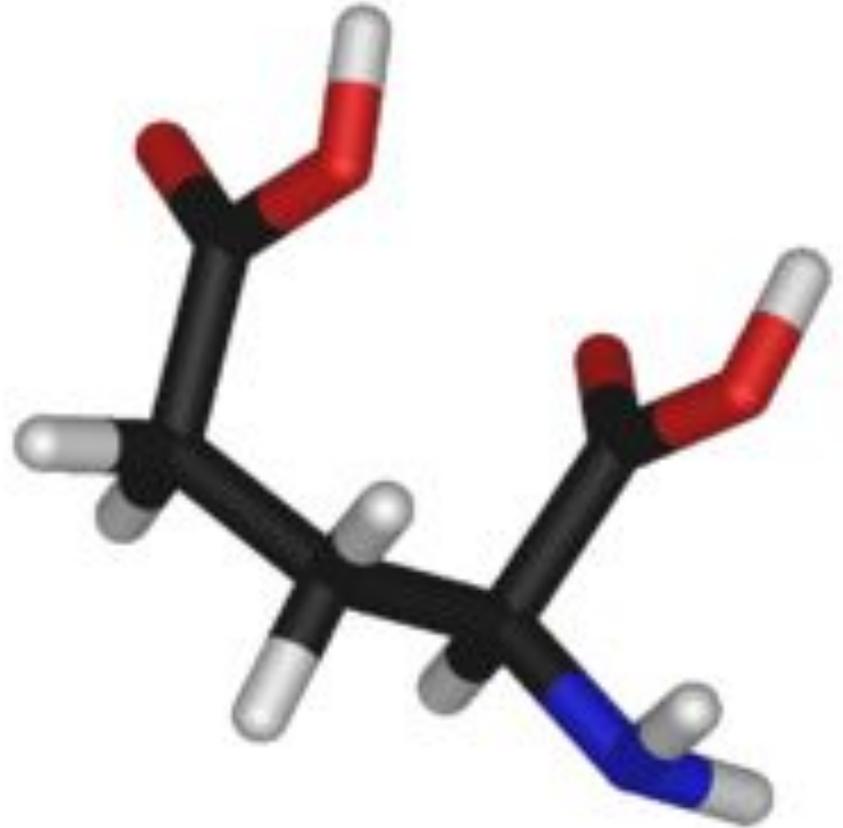
# Глицин (аминоуксусная кислота)

- является нейромедиаторной аминокислотой.
- Рецепторы к глицину имеются во многих участках головного мозга и спинного мозга и оказывают «тормозное» воздействие на нейроны, уменьшают выделение из нейронов «возбуждающих» аминокислот, таких как глутаминовая кислота и повышают выделение ГАМК



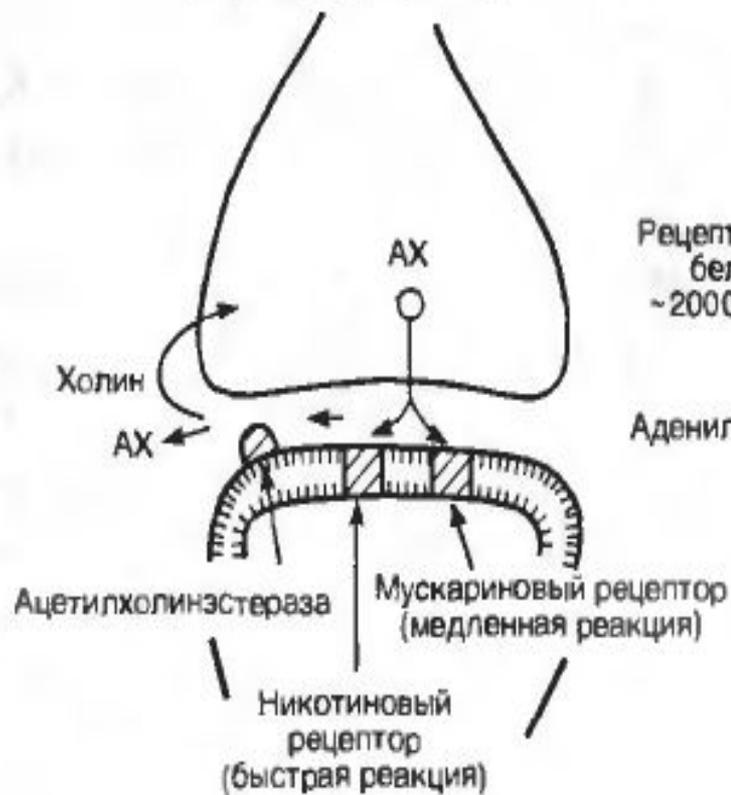
# Глутаминовая кислота

является нейромедиаторной аминокислотой одним из важных представителей класса «возбуждающих аминокислот». Связывание аниона глутамата со специфическими рецепторами нейронов приводит к возбуждению нейронов.

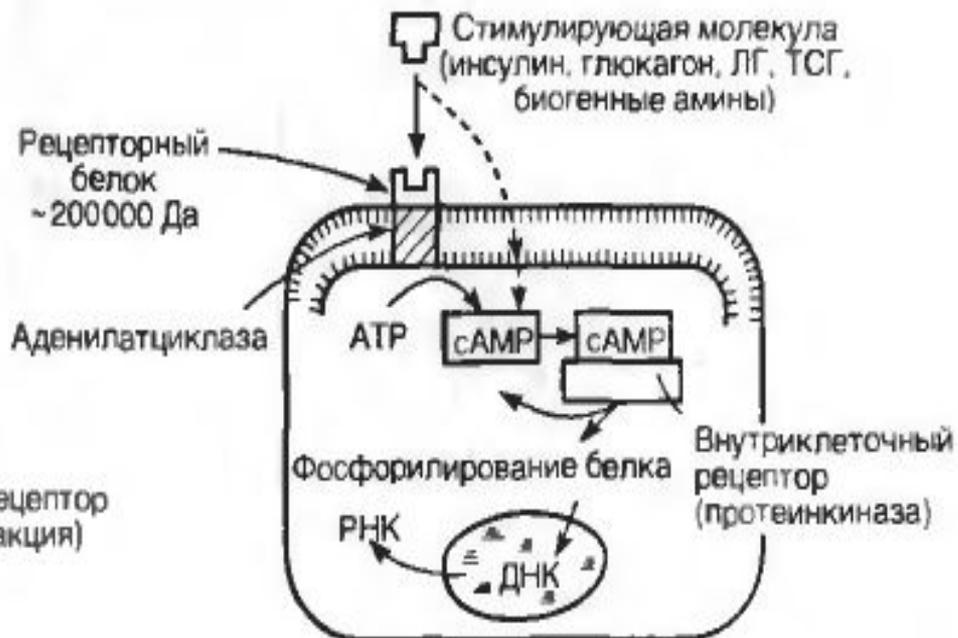


# Молекулярные механизмы рецепции различных нейроактивных веществ

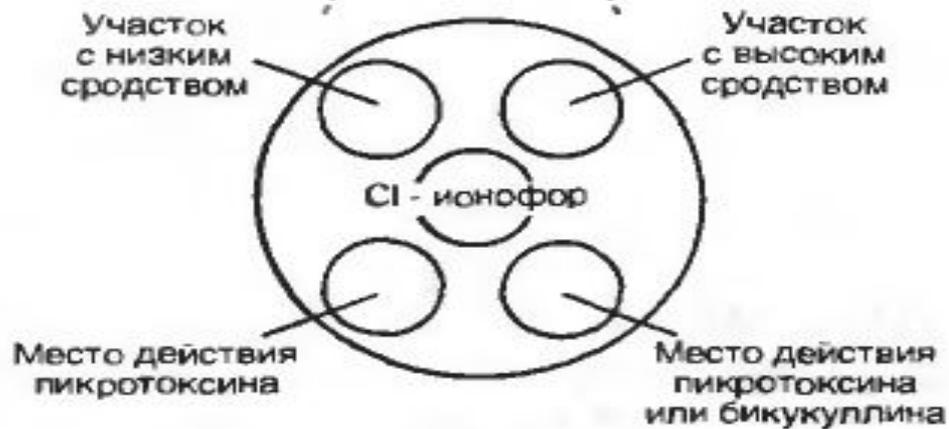
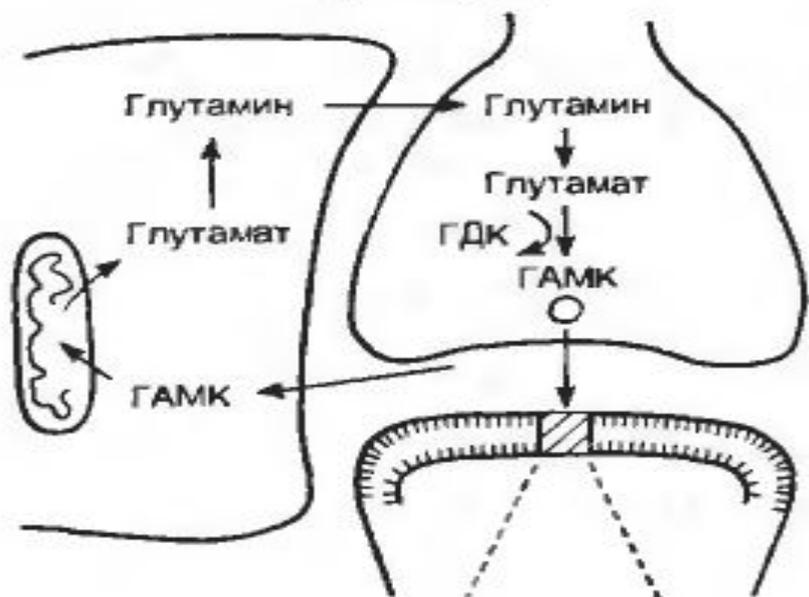
## А. Ацетилхолин



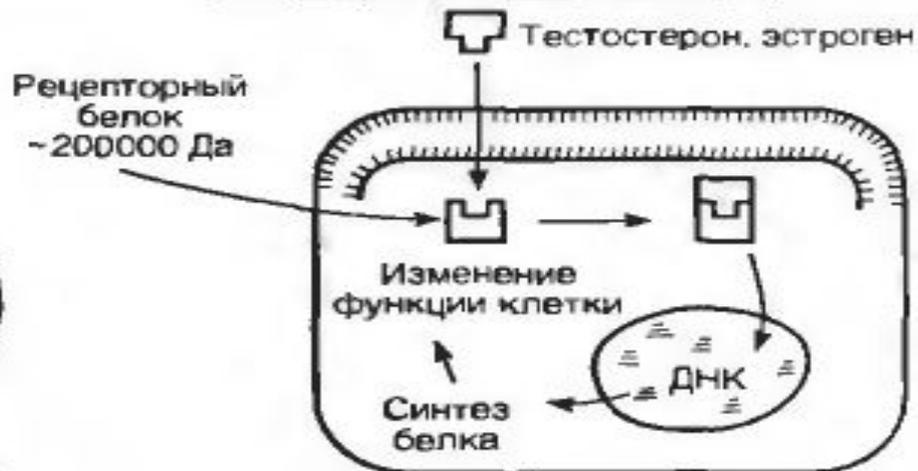
## В. Биогенные амины, пептиды



### Б. ГАМК



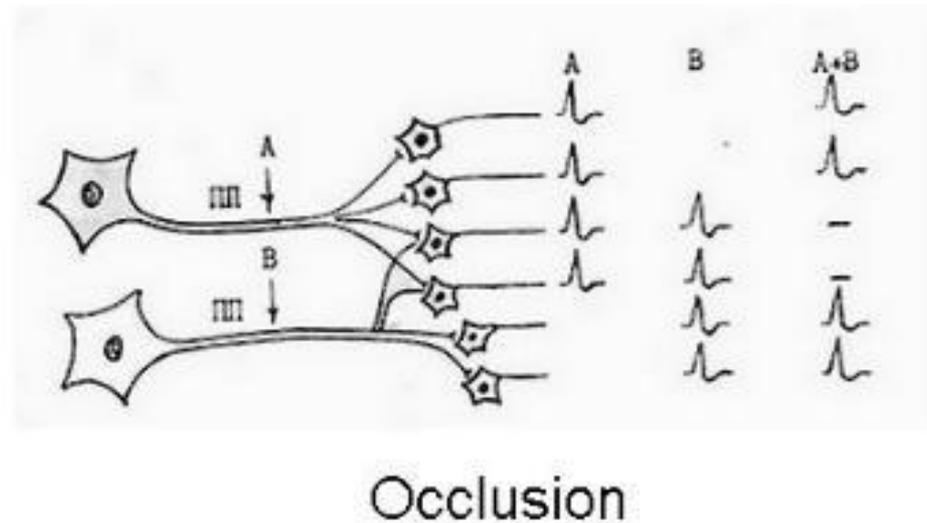
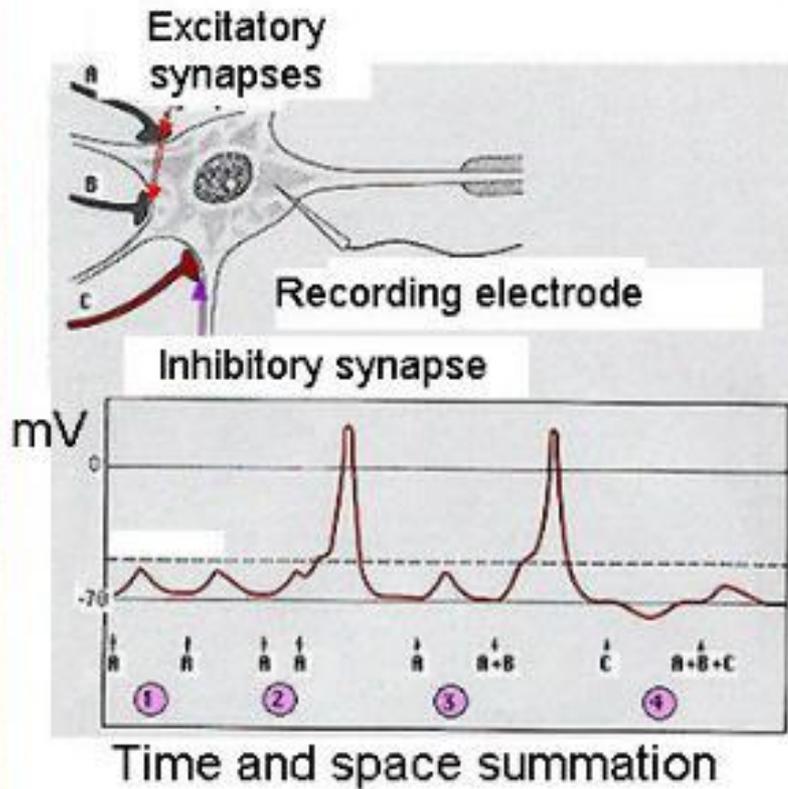
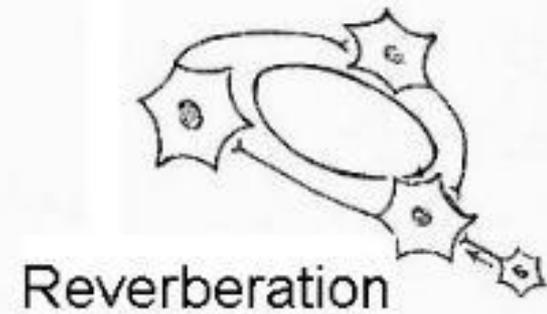
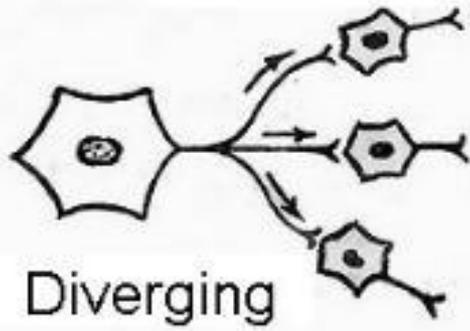
### Г. Стероидные гормоны



### Д. Тироксин/Экдизон



# Peculiarities of spreading impulses in neuronal chains



**Спасибо за внимание!**

---