

СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ БЛОК 2

«Клетка как биологическая система»

2.1. Клеточная теория, её основные положения, роль в формировании современной естественнонаучной картины мира. Развитие знаний о клетке. Клеточное строение организмов, сходство строения клеток всех организмов — основа единства органического мира, доказательство родства живой природы

2.2. Клетка — единица строения, жизнедеятельности, роста и развития организмов. Многообразие клеток. Сравнительная характеристика клеток растений, животных, бактерий, грибов.

2.4. Строение про- и эукариотной клетки. Взаимосвязь строения и функций частей и органоидов клетки — основа ее целостности.

1837-38 гг. – Маттиас Шлейден и Теодор Шванн сформулировали основные положения клеточной теории:

1. Все растительные и животные организмы состоят из клеток.
2. Клетка – единица жизни.



Маттиас Якоб Шлейден



Теодор Шванн

Дальнейшее развитие клеточная теория получила в работах Р. Вирхова (1858г.)

Им были сформулированы постулаты современной клеточной теории.



Рудольф Вирхов
(1821 - 1902)

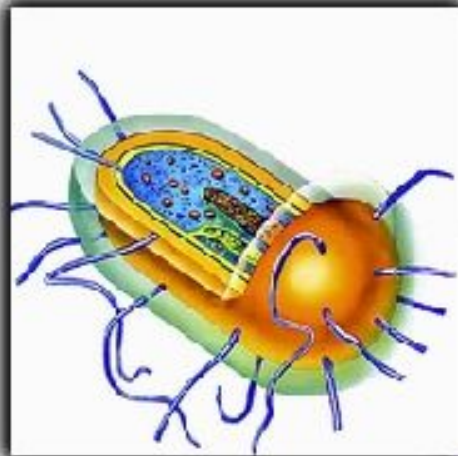
1. Клетка - элементарная единица живого.
- 2. Клетки образуются из клеток путем деления.**
3. Клетки разных организмов гомологичны по-своему строению. Гомологичность клеток - это общий план строения, сходство химического состава, как на молекулярном, так и на атомарном уровне, а так же единые механизмы пластического и энергетического обмена.
4. Многоклеточные организмы - это сложные ансамбли клеток, объединенные в целостные, интегрированные системы тканей и органов, связанные между собой межклеточными, гуморальными и нервными формами регуляции.

Положения клеточной теории из материалов ЕГЭ

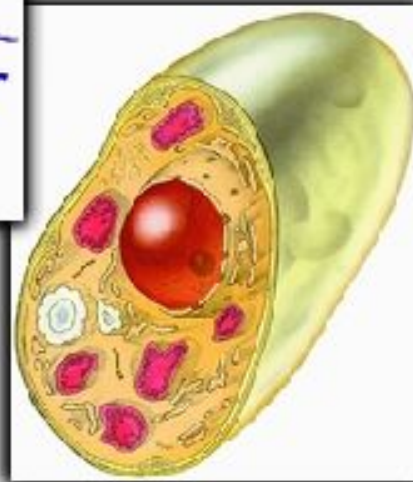
- 1) Клетка является универсальной структурной, функциональной и генетической единицей живого.
- 2) Все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности.
- 3) Новые клетки образуются только в результате деления исходных клеток.
- 4) Клетки способны к самостоятельной жизнедеятельности, но в многоклеточных организмах их работа скоординирована и организм представляет собой целостную систему.

Клетка – ограниченная активной мембраной, упорядоченная, структурированная система биополимеров, образующих ядро и цитоплазму, участвующих в единой совокупности метаболических и энергетических процессов, осуществляющих поддержание и воспроизведение всей системы в целом.

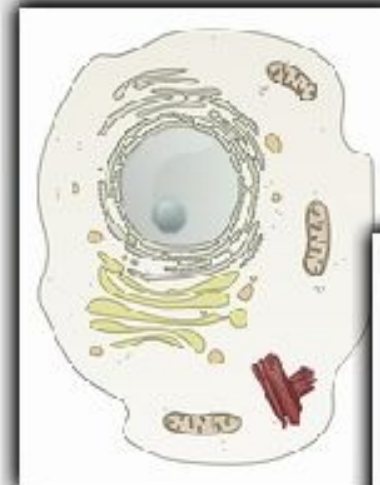
Бактериальная клетка



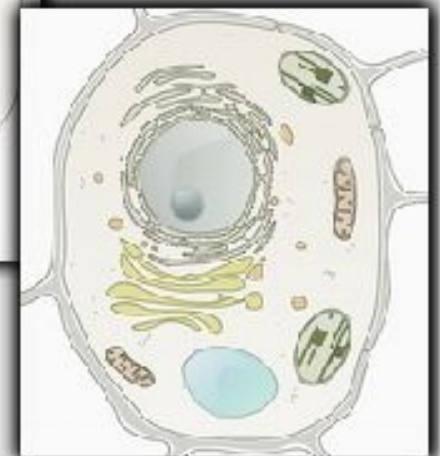
Клетка гриба



Животная клетка

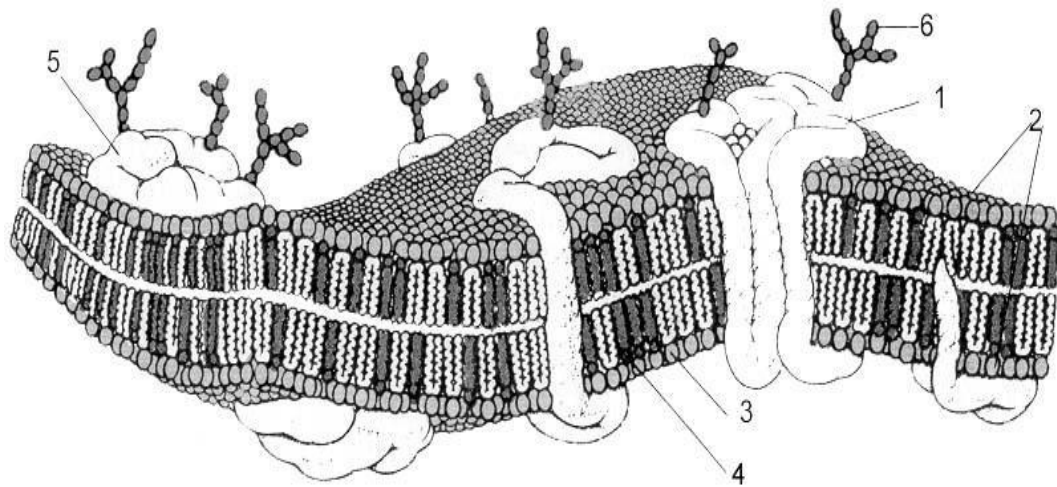


Растительная клетка

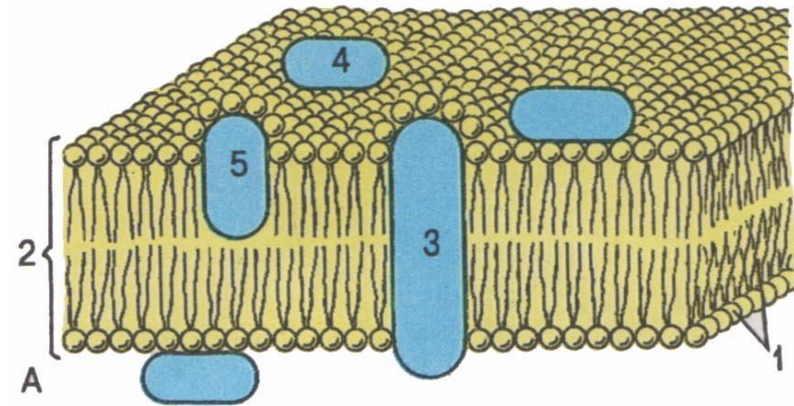


Биологические мембраны и их функции

Мембрана состоит из двойного слоя липидов и связанных с ним протеинов. Интегральные белки погружены в липиды. Белки, которые насквозь пронизывают бислой, называются трансмембранными белками. Периферические белки не жестко связаны с цитоплазматической поверхностью. Многие липиды и белки на наружной поверхности имеют олигосахаридные цепи, направленные во внеклеточную среду.

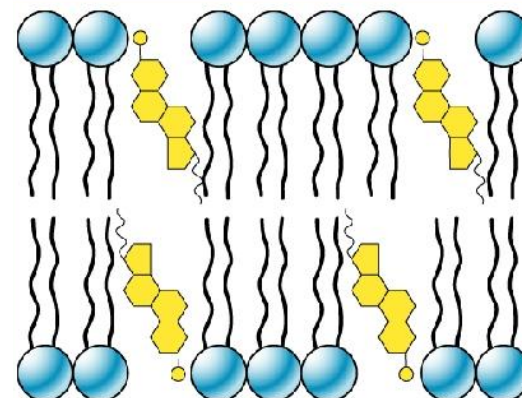


Жидкостно-мозаичная модель мембраны.
1 - интегральный белок; 2 - билипидный слой мембраны; 3 - гидрофильные головки фосфолипидов; 4 - гидрофобные хвосты фосфолипидов; 5 - периферический белок; 6 - рецепторная часть мембраны.

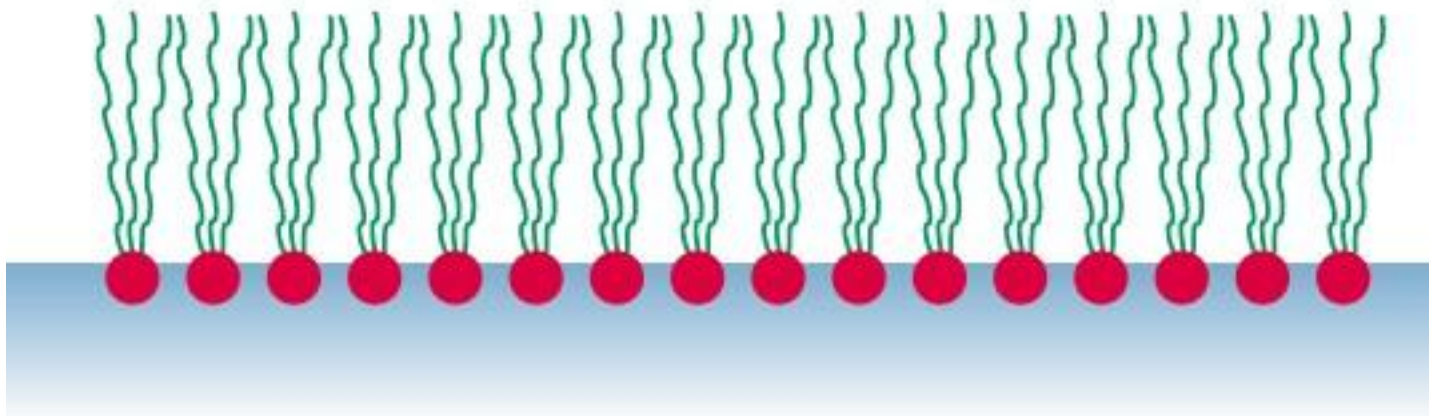


Строение биологической мембраны.
1 - молекула липида; 2 - липидный бислой; 3 - интегральные белки; 4, 5 - периферические белки.

Химическая структура молекулы фосфолипида



Образование липидных мембран, мицелл, эмульсий и липосом из молекул фосфолипидов, основанное на их амфифильной природе.



Функции некоторых цитоплазматических и внутриклеточных мембран в животной клетке

Клетки	Мембраны	Функция
Все клетки организма	Клеточные (цитоплазматические)	Активный транспорт ионов K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , поддержание осмотического равновесия.
Большинство клеток	Клеточные	Связывание гормонов и включение внутриклеточной сигнализации.
Нервные и мышечные клетки	Клеточные	Генерация потенциалов покоя и действия и распространение потенциала действия.
Большинство клеток кроме эритроцитов	Внутренняя мембрана митохондрий	Перенос электронов на кислород и синтез АТФ (окислительное фосфорилирование).
Большинство клеток кроме эритроцитов	ЭПС	Перенос ионов Ca^{2+} из клеточного сока внутрь везикул.
Клетки зрительного эпителия	Мембраны зрительных дисков	Поглощение квантов света и генерация внутриклеточного сигнала.

Межмембранный транспорт

Транспорт ионов через плазмалемму проходит за счет участия в этом процессе мембранных транспортных белков. Эти белки могут вести транспорт в одном направлении одного вещества, или нескольких веществ одновременно, или же вместе с импортом одного вещества выводить из клетки другое. Так, например, глюкоза может входить в клетки вместе с ионом Na^+ .

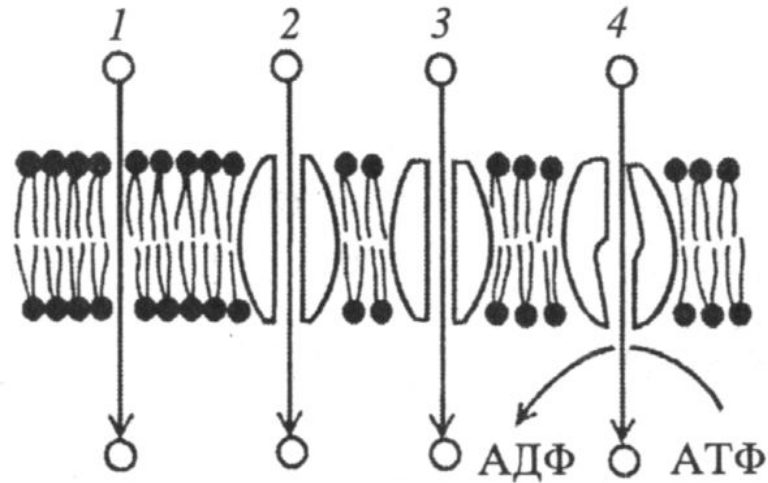
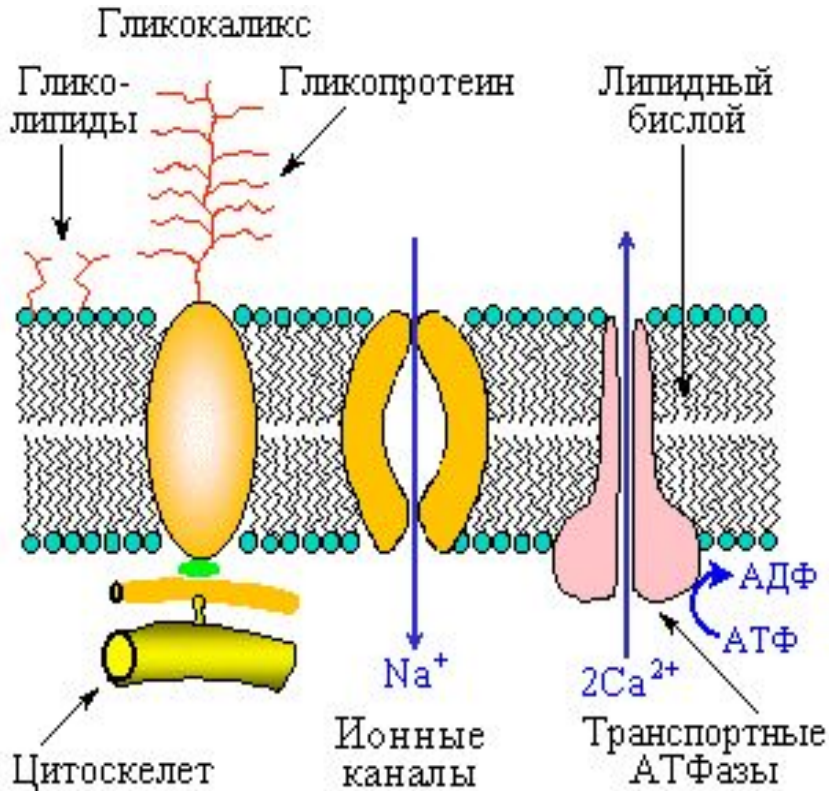
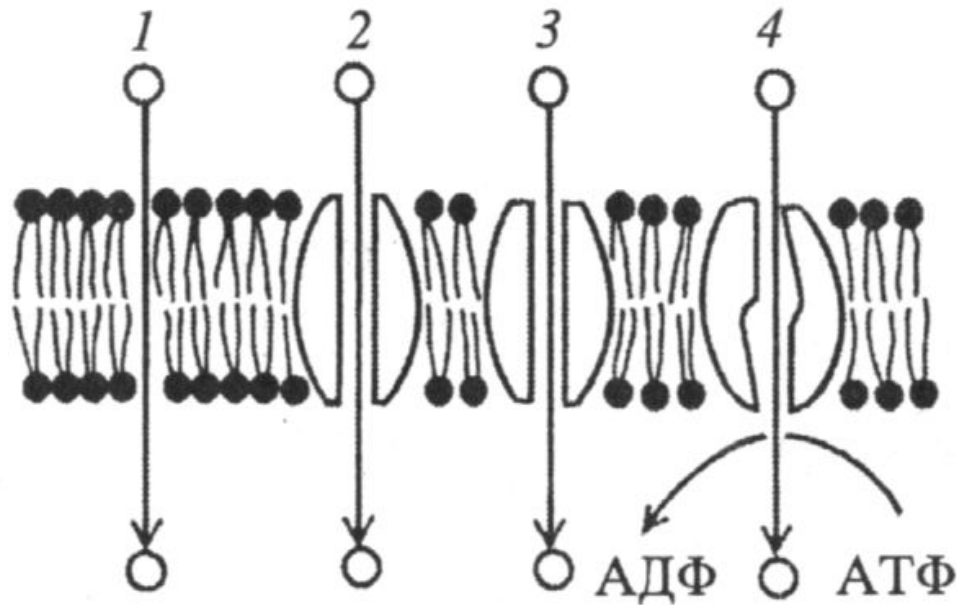


Схема переноса ионов и молекул через плазматическую мембрану
1 – простая диффузия; 2 – облегченная диффузия; 3 – каналообразующий белок; 4 – белок переносчик

В клетках существуют мембранные белковые переносчики, которые работают против градиента концентрации, затрачивая при этом энергию АТФ.

Такой тип работы носит название активного транспорта, и он осуществляется с помощью белковых ионных насосов.

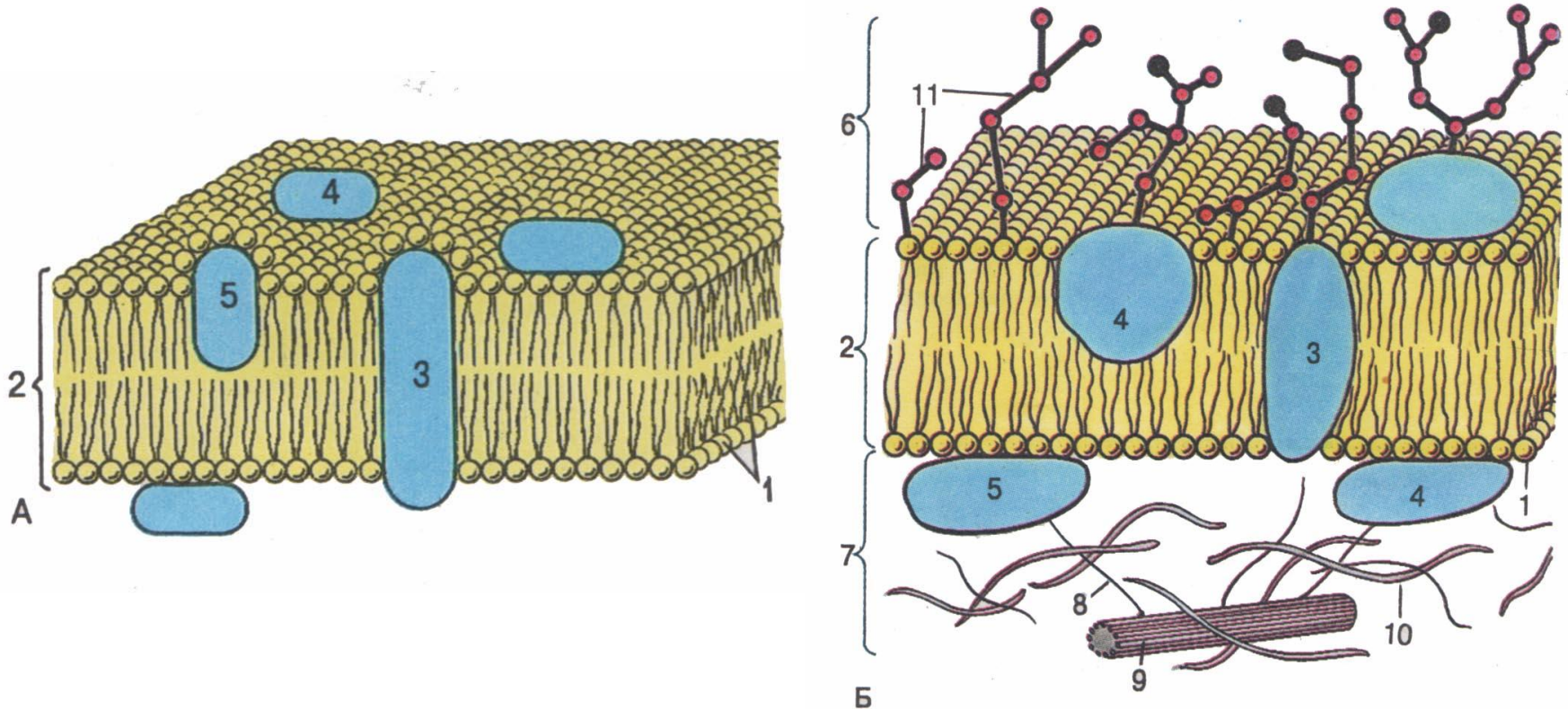


1. Диффузия и осмос процессы поступления веществ из области с большей концентрацией, в область с меньшей концентрацией.

2,3. Облегченная диффузия - пассивный транспорт через поровые белки.

4. Активный транспорт — перенос веществ против градиента концентрации, происходящий с затратами энергии.

Биологические мембраны и их функции

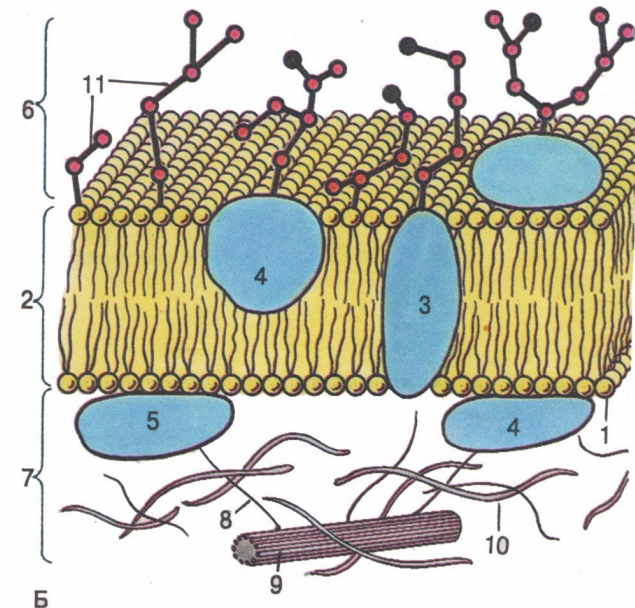
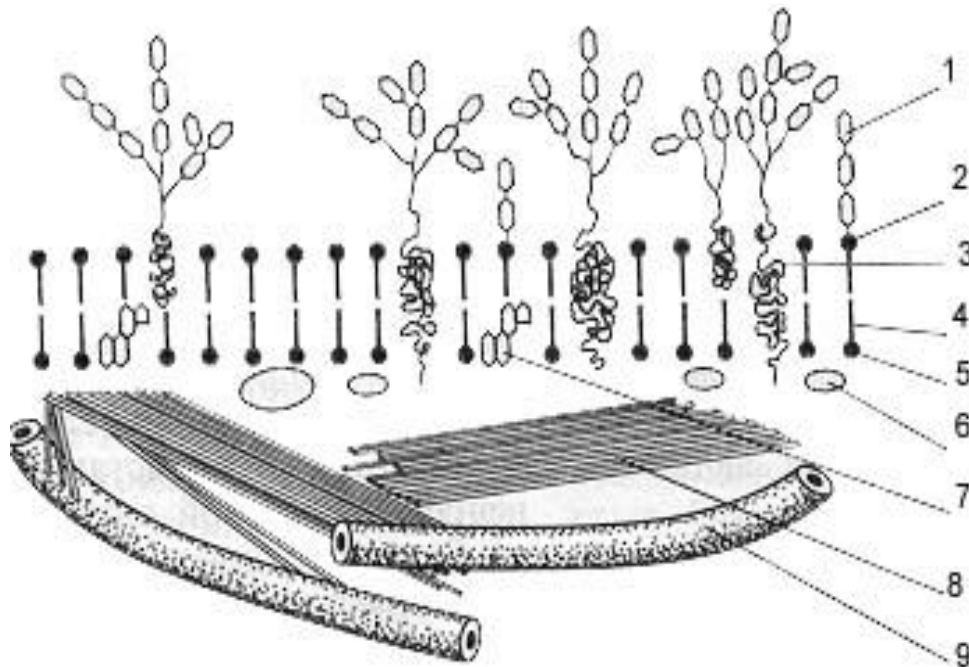


Строение биологической мембраны (А) и клеточной оболочки (Б).
1 — молекула липида; 2 — липидный бислои; 3 — интегральные белки; 4, 5 — периферические белки; 6 — гликокаликс; 7 — субмембранный слой; 8 — актиновые микрофиламенты; 9 — микротрубочки; 10 — промежуточные филаменты; 11 — углеводные молекулы гликопротеинов и гликолипидов.

Схема строения цитолеммы

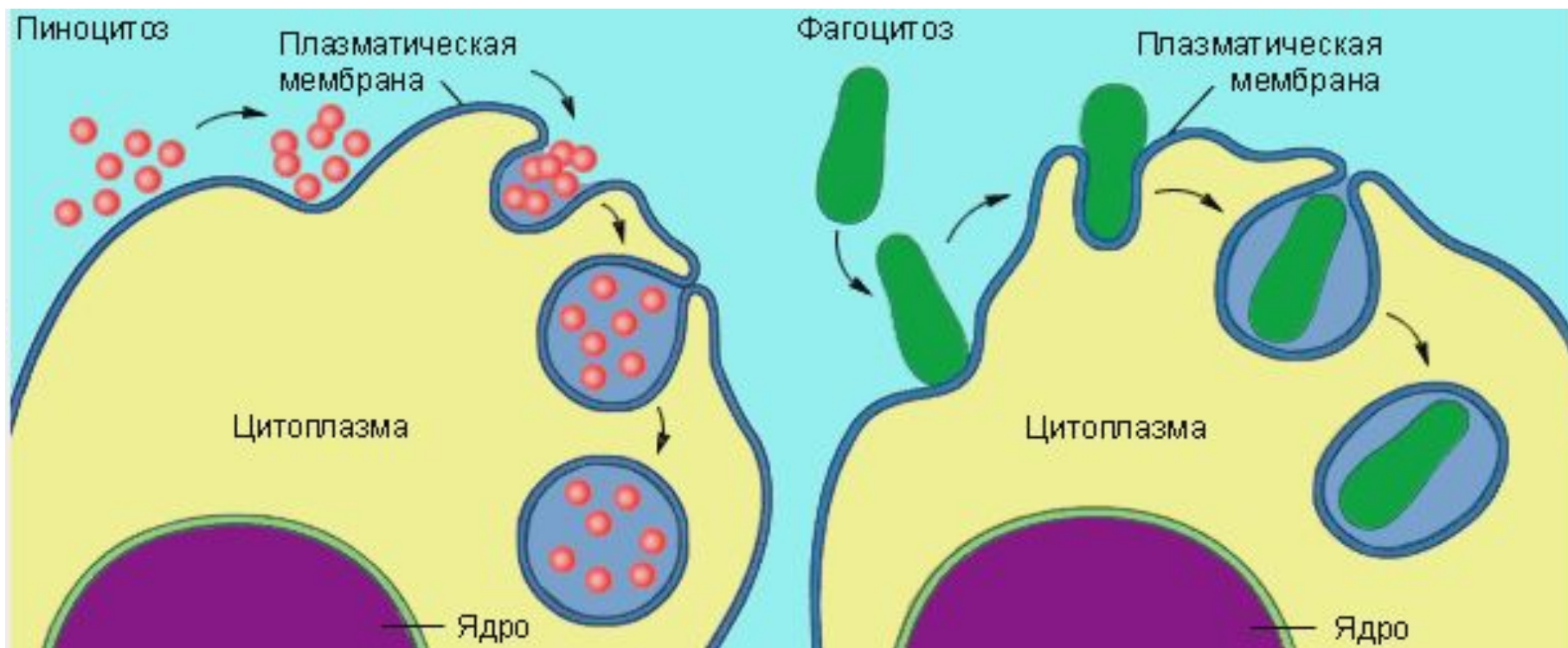
- 1) Плазматическая мембрана образована двумя слоями липидов.
- 2) Молекулы белков могут пронизывать плазматическую мембрану или располагаться на ее внешней или внутренней поверхности.
- 3) Снаружи к белкам могут присоединяться углеводы, образуя гликокаликс.

Из материалов ЕГЭ



- 1 - углеводные цепи гликокаликса; 2 – гликолипид; 3 - гликопротеид; 4 – гидрофобный хвост; 5 – гидрофильная головка 6 – белок; 7 - молекула холестерина; 8 – микрофиламенты; 9 - микротрубочки

Пиноцитоз и фагоцитоз



Для поступления веществ в клетку существуют следующие пути:

- 1) Фагоцитоз — поглощение, захватывание твердых частиц клеточной мембраной и последующее их переваривание.
- 2) Пиноцитоз — поглощение жидкостей клеточной мембраной;
- 3) Диффузия и осмос процессы поступления веществ из области с большей концентрацией, в область с меньшей концентрацией. Частным случаем осмоса является проникновение веществ через полупроницаемую мембрану.
- 4) Активный транспорт — перенос веществ против градиента концентрации, происходящий с затратами энергии.

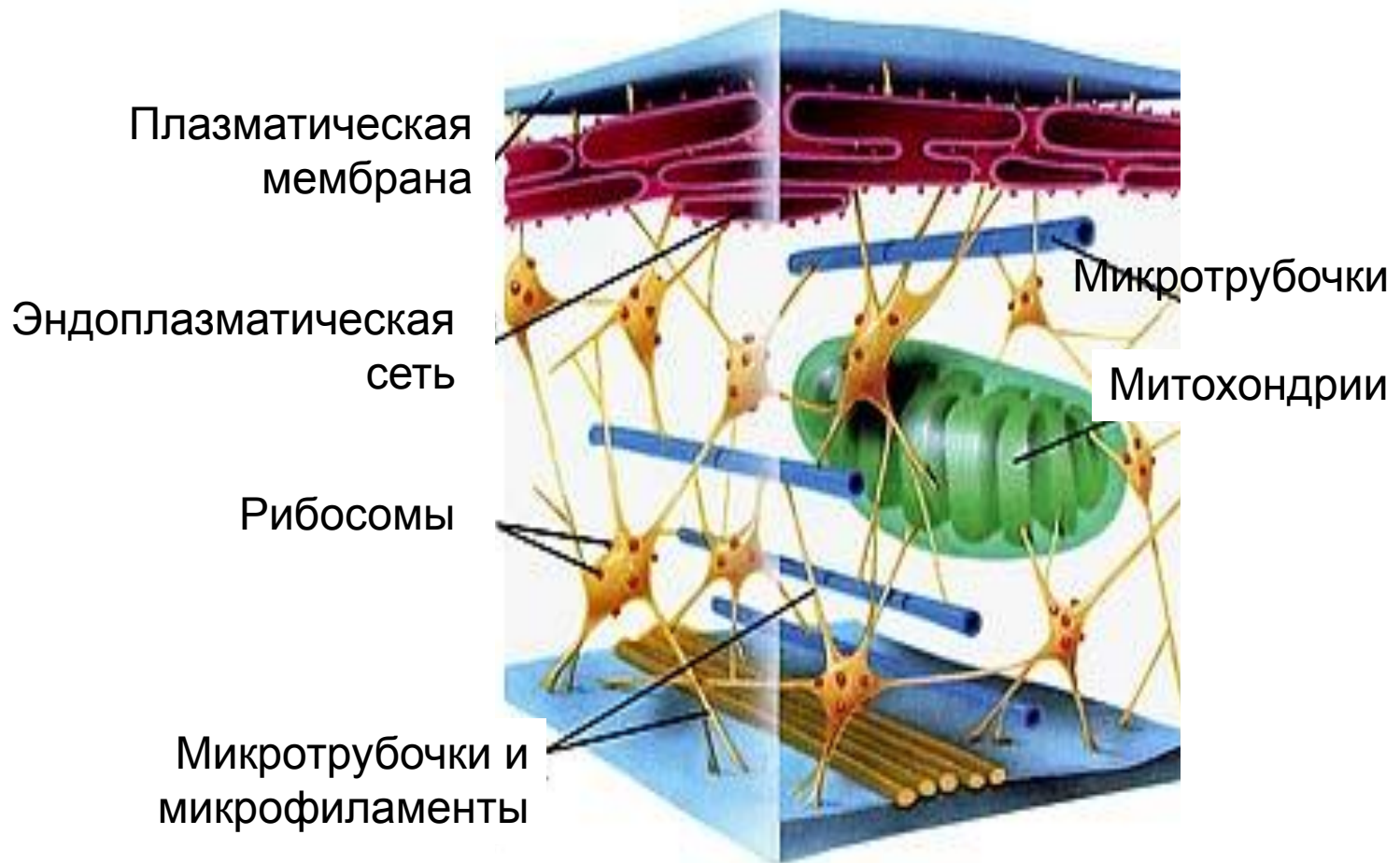
Из материалов ЕГЭ

Цитоплазма

Цитоплазма - часть клетки без ядра.

Цитоплазма клетки многокомпонентна.

Формально структуру цитоплазмы подразделяют на три части: **органеллы**, **включения**, **гиалоплазма**.



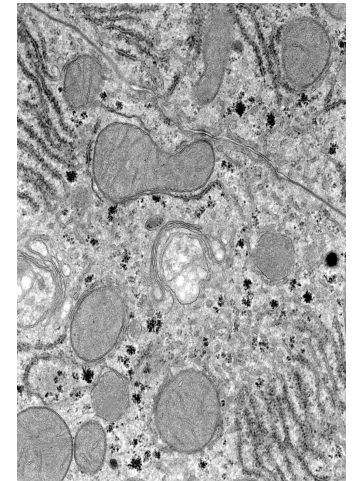
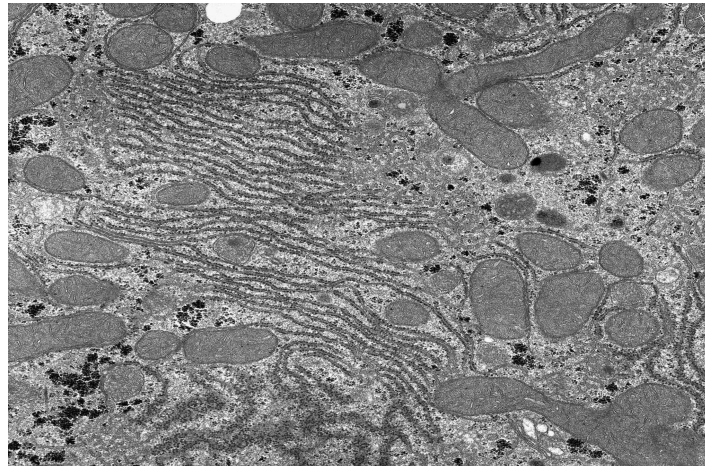
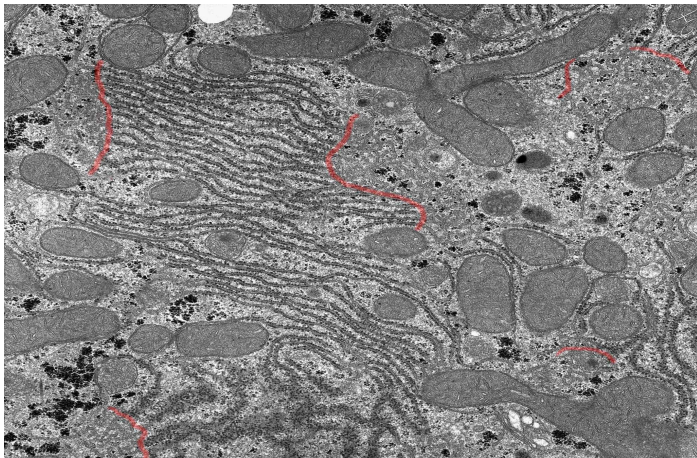
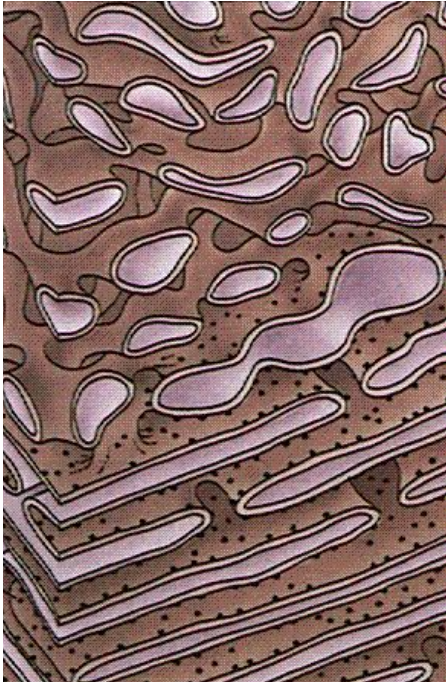
Мембранные органеллы клетки

Эндоплазматическая сеть

Эндоплазматическая сеть – ЭПС (ретиклум ЭР) – сквозная сеть двухконтурных мембран, соединенных друг с другом, образующая каналы, вакуоли, мешочки и трубочки.

В 50-х гг., при использовании метода ультратонких срезов удалось выяснить структуру эндоплазматического ретикулума и обнаружить его неоднородность.

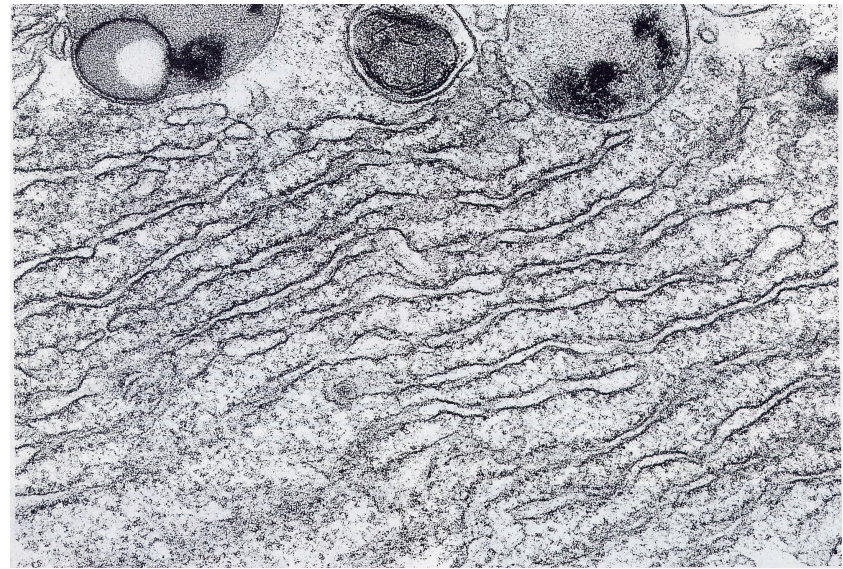
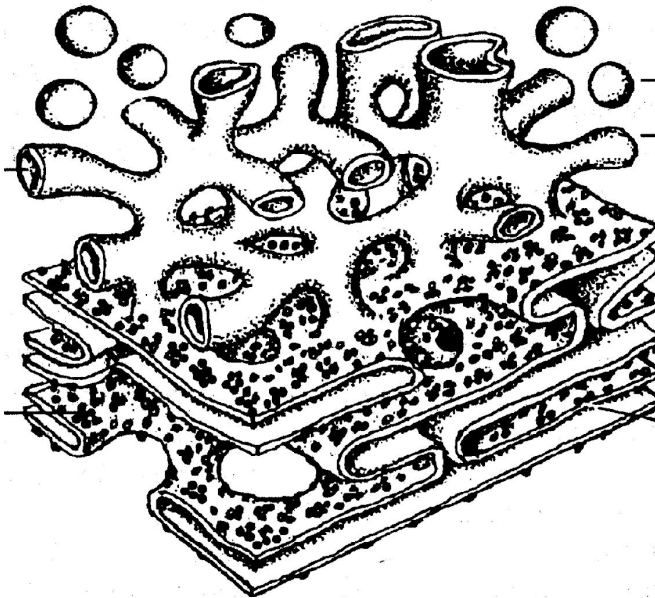
Электронно-микроскопический анализ позволил выделить два типа ЭПС: гранулярную (шероховатую) и агранулярную или гладкую.



Гранулярная ЭПС представлена замкнутыми мембранами, которые образуют на сечениях вытянутые мешки, цистерны или же имеют вид узких (около 20 нм) каналов. Отличительной особенностью гранулярной ЭПС, является то, что ее мембраны со стороны гиалоплазмы покрыты мелкими (около 20 нм) темными, почти округлыми частицами, гранулами - **рибосомами**.

На мембранах рибосомы расположены в виде полисом (множество рибосом, объединенных одной информационной РНК). Это синтезирующие белок рибосомы прикрепляются к мембранам большой субъединицей.

Важнейшей функцией гранулярной ЭПС, вне зависимости от специализации или тканевой принадлежности клеток, является функция образования и построения клеточных мембран.



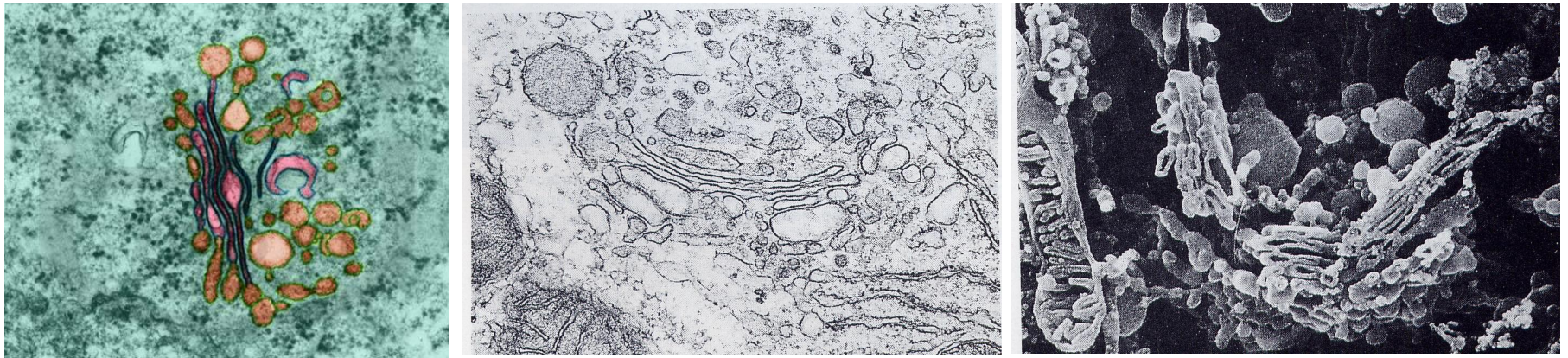
*Электронные микрофотографии участков клетки с мощно развитой системой каналов ЭПС.
1 – рибосомы на мембране гранулярной ЭПС*

Пластинчатый комплекс или комплекс Гольджи

В 1898 году итальянский ученый Камилло Гольджи, используя свойства связывания тяжелых металлов (осмия и серебра) с клеточными структурами, выявил в нервных клетках сетчатые образования, которые он назвал «внутренним сетчатым аппаратом».

Обычно элементы комплекса Гольджи расположены около ядра, вблизи клеточного центра.

Участки комплекса Гольджи, имеют в некоторых клетках вид сложных сетей, где ячейки связаны друг с другом или представлены в виде отдельных темных участков, лежащих независимо друг от друга, имеющих вид палочек, зерен, вогнутых дисков.



Электроннограмма (слева) пластинчатого комплекса Гольджи и фотография сканирующей микроскопии (справа) фрагмента клетки с выявленными каналами комплекса Гольджи и митохондрией

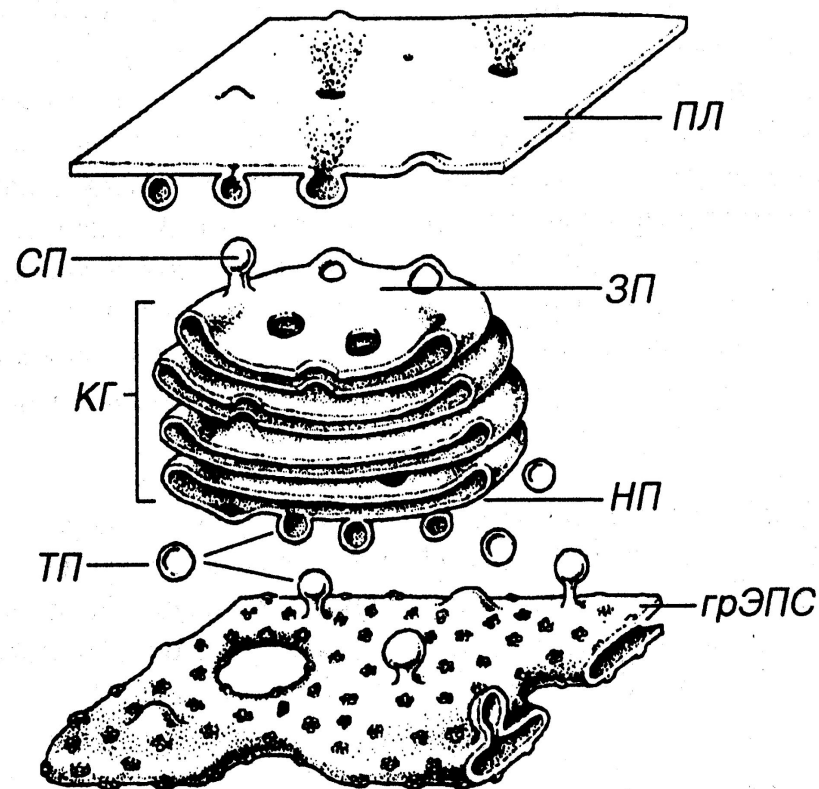
Комплекс Гольджи представлен мембранными структурами, собранными вместе в небольшой зоне.

В комплексе Гольджи плотно друг к другу расположены в виде стопки плоские мембранные мешки, или цистерны.

На периферии цистерны имеют расширения, ампулы. Количество таких мешков в стопке обычно не превышает 5-10.

Кроме плотно расположенных плоских цистерн в зоне комплекса Гольджи наблюдается множество вакуолей.

Мелкие вакуоли встречаются главным образом в периферических участках; иногда видно, как они отшнуровываются от ампулярных расширений на краях плоских цистерн.



В секретирующих клетках обычно комплекс Гольджи поляризован: его проксимальная часть обращена к цитоплазме и ядру, а дистальная - к поверхности клетки.

Комплекс Гольджи является промежуточным звеном между собственно синтезом секретируемого белка и выведением его из клетки.

Синтезированный на рибосомах экспортируемый белок отделяется и накапливается внутри цистерн ЭПС, по которым он транспортируется к зоне мембран комплекса Гольджи.

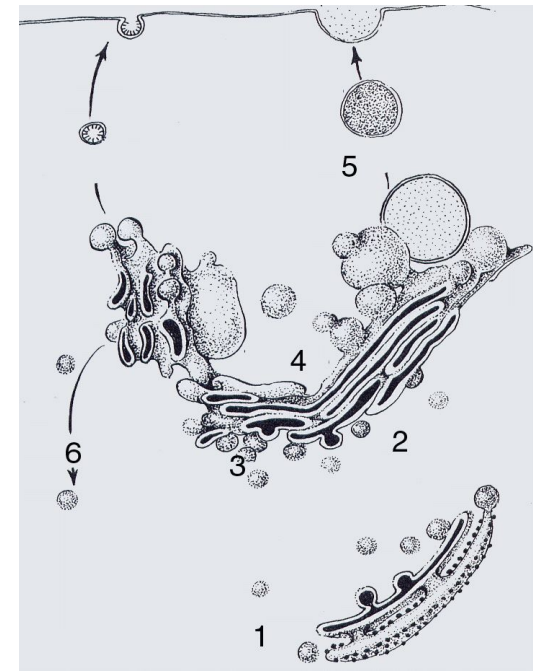
Здесь от гладких участков ЭПС отщепляются мелкие вакуоли, содержащие синтезированный белок, которые поступают в зону вакуолей в проксимальной части диктиосомы.

Происходит перенесение белкового продукта уже внутри полостей цистерн КГ.

По мере созревания белков в цистернах комплекса Гольджи, они с помощью мелких вакуолей переносятся от цистерн к цистерне. В этом участке происходит отщепление мелких пузырьков, содержащих уже зрелый продукт.

Отделившиеся мелкие пузырьки сливаются друг с другом, образуя секреторные вакуоли. После этого секреторные вакуоли начинают двигаться к поверхности клетки, соприкасаются с плазматической мембраной, с которой сливаются их мембраны, и, таким образом, содержимое этих вакуолей оказывается за пределами клетки.

Этот процесс называется **экзоцитоз**.



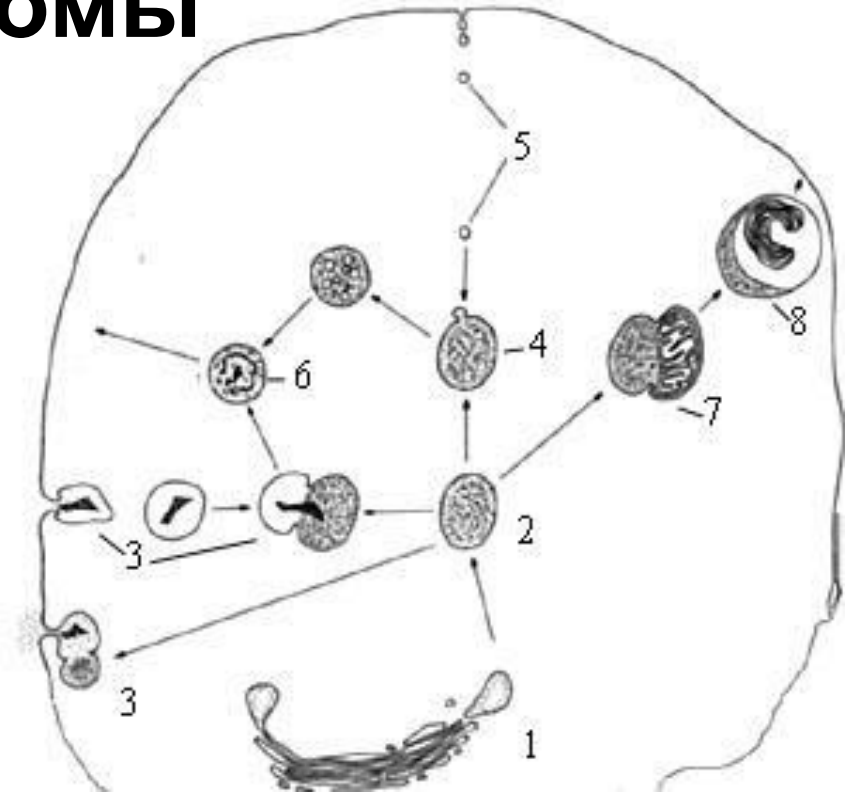
Лизосомы

Лизосомы – главные «пищеварительные» органеллы клетки были открыты Де Дюв в 1955 году.

Лизосомы представляют собой пузырьки, содержащие около 40 гидролитических ферментов: протеиназы, нуклеазы, гликозидазы, фосфорилазы, фосфатазы, сульфитазы и др.

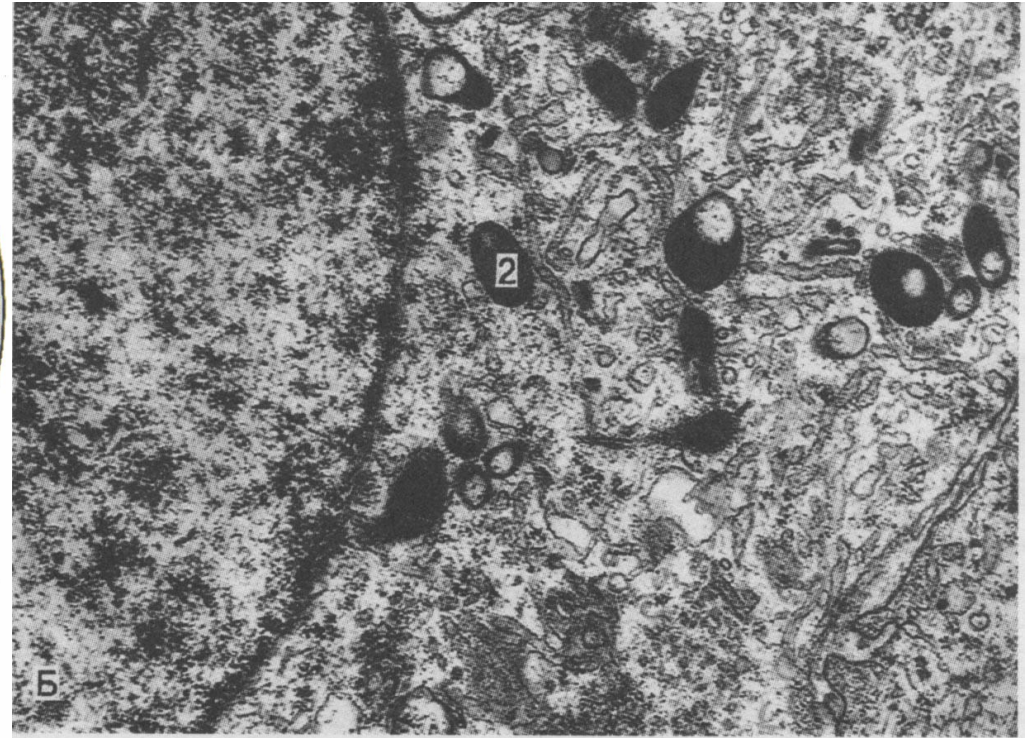
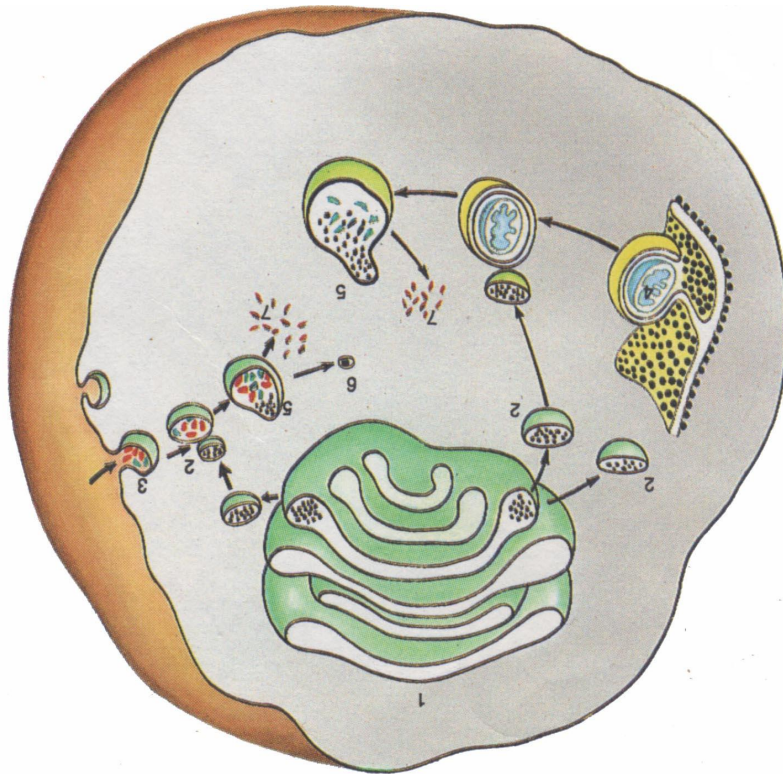
Под электронным микроскопом видно, что лизосомы представлены пузырьками (0,2-0,4 мкм), ограниченными одиночной мембраной, с очень разнородным содержимым внутри.

Среди лизосом можно выделить четыре типа: первичные лизосомы, вторичные лизосомы, аутофагосомы и остаточные тельца.



*Схема образования лизосом
1 – комплекс Гольджи; 2 – первичная лизосома; 3 – фагоцитоз и образование фагосомы; 4 – вторичная лизосома; 5 – пиноцитоз; 6 – остаточное тельце; 7 – слияние лизосомы с митохондрией; 8 – аутосома.*

Лизосомы



А — схема образования и функционирования лизосом. Б — ТЭМ.
1 — комплекс Гольджи; 2 — первичная лизосома; 3 — фагоцитарная вакуоль; 4 — митохондрия, подлежащая протеолизу; 5 — вторичная лизосома; 6 — остаточное тельце; 7 — молекулы мономеров.

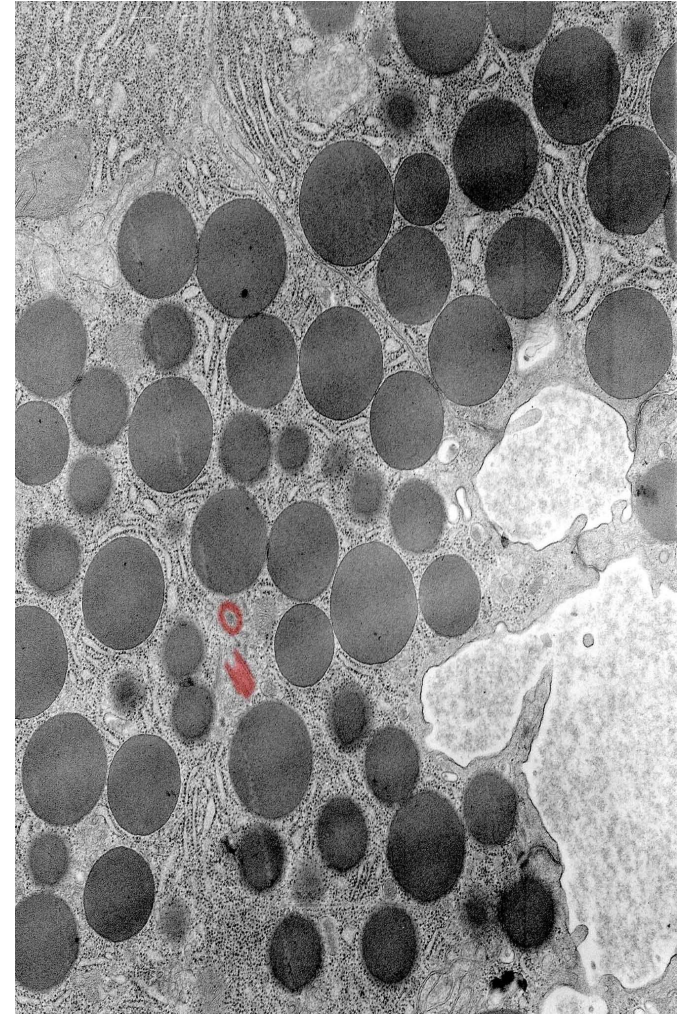
Первичные лизосомы - пузырьки размером около 100 нм, которые трудно отличить от мелких вакуолей комплекса Гольджи.

Первичные лизосомы сливаются с фагоцитарными или пиноцитозными вакуолями и образуют **вторичную лизосому** или внутриклеточную пищеварительную вакуоль.

Содержимое первичной лизосомы сливается с полостью эндоцитозной вакуоли, и гидролазы начинают расщеплять полимеры.

Расщепление макромолекул внутри лизосом может идти не до конца - в полостях лизосом происходит накопление непереваренных продуктов, и вторичные лизосомы.

Аутолизосомы содержат фрагменты или даже целые цитоплазматические структуры, такие, как митохондрии, пластиды, элементы ЭПС, рибосомы, гранулы гликогена.



Митохондрии

Впервые митохондрии были обнаружены Р. Альтманом, который описал эти клеточные органеллы в конце XIX века, называя их «биобластами».

Митохондрии или хондриосомы (от греч. Mitos – нить, chondrion - зернышко, soma - тельце) при световой микроскопии имеют вид гранул или нитей.

Толщина митохондрий в различных клетках относительно постоянна (около 0,5 мкм), а длина колеблется, достигая у нитчатых форм до 7-60 мкм.

В световом микроскопе на окрашенных препаратах не всегда можно определить реальный размер митохондрий.



На электронной микрофотографии ясно видны основные части митохондрии: мембраны, кристы, матрикс.

Митохондрии ограничены двумя мембранами.

Наружная митохондриальная мембрана отделяет ее от гиалоплазмы.

Наружную мембрану от внутренней отделяет межмембранное пространство шириной около 10-20 нм.

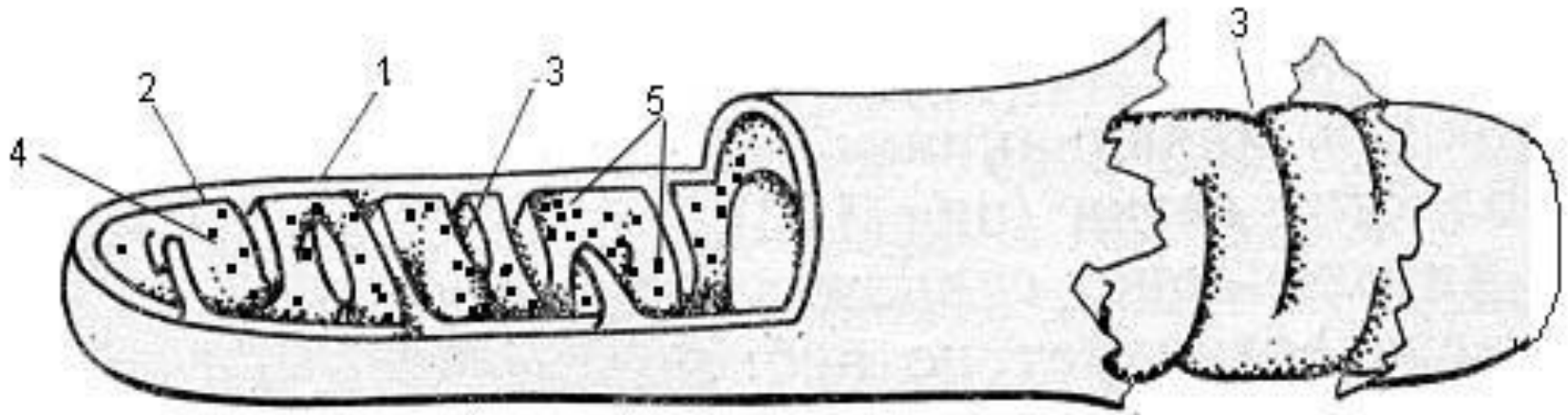


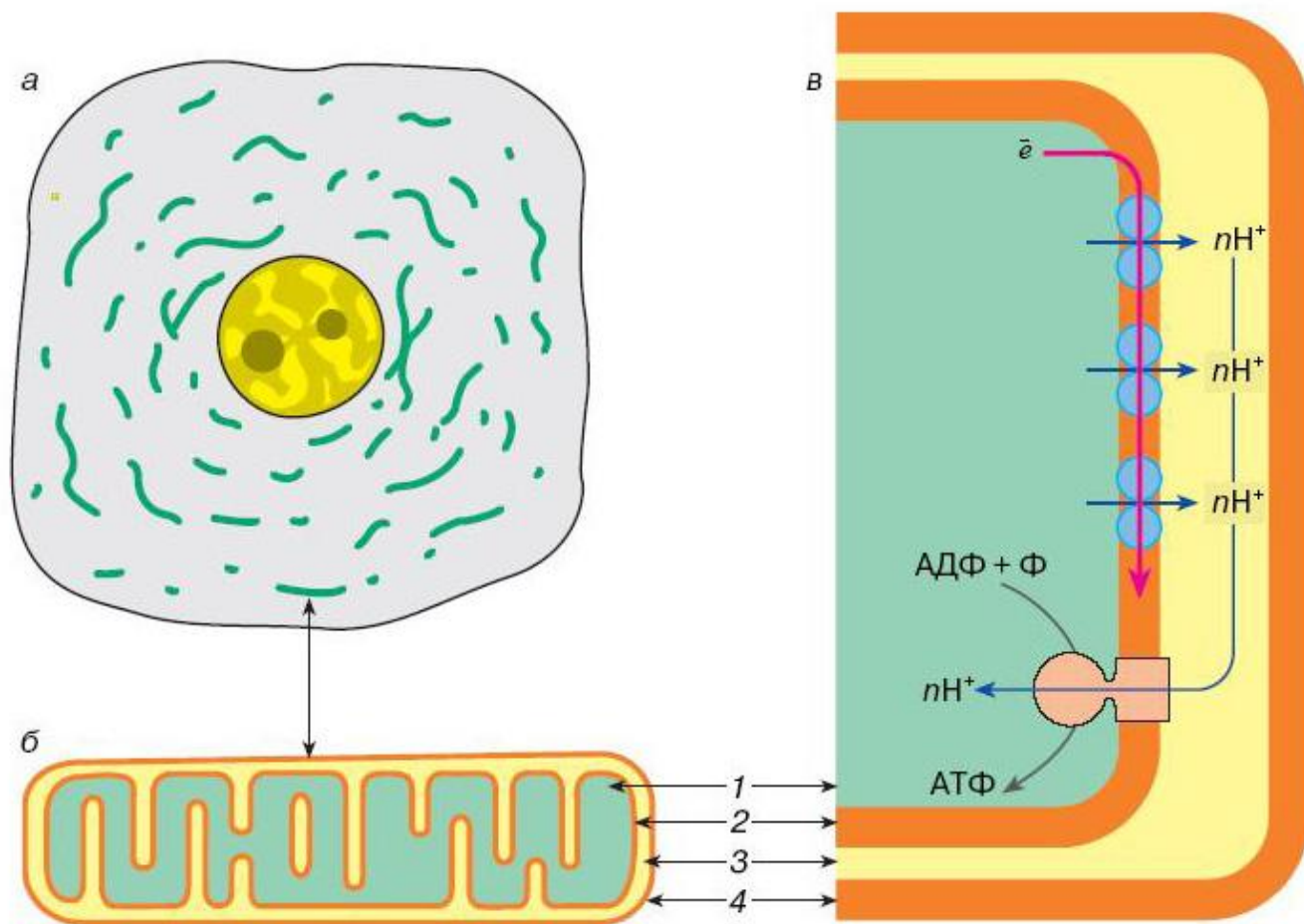
Схема строения митохондрии.

1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3- кристы; 4 – матрикс; 5 – митохондриальные рибосомы

Внутренняя мембрана ограничивает собственно внутреннее содержимое митохондрии, ее матрикс.

Характерной чертой внутренней мембраны митохондрий является их способность образовывать многочисленные впячивания внутрь митохондрий. Такие впячивания чаще всего имеют вид плоских гребней, или крист.

Матрикс митохондрий имеет тонкозернистое гомогенное строение, в нем иногда выявляются тонкие собранные в клубок нити (около 2-3 нм) и гранулы около 15-20 нм. Теперь стало известно, что нити матрикса митохондрий представляют собой молекулы ДНК в составе митохондриального нуклеоида, а мелкие гранулы - митохондриальные рибосомы. Хондриом – это совокупность всех митохондрий в одной клетке.



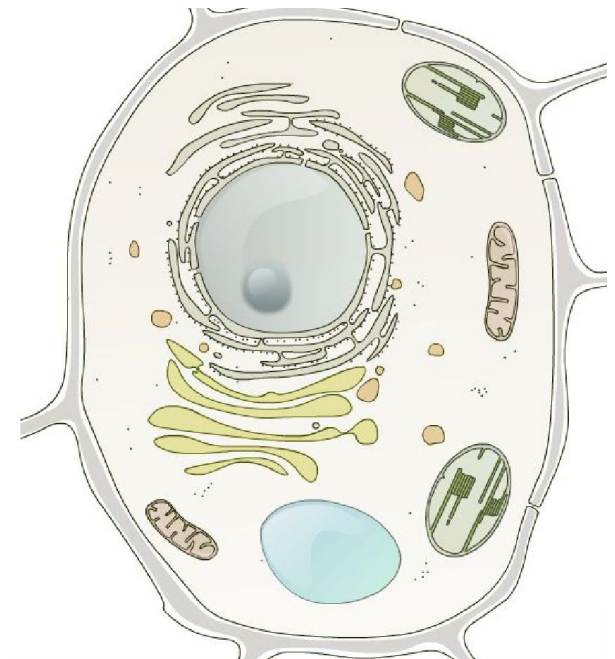
Вакуоли растительных клеток

Клетки как низших, так и высших растительных организмов содержат в цитоплазме вакуоли, несущие ряд важных физиологических нагрузок. У молодых клеток может быть несколько мелких вакуолей, которые по мере роста и дифференцировки клетки сливаются друг с другом и образуют одну или несколько крупных вакуолей, занимающих до 90% объема всей клетки.

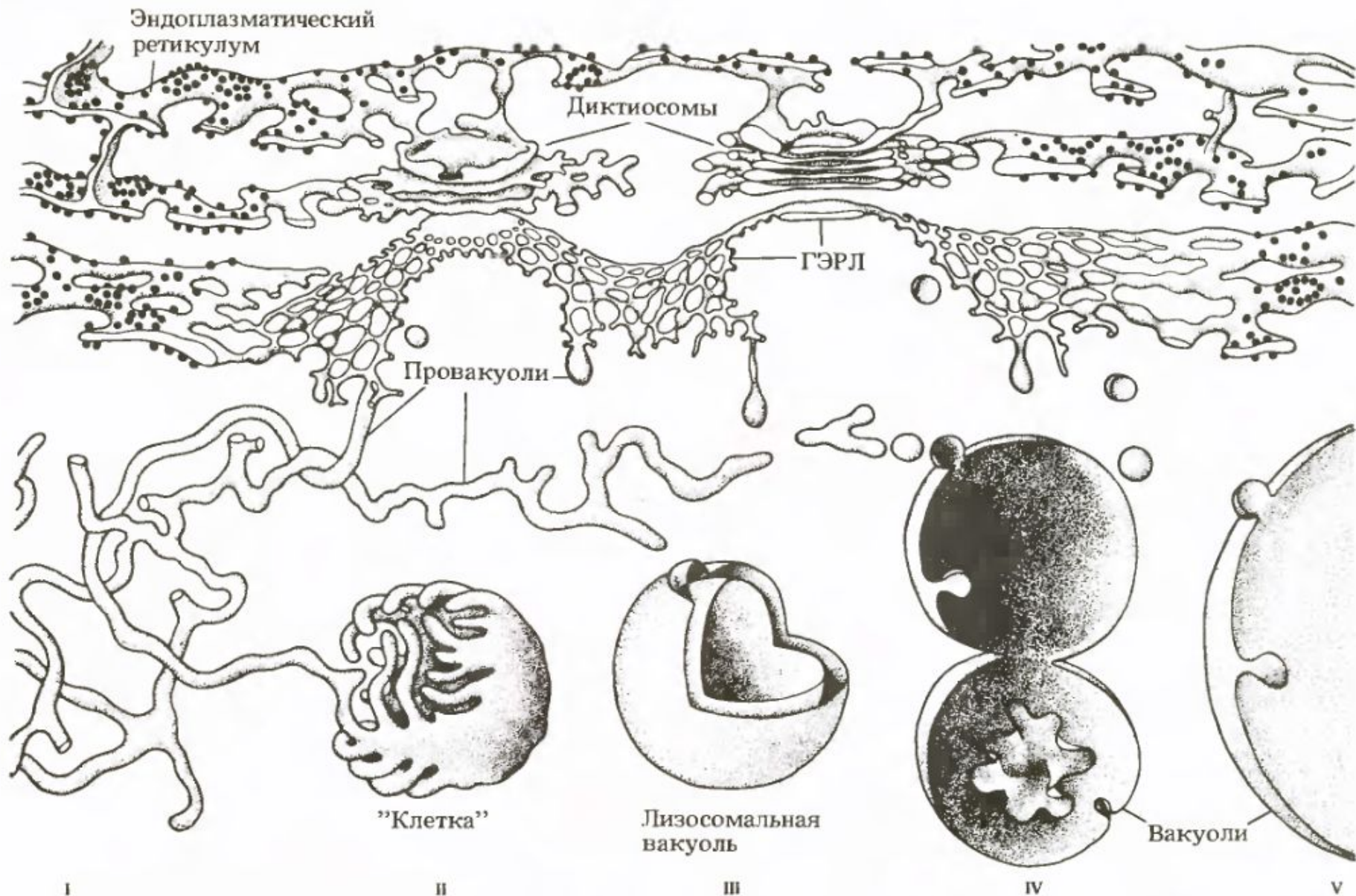
Мембрана, ограничивающая центральные вакуоли, носит название **тонопласта**. Полость вакуоли заполнена клеточным соком, представляющим собой водный раствор, в который входят различные неорганические соли, сахара, органические кислоты и их соли и другие низкомолекулярные соединения, а также некоторые высокомолекулярные вещества (например, белки).

Центральные вакуоли растений выполняют функции:

- поддержание **тургорного давления** клеток;
- накопление запасных веществ, метаболитов, различных пигментов, например, антоцианов.



Стадии образования вакуолей



Пластиды

Пластиды – это мембранные органоиды, встречающиеся у фотосинтезирующих эукариотических организмов (высшие растения, низшие водоросли, некоторые одноклеточные организмы).

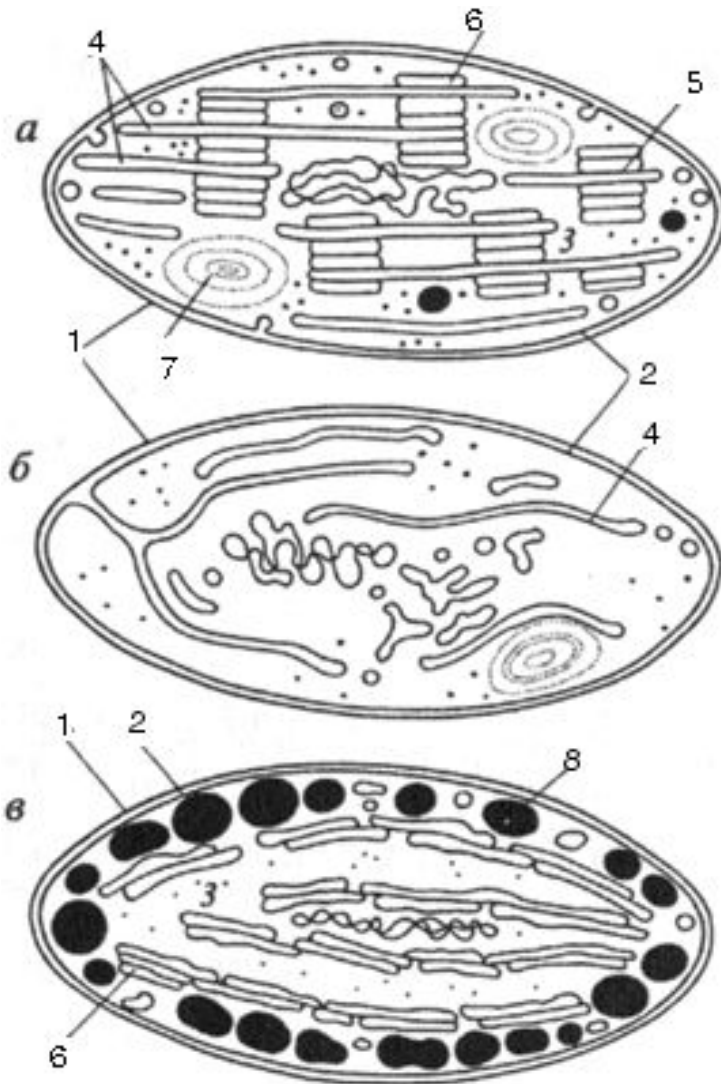
Пластиды окружены двумя мембранами, в их матриксе имеется собственная геномная система, функции пластид связаны с энергообеспечением клетки, идущим на нужды фотосинтеза.

У высших растений найден целый набор различных пластид (хлоропласт, лейкопласт, амилопласт, хромопласт), представляющих собой ряд взаимных превращений одного вида пластиды в другой. Основной структурой, которая осуществляет фотосинтетические процессы, является хлоропласт.

Хлоропласты – двумембранные органеллы дисковидной формы с шириной 2-4 мкм и протяженностью 5-10 мкм. У зеленых водорослей встречаются гигантские хлоропласты (хроматофоры), достигающие длины 50 мкм.



Внешняя и внутренняя мембраны имеют толщину около 7 нм, они отделены друг от друга межмембранным пространством около 20-30 нм. Внутренняя мембрана хлоропластов отделяет строму пластиды.



В строме зрелого хлоропласта высших растений видны два типа внутренних мембран. Это мембраны, образующие плоские, вытянутые **ламеллы стромы**, и мембраны **тилакоидов**, плоских дисковидных вакуолей или мешков.

Кроме мембран стромы в хлоропластах обнаруживаются мембранные **тилакоиды**. Это плоские замкнутые мембранные мешки, имеющие форму диска. Величина межмембранного пространства у них также около 20-30 нм. Такие тилакоиды образуют стопки наподобие столбика монет, называемые **гранами**.

Строение хлоропласта (а), лейкопласта (б), хромопласта (в). 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – матрикс; 4 – ламеллы стромы; 5 – грана; 6 – тилакоид; 7 – крахмальное зерно; 8 – липидная капля с пигментами.

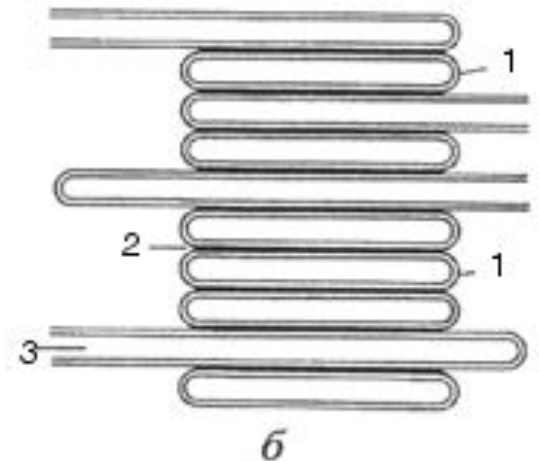
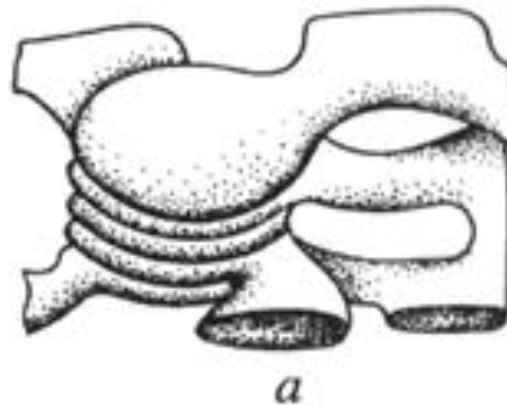
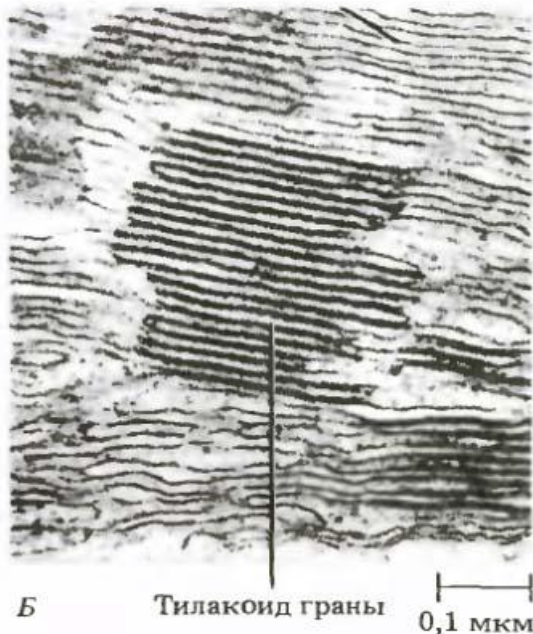
Строение граны

Размер таких стопок может достигать 0,5 мкм, поэтому граны видны в некоторых объектах в световом микроскопе.

Тилакоиды в гране сближены друг с другом так, что внешние слои их мембран тесно соединяются.

Ламеллы стромы связывают между собой отдельные граны хлоропласта.

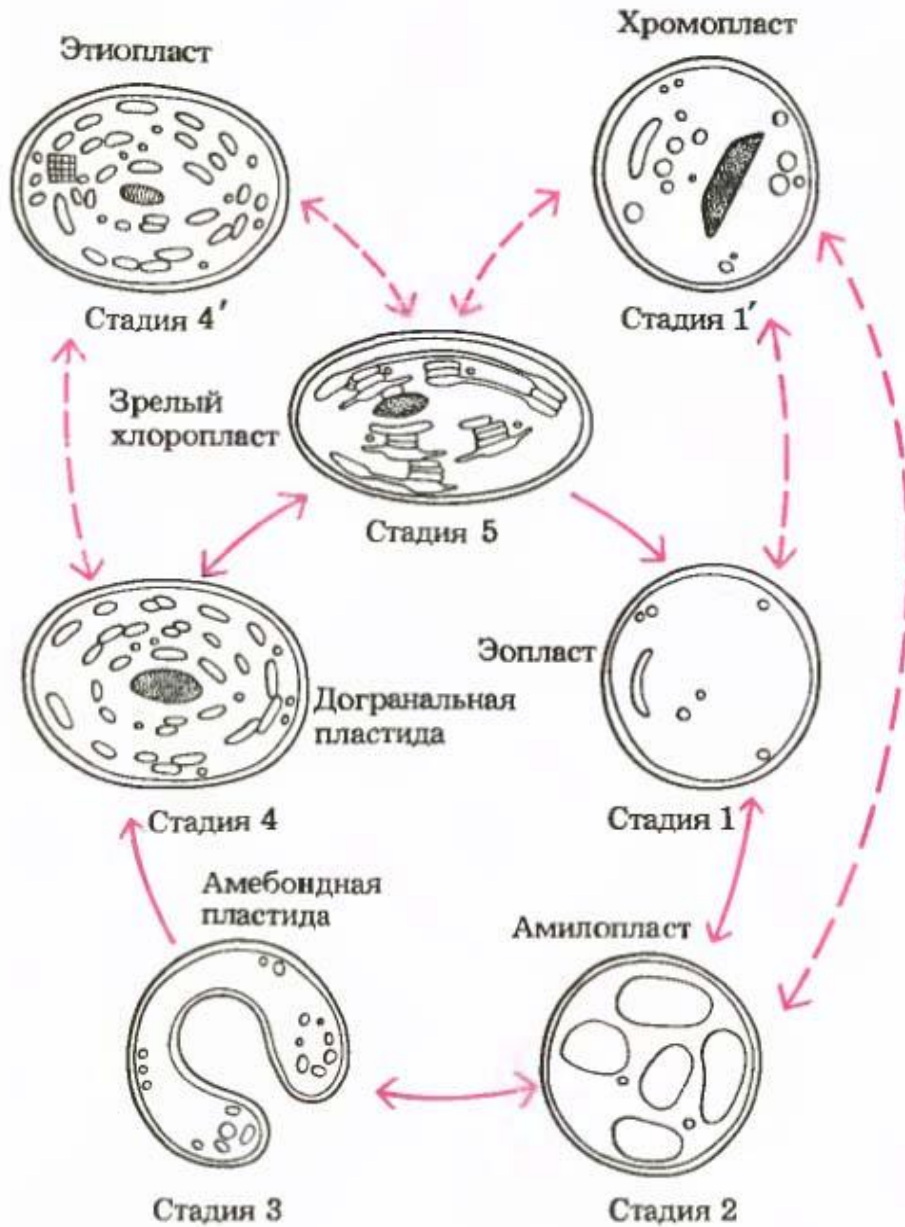
Однако полости камер тилакоидов всегда замкнуты и не переходят в камеры межмембранного пространства



Строение граны (а), в разрезе (б). 1 - тилакоид; 2 - грана; 3 - ламеллы стромы.

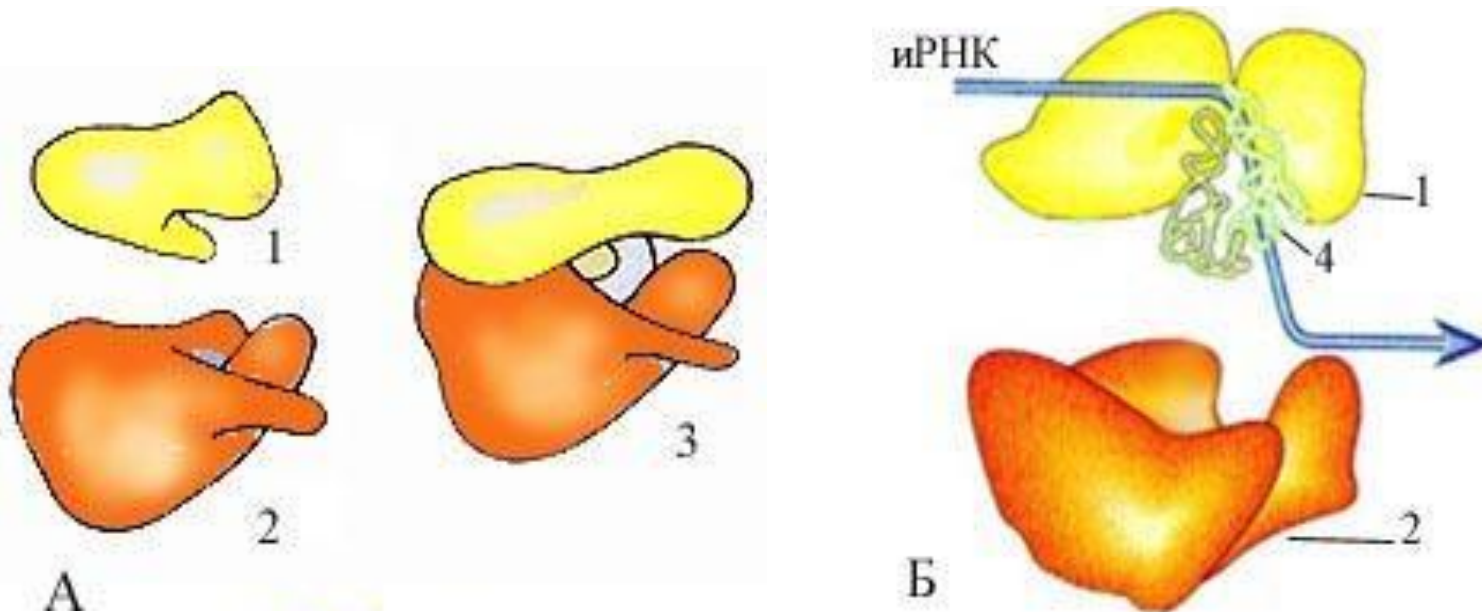
Процесс развития различных пластид можно представить в виде идущего в одном направлении ряда смены форм:

Пропластида
↓
лейкопласт
↓
хлоропласт
↓
хромопласт
↓
амилопласт.



Рибосомы

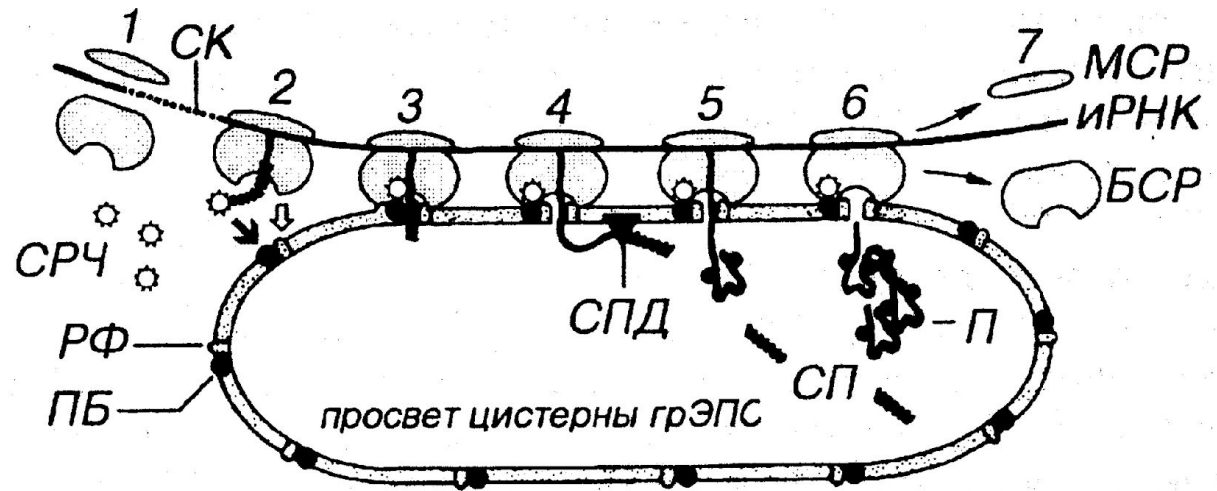
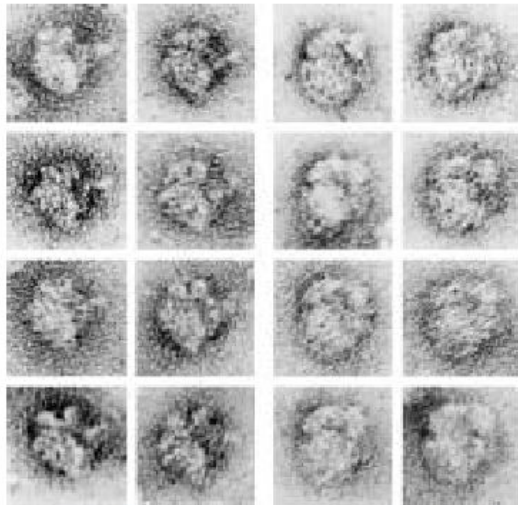
Рибосома представляет собой элементарную клеточную машину синтеза любых белков клетки. Рибосомы в клетке многочисленны: за клеточный цикл их образуется 1×10^7 . Рибосомы - это сложные рибонуклеопротеидные частицы, в состав которых входит множество молекул индивидуальных белков и несколько молекул РНК. Полная, работающая рибосома, состоит из двух неравных субъединиц: большой и малой.



Строение рибосомы.

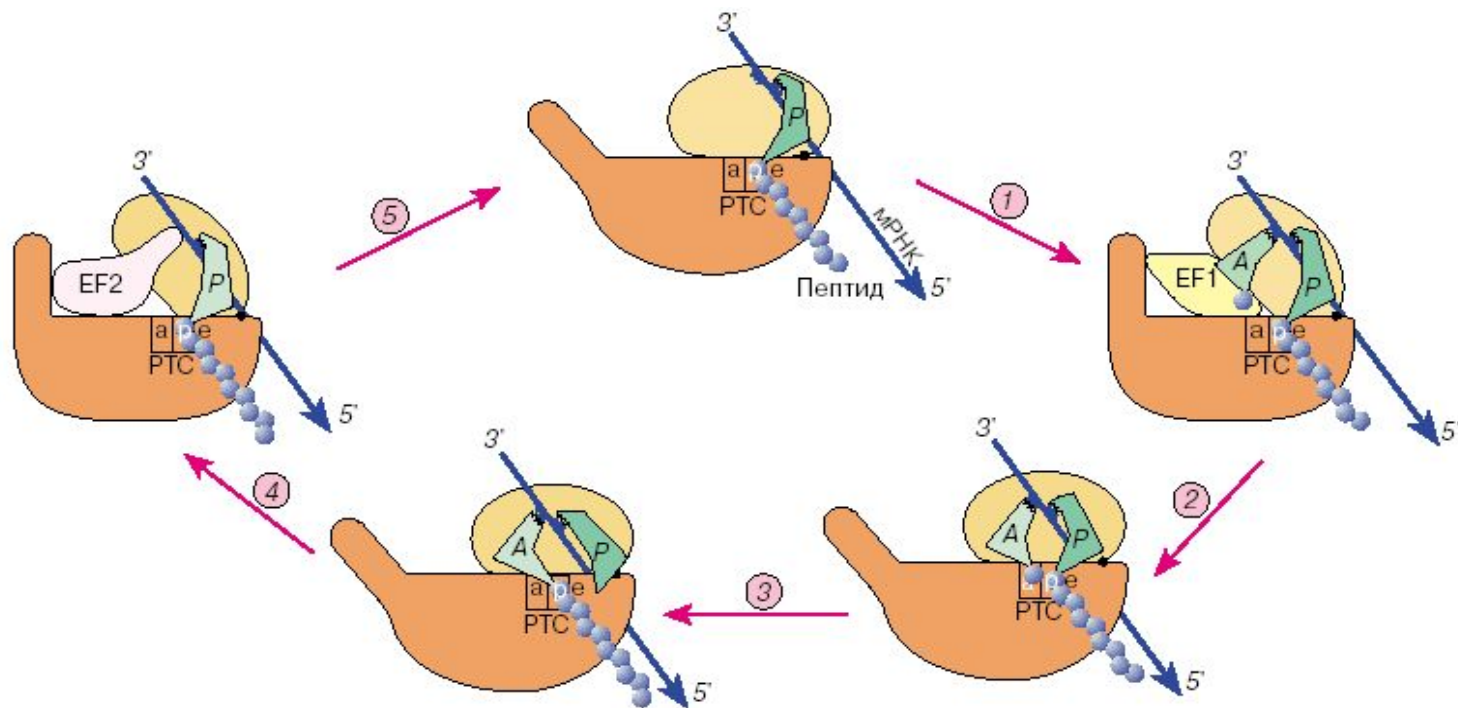
А – сборка субъединиц рибосом. 1 – малая и 2 – большая субъединицы; 3 – рибосома;
Б - синтез белка (4) на рибосоме.

Полная эукариотическая рибосома, 80S рибосома, диссоциирует на 60S и 40S субъединицы. В состав малых субъединиц входит одна молекула РНК, а в состав большой – три молекулы. Полная прокариотическая рибосома имеет коэффициент седиментации 70S и диссоциирует на две субъединицы: 50S и 30S. Полная эукариотическая рибосома, 80S рибосома, диссоциирует на 60S и 40S субъединицы.



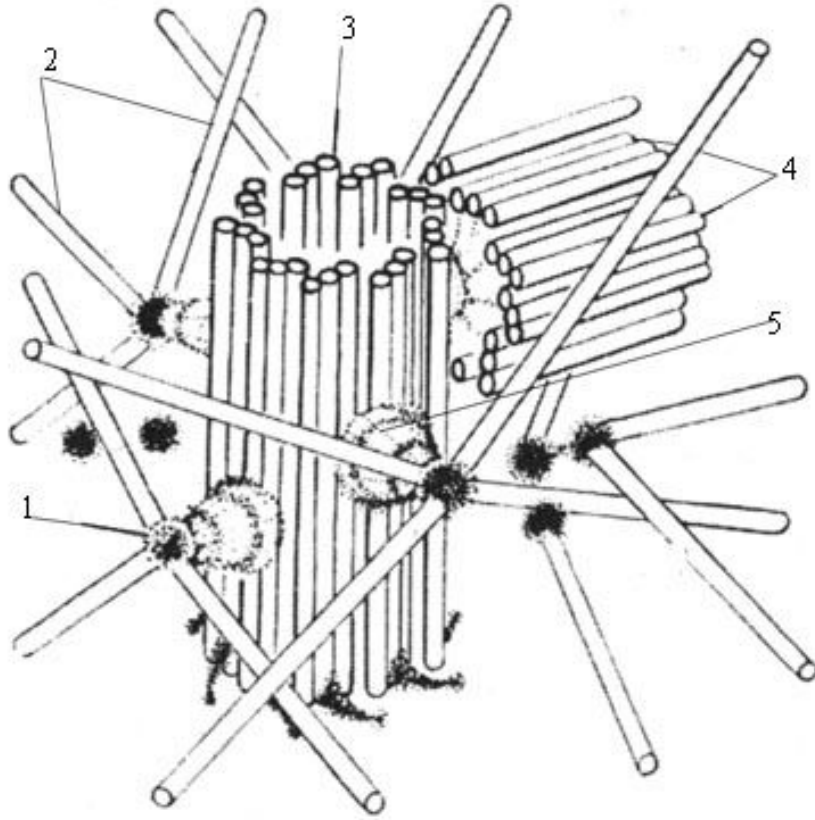
РФ – рибофлавины, SRЧ – сигнал-распознающая частица, ПБ – причальный белок, СК – сигнальные кодоны иРНК, СП – сигнальный пептид, СПД – сигнальная пептидаза, П – пептид – продукт синтеза, Светлая стрелка – связывание субъединиц рибосом, темная стрелка – связывание сигнал-распознающей частицы с причальным белком.

Модель динамической работы рибосомы в элонгационном цикле



1 – связывание аминокетил-тРНК с рибосомой и фактор элонгации открывает рибосому; 2 – фактор элонгации покидает рибосому, аминокислотный конец аминокетил-тРНК взаимодействует с пептидилтрансферазным центром большой субъединицы рибосомы и способствует замыканию субъединиц; 3 – реакция транспептидации происходит в закрытой рибосоме; 4 – размыкание транслокационной рибосомы осуществляется вторым фактором элонгации, что приводит к выходу тРНК и смещению молекулы пептидил-тРНК вместе с мРНК; 5 – рибосома вновь смыкается.

Клеточный центр и центриоли



Клеточный центр. 1 – головка сателлита; 2 – микротрубочки; 3 – материнская центриоль; 4 – дочерняя центриоль; 5 – ножка сателлита.

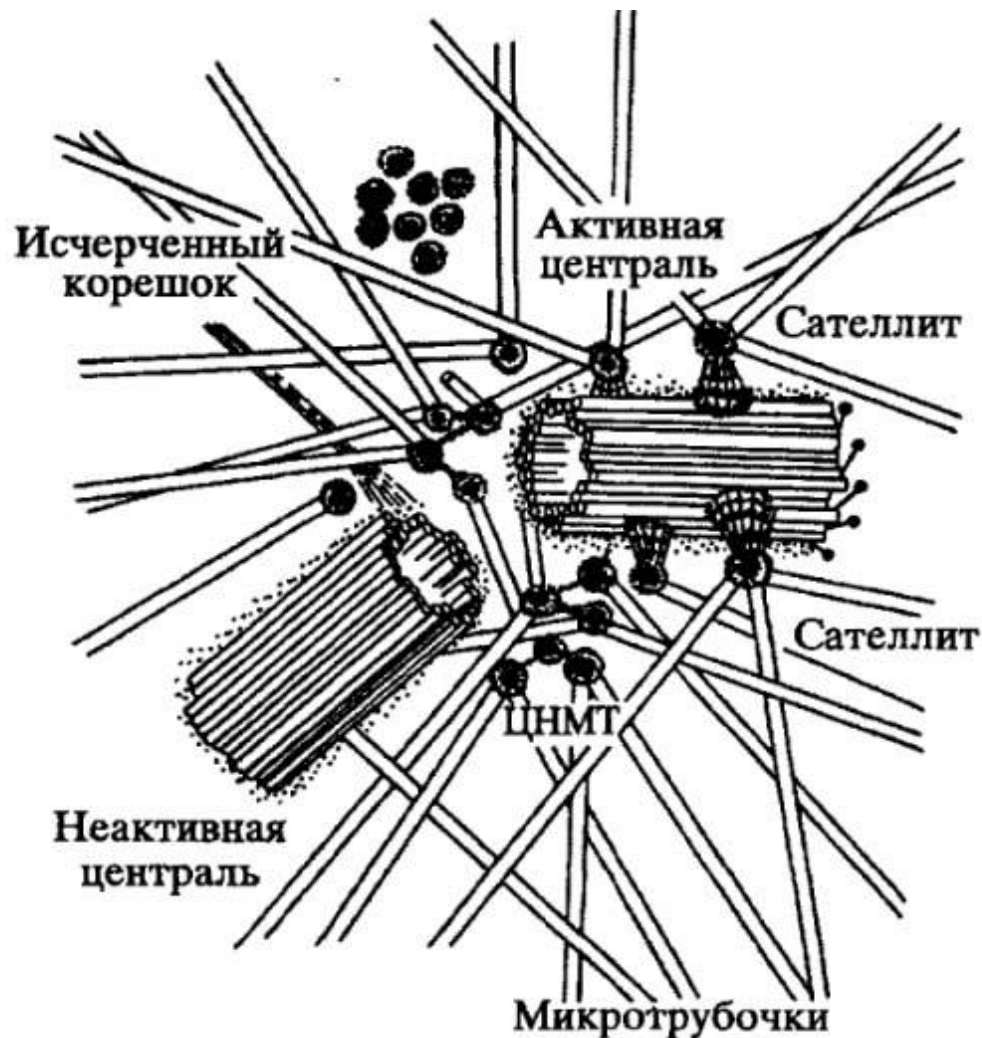
Клеточный центр (центросомы) был обнаружен и описан более ста лет назад (Флемминг, 1875; Э. Бенеден, 1876).

Клеточный центр характерен для клеток животных и низших растений.

Отсутствует клеточный центр у высших растений, у низших грибов и некоторых простейших. Обычно эта органелла располагается в геометрическом центре клетки, поэтому и названа клеточным центром.

Наиболее типичное строение клеточный центр имеет в клетках животных: он представляет собой зону, состоящую из **центриолей**, окруженных фибриллярной массой.

Ножки сателлитов часто имеют поперечную исчерченность. Микротрубочки отходят и от головок сателлитов. Эти centrosомные микротрубочки не отходят непосредственно от микротрубочек цилиндров центриолей, а связаны или с сателлитами, или с матриксом. Такие микротрубочки и образуют лучистую сферу - **центросферу** вокруг центриоли.

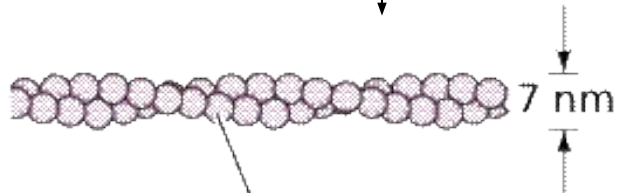


Центриоли в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на полюсах клетки. В неделящихся клетках centrosомы часть определяют полярность клеток эпителия и располагаются вблизи аппарата Гольджи.

Цитоскелет

Элементы цитоскелета: микротрубочки и микрофиламенты.

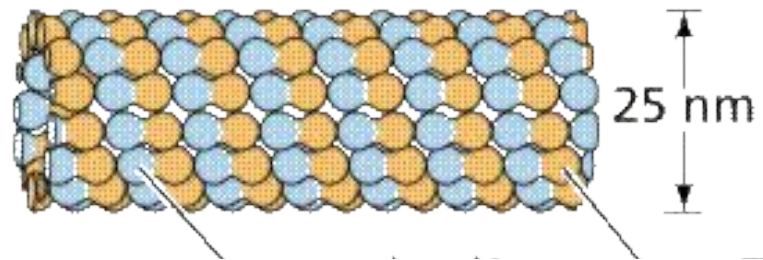
Микрофиламенты



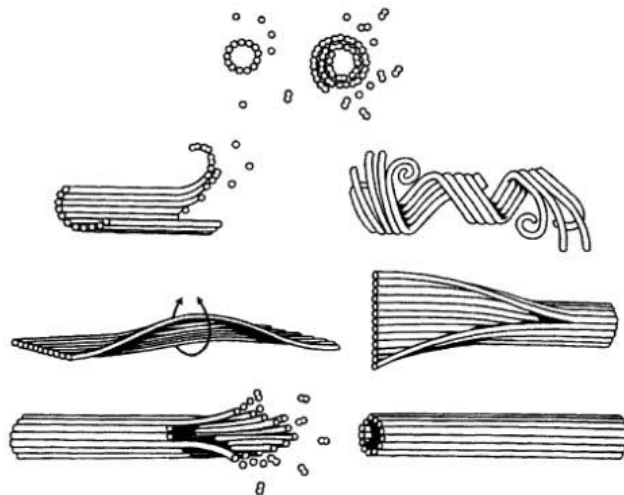
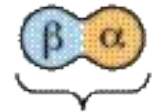
Актиновые мономеры



Микротрубочки



Тубулиновые димеры



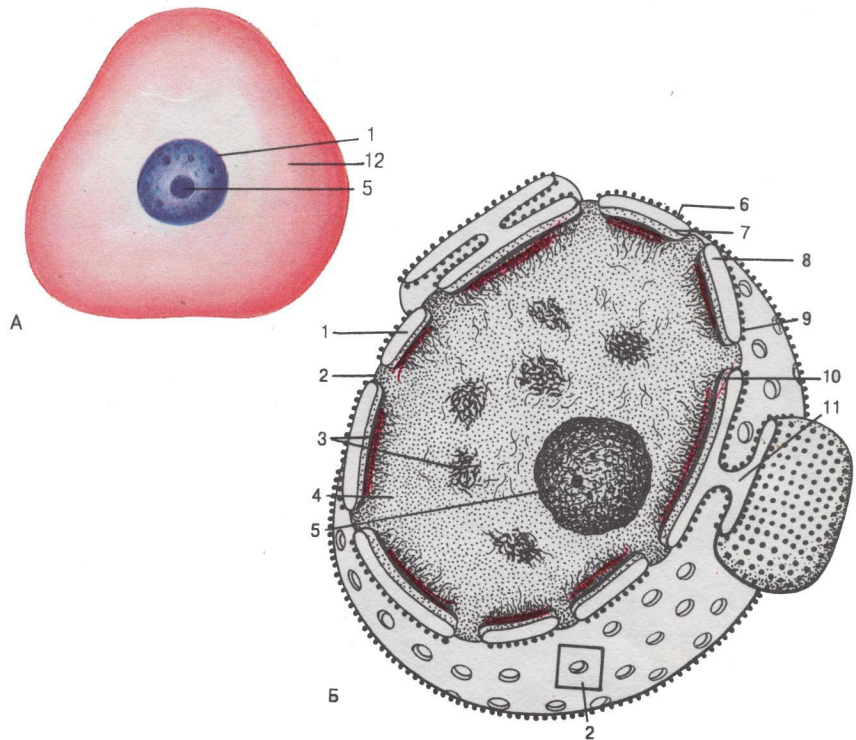
Ядро эукариотических клеток

Сам термин «ядро» впервые был применен М. Брауном в 1833 г. для обозначения шаровидных постоянных структур в клетках растений.

Позднее такую же структуру описали во всех клетках высших организмов. Большинство клеток содержат одно ядро, хотя описаны и многоядерные клетки.

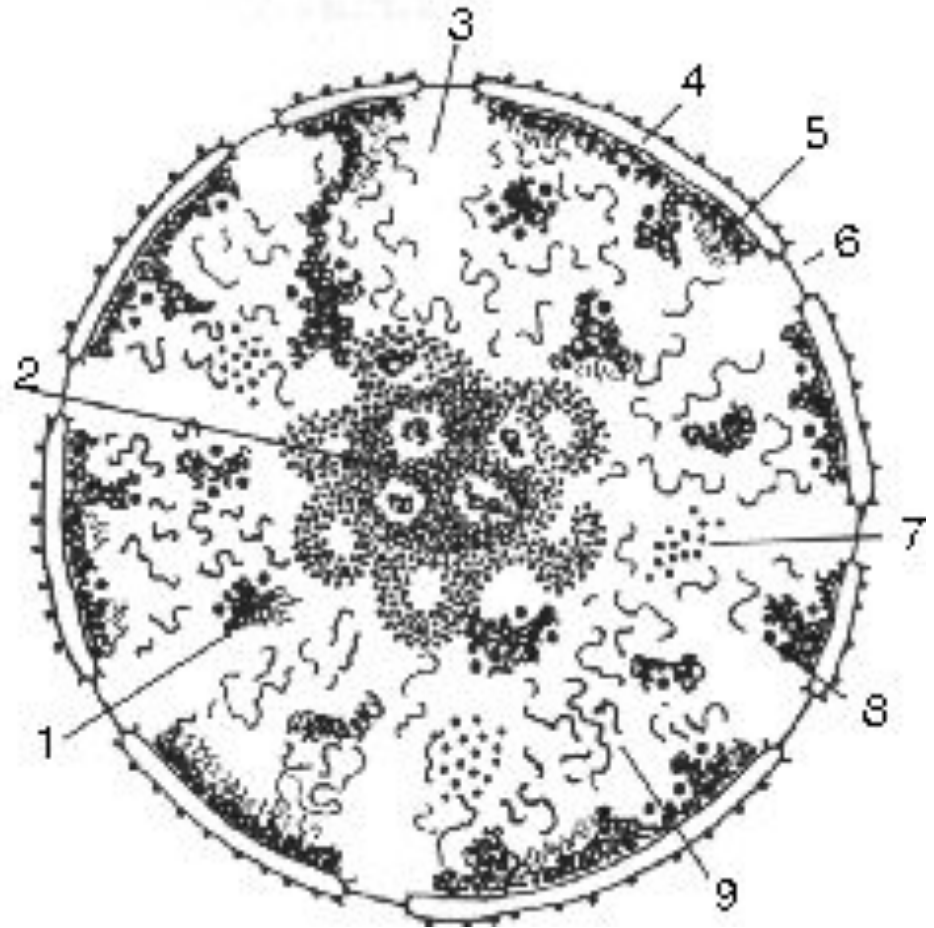
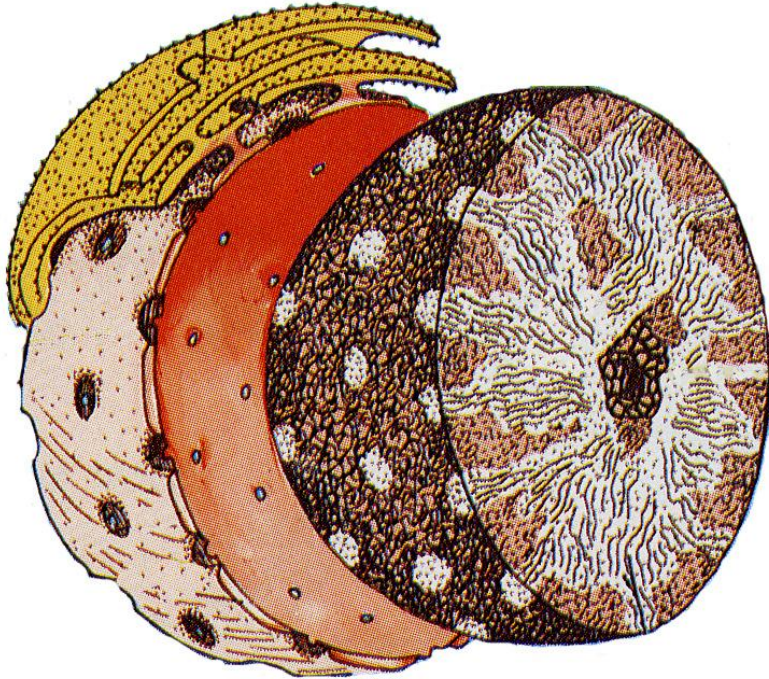
Клетки печени, поджелудочной железы, нервные клетки имеют ядра шаровидной формы, у миоцитов ядра дисковидные.

Клетки гранулоцитов крови имеют сегментированные ядра.

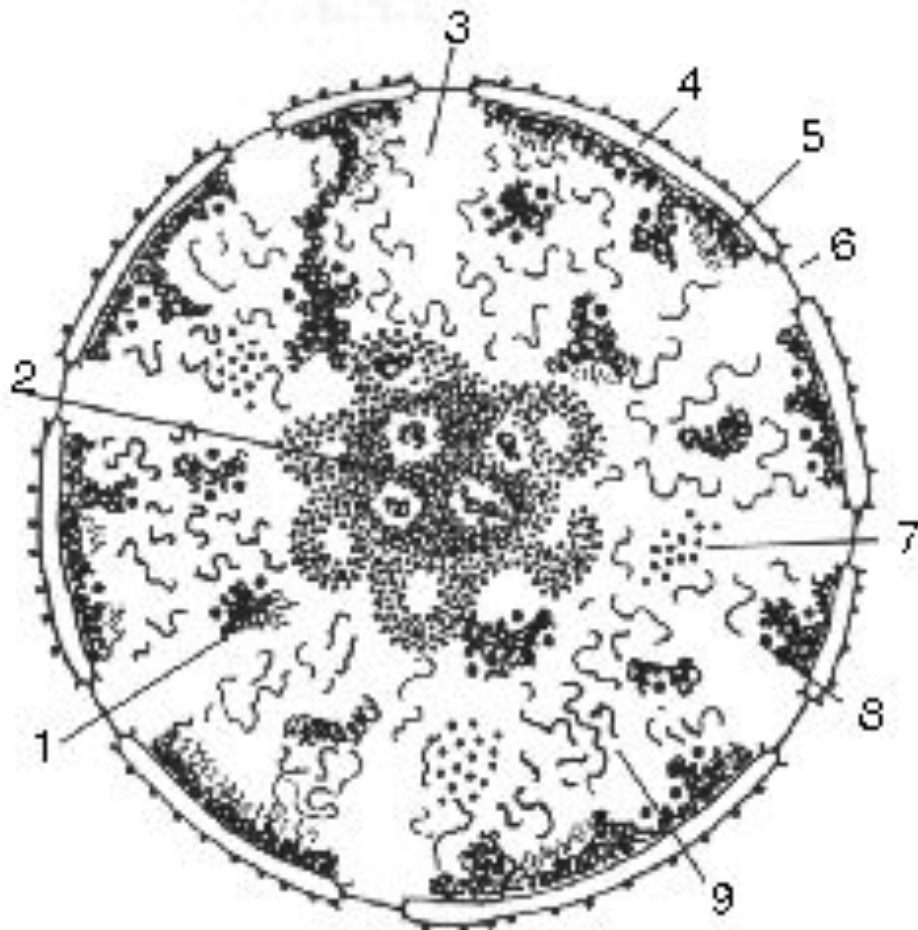


Ядро. А - окраска гематоксилин-эозином. Б - СЭМ. 1 - ядерная оболочка; 2 - пора; 3 - конденсированный хроматин; 4 - диффузный хроматин; 5 - ядрышко; 6 - наружная мембрана ядерной оболочки; 7 - внутренняя мембрана ядерной оболочки; 8 - перинуклеарное пространство; 9 - рибосомы; 10 - плотная пластинка; 11 - гранулярная эндоплазматическая сеть; 12 - цитоплазма; а - ряды глобул, б - центральная глобула.

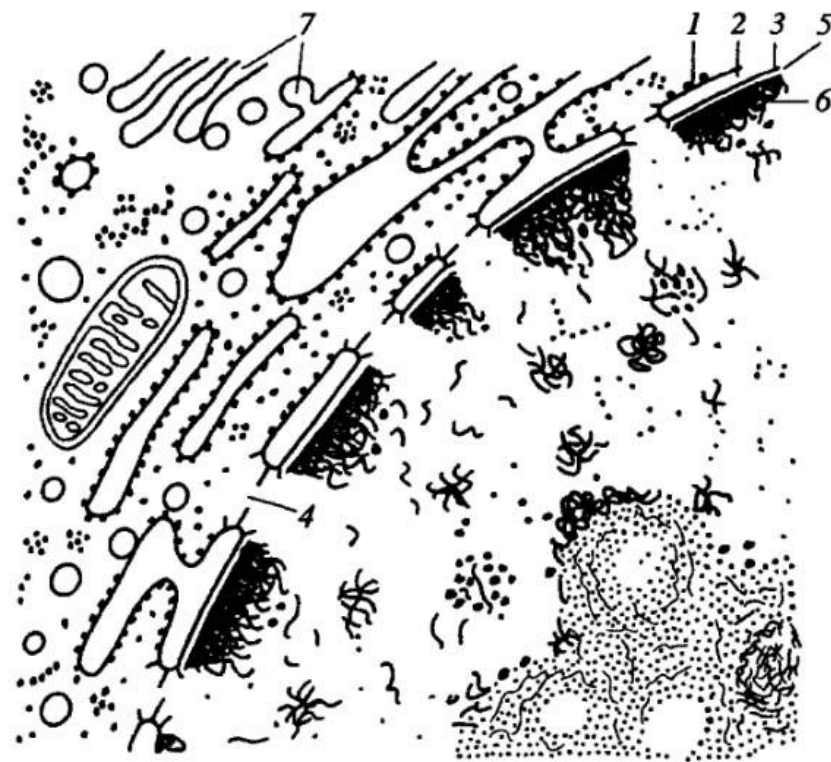
Строение клеточного ядра



1 – конденсированный хроматин; 2 – ядрышко; 3 – нуклеоплазма; 4 – перинуклеарное пространство; 5 - внутренняя мембрана ядерной оболочки; 6 – ядерная пора; 7 – интерхроматиновые гранулы; 8 - перихроматиновые гранулы; 9 – диффузный хроматин.



1 – конденсированный хроматин; 2 – ядрышко; 3 – нуклеоплазма; 4 – перинуклеарное пространство; 5 – внутренняя мембрана ядерной оболочки; 6 – ядерная пора; 7 – интерхроматиновые гранулы; 8 – перихроматиновые гранулы; 9 – диффузный хроматин.



Участок периферии ядра. 1 – внешняя мембрана ядерной оболочки; 2 – перинуклеарное пространство; 3 – внутренняя мембрана ядерной оболочки; 4 – ядерные поры; 5 – ламины; 6 – хроматин; 7 – мембраны цитоплазмы.

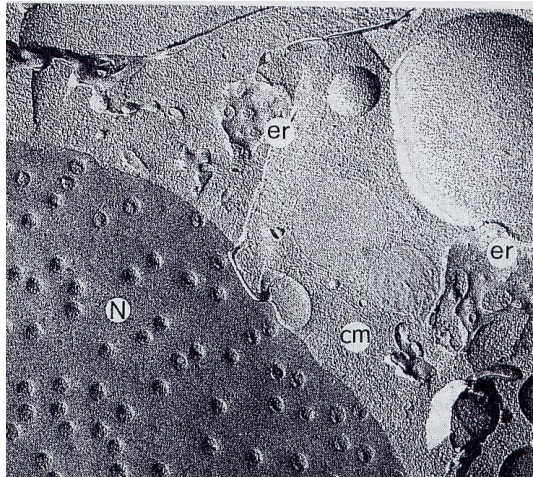
Ядерная оболочка

Ядерная оболочка состоит из двух мембран, внешней и внутренней, между которыми располагается **перинуклеарное пространство**.

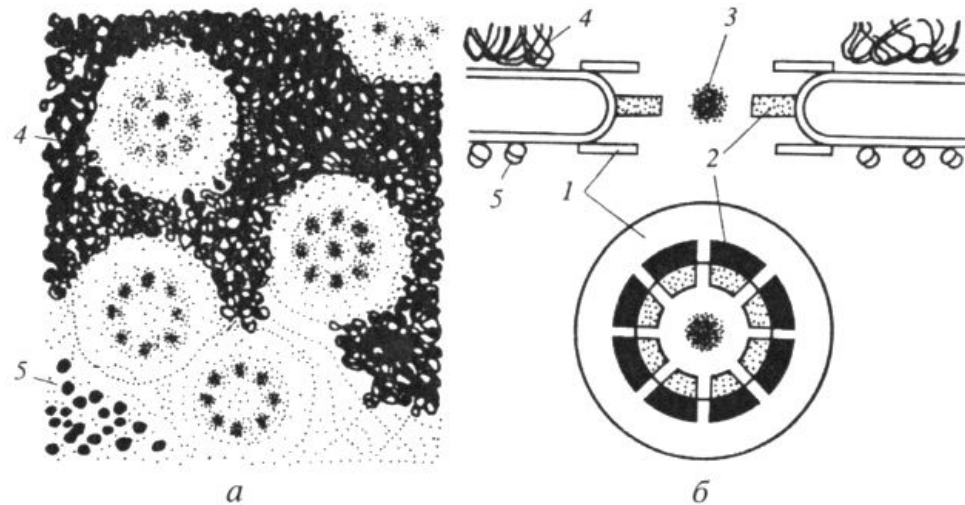
Внутренняя мембрана ядерной оболочки структурно связана с фиброзным периферическим слоем ядерного белкового матрикса.

Ядерная оболочка имеет особые ядерные поры, которые образуются за счет многочисленных зон слияния двух ядерных мембран и представляют собой как бы округлые, сквозные перфорации всей ядерной оболочки.

Внешняя мембрана ядерной оболочки, контактирующая с цитоплазмой клетки, связана с ЭР, на ней обычно располагается большое количество рибосом. Внутренняя мембрана ядерной оболочки рибосом не имеет, она связана с фиброзным слоем, ядерной ламиной, которая заякоревает хроматин на ядерной оболочке.



Микрофотография сканирующей микроскопии поверхности ядерной оболочки.



Микрофотография сканирующей микроскопии поверхности ядерной оболочки (слева). Внешний вид ядерных пор (а). Схема строения ядерной поры (б). 1 – кольцо; 2 – спицы; 3 – центральная гранула; 4 – хроматин; 5 – рибосомы

Хроматин

Главный компонент ядер – это хроматин, выполняющий генетическую функцию клетки.

Хроматин интерфазных ядер представляет собой несущие ДНК тельца, которые теряют в это время свою компактную форму, разрыхляются, деконденсируются – эти зоны называют **диффузным хроматином** или **эухроматином**.

При неполном разрыхлении хромосом в интерфазном ядре видны участки **конденсированного хроматина**.

Степень деконденсации хроматина в интерфазе может отражать функциональную активность этой структуры: чем более диффузен хроматин интерфазного ядра, тем выше в нем синтетические процессы транскрипции и репликации. Максимально конденсирован хроматин во время митотического деления клеток, когда он обнаруживается в виде телец - хромосом.

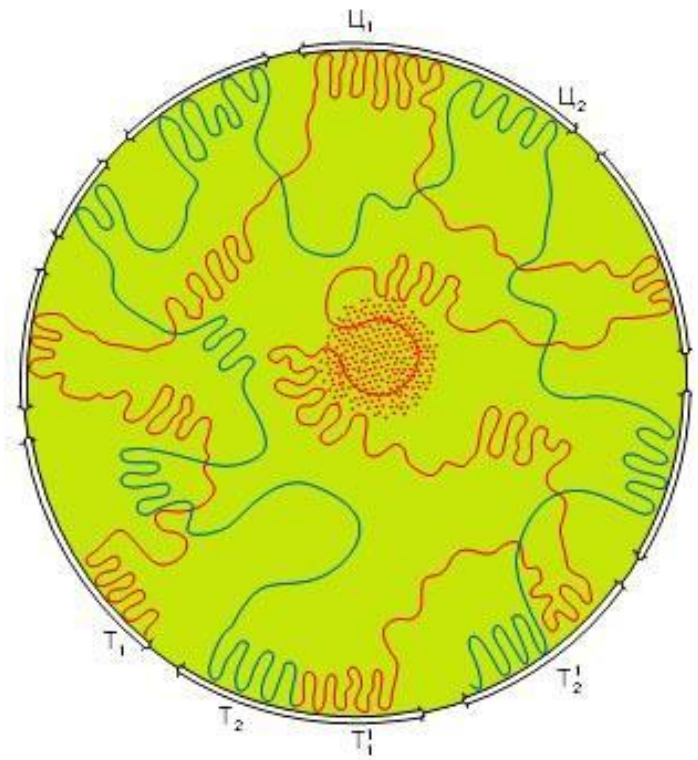
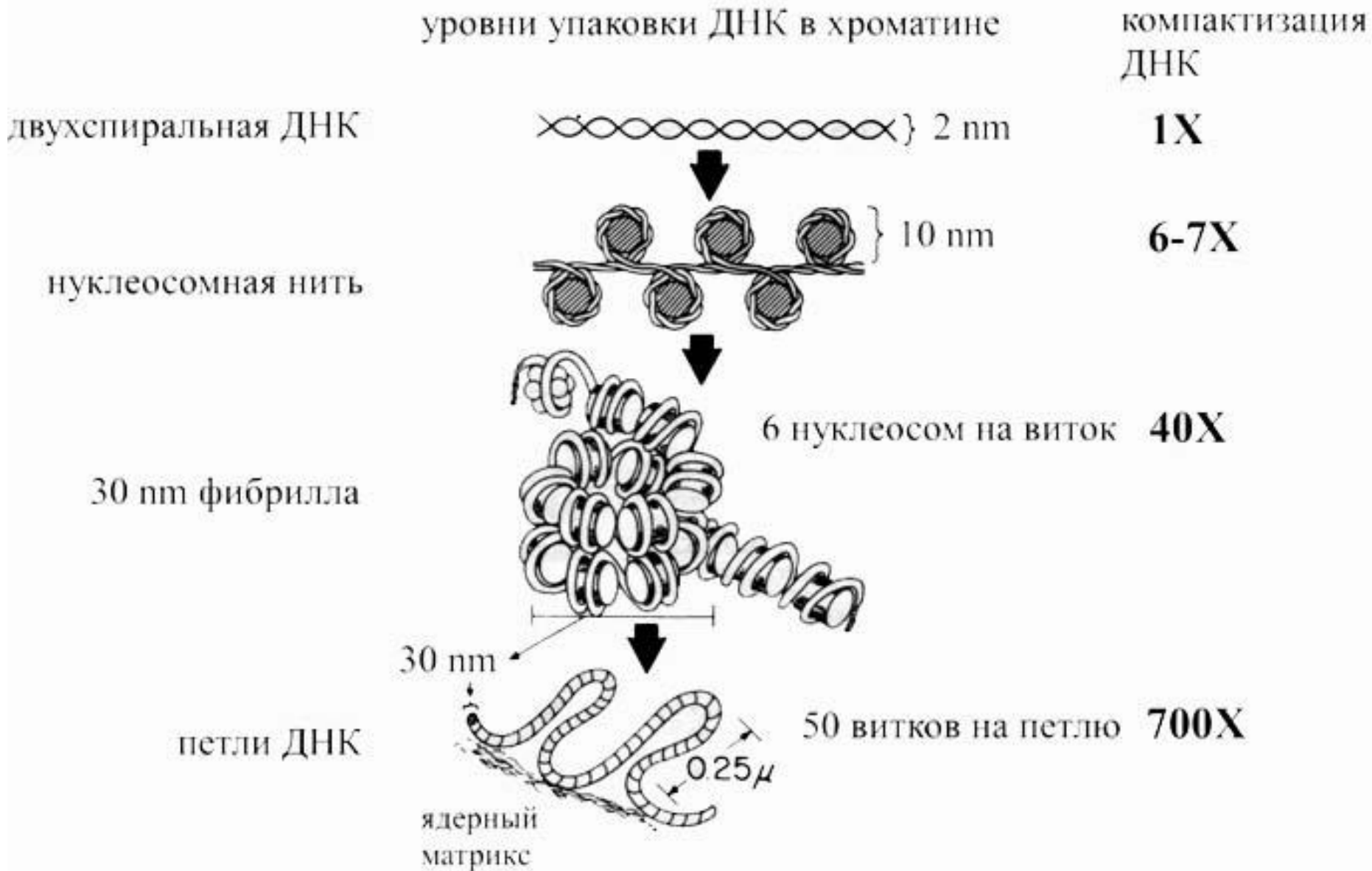
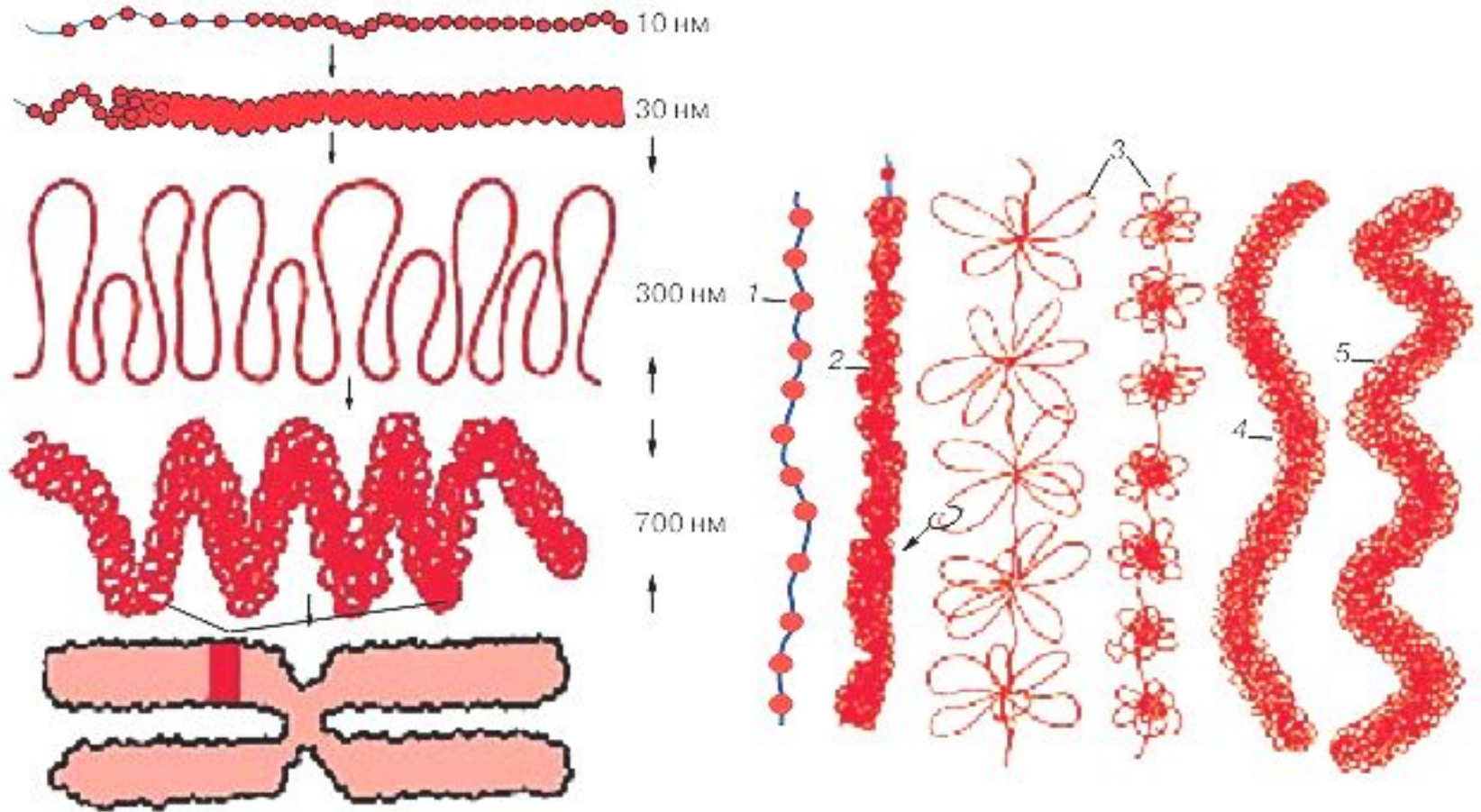


Схема расположения хромосомы в интерфазном ядре. Т – теломеры; Ц – центромеры

Структура хроматина



Схемы уровней организации хромосомы и компактизации хроматина

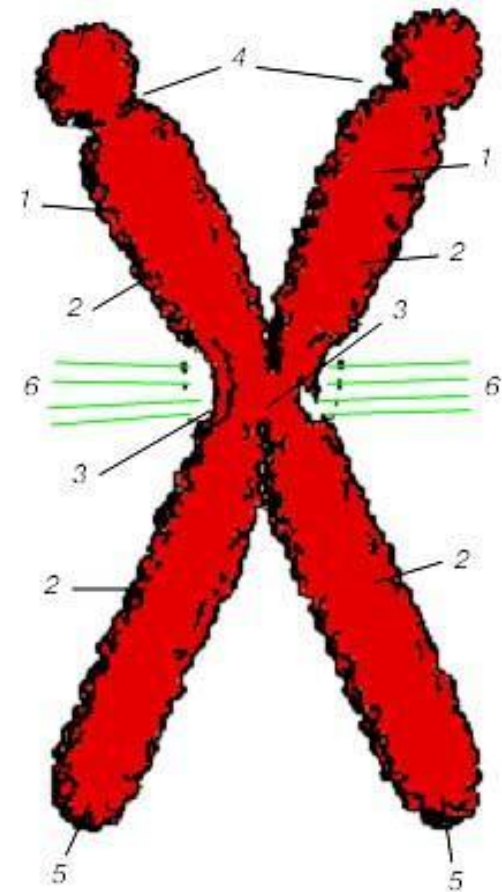


1 – нуклеосомный; 2 – нуклеомерный; 3 – хромомер; 4 – петлевой домен; 4 – хромонема; 5 – хроматида.

Гетерохроматин не транскрибируется и реплицируется позже всего. Он локализован в центромерах и теломерах хромосом.

Предполагается, что гетерохроматин участвует в конъюгации хромосом.

Основная масса хроматина ядра может менять степень своей компактизации в зависимости от функциональной активности, она относится к эухроматину. В дифференцированных клетках всего лишь около 10% генов находится в активном состоянии, остальные гены инактивированы и, соответственно, находятся в составе **факультативного гетерохроматина**.



*Метафазная хромосома
1 – сестринские хромосомы
(хроматиды); 2 – плечи хромосом; 3
– центромера; 4 – вторичная
перетяжка – ядрышковый
организатор; 5 – теломеры; 6 –
пучки микротрубочек.*

Общая характеристика кариотипа

Кариотип - это совокупность числа, размеров и особенностей строения метафазных (или анафазных) хромосом. Всего в соматической клетке человека имеется 46 хромосом, 23 пары.

Хромосомы 22 пар называются *аутосомами*, а одну пару образуют *половые хромосомы*: две X-хромосомы у женщин и по одной X- и Y-хромосоме у мужчин. При этом Y-хромосома почти вдвое короче X-хромосомы.

Кроме того, все хромосомы по размеру и форме подразделяются на семь групп.

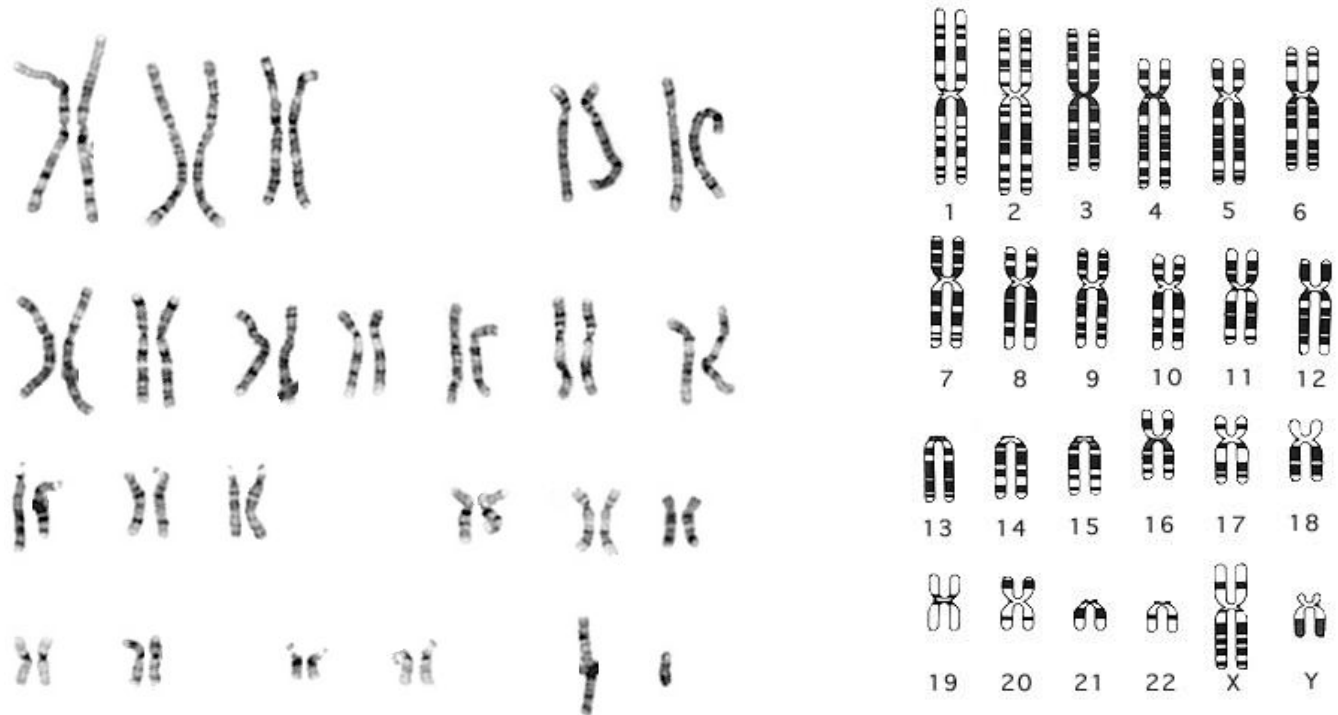
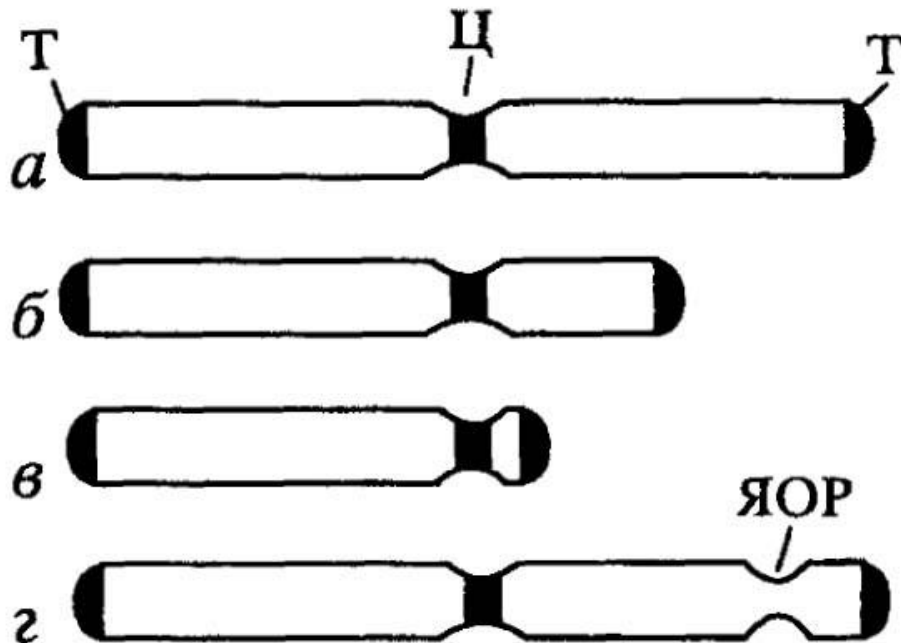


Схема морфологии хромосом

Морфологические типы хромосом. По положению центромеры хромосомы делят на три вида:

- 1) *Метацентрические (а)* — с равными плечами (пример — 1-е хромосомы),
- 2) *Субметацентрические (б)* — с плечами неодинаковой длины (пример — 7-е хромосомы),
- 3) *Акроцентрические (в)* — одно плечо практически отсутствует (пример — 21-е хромосомы).



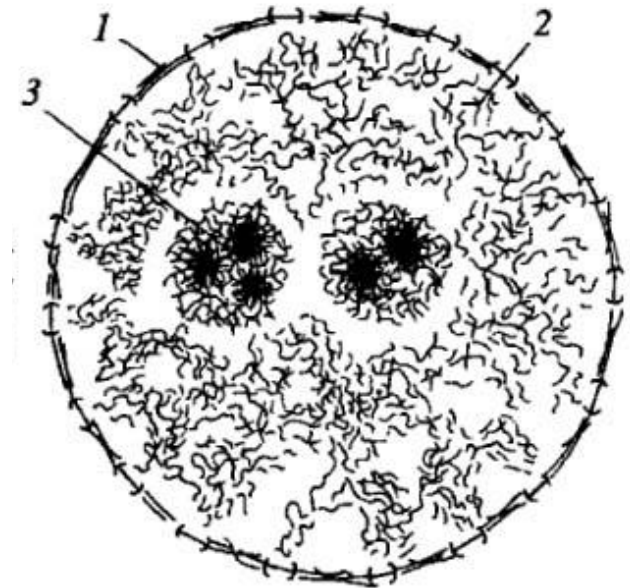
Т – теломеры,
Ц – центромеры,
ЯОР – ядрышковый
организатор

Ядерный матрикс

Ядерный матрикс состоит из трех морфологических компонентов: периферического белкового сетчатого слоя - ламины, внутреннего матрикса и «остаточного» ядрышка. Лямина образует сплошной фибриллярный слой, прилежащий к внутренней мембране кариолеммы, поддерживает морфологическую целостность ядра.

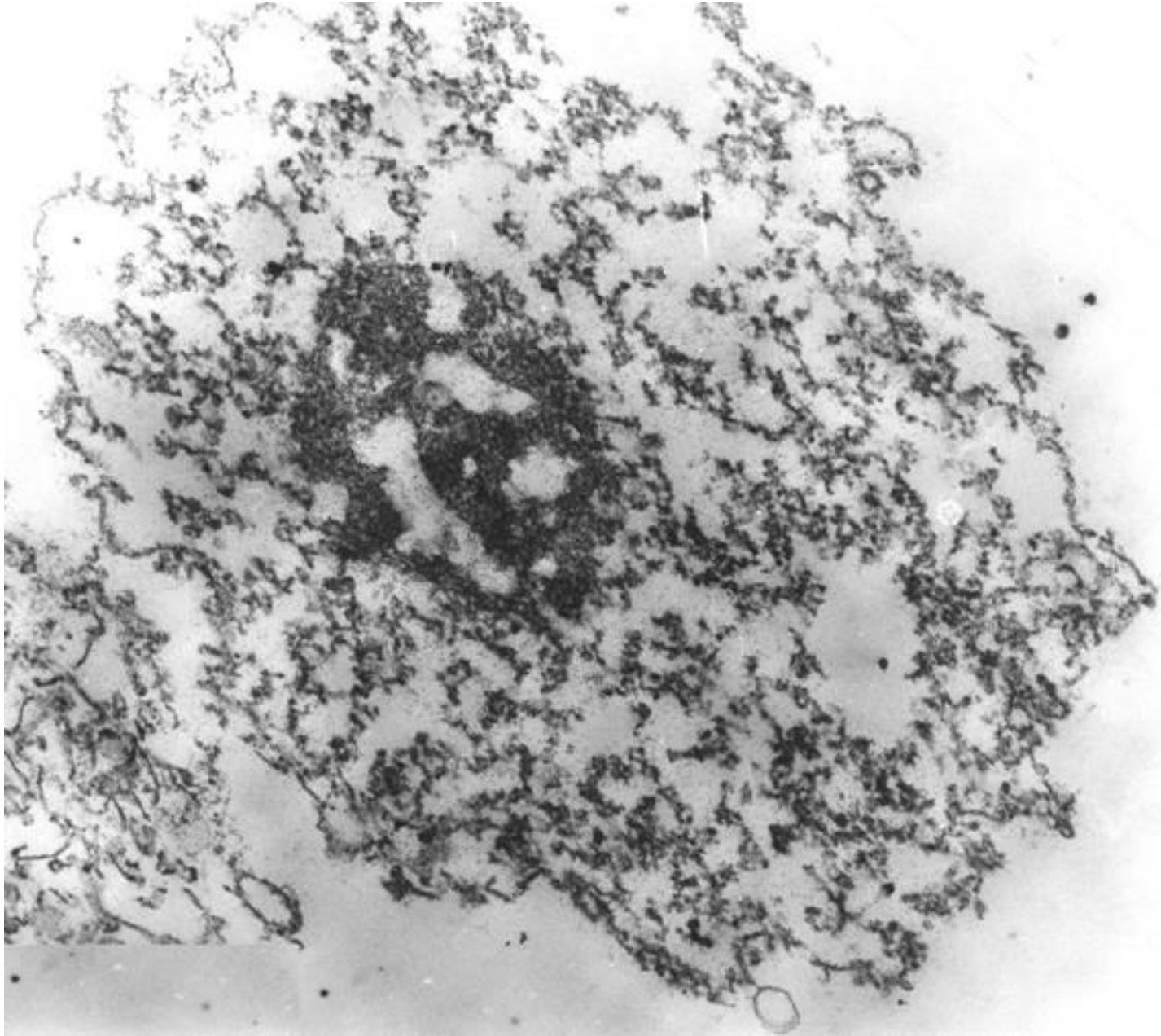
Интерхроматиновый матрикс представлен рыхлой фибриллярной сетью, в ячейках которых располагается хроматин в разной стадии конденсации.

К фибриллам присоединены комплексы ферментов синтеза нуклеиновых кислот. Остаточное ядрышко состоит из плотно уложенных фибрилл и повторяет форму ядрышка. Компоненты ядерного матрикса динамичны и меняются в зависимости от функциональных особенностей клеток.



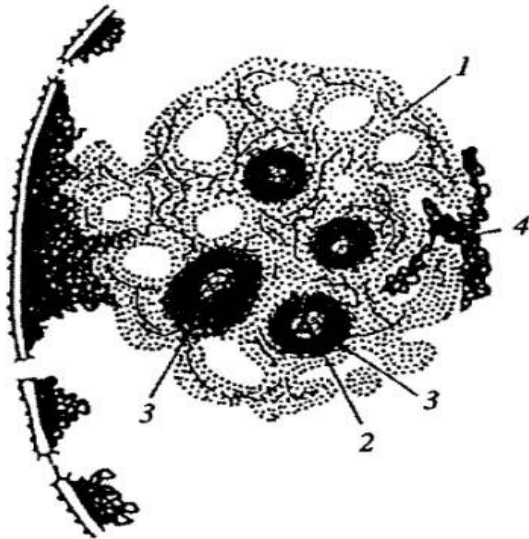
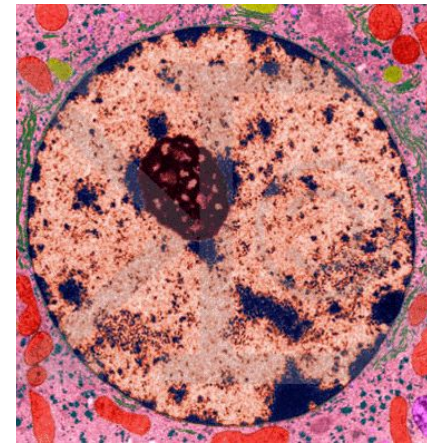
1 – примембранный белковый слой (лямина), 2 – межхроматиновая белковая сеть матрикса, 3 – матрикс ядрышка.

Ядерный матрикс



Ядрышко

Внутри интерфазных ядер на окрашенных препаратах видны мелкие, обычно шаровидные тельца - ядрышки. Впервые ядрышки были описаны Фонтана в 1774 г. Ядрышки обнаруживаются практически во всех ядрах эукариотических клеток. В клеточном цикле ядрышко присутствует в течение всей интерфазы: в профазе оно постепенно исчезает, и отсутствует в мета- и анафазе и вновь появляется в середине телофазы.

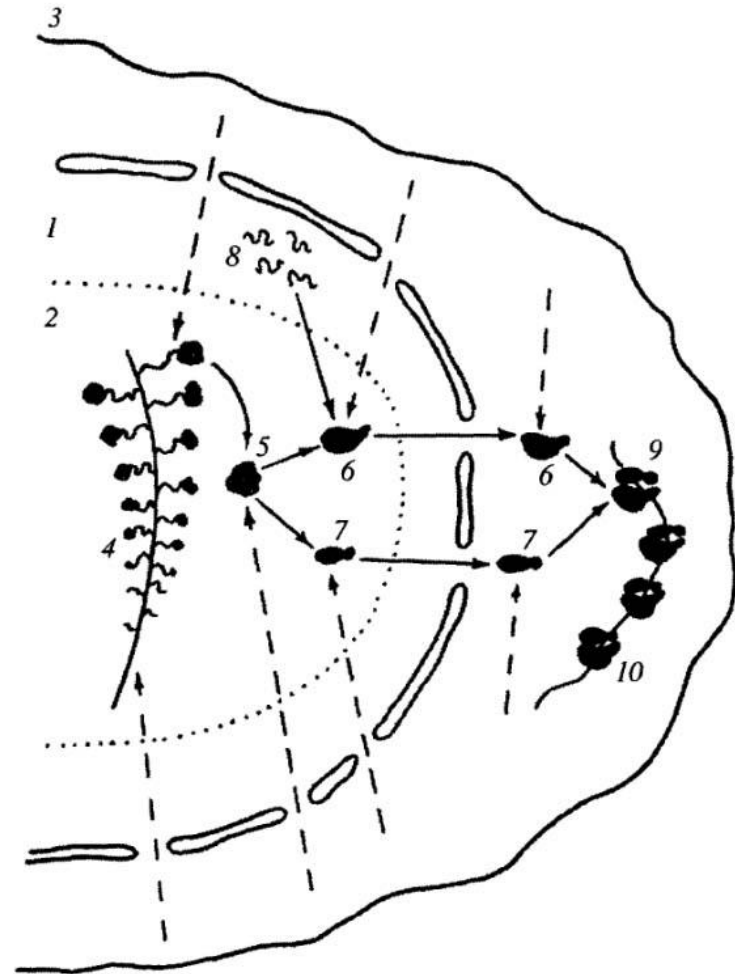
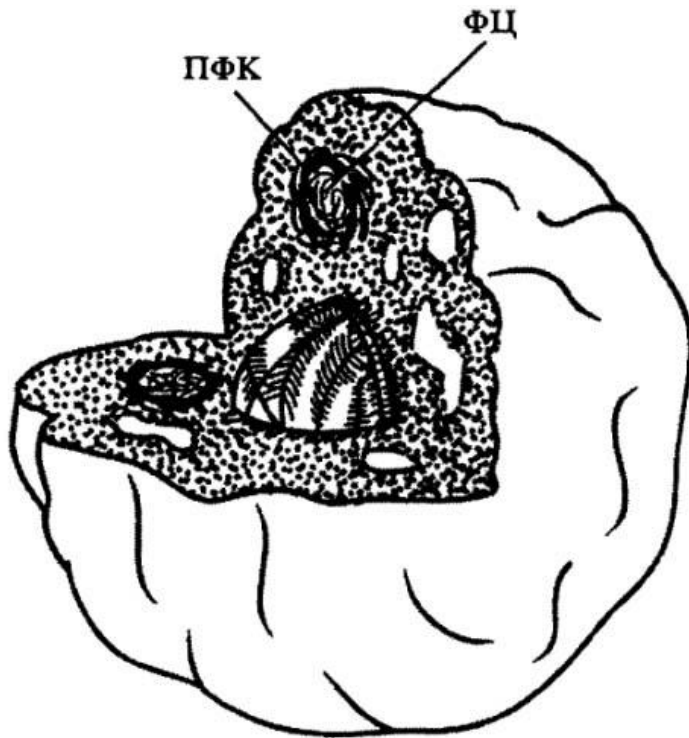


1 – гранулярный компонент, 2 – фибриллярные центры, 3 – плотный фибриллярный компонент 4 – околоядрышковый хроматин.

Возникновение ядрышек связано с определенными зонами - **ядрышковыми организаторами**.

Ядрышковый организатор является местилищем генов рибосомных РНК. Внутренняя часть ядрышка имеет фибриллярную структуру, состоящую из участка ДНК – ядрышкового организатора и синтезирующихся нитей р-РНК. Наружная гранулярная часть - это зона зрелых и созревающих субъединиц рибосом. Ядрышко участвует в образовании рибосом и мощно развито в клетках с интенсивным синтезом белка.

Схема строения ядрышка и его работы



1 – ядро, 2 – ядрышко, 3 – цитолемма, 4 – транскрипционная единица, 5 – пре – рРНК, 6 – большая рибосомная субъединица, 7 – малая рибосомная субъединица, 9 – рибосома, 10 – полисома.