



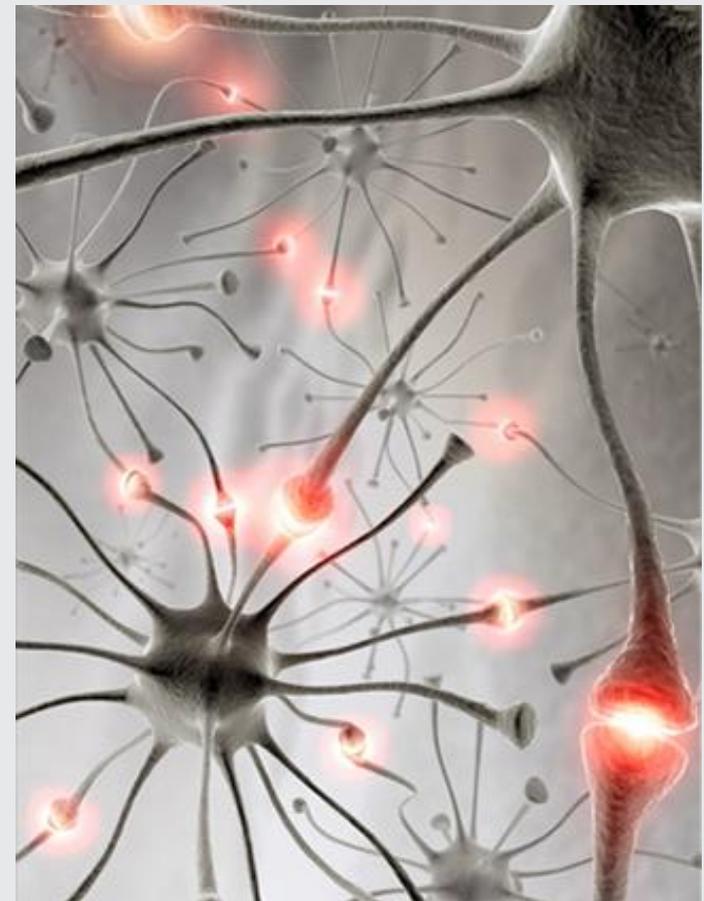
***Происхождение и химическая  
природа нейромедиаторов.***

***Строение синапса. Проведение  
нервного импульса.***

Подготовила студентка магистратуры  
1 года обучения  
Андреевская Т. С.  
Н. Ц. «Нанобиобезопасность»

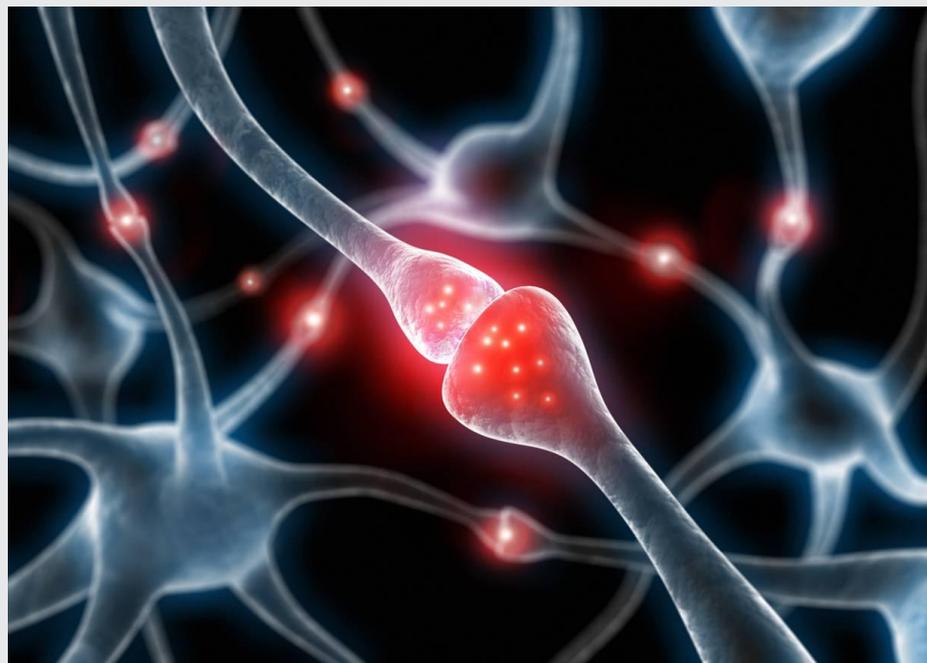
# *Как передается возбуждение от одного нейрона другому или от нейрона, например, на мышечное волокно?*

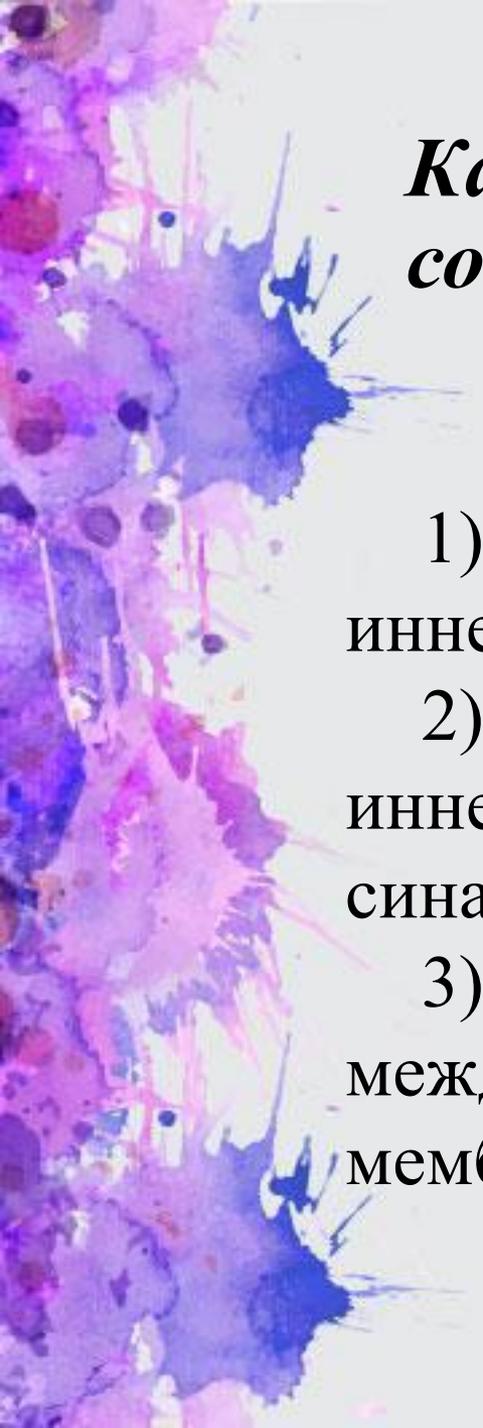
Отросток нейрона - аксон направляется к другому нейрону или исполнительному органу и образует на нем контакт, который называют *синапсом* (в переводе с греческого - контакт).



# *Синапс*

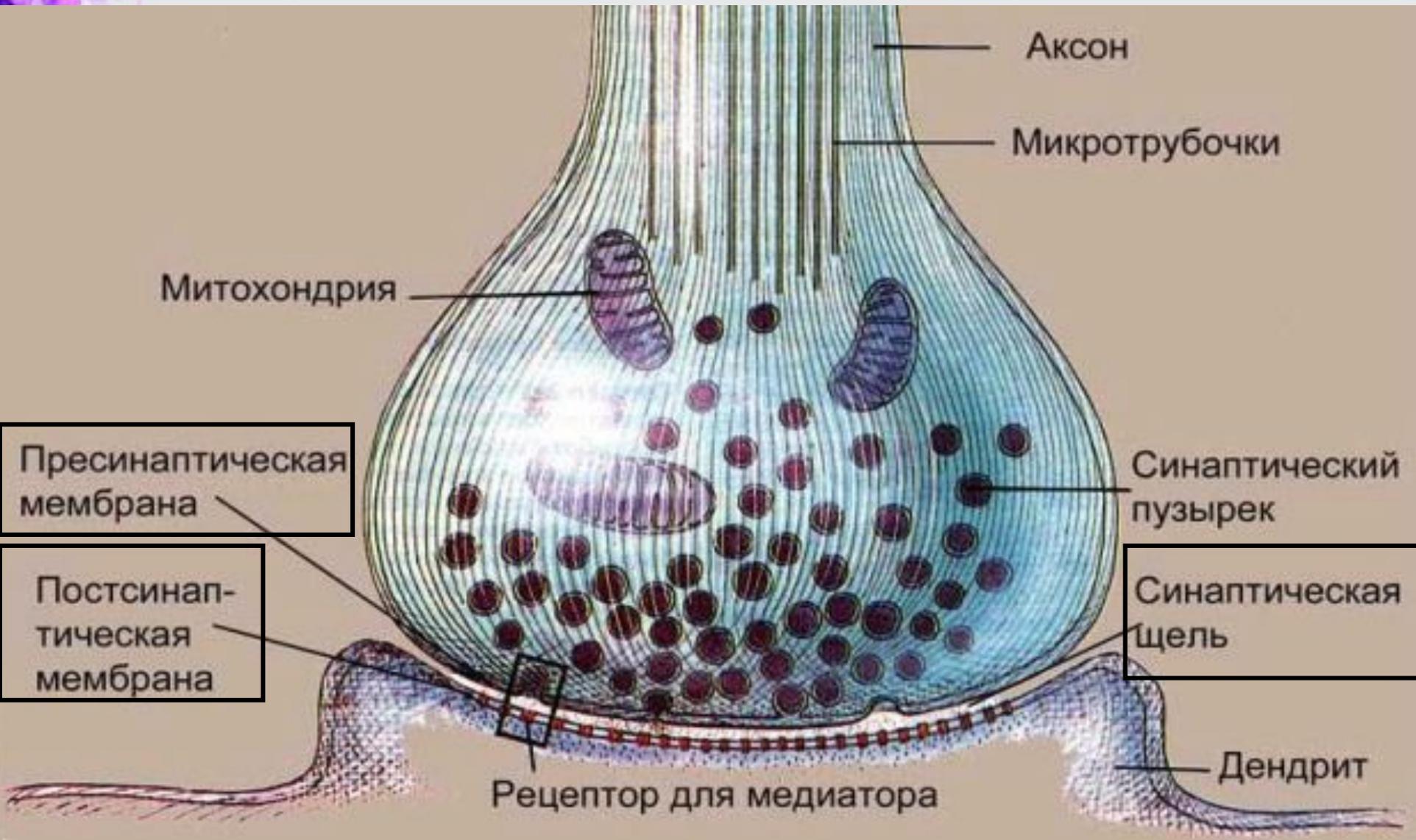
- это структурно-функциональное образование, обеспечивающее переход возбуждения или торможения с окончания нервного волокна на иннервируемую клетку. Один нейрон получает такие контакты, как правило, от нескольких тысяч (3 - 10 тыс.) других нейронов.





***Каждый синапс имеет в своем составе:***

- 1) ***пресинаптическую мембрану*** (мембрана иннервирующей нервной клетки);
- 2) ***постсинаптическую мембрану*** (мембрана иннервируемой клетки, на которой образован синапс);
- 3) ***синаптическую щель*** (пространство между пресинаптической и постсинаптической мембраной).



# *Классификация синапсов:*

## *По локализации:*

- 1) центральные синапсы (лежат в пределах центральной нервной системы);
- 2) периферические синапсы.

## *По механизмам передачи возбуждения в синапсах:*

- 1) химические;
- 2) электрические.

## *Функциональная классификация синапсов:*

- 1) возбуждающие синапсы;
- 2) тормозные синапсы.

# *Центральные синапсы*

– это контакты между двумя нервными клетками, причем эти контакты неоднородны и в зависимости от того, на какой структуре первый нейрон образует синапс со вторым нейроном, различают:

- 1) аксо-соматический синапс, образованный аксоном одного нейрона и телом другого нейрона;
- 2) аксо-дендритный синапс, образованный аксоном одного нейрона и дендритом другого;
- 3) аксо-аксональный синапс - аксон одного нейрона образует синапс на аксоне второго нейрона;
- 4) дендро-дендритный синапс - дендрит одного нейрона образует синапс на дендрите другого
- 5) аксо-шипиковый синапс. Большинство возбуждающих синапсов локализуется в выростах дендритов, содержащих большое количество актина и называемых шипиками. При многих типах умственной отсталости у детей, в том числе при трисомиях, таких как синдром Дауна или трисомия хромосомы 13, отмечена аномальная морфология шипиков, уменьшение их плотности и всего дендритного поля.



Аксо-аксональный  
синапс

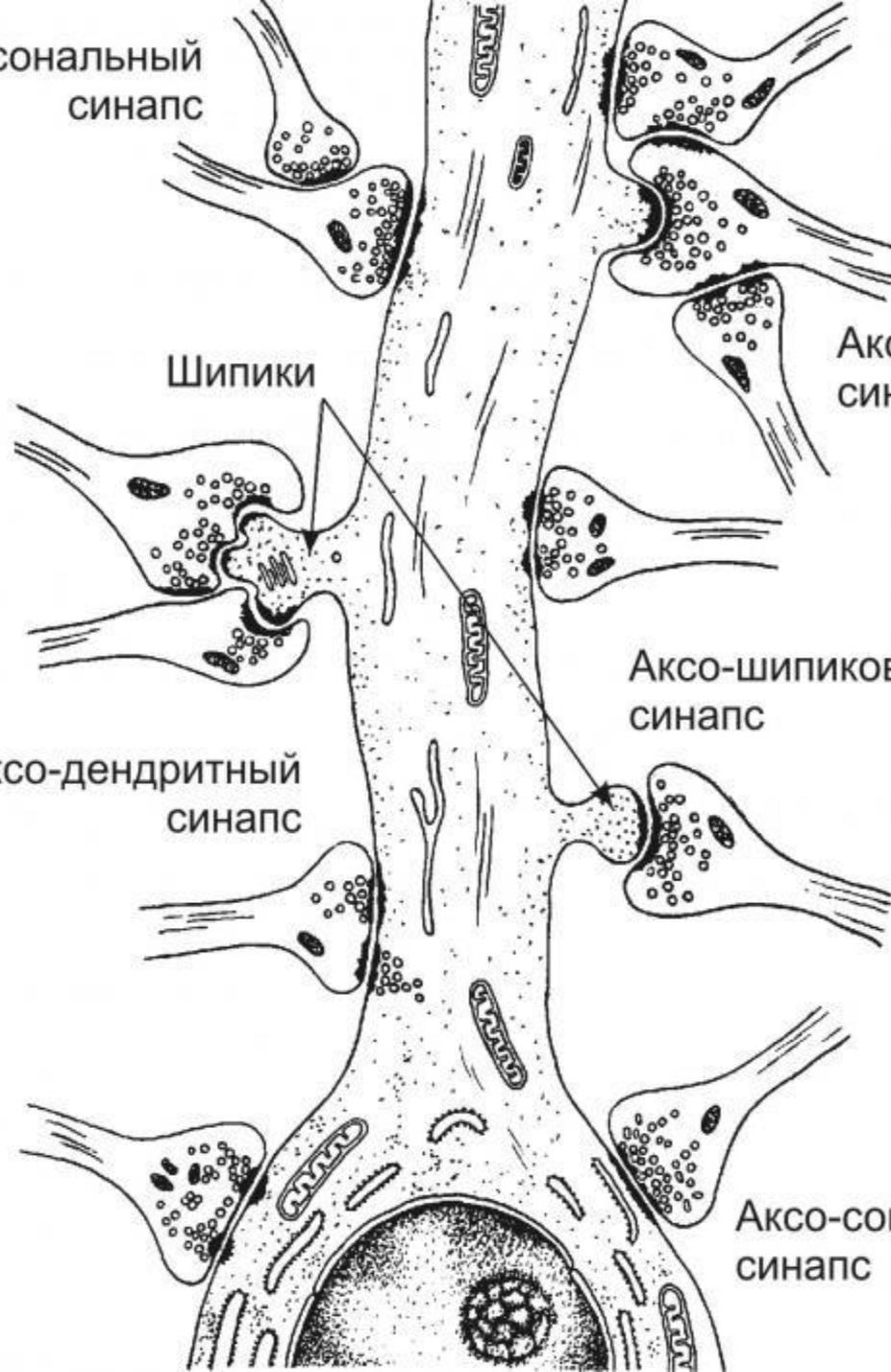
Шипики

Аксо-аксональный  
синапс

Аксо-шипиковый  
синапс

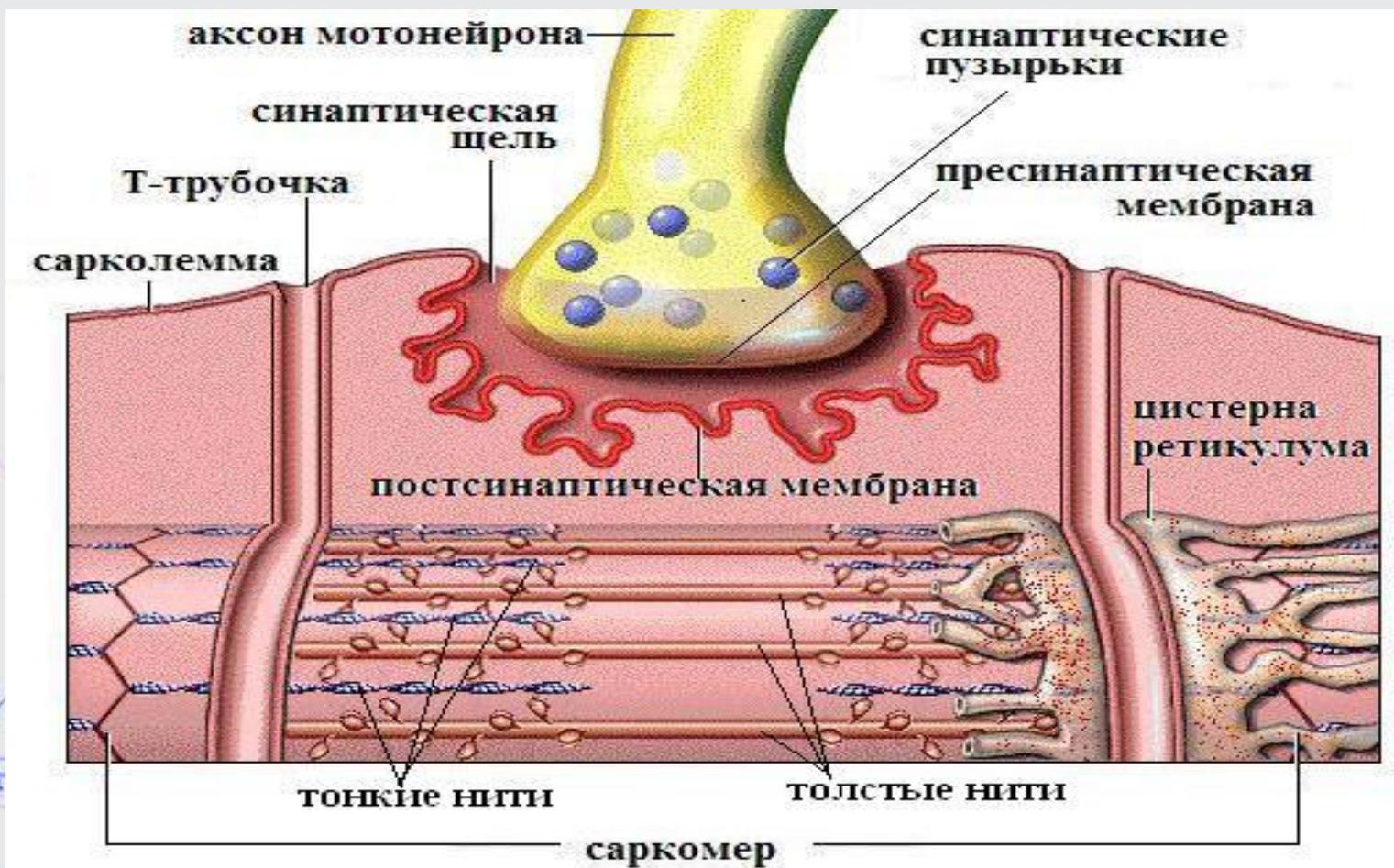
Аксо-дендритный  
синапс

Аксо-соматический  
синапс

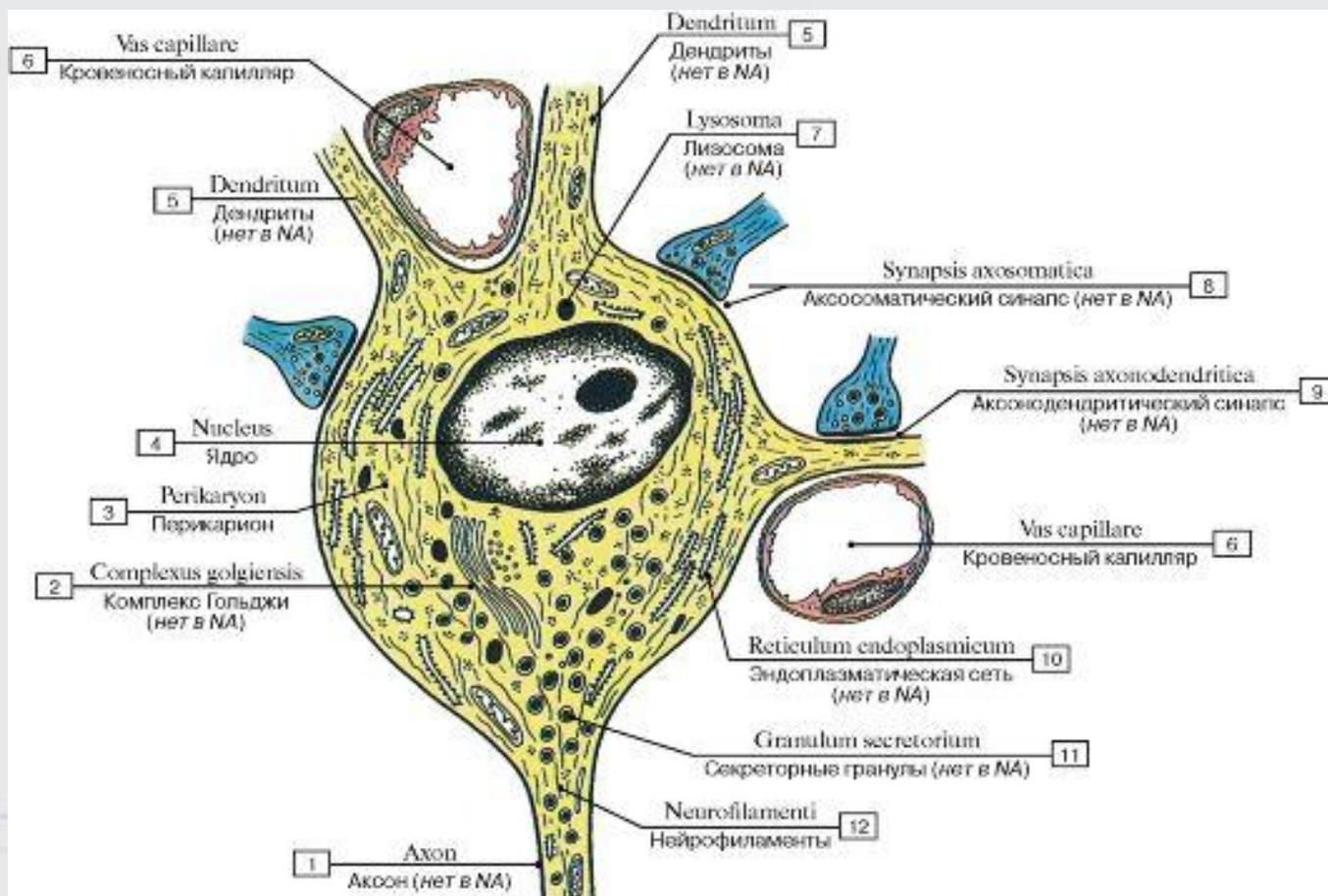


# Периферические синапсы:

1) нервно-мышечный синапс, образованный аксоном мотонейрона и мышечной клеткой;

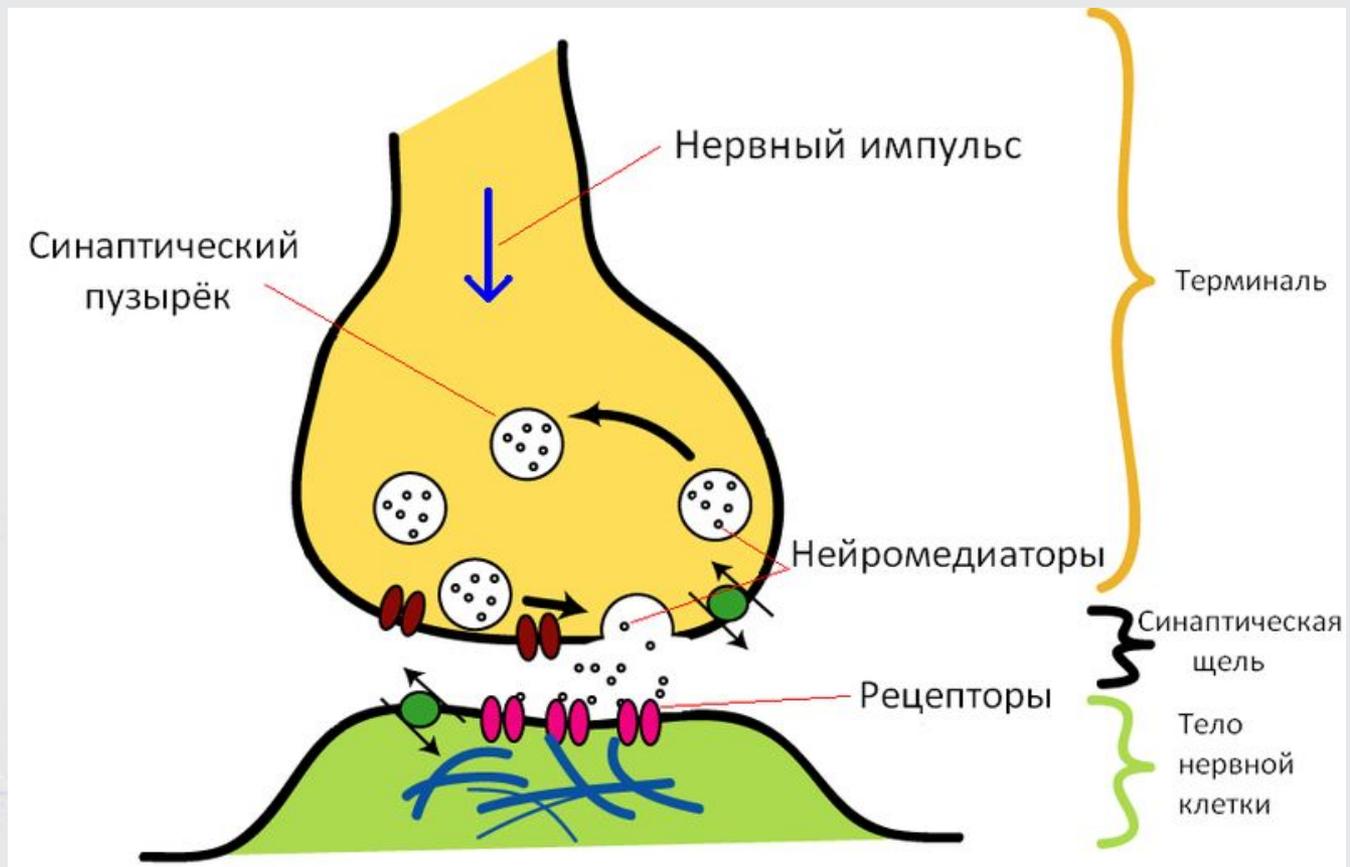


2) нервно-секреторный синапс,  
образованный аксоном нейрона и  
секреторной клеткой эндокринной железы.  
(Ультраструктура нейросекреторной клетки  
гипоталамуса)



# *Химические синапсы*

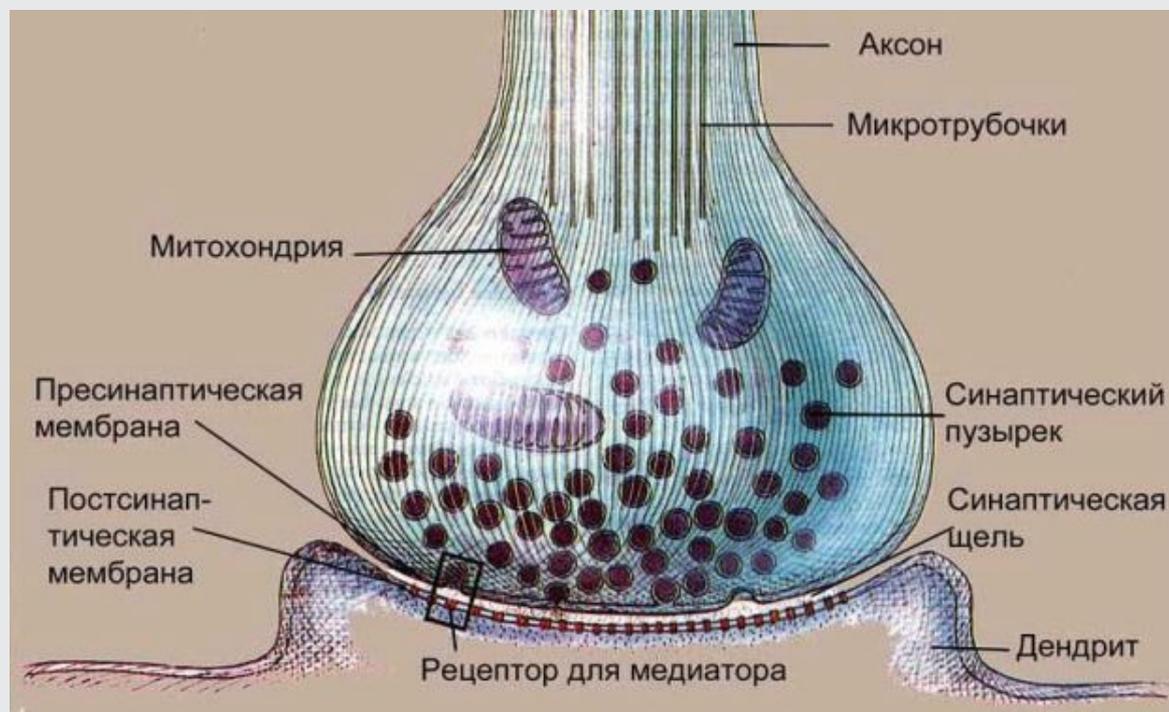
Особенность химических синапсов заключается в том, что передача возбуждения осуществляется при помощи особой группы химических веществ — медиаторов.



# Нейромедиаторы

— это химические соединения, которые, связываясь с рецепторным белком, открывают или закрывают ионные каналы либо запускают каскады второго посредника.

Нейромодуляторы представляют собой химические посредники, которые напрямую не действуют на синапсы, но изменяют (модифицируют) чувствительность нейрона к синаптической стимуляции или к синаптическому торможению.



# Синтез нейромедиаторов

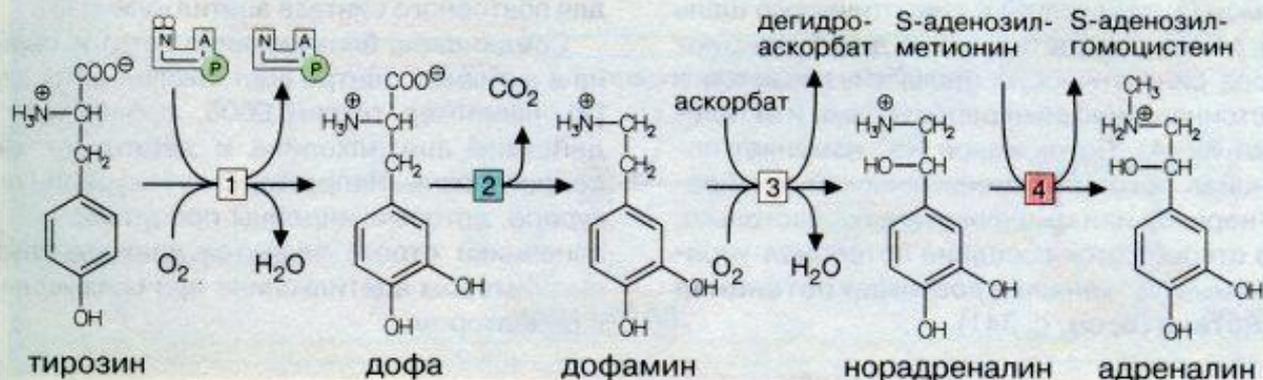


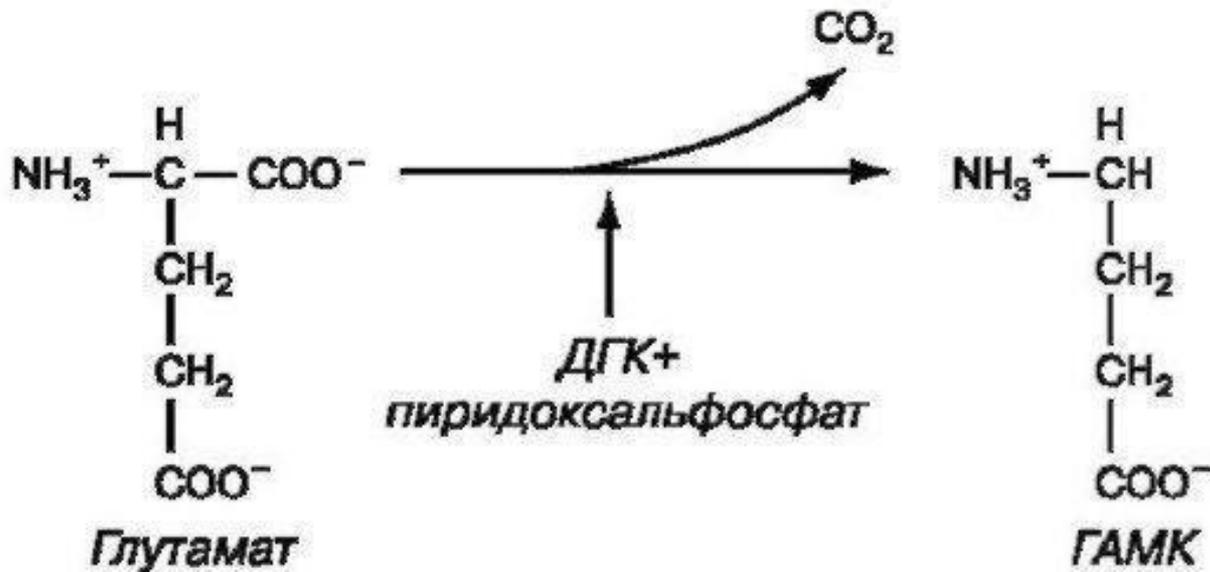
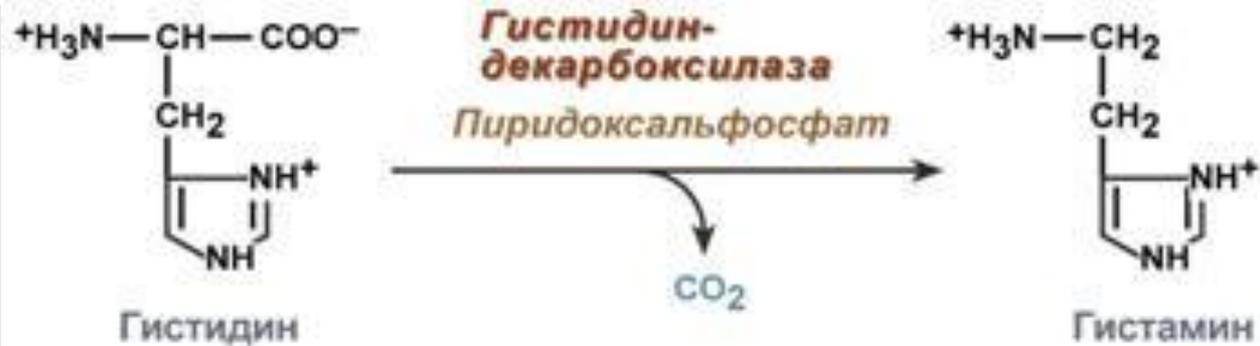
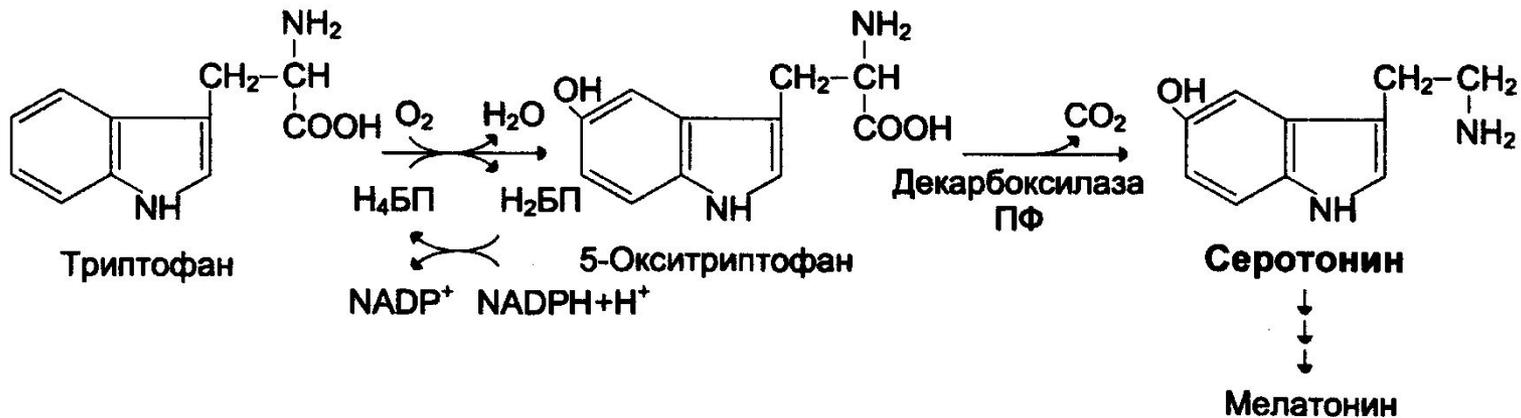
## Ацетилхолин



## БИОСИНТЕЗ ДОФАМИНА И ДРУГИХ КАТЕХОЛАМИНОВ

- 1 тирозин-3-монооксигеназа [ $\text{Fe}^{2+}$ , THV] 1.14.16.2    3 дофамин- $\beta$ -монооксигеназа [Cu] 1.14.17.1  
 2 декарбоксилаза ароматических-L-аминокислот (дофа-декарбоксилаза) [PLP] 4.1.1.28    4 фенилэтаноламин-N-метилтрансфераза 2.1.1.28





## ***Виды химических синапсов (по содержанию медиатора) :***

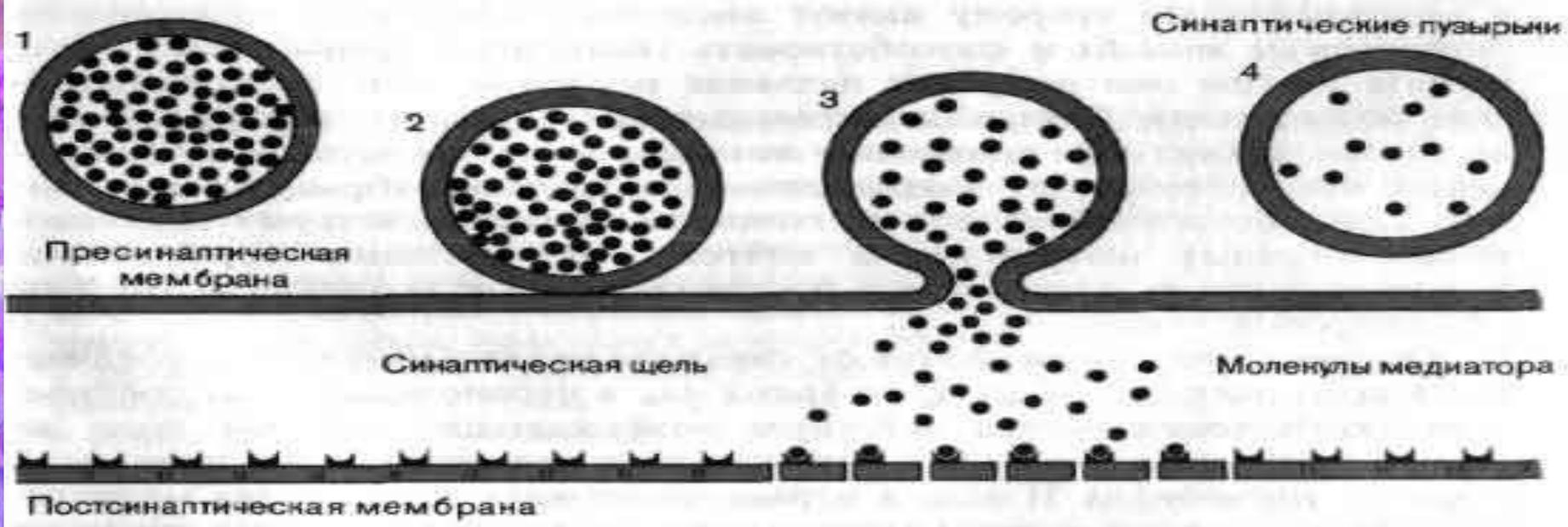
- 1) холинэргические, в них передача возбуждения происходит при помощи ацетилхолина;
- 2) адренэргические, передача возбуждения происходит при помощи адреналина или норадреналина;
- 3) дофаминэргические, передача возбуждения происходит при помощи дофамина;
- 4) гистаминэргические, передача возбуждения происходит при помощи гистамина;
- 5) ГАМКэргические, передача возбуждения происходит при помощи гаммааминомасляной кислоты.

# *Передача возбуждения в химическом синапсе*

Пришедший потенциал действия вызывает деполяризацию мембраны пресинапса. Деполяризация вызывает открытие кальциевых каналов. Ионы кальция из среды, окружающей синапс, входят внутрь пресинапса.

Попадая в цитоплазму синаптического окончания, кальций входит в связь с белками, образующими оболочку синаптических пузырьков, в которых хранится медиатор.

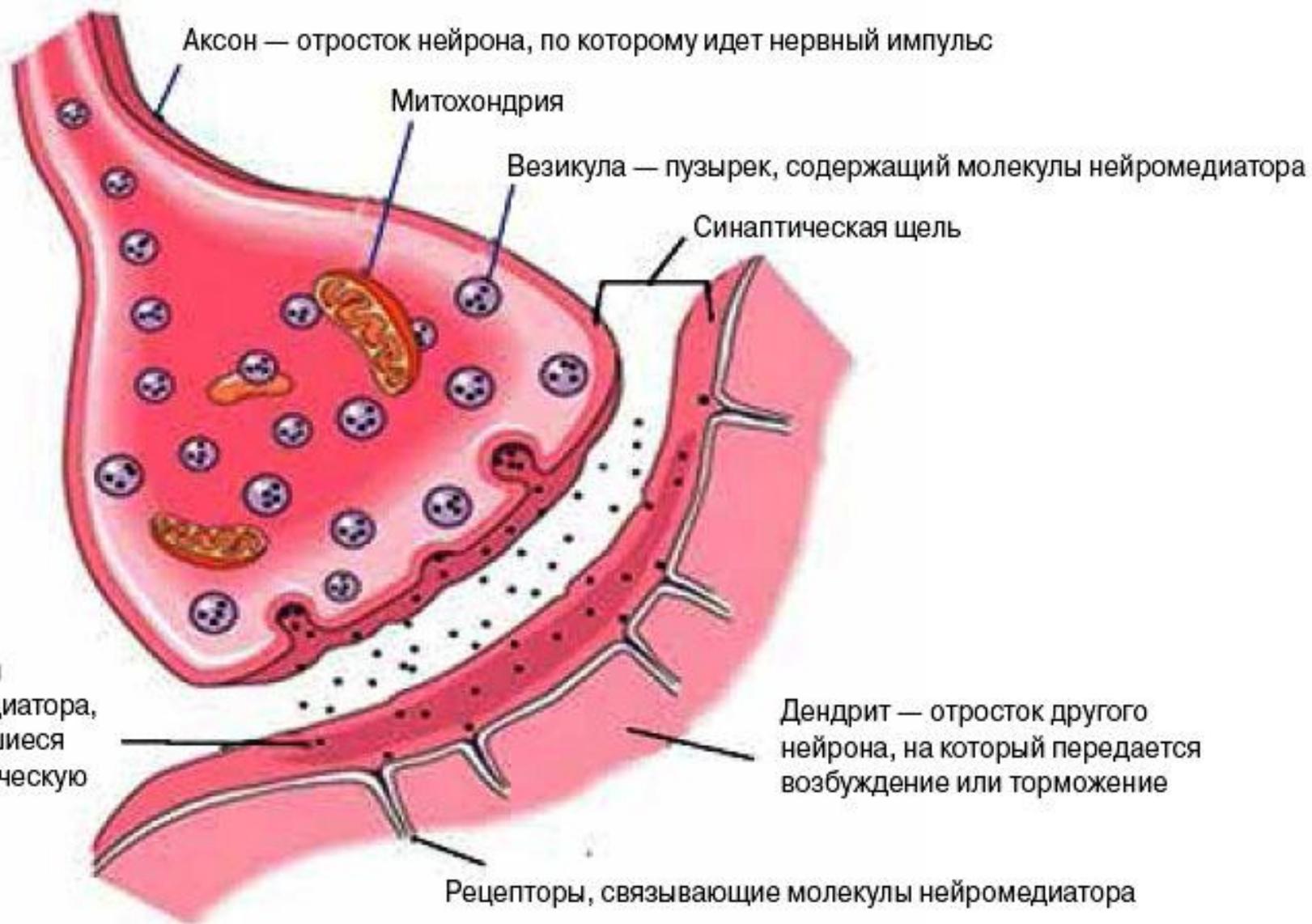
Ионы кальция стимулируют движение пузырьков к пресинаптической мембране. Достигая ее, пузырек разрывается, и освобождается ацетилхолин. В каждом синаптическом пузырьке содержится около 10000 молекул ацетилхолина (или 1 квант). Медиатор впрыскивается в синаптическую щель, которая отделяет мембрану одного нейрона от мембраны другого. Этот процесс называется экзоцитозом.





Далее молекулы медиатора начинают диффундировать (двигаться по градиенту концентрации) к постсинаптической мембране. Это довольно медленный процесс, он является причиной синаптической задержки. Достигнув постсинаптической мембраны, ацетилхолин связывается со специальными белковыми молекулами, которые находятся на мембране другого нейрона. Эти молекулы называются рецепторами. Рецепторы устроены уникально и связывают только один тип молекул медиатора, они подходят, как «ключ к замку».

Рецептор состоит из двух частей. Одну можно назвать «узнающим центром», другую - «ионным каналом». Если молекулы медиатора заняли определенные места (узнающий центр) на молекуле рецептора, то ионный канал открывается и ионы начинают входить в клетку (ионы натрия) или выходить (ионы калия) из клетки. Другими словами, через мембрану протекает ионный ток, который вызывает изменение потенциала на мембране. Этот потенциал получил название постсинаптического потенциала.

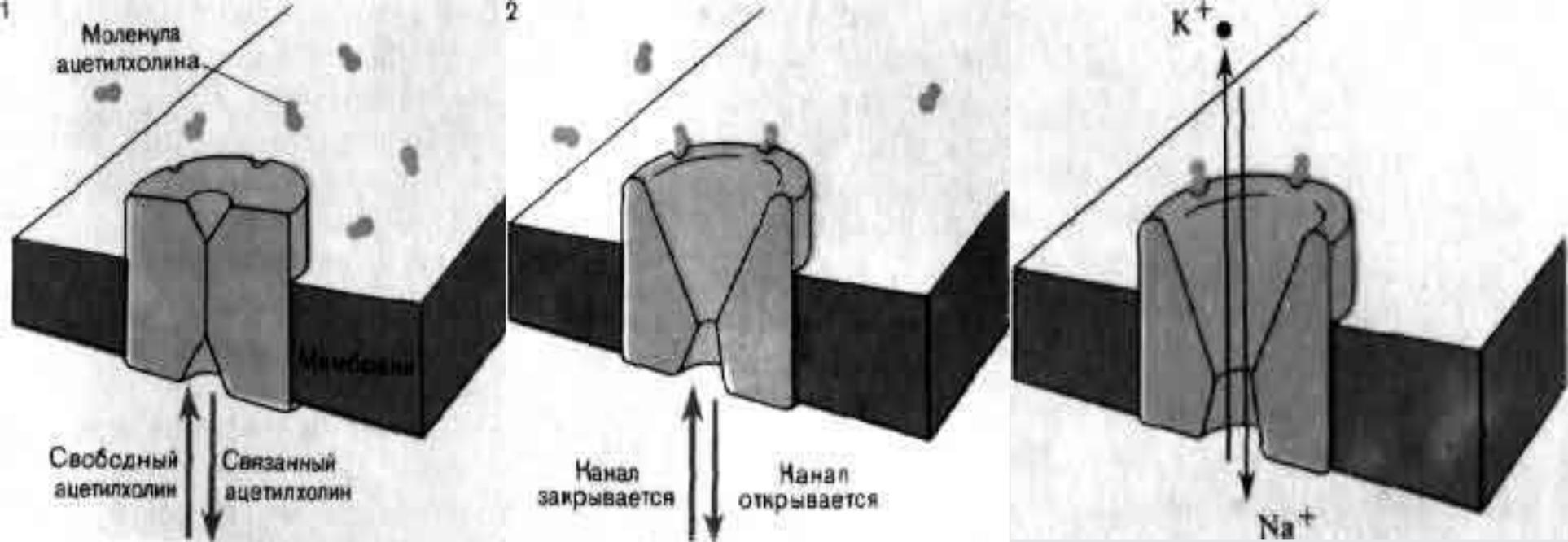


# Постсинаптический потенциал (ПСП)

— это временное изменение потенциала постсинаптической мембраны в ответ на сигнал, поступивший с пресинаптического нейрона.

Очень важным свойством описанных выше ионных каналов является то, что количество открытых каналов определяется количеством связанных молекул медиатора, а не потенциалом на мембране, как в случае с электровозбудимой мембраной нервного волокна.

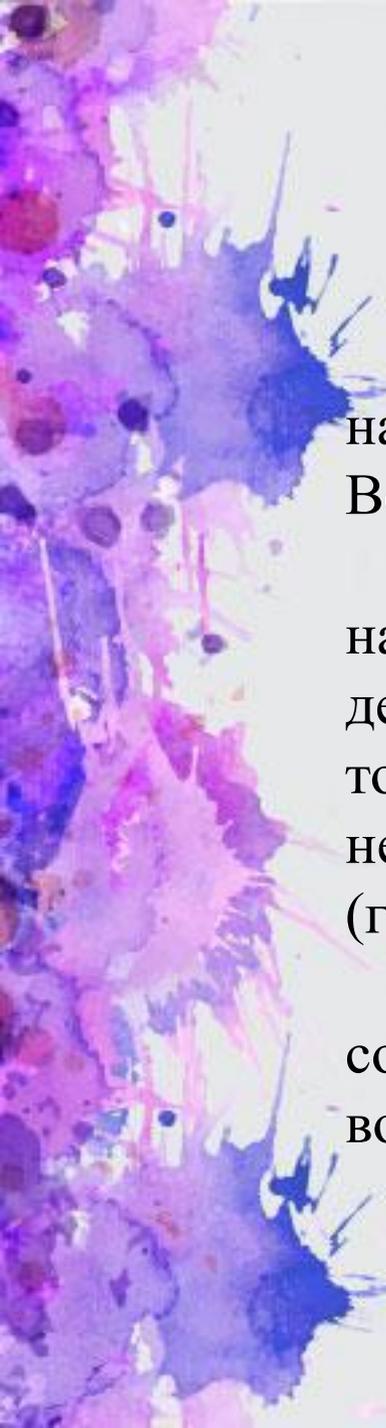
Таким образом, *постсинаптические потенциалы имеют свойство градуальности: амплитуда потенциала определяется количеством молекул медиатора, связанного рецепторами.* Благодаря этой зависимости амплитуда потенциала на мембране нейрона развивается пропорционально количеству открытых каналов.



На рисунке схематично изображен ацетилхолиновый рецептор в нервно-мышечном соединении лягушки. Две молекулы ацетилхолина быстро связываются с закрытым в покое каналом и формируют комплекс из рецептора и ацетилхолина (1, 2). Этот комплекс претерпевает конформационные изменения, в результате которых открывается канал для прохождения ионов натрия и калия(3). Время, необходимое для конформационных изменений комплекса, лимитирует скорость реакции. Канал остается открытым в среднем около 1 мс. Пока канал открыт, через него проходит около 20000 ионов натрия и равное количество ионов калия. Ацетилхолин быстро отделяется и разрушается ферментом ацетилхолинэстеразой.

# *Основные физиологические свойства химических синапсов:*

- 1) способность передавать возбуждение только в одном направлении с пресинаптической мембраны на постсинаптическую;
- 2) свойство синаптической задержки, связанное с тем, что скорость передачи возбуждения снижается;
- 3) свойство потенциации (каждый последующий импульс будет проводиться с меньшей постсинаптической задержкой). Это связано с тем, что на пресинаптической и постсинаптической мембране остается медиатор от проведения предыдущего импульса;
- 4) низкая лабильность синапса (100–150 импульсов в секунду)
- 5) низкая надежность. Наличие специфических хеморецептивных участков на постсинаптической мембране делает синапсы высокочувствительным к биологически активным веществам.



На мембране одного нейрона могут одновременно находиться два вида синапсов: тормозные и возбуждательные. Все определяется устройством ионного канала мембраны.

Мембрана возбуждательных синапсов пропускает как ионы натрия, так и ионы калия. В этом случае мембрана нейрона деполяризуется. Мембрана тормозных синапсов пропускает только ионы хлора и гиперполяризуется. Очевидно, что если нейрон заторможен, потенциал мембраны увеличивается (гиперполяризация).

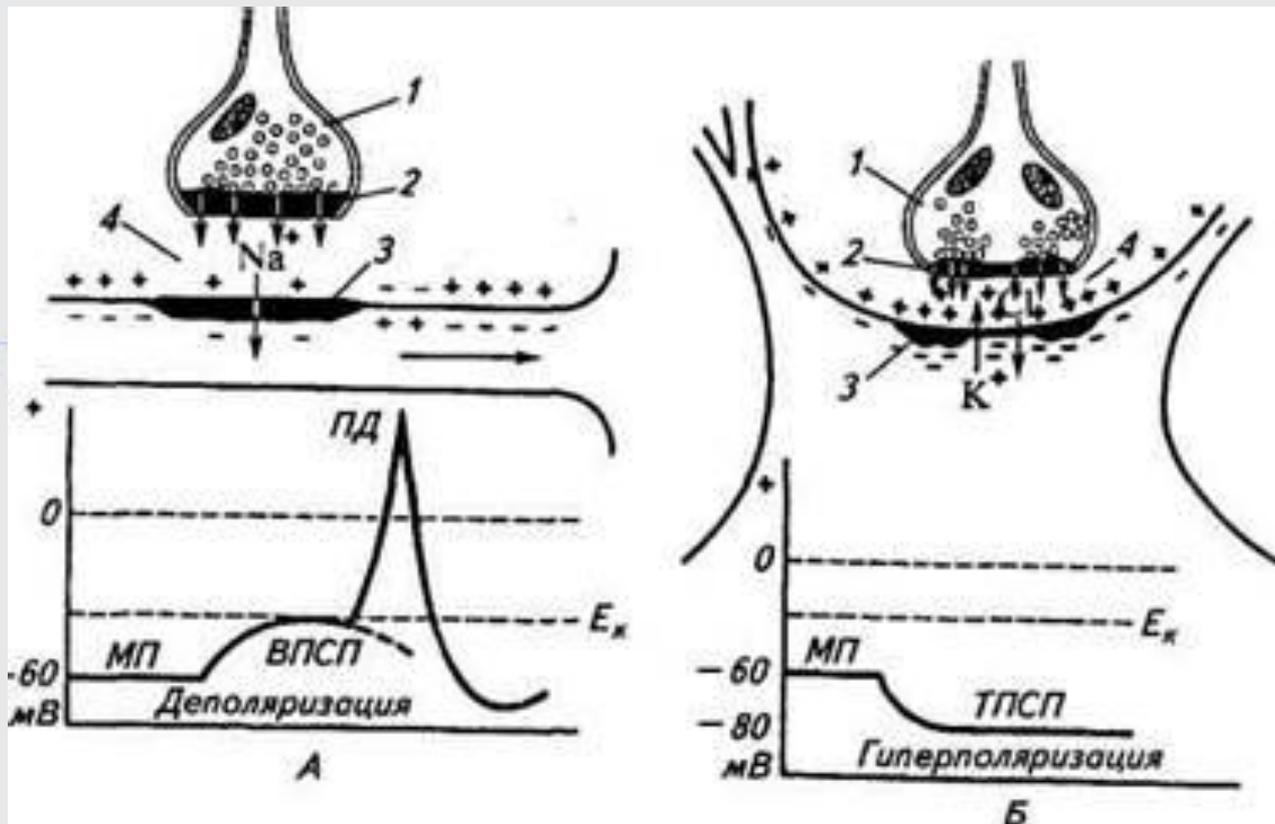
Таким образом, нейрон благодаря воздействию через соответствующие синапсы может возбудиться или прекратить возбуждение, затормозиться.



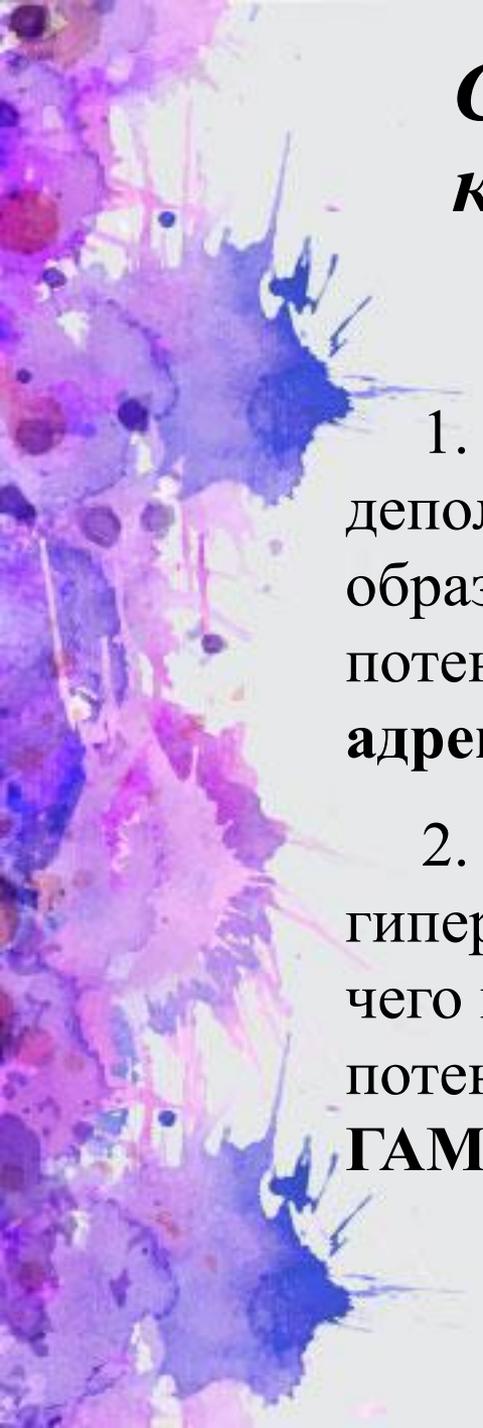
***В зависимости от характера  
открытых ионных каналов  
возникает либо:***

*1 - возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП), обеспечивающий деполяризацию постсинаптической мембраны (открываются каналы для ионов натрия и калия), либо*

*2 - тормозный постсинаптический потенциал (ТПСП), обеспечивающий гиперполяризацию постсинаптической мембраны (открываются каналы для ионов хлора).*



1 — пузырьки медиатора; 2 — пресинаптическая мембрана; 3 — постсинаптическая мембрана; 4 — синаптическая щель; ^ — критический уровень деполяризации-  
 МП — местный потенциал; ВПСП — возбуждающий и ТПСП — тормозной пост-  
 синаптические потенциалы; ПД — потенциал действия



## *Согласно функциональной классификации выделяют:*

1. Возбуждающие медиаторы, вызывающие деполяризацию постсинаптической мембраны и образование возбуждающего постсинаптического потенциала: **ацетилхолин, глутаминовая кислота, адреналин и др.**
2. Тормозные медиаторы, вызывающие гиперполяризацию постсинаптической мембраны, после чего возникает тормозной постсинаптический потенциал, который генерирует процесс торможения: **ГАМК; глицин и др.**

# *Критерии, по которым вещество относят к группе медиаторов*

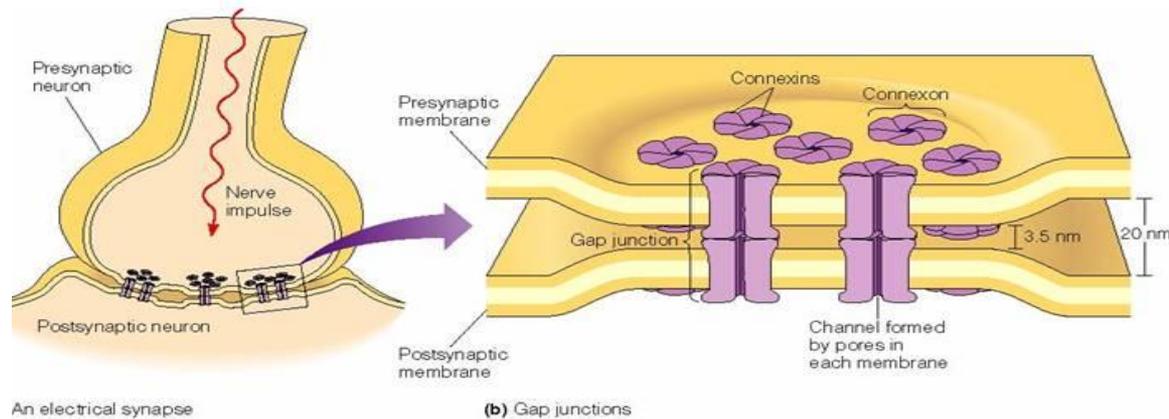
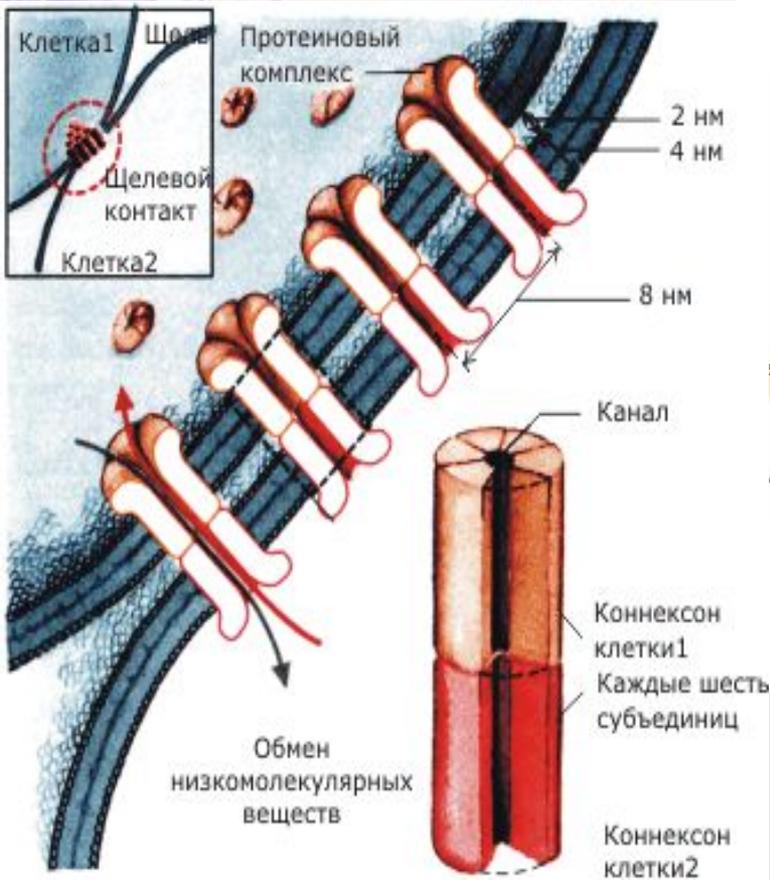
1) вещество должно выделяться на пресинаптической мембране в терминали аксона;

2) в структурах синапса должны существовать ферменты, которые способствуют синтезу и распаду медиатора, а также должны быть рецепторы на постсинаптической мембране, которые взаимодействуют с медиатором;

3) вещество, претендующее на роль медиатора, должно при очень низкой своей концентрации передавать возбуждение с пресинаптической мембраны на постсинаптическую мембрану.

# Электрические синапсы

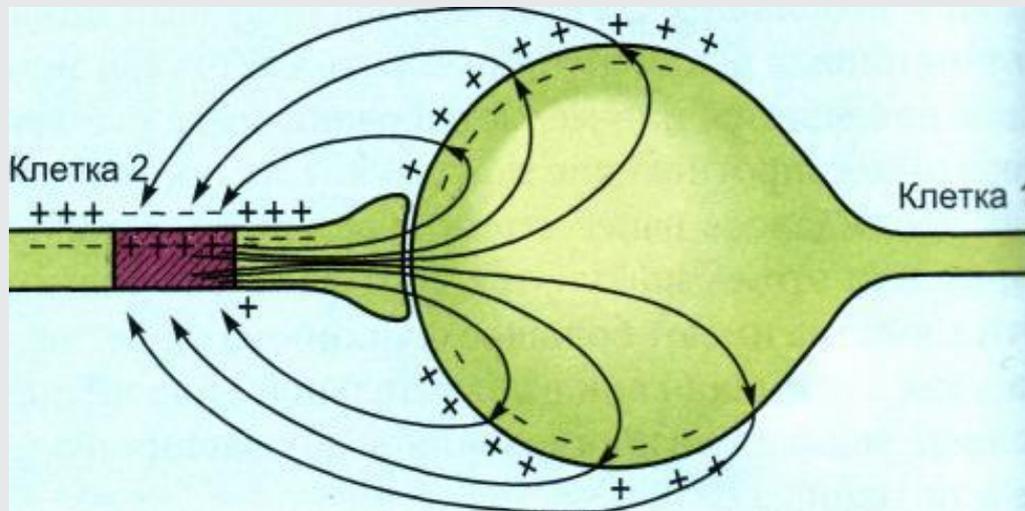
Особенность электрических синапсов заключается в том, что передача возбуждения осуществляется при помощи электрического тока. Таких синапсов в организме человека мало.



Электрический синапс

## *Передача возбуждения в электрическом синапсе осуществляется:*

- в обе стороны,
- быстрее, чем в химическом синапсе (без синаптической задержки),
- надежнее.



Электрические синапсы проводят только возбуждающие импульсы, они не утомляемы.



Спасибо за  
внимание!