Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Кафедра «Общая биология и дифференциальная психология»

И.В. Машкова

ЦИТОЛОГИЯ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2021

Рецензенты:
д.п.н., проф. Попова А.Ф.; к.п.н., доц. Борисова Т.В.

Машкова, И.В.
Цитология: учебное пособие / И.В. Машкова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 66 с.

Методическое пособие предназначено для методической помощи при подготовке к семинарским занятиям. Темы разделов и подразделов, последовательность их изложения и принципы решения продиктованы программными требованиями к дисциплине, целями и задачами курса, желанием содействовать лучшему развитию у студентов способности к обобщению, анализу, восприятию учебного материала

Учебное пособие предназначено для специалистов, обучающихся по направлению подготовки 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика. Также может использоваться студентами других направлений бакалавриата, в учебной программе которых предусмотрено изучение курса «Цитология».

ТЕМА №1 МИКРОСКОП И РАБОТА С НИМ

Цель занятия — ознакомиться с устройством и принципом работы микроскопа.

Основные сведения

Изучение программного материала по цитологии, гистологии и эмбриологии возможно только с помощью микроскопа. Поэтому необходимо ознакомиться с его устройством и правилами работы.

Микроскоп — это оптический прибор, позволяющий рассматривать мельчайшие объекты и их детали, не видимые простым глазом. Слово «микроскоп» происходит от двух греческих слов: «микрос»— малый и «скопео»— смотрю. Существует много различных моделей микроскопов, но все они устроены по одному принципу. Микроскоп состоит из трех групп частей: механических, осветительных и оптических (табл. 1).

Механические части микроскопа

Штатив — комплекс механических приспособлений, служащих основой оптической и осветительной частей. Состоит из массивного основания, или подошвы, и шарнирно соединенной с ним колонки, или тубусодержателя. Шарнирное соединение тубусодержателя с подошвой в моделях с прямым тубусом позволяет придавать микроскопу желаемый наклон и этим создает удобство работы. Регулировка шарнирного соединения производится особым ключом, находящимся в комплекте микроскопа.

Тубус (труба микроскопа) имеет обычно длину 160 мм (отечественные микроскопы). У биологических микроскопов (и некоторых других типов и моделей) есть еще внутренняя выдвижная трубка, которая позволяет удлинять тубус. Это имеет значение при пользовании различными оптическими системами. Степень выдвижения трубки контролируется ее миллиметровой шкалой.

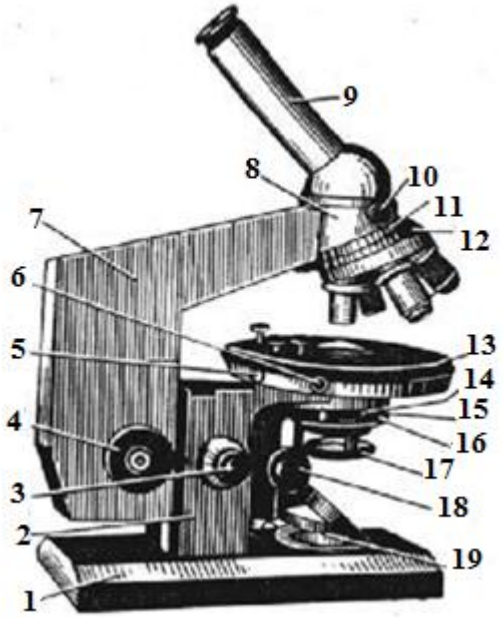


Рис. 1 Устройство микроскопа «Биолам Р» с зеркалом:
1 — основание; 2 — коробка с механизмом микрометрической фокусировки; 3 — рукоятка микрометрической фокусировки;
4 — рукоятка макрометрической фокусировки; 5 — стопорный винт;
6 — центрировочный винт;
7 — тубусодержатель; 8 — головка;
9 — монокулярная насадка;
10 — винт крепления насадки;
11 — винт револьвера;
12 — револьвер; 13 — предметный столик; 14 — винт конденсора;
15 — 16 — корпус конденсора;
17 — откидная линза в оправе;
18 — рукоятка конденсора;
19 — зеркало.

Внутренняя поверхность тубуса окрашена в черный цвет, что предупреждает отражение лучей света от оправы и линз объектива. У микроскопов с наклонным тубусом (рис. 1) в шаровидной части трубки находится призма, которая направляет лучи света в окуляр. Такой тубус удобен при изучении влажных объектов, находящихся на часовых стеклах или чашках Петри. На штативе он укреплен особым винтом,

расположенным справа. По мере необходимости наклонный тубус может сниматься и заменяться прямым.

Здесь же на штативе снизу имеются два главных винта, которые служат для поднимания и опускания тубуса при установке изображения на фокус. Макрометрический (большой) винт используется для первоначальной (грубой) установки, а микрометрический (малый) позволяет получить более четкое изображение объекта и рассматривать препараты в разных плоскостях. Вращение винтами по часовой стрелке приближает тубус к препарату, вращение в обратном направлении соответственно его удаляет. Один поворот микрометрического винта приближает тубус к объекту на 0,1 мм, предельное же количество оборотов его равно 24 — 25.

Револьверная система состоит из соединенного с тубусом вращающегося диска с гнездами для объективов. Резьба гнезд стандартная, что позволяет вкручивать в гнезда револьвера объективы от любых микроскопов. Вращением револьверного диска достигается быстрая смена объективов.

При повороте револьвера центрирование объектива сопровождается щелчком. Это значит, что имеющаяся здесь пластинка входит в нарезку данного объектива.

Предметный столик предназначен для помещения на нем препаратов. Диаметр столика обычно ранен 80 — 120 мм. Черная матовая окраска предохраняет от появления отблесков. У современных биологических микроскопов предметные столики подвижные, движение столика осуществляется с помощью двух винтов, размещенных с правой и левой стороны; между ними имеется еще один винт — закрепляющий.

Движением столика достигается центрировка препарата при большом увеличении. В центре столика находится отверстие, через которое проходят лучи света, отражаемые зеркалом. Препарат укрепляется на столике посредством двух металлических клемм, или зажимов.

Имеющиеся на предметном столике отверстия используются для укрепления на нем различных приборов, необходимых при микроскопировании, например, препаратоводителя.

Винт конденсора, или осветителя расположен в нижней части штатива. Он служит для перемещения конденсора вверх и вниз, благодаря чему обеспечивается различная степень концентрации световых лучей на препарате.

Осветительные части микроскопа

К осветительным частям микроскопа относятся **конденсор и зеркало,** расположенные под предметным столиком.

Конденсор биологического микроскопа состоит из двух плоско-выпуклых линз, вставленных в оправу. Конденсор может выниматься или откидываться в сторону. В нижней части конденсора укреплена диафрагма, при помощи которой можно изменять величину отверстия и таким образом регулировать освещение объекта. Уменьшение отверстия диафрагмы выключает краевые лучи пучка света. При этом яркость изображения уменьшается, а резкость возрастает (и наоборот). Различают диафрагмы ирисовые, цилиндрические и пластинчатые. Ирисовая диафрагма состоит из подвижных лепестков, цилиндрическая имеет форму колпачка, вставленного в гнездо предметного столика, а пластинчатая представляет собой диск с четырьмя — шестью отверстиями разной величины.

Под диафрагмой находится кольцо для укрепления светофильтров**.** Светофильтрами служат стекла: синее, употребляемое во время работы при ярком солнечном свете, и белое, используемое при искусственном освещении.

Применение светофильтров или матовых стекол обеспечивает равномерное освещение препарата и устраняет световые искажения. Светофильтры могут быть заменены папиросной бумагой, помещенной на предметный столик или в кольцо светофильтра.

В упрощенных моделях микроскопов конденсора нет и световые лучи концентрируются с помощью диафрагмы.

Зеркало микроскопа диаметром 50 мм расположено ниже конденсора и устроено так, что может вращаться вокруг своей оси в любом направлении. С помощью зеркала улавливаются и направляются в отверстие предметного столика лучи от источника света. Зеркало имеет две поверхности: вогнутую и плоскую. Большая концентрация лучей достигается с помощью вогнутой поверхности зеркала, поэтому при микроскопировании без конденсора пользуются этой поверхностью.

Оптические части микроскопа

Самым существенным в микроскопе являются его оптические части: **окуляр** и **объектив.** Окуляр Гюйгенса вставляется в верхнюю часть тубуса, обращенную к глазу (глаз по-латыни — oculus; отсюда и название этого оптического прибора). Он представляет собой металлическую трубку, в которую ввинчены две плосковыпуклые линзы, направленные выпуклыми поверхностями к предметному столику. Верхняя линза окуляра называется глазной или окулярной. Она увеличивает изображение, данное объективом. Нижняя — собирательная — собирает лучи, проникшие через линзы объектива. На оправе глазной линзы нанесены цифры, показывающие увеличение окуляра. Чаще всего используются окуляры с цифрами 7х, 10х, 15х (слабые, средние, сильные).

Сильные окуляры (15х) короче слабых (7х). Это объясняется тем, что окуляры с большей силой увеличения имеют меньшее фокусное расстояние. Между линзами окуляра к его диафрагме (перегородке с отверстием) приклеивается волосок длиной 0,5 см, который служит указателем при работе.

Объективы (от латинского objectum — предмет) свинчиваются в гнезда револьвера микроскопа. Они состоят из двояковыпуклых и плоско-выпуклых линз, помещенных в металлическую трубку. Ближайшая к предметному столику плоско-выпуклая линза объектива называется фронтальной, а остальные — исправляющими (коррекционными). Линзы объектива увеличивают изображение рассматриваемого объекта и исправляют уклонения, или аберрации (см. ниже). Величина фронтальной линзы свидетельствует о силе объектива: чем она меньше, тем сильнее объектив.

В биологическом микроскопе обычно употребляются три ахроматических объектива с цифрами 8х, 40х и 90х, показывающими степень увеличения (слабый, сильный, очень сильный). Объективы с цифрами 8х и 40х называют сухими, так как при пользовании ими между фронтальной линзой и препаратом находится воздушная среда, показатель преломления которой равен единице. Объектив с цифрой 90х называется иммерсионным (погруженным). При пользовании им на препарат наносится капля иммерсионного (кедрового) масла и тубус микроскопа опускается так, чтобы фронтальная линза объектива оказалась погруженной в эту каплю масла. Тогда между линзой и препаратом образуется масляная среда, показатель преломления которой равен 1,51 (масло преломляет свет почти одинаково со стеклом препарата).

Кроме показателей степени увеличения, на всех объективах нанесены и другие цифры. Так, на объективе 8х стоит цифра 0,20, на объективе 40х — 0,65, на объективе 90х — 1,25. Эти цифры называются численной апертурой, показывающей разрешающую способность объектива, т. е. возможность различения отдельных деталей рассматриваемого объекта при наименьшем расстоянии между ними. Разрешающая способность объектива зависит от его оптических качеств, но не от силы увеличения. Численная апертура представляет собой произведение показателя преломления среды (воздуха — 1, воды — 1,33, масла — 1,51) на синус половины угла, который образуется крайними лучами, входящими в объектив через фронтальную линзу.

Кроме того, на объектив 40х нанесена третья цифра — 0,17 мм. Она показывает предельную толщину покровного стекла, допустимую при пользовании

этим объективом. Если покровное стекло толще 0,17 мм, пользоваться этим объективом нельзя. Работая с объективом 40х и пытаясь навести на фокус, студенты опускают тубус микроскопа настолько низко, что прижимают фронтальную линзу объектива к препарату и все же не получают желаемой четкости изображения (а иногда и раздавливают препарат). Это происходит потому, что толщина предметного стекла, обращенного к объективу, значительно больше 0,17 мм.

При работе с микроскопом лучи света, направленные зеркалом, проходят через диафрагму, линзы конденсора, отверстие предметного столика и освещают объект. Пучок света просвечивает препарат и проходит через две системы линз — объектива и окуляра. Исследователь воспринимает увеличенное, обратное, мнимое изображение объекта.

Чтобы определить увеличение, даваемое микроскопом (при длине тубуса 160 мм), нужно умножить показатель увеличения окуляра (7х, 10х, 15х) на показатель увеличения объектива (8х, 40х, 90х). Например, окуляр 7х и объектив 40х дадут увеличение в 280 раз.

Основные вехи в истории световой микроскопии

161 1 — **Кеплер** (Kepler) предложил принцип создания сложного светового микроскопа

1655 — **Гук** (Hook) использовал сложный микроскоп для описания небольших пор в срезах пробки, названных им «клетками»

1674 — **Левенгук** (Leeuwenhoek) сообщил об открытии им одноклеточных. Спустя 9 лет он впервые увидел бактерии

1833 — **Браун** (Brown) опубликовал свои микроскопические наблюдения над орхидеями, в которых он четко описал ядро клетки

1838 — **Шлейден** и **Шванн** (Schieiden, Schwann) предложили клеточную теорию, согласно которой структурной и функциональной единицей строения растений и животных является клетка, содержащая ядро

1857 — **Колликер** (Kolliker) описал митохондрии в мышечных клетках

1876 — **Аббе** (Abbe) проанализировал влияние дифракции на формирование изображения и показал возможность усовершенствования конструкции микроскопа

1 879 — **Флемминг** (Flemming) с большой точностью описал поведение хромосом во время митоза у животных клеток

1881 — **Ретциус** (Retzius) наиболее подробно описал многие ткани животных. В течение следующих 20 лет он, **Кахал** (Cajal) и другие гистологи разработали методы окрашивания тканей и заложили основы микроскопической анатомии

1882 — **Кох** (Koch) для окрашивания микроорганизмов использовал анилиновые красители и идентифицировал бактерии, вызывающие туберкулез и холеру. В течение последующих 20 лет другие бактериологи, в том числе **Клебс** и **Пастер** (Klebs, Pasteur), выявили и описали возбудителей многих болезней, изучая окрашенные препараты под микроскопом

1 886 — **Цейсе** (Zeiss), используя идею Аббе (Abbe), изготовил серию линз. Благодаря этому усовершенствованию, микроскописты смогли различать структуры, размеры которых были соизмеримы с теоретическим пределом разрешения для видимого света

1 898 — **Гольджи** (Golgi), окрашивая клетки азотнокислым серебром, впервые наблюдал и описал аппарат Гольджи

1924 — **Лакассань** (Lacassagne) и его сотрудники разработали первые методы радиоавтографии для выявления радиоактивного полония в биологических образцах

1930 — **Лебедев** разработал и создал первый интерференционный микроскоп. В 1932 г. **Зернике** (Zernicke) изобрел фазово-контрастный микроскоп. Эти два изобретения позволили наблюдать неокрашенные живые клетки и изучать их строение

1941 — **Кунс** (Coons) для выявления клеточных антигенов использовал антитела, связанные с флуоресцирующими красителями

Электронная микроскопия

Электронные микроскопы в настоящее время обладают самой высокой разрешающей способностью, которая обусловлена очень небольшой длиной волны электромагнитных колебаний потока электронов, используемых в приборе. При употреблении высоких ускоряющих напряжений (при разности потенциалов около 50000 вольт) длина электромагнитной волны может составлять приблизительно 0,005 нм, а разрешающая способность — 0,0025 нм. Таким образом, в электронном микроскопе теоретически возможно повышение разрешающей способности и соответственно увеличения изображения в 100 000 раз большее по сравнению со световым микроскопом.

Практически лучшие современные электронные микроскопы имеют разрешающую способность 0,1 — 0,3 нм, что позволяет исследовать все ультраструктуры клетки на молекулярном уровне. При этом достигается увеличение объекта до 150 000 раз. Направление движения и фокусировка потока электронов производятся с помощью электромагнитных линз, которые играют роль объектива и окуляра, в результате чего достигается эффект прохождения лучей, аналогичный их прохождению в световом микроскопе.

Конечное увеличенное изображение объекта формирует проекционная линза, его невозможно увидеть глазом, так как длина волны электромагнитных колебаний лежит далеко за пределами видимой части спектра. Поэтому изображение проецируется на экран, покрытый люминофором. Поток электронов, взаимодействуя с люминофором, вызывает свечение, лежащее уже в видимой части спектра.

Основные вехи в истории электронной микроскопии

1 897 — **Томсон** (J. J. Thomson) сообщил о существовании отрицательно заряженных частиц, названных позже электронами

1924 — **Де Броиль** (de Broglie) предположил, что движущийся электрон обладает волновыми свойствами

1926 — **Буш** (Busch) доказал, что с помощью цилиндрических магнитных линз можно сфокусировать электронный луч. Так были заложены основы электронной оптики

1931 — **Руска** (Ruska) и соавторы создали первый просвечивающий электронный микроскоп

1935 — **Кнолль** (Knoll) показал возможность создания сканирующего электронного микроскопа; спустя три года фон **Ардене** (Von Ardene) сконструировал его прототип

1939 — **Сименс** (Siemens) создал первый просвечивающий электронный микроскоп, который нашел широкое применение.

1952 — **Паладе, Портер и Шестранд** (Palade, Porter, Sjostrand) разработали методы фиксации и приготовления тонких срезов. Это позволило впервые увидеть многие внутриклеточные структуры. Хаксли (H. E. Xuxley) был одним из первых, кто применил эти методы, и ему удалось показать, что скелетная мышца содержит перекрывающиеся сети белковых филаментов. Так были получены доказательства в пользу гипотезы «скользящих нитей», объясняющей сокращение мышцы

1953 — **Портер и Блюм** (Porter, Blum) разработали ультрамикротом, который первым нашел широкое применение. В нем были использованы многие принципы, предложенные ранее Клодом и Шестрандом (Claude, Sjostrand)

1956 — **Глауэрт** (Glauert) и сотрудники показали, что смола аралдит

является высокоэффективным средством для заключения препаратов в электронной микроскопии. Пятью годами позже Люфт (Luft) предложил другую смолу для заключения - эпон

1957 — **Робертсон** (Robertson) первым наблюдал в электронный микроскоп и описал трехслойное строение клеточной мембраны

1963 — **Сабатини, Бенш и Баррнетт** (Sabatini, Bensch, Barrnett) начали использовать глутаральдегид (с последующей обработкой OsO4) в качестве фиксатора для электронной микроскопии

1965 — **Фирма «Кембридж Инструменте»** (Cambridge Instruments) впервые выпустила для продажи сканирующий электронный микроскоп

1968 — **Де Розьер и Клуг** (de Rosier, Klug) описали метод определения трехмерных структур по электронным микрофотографиям

1975 — **Хендерсон и Унвин** (Henderson, Unwin) впервые определили тонкое строение мембранного белка, используя реконструкцию электронных микрофотографий неокрашенных белков на компьютере

1979 — **Хейзер, Рис** (Heuser, Reese) и сотрудники разработали высокоразрешающий метод глубокого травления, основанный на сверхбыстром замораживании

Работа с микроскопом

Организация рабочего места. Микроскоп устанавливают против левого плеча. Справа от него оставляют свободное место для приготовления препарата, для рисования и записей. Стул должен быть такой высоты, чтобы работающий мог смотреть в окуляр без напряжения.

На каждом рабочем месте должны быть приготовлены предметные и покровные стекла, препаравальные иглы, пинцет с тонкими концами, острый скальпель, стеклянная палочка, стакан с чистой водой, бритва, кусочки фильтровальной бумаги, мягкая тряпочка для протирания стекол, кисточка для снятия срезов с бритвы.

Установка освещения. Микроскоп необходимо поставить перед источником света. Если источником света служит электрическая лампа, то она должна быть матовой или покрыта тонкой белой бумагой.

Освещение устанавливают следующим образом:

1. микроскоп ставит против левого плеча;
2. вращая револьверную головку, ставят объектив 8, проверяют его центрировку и расстояние до предметного столика (около 0,8 - 0,9 мм);
3. конденсор поднимают до упора; раскрывают полностью апертурную диафрагму под конденсором;
4. вынимают окуляр;
5. поворачивают зеркало плоской стороной вверх (если источник света удален и свет не заполняет входной зрачок объектива, то допустимо применение вогнутого зеркала;

6. наблюдая входной зрачок объектива через тубус точно вдоль оптической оси, вращают зеркальце, добиваясь того, чтобы зрачок был заполнен изображением самой яркой части источника света;

7. вставляют окуляр и проверяют равномерность освещения всего поля зрения.

Установленное освещение не должно нарушаться до конца занятия. Если оно случайно собьется, все операции повторяют в том же порядке, поставив слабый объектив.

Во время работы силу освещения надо обязательно регулировать, сужая и раскрывая диафрагму. При слишком сильном освещении прозрачные и нежные детали становятся невидимыми, малоконтрастными; напротив, при излишнем уменьшении диафрагмы не вся апертура объектива используется, что приводит к уменьшению разрешающей способности.

Приготовление препарата. Чаще всего изучают препараты, помещенные в воду. Из-за испарения воды такие препараты не могут храниться длительное время и потому получили название временных. Для приготовления временного препарата на чистое предметное стекло наносят каплю воды, помещают в нее исследуемый объект и накрывают покровным стеклом. Капля воды, заполнив пространство между стеклами, не должна растекаться. Покровное стекло очень хрупкое, поэтому перед употреблением его осторожно протирают мягкой тряпочкой, свободно накинутой на пальцы правой руки. Осторожно придерживая стеклышко пальцами левой руки, его, совершенно не нажимая, протирают сразу с двух сторон.

Накладывать покровное стекло надо осторожно, придерживая за уголки двумя пальцами и опуская сперва одним краем до соприкосновения с каплей. Иногда бывает необходимо убедиться в пригодности материала, не накладывая стекло. Рабочее расстояние слабого объектива допускает это, однако перед переходом к более сильному объективу покровное стекло надо наложить.

Фокусировка. Изучение препарата всегда начинают при слабом увеличении. Для получения резкого изображения вращают рукоятку макрометрического винта, глядя сбоку (чтобы не раздавить препарат), и опускают объектив почти до соприкосновения с препаратом. Потом, глядя в окуляр, поднимают объектив до появления резкого изображения. При слабом объективе пользуются только макрометрический винт и совершенно не работают микрометрический винтом.

Перед переходом к более сильному объективу место препарата, подлежащее изучению, ставят точно в центр поля зрения.

Смену объективов производят путем осторожного вращения револьверной головки. Длина оправ всех объективов рассчитана так, что при смене объективов они оказываются сразу на должном расстоянии от препарата. Однако часто резкое изображение отсутствует из-за неточного ввинчивания объектива в гнездо или по другой причине. Поэтому при переводе на более сильный объектив необходимо контролировать, чтобы объектив не задел препарат. Иногда перед сменой объектива требуется слегка приподнять тубус, а затем его перевести; наблюдая сбоку, опустить тубус почти до соприкосновения с препаратом и только затем поднимать, глядя в окуляр. Все эти операции производят с помощью макрометрического винта. Только после установки резкого изображения при сильном увеличении можно пользоваться микрометрическим механизмом. Его рукоятку вращают в обе стороны не более чем на пол-оборота. На коробке микрометрического механизма с одной стороны имеются две риски. Нанесенная против них точка все время должна находиться между рисками. Если она выходит за эти пределы, то должна быть немедленно возвращена в нормальное положение, иначе механизм испортится.

Во время наблюдения в микроскоп оба глаза надо держать открытыми, чтобы меньше утомляться.

Уход за микроскопом. Микроскоп — очень точный и сложный прибор. Только при тщательном уходе он надежно служит многие годы. Правила ухода за ним сводятся к следующему.

Оптические стекла протирают специальной фланелевой тряпочкой, которую ни для чего другого употреблять нельзя. Стекла протирают без всякого нажима. Перед протиранием смахивают пыль особой обезжиренной кисточкой, приложенной к каждому микроскопу.

Перед протиранием можно подышать на линзы. Если этого недостаточно, наносят каплю чистой воды.

Чистоту фронтальной линзы объектива проверяют в лупу (можно использовать вынутый из тубуса окуляр). Грязь, скопившуюся внутри объектива (на его верхней линзе), время от времени удаляют чистой, много раз стиранной льняной тряпочкой.

Развинчивать объективы категорически воспрещается, так как это неминуемо заканчивается их порчей.

Особой заботы требуют иммерсионные объективы. После работы иммерсионное масло аккуратно удаляют сначала чистой фильтровальной бумагой, а затем мягкой чистой тряпочкой, слегка смоченной в бензине.

Загрязненность окуляра определяют, глядя в микроскоп при суженной диафрагме и вращая окуляр. Грязь, прилипшая к линзам окуляра, вращается вместе с окуляром. Наружные поверхности линз протирают так же, как и объективы. Если все же грязь остается, можно осторожно развинтить окуляр и протереть внутренние поверхности линз.

После работы проверяют целостность всех частей микроскопа и тщательно протирают его. Во время работы микроскоп особенно оберегают от действия реактивов.

Все механические части микроскопа время от времени протирают тряпочкой, смазанной небольшим количеством вазелина или вазелинового масла.

При затруднениях в работе механических частей ни в коем случае нельзя прибегать к силе. Следует внимательно выяснить причины неполадок и воспользоваться помощью специалиста.

Переносить микроскоп следует в вертикальном положении, держа одной рукой за колонку (штатив), а ладонью другой руки поддерживая подошву.

Микроскопы хранят в закрытых от пыли шкафах, отдельно от реактивов и особенно от летучих кислот.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить составные части биологического рабочего микроскопа (МБР). Определить возможности его увеличения.
2. Ознакомиться с принципами работы электронного микроскопа и особенностями микроскопирования в нем микрообъектов.
3. Приготовить временный препарат № 1.
4. Изучить постоянный препарат № 2.
5. Заполнить таблицу «Строение микроскопа».
6. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 1. **Клетки мякоти томата**

Острой бритвой сделайте тонкий срез мякоти плода томата, поместите его на предметное стекло в каплю дистилированной воды и накройте покровным стеклом. Изучите срез сначала при малом, а затем при большом увеличении, найдите клетки. Рассмотрите и зарисуйте их, на рисунках укажите: оболочки, цитоплазму, ядра, хромопласты и вакуоли**.**

Препарат № 2. **Хрящевые клетки (хондроциты) гиалинового хряща теленка. Окраска гематоксилином и эозином** (рис. 2)

Препарат представляет собой срез хряща. Изучите препарат при малом увеличении и передвигая его, найдите основное вещество хряща, в которое погружены мелкие хрящевые клетки; в некоторых местах они расположены группами. Затем перейдите на большое увеличение и работая микрометрическим винтом, рассмотрите эти клетки. Они имеют неправильную форму, видны светлая цитоплазма и темное ядро, форма которого иногда повторяет форму клетки. Тонкую структуру ядра обычно различить не удается. На периферии клетки в виде тонкой оболочки видна ее капсула.

Зарисуйте несколько хрящевых клеток, на рисунке укажите: цитоплазму, ядро, капсулу клетки, основное вещество.

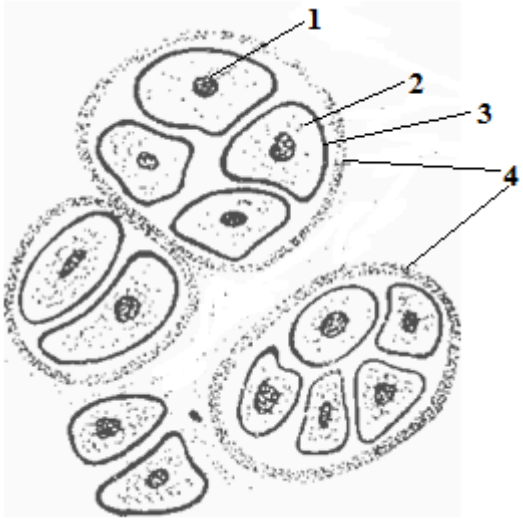


Рис. 2 Хрящевые клетки — хондроциты гиалинового хряща теленка:
1 — ядро; 2 — цитоплазма;
3 — капсула клетки;
4 — основное вещество.

Заполнить таблицу «Строение микроскопа»

КАРТОЧКА-ЗАДАНИЕ Правила работы с микроскопом
1. Выберите правильный ответ на каждом этапе и самостоятельно оцените свою работу, пользуясь таблицей.

Этап работы	Выполнение работы	Правильный ответ (+)	Оценка правильности
1	2	3	4
I	Приготовление микропрепарата		
	1. Жидкость не выступает за края		
II	3. Под покровное стекло попали пузырьки воздуха		
	Установка микроскопа		
	5. Штатив повернут «от себя»		
	Настройка микроскопа		
	7. Поле зрения микроскопа ярко		
	9. Изображение		

2, Оценить в баллах свою работу, пользуясь предложенной шкалой.

Шкала оценки выполненной работы

Количество этапов, выполненных				Отметка
+	+	+	+	«5»
+	+	+	+	«4*
+	+	+		«3*
+	+			«2»
+				«1*

ТЕМА №2 МОРФОЛОГИЯ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ. ВИРУСЫ

Цель занятия — ознакомиться с особенностями строения, питания, размножения бактерий и вирусов.

Основные сведения

Бактерии это типичные прокариотические клетки. Они, как и другие микроорганизмы, живут повсюду: в воде, в почве, в пищевых продуктах. Уже этот перечень условий обитания показывает, какой высокой степенью приспособленности обладают прокариотические организмы, несмотря на простоту своего строения. Бактерии — примитивные формы жизни, они относятся к тому типу живых существ, которые появились на самых ранних этапах развития жизни на Земле.

Особенности строения клетки бактерий. Размеры бактериальных клеток колеблются в широких пределах: от 1 до 10 —15 мкм. По форме выделяют шаровидные клетки — кокки, вытянутые — палочки, или бациллы, и извитые — спириллы (рис. 3).

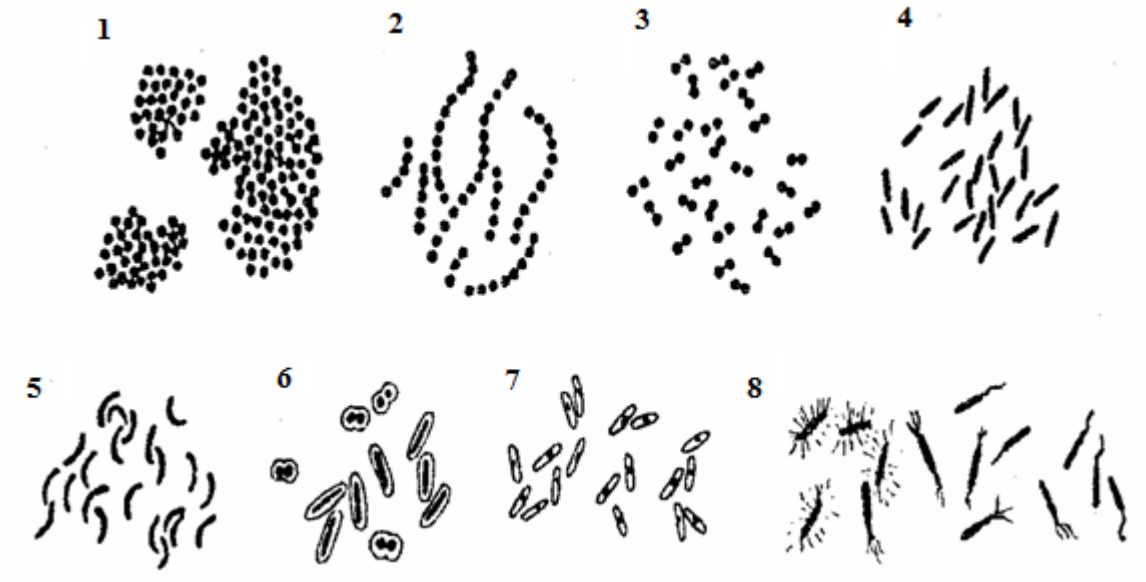


Рис. 3 Морфологические формы бактерий:
1 – стафилококки; 2 – стрептококки; 3 – диплококки; 4 – бациллы;
5 – спириллы; 6 – капсульные бациллы и кокки; 7 – жгутиковые бациллы

В зависимости от того, к какому виду относятся микроорганизмы, они существуют или по отдельности, или образуют характерные скопления. По своим физиологическим свойствам бактерии довольно разнообразны. Они могут жить или только в аэробных, или только в анаэробных условиях, или в тех и других. Необходимую им энергию они получают в процессе дыхания, брожения или фотосинтеза. Ряд видов содержит различные пигменты.

Многие бактерии паразитируют в организме животных или растений, вызывая у них заболевания. Основная особенность строения бактерий — отсутствие ядра, ограниченного оболочкой. Наследственная информация у бактерий заключена в одной хромосоме. Бактериальная хромосома, состоящая из одной молекулы ДНК, имеет форму кольца и погружена в цитоплазму. ДНК у бактерий не образует комплексов с белками, и поэтому все наследственные задатки — гены, входящие в состав хромосомы, «работают», т. е. с них непрерывно считывается информация. Бактериальная клетка окружена мембраной, отделяющей цитоплазму от клеточной стенки, образованной сложным гетерополимерным веществом. В цитоплазме мембран мало. В ней находятся рибосомы, осуществляющие синтез белков.

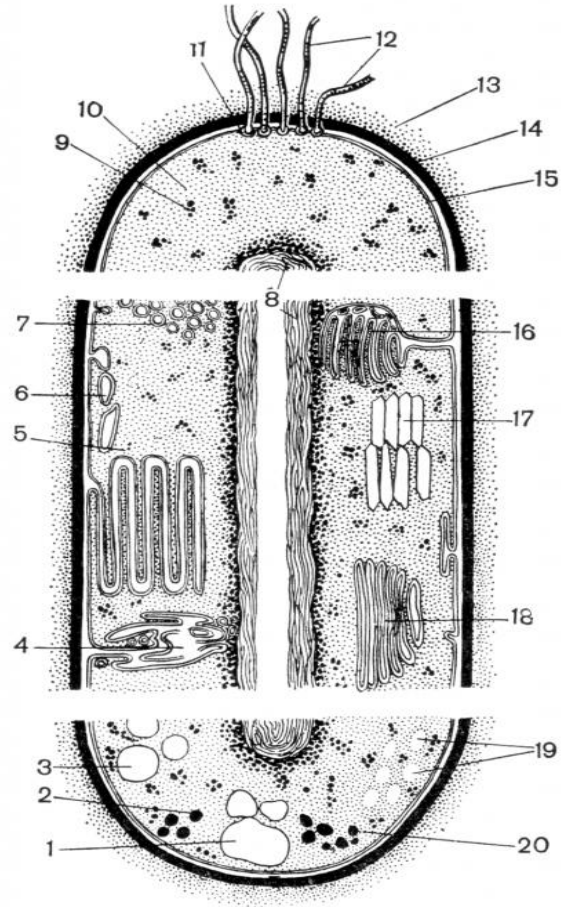


Рис. 4 Схематическое изображение строения бактериальной клетки (по Г. Шлегелю): 1 — гранулы поли-β-оксимасляной кислоты; 2 — жировые капельки; 3 — включения серы; 4 — трубчатые тилакоиды; 5 — пластинчатые тилакоиды; 6 — пузырьки; 7 — хроматофоры; 8 — ядро (нуклеоид); 9 — рибосомы; 10 — цитоплазма; 11 — базальное тельце; 12 — жгутики; 13 — капсула; 14 — клеточная стенка; 15 — цитоплазматическая мембрана; 16 — мезосома; 17 — газовые вакуоли; 18 — ламеллярные структуры; 19 — гранулы полисахарида; 20 — гранулы полифосфата.
Основные структуры бактериальной клетки представлены в верхней части рисунка, дополнительные, мембранные структуры, имеющиеся у фототрофных и нефототрофных бактерий,- в средней части, а включения запасных веществ — в нижней части.

Все ферменты, обеспечивающие процессы жизнедеятельности бактерий, диффузно рассеяны по цитоплазме или прикреплены к наружной мембране. У многих микроорганизмов внутри клетки откладываются запасные вещества — полисахариды,

жиры, полифосфаты. Эти вещества, включаясь в обменные процессы, могут продлевать жизнь клетки в отсутствие внешних источников энергии.

Как правило, бактерии размножаются делением надвое. После удлинения клетки постепенно образуется поперечная перегородка, а затем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в характерные группы — цепочки, пакеты и т. д.

Бактериям свойственно спорообразование. Споры возникают, как правило, когда ощущается недостаток в питательных веществах или когда в среде в избытке накапливаются продукты обмена. Спорообразование начинается с отшнуровывания части цитоплазмы от материнской клетки. Отшнуровавшаяся часть содержит одну хромосому и окружена мембраной. Затем спора окружается клеточной стенкой. Споры бактерий очень устойчивы. В сухом состоянии они сохраняют жизнеспособность многие сотни и даже тысячи лет, выдерживая резкие колебания температуры.

Задания для самостоятельной работы:

1. Приготовить временные препараты.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Решить задачи.
4. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 3. **Микроскопическое исследование пекарских или пивных дрожжей.**

Дрожжи в культурах на плотных питательных средах растут в виде колоний разного цвета, формы и консистенции, а в жидких средах образуют муть, пленки и осадки. Колонии дрожжей на первый взгляд мало отличаются от бактериальных: они не опушены воздушным мицелием как у актиномицетов и грибов и чаще всего бывают гладкими, густыми и плотными или реже — слизистыми, растекающимися. По цвету они могут быть чисто-белыми, буровато-бежевыми, коричневыми (при спорообразовании) или яркими, окрашенными во все тона желто-оранжево-красного цвета.

Таллом дрожжей в наиболее простой форме представляет одну клетку. Эта клетка имеет все основные структуры, характерные для грибов. Иногда клетки могут объединяться в различные более или менее прочные структуры в виде ложного или настоящего мицелия.

Форма дрожжевой клетки в значительной степени зависит от способа вегетативного размножения. Оно может происходить путем почкования, деления и почкующегося деления. При почковании возникают круглые, яйцевидные или овальные клетки. Рассматрите дрожжи (рис. 5) в раздавленной капле под иммерсионным объективом. Зарисуйте несколько клеток.

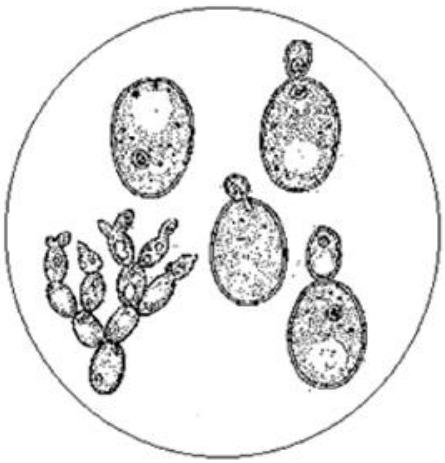


Рис.5 Строение пекарских дрожжей

Препарат № 4. **Микроскопическое исследование зубного налета**

На предметное стекло нанесите каплю воды, затем спичкой или зубочисткой возьмите соскоб зубного налета смешайте с каплей воды, приготовьте мазок, зафиксируйте и окрасьте фуксином. Промытый и высушенный препарат рассмотрите под иммерсионным объективом. В препарате видны различные формы бактерий. Препарат зарисуйте и подпшите (рис. 6).

Рис. 6 Бактерии зубного налета

Препарат № 5. **Микроскопическое исследование навозного настоя**. На предметное стекло нанесите каплю навозного настоя, накройте покровным стеклом и рассмотрите при большом увеличении микроскопа с прикрытой диафрагмой. В препарате видны различные формы бактерий (вибрионы, спириллы, спирохеты). Препарат зарисуйте и подпишите.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные формы бактерий и дайте им характеристику.
2. Перечислите особенности строения бактериальной клетки.
3. Почему у бактерий очень быстро по сравнению с эукариотами реализуется генетическая информация?
4. Как связано строение клеточной мембраны с ее функциями?
5. Как происходит образование спор у бактерий? Почему этот процесс нельзя считать размножением?
6. В каких органоидах клетки происходит превращение энергии солнечного света в энергию АТФ?
7. Какую роль играют гнилостные бактерии в природе и в хозяйстве человека?

Задачи:

1. Под микроскопом было обнаружено в среднем до 50 дрожжевых клеток на единице площади воды. Через 4 ч культуру разбавили в 10 раз и приготовили новый препарат для микроскопирования. Каково было среднее время между делениями клеток, если под микроскопом на единицу площади наблюдалось в среднем 80 клеток?

2. Подсчитайте, сколько дней бактерии могут сохранять свою жизнеспособность в виде спор, если известно, что споры холеры выдерживают неблагоприятные условия 2 дня; чумы в 4 раза, тифа в 30 раз, туберкулеза в 150, сибирской язвы в 1826 раз дольше, чем холеры.

3. Дизентерия — бактериальное заболевание («болезнь грязных рук») эпидемического характера. С рук больных острой или хронической формами дизентерии бактерии попадают на пищевые продукты, воду и т. п. и в течение долгого времени сохраняют жизнеспособность. Во внешней среде, на посуде, овощах, фруктах, денежных знаках, в морской и речной воде бактерии живут до 1 мес. Так, на ягодах (чернике, малине) 2 дня, на салате в 3 раза дольше, на огурцах в 3 раза дольше, чем на салате. Сколько дней бактерии являются источником инфекции на салате и плодах огурца?

4. По мере удаления от поверхности земли воздух становится все более и более чистым, даже над крупными населенными пунктами. Согласно исследованиям Е. Н.

Мишустина, на высоте 2000 м в среднем — 500 бактерий в 1 м воздуха, а на высоте 500 м — в 40 — 60 раз больше. Сколько бактерий в 1 $м^3$ воздуха на высоте 500 м над поверхностью земли в городе?

Вирусы. Основные сведения

Наряду с одно- и многоклеточными организмами, в природе существуют и другие формы. Это вирусы, не имеющие клеточного строения. Они представляют собой переходную форму между неживой и живой материей. Размер их от 20 до 300 нм.

Вирусы (от лат «virus» — яд) были открыты в 1892 г. русским ученым Д. И. Ивановским при исследовании мозаичной болезни листьев табака. Вирусы отличает простота организации. Каждая вирусная частица состоит из РНК или ДНК, заключенной в белковую оболочку, которую называют капсидом.

В составе вирусов присутствует всегда один тип нуклеиновой кислоты — ДНК или РНК, поэтому их делят на ДНК-содержащие и РНК-содержащие. Подавляющее большинство вирусов относится к РНК-типу.

Вирусы способны жить и размножаться только в клетках других организмов. Вне клеток организмов они не проявляют никаких признаков жизни. В пораженной клетке по программе нуклеиновой кислоты вируса на рибосомах хозяина синтезируются специфические вирусные белки, и осуществляется процесс самосборки этих белков с нуклеиновой кислотой в новые вирусные частицы. Клетка при этом истощается и погибает. При поражении некоторыми вирусами клетки не разрушаются, а начинают усиленно делиться, часто образуя у животных, в том числе и у человека, злокачественные опухоли.

Хорошо изучен вирус табачной мозаики, имеющий палочковидную форму и представляющий собой полый цилиндр. Стенка цилиндра образована молекулами белка, а в полости расположена спираль РНК (рис. 7 а). Белковая оболочка защищает нуклеиновую кислоту от неблагоприятных условий внешней среды, а также препятствует проникновению ферментов клеток к РНК и ее расщеплению.

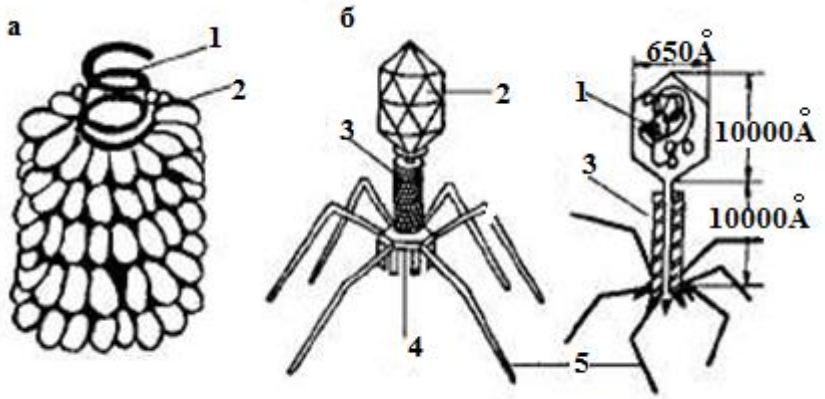


Рис. 7 Схема строения вируса (а) и бактериофага (б): 1 — нуклеиновая кислота; 2 — белковая оболочка; 3 — полый стержень; 4 — базальная пластинка; 5 — отростки (нити)

Особую группу представляют вирусы бактерий — бактериофаги, или фаги, которые способны проникать в бактериальную клетку и разрушать ее. Тело фага кишечной палочки состоит из головки, от которой отходит полый стержень, окруженный чехлом из сократительного белка. Стержень заканчивается базальной пластинкой, на которой закреплены 6 нитей (см. рис.7 б).

Внутри головки находится ДНК. Бактериофаг при помощи отростков прикрепляется к поверхности кишечной палочки и в месте соприкосновения с ней растворяет с помощью фермента клеточную стенку. После этого за счет сокращения

головки молекула ДНК фага впрыскивается через канал стержня в клетку. Примерно через 10 — 15 мин под действием этой ДНК перестраивается весь метаболизм бактериальной клетки, и она начинает синтезировать ДНК бактериофага, а не собственную ДНК. При этом синтезируется и фаговый белок. Завершается этот процесс появлением 200 — 1000 новых фаговых частиц, в результате чего клетка бактерии погибает.

Поселяясь в клетках живых организмов, вирусы вызывают многие опасные заболевания сельскохозяйственных растений (мозаичная болезнь табака, томатов, огурцов; скручивание листьев, карликовость, желтуха и др.) и домашних животных (ящур, чума свиней и птиц, инфекционная анемия лошадей, рак и др.). Указанные вирусные болезни резко снижают урожайность культур и приводят к массовой гибели животных.

Вирусы вызывают также многие опасные заболевания человека: грипп, корь, оспу, полиомиелит, свинку, бешенство, желтую лихорадку и др. В последние годы к ним прибавилось еще одно заболевание — СПИД.

Происхождение вирусов в процессе эволюции пока неясно. Предполагается, что вирусы представляют собой сильно дегенерировавшие клетки или их фрагменты, которые в процессе приспособления к паразитизму вторично утратили клеточное строение.

Контрольные вопросы:

1. Расшифруйте терминологическое словосочетание «внутриклеточные паразиты». В каком состоянии находятся вирусы вне клеток?
2. Рассмотрите рисунок 6 и расскажите по рисунку о строении вирусов.
3. Что происходит с организмом, в клетках которого начинается редупликация вирусного генома? Какими действиями можно ее затормозить или приостановить?
4. Как на нашей планете могли возникнуть вирусы?

ТЕМА №3: КЛЕТКА — ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЕДИНИЦА ЖИВОГО. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПЛАЗМОЛЕММЫ

Цель занятия — ознакомиться с общей морфологией эукариотической клетки.

Основные сведения

Клетка — элементарная структурная и функциональная единица организма, образующая его клеточный уровень организации.

Эукариотические клетки — от простейших (корненожки, жгутиковые, инфузории и др.) до высших растений и животных отличаются и сложностью, и разнообразием строения. Типичной клетки в природе не существует, но из тысяч типов клеток можно выделить общие черты строения.

Общим для всех клеток является их химический состав. Из 104 известных в настоящее время химических элементов в состав живых организмов входит свыше 70. Основу любой клетки составляют четыре химических элемента: углерод, водород, кислород и азот (96 % массы клетки); около 3 % массы клеток — фосфор, сера, кальций, калий, натрий, хлор, железо, магний, кремний; около 1 %—так называемые микроэлементы: йод, медь, кобальт, цинк, никель, золото и многие другие, составляющие сотые и тысячные доли процента клеточного содержимого. Все химические соединения клетки можно разделить на две группы: неорганические — вода и минеральные соли; органические — белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и некоторые другие соединения.

Каждая эукариотическая клетка состоит из двух важнейших, неразрывно связанных между собой частей — цитоплазмы и ядра, которые вместе представляют собой живое содержимое клетки — протопласт.

В цитоплазме различают гиалоплазму — цитоплазматический матрикс, органоиды и включения (рис.8).

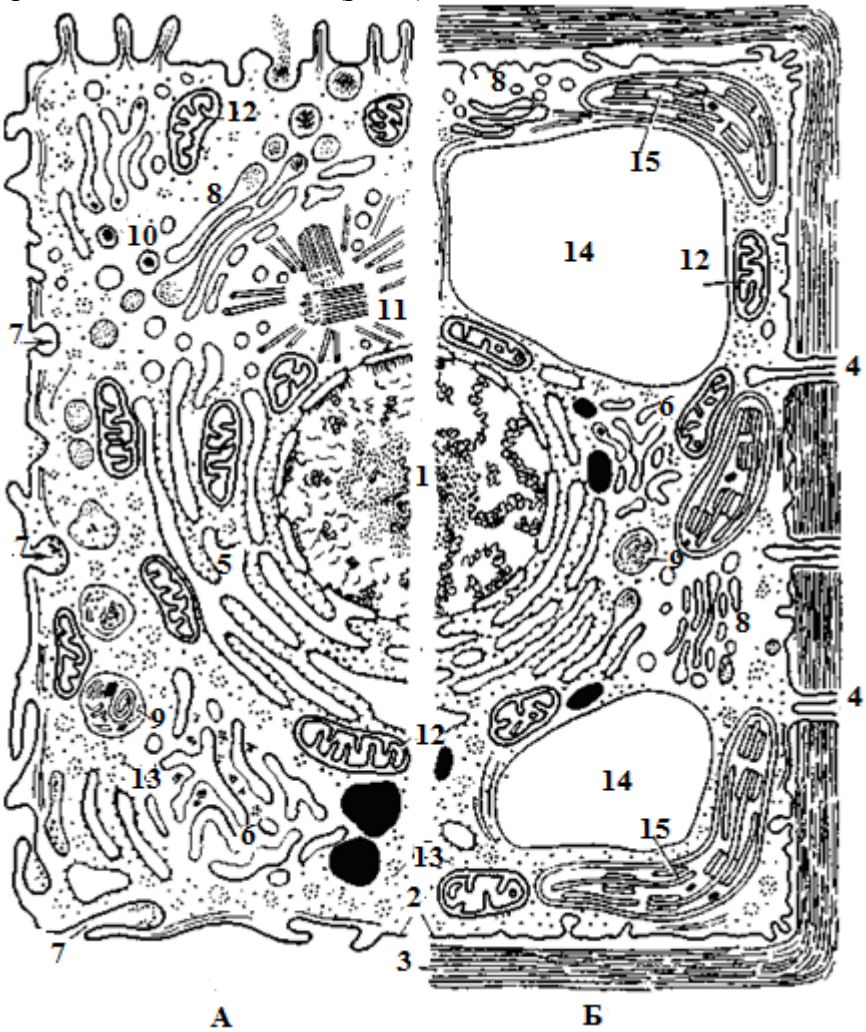


Рис. 8 Схема строения эукариотической клетки: А — животная, Б — растительная, 1 — ядро с ядрышком, 2 — цитоплазматическая мембрана, 3 — клеточная стенка, 4 — плазмодесма, 5,6 — эндоплазматическая сеть, 7 — пиноцитозная вакуоль, 8 — аппарат Гольджи, 9 — лизосома, 10 — жировые включения, 11 — центриоли, 12 — митохондрии, 13 — полирибосомы, 14 — вакуоль, 15 — хлоропласт

Цитоплазматический матрикс

С ним связаны коллоидные свойства цитоплазмы, ее вязкость, эластичность, сократимость, внутреннее движение. По своему химическому составу цитоплазматический матрикс построен преимущественно из белков; в его состав входят ферменты. Под электронным микроскопом цитоплазматический матрикс представляется однородным или тонкозернистым веществом. Функционально цитоплазматический матрикс является внутренней средой клетки, местом осуществления внутриклеточного обмена. В цитоплазматическом матриксе расположены специальные структуры клетки-органоиды: митохондрии, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы и др., а также включения (рис. 8, 9). С внешней стороны цитоплазма окружена плазматической мембраной. Растительные и грибные клетки имеют также жесткую клеточную оболочку.

В цитоплазме клеток растений и грибов имеются вакуоли— пузырьки, заполненные водой и растворенными в ней различными веществами. Кроме того, в клетке могут находиться включения — запасные питательные вещества или конечные продукты обмена.

Форма эукариотических клеток чрезвычайно разнообразна и зависит главным образом от их функции. Самые крупные клетки — это неоплодотворенные яйца птиц, заполненные желтком. Наибольшее яйцо (клетка) принадлежало вымершей громадной птице — эпиорнису. Предположительно его желток весил около 3,5 кг. Самое крупное яйцо (клетка) у ныне живущих принадлежит страусу, его желток весит около 0,5 кг.

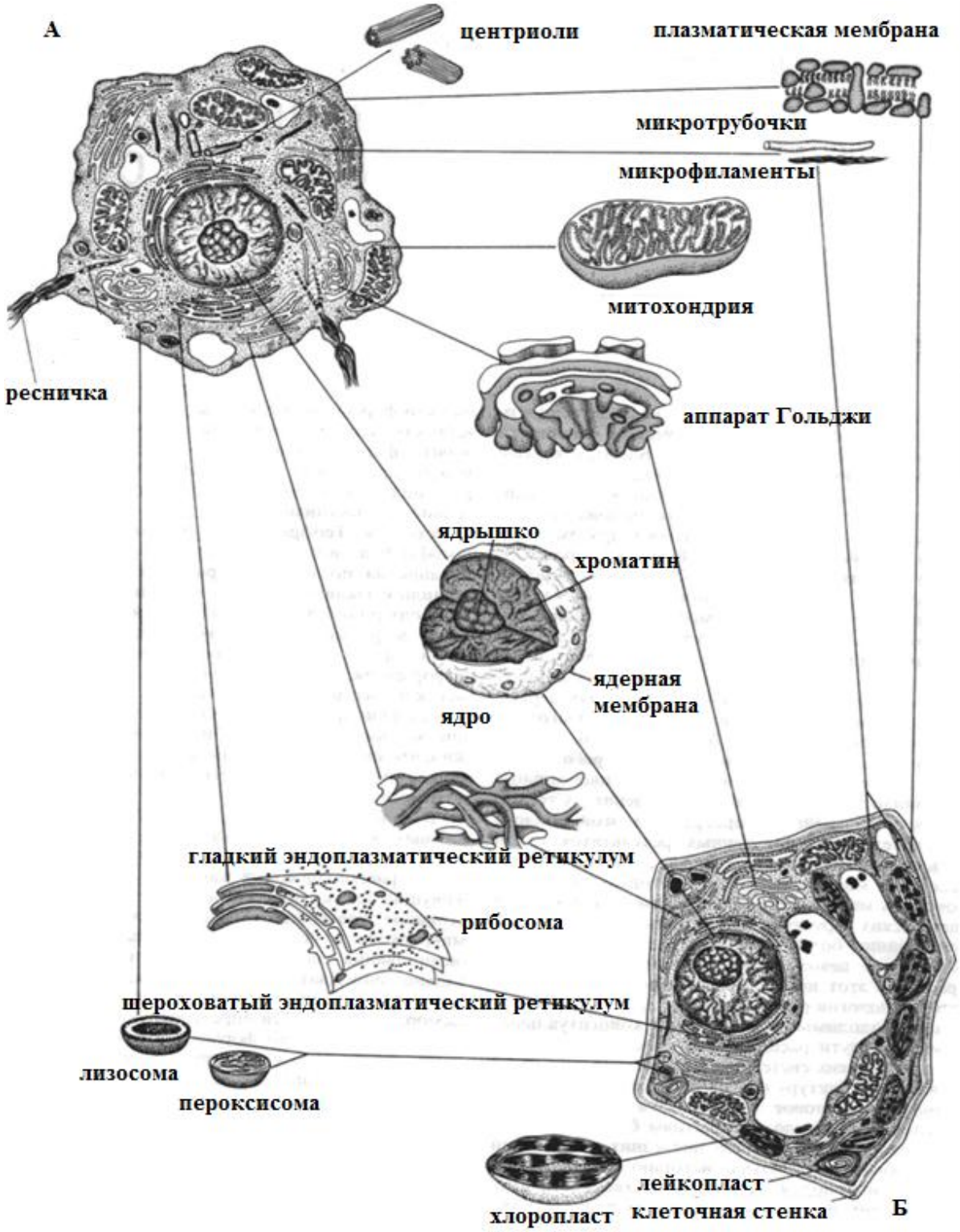


Рис. 9 Схема строения органелл животной (А) и растительной (Б) клеток.

Строение и функции плазмолеммы

Клеточная мембрана — очень важная часть клетки. Она удерживает вместе все клеточные компоненты и разграничивает внутреннюю и наружную среду. Кроме того, модифицированные складки клеточной мембраны образуют многие органеллы клетки.

Клеточная мембрана представляет собой двойной слой молекул (бимолекулярный слой, или бислой). В основном это молекулы фосфолипидов и других близких к ним веществ. Липидные молекулы имеют двойственную природу, проявляющуюся в том, как они ведут себя по отношению к воде. Головы молекул

гидрофильные, т. е. обладают сродством к воде, а их углеводородные хвосты гидрофобны. Поэтому при смешивании с водой липиды образуют на ее поверхности пленку, аналогичную пленке масла; при этом все их молекулы ориентированы одинаково: головы молекул — в воде, а углеводородные хвосты — над ее поверхностью. В клеточной мембране два таких слоя, и в каждом из них головы молекул обращены наружу, а хвосты — внутрь мембраны, один к другому, не соприкасаясь таким образом с водой. Толщина такой мембраны около 7 нм. Кроме основных липидных компонентов, она содержит крупные белковые молекулы, которые способны «плавать» в липидном бислое и расположены так, что одна их сторона обращена внутрь клетки, а другая соприкасается с внешней средой. Некоторые белки находятся только на наружной или только на внутренней поверхности мембраны или лишь частично погружены в липидный бислой (рис. 9, 10.)

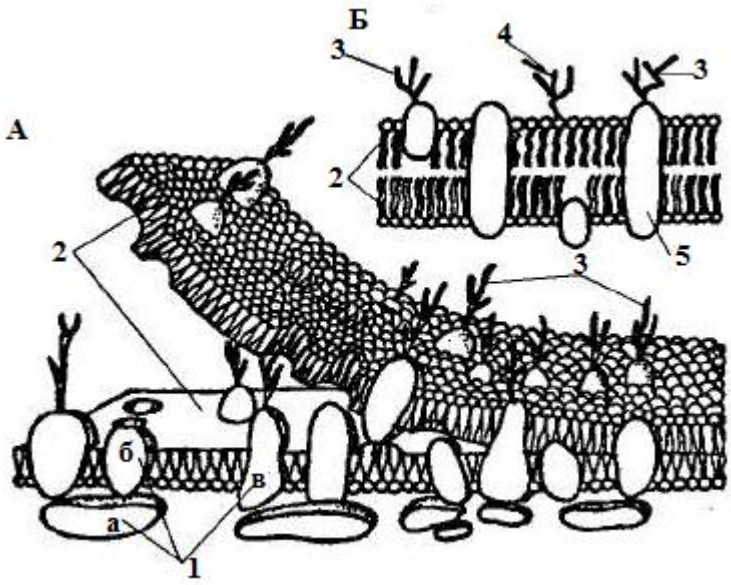


Рис. 10 Схема строения плазматической мембраны: А — трехмерная модель; Б — плоскостное изображение: 1 — белки, примыкающие к липидному слою (а), погруженные в него (6) или пронизывающие его насквозь (в); 2 — слои молекул липидов; 3 — гликопротеиды; 4 — гликолипиды; 5 — гидрофильный канал, функционирующий как пора

Содержание полисахаридов в мембранах составляет 2 — 10 % по массе. Полисахаридный слой толщиной 10 — 20 нм, покрывающий сверху плазмалемму животных клеток, получил название гликокаликс.

Все клеточные мембраны — подвижные текучие структуры: поскольку молекулы липидов и белков не связаны между собой ковалентными связями, они способны достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны.

Мембраны — структуры очень динамичные. Они быстро восстанавливаются после повреждения, а также растягиваются и сжимаются при клеточных движениях. Мембраны разных типов клеток существенно различаются как по химическому составу, так и по относительному содержанию в них белков, гликопротеидов, липидов и, следовательно, по характеру имеющихся в них рецепторов. Специализированными структурами плазмолеммы являются различные типы межклеточных соединений, а также различного рода выросты цитоплазмы, такие как микроворсинки. Бывают выросты и сложного строения: реснички и жгутики.

Важнейшее свойство мембраны — избирательная проницаемость. Это означает, что молекулы и ионы проходят через нее с различной скоростью, и чем больше размер

молекул, тем меньше скорость прохождения их через мембрану. Плазматическая мембрана функционирует как осмотический барьер. Максимальной проникающей способностью обладает вода и растворенные в ней газы; значительно медленнее проходят сквозь мембрану ионы. Диффузия воды через мембрану называется осмосом.

Существует несколько механизмов транспорта веществ через мембрану.

Диффузия — проникновение веществ через мембрану по градиенту концентрации (из области, где их концентрация выше, в область, где их концентрация ниже). Диффузный транспорт веществ осуществляется при участии белков мембраны, в которых имеются молекулярные поры (вода, ионы), либо при участии липидной фазы (для жирорастворимых веществ).

Облегченная диффузия — специальные мембранные белки-переносчики избирательно связываются с тем или иным ионом, или молекулой и переносят их через мембрану.

Активный транспорт — это механизм, который сопряжен с затратами энергии и служит для переноса веществ против их градиента концентрации. Он осуществляется специальными белками-переносчиками, образующими так называемые ионные насосы. Наиболее изученным является Na^+/K^+ — насос в клетках животных, активно выкачивающий ионы Na^+ наружу, поглощая при этом ионы K^+. Благодаря этому в клетке поддерживается большая концентрация K^+ и меньшая Na^+, чем в окружающей среде. На этот процесс затрачивается энергия АТФ (рис. 11).

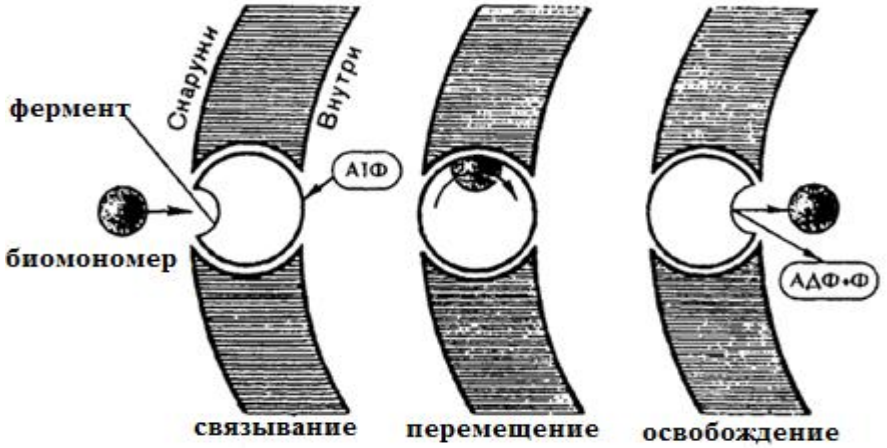


Рис. 11 Предположительная схема активного переноса молекул через наружную плазматическую мембрану

В результате активного транспорта с помощью мембранного насоса происходит также регуляция в клетке концентрации Mg^{2+} и Ca^{2+}. В сочетании с активным транспортом ионов в клетку через цитоплазматическую мембрану проникают различные сахара, нуклеотиды, аминокислоты.

Макромолекулы, такие, как белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липопротеидные комплексы и др. сквозь клеточные мембраны не проходят, в отличие от ионов и мономеров. Транспорт макромолекул, их комплексов и частиц внутрь клетки происходит совершенно иным путем — посредством эндоцитоза. При эндоцитозе определенный участок плазмалеммы захватывает, как бы обволакивает внеклеточный материал, заключая его в мембранную вакуоль, возникшую за счет впячивания мембраны. В дальнейшем такая вакуоль соединяется с лизосомой, ферменты которой расщепляют макромолекулы до мономеров.

Эндоцитоз разделяют на фагоцитоз (захват и поглощение твердых частиц) и пиноцитоз (поглощение жидкости). Путем эндоцитоза осуществляется питание

гетеротрофных протистов, защитные реакции организмов (лейкоциты поглощают чужеродные частицы) и др.

Процесс, обратный эндоцитозу — экзоцитоз (экзо — наружу). Благодаря ему клетка выводит внутриклеточные продукты или непереваренные остатки, заключенные в вакуоли, или пузырьки. Пузырек подходит к цитоплазматической мембране, сливается с ней, а его содержимое выделяется в окружающую среду. Так выделяются пищеварительные ферменты, гормоны, гемицеллюлоза и др. (рис.12).

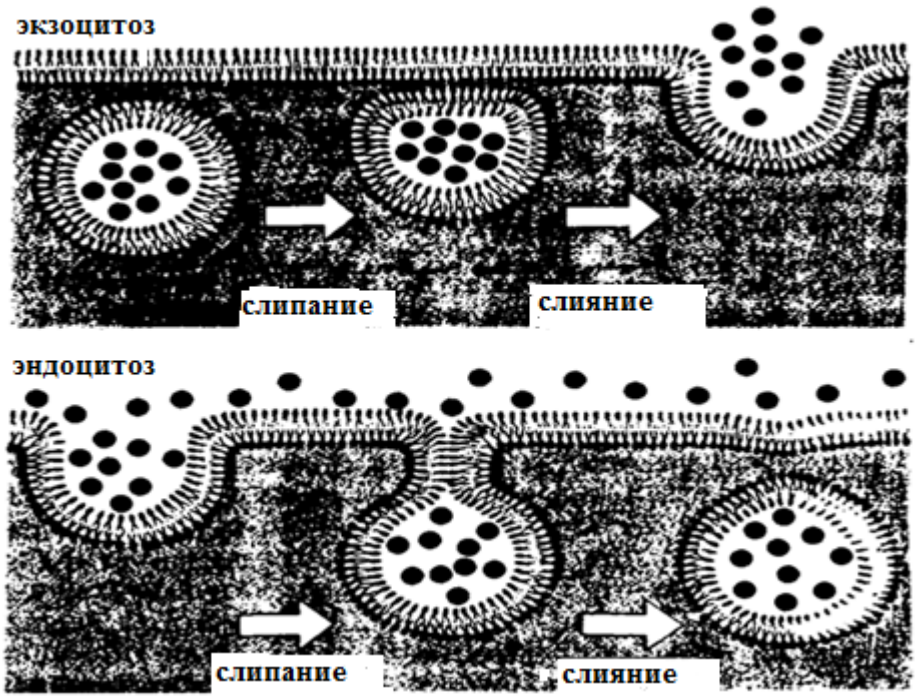


Рис.12 Экзоцитоз и эндоцитоз

Биологические мембраны как основные структурные элементы клетки отграничивают большинство ее органелл. Они служат не просто физическими границами, а представляют собой динамичные функциональные поверхности. На мембранах органелл осуществляются многочисленные биохимические процессы, такие как активное поглощение веществ, преобразование энергии, синтез АТФ и др.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с общей морфологией клеток. Научиться идентифицировать в них ядро, цитоплазму и плазмолемму.
2. Рассмотреть клетки различной формы, проанализировать связь между формой клеток и выполняемыми функциями.
3. Самостоятельно приготовить временные препараты.
4. Изучить постоянные препараты.
5. Заполнить таблицу «Строение и функции клеточной оболочки».
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 6. **Общая морфология животной клетки. Соскоб слизистой щеки человека.** (Без окраски)

Кончиком спички или чистой деревянной щепочки осторожно потрите себе внутреннюю поверхность щеки, размешайте соскоб па предметном стекле в капле 0,85%-пого раствора поваренной соли (этот раствор называется физиологическим) и закройте смесь покровным стеклышком. Если из-под края последнего выступит

жидкость, осторожно оботрите ее кусочком фильтровальной бумаги. Рассмотрите препарат под микроскопом — сначала при малом, потом при большом увеличении.

Дайте препарату некоторое время постоять, чтобы клетки успели осесть. Рассматривая препарат более внимательно, вы установите, что встречаются клетки различного вида: во-первых, довольно мелкие элементы с блестящим сферическим или лопастным ядром; во-вторых, более крупные плоские клетки, напоминающие по форме черепицу, с отчетливо просвечивающим ядром округлой или овальной формы; наконец, мелкие, несколько вытянутые клетки с крупным ядром удлиненной формы, напоминающие по форме невысокий цилиндр.

Клеточное тело — протоплазма — прозрачно и кажется полупросвечивающим стеклом. Все описанные формы входят в состав внутреннего поверхностного слоя щеки — ее слизистой оболочки. Плоские клетки образуют самый поверхностный слой, располагаясь в нем наподобие черепицы крыши, цилиндрические лежат несколько глубже, круглые проникли сюда из тока крови; это белые кровяные тельца, или лейкоциты. После того как рассмотрите неокрашенный («нативный») препарат, подпустите в него под покровное стекло каплю краски — можно просто разведенных синих или фиолетовых чернил. Для этого с одного края покровного стекла нанесите каплю краски, а с противоположного приложите полоску фильтровальной бумаги (бумага оттягивает жидкость из под покровного стекла, а краситель наоборот, втягивается под покровное стекло). Теперь границы клеток, в особенности очертания ядер, прокрашиваются и хорошо видимы. Обратите внимание на то, что строение ядер неоднородно: в них различимы светлые и темные участки. Клетки могут быть разной формы, однако они все состоят из ядра и протоплазмы (рис. 13)

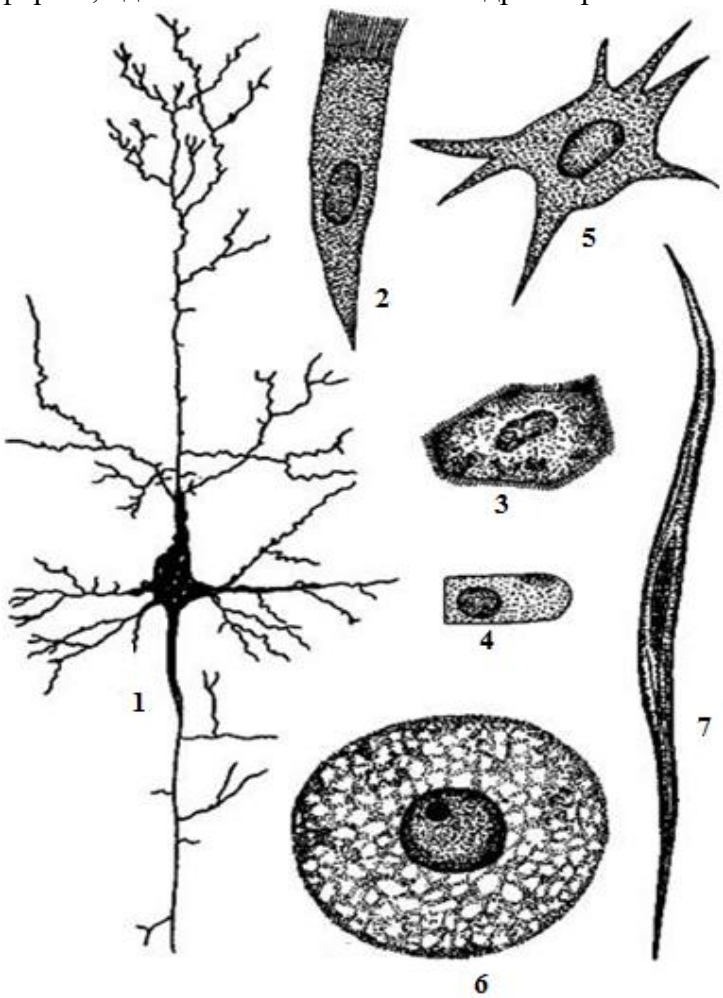


Рис. 13 Некоторые типы клеток животных:
1 — нервная клетка;
2—4 — клетки эпителия;
5 — клетка соединительной ткани; 6 — яйцеклетка;
7 — мышечная клетка

Живая деятельная протоплазмы представляет собой весьма сложную коллоидную систему и в главной своей массе находится в жидком агрегатном состоянии. Структура протоплазмы связана с ее функцией. Для внутриклеточных процессов определяющее значение имеет мицеллярное строение протоплазмы. При разжижении мицеллы располагаются беспорядочно, при сгущении они сближаются. Более жидкое состояние называется золем, а более плотное — гелем. Нарушение структурной связанности восстанавливается не механическим повторением начального положения, а путем образования новых связей белковых молекул и мицелл. Обратимая желатинизация меняет вязкость протоплазмы и может либо распространиться на всю клетку, либо захватить только ее отдельные участки. Протоплазма клеточного тела называется цитоплазмой, а протоплазма ядра — кариоплазмой.

Зарисуйте клетки различной формы, выделите в них ядра.

Препарат № 7**. Клетки кожицы чешуи лука**

Снимите с мясистой чешуйки луковицы тонкую пленку (кожицу) и разрежьте ее на несколько кусочков. Один кусочек кожицы поместите на предметное стекло в каплю дистиллированной воды и накройте покровным стеклом. При малом увеличении и затемненном с помощью конденсора в поле зрения видны вытянутые клетки с хорошо различимыми оболочками. При большом увеличении в клетках видны цитоплазма и ядро. При повороте микрометрического винта видно, что оболочка двуконтурна (т. е. имеет определенную толщину). Ядро чаще лежит близко к оболочке. Оно имеет вид светлого пузырька, по форме округлое или овальное; в ядре расположено одно или несколько ядрышек. Цитоплазма — мелкозерниста; эндоплазма сосредоточена около ядра, а эктоплазма — около оболочки клетки. Эндоплазма соединена с эктоплазмой цитоплазм этическими тяжиками; между ними находятся вакуоли с прозрачным клеточным соком.

Препарат № 8. **Клетки кожицы чешуи лука, окрашенные чернилами и раствором йода**

Второй кусочек кожицы лука поместите для окрашивания в раствор чернил, третий — в раствор йода. Окрашенные кусочки промойте в дистиллированной воде; каждый расправьте иглами на предметном стекле и накройте покровным.

При изучении препаратов как при малом, так и при большом увеличении все структуры клетки лука, окрашенные в фиолетовый или оранжевый цвет, выявляются более отчетливо. Несколько клеток объекта зарисуйте; на рисунке укажите оболочку клетки, цитоплазму, ядро, ядрышко (рис.14).

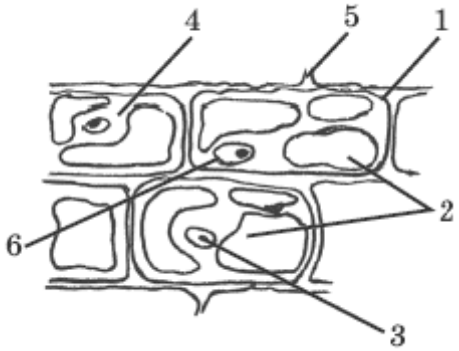


Рис.14 Клетки кожицы чешуи лука:
1 — оболочка клетки; 2 — вакуоль;
3 — ядро; *4* — цитоплазма;
5 — клеточная стенка

Препарат № 9. **Мазок крови лягушки** (рис.15).

Изучая мазок при большом увеличении, обратить внимание на величину эритроцитов, их форму и наличие в них ядра. Эритроциты имеют овальную форму, ядра их интенсивно окрашены. Лейкоциты крови лягушки меньше эритроцитов и по строению сходны с лейкоцитами крови человека. В мазке видны и тромбоциты крови. Они имеют цитоплазму и ядра.

Зарисуйте и укажите на рисунке элементы крови: эритроцит, нейтрофил, эозинофил, лимфоцит, моноцит, тромбоцит.

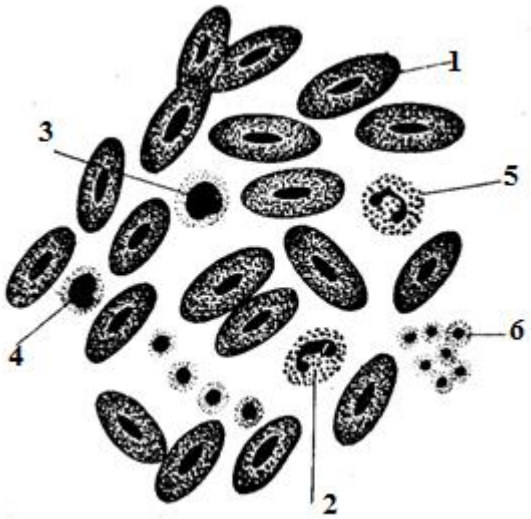


Рис. 15 Мазок крови лягушки:
1 — эритроцит; 2 — нейтрофил;
3 — лимфоцит; 4 — моноцит;
5— эозинофил; 6 — тромбоциты

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение клетки.
2. Какой формы могут быть клетки и с чем это связано? Приведите примеры.
3. Каковы строение, химический состав и физико-химические свойства элементарной биологической мембраны и плазмолеммы?
4. Какие структуры могут быть на свободной поверхности клеток?
5. Назовите типы клеточных контактов. Каково их строение и функциональное значение?
6. Какие способы транспорта вещества через плазмолемму вам известны? Что такое фагоцитоз и пиноцитоз?
7. Чем облегченная диффузия через мембраны отличается от обыкновенной?
8. Могут ли белки пройти через липидный бислой?

Заполните таблицу «Строение и функции клеточной оболочки».

Строение и функции клеточной оболочки животных и растений

Виды клеток	Строение и функции наружного и внутреннего слоев клеточной оболочки животных и растений		
	наружный слой (химический функции)	внутренний слой—плазматическая мембрана	
		химический состав	функции плазматической мембраны
Клетки растений			
Клетки животных			
Клетки крови (например, лейкоциты)			
Клетки простейших			

ТЕМА № 4, 5 ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ОРГАНЕЛЛ.

Цель занятия — углубить знания студентов о строении и функции органелл клетки.

Основные сведения

Клетки многоклеточных организмов, как животных, так и растительных, обособлены оболочкой. В клетке выделяют ядро и цитоплазму. Клеточное ядро состоит из оболочки, ядерного сока, ядрышка и хроматина.

Основное вещество цитоплазмы образует истинную внутреннюю среду клетки, которая объединяет все внутриклеточные структуры и обеспечивает взаимодействие их друг с другом. Функции гиалоплазмы разнообразны, так как с ней связаны коллоидные свойства живой клетки, движение цитоплазмы, явления роста, морфогенеза, передачи раздражения, возникновение веретена деления и т.д.

Органеллы — это постоянные структуры цитоплазмы, выполняющие в клетке жизненно важные функции. Их можно разделить на две группы: мембранные и не мембранные. Мембранные органеллы могут иметь один или два слоя мембран. К одномембранным относят органеллы вакуолярной системы: ЭПС, аппарат Гольджи, лизосомы, пероксисомы и другие вакуоли. К двумембранным органеллам относят митохондрии и пластиды. Немембранными органеллами считают рибосомы, клеточный центр, характерный для животных клеток, микротрубочки, микрофиламенты.

Выделяют органеллы общего значения и специальные. Последние в значительном количестве присутствуют в клетках, специализированных к выполнению определенной функции, но в незначительном количестве могут встречаться и в других типах клеток. К ним относят, например, микроворсинки всасывающей поверхности эпителиальной клетки кишечника, реснички эпителия трахеи и бронхов; синаптические пузырьки, транспортирующие вещества — переносчики нервного возбуждения с одной нервной клетки на другую или клетку рабочего органа; миофибриллы, от которых зависит сокращение мышцы.

Одномембранные органеллы

Эндоплазматическая сеть или вакуолярная система образована сообщающимися или отдельными трубчатыми или уплощенными (цистерна) полостями, ограниченными мембранами и распространяющимися по всей цитоплазме клетки. Нередко цистерны имеют пузыревидные расширения. В названной системе выделяют шероховатую и гладкую цитоплазматическую сети (рис. 9).

Особенность строения шероховатой сети состоит в прикреплении к ее мембранам полисом. В силу этого она выполняет функцию синтеза определенной категории белков, преимущественно удаляемых из клетки, например секретируемых клетками желез. В области шероховатой сети происходит образование белков и липидов цитоплазматических мембран, а также их сборка. Плотно упакованные в слоистую структуру цистерны шероховатой сети являются участками наиболее активного белкового синтеза и называются эргастоплазмой.

Мембраны гладкой цитоплазматической сети лишены полисом. Функционально эта сеть связана с обменом углеводов, жиров и других веществ небелковой природы, например стероидных гормонов (в половых железах, корковом слое надпочечников). По канальцам и цистернам происходит перемещение веществ от места синтеза в зону упаковки в гранулы. В пузырьках и канальцах гладкой сети поперечно-полосатой мускулатуры сохраняются (депонируются) ионы кальция, играющие важную роль в процессе сокращения.

Пластинчатый комплекс Гольджи — органелла клетки, представляющая постоянную и высокодифференцированную часть цитоплазмы. Аппарат Гольджи

образован совокупностью диктиосом от нескольких десятков (обычно около 20) до нескольких сотен и даже тысяч на клетку.

Диктиосома представлена стопкой из 3 — 12 уплощенных дискообразных цистерн, от краев которых отшнуровываются пузырьки (везикулы). Ограниченные определенным участком (локальные) расширения цистерн дают более крупные пузырьки (вакуоли). В пластинчатом комплексе образуются секреторные пузырьки или вакуоли, содержимое которых составляют белки и другие соединения, подлежащие выводу из клетки. В диктиосомах синтезируются полисахариды, а также их комплексы с белками (гликопротеины) и жирами (гликолипиды), которые затем можно обнаружить в гликокаликсе клеточной оболочки. Под действием аппарата Гольджи могут происходить модификация белков, ацилирование аминокислот, фосфорилирование. В растительных клетках удалось проследить участие аппарата Гольджи в образовании срединной пластинки и росте клеточных стенок.

Лизосомы (рис.9) — пузырьки диаметром обычно 0,2 — 0,4 мкм, которые содержат набор ферментов кислых гидролаз. Их оболочка образована одинарной мембраной. Лизосомная мембрана состоит из веществ, устойчивых к действию гидролаз, что служит необходимым условием для локализации посторонних продуктов, проникающих в клетку. Повреждение мембран лизосом может вызвать лизис фосфорных эфиров, нуклеиновых кислот, мукополисахаридов, белков, сложных эфиров серной кислоты. В связи с этим органеллы названы лизосомами.

Функция лизосом — внутриклеточное переваривание различных химических соединений и структур (рис. 16).

Рис.16 Образование лизосом и их участие в клеточных процессах:
1 — синтез гидролитических ферментов в ЭР;
2 — переход их в АГ; 3 — образование первичных лизосом; 4 — выброс и использование (5) гидролаз при внеклеточном расщеплении; 6-эндоцитозные пузырьки; 7 — слияние с ними первичных лизосом; 8 — образование вторичных лизосом;
9 — тлолизосомы; 10 — экскреция остаточных телец; 11 — первичные лизосомы принимают участие в образовании автофагосом (12)

У человека при старении организма в остаточных тельцах клеток мозга, печени и мышечных волокнах накапливается «пигмент старения» - липофусцин.

Первичными лизосомами (диаметр 100 нм) называют неактивные органеллы, вторичными — органеллы, в которых происходит процесс переваривания. Вторичные лизосомы образуются из первичных. Они подразделяются на гетеролизосомы (фаголизосомы) и аутолизосомы (цитолизосомы). В первых переваривается материал, поступающий в клетку извне путем пиноцитоза и фагоцитоза, во вторых разрушаются собственные структуры клетки, завершившие свою функцию. Вторичные лизосомы, в которых процесс переваривания завершен, называют остаточными тельцами (телолизосомы). В них отсутствуют гидролазы и содержится непереваренный материал.

Пероксисомы – мельчайшие пузырьки, содержащие набор ферментов (рис.17). Название органеллы получили от перекиси водорода, промежуточного продукта в цепи биохимических реакций, идущих в клетке. Ферменты пероксисомы нейтрализуют токсичную перекись водорода, вызывая ее распад с выделением воды и кислорода.

Пероксисомы участвуют в обменных реакциях: в метаболизме липидов, холестерина.

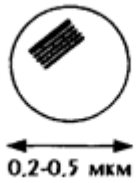


Рис.17 Строение пероксисомы

Двумембранные органеллы

Митохондрии — это структуры округлой или палочковидной, нередко ветвящейся формы толщиной 0,5 мкм и длиной обычно до 5 — 10 мкм (рис. 18) Название «митохондрия» происходит от греческого mitos–нить и chondros-зерно. В большинстве животных клеток количество митохондрий колеблется от 150 до 1500, однако в женских половых клетках их число достигает нескольких сотен тысяч. В сперматозоидах нередко присутствует одна гигантская митохондрия, спирально закрученная вокруг осевой части жгутика.

Митохондрии встречаются почти во всех эукариотических растительных и животных клетках. Раньше считалось, что они отсутствуют лишь у бактерий и некоторых простейших, постоянно существующих в анаэробных условиях. Однако под электронным микроскопом у многих бактерий были обнаружены особые тельца, аналогичные митохондриям мезосомы.

По физико-химическим свойствам митохондрии — довольно плотные тельца. Электронно-микроскопические исследования показали, что митохондрии ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана отделяет митохондрию от цитоплазмы, внутренняя мембрана окружает внутреннюю камеру митохондрии, митохондриальный матрикс. В нем с помощью электронного микроскопа обнаруживаются зерна диаметром 20 — 40 нм. Они накапливают ионы кальция и магния, а также полисахариды, например гликоген.

Митохондриальный матрикс — гомогенное мелкозернистое вещество умеренной плотности, заполняющее полость митохондрии и содержащее несколько сотен ферментов: растворимые ферменты цикла Кребса, ферменты, участвующие в окислении жирных кислот. В матриксе размещен собственный аппарат биосинтеза белка органеллы. Он представлен 2 — 6 копиями кольцевой и лишенной гистонов (как у прокариот) молекулы ДНК, рибосомами, набором транспортных РНК (тРНК), ферментами редупликации ДНК, транскрипции и трансляции наследственной информации.

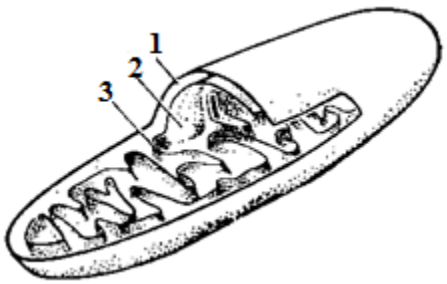


Рис.18 Строение митохондрии животной клетки
1 — наружная мембрана; 2 — матрикс;
3 — внутренняя мембрана, образующая кристы

Главная функция митохондрий состоит в ферментативном извлечении из определенных химических веществ энергии (путем их окисления) и накоплении энергии в биологически используемой форме (путем синтеза молекул аденозинтрифосфата — АТФ). В целом этот процесс называется окислительным фосфорилированием. В энергетической функции митохондрий активно участвуют компоненты матрикса и внутренняя мембрана. Среди побочных функций митохондрий

можно назвать участие в синтезе стероидных гормонов и некоторых аминокислот (глутаминовая).

Жизненный цикл митохондрий сравнительно короткий (около 10 суток); их разрушение происходит путем аутофагии, а гибнущие органеллы замещаются новыми, которые формируются путем перешнуровки предшествующих. Репликация митохондриальной ДНК происходит в любые фазы клеточного цикла независимо от репликации ядерной ДНК.

Пластиды (от греч. Plastos — вылепленный и eidos — подобный) — постоянные мембранные органеллы растительных клеток, в которых осуществляется первичный синтез органических веществ. Грибы, сине-зеленые водоросли, бактерии, слизевики пластид не имеют. Пластиды делят на три группы: лейкопласты (бесцветные пластиды), хлоропласты (пластиды, содержащие зеленый пигмент) и хромопласты (пластиды, содержащие цветные пигменты). В группу лейкопластов входят: амилопласты-пластиды, накапливающие крахмал; олеопласты-пластиды, накапливающие масла; протеинопласты-пластиды, накапливающие белок.

Тело пластид состоит из стромы, содержащей в основном протеины и липиды, а также пигменты и минеральные элементы, и ограничено двумя липопротеидными мембранами (рис. 9, 19). Содержание воды в пластидах зависит от водного режима растений и колеблется от 60% до 75%.

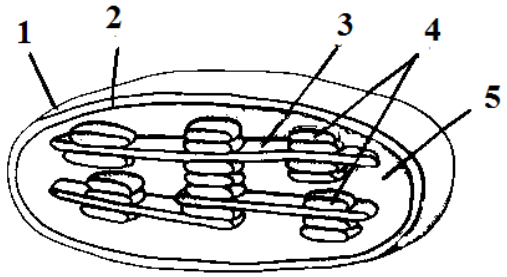


Рис.19 Строение пластид:
1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — тилакоид; 4 — грана; 5 — строма.

В пластидах содержится большое количество различных ферментов, которые последовательно вовлекаются в обмен веществ. Они катализируют биохимические реакции, в результате которых в виде различных соединений накапливается энергия, необходимая для метаболических процессов. Пластиды играют значительную роль в образовании и превращении запасных веществ в клетке.

Немембранные органеллы

Немембранными органеллами считают рибосомы, клеточный центр, характерный для животных клеток, микротрубочки, микрофиламенты.

Рибосома — это сферическая электронно-плотная гранула, состоящая из белка и рибонуклеиновой кислоты **(**рис. 9, 20**).** Название рибосома произошло от начала слова «рибонуклеиновая кислота» и греч.soma — тело. Рибосома состоит из малой и большой субъединиц. Субъединицы образованы рибосомальными РНК (рРНК), на которые приходится около 50% их массы, и особыми белками (до 80 различных видов). Первые образуются в ядрышке, белки синтезируются в цитоплазме, после чего транспортируются в ядро, где связываются с рРНК. В дальнейшем субъединицы через ядерные поры направляются из ядра в цитоплазму, где они участвуют в синтезе белка.

Рибосомы могут встречаться в цитоплазме поодиночке или формировать скопления, которые называются полирибосомами (полисомами). В последних отдельные рибосомы (в количестве 3-30) удерживаются общей нитью иРНК. Информация, переносимая иРНК, кодирует последовательность аминокислот в белке соответствующей последовательностью нуклеотидов. Рибосомы переводят (транслируют) эту генетическую последовательность в реальную последовательность аминокислот в ходе синтеза белка.

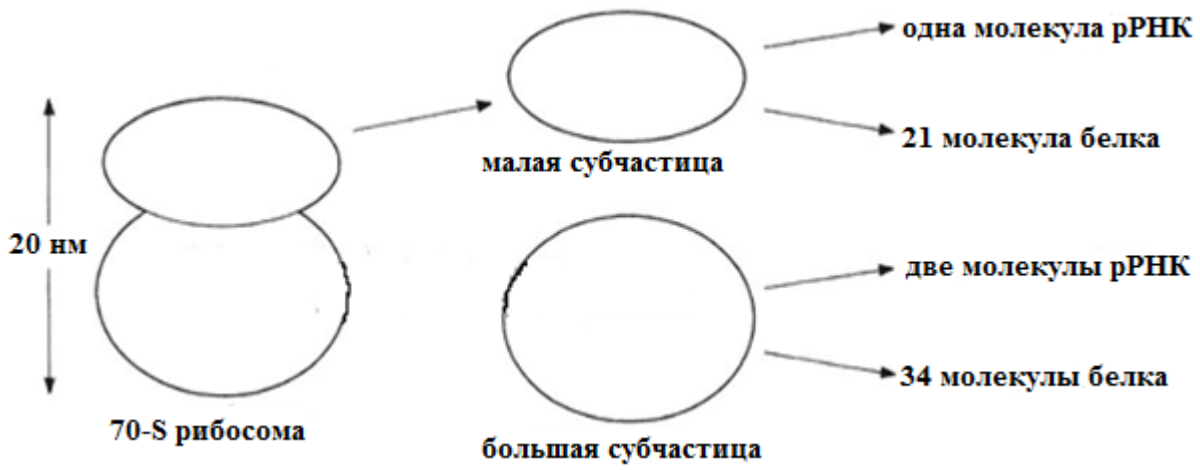


Рис. 20 Схематическое изображение рибосомы (прокариот; пластид и митохондрий).

Клеточный центр – или центросома состоит из центриолей и связанных с ними микротрубочек – центросферы. Термин «центриоли» был предложен Т.Бовери в 1895 г. для обозначения очень мелких телец, размер которых находится на границе разрешающей способности светового микроскопа. Клеточный центр был впервые описан в делящихся клетках. Вскоре его присутствие было доказано и в клетках неделящихся. В настоящее время клеточный центр описан во всех клетках низших растений и клетках животных; у высших растений его обнаружить не удалось.

Основную часть органоида составляют центриоли. Центриоль — цилиндрическая органелла толщиной около 0,2 мкм и длиной 0,4 мкм. Основой строения центриолей являются расположенные по окружности 9 триплетов микротрубочек, образующих таким образом полый цилиндр (рис. 9).

Вокруг каждой центриоли расположен бесструктурный матрикс. Часто можно обнаружить несколько дополнительных структур, связанных с центриолями: спутники, дополнительные микротрубочки, образующие особую зону, центросферу вокруг центриоли.

Клеточный центр принимает участие в делении клеток животных и низших растений. В начале деления (в профазе) центриоли расходятся к разным полюсам клетки. От центриолей к центромерам хромосом отходят нити веретена деления. В анафазе эти нити притягивают хроматиды к полюсам. После окончания деления центриоли остаются в дочерних клетках. Удваиваются и образуют клеточный центр.

Микротрубочки — трубчатые образования различной длины с внешним диаметром 24 нм, шириной просвета 15 нм и толщиной стенки около 5 нм. Отдельная микротрубочка — слой макромолекул белка, свернутый в цилиндр (Рис. 9, 21). Стенки микротрубочек способны распадаться на составляющие их макромолекулы, субъединицы или на бусообразные цепи, которые могут вновь восстанавливаться. Микротрубочки не содержат нуклеиновых кислот. Они не являются донорами энергии для направленного перемещения. Встречаются в свободном состоянии в цитоплазме клеток или как структурные элементы жгутиков, ресничек, митотического веретена, центриолей. Основной функцией микротрубочек является их участие в процессах внутриклеточных перемещений. В свободном состоянии микротрубочки выполняют опорную функцию, определяя форму клеток, а также участвуют в морфогенезе клетки.

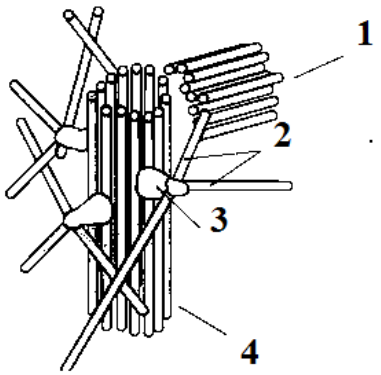


Рис. 21 Строение клеточного центра:
1 — дочерние центриоли; 2 — микротрубочки;
3 — сателит; 4 — материнская центриоль

Микрофиламентами называют длинные, тонкие образования, иногда образующие пучки и обнаруживаемые по всей цитоплазме (рис. 22). Благодаря присутствию в них сократимых белков (актин) рассматривают в качестве структур, обеспечивающих клеточные формы движения, например амебоидные. Им приписывают также каркасную роль и участие в организации внутриклеточных перемещений органелл и участков гиалоплазмы.

Рис. 22 Цитоскелетные компоненты клеток. 1 — микрофиламенты,
2 — промежуточные филаменты, 3 — микротрубочки, 4 — плазматическая мембрана, 5 — митохондрии, 6 — рибосомы.

По периферии клеток под плазмалеммой, а также в околоядерной зоне обнаруживаются пучки микрофиламентов толщиной 10 нм — промежуточные филаменты. В эпителиальных, нервных, глиальных, мышечных клетках, фибробластах они построены из разных белков. Промежуточные филаменты выполняют, по-видимому, механическую, каркасную функцию.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить микроскопическое и ультрамикроскопическое строение органелл цитоплазмы.
2. Приготовить временные препараты.
3. Научиться находить на постоянных препаратах органеллы клетки.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Заполнить таблицу «Основные органоиды клетки».
6. Ответить на вопросы теста.
7. Решить задачи.

Препарат №10. **Клеточный центр, или центросома в половых клетках аскариды**.

Клеточный центр особенно легко обнаруживается в делящихся клетках. Для его изучения пользуются препаратом «Дробление яйцеклетки лошадиной аскариды». Препарат представляет собой срез матки паразитического круглого червя — аскариды.

Рассмотрите препарат при малом увеличении. На периферии среза расположены клетки неправильной формы, которые являются эпителием матки. Полость матки заполнена яйцеклетками, находящимися на разных ступенях развития. Каждая яйцеклетка или их группы окружены толстой гомогенной двухконтурной оболочкой.

Рассматривая клетки при большом увеличении и передвигая препарат, найдите клетку, в которой начинается деление. На полюсах такой клетки можно увидеть черные маленькие зерна. Это — центриоли клеточного центра. Иногда они видны обе, а иной раз, при повороте винта, выявляется то одна, то другая; вокруг них видны отходящие в разные стороны лучи — астросфера. Около центриолей расположен однородно окрашенный участок — центросфера клеточного центра. Между центриолями различается состоящее из нитей веретено — ахроматиновая фигура. В центре этого веретена расположены хромосомы.

Зарисуйте клетки с клеточным центром, укажите на рисунке: центриоли, центросферу, астросферу, ахроматиновую фигуру, хромосомы.

Препарат № 11. **Сетчатый аппарат Гольджи в нервных клетках межпозвоночного узла собаки. Импрегнация по Гольджи** (рис. 23)

Препарат представляет собой срез межпозвоночного узла, обработанный азотнокислым серебром. При малом увеличении найдите скопления нервных клеток разной величины. Рассмотрите их при малом, а затем при большом увеличении; ядра в клетках плохо различимы. Цитоплазма клеток окрашена в желтый или бледно-коричневый цвет, а находящийся в ней аппарат Гольджи — в темно-коричневый или черный.

В мелких нервных клетках аппарат чаще имеет вид сети, состоящей из перепутанных нитей. В некоторых клетках он обнаруживается в виде чешуек или пластинок, заполняющих почти всю цитоплазму. В некоторых клетках он окружает ядро, не прерываясь, в других расположен только с одной стороны ядра, в третьих — разделен на части, расположенные вокруг ядра.

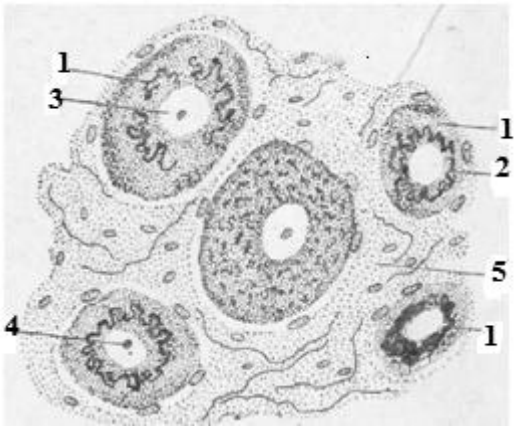


Рис. 23 Сетчатый аппарат Гольджи в нервных клетках межпозвоночного узла собаки: 1 — аппарат Гольджи; 2 — цитоплазма; 3 — ядро; 4 — ядрышко; 5 — соединительная ткань

Зарисуйте несколько нервных клеток с аппаратом Гольджи, укажите на рисунке: цитоплазму, аппарат Гольджи, ядро, ядрышко, соединительную ткань между клетками.

Препарат № 12. **Митохондрии в клетках поджелудочной железы собаки. Окраска гематоксилином Гейденгайна** (рис. 24).

В этом препарате при малом увеличении видны концевые отделы железы; во многих клетках хорошо видна мелкая зернистость — хондриосомы и прямые или изогнутые палочки — митохондрии.

Рассмотрите клетки при большом увеличении или, еще лучше, через иммерсионный объектив. В центре концевых отделов виден вырабатываемый клетками секрет.

По данным электронного микроскопа на поверхности митохондрий обнаружена мембрана, состоящая из наружного и внутреннего белковых слоев и среднего — липоидного. Наружный слой имеет частички цилиндрической формы, играющие роль в

процессе окисления и образования аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). От внутреннего слоя отходят выросты — кристы, разделяющие митохондрию па сообщающиеся камеры. На внутреннем слое и на кристах обнаружены шарикообразпые элементарные частички, которые также имеют отношение к процессу окисления и образования АТФ. Внутри камер в растворенном состоянии находятся белки, ферменты, витамины, РНК и фосфорные кислоты.

С помощью электронного микроскопа в цитоплазме клеток выявлены еще три органоида общего характера, которые не обнаруживаются под световым микроскопом.

Во-первых, это эндоплазматическая сеть, состоящая из двойных параллельных мембран, которые образуют многочисленные канальцы, цистерны. Внутри них находится жидкость, перемещающаяся из одной части клетки в другую. На некоторых мембранах обнаруживаются зерна — рибосомы, на других рибосом нет. Первые называются гранулярной эндоплазм этической сетью или эргастоплазмой, вторые — агранулярной эндоплазматической сетью. Мембраны, где сконцентрированы ферменты, являются местами реактивных клеточных процессов. Здесь происходит синтез органических веществ в клетке.

Зарисуйте клетки, укажите на рисунке: митохондрии, ядра, цитоплазму, зерна секрета.

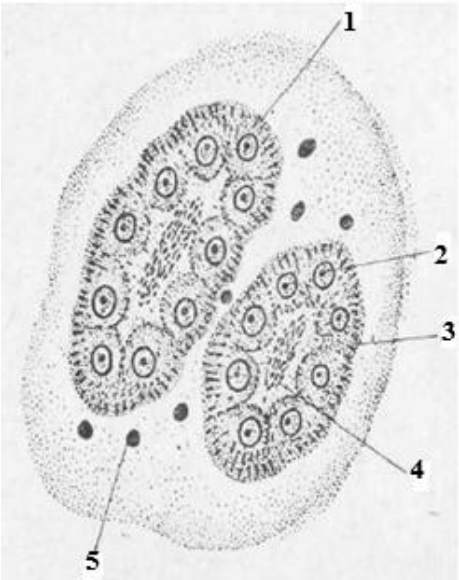


Рис. 24 Митохондрии в клетках поджелудочной железы собаки:
1 — хондриосомы; 2 — ядро; 3 — митохондрии; 4 — секрет; 5 — соединительная ткань

Препарат № 13. **Хлоропласты и первичный крахмал в листе элодеи** (рис.25).

Лист элодеи сложен всего двумя слоями клеток, и только вдоль жилки мелкие клетки образуют большее число слоев. Такое строение вполне объяснимо: элодея приспособилась к жизни в воде и это привело к упрощению ее строения.

Благодаря прозрачности в листе очень хорошо видно строение отдельных клеток. Уже при слабом увеличении заметны многочисленные черные полосы — межклетники, заполненные газами. Их положение среди двух слоев клеток можно видеть на рис. 25 (№ 2). При большом увеличении в клетке видны хлоропласты. Хлоропласты имеют форму линзы. Они погружены в постенный слой цитоплазмы и прижаты к стенкам клетки. В зависимости от того, прижаты они к боковым стенкам или к верхней (по отношению к наблюдателю) стенке, они имеют несколько различные очертания — овала или окружности. Но все хлоропласты имеют почти одинаковые размеры.

В некоторых клетках хлоропласты довольно быстро перемещаются вдоль боковых стенок клетки. Особенно хорошо это движение заметно в вытянутых клетках жилки. Сами хлоропласты лишены активных органов движения (каких-либо жгутиков или ресничек). Они пассивно увлекаются цитоплазмой. Движение цитоплазмы в той

или иной мере присуще любой живой клетке, однако редко бывает заметно так отчетливо, как у элодеи.

В хлоропластах происходит фотосинтез и возникает органическое вещество. Оно накапливается в хлоропластах в виде твердых зернышек ассимиляционного (первичного) крахмала. Эти зернышки благодаря сильному лучепреломлению хорошо обнаруживаются даже в живых хлоропластах без всякой обработки. Лучше всего они заметны в хлоропластах, прижатых к верхней стенке клетки. Химическая природа этих включений видна на клетках, убитых реактивом Люголя. Цитоплазма, пластиды окрашиваются в желтый цвет, а зерна крахмала становятся лиловыми или черно-фиолетовыми. Окрашиваются в желтый цвет и становятся хорошо заметными и ядра, которые в живых клетках оставались незаметными из-за того, что их показатель преломления совпадал с показателем преломления цитоплазмы.

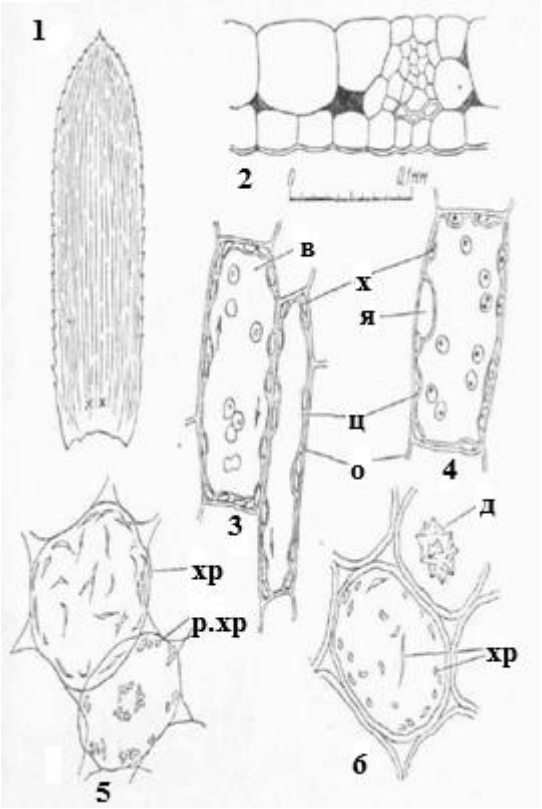


Рис. 25 Хлоропласты и хромопласты:
1 — 4 — лист элодеи: 1 — лист элодеи с пузырьками газов в межклетниках (крестиками обозначены места, удобные для изучения клеток); 2 — поперечный срез листа (клетки расположены в два слоя, между ними — межклетники, заполненные газани; справа — жилка);
3 — две клетки; стрелками показано направление движения цитоплазмы с хлоропластами (в хлоропластах прозрачные зерна ассимиляционного крахмала); 4 — убитая и окрашенная клетка; я. — ядро; х. — хлоропласты; ц. — цитоплазма; в. — вакуоль; о. — оболочки; 5 — хромопласты (хр.) в клетках из плодов рябины; р. хр. — распадающиеся хромопласты; 6 — клетки из плода шиповника; д. — друза.

Для приготовления временного микропрепарата пинцетом оторвите лист элодеи и положите его в каплю воды под покровное стекло. При малом увеличении рассмотрите общую форму листа, наличие средней жилки и многочисленных межклетников, за полненных газами. В центр поля зрения поставьте часть листа около жилки. При большом увеличении изучите клетку. Не снимая препарат со столика микроскопа, нанесите каплю реактива Люголя у края покровного стекла и оттяните излишки жидкости фильтровальной бумагой. Рассмотрите окраску зерен крахмала внутри хлоропластов. Найдите убитые и окрашенные ядра.

Зарисуйте клетки и укажите на рисунке: оболочку, хлоропласты с зернышками первичного (ассимиляционного) крахмала, постенный слой цитоплазмы, вакуоль. Отметьте движение цитоплазмы, увлекающей хлоропласты вдоль стенок клетки.

Препарат № 14. **Хромопласты в плодах рябины или шиповника**.

Хромопласты, так же как и хлоропласты — пластиды, содержащие пигменты. Но в отличие от хлоропластов они лишены хлорофилла и содержат пигменты желтого, оранжевого или красного цвета. Они выполняют сигнальную функцию, придавая яркие тона цветкам и плодам, они привлекают животных и тем способствуют опылению цветков и распространению плодов и семян.

В плодах рябины хромопласты имеют форму сильно вытянутых и заостренных слегка изогнутых телец. Эта форма возникает вследствие того, что образующиеся длинные кристаллы растягивают живые пластиды. На препарате рассмотрите часто встречающиеся клетки, в которых хромопласты разрушаются и слипаются в бесформенные массы.

Хромопласты шиповника имеют несколько иную форму. Кроме того, в некоторых клетках мякоти можно встретить сростки кристаллов оксалата кальция, так называемые друзы.

Для приготовления временного микропрепарата иглой или скальпелем надорвите кожуру плода шиповника или рябины, извлеките немного мякоти и распределите ее в капле воды на предметном стекле. Накройте препарат покровным стеклом. При малом увеличении найдите, а при большом изучите форму хромопластов.

Зарисуйте клетки, укажите на рисунке: обособление клеток друг от друга в процессе созревания плодов, наличие собственной оболочки у каждой клетки, форму, цвет и число хромопластов.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте строение комплекса Гольджи. Каковы функции этого комплекса?
2. Виды, строение и функции ЭПС.
3. Перечислите основные виды лизосом.
4. Почему в процессе замены зародышевых тканей на постоянные в ходе эмбрионального развития отмечается большая активность лизосом?
5. Какова роль пероксисом в животных и растительных клетках?
6. Какие органеллы участвуют в синтезе и транспорте веществ? Назовите их разновидности.
7. Каковы строение и функции митохондрий?
8. Почему в клетках животных митохондрий больше, чем в растительных клетках?
9. Пластиды. Строение и функции.
10. На свободной поверхности клеток обнаружены структуры, в которых под электронным микроскопом видны 9 пар периферических и 2 пары центральных микротрубочек. Как называются эти структуры, и какова их роль?

Заполните таблицу «Основные органоиды клетки»

Органоиды клетки	Особенности строения	Функции в клетке	Для каких клеток характерны (растительных или животных)

Задачи:

1. В клетках печени происходит активный синтез гликогена и белков. Какие органеллы должны быть хорошо развиты и почему?
2. Могут ли быть одинаковыми митохондрии тренированных и нетренированных людей? Каким образом проявится это различие.
3. В результате действия ионизирующей радиации в некоторых клетках происходит разрушение отдельных органелл. Каким образом будут утилизироваться клеткой их остатки?

ТЕМА №6: ЯДЕРНЫЙ АППАРАТ КЛЕТКИ. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ХРОМОСОМ.

Цель занятия — расширить знания студентов о роли ядра в передаче наследственной информации.

Основные сведения

Ядро — важный компонентклетки, содержащий генетический аппарат. Функции ядра: 1) хранение генетический информации; 2) реализация генетической информации, контролирующей осуществление разнообразных процессов в клетке — от синтетических до запрограммированной гибели; 3) воспроизведение и передача генетической информации (при делении клетки).

Большинство клеток имеет одно ядро, однако встречаются многоядерные клетки, например, клетки печени и клетки грибов. Форма ядра различных клеток неодинакова: встречаются клетки с палочковидными, бобовидными, округлыми, овальными, многолопастными, сегментированными ядрами.

Расположение ядра в клетке непостоянно. В молодых и эмбриональных клетках оно находится чаще всего в центре. По мере роста растительной клетки и усиления в ней процессов обмена веществ, вызывающих образование в ней несколько мелких или одной крупной вакуоли, ядро оттесняется к клеточной оболочке. Кроме того, смещение ядра может быть связано с физиологическими функциями клетки, как например, у клеток скелетной мышечной ткани.

В ядре неделящейся клетки выявляются кариолемма (ядерная оболочка), хроматин, ядрышко и кариоплазма (ядерный сок).

Ядерная оболочка. Неделящееся клеточное ядро заключено в плотную и упругую оболочку, которая растворяется и вновь восстанавливается в процессе деления клетки (рис. 26). Электронные исследования показали, что она состоит из двух элементарных мембран толщиной 6 — 8 нм каждая-внешней и внутренней, между которыми находится перинуклеарное пространство шириной от 20 — 60 нм. Оно заполнено энхилемой-сывороткообразной жидкостью с низкой электронной плотностью. Оболочка имеет (отверстия) поры приблизительно до 100 нм в диаметре, через которые свободно проходят макромолекулы (сахара, РНК, некоторые гормоны).

Наружная ядерная мембрана с поверхности, обращенной в цитоплазму, покрыта рибосомами, внутренняя мембрана гладкая. Ядерная оболочка — часть мембранной системы клетки.

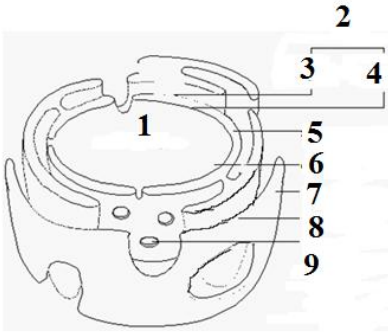


Рис. 26 Строение ядерной оболочки:
1— полость ядра; 2 — ядерная оболочка; 3 — внешняя ядерная мембрана; 4 — внутренняя ядерная мембрана; 4 — перинуклеарное пространство; 5 — ламина; 6 — мембрана эр; 7 — полость эр; 8 – ядерная пора.

Выросты внешней ядерной мембраны соединяются с каналами эндоплазматической сети, образуя единую систему сообщающихся каналов. Обмен веществ между ядром и цитоплазмой осуществляется двумя основными путями. Во-первых, ядерная оболочка пронизана многочисленными порами, через которые происходит обмен молекулами между ядром и цитоплазмой. Во-вторых, вещества из ядра в цитоплазму и обратно могут попадать вследствие отшнуровывания впячиваний и выростов ядерной оболочки.

Хроматином называют глыбки, гранулы и сетевидные структуры ядра, интенсивно окрашивающиеся основными красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин содержит ДНК и белки и представляет собой спирализованные и уплотненные участки хромосом. Спирализованные участки хромосом в генетическом

отношении неактивны. Свою специфическую функцию — передачу генетической информации — могут осуществлять только деспирализованные участки хромосом, которые в силу своей малой толщины не видны в световой микроскоп. В делящихся клетках все хромосомы сильно спирализуются, укорачиваются и приобретают компактные размеры и форму.

Форма хромосом зависит от положения так называемой первичной перетяжки, или центромеры, области, к которой во время деления клетки (митоза) прикрепляются нити веретена деления. Установлено, что центромеры являются одним из центров полимеризации тубулинов; от них отходят пучки микротрубочек митотического веретена, направляющиеся к клеточным центрам — центросомам (клеточным органеллам, обычно состоящим из двух центральных телец — центриолей, окруженных светлой зоной).

Центромера делит хромосому на два плеча. Расположение центромеры определяет три основных типа хромосом: 1) равноплечие с плечами равной или почти равной длины; 2) неравноплечие — с плечами неравной длины; 3) палочковидные — с одним длинным и вторым очень коротким, иногда с трудом обнаруживаемым плечом.

У некоторых хромосом, кроме первичных, имеются и вторичные перетяжки, наличие и местоположение которых используют при описании морфологии хромосом. Некоторые хромосомы имеет вторичную перетяжку, расположенную вблизи их дистального конца и отделяющую небольшой участок, называемый спутником. Хромосому, имеющую спутник, называют спутничной хромосомой, или SAT-хромосомой. Этот термин был предложен Хейтцем в 1931 году и означает sine acido thymonucleinico — без нуклеиновой кислоты. Однако данное выражение не соответствует действительности, так как нить, соединяющая хромосому со спутником, по данным современных исследований, содержит ДНК, как и основное тело хромосомы.

Согласно биохимическим исследованиям хромосомы состоят преимущественно из ДНК (около 40%) и гистонов (40%) — белков основного характера с высоким содержанием аргинина и лизина. Второй компонент, часто называемый нуклеогистоном, является наиболее постоянной частью химического состава хромосом.

Так же в состав хромосом входят РНК и негистоновые (остаточные) белки (20%). Негистоновые хромосомные белки — это главным образом кислые белки. К ним относятся белки, ответственные за движение хромосом (актин, миозин, тубулин), ферменты синтеза РНК и ДНК (полимеразы).

Хромосомы, одинаковые по форме и размеру и несущие одинаковые гены, называются гомологичными. Хромосомный набор соматической клетки, в котором каждая хромосома имеет себе пару, носит название двойного или диплоидного и обозначается 2n. Количество ДНК, соответствующее диплоидному набору хромосом, обозначают как 2c. Из каждой пары гомологичных хромосом в половые клетки попадает только одна, и поэтому хромосомный набор гамет называют одинарным или гаплоидным n.

Третья характерная для ядра клетки структура — ядрышко. Оно представляет собой плотное округлое тельце, погруженное в ядерный сок. В ядрах разных клеток, а также в ядре одной и той же клетки в зависимости от ее функционального состояния число ядрышек может колебаться от 1 до 5 — 7 и более. Ядрышки есть только в неделящихся ядрах, во время митоза они исчезают, а после завершения деления возникают вновь.

Ядрышко внутриядерная структура сферической формы, не имеющая мембраны. Оно образуется вокруг участка хромосомы, в котором закодирована структура рРНК. Ядрышки богаты белками (80 — 85%) и РНК (около 15%) и служат активными центрами синтеза рибосомальной РНК. Ядрышки не присутствуют в ядре постоянно: они возникают в средней телофазе митоза и исчезают в конце профазы. При

исчезновении ядрышка во время митоза его белки, ДНК и РНК становятся основой матрикса хромосом, а в дальнейшем из материала старого ядрышка формируется новое.

Кариоплазма (ядерный сок) — представляет собой коллоидный раствор, содержащий белки, который обеспечивает обмен метаболитов и быстрое перемещение молекул РНК к ядерным порам. Количество нуклеоплазмы уменьшается при созревании или старении клетки.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить структурные компоненты ядра, определить их роль в жизнедеятельности клетки, хранении и передаче наследственной информации.
2. Рассмотреть микропрепараты для изучения и зарисовки.
3. Заполнить таблицу «Строение ядра».
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 15. **Клетки желтого тела яичника кошки. Окраска гематоксилином и эозином** (рис. 27, 28)

Истинное желтое тело развивается в женских половых железах — яичниках после оплодотворения яйца. Инкрет клеток желтого тела влияет на подготовку слизистой матки к восприятию зародыша. Изучая срез желтого тела при малом увеличении, рассмотрите клетки, расположенные общим пластом. При большом увеличении, передвигая препарат, найдите более резко очерченные клетки округлой формы. Цитоплазма их однородна, в ней ясно различаются ядра. В ядрах можно увидеть ядерную оболочку, глыбки хроматина и ядрышко.

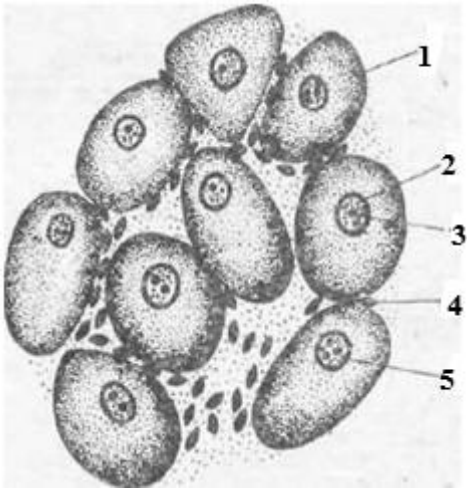


Рис. 27 Клетки желтого тела яичника кошки: 1— цитоплазма; 2 — зерна хроматина; 3 — ядрышко; 4 — клетки кровеносных капилляров; 5 — ядерная оболочка.

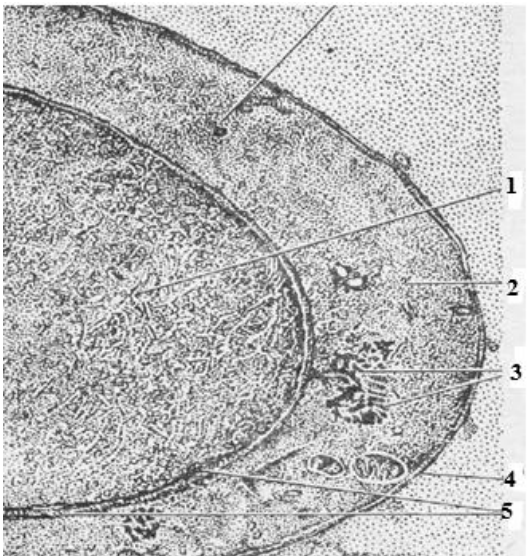


Рис. 28 Электронномикроскопическое изображение оболочки клетки и оболочки ядра: 1 — ядро;
2 — цитоплазма; 3 — включения;
4 — мембраны оболочки клетки;
5 — мембраны оболочки ядра.

По данным электронной микроскопии, оболочка ядра состоит из двух параллельных мембран. Между ними находится перинуклеарное пространство. В мембранах обнаружены поры, имеющие форму воронки. Субмикроскопическое исследование ядрышка выявило, что оно представляет собой клубочек нитей — нуклеолонем, на которых рядами расположены зерна.Между клетками желтого тела довольно густо расположены клетки соединительной ткани и кровеносных сосудов (видны их ядра).

Зарисуйте часть объекта, укажите на рисунке ядра клеток кровеносных капилляров и в клетках желтого тела — цитоплазму, ядерную оболочку, зерна хроматина, ядрышко.

Препарат № 16. **Интерфазное ядро фиксированной и окрашенной клетки. Клетки печени аксолотля. Окраска гематоксилин-эозином** (рис. 29)

При малом увеличении микроскопа на препарате рассмотрите крупные многоугольные клетки печени, окрашенные в розовый цвет, с маленькими округлыми ядрами фиолетового цвета. Внутри ядер видны глыбки хроматина и два розовых ядрышка. В одном ядре может присутствовать несколько ядрышек. Между гранулами хроматина находится бесструктурная нуклеоплазма.

В щелевидных пространствах между клетками встречаются более крупные клетки овальной формы, содержащие ядра — это красные кровяные шарики, циркулирующие в кровеносных сосудах.

Зарисуйте и укажите на рисунке ядерную оболочку, ядрышки, гранулы хроматина, нуклеоплазму.

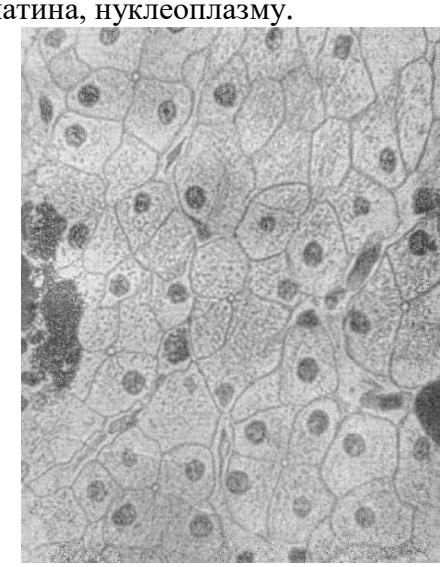


Рис. 29 Клетки печени аксолотля

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные структурные элементы клеточного ядра. Какова роль ядра в жизнедеятельности клетки?
2. Зарисуйте общую схему строения митотической хромосомы и подпишите ее составляющие.
3. Назовите типы митотических хромосом в зависимости от положения первичной перетяжки.
4. Какова функция ядрышка?
5. Расшифруйте обозначение: 2n2c1n1c
6. Чем определяется свойство хроматина воспринимать основные красители?

Заполните таблицу «Строение ядра»

Основные компоненты	Особенности строения	Функции
Ядерная оболочка		

Ядерный сок		
Ядрышки		
Хромосомы		

ТЕМА №7: НЕПОСТОЯННЫЕ КЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

Цель занятия — изучить морфологию клеточных включений.

Основные сведения

Непостоянные включения. Помимо органоидов, в цитоплазме имеются и непостоянные включения. Это вещества, тесно связанны с жизнедеятельностью клеток, в зависимости от которой они могут быть то в большем, то в меньшем количестве или совсем отсутствовать. В противоположность органоидам непостоянные включения не являются специализированными частями протоплазмы; при делении клетки они исчезают, а затем накапливаются во вновь образующихся клетках.

Включения могут быть трофическими, т.е. запасами питательных веществ, ассимилируемых клеткой; экскретами — продуктами обмена веществ, подлежащих выделению; секретами — веществами, необходимыми организму, и, наконец, пигментами. Жидкие включения образуют в клетке капли, называемые *вакуолями,* плотные представлены гранулами.

Трофические включения бывают белковыми, жировыми и углеводными.

Белковые включения находятся в яйцеклетках. Они имеют вид зерен или палочек, иногда очень мелких. Это материал, необходимый для развития зародыша. В остальных клетках тела белковых включений, как правило, не бывает.

Жировые включения находятся во всех клетках, в некоторых, правда, обнаруживаются только в виде следов. Эти отложения представляют собой запасной энергетический материал.

Жировые включения накапливаются в цитоплазме в виде капель разной величины (рис. 30). При большом количестве они сливаются в одну большую вакуолю, которая заполняет всю клетку, оттесняя ядро к периферии. Есть клетки хотя и не специализированные, но все же приспособленные к накоплению жира. Они называются жировыми клетками и встречаются в соединительной и ретикулярной тканях.

Рис. 30. Клетки жировой ткани

При некоторых заболеваниях отложение жира сопровождается разрушением цитоплазмы, а следовательно, всей клетки, что свидетельствует о ее ненормальном состоянии и известно под названием жирового перерождения. Обычно же накопление

жира в цитоплазме не ведет к гибели клетки. После потребления его клетка возвращается в исходное состояние.

Углеводные включения представлены в животных клетках гликогеном. Это вещество хорошо растворяется в воде и легко распространяется при помощи диффузии. Фиксаторы обычно осаждают его чаще в виде плотных глыбок разной величины, иногда в форме мелких зерен, смещенных к одной стороне клетки. Легко обнаруживают гликоген в клетках печени, где его особенно много после принятия пищи. Диффузный гликоген печеночных клеток состоит из субмикроскопических частиц (рис. 31). При электронном микроскопировании определили, что отложение гликогена связано с эндоплазматической сетью: при искусственном снижении количества гликогена эндоплазматическая сеть увеличивается, а при повышении, наоборот, уменьшается. Предполагают, что с мембранами этой сети связаны ферменты, принимающие участие в синтезе гликогена.

В очень больших количествах гликоген находится в мышечных волокнах, где является основным источником энергии для той работы, которую они выполняют.

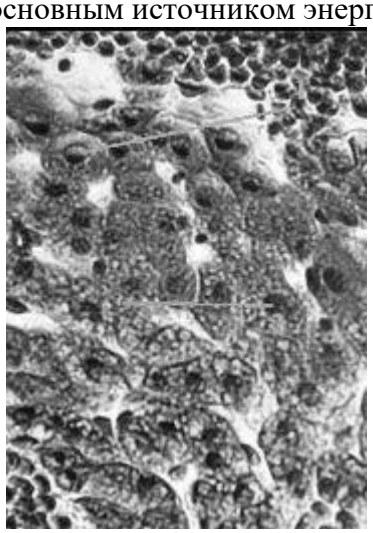


Рис. 31 Включения гликогена в клетках печени

Количество гликогена в мышцах значительно колеблется в зависимости от питания, работы и т.д. Обнаружен он и в нервных клетках, в которых возможность его отложения до недавнего времени отрицали.

Экскреты — это продукты обмена, которые уже не принимают участия в жизненных процессах и подлежат удалению из организма как вещества вредные.

Секреты — продукты деятельности железистых клеток; в противоположность экскретам это вещества, необходимые организму. Они накапливаются в клетке, а затем выводятся из нее. К этой категории клеточных продуктов могут быть отнесены и ферменты.

Пигментными включениями называются окрашенные вещества, которые, скапливаясь в клетке, обусловливают ее цвет (рис. 32). Существует много видов пигментов. Очень большое значение имеют темно-коричневые или черные пигменты, называемые меланинами. Они находятся главным образом в эпителиальных и в некоторых соединительнотканных клетках. Меланины имеют вид гранул, химически весьма устойчивых. Локализованные в эпителии, они сообщают темную окраску коже и волосам.

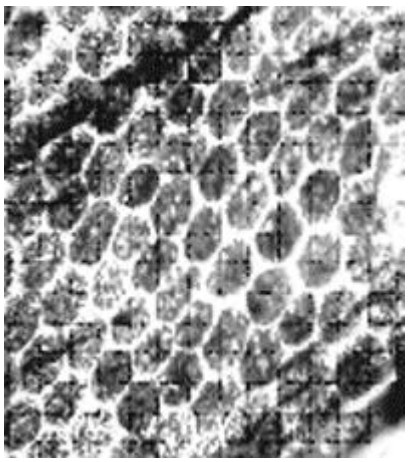


Рис. 32 Пигментные включения в эпителиальных клетках сетчатки глаза лошади

К пигментам относится и красящее вещество крови — гемоглобин, состоящий из белка — глобина и окрашенного вещества — гема**.** Гемоглобин благодаря содержанию железа легко образует непрочное соединение с кислородом и является его разносчиком в организме.

Таким образом, хотя включения и представляют собой непостоянные образования в цитоплазме, они имеют большое значение в жизнедеятельности клетки.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Рассмотреть микропрепараты для изучения и зарисовки.

Препарат № 17. **Запасный (вторичный) крахмал из клубня картофеля** (рис. 33).

Накопление большого количества крахмала в хлоропластах затормозило бы фотосинтез. Поэтому по мере образования органические вещества оттекают из листьев в другие органы растения в виде растворимых сахаров и там накапливаются в больших количествах. Очень часто органические вещества откладываются в виде крупных зерен запасного (вторичного) крахмала.

Зерна запасного крахмала образуются внутри живых пластид — лейкопластов (амилопластов). Из притекающего извне сахара в лейкопласте образуется крупинка крахмала. Вокруг нее слой за слоем откладываются новые частички крахмала. При этом живое тело пластиды растягивается в виде пленки на поверхности растущего крахмального зерна и продолжает свою работу по превращению сахаров в крахмал. Так как в картофельный клубень сахаров поступает днем меньше, чем ночью, то и характер слоев меняется в течение суток; днем откладывается более узкий плотный светлый слой, а ночью — более широкий рыхлый и темный. Поэтому крахмальные зерна имеют слоистость, которую можно хорошо рассмотреть в микроскоп.

При изучении и зарисовке простого крупного зерна надо также отметить, что слои расположены эксцентрично, т. е. центр образования сдвинут к одному краю зерна. Положение центра образования, характер слоистости, форма и величина крахмальных зерен настолько характерны, что по этим признакам можно определить их принадлежность тому или другому виду растений.

Кроме крупных простых зерен с одним образовательным центром, на препарате попадаются в небольшом числе и другие (обычно более мелкие) — сложные и полусложные.

Если в лейкопласте возникает первоначально не одна, а две или несколько крупинок крахмала, то возникает два — несколько центров образования с отложением самостоятельных слоев. После соприкосновения этих слоев рост зерна может прекратиться — тогда возникнет сложное зерно: двойное, тройное и т. д. Но может быть и иное продолжение: вокруг частных слоев начинают образовываться общие слои, и тогда возникают полусложные зерна (рис. 32, № 2 — 4 и 5 — 6).

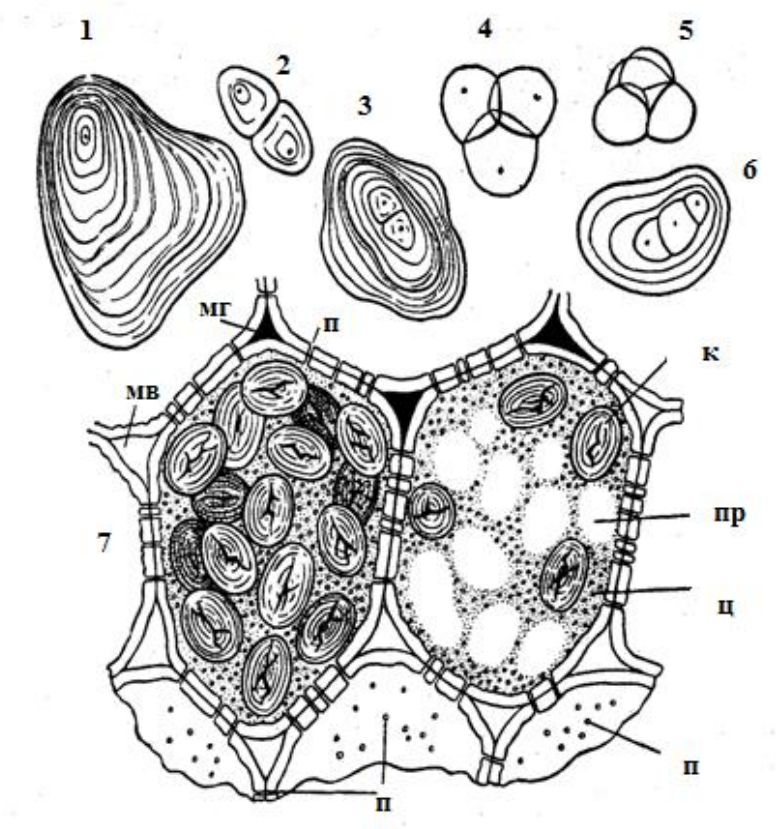


Рис.33 Запасные вещества: 1 — 6 — крахмальные зерна из клубня картофеля: 1 — простое зерно с эксцентрической слоистостью, 2 — сложные зерна, 3 — 6 — полу сложные зерна; 7 — две клетки из семядоли зародыша фасоли; правая клетка разрезана, из нее выпала часть крахмальных верен; к. — крахмальные зерна, ц — цитоплазма с мелкими алейроновыми зернами, пр. — пространства, оставшиеся после выпадения зерен, п. — поры, видимые в плане и сбоку, м. в. — межклетники, заполненные водой, м. г. — межклетники, заполненные газами.

Для приготовления временного микропрепарата разрежьте клубень картофеля. С влажной поверхности иглой или скальпелем снимите в каплю воды немного сока с крахмальными зернами и накройте покровным стеклом. При малом увеличении найдите, а при большом рассмотрите крупное простое зерно крахмалла, сложные (двойные, тройные) и полусложные зерна. Отметьте эксцентрическую слоистость. Рядом с покровным стеклом, не поднимая его, нанести каплю реактива Люголя. При малом увеличении проследить возникновение цветной реакции и зарисуйте зерна крахмала с разной интенсивностью окраски—от бледно-лиловой до черно-фиолетовой.

Препарат № 18. **Запасные вещества в клетках семени фасоли**.

Крупные семядоли фасоли содержат много запасных веществ, мобилизуемых при прорастании. Рассмотрите, какие вещества и в какой форме видны под микроскопом. Удобнее всего это сделать, отыскав клетки, попавшие на тонкий край среза. Некоторые клетки могут быть разрезаны и опустошены. В таких опустошенных клетках особенно хорошо заметно строение оболочек. Другие клетки опустошены лишь отчасти. Наконец, некоторые клетки остаются совершенно целыми, и в них видно все содержимое в естественном состоянии (левая клетка).

Ткань семядоли состоит из одинаковых паренхимных (округлых) клеток, между которыми имеются небольшие межклетники, заполненные в нормальном состоянии газами (м. г.); при приготовлении препарата в часть межклетников попадает вода, и они делаются прозрачными (м.в.). Оболочки клеток довольно толстые — вещества,

входящие в их состав, частично мобилизуются в качестве запасного питательного материала при прорастании.

Вся полость неповрежденной клетки заполнена крупными крахмальными зернами и цитоплазмой с мелкими алейроновыми зернами. Крахмальные зерна фасоли заметно отличаются от зерен картофеля очертаниями, слоями равномерной толщины (концентрической слоистостью) и наличием трещин на месте образовательного центра.

Алейроновые зерна, погруженные в цитоплазму, лучше всего удается рассмотреть в наполовину опустошенных клетках по краю среза. Определить химическую природу запасных веществ помогает йодная реакция. Крахмальные зерна окрасятся в верно-фиолетовый, фиолетовый или лиловый цвет. Иногда они дают буро-фиолетовую или даже бурую окраску, что может зависеть от наличия декстринов или от того, что зерна недостаточно набухли в воде.

Алейроновые зерна, как и цитоплазма, окрашиваются в темно-желтый цвет.

Препарат № 19. **Каменистые клетки в плодах груши** (рис. 34).

Каменистые клетки, как и волокна, в своем рабочем, окончательном состоянии представляют собой мертвые элементы. Остающиеся после разрушения протопластов толстые оболочки продолжают служить механическими, опорными элементами. Но в отличие от волокон каменистые клетки — паренхимные.

В очень толстой вторичной оболочке каменистой клетки обнаруживается слоистость. Ее наличие, а также характерный рисунок «ветвистых» пор легко понять, представив последовательность формирования оболочки. После того как тонкая первичная оболочка растянулась до предела и клетка приняла окончательную форму и размеры, изнутри на первичную оболочки, т. е. со стороны живого тела клетки начали откладываться слои вторичной оболочки. Поскольку оболочка становилась все толще и толще, полость клетки сокращалась и протопласт уменьшался в объеме. Наконец, отложив последние, самые внутренние слои, протопласт разрушился. Возникнув в первичной оболочке, поры все время удлинялись по мере утолщения вторичной оболочки и принимали вид длинных поровых каналов.

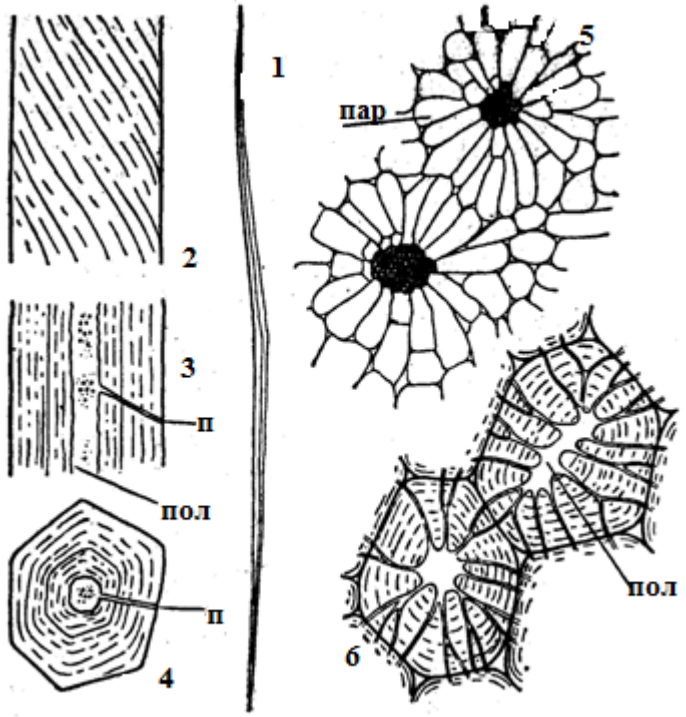


Рис. 34 Строение вторичной оболочки клеток:
1 — 4 — волокна льна;
5 — 6 — каменистые клетки из плода, груши (1 — 5 при слабом увеличении, остальные — при сильном):
1 — общий вид волокна;
2 — часть волокна в поверхности (видна спиральная штрифоватость);
3 — часть волокна в оптическом сечении;
4 — поперечный разрез волокна: п. — пора; пол. — полость; пар. — паренхима.

Для приготовления временного микропрепарата перенесите срезы, сделанные с околоплодника незрелой груши, на предметное стекло и проведите реакцию на одревеснение оболочки по одному из следующих способов:

а) уберите лишнюю воду от срезов, прибавьте 1 — 2 капли раствора сернокислого анилина, затем закройте покровным стеклом;

б) уберите лишнюю воду и прибавьте 1 — 2 капли флороглюцина. Когда реактив пропитает срезы, оттяните его фильтровальной бумагой и добавьте 1 — 2 капли дымящей соляной кислоты. Накройте покровным стеклом. После появления красного окрашивания одревесневших оболочек снимите стекло, удалити кислоту (осторожно!), прибавьте глицерин и опять накройте покровным стеклом.

При малом увеличении на самом тонком крае среза найдите группу каменистых клеток. При большом увеличении расмотрите и зарисуйте две рядом лежащие клетки. Укажите на рисунке небольшие полости клеток, толстые одревесневшие слоистые оболочки, ветвистые поры, связь между порами соседних клеток.

Контрольные вопросы:

1. Назовите включения цитоплазмы. Приведите примеры клеток и неклеточных гистологических структур, в цитоплазме которых имеются включения.
2. Каково морфофункциональное значение включений цитоплазмы?
3. Назовите виды трофических включений.
4. На чем основано деление включений на группы?
5. Опишите строение углеводных включений.
6. Что такое вакуоли и гранулы?

ТЕМА №8: Митотическое деление клеток

Цель занятия — изучить митотическое деление клеток.

Основные сведения

Митоз («митон» — нить), или *кариокинез* («карион» — ядро, «кинезис» — движение), представляет собой сложный процесс биохимической и структурной перестройки ядра и тела клетки, в ходе которого наследственный материал и другие субстанции материнской клетки точнейшим образом распределяются между двумя дочерними. Появляется этот тип деления уже на самых примитивных ступенях клеточной организации жизни и сохраняется до самых высших, включая сложноорганизованные формы растений и животных. Он протекает всюду по единой схеме и различается у разных видов только в деталях.

Промежуток времени от одного митоза до другого определяет продолжительность *клеточного цикла,* или *интерфазы.* В течение интерфазы клетки претерпевают два взаимоисключающих физиологических состояния. Непосредственно после митоза клетка «работает на организм»: она синтезирует и расходует свойственные ей специфические вещества, в первую очередь белкового характера. Это *гетеросинтетическая фаза* клеточного цикла. Однако на определенном этапе клетка свою специализированную деятельность прекращает и переходит в *аутосинтетическую фазу* — фазу подготовки к делению.

В клетке накапливаются необходимые для построения аппарата митоза и дочерних клеток биополимеры — белки и нуклеиновые кислоты, в том числе удваивается количество ДНК, непосредственного носителя наследственной информации, концентрируются энергетические ресурсы — богатые энергией соединения, которые будут израсходованы на структурные реорганизации и перемещение внутриклеточных компонентов при делении. В ходе митоза синтетические процессы не происходят, лишь меняется физико-химическое состояние ингредиентов клетки.

Длительность митоза различна: самыми короткими являются митозы в клетках с очень мелкими внутриклеточными образованиями. Так, у плодовой мушки дрозофилы митоз протекает в течение 9 — 10 мин., средняя же его продолжительность от 30 мин. до 3 час. На скорость процесса сильно влияет температура, например: в клетках мышиной саркомы при 27° С митоз длится три с четвертью часа, а при 35° С завершается в 70 мин.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить фазы митоза, определить их роль в жизнедеятельности клетки, хранении и передаче наследственной информации.
2. Рассмотреть микропрепараты для изучения и зарисовки.
3. Освоить технику приготовления микропрепаратов для изучения митоза на растительных объектах
4. Рассмотреть спирализацию и деспирализацию хромосом в клеточном цикле
5. Определить митотическую активность растительной ткани и продолжительность отдельных фаз митотического цикла.
6. Заполнить таблицу.
7. Ответить на контрольные вопросы.
8. Решить задачи.
9. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 1. Непрямое деление (митоз, или кариокинез). Корешок лука (рис.35).

В процессе деления в клетке формируются особые структуры, разрушающиеся по окончании митотического цикла. Изучим на препарате последовательную смену морфологических структур в ходе митоза. В нем принято различать 4 фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

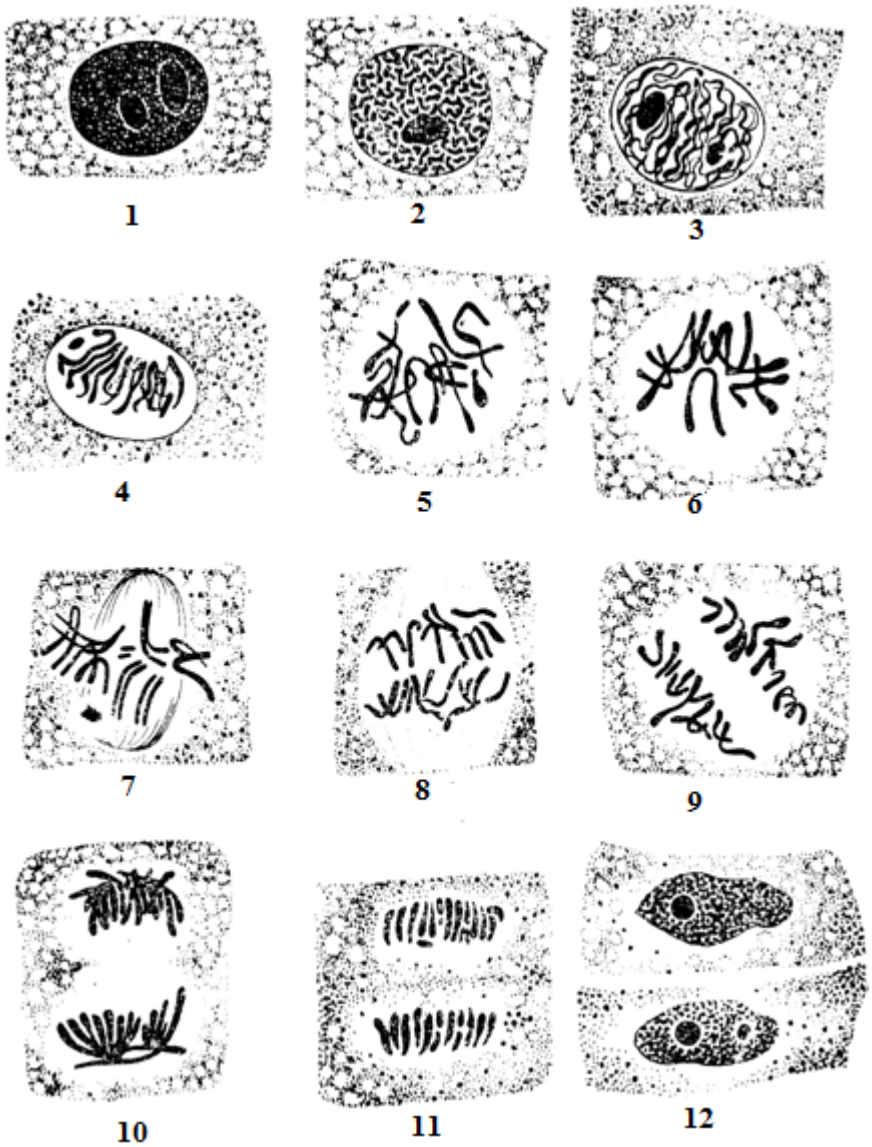
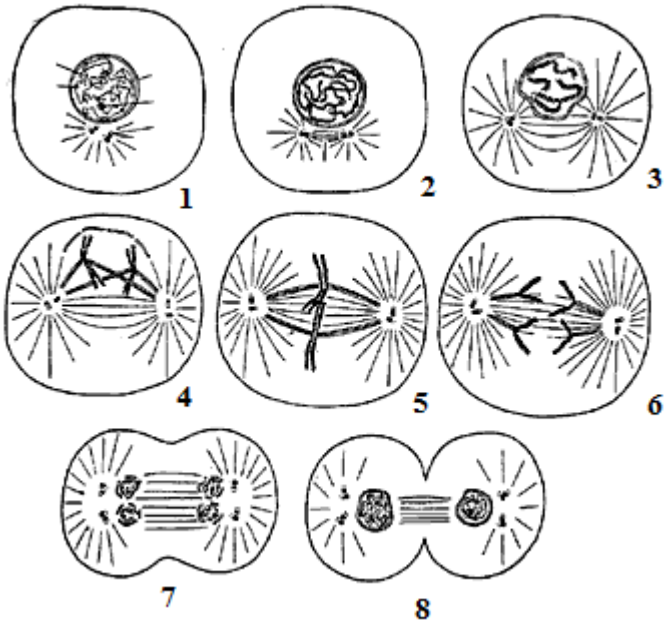


Рис. 35. Кариокинез в клетках кончика корешка лука:

1— ядро в период между делениями клеток; 2 и 3 — профаза; 4 — переход к метафазе; 5 и 6 — метафаза; 7 — переход к анафазе; 8 и 9 — анафаза; 10 и 11 — телофаза; 12 — обособление двух новых клеток.



Профаза. Наиболее ранним признаком наступающего митоза является изменение цитоплазмы. В ней исчезают непостоянные включения, она набухает, делается светлее и прозрачнее. В связи с этим объем клетки возрастает. Далее набухание распространяется и на ядро. В нем выступают нитчатые структуры ядерной сети, которые все отчетливее рисуются как индивидуальные образования. Они получают теперь название *хромосом.* Эти нити постепенно все более и более спирализуются, т. е. первоначально рыхлые витки их все плотнее закручиваются в витки более мелкие, вследствие чего хромосомы укорачиваются и утолщаются. Одновременно в них накапливаются РНК и фосфолипиды, вследствие чего в этих участках способность воспринимать основные краски усиливается и в них дифференцируется хроматин. Ядрышки укрупняются, набухают, бледнеют, как бы расплываются и наконец исчезают из пределов видимости. Около ядра появляется прозрачная зона в форме бочонка, а в последнем становятся видны тонкие волокнистые структуры — нити. Это образование, в отличие от хромосом, не воспринимает краски и остается бесцветным. Оно носит название *ахроматиновой фигуры* или в*еретена деления.* Ядерная оболочка постепенно растворяется и наконец исчезает, что знаменует конец профазы и начало метафазы.

Метафаза. После растворения ядерной оболочки карио- и цитоплазма перемешиваются и хромосомы вместе с веретеном оказываются свободно лежащими в центральной зоне клетки. К каждой хромосоме прикрепляется по одной нити веретена, фиксация их осуществляется на определенных точках хромосом — *кинетохорах,* а прикрепившиеся нити получают название тянущих в отличие от остальных мантийных нитей веретена. Этот процесс реализуется в результате изменения биохимического состава хромосомы. Поскольку внутриклеточное давление на периферии клетки сильнее, чем в ее разжиженной центральной зоне, именно сюда токами жидкости постепенно сносятся все хромосомы, которые и оказываются лежащими в одной плоскости на равном расстоянии от полюсов веретена. Такое расположение хромосом получило название *экваториальной* или *материнской пластинки* или *звезды.* В метафазе хромосомы сильно окрашиваются ядерными красками, и вся их совокупность, в отличие от неокрашенного веретена, именуется хроматиновой фигурой. Формирование материнской звезды определяет конец метафазы.

Анафаза. В анафазе каждая из хромосом расщепляется продольно. В результате из одной материнской пластинки возникают две аналогичных дочерних, вполне подобных одна другой и зеркально отображающих друг друга. Образовавшись, они немедленно начинают раздвигаться и устремляются в противоположные стороны, к полюсам. Эти перемещения осуществляются в результате взаимодействия самой хромосомы через тянущие нити с полюсом. Природа же сил движения пока с точностью не выяснена. Предполагают участие биоэлектрического притяжения, реактивного перемещения путем выбрасывания микроструи из тела хромосомы, вероятно также соучастие внутриклеточных токов жидкости, возникающих вследствие частичного разжижения цитоплазмы вдоль тяжиков веретена и у его полюсов. Процесс расхождения хромосом составляет содержание анафазы.

Телофаза. Собравшиеся у полюсов хромосомы постепенно теряют свою резкую очерченность и все отчетливее принимают вид, свойственный рабочему ядру. Они постепенно расплываются, хроматиновые участки прослаиваются участками ахроматина, веретено тает и рисуется все менее отчетливо, нити исчезают из пределов видимости. От границы центральной зоны цитоплазмы протягиваются вглубь навстречу друг другу тонкие плоские выросты, соединяющиеся в сплошную пластинку, - *фрагмопласт,* расчленяющий клеточное тело надвое. В каждой половине остается дочерняя группа хромосом вокруг которых формируется оболочка ядра, в последнем появляются ядрышки. Наконец, вместо одной материнской оказываются две рядом лежащие дочерние клетки, морфологически отвечающие их рабочему состоянию.

В нашем препарате при малом увеличении увидим, что кончик корешка лука построен из 3 клеточных зон:

концевой, напоминающей вытянутый закругленный мысок из отмирающих, плохо красящихся клеток; далее следует зона, в которой клеточное размножение идет быстрее всего (точка роста); наконец, участок, где деления прекратились. В любом поле зрения попадутся как делящиеся, так и неделящиеся клетки. Выявим и зарисуем последовательные фазы митоза: профазу, метафазу, анафазу, телофазу. На каждой фазе надо зарисовать 2 — 3 клетки при большом увеличении, обращая главное внимание на структуру ядра. При примененной технике цитоплазма кажется прозрачной и пустой.

Неделящиеся клетки содержат круглые или овальные ядра с двумя маленькими ядрышками. В профазе в ядрах появляются мелкие зерна хроматина и накапливается ядерный сок. Хроматин постепенно собирается в тяжики с неровными контурами — так начинают дифференцироваться хромосомы. Позже они принимают характер тонких нитей, ориентированных параллельно ядерной оболочке. Ядро напоминает клубок нитей. К концу профазы ядерная оболочка и ядрышки растворяются и исчезают, хромосомы укорачиваются и утолщаются, собираясь в центральной зоне клетки. С растворением ядерной оболочки начинается метафаза. Теперь, если смотреть на клетку сверху, хромосомы кажутся расположенными примерно в одной плоскости. Эта их конфигурация соответствует экваториальной пластинке, или материнской звезде, при взгляде сбоку они кажутся полоской, из которой в обе стороны торчат концы хромосом. Веретено деления (ахроматиновая фигура) в этом препарате заметно плохо, центриоли отсутствуют. В метафазе выявляется продольное расщепление хромосом, вследствие чего количество их удваивается и вместо одной материнской пластинки образуются две зеркально повторяющих одна другую дочерних. В анафазе хромосомы начинают расходиться к противоположным полюсам клетки. Дочерние группы все дальше отодвигаются друг от друга: нетрудно подобрать ряд клеток, в которых хромосомы находятся на различном расстоянии от экватора. Двигаясь к полюсам, отдельные хромосомы теряют четкость очертаний и собираются в более компактные массы.

В телофазе дочерние группы достигают полюсов и формируют плотные скопления, из которых отдельные хромосомы торчат в форме зубцов. Вещество хромосом все

более и более расплывается, вокруг дифференцируется ядерная оболочка, появляются ядрышки и, наконец, реконструируется рабочее ядро, а в плоскости экватора возникает тонкая протоплазматическая перегородка – фрагмопласт, разделяющая клетку на две.

Зарисуйте все фазы митоза.

Препарат № 2. Митоз животных клеток. Перечень аксолотля.

Митоз в клетках животных отличаются от митоза в растительных клетках морфологически, главным образом способом формирования веретена. В клетках животных выражены *центросомы* и веретено деления закладывается при их активном и непосредственном участии. В профазе центросома активируется и делится на две. По мере того как в ядре консолидируются и отчетливее выступают хромосомы, разделившиеся центросомы начинают расходиться и между ними возникает пучок тонких тяжей, или нитей, - так начинается формироваться *веретено деления.* При расхождении центросом удлиняющееся веретено тесно прилегает к ядерной оболочке, которая под ним расплывается и как бы «тает», пока не исчезнет совсем. Этот момент знаменуется окончание профазы. После растворения оболочки карио- и цитоплазма в центральной зоне клетки перемешиваются, и этот участок разжижается. Сюда сносятся внутриклеточными токами жидкости и веретено, и хромосомы, и здесь же формируются метафазическая пластинка. Полюса веретена отмечены лежащими в них центросомами. Фиксация хромосом на тянущих нитях кинетохорами происходит аналогично тому, как сказано выше, при описании митоза в корешке лука Анафаза и телофаза протекают так же, как и у растений. Перешнуровка же материнской клетки на две дочерние осуществляется не фрагмопластом, а путем закладки бороздки в экваториальной плоскости клеточного тела, постепенно перетягивающей последнее на две части, причем в каждой из них оказывается по дочернему ядру.

В печени аксолотля делящиеся клетки не располагаются так кучно, как в корешке лука, и отдельные фазы надо старательно выискивать. Однако постарайтесь и здесь обнаружить профазу, метафазу, анафазу и телофазу, выявить и проследить дифференцировку центросом, их деление и перемещение вдоль оболочки ядра, формирование веретена и тянущих нитей.

Однако далеко не все митозы в животных тканях протекают и завершаются нормально. Нарушения могут затрагивать как хроматиновый комплекс, отдельные хромосомы, так и ахроматиновую фигуру, обеспечивающую самое деление. В результате этих нарушений некоторое количество дочерних клеток оказывается не вполне подобными материнским.

Сравнительно нередко вместо двухполюсного закладывается многополюсное веретено. В этих случаях возникает не два, а несколько центров притяжения для расщепившихся хромосом, и они распределяются на соответственно большее число групп. Естественно, что в каждую новообразованную клетку теперь попадает хромосом не одинаковое количество, и притом меньшее, чем при симметричном делении. Иногда веретено образуется с дефектами и не может нормально функционировать. При движении часть хромосом отбрасывается далеко в цитоплазму и там рассасывается, другие, хромосомы ломаются, а иные пары вовсе не расходятся. Наконец, бывают случаи, когда хромосомы готовы к делению, а веретено не образуется и клетка не может перейти в митоз» Тогда часть хромосом или все они расщепляются, но остаются лежать в ядре единой группой. При этом, естественно, количество их возрастает. Многочисленные нарушения делений, встречаемые в тканях животных постоянно, приводят к тому, что абсолютной повторяемости хромосомных наборов во всех без исключения клетках тела практически не существует.

Препарат № 3. Митоз в корешках растений

Для приготовления временного микропрепарата будут необходимы: препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, склянки с красителем и фиксатором, спички.

Реактивы: 45% р-р уксусной кислоты, 70% спирт, однонормальный р-р соляной кислоты, краситель (ацетолакмоид или ацеторсеин), уксусно-спиртовый фиксатор.

Ход работы

В качестве объектов для наблюдения используют корешки лука, гороха, ржи, а также комнатных растений – хлорофитума, традесканции, колеуса. Для получения корешков традесканцию и колеус прорастите стеблевыми черенками, хлорофитум – детками. Семена гороха, ржи и лука замачите в течение 24 часов, затем, после набухания, переложите во влажный песок для проращивания. Песок предварительно промойте и прокалите.

По мере отрастания корешков их срежьте и поместите в уксусно-спиртовой фиксатор на 3 – 4 часа. Оптимальная длина корешков 1 – 2 см. Объем фиксирующей жидкости должен превышать объем материала в 50 раз. После фиксации корешки промойте 2-3 раза в 70% спирте. Следует заметить, что промытый материал можно оставлять на хранение в спирте указанной концентрации на длительное время. По мере необходимости корешки окрашивают. С этой целью их поместите в бюкс с 10 мл ацеталакмоида на 16 – 24 часа. В краситель добавьте 4 – 5 капель раствора однонормальной соляной кислоты для более быстрой мацерации, в ходе которой достигается размягчение тканей растения, необходимое для приготовления давленных препаратов.

Окрашенный корешок поместите на предметное стекло и препаровальной иглой отрежьте кончик корня длиной 4 – 5 мм. На него нанесите 2 – 3 капли 45% р-ра уксусной кислоты и накройте покровным стеклом. Постукивая спичкой по покровному стеклу, тщательно раздавите объект. Излишки влаги удалите фильтровальной бумагой. Приготовленный препарат рассматрите при малом увеличении. Выявив область интенсивного деления клетки переведите на большое увеличение. Внимательно изучите клетки кончика корня под микроскопом и определите фазы клеточного цикла. Выполните рисунок. Определите продолжительность фаз митоза. Для этого в 2 – 3 полях зрения подсчитайте количество клеток, находящихся на разных фазах деления и заполните таблицу.

Продолжительность фаз митоза

№ поля зрения	Количество клеток находящихся на фазе			
	Профазы (П)	Метафазы (М)	Анафазы (А)	Телофазы (Т)
1				
2				
3				
Общее количество клеток этой фазы				
Относительная длительность фазы (%)				

Относительная длительность фазы вычисляется по формуле:

$$T_i = \frac{\Phi_i * 100\%}{П + М + А + Т}$$

где Φ_i – общее количество клеток определенной фазы

Следует помнить, что полученные результаты весьма приблизительны из-за малой выборки. Самой длительной фазой является, как правило, профаза, самой

непродолжительной - анафаза. Длительность фаз сильно варьирует в зависимости от типа клеток и тканей. В животных клетках митоз протекает быстрее: средняя его продолжительность равна 30 – 40 минут, в то время как в растительных клетках – 2 – 3 часа.

Подготовка растворов:

Уксусно-спиртовой фиксатор (алкоголь): 75 мл 96% этилового спирта и 25 мл ледяной уксусной кислоты.

Состав 70% спирта на 100 мл раствора: 75 мл 96% этилового спирта и 25 мл дистилированной воды.

Состав 45% уксусной кислоты: 1 объем ледяной уксусной кислоты и 1 объем дистилированной воды.

Состав однонормального р-ра соляной кислоты: 8,5 мл конц. Соляной кислоты и 90 мл дистилированной воды.

Приготовление красителя ацетолакмоида: 2,2 г лакмоида и 100 мл ледяной уксусной кислоты нагреть до кипения, охладить, отфильтровать и разбавить в 2 раза дистилированной водой (ацеторсеин готовиться также).

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте биологическое значение митоза.
2. Опишите стадии митоза.
3. Приведите примеры неодинаковой митотической активности клеток различных тканей.
4. Ответить на вопросы:
5. Почему многие хромосомы в анафазе митоза имеют V – образную форму?
6. Какие две стадии митоза взаимно противоположны по протекающим в них процессам?
7. На какой стадии митоза и почему удобнее изучать форму и размер хромосом?
8. Когда происходит репродукция хромосом и репликация ДНК?
9. На каких фазах клеточного цикла хромосомы видны в микроскоп?
10. В чем состоит генетическое значение митоза?

Задачи:

1. На клетки, находящиеся в состоянии митоза, подействовали препаратом, разрушающим веретено деления. К чему это приведет? Какой набор хромосом будут содержать клетки?
2. В препарате видны расположенные в центре хромосомы, образующие фигуру звезды. Какая стадия митоза?
3. Клетка находится в митозе. Происходит ли в ней при этом синтез белков?

Заполнить таблицу. Митоз-непрямое деление клетки

Фазы	Количество хромосом и хроматид	Морфологическая картина
G 1-период		
S-период		
G 2-период		
Профаза		
Метафаза		
Анафаза		
Телофаза		

Тема №9. Мейоз

Цель занятия — изучить мейотическое деление клеток.

Основные сведения

Мейоз (от греч. meiosis — уменьшение) — особый способ деления клеток, деление созревания, в результате которого происходит редукция (уменьшение) числа хромосом и переход клеток их диплоидного состояния в гаплоидное. Мейоз — это особый тип дифференцировки, специализации клеток, который приводит к образованию половых клеток. Этот процесс занимает два клеточных цикла при отсутствии синтеза ДНК во втором мейотическом делении. Необходимо отметить, что мейоз представляет собой универсальное явление, характерное для всех эукариотических организмов. При мейозе происходит не только редукция числа хромосом до гаплоидного их числа, но происходит чрезвычайно важный генетический процесс — обмен участками между гомологичными хромосомами, процесс, получивший название кроссинговера.

Мейоз в основном представляет собой два последовательных клеточных деления, из которых только одно сопровождается удвоением хромосом. Эти два деления называют первым и вторым делениями мейоза.

Особенности профазы I мейотического деления. Во-первых, эта стадия занимает большой отрезок времени (от суток до годов). Во-вторых, она состоит из нескольких структурно-функциональных фаз (лептотена, зиготена, пахитена, диплотена, диакинез). Далее, в этот период происходит объединение, конъюгация гомологичных (родительских) удвоенных в результате репликации хроматид, при этом образуются тетрады, т.е. хромосомные комплексы, состоящие из четырех хроматид (удвоенные материнские и удвоенные отцовские), которые соединены вместе с помощью специальной структуры – синаптинемного комплекса. В это же время происходит обмен участками между хроматидами гомологичных хромосом (но не между сестринскими хроматидами одного гомолога) – кроссинговер. Кроме того, в процессе конъюгации и обмена происходит синтез примерно 1,5% хромосомной ДНК.

В профазе I мейотического деления наблюдается рост объема ооцитов, в которых накапливаются запасные вещества, обеспечивающие ранние стадии развития будущего зародыша.

Эта профаза отличается также длительностью во времени, необходимого для прохождения перечисленных выше событий. Обычная соматическая профаза длится 0,5 — 1,5 часа. Мейотическая профаза сперматоцита I порядка у самцов мыши длится 12 суток, у человека – 24 дня (плюс еще около двух месяцев до полного созревания сперматозоида). Среди женских половых клеток профаза I порядка тритона обыкновенного длится около 1 года, у мыши от 4 месяцев до 3 лет, у человека профаза I ооцитов начинается на $3^{-ем}$ месяце внутриутробного развития и может продолжаться до 50-летнего возраста женщины. При этом у человека происходит постепенная гибель заложенных ооцитов: у 3-х месячного эмбриона их около$7x10^6$ клеток, к рождению ребенка их остается около $2x10^6$, к половому созреванию – $3x10^5$, всего же созревает (овулируют) примерно $5x10^2$ ооцитов.

Другой особенностью профазы I меойза является то, что в отличие от обычного митоза, хромосомы сохраняют ряд функциональных нагрузок, а именно: они способны к синтезу РНК, частичному синтезу ДНК, претерпевают ряд структурных перестроек. Другими словами, профазные хромосомы I мейотического деления не находятся в состоянии функционального покоя, а участвуют в целом ряде событий.

Стадии профазы I мейотического деления

Вся профаза I мейотического деления состоит из нескольких стадий: лептотена – стадия тонких нитей (хромосом), зиготена – стадия сливающихся (объединяющихся, конъюгирующих) нитей, пахитена – стадия толстых нитей, диплотена – стадия двойных нитей, диакинез – стадия расходящихся нитей (рис. 36).

Из всех стадий профазы I самой длительной является стадия пахитены, в ряде случаев она занимает до 50% времени.

Так, у человека при сперминогенезе стадии лептотены с зиготеной занимают 6,5 сут, пахатина- 15, диплотена и диакинез – 0,8; у мыши лептотена с зиготеной длятся около 3 суток, пахитена – 7 суток, диплотена с диакинезом – около 2 суток;

В метафазе I деления мейоза биваленты выстраиваются (как и полагается для метафазы) в экваториальной плоскости веретена.

В анафазе I деления совершается еще одно важнейшее событие – расхождение хромосом. Но в отличие от митоза, расходятся не сестринские хроматиды, а гомологичные хромосомы, состоящие из двух сестринских хроматид. Если оценивать события этой фазы, то видно, что при анафазе по разным клеткам расходятся аллельные гены, располагающиеся в разных гомологах. Распределение же гомологов по клеткам совершенно случайное, так что происходит смешение, перекомбинация хромосом из разных пар. Если оценивать образовавшиеся хромосомные наборы, от оба они содержат по 2с количества ДНК и по 2n числа хроматид, ибо каждая хромосома в паре гомологов состоит из двух хроматид. В этом отношении редукции числа хромосом (хроматид) еще не произошло, но в два раз произошло уменьшение генетической разнородности, так как теперь в каждом хромосомном наборе нет аллельных генов.

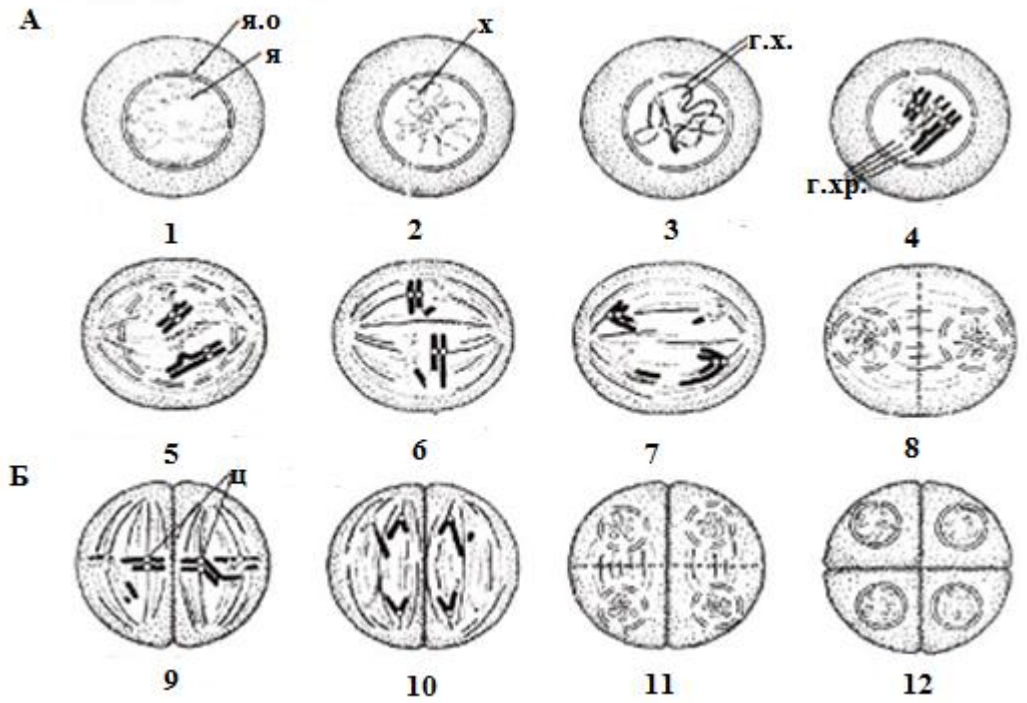


Рис. 36. Мейотическое деление клетки: А — редукционное деление;
1 — интерфаза; 2 — ранняя пролфаза I; 3 – 4 — профаза I; 5 — поздняя профаза I;
6 — метафаза I; 7 — анафаза I; 8 — телофаза I; я.о. — ядерная оболочка; я — ядро;
х — хроматин; г.х. — гомологичные хромосомы; г.хр. — гомологичные хроматиды;
Б — эквационное деление; 9 — метафаза II; 10 — анафаза II; 11 — телофаза II;
12 — образовавшиеся клетки; ц — центромеры.

Вслед за телофазой I деления следует короткая интерфаза, в которой не происходит синтеза ДНК, и клетки приступают к следующему делению, которое по морфологи и последовательности не отличается от митотического деления: парные сестринские хроматиды, связанные в центромерных участках, проходят профазу и метафазу; в анафазе они разъединяются и расходятся по одной в дочерние клетки. Таким образом, при II мейотическом делении клетка с 2с количеством ДНК и 2n числом хроматид, делясь, дает начало двум клеткам с гаплоидным содержанием ДНК и хромосом. В отношении числа структурных единиц, хроматид, II деление мейоза является редукционным. Однако термин «редукционный» употребляется также и в

общегенетическом смысле и относится к расщеплению аллелей, и в этом смысле редукционным является I деление мейоза, когда в клетки попадает по одной из аллелей.

В результате всего процесса мейоза после двух делений из одной клетки образуются четыре гаплоидных, каждая из которых отличается по своей генетической конституции.

Как во время митоза, так и при расхождении хромосом в I и II делении мейоза происходит случайное распределение хромосом по дочерним клеткам. Это и создает генетическое разнообразие в возникающих гаплоидных половых клетках. Так, например, в диплоидных клетках с числом хромосом равным двум после мейоза образуется 4 различные клетки. Т.е. число вариантов будет равно 2^n. У человека же после меойза может возникнуть несколько миллионов различающихся клеток, даже если будет исключен кроссинговер, который увеличит это разнообразие еще во много раз.

Завершение мейоза для мужских и женских гоноцитов различное. При мейозе сперматогониев возникают 4 одинаковых по размеру сперматоцита, которые затем дифференцируются в сперматозоиды.

При мейозе оогоний картина иная. Первое деление созревания (I мейотическое деление) приводит к тому, что от большого ооцита отделяется мелкая клетка – направительное тельце. При II делении происходит также неравное деление: от ооцита отделяется второе направительное тельце, а первое также делится. Поэтому возникают четыре клетки: крупная зрелая яйцеклетка и три мелких направительных тельца, которые быстро дегенерируют.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить фазы мейоза, определить их роль в жизнедеятельности клетки, хранении и передаче наследственной информации.
2. Освоить технику приготовления временного микропрепарата для наблюдения мейотического деления
3. Сравнить редукционное и эквационное деление с митозом.
4. Заполнить таблицу.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Решить задачи.
7. Ответить на вопросы теста.

Препарат № 1**. Мейоз в пыльниках тычинок растений**

Для приготовления микропрепарата будут необходимы: препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, пипетки, склянки с красителем, фильтровальная бумага, спички, фиксированные бутончики лилейника, лука, традесканции и др., пинцеты.

Изучение редукционного и эквационного деления мейоза удобно проводить на микропрепаратах пыльников лука, люпина. Подготовка материала к работе должна быть проведена летом. Для этого в утренние часы необходимо сорвать незрелые соцветия лука, люпина в большом количестве. Собранный материал зафиксировать уксусным алкоголем в течебние 6 часов (оптимальнгое время фиксации 10 – 12 часов). Затем соцветия можно перенести на длительное хранение в 70% спирт.

С помощю препаровальной иглы из головки извлеките на предметное стекло 2 – 3 незрелых бутона, которые желательно взять из разных мест соцветия. Из них выделите по одному пыльнику. Положите в центр предметного стекла, тщательно измельчите до порошкового состояния кончиком препаровальной иглы. Затем на измельченные пыльники капните 2 – 3 капли красителя, а для предотвращения испарения ацетолакмоида закройте препараты чашкой Петри. Окрашивайте 8 – 10 минут.

После окрашивания накройте объект покровным стеклом. Для однослойного расположения клеток археспория следует надавить на покровное стекло концом

спички. Излишки красителя удалите полосками фильтровальной бумаги (ни в коем случае нельзя вытягивать краситель из под покровного стекла).

Пользуясь инструктивной карточкой стадий мейоза пыльников лука найдите несколько фаз деления на своих микропрепаратах. Сделайте рисунок, дополнив их подписями.

Заполнить таблицу: Сравнительная характеристика митоза и мейоза.

Митоз	Мейоз
Профаза 1) – 2) – 3) Митотический кроссинговер 4) – 5) – 6) – 7) Одностадийная 8) Менее продолжительная	Профаза I 1) Коньюгация 2) Образование бивалентов 3) Кроссинговер 4) Образование хиазм 5) Действуют силы взаимоотталкивания 6) Дополнительный синтез ДНК 7) Многостадийная 8) Продолжительность у человека 12 – 13 лет
Метафаза 1) В плоскости экватора располагаются отдельные хромосом	Метафаза I 1) В плоскости экватора располапгаются биваленты (пары гомологичных хромосом)
Анафаза 1) К полюсам клетки расходятся сестринские хроматиды 2) Редукции числа хромосом не происходит (2n)	Анафаза I 1) К полюсам клетки расходятся биваленты 2) Происходит редукция числа хромосом (n)
Телофаза 1) У полюсов клетки 2n набор хромосом 2) Генетическая информация дочерних ядер одинакова	Телофаза I 1) У полюсов n набор хромосом 2) 2) генетическая информация дочерних ядер уникальна.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность и биологическое значение редукционного деления.
2. В чем сходство и каковы различия митотической и мейотической профазы.
3. Охарактеризуйте сходство и различие митотического, редукционного и эквационного делений.
4.

Задачи:

1. Чем отличается анафаза первого деления мейоза от анафазы второго деления мейоза? Изобразите схематично для клетки, имеющей в начале деления 16 хромосом.
2. Сколько хромосом отойдет к каждому полюсу в анафазе 1 и в анафазе 2 мейоза у: а) мыши, имеющей в соматических клетках 40 хромосом; б)речного рака, имеющего в соматических клетках 116 хромосом; в) лука, имеющего в соматических клетках 16 хромосом; г) картофеля, имеющего в соматических клетках 48 хромосом? Сколько хроматид входит в состав каждой хромосомы после анафазы 1 и анафазы 2;

Тестовые вопросы есть

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ И РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Андрес А.Г. Пособие для практических занятий по гистологии и общей эмбриологии. Учеб. пособие для студ. пед. ин-тов. М.: Просвещение. 1969. – 169 с.
2. Беличенко Н.И, Тимофеева И.В. Программа и методические указания к изучению курса «Биология клетки». – Ростов на Дону, 1999. – 14 с.
3. Биологическая энциклопедия. Основана на изданиях: "Жизнь животных" в 6 томах (издательство "Просвещение": М., 1970, под редакцией профессоров Н.А.Гладкова, А.В.Михеева) и "Жизнь растений" в 6-ти томах (издательство «Просвещение», М., 1974, под редакцией А. Л. Тахтаджяна, главный редактор. чл.-кор. АН СССР, проф. А. А. Федоров).
4. Биология. В 2 кн. Кн. 1.:Учеб. для медиц. спец. вузов /В.Н.Ярыгин, В.И.Васильева, И.Н.Волков, В.В.Синельникова; Под ред. В.Н.Ярыгина.-2-е изд., испр.-М.: Высш. шк. 1999.-448 с.
5. Биология. Тестовые задания /И.М.Прищепа, Г.А.Захарова, М.А.Щербакова и др.–Мн.: Новое знание, 2005.-760 с.
6. Быков В.Л. Цитология и общая гистология. Учеб. для студ. мед. инст. СОТИС, СПб, 2002, -520 с.
7. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. - М.:Мир, 1990. –Т. 1-3.
8. Данилов Р.К., Клишов А.А., Боровая Т.Г. Гистология человека в мультимедиа. Учеб. для студ. медиц. вузов. – СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2004. – 362 с.
9. Исуев А.Р., Мусаев Б.С. Цитология, гистология, биология индивидуального развития животных, биохимия. Учебное пособие. Махачкала, 2002.
10. Клетка-структурная и функциональная единица живого / С.И. Белянина., К.А. Кузьмина., Т.А. Андронова и др. – Саратов.: СМУ, 2001.-93 с.
11. Машкина О.С., Лавлинский А.В. Цитологическое изучение растительных и животных клеток (Учеб.пособие). – Воронеж: ВГУ, 2005. -79 с.
12. Чебышев Н.В., Гринева Г.Г., Козарь М.В., Гуленков С.И. Биология (Учебник). – М.: ВУНМЦ, 2000. – 592 с.
13. Ченцов Ю.С. Общая биология. – М.:МГУ, 1995.
14. Райская М.Т. Руководство к практическим занятиям по курсу гистология с основами эмбриологии. – М.: Просвещение, 1971. – 168 с.
15. Руководство к самостоятельной работе по гистологии с основами эмбриологии: Учеб. пособие для студ.-заочн. 1 курса биол. фак. пед. ин-тов /Ю.В.Латова, Е.С.Святенко, Т.Л.Лихачева и др. – М.: Просвещение, 1986. – 64 с.
16. Cell Biology.ru - это информационный сайт-справочник по биологии и медицине.
17. http://www.medbiol.ru/medbiol/ribosoma/images/4(2).gif
18. http://www.cbs.dtu.dk/staff/dave/roanoke/fig6_20b.jpg
19. http://gerontology-explorer.narod.ru/Storage/Kletca9.jpg
20. http://www.medbiol.ru/medbiol/cytology/images/cmb8-19.gif
21. http://image.newsru.com/pict/id/large/1100047_1221904582.gif

Тестовые задания:

ТЕМА №1: МИКРОСКОП И РАБОТА С НИМ

1. Цитология-наука о: а) тканях; б) одноклеточных организмах; в) клетке; г) органах.
2. Световая (1) и электронная (2) микроскопия: а) в качестве источника освещения использует электронные лучи - поток быстро летящих электронов. Фокусируемых с помощью электрических и магнитных полей; б) источник

освещения - искусственный или естественный свет; в) позволяет изучать субмикроскопическое строение клетки; г) позволяет изучать общий план строения основных компонентов и органелл клетки.

3. Основные методы цитологии – цитохимия (1), авторадиография (2), цитоспектрофотометрия (3): а) основана на применении веществ, меченых радиоизотопами, что позволяет точно выявить их локализацию в клетке; б) определяет количество веществ в клетке и их составные элементы по поглощению ими световых лучей определенной длины волн; в) позволяет выяснить химическую природу клеточных структур и характер распределения тех или иных веществ в клетке.
4. Микроскоп, позволяющий рассмотреть основные компоненты и органеллы клетки (1), а также их субмикроскопическое строение (2): а) световой; б) стереоскопический; в) электронный.
5. Максимальное увеличение светового (1) и электронного (2) микроскопов: а) 500; б) 1500; в) 250 000.
6. Основные системы светового микроскопа: а) оптическая; б) осветительная; в) механическая.
7. Механическая система светового микроскопа служит для управления системой: а) оптической; б) осветительной.
8. Поднятие или опускание тубуса с объективом достигается вращением: а) револьвера; б) макровинта; в) микровинта; г) винта конденсора.
9. Чтобы поднять (1) или опустить (2) тубус, необходимо макровинт вращать: а) на себя; б) от себя.
10. Макрометрический (1) или микрометрический (2) винт служит для: а) первоначальной (грубой) фокусировки на объект при малом увеличении; б) рассмотрения объекта (наведения на резкость) чаще при большом увеличении.
11. Оптическая (1) и осветительная (2) системы предназначены для: а) увеличенного изображения исследуемого материала; б) направления световых лучей на рассматриваемых объект.
12. К оптической системе относят: а) тубус; б) окуляры; в) макрометрический винт; г) объективы; д) конденсор с диафрагмой и откидной линзой; е) зеркало.
13. Объектив – это система линз в металлической оправе: а) образующая увеличенное перевернутое изображение объекта; б) обращенная к глазу наблюдателя; в) обращенная к рассматриваемому материалу.
14. Какие цифры, определяющие увеличение объекта могут стоять на оправе объективов малого (1) и большого (2) увеличений? а) 7; б) 8; в) 10; г) 40; д) 90.
15. Какой объектив позволяет получить более сильное увеличение? а) 10; б) 40; в) 90.
16. Способность оптической системы микроскопа собирать свет усиливается, если между линзой объектива и покровным стеклом: а) находится воздух; б) помещена жидкость; в) помещена дополнительная линза.
17. При работе с водно- (1) и масляно- (2) иммерсионным объективом в качестве иммерсионной жидкости обычно используют: а) воду; б) глицерин; в) кедровое масло.
18. Окуляр – это часть оптической системы: а) обращенная к глазу наблюдателя; б) увеличивающая изображение, даваемое объективом; в) служащая для рассматривания изображения, создаваемого объективом.
19. Для выяснения разрешающей способности (увеличения) микроскопа надо цифры, стояще на окуляре и объективе: а) сложить; б) перемножить; в) разделить.
20. Определите разрешающую способность микроскопа, если на окуляре стоит цифра 10, а на объективе – 40: а)10; б) 40; в) 400.

21. К осветительной системе микроскопа относят: а) зеркало; б) окуляр; в) конденсор с диафрагмой и откидной линзой; г) объективы; д) съемный фильтр.
22. Зеркало микроскопа предназначено для: а) увеличения объектива; б) концентрирования пучка света; в) направления светового пучка в объектив.
23. Отражающие поверхности зеркала – вогнутая (1) и плоская (2) используются при: а) слабом и рассеянном освещении, при работе без конденсора с объективами малых увеличений; б) сильном и равномерном освещении, при работе с конденсором и сильными объективами.
24. Конденсор с диафрагмой – это система линз, которая: а) служит для собирания лучей света в сходящийся пучок; б) направляет световой пучок на объектив; в) увеличивает изображение объекта.
25. Какое изображение дает световой микроскоп? а) плоское; б) объемное; в) прямое; г) перевернутое; д) увеличенное.
26. Стереоскопический микроскоп позволяет выполнить препаравальные работы на более мелких биологических объектах и дает увеличение: а) 3,5-87,5; б) 56-1350; в) 1500-2000.
27. Какое изображение дает стереоскопический микроскоп? а) плоское; б) объемное; в) прямое; г) перевернутое; д) увеличенное.

ТЕМА №2: МОРФОЛОГИЯ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ. ВИРУСЫ

1. Какой из названных организмов является прокариотическим: а) инфузория; б) дрожжи; в) стрептококк; г) амеба.
2. Основное отличие прокариот от эукариот заключается в том, что: а) у прокариот нет РНК; б) прокариоты не имеют клеточного строения; в) у прокариот нет оформленного ядра; г) у прокариот нет ДНК.
3. Как называют шаровидную прокариотическую клетку? а) кокк; б) палочка; в) вибрион; г) спирохета.
4. Прокариоты имеют: а) клеточное строение; б) оформленное ядро; в) рибосомы; г) митохондрии; д) нуклеоид.
5. К прокариотам относятся: а) простейшие; б) грибы; в) бактерии; г) прионы; д) вирусы.
6. С латинского языка «вирус» переводится как: а) безъядерный; в) яд; в)неклеточный; г) мозаика.
7. Вирусы открыл: а) К. Линней; б) Ч. Дарвин; в) И.Павлов; г) Д. Ивановский.
8. Вирусы являются: а) автотрофными организмами; б) облигатными паразитами; в) факультативными паразитами; г) симбионтными организмами.
9. Форма вируса определяется: а) формой капсомеров; б) пространственным расположением капсомеров; в) типом нуклеиновой кислоты; г) формой капсомеров, пространственным расположением капсомеров, типом нуклеиновой кислоты.
10. Генетический материал вирусов представлен: а) нуклеиновой кислотой; б) капсомерами; в) капсидом; г) аденозинтрифосфорной кислотой.
11. Белковая оболочка, защищающая сердцевину вируса, называется: а) коракоид; б) карапакс; в) капсид; г) раковина.
12. Капсомеры — это субъединицы: а) оболочки вируса; б) генетического материала вируса; в) капсида; г) оболочки вируса или капсида.
13. Нуклеокапсид — это: а) оболочка вируса; б) комплекс вирусной РНК и капсомеров; в) полностью сформированная инфекционная частица; г) зародыш вируса.
14. Вирион — это: а) оболочка вируса; б) сердцевина вируса; в) организм, паразитирующий на вирусах; г) сформированная инфекционная частица.

15. В отношении вирусов неприменимо понятие: а) репродукция; б) репликация; в) метаболизм; г) репродукция, репликация, метаболизм.
16. В отношении вирусов неприменимо понятие: а) митоз; б) мейоз; в) половое размножение; г) митоз, мейоз, половое размножение.
17. Вироиды — это: а) группа вирусов, поражающих бактерии; б)низкомолекулярные одноцепочечные вирусные РНК; в) организмы, паразитирующие на вирусах; г) комплексы вирусной РНК и капсомеров.
18. У вироидов отсутствует: а) капсид; б) РНК; в) генетический материал; г) капсид, генетический материал.
19. Группа вирусов, поражающих бактерии, называется: а) бактериофобами; б) бактериофагами; в) бактериофиллами; г) вироидами.
20. Вирулентность — это: а) степень сформированности вируса; б) степень болезнетворности (патогенности) вируса; в) процесс проникновения вируса в бактерию; г) способ передачи (распространения) вирусов.
21. Вирусную природу имеет следующее заболевание: а) грипп; б) простуда; в) свинка (паротит); г) грипп, простуда, свинка.
22. Половым путем передаются вирусы: а) ВИЧ; б) герпеса; в) гепатита Б; г) ВИЧ, герпеса, гепатита Б.
23. СПИД — это: а) вирус иммунодефицита человека; б) инфекционное заболевание вирусной природы; в) разновидность вируса; г) часть иммунной системы человека.
24. ВИЧ — это: а) вирус иммунодефицита человека; б) инфекционное заболевание вирусной природы; в) разновидность вируса; г) часть иммунной системы человека.
25. Вирус иммунодефицита человека поражает в первую очередь: а) рецепторы; б) Т-лимфоциты; в) эритроциты; г) тромбоциты.

ТЕМА №3: КЛЕТКА-ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЕДИНИЦА ЖИВОГО. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПЛАЗМОЛЕММЫ

1. К мембранным образованиям эукариотической клетки относятся: а) плазматическая мембрана; б) ядро; в) эндоплазматическая сеть; г) рибосомы; д) аппарат Гольджи; е) центриоли; ж) лизосомы: з) микротрубочки; к) митохондрии; к) хлоропласт.
2. В эукариотической клетке мембраны занимают: а) 30%; б) 50%; в) 70% объема.
3. Одномембранные (1) и двухмембранные (2) компоненты и органеллы эукариотической клетки: а) ядро; б) цитоплазматическая мембрана; в) хлоропласты; г) митохондрии; д) аппарат Гольджи; е) эндоплазматическая сеть; ж) лизосомы.
4. Структурной основой элементарной клеточной мембраны являются: а) белки; б) фосфолипиды; в) углеводы.
5. На долю мембранных липидов (1) и белков (2) может приходиться: а) 2-10%; б) 25-60%; в) 40-75%.
6. Молекула фосфолипида имеет две функционально различимые части; а) полярные головки; б) неполярные головки; в) неполярные хвосты; г) полярные хвосты.
7. Какие части молекулы фосфолипидов проявляют гидрофильные (1) и гидрофобные (2) свойства: а) заряженные головки; б) незаряженные хвосты.
8. Какие части молекулы фосфолипидов располагаются снаружи (1) и внутри (2) мембраны: а) головки; б) хвосты.
9. Какая часть молекул липидов объясняет хорошую растворимость их в жирах и органических растворителях: а) неполярные хвосты; б) полярная головка.

10. Мембрана животных клеток снаружи может быть покрыта: а) целлюлозой, муцином; б) пектиновыми веществами, хитином; в) слизью, целлюлозой; г) хитином, муцином.
11. Мембрана растительных клеток снаружи покрыта:а) муцином; б) пектиновыми веществами; в) целлюлозой; г) пектиновыми веществами, целлюлозой.
12. Каковы свойства биологических мембран: а) текучесть; б) динамичность; в) избирательная проницаемость; г) текучесть, динамичность, избирательная проницаемость.
13. Какое свойство определяет плазматическую мембрану как осмотический барьер: а) текучесть; б) динамичность; в) избирательная полупроницаемость; г) текучесть, динамичность, избирательная полупроницаемость.
14. Способы поступления веществ в клетку следующие: а) диффузия; б) активный транспорт; в) осмос, трансплантация; г) диффузия, активный транспорт.
15. Поступление веществ в клетку без затрат энергии осуществляется следующим путем: а) диффузии, осмоса; б) фагоцитоза; в) активного транспорта; г) все ответы верны.
16. Проникновение растворенных веществ в клетку через цитоплазматическую мембрану по градиенту концентрации называется: а) диффузией; б) активным транспортом; в) экзоцитозом; г) фагоцитозом.
17. Облегченная диффузия — это: а) перемещение веществ через мембрану против градиента концентрации; б) захват мембраной клетки жидких веществ и поступление их в цитоплазму клетки; в) соединение белка-переносчика с молекулой вещества для проведения ее через мембрану; г) захват мембраной клетки твердых частиц и поступление их в цитоплазму.
18. Активный транспорт — это: а)поступление в клетку веществ по градиенту концентрации без затраты энергии; б) избирательный транспорт в клетку веществ против градиента концентрации с затратой энергии; в) захват мембраной клетки твердых частиц и перенос их в цитоплазму; г) захват мембраной клетки жидких веществ и перенос их в цитоплазму клетки.
19. Пассивный транспорт — это: а) избирательный транспорт в клетку веществ против градиента концентрации с затратой энергии; б) захват мембраной клетки твердых частиц и перенос их в цитоплазму; в) захват мембраной клетки жидких веществ и перенос их в цитоплазму клетки; г) поступление в клетку веществ по градиенту концентрации без затраты энергии.
20. Вода поступает через мембрану внутрь клетки путем: а) осмоса; б) фагоцитоза; в) активного транспорта; г) осмоса и активного транспорта.
21. Под фагоцитозом понимают: а) захват мембраной клетки твердых частиц и поступление их в цитоплазму; б) поступление в клетку веществ против градиента концентрации; в) захват мембраной клетки жидких веществ и поступление их в цитоплазму клетки; г) избирательный транспорт в клетку аминокислот.
22. Под пиноцитозом понимают: а) захват мембраной клетки жидких веществ и поступление их в цитоплазму клетки; б) поступление в клетку веществ против градиента концентрации; в) избирательный транспорт в клетку аминокислот; г) захват мембраной клетки твердых частиц и поступление их в цитоплазму.
23. Транспорт ионов через мембрану клетки, осуществляемый с затратой

энергии — это: а) диффузия; б) облегченная диффузия; в) осмос; г) активный транспорт.

24. Рецепторная функция биологической мембраны заключается в том что она: а) участвует в преобразовании энергии; б) обеспечивает примембранные химические процессы; в) участвует в получении и преобразовании сигналов из окружающей среды; г) обеспечивает транспорт веществ в клетку.
25. Каталитическая функция биологической мембраны заключается в том, что она: а) участвует в преобразовании энергии; б) обеспечивает примембранные химические процессы; в) участвует в получении и преобразовании сигналов из окружающей среды; г) обеспечивает транспорт веществ в клетку.
26. По биологической функции мембранные белки можно разделить на три группы: а) ферменты, б) рецепторные; в) структурные; г) сократительные.
27. Мембранные углеводы соединяются: а) только с липидами; б) только с белками, в) с липидами и белками.
28. Рост всех мембран (кроме митохондрий и хлоропластов) происходит за счет: а) самосборки из липидов и белков; б) встраивания готовых мембранных пузырьков.

ТЕМА №4, 5: ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ОРГАНЕЛЛ.

Задание 1: МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНЕЛЛ КЛЕТКИ

Задание предусматривает развернутую характеристику всех органелл. Поэтому работу лучше выполнять по частям и отвечать на вопросы, касающиеся какой-либо одной органеллы. Эти вопросы обозначены одинаковыми буквами, например: А, $А_1$, $А_2$, ..., Б, $Б_1$, $Б_2$, ... и т. д.

Для завершающего итогового контроля (при подготовке к зачету, экзамену) рекомендуется выполнить все задание, отвечая последовательно на все вопросы: А, Б, В, ... и т. д.

А—строение цитоплазматической мембраны (плазмалеммы). **Б—**строение эндоплазматической сети. **В** — строение рибосом. **Г** — строение комплекса Гольджи. **Д** — строение митохондрий. **Е**—строение центросомы (клеточного центра). **Ж** — строение лизосом.

З— строение микротрубочек.

1) Сложная система канальцев, пузырьков и «цистерн», стенки которых образованы липопротеидной мембраной. Канальцы и пузырьки могут быть не связаны между собой. На поверхности некоторых образований находятся рибосомы; 2) система образованных липопротеидной мембраной канальцев и полостей с белковым или липидным содержимым; 3) покрывающая клетку липопротеидная мембрана; 4) структура представлена двумя субчастицами разного размера и сложной, неправильной формы. Функционирует в гиалоплазме или на поверхности эндоплазматической сети, наружной мембраны ядерной оболочки; 5) органелла имеет форму цилиндра, стенка которого образована девятью пучками микротрубочек по три в каждом пучке; 6) структура представлена дисковидными цистернами, микропузырьками, конденсирующими вакуолями;

7) органелла имеет две липопротеидные мембраны. Внутренняя мембрана образует впячивания, на внутренней поверхности которых располагаются грибовидные выросты; 8) окруженные мембраной пузырьки, содержащие гидролизующие ферменты.

$А_1$ — Функциональное значение цитоплазматической мембраны (плазмалеммы).

$Б_1$, — Функциональное значение эндоплазматической сети.

В$_1$— Функциональное значение рибосом.

Г$_1$ — Функциональное значение комплекса Гольджи.

Д$_1$, — Функциональное значение митохондрий.

Е$_1$, — Функциональное значение центросомы.

Ж$_1$ — Функциональное значение лизосом.

З$_1$, — Функциональное значение микротрубочек.

1) Участвуют в процессе клеточного дыхания, т. е. в окислении жиров, углеводов и белков, сопряженном с фосфорилированием. В результате фосфорилирования создаются запасы АТФ — макроэргического вещества, являющегося источником энергии. Участвуют в реализации цитоплазматической наследственности; 2) участвует в синтезе и транспорте белков, углеводов, стероидных веществ и др., а также изолирует эти вещества от окружающей цитоплазмы; 3) осуществляют внутриклеточное переваривание, освобождение клетки от ее отмирающих частей (аутофагия), аутолиз гибнущей клетки; 4) является структурой, где происходит уплотнение и дозревание гранул секрета различного химического состава, а также синтез углеводов; 5) отделяет клетку от окружающей ее среды и обеспечивает между ними обмен веществ; 6) участвует в митотическом делении клеток. Функционально и морфологически связан со специальными органеллами движения (мерцательными ресничками, бичиками и др.); 7) структура с различным функциональным значением: может выполнять опорную роль, участвовать в образовании митотического веретена; 8) синтезирует белки, необходимые самой синтезирующей клетке или для секреции.

А$_2$ — Возможно ли обнаружение плазмалеммы с помощью светового микроскопа?

Б$_2$ — Возможно ли обнаружение эндоплазматической сети с помощью светового микроскопа?

В$_2$ — Возможно ли обнаружение рибосом с помощью светового микроскопа?

Г$_2$ — Возможно ли обнаружение комплекса Гольджи с помощью светового микроскопа?

Д$_2$ — Возможно ли обнаружение митохондрий с помощью светового микроскопа?

Е$_2$ — Возможно ли обнаружение центросомы с помощью светового микроскопа?

Ж$_2$— Возможно ли обнаружение лизосом с помощью светового микроскопа?

З$_2$ — Возможно ли обнаружение микротрубочек с помощью светового микроскопа?

1) Обнаружение возможно только с помощью электронного микроскопа; 2) обнаружение удается только при интенсивной окраске на толстом срезе при наклонном сечении; 3) органелла различима в световом микроскопе.

Задание 2. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ

А — Особенности строения животных клеток. **Б —** Особенности строения растительных клеток. 1) Клетки имеют однообразную полигональную форму; 2) форма клеток чрезвычайно разнообразна; 3) клетки располагаются тесно, оказывая значительное давление друг на друга; 4) расположение клеток относительно друг друга различно в связи с многообразием выполняемых ими функций; 5) клетки мелкие или небольшого объема. Иногда встречаются очень крупные клетки; 6) клетки крупные; 7) клетки обладают развитой системой вакуолей; 8) клетки не содержат вакуолей; 9) клетки находятся в состоянии тургора; 10) в клетках отсутствует тургор; 11) клетки имеют твердую оболочку, представленную липопротеидной мембраной и целлюлозно-пектиновой оболочкой; 12) оболочка клетки представлена липопротеидной мембраной; 13) в клетках имеется фотосинтетический аппарат, представленный хлоропластами; 14) фотосинтетический аппарат отсутствует; 15) в процессе митоза образуется астральное веретено деления (при участии клеточного центра); 16) в процессе митоза в большинстве клеток образуется анастральное веретено деления (без участия клеточного центра); 17) цитотомия в процессе размножения клеток происходит

путем образования циркуляционной перетяжки; 18) цитотомия в процессе размножения клеток происходит при помощи образования перегородки — фрагмопласта.

ТЕМА №6: ЯДЕРНЫЙ АППАРАТ КЛЕТКИ. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ХРОМОСОМ

1. Ядро-это: а) основной компонент любой клетки; б) основной компонент прокариотической клетки; в) основной компонент эукариотической клетки.
2. Объем ядра от общего объема клетки составляет примерно: а) 1%; б) 10%; в) более 50%.
3. Размеры ядра ядра зависят от : а) числа хромосом; б) стадии жизненного цикла в) размеров клетки; г) дифференцировки клетки.
4. Нуклеоплазма содержит: а) белки; б) РНК; в) ДНК; г) белки, РНК, ДНК.
5. В состав ядрышек входит: а) белок; б) РНК; в) ДНК; г) белок, РНК, ДНК.
6. Ядрышко участвует в а) синтез р-РНК; б) синтезе нуклеоплазмы; в) самосборке субъединиц рибосом; г) синтезе р-РНК, самосборке субъединиц рибосом.
7. Ядерная оболочка: а) состоит из двух липопротеидных мембран, разделенных перинуклеолярным пространством; б) одномембранная сплошная структура; в) пористая; г) гладкая; д) отделяет содержимое ядра от цитоплазмы.
8. Внутреннюю мембрану ядерной оболочки подстилает: а) слой гликокаликса; б) слой липидов; в) белковый слой (плотный слой).
9. Химический состав ядрышка: а) ДНК; б) РНК; в) иРНК; г) тРНК; д) белки.
10. Количество ядрышек в эукариотических клетках: а) только одно; б) всегда два; в) от 1до 5.
11. Компактная форма хроматина-это: а) ядрышко; б) хромосомы; в) нуклеоплазма; г) ядрышко, нуклеоплазма.
12. Клетка, лишенная ядра: а) не погибает; б) погибает в течение 1-3 суток; в) погибает в течение 2-3 недель.
13. Функция хромосом: а) отвечает за синтез липидов; б) осуществляет синтез белка; в) осуществляет фотосинтез; г) являются носителями наследственной информации.
14. Структурными компонентами хромосомы являются: а) первичная перетяжка, два плеча, центромера; б) ядрышко, плечо, центромера; в) центромера, плечо, капсид; г) первичная перетяжка, два плеча, центромера, капсид.
15. Совокупность хромосом соматической клетки, типичной для данной систематической группы организмов, называется: а) фенотипом; б) кариотипом; в) нуклеоплазмой; г) фенотипом, кариотипом.
16. Хроматиды-это: а) деспирализованные хромосомы; б) перетяжки в хромосомах; в) дочерние хромосомы, расходящиеся в анафазу митоза к полюсам клетки; г) спирализованные хромосомы.
17. Хромосомы-это: а) структуры ядра; б) материальные носители генетической информации; в) состоят из ДНК; г) имеют непостоянную структуру на разных стадиях жизненного цикла клетки.
18. Число оборотов молекулы ДНК вокруг кора: а) один; б) примерно полтора; в) два.
19. Назовите гистоны, участвующие в связывании нуклеосом друг с другом: а) H_1; б) H_{2A}; в) H_{2B}; г) H_3; д) H_4.
20. Постоянная ли структура хромосом эукариот на разных стадиях жизненного цикла клетки? а) да; б) нет.

ТЕМА № 8: МИТОЗ

Задание 1. **МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕРФАЗНОГО ЯДРА**

А — Строение ядерной оболочки.

Б — Строение хроматина.

В — Строение нуклеоплазмы — ядерного сока.

1) Структура видна в световой микроскоп в виде базофильных глыбок и гранул, количество которых зависит от функционального состояния клетки. При электронномикроскопическом исследовании обнаруживаются скопления спирализованных и собранных в пучки протофибрилл, состоящих из дезоксирибонуклеопротеида; 2) структура видна в световом микроскопе в случае, если она интенсивно окрашена. С помощью электронного микроскопа можно увидеть, что она состоит из двух липопротеидных мембран, разделенных перинуклеарным пространством. В местах смыкания этих мембран образуются отверстия — поры; 3) структура жидкая, при рассмотрении в световой микроскоп выглядит гомогенной. При электронномикроскопическом исследовании обнаруживаются гранулы нуклеопротеида (РНП). Гистохимически обнаруживаются функционирующие в ядре ферменты; 4) структура видна в световом микроскопе чаще в количестве 1—2, но в зависимости от функционального состояния клетки число и размеры образований могут меняться. Субмикроскопическая организация структуры характеризуется отсутствием пограничной мембраны, состоит из фибриллярной и аморфной частей и гранул, подобных рибосомам. По физическим свойствам это наиболее плотная часть ядра.

$А_1$ — функция ядерной оболочки.

$Б_1$,— Функция хроматина.

$В_1$ — функция ядрышка.

$Г_1$ — функция нуклеоплазмы.

1) Является местом синтеза рибосомной РНК, накопления поступающих из цитоплазмы белков и сборки субчастиц рибосом; 2) хранение, реализация и передача дочерним клеткам наследственной информации об аминокислотной последовательности синтезируемых клеткой белков; 3) является средой, в которой расположены ядерные структуры; 4) осуществляет избирательный перенос веществ из ядра в цитоплазму и в обратном направлении.

Задание 2. **МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИТОЗА**

А — Какие процессы происходят в интерфазе? **Б** — Какие процессы происходят в профазе? **В** — Какие процессы происходят в метафазе? **Г**—Какие процессы происходят в анафазе? **Д** — Какие процессы происходят в телофазе?

1) Репродукция клеточных центров; 2) накопление энергетических ресурсов (синтез АТФ); 3) репликация ДНК, образование сестринских хроматид; 4) синтез иРНК, рРНК, тРНК и белка; 5) увеличение ядра, реорганизация хроматина, приводящая к формированию микроскопически видимых хромосом. Сестринские хроматиды связаны друг с другом только в зоне центромеры; 6) дезинтеграция ядрышка; 7) распад ядерной оболочки; 8) сборка митотического аппарата; 9) завершение сборки митотического аппарата; 10) прикрепление к кинетохорам сестринских хроматид микротрубочек веретена деления, образование фигуры экваториальной пластинки или материнской звезды; 11) разъединение сестринских хроматид в зоне центромеры, образование дочерних звезд, перемещение сестринских хромосом к противоположным полюсам митотического аппарата; 12) разрушение митотического аппарата; 13) частичная деспирализация хроматина; 14) формирование ядрышка; 15) формирование оболочки у дочерних ядер; 16) разделение клеточного тела — цитотомия; 17) прекращение выполнения клеткой специфической функции, округление, дезинтеграция специальных образований (например, мерцательного аппарата, структур, обеспечивающих механическую связь с соседними клетками и др.).

Задание 3. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИТОЗА И АМИТОЗА**

А — Морфофункциональпая характеристика митоза.

Б — Морфофупкциональная характеристика амитоза.

1) Делению предшествует редупликация хромосом; 2) делению может предшествовать незакономерный синтез ДНК- Этот процесс происходит не всегда; 3) в ядрах дочерних клеток содержится равноценная ДНК; 4) оболочка ядра распадается на фрагменты; 5) оболочка ядра сохраняется; 6) хромосомы не выявляются, так как не происходит их спирализация; 7) хромосомы выявляются, так как происходит их спирализация; 8) ядрышко сохраняется; 9) ядрышко дезинтегрируется; 10) ахроматиновый аппарат не образуется; 11) ахроматиновый аппарат образуется; 12) процесс завершается делением клеточного тела (цитотомией); 13) цитотомия происходит или отсутствует в зависимости от формы процесса.

А1— Как отражается митоз на специфической функции клетки?

В1 — Как отражается амитоз на специфической функции клетки?

1) Специфическая функция клетки не изменяется; 2) специфическая функция клетки тормозится.

Тема №9. Мейоз

Задание 1. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИТОЗА И МЕЙОЗА**

Назовите деление клеток, которое является:

А — Стадией в жизненном цикле клетки.

Б — Периодом созревания половых клеток.

В — Назовите деление клеток, после которого происходит удвоение хромосом.

Г — Назовите деление клеток, после которого не происходит удвоение хромосом.

Д — Назовите деление клеток, при котором хромосомы конъюгируют.

Е — Назовите деление клеток, при котором хромосомы не конъюгиругот.

Ж —Назовите деление клеток, при котором каждая хромосома расщепляется на две хроматиды. Последние являются самостоятельными хромосомами и движутся к различным полюсам клетки.

З — Назовите деление клеток, при котором к полюсам клетки расходятся биваленты, т. с. хроматиды, составляющие гомологичные хромосомы.

Назовите деление клетки, биологический смысл которого состоит:

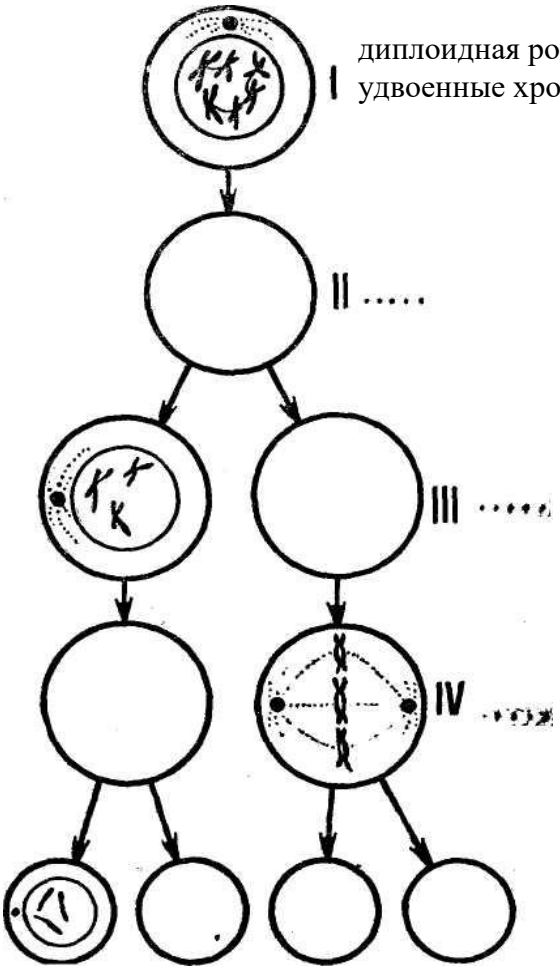
И — В поддержании постоянства числа хромосом в дочерних клетках.

К —В поддержании постоянства числа хромосом в ряду поколений организмов.

1) Митоз; 2) мейоз.

Задание 2. **СХЕМА МЕЙОЗА**

Внимательно рассмотрите схему, укажите особенности процесса.


I
диплоидная родительская клетка, содержащая удвоенные хромосомы
II .....
III .....
IV