

ЦИТОЛОГИЯ

*Цитоплазма клетки: органеллы
общего и специального значения*

Лектор: Заведующая кафедрой гистологии и
микробиологии, доцент,
к.б.н. Пшенникова Елена Виссарионовна

Основные компоненты клетки

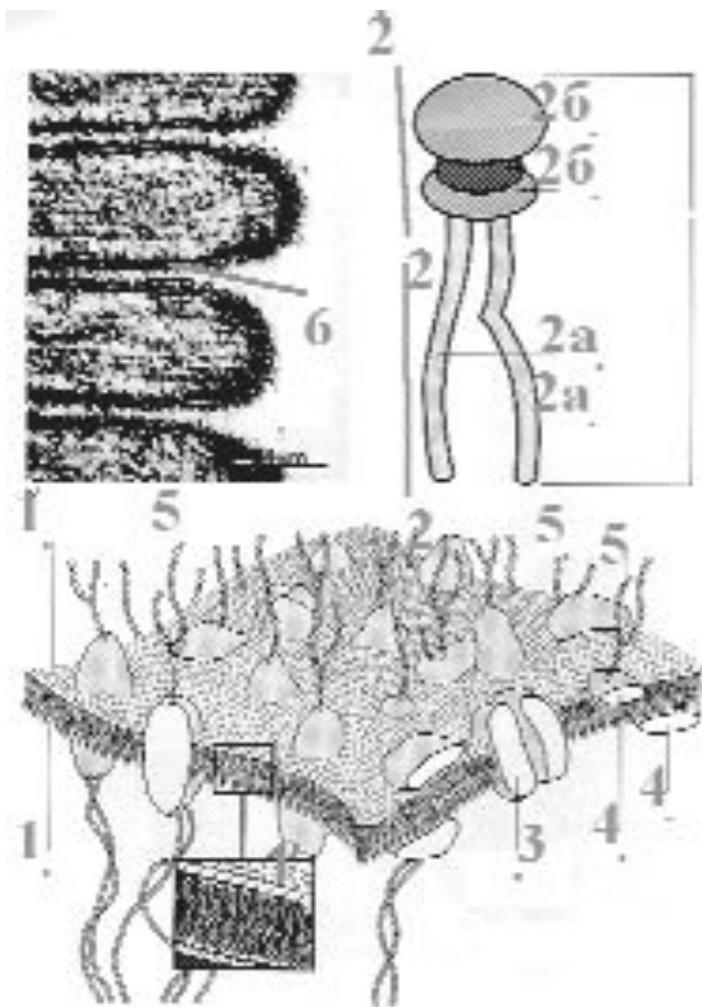
- **Плазмолемма** (цитолемма)
- **Цитоплазма** (гиалоплазма, органеллы, включения)
- **Ядро**

Клеточные мембраны

- К клеточным мембранам относят плазмолемма, кариолемма, мембраны органелл
- Тонкие липопротеидные пласты 6-10 нм
- *липиды* (билипидный слой) – 40%,
- *белки* – 50-55%,
- *углеводы* (гликокаликс) – 5-10%

- **Липиды** – гидрофобны (плохорастворимы в воде) и липофильны (растворимы в органических растворителях и жирах)
- **Состав** липидов разнообразен (фосфолипиды, сфингомиелины, холестерин)
- Молекулы липидов состоят:
 - Головки – гидрофильные,
 - Хвосты – гидрофобные (жирные кислоты).
 - Образуют билипидный слой

Плазмолемма



- Белки – интегральные (из двух участков – полярные (несущие заряд) из а/к и неполярные (глицин, аланин, валин, лейцин), полуинтегральные, примембранные.
- Биологическая роль белков – белки-ферменты, белки-переносчики, рецепторные, структурные.

Плазматическая (клеточная) мембрана (плазмалемма)

внеклеточная среда

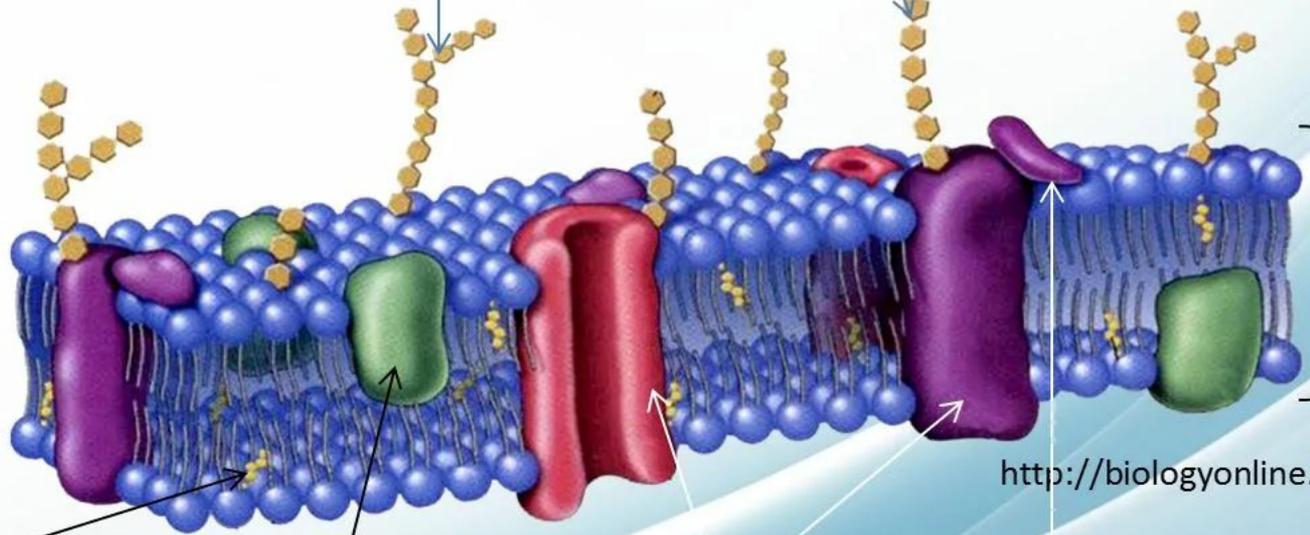
гликокаликс

Функции: рецепторная (сигнальная), обеспечение контакта между клетками

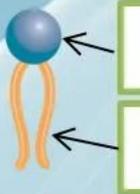
гликолипид
(углевод + липид)

гликопротеин
(углевод + белок)

толщина мембраны составляет ок. 7,5 нм



билипид
состоит из
головки и
хвоста
фосфолипидов



холестерол
Функции: придает мембране гибкость и прочность

полуинтегральный белок

интегральный (трансмембранный, пронизывающий) белок

периферический (поверхностный) белок

Функции белков: структурная, транспортная, ферментативная, рецепторная, межклеточная коммуникация

Белки сохраняют связь с мембраной, т.к. в них есть участки, состоящие из гидрофобных аминокислот, взаимодействующих с гидрофобными хвостами фосфолипидов. Другие участки белков гидрофильные, они обращены либо к окружению клетки, либо к цитоплазме

цитоплазма

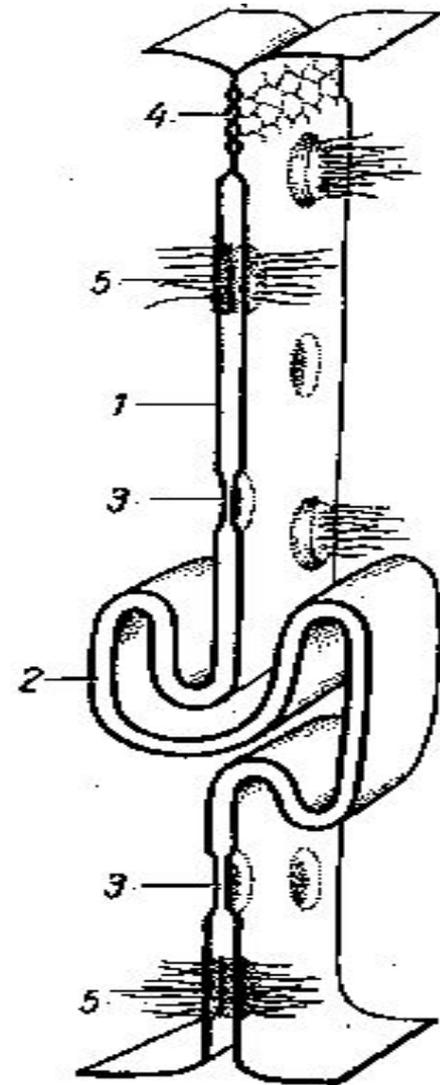
Фосфолипиды отграничивают внутреннюю среду клетки от внешней, содержат гидрофобные участки, обеспечивающие проницаемость мембраны для различных веществ

Функции плазмолеммы

- **Функции** – разграничение, рецепция, транспорт веществ
- **Транспорт**: активный и пассивный, экзоцитоз и эндоцитоз (фагоцитоз, пиноцитоз)

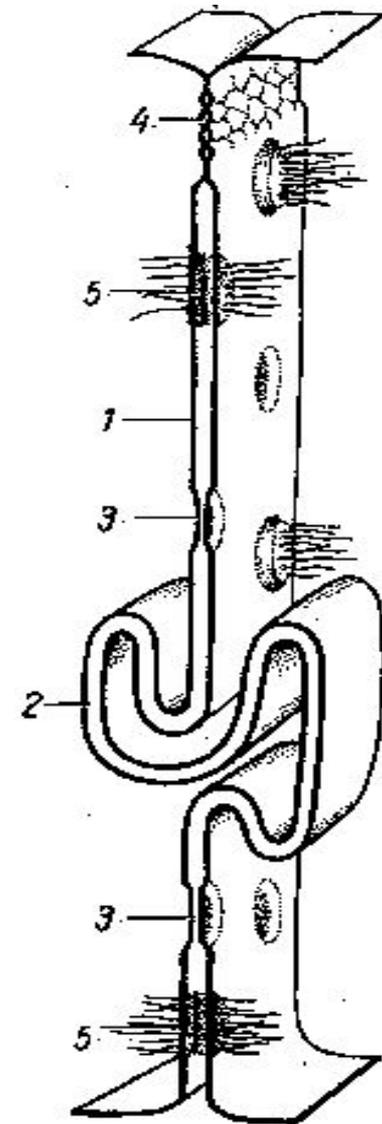
Межклеточные соединения

- Контакты *простого типа* –
- простые межклеточные соединения 15-20 нм(1) и интердигитации (пальцевидные соединения) (2).

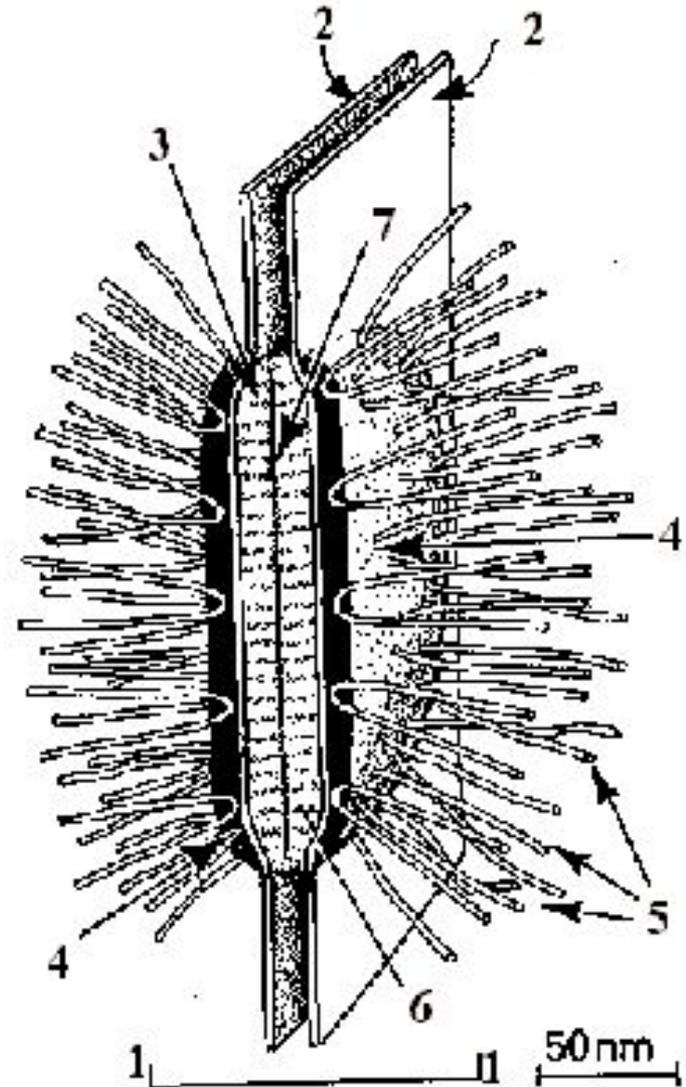
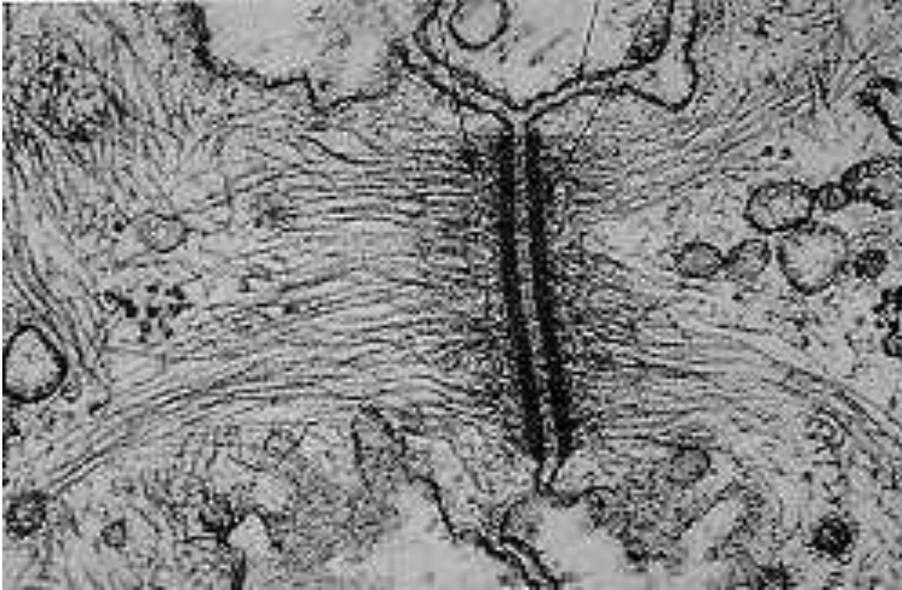


Межклеточные соединения

- Сложные соединения:
- **Запирающие** (с помощью интегральных белков - ячеистая сеть в виде пояска (4))
- **сцепляющего** (заякоривающего) типа – десмосомы (белки десмоплакины, десмоглеины, промежуточные филаменты)(5) и адгезивные пояски (белок винкулин, актиновые филаменты).
- **Коммуникативные** (нексус, синапс)

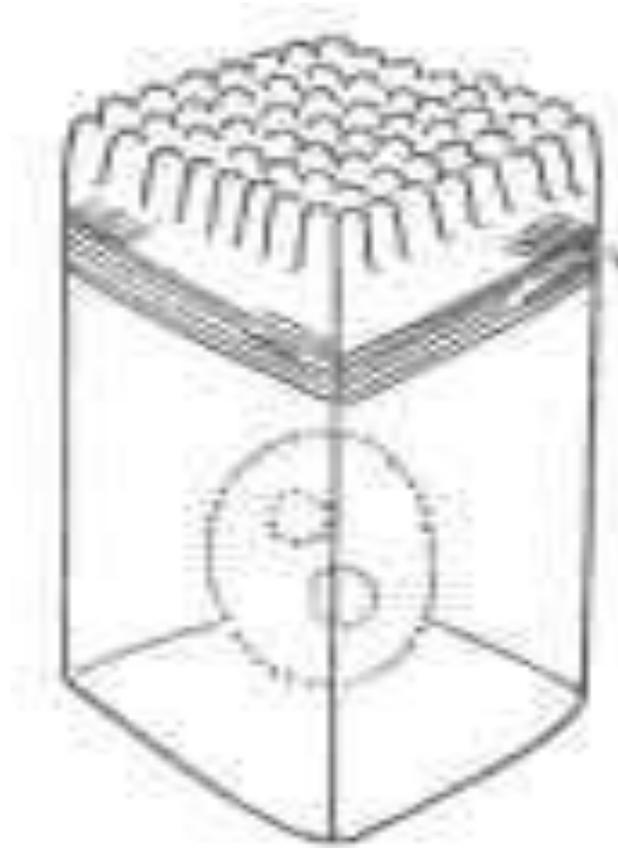


Десмосомы



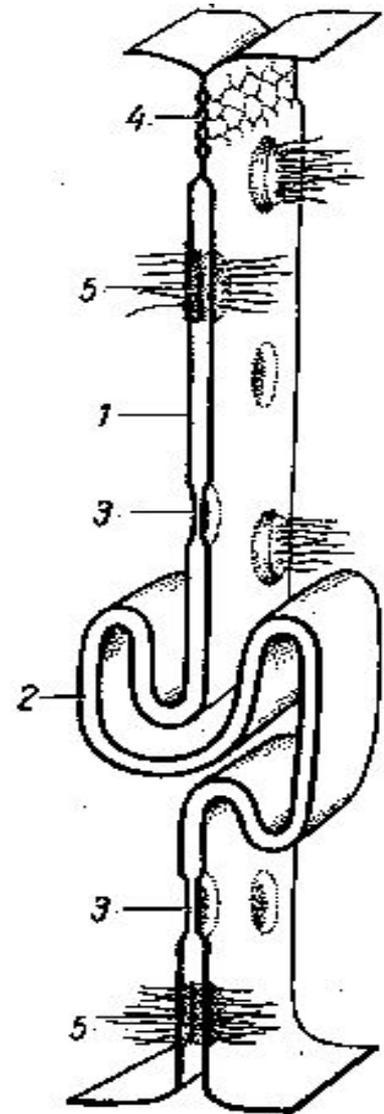
Адгезивный поясок

- По структуре данный контакт похож на десмосомный
- По форме контакт представляет собой **ленту**, которая опоясывает клетку.

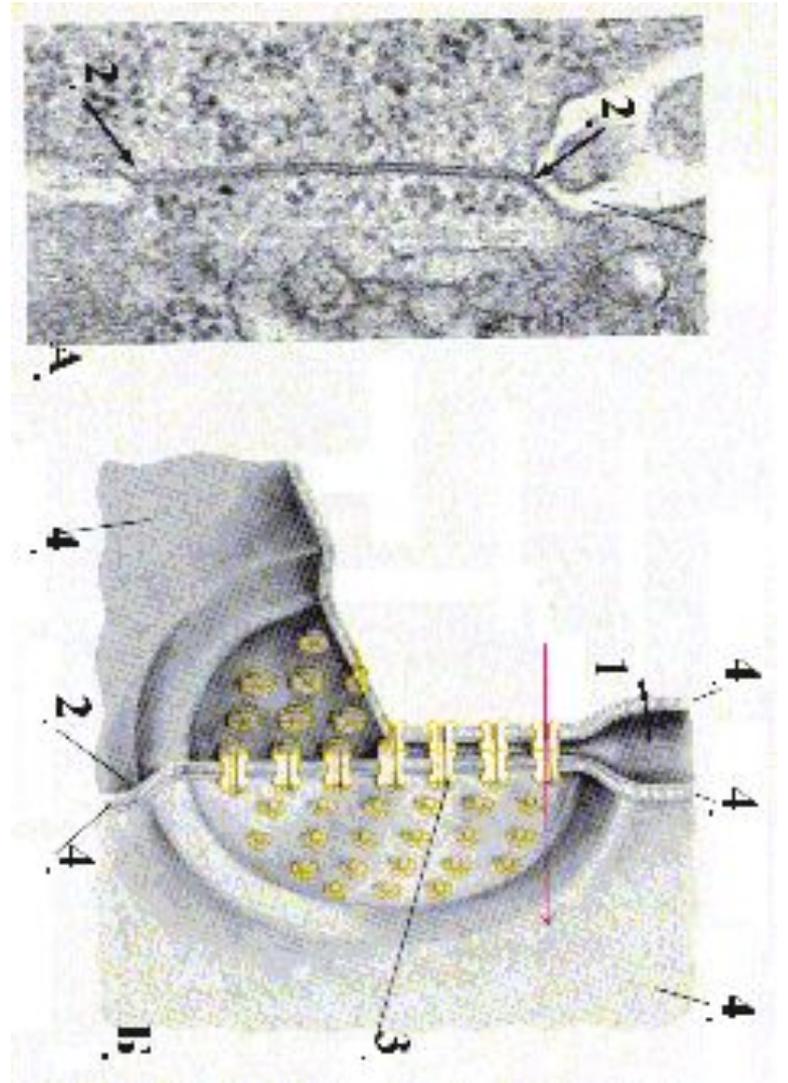
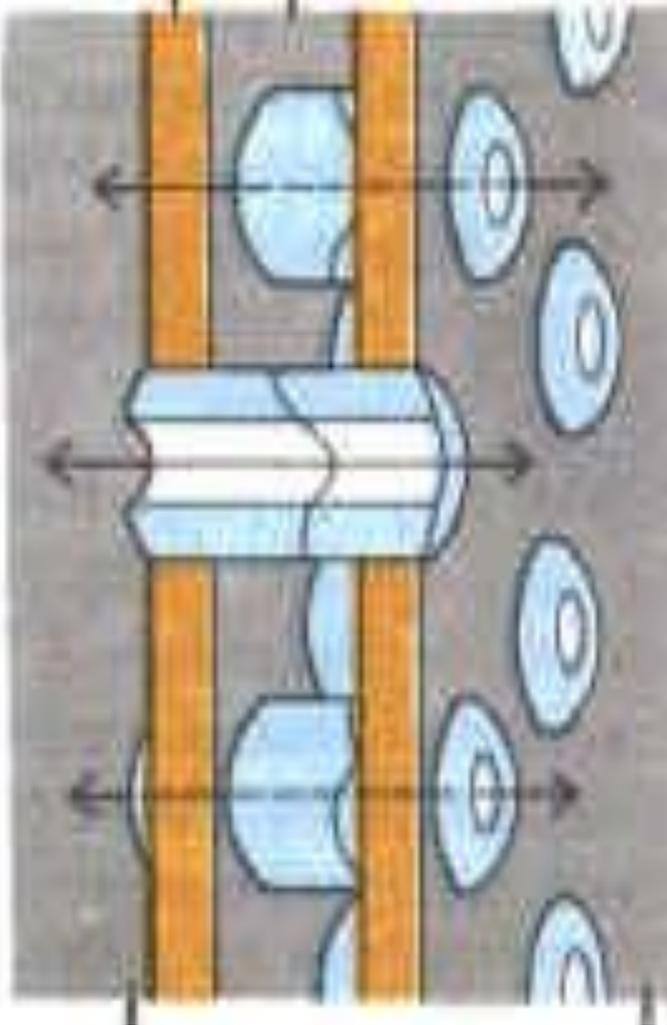


Плотное соединение

- Контакты **коммуникационного** типа –
- щелевидные соединения (нексусы, или gap-junctions) (3)
- синапсы.



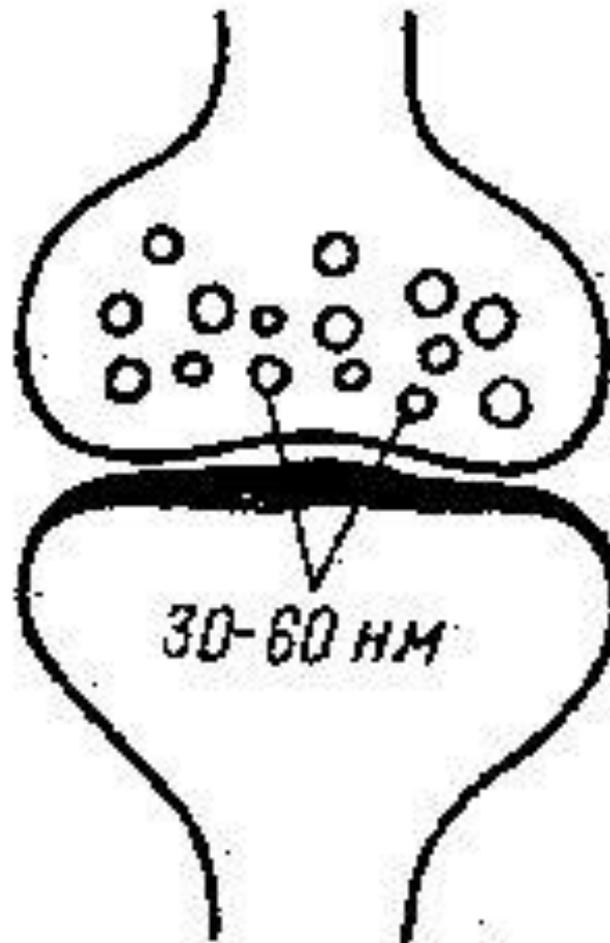
Нексус



Нексус

- Диаметр 0,5 – 3 мкм.
- Плазмолеммы сближены на расстояние 2 нм
- Пронизаны полыми трубочками – белковыми каналами (3)
- Каждая трубочка состоит из двух половин – **коннексонов**.
- **Коннексоны образуют каналы** - могут диффундировать неорганические ионы и низкомолекулярные органические соединения: сахара, аминокислоты, промежуточные продукты их метаболизма.
- Ионы Ca^{2+} меняют конфигурацию коннексонов – так, что просвет каналов закрывается.

Синапсы



Типы межклеточных контактов

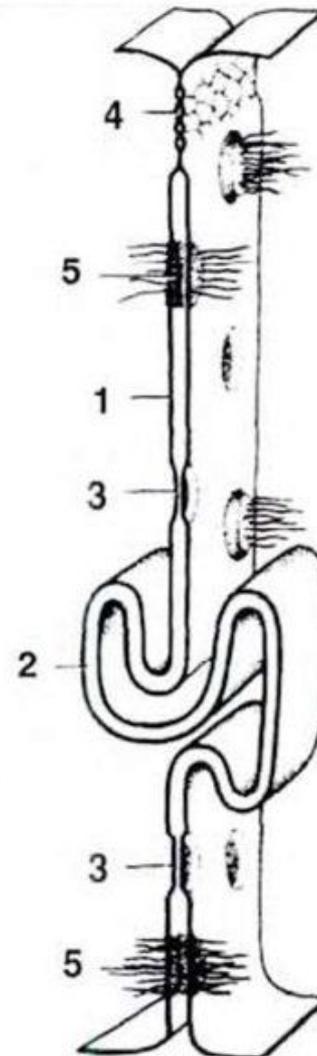
I. Контакты **простого** типа –
простые межклеточные соединения
(1) и

интердигитации (пальцевидные
соединения) (2).

II. Контакты **сцепляющего** типа –
десмосомы (5) и
адгезивные пояски.

III. Контакты **запирающего** типа –
плотное соединение (запирающая
зона, или *zona occludens*) (4).

IV. Контакты **коммуника-**
ционного типа –
щелевидные соединения (нексусы,
или *gap-junctions*) (3)
и **синапсы**.



Состав цитоплазмы

- **Гиалоплазма** (другое название – цитозоль),
- **Органеллы** - **обязательные компоненты цитоплазмы**
- **Включения** – **необязательные компоненты цитоплазмы**

ГИАЛОПЛАЗМА

- Гиалоплазма – греч. Hyalinos – прозрачный.
- Сложная коллоидная система – биополимеры (20-25% белки, н.к., полисахариды, ферменты метаболизма сахаров, азотистых оснований, ферменты активации а/к, липидов, т-РНК и др.)
- Жидкое ↔ гелеобразное состояние
- Объединяет все клеточные структуры, химическое взаимодействие
- Транспорт веществ, ионов, молекул АТФ (постоянный поток ионов к плазматической мембране и к митохондриям, ядру, вакуолям)
- Отложение запасных продуктов (гликогена, липидов, пигментов)

Основные компоненты клетки:

Гиалоплазма

- Это матрикс, внутренняя среда клетки.
- Состав: вода – 90%
- различные биополимеры: белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, аминокислоты, моносахара, нуклеотиды, ионы и другие низкомолекулярные вещества, которые образуют коллоидную систему (цитозоль или цитогель)
- Обеспечивает взаимосвязь между всеми компонентами клетки.

Основные компоненты клетки: Включения цитоплазмы

- Это *непостоянные компоненты* цитоплазмы, которые могут возникать или исчезать в различные функциональные состояния клеток.
- Различают:
- **трофические** (белковые, углеводные, липидные),
- **секреторные** (ферменты, гормоны),
- **эксcretорные** (продукты метаболизма)
- **пигментные** – эндогенные (гемоглобин, меланин, липофусцин) и экзогенные (каротин, красители).

Органеллы клетки

- **Органеллы** - это морфологически различимые структуры цитоплазмы, которые **обязательно** должны присутствовать в данной клетке, выполняя в ней определённые функции.

Классификация по распространению

- **Общего значения** – содержатся практически во всех клетках,
- **Специального значения** – имеются только в клетках какого-то определённого вида, обеспечивая выполнение их специфических функций (миофибриллы, нейрофибриллы, тонофибриллы, жгутики, реснички).

Классификация по строению

- **Мембранные органеллы** – отграничены собственной мембраной от окружающей гиалоплазмы, т.е. являются замкнутыми компартментами (отсеками);
- **Немембранные органеллы** – структуры, не окружённые мембраной.

Органеллы – общего значения: мембранные

Одномембранные

- ЭПС (гр- а-)
- Комплекс Гольджи
- Лизосомы
- Пероксисомы

• *Двумембранная:*

- Митохондрии

Органеллы – общего значения: немембранные

- **Глобулярные:**
- **рибосомы** - многочисленные небольшие частицы,
- состоящие из двух субъединиц рибонуклеопротеидной природы.
- **Фибриллярные:**
- сократительные структуры, элементы **цитоскелета** (микрофиламенты, микротрубочки),
- **Микроворсинки,**
- **Центриоли .**

Мембранные органеллы: МИТОХОНДРИИ

- Термин введен в 1897 Бенда
- **Строение** – двумембранные, матрикс (мДНК, м-рибосомы)
- **Функции** – синтез АТФ, клеточное дыхание: аэробное и анаэробное окисление

Происхождение митохондрий

- Структура мДНК и рибосом сближает митохондрии с бактериями (у них тоже циклическая ДНК и небольшие рибосомы).
- Поэтому возможно, что в эволюции митохондрии появились как результат симбиоза древних бактерий с эукариотическими клетками.

Форма митохондрий

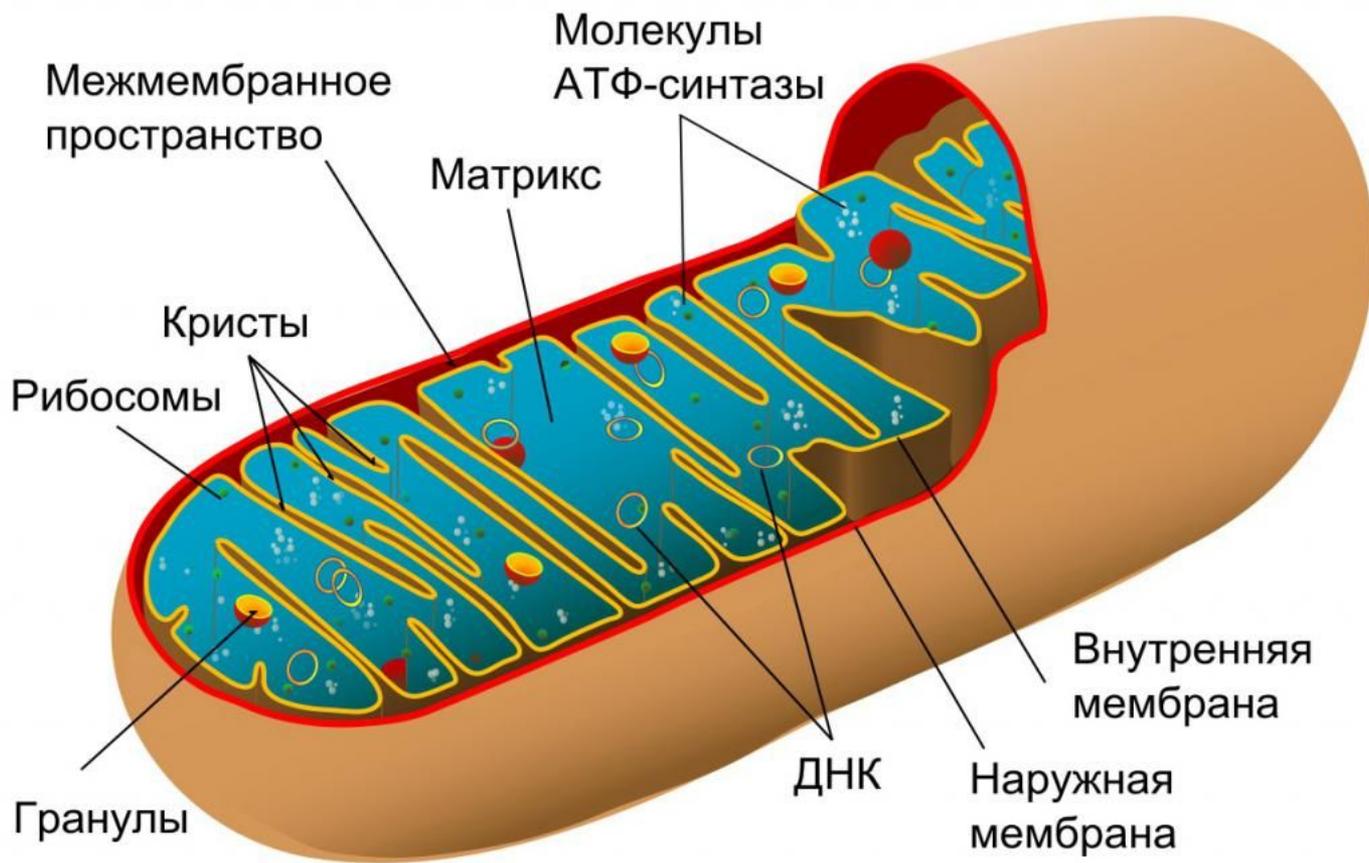
- Варьирует от сферической до вытянутой.
- В некоторых клетках митохондрии имеют ещё более сложную форму: например, образуют разветвления.
- Различаются количество и форма крист (трубочки, складки, пластинки, вакуоли)

Строение: мембраны

- ***Наружная мембрана*** - содержит широкие гидрофильные каналы и хорошо проницаема для многих веществ;
- ***Внутренняя мембрана*** - образует многочисленные впячивания (кристы), где имеются грибовидные выросты – оксисомы, в них встроены ферменты дыхательной цепи и синтеза АТФ.

Строение: матрикс

- **Матрикс** - внутреннее пространство митохондрий (между кристами) заполнено матриксом, содержат:
- **собственную ДНК** (мДНК) – от 1 до 50 небольших одинаковых циклических молекул, включающих по 37 генов
- **М-рибосомы** – которые по размеру несколько меньше цитоплазматических рибосом



Биохимические процессы

- ***Цикл Кребса*** - это распад органических веществ (до CO_2 и воды) ацетил-КоА, которым заканчивается разрушение почти всех веществ (углеводов, жиров, аминокислот).

Цикл Кребса

- В цикле – 4 реакции окисления, осуществляемых путём дегидрирования, т.е. путём отщепления от субстратов водорода (электронов и протонов).
- Ферменты цикла Кребса (кроме одного – СДГ) находятся в матриксе митохондрий.

Биохимические процессы

- ***Окислительное фосфорилирование:***
- перенос отнятых от субстратов электронов на кислород и образование АТФ за счёт высвобождающейся энергии.
- ***Другие процессы*** в митохондриях: синтез мочевины, распад жирных кислот и пирувата до ацетил-КоА.

Основные функции митохондрий

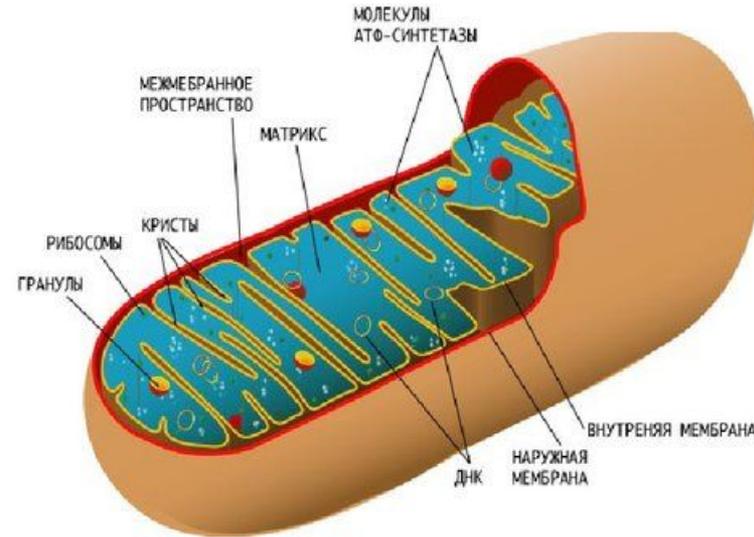
- Завершение окислительного распада питательных веществ и образование за счёт выделяющейся при этом **энергии АТФ**
- Осуществляется ряд ключевых биохимических процессов: цикл Кребса, окислительное фосфорилирование с **потреблением O_2 и выделением CO_2 и воды.**

Митохондрии

Митохондрии - 2-х мембранный органоид;

Внутренняя мембрана образует складки – кристы;

На мембранах митохондрий происходит последний этап дыхания – кислородное фосфолирирование.



Дыхание

Внешнее
Вдох-выдох
 $O_2 - CO_2$

молекулы

окисляется

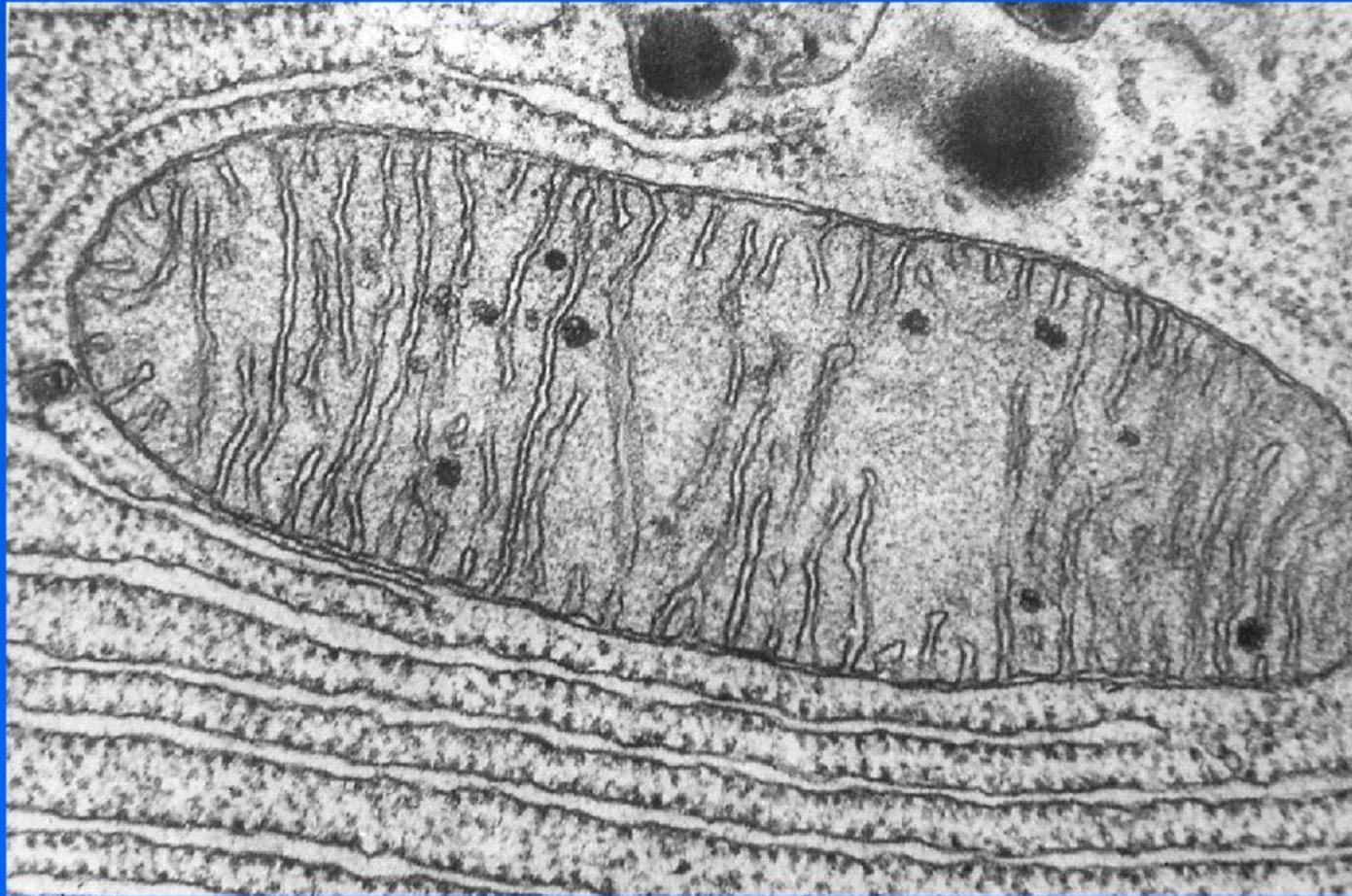
Внутреннее
Кислород транспортируется кровью в клетку, соединяется с глюкозой (гормон инсулин) и распадается на 2

молочного сахара + 2АТФ.
Мол. сахар поступает в митохондрию, где

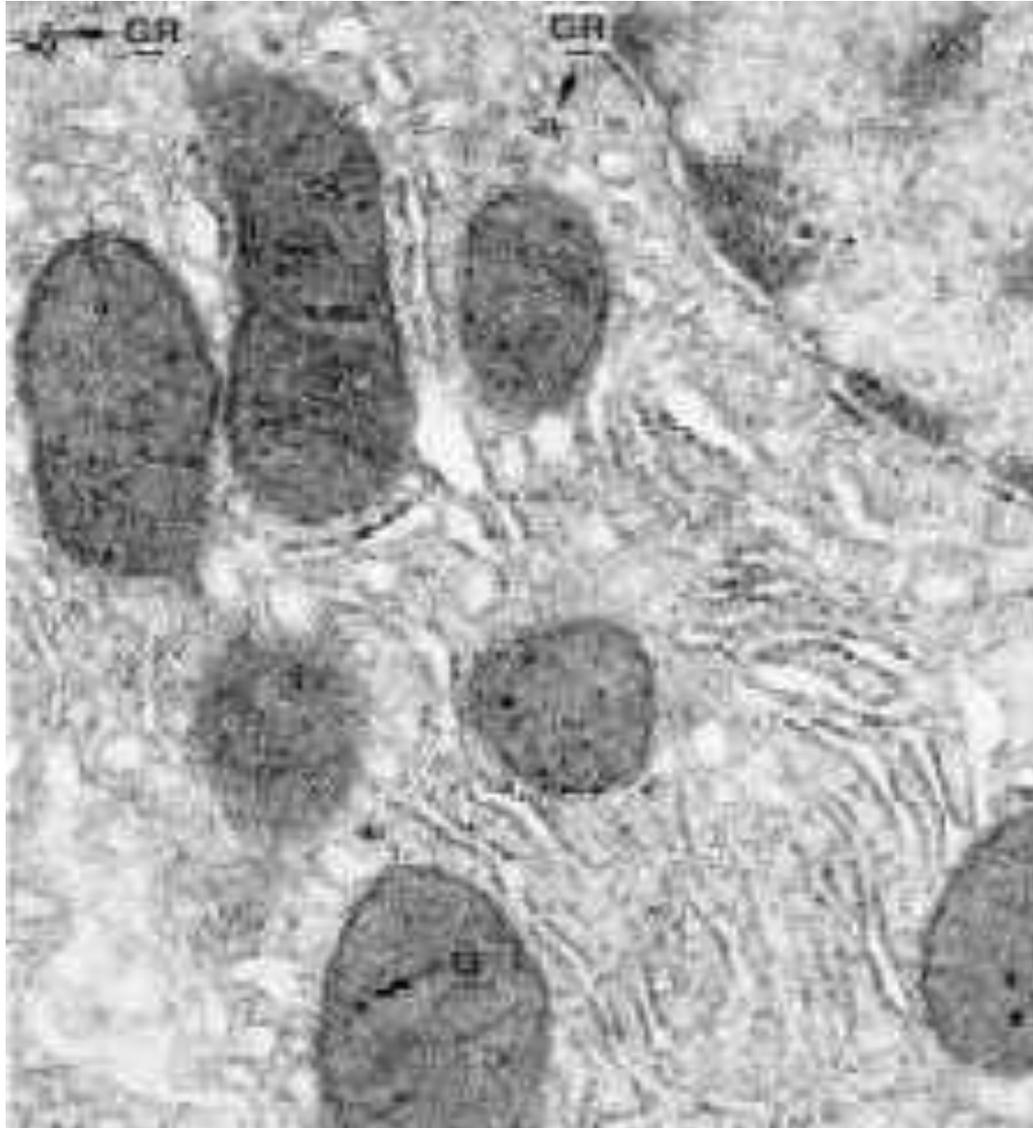
Жизненный цикл митохондрий

- Митохондрии функционируют около 10 суток.
- Затем одни из них разделяются на две дочерние митохондрии (путём простой перешнуровки),
- Другие – разрушаются в аутофагосомах.

Митохондрия – срез (ЭМ)



Митохондрии



Мембранные органеллы: эндоплазматическая сеть

- Открыта в 1945 г. К.Р. Портером
- Гранулярная ЭПС – мешочки, цистерны, трубочки, на поверхности имеют рибосомы
- **Функция** – синтез и транспорт экспортируемых белков, модификация (связывание с сахарами - гликозилирование) и локальная конденсация

Функции гр-ЭПС

- **Синтез** на рибосомах пептидных цепей экспортных, мембранных, лизосомных и отчасти пероксисомных белков,
- **Фолдинг** белков - (укладкой белка, от [англ. folding](#)) называют процесс спонтанного сворачивания [полипептидной](#) цепи в уникальную *нативную* пространственную структуру (так называемая [третичная структура](#)).
- **Изоляция** этих белков от гиалоплазмы внутри мембранных полостей и концентрирование их,
- Начальная **химическая модификация** этих белков,
- **Транспорт** белков (внутри ЭПС и с помощью отдельных пузырьков).

Гранулярная ЭПС



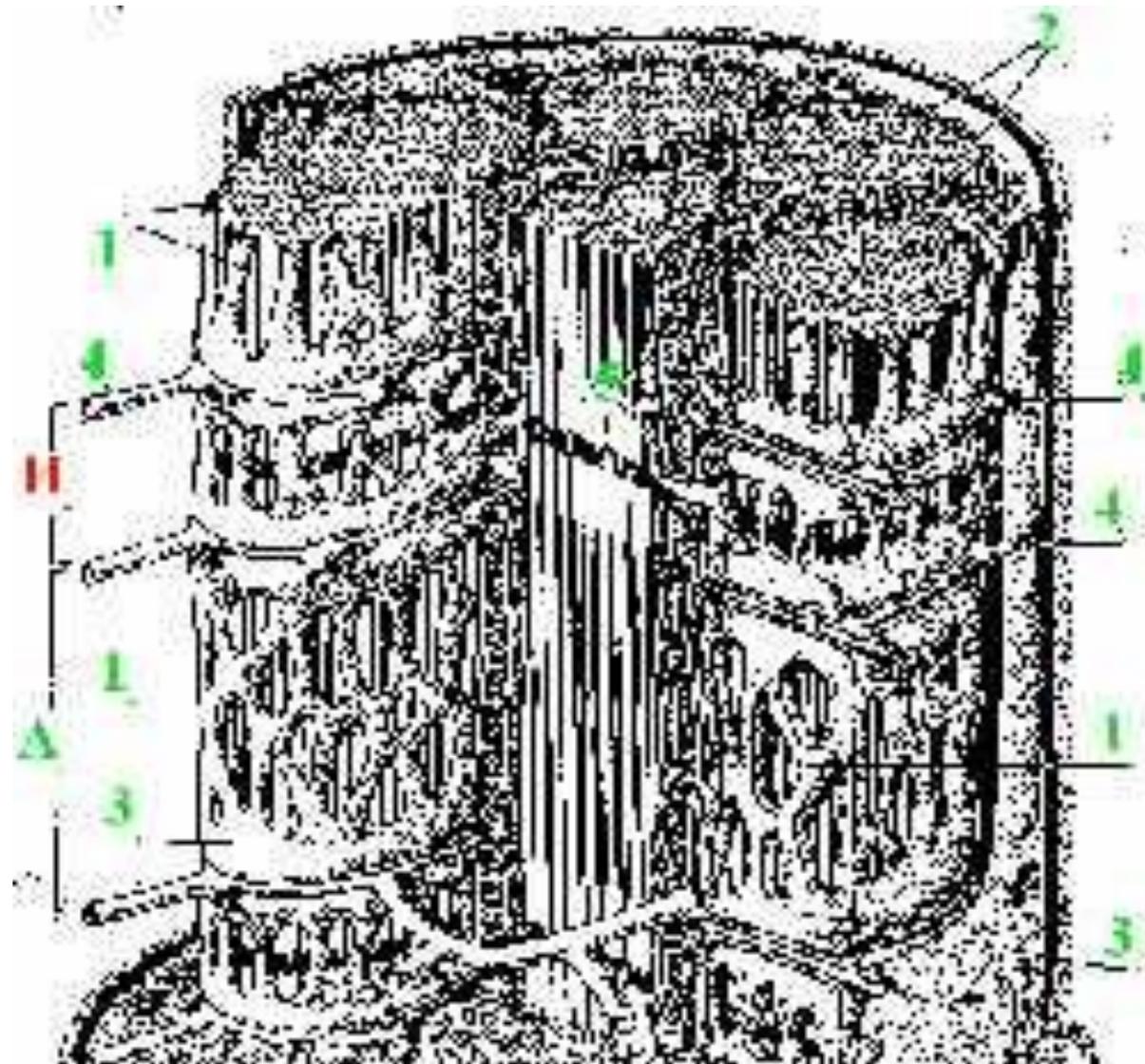
Агранулярная ЭПС

- **Агранулярная ЭПС** – мешочки, цистерны, трубочки

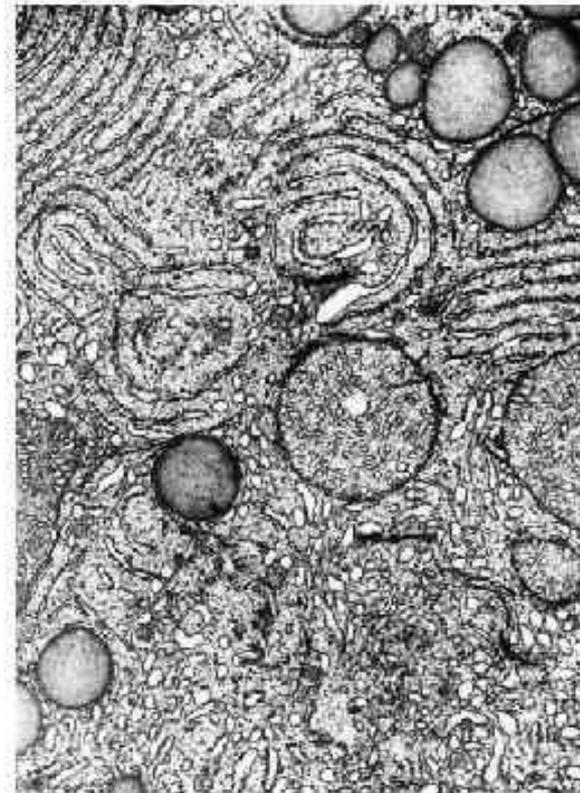
Функции:

- метаболизм и синтез углеводов, липидов (холестерина, стероидных гормонов),
- дезактивация токсичных веществ,
- депонирование ионов Са²⁺

Агранулярная ЭПС



Агранулярная эндоплазматическая сеть



Комплекс Гольджи

- Открыт Камилло Гольджи в 1898 г. (итальянский врач и учёный, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1906 г. в знак признания их трудов о структуре нервной системы).

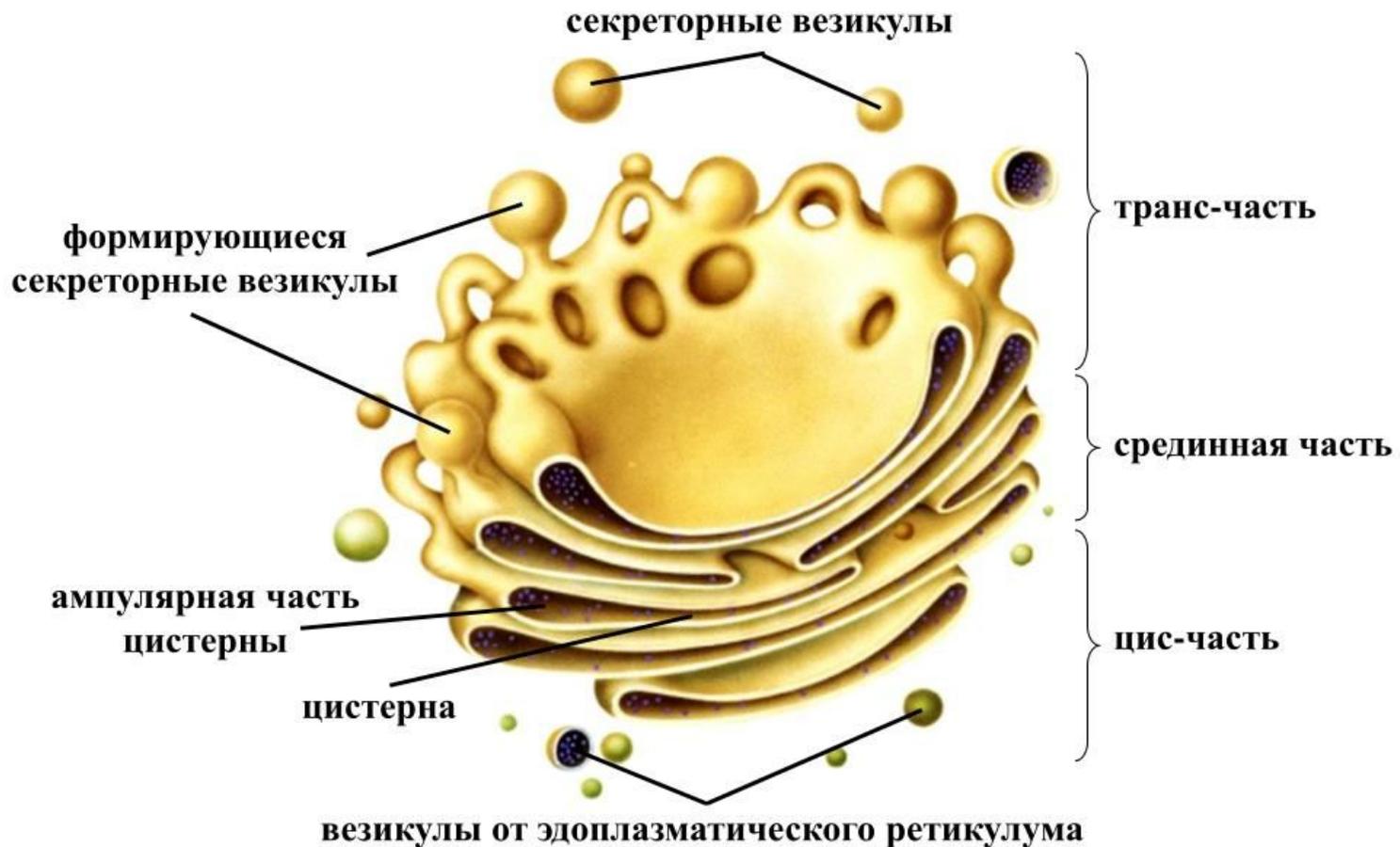
- Строение – 5-10 плоских цистерн, везикулы

Функции:

- сегрегация и накопление продуктов из ЭПС,
- образование сложных комплексов,
- первичных лизосом (гидролазы), вакуолей и секреторных гранул

АППАРАТ ГОЛЬДЖИ (КОМПЛЕКС ГОЛЬДЖИ, ПЛАСТИНЧАТЫЙ КОМПЛЕКС)

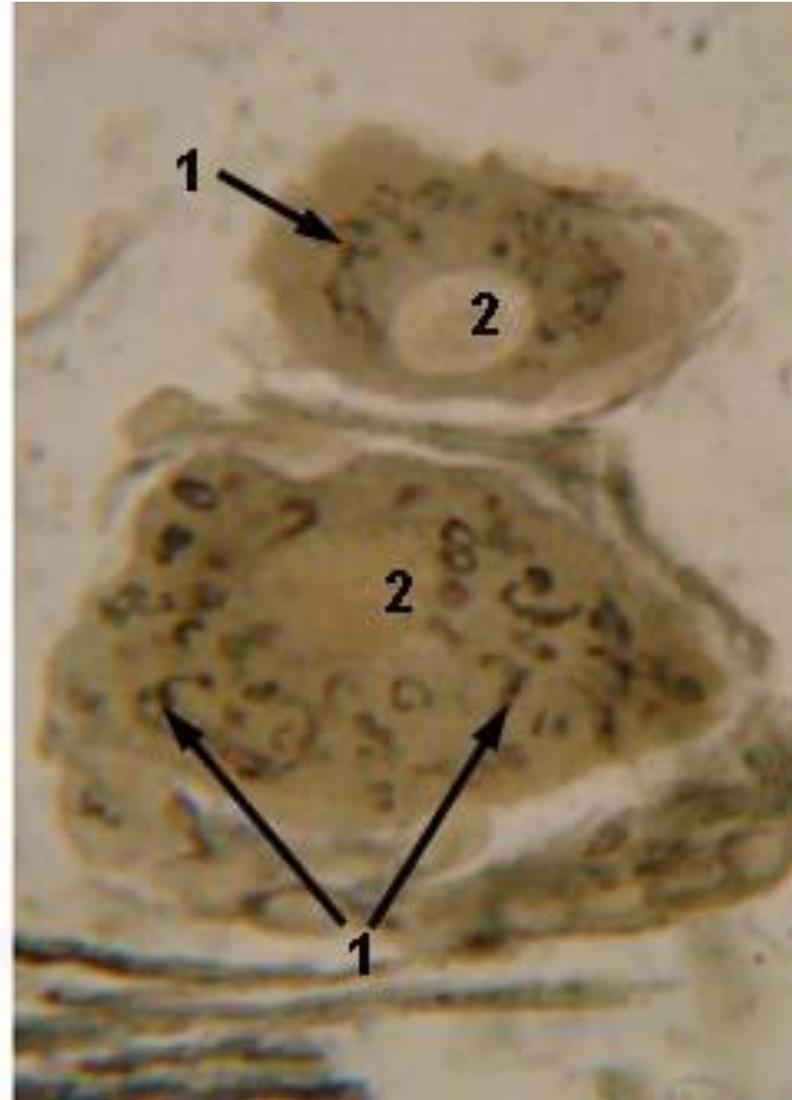
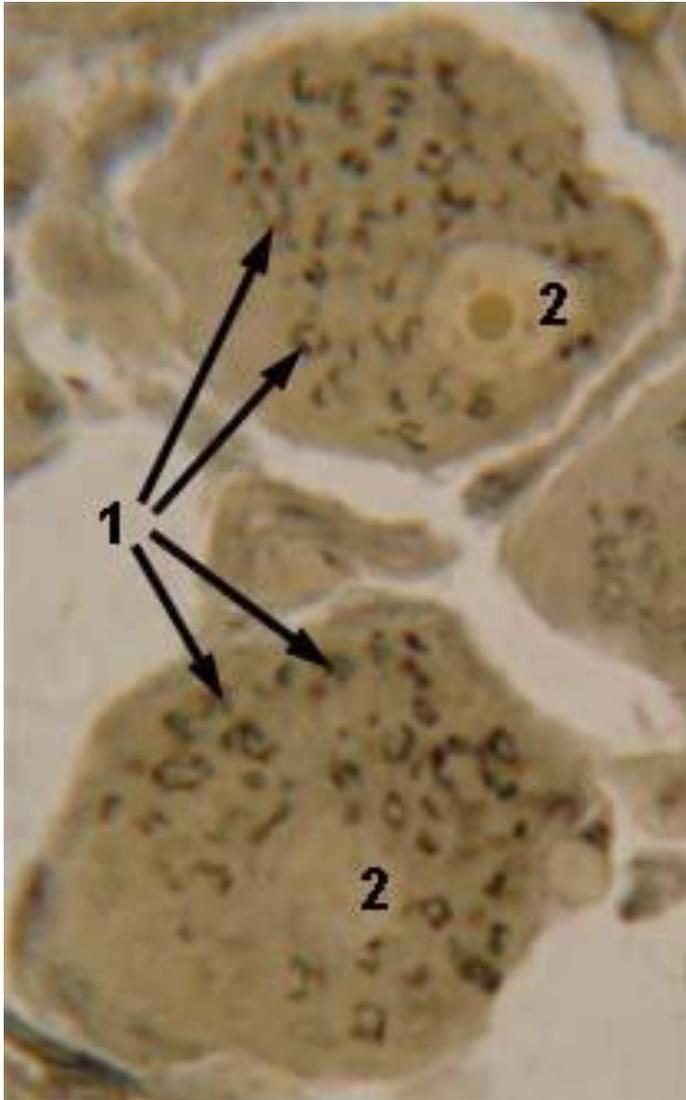
Трехмерная реконструкция



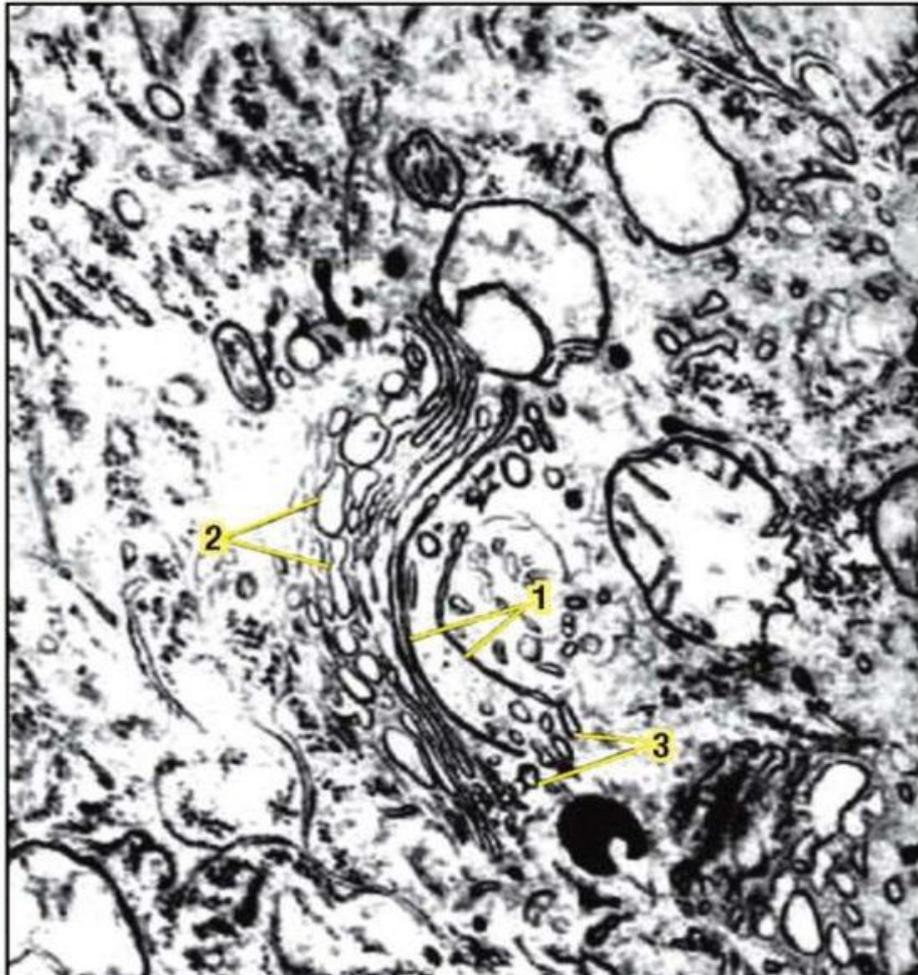
Функции комплекса Гольджи

- **Сегрегация** (отделение) соответствующих белков от гиалоплазмы и концентрирование их,
- **Продолжение химической модификации** белков,
- **Сортировка** белков на экспортные, мембранные, лизосомальные и пероксисомные,
- **Включение белков в состав** соответствующих структур (секреторных пузырьков, мембран, лизосом).

Комплекс Гольджи



Комплекс Гольджи.



Комплекс Гольджи.
Электронная микрофотография
части цитоплазмы нейрона из
спинномозгового ганглия (по
Л.Н. Михайловой):
1 - гладкие мембраны;
2 - вакуоли;
3 - пузырьки

Лизосомы

- Открыты де Дювом в 1955 г.
- **Функция** – внутриклеточное пищеварение
- **Первичные** (гидролазы – кислая фосфатаза)
- **Вторичные** (фаголизосомы, аутофагосомы)
- **Телолизосомы** (остаточные тельца),

Лизосомы

• Бельгийский биохимик де Дюв в 1955 г. открыл субклеточные структуры - лизосомы. Был удостоен нобелевской премией (1974, совместно с Дж. Э. Паладе и А. Клодом).

• Лизосома означает растворитель веществ.

• Встречаются во всех эукариотических клетках, особенно их много в клетках лейкоцитов, способных к фагоцитозу.

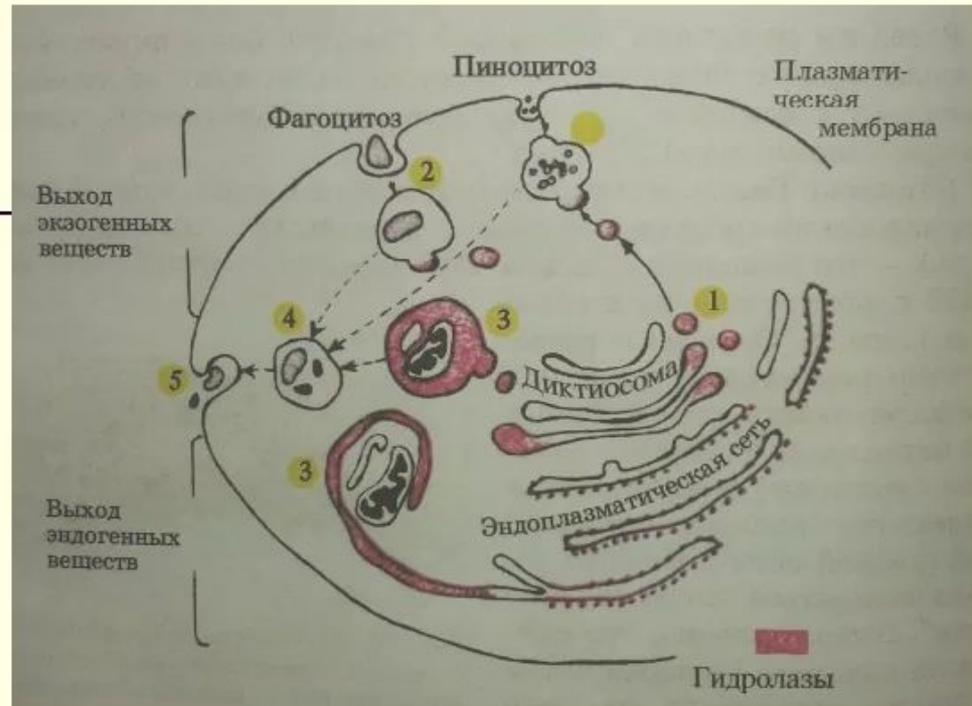
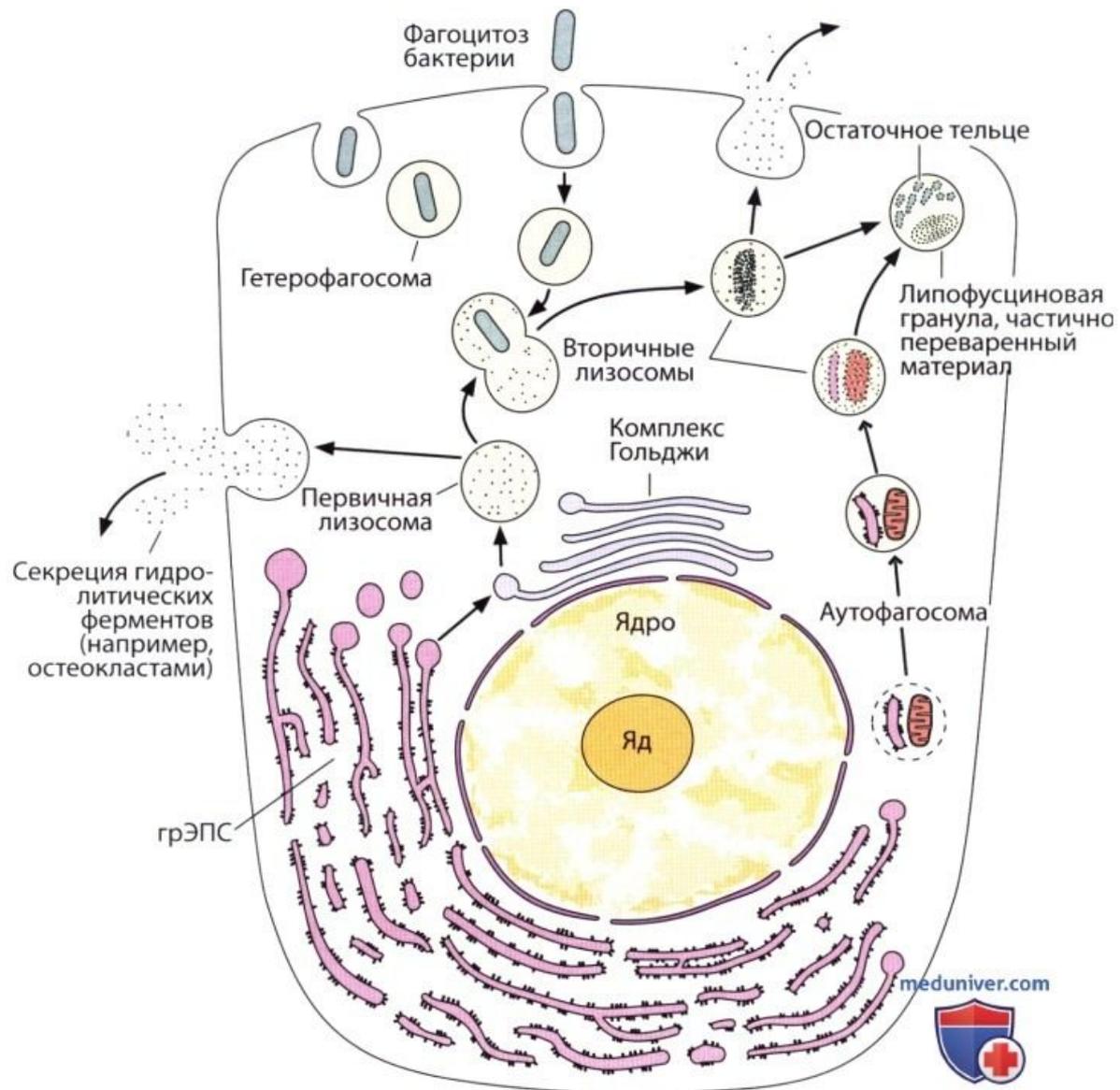
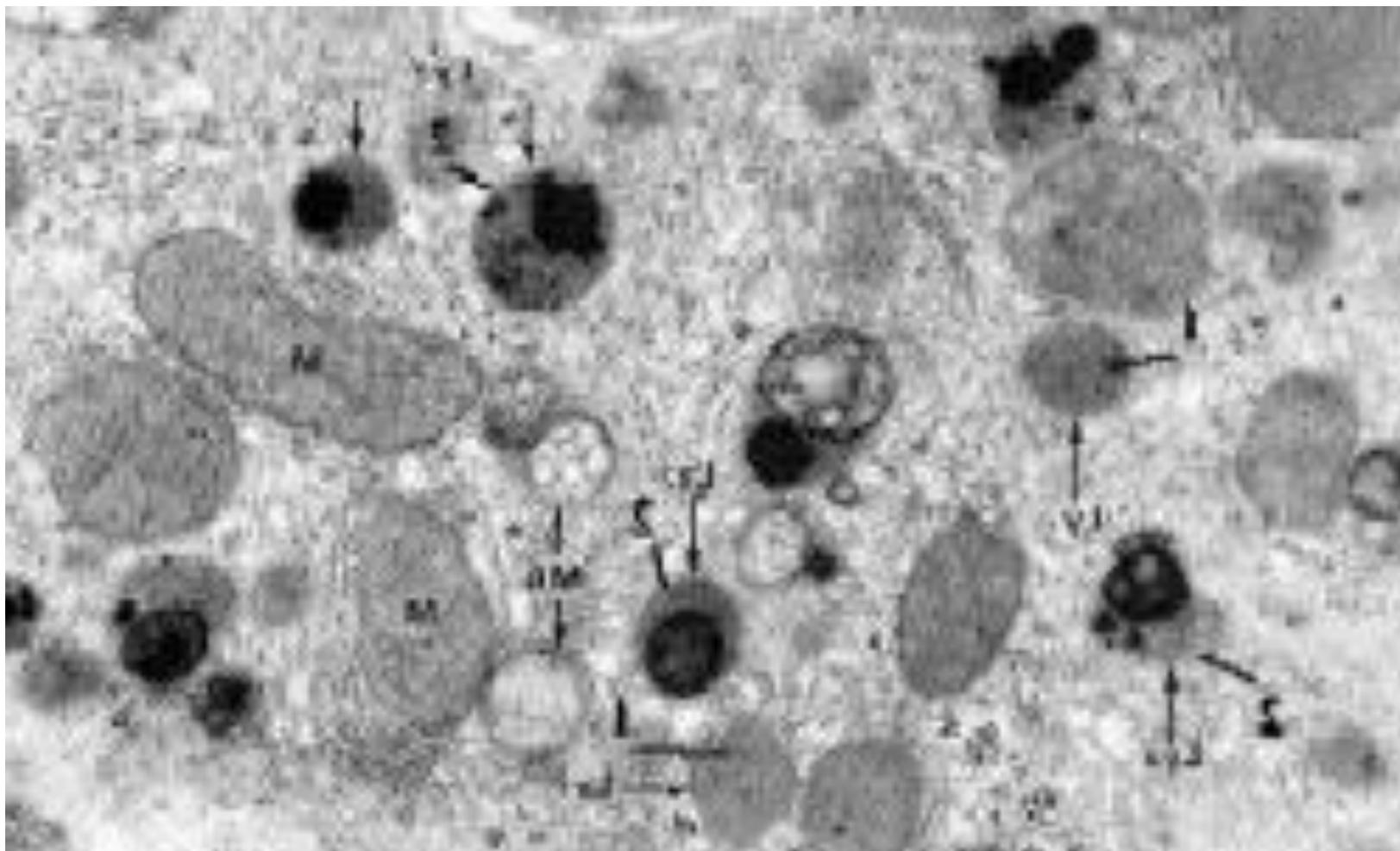


Схема образования лизосом и очищения клетки



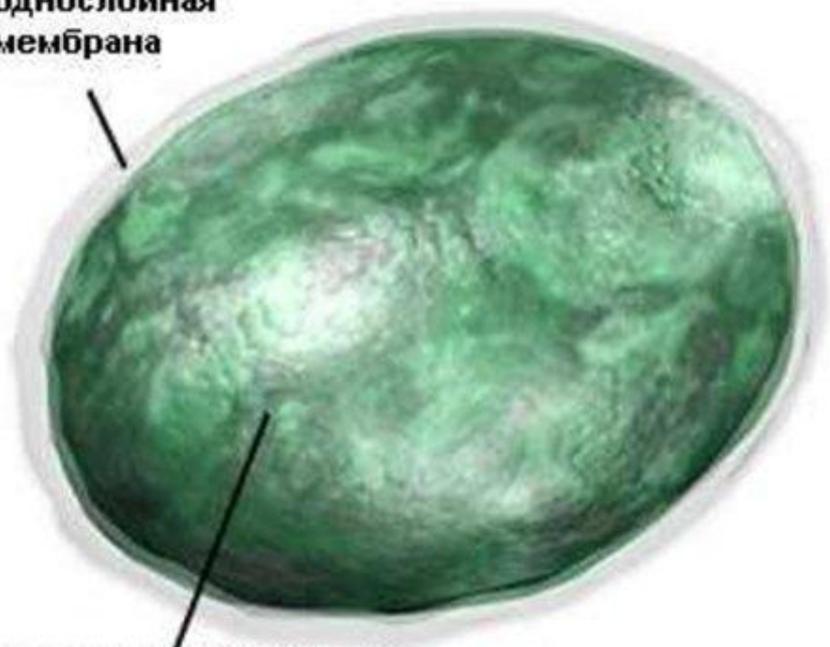
Лизосомы



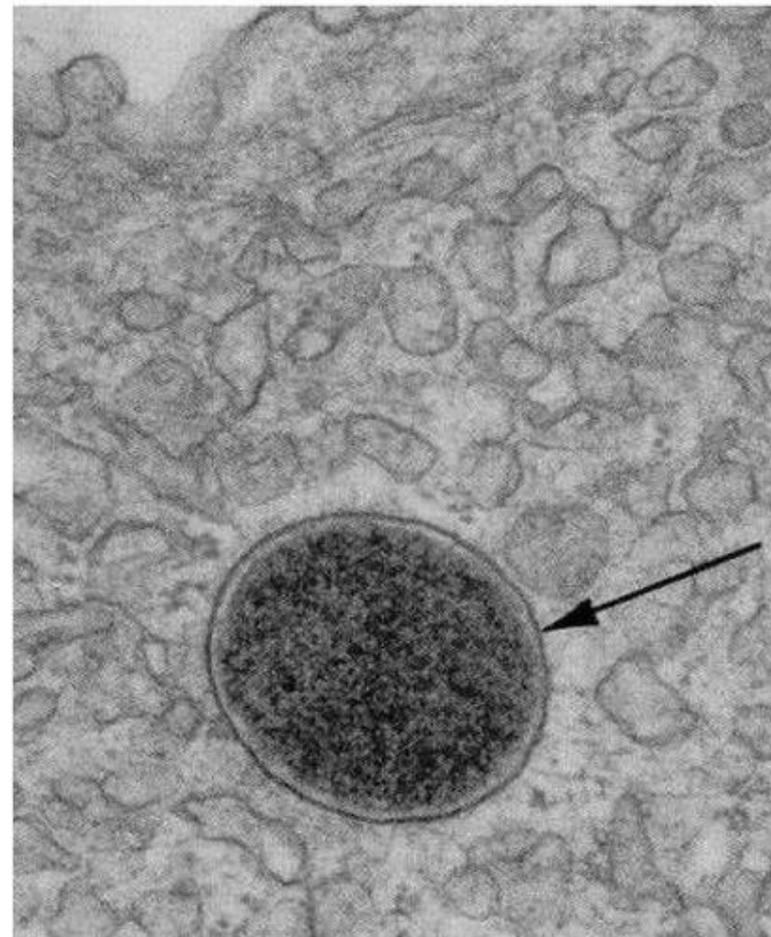
Лизосомы

Лизосомы – это пищеварительная система клетки, пузырьки, содержащие набор пищеварительных ферментов.

однослойная
мембрана



внутренние ферменты



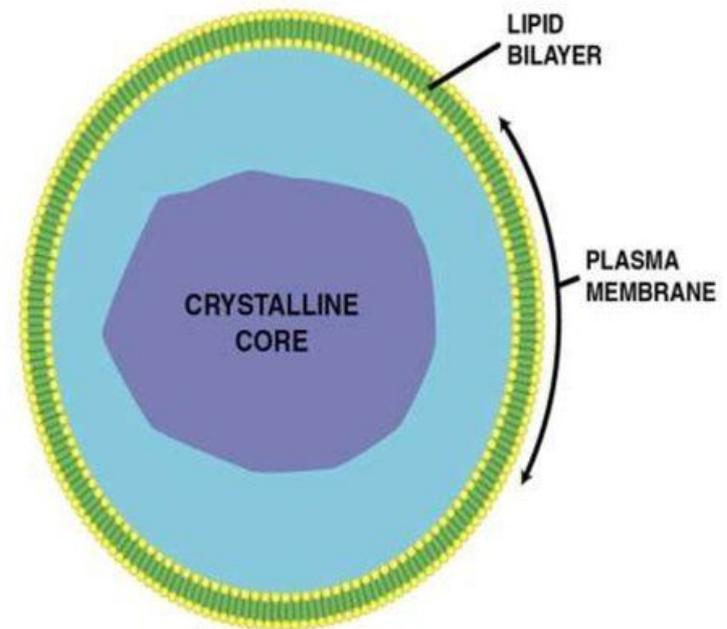
Пероксисомы

- Овальные тельца, ограниченные мембраной, в центре кристаллоподобные структуры
- Содержат ***каталазу, пероксидазу***
- ***Функция*** – дезактивация токсичных веществ

Пероксисомы

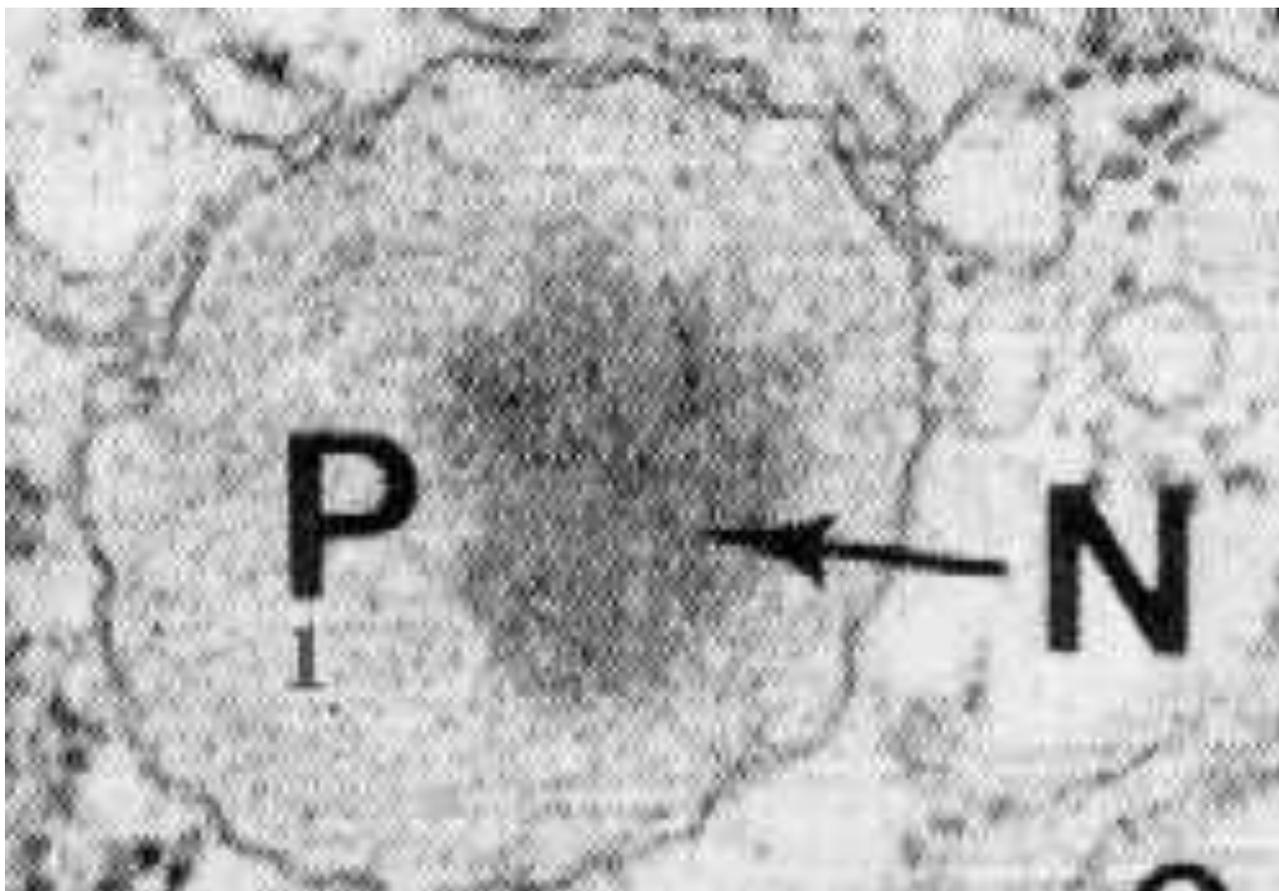
Мембрана содержит белки-переносчики и протонные насосы.

Матрикс содержит ≈ 15 ферментов (пероксидаза, каталаза, уратоксидаза, оксидаза D-аминокислот).



Кристаллический кор - конденсированные ферменты.

Пероксисома



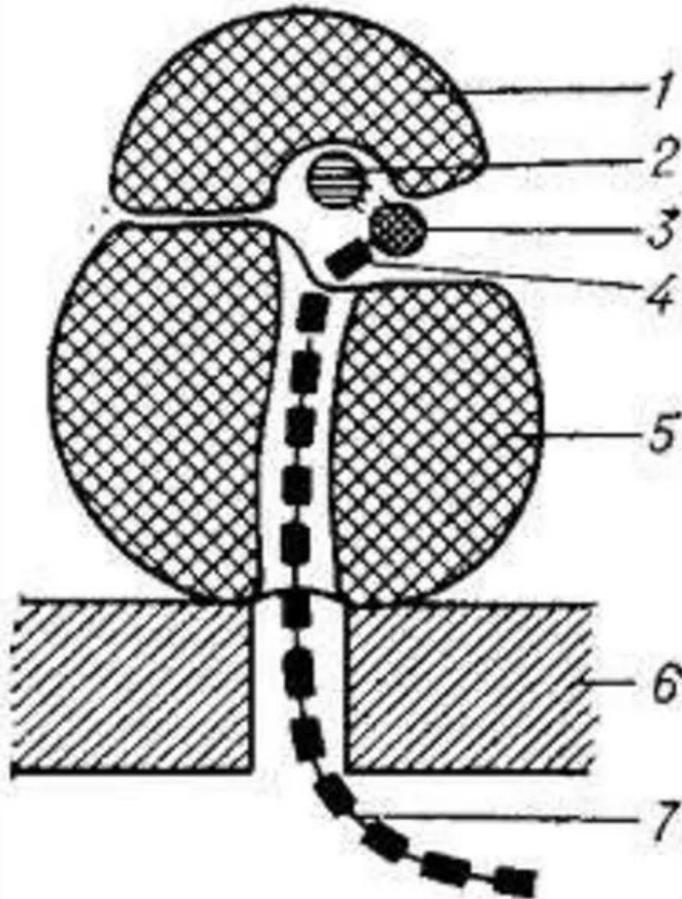
Немембранные органеллы: Рибосомы

- Сложные рибонуклеопротеиды
- Состоят из большой и малой субъединиц
- Свободные (одиночные, полирибосомы)
- Связанные (на поверхности гр-ЭПС)

Рибосомы

- **Малая субъединица** – одна длинная цепь рРНК (~2000 нуклеотидов, 18S), с которой связано около 30 молекул рибосомальных белков;
- **Большая субъединица** – ещё более длинная цепь рРНК (~ 4000 нукл., 28S), с которой связано 2 короткие цепи РНК (5,8S и 5S) и ~45 молекул белков.
- Таким образом, каждая субъединица **представляет собой свёрнутый рибонуклеопротеидный тяж**, имеющий несколько функциональных центров.

Рибосомы



1 — малая
субъединица;

2 — иРНК;

3 — тРНК;

4 — аминокислота;

5 — большая
субъединица

6 — мембрана ЭПР

7 — синтезируемая
полипептидная
цепь.

РИБОСОМЫ

Это маленькие гранулы, состоящие из рибонуклеопротеидов – комплексов РНК и различных структурных белков.

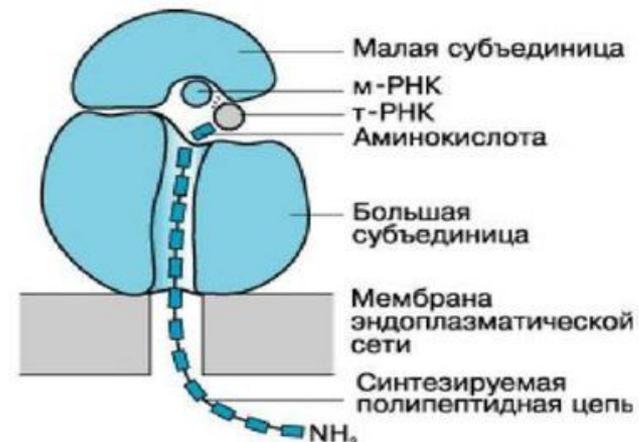
Это единственные органеллы эукариотической клетки, которые не имеют мембран.

Рибосомы располагаются в цитоплазме клетки свободно, или же прикрепляются к мембранам эндоплазматической сети. Каждая клетка содержит десятки и сотни тысяч рибосом.

Располагаются рибосомы поодиночке либо группами из 4-40 (*полирибосомы*, или *полисомы*), где отдельные рибосомы связаны между собой нитевидной молекулой информационной РНК, несущей информацию о структуре белка.

Рибосомы (точнее, полисомы) – центры синтеза белка в клетке. Рибосома состоит из двух субъединиц (большой и малой). Субъединицы образуются в ядре, а именно в ядрышке, сборка рибосом осуществляется в цитоплазме.

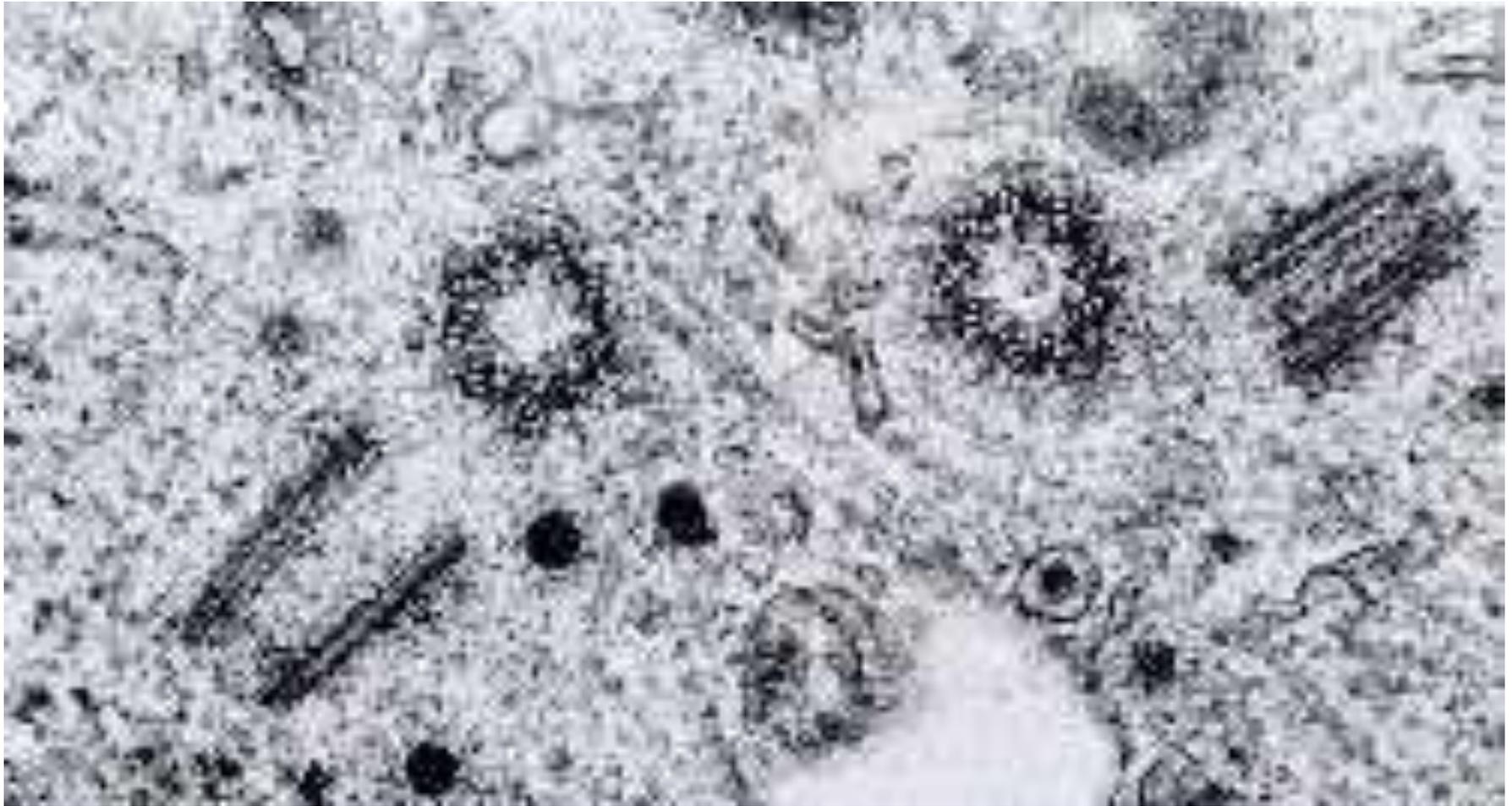
Схема строения рибосомы



Клеточный центр (центросома)

- Термин предложен в 1895 Т. Бовери
- **Строение** – из двух цилиндров, 9 триплетов микротрубочек (тубулин), саттелиты (центросфера), тонкофибрилярный матрикс
- **Функции** – образование веретена деления, участие в формировании ресничек и жгутиков

Центриоли



Клеточный центр

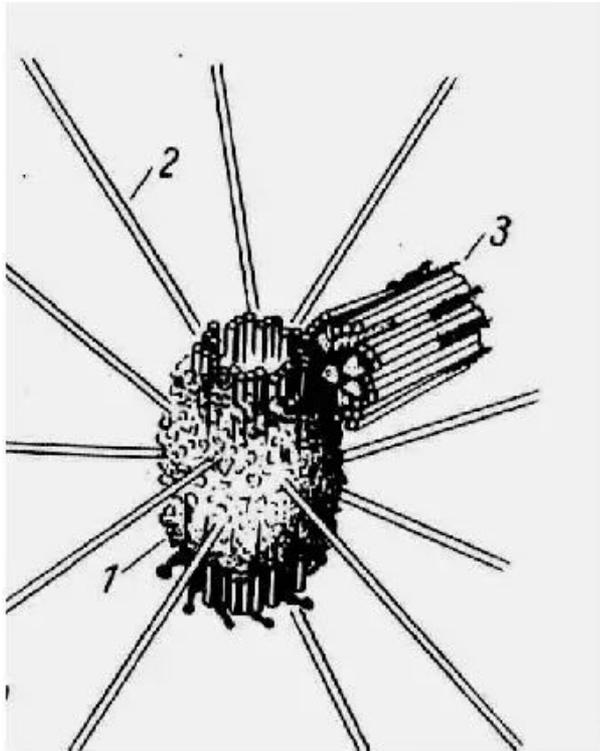


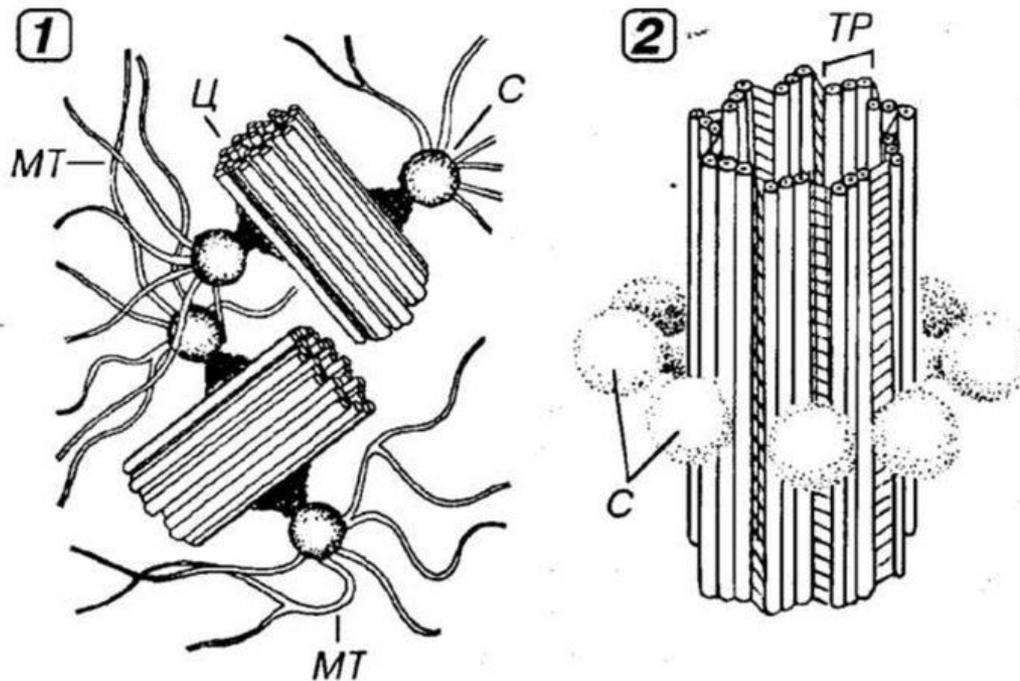
Схема строения



Электронная микрофотография

1. Материнская центриоль, окруженная тонкофибрилярным матриксом
2. Центросфера
3. Дочерняя центриоль

Клеточный центр и структура центриоли



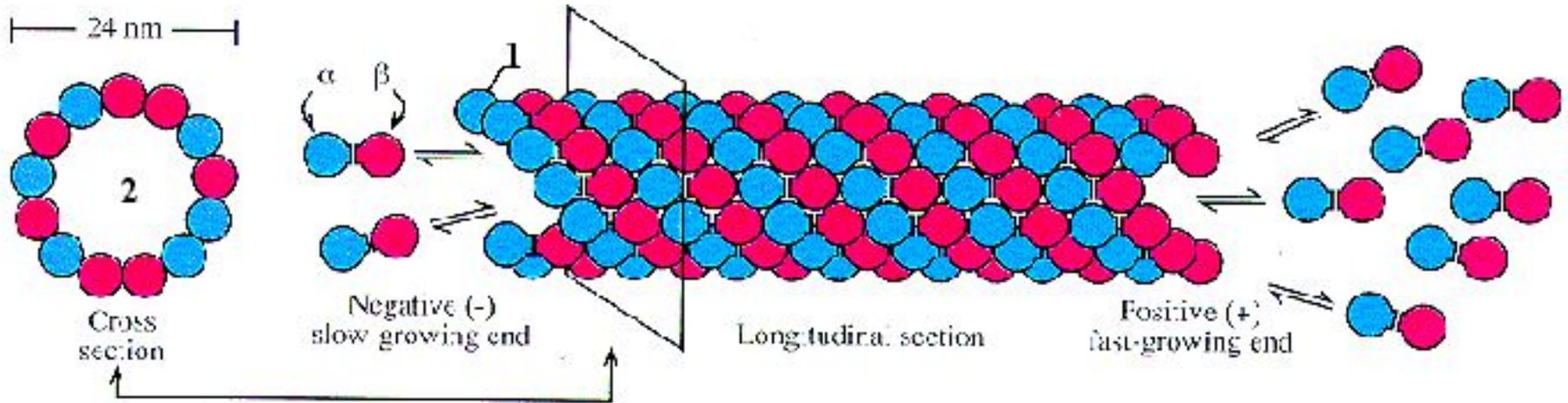
Клеточный центр (1) и структура центриоли (2). Клеточный центр образован парой центриолей (Ц), расположенных во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Каждая центриоль состоит из 9 связанных друг с другом триплетов (ТР) микротрубочек (MT). С каждым ТР посредством ножек связаны сателлиты (С) – глобулярные белковые тельца, от которых отходят MT.

Микрофиламенты

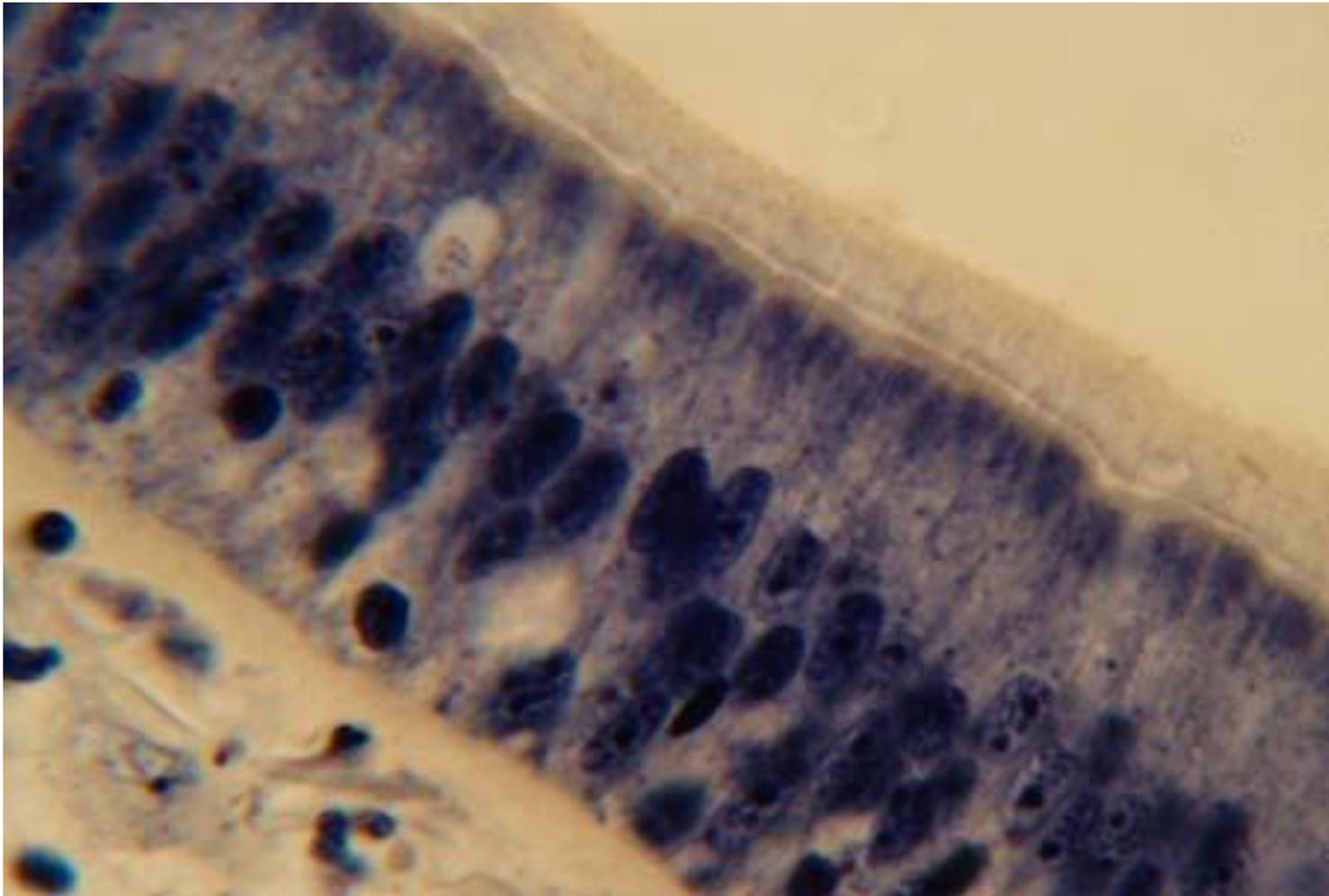
- Микрофиламент - двойная спираль из глобулярных молекул белка актина.
- За счет этого содержание актина даже в немышечных клетках достигает 10 % от всех белков.



Микротрубочки



Реснички



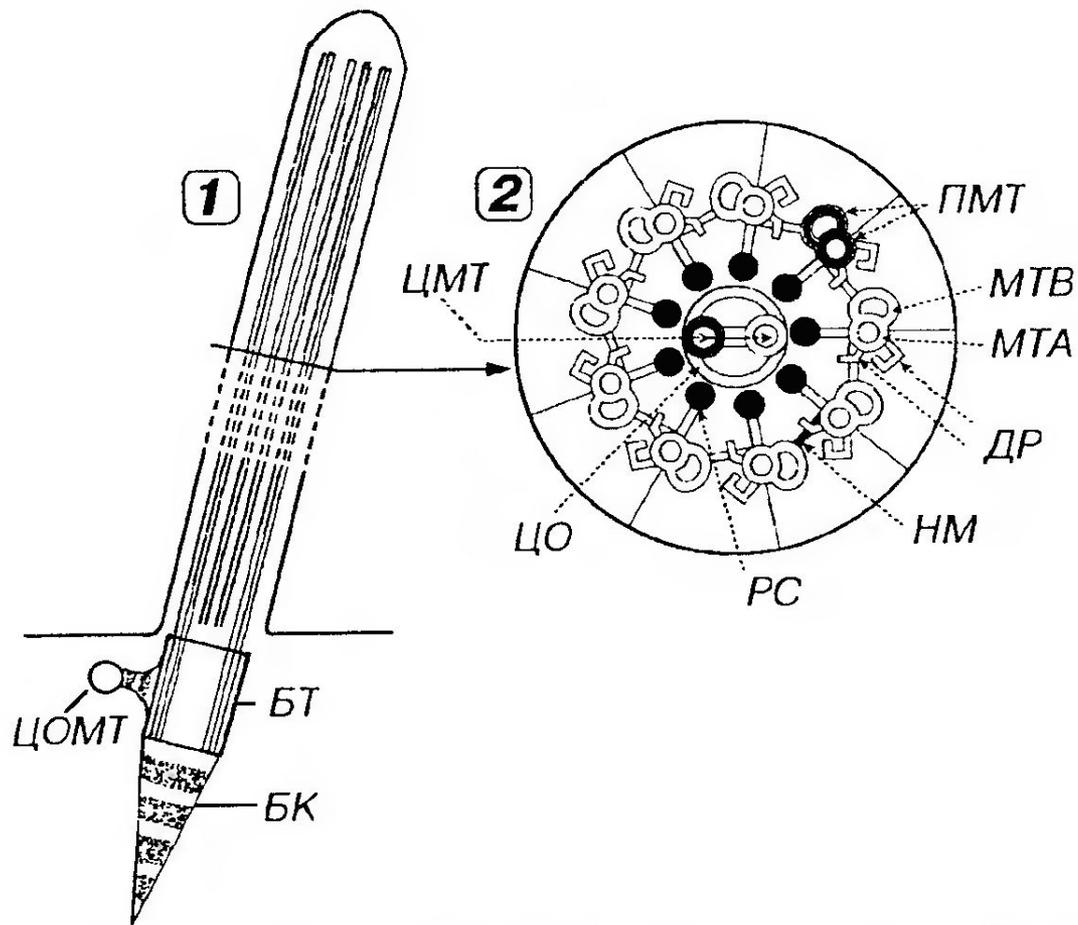
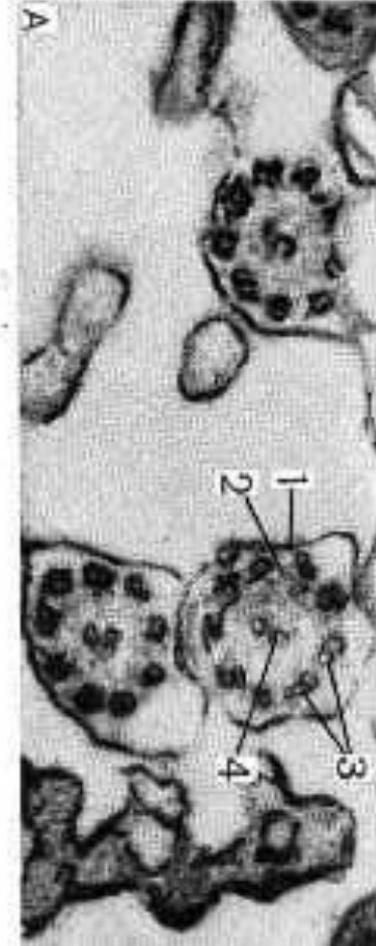
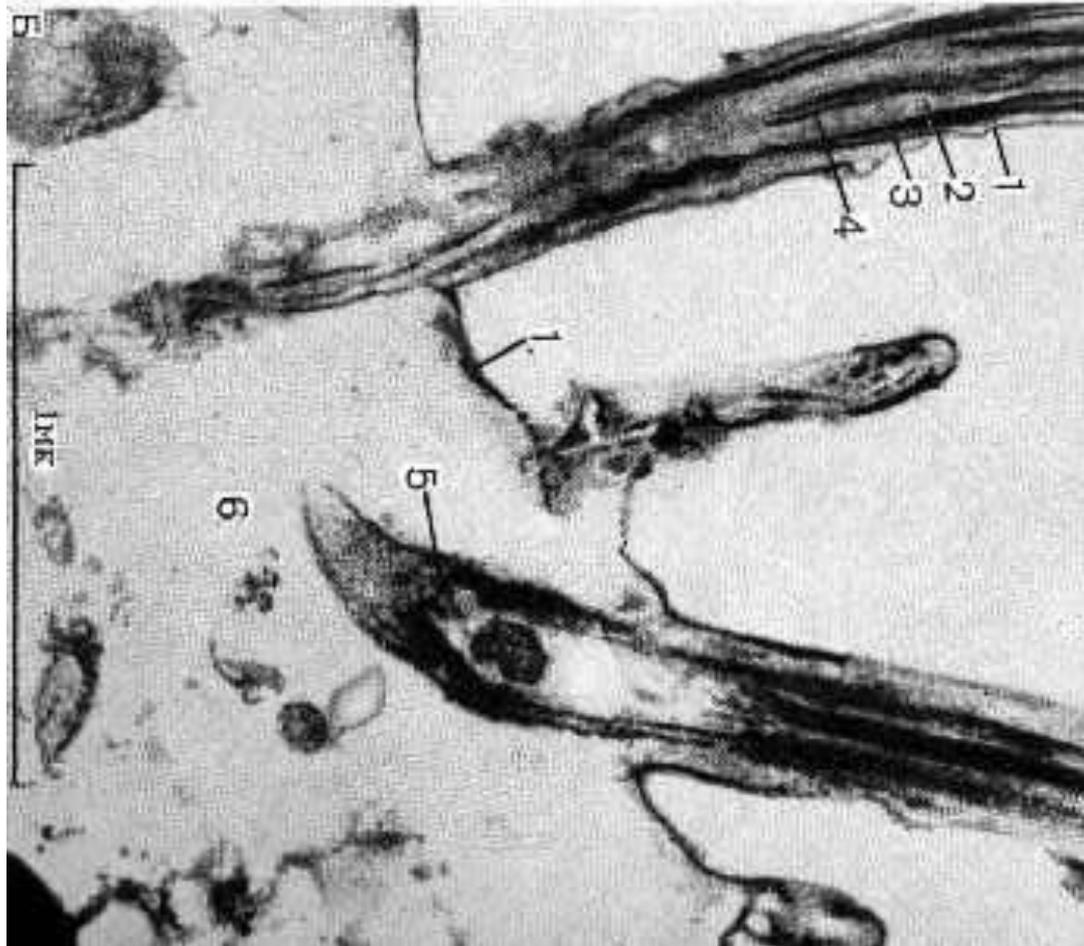
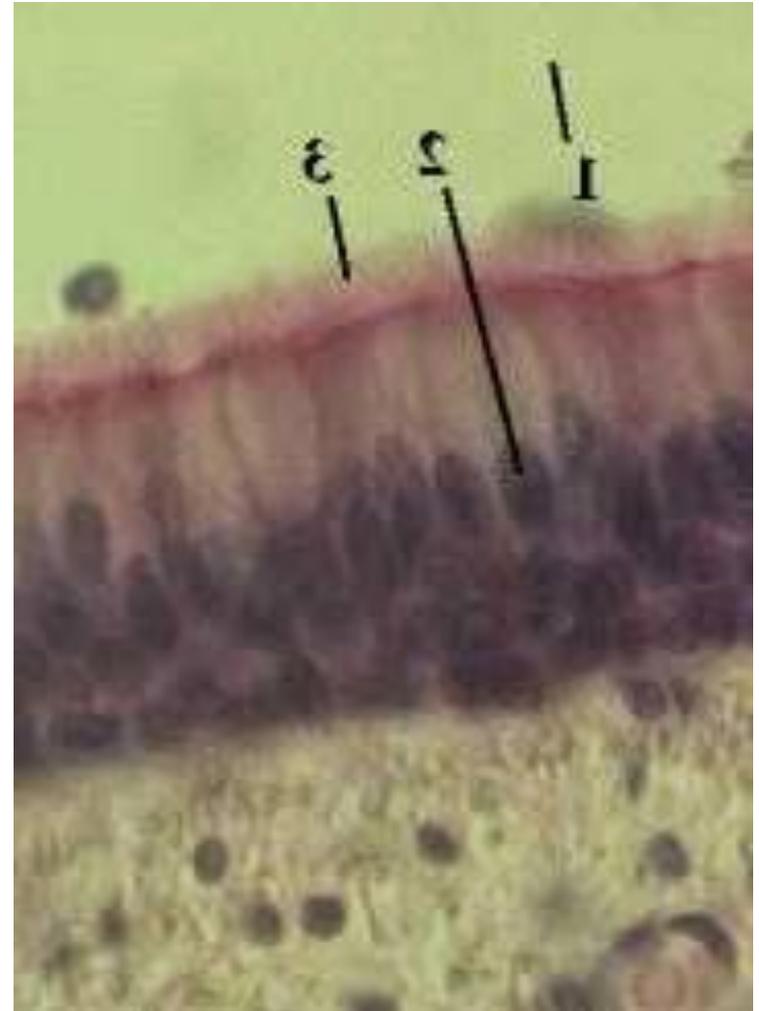
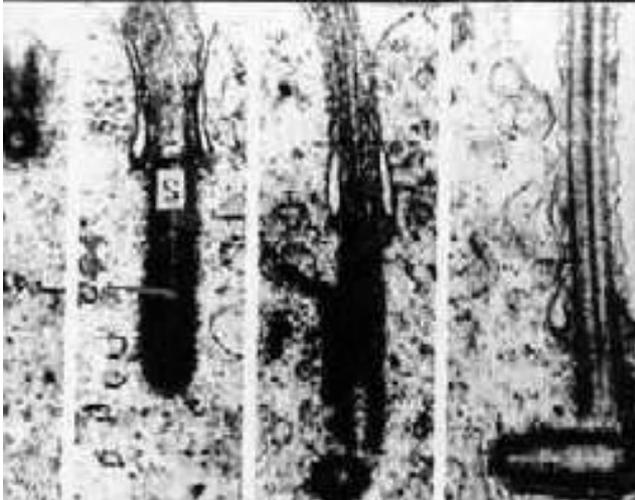
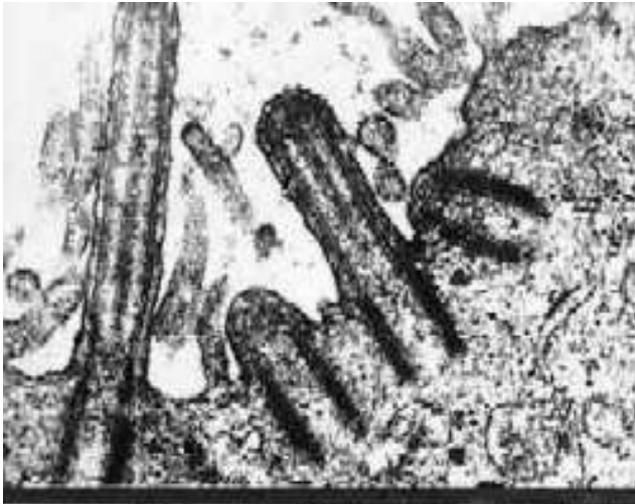


Рис. 3-16. Ресничка. 1 - продольный срез, 2 - поперечный срез. БТ - базальное тельце (образовано триадами микротрубочек), ЦОМТ - центр организации микротрубочек, БК - базальный корешок, ПЛ - плазмолемма, МТА - микротрубочка А, МТВ - микротрубочка В, ПМТ - периферические микротрубочки, ЦМТ - центральные микротрубочки, ЦО - центральная оболочка, ДР - динеиновые ручки, РС - радиальные спицы, НМ - нексиновые мостики.

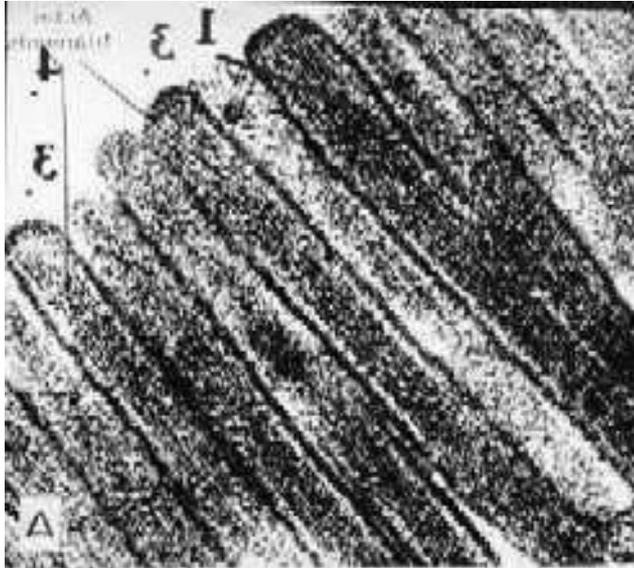
Реснички



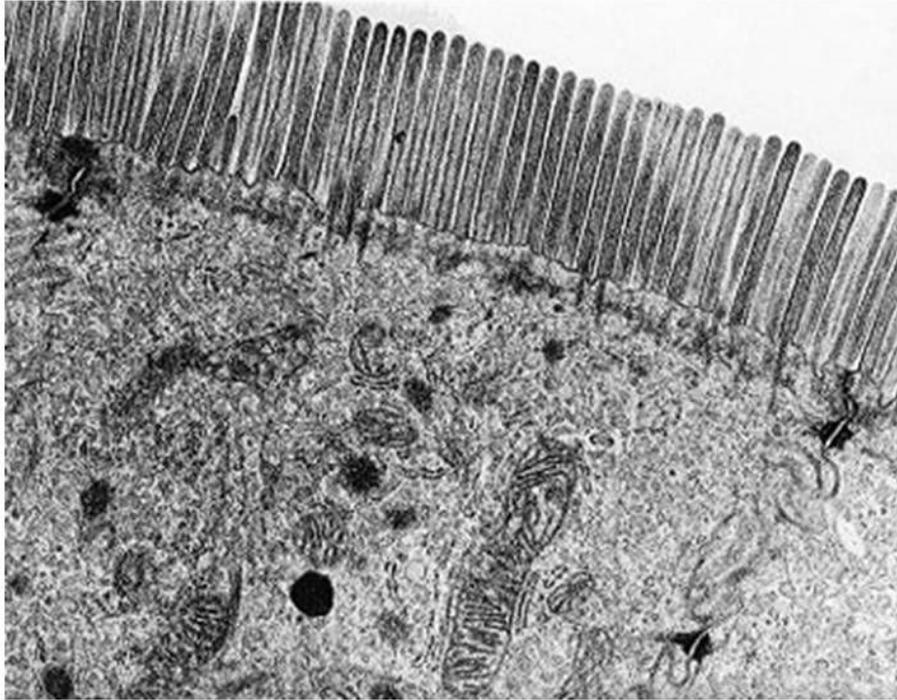
Реснички



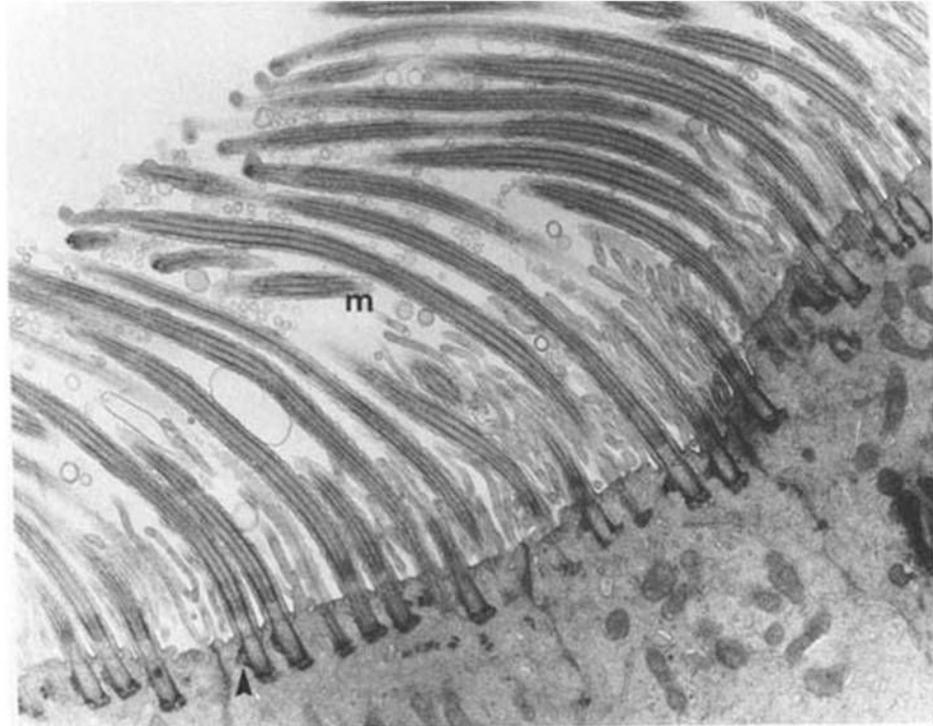
Микроворсинки



- Имеют вид цилиндрических пальцеобразных выростов цитоплазмы, покрытых плазмолеммой



Электронная фотография микроворсинок на поверхности клеток эпителия кишечника



А на этой фотографии дыхательного эпителия видны и крупные реснички (хорошо виден цитоскелет) и среди них мелкие микроворсинки.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!

