

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»



Е.В. Садчикова, И.С. Селезнева

Строение клетки

Учебное электронное текстовое издание

Подготовлено кафедрой «Технология органического синтеза»

Методическое пособие предназначено для самостоятельной подготовки к семинарским занятиям по курсам «Биология с элементами экологии» и «Биохимия» студентами всех форм обучения специальностей 022300 – «Физическая культура и спорт», 022500 – «Адаптивная физическая культура» и 070100 – «Биотехнология». В нем приведены сведения об истории развития цитологии и создании клеточной теории, свойствах и организации живой материи, о структуре и функциях клеточных органелл. Приведен сравнительный анализ различий в строении прокариотических и эукариотических клеток, а также клеток растительного и животного мира. Пособие снабжено иллюстрациями, которые помогают усвоению представленного материала.

© ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2005

Екатеринбург
2005

ВВЕДЕНИЕ

Биология (от греч. *bios* – жизнь, *logos* – наука, учение) – наука о живой природе. Термин ввел в употребление французский естествоиспытатель Жан Батист Ламарк (1744-1829). Одним из разделов биологии является **цитология** (от греч. *citos* – клетка, *logos* – наука, учение) – наука, занимающаяся изучением клетки. Цитология – одна из относительно молодых биологических наук, ее возраст около 100 лет, тогда как возраст термина «клетка» насчитывает свыше 300 лет. Впервые название «клетка» применил физик Роберт Гук (1635-1703) в 1665 году. Рассматривая тонкий срез коры пробкового дерева с помощью микроскопа, Гук увидел, что пробка состоит из ячеек – клеток. Ученые полагают, что первые клетки на Земле появились приблизительно 3,5 млрд. лет назад в результате спонтанного объединения молекул белков, нуклеиновых кислот и некоторых других веществ, формирования вокруг этих молекул оболочки.

Таким образом, **предмет цитологии** – клетки многоклеточных животных и растений, а также одноклеточных организмов, к числу которых относятся бактерии, простейшие и одноклеточные водоросли. Цитология изучает строение и химический состав клеток, функции внутриклеточных структур, функции клеток в организме животных и растений, размножение и развитие клеток, приспособление клеток к условиям окружающей среды. В становление и развитие науки цитологии большой вклад внесли ученые различных стран мира:

1825 г. – чех Я. Пурканье (1787-1869) описал внутреннее содержимое клетки, назвав его протоплазмой (от греч. *protos* – первый, *plasma* – образование);

1831 г. – англичанин Р. Броун (1773-1858) обнаружил ядро клетки;

1838 г. – немецкий ботаник М. Шлейден (1804-1881) установил, что ткани растений состоят из клеток;

1839 г. – немецкий зоолог Т. Шванн (1810-1882) показал, что органы и ткани животных состоят из клеток;

1839 г. – М. Шлейден и Т. Шванн, опираясь на результаты собственных исследований и обобщая данные других ученых, сформулировали положения **клеточной теории**. Они постулировали следующее:

1. Клетка является основной единицей строения живых организмов.
2. Животные и растительные клетки сходны по своему строению.
3. Животные и растения представляют собой скопления клеток, расположенных в определенном порядке.

Эти положения явились важнейшими доказательствами единства происхождения всех живых организмов, всего органического мира. В науку было внесено общепринятое в настоящее время понимание клетки как самостоя-

тельной единицы жизни, наименьшей единицы живого – вне клетки нет жизни;

1855 г. – Р. Вирхов (1821-1902) продолжил развивать клеточную теорию и сформулировал очень важное положение «*cellule e cellula*» («каждая клетка из клетки»), означающее, что клетка может возникнуть лишь из предсуществующей клетки и что других путей появления клеток не существует. Кроме того, размножение клеток лежит в основе роста животных и растений;

1879-1883 гг. – В. Флеминг (1844-1905) и В. Рут (1850-1924) открыли хромосомы и описали деление клеток путем митоза;

1903 г. – Р. Гертвиг (1850-1937) сформулировал закон постоянства ядерно-плазменного отношения;

1905 г. – Дж. Фармер и Дж. Мур вводят в научную литературу термин мейоз, что способствовало лучшему пониманию деления и развития клеток.

Использование фазово-контрастной и электронной микроскопии, а также метода меченых атомов позволили в 50-е годы XX века получить электронно-микроскопические изображения почти всех структур клетки.

Современный этап в развитии клеточной теории характеризуется дальнейшим обоснованием ее положений на основе результатов, полученных при изучении тонкого строения клеток, синтеза нуклеиновых кислот и белков, а также регуляции активности генов. Изучение химической организации клетки показало, что именно химические процессы лежат в основе её жизни, что клетки всех организмов сходны по химическому составу, у них однотипно протекают основные процессы обмена веществ. Данные о сходстве химического состава клеток еще раз подтвердили единство всего органического мира.

Таким образом, **современная клеточная теория** включает следующие положения:

- **клетка** – основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого, то есть *все живые организмы (кроме вирусов) состоят из клеток и продуктов их жизнедеятельности*;
- *клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ*;
- *размножение клеток происходит путем их деления*, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- в сложных многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани; из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены нервным и гуморальным системам

регуляции. Иными словами, *активность всего организма складывается из активности и взаимодействия отдельных клеток.*

Всё живое имеет признаки, которые отличают его от неживого. Хотя для неживой материи также характерен ряд признаков, например рост (рост кристаллов), движение (движение планет) и др. Поэтому при характеристике живой материи следует учитывать *совокупность свойств и общих признаков*, к которым относятся такие как:

- единство химического состава (~98 % это кислород, углерод, водород, азот);
- клеточное строение;
- метаболизм (обмен веществ и энергии – питание, дыхание, выделение),
- наследственность и изменчивость;
- размножение (саморепродукция), старость, смерть;
- рост и развитие;
- раздражимость;
- саморегуляция и самовосстановление (регенерация);
- целостность и дискретность;
- движение, ритмичность.

Клетка является наименьшей структурно-функциональной единицей, которая обладает свойствами живой системы и осуществляет обмен веществ (*метаболизм*), энергии и информации с окружающей средой.

Метаболизм (греч. *metabole* – перемена, превращение) – совокупность процессов ассимиляции (усвоение питательных веществ и построение из них веществ организма – *анаболизм*) и диссимиляции (*катаболизм*) – расщепление сложных веществ, до более простых (обмен веществ и выведение из организма конечных продуктов). В более узком смысле метаболизм – промежуточный обмен, т. е. превращение определенных веществ внутри клеток с момента их поступления до образования конечных продуктов (например, метаболизм белков, глюкозы, лекарственных препаратов).

Анаболизм (от греч. *anabole* – подъем) (ассимиляция) – совокупность химических процессов в живом организме, направленных на образование и обновление структурных частей клеток и тканей. Составляет противоположную катаболизму сторону обмена веществ и заключается в синтезе сложных молекул из более простых с накоплением энергии. Наиболее важный процесс анаболизма, имеющий планетарное значение, – фотосинтез.

Катаболизм (от греч. *katabole* – сбрасывание, разрушение) (диссимиляция) – совокупность протекающих в живом организме ферментативных реакций расщепления сложных органических веществ, которые сопровождаются освобождением энергии, заключенной в химических связях крупных органических молекул, и запасанием ее в форме богатых энергией фосфатных связей аденозинтрифосфата (АТФ). Катабо-

лические процессы – дыхание, гликолиз, брожение. Основные конечные продукты катаболизма – H_2O , CO_2 , NH_3 , мочевины, мочевая и молочная кислоты.

Изучение клеток разнообразных одноклеточных и многоклеточных организмов с помощью светооптического и электронного микроскопов показало, что по своему строению они разделяются на *две группы*. Одну группу составляют бактерии и сине-зеленые водоросли. Эти организмы имеют наиболее простое строение клеток. Их называют *доядерными (прокариотами)*, так как у них нет оформленного ядра и нет многих структур, которые называют органоидами. Другую группу составляют все остальные организмы: от одноклеточных простейших до высших цветковых растений, грибов, млекопитающих, в том числе и человека. Они имеют сложно устроенные клетки, которые называют *ядерными (эукариотическими)*. Эти клетки имеют ядро и органоиды, выполняющие специфические функции.

Органический Мир отличается чрезвычайным разнообразием форм. По уровню организации все живые системы подразделяются на две группы: доклеточные (вирусы и фаги) и клеточные (прокариоты, эукариоты). На сегодняшний день изучено более 3000 видов вирусов, около 4 000 видов прокариот и свыше 2 млн. видов эукариот. Рассмотрим особенности строения всех форм жизни на Земле.

1. ДОКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИВОГО

Вирусы – доклеточные формы живого – были открыты Д.И. Ивановским в 1892 году и характеризуются следующими общими морфологическими свойствами:

- форма шаровидная, палочковидная, нитевидная, кубическая, многогранная;
- размеры колеблются от 1,5 до 10 нм. Крупные вирусы (возбудители оспы) приближаются по размеру к небольшим бактериям, а самые мелкие (возбудители полиомиелита, энцефалита, ящура) – к крупным белковым молекулам;
- состоят из нуклеиновой кислоты и белковой оболочки. Существуют также сложные вирусы, у которых молекула нуклеиновой кислоты окружена одной или несколькими оболочками различного состава (вирусы гриппа, оспы, парогриппа);
- наследственная информация представлена молекулой РНК или ДНК, которые состоят из одной или двух цепочек и имеют кольцевидную (циклическую) или спиральную форму;
- белковая оболочка (*капсид*) образована уложенными определенным образом однотипными молекулами белка (*капсомерами*), образующими симметричные геометрические структуры;
- при кубической (шаровидной) симметрии нуклеиновая кислота вируса сложена в клубочек, а капсомеры расположены вокруг нее (вирус полиомиелита, ящура,

аденовирус); при спиральной (палочковидной) симметрии каждый виток спирали нуклеиновой кислоты покрыт *капсомерами*, тесно прилегающими друг другу;

- каждый вид вируса может жить только в определенной клетке (видоспецифичность); существуют вирусы бактерий, растений, животных и человека.
- вирусы сохраняются в 2-х состояниях:
 - *активное* – внутри клетки-хозяина;
 - *пассивное* – вне клетки (каждый вид вируса образует кристаллы характерной формы и размера);
- жизненный цикл вируса состоит из последовательных фаз:
 - адсорбция на поверхности определенной клетки-хозяина (в зависимости от наличия рецептора);
 - фиксация и проникновение внутрь клетки;
 - растворение белковой оболочки вируса при помощи ферментативной системы клетки;
 - освобождение нуклеиновой кислоты вируса с последующим встраиванием ее в геном клетки-хозяина. Большинство вирусов содержат молекулу РНК. Фермент вируса – обратная транскриптаза – обеспечивает синтез на молекуле РНК вируса молекулы ДНК хозяина (транскрипция);
 - направление вирусом метаболизма клетки-хозяина на синтез собственных компонентов – нуклеиновой кислоты и капсомеров (репликация, транскрипция и трансляция);
 - сборка вирионов (композиция), часто с участием мембраны клетки-хозяина.

Выход дочерних вирусов из клетки. Сотни и тысячи вирусных частичек могут выделяться одновременно (*энтеровирусы*) или по мере созревания (*вирус герпеса*). До гибели клетки может пройти несколько циклов размножения. Иногда вирусы накапливаются в клетке-хозяине образуя кристаллоподобные скопления.

Описано свыше 3000 видов вирусов, из них 500 видов паразитируют в клетках высших растений, более 1000 видов – в клетках животных и человека.

Вирусы вызывают различные заболевания – *мозаику, скручивание листьев, карликовость* (у растений); *бешенство, желтую лихорадку* (у животных); *оспу, грипп, краснуху, СПИД, гепатит* (у человека) и др.



Почти для каждого вида бактерий выделен бактериальный вирус – **бактериофаг**. Он имеет более сложное строение и состоит из:

- кубической головки, внутри которой расположена молекула ДНК, окруженная капсомерами;
- хвостового отдела, покрытого белковым чехлом, отростки которого служат для фиксации на поверхности бактерии и растворения ее стенки.

Рис. 1. Модель бактериофага

Бактериофаги сохраняют жизнеспособность в течение нескольких поколений бактерий и используются для диагностики и лечения бактериальных заболеваний (*дизентерия, тифы*), а также в генной инженерии (раздел биотехнологии, позволяющий создавать организмы с нужными человеку признаками, ликвидировать наследственные «дефекты» растительных и животных организмов).

2. ПОНЯТИЕ О СТРОЕНИИ И ФУНКЦИЯХ ОРГАНЕЛЛ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

Прокариоты – это *бактерии* и *цианобактерии* (сине-зеленые водоросли). Их тело состоит из одной или группы клеток. Для всех прокариотических клеток, независимо от формы, размеров, функции характерны:

- малые размеры (не более 10 мкм);
- отсутствие оформленного ядра, ограниченного мембраной;
- размещение генетического материала в одной хромосоме в форме циклической молекулы ДНК, не отделенной от цитоплазмы мембраной (ядерной оболочкой), а свободно располагающейся в ядерной области цитоплазмы, называемой **нуклеотидом**;
- наличие коротких, внегеномных двойных цепей ДНК – **плазмид** (длиной до 100000 пар нуклеотидов), которые реплицируются самостоятельно и передаются из клетки в клетку. Могут включаться в **геном** и выходить из его состава.

Плазмиды – короткие кольцевые цепочки молекулы ДНК, не входящие в состав нуклеоида. Они способны самостоятельно удваиваться (репликация), включаться и выходить из состава ДНК клетки, передаваться из клетки в клетку.

ку с участками (фрагментами) ДНК, осуществляя обмен информации и, в том числе и межвидовой. Термин предложен Дж. Ледербергом (1952);

- отсутствие внутренних мембранных органелл (митохондрий, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи), кроме тилакоидов и мезосом – структур, сформированных путем впячивания плазматической мембраны (плазмолеммы);
- локализация на клеточных складках ферментов, выполняющих функции органоидов (синтез углеводов, липидов, фотосинтез);
- наличие мелких рибосом в цитоплазме;
- отсутствие фагоцитоза, пиноцитоза и циклоза при питании.

Эндоцитоз обеспечивает перенос в клетки крупных частиц и молекул образованием пузырьков путем впячивания плазматической мембраны при поглощении твердых частиц (*фагоцитоз*) или растворенных веществ (*пиноцитоз*). Путем эндоцитоза осуществляется питание клеток, защитные и иммунные реакции и т.д.

Фагоцитоз (от греч. *phagos* – пожирающий, *cytos* – клетка) – активный захват и поглощение живых клеток или твердых частичек одноклеточными (простейшие) или специализированными клетками (лейкоциты) многоклеточных организмов. Процесс осуществляется путем выпячиваний клеточной мембраны и образованием пузырьков, сливающихся затем с плазматической мембраной и открывающихся внутрь клетки. Вошедшие внутрь клеток частицы поступают в лизосомы, где с помощью клеточных (лизосомных) ферментов разрушаются и усваиваются затем клетками.

Пиноцитоз (от греч. *pino* – пить, *cytos* – клетка) – процесс поглощения жидкостей и растворенных в них высокомолекулярных веществ (белков, липидов, углеводов) путем выпячиваний плазматической мембраны (ложноножек) и образования пузырьков (канальцев), куда поступает жидкость. Канальцы после заполнения жидкостью отшнуровываются, поступают в цитоплазму и доходят до лизосом, где их стенки перевариваются, в результате чего содержимое (жидкость) канальцев освобождается и подвергается дальнейшей обработке лизосомными ферментами.

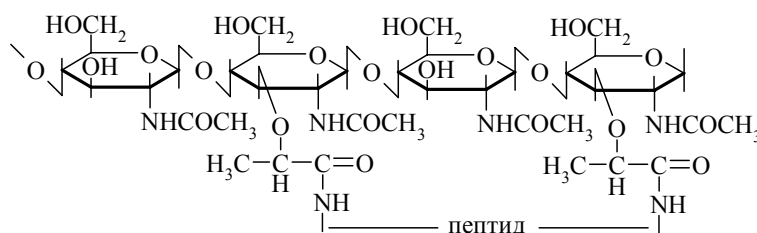
Экзоцитоз – процесс секретирования клетками различных веществ (противоположен эндоцитозу); с его помощью из клетки также удаляются частицы, оказавшиеся непереваженными путем фагоцитоза.

Циклоз – постоянное, круговое движение цитоплазмы клетки, происходящее без её внешней деформации;

- размножение путем простого деления надвое или почкованием, иногда встречается половой процесс (*конъюгация*); отсутствие митоза и мейоза;

- наличие жесткой защитной оболочки – клеточной стенки из муреина, под которой находится цитоплазматическая мембрана, и часто слизистой оболочки.

Муреин – структурный гетерополисахарид, придающий прочность клеточной стенке бактериальной клетки. В муреине чередуются остатки двух моносахаридов, связанных в положении $\beta(1 \rightarrow 4)$: *N*-ацетилглюкозамина и *N*-ацетилмурамовой кислоты. Последняя является простым эфиром молочной кислоты и *N*-ацетилглюкозамина. В клеточной стенке карбоксильная группа молочной кислоты связана амидной связью с пептидом, соединяющим отдельные цепи муреина в трехмерную сетчатую структуру;



- наличие рибосом и включений (гликоген, липиды и др.).

Бактерии – доядерные формы клеточных организмов (*прокариоты*). Открыты в XVII в. А. Левенгуком. Древнейшие останки бактерий были обнаружены в слоях почвы с возрастом 3 млн. лет. Живут во всех средах обитания, включая экстремальные (в нефтяных пластах на глубине до 1000 м, на дне океанов до 10000 м, в концентрированных растворах солей и кипящих гейзерах).

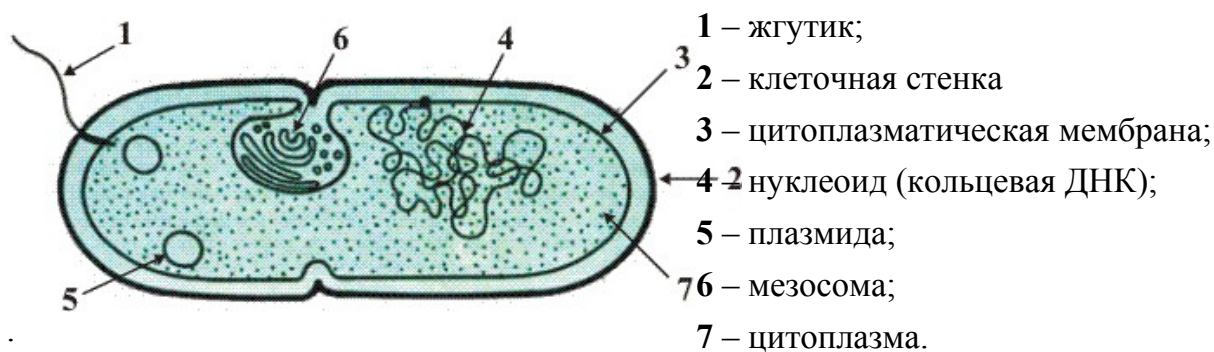


Рис. 2. Модель бактериальной клетки, созданная на основе электронной микроскопии

- форма шаровидная (*кокки*), палочковидная (*бациллы*), изогнутая (*вибрионы*), винтообразнозакрученная (*спириллы*);
- размер не превышает 10 мкм;
- клеточная стенка прокариот слоистая толщиной 10-40 нм, помимо плазмолеммы в ее состав входит **муреин** (муреиновый мешок – механически прочный элемент

клеточной стенки). Часто бактериальная клетка окружена толстым слоем слизи (капсула) из полисахаридов, полипептидов, липополисахаридов;

- под клеточной оболочкой находится цитоплазматическая мембрана, тесно прилегающая к цитоплазме;
- ДНК сосредоточена в одной хромосоме, которая имеет форму кольца и расположена в центре клетки;
- некоторые кокки и бациллы имеют органоиды движения – реснички, жгутики;
- дыхание всей поверхностью тела – **аэробное** и/или **анаэробное**.

Аэробы – организмы для нормальной жизнедеятельности, которых необходим свободный кислород. Энергию для жизнедеятельности получают в результате окислительных процессов с участием атмосферного кислорода; аэробы – почти все животные и растения, многие микроорганизмы.

Анаэробы – (ан – без, аэр – воздух) – организмы, способные жить без доступа свободного кислорода. Энергию для жизнедеятельности получают, окисляя органические, реже неорганические вещества без участия свободного кислорода или используя энергию света (например, пурпурные бактерии);

- большинство бактерий **гетеротрофы**, питающиеся как сапрофиты, паразиты, симбионты. **Автотрофные** бактерии способны к **хемосинтезу** (железобактерии, нитрофицирующие бактерии) или примитивному **фотосинтезу** (пурпурные, зеленые бактерии).

Гетеротроф (от гетеро... и греч. *trophe* - пища) – организм, нуждающийся в энергии и углероде (не способный к синтезу органических веществ). Используют для своего питания готовые органические вещества. К гетеротрофам относятся человек, все животные, некоторые растения, большинство бактерий (разлагают трупы и выделения животных, растительные остатки), грибы.

Паразиты – организмы, использующие другую особь как источник питания (органические вещества) и среду обитания и наносящие ему вред.

Сапрофиты – (от греч. *sapros* - гнилой и *phyton* - растение), растения, грибы и бактерии, питающиеся органическим веществом отмерших организмов.

Симбиоз – сожительство организмов различных видов, из которого оба извлекают выгоду.

Автотроф (от авто... и греч. *trophe* - пища, питание) – организм, синтезирующий из неорганических веществ (главным образом воды, диоксида углерода (IV), неорганических соединений азота) все необходимые для жизни органические вещества, используя энергию фотосинтеза (все зеленые растения – фототрофы) или хемосинтеза (некоторые бактерии – хемотротрофы). Автотрофы являются ос-

новными продуцентами органического вещества в биосфере, обеспечивают существование всех других организмов;

- в неблагоприятных условиях образуют *цисты*, при этом теряют до 60 % воды, а остальная переходит в связанное, неактивное состояние, покрываются толстой, защитной оболочкой;
- Размножаются бесполым способом – деление (в благоприятных условиях каждые 20-25 мин) и иногда половым способом (**конъюгация**).

Конъюгация бактерий – половой процесс обмена генетической информацией у бактерий. Клетка, дающая ДНК (*донор*) присоединяется к клетке принимающей ДНК (*акцептор*) при помощи трубочки, состоящей из белка - *пилина*. При воздействии полового F-фактора *клетка-акцептор* может преобразоваться в *клетку-донора*. В результате *конъюгации* старая и новая молекулы ДНК образуют комплекс, состоящий из двух молекул ДНК, соединенных *гомологичными участками*. Обычно *гаплоидная, однохроматидная* клетка становится *диплоидной*. Происходит процесс схожий с кроссинговером *эукариотических* клеток. Хромосомы обмениваются *генами* или группой генов. При делении клетки хромосомы расходятся в разные дочерние клетки, и бактериальные клетки вновь становятся *гаплоидными*. Конъюгация обеспечивает генетическое разнообразие бактерий и обеспечивает их приспособление к внешней среде.

Подобно бактериям, **сине-зеленые водоросли** не имеют оформленного ядра, и ДНК их располагается непосредственно в цитоплазме, в самом центре клетки. Они не имеют также хлоропластов, и мембраны, с заключенным в них хлорофиллом, находятся прямо в цитоплазме. Оболочки клеток этих организмов обладают значительной прочностью и состоят из углеводов. Размножаются делением клетки пополам.

3. ПОНЯТИЕ О СТРОЕНИИ И ФУНКЦИЯХ ОРГАНЕЛЛ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

Все живые организмы, кроме вирусов, бактерий и сине-зеленых водорослей, являются эукариотами (растения, грибы, животные).

Эукариоты – ядерные клеточные формы живого. Древнейшие останки эукариот найдены в породах возрастом 1,4-2 млрд. лет. Эукариотическая клетка может быть самостоятельным одноклеточным организмом или частью многоклеточного организма, формируя различные ткани. Учитывая это, среди эукариот выделяют три класса:

1. Одноклеточные эукариоты (*протисты*):

- тело состоит из одной клетки;
- обладают одновременно всеми свойствами живой системы и клетки;
- обитают в воде, в почве, организме растений, животных, человека (симбионты, паразиты);
- питание автотрофное (фототрофы), гетеротрофное (паразиты, сапрофиты), миксотрофное;
- размножение бесполом (деление, почкование) и половым (конъюгация, копуляция) способами;
- в неблагоприятных условиях образуют цисты (инцистирование обеспечивает сохранение и распространение в природе).

2. Колониальные эукариоты:

- колонии возникают путем клеточного деления;
- в высокоорганизованных колониях, например у шаровидной водоросли вольвокс, имеет место разделение функций (вегетативные клетки, образующие стенку, обеспечивают питание, синхронное передвижение, а генеративные служат для размножения);
- наружные одинаковые вегетативные клетки соединяются между собой цитоплазматическими мостиками (плазмодесмы), образуя морфологическое и функциональное единство;
- каждая клетка, входящая в состав колонии, способна жить самостоятельно.

3. Многоклеточные эукариоты:

Многоклеточные организмы по уровню развития подразделяются на:

- группы без истинных тканей (*талломные* растения, грибы, губки);
- группы с истинными тканями (высшие растения, животные).

В развитии многоклеточных форм растений и животных наблюдается все большая специализация и разделение тела на ткани, органы, системы, их усовершенствование (повышение степени *дискретности*) с одной стороны и совершенствование регулирующих систем с другой (для обеспечения целостности живой системы, ее приспособления к внешней среде).

В зависимости от выполняемых функций эукариотические клетки могут иметь разное строение, размеры. Тело многоклеточных организмов образовано из дифференцированных, высокоспециализированных клеток с оформленным ядром и цитоплазмой, разделенной внутренними мембранами на отдельные части (*органоиды*).

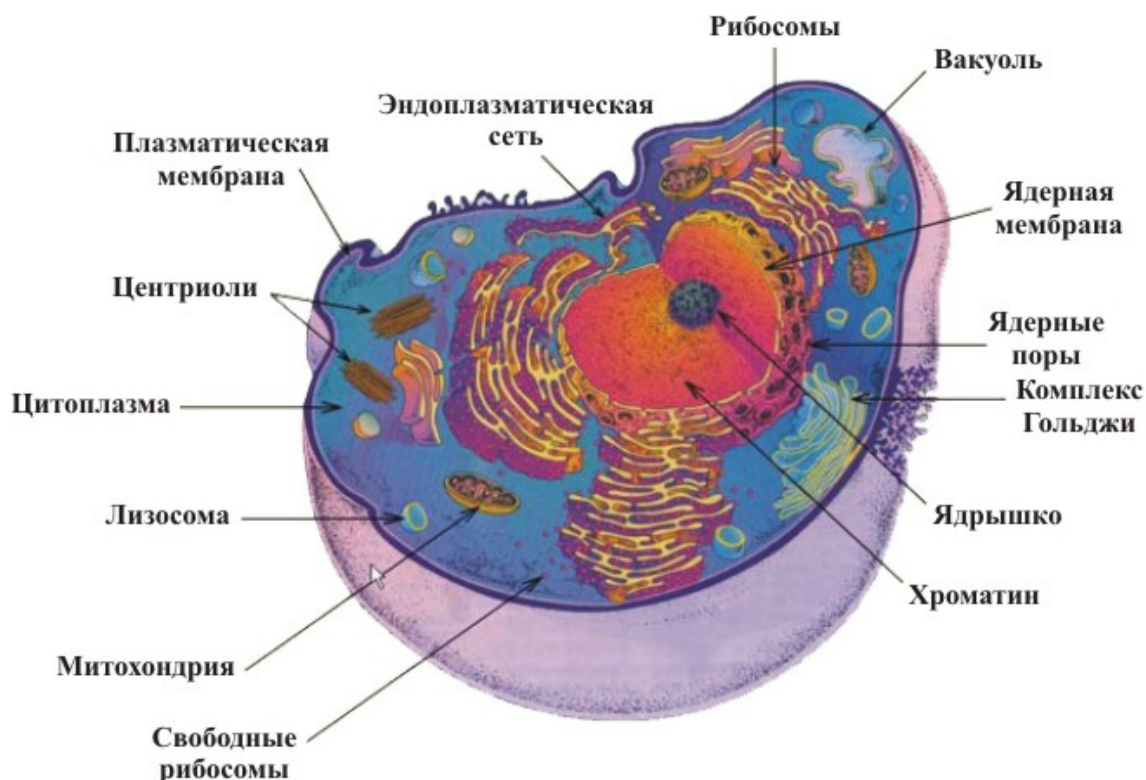


Рис. 3. Схема строения животной клетки

Для всех эукариотических клеток, независимо от формы, размеров и функции, характерны следующие общие черты:

- крупные размеры от 10 до 100 мкм (в 1000 раз больше прокариотической клетки);
- наличие оформленного ядра, окруженного ядерной мембраной;
- сосредоточение генетического материала преимущественно в хромосомах (в ядре), имеющих сложное строение; таким образом, генетический материал (ДНК) отделен от цитоплазмы двойной ядерной мембраной;
- изобилие и сложность внутренних мембран, делящих клетку на дискретные функциональные части – органоиды. Наличие большого количества различных органелл мембранного и немембранного строения;
- деление (размножение) митозом, мейозом, амитозом;
- присутствие различных включений;
- способность к фагоцитозу, пиноцитозу и циклозу.

Рассмотрим подробно строение, свойства и функции всех органелл эукариотических клеток.

3.1. КЛЕТОЧНАЯ ОБОЛОЧКА

Клеточная оболочка всех эукариотических клеток состоит из двух частей:

- надмембранной полисахаридной структуры (*гликокаликс* у животной клетки, *целлюлоза* у растительной);
- цитоплазматической мембраны (*плазмалеммы*), в состав которой входят бислой липидов и белковые молекулы.

Гликокаликс животной клетки имеет толщину 10-20 нм. Углеводы образуют комплексы с мембранными белками (гликопротеиды), реже с липидами (липопротеиды).

Выступающие разветвленные части гликокаликса обеспечивают:

- индивидуальность клетки;
- связь с внешней средой;
- иммунологическую индивидуальность клетки (роль антигенов);
- соединение клеток при образовании тканей.

Клетчатка (целлюлоза) является полисахаридом, который не растворяется в воде, в щелочах, во многих кислотах. Ее расщепляют только некоторые бактерии и грибы.

В процессе жизнедеятельности растения клетчатка может подвергаться химическим изменениям: одревеснению, опробковению и ослизнению. В растениях она выполняет опорную (обеспечивает форму клетки) и защитную функции.

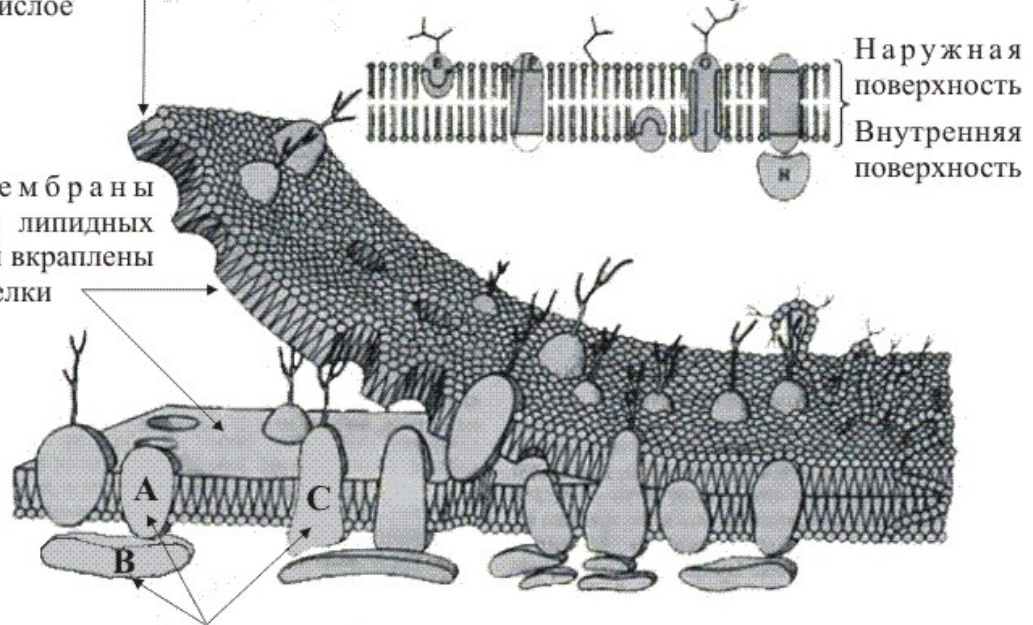
Цитоплазматическая мембрана, или **клеточная мембрана**, или **плазмалемма**, – окружает клетку, отделяя внутреннее содержимое от внешней среды. Помимо этого плазмалемма выполняет еще целый ряд очень важных функций:

- защитная (окружая клетку, защищает ее содержимое от различных физических и химических воздействий);
- рецепторная (способна воспринимать химические и электрические сигналы, поступающие извне клетки);
- транспортная (через нее осуществляется движение различных веществ);
- регуляторная (высокая избирательность поступления веществ в клетку и выход их из клетки связаны со свойством полупроницаемости мембран);
- контактная (за счет мембранных выростов клетки соединяются друг с другом, формируя ткани, органы).

Молекулы мембранных липидов имеют гидрофильные головки и гидрофобные хвосты, поэтому они упорядоченно ориентированы в бислой

Разветвленная олигосахаридная цепь, присоединенная к белку в молекуле гликопротеина

Клеточные мембраны состоят из бислоя липидных молекул, в который вкраплены многочисленные белки



Мембранные белки могут примыкать к бислою (А), погружаться в него (В) или пронизывать его насквозь (С)

Рис. 4. Структура цитоплазматической мембраны

Плазмолемма составляет основную часть клеточной оболочки. Она имеет универсальную постоянную структуру:

- *бислой* липидов (фосфолипиды, гликолипиды, стеролы; их соотношение различно в клетках разных типов). Фосфолипиды – основная масса липидов, состоящая из полярных гидрофильных головок (наружная часть бислоя) и двух неполярных гидрофобных хвостов (внутренняя часть бислоя). Липидная часть обеспечивает дискретность, механическую прочность мембраны. Этот слой относительно непроницаем для большинства водорастворимых молекул;
- *белковый слой*, молекулы которого могут располагаться на поверхности мембраны, частично погружаясь в липидный бислой или пронизывая всю его толщину (гидрофильные поры). Среди тысячи мембранных белков различают структурные и структурные с дополнительными функциями (ферменты, рецепторы, переносчики). Мембранные белки обладают способностью свободно перемещаться в плоскости мембраны, обеспечивая движение веществ через нее. Мембранные транспортные белки есть во всех типах биологических мембран; они могут значительно отличаться друг от друга, обладая определенной специфичностью. Другими словами, движение различных групп веществ (неорганические ионы, аминокислоты, сахара и т.д.) осуществляется разными транспортными мембранными белками;

Транспорт веществ. Клетка, являясь открытой системой, обменивается веществами с окружающей средой. Главная функция плазматической мембраны состоит в регулировании этого обмена:

- некоторые вещества она пропускает (*избирательная проницаемость*);
- другие перекачивает против градиента концентрации.

Это ограничивает потерю веществ или обуславливает поступление в нее необходимых.

Существуют следующие виды транспорта:

- ***непосредственный*** – без специальных переносчиков;
- ***опосредованный*** – со специальными переносчиками;
- ***с изменением конформации мембраны.***

Независимо от вида транспорт может осуществляться без затраты энергии (*пассивный*) и с затратой энергии (*активный*).

Непосредственный транспорт (физическая диффузия) – транспорт веществ без затраты энергии (пассивный) через поры (белоксодержащие участки мембраны) или липидную фазу. Перемещение растворенных веществ из области высокой концентрации в область более низкой происходит до выравнивания концентраций веществ с обеих сторон. Скорость диффузии зависит от величины молекул и относительной растворимости в липидах. Чем мельче молекула, тем она лучше растворяется в липидах, тем легче протекает ее диффузия (быстро перемещаются неполярные частицы, небольшие молекулы, вода, мочевины, этанол; медленно – аминокислоты, глицерин, глюкоза, жирные кислоты).

Опосредованный транспорт может быть пассивным (за счет кинетической энергии самих частиц) и активным (за счет метаболической энергии АТФ). Опосредованный пассивный транспорт протекает в виде облегченной диффузии и обменной диффузии.

Облегченная диффузия – протекает в одном направлении (по градиенту концентрации) из области с более высокой концентрацией в область с более низкой. Перенос заряженных молекул (ионов) независимо от их размера (сахара, аминокислоты, нуклеотиды) осуществляется при помощи специальных белков-переносчиков. Соединяясь с молекулой или ионом, переносчики образуют комплекс, транспортируя его в клетку. Впоследствии комплекс распадается, а транспортируемое вещество освобождается. Скорость облегченной диффузии определяется числом функционирующих в мембране переносчиков и зависит от скорости образования и распада комплекса (переносчик – транспортируемое вещество). Процесс облегченной диффузии не требует затраты энергии.

Обменная диффузия – при этом процессе транспорт через мембрану одного вещества связан с переносом в противоположном направлении другого вещества. Переносчики, участвующие в обменной диффузии, обладают двумя различными центрами для связывания одного вещества на внешней стороне мембраны и другого – на внутренней. Процесс идет без затраты энергии и обеспечивает только равновесный обмен независимо от концентрационных градиентов транспортируемых веществ.

Опосредованный активный транспорт может быть в виде сопряженного и несопряженного.

Сопряженный транспорт – переносчики транспортируют два различных вещества, либо в одном, либо в противоположных направлениях

Несопряженный транспорт – перенос вещества осуществляется в одном направлении против градиента концентрации.

Транспорт с изменением конформации мембраны (активный) протекает в виде эндо- и экзоцитоза.

3.2. ЦИТОПЛАЗМА

Цитоплазма – основная по массе часть клетки. Она представляет собой соединение коллоидных растворов белков и других органических веществ с истинными растворами различных солей, объединяет все компоненты клетки в единую систему и обеспечивает целостность клетки. Основное вещество цитоплазмы, в которое погружены различные клеточные структуры, – цитозоль.

В цитоплазме различают:

1. **Цитоплазматический матрикс (гиалоплазма)** – жидкое содержимое клетки. С ним связаны коллоидные свойства, обеспечивающие такие процессы, как:
 - превращение золь-гель (в зависимости от функциональной активности клетки, а также ионного состава, pH и давления).
Золь – жидкая коллоидная система (может быть гидрофобной или гидрофильной); увеличение вязкости золя может привести к переходу системы в состояние геля. *Гель* – плотная коллоидная система (застывший золь);
 - внутриклеточное циклическое движение цитоплазмы (*циклоз*);
 - *амебовидное движение* – передвижение простейших (саркодовые), некоторых клеток многоклеточных животных и человека (лейкоциты, фагоциты), органоидов (митохондрии, хлоропласты) при помощи временных ложноножек (псевдоподии);

- формирование *ахроматинового веретена* (ахроматин – неокрашивающееся вещество) – аппарат деления клетки, состоящий из *ахроматиновых нитей и центриолей*. Пучки *микротрубочек* определяют полярность клетки. У высших растений и низших грибов центриоли не обнаружены. *Ахроматиновое веретено* отодвигает структурные компоненты клетки к периферии. Эндоплазматическая сеть в отдельных случаях может разрываться при делении клетки;
- *буферные* (способность буферных растворов поддерживать постоянную сбалансированную концентрацию ионов водорода при разбавлении, а также прибавлении кислоты или соли) и *осмотические свойства*.

2. **Клеточные органеллы** (органеллы, имеющие мембранное строение, и немембранные органеллы) – постоянные, обязательные структуры клетки, обладающие определенным химическим составом, строением и выполняющие строго специфические функции.

Органоиды обеспечивают одновременное протекание различных реакций при участии ферментов, большинство из которых локализованы на мембранах.

Органоиды, характерные для всех или большинства клеток называются общими, а для некоторых – специальными.

Органоиды по наличию мембран подразделяются на:

- *двумембранные* (ядро, митохондрии, хлоропласты);
- *одномембранные* (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли);
- *немембранные* (рибосомы, центросома, микрофибриллы, микротрубочки).

3. **Клеточные включения** – непостоянные структуры различной химической природы (белки, углеводы, соли и т.д.), которые могут возникать на определенных стадиях жизни клетки, когда в них имеется потребность. Включения, содержащие ненужные клетке вещества, могут либо удаляться из клетки, либо накапливаться в ней. К включениям относятся и запасные питательные вещества: капли жира, соли органических и неорганических кислот, в растительных клетках – крахмал, эфирные масла, в животных – гликоген и другие вещества.

- Они образуются и используются (или запасаются, выделяются) в процессе жизнедеятельности клетки.
- Могут быть в клетке в большом количестве или отсутствовать в зависимости от типа клеток, возраста, физиологического состояния.

4. **Система микрофиламентов и микротрубочек**, формирующих цитоскелет клетки.

Цитоплазма содержит *ферменты* биосинтеза и продуцирования энергии (гликолиз). **Гликолиз** – («гликос» - сладкий, «лизис» - растворяю) процесс расщепления углеводов (преимущественно глюкозы) в отсутствие кислорода до молочной кислоты (лактат). Реакции *гликолиза* протекают в *гиалоплазме* и не связаны с клеточными структурами. В клетках животных конечным продуктом является *лактат* (в аэробных условиях *пируват* превращается в *ацетил-СоА*).

3.3. ДВУМЕМБРАННЫЕ ОРГАНОИДЫ

Двумембранные органоиды объединяют общим названием пласты. Для них характерно наличие ДНК, РНК, ферментов, рибосом (белоксинтезирующего аппарата).

3.3.1. Ядро

Ядро – самая крупная органелла клетки, ее важнейший регулирующий центр. Как правило, эукариотическая клетка имеет одно ядро, но существуют клетки двух-ядерные и многоядерные. В некоторых организмах могут встречаться клетки, утратившие ядра в процессе дифференцировки – приобретения индивидуальных отличий (специализация) среди клеток с одинаковым генотипом в процессе формирования различных тканей. К таким безъядерным клеткам относятся, например, эритроциты млекопитающих, тромбоциты, клетки ситовидных трубок растений и некоторые другие типы клеток.

Форма ядра обычно округлая или овальная. Диаметр ядра может колебаться от 5-10 мкм до 20 мкм. Снаружи ядро окружено двойной мембраной (ядерной оболочкой или кариолеммой), в которой имеются ядерные поры; через эти поры осуществляется связь ядра с цитоплазмой. Так, например, поступают в ядро из цитоплазмы нуклеотиды, белки и выходят из ядра в цитоплазму молекулы РНК, рибосомные субъединицы. Ядерные поры не просто пропускают различные вещества из ядра в цитоплазму и обратно, но и регулируют это движение. Наружная мембрана ядра связана с цитоплазматическим ретикулом.

Форма и размер ядра зависят от типа клетки и ее функциональной активности в период интерфазы. В зависимости от периода жизненного цикла клетки (интерфаза или деление) ядро имеет различную структуру.

А. Интерфазное ядро состоит из нуклеоплазмы, хроматина, одного или нескольких ядрышек и отделено от цитоплазмы двойной ядерной мембраной.

Ядерная оболочка (кариотека) – состоит из двух мембран (каждая толщиной 6-8 нм), разделенных околоядерным пространством (перинуклеарная зона). Наружная

ядерная мембрана продолжается в эндоплазматическую сеть, является ее частью (после деления она восстанавливается из частей старой мембраны и цистерн ретикулума) и может содержать рибосомы. В отличие от других мембран ядерная оболочка имеет крупные ядерные поры, образованные слиянием наружной и внутренней мембраны. Они обеспечивают транспорт высокомолекулярных веществ (РНК, ферменты, гистоны, субъединицы рибосом). Мелкие молекулы и ионы проходят диффузией сквозь мембрану. Число пор зависит от функциональной активности клетки (чем активнее, тем их больше).

Функция ядерной мембраны:

- отделение генетического материала клетки от цитоплазмы;
- регуляция взаимосвязи «ядро-цитоплазма».

Ядерный сок (кариоплазма, нуклеоплазма) – составляет основную внутреннюю массу ядра и представлен гелеобразным матриксом (заполняет пространство между структурами ядра и содержит различные белки, ферменты, свободные нуклеотиды, аминокислоты, соли, ионы, метаболиты), ядрышками (одно или несколько) и хроматином.

Функция:

- внутренняя среда;
- обеспечивает взаимосвязи внутриядерных структур;
- участвует в функционировании наследственного материала.

Ядрышко – уплотненное тельце, округлой формы, лишенное мембраны. В ядрышке различают две части:

Центральная область – плотная фибриллярная структура, в которой располагаются рядом участки различных хромосом. Эти участки представляют собой большие петли ДНК, содержащие гены, которые кодируют синтез *рибосомальных РНК*. Такие петли называются *ядрышковым организатором*. У человека 13-15 и 21-22 пары таких генов.

Ген – (гр. «генос» рождение) – участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре молекулы белка или РНК, элементарная единица наследственности. Гены расположены в хромосомах и объединены в *группы сцепления*.

Периферическая область (менее плотная) содержит гранулы, обеспечивающие формирование пространственной конфигурации *рРНК* и сборку рибосом (при делении ядер ядрышки исчезают и вновь появляются на стадии телофазы).

Функция ядрышка – синтез рибосом. Ядрышко является центром образования рибосом, т.к. здесь осуществляется синтез рибосомальной РНК (рРНК) и соединение этих молекул с белками, т.е. происходит формирование субъединиц рибосом, которые затем поступают в цитоплазму, где и завершается сборка рибосом.

Расположенные в ядерном соке *хромосомы* являются носителями генетической информации. Термин «хромосома» означает «окрашенное тело», был предложен в 1888 году Вальдейром. Хромосомы построены из хроматина. Хроматин по своей химической природе – комплекс ДНК и белков, в основном гистоновых, хотя и другие белки – негистоновые – тоже входят в этот комплекс.

Хроматин – интерфазная форма существования хромосом. Различные части хромосом в этот период неоднородны. Имеются генетически не активные, спирализованные части – гетерохроматин и активные, деспирализованные части – эухроматин. Гетерохроматин на электронограммах определяется в виде зерен хроматина темного цвета. Спираль молекулы ДНК в составе хроматина соединена с группами из 8 гистоновых (основных) белков, образуя нуклеосомы.

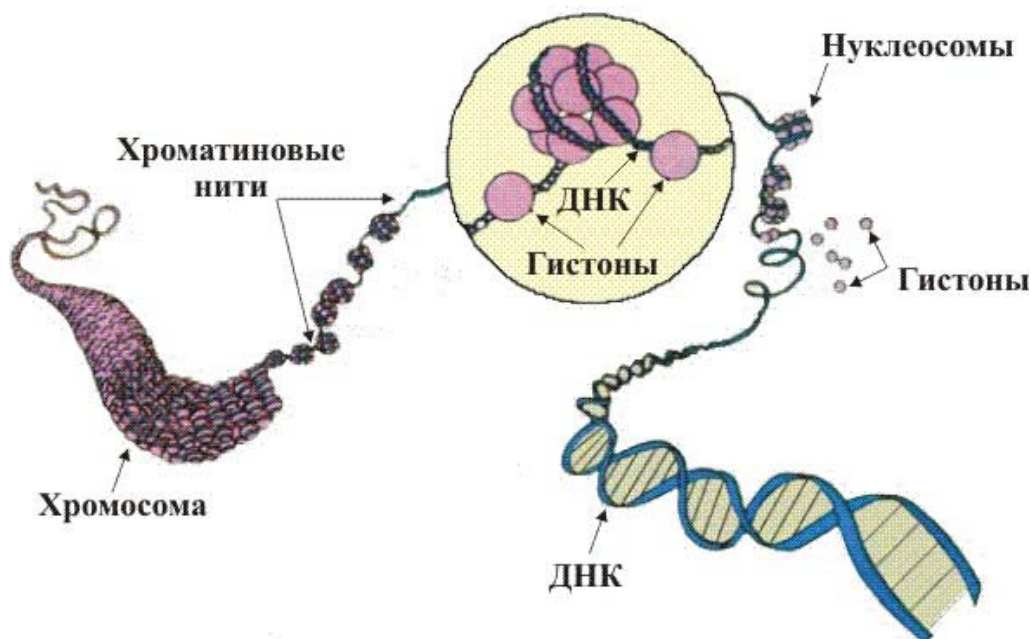


Рис. 5. Структура и процесс формирования хромосом

Функция интерфазного ядра:

- сохранение генетической информации в форме последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК;
- передача генетической информации из ядра в цитоплазму (транскрипция, трансляция);
- передача генетической информации из клетки в клетку;
- регуляция метаболизма в клетке.

Б. Делящееся ядро. При делении клеток ядерная мембрана и ядрышки растворяются. Хроматин спирализуется и принимает форму отдельных телец-хромосом. Типичное строение хромосомы приобретают в метафазе (период наибольшей спирализации) и отличаются друг от друга по форме, размеру, числу и расположению перетяжек, а также набору генов.



Рис. 6. Схема строения ядрышкообразующей хромосомы

Делящееся ядро обеспечивает равномерное распределение наследственного материала между дочерними клетками (аппарат деления).

Функции ядра:

- регулирует и контролирует все обменные процессы, протекающие в клетке;
- содержит хромосомы, является хранителем генетической информации;
- участвует в реализации генетической информации (то есть, в синтезе белков), именно в ядре проходит транскрипция – первый этап синтеза полипептидов;
- его деление лежит в основе деления клеток.

3.3.2. Митохондрии

Митохондрия (от: «митос» - нить, «хондрион» - гранула) – двумембранный органоид. Наружная и внутренняя мембраны различаются по происхождению, строению и функции. Митохондрии встречаются почти во всех клетках (кроме зрелых эритроцитов млекопитающих). В разных типах клеток может быть от 50 до 500 митохондрий. Имеют форму палочек, шариков, нитей (диаметр 0,2-1 мкм, длина – 5-10 мкм) При специальной окраске они различимы в световом микроскопе. Митохондрии состоят из двух мембран:

- *наружная мембрана* – гладкая, с крупными порами, легко проницаема для пировиноградной кислоты, АДФ, остатков фосфорной кислоты;
- *внутренняя мембрана* – образует большое количество складок, трубочек, перегородок – крист, на которых локализуются ферменты окислительно-

восстановительных реакций (клеточное дыхание), а также ферменты, участвующие в синтезе АТФ.

Матрикс (ядрышко) – внутреннее содержание митохондрий – гомогенное вещество, расположенное между кристами и содержащее белоксинтезирующий аппарат, который включает РНК, рибосомы, фосфолипиды, белки, ферменты, обеспечивающие самовоспроизведение (автономное размножение) под контролем клеточного ядра. Концевая молекула ДНК органоидов обеспечивает цитоплазматическую наследственность, передающуюся по материнской линии.

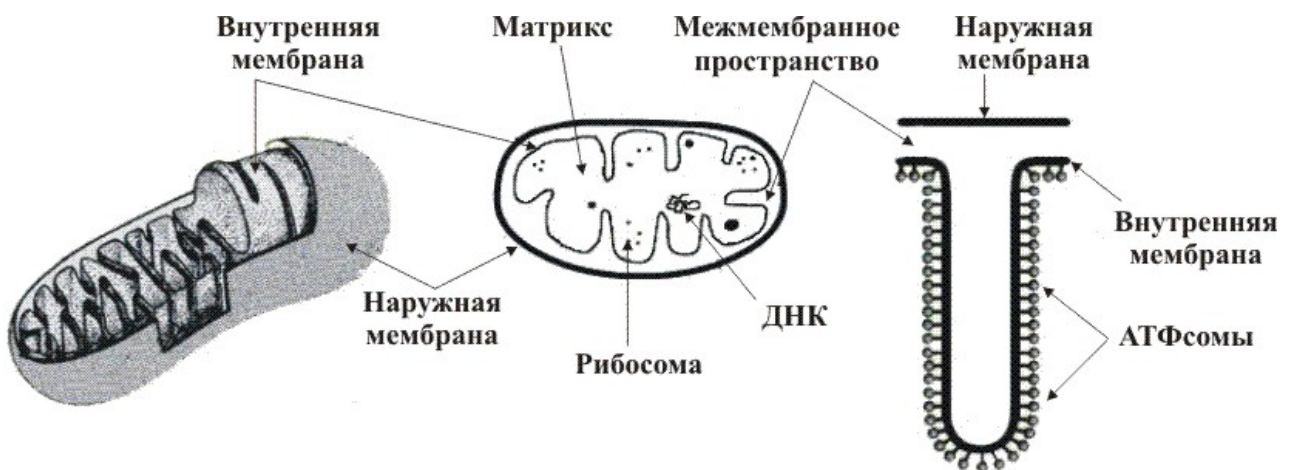


Рис. 7. Схема строения митохондрии

Свойства митохондрий:

- полуавтономность – Заключается в наличии у митохондрий собственного генетического (кольцевидная молекула ДНК) и белоксинтезирующего аппарата, что обеспечивает самостоятельное размножение делением или почкованием и ставит их в положение относительной независимости от ядра;
- способность к амёбовидному движению;
- синтез некоторых стероидных гормонов и аминокислот;
- количество митохондрий в клетке зависит от ее функциональной активности (от 150 до 2,5 тысяч);
- жизненный цикл составляет несколько дней.

Функция митохондрий – синтез АТФ в процессе клеточного дыхания (энергетические станции клетки) и синтез стероидных гормонов. АТФ – универсальный источник энергии для всех биохимических процессов клетки.

3.3.3. Пластиды

Пластиды – двумембранные органоиды, характерные только для растительных клеток и встречающиеся во всех живых клетках зеленых растений. Выделяют 3 вида

пластид, имеющих общее происхождение и взаимосвязанных между собой: хлоропласты, лейкопласты, хромопласты. Все типы пластид образуются из своих предшественников – пропластид. В образовательной ткани растений (меристема – образовательная ткань растений, клетки которой обладают способностью к делению) в больших количествах встречаются органоиды похожие на митохондрии, но крупнее, – пропластиды. На свету они трансформируются в хлоропласты (зеленые), а в темноте – в лейкопласты (бесцветные). Лейко- и хлоропласты могут превращаться в хромопласты (мертвые органоиды с упрощенной организацией).

Двумембранные органеллы, обычно овальной формы, в которых помимо фотосинтеза протекают многие промежуточные стадии обмена веществ (синтез пуринов и пиримидинов, большинства аминокислот, всех жирных кислот и т.д.). Наружная мембрана – гладкая, толщиной около 6 нм. Внутренняя мембрана – складчатая, образует грани и ламеллы.

Граны – это стопки наложенных друг на друга камер (тилакоидов – впячиваний или мешочков), число которых колеблется от нескольких до 50 и более. Мембраны тилакоидов содержат ферменты, обеспечивающие «световую фазу» фотосинтеза. Граны соединены между собой системой извитых канальцев или пластинок (ламелл).

Матрикс – бесцветное гомогенное вещество, заполняющее пространство, ограниченное мембраной. Содержит ферменты «темновой фазы» фотосинтеза, ДНК, РНК, рибосомы, ферменты.

Наружная мембрана **хлоропластов** – гладкая, внутренняя образует тилакоиды. Тилакоиды собраны в грани (напоминают стопки монет) – по 50 штук. В мембранах тилакоидов находится хлорофилл. Внутреннее содержимое – *stroma* – содержит одну кольцевую молекулу ДНК, РНК, белки.

Свойства хлоропластов:

- полуавтономность – заключается в наличии собственного белоксинтезирующего аппарата, но большая часть генетической информации находится в ядре;
- способность к самостоятельному движению (уходят от прямых солнечных лучей);
- способность к самостоятельному размножению (деление).

Функция хлоропластов – фотосинтез. Кроме того, пигмент хлорофилл окрашивает листья, молодые стебли, незрелые плоды в зеленый цвет.

Фотосинтез – синтез органических веществ из неорганических за счет энергии солнца (ежегодно синтезируется около 150 млрд. т. углеводов с выделением кислорода).

Лейкопласты – бесцветные пластиды округлой, яйцевидной, веретенообразной формы. Находятся в неокрашенных подземных частях растений (корни, клубни, корневища и т.д.), семенах, эпидермисе, сердцевине стебля. Организованы более просто, нежели хлоропласты, лишены пигментов, либо пигменты в них находятся в неактивной форме. Содержат ДНК, зерна крахмала, единичные тилакоиды и пр.

Свойства лейкопластов:

- способность к амёбовидному движению;
- способность к превращению на свету в хлоропласты.

Функция лейкопластов – аккумуляция питательных веществ. В лейкопластах одних клеток запасаются зёрна крахмала – это аминопласты (в клубнях картофеля). В лейкопластах других – жиры – липидопласты (в орехах, подсолнечнике) или белки – протеинопласты (в некоторых семенах).

Хромопласты – нефотосинтезирующие окрашенные пластиды округлой, чечевицеобразной, многогранной формы. Встречаются в цитоплазме клеток цветков, стеблей, плодов, листьев, придавая им соответствующую окраску. Имеют более простое строение (почти отсутствуют тилакоиды).

Свойства хромопластов:

- мертвые пластиды образуются из *лейко-* и *хлоропластов*;
- содержат около 50 видов *каротиноидов* (красные, желтые, оранжевые, коричневые).

Функция хромопластов – обеспечение окраски цветов, плодов, семян.

3.4. ОДНОМЕМБРАННЫЕ ОРГАНОИДЫ

3.4.1. Эндоплазматическая сеть (ЭПС, ретикулум, цитоплазматическая сеть)

ЭПС – это одномембранный органоид, включающий сложную взаимосвязанную систему разветвленных каналов и полостей различной формы (трубочки – уплощенные мембранные мешочки, цистерны, пузырьки). ЭПС пронизывает всю цитоплазму клетки и контактирует с наружной клеточной (цитоплазматической) мембраной, ядерной мембраной и другими мембранными структурами клетки.

Различают гладкую и шероховатую эндоплазматическую сеть.

Гранулярная (шероховатая) эндоплазматическая сеть – на внешней поверхности мембран локализован комплекс рибосом – полирибосом.

Агранулярная (гладкая) эндоплазматическая сеть. Мембраны лишены рибосом, но здесь скапливаются ферменты липидного и углеводного обмена.

ЭПС обеспечивает функциональную взаимосвязь всех органоидов клетки между собой и с внешней средой. Соединяет все клеточные мембранные структуры в единую систему, является поверхностью, на которой происходят все внутриклеточные процессы, пространственно разделяет клетку. По системе каналов осуществляется транспорт веществ.

Функция ЭПС:

- гранулярной сети: синтез белков, их частичная модификация и транспорт синтезированных белков в комплекс Гольджи;
- агранулярной сети: синтез углеводов, липидов и стероидов, транспорт веществ, начальное формирование внутриклеточных мембран (ядерных и других).

3.4.2. Комплекс Гольджи (аппарат Гольджи, пластинчатый комплекс)

Комплекс Гольджи (КГ) – одномембранный органоид. Описан в 1889 г. Гольджи. Есть почти во всех клетках (исключение – эритроциты, сперматозоиды). Обычно располагается около ядра; клетка может иметь один или несколько комплексов Гольджи. При специальной окраске различим в оптическом микроскопе (имеет вид сетчатой структуры).

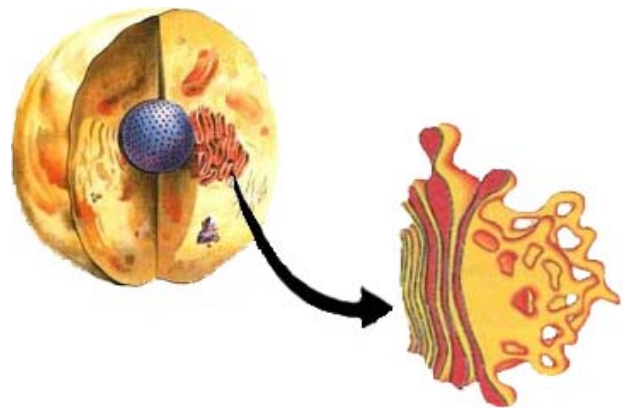


Рис. 8. Строение комплекса Гольджи

Комплекс Гольджи состоит из:

- утолщенных мембранных мешочков (цистерн, трубочек и связанных с ними пузырьков), которые имеют вид дискообразных полостей, расположенных в стопку группами по 13-15 (диктиосомы). Диаметр цистерн колеблется в пределах от 0,2 до 0,65 мкм;
- крупных вакуолей, которые образуются в результате расширения цистерн;
- несколько тысяч мелких вакуолей, которые отшнуровываются от краев цистерн.

Диктиосомы – стопки из 3-13 дискообразных замкнутых цистерн комплекса Гольджи диаметром в большинстве случаев 0,2-0,5 мкм. Их число колеблется от нескольких сотен до тысяч на клетку.

Функция комплекса Гольджи (транспорт веществ, главным образом белков и липидов, поступающих из эндоплазматической сети, предварительная их химическая перестройка, накопление, упаковка в пузырьки, формирование лизосом):

- упаковка и накопление синтезированных в клетке веществ (упаковочный центр);
- полимеризация (образуются полисахариды, гликопротеиды, липопротеиды);
- формирование первичных лизосом;
- образование и регенерация мембран.

3.4.3. Лизосомы

Лизосомы («*лизо*» – растворяю и «*сома*» – тело) – одномембранные органеллы, имеющие форму пузырьков разнообразной формы и размера, диаметр до 2 мкм. Характерны для клеток животных, грибов, в растениях не выявлены. Рассеяны по цитоплазме, содержат около 40 различных протеолитических ферментов.

Различают 4 вида лизосом:

Первичная лизосома – содержит неактивные ферменты, синтезированные рибосомами, накопленными в ЭПС. Эти ферменты поступают в КГ, который упаковывает их в мембранный пузырек.

Вторичная лизосома – (*гетерофагосома* или *пищеварительная вакуоль*) возникает как результат соединения первичной лизосомы с поглощенной клеткой (путем фагоцитоза и пиноцитоза) чужеродным материалом или собственными компонентами клетки, предназначенными для расщепления. Поглощенный материал постепенно переваривается под действием гидролаз, поступивших в фагосому, переваренные вещества проходят через мембрану фагосомы и включаются в состав клетки.

Остаточные тельца – содержат непереваренные вторичными лизосомами питательные вещества. У простейших остаточные тельца выделяются во внешнюю среду – «*дефекация*». В других случаях они могут длительное время сохраняться в клетке и вызывать различные патологические процессы (у человека известно около 12 врожденных заболеваний, при которых отмечается дисфункция лизосом).

Цитоллизосомы – образуются при соединении первичной лизосомы с компонентами самой клетки (например, митохондрий или участков ЭПС). Они образуются в ходе различных физиологических (*регенерация*) и патологических процессов.



Рис. 9. Виды лизосом

Свойства лизосом:

- образуются в комплексе Гольджи;
- содержание в клетке колеблется от 10 до 100 и более;
- содержат около 60 гидролаз (класс ферментов, катализирующих реакции расщепления белков, жиров и углеводов при участии молекул воды).

Функция лизосом – участвуют во внутриклеточном пищеварении, т.е. расщеплении крупных молекул. Могут разрушать и структуры самой клетки, вызывая ее гибель – аутолиз.

3.4.4. Вакуоли

Вакуоли – одномембранные органеллы, имеющие вид мешочков, заполненных жидкостью. Образуются из пузырьков ЭПС или аппарата Гольджи. Вакуоли, ЭПС, ядерная мембрана, КГ объединяются общим понятием – вакуолярная система клетки. Вакуолярная система связана с внеклеточным пространством.

Функция вакуолей:

- участие в формировании тургорного давления (осмотическое поступление воды);
- обеспечение окраски органов растений – цветков, плодов, почек;

- накопительное пространство для промежуточных продуктов обмена веществ растений (глюкоза, лимонная кислота);
- аккумуляция экскреторных веществ (пигменты, алкалоиды);
- выделительная (у пресноводных простейших удаляется вода и растворенные метаболиты).

В молодой клетке растений содержится несколько вакуолей, которые в зрелой клетке сливаются в одну центральную вакуоль, наполненную клеточным соком (концентрированный раствор органических кислот, сахаров, метаболитов).

В животной клетке присутствует несколько типов вакуолей: пиноцитарная, фагоцитарная, аутофагоцитарная, пищеварительная и пульсирующая. Последняя характерна для пресноводных простейших, у которых она контролирует выделение метаболитов и излишков воды (осморегуляция).

3.5. НЕМЕМБРАННЫЕ ОРГАНОИДЫ

3.5.1. Рибосомы

Рибосомы – немембранные клеточные органоиды сферической или грибовидной формы диаметром 15-30 нм. Встречаются во всех типах клеток (включая и прокариотические). Число рибосом в клетке колеблется в зависимости от типа, физиологического состояния, возраста от десятков тысяч до миллионов (наибольшее число обнаружено в меристематических клетках растений, клетках зародышей, регенерирующих и пролиферирующих клетках).

Локализация рибосом в клетке:

- свободно располагаются в цитоплазме (синтезируют белки для собственных нужд клетки);
- объединяются посредством молекулы и-РНК в группы – полисомы (полирибосомы);
- находятся в некоторых органоидах (митохондриях, хлоропластах, центросомах);
- соединяются с мембранами эндоплазматической сети и ядра.

Рибосома состоит из 2-х неравных субъединиц, которые построены из 3-4 молекул рибосомальной РНК и более 50 молекул белков. В рибосомах всегда есть ионы магния, поддерживающие их структуру. Субъединицы рибосомы синтезируются по отдельности в ядрышках под контролем ядрышкообразующей хромосомы и объединяются на и-РНК:



Рис. 10. Модель строения рибосомы

большая субъединица – содержит одну большую молекулу р-РНК. Выполняет функцию сборки полипептидной цепи.

малая субъединица – содержит одну большую и 1-2 короткие молекулы р-РНК и рибосомальные белки, сходные с гистонами. Выполняет функцию прикрепления к и-РНК.

Функция рибосом – биосинтез белка (второй этап синтез полипептидных цепочек – трансляция).

3.5.2. Центросома (клеточный центр)

Центросома – клеточный центр, немембранный органоид. Обнаружена почти во всех клетках животных (кроме некоторых видов простейших), некоторых клетках низших растений. Отсутствует у цветковых и низших грибов. Локализуется около ядра. Центросома состоит из центросферы и двух цилиндрических центриолей, расположенных перпендикулярно друг другу.

Стенки центриолей образованы девятью группами (триплеты) из трёх слившихся микротрубочек (9 по 3, всего 27) и соединенных системой связок. Полость центриоли содержит матрикс с ДНК. Центросомы способны к самоудвоению.

Центросфера – плотный слой цитоплазмы вокруг центросомы, в котором часто содержатся микротрубочки, расположенные лучами.

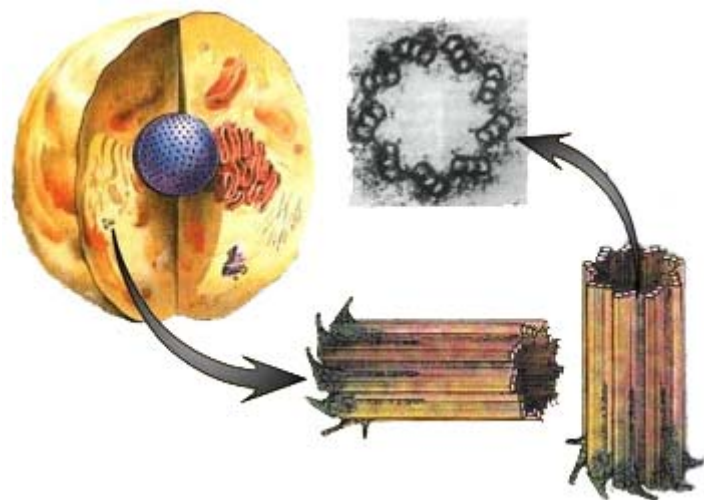


Рис. 11. Структура клеточного центра

Свойства:

- способны к репликации в период интерфазы;
- каждая дочерняя клетка получает по одной центриоли материнской клетки.

Функции centrosомы:

- участвуют в образовании веретена деления (ахроматиновое или митотическое);
- участвуют в ориентации веретена деления;
- способствуют расхождению хромосом при делении клетки;
- образуют базальные тельца ресничек и жгутиков.

У высших растений веретено деления образуется без участия центриолей.

3.5.3. Микрофибриллы (микрофиламенты, микронити)

Микрофибриллы – немембранные органоиды, представленные двойными скрученными нитями сократительных белков (актин, миозин) диаметром 5-7 нм. Локализуются в клетке под цитоплазматической мембраной в цитоплазме параллельно друг другу.

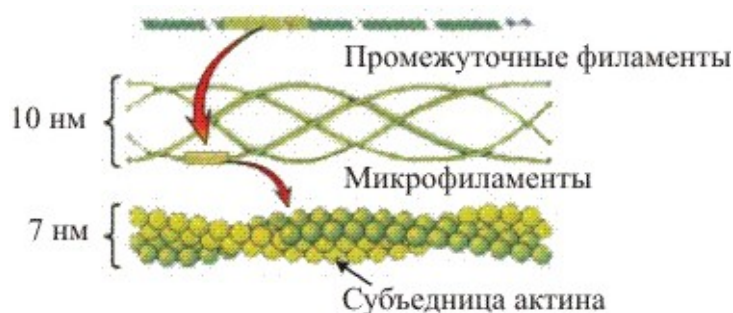


Рис. 12. Модель строения микрофиламентов

Функция микрофибрилл:

- опорная (обеспечивают форму клетки);
- образование сократительного кольца при цитокинезе животной клетки;
- обеспечение амёбовидного движения клетки (нейтрофилы, амёбы), участвуют в эндо- и экзоцитозе;
- движение (мускулы).

3.5.4. Микротрубочки

Микротрубочки – немембранные органоиды, представленные цилиндрическими трубчатыми образованиями (длина до 200 нм, диаметр 25 нм), стенки которых состоят из белка – тубулина. Глобулы тубулина располагаются спиральными или

прямолинейными рядами. Растут микротрубочки с одного конца за счет добавления тубулиновых субъединиц. В животных клетках центрами их организации служат, видимо, центриоли. Микротрубочки локализуются в цитоплазме клетки свободно, а также входят в состав клеточных структур (центриолей, жгутиков, базальных телец, ресничек).

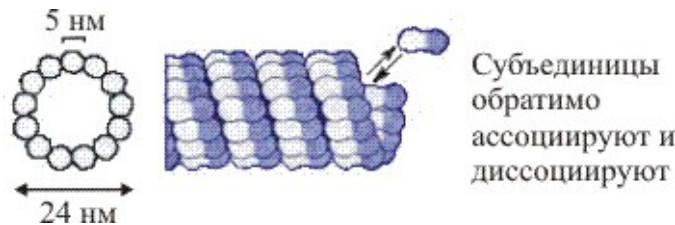


Рис. 13. Модель строения микротрубочек

Функция микротрубочек:

- защитная (образование мембран);
- опорная (цитоскелет);
- двигательная (внутриклеточное движение органоидов);
- образование веретена деления клетки (обеспечивает расхождение хромосом);
- образование жгутиков.

Таким образом, микротрубочки и микрофиламенты вместе с некоторыми другими элементами формируют цитоскелет клетки. Обеспечивают внутриклеточное движение органелл, а также движение клеток, сокращение мышечных волокон, формируют нити митотического веретена.

3.5.5. Включения

Включения – непостоянные компоненты клетки, которые образуются и используются в процессе ее жизнедеятельности. Они подразделяются на трофические (питательные, запасные), пигментные, секреторные, экскреторные.

Трофические включения – запасаются в виде полисахаридов (у растений – крахмал, у животных и грибов – гликоген), жиров и белков. Выполняют энергетическую и трофическую функции.

Пигментные включения – (лат. «*пигментум*» – краска) участвуют в жизнедеятельности организма и обуславливают окраску тканей и органов (например, гемоглобин, меланин, хлорофилл, каротиноиды).

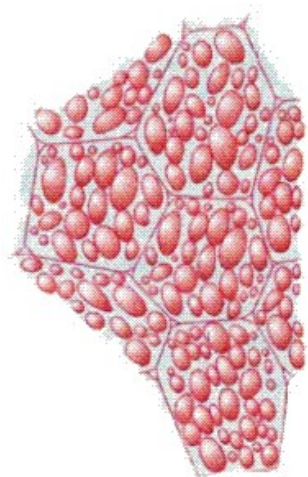
Функция пигментов:

- фотосинтетическая (хлорофилл);

- участие в процессах дыхания (гемоцианин, гемоглобин, гемэритрин, миоглобин; каротиноиды – переносчики электронов);
- рецепторная (зрительный пурпур);
- защитная (у растений каротиноиды, у животных – меланин защищает от воздействия ультрафиолетовых лучей).

Секреторные включения – представлены продуктами, синтезированными самой клеткой для собственных нужд.

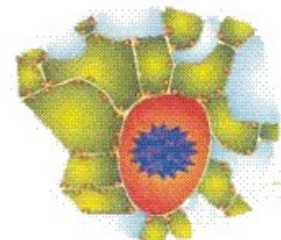
Экскреторные включения – представлены веществами, предназначенными для выделения из клеток (секреты желез, метаболиты).



**Гранулы крахмала
в клетках
*Solanum tuberosum***



**Крупная вакуоль
с эфирными маслами
в клетках эвкалипта**



**Клетки бегонии
с кристаллами
оксалата кальция**

Рис. 14. Включения растительных клеток

Помимо органелл общего назначения, некоторые эукариотические клетки содержат еще специализированные органеллы, характерные только для определенных типов клеток. К таким органеллам специального назначения относятся реснички и жгутики, выполняющие функцию движения (например, у простейших – инфузорий, эвглены или у мужских половых клеток), а также микроворсинки, сократительные вакуоли и некоторые другие органеллы.

Таблица 1

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ И ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ**

Структура	Эукариотические клетки	Прокариотические клетки
Клеточная стенка	Есть у растений, грибов; отсутствует у животных. Состоит из целлюлозы (животные) или хитина (грибы)	Есть. Состоит из муреина – смеси углеводных и белковых молекул.
Клеточная мембрана	Есть. Органоиды мембранные и немембранные	Есть. Органоиды немембранные
Ядро	Есть и окружено мембраной	Нуклеарная область; мембраны нет
Хромосомы	Линейные, содержат белок. Транскрипция происходит в ядре, трансляция – в цитоплазме	Кольцевые; белка практически не содержат. Транскрипция и трансляция происходят в цитоплазме
Эндоплазматический ретикулум	Есть	Нет
Рибосомы	Есть	Есть, но они меньше по размеру
Комплекс Гольджи	Есть	Нет
Лизосомы	Есть	Нет
Митохондрии	Есть	Нет
Вакуоли	Есть у большинства клеток	Нет
Реснички и жгутики	Есть у всех организмов, кроме высших растений. Состоят из белка – тубулина	Есть у некоторых бактерий. Состоят из белка – флагелина
Хлоропласты	Есть у растительных клеток	Нет. Фотосинтез зеленых и пурпурных водорослей протекает в бактериохлорофиллах (пигментах)
Микротрубочки, микрофиламенты	Есть	Нет

Таблица 2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОЙ И ЖИВОТНОЙ КЛЕТКИ

Структура	Растительная клетка	Животная клетка
Размер (ширина)	10-100 мкм	10-30 мкм
Форма	Однообразная – кубическая или призматическая	Разнообразная
Клеточная стенка	Характерно наличие толстой целлюлозной клеточной стенки, углеводный компонент клеточной оболочки сильно выражен и представлен целлюлозной клеточной оболочкой	Как правило, имеют тонкую клеточную стенку, углеводный компонент относительно тонок (толщина 10-20 нм), представлен олигосахаридными группами гликопротеинов и гликолипидов, и называется гликокаликсом
Клеточный центр	Есть только у низших растений	Есть во всех клетках
Центриоли	Нет	Есть
Положение ядра	Ядра у высоко дифференцированных растительных клеток, как правило, оттеснены клеточным соком к периферии и лежат пристеночно	Ядра чаще всего занимают центральное положение
Пластиды	Характерны для клеток фотосинтезирующих растений.	Нет
Вакуоли	Крупные полости, заполненные клеточным соком – водным раствором различных веществ, являющихся запасными или конечными продуктами. Осмотические резервуары клетки	Сократительные, пищевые, выделительные вакуоли. Обычно небольшие по размеру
Включения	Запасные питательные вещества в виде зерен крахмала, белка, капель масла; вакуоли с клеточным соком, кристаллы солей	Запасные питательные вещества в виде зерен и капель (белки, жиры, гликоген); конечные продукты обмена, кристаллы солей; пигменты
Способ деления	Цитокинез путем образования посередине клетки фрагмопласта. Клетки высших растений не содержат центриолей	Деление путем образования перетяжек. Клеточный центр содержит две центриоли
Главный резервный питательный углевод	Крахмал	Гликоген
Способ питания	Автотрофный (фототрофный, хемотрофный)	Гетеротрофный
Способность к фотосинтезу	Есть	Нет
Синтез АТФ	В хлоропластах, митохондриях	В митохондриях

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, клетка является морфо-функциональной единицей многоклеточного организма и в то же время – элементарной, открытой живой системой (организмом). Наиболее важные события, от которых зависит существование и историческое развитие жизни на Земле, происходят именно на молекулярно-генетическом и клеточном уровне. Хочется подчеркнуть, что *вне клетки жизни нет*. Все организмы, обитающие на Земле, за исключением вирусов, имеют клеточное строение. Но и вирусы проявляют свойства живого только проникнув в живую клетку. Изучением неклеточной формы жизни занимается **вирусология**. Исследования клетки имеют большое значение для разгадки заболеваний. Еще в XIX веке было установлено, что развитие патологических процессов в организме напрямую связано с нарушением жизнедеятельности клетки. Так, одно из серьезных заболеваний человека – сахарный диабет возникает вследствие недостаточной деятельности группы клеток поджелудочной железы, вырабатывающих гормон инсулин, который участвует в регуляции сахарного обмена организма. Злокачественные изменения, приводящие к развитию раковых опухолей, возникают также на уровне клеток. Таким образом, изучение строения, химического состава, обмена веществ и всех проявлений жизнедеятельности клеток необходимо не только в биологии, но также в медицине и ветеринарии для грамотной и эффективной профилактики и лечения любых патологий организма.

Кроме того, клетка является *мишенью* для воздействия всех экологических факторов (биогенных, абиогенных и особенно антропогенных, в том числе наркотиков, алкоголя) и объектом исследования при изучении единых для всего живого закономерностей (кодирование и передача генетической информации, формирование и развитие организмов в онто- и филогенезе, сохранение многообразия живого).

Современная цитология – наука комплексная. Она имеет самые тесные связи с другими биологическими науками, например с ботаникой, зоологией, физиологией, учением об эволюции органического мира, а также с молекулярной биологией, химией, физикой, математикой. На молекулярном и клеточном уровне решаются все наиболее актуальные вопросы современной теоретической и прикладной биологией, включая медицину, биотехнологию, сельское хозяйство и экологию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.П. Пехов. Биология с основами экологии : Серия «Учебники для вузов. Специальная литература». – СПб. : Издательство «Лань», 2000. – 672 с.
2. Э. Рис, М. Стернберг. Введение в молекулярную биологию : от клеток к атомам / пер. с англ. – М. : Мир, 2002. – 142 с.
3. О.Б. Гигани, О.Н. Сперанская. Общая биология. – М. : «Уникум-Центр», 1999. – 128 с.

Учебное электронное текстовое издание

Садчикова Елена Владимировна,
Селезнева Ирина Станиславовна

Строение клетки

Редактор: *Е.А. Сенкевич*
Компьютерная верстка: *Е.А. Сенкевич*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Разрешен к публикации 12.10.05.

Электронный формат – PDF

Формат 60х90 1/8

Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

e-mail: sh@uchdep.ustu.ru

Информационный портал

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

<http://www.ustu.ru>