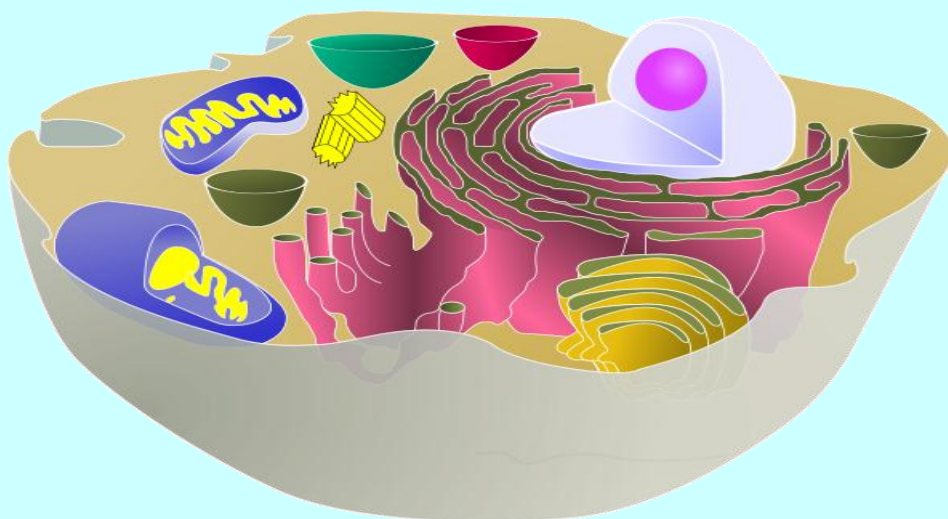


# «ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ»

Учебная программа

Теоретические материалы

Лабораторные работы



## **Оглавление**

### **Введение**

#### **Модуль 1 ЦИТОЛОГИЯ КАК НАУКА**

##### **Лекция 1. Цитология наука о клетке**

##### **Лекция 2. Клеточная теория**

#### **Модуль 2. КЛЕТКА**

##### **Лекция 3. Строение клеток прокариот и эукариот**

##### **Лекция 4. Структурные компоненты клетки**

#### **Модуль 3. МЕХАНИЗМЫ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТОК.**

##### **Лекция 5. Митоз. Мейоз**

### **Заключение**

### **Библиографический список**

## Введение

Современный этап развития биологии характеризуется как углубляющейся дифференциацией наук, так и их синтезом на основе разностороннего анализа универсальных закономерностей организации биологических систем. В связи с этим необходимо определить роль каждой науки в формирующемся синтетическом подходе к изучению процессов, протекающих на рассматриваемом уровне организации. Предметом общей цитологии являются конкретные разновидности клеток. Эти же объекты находятся и в центре внимания специальных биологических наук - частной цитологии, эмбриологии, микробиологии, физиологии растений, биохимии, ботаники, альгологии. Однако в общей цитологии при исследовании конкретных разновидностей клеток ставится цель - выяснить общие закономерности организации клеточных структур и внутриклеточных процессов, универсальных для всех клеток, а также общие закономерности организации регуляторных интегративных механизмов целостной клетки.

Курс «основы цитологии» даёт представление об общих закономерностях организации клеточных структур и внутриклеточных процессах, универсальных для всех клеток, организации регуляторных механизмов целостной клетки, о структурно-функциональной организации тканей и тканевом гомеостазе с использованием современных физико-химических и гистологических методов исследований организма.

### **Учебная программа ЭОР «Основы цитологии»**

#### Пояснительная записка

Электронный образовательный ресурс по разделу «Основы цитологии» предназначен для профильных естественнонаучных классов, но может быть использован учителем для поддержания и углубления базовых знаний по биологии. Он предназначен для учащихся 10-11 классов, желающих выбрать биологию для дальнейшего обучения, а также для учащихся, проявляющих интерес к цитологии. Изучение ЭОР поможет проверить целесообразность выбора профессиональной деятельности школьника.

Курс опирается на знания и умения, полученные учащимися при изучении биологии в младших классах. В процессе занятий предполагается приобретение учащимися опыта поиска информации по предлагаемым вопросам. Учащиеся совершенствуют умения подготовки рефератов, докладов, сообщений по избранным темам.

Данный ЭОР рассчитан на 10 часов. К нему разработан [тематический план](#). Программой предусмотрено изучение теоретических вопросов (лекции) и проведение лабораторно-практических работ.

*Цель программы:* Создание благоприятных условий для углубления интереса к биологии, привлечения внимания к многогранности и разнообразию биологических проблем, развития творческого мышления, умения самостоятельно применять и пополнять свои знания через содержание курса и применение новых педагогических технологий. Основную задачу курса составляет сравнительное изучение морфологической структуры и ультраструктуры клеток разного происхождения: бактериальных, растительных и животных, а также различных внутриклеточных процессов в связи с выполняемыми функциями, что позволит учащимся сформировать картину целостности органического мира.

Программой предусмотрено изучение теоретических вопросов, проведение практических и лабораторных работ, а так же проблемных вопросов. При изучении отдельных тем, учащиеся составляют обобщающие схемы, таблицы. Итогом проведения лабораторных работ или практических работ являются отчеты с выводами, рисунками.

Курс «Основы цитологии» отличается от базового курса практической направленностью и значимостью для учащихся. Позволяет обеспечить современный подход к изучению биологии.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование разделов и тем	Всего часов	Лекций	Лабораторно-практических занятий
Модуль 1			
1. Цитология – наука о клетке. Клеточная теория	3	2	1
Модуль 2			
2. Клетка. Прокариоты и эукариоты. Сходство и различия.	1	1	
3. Структурные компоненты клетки	3	2	1
Модуль 3			
4. Воспроизведение клеток. Жизненный цикл клетки. Митоз. Мейоз.	3	2	1
ИТОГО:	10	6	3

### Учебная программа ЭОР по разделу «Основы цитологии»

Общее количество часов – 10.

#### [Модуль 1. Цитология – наука о клетке.](#) (3 ч)

Предмет, цели и задачи курса. Место цитологии в системе биологических наук. История открытия клетки. Клеточная теория – основной закон строения живых организмов.

#### [Лабораторная работа №1.. Устройство микроскопа.](#)

Контроль знаний: тест или учебный реферат

#### [Модуль 2. Клетка.](#) (4 ч)

Прокариоты и эукариоты. Сходство и различия. Животная и растительная эукариотическая клетка. Основные компоненты и органоиды клеток.

Мембрана: современная модель строения клеточной мембраны. Универсальный характер строения мембраны всех клеток. Цитоплазма и органоиды. Цитоскелет клеток – его компоненты и функции в разных типах клеток. Мембранные и немембранные органоиды клеток.

#### [Лабораторная работа №2. Плазмолиз и деплазмолиз в клетках кожицы лука.](#)

Контроль знаний: тест, задачи.

### Модуль 3. Воспроизведение клеток. Жизненный цикл клетки

Митоз. Мейоз (3 ч). организация митоза и мейоза. Второе мейотическое деление. Понятие о митотическом делении и ее периодах. Общие закономерности клеточного цикла

Лабораторная работа: «Наблюдение делений клетки растений, животных, грибов».

#### Литература для учителя:

1. Албертс Б., Брей Д. и др. Молекулярная биология клетки.-М.: МИРОС, 1998.
2. Бергельсон И.Д. Мембраны, молекулы, клетки. – М.: Мир, 1982.
3. Болдырев А.А. Строение и функции биологических мембран. – М.: Знание, 1987.
4. Вельш У., Шторх Ф. Введение в цитологию и гистологию животных – пер. с нем. М: Мир, 1986.
5. Гриценко В.В. Гены и хромосомы. –М.:Изд-во МГУ, 1999.
6. Дмитриева Т.А. и др. Биология: Дидактические материалы: 8-11.- М.: Дрофа, 2008.
7. Донецкая Э.Г. Общая биология.- М.:Терра, 2001.
8. Заварзин А.А. и др. Биология клетки: учебник. – Изд-во СПбГУ, 1992.
9. Свенсон К., Уэбстер П. Клетка. – М.: Мир, 1994.
10. Чуб В.В. Цитология, или Трактат о делении клеток. – М.: Изд-во МГУ, 2006.
11. Шубникова Е.А. Функциональная морфология тканей. – М.: Изд-во МГУ, 1991.

#### Литература для учащихся:

12. Богданова Т.Л., Солодова Е.А. Биология: Справочник. – М.: АСТ-Прессшкола, 2002.
13. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. – М.: Мир, 1988.
14. Маркосян А.А. Физиология. – М.: Медицина, 2004.
15. Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь – М.: Мир, 2000.

16. Рэфф Р., Кофмен Т. Эмбрионы, гены и эволюция. – М.: Мир, 1999.

### **3.2. Теоретические материалы**

#### **Модуль 1. Цитология – как наука**

#### **Лекция 1. Цитология – наука о клетке**

План лекции:

1. [Предмет, цели и задачи курса. Место цитологии в системе биологических наук.](#)
2. [История открытия клетки](#)

Цитология - это наука о развитии, строении и жизнедеятельности клеток. В связи с этим цитология без преувеличения занимает ключевую позицию в биологии, так как в основе всех функций организма лежат процессы, протекающие на клеточном уровне. Цитология - это комплексная биологическая дисциплина, в которой изучаются различные стороны учения о клетке.

Академик А. А. Заварзин, (Заварзин, 1982) биолог-эволюционист, писал, что в термине «клетка» соединяются два понятия: «Когда говорят о клетке вообще, то подразумевают элементарную организацию живого вещества, вне которого нет жизненного процесса; когда же говорят об определенной клетке, например, о нервной или мышечной, то подразумевают не только клеточную отдельность со всеми ее общими свойствами, но и совершенно конкретную ее форму: нейрон или мышечное веретено».

Клод Бернар определял клетку как «первого представителя жизни» [14]; Рудольф Вирхов - как «последний морфологический элемент всего живого» [22].

В. Я. Александров считал, что «клетка - это элементарная живая система, состоящая из двух частей - цитоплазмы и ядра - и являющаяся основой строения, развития и жизнедеятельности всех животных и растительных организмов» [14].

Следовательно, клетка - это элементарная самовоспроизводящаяся единица структуры и функции всех живых существ. Клеточная организация присуща как одноклеточным микроорганизмам, так и многоклеточным

макрообъектам. Несмотря на различия между отдельными клетками, в каждой из них можно выделить четыре основные структурно-функциональные подсистемы ([рис 1.1.](#)):

1. Все клетки окружены плоскими двухслойными мембранами, структурную основу которых составляют амфифильные молекулы липидов; в подобные мембраны «вмонтированы» различные белки, определяющие особенности их функционирования.

2. Наследственная информация во всех клетках хранится в виде двуспиральной молекулы ДНК, где она записана в виде линейного текста из триплетных кодонов, состоящих из четырех типов дезоксирибонуклеотидов: А, Т, Г, Ц.

3. Во всех клетках имеется принципиально одинаково устроенный аппарат биосинтеза белков, центральную роль в котором играют РНК.

4. для всех клеток характерно существование еще одной подсистемы ограниченной мембраной цитоплазмы с локализованными в ней ферментами [\[7\]](#).

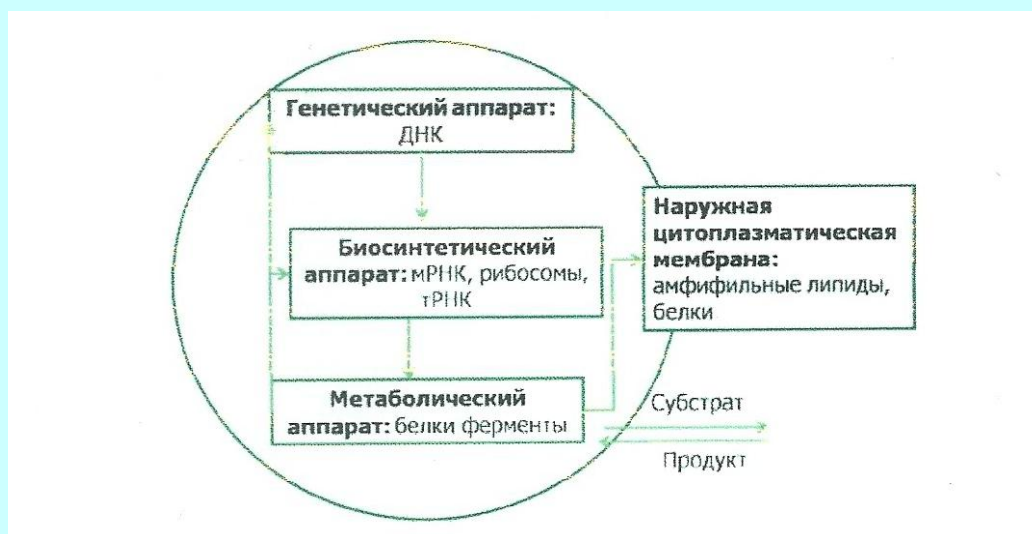


Рис. 1. 1. Основные структурно-функциональные подсистемы клетки.

Взаимоотношение между организмом и клеткой на различных уровнях организации живой материи существенно меняется. У бактерий и простейших организм представляет в то же время клетку; в многоклеточном целостном организме развитие и жизнедеятельность клеток регулируются системой интеграционных механизмов. Поэтому одной из важнейших задач

цитологии является изучение способов регулирующего воздействия макроорганизма на тканевые клетки.

По мнению А. А. Заварзина, современный этап развития биологии характеризуется как углубляющейся дифференциацией наук, так и их синтезом на основе разностороннего анализа универсальных закономерностей организации биологических систем.

Данная тенденция особенно проявляется в развитии наук о клеточном уровне организации живой материи. Поэтому важно определить роль каждой науки в формирующемся синтетическом системном подходе к изучению процессов, протекающих на рассматриваемом уровне организации. Общая цитология - наука о клетке, наука о клеточном уровне организации живой материи [23]. Предметом общецитологических исследований являются конкретные разновидности клеток (клетки про- и эукариот, клетки животных и растительных одноклеточных и многоклеточных организмов, а в пределах последних - клетки различных направлений специализации). Эти же объекты находятся в центре внимания таких наук, как частная цитология, эмбриология, микробиология, физиология и т. д. Но и в этих науках уделяется особое внимание специфическим особенностям данного типа клеток. В общей же цитологии при исследовании Конкретных разновидностей клеток целью является выяснение общих закономерностей организации клеточных структур и внутриклеточных процессов, универсальных для всех клеток, а также общих закономерностей организации регуляторных интегративных механизмов целостной клетки.

Несмотря на различные конечные задачи специальных наук и общей цитологии, они тесно связаны между собой. С одной стороны, для понимания общих закономерностей организации клеток необходимо выяснить конкретные проявления этих закономерностей, т. е. всего спектра общих признаков, свойственных конкретным разновидностям клеток. С другой стороны, полное выяснение специфических особенностей конкретного типа клеток требует знания тех общих механизмов, на основе которых и появляется та или иная специфическая особенность.

В организации любой клетки выделяют следующие уровни:

- молекулярный;
- надмолекулярный;
- органоидный;
- субсистемный;
- системный.

Низшие уровни организации клетки находятся в центре внимания таких наук, как органическая химия, биохимия, молекулярная биология. На органоидном, субсистемном и системном уровнях доминирующее значение имеют уже цитологические науки. При анализе клеточных структур широко используются биохимические, молекулярно-биологические методы. Благодаря этому интересы цитологов, биохимиков, биофизиков, физиологов, молекулярных биологов, генетиков во многих случаях совпадают. Особенностью общей цитологии является и ее тесная связь с науками, которые изучают механизмы организации живой материи на ее низших уровнях.

**История открытия клетки.** Развитие учения о клетке тесно связано с изобретением микроскопа (от греческого «микрос» - небольшой, «скопео» рассматриваю). Первый микроскоп был сконструирован в 1610 Г. Галилеем и представлял собой сочетание линз в свинцовой трубке.

Впервые микроскоп применил Р. Гук. В 1665 Г. он впервые описал клеточное строение пробки, стеблей и др. и ввел термин «клетка». Р. Гук сделал первую попытку подсчитать количество клеток в определенном объеме пробки. Он, во-первых, сформулировал представление о клетке как о ячейке, полностью замкнутой со всех сторон. Во-вторых, Р. Гук установил факт широкого распространения клеточного строения растительных тканей.

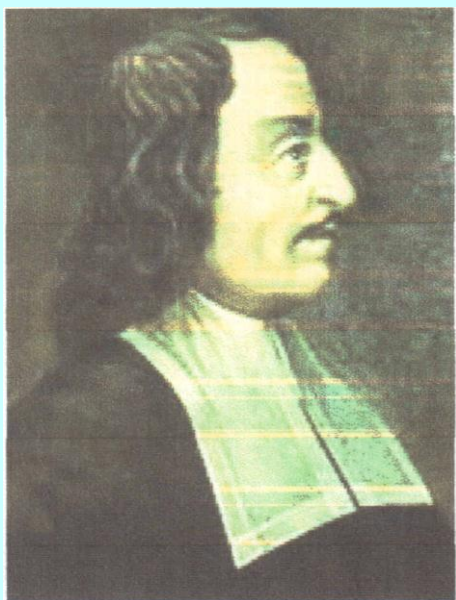
Эти два основных вывода и определили направление дальнейших исследований в этой области.

В 1671-1679 гг. итальянец [Марчелло Мальпиги](#) дал первое систематическое описание микроструктуры органов растений, положившее начало анатомии растений.

В 1671-1682 гг. англичанин Неемия Грю также очень подробно описал

микроструктуры растений; ввел термин «ткань» для обозначения понятия совокупности «пузырьков», или «мешочков».

Оба эти исследователя (они работали независимо друг от друга) дали изумительные по точности описания и рисунки ([рис 1.2](#)). Они пришли к одному и тому же выводу относительно всеобщности построения растительной ткани из пузырьков.



Марчелло Мальпиги (1628 – 1694)

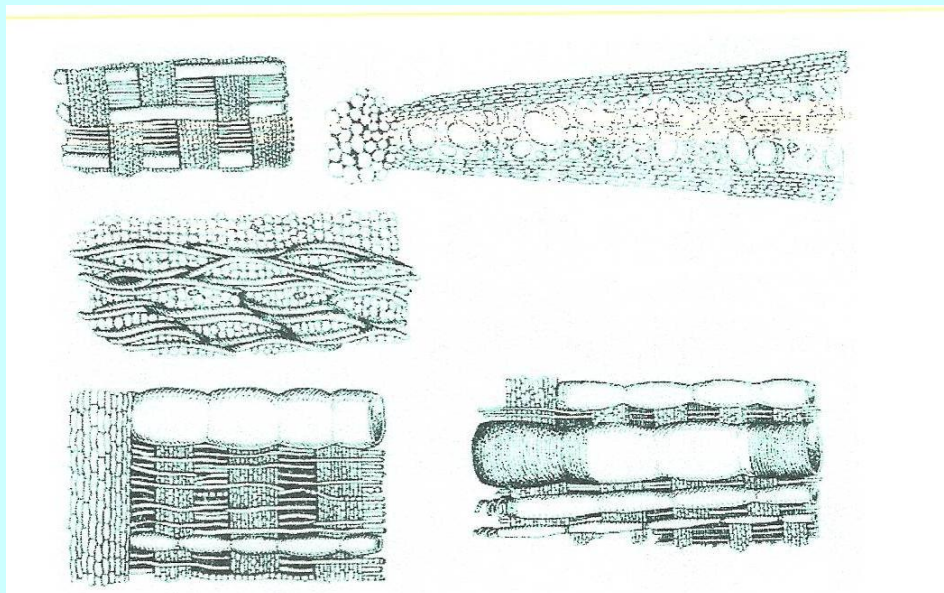


Рис. 1.2. рисунки М. Мальпиги срезов различных растительных тканей (из книги «Анатомия растений», 1679 г.)

После исследований Р. Гука, М. Мальпиги и Н. Грю факт существования клеток-ячеек в растительных тканях не вызывал сомнений. О

клетках упоминали различные авторы, но должного значения им не придавалось, и они рассматривались как одна из структур, обнаруживаемая при изучении растительных тканей под микроскопом. Рассматривая и описывая клетки, исследователи начала XVIII в не ставили вопроса об их возникновении.

Таким образом, развитие учения о клетке тесно связано с изобретением микроскопа и формулированием представления о клетке, как о ячейке, полностью замкнутой со всех сторон.

## Лекция 2. Клеточная теория

План лекции:

1. [Основные даты развития клеточной теории](#)
2. [Клеточная теория Шванна-Вирхова](#)
3. [Основные постулаты современной клеточной теории](#)

*Основные даты развития клеточной теории.* Развитие микроскопии привело к пониманию того, что клетка из себя представляет. Клеткам стали приписывать значение простейших органических структурных элементов. Искали элементарную биологическую единицу. Впервые Лоренц Окен таковыми стал считать клетки. Он в 1809 г. создал умозрительную теорию строения и развития организмов, в которой элементами являлись «инфузории» - клетки. Считал, что сложные организмы - это сумма элементарных организмов, которые, войдя в его состав, живут общей жизнью целого, но в то же время продолжают оставаться независимыми. Эти элементарные организмы - пузырьки с плотной оболочкой и жидким содержимым; «в философском смысле они могут быть названы инфузориями» [22]. Л. Окен сформулировал принцип сведения строения сложных организмов к элементарным единицам, во всей этой концепции выражена эволюционная идея, хотя он развития во времени не признавал.

В 1834--1847 гг. профессор Медико-хирургической академии в Петербурге П. Ф. Горянинов сформулировал принцип, согласно которому клетка является универсальной моделью организации живых существ. Горянинов делил мир живых существ на два царства: царство бесформенное,

или молекулярное, и органическое, или клеточное. Он писал, что « ... органический мир есть, прежде всего, клеточное царство ... » [22]. Развивал представление о возникновении живых существ из неорганического мира. Считал, что зерна слизи, скученные вокруг первичного маленького пузырька, образуют ядро, или цитобласт, которое способно развиваться в клетку. Так возникают наиболее просто организованные тела. П.Ф. Горянинов связал проблему возникновения жизни с происхождением клетки.

В 20-х г. XIX в. наиболее значительные работы в области изучения растительных и животных тканей принадлежат французским ученым Анри Дютроше (1824 г.), Франсуа Распайлю (1827 г.), Пьеру Тюрпену (1829 г.). Они доказывали, что клетки (мешочки, пузырьки) являются элементарными структурами всех растительных и животных тканей.

Эти исследования подготавливали почву для клеточной теории. Большую трудность для формирования клеточной теории представляла неизученность микроскопической анатомии животных. Гистология животных уже существовала. Она была разработана Яном Пуркиня и его учениками. Он первым применил окраску, ввел просветляющие среды для препаратов. Его ученик Ошатц сконструировал первый микротом. В 1837 г. Пуркиня в докладе обществу естествоиспытателей в Праге высказал теорию «ядросодержащих зернышек» (клеток). Он говорил об аналогии «клеток» растений и «зернышек» животных. Выдвинул положение построения тела животных из клеток. Иоганнес Мюллер на основании изучения ткани хорды высказал представление о соответствии в клеточном строении растений и животных (1838 г.).

Матиас Шлейден изучал возникновение клеток в процессе роста различных частей растений. Он писал « ... как для физиологии растений, так и для общей физиологии жизнедеятельность отдельных клеток является главнейшей и совершенно неизбежной основой, и поэтому, прежде всего, встает вопрос, как же собственно возникает этот маленький своеобразный организм клетка » [22]. Его теория клеткообразования была им позднее названа теорией цитогенезиса (1838 г.); существенным является то

обстоятельство, что она впервые связала вопрос возникновения клетки с ее содержимым и (в первую очередь) с ядром.

Тело клетки Шлейден обозначил термином цитобластема (этот термин принадлежит Шванну, цитос - клетка, бластео - образовывать).

Таким образом, по его теории новая клетка может образовываться в старых, центр ее возникновения - ядро. Теория цитогенеза, а именно общность происхождения клеток, явилась фундаментом для клеточной теории Шванна.

**Клеточная теория Шванна - Вирхова.** В 1839 г. Теодор Шванн, исходя из генетического принципа, обосновал клеточную теорию всех организмов. Постулаты его теории:

- все ткани состоят из клеток;
- общий принцип развития этих структур;
- самостоятельная жизнедеятельность каждой отдельной клетки. Вальдейер (1909 г.) считал, что «заслуга Шванна заключается не в том, что он открыл клетки как таковые, а в том, что он научил исследователей понимать их значение» [14].

В клеточной теории Шванна впервые была дана обоснованная обобщающая и ведущая идея трактовки строения организма [22]. Она стала общепризнанной и вызвала большой интерес к детальному изучению строения организмов. Карл Рейхерт писал, что «... интерес к ней стал всеобщим и разносторонним после того, как открытие клетки дало основание к планомерному развитию микроскопической анатомии ... »[22]. Единственного пути размножения клетки принадлежит Роберту Ремаку.

Окончательный удар теории цитогенеза был нанесен Рудольфом Вирховым. В 1859 г. Р. Вирхов, основываясь на исследованиях Ремака, пересмотрел и развил клеточную теорию, заменив представление о цитогенезе законом: «всякая клетка от клетки».

В последней трети XIX в. был сделан ряд крупнейших открытий, обогативших цитологическую науку.

В 1871 г. И.Д. Чистяков обнаружил хромосомы, описал способы

деления ядра. А дату появления его классического труда о растительной клетке 1874 г. - следует считать началом развития цитологии в России [21].

1875 г. - Страсбургер подробно описал деление ядра.

1898 г. - В.И. Беляев описал редукционное деление.

1898 г. - С.Г. Навашин открыл явление двойного оплодотворения у покрытосеменных и т. д.

**Основные постулаты современной клеточной теории.** Основные положения клеточной теории Шванна - Вирхова сохранили свое значение и на сегодняшний день.

Основные постулаты современной клеточной теории следующие:

1. Клетка - элементарная единица живого: вне клетки нет жизни. Живому свойствен ряд совокупных признаков: способность к воспроизведению (репродукции), использование и трансформация энергии, метаболизм, чувствительность, изменчивость.

Такую совокупность признаков можно обнаружить на клеточном уровне. Из клетки можно выделить отдельные ее компоненты, даже молекулы, многие из них обладают специфическими функциональными особенностями. Вне клетки работают многие ферменты, выделенные рибосомы в присутствии необходимых факторов могут синтезировать белок и т. д. Все эти клеточные компоненты, структуры обладают лишь частью набора свойств живого. Только клетка как таковая является наименьшей единицей, обладающей всеми взятыми свойствами, отвечающими определению «живое».

Клетки имеют различную морфологию, величину. Встречаются два типа организации клеток: прокариотические - доядерные и эукариотические собственно ядерные (рис. 1.3, 1.4). Несмотря на морфологические отличия про - и эукариотические клетки имеют много общего, что позволяет отнести их к одной, клеточной, системе организации живого (одеты плазматической мембраной, обладающей сходной функцией переноса веществ из клетки и внутрь ее; синтез белка происходит на рибосомах; сходны процессы синтеза РНК, репликация ДНК; похожи биоэнергетические процессы).

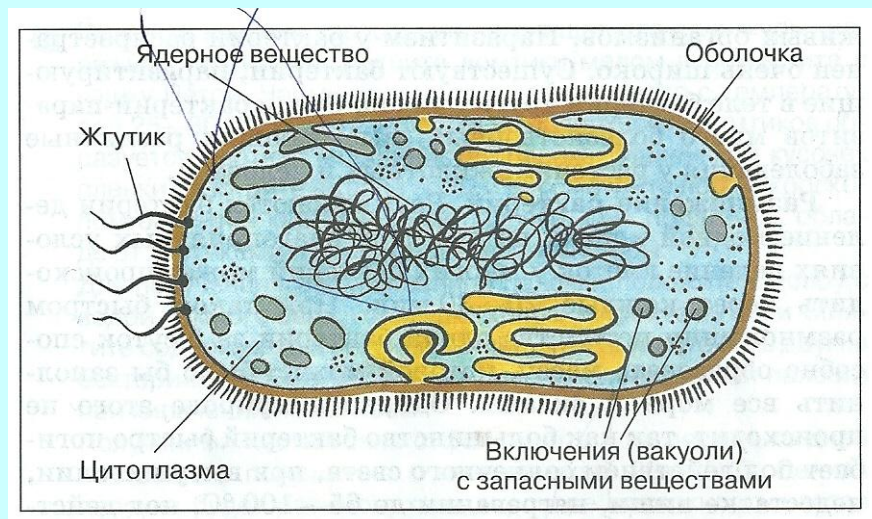


Рис. 1.3. Строение клетки бактерии (из учебника «Биология. Бактерии. Грибы. Растения», Пасечник В. В., 2008.)

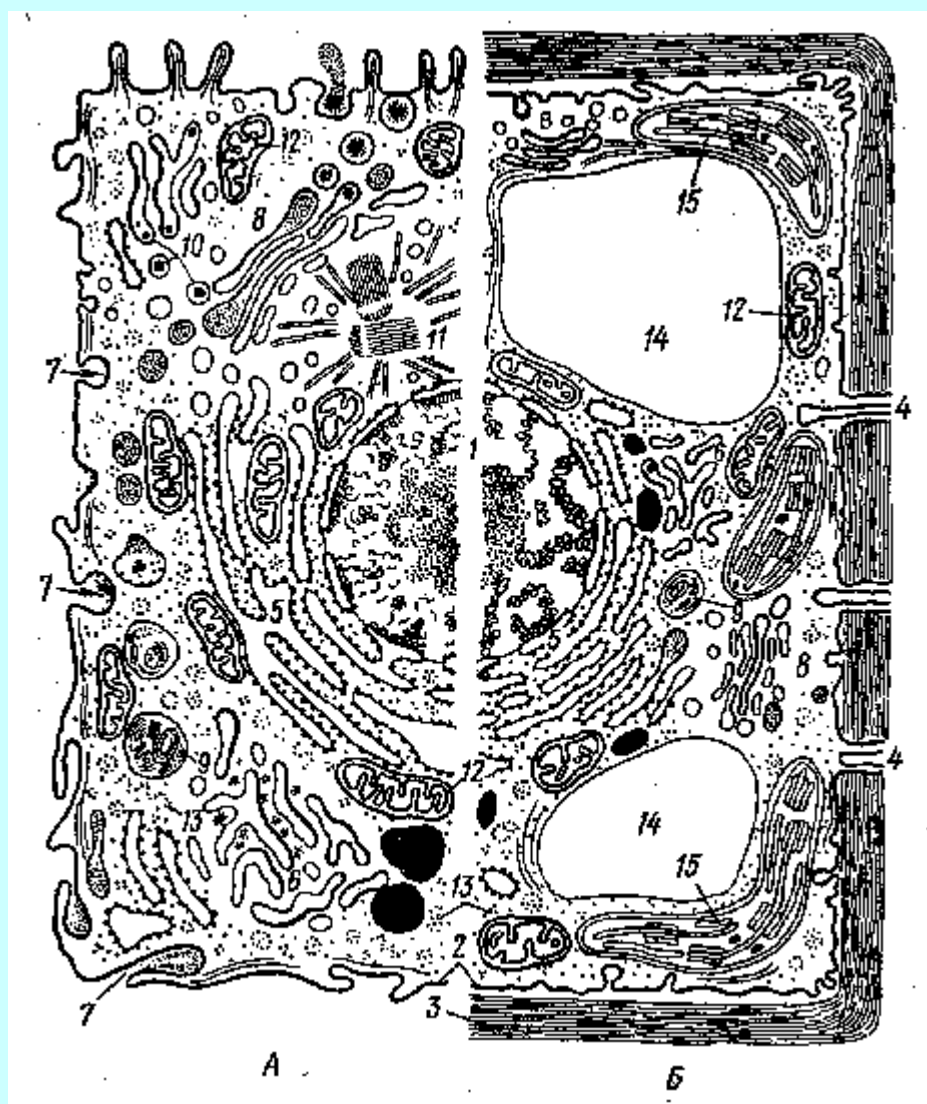


Рис. 1.4. Комбинированная схема строение эукариотической клетки: а - клетка животного; б - растительная клетка; 1 - ядро с хроматином и ядрышками; 2 - цитоплазматическая мембрана; 3 - клеточная стенка; 4 - поры в клеточной стенке, через которые сообщается цитоплазма соседних клеток; 5 - шероховатая эндоплазматическая

сеть; 6 - гладкая эндоплазматическая сеть; 7- пиноцитозная вакуоль; 8 - аппарат Гольджи; 9 - лизосомы; 10 - жировые включения; 11 - клеточный центр; 12 - митохондрия; 13 - рибосомы и полирибосомы; 14 - вакуоль; 15 – хлоропласт. ( Из учебника «Биология», Каменский А. А., 2010)

Ю. С. Ченцов считает, что клетка - это ограниченная активной мембраной, упорядоченная структурированная система биополимеров (белков, нуклеиновых кислот) и их макромолекулярных комплексов, участвующих в единой совокупности метаболических и энергетических процессов, осуществляющих поддержание и воспроизведение всей системы в целом, т. е. клетка - это самоподдерживающаяся и самовоспроизводящаяся система биополимеров.

2. Клетка - единая система, включающая множество закономерно связанных друг с другом элементов, представляющих собой определенное целостное образование, состоящее из сопряженных функциональных единиц органелл или органоидов.

Клетка содержит множество типов внутриклеточных структур, выполняющих разнообразные функции, каждый из которых специализирован на выполнении определенных функций. Каждая из функций обязательна, без выполнения ее клетка не может существовать. Клетку можно «разложить» на ряд компонентов, выполняющих свои функции, но каждая из них представляет собой новую систему или подсистему. Например: ядро - система хранения, воспроизведения и реализации генетической информации и т. д.

3. Клетки гомологичны по строению и по основным свойствам.

Разные клетки растений и животных сходны. Гомологичность строения клеток наблюдается внутри каждого из типов клеток ([1.3](#), [1.4](#)). Гомологичность в строении клеток определяется сходством общеклеточных функций, направленных на поддержание жизни самих клеток и на их размножение. Разнообразие же в строении клеток многоклеточных организмов - это результат функциональной специализации. Например, в нервной клетке кроме общеклеточных компонентов имеются специфические:

наличие длинных и разветвленных клеточных отростков, оканчивающихся специальными структурами, передающими нервные импульсы; в цитоплазме - тигроид; в клеточных отростках - большое количество микротрубочек. Все эти особенности нервной клетки связаны с ее специализацией - передачей нервного импульса.

4. Клетка увеличивается в числе путем деления исходной клетки после удвоения ее генетического материала (ДНК): клетка от клетки.

Размножение прокариотических и эукариотических клеток происходит путем деления исходной клетки, которому предшествует воспроизведение ее генетического материала.

У эукариотических клеток единственно полноценный способ деления митоз или мейоз при образовании половых клеток. При этом образуется клеточное веретено, с помощью которого равномерно по двум дочерним клеткам распределяются хромосомы.

У прокариотических клеток также имеется специальный аппарат деления клеток.

5. Многоклеточный организм представляет собой новую систему, сложный ансамбль из множества клеток, объединенных и интегрированных в системы тканей и органов, связанных друг с другом с помощью химических факторов, гуморальных и нервных (молекулярная регуляция).

Клетка в многоклеточном организме - это единица функционирования и развития. Первоосновой всех реакций целостного организма является клетка.

Рост организма, увеличение его биомассы есть результат размножения клеток и выработки ими разнообразных продуктов.

Поражение клеток, изменение их свойств - это основа для развития заболеваний.

6. Клетки многоклеточных организмов тотипотентны, то есть обладают генетическими потенциями всех клеток данного организма, равнозначны по генетической информации, но отличаются друг от друга разной экспрессией (работой) различных генов, что приводит к их морфологическому и

функциональному разнообразию - к дифференцировке.

Дифференцировка - это результат избирательной активности разных генов в клетке по мере развития многоклеточного организма. Однако в разных клетках одни и те же гены могут находиться или в активном, или в репрессированном состоянии.

Таким образом, исходя из этого можно сделать вывод, что:

- клетка - элементарная единица жизни, основа строения, жизнедеятельности, размножения и индивидуального развития всех организмов. Вне клетки нет жизни (исключение - вирусы).
- Большинство клеток устроено одинаково: покрыто наружной оболочкой - клеточной мембраной и наполнено жидкостью - цитоплазмой. Цитоплазма содержит многообразные структуры - органеллы (ядро, митохондрии, лизосомы и т.д.), которые осуществляют разнообразные процессы.
- Клетка происходит только от клетки.
- Каждая клетка выполняет собственную функцию и взаимодействует с другими клетками, обеспечивая жизнедеятельность организма.
- В клетке нет каких-нибудь особенных элементов, характерных только для живой природы. Это указывает на связь и единство живой и неживой природы.



Приложение 1.

## Модуль 2

### Лекция 3. Строение клеток прокариот и эукариот

#### План лекции:

1. [Строение клеток прокариот](#)
2. [Строение клеток эукариот](#)
3. [Сходства и различия прокариотических и эукариотических клеток.](#)

**Строение клеток прокариот.** По строению клетки живые организмы делят на прокариот и эукариот. Клетки и тех и других окружены плазматической мембраной, снаружи от которой во многих случаях имеется клеточная стенка. Внутри клетки находится полужидкая цитоплазма. Однако клетки прокариот устроены значительно проще, чем клетки эукариот. ([Рис. 2.1](#))

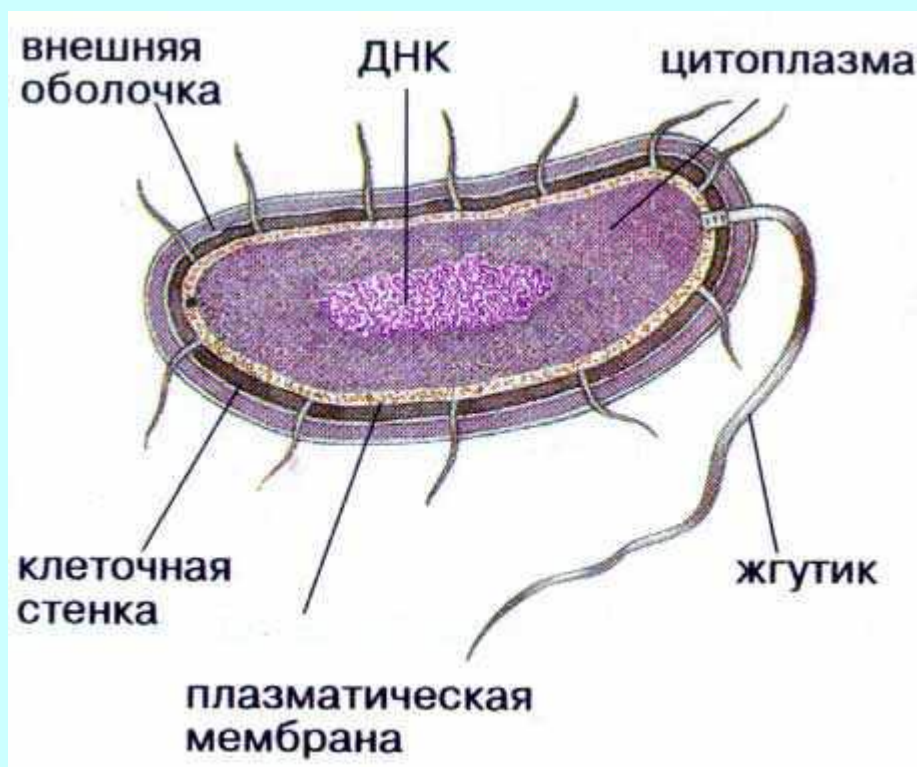


Рис. 2.1. Строение клетки прокариот

Основной генетический материал прокариот (от греч. про – до и карион – ядро) находится в цитоплазме в виде кольцевой молекулы ДНК. Эта молекула (нуклеоид) не окружена ядерной оболочкой, характерной для эукариот, и прикрепляется к плазматической мембране ([рис.2.2](#)). Таким образом, прокариоты не имеют оформленного ядра. Кроме нуклеоида в

прокариотической клетке часто встречается небольшая кольцевая молекула ДНК, называемая плазмидой. Плазмиды могут перемещаться из одной клетки в другую и встраиваться в основную молекулу ДНК.

Некоторые прокариоты имеют выросты плазматической мембраны: мезосомы, ламеллярные тилакоиды, хроматофоры. В них сосредоточены ферменты, участвующие в фотосинтезе и в процессах дыхания. Кроме того, мезосомы ассоциированы с синтезом ДНК и секрецией белка.

Клетки прокариот имеют небольшие размеры, их диаметр составляет 0,3–5 мкм. С наружной стороны плазматической мембраны всех прокариот (за исключением микоплазм) находится клеточная стенка. Она состоит из комплексов белков и олигосахаридов, уложенных слоями, защищает клетку и поддерживает ее форму. От плазматической мембраны она отделена небольшим межмембранным пространством.

В цитоплазме прокариот обнаруживаются только немембранные органоиды рибосомы. По структуре рибосомы прокариот и эукариот сходны, однако рибосомы прокариот имеют меньшие размеры и не прикрепляются к мембране, а располагаются прямо в цитоплазме.

Многие прокариоты подвижны и могут плавать или скользить с помощью жгутиков.

Размножаются прокариоты обычно путем деления надвое (бинарным). Делению предшествует очень короткая стадия удвоения, или репликации, хромосом. Так что прокариоты – гаплоидные организмы.

К прокариотам относятся бактерии и синезеленые водоросли, или цианобактерии. Прокариоты появились на Земле около 3,5 млрд лет назад и были, вероятно, первой клеточной формой жизни, дав начало современным прокариотам и эукариотам.

**Эукариоты** (от греч. эу – истинный, карион – ядро) в отличие от прокариот, имеют оформленное ядро, окруженное ядерной оболочкой – двуслойной мембраной. Молекулы ДНК, обнаруживаемые в ядре, незамкнуты (линейные молекулы). Кроме ядра часть генетической

информации содержится в ДНК митохондрий и хлоропластов. Эукариоты появились на Земле примерно 1,5 млрд лет назад.

В отличие от прокариот, представленных одиночными организмами и колониальными формами, эукариоты могут быть одноклеточными (например, амеба), колониальными (вольвокс) и многоклеточными организмами. Их делят на три больших царства: Животные, Растения и Грибы.

Диаметр клеток эукариот составляет 5–80 мкм. Как и прокариотические клетки, клетки эукариот окружены плазматической мембраной, состоящей из белков и липидов. Эта мембрана работает как селективный барьер, проницаемый для одних соединений и непроницаемый для других. Снаружи от плазматической мембраны расположена прочная клеточная стенка, которая у растений состоит главным образом из волокон целлюлозы, а у грибов – из хитина. Основная функция клеточной стенки – обеспечение постоянной формы клеток. Поскольку плазматическая мембрана проницаема для воды, а клетки растений и грибов обычно соприкасаются с растворами меньшей ионной силы, чем ионная сила раствора внутри клетки, вода будет поступать внутрь клеток. За счет этого объем клеток будет увеличиваться, плазматическая мембрана начнет растягиваться и может разорваться. Клеточная стенка препятствует увеличению объема и разрушению клетки.

У животных клеточная стенка отсутствует, но наружный слой плазматической мембраны обогащен углеводными компонентами. Этот наружный слой плазматической мембраны клеток животных называют гликокаликсом. Клетки многоклеточных животных не нуждаются в прочной клеточной стенке, поскольку есть другие механизмы, обеспечивающие регуляцию клеточного объема. Так как клетки многоклеточных животных и одноклеточные организмы, живущие в море, находятся в среде, в которой суммарная концентрация ионов близка к внутриклеточной концентрации ионов, клетки не набухают и не лопаются. Одноклеточные животные, живущие в пресной воде (амеба, инфузория туфелька), имеют

сократительные вакуоли, которые постоянно выводят наружу поступающую внутрь клетки воду.



Рис. 2.2. Строение эукариотических клеток

**Отличие эукариот от прокариот.** Все живые организмы на земле состоят из клеток. Различают два вида клеток, в зависимости от их организации: эукариоты и прокариоты.

Эукариоты представляют собой надцарство живых организмов. В переводе с греческого языка «эукариот» обозначает «владеющий ядром». Соответственно эти организмы в своем составе имеют ядро, в котором закодирована вся генетическая информация. К ним относятся грибы, растения и животные.

Прокариоты – это живые организмы, в клетках которых ядро отсутствует. Характерными представителями прокариот являются бактерии и цианобактерии.

Время возникновения.

Первыми приблизительно 3,5 миллиарда лет тому назад возникли прокариоты, которые через 2,4 миллиарда лет положили начало развитию эукариотических клеток.

#### Размер.

Эукариоты и прокариоты сильно отличаются по размеру друг от друга. Так диаметр эукариотической клетки — 0,01-0,1 мм, а прокариотической — 0,0005-0,01 мм. Объем эукариота порядка 10000 раз больше, чем объем прокариота.

#### ДНК.

Прокариоты имеют кольцевую ДНК, которая располагается в нуклеоиде. Эта клеточная область отделена от остальной цитоплазмы при помощи мембраны. ДНК никак не связана с РНК и белками, отсутствуют хромосомы.

ДНК эукариотических клеток линейная, располагается в ядре, в котором имеются хромосомы.

#### Клеточное деление.

Прокариоты размножаются в основном простым делением пополам, в то время как эукариоты делятся при помощи митоза, мейоза или сочетанием этих двух способов.

#### Органеллы.

У эукариотических клеток имеются органеллы, характеризующиеся наличием собственного генетического аппарата: митохондрии и пластиды. Они окружены мембраной и имеют способность к размножению посредством деления.

В прокариотических клетках также встречаются органеллы, но в меньшем количестве и не ограниченные мембраной.

#### Фагоцитоз.

Эукариоты, в отличие от прокариот, имеют способность к перевариванию твердых частиц, заключая их в мембранный пузырек. Существует мнение, что эта особенность возникла в ответ на необходимость полноценно обеспечить питанием клетку во много раз большую

прокариотической. Следствием наличия у эукариот фагоцитоза стало появление первых хищников.

Двигательные приспособления.

Жгутики эукариот имеют достаточно сложное строение. Они представляют собой тонкие клеточные выросты, окруженные тремя слоями мембраны, содержащие 9 пар микротрубочек по периферии и две в центре. Имеют толщину до 0,1 микрон и способны изгибаться по всей длине. Кроме жгутиков, для эукариот характерно наличие ресничек. Они по своей структуре идентичны жгутикам, отличаясь только размером. Длина ресничек не более 0,01 микрон.

Некоторые прокариоты также имеют жгутики, однако, очень тонкие, около 20 нанометров в диаметре. Они представляют собой пассивно вращающиеся полые белковые нити.

Таким образом, выделены следующие основные отличия эукариот от прокариот:

Эукариоты в основном многоклеточные организмы, размножающиеся посредством митоза и мейоза. Прокариоты – одноклеточные, размножаются делением надвое.

ДНК прокариот свободно находится в цитоплазме и имеет форму кольца. У эукариот имеется ядро, где и расположена линейная ДНК.

Размеры эукариотической клетки значительно превышают размеры прокариотической, при этом эукариоты характеризуются наличием фагоцитоза, который способствует достаточному питанию клетки.

#### **Лекция 4. Структурные компоненты клетки**

Клетка является структурной и функциональной единицей живых организмов. Многие клетки человеческого организма имеют общее строение: они состоят из ядра и цитоплазмы, отделенных друг от друга и от окружающей среды мембранами. Цитоплазма содержит ряд органелл, различного рода включения, цитоскелет (промежуточные филаменты, микротрубочки, микрофиламенты). Клетка ограничена снаружи плазматической мембраной плазмолеммой [8].

Внутри клетки под плазматической мембраной находятся цитоплазма. Основное вещество цитоплазмы (гиалоплазма) представляет собой концентрированный раствор неорганических и органических соединений, главными компонентами которого являются белки. Это коллоидная система, которая может переходить из жидкого в гелеобразное состояние и обратно. Значительная часть белков цитоплазмы является ферментами, осуществляющими различные химические реакции [13]. В гиалоплазме располагаются органоиды, выполняющие в клетке различные функции. Органоиды могут быть мембранными (ядро, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум, лизосомы, митохондрии, хлоропласты) и немембранными (клеточный центр, рибосомы, цитоскелет).

### **Мембранные органоиды**

Основным компонентом мембранных органоидов является мембрана. Биологические мембраны построены по общему принципу, но химический состав мембран разных органоидов различен. Все клеточные мембраны – это тонкие пленки (толщиной 7–10 нм), основу которых составляет двойной слой липидов (бислой), расположенных так, что заряженные гидрофильные части молекул соприкасаются со средой, а гидрофобные остатки жирных кислот каждого монослоя направлены внутрь мембраны и соприкасаются друг с другом (рис. 2.3.). В бислой липидов встроены молекулы белков (интегральные белки мембраны) таким образом, что гидрофобные части молекулы белка соприкасаются с жирнокислотными остатками молекул липидов, а гидрофильные части экспонированы в окружающую среду. [7] Кроме этого часть растворимых (немембранных белков) соединяется с мембраной в основном за счет ионных взаимодействий (периферические белки мембраны). Ко многим белкам и липидам в составе мембран присоединены также углеводные фрагменты. Таким образом, биологические мембраны – это липидные пленки, в которые встроены интегральные белки.

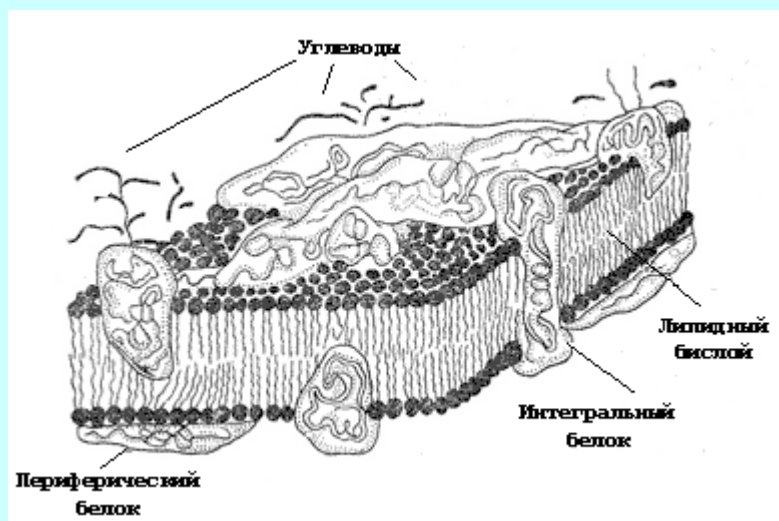


Рис. 2.3.. Структура биологических мембран

Одна из основных функций мембран – создание границы между клеткой и окружающей средой и различными отсеками клетки. Липидный бислой проницаем в основном для жирорастворимых соединений и газов, гидрофильные вещества переносятся через мембраны с помощью специальных механизмов: низкомолекулярные – с помощью разнообразных переносчиков (каналов, насосов и др.), а высокомолекулярные – с помощью процессов экзо- и эндоцитоза ([рис. 2.4.](#)).

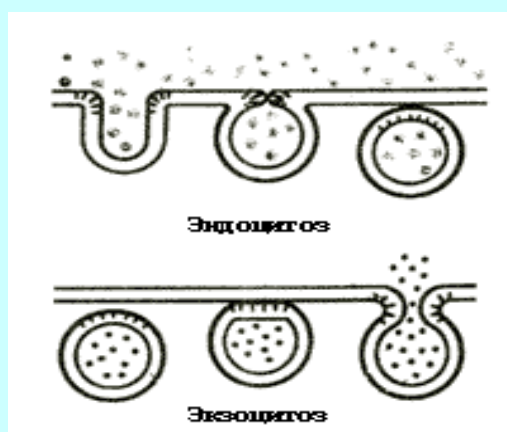


Рис. 2.4. Схема переноса веществ через мембрану

При эндоцитозе определенные вещества сорбируются на поверхности мембраны (за счет взаимодействия с белками мембраны). В этом месте образуется впячивание мембраны внутрь цитоплазмы. Затем от мембраны отделяется пузырек, внутри которого содержится переносимое соединение.

Таким образом, эндоцитоз – это перенос в клетку высокомолекулярных соединений внешней среды, окруженных участком мембраны. Обратный процесс, то есть экзоцитоз – это перенос веществ из клетки наружу. Он происходит путем слияния с плазматической мембраной пузырька, заполненного транспортируемыми высокомолекулярными соединениями. Мембрана пузырька сливается с плазматической мембраной, а его содержимое изливается наружу.

Каналы, насосы и другие переносчики – это молекулы интегральных белков мембраны, обычно образующие в мембране пору.

Кроме функций разделения пространства и обеспечения избирательной проницаемости мембраны способны воспринимать сигналы. Эту функцию осуществляют белки-рецепторы, связывающие сигнальные молекулы. Отдельные белки мембраны являются ферментами, осуществляющими определенные химические реакции.

Ядро – крупный органоид клетки, окруженный ядерной оболочкой и имеющий обычно шаровидную форму. Ядро в клетке одно, и хотя встречаются многоядерные клетки (клетки скелетных мышц, некоторых грибов) или не имеющие ядра (эритроциты и тромбоциты млекопитающих), но эти клетки возникают из одноядерных клеток-предшественников.

Основная функция ядра – хранение, передача и реализация генетической информации. Здесь происходит удвоение молекул ДНК, в результате чего при делении дочерние клетки получают одинаковый генетический материал. В ядре с использованием в качестве матрицы отдельных участков молекул ДНК (генов) происходит синтез молекул РНК: информационных (иРНК), транспортных (тРНК) и рибосомальных (рРНК), необходимых для синтеза белка. В ядре осуществляется сборка субъединиц рибосом из молекул рРНК и белков, которые синтезируются в цитоплазме и переносятся в ядро.

Ядро состоит из ядерной оболочки, хроматина (хромосом), ядрышка и нуклеоплазмы (кариоплазмы).

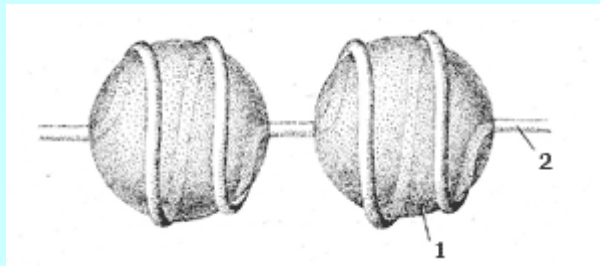
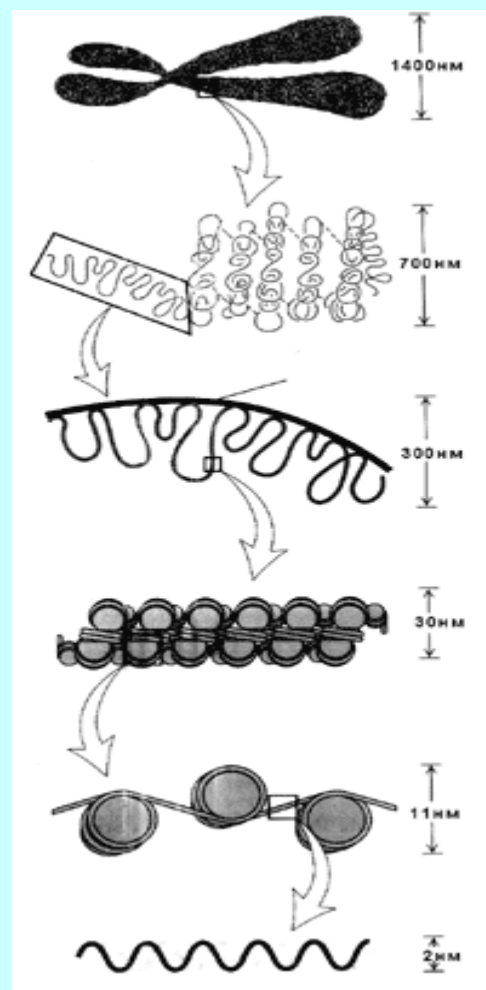


Рис. 2.5. Структура хроматина: 1 – нуклеосома, 2 – ДНК

Под микроскопом внутри ядра видны зоны плотного вещества – хроматина. В неделящихся клетках он равномерно заполняет объем ядра или конденсируется в отдельных местах в виде более плотных участков и хорошо окрашивается основными красителями. Хроматин представляет собой комплекс ДНК и белков ([рис. 2.5](#)), большей частью положительно заряженных гистонов.



### Рис. 2.6. Упаковка молекулы ДНК в хромосоме

Количество молекул ДНК в ядре равно числу хромосом. Количество и форма хромосом являются уникальной характеристикой вида. В состав каждой из хромосом входит одна молекула ДНК, состоящая из двух связанных между собой нитей и имеющая вид двойной спирали толщиной 2 нм. Длина ее значительно превышает диаметр клетки: она может достигать нескольких сантиметров. Молекула ДНК заряжена отрицательно, поэтому сворачиваться (конденсироваться) она может только после связывания с положительно заряженными белками-гистонами ([рис. 2.6](#)).

Сначала двойная нить ДНК закручивается вокруг отдельных блоков гистонов, в каждый из которых входит 8 молекул белка, образуя структуру в виде «бусин на нитке» толщиной около 10 нм. Бусины называются нуклеосомами. В результате формирования нуклеосом длина молекулы ДНК уменьшается примерно в 7 раз. Далее нить с нуклеосомами сворачивается, формируя структуру в виде каната толщиной около 30 нм. Затем такой канат, изогнутый в виде петель, прикрепляется к белкам, образующим основу хромосомы. В результате образуется структура с толщиной около 300 нм. Дальнейшая конденсация этой структуры приводит к образованию хромосомы.

В период между делениями хромосома частично разворачивается. В результате этого отдельные участки молекулы ДНК, которые должны экспрессироваться в данной клетке, освобождаются от белков и вытягиваются, что делает возможным считывание с них информации путем синтеза молекул РНК.

Ядрышко – это тип матричной ДНК, отвечающей за синтез рРНК и собранной в отдельных участках ядра. Ядрышко – наиболее плотная структура ядра, оно не является отдельным органоидом, а представляет собой один из локусов хромосомы. В нем образуется рРНК, которая затем образует комплекс с белками, формируя субъединицы рибосом, которые уходят в цитоплазму.

Негистоновые белки ядра образуют внутри ядра структурную сеть. Она представлена слоем фибрилл, подстилающим ядерную оболочку. К ней прикрепляется внутриядерная сеть фибрилл, к которой присоединены фибриллы хроматина.

Ядерная оболочка состоит из двух мембран: внешней и внутренней, разделенных межмембранным пространством. Внешняя мембрана соприкасается с цитоплазмой, на ней могут находиться полирибосомы, а сама она может переходить в мембраны эндоплазматического ретикулума. Внутренняя мембрана связана с хроматином. Таким образом, ядерная оболочка обеспечивает фиксацию хромосомного материала в трехмерном пространстве ядра.

Оболочка ядра имеет круглые отверстия – ядерные поры ([рис. 2.7.](#)). В области поры внешняя и внутренняя мембраны смыкаются и образуют отверстия, заполненные фибриллами и гранулами. Внутри поры располагается сложная система из белков, обеспечивающих избирательное связывание и перенос макромолекул. Количество ядерных пор зависит от интенсивности метаболизма клетки.

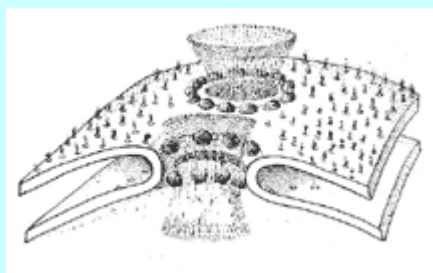


Рис. 2.7. Поры в ядерной мембране

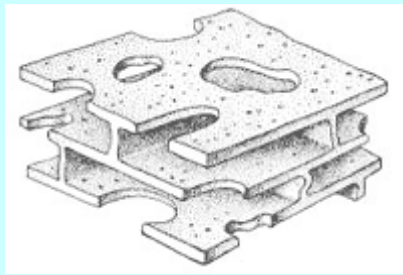


Рис. 2.8. Эндоплазматический ретикулум

Эндоплазматический ретикулум, или эндоплазматическая сеть (ЭПР), представляет собой причудливую сеть каналов, вакуолей, уплощенных мешков, соединенных между собой и отделенных от гиалоплазмы мембраной ([рис. 2.8.](#)).

Различают шероховатый и гладкий ЭПР. На мембранах шероховатого ЭПР находятся рибосомы ([рис. 2.9.](#)), которые синтезируют белки, экскретируемые из клетки или встраивающиеся в плазматическую мембрану. Вновь синтезированный белок сходит с рибосомы и проходит через специальный канал внутрь полости эндоплазматического ретикулума, где он подвергается посттрансляционной модификации, например связыванию с углеводами, протеолитическому отщеплению части полипептидной цепи, образованию S–S-связей между остатками цистеина в цепи. Далее эти белки транспортируются в комплекс Гольджи, где входят либо в состав лизосом, либо секреторных гранул. В обоих случаях эти белки оказываются внутри мембранного пузырька (везикулы).

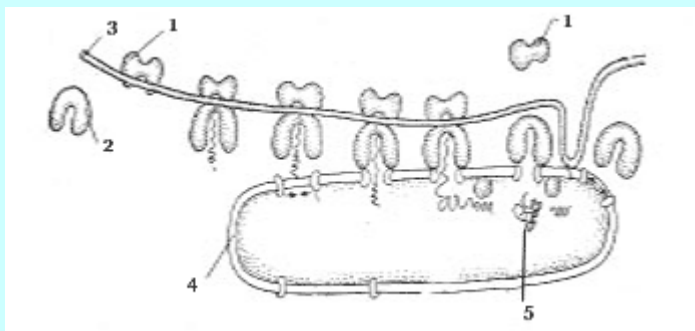


Рис.2.9. Схема синтеза белка в шероховатом ЭПР: 1 – малая и 2 – большая субъединицы рибосомы; 3 – молекула рРНК; 4 – шероховатый ЭПР; 5 – вновь синтезируемый белок

Гладкий ЭПР лишен рибосом. Его основная функция – синтез липидов и метаболизм углеводов. Он хорошо развит, например, в клетках коркового вещества надпочечников, где содержатся ферменты, обеспечивающие синтез стероидных гормонов. В гладком ЭПР в клетках печени находятся ферменты, осуществляющие окисление (детоксикацию) чужеродных для организма гидрофобных соединений, например лекарств.

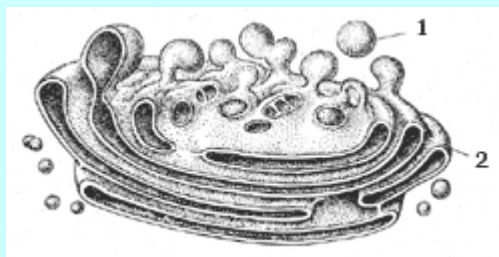


Рис. 2.10. Аппарат Гольджи: 1 – пузырьки; 2 – цистерны

Комплекс Гольджи ([рис. 2.10.](#)) состоит из 5–10 плоских ограниченных мембраной полостей, расположенных параллельно. Концевые части этих дискообразных структур имеют расширения. Таких образований в клетке может быть несколько. В зоне комплекса Гольджи находится большое количество мембранных пузырьков. Часть из них отшнуровывается от концевых частей основной структуры в виде секреторных гранул и лизосом. Часть мелких пузырьков (везикул), переносящих синтезированные в шероховатом ЭПР белки, перемещается к комплексу Гольджи и сливается с ним. Таким образом комплекс Гольджи участвует в накоплении и дальнейшей модификации продуктов, синтезированных в шероховатом ЭПР, и их сортировке.

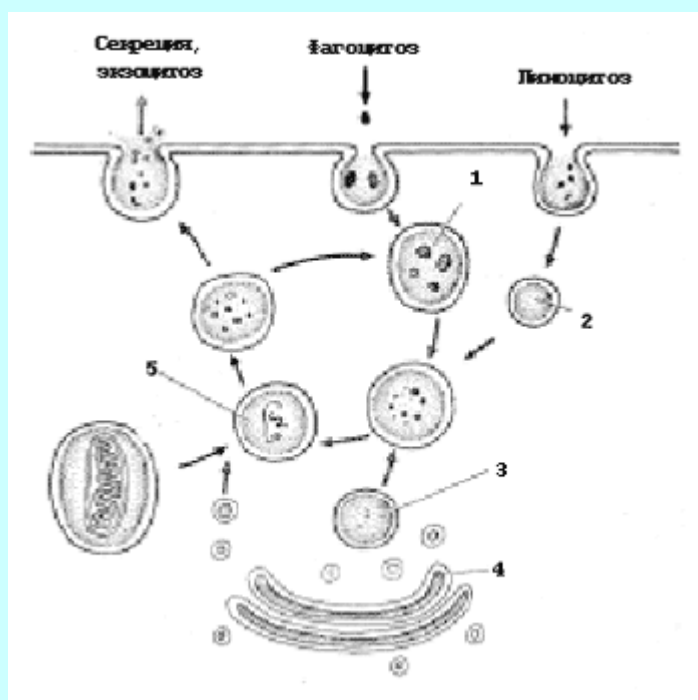


Рис. 2.11. Образование и функции лизосом: 1 – фагосома; 2 – пиноцитозный пузырек; 3 – первичная лизосома; 4 – аппарат Гольджи; 5 – вторичная лизосома.

Лизосомы – это вакуоли ([рис. 2.11.](#)), ограниченные одной мембраной, которые отпочковываются от комплекса Гольджи. Внутри лизосом достаточно кислая среда (рН 4, 9–5, 2). Там располагаются гидролитические ферменты, расщепляющие различные полимеры при кислых рН (протеазы, нуклеазы, глюкозидазы, фосфатазы, липазы). Эти первичные лизосомы сливаются с эндоцитозными вакуолями, содержащими компоненты, которые должны расщепляться. Вещества, попавшие во вторичную лизосому, расщепляются до мономеров и переносятся через мембрану лизосомы в гиалоплазму. Таким образом, лизосомы участвуют в процессах внутриклеточного переваривания.

Митохондрии окружены двумя мембранами: наружной, отделяющей митохондрию от гиалоплазмы, и внутренней, отграничивающей ее внутреннее содержимое. Между ними располагается межмембранное

пространство шириной 10–20 нм. Внутренняя мембрана образует многочисленные выросты (кristы). В этой мембране располагаются ферменты, обеспечивающие окисление образовавшихся за пределами митохондрий аминокислот, сахаров, глицерина и жирных кислот (цикл Кребса) и осуществляющие перенос электронов в дыхательной цепи (схема). За счет переноса электронов по дыхательной цепи с высокого на более низкий энергетический уровень часть освобождающейся свободной энергии запасается в виде АТФ – универсальной энергетической валюты клетки. Таким образом, основная функция митохондрий – это окисление различных субстратов и синтез молекул АТФ.

Внутри митохондрии находится кольцевая молекула ДНК, которая кодирует часть белков митохондрии. Во внутреннем пространстве митохондрий (матриксе) находятся рибосомы, похожие на рибосомы прокариот, которые и обеспечивают синтез этих белков [7].

Тот факт, что митохондрии имеют свою кольцевую ДНК и прокариотические рибосомы, привел к возникновению гипотезы, согласно которой митохондрия является потомком древней прокариотической клетки, когда-то попавшей внутрь эукариотической и в процессе эволюции взявшей на себя отдельные функции.

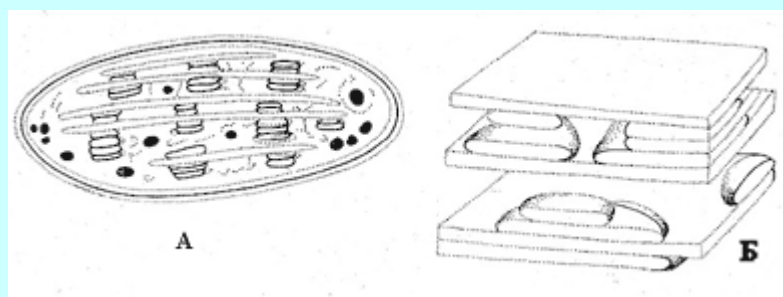


Рис. 2.12. Хлоропласты (А) и тилакоидные мембраны (Б)

Пластиды – органоиды растительной клетки, которые содержат пигменты. В хлоропластах содержится хлорофилл и каротиноиды, в хромопластах – каротиноиды, в лейкопластах пигментов нет. Пластиды окружены двойной мембраной. Внутри них располагается система мембран, имеющая форму плоских пузырьков, называемых тилакоидами ([рис. 2.12.](#)). Тилакоиды уложены в стопки, напоминающие стопки тарелок. Пигменты встроены в мембраны тилакоидов. Их основная функция – поглощение света, энергия которого с помощью ферментов, встроенных в мембрану тилакоида, преобразуется в градиент ионов  $H^+$  на мембране тилакоида. Как и митохондрии, пластиды имеют собственную кольцевую ДНК и рибосомы прокариотического типа. По-видимому, пластиды также являются прокариотическим организмом, живущим в симбиозе с клетками эукариот.

Рибосомы – это немембранные клеточные органоиды, встречающиеся как в клетках про-, так и эукариот. Рибосомы эукариот больше по размеру, чем прокариотические, их размер составляет 25x20x20 нм. Состоит рибосома из большой и малой субъединиц, прилегающих друг к другу. Между субъединицами в функционирующей рибосоме располагается нить иРНК.

Каждая субъединица рибосомы построена из рРНК, плотно упакованной и связанной с белками. Рибосомы могут располагаться в цитоплазме свободно или быть связанными с мембранами ЭПР. Свободные рибосомы могут быть единичными, но могут образовывать полисомы, когда на одной нити иРНК располагается последовательно несколько рибосом. Основная функция рибосом – синтез белка.

Цитоскелет – это опорно-двигательная система клетки, включающая белковые нитчатые (фибриллярные) образования, являющиеся каркасом клетки и выполняющие двигательную функцию. Структуры цитоскелета динамичны, они возникают и распадаются. Цитоскелет представлен тремя типами образований: промежуточными филаментами (нити диаметром 10 нм), микрофиламенты (нити диаметром 5–7 нм) и микротрубочками. Промежуточные филаменты – неветвящиеся белковые структуры в виде нитей, часто расположенные пучками. Их белковый состав различен в разных

тканях: в эпителии они состоят из кератина, в фибробластах – из виментина, в мышечных клетках – из десмина. Промежуточные филаменты выполняют опорно-каркасную функцию.

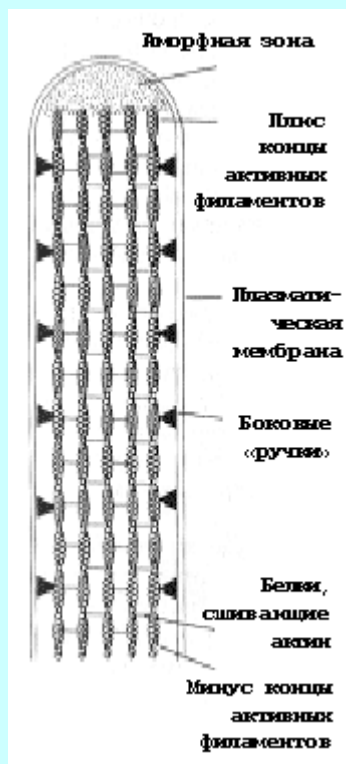


Рис. 2.13. Строение микроворсинки животной клетки (кишечного эпителия)

Микрофиламенты – это фибриллярные структуры, расположенные непосредственно под плазматической мембраной в виде пучков или слоев. Они хорошо видны в ложноножках амебы, в движущихся отростках фибробластов, в микроворсинках кишечного эпителия ([рис. 2.13.](#)). Микрофиламенты построены из сократительных белков актина и миозина и являются внутриклеточным сократительным аппаратом.

Микротрубочки входят в состав как временных, так и постоянных структур клетки. К временным относится веретено деления, элементы цитоскелета клеток между делениями, а к постоянным – реснички, жгутики и центриоли клеточного центра. Микротрубочки – это прямые полые цилиндры с диаметром около 24 нм, их стенки образованы округлыми молекулами белка тубулина. Под электронным микроскопом видно, что сечение микротрубочки образовано 13 субъединицами, соединенными в

кольцо. Микротрубочки присутствуют в гиалоплазме всех эукариотических клеток. Одна из функций микротрубочек – создание каркаса внутри клеток. Кроме того, по микротрубочкам, как по рельсам, перемещаются мелкие везикулы.

Клеточный центр состоит из двух центриолей, расположенных под прямым углом друг к другу и связанных с ними микротрубочек. Эти органеллы в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления. Основой центриоли являются расположенные по окружности 9 триплетов микротрубочек, образующих полый цилиндр, шириной 0,2 мкм и длиной 0,3–0,5 мкм. При подготовке клеток к делению центриоли расходятся и удваиваются. Перед митозом центриоли участвуют в образовании микротрубочек веретена деления. Клетки высших растений не имеют центриолей, но у них есть аналогичный центр организации микротрубочек.

### **Модуль 3**

#### **Лекция 5. Жизненный цикл клетки. Митоз. Мейоз.**

##### **План лекции:**

1. [Организация митоза и мейоза](#)
2. [Мейоз](#)
3. [Второе мейотическое деление](#)
4. [Регуляция деления клетки](#)

**Организация митоза и мейоза.** Для равномерного распределения наследственного материала между дочерними клетками необходима его предварительная упаковка в небольшое число структурных единиц - хромосом. В хромосомах, число которых постоянно для каждого вида, находится дискретный материальный носитель генов. В начале митоза каждая хромосома состоит из двух нитей - хроматид, несущих идентичный генетический материал. На протяжении митоза происходит продольное расщепление хромосом, с последующим расхождением хроматид к полюсам клетки (превращением их в дочерние хромосомы). Именно эти два события составляют сущность митоза и обеспечивают равномерное распределение

генетического материала между дочерними клетками. для перемещения хромосом в материнской клетке существует механизм, обеспечивающий временную и пространственную хореографию клеточных компонентов, называемый митозом (от греч. «mitos») - нить).

Весь процесс митоза ([рис. 3.1.](#)) можно подразделить на две части:

- формирование механизма. В его состав входит ахроматиновый аппарат, включающий centrosомы и микротрубочки веретена, состоящие из белка тубулина, которые соединяются через кинетохоры (от греч. «kinetikos» - двигать и «choreia» - пляска) с хромосомами. Совокупность ахроматинового аппарата и хромосом называют митотическим аппаратом;
- перемещение хромосом к полюсам клетки. Кульминацией митоза является метафаза - стадия, когда митотический аппарат сформирован, и хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки.

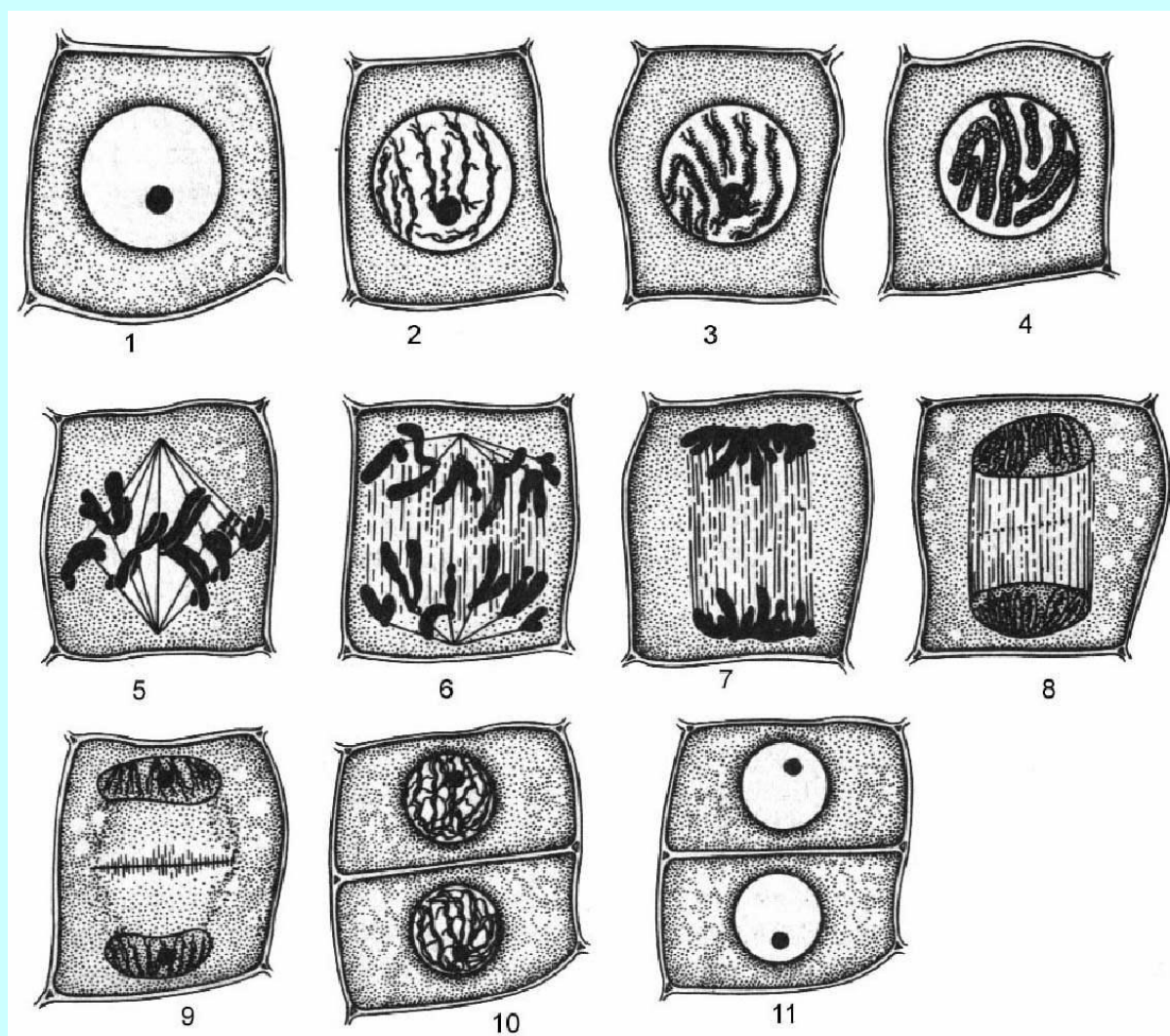


Рис. 3.1. Фазы митоза и цитокинез в кончике корня лука (схема): 1 - интерфаза;

2,3,4, - профазы; 5 - метафаза; 6 - анафаза; 7, 8,9 - телофаза; 10 - циток:инез; 11 - дочерние клетки

Профаза - конденсация хромосом и образование веретена. Прометафаза - расхождение центросом к полюсам клетки и начало перемещения хромосом (метакинез). Анафаза - движение хромосом к полюсам. Телофаза - деление клетки.

Следует обратить внимание на то, что митоз представляет собой единый и непрерывный процесс и границы между отдельными его этапами не всегда могут быть выявлены. Кроме того, у некоторых биологических объектов детали митоза могут варьировать, общий же план митоза остаётся одинаковым для всех видов. Митоз - классическое проявление философского принципа «единства во множестве, или тождества в многообразии», когда у всех эукариотов сходен не только конечный результат (деление клетки), но и составляющие ступени процесса а (фазы митоза).

**Мейоз** (от греч. «meiosis» - уменьшение). Это редукционное деление клетки, приводящее к уменьшению вдвое числа хромосом (с диплоидного набора до гаплоидного,  $2n \sim 1n$ ). Поскольку жизнь организма, возникшего в результате полового процесса, начинается со слияния двух половых клеток яйцеклетки и сперматозоида, то возникает вопрос, как поддерживается диплоидный набор хромосом и почему он не увеличивается. Если бы это происходило в каждом новом поколении, то очень быстро число хромосом в соматических клетках достигло бы нереального числа. В 1887 г. немецкий биолог Август Вейсман выдвинул гипотезу о сохранности стабильного диплоидного набора хромосом в соматических клетках. Согласно его представлениям при образовании половых клеток (гамет) количество хромосом сокращается наполовину, что и получило в дальнейшем полное подтверждение. Процесс образования половых клеток занимает два клеточных цикла, называемых мейотическое деление I и мейотическое деление II, в котором отсутствует предварительный синтез ДНК. Ещё один важный отличительный момент мейоза -это наличие в первом мейотическом делении генетического процесса, характеризующегося обменом участками

между гомологичными хромосомами И получившего название кроссинговера (от англ. «crossing - перекрёст, перехлест»), приводящего к рекомбинации генов .. Во время профазы мейоза 1 в световой микроскоп уже видны двойные хромосомы (каждая хромосома состоит из двух хроматид, связанных вместе одной центросомой). Вся профаза мейоза 1 довольно сложная и состоит из нескольких стадий.

1. Лептотена - стадия тонких нитей (начало формирования хромосом).

На этой стадии теломерные участки хромосом у некоторых животных формируют хромоцентр, из которого как бы разворачивается «букет» нитей и начинает выявляться отличительный процесс мейоза - конъюгация гомологичных хромосом, их сближение, которое охватывает сначала теломерные участки, связанные с ядерной оболочкой, а также центромерные участки. В этих местах образуется тяж белковой природы - синаптонемный (синаптонемальный) комплекс, который позже в зиготене свяжет гомологичные хроматиды по всей длине.

2. Зиготена - стадия конъюгирующих нитей (синапсис), к этому времени уже двойных в результате прошедшего в S-фазе синтеза ДНК. На стадии зиготены начинают формироваться новые хромосомные ансамбли, получившие название бивалентов (парные соединения удвоенных гомологичных хромосом, т.е. образования, состоящие из четырех хроматид). Число бивалентов равно гаплоидному набору хромосом. Этот порядок объединения сохраняется и на следующей стадии - пахитены. Зиготенная стадия отличается ещё одним уникальным событием - синтезом специфической ДНК, получившей название z-ДНК (занимает 0,3 % от общей длины ДНК), которая и обеспечивает в определённых участках начало конъюгации хромосом, скорее всего, ещё в G<sub>2</sub>-периоде. Эти «узнающие друг друга» связи затем замещаются синаптонемными комплексами.

3. Пахитена - стадия толстых нитей (стадия спирализации вокруг друг друга парных гомологов), когда происходит окончательное сближение бивалентов. На этой стадии происходит второе специфическое для мейоза явление - кроссинговер - взаимный обмен

идентичными участками хромосом. Кроме того, на этих первых трёх стадиях на хромосомах хорошо видны хромомеры и начинается избирательная активация транскрипционных процессов (активируются некоторые хромомеры, и хромосомы приобретают вид «ламповых щёткой», или «ёршиков»). На этой стадии осуществляется также амплификация рибосомных генов, что приводит к появлению дополнительных ядрышек. Все эти изменения хорошо видны на следующей стадии диплотены.

4. Диплотена - стадия двойных нитей, когда хромосомы уже превратились в результате рекомбинации в отличные от исходных гомологов. На этой стадии хорошо видны хиазмы или перекрёсты - участки, ещё связывающие расходящиеся хромосомы и становящиеся видимыми в результате отталкивания гомологов друг от друга, которое обычно начинается в зоне центромер. В зоне хиазм видно, что в перекрёст вовлекаются только две хроматиды из четырёх - по одной из каждого гомолога. На этой стадии продолжается транскрипционная активность хромосом, что совпадает с ростом формирующихся половых клеток (особенно ооцитов). В это время клетка синтезирует и запасает белки, необходимые для ранних этапов развития зародыша.

5. Диакинез - стадия потери ядрышек, укорочения бивалентов и расхождения нитей.

Все эти стадии по сравнению с профазой митоза намного продолжительнее по времени протекания. Следующая стадия - метафаза мейоза 1, когда биваленты выстраиваются в экваториальной плоскости веретена. А затем в анафазе мейоза 1, в отличие от митоза, расходятся не сестринские хроматиды, а гомологичные хромосомы, состоящие из двух сестринских хроматид. Расхождение по дочерним клеткам хромосом из пар происходит совершенно случайно, что вкупе с кроссинговером повышает генетическое разнообразие клеток по хромосомам, но не по аллельным генам, которое уменьшается в два раза (т.е. в каждом хромосомном наборе нет аллельных генов).

**Второе мейотическое деление.** Вслед за телофазой мейоза 1 следует короткая интерфаза без синтеза ДНК и клетки приступают ко второму делению, которое по морфологии и последовательность событий не отличается от митоза. Парные сестринские хроматиды, связанные в центромерных участках, проходят профазу, метафазу, а в анафазе они разъединяются и расходятся в дочерние клетки. Таким образом, появляются клетки с гаплоидным содержанием ДНК. Поэтому именно второе деление мейоза в цитологическом, а не в генетическом смысле является редукционным. В результате всего процесса мейоза из одной диплоидной клетки в результате случайного распределения хромосом образуются четыре гаплоидных клетки, различающиеся генетически.

Завершающий этап мейоза для мужских и женских гонцитов протекает различным способом. При мейозе сперматогониев возникают четыре одинаковых по размеру сперматоцита, затем дифференцирующихся в сперматозоиды. При мейозе оогоний уже в первое деление созревания (мейоз 1) от большого ооцита отделяется мелкая клетка - направительное тельце. Этот же процесс повторяется при втором делении мейоза. В результате возникает крупная яйцеклетка и три мелких направительных тельца, которые дегенерируют.

Понятие о мейототическом цикле и его периодах. В течение долгого времени основным объектом изучения процесса митотического деления клеток служили синхронно делящиеся ядра животных с быстро протекающими митозами, где вслед за телофазой почти сразу следовала профазу, митотический цикл нередко отождествляли с самим митозом. Но поскольку в других клетках после окончания митоза следует более или менее продолжительный подготовительный период, то он получил название интерфазы (первоначально - интеркинеза). Первыми, кто смог разобраться в том, что из себя представляет интерфаза, были Альма Говард и Стивен Пелк (Штефан Пельц) - сотрудники радио биологической лаборатории Хаммерсмитовского госпиталя в Манчестере (1953 г.). Говард и Пелка установили дискретность репликации ДНК в митотическом цикле,

опровергли представление об инертности клетки в интерфазе. С их работы началось изучение истории отдельных клеток с их жизненными периодами.

Общие закономерности клеточного цикла. Представление о клеточном цикле с течением времени претерпевало изменения. Вначале под клеточным циклом подразумевали весь цикл клетки от момента её возникновения до гибели, включая периоды дифференцировки и другие физиологические состояния. Постепенно понятие клеточный цикл стали использовать как синоним митотического, или пролиферативного, цикла с его четырьмя периодами. В настоящее время клеточный цикл обозначают как интервал между завершением митоза в исходной клетке и завершением митоза в её дочерней клетке. Время, необходимое для прохождения клеткой одного цикла, получило название «времени генерации». В физиологическом отношении клеточный цикл подразумевает последовательность хронологически связанных событий, происходящих в клетке, как во время подготовки клетки к делению, так и в самом митозе. Установлено, что суммарная длительность периодов  $S$ ,  $G_2$  и митоза остаётся сравнительно постоянной, а вариабельность клеточного цикла, главным образом, зависит от продолжительности пресинтетического периода  $G_1$ . Установлено, что многие реальные клеточные популяции содержат значительную долю клеток, которые вообще не участвуют в митотическом цикле. Отношение пролиферирующих клеток к общему числу клеток в популяции получило название «фракции роста» или «пролиферативного пула». В 1963 г. высказано предположение, что по окончании митоза клетка совсем не обязательно вступает в пресинтетический период  $G_1$ , а может выйти в состояние «вне цикла», из которого при необходимости она вновь может вернуться в цикл под влиянием адекватного стимула. К такому заключению скелет клеток, который претерпевает сильную реорганизацию при переходе клеток в состояние покоя. В целом в покоящихся клетках количество белка снижается вдвое.

**Регуляция деления клетки** ([Приложение 2.](#)). для объяснения механизма поддержания синхронного размножения клеток в эмбриогенезе

Ньюпортом и Киршнером была предложена гипотеза автономного осциллятора. Согласно гипотезе, клеточный цикл в дробящихся яйцах лягушки управляется механизмом автономного осциллятора, ключевым элементом которого служит фактор созревания - MPF (maturation promoting factor, или mitosis promoting factor), содержащийся в неоплодотворённых яйцах.

В начале 90-х гг. XX в. произошёл подлинный прорыв знаний в изучении регуляторных механизмов размножения клеток. Была доказана общность молекулярно-генетических регуляторных механизмов деления клеток у всех эукариотов - от дрожжей до человека. Родилась крупнейшая объединяющая теория в биологии последних десятилетий. Показано, что MPF состоит из двух субъединиц: каталитической - протеинкиназы (Cdk) и регуляторной - циклина.

Установлено, что в процессе эмбрионального развития лягушки митотические циклины (А и В) аккумулируются в клетке на протяжении интерфазы и в дальнейшем разрушаются в прометафазе митоза, причем деградация циклина А опережает деградацию циклина В. Показано, что в отличие от всех остальных белков, содержание которых нарастает равномерно с увеличением массы эмбриона, уровень циклинов осциллирует по принципу «зубцов пилы». Для завершения митоза необходима деградация циклинов А и В под влиянием протеолитических ферментов, входящих в состав протеосом и зависящих от убиквитинов - малых белковых молекул, активирующих целенаправленный протеолиз. Убиквитин - небольшой белок, присоединяющийся к белкам, подлежащим утилизации, например, неправильно свёрнутым. Процесс присоединения убиквитина к молекуле белка не одноактный. Вслед за первой молекулой присоединяется вторая, затем третья и так до тех пор, пока на конце утилизируемой молекулы не образуется цепочка - «чёрная метка». Она служит сигналом для протеосомы - комплексу протеолитических ферментов, расщепляющих дефектную молекулу. В действительности процесс активации и инактивации MPF регулируется значительно более совершенным образом, а именно,

тончайшим балансом между активностью протеинкиназ и фосфатаз с включением механизмов положительной и отрицательной обратной связи.

## Приложение 2.



### **3.3. Лабораторные работы**

*Лабораторная работа №1. «Устройство микроскопа и правила работы с ним»*

*Лабораторная работа №2. «Плазмолиз и деплазмолиз в клетках кожицы лука.»*

*Лабораторная работа №3: «Рассматривание клеток растений, грибов и животных под микроскопом?»*

**Лабораторная работа №1.**

**«Устройство микроскопа и правила работы с ним»**

**Цель:** ознакомиться со строением микроскопа и сформировать навыки практической работы с увеличительным прибором.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, бумажные салфетки, листья герани или другого растения.

**Методические рекомендации:**

Микроскоп ([рис 3.1.](#)) – сложный оптический прибор, который используется для изучения внутреннего строения органов и тканей. В

микроскопе различают три системы: оптическую, осветительную, механическую. Оптическая система состоит из сменных окуляров и объективов, соединенных полой трубкой – тубусом. Окуляр вставляется в отверстие тубуса, объективы ввинчиваются в особое подвижное соединение – револьвер.



Механическая система представлена подставкой, штативом с винтами. Используя винты, можно поднимать и опускать тубус, и следовательно, добиваться резкого изображения изучаемого предмета. В центре предметного столика есть отверстие, через которое направляется поток света к объекту. При помощи зажимов предметное стекло плотно прижимается к предметному столику [25].

*Оптическая часть микроскопа.* Состоит из осветительной и наблюдательной систем. Осветительная система равномерно освещает поля зрения. Наблюдательная система предназначена для увеличения изображения наблюдаемого объекта. Объективы составляют самую важную, наиболее ценную и хрупкую часть микроскопа. От них зависит увеличение, разрешающая способность и качество изображения. Они представляют собой систему взаимно центрированных линз, заключенных в металлическую оправу. Окуляр микроскопа состоит из двух линз: глазной (верхней) и

собирающей (нижней). Между линзами находится диафрагма. Боковые лучи диафрагма задерживает, близкие к оптической оси пропускает, что усиливает контрастность изображения. Назначение окуляра состоит в увеличении изображения, которое дает объектив. Окуляры имеют собственное увеличение  $\times 5$ ,  $\times 10$ ,  $\times 12.5$ ,  $\times 16$  и  $\times 20$ , что указано на оправе.

*Осветительная система* состоит из конденсора с диафрагмой, которая регулирует поток света, направленного к объекту.

#### *Правила работы с сухими объективами.*

Приготовленный препарат помещают на предметный столик и закрепляют зажимом. С помощью сухого объектива с увеличением  $\times 10$  просматривают несколько полей зрения. Передвигают предметный столик боковыми винтами. Нужный для исследования участок препарата устанавливают в центре поля зрения. Поднимают тубус и вращением револьвера переводят объектив с увеличением  $\times 40$ , наблюдая сбоку, макрометрическим винтом снова опускают тубус с объективом почти до соприкосновения с препаратом. Смотрят в окуляр, очень медленно поднимают тубус до появления контуров изображения. Точную фокусировку производят с помощью микрометрического винта, вращая его в ту или другую сторону, но не более чем на один полный оборот. Если при вращении микрометрического винта чувствуется сопротивление, значит, ход его пройден до конца. В этом случае поворачивают винт на один-два полных оборота в обратную сторону, снова находят изображение при помощи макрометрического винта и переходят к работе с микрометрическим винтом. Полезно приучить себя при микроскопировании держать оба глаза открытыми и пользоваться ими попеременно, так как при этом меньше утомляется зрение [5].

#### *Ход работы:*

1. Установить микроскоп в удобное положение перед собой так, чтобы справа можно было расположить тетрадь.

2. Чистой х.б. салфеткой протереть линзы окуляра, объектива, конденсора и зеркало.

3. Установить окуляр и объектив.
4. Проверить, открыта ли диафрагма.
5. Вращая макровинт, установить тубус в таком положении, чтобы расстояние от линзы до объекта было не более 1 см.
6. Поворачивая зеркало, добиться равномерного освещения поля зрения.
7. Поместить препарат на предметный столик микроскопа и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи винта до тех пор, пока расстояние не станет 4-5 мм.
8. Медленно поворачивая макровинт, добиться резкого изображения объекта.
9. Закончив работу, чистой х.б. салфеткой протереть все линзы, микроскоп убрать в специальный футляр.
10. Зарисовать микроскоп и подписать его части.

В ходе выполненной лабораторной работы учащиеся должны знать устройство микроскопа и правила работы с ним. Должны научиться работать как световым, так и электронным микроскопами.

Данный ЭОР апробировали на уроках биологии в Агролицее РТ. После проведенных уроков с использованием ЭОР, мы провели анкетирование (анкета в приложении 4), которое показало, что ученикам понравились эти уроки, а так же при выполнении самостоятельной работы они пользовались ЭОР, в котором больше всего обращались к рисункам и их пояснениям.

Таким образом, разработанный нами ЭОР мы можем рекомендовать для использования на уроках биологии.

## **Лабораторная работа № 2. Плазмолиз и деплазмолиз в клетках кожицы лука.**

**Цель:** познакомиться с основным свойством мембраны её полупроницаемостью.

**Оборудование:** микроскоп, предметное и покровное стекла, препаровальная игла, пинцет, скальпель, пипетка, лабораторная посуда, раствор йода, раствор поваренной соли, вода.

### Ход работы:

1) .Приготовить препарат кожицы чешуи лука. 1). Протереть предметное стекло.

2). Пипеткой на предметное стекло поместить 1-2 капли воды.

3). Снять кожицу с белой чешуи лука и поместить в каплю воды на предметное стекло. 4). Расправить кожицу препаровальной иглой. 5). Окрасить кожицу лука каплей раствора йода. 6). Накрыть препарат покровным стеклом так, чтобы под ним не осталось пузырьков воздуха. 7). Установить приготовленный препарат на предметный столик микроскопа.

8). Рассмотреть и зарисовать многоклеточное строение кожицы чешуи лука, подписать видимые органоиды клетки.

2. Провести и пронаблюдать плазмолиз и деплазмолиз.

1). Снять препарат со столика микроскопа, на предметное стекло вплотную к покровному стеклу нанести каплю раствора поваренной соли.

2). С противоположной стороны покровного стекла, также вплотную к нему, поместить полоску фильтрованной бумаги, которой оттягивается вода до тех пор, пока раствор соли, войдя под покровное стекло, полностью не заместит ее.

Через некоторое время начнется плазмолиз. ([рис. 3.2.](#))

3). Затем, не снимая покровного стекла, оттянуть фильтрованной бумагой плазмолизирующий раствор и заменить его водой, наступит деплазмолиз.

4). Зарисовать несколько клеток с разной формой плазмолиза. Сделать необходимые подписи к рисунку ([рис 3.3.](#))

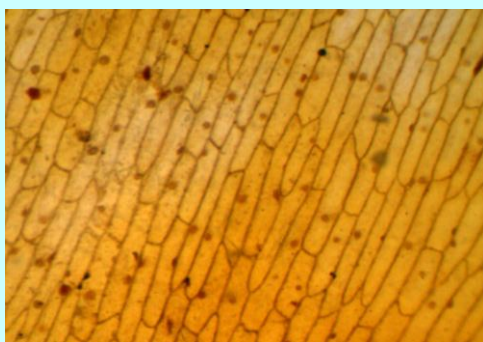


Рис. 3.2.

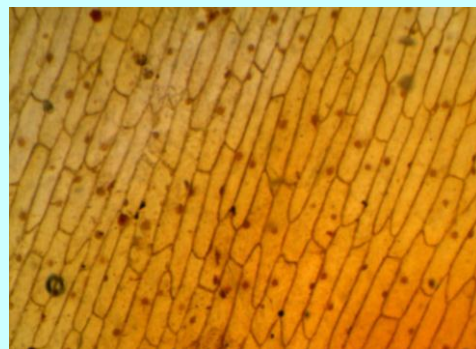


Рис. 3.3.

3. Сделать вывод: о чем свидетельствует изменение состояния

цитоплазмы в клетке, помещенной в воду и раствор поваренной  
затем вода на клетку?

Плазмолиз - это отделение пристеночного слоя цитоплазмы от твердой оболочки растительной клетки вследствие утраты ею воды. Данный процесс обратим. Увеличение объема цитоплазмы до исходного уровня называют деплазмолизом.

Для плазмолиза используют гипертонический раствор физиологически безвредного вещества.

Динамика плазмолиза следующая: сначала этим процессом охватываются крайние клетки среза, а затем - остальные, протопласт сжимается и отходит от клеточных стенок.

Причина плазмолиза - диффузия воды через перегородку в сторону раствора с более высокой концентрацией из области раствора с более низкой концентрацией.

В клетках кожицы лука цитоплазма обладает большой вязкостью, поэтому сначала будет наблюдаться вогнутый плазмолиз: цитоплазма отстанет от клеточных стенок неравномерно (только в некоторых углах и на некоторых участках), а затем он перейдет в выпуклый плазмолиз. Причем цитоплазма в вытянутых, дифференциальных клетках может распадаться на несколько комочков, часто связанных между собой тяжами цитоплазмы. После слишком длительного (глубокого) плазмолиза деплазмолиз не происходит, т.к. нарушается проницаемость мембран. Для деплазмолиза необходимо заменить гипертонический раствор на гипотонический, или воду.

### **Лабораторная работа № 3**

#### **“Рассматривание клеток растений, грибов и животных под микроскопом”**

Цель: рассмотреть клетки различных организмов и их тканей под микроскопом (вспомнив при этом основные приемы работы с микроскопом), вспомнить основные части, видимые в микроскоп и сравнить строение клеток растительных, грибных и животных организмов.

Оборудование: микроскопы, готовые микропрепараты растительной (кожица чешуи лука), животной (эпителиальная ткань – клетки слизистой ротовой полости), грибной (дрожжевые или плесневые грибы) клеток, таблицы о строении растительной, животной и грибной клеток.

Работа в классе естественнонаучного направления может проводиться не на готовых микропрепаратах, а на приготовленных, а для этого: чашки Петри, луковица, лабораторные ножи, пинцеты, пипетки, стеклянные мазевые ложечки, выращенная культура плесневого гриба пеницилла или мукора.

#### **Ход работы:**

1. рассмотрите под микроскопом приготовленные (готовые) микропрепараты растительных и животных клеток.
2. зарисуйте по одной растительной и животной клетке. Подпишите их основные части, видимые в микроскоп.
3. сравните строение растительной, грибной и животной клеток. Сравнение провести при помощи сравнительной таблицы. Сделайте вывод о сложности их строения.
4. сделайте вывод, опираясь на имеющиеся у вас знания, в соответствии с целью работы.
5. Вспомните требования к составлению сравнительной таблицы! О чем свидетельствует сходство клеток растений, грибов и животных? Приведите примеры.

6. О чем свидетельствуют различия между клетками представителей различных царств природы? Приведите примеры.

7. Выпишите основные положения клеточной теории. Отметьте, какое из положений можно обосновать проведенной работой.

### **Заключение**

За время развития цитологии и гистологии накоплен и обобщен огромный материал по микроскопическому и субмикроскопическому строению клеток и тканей, выдвинут ряд научных теорий. Наиболее важная из них – клеточная теория, оказавшая огромное значение на развитие биологических наук, которая и в наши дни является основой для разработки ряда актуальных биологических проблем. В цитологии изучаются особенности изменения клеток во время прохождения митотического цикла. В ЭОР «Основы цитологии» изучены материалы о клеточной организации, механизмах клеточного деления. Показано, что клетка – это основа развития строения и функций всех организмов.

### Библиографический список

1. Акимов С. С. Биология в таблицах, схемах и рисунках / С.С. Акимов, А. Х. Акмалишева, А. В. Хренов, - М.: Лист, 1998. – 94 с.
2. Атабекова А.И., Устинова Е.И. Цитология растений. - М.: Агропромиздат, 1997. – 244 с
3. Билич Г. Л. Цитология / Г. Л. Билич, Г. С. Катинас, Л. В. Назарова. – СПб.: Деан, 2009. – 188 с.
4. Богданов Ю.Ф. Изменчивость и эволюция мейоза // Генетика. - 2003. Т. 39, № 4. - С.453-473.
5. Босток К., Самнер Э. Хромосома эукариотической клетки. - М.: Мир, 1991. – 598 с.
6. Биология / В. Н. Ярыгин, В. И. Васильева, И. Н. Волков и др. – М.: Высшая школа, 1999. – 352 с.
7. Введение в цитологию / по ред. В. П. Михайлова. – Л.: Медицина, 1988. – 270 с.
8. Верещагина В. А. Основы общей цитологии / В.А. Верещагина – М.: Академия, 2007. – 176 с.
9. Горшкова Т. А. Растительная клеточная стенка как динамическая система / Т. А. Горшкова. – М.: Наука, 2007. – 431 с.
10. Дерябин Д.Г. Функциональная морфология клетки: учебное пособие / Д. Г. Дерябин. – М.: ЛДУ, 2005. – 320 с.
11. Заварзин А. А. Основы общей цитологии / А. А. Заварзин, А. Д. Харазова. – Л., 1982. – 160 с.
12. Кацнельсон З. С., Клеточная теория в ее историческом развитии, Л., 1963.
13. Кларк Д. Молекулярная биология / Д. Кларк, Л. Рассел. – М. Компания КОНД, 2004. – 248 с.
14. Мичелл Р. Мембраны и их функции в клетке. М., Мир, 1977
15. Нобел П. Физиология растительной клетки / П. Нобел. – М.: Мир 1983. – 288 с.

16. Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника. - М.: Мир 1990. – 347 с.
17. Робертис Э. Биология клетки / Э. Робертис, В. Новинский, Ф Саэс. – М.: Мир 1993 - 484
18. Соколов В.И., Чумасов Е.И. Цитология, гистология, эмбриология. – М.: «Колос», 2004. – 351 с.
19. Сухова Т.С. Урок биологии. Технология развивающего обучения. «Библиотека учителя». – М.: Вентана-Граф, 2001.
20. Уилсон Дж. Молекулярная биология клетки / Дж. Уилсон, Т. Хант. М.: Мир, 1994 - 517
21. Фаллер, Д. М. Молекулярная биология клетки / Д.М. Фалер, Д. Шилде. – М.: Изд-во БИНОМ, 2006, - 256 с.
22. Хржановский В. Г. Курс общей ботаники / В. Г. Хржановский. – М.: высш. шк., 1982. – 544 с.
23. Ченцов Ю. С. Общая цитология / Ю. С. Ченцов. – М.: МГУ, 1995. – 384 с.
24. <http://thedifference.ru>
25. [www.Molbiol.ru](http://www.Molbiol.ru)