

# Клеточный уровень организации ЖИВОГО

*(лекция №1 для подготовительного  
отделения)*

# План лекции

1. Клетка как биологическая система. Типы клеточной организации.

2. Структурно-функциональная организация прокариотической клетки.

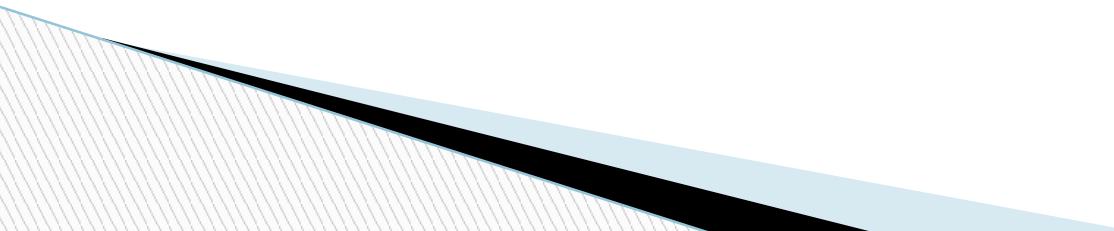
3. Структурно-функциональная организация эукариотической клетки:

- Поверхностный комплекс (оболочка)
- Цитоплазма
- Ядро

4. Мембранная система клетки

5. Транспорт веществ в клетку.

**1. Клетка как элементарная  
генетическая и структурно-  
функциональная биологическая  
единица. Типы клеточной  
организации.**



# **Клетка как элементарная генетическая и структурно-функциональная биологическая единица**

- Клетка – элементарная биологическая система, способная к самообновлению, самовоспроизведению и развитию.**
- Клетка составляет основу строения, функций и развития (генезиса) всех живых существ.**

# **Клеточная теория включает три основных положения**

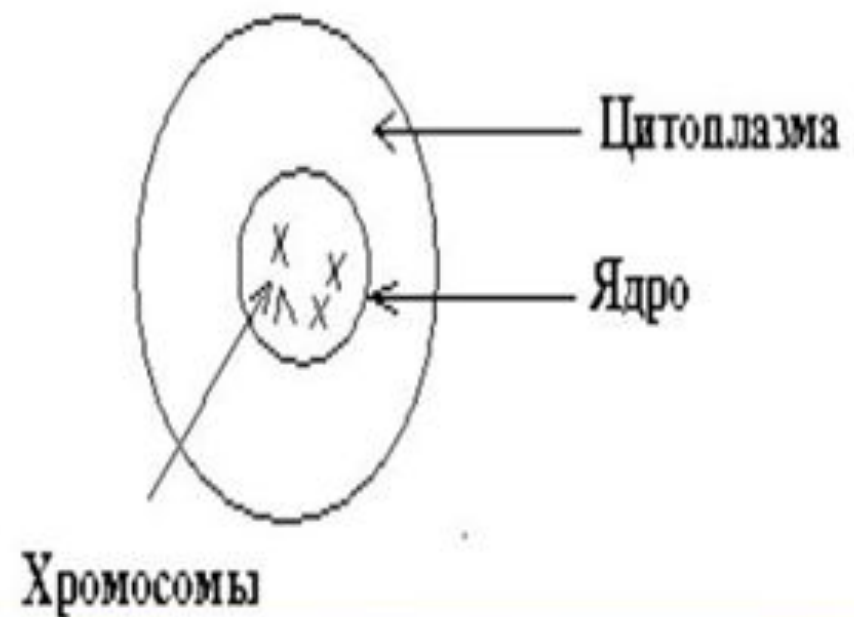
- 1. Жизнь в ее структурном, функциональном и генетическом плане обеспечивается только клеткой.**
- 2. Способом возникновения новых клеток является деление существующих клеток.**
- 3. Многоклеточное существо – это совокупность высоко интегрированных в систему организма клеточных ансамблей, объединенных дистантными гуморальными, нервными и иммунными, а также местными формами регуляции и интеграции.**

## Типы клеточной организации

Прокариотическая клетка



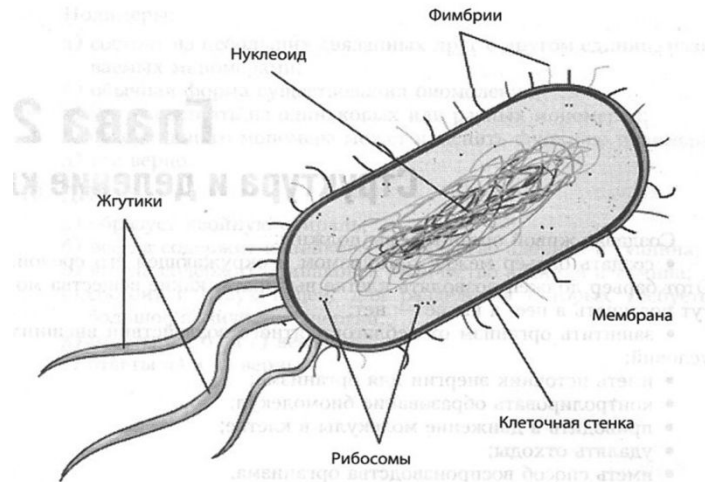
Эукариотическая клетка



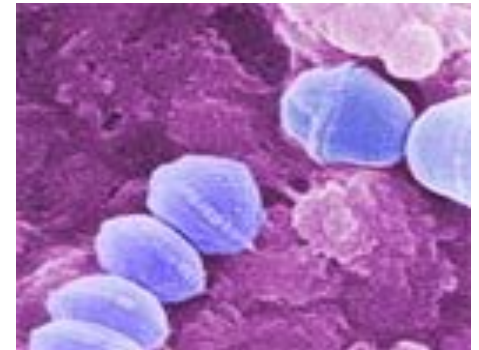
# Типы клеточной организации: прокариотический



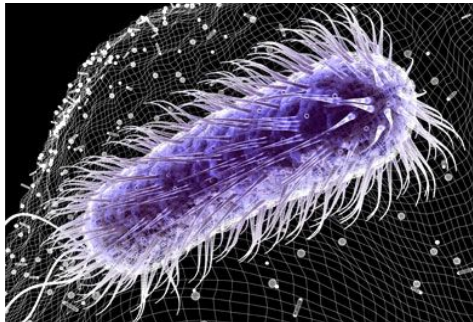
**Бациллы**



**Рис. 2.1. Прокариотическая клетка**



**Стрептококки**



**Helicobacter Pylori**

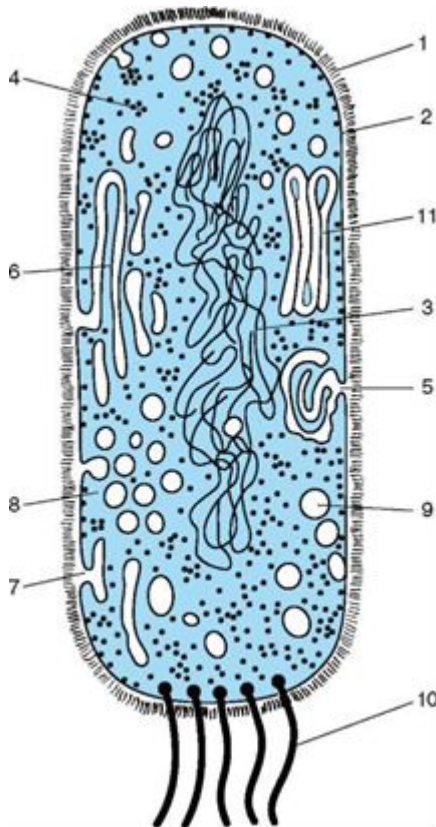


**Вибрионы**

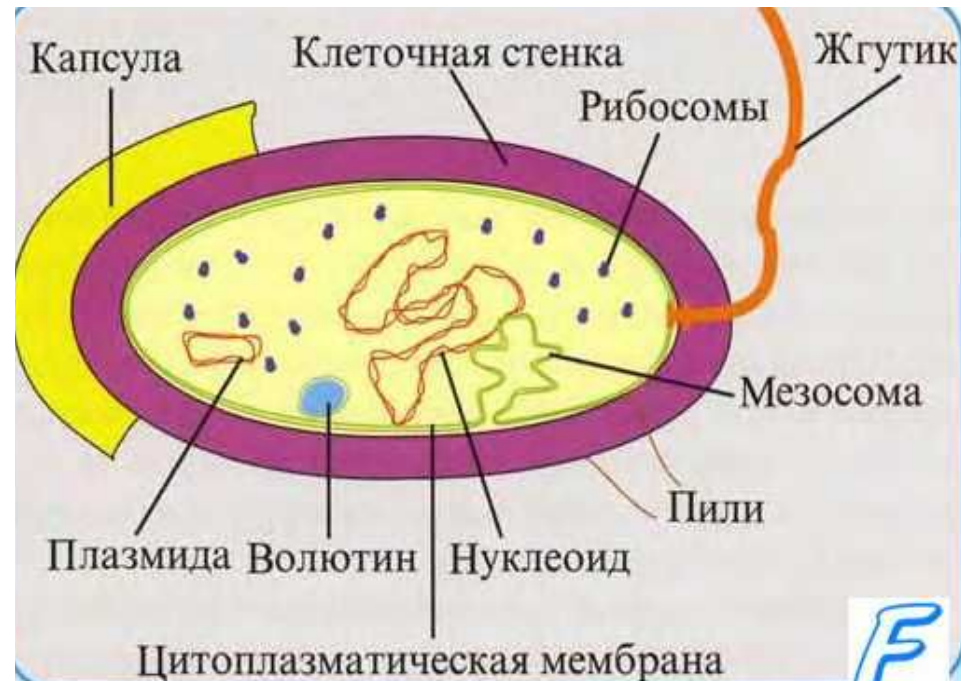


**Сальмонеллы**

# Схема строения бактериальной клетки

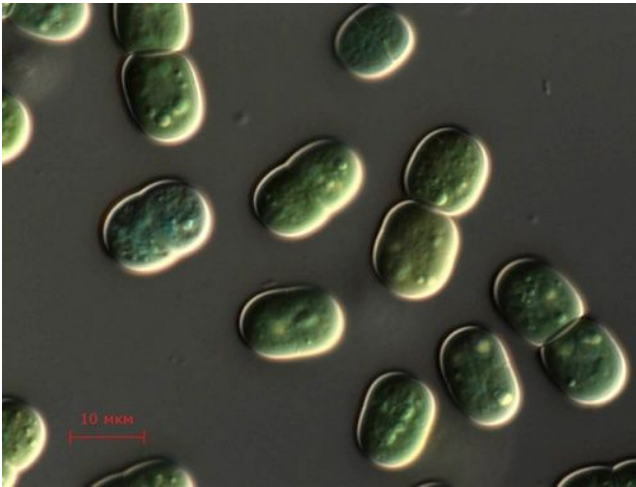


- 1 - клеточная стенка;
- 2 - плазматическая мембрана;
- 3 - ДНК нуклеоида,
- 4 - полирибосомы цитоплазмы;
- 5 - мезосома;
- 6 - ламеллярные структуры;
- 7 - впячивания плазмалеммы;
- 8 - скопления хромофоров;
- 9 - вакуоли с включениями;
- 10 - бактериальные жгутики;
- 11 - пластинчатые тилакоиды

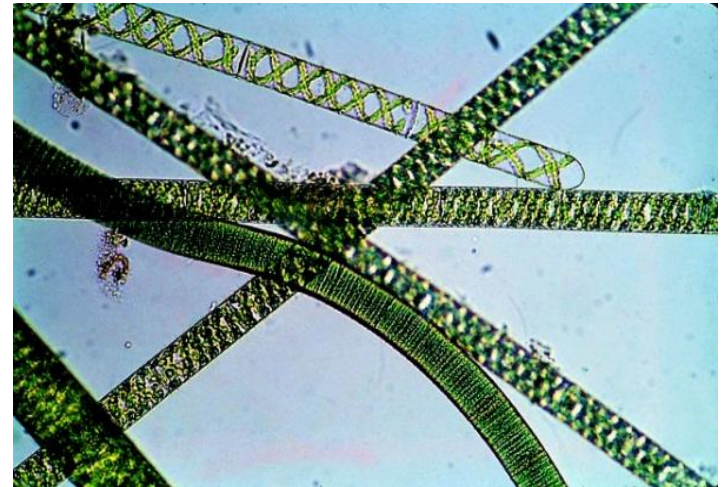




# Цианобактерии



Цианобактерии *Syanothecae*



Спирулина (*Spirulina*)



Синезёлные водоросли. Анабена (*Anabaena*).



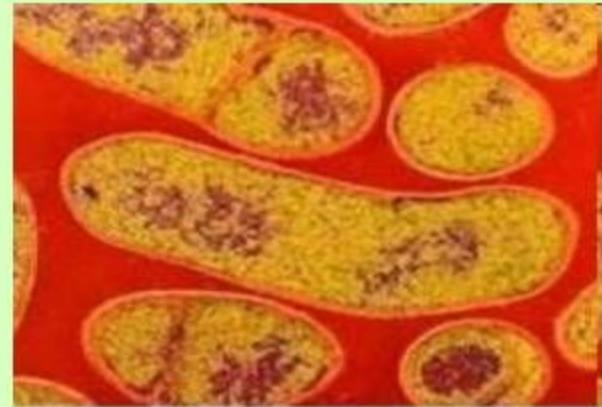
*Aphanizomenon ovalisporum*

# Желудочно-кишечные инфекции

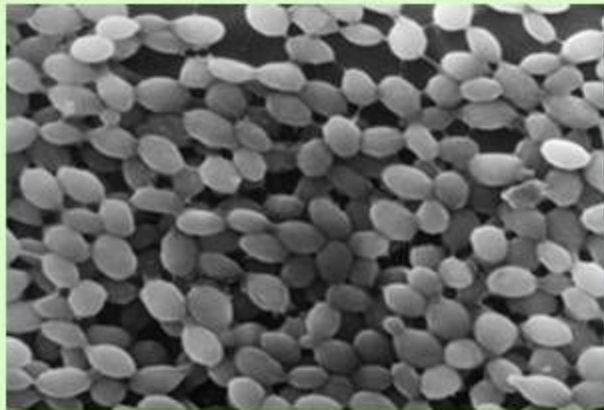
Пищевое отравление может вызываться различными микроорганизмами, чаще всего это сальмонеллы, палочки ботулизма, холерный вибрион, дизентерийная палочка.



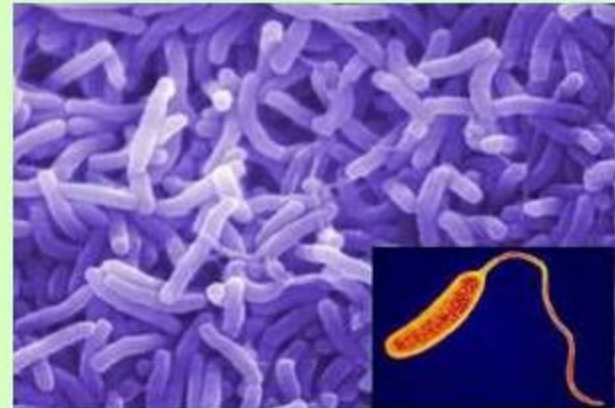
сальмонелла



палочки ботулизма



дизентерийная палочка



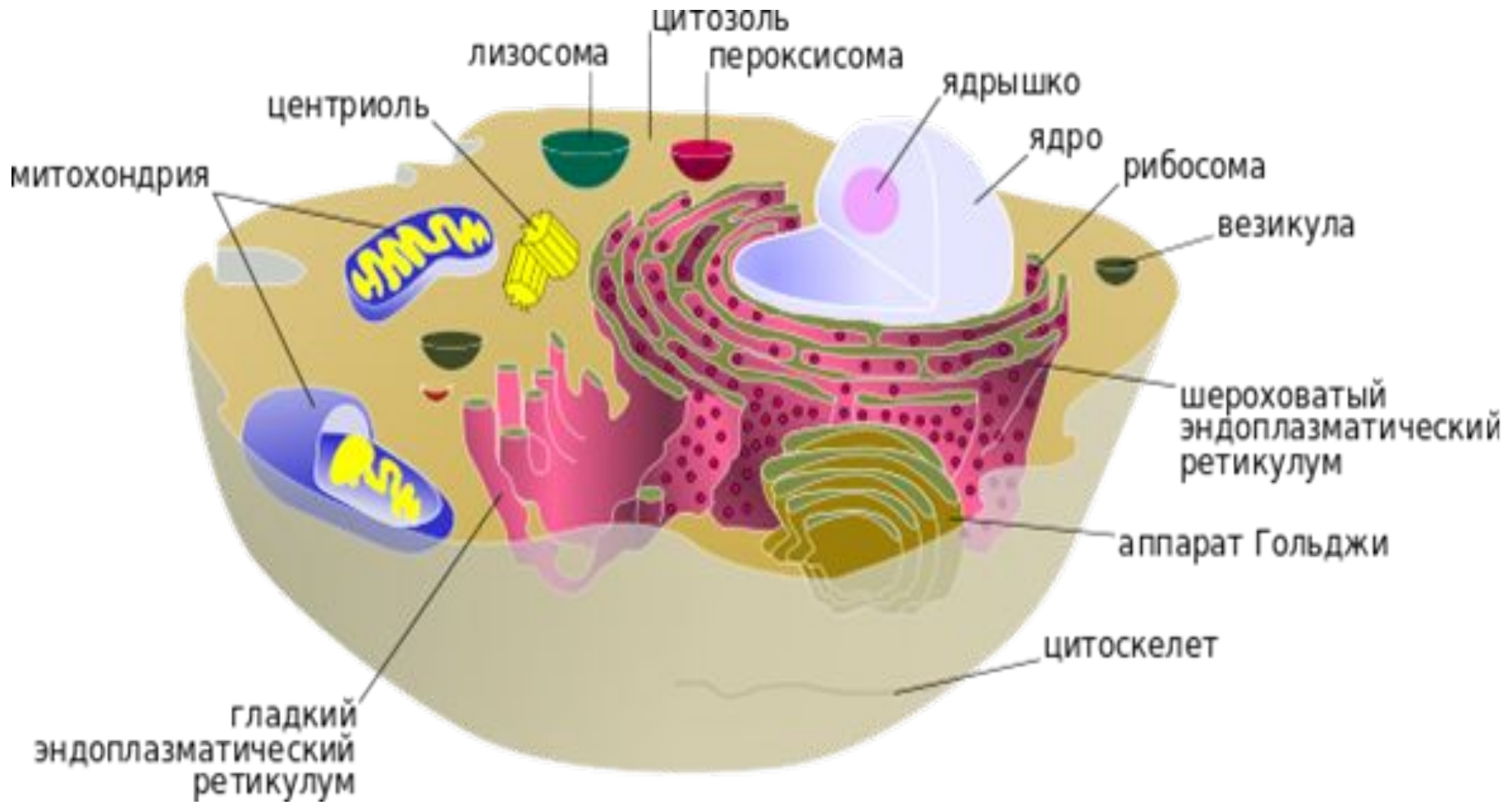
холерный вибрион

## **2. Структурно-функциональная организация эукариотических клеток. Строение и функции биологической мембраны.**

# Состав эукариотической клетки:

1. поперхностной аппарат  
(комплекс) или клеточная  
оболочка
2. цитоплазма
3. ядро

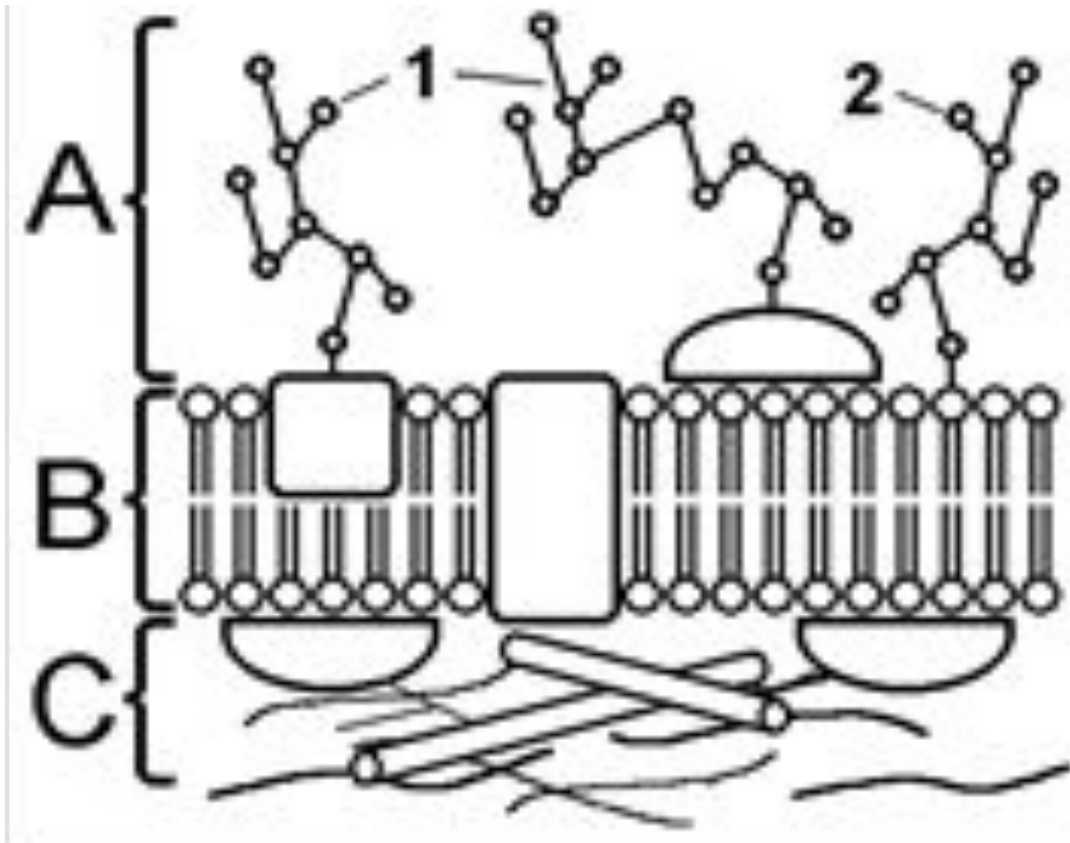
# Схема строения эукариотической клетки



# Поверхностный аппарат клетки или клеточная оболочка

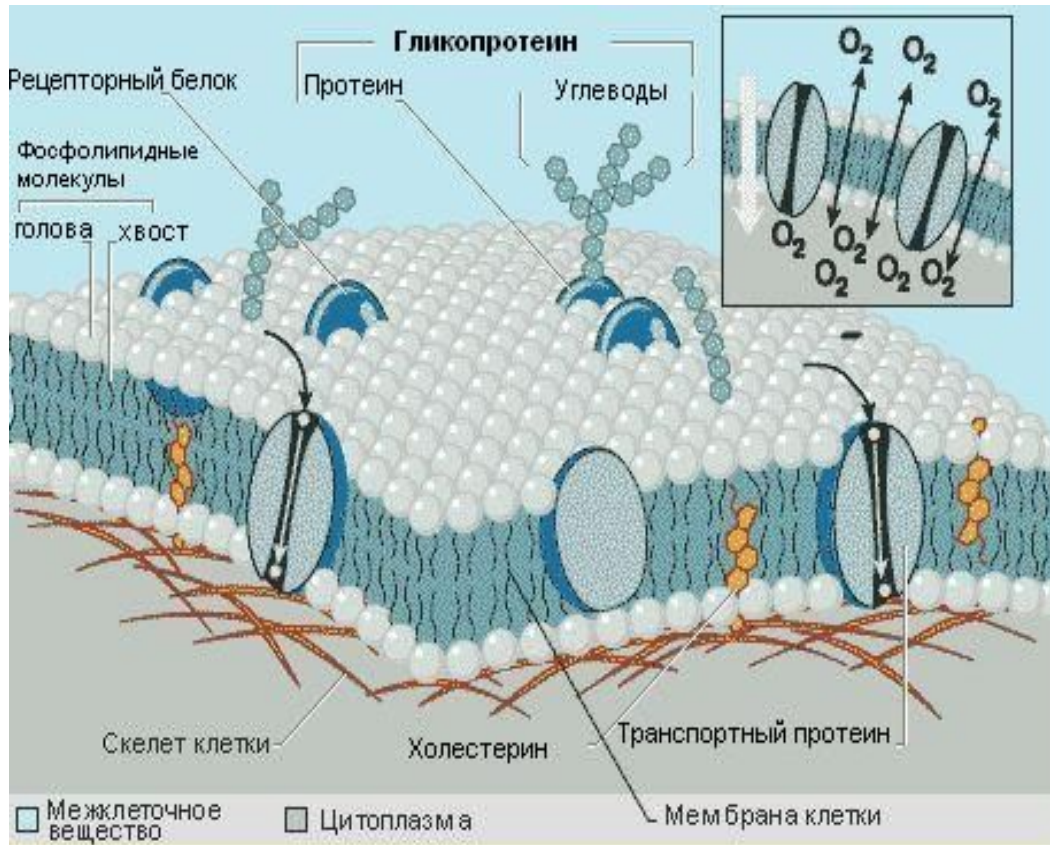
- **Отделяет содержимое любой клетки от внешней среды, обеспечивая ее целостность; регулирует обмен между клеткой и средой.**
- **На внешней поверхности плазматической мембраны в животной клетке белковые и липидные молекулы связаны с разветвленными углеводными цепями, образуя гликокаликс (надмембранный слой). Углеводные цепи выполняют роль рецепторов – мишеней для сигнальных молекул (лиганд). Далее следует биологическая мембрана. Под мембраной со стороны цитоплазмы имеются кортикальный слой, богатый цитоскелетными структурами: микротрубочками и микрофиламентами, включающими сократимые белки. Обеспечивает механическую устойчивость плазматической мембраны.**

# *Поверхностный аппарат клетки или клеточная оболочка*



А – надмембранный слой  
(гликокаликс животной клетки);  
В – плазматическая мембрана;  
С – подмембранный  
(кортикальный) слой

# Поверхностный аппарат клетки или клеточная оболочка

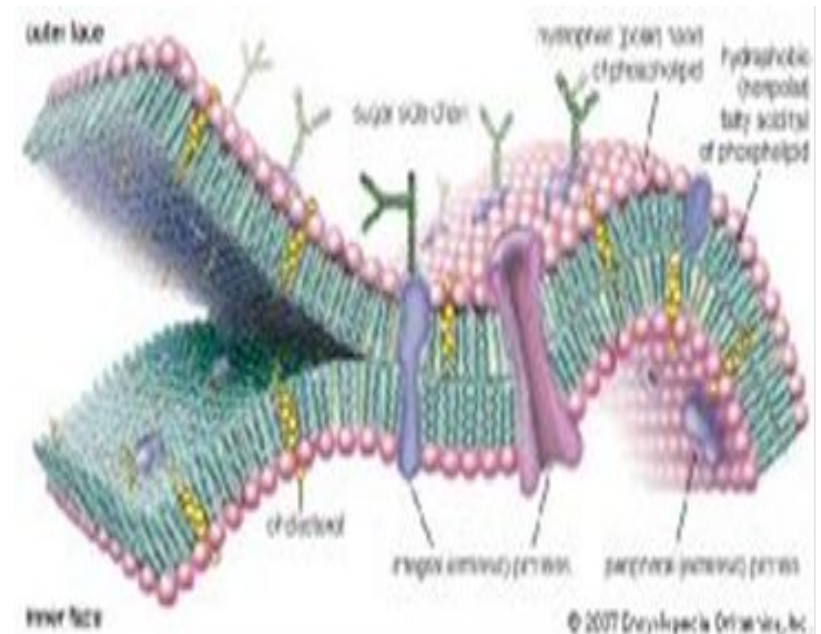
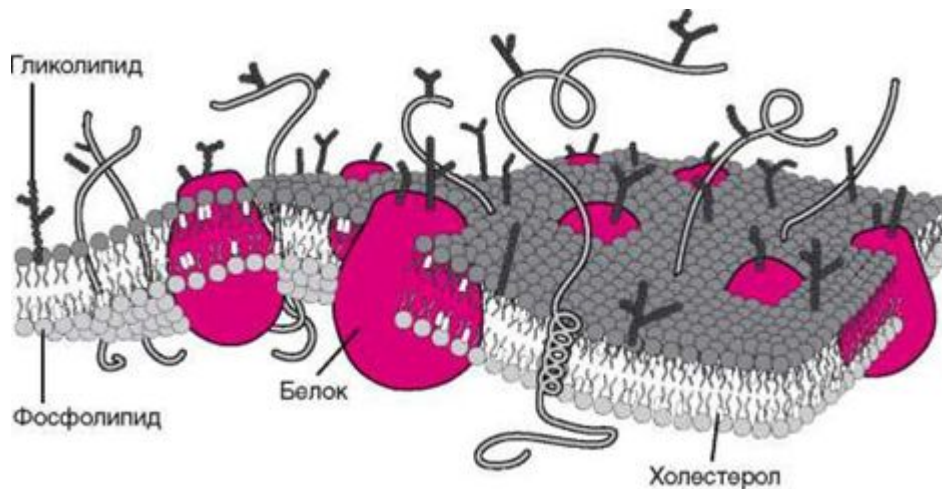


Биологическая мембрана включает различные белки:

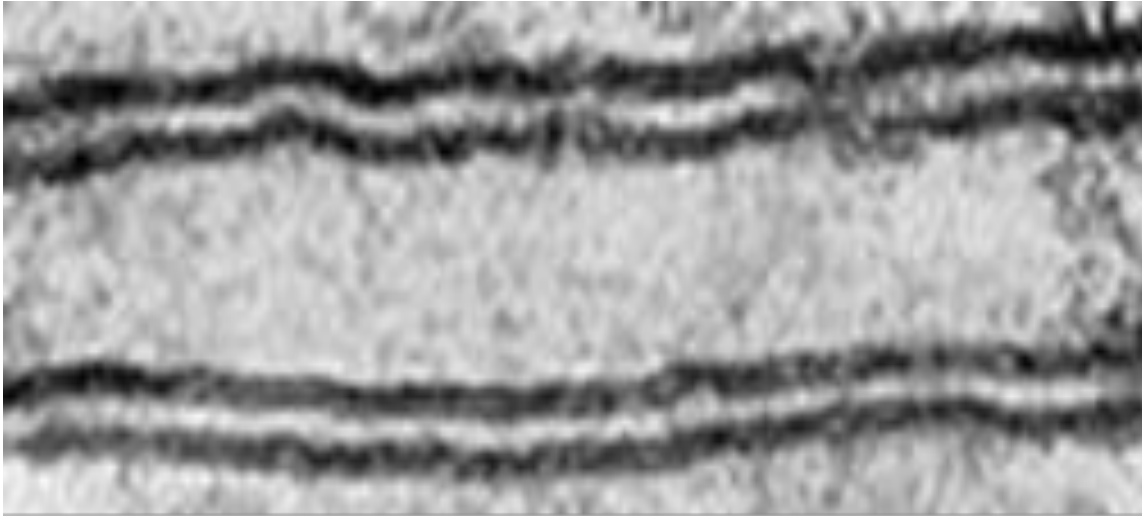
- интегральные (пронизывающие мембрану насквозь)
- полуинтегральные (погруженные одним концом во внешний или внутренний липидный слой)
- поверхностные (расположенные на внешней или прилегающие к внутренней сторонам мембраны).



# Варианты схем строения биологической мембраны



# *Микрофотография биологической мембраны*



**Мембраны двух соседних нервных клеток (электронный микроскоп, увеличивает в 400 000 раз). Каждая мембрана имеет видна в виде двух тёмных полос, разделённых более светлой полосой, толщиной 35 А . Щель между клетками достигает 150 А.**

# Функции мембран:

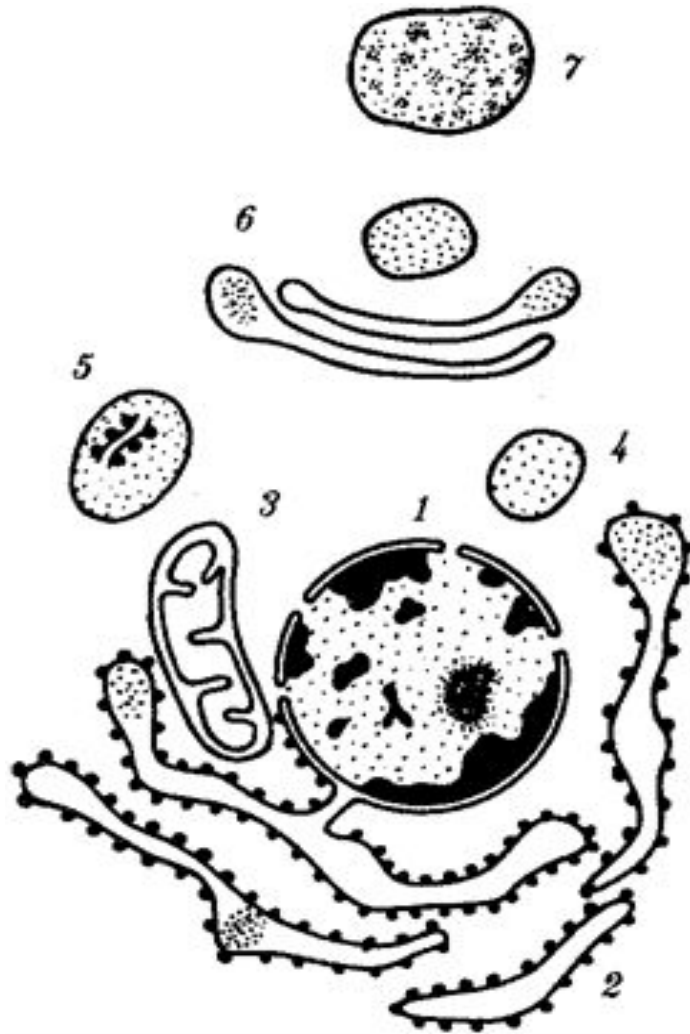
- 1) барьерная;**
- 2) сохранение формы и содержимого структуры;**
- 3) организация поверхностей раздела между водной и неводной фазами;**
- 4) образование гидрофобной фазы для химических превращений;**
- 5) рецепторная;**
- 6) регуляторная;**
- 7) транспортная.**

# Структурно-функционально- метаболическая компартментация клетки

- Внутриклеточные мембраны разделяют клетку на специализированные замкнутые отсеки — компартменты. Компартментация способствует пространственному разделению веществ и процессов в клетке, часто противоположно направленным. Функциональная специализация мембран разных компартментов достигается их различной химической организацией. Отдельный компартмент представлен органеллой (лизосома) или ее частью (пространство, ограниченное внутренней мембраной митохондрии).

# Структурно-функционально- метаболическая компартментация клетки

## клетки



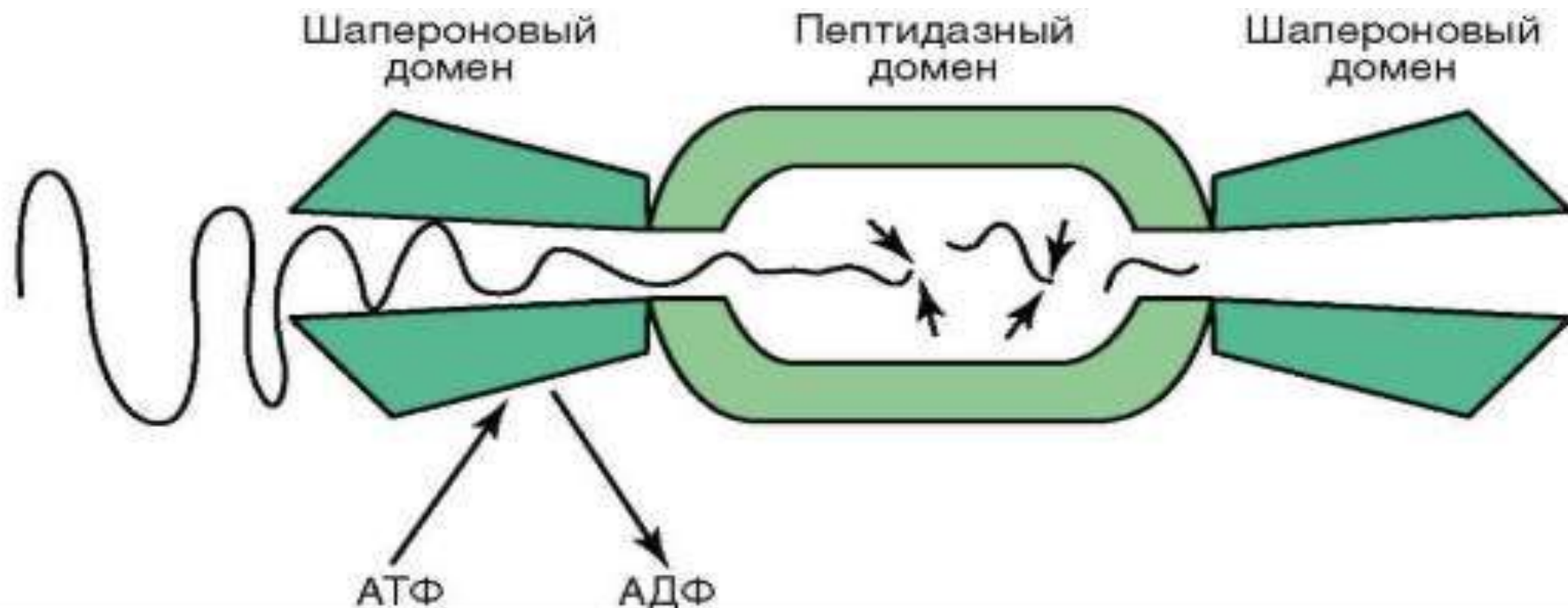
### Компартментация объема клетки с помощью мембран:

- 1—ядро,
- 2—шероховатая цитоплазматическая сеть,
- 3—митохондрия,
- 4—транспортный цитоплазматический пузырек,
- 5—лизосома,
- 6—пластинчатый комплекс,
- 7 — гранула секрета

# Немембранный механизм компартментации объема клетки

- Мембранный механизм компартментации объема клетки - не единственный. Известно семейство протеаз (пептидаз) - самокомпартментирующихся ферментов, участвующих во внелизосомном расщеплении белков. В клетках они «укрыты» в протеасомах. Это мультимерные гетеробелковые агрегаты «цилиндрической» формы, образующиеся путем самосборки. Протеазы в них занимают внутреннюю зону, а снаружи располагаются белки-«проводники» или шапероны. В функцию последних входит опознание (детекция) белков, подлежащих протеолитическому расщеплению, и их «допуск» внутрь протеасомы к протеазам. Известно, что протеасомы обеспечивают деградацию циклина В в анафазе митоза. В комплексе с соответствующей циклинзависимой киназой (Cdk - англ. cyclin dependent kinase) названный белок принимает участие в регуляции прохождения клеткой митотического цикла (Ярыгин 2011)

# Протеасомный комплекс (самокомпартиментализующиеся протеазы)

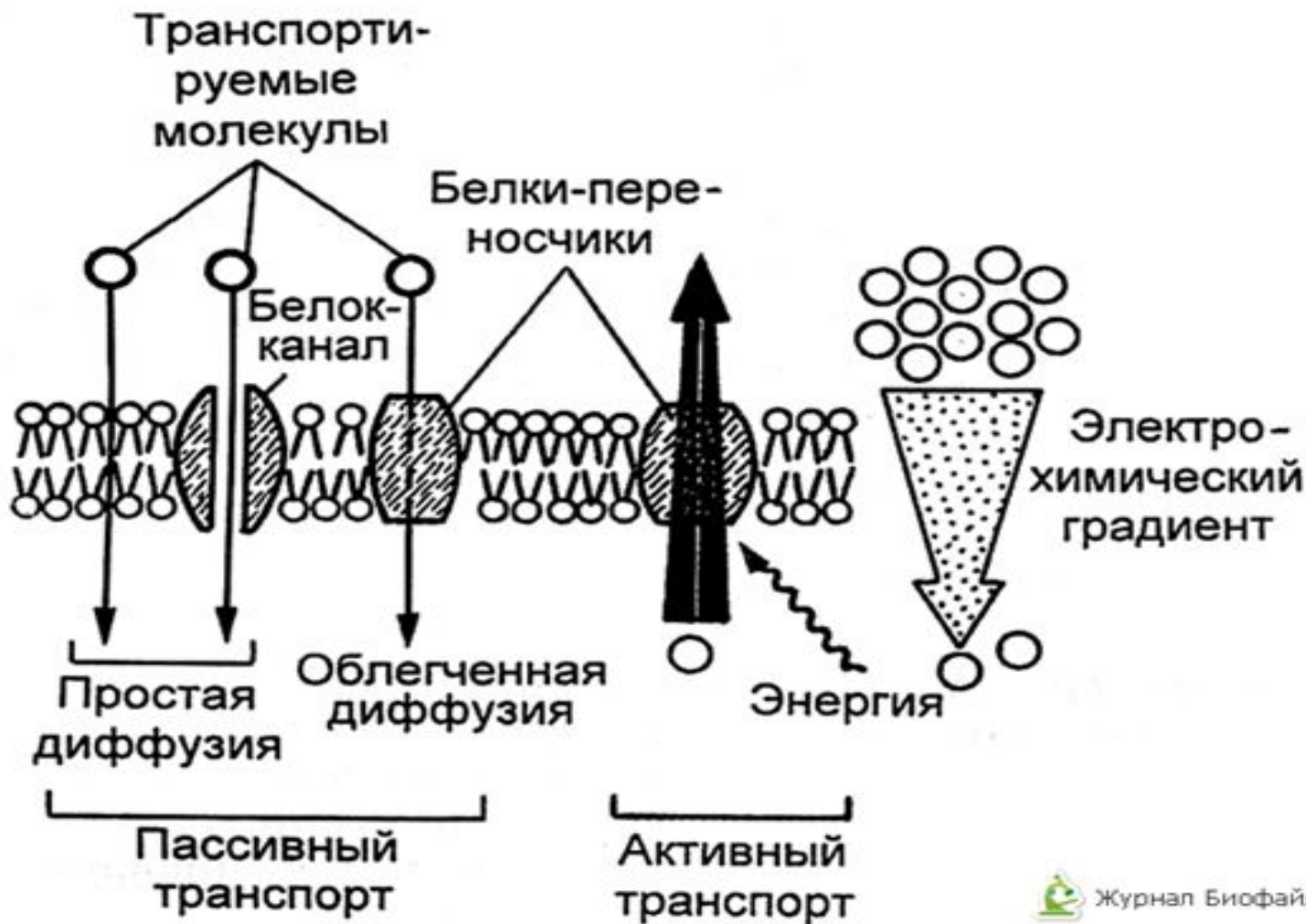


# Механизм транспорта веществ в клетку и из нее

- зависит от размеров транспортируемых частиц. Малые молекулы и ионы проходят через мембраны путем пассивного и активного транспорта. Перенос макромолекул и крупных частиц осуществляется за счет образования окруженных мембраной пузырьков и называется эндоцитозом и экзоцитозом.



# Схема пассивного и активного транспорта



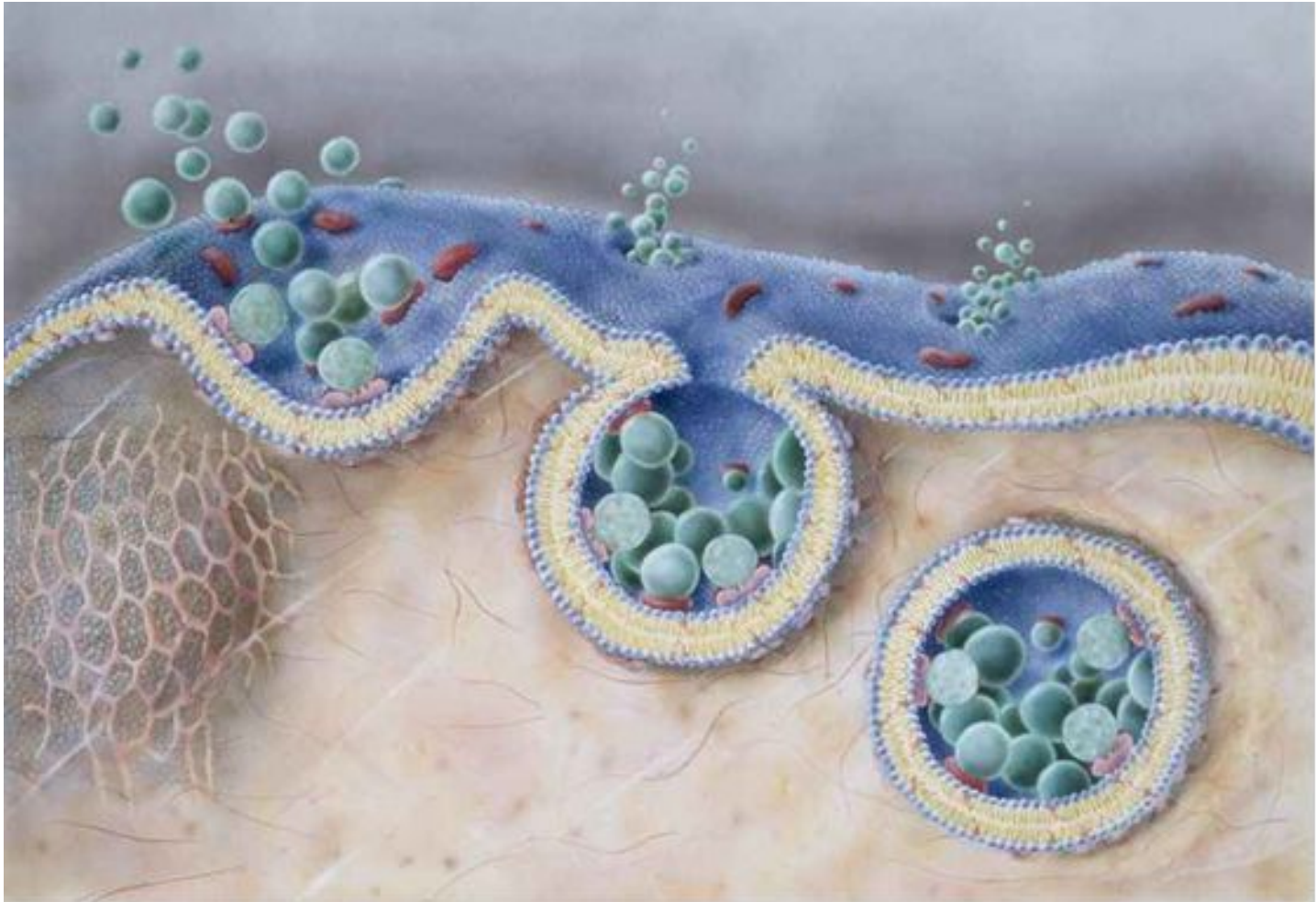
# Механизм транспорта веществ в клетку и из нее

- **Эндоцитоз** – процесс захвата внешнего материала клеткой.
- При эндоцитозе плазматическая мембрана образует выпячивания или выросты, которые затем, отшнуровываясь, превращаются в пузырьки или вакуоли. Различают два типа эндоцитоза.
- **1. Фагоцитоз («поедание»)** — поглощение клетками твердых частиц, например, некоторые виды лейкоцитов, поглощают бактерии. Мембранный мешочек, обволакивающий поглощаемую частицу, называют фагоцитозной вакуолью.
- **2. Пиноцитоз («питье»)** — поглощение клеткой жидкого материала. Пузырьки, которые при этом образуются, часто бывают очень мелкими. Например, яйцеклетки человека так поглощают питательные вещества из окружающих фолликулярных клеток.
- **Экзоцитоз** — процесс обратный эндоцитозу. Таким способом различные материалы выводятся из клеток: из пищеварительных вакуолей удаляются оставшиеся неперевавшими плотные частицы, а из секретарных клеток путем «пиноцитоза наоборот» выводится их секрет. Именно так секретируются в частности ферменты поджелудочной железы.

# Схема экзо- и эндоцитоза



# *Схема эндоцитоза*

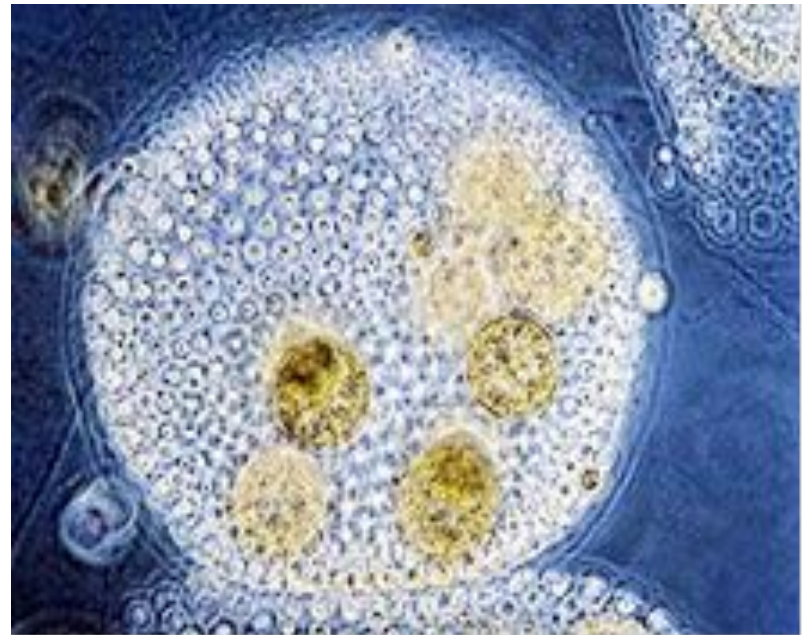


# **Структурные элементы цитоплазмы**



# *Протоплазма*

- это все содержимое живой клетки, включающее ядро, цитоплазму и находящиеся в них структуры. Это особая многофазная коллоидная система или биокolloид.



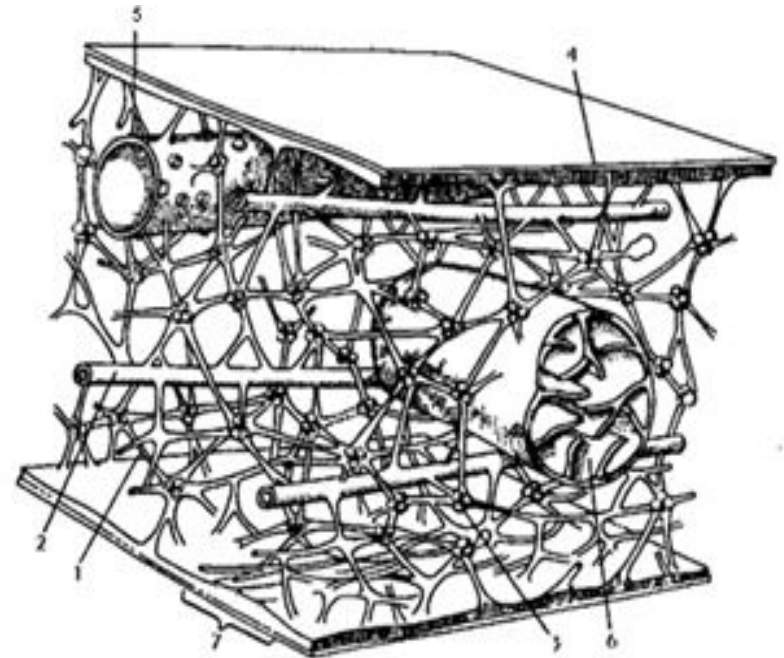
# Структурные элементы цитоплазмы. Гиалоплазма (основная плазма, матрикс цитоплазмы, цитозоль)

- Основное вещество цитоплазмы, заполняющее пространство между клеточными органеллами. Это внутренняя среда, обеспечивающая связь всех органоидов.
- Функции: в гиалоплазме протекают
  1. ферментативные реакции,
  2. метаболические процессы,
  3. происходит присоединение аминокислот к транспортной РНК.

# *Структурные элементы цитоплазмы. Гиалоплазма (основная плазма, матрикс цитоплазмы, цитозоль)*

- Гиалоплазма содержит множество белковых филаментов (нитей), пронизывающих цитоплазму и образующих цитоскелет.

Рис. 26. Трабекулярная сеть гиалоплазмы. 1 — трабекулярные нити, 2 — микротрубочка, 3 — полисомы, 4 — клеточная мембрана, 5 — эндоплазматический ретикулум, 6 - митохондрия, 7 - микрофиламенты.

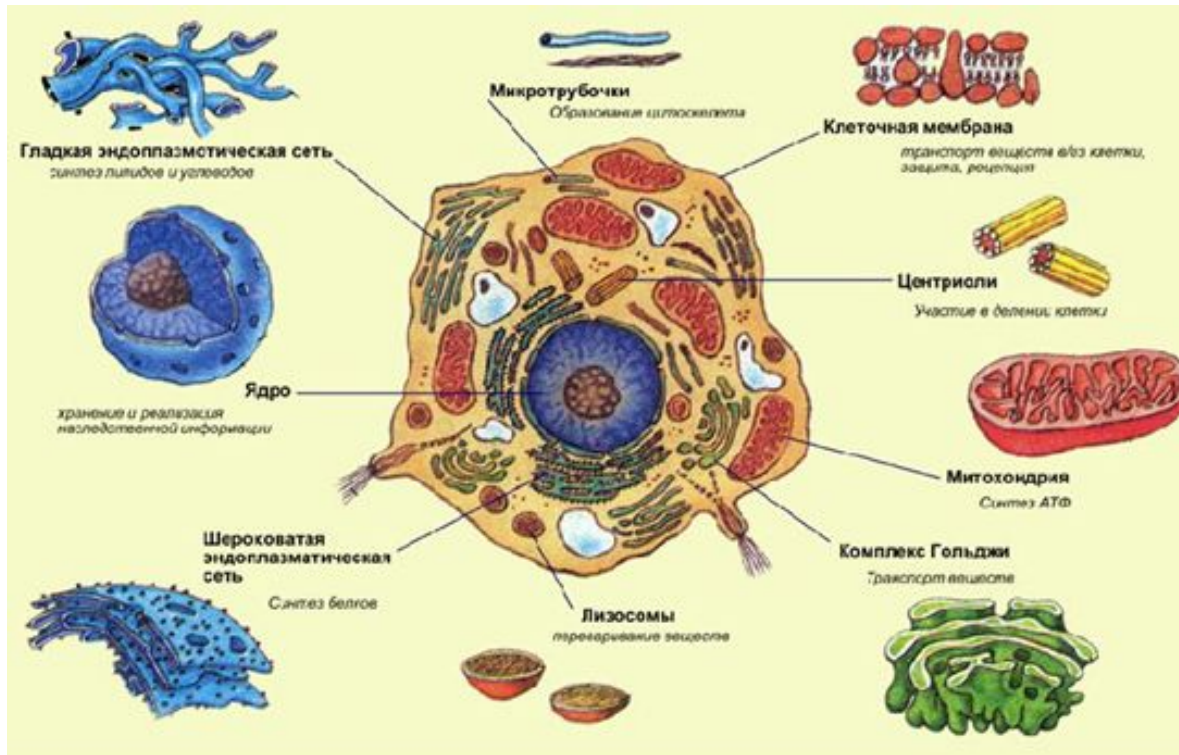




# Структурные элементы цитоплазмы.

## Органеллы

- Постоянные компоненты клетки, расположенные в гиалоплазме, имеющие определенное строение и выполняющие определенные функции



# Структурные элементы цитоплазмы.

## Органеллы

### Подразделяют:

#### - по назначению

на общие (имеются во всех или в больших группах клеток) и специальные (присущи небольшим группам клеток)

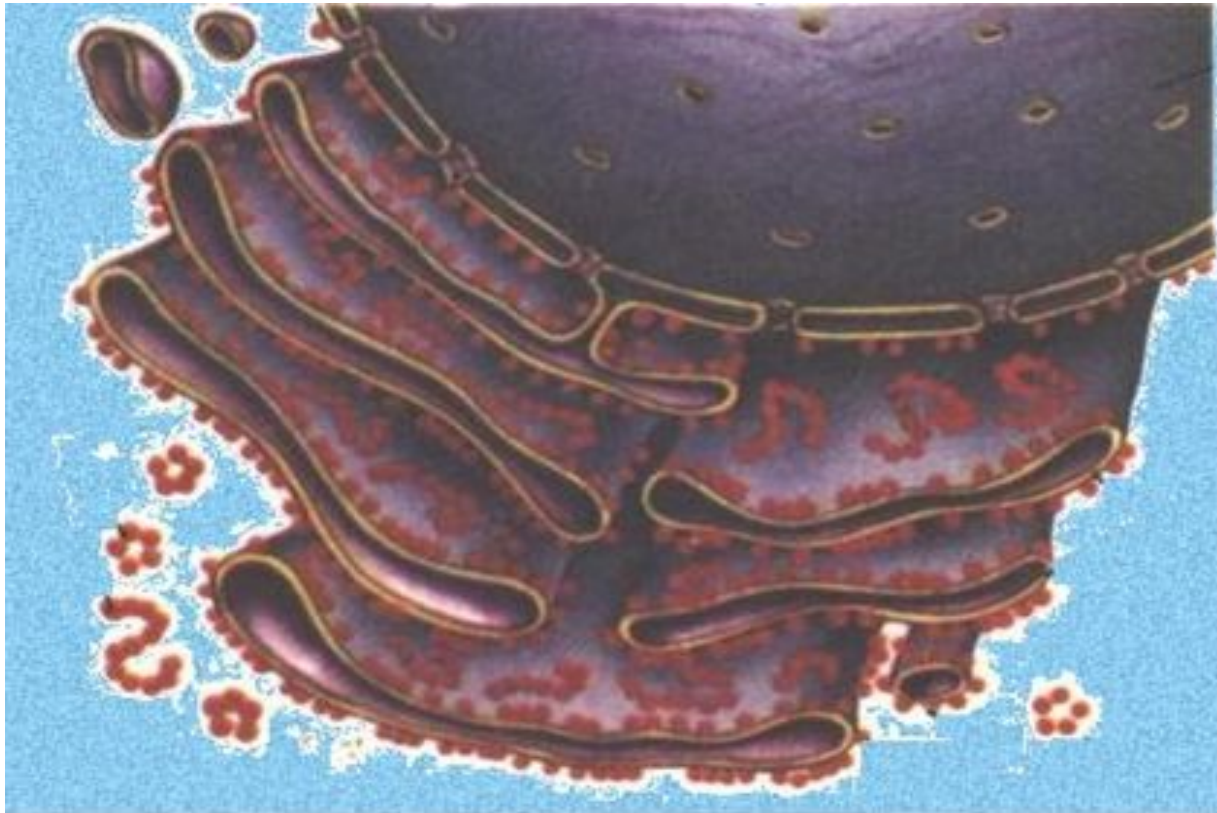
#### - по строению

на немембранные и мембранные

- **Немембранные органоиды:** рибосомы, клеточный центр, микротрубочки, микрофиламенты.
- **Мембранные органоиды:**
  - Одномембранные:* органеллы вакуолярной системы: эндоплазматическую сеть (ретиккулум), аппарат Гольджи, лизосомы, пероксисомы и другие вакуоли.
  - Двумембранные:* митохондрии и пластиды – это полуавтономные структуры, т.к. содержат ДНК.

# *Эндоплазматическая сеть (ЭПС)*

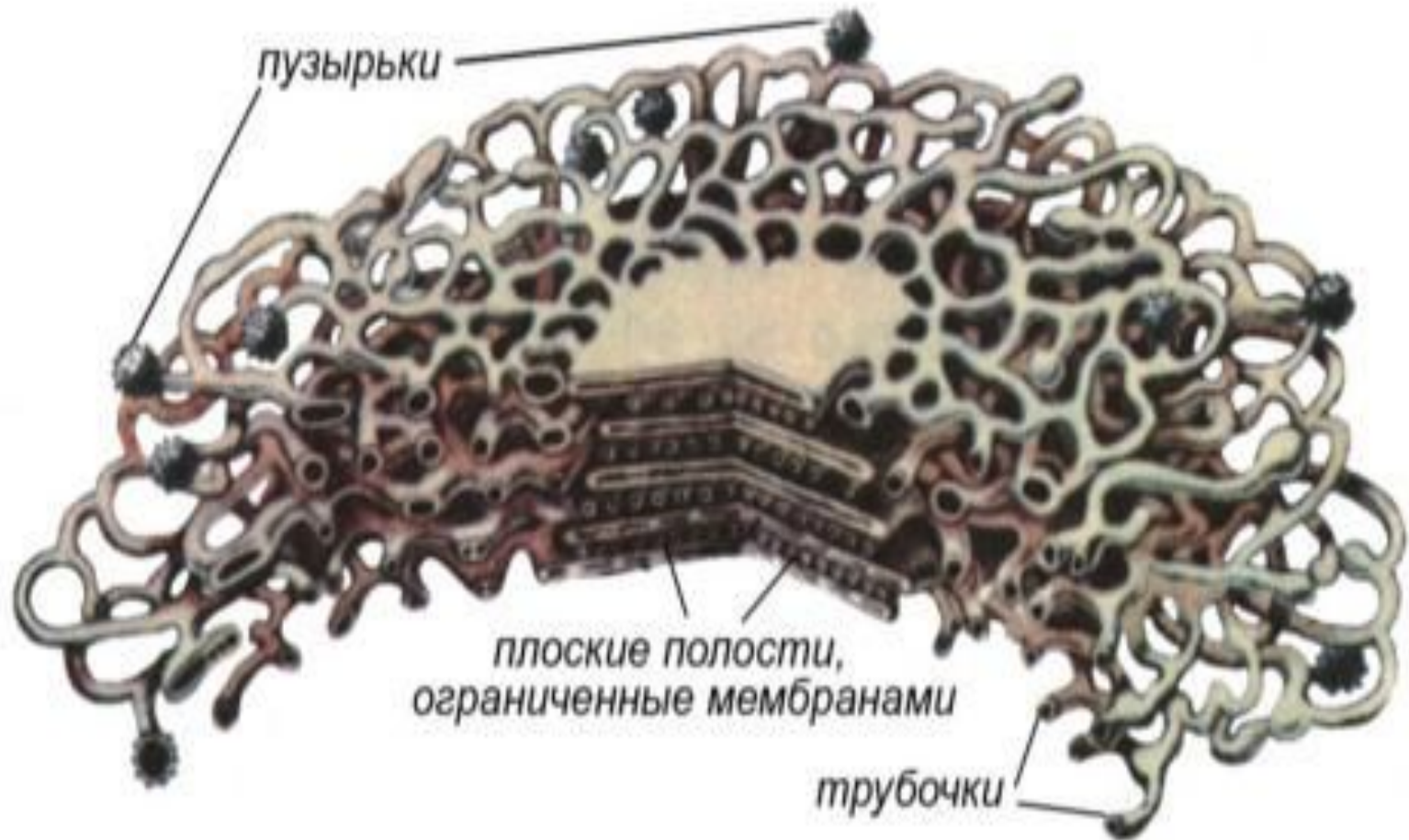
- Универсальный для всех эукариотических клеток мембранный органоид, открытый в 1945 г. К.Портером (США). Площадь мембраны ЭПС составляет около половины площади всех клеточных мембран.



# Эндоплазматическая сеть (ЭПС)

- Морфологически ЭПС дифференцирована на 3 отдела: шероховатую, промежуточную и гладкую ЭПС, которые выполняют разные функции.
- Шероховатая ЭПС представлена совокупностью соединяющихся между собой уплощенных мембранных цистерн. На их наружной поверхности находится большое количество рибосом, синтезирующих белки.
- Промежуточная ЭПС также состоит из мембранных цистерн, однако на них отсутствуют рибосомы. В этот отдел из шероховатой ЭПС поступают транзитные белки. Здесь они окружаются участками мембранных цистерн и в образовавшихся мембранных пузырьках направляются к комплексу Гольджи.
- Гладкая ЭПС представлена системой сообщающихся между собой мембранных трубочек, стенка которых в некоторых местах переходит в мембрану других отделов ЭПС и не связана с рибосомами. Мембрана гладкой ЭПС содержит ферменты синтеза мембранных липидов.

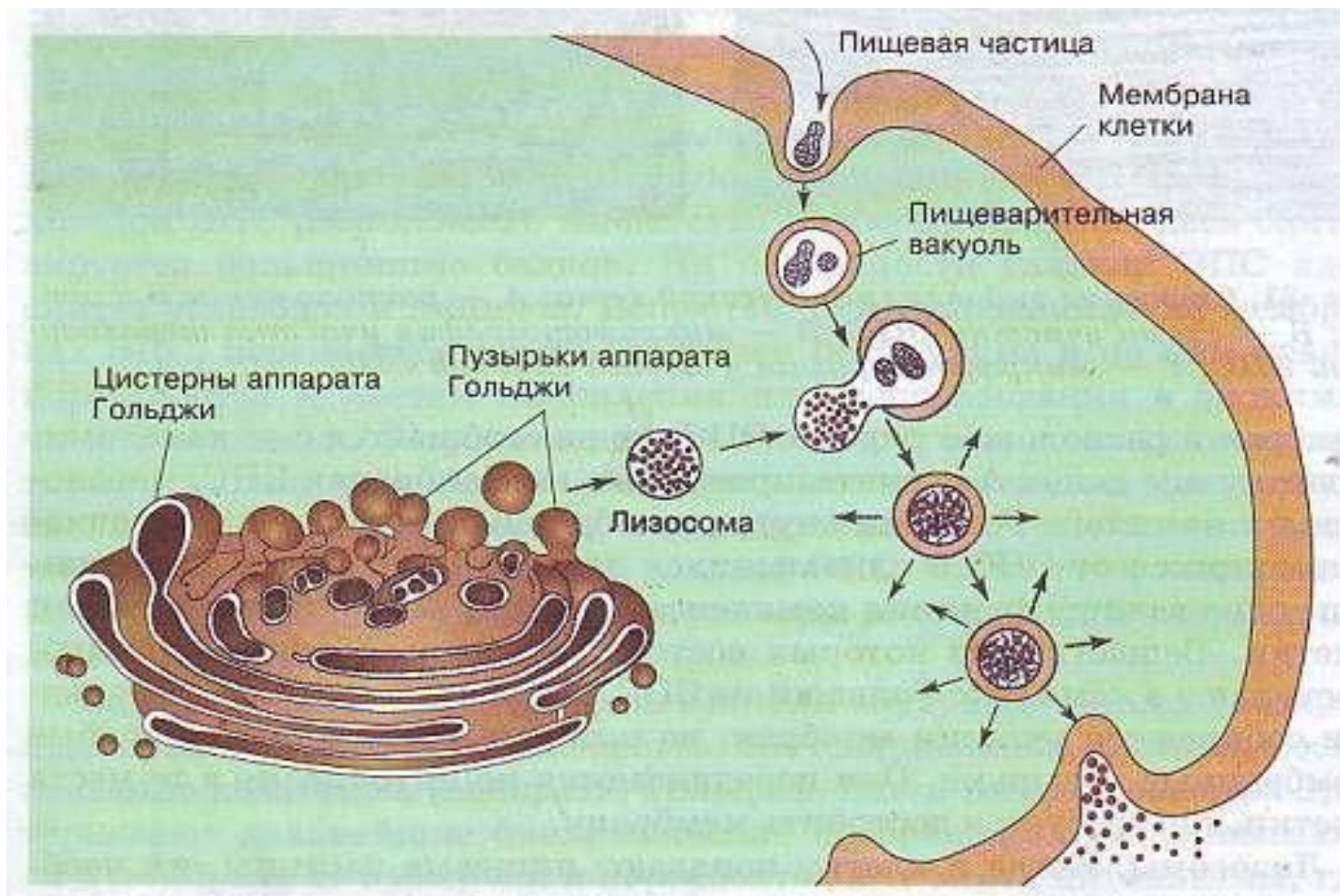
# Схема строения аппарата Гольджи



# Комплекс Гольджи

- Комплекс Гольджи (КГ)- это универсальный мембранный органоид эукариотических клеток, открытый в 1898 г. итальянским исследователем К. Гольджи. В его составе обнаруживаются мембранные цистерны, мембранные пузырьки и мембранные трубочки, которые являются продолжением мембранных цистерн. Между цистернами расположены белковые фибриллы, объединяющие цистерны в диктиосому. Управляет процессами внутриклеточного транспорта.
- Основными функциями аппарата Гольджи являются модификация, накопление, сортировка и направление различных веществ в соответствующие внутриклеточные компартменты, а также за пределы клетки. Дифференцирован на 3 отдела: цис-отдел, медиальный отдел и транс-отдел.
- Цисотдел содержит плоские мембранные цистерны, расположенные около ядра. С ними сливаются мембранные пузырьки, отшнуровавшиеся от цистерн промежуточной эндоплазматической сети и содержащие транзитные белки.
- Медиальный отдел осуществляет химической модификации транзитных белков, поступающих из цис-отдела в транспортных пузырьках. Модифицированные белки аналогичным способом переносятся в транс-отдел.
- Транс-отдел представлен расширенными цистернами, расположенными ближе к плазмалемме, чем к ядру. В нем присоединяются специфические углеводы к нефосфорилированным белкам, синтезируются специфические полисахариды и углеводные головки гликолипидов. В транс-отделе происходит сегрегация образующихся и модифицированных веществ на 3 потока: секреторный, регенерационный и лизосомальный.

# Схема переваривания пищевой частицы при участии лизосомы



# *Лизосома*





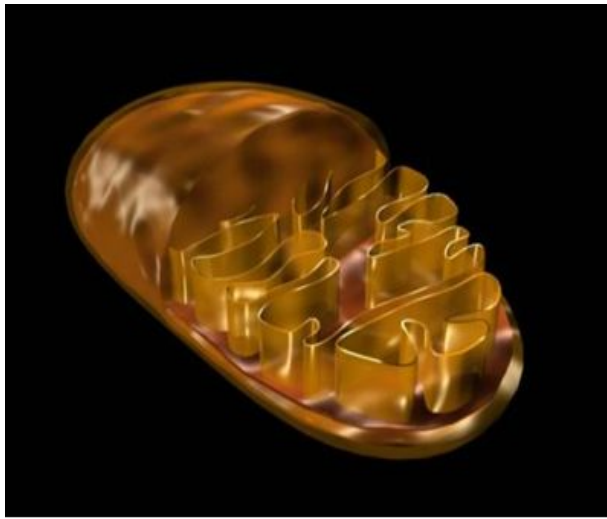
# Митохондрии

Открыл в 1890 году Рихард Альтман



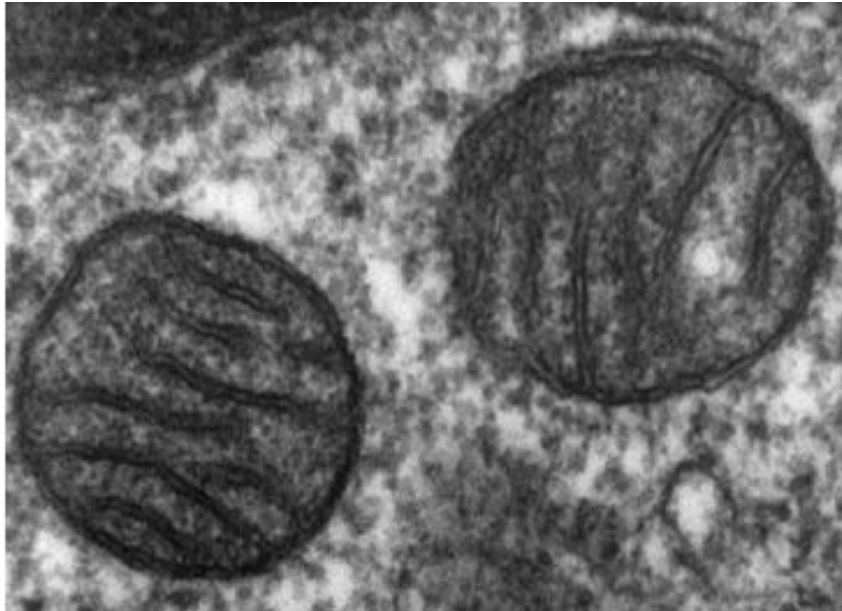
## Функции:

- Синтез молекул АТФ, энергетический центр клетки;
- Синтез собственных белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов;
- Образование собственных рибосом



# *Митохондрии*

- Клеточные органеллы размером от 0,5 до 1 мк, в которых происходят разнообразные окислительные реакции и генерация тепловой и химической энергии, необходимой для всех функций организма. В многочисленных ячейках митохондрии находятся сотни разнообразных ферментов. Митохондрии имеют собственную ДНК и способны к делениям и митохондриальным мутациям.
- *Митохондрии* – это автономная генетическая система, переходящая из поколения в поколение, подобно хромосомам клеточного ядра.

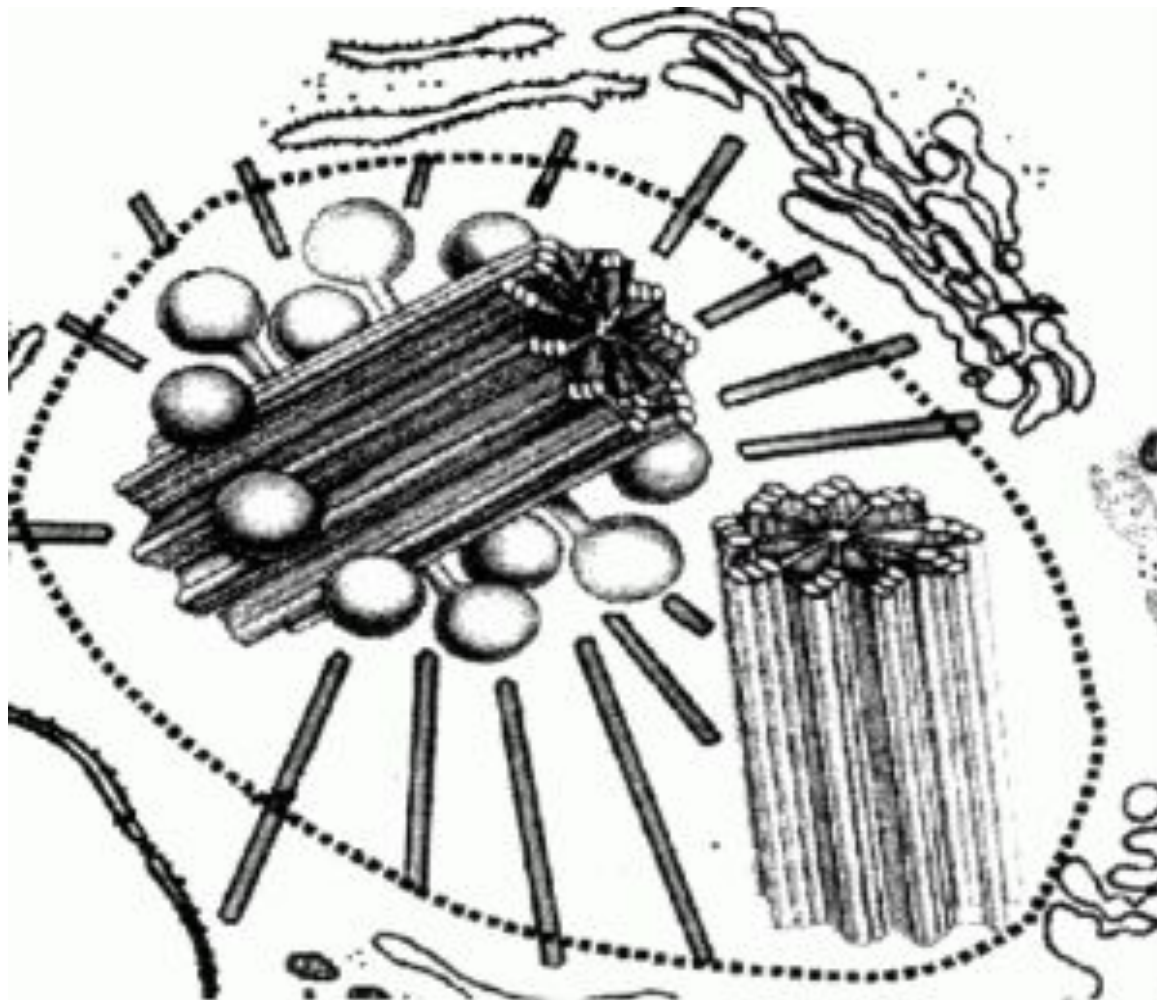


**Слева – электронная фотография митохондрии.  
Справа – модель митохондрии.**

# Рибосомы

- Представляют собой гранулы 15 – 35 нм в диаметре. В их состав входят белки и молекулы РНК (примерно в равных весовых отношениях). Располагаются рибосомы в цитоплазме свободно или фиксированы на мембранах зернистой эндоплазматической сети. Рибосомы участвуют в сборке молекул белка, в объединении аминокислот в цепи в строгом соответствии с генетической информацией, заключенной в ДНК.

# *Клеточный центр*



# Клеточный центр

- Органоид, видимый в оптический микроскоп в клетках животных и низших растений. Он находится обычно около ядра или в геометрическом центре клетки и состоит из двух палочковидных телец центриолей. Клеточный центр играет важную роль в процессе перемещения хромосом при митозе. С ним связана способность некоторых клеток к активному движению.

# *Структурные элементы цитоплазмы.*

## *Включения.*

Это непостоянные компоненты, продукты жизнедеятельности клеток, неживое, не выполняют активных функций. Включения синтезируются в клетке и используются в процессе обмена.

### КЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ



капли жира в цитоплазме инфузории-туфельки



крахмальные зерна картофеля



белковые включения в зерновке пшеницы



кристаллы оксалата кальция в клетках черенка листа бегонии

# Ядро – не органоид, а компонент клетки

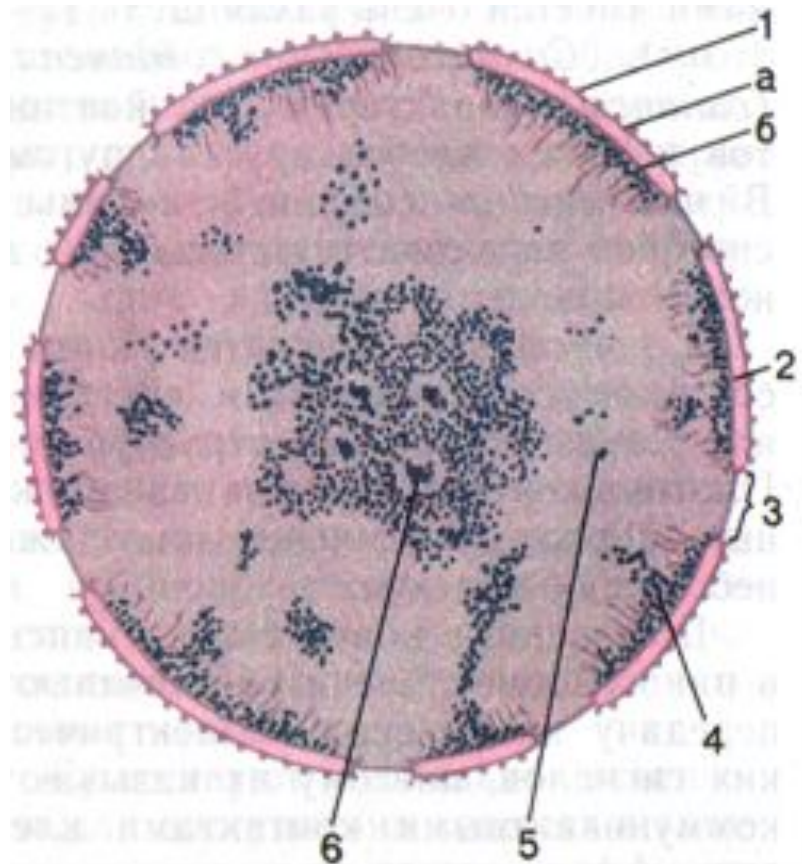
- *Открыто и описано в 1833 г. англичанином Р. Броуном.*

## **Функции ядра:**

1. Хранение и воспроизводство (митоз) наследственного материала;
  2. Реализация генетической информации (транскрипция и процессинг);
  3. Образование субъединиц рибосом;
  4. Регуляция активности клетки.
- В зависимости от фазы жизненного цикла различают два состояния ядра:
    1. интерфазное ядро - имеет ядерную оболочку (кариолемму), отделяющую его от цитоплазмы, кариоплазму (ядерный сок), одно или несколько ядрышек (нуклеосом), хроматин.
    2. ядро при делении клетки - исчезают первые три компонента, только хроматин присутствует в разном состоянии.

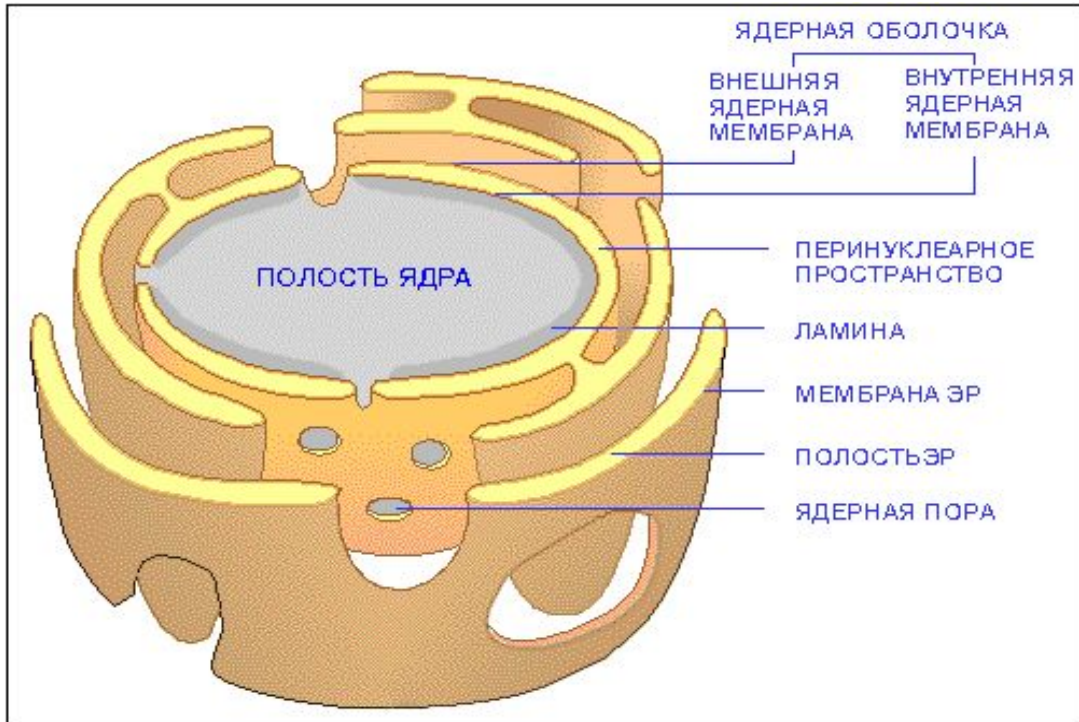


# *Строение ядра интерфазной клетки*



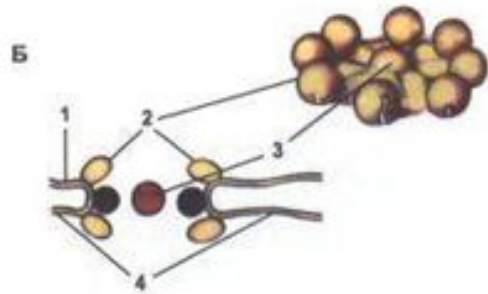
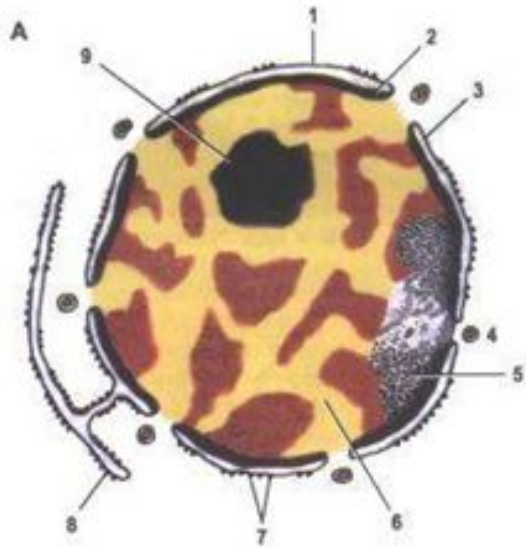
- 1 – ядерная оболочка  
(а – наружная, б – внутренняя  
мембраны)
- 2 – перинуклеарное пространство
- 3 – ядерная пора
- 4 – конденсированный хроматин
- 5 – диффузный хроматин
- 6 – ядрышко

# Ядерная оболочка

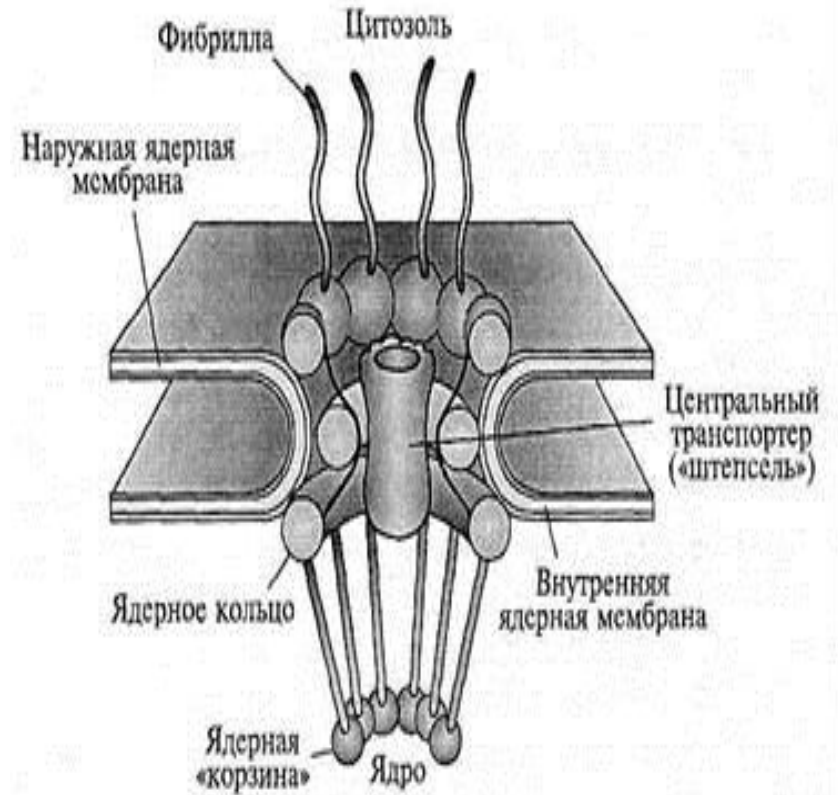


На наружной мембране ядерной оболочки с внешней стороны находятся рибосомы и полисомы. Предполагают, связью ламины и хроматина обеспечивается пространственная упорядоченность расположения хромосом в интерфазном ядре.

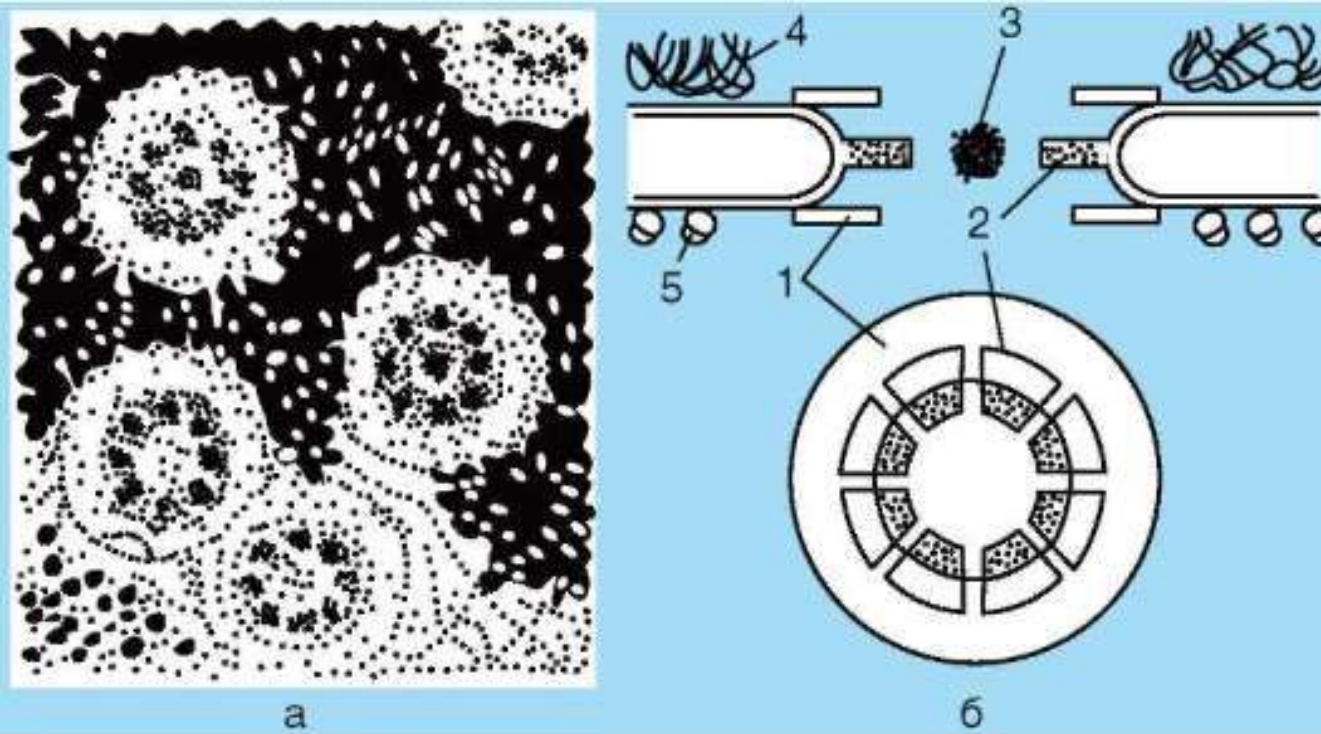
# Ядерные поры



anatomia.ucoz.com



# Поровый комплекс (схема)



а - внешний вид ядерных пор в ядре ооцитов;

б - схема строения ядерной поры:

1 - кольцо;

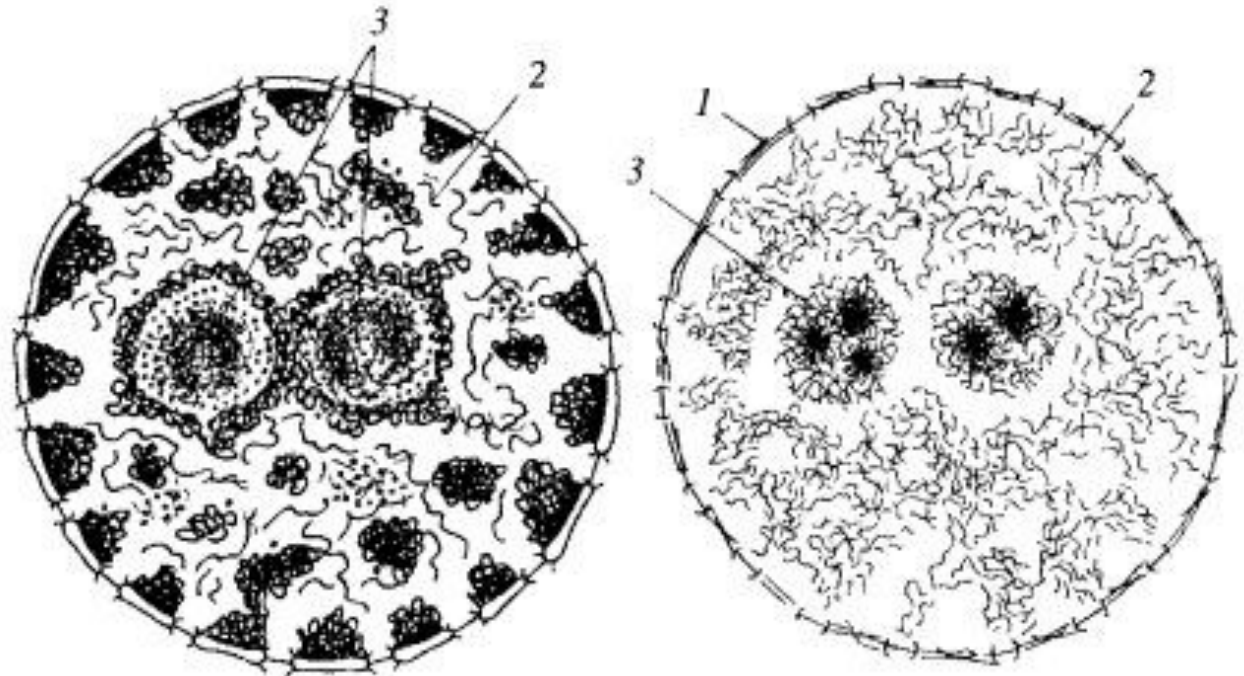
2 - спицы;

3 - центральная гранула;

4 - хроматин;

5 - рибосомы

# Ядерный матрикс



*a* — схема строения ядер до экстракции;

*б* — после экстракции;

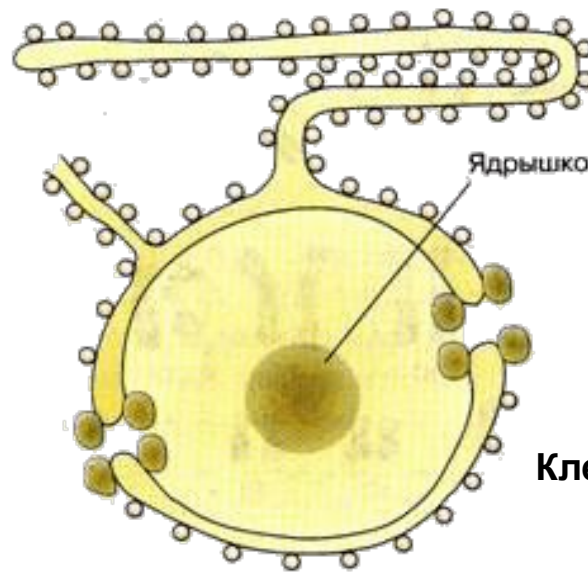
1 — примембранный белковый слой (ламина) и поровые комплексы;

2 — межхроматиновая белковая сеть матрикса;

3 — белковый матрикс ядрышка

# Ядрышко или ядрышки

- Обязательный компонент ядра, немембранная структура. Содержат кислые белки и РНК. Ядрышки имеют большую плотность, чем ядро. Возникновение ядрышек связано с определенными зонами хромосом, называемыми ядрышковыми организаторами. Число ядрышек определяется числом ядрышковых организаторов. В них содержатся гены р-РНК.

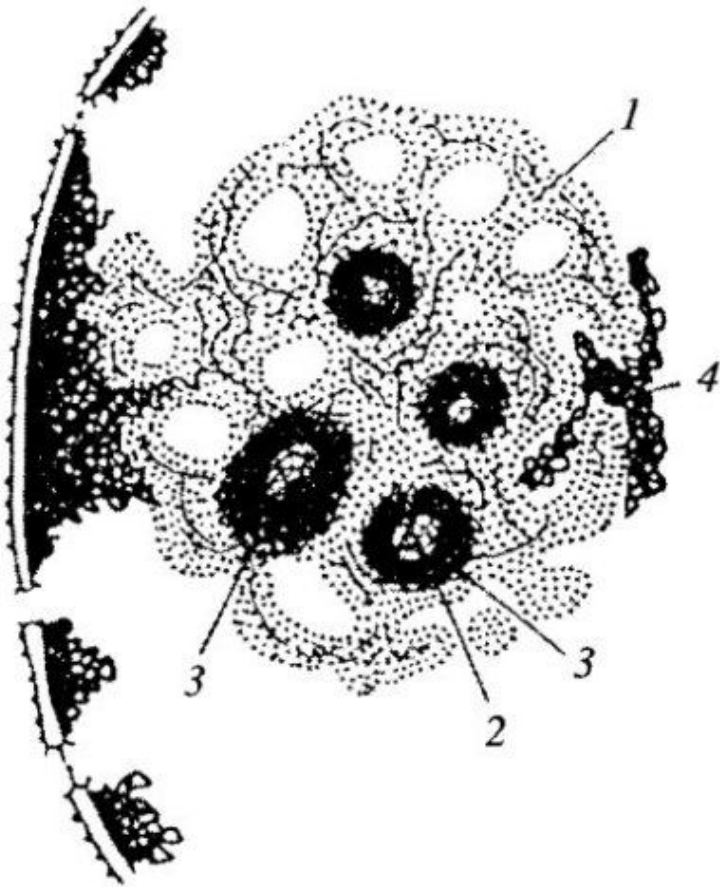


Клеточное ядро и ядрышко

# Ядрышки включают две зоны:

- 1. внутренняя – фибриллярная – представлена комплексами молекул белка и гигантских молекул пре-РНК.
- 2. наружная – гранулярная. В процессе созревания ядрышковые фибриллы преобразуются в гранулы. Эти гранулы, выходя из ядра, формируют субъединицы рибосом.

# *Схема компонентов ядрышка*



- 1 – гранулярный компонент (нуклеолонема);
- 2 — фибриллярные центры;
- 3 — плотный фибриллярный компонент;
- 4 — околоядрышковый хроматин



# Хроматин. Химический состав

## хроматина

- Хроматин (окрашенный материал) – плотное вещество ядра, хорошо окрашиваемое основными красителями.
- Химический состав хроматина: массовые соотношения ДНК : гистоновые или основные белки : негистоновые или кислые белки : РНК : липиды составляют – 1 : 1 : 0,2-0,5 : до 0,15 : до 0,03. В малых количествах присутствуют полисахариды и ионы. Все вместе это дезоксирибонуклеопротеидный комплекс – субстрат наследственности.
- Гистоновые белки представлены 5 фракциями, негистоновые белки - более 100 фракций. Те и другие соединяются с молекулами ДНК, препятствуя считыванию заключенной в ней биологической информации – в этом состоит их регуляторная роль – запрещают или разрешают считывание информации с ДНК. Структурная роль белков заключается в обеспечении пространственной организации ДНК в хромосомы.

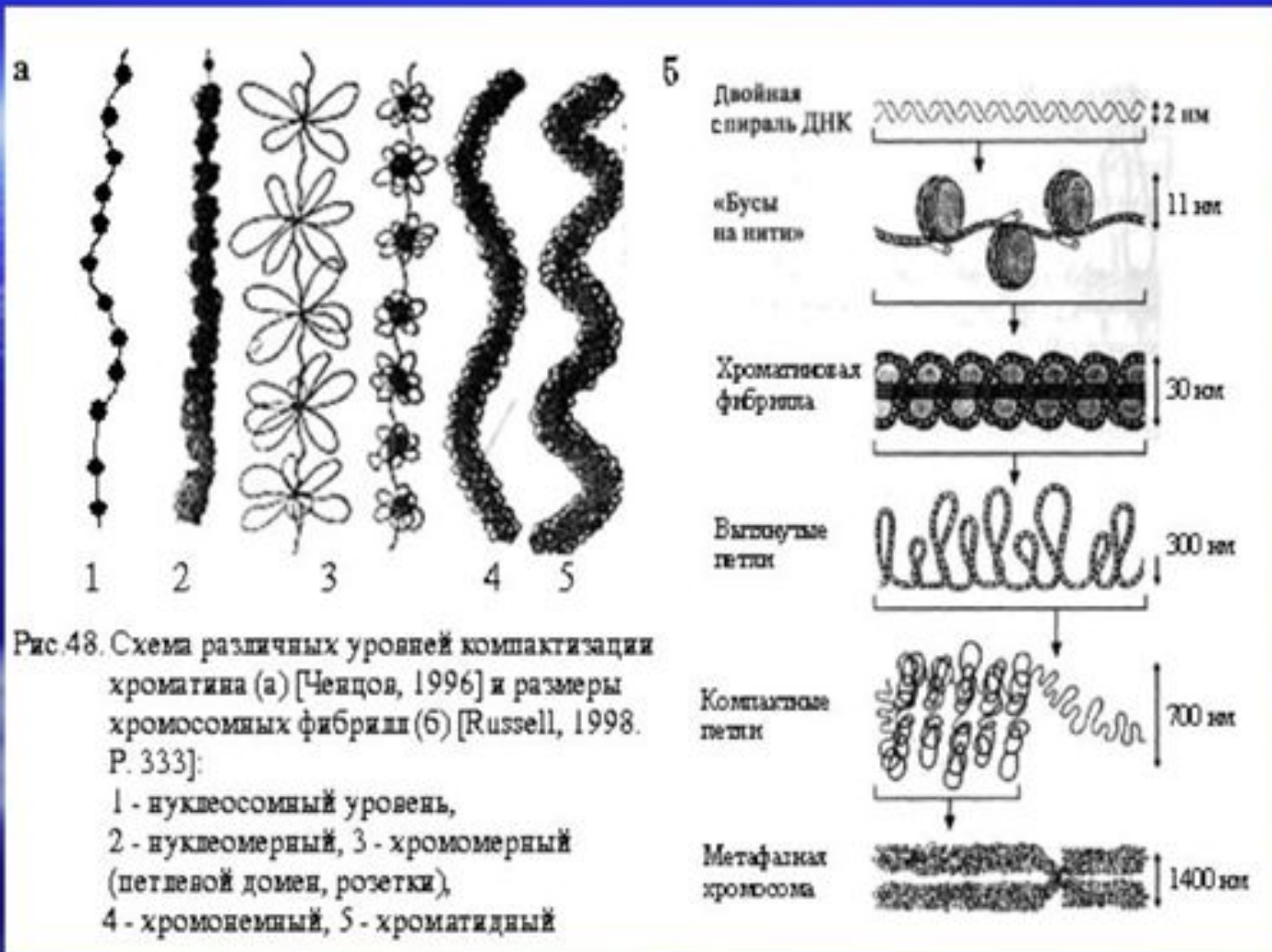
# Структурная организация эукариотической хромосомы

- В разные фазы клеточного цикла хромосома сохраняет структурную целостность, но в разные фазы цикла в микроскоп мы наблюдаем разные картины. Изменения хромосом связаны с процессом компактизации–декомпактизации или конденсации–деконденсации хромосомного материала – хроматина.

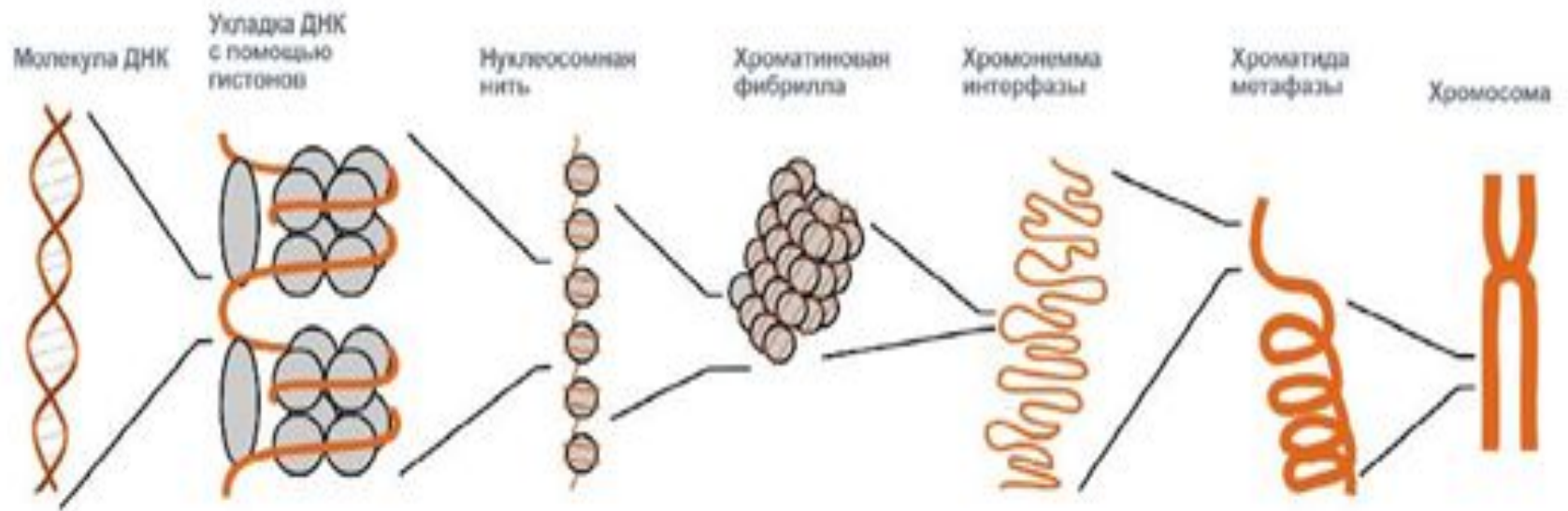
# Уровни компактизации хроматина

- Выделяют несколько уровней компактизации хроматина. Это биспираль ДНК, нуклеосомный – нуклеосомная нить (компактизация 6–7 раз), нуклеомерный – хроматиновая фибрилла (компактизация 40 раз), хромомерный – петли хроматиновой фибриллы (компактизация 1000 раз), хроматидный (компактизация 3500 раз), метафазная хромосома (компактизация 7000 раз).

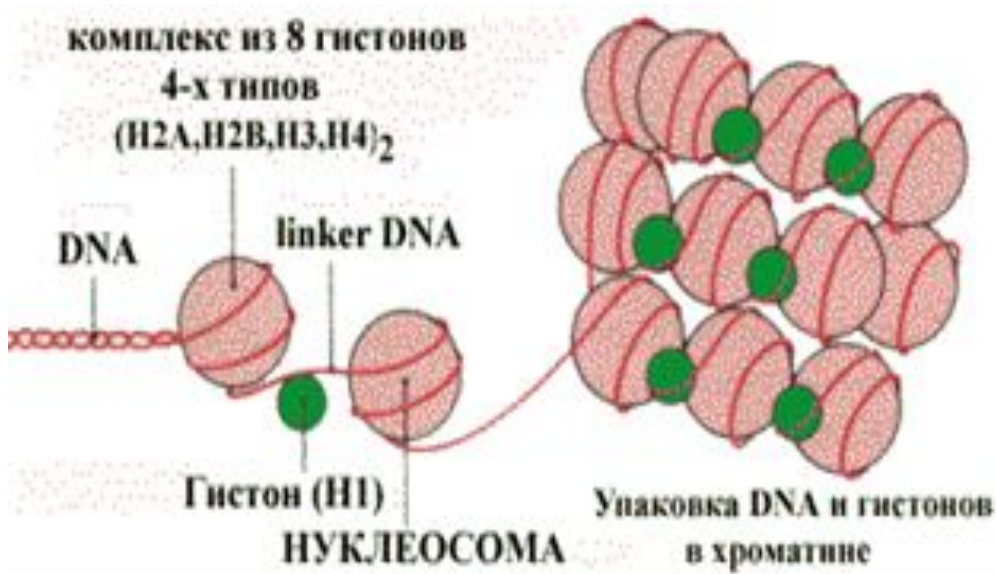
# Уровни компактизации хроматина



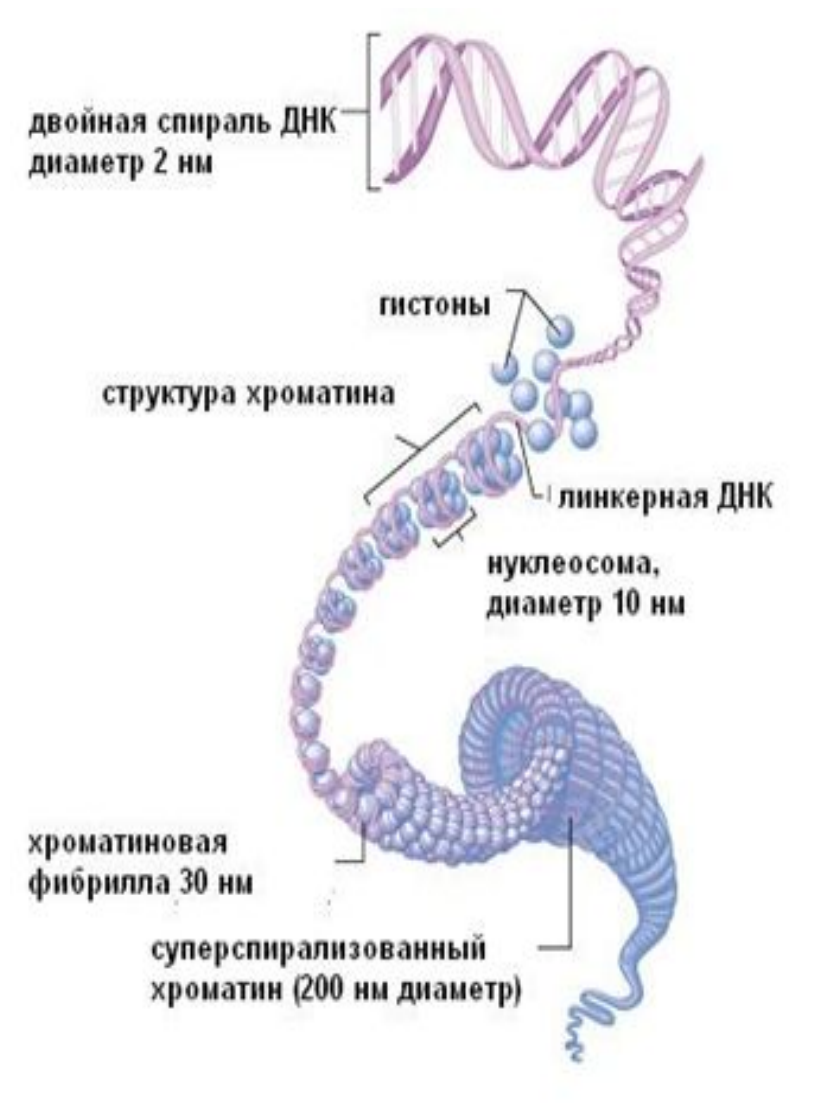
# Уровни компактизации хроматина



# Нуклеосомный уровень



# Компактизация хроматина



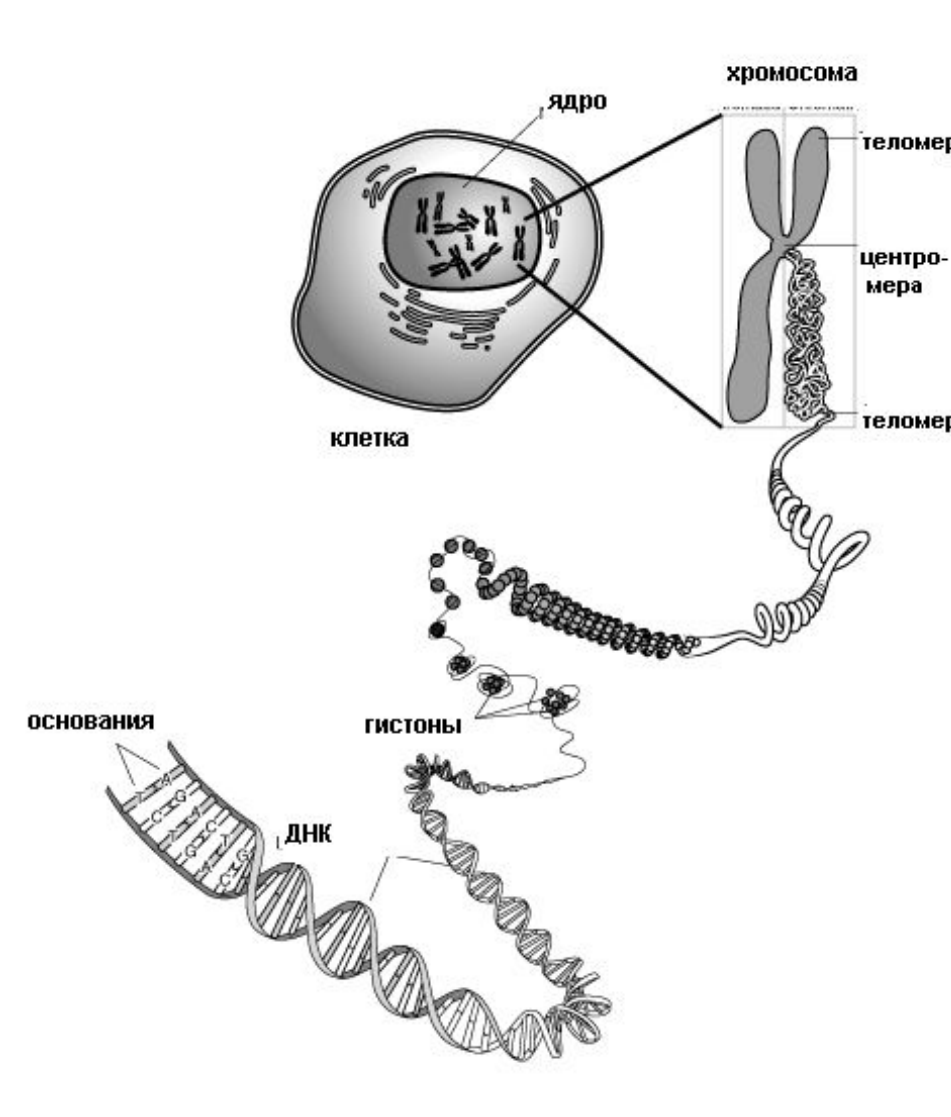
# В зависимости от степени компактизации материал интерфазных хромосом представлен эухроматином и гетерохроматином.

Хроматин – комплекс ДНК и белков (гистонов и негистонов)

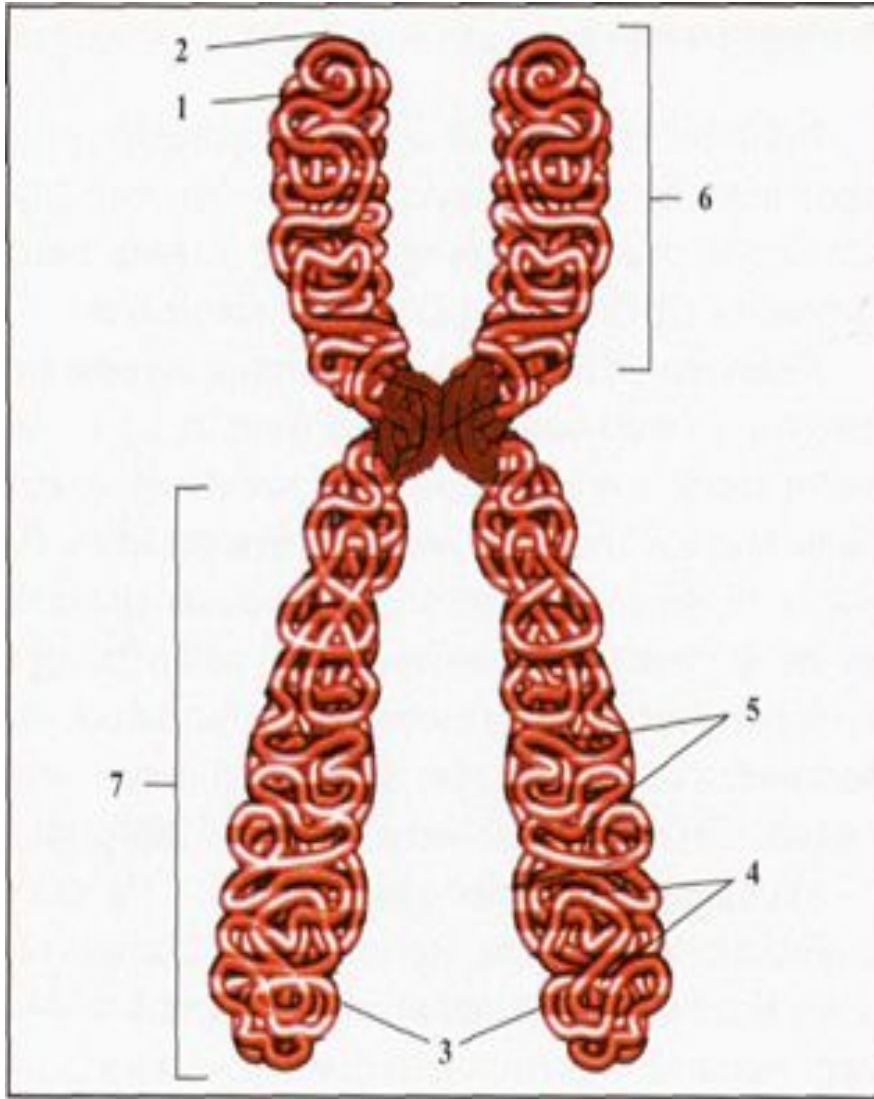




# Компактизация хроматина



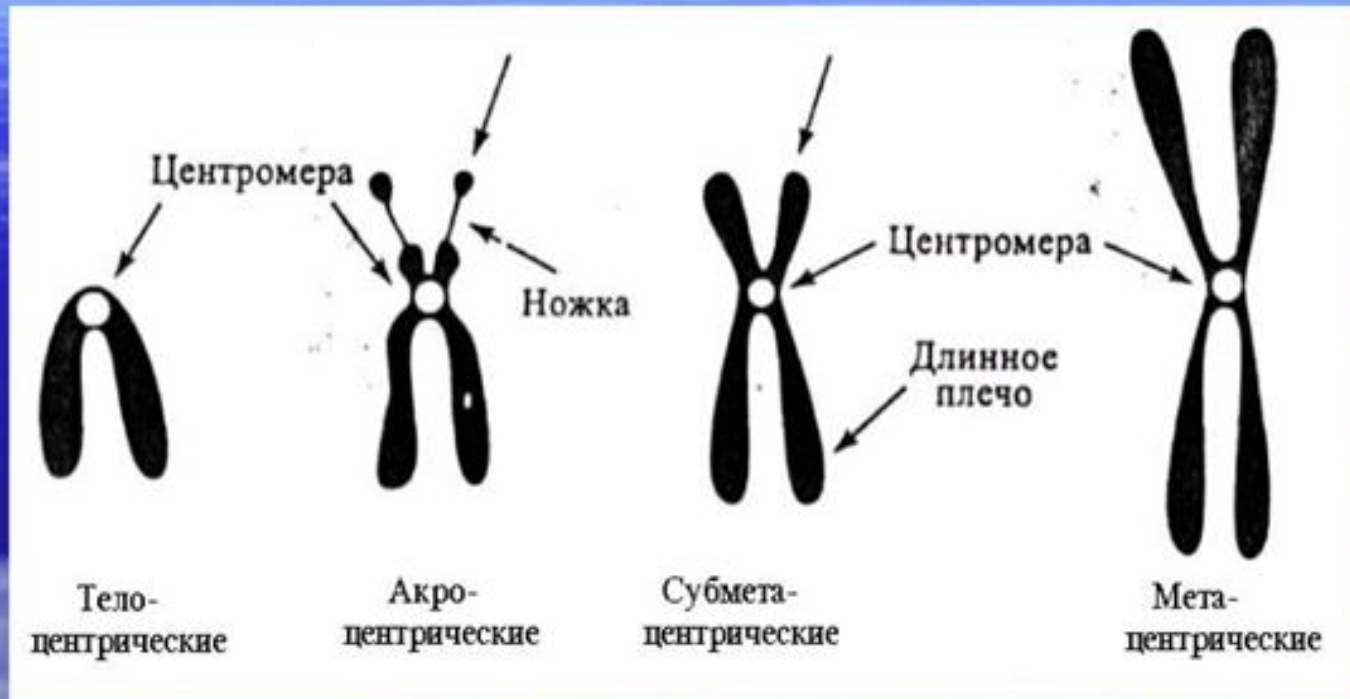
# Строение метафазной хромосомы



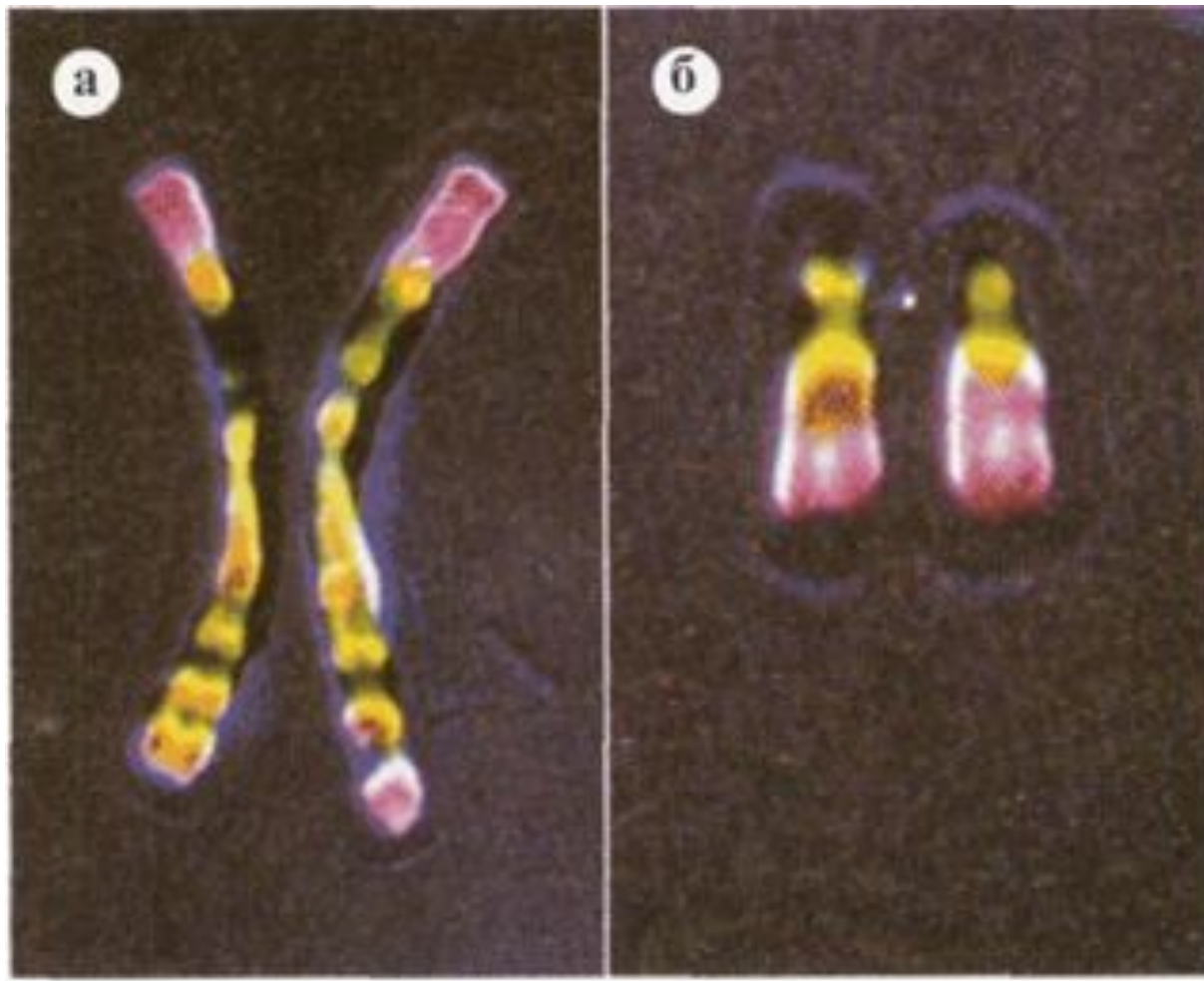
- 1 - центромерный участок хромосомы;
- 2 – теломерный участок;
- 3 - дочерние хроматиды;
- 4 - гетерохроматин;
- 5 - эухроматин;
- 6 - маленькое плечо;
- 7- большое плечо.

# Типы хромосом

Типы метафазных хромосом [МакКьюсик, 1967. С. 25]



# Хромосомы человека



а - пара 1; б - пара 22.

# Кариотип

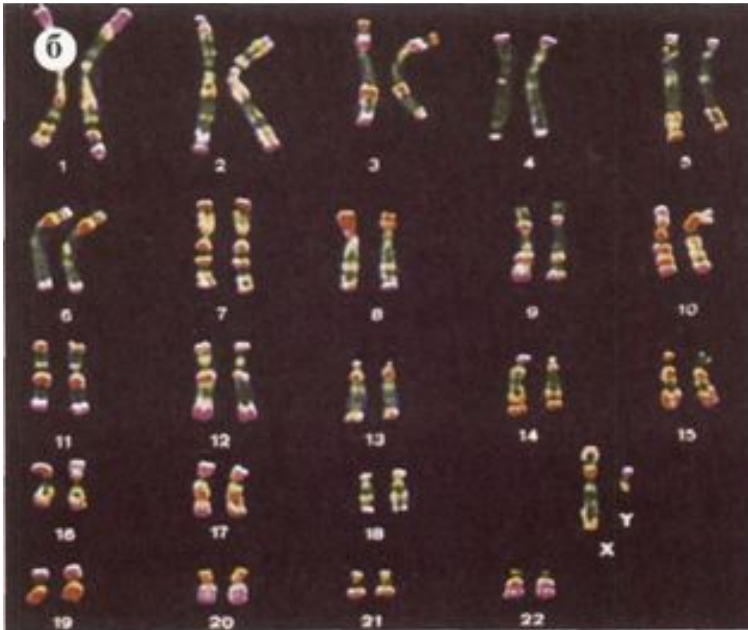
- Совокупность признаков хромосомного набора (число, размер и форма хромосом) называют кариотипом.

- Кариотип человека

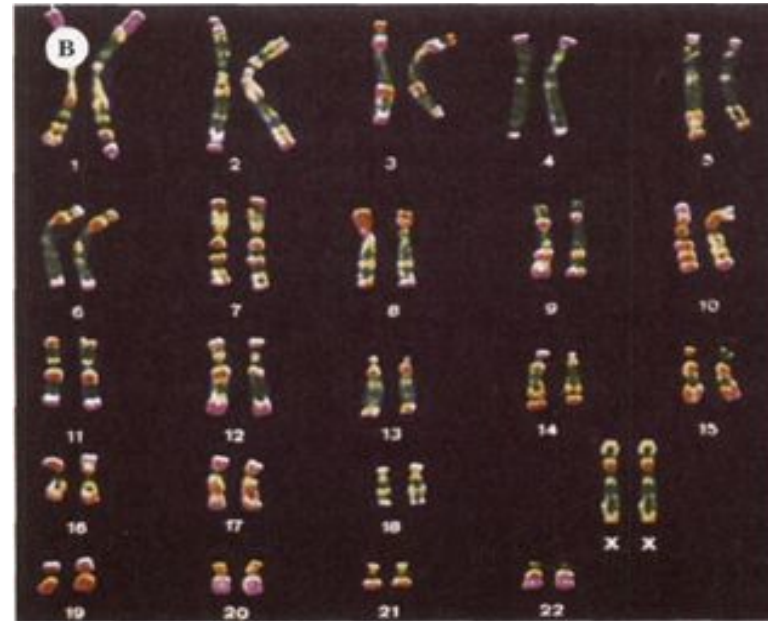
- | Пол       | Соматические клетки | Гаметы        |
|-----------|---------------------|---------------|
| • женский | 44A+XX (45 и 46)    | 22A+X (23)    |
| • мужской | 44A+XY (45X и 46Y)  | 22A+X и 22A+Y |

# Идиограмма

- Систематизированный кариотип. Хромосомы расположены по мере убывания их величины. В кариотипе выделяют хромосомы соматические, или аутосомы и половые хромосомы X и Y;



б - идиограмма мужчины



в — идиограмма женщины

# Правила хромосомных наборов

- 1. Специфичность набора хромосом для каждого вида.
- 2. Парность хромосом. хромосомы составляют пары. Каждая хромосома соматических клеток имеет аналогичную себе хромосому.
- 3. Индивидуальность отдельных паров хромосом.  
Каждый пар гомологичных хромосом индивидуума отличается от другого пара за размером, формой и генетическим составом.
- 4. Непрерывность хромосом. Это означает, что каждая дочерняя хромосома происходит от материнской хромосомы.