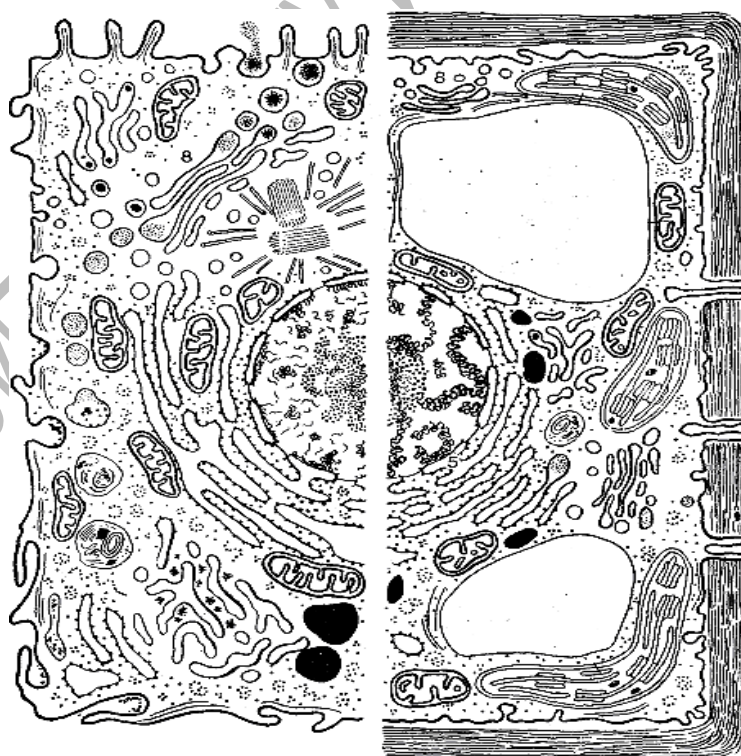


Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Т. В. СТРОГАЯ, Л. А. ЕВТУХОВА

ЦИТОЛОГИЯ



Гомель
УО «ГГУ им. Ф.Скорины»
2012

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Т. В. СТРОГАЯ, Л. А. ЕВТУХОВА

ЦИТОЛОГИЯ

Практическое пособие для студентов 1 курса заочного факультета
специальности 1-31 01 01-02
«Биология (научно-педагогическая деятельность)»

Гомель
УО «ГГУ им. Ф.Скорины»

2013

УДК 611.018.1 + 591.81 (075.8)

ББК 28.65 + 28.705 я73

С 861

Рецензенты

Н.Г.Галиновский, доцент, кандидат биологических наук; заместитель декана биологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

В.А. Игнатенко, доцент, кандидат биологических наук; заведующий кафедрой медицинской и биологической физики учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

С 861

Строгая, Т. В. Цитология: практическое пособие для студентов 1 курса заочного факультета специальности «Биология» / Т. В. Строгая, Л. А. Евтухова; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины.– Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2013. – 50 с.

ISBN 978-985-439-459-6

Практическое пособие включает основные понятия по курсу «Цитология и гистология», вопросы для самоконтроля, лабораторные работы по соответствующим темам курса, а также приложения. Может быть использовано при проведении лабораторных занятий по цитологии и гистологии и для самостоятельной подготовки.

Адресовано студентам 1 курса заочного факультета специальности 1-31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)»

УДК 611.018.1 + 591.81 (075.8)

ББК 28.65 + 28.705 я73

ISBN 978-985-439-459-6

© Строгая Т.В., Евтухова Л.А., 2013

© УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1 Общая морфология клетки	5
Тема 2 Гиалоплазма и клеточные включения	13
Тема 3 Клеточная оболочка и межклеточные контакты.....	19
Тема 4 Органоиды мембранного происхождения.....	22
Тема 5 Органоиды немембранного происхождения	28
Тема 6 Ядро	35
Тема 7 Репродукция клеток	41
Приложение А Требования к оформлению рисунков в альбоме для лабораторных работ по курсу «Цитология»	48
Приложение Б Клеточный цикл и деление клеток	50
Литература	53

Введение

Цитология – наука о клетках – элементарных единицах строения, функционирования и воспроизведения живой материи. Она изучает состав и строение клетки как отдельно взятой, так и в составе живого организма.

Задача цитологии как науки на современном этапе – исследование процессов секреции, авторегуляции и энергетики клетки, а также решение проблемы эволюции клеточных структур и авторепродукции, т. е. генетические способности роста, развития, дифференцировки клетки.

В данном практическом пособии описано 46 препаратов, которые сопровождают 75 рисунков, частично заимствованных из разных руководств и учебных пособий (отредактированных с помощью компьютерной программы HP Photo&Imaging), часть рисунков выполнена автором. Предложенный препаративный материал позволит в полном объеме изучить строение составных компонентов клетки, а также поможет получить навыки приготовления временных препаратов.

Практическое пособие ставит своей целью оптимизировать учебно-познавательную деятельность по усвоению материала курса «Цитология». Практическое пособие включает теоретический и практический разделы, а также приложения. Оно может быть использовано как на лабораторных занятиях по соответствующим темам курса «Цитология», так и для самостоятельной подготовки.

Адресовано студентам заочного факультета специальности «Биология».

Тема 1

Общая морфология клетки

- 1 Понятие «клетка»; клеточная теория
- 2 Витальные методы изучения клетки
- 3 Сравнительная характеристика про- и эукариот
- 4 Устройство светового микроскопа

Основные понятия по теме

Клетка – элементарная структурная единица живого, состоящая из ядра, цитоплазмы и оболочки и проявляющая все признаки живого: рост, развитие, размножение, раздражимость, обмен веществ и энергии (ассимиляция и диссимиляция), изменчивость.

В 1838-1839 гг. Шванн и Шлейден сформулировали основные положения **клеточной теории**, утверждающие, что все живые организмы состоят из клеток. В настоящее время клеточная теория включает четыре постулата:

- 1) клетка – элементарная единица живого;
- 2) клетки разных организмов гомологичны по строению и аналогичны по функциям;
- 3) размножение клеток происходит путем деления исходной клетки;
- 4) многоклеточные организмы – это сложные ансамбли клеток, интегрированные в системы клеток (ткани, органы), соподчиненных и связанных между собой межклеточными, гуморальными и нервными формами регуляции.

Методы цитологии

Витальные

(рассматривают живую клетку):

- световая микроскопия;
- фазово-контрастная микроскопия;
- поляризационная микроскопия;
- метод культуры тканей;
- кино- и фотосъемка;
- микрохирургическая техника;
- метод красителей.

Невитальные

(рассматривают мертвую клетку):

- электронная микроскопия;
- метод авторадиографии;
- метод замораживания или травления жидким азотом;
- метод фракционирования;
- метод фиксирования.

Существует два типа организации клеток:

- 1) **прокариоты** (доядерные) – генетический материал не отделен от цитоплазмы оболочкой; они содержат очень мало органоидов и имеют специфический способ деления клеток;

2) *эукариоты* – ДНК лежит в ядре, которое отделяется оболочкой от цитоплазмы и содержит одно или несколько ядрышек.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие методы используются для изучения структуры и функционирования клетки?
- 2 Каковы основные положения клеточной теории?
- 3 В чем отличие строения клеток прокариот и эукариот?
- 4 Какие составные части имеет эукариотическая клетка?
- 5 Каковы отличительные особенности растительной и животной клеток?

Лабораторная работа 1

Устройство и принцип работы светового микроскопа

Цель: изучение строения светового микроскопа, приобретение навыков пользования им.

Материалы и оборудование:

- световой микроскоп;
- готовые препараты.

Ход работы

В альбоме для рисования необходимо сделать рисунок схемы строения типичного светового микроскопа с указанием всех составляющих частей (рисунок 1).

Используя готовые цитологические препараты, получить навыки работы со световым микроскопом как на малом, так и на большом увеличении. Правила работы:

1. С помощью зеркала направить в поле зрения световой поток («словить свет»).
2. Положить на предметный столик готовый препарат.
3. Глядя сбоку на препарат опустить с помощью макровинта тубус таким образом, чтобы расстояние от объектива малого увеличения до препарата было около 0,5 см.
4. Глядя в окуляр настроить четкое изображение исследуемого препарата, вращая макровинт на себя (тубус при этом будет подниматься вверх). Нельзя вращать макровинт от себя, т.к. можно раздавить препарат!
5. Не меняя положения макровинта, перевести на большое увеличение, повернув револьверную головку на большой объектив до щелчка.

6. С помощью микровинта настроить четкое изображение на большем увеличении.

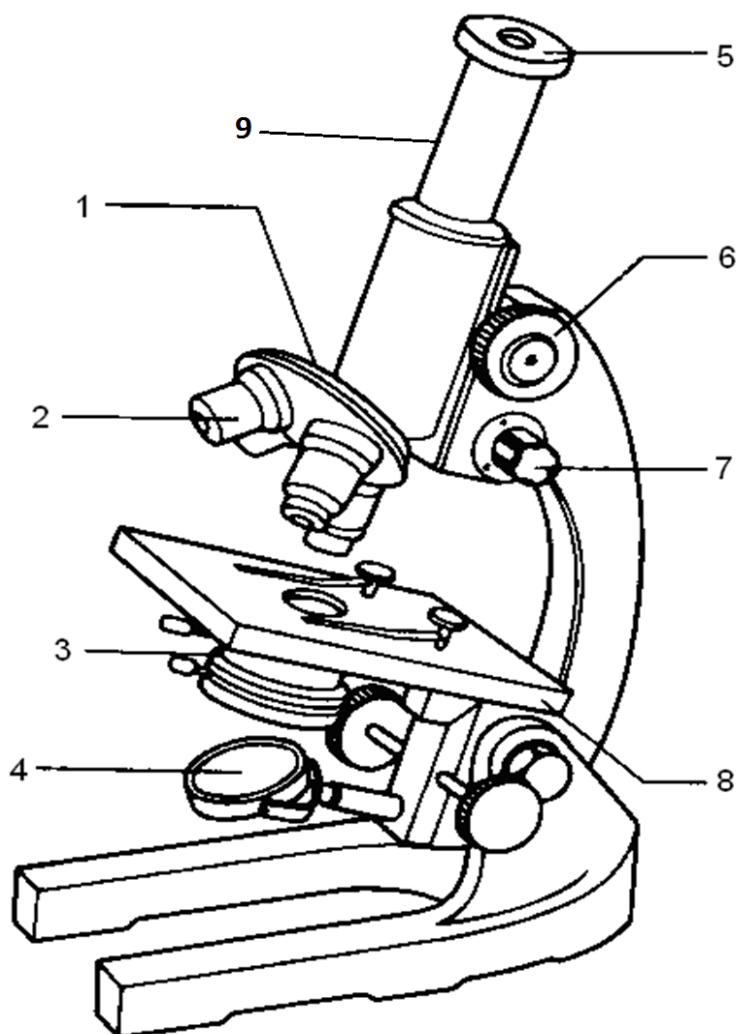


Рисунок 1 – Современный световой микроскоп [7]:

1 – револьверная головка; 2 – объективы; 3 – конденсор; 4 – зеркало; 5 – окуляр; 6 – винт грубой настройки (макроевент); 7 – винт тонкой настройки (микроэвент); 8 – предметный столик.

Лабораторная работа 2

Общая морфология клетки

Цель: изучение общей морфологии клетки.

Материалы и оборудование:

- световой микроскоп;
- готовые препараты: цилиндрического эпителия, гладкомышечных, нервных и костных клеток, клеток печени.

Ход работы

1 Изучить различные формы клеток на примере готовых препаратов цилиндрического эпителия, печени, мышечных, нервных и костных клеток (рисунок 2; зарисовать их (приложение А)).

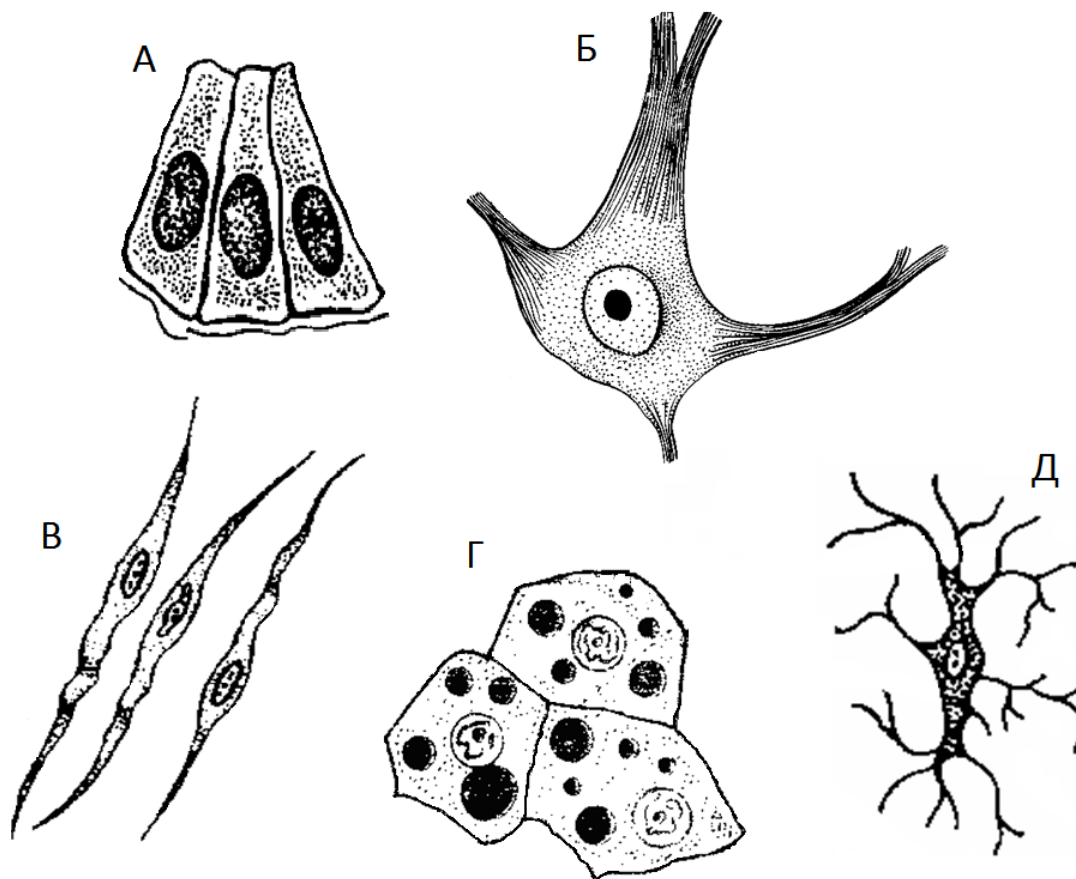


Рисунок 2 – Многообразие форм клеток животного организма

Препарат 1 Клетки цилиндрического эпителия канальцев почек

При малом увеличении видны почечные канальцы, имеющие на поперечном разрезе округлую или овальную форму с просветом внутри. Стенка канальца выстлана одним слоем клеток высокой призматической и кубической формы.

Цилиндрические клетки (рисунок 3А) имеют высокую призматическую форму: основание их в несколько раз меньше высоты. Каждая клетка содержит округлое или овальное ядро. В них находятся хроматин и ядрышки. Цитоплазма имеет мелкозернистую структуру.

Препарат 2 Нервные клетки

Нервные клетки позвоночных животных имеют отросчатую форму (рисунок 3Б). Крупные двигательные нейроны находятся в передних широких рогах серого вещества спинного мозга.

На большом увеличении видно, что от тела нейрона, содержащего ядро с крупным ядрышком, отходит несколько отростков. Они

придают клетке сложную разветвленную неправильную форму. Отростки отходят в различных направлениях, могут изгибаться в разных плоскостях. Поэтому проследить их на большом расстоянии в срезе невозможно; видны лишь начальные, отходящие от тела клетки участки отростков.

Препарат 3 Гладкомышечные клетки

При малом увеличении среди кусочков гладкой мышечной и рыхлой соединительной ткани находят изолированные гладкие мышечные клетки и изучают при большом увеличении.

Гладкомышечные клетки вытянутой, веретенообразной формы (рисунок 3В), равномерно суживаются в периферических отделах, образуя заостренные концы. *Цитоплазма* обычно гомогенная. *Темные полосы* в отдельных мышечных клетках являются волнами сокращения, вызванными фиксацией. В среднем отделе клетки находится ядро палочковидной формы.

Препарат 4 Клетки печени

При малом увеличении видно, что клетки печени плотно прилегают друг к другу. Межклеточное вещество практически отсутствует. *Клетки печени – гепатоциты* – имеют *неправильную многоугольную форму* (рисунок 3Г). В центре клетки находится одно (реже два) округлых ядра. Цитоплазма однородная с многочисленными включениями.

Препарат 5 Костные клетки

При малом увеличении надо найти участок костной ткани, в котором на фоне светлого основного вещества располагаются *костные тельца*.

При большом увеличении видно, что *костные тельца* представляют беспорядочно расположенные *костные полости*, форма которых зависит от количества отходящих *костных канальцев*. Костные канальцы, проходящие в плоскости предметного столика микроскопа, видны как ветвящиеся линии. Внутри полостей и канальцев находятся *костные клетки звездчатой или отростчатой формы* (рисунок 3Д).

2 Рассмотреть схему строения прокариотической и эукариотической (растительной и животной) клеток; зарисовать их (рисунки 3 и 4).

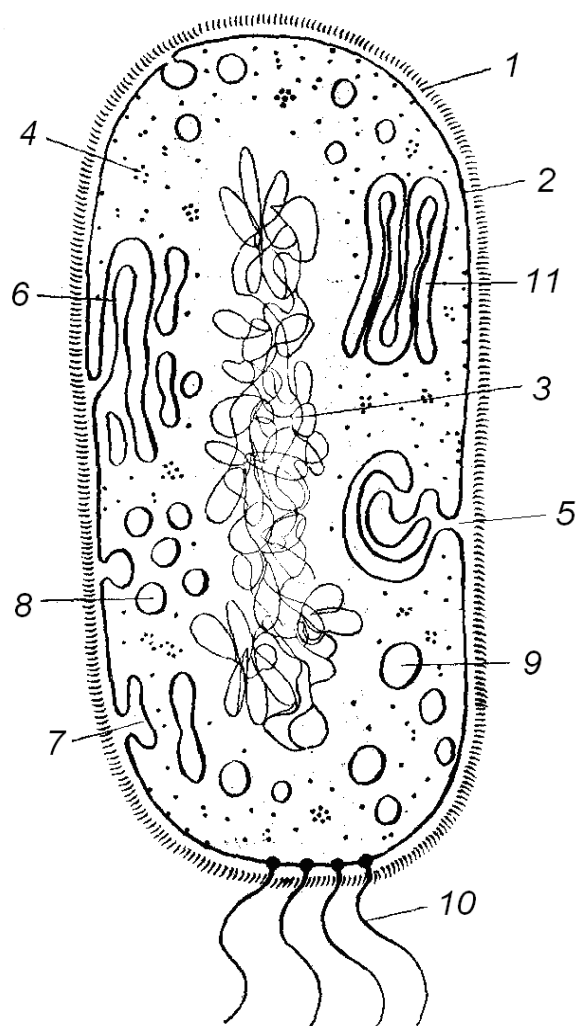


Рисунок 3 – Комбинированная схема прокариотической клетки [19]:
 1 – клеточная стенка; 2 – плазматическая мембрана; 3 – ДНК в зоне нуклеоида; 4 – полирибосомы цитоплазмы; 5 – мезосома;
 6 – ламеллярные структуры; 7 – впячивания плазматической мембраны; 8 – хроматофоры; 9 – вакуоли с включениями;
 10 – жгутики; 11 – пластинчатые тилакоиды.

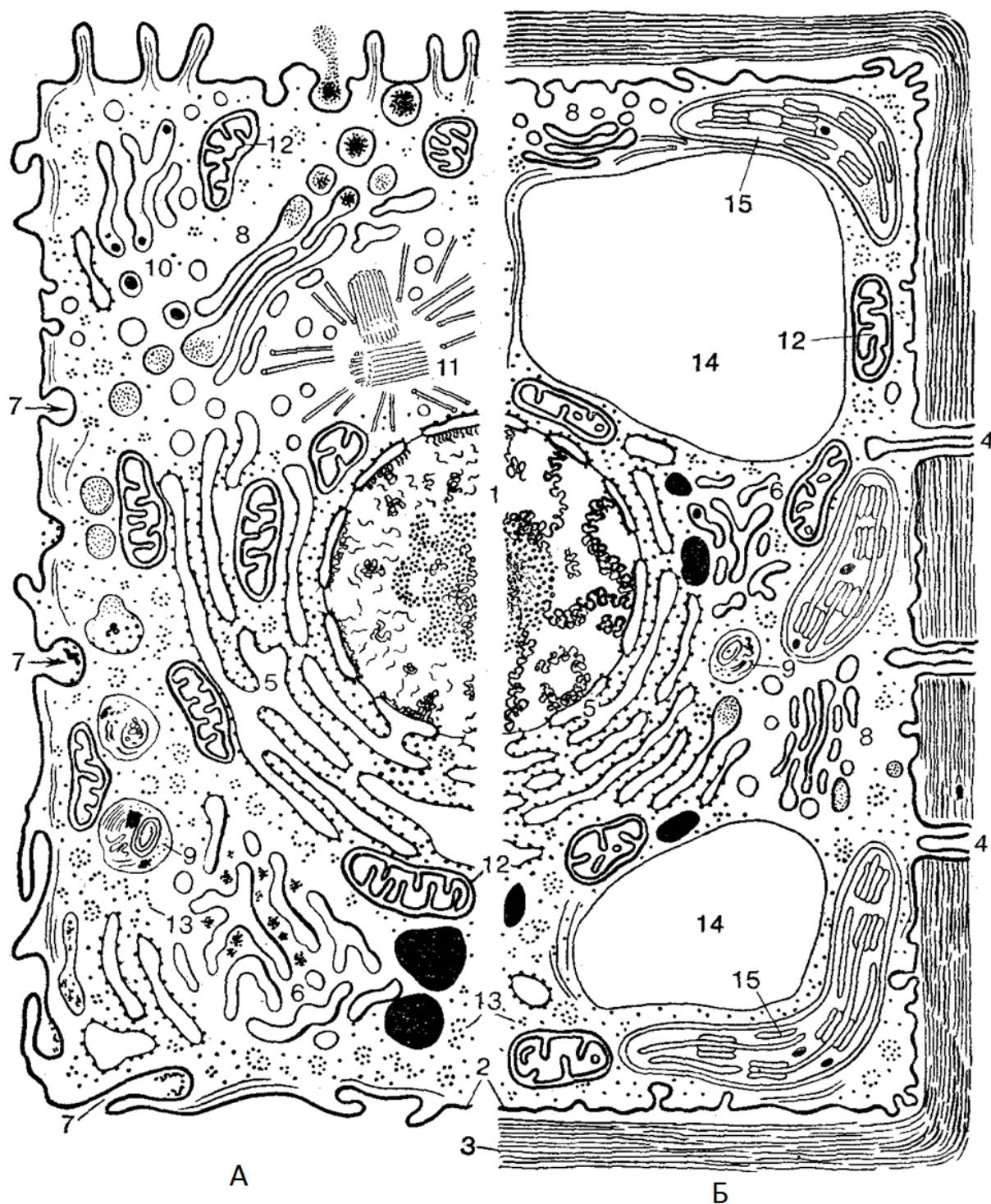


Рисунок 4 – Комбинированная схема строения эукариотической клетки [19]:

А – клетка животного происхождения; Б – растительная клетка.
 1 – ядро с хроматином и ядрышком, 2 – плазматическая мембрана, 3 – клеточная стенка, 4 – плазмодесма, 5 – гранулированный эндоплазматический ретикулум, 6 – гладкий ретикулум, 7 – пиноцитозная вакуоль, 8 – аппарат Гольджи, 9 – лизосома, 10 – жировые включения в гладком ретикулуме, 11 – клеточный центр (центриоли и микротрубочки центросферы), 12 – митохондрия, 13 – полирибосомы гиалоплазмы, 14 – центральная вакуоль, 15 – хлоропласт.

Тема 2

Гиалоплазма и клеточные включения

- 1 Понятия цитоплазма и гиалоплазма
- 2 Химический состав гиалоплазмы
- 3 Свойства и функции гиалоплазмы
- 4 Клеточные включения

Основные понятия по теме

Цитоплазма – это все внутреннее содержимое клетки за исключением ядра. Она неоднородна по своему составу и строению и включает в себя растворимую часть – *гиалоплазму*, а также органоиды и иногда включения. Гиалоплазма имеет вид гомогенного или тонкозернистого вещества и по физико-химическим свойствам представляет собой сложную коллоидную систему.

Свойства гиалоплазмы связаны с ее коллоидным состоянием:

- *стабильность* – свойство не давать осадка при длительном отрезке времени;
- *коагуляция* – формирование агрегатов и в конечном итоге осадка;
- *желатинизация* – загустевание раствора: способность золь переходить в гель;
- *коацервация* – свойство коллоидов при определенных условиях расслаиваться на две несмешивающиеся фазы с различной концентрацией органического вещества;
- *тиксотропия* – способность изменять и обратимо восстанавливать вязкость при действии механических сил;
- *синерезис* – сократимость гелей с выделением жидкой фазы;
- *циклоз* – явление активного движения, в которое вовлекается вся цитоплазма живых клеток.

Клеточные включения являются непостоянными образованиями клетки. По характеру происхождения – это продукты клеточного метаболизма.

Формы включений: гранулы, капли, кристаллы, зерна или содержимое вакуоли. По химическому составу включения делятся на неорганические и органические вещества.

Различают три группы включений:

- *трофические* (углеводные, жировые);
- *пигментные*;
- *секреторные и экскреторные*.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое гиалоплазма?
- 2 Какой химический состав имеет гиалоплазма?
- 3 Какими свойствами обладает гиалоплазма?
- 4 Характеристика клеточных включений.

Лабораторная работа

Изучение готовых и приготовление временных препаратов клеточных включений

Цель: изучение клеточных включений на примере готовых и временных препаратов.

Материалы и оборудование:

- световой микроскоп;
- предметные и покровные стекла;
- препаровальные иглы;
- скальпель;
- картофель;
- наружные сухие пленчатые чешуи луковицы репчатого лука;
- дистиллированная вода;
- глицерин;
- пипетки;
- готовые препараты: жировые включения в клетках печени; включения гликогена в клетках печени; желточные включения; пигментные клетки-хроматофоры.

Ход работы

1 Изучить различные клеточные включения на примере готовых препаратов.

Препарат 1 Жировые включения в клетках печени аксолотля

При малом увеличении видны многоугольные клетки. После обработке ткани четырехокисью осмия в цитоплазме клеток печени видны черные (адсорбировавшие осмий) жировые капли.

При большом увеличении (рисунок 5) видно, что гепатоциты (клетки печени) разделены *клеточными границами* (1). Клетки имеют круглые структурированные ядра (2). В *цитоплазме* (3) находятся в виде капель черные *жировые включения* (4).

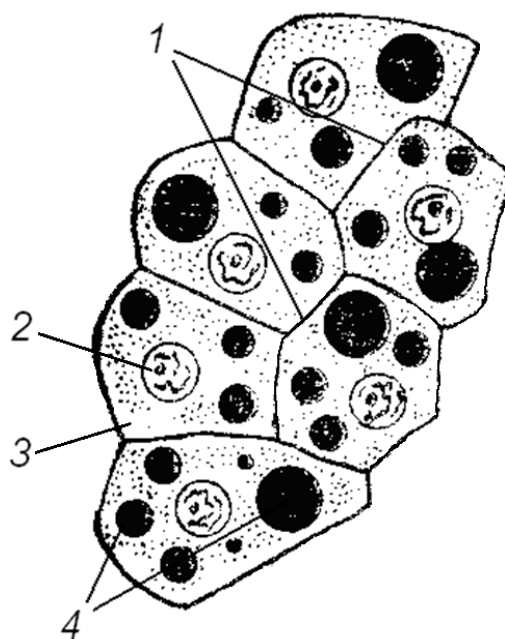


Рисунок 5 – Жировые включения в клетках печени аксолотля [15]

Первоначально жир откладывается в клетках в виде мельчайших капель, которые, сливаясь, образуют капли большего размера.

Препарат 2 Включения гликогена в клетках печени аксолотля

При большом увеличении (рисунок 6) в неокрашенной цитоплазме гепатоцитов можно наблюдать большое количество *гликогена в виде глыбок* (1) различной величины и формы, окрашенные в красно-фиолетовый цвет.

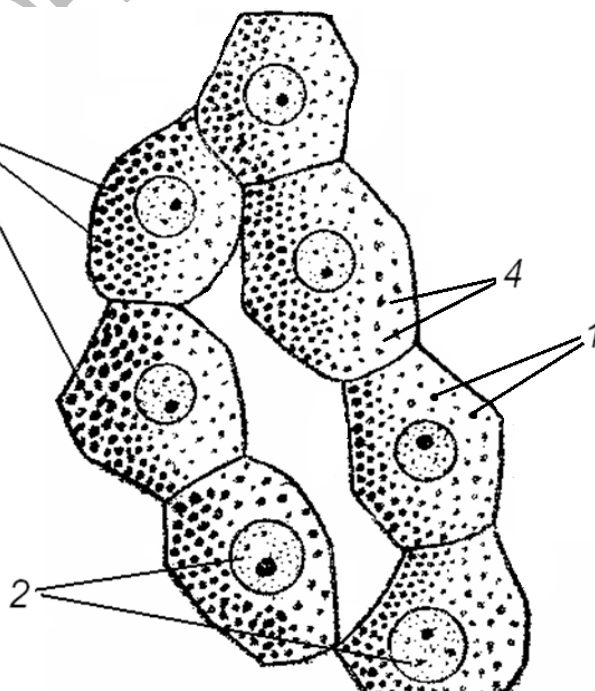


Рисунок 6 – Включения гликогена в клетках печени [15]

Структурированные ядра (2) клеток заметны по фиолетовой окраске. Встречаются гепатоциты, в которых гликоген в виде крупных глыбок скапливается на одной стороне клетки (3): это артефакт, связанный с проникновением фиксатора в клетку. В цитоплазме гепатоцитов, относительно свободной от гликогена, видны пустые, неокрашенные вакуоли (4), которые представляют собой полости, оставшиеся на месте жировых включений.

Препарат 3 Желточные включения

При малом увеличении виден зародыш лягушки на ранней стадии развития – дробления оплодотворенной яйцеклетки. Почти вся цитоплазма бластомера (рисунок 7) заполнена желточными включениями (1) – гранулами желтого цвета, которые образованы протеинами, фосфолипидами и углеводами.

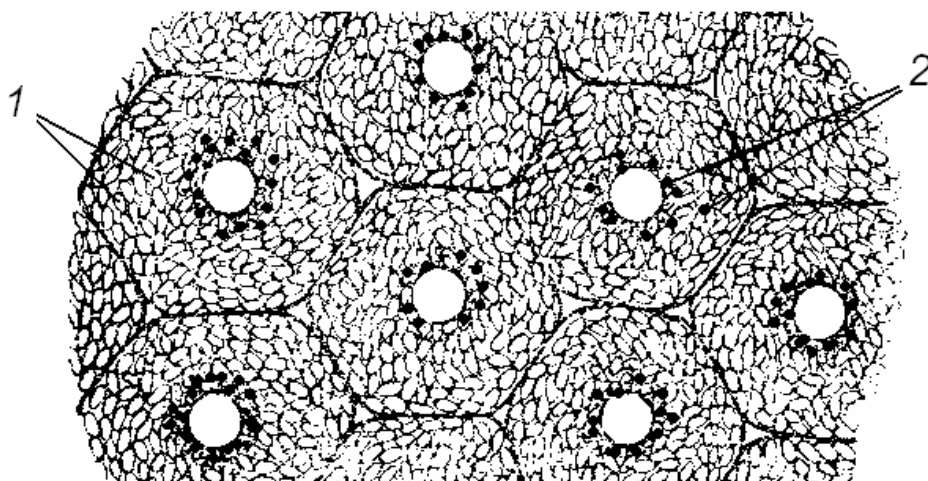


Рисунок 7 – Желточные включения [15]

В цитоплазме бластомеров встречаются мелкие буровато-коричневые пигментные включения (2), которые представляют собой защитное приспособление от сильного воздействия световых лучей.

Препарат 4 Пигментные клетки-хроматофоры. Кожа головастика

При малом увеличении видно, что неокрашенные элементы кожи головастика представляют как бы фон, на котором выделяются крупные пигментные клетки с отростками – меланофоры (хроматофоры). При большом увеличении (рисунок 8) в цитоплазме можно

увидеть *глыбки меланина* (1), которые могут маскировать *ядра* (2) этих клеток.

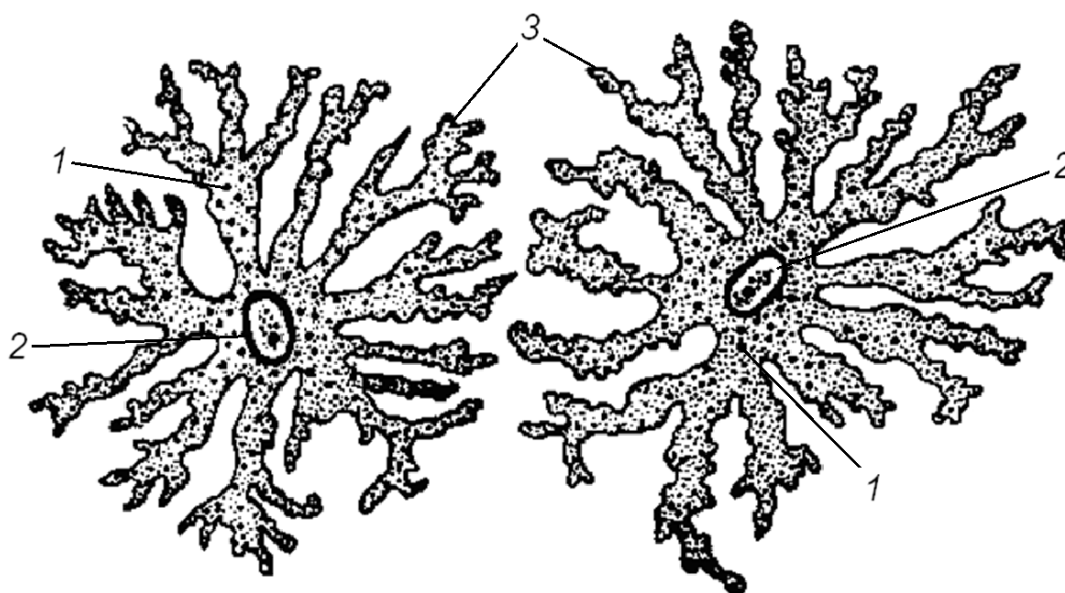


Рисунок 8 – Пигментные клетки – хроматофоры [15]

Отростки (3) меланофоров способны изменять длину, вследствие чего меняется количество пигментных включений на единицу объема цитоплазмы и интенсивность окраски этих клеток, а, следовательно, и цвет кожи животного.

2 Приготовить временный препарат крахмальных зерен в клубнях картофеля

Для приготовления препарата нужно разрезать клубень. Жидкость, выступившую на поверхности разреза, препаровальной иглой перенести на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным.

При малом и большом увеличениях микроскопа хорошо видны многочисленные зерна, размеры и очертания которых очень варьируют (рисунок 9).

Центры образования (3) крахмальных зерен имеют вид сильно преломляющих свет блестящих точек, вокруг которых располагаются *слои крахмала* (2) различной ширины. Снаружи крахмальные зерна окружены *оболочками пластид* (1). Большинство зерен имеет по одному центру образования – это *простые зерна* (4). *Сложными зернами* (5) имеют два и более (до пяти) центров образования, каждый из которых окружен собственными крахмальными слоями. Если вокруг каждого из формирующихся в лейкопласте зерен затем возникают общие слои, окружающие эти зерна, то образуется *полусложное зерно* (6).

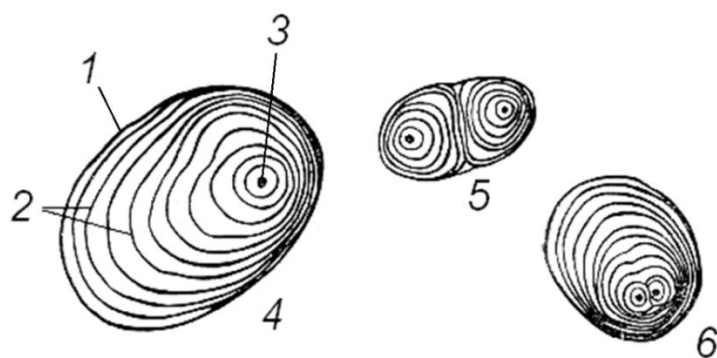


Рисунок 9 – Крахмальные зерна картофеля [13]

3 Приготовить препарат кристаллов оксалата кальция в клетках наружных чешуй луковицы репчатого лука

Снятые с луковицы мелко нарезанные сухие пленчатые чешуи длительное время выдерживают в глицерине. Для рассмотрения кристаллов оксалата кальция кусочки этих чешуй переносят в глицерин на предметное стекло и накрывают покровным стеклом.

Чешуя состоит из нескольких слоев клеток, форма, размеры и ориентация которых в каждом слое сильно варьирует. Необходимо найти участок чешуи с одним слоем клеток (рисунок 10). Во многих клетках хорошо видны призматические *одиночные кристаллы* (1) или сростки из двух-трех кристаллов оксалата кальция – *двойные* (2) и *тройные* (3) кристаллы.

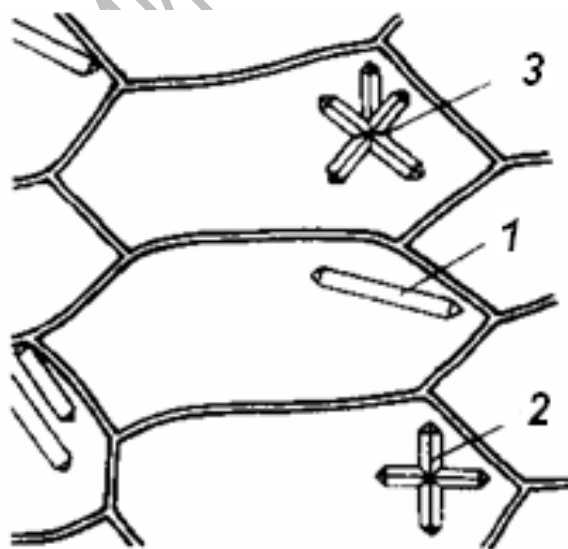


Рисунок 10 – Кристаллы оксалата кальция в пленчатых чешуях репчатого лука [18]

Тема 3

Клеточная оболочка и межклеточные контакты

- 1 Клеточная оболочка
- 2 Биологическая мембрана
- 4 Межклеточные контакты

Основные понятия по теме

Оболочка клетки имеет следующие составные части: наружный слой *гликокаликс*, внутренний слой *кортекс*, между ними *биологическая мембрана*. В химическом отношении *биологическая мембрана* – это липо-протеиновый комплекс, обычно в весовом отношении 1:1.

У растительной клетки и клеток грибов, а также клеток прокариот есть *клеточная стенка*, которая является продуктом жизнедеятельности клетки, поэтому у молодых клеток отсутствует. Всегда и в оболочке клетки и в клеточной стенке есть отверстия – *поры*.

Клеточная мембрана обладает *избирательной проницаемостью*, и эта способность меняется в зависимости от физиологических условий, температурных факторов, действия некоторых ионов и др. Плазмолемма обладает свойствами *осмометра*, когда при наличии градиента концентрации вода легче проникает через мембрану, чем растворенное вещество. Через клеточную оболочку могут проходить вещества против градиента концентрации (активный транспорт).

Мембраны соседних клеток образуют *межклеточные контакты*.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие составные части имеет клеточная оболочка?
- 2 Как устроена биологическая мембрана?
- 3 Чем обусловлена избирательная проницаемость биологической мембраны?
- 4 Какое значение для клетки имеют кортекс и гликокаликс?
- 5 Назовите основные виды межклеточных контактов.

Лабораторная работа 1

Клеточная оболочка и межклеточные контакты

Цель: изучение строения клеточной оболочки и межклеточных контактов.

Ход работы

1 Рассмотреть схему строения биологической мембраны и межклеточных контактов; зарисовать их

Каждая клетка покрыта цитоплазматической мембраной (рисунок 11) – *плазмолеммой (А)*, которая отграничивает клетку от внеклеточной среды, имеет липопротеидную структуру (7,5–10 нм). В *билипидном слое (1)* внутрь (друг к другу) смотрят *гидрофобные хвосты (2)*, а кнаружи (в сторону белков) – *гидрофильные головки (3)*. Хвосты липидов удерживаются при помощи гидрофобных связей, а между головками липидов и белковыми молекулами находятся гидрофильные связи (ионные и ковалентные).

Согласно мозаичной структуры биомембраны выделяют три типа белков: *поверхностные (4)*, *погруженные (5)* и *пронизывающие (6)*.

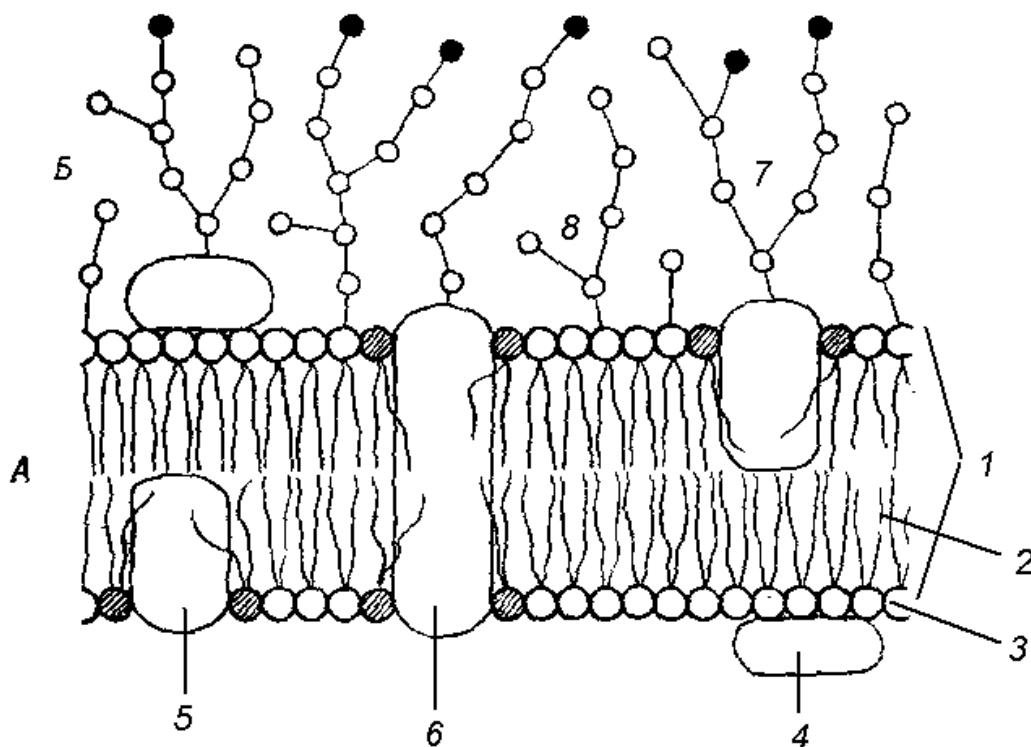


Рисунок 11 – Строение плазмолеммы и гликокаликса [8]

Гликокаликс (Б) – это надмембранный комплекс, который представляет собой углеводный компонент в пространственном отношении молекулы в виде антенн, нижним концом связанные с белками – *гликопротеины (7)* или с липидами – *гликолипиды (8)*.

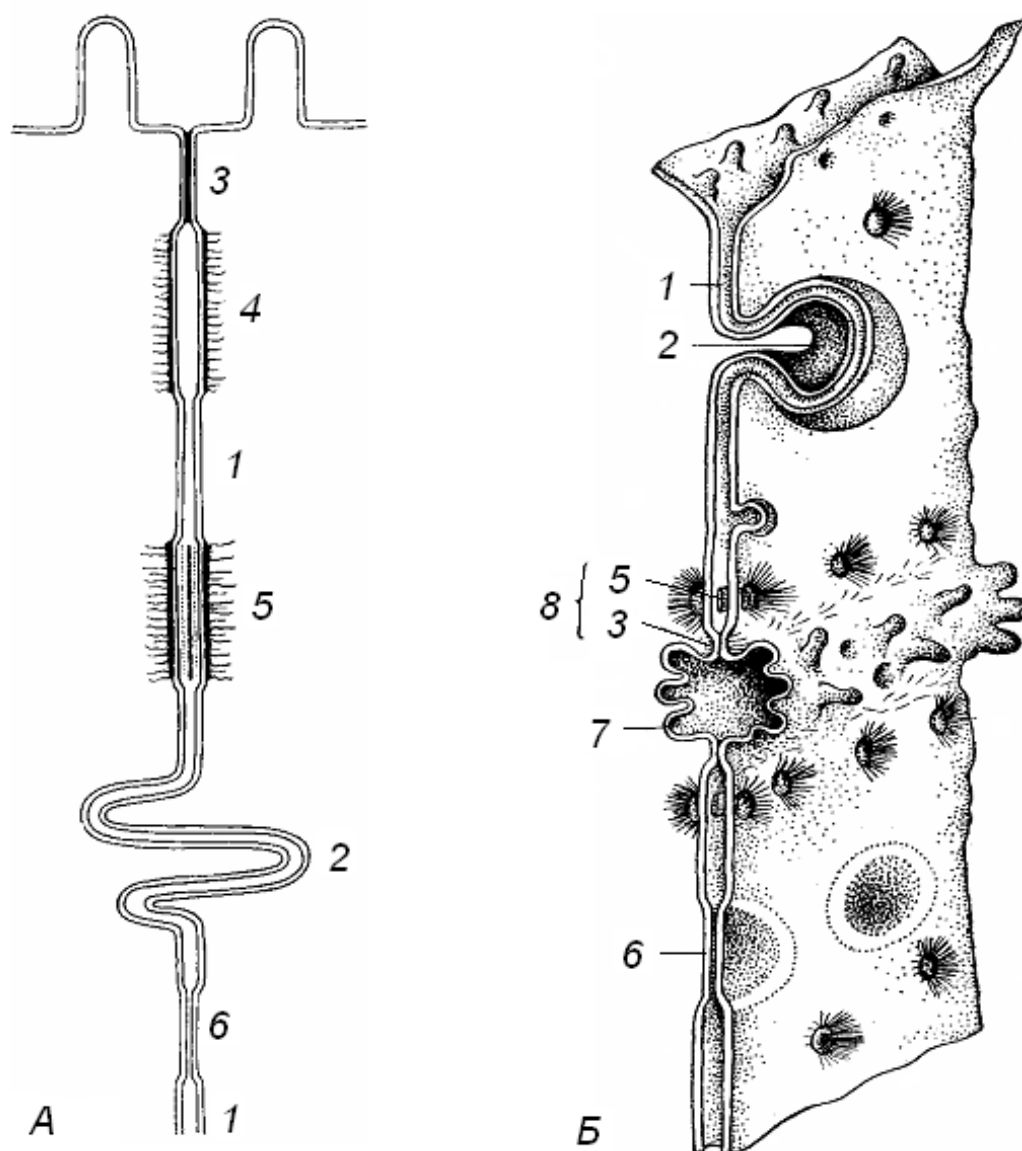


Рисунок 12 – Межклеточные контакты (А – схематичное изображение, Б – межклеточные контакты на примере гепатоцитов крысы) [19]:

- 1 – простой контакт; 2 – «замок»; 3 – плотный замыкающий контакт; 4 – промежуточный контакт; 5 – десмосома;
 6 – щелевидный контакт; 7 – желчный капилляр;
 8 – соединительный комплекс, который включает зону слипания (плотный контакт) и десмосому.

Тема 4

Органоиды мембранного происхождения

- 1 Строение и функции эндоплазматического ретикулума
- 2 Строение и функции вакуолей
- 3 Виды, строение и функции лизосом
- 4 Строение и функции аппарата Гольджи
- 5 Двумембранные органоиды: митохондрии, пластиды

Основные понятия по теме

Органоиды мембранного происхождения представляют собой отдельные либо связанные друг с другом отсеки в цитоплазме, содержимое которых отделено собственной мембраной как от цитоплазмы, так и от плазмолеммы.

Существует две группы мембранных структур:

1) содержимое *одномембранных органоидов* отграничено от гиалоплазмы одинарной биологической мембраной:

- *эндоплазматический ретикулум* (гранулярный и агранулярный);
- *аппарат Гольджи*;
- *лизосомы* (первичные, вторичные, третичные и четвертичные);
- *вакуоли* (пероксисомы, сферосомы, алевроновые и центральная вакуоли);
- *секреторные пузырьки*.

2) *двумембранные органоиды* имеют замкнутые и независимые (не переходящие друг в друга) внешнюю и внутреннюю биологическую мембраны:

- *митохондрии*;
- *пластиды* (хлоропласты, лейкопласты, амилопласты, хромопласты).

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какое строение и значение для клетки имеет эндоплазматический ретикулум?
- 2 Какие разновидности вакуолей встречаются в клетке?
- 3 Какие функции в клетке выполняют лизосомы?
- 4 Каково значение аппарата Гольджи?
- 5 Какое строение имеют митохондрии и пластиды?

Лабораторная работа

Строение мембранных органоидов на примере готовых и временных препаратов

Цель: изучение строения и функций органоидов мембранного происхождения.

Материалы и оборудование:

- световой микроскоп;
- предметные и покровные стекла;
- препаровальные иглы;
- скальпель;
- морковь;
- элодея;
- дистиллированная вода;
- пипетки;
- готовые препараты: аппарат Гольджи в нервных клетках спинного ганглия котенка.

Ход работы

1 Приготовить препарат хлоропластов в листьях элодеи.

Пинцетом аккуратно оторвать молодой листок элодеи, положить его нижней стороной в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа (рисунок 13). Лист состоит из двух слоев клеток, причем клетки верхнего слоя крупнее клеток нижнего слоя. Размеры, форма клеток, а также число содержащихся в ней зеленых пластид – *хлоропластов* (1) – варьируют.

Краевые клетки листа почти прозрачные, вытянуты в длину. Некоторые *краевые клетки* выступают наружу *в виде острых зубцов* (2). Клетки бедны содержимым, находящиеся в них немногочисленные *хлоропласты* (1) значительно мельче, чем в остальных клетках. *Ядра* (3), расположенные в центре клетки, обычно сферические, а ядра, прижатые к стенке клетки – полусферические.

Клетки средней жилки (4) узкие, сильно вытянутые по длине листа, хлоропластов (1) в них немного, большинство из них располагаются вдоль боковых стенок. Клетки, прилегающие к средней жилке, более широкие, квадратные или продолговатые. В них много *хлоропластов* (1), *цитоплазма* (5), окружающая крупную *центральный вакуоль* (6), занимает пристеночное положение.

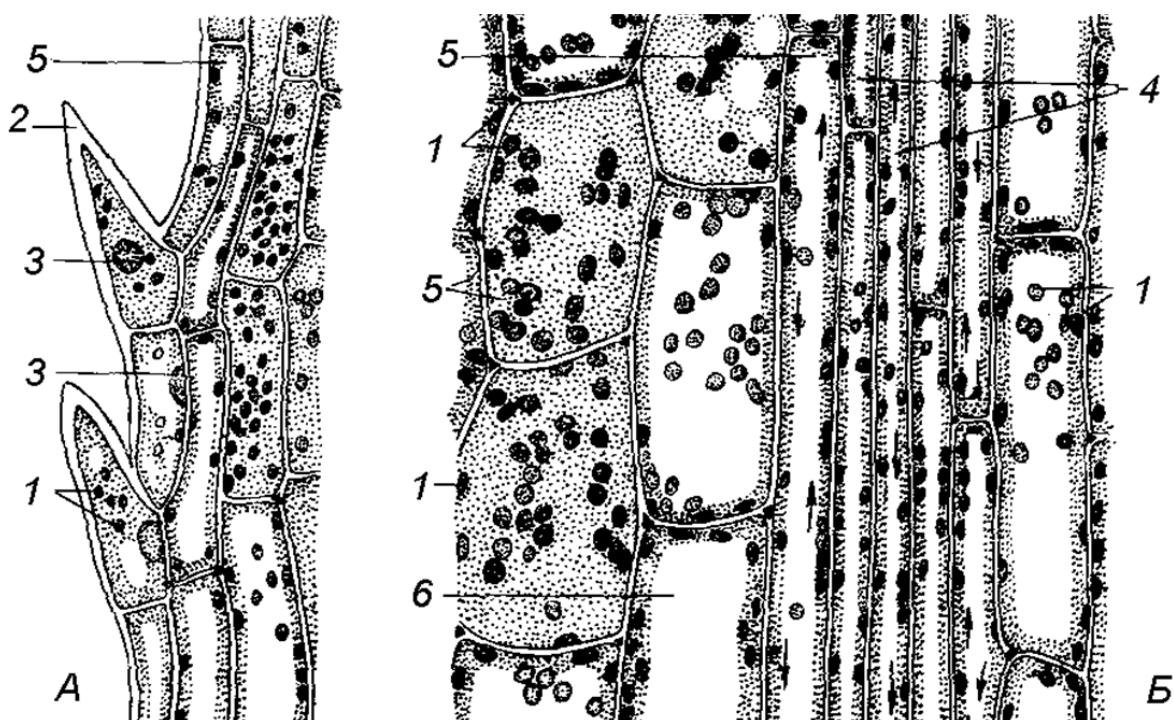


Рисунок 13 – Клетки листа элодеи: *А* – краевые клетки; *Б* – клетки средней жилки и прилегающие к ним клетки [13]

2 Приготовить препарат хромопластов в корнеплодах моркови

Необходимо сделать тонкий срез корнеплода моркови и поместить его на предметное стекло в каплю воды, прикрыв покровным стеклом. Рассмотреть препарат на малом и большом увеличении (рисунок 14).

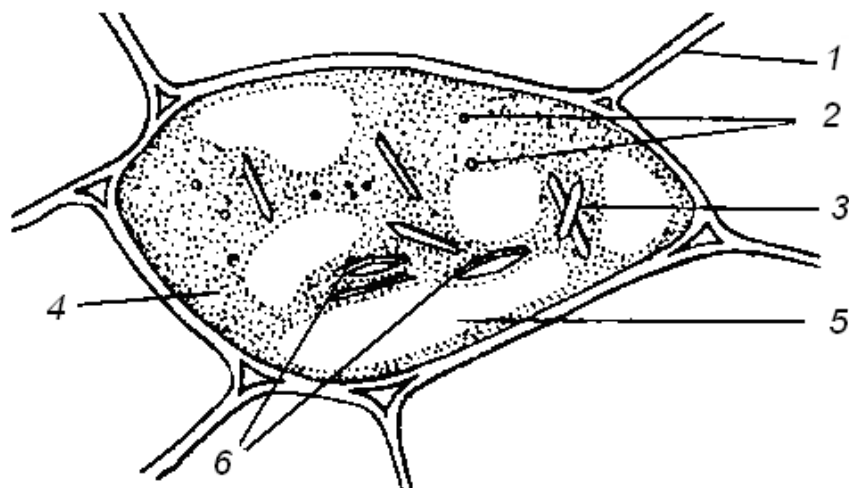


Рисунок 14 – Хромопласты в клетках корнеплода моркови [13]

Клетки окружены *оболочкой* (1) и содержат мелкие *капли эфирных масел* (2). В клетках корнеплодов моркови содержится большое количество *кристаллов каротина* (3) оранжевого цвета, которые обычно свободно лежат в *цитоплазме* (4) клеток, окруженные *вакуолями* (5). Каротин также может накапливаться в *хромопластах* (6).

3 Рассмотреть готовые препараты и зарисовать их.

Препарат 1 Аппарат Гольджи в нервных клетках спинного ганглия котенка

При малом увеличении видны крупные нервные клетки – *нейроны*, располагающиеся преимущественно в периферических отделах спинномозгового узла.

Надо найти нейроны, в которых видны структурные компоненты, и изучить их при большом увеличении (рисунок 15). Вокруг ядра (1) на светлом фоне *цитоплазмы* (2) выделяется черная *извилистая сеть аппарата Гольджи* (3), которая вплотную прилегает к ядру либо располагается, несколько отступая от ядра, образуя вокруг него как бы *корзинку* (4). Встречаются нейроны, в цитоплазме которых *аппарат Гольджи* состоит из *отдельных фрагментов* (5), не связанных между собой и разбросанных по всей цитоплазме.

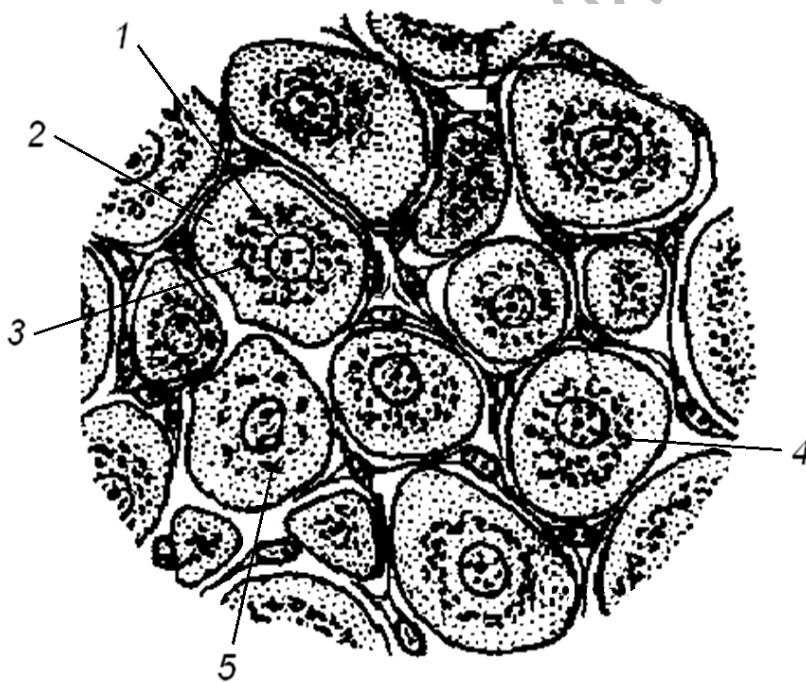


Рисунок 15 – Аппарат Гольджи в нервных клетках спинного ганглия котенка (большое увеличение) [15]

4 Рассмотреть и зарисовать органоиды мембранного происхождения (рисунки 16-19).

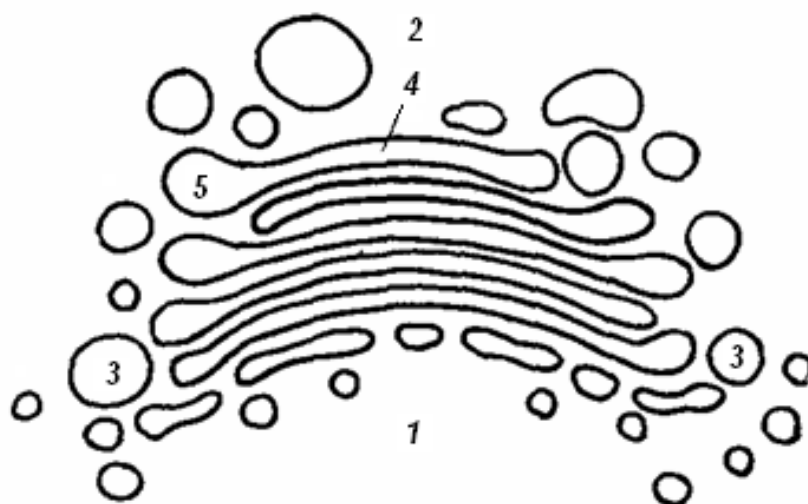


Рисунок 16 – Схема строения аппарата Гольджи [19]:

1 – проксимальная часть диктиосомы; 2 – дистальная часть диктиосомы; 3 – вакуоли; 4 – плоские мембранные цистерны, 5 – ампулярные расширения цистерн.

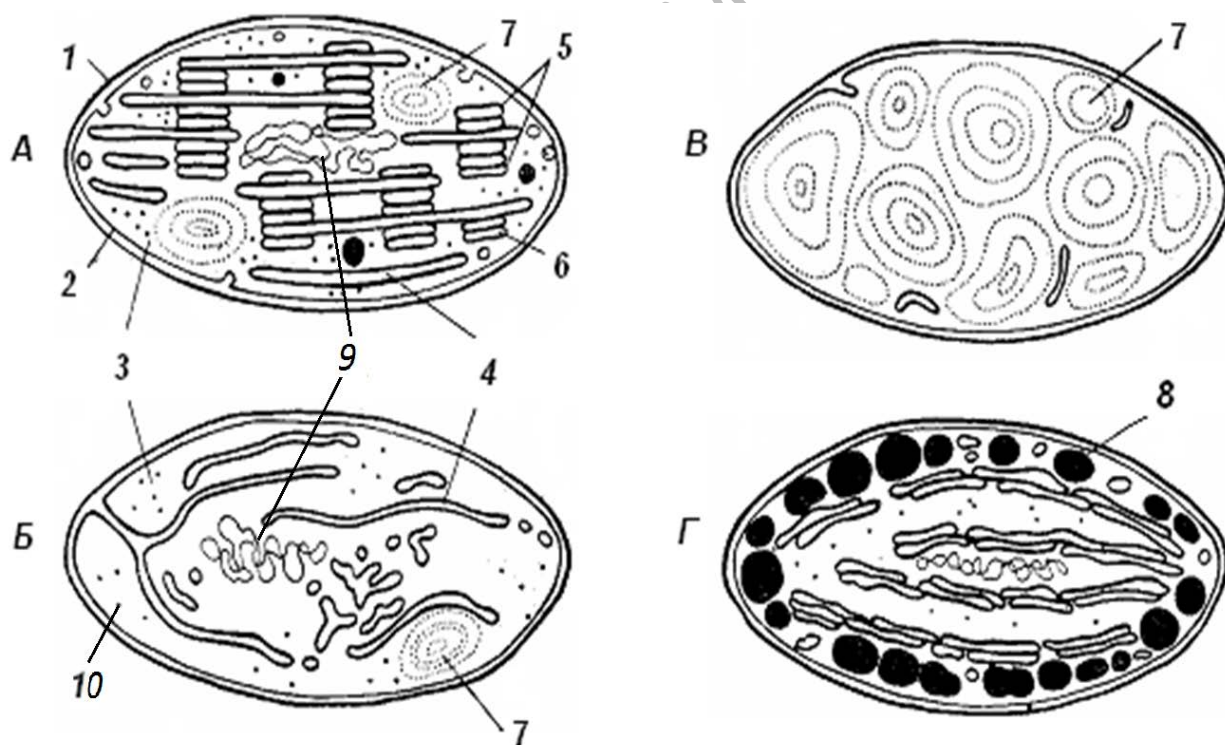


Рисунок 17 – Строение различных видов пластид [19]:

А – хлоропласт, Б – лейкопласт, В – амилопласт, Г – хромопласт, 1 – внешняя мембрана, 2 – внутренняя мембрана, 3 – матрикс (строма), 4 – ламеллы стромы, 5 – грана, 6 – тилакоид; 7 – крахмальное зерно; 8 – липидная капля с пигментами; 9 – кольцевая молекула ДНК; 10 – 70S-рибосомы.

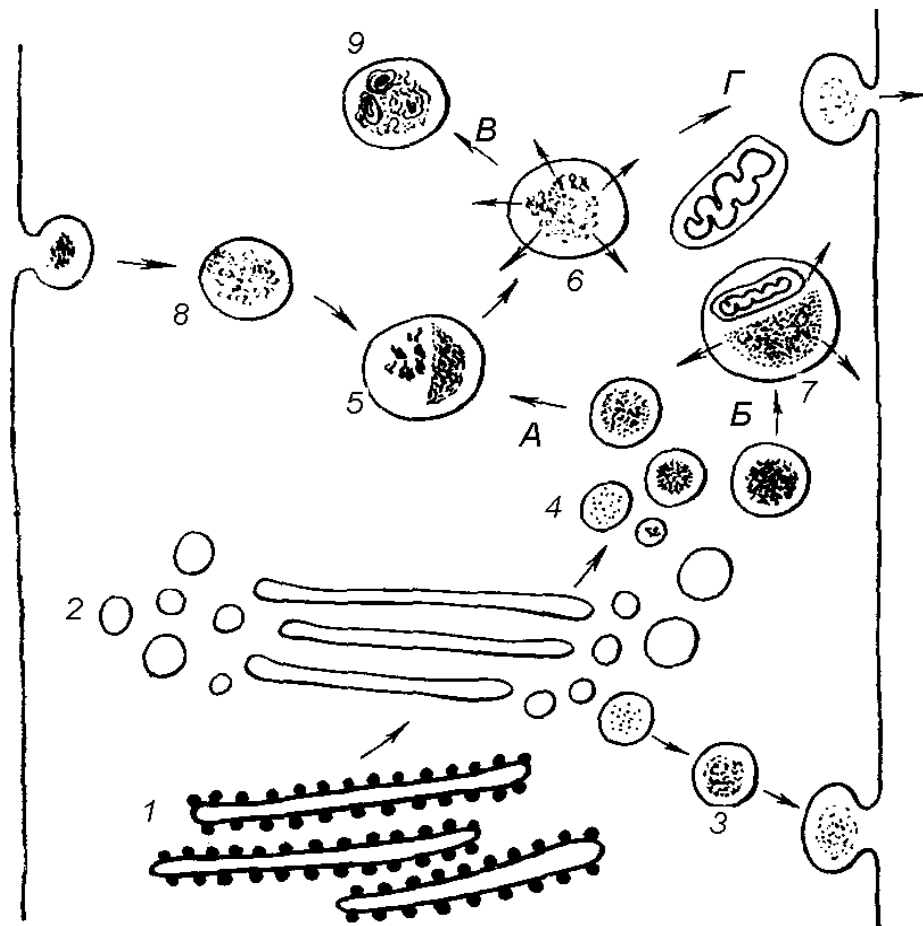


Рисунок 18 – Схема образования лизосом и секреторных гранул [13]:

1 – гранулярный эндоплазматический ретикулум; 2 – аппарат

Гольджи; 3 – секреторная гранула; 4 – первичная лизосома;

5 – вторичная лизосома (фаголизосома); 6 – третичная лизосома;

7 – четвертичная лизосома (аутолизосома), 8 – эндоцитозный пузырек; 9 – остаточное тельце;

А – образование фаголизомы путем слияния первичной лизомы и эндоцитозного пузырька, *Б* – образование аутолизомы из нескольких первичных лизосом, окружающих полочки в клетке, *В* – образование остаточного тельца из третичной лизомы, *Г* – выведение непереваренных остатков из третичной лизомы путем экзоцитоза.

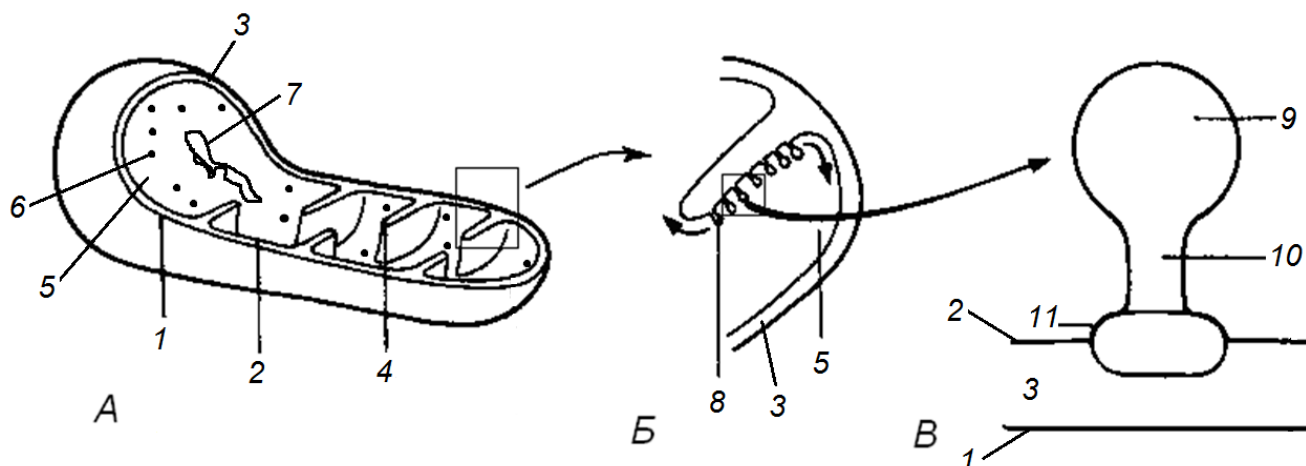


Рисунок 19 – Схема строения митохондрии [7]:

А – митохондрия; Б – криста; В – элементарная частица – АТФ-аза;
 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 - перимитохондриальное пространство, 4 – криста; 5 – матрикс; 6 – 70S-рибосомы, 7 – кольцевая молекула ДНК, 8 – элементарная частица (АТФ-аза); 9 – головка АТФ-азы; 10 – ножка АТФ-азы; 11 – основание АТФ-азы.

Тема 5

Органоиды немембранного происхождения

- 1 Цитоскелет: строение, состав, функции
- 2 Строение центриолей и клеточного центра
- 3 Реснички и жгутики, базальное тельце
- 4 Строение и функции рибосом

Основные понятия по теме

К немембранным органоидам относят органоиды клетки, построенные по фибриллярному и гранулярному типу.

1 Органоиды **фибрилярного типа** – это белковые производные в виде нитей, тонких и толстых филаментов или в виде трубочек:

- микронити;
- микрофиламенты;
- микрофибриллы;
- микротрубочки;
- центриоли;
- клеточный центр;
- базальное тельце;
- веретено деления;
- реснички и жгутики;

- *цитоскелет* в виде микротрабелулярной сети (состоящей из *микронитей, микрофиламентов, микрофибрилл и микротрубочек*).

2 Органоиды ***гранулярного типа*** построены из белков и органических веществ высокой молекулярной массы (РНК):

- *рибосомы,*
- *полисомы.*

На рибосомах синтезируются белки по принципу матричного синтеза (приложение Б, рисунок Б.1).

Рибосомы состоят из 2 субъединиц: малой и большой, каждая из которых имеет головку, шейку и тело. Субъединицы удерживаются вместе благодаря ионам Mg^{2+} .

В состав рибосом входят молекулы *рРНК* (50–65%), расположенные в центре, и молекулы *белка*, которые по периферии покрывают сердцевину каждой субъединицы рибосомы не сетевидным слоем.

Молекулярную массу рибосом описывают через *константу седиментации S* или *коэффициент Сведберга*, которые зависят от формы биополимера и его плотности.

У прокариот в клетке содержатся 70S-рибосомы (10^4 – 10^5), у эукариот – 80S-рибосомы (от нескольких тысяч до сотен тысяч в зависимости от функциональной особенности клетки).

Белки, входящие в состав рибосомы, осуществляют в основном ферментативную функцию по 3 типам реакций:

- инициация (начало синтеза белка);
- элонгация (продолжение синтеза белка);
- терминация (окончание синтеза белка).

По функциональному признаку все немембранные органоиды также можно разделить на две группы:

- ***органойды общего назначения***, которые присутствуют в каждой клетке: рибосомы, микронити, микрофиламенты, микротрубочки, клеточный центр (для клеток животных);
- ***органойды специального назначения*** – встречаются в той клетке, которая выполняет специальную функцию: микрофибриллы, реснички, жгутики, базальное тельце, веретено деления.

Вопросы для самоконтроля

1 В чем принципиальное отличие немембранных органоидов фибриллярного и гранулярного типа друг от друга?

2 Какие из немембранных органоидов относятся к органоидам специального назначения?

3 Из каких составных частей построен цитоскелет?

4 Как взаимосвязаны между собой клеточный центр, центриоль и базальное тельце?

5 В чем отличие ресничек от жгутиков?

6 Какое строение имеют рибосомы, и какую роль они выполняют в клетке?

Лабораторная работа

Строение немембранных органоидов

Цель: изучение строения и функций органоидов немембранного происхождения.

Ход работы

1 Рассмотреть и зарисовать органоиды немембранного происхождения.

Центриоли были описаны Флемингом в 1875 г. Основу строения *центриолей* составляют расположенные по окружности девять триплетов микротрубочек (по формуле $(9 \cdot 3) + 0$), образующие полый цилиндр (рисунок 20) шириной 0,15 мкм и длиной 0,3-0,5 мкм.

Первая микротрубочка триплета – *А-микротрубочка* (1) имеет диаметр 25 нм и толщину стенки 5 нм, которая состоит из 13 глобулярных субъединиц. Вторая и третья *В-* и *С-микротрубочки* (2 и 3) содержат по 11 субъединиц. Каждый триплет располагается к радиусу цилиндра под углом 40°.

От *А-микротрубочки* отходят «ручки» (4) – нити из белка динеина, одна из которых (внешняя) направлена к *С-микротрубочке* соседнего триплета, а другая (внутренняя) – к центру цилиндра, где находятся *центральная «втулка»* (5) и 9 *спиц* (6), направленных по одной к *А-микротрубочке* каждого из триплетов. Такие структуры внутри центриоли расположены на ее проксимальном конце. На дистальном конце центриоли внутри ее таких структур нет. Объем, занимаемый «втулкой» со спицами, может составлять у разных клеток от $\frac{3}{4}$ до $\frac{1}{5}$ длины центриоли. Снаружи центриоль окружена *аморфным компонентом* (7).

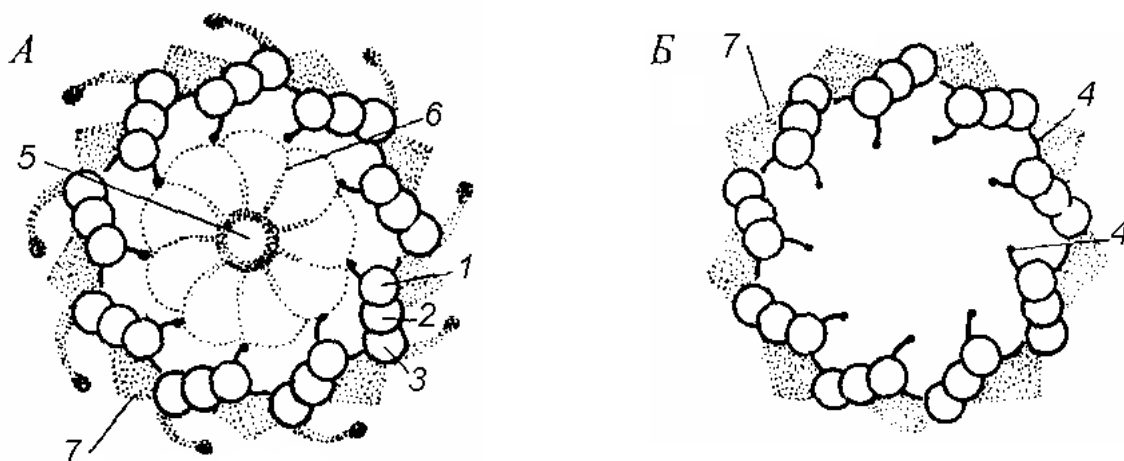


Рисунок 20 – Схема поперечных срезов центриолей (базальных телец) [19]:

А – срез проксимальной части, *Б* – срез дистальной части.

Центриоли дают начало *базальному тельцу*, которое имеет аналогичное строение (рисунок 23).

Центриоли составляют основу *клеточного центра* (рисунок 21): центриоли обычно в паре – *диплосома*, окружены *зоной* более светлой *цитоплазмы*, от которой отходят радиально тонкие фибриллы – *центросфера*.

Диплосома состоит из *материнской* (1) и *дочерней* (2) *центриолей*, расположенных перпендикулярно друг к другу. На материнской центриоли находятся:

- *сателлиты*, состоящие из *ножки* (3), расположенной на стенке центриоли, и *головки* (4), заканчивающейся на этой ножке;
- *фокусы схождения микротрубочек ФСМТ* (5) – плотные мелкие тельца (20–40 нм), к которым подходят одна или несколько микротрубочек (6).

Таким образом, дополнительные микротрубочки (6), образующие *центросферу*, не отходят непосредственно от микротрубочек центриолей, а связаны или с *сателлитами* или с *ФСМТ*.

Центриоли характерны и обязательны для клеток животных, их нет у высших растений, у низших грибов и некоторых простейших.

Центриоли (диплосомы) (1) в делящихся клетках принимают участие в формировании *веретена деления* (рисунок 22) и располагаются на его полюсах.

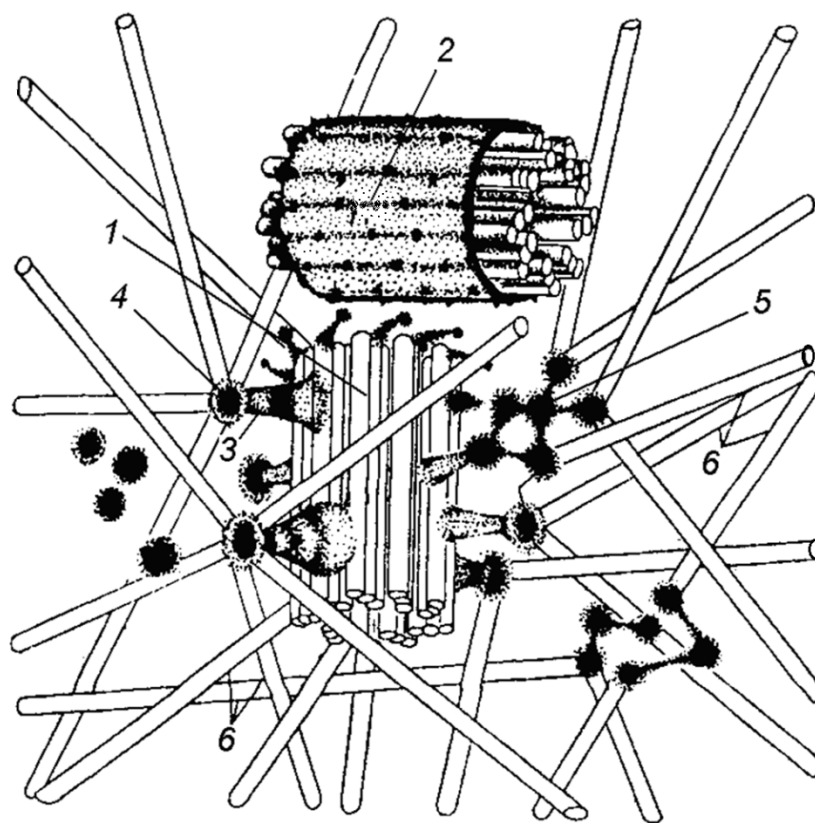


Рисунок 21 – Схема строения клеточного центра [19]

От них отходят к полюсам *микротрубочки центросферы* (2), а между центриолями проходят:

- *хромосомные волокна* (3), которые на экваторе клетки соединяются с *хромосомами* (5);
- *межхромосомные волокна* (4), идущие от одной диплосомы к другой.

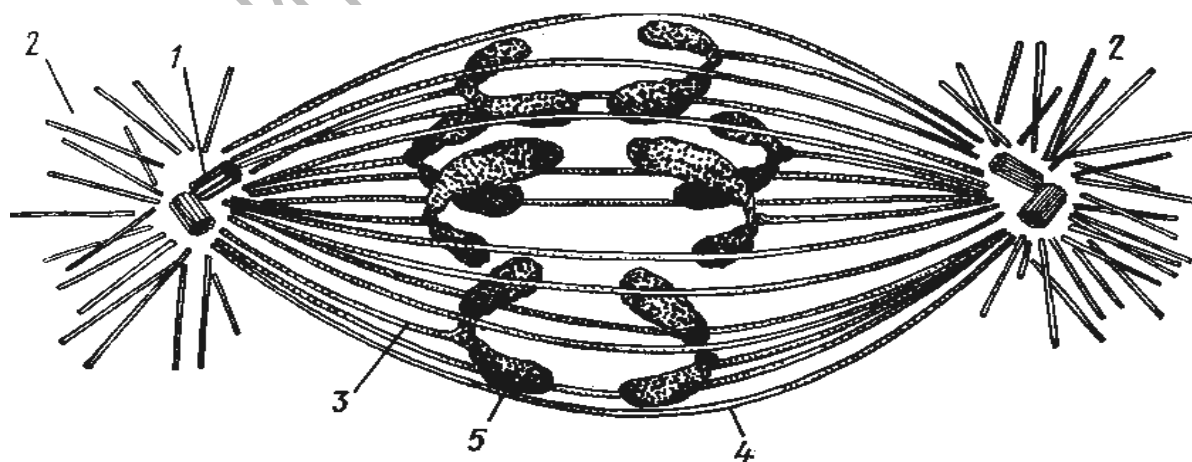


Рисунок 22 – Строение веретена деления клетки животного (анафаза) [19]

Реснички и жгутики у эукариот представляют собой вырост цитоплазмы, покрытый плазмалеммой, диаметром 200 нм, но разной длины от 0,2 мкм, до 15–20 мкм. Принципиальных различий между ними нет (рисунок 23 А, Б).

Реснички и жгутики покрыты *плазмалеммой* (1). Срединная составляющая – *аксонема* (2) построена из микротрубочек по формуле $(9 \cdot 2) + 2$. Каждый из девяти *периферических дуплетов* (3) состоит из *А-микротрубочки* (4), включающей 13 субъединиц, и *В-микротрубочки* (5), включающей 11 субъединиц.

А-микротрубочка несет *динеиновые ручки* (6), одна из которых может соединяться с В-микротрубочкой соседнего дуплета. От А-микротрубочки к центру аксонемы отходит *спица* (7), которая соединяется с *двумя центральными микротрубочками* (8).

Периферические микротрубочки проходят внутрь клетки и входят в состав стенки *базального тела*, или *кинетосомы*. *Базальное тельце* (рисунок 39 В, Г) и *аксонема* структурно связаны друг с другом и составляют единое целое: А- и В-микротрубочки *триплетов* (9) базального тельца являются А- и В-микротрубочками дуплетов аксонемы, но в каждом триплете появляется еще и *С-микротрубочка* (10). Однако в центре базального тельца нет микротрубочек, но есть *центральная «втулка»* (11), соединенная *спицами* (7) с периферическими *триплетами* (9) микротрубочек. Таким образом, базальное тельце построено по формуле $(9 \cdot 3) + 0$ (по принципу центриолей).

Часто в зоне перехода базального тела в аксонему наблюдают *аморфную поперечную пластинку*, от которой начинаются *центральные микротрубочки* (8) аксонемы.

Новые реснички и жгутики вырастают из базального зерна. Возможно превращение центриолей в базальные тельца: перед образованием новых ресничек одна или несколько центриолей смещаются к поверхности клетки и от них реснички начинают свой рост.

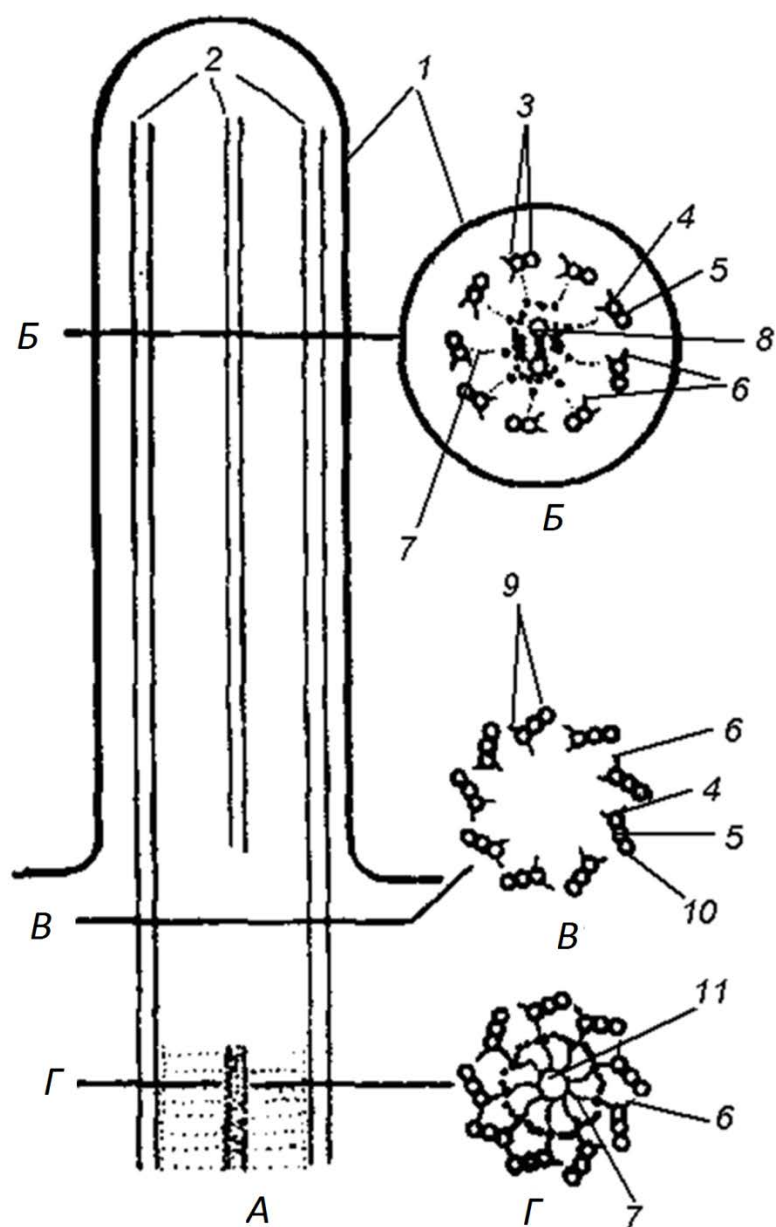


Рисунок 23 – Общее строение реснички (жгутика) и базального тельца [19]:

А – продольный разрез; *Б* – поперечный срез реснички;

Б', Г – поперечные срезы базального тельца

Тема 6

Ядро

- 1 Ядерная оболочка
- 2 Кариоплазма, состав, биологическая роль
- 3 Хроматин, строение, функции
- 4 Ядрышко

Основные понятия по теме

Ядро – обязательная составная часть эукариотической клетки. Термин «ядро» ввел **Броун** в 1833 г. Форма и размеры ядер различных клеток изменчивы и зависят от вида организма, а также от возраста и функционального состояния клетки. Ядро может быть шаровидным, веретеновидным, лентовидным, многолопастным. Размеры ядра варьируют от 5 до 20 мкм. Как правило, в клетке содержится одно ядро, но встречаются и многоядерные (поперечно-полосатое мышечное волокно, кардиомиоциты).

Путем реализации заключенных в генах признаков вида или наследственной информации ядро управляет белковым синтезом, физиологическими и морфологическими процессами в клетке.

Основные составляющие ядра (рисунок 24): *ядерная оболочка, ядерный сок, хроматин, ядрышко*. Работа всех компонентов направлена на выполнение генетической функции хромосомного материала – репликацию ДНК и синтез РНК.

У прокариот ядерный материал представляет собой кольцевую молекулу ДНК, лишенную белков и не отделенную от цитоплазмы. Ее называют бактериальной хромосомой или генофором (носителем генов). Зона, в которой находится ДНК, носит название *нуклеоид*.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие функции выполняет каждая из составных частей ядра?
- 2 В чем заключается роль ядрышка?
- 3 Как устроен комплекс ядерных пор?
- 4 Где локализованы и в чем функциональное отличие эухроматина и гетерохроматина?
- 5 Какие уровни компактизации генетического материала вы знаете?
- 6 Какую ультраструктуру и морфологию имеют хромосомы?

Лабораторная работа

Строение ядра и его составных частей

Цель: изучение строения ядра и его составных частей.

Материалы и оборудование:

- схематичное изображение ядра и его отдельных составных частей.

Ход работы

1 Рассмотреть и зарисовать схемы строения ядра и его составных частей.

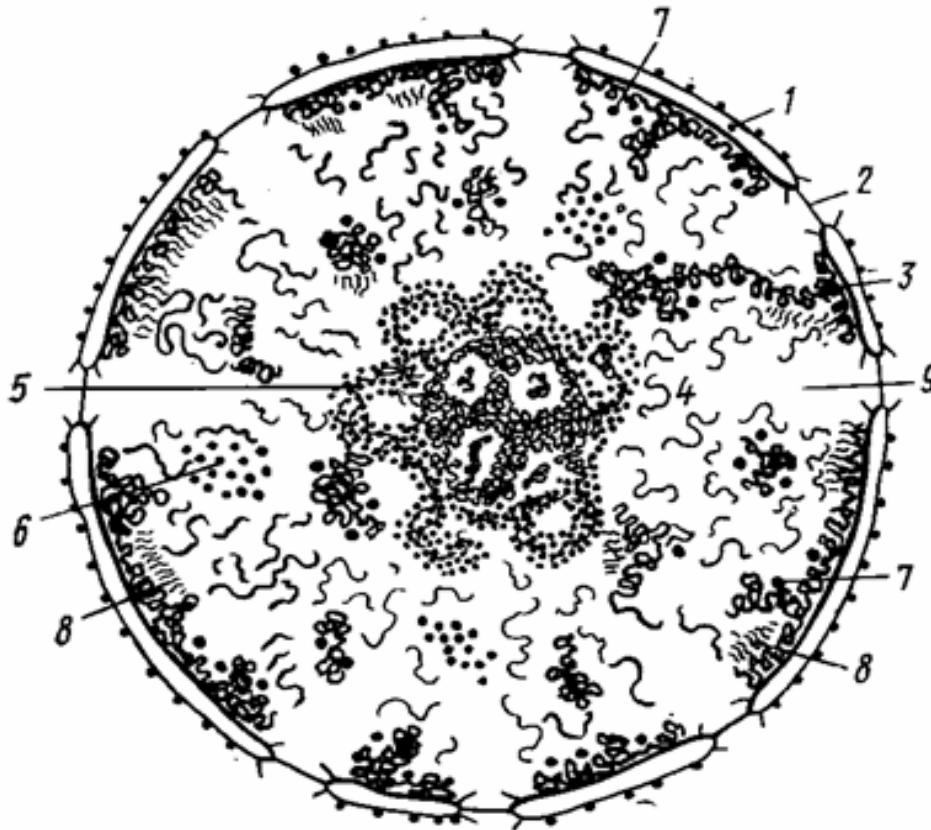


Рисунок 24 – Схема строения клеточного ядра [19]:

- 1 – ядерная оболочка, 2 – ядерная пора, 3 – конденсированный хроматин (гетерохроматин), 4 – диффузный хроматин (эухроматин), 5 – ядрышко, 6 – интерхроматиновые гранулы (РНП), 7 – перихроматиновые гранулы (РНП), 8 – перихроматиновые фибриллы (РНП), 9 – кариоплазма.

Ядерная оболочка – отделяет ядро от цитоплазмы; состоит из двух мембран. Наружная мембрана переходит непосредственно в мембраны ЭПР, может быть усеяна рибосомами. Внутренняя мембрана контактирует с хроматином.

Ядерная оболочка пронизана ядерными порами диаметром 50–100 нм (рисунок 25).

Поры представляют собой результат слияния *наружной* (2) и *внутренней мембран* (3), между которыми находится *перинуклеарное*

пространство (1). Сложный комплекс пор имеет октагональную симметрию. По границе округлого отверстия в ядерной оболочке располагаются три ряда *периферических гранул* (4) диаметром около 25 нм, по 8 штук в каждом: один ряд – со стороны ядра, другой – со стороны цитоплазмы, третий – в центральной части поры. От каждой гранулы отходят *фибриллярные отростки* (6), которые могут сходиться в центре и создавать как бы перегородку, *диафрагму* (7) поперек поры. В центре отверстия поры часто имеется *центральная гранула* (5).

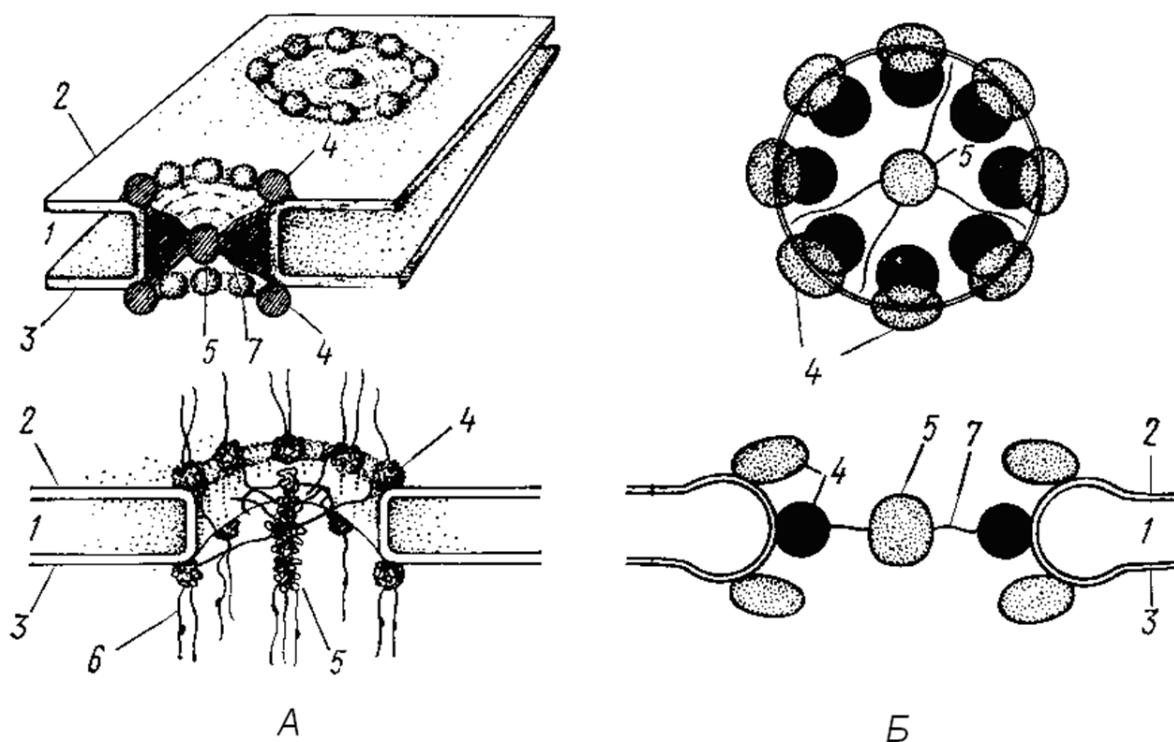


Рисунок 25 – Тонкая организация ядерной поры [19]

Ядрышко – постоянная часть интерфазного ядра. Размеры его сильно варьируют и зависят от функционального состояния клетки.

Ядрышко (рисунок 25) – это совокупность участков 10 хромосом (13, 14, 15, 21 и 22 пары), которые называются *ядрышковыми организаторами*. В ядрышках с ДНК происходит считка информации в виде рРНК. Составные части ядрышка:

- в центре *фибриллярная зона* (1) – участки ДНК для считки информации;
- по периферии *гранулярная зона* (2), состоящая из гранул 15–20 нм в диаметре (образующиеся субъединицы рибосом); между гранулами видны рыхло упакованные *фибриллы хроматина* (3).

Ядрышко – это непостоянная структура; оно исчезает в начале митоза и снова образуется в конце телофазы.

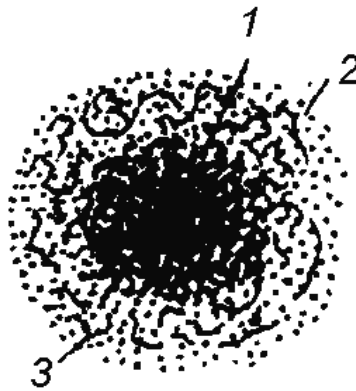


Рисунок 25 – Схема строения ядрышка [19]

Хроматин представляет собой комплекс ДНК с белком. В интерфазных клетках хроматин может равномерно заполнять объем ядра или располагаться отдельными сгустками (рисунок 24). Различают:

1) *эухроматин* – полностью деконденсирован, с него идет считка информации в виде молекул иРНК;

2) *гетерохроматин* – частично конденсирован:

- *конститутивный* – никогда полностью не деконденсируется и с него никогда не транскрибируется иРНК;
- *факультативный* – его количество варьирует, т.к. он может деконденсироваться и переходить в эухроматин.

В хроматине выявляются фибриллы ДНП (дезоксинуклеопротнида). *Белки-гистоны* расположены по длине молекулы ДНК (4) не равномерно (рисунок 26), а в виде групп (имеют вид нанизанных на нитку бусин). *Нуклеосома* (3) («бусинка») – включает 200 нуклеотидных пар, связанных с 9 молекулами белков-гистонов. 8 молекул *белков*: по две молекулы *гистонов* H_{2a} , H_{2b} , H_3 , H_4 (2) образуют *сердцевину (октомер)*, вокруг которой 140 пар нуклеотидов образуют 2 или 1,75 витка; 60 нуклеотидных пар *нити ДНК* (4) образуют межнуклеосомный участок – *линкер*. 1 молекула *белка-гистона* H_1 (1) связывается с октамером и с линкером, удерживая эти узелки между собой.

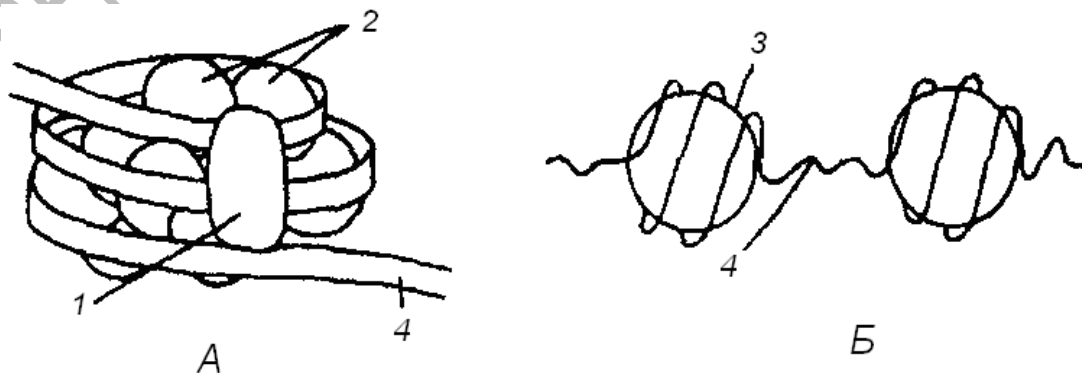


Рисунок 26 – Схематичное изображение нуклеосомы (А) и хроматиновой нити (Б) [19]

Для хроматина в интерфазном ядре характерны два уровня компактизации ДНК: нуклеосома и нуклеомера (рисунок 27). При сближении 8-10 нуклеосом с помощью негистонных белков образуется «сверхбусинка» – нуклеомер (1) диаметром 30 нм.

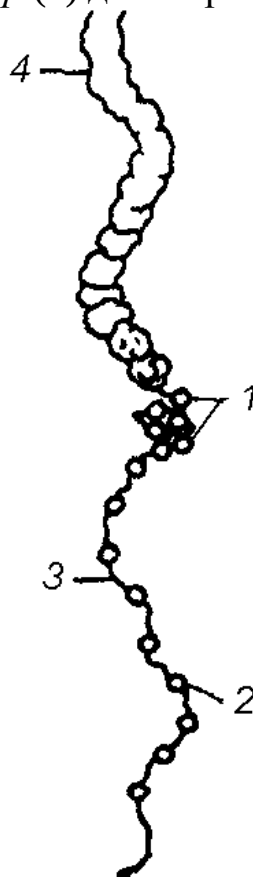


Рисунок 27 – Схема компактизации ДНК в хроматине (нуклеомера) [19]

Нуклеосомы (2) и соединяющие их участки ДНК – линкеры (3) плотно упакованы в виде спирали, образуя фибрилу ДНП с диаметром 25–30 нм (4). Следующие уровни компактизации появляются, когда клетка готовится к делению: *хромомера*, *хромонема* и *хромосома*.

Хромосомы – это палочковидные структуры разной длины, которые *первичной перетяжкой* делятся на два плеча.

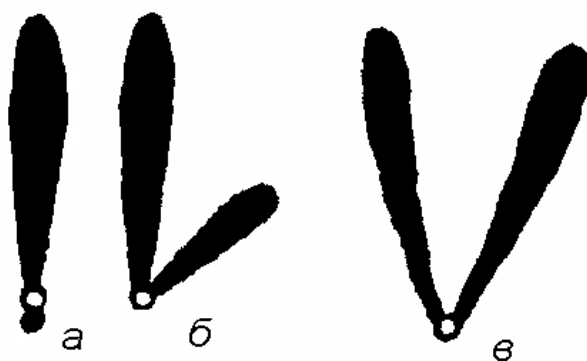


Рисунок 28 – Типы хромосом [18]

В зависимости от положения первичной перетяжки выделяют (рисунок 28):

- *acrocentric* (a) – с очень коротким одним плечом;
- *submetacentric* (б) – неравноплечие;
- *metacentric* (в) – равноплечие.

В области первичной перетяжки (рисунок 29) расположена *центромера* (1), к которой во время митоза подходят микротрубочки клеточного веретена. Некоторые хромосомы имеют *вторичную перетяжку* (2), которая обычно находится вблизи дистального конца хромосомы и отделяет маленький участок, *спутник* (7). В области вторичных перетяжек обычно находятся *ядрышковые организаторы* (8).

Основу хромосомы составляют *хромонемы* (3), расположенные внутри *хромосомного матрикса* (6). В метафазе каждая из двух хроматид хромосомы имеет по две хромонемы – *полухроматиды* (4). Хромонемы имеют по всей длине утолщения – *хромеры* (5), которые придают им вид четок.

Эухроматиновые участки (9) хромосом содержат весь основной комплекс генов. *Гетерохроматиновые участки* (10) содержат большую долю ДНК с повторяющимися последовательностями, которая неактивна, и обычно располагаются в теломерных, центромерных и околядрышковых районах хромосом.

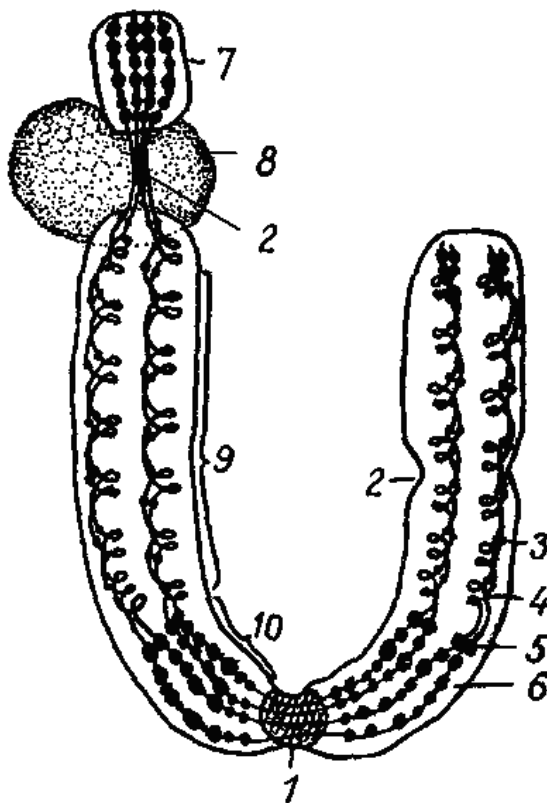


Рисунок 29 – Схема строения метафазной хромосомы [11]

Тема 7

Репродукция клеток

- 1 Бинарное деление
- 2 Клеточный цикл
- 3 Амитоз – прямое деление клетки
- 4 Митоз – не прямое деление клетки
- 5 Мейоз

Основные понятия по теме

Размножение, воспроизведение себе подобного – одно из основных свойств живого. Размножаются одноклеточные организмы, увеличивая размеры своих популяций; размножаются клетки многоклеточных организмов, обеспечивая рост, появление новых типов клеток или заменяя отработавшие, умирающие единицы.

Делению клетки предшествует период точного воспроизведения генетического материала, молекул ДНК, хромосом.

Клеточный цикл (митотический цикл) – это время существования клетки от начала деления клетки до следующего деления (если клетка способна к митозу) или до гибели клетки.

У одноклеточных организмов клеточный цикл совпадает с жизнью особи. У некоторых клеток (нейронов) жизненный цикл равен продолжительности жизни многоклеточного организма.

В среднем клеточный цикл животной клетки составляет 24 часа (приложение В, рисунок В.1, таблица В.1). Митоз длится 1 час, 23 часа продолжается период роста клетки и подготовки ее к делению **интерфаза**, которая включает три периода:

- пресинтетический G_1 – 10 часов;
- синтетический S – 9 часов;
- постсинтетический G_2 – 4 часа.

Прокариотические клетки делятся путем *бинарного деления*, эукариотические клетки – *амитозом* (прямое деление), *митозом* (не прямое деление) и *мейозом* (приложение В, рисунки В.2 и В.3).

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каким образом происходит размножение клеток прокариот?
- 2 Какие виды деления характерны для эукариот?
- 3 В чем заключается биологический смысл амитоза?
- 4 Что общего и в чем различия между митозом и мейозом, а также между митозом и бинарным делением?
- 5 Какие частные случаи митоза вы знаете?

Лабораторная работа

Репродукция прокариотических и эукариотических клеток

Цель: изучение различных способов деления клетки: бинарное деление, митоз, мейоз, амитоз.

Материалы и оборудование:

- световой микроскоп;
- готовые препараты: митоз в корешке лука; митоз в животной клетке; амитоз в клетках мочевого пузыря.

Ход работы

1 Рассмотреть и зарисовать схемы бинарного деления прокариот и мейоза эукариотических клеток.

Прокариотические клетки делятся путем прямого **бинарного деления** (рисунок 30). Молекула ДНК (1) материнской клетки (2) прикрепляется к плазмолемме (3), после чего начинается репликация молекулы ДНК (в точках начала репликации (4), одна из которых одновременно является точкой связывания ДНК с плазмолеммой (5)).

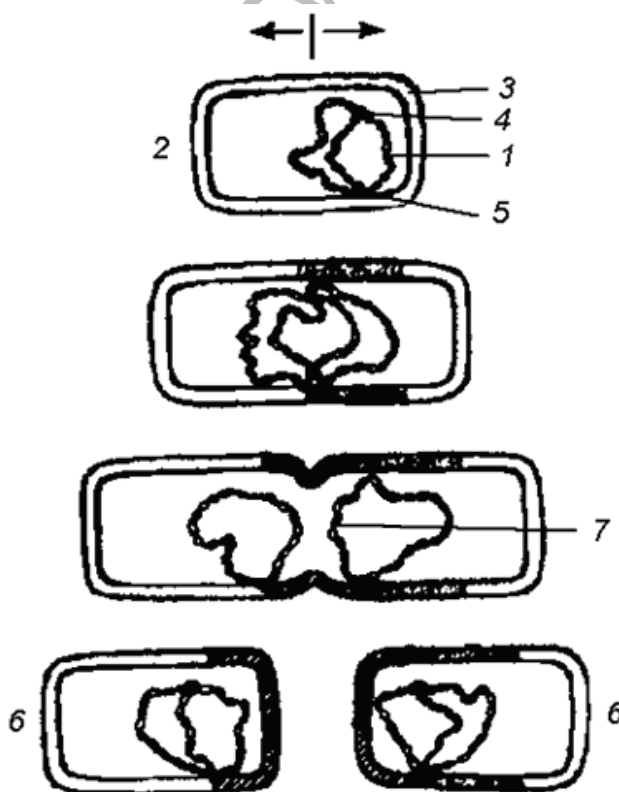


Рисунок 30 – Механизм распределения генетического материала у прокариот во время бинарного деления [19]

После репликации молекулы ДНК остаются связанными с плазматической мембраной, которая начинает расти между точками связывания ДНК и тем самым как бы разносит их в разные участки клетки. При этом происходит точное перемещение двух новых молекул ДНК по дочерним клеткам (6).

Мейоз состоит из двух делений, каждое из которых включает по 4 фазы: профаза, метафаза, анафаза, телофаза. Между делениями нет интерфазы и синтетического периода (рисунок 31).

Мейоз I (редукционное деление) включает (А-З):

1 Профаза I (А-Д) включает пять стадий:

– *лептотена (А)* – формирование хромосом из двух сестринских хроматид (1);

– *зиготена (Б)* – стадия конъюгации гомологичных хромосом (2); происходит формирование *синаптонемального комплекса* – сближение гомологичных хромосом (с образованием бивалентов) посредством срединного тяжа из белкового компонента;

– *пахитена (В)* – стадия кроссинговера – обмен гомологичными участками хромосом в *бивалентах* (3); место перекреста хромосом – *хиазма* (4). После окончания кроссинговера отдельные участки хромосом деконденсируются для считки информации в виде рРНК и иРНК. Внешне хромосомы напоминают ламповые щетки;

– *диplotена (Г)* – конденсация участков хромосом до прежнего состояния, укорочение *бивалентов* (3);

– *диакинез (Д)* – расхождение хромосом относительно друг друга, растворение ядрышка (5) и распад ядерной оболочки (6); формируется *веретено деления* (7).

2 Метафаза I (Е) – по экватору клетки выстраиваются *биваленты* (3) – каждый из двух гомологичных хромосом и четырех сестринских хроматид.

3 Анафаза I (Ж) – к полюсам клетки отходят по одной гомологичной хромосоме (8) бивалента.

4 Телофаза I (З) – формирования ядер, цитотомия.

В конце редукционного деления из материнской клетки (**2n4c**) образовались две дочерние клетки (**1n2c**).

Мейоз II (эквационное деление) идет по принципу митоза (И-М):

1 профаза II (И) – формируются хромосомы из двух сестринских хроматид (1);

2 метафаза II (К) – в области экватора выстраиваются хромосомы (8);

3 анафаза II (Л) – к полюсам клетки расходятся хроматиды (9);

4 телофаза II (М) – формируются ядра, происходит цитотомия.
В конце эквационного деления образуется 4 гаплоидные клетки ($1n1c$).

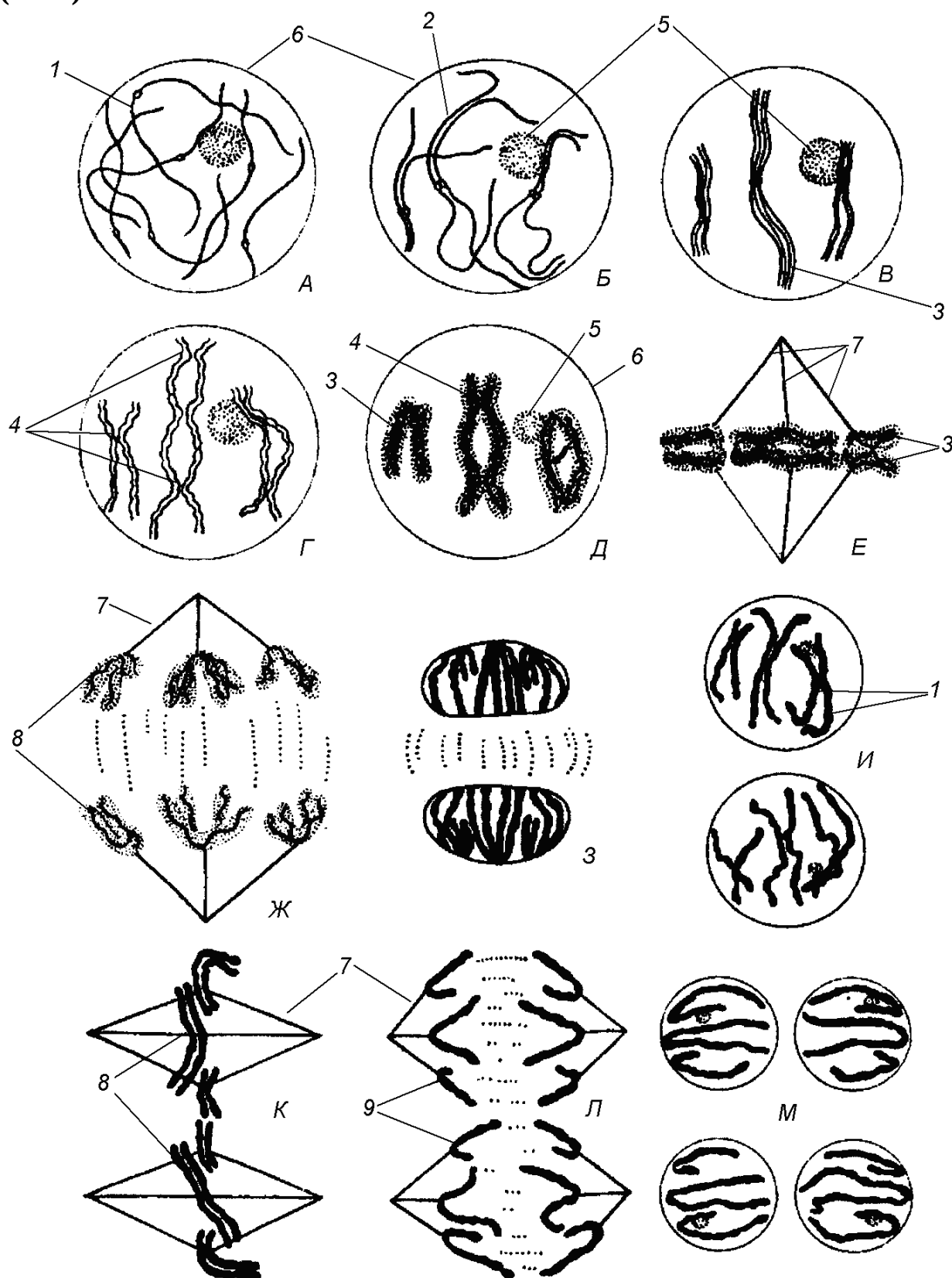


Рисунок 31 – Последовательные стадии мейоза
(поведение ядра клетки) [19]

2 Рассмотреть готовые препараты и зарисовать их.

Препарат 1 Митоз в корешке лука. Продольный срез.

При малом увеличении в кончике корня луковицы лука видны три резко различающиеся зоны. Концевая его часть образована *корневым чехликом*, состоящим из нескольких слоев плоских клеток, которые постепенно сжимаются. За корневым чехликом находится *зона размножения клеток – меристема* (делящаяся ткань), образованная клетками кубической или цилиндрической формы, расположенными продольными рядами. За зоной размножения следует *зона вытянутых* (вдоль оси корня) *клеток*.

На большом увеличении необходимо изучить *зону размножения*, которая представлена молодыми клетками (рисунок 32):

- часть клеток не делится, находясь в стадии *интерфазы* (1): *ядро* (2) имеет округлую форму, обособлено от *цитоплазмы* (3) *ядерной оболочкой* (4), содержит мелкие *глыбки хроматина* (5) и 1–2 *ядрышка* (6);
- большинство клеток находится на различных стадиях митоза.

Надо найти клетки, находящиеся на каждой из стадий **митоза**:

В начале **профазы** (7) в ядре увеличивается количество и величина *глыбок хроматина*. При дальнейшей конденсации хромосомы находятся в ядре в виде плотно закрученных нитей – *стадия плотного клубка* (8). В *конце профазы* (9) растворяется ядрышко и ядерная оболочка, вследствие чего *митотические хромосомы* (10) лежат в цитоплазме; формируется *веретено деления* (11).

В **метафазе** (12) хромосомы перемещаются к центру клетки, располагаясь в экваториальной плоскости таким образом, что центральные отделы хромосом с *центромерой* (13) обращены к центру клетки, а *теломерные концы хромосом* (14) – на периферию.

В *ранней анафазе* (15) клетка несколько удлиняется, *нити веретена деления* (11) натягиваются, вследствие чего хроматиды (16) каждой хромосомы начинают расходиться к полюсам клетки. В *поздней анафазе* (17) расхождение хроматид (которые становятся самостоятельными хромосомами) завершается, и они собираются у полюсов материнской клетки.

В **телофазе** (18) происходит реконструкция дочерних ядер (хромосомы деспирализуются, образуется ядерная оболочка и ядрышки); разрушаются нити веретена, разделяется цитоплазма. Формируется *фрагмопласт* (19), состоящий из нитей, сформированных при участии

микротрубочек и пузырьков Гольджи. Фрагмопласт встречается только у растительных клеток и участвует в образовании клеточной стенки.

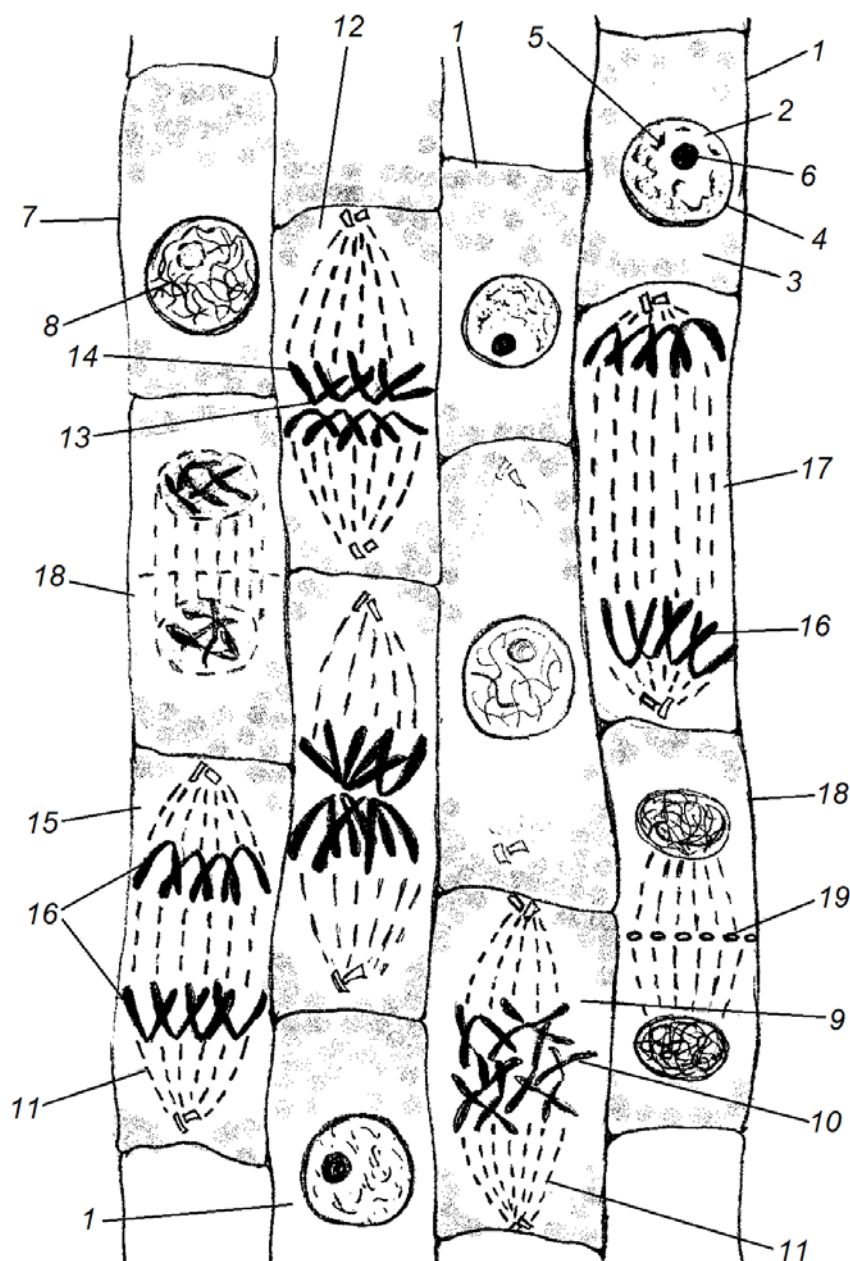


Рисунок 32 – Митоз в растительной клетке (в корешке лука)

Препарат 2 Амитоз в клетках мочевого пузыря

При малом увеличении видны различной величины и формы (от округлой до гантелеобразной) ядра эпителиальных клеток, окрашенные в розовый цвет. Необходимо изучить эти ядра при большом увеличении (рисунок 33). В начале амитоза ядро (1) вытягивается в длину, в средней части образуется *перетяжка* (2), которая быстро истон-

чается и разрывается, вследствие чего *клетка* становится *двухъядерной* (3). В дальнейшем может произойти *цитотомия* (4). Однако, нередко цитотомия задерживается или вообще не наступает, в результате образуются *многоядерные клетки* (5).

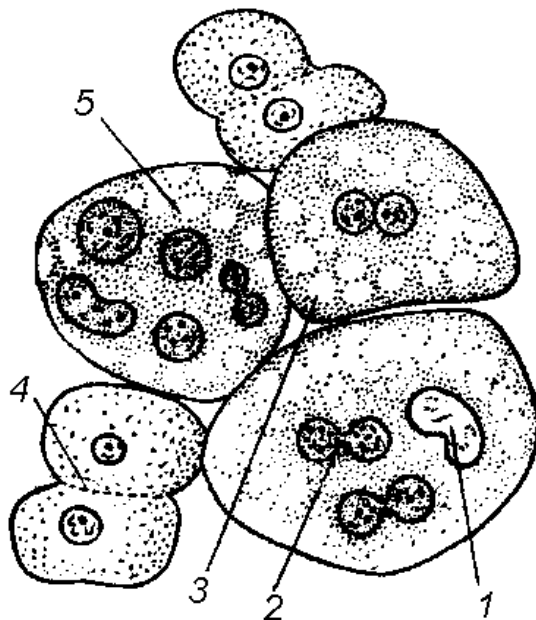


Рисунок 33 – Амитоз в клетках мочевого пузыря [15]

Амитоз встречается в клетках отживающих, обреченных на гибель и дегенерирующих, либо, стоящих в конце своего развития и неспособных дать в дальнейшем жизнеспособные элементы.

Приложение А

Требования к оформлению рисунков в альбоме для лабораторных работ по курсу «Цитология»

Процесс зарисовки учит студента «читать» препарат, понимать своеобразие и общность различных клеток и тканей, глубже осмысливать их морфологические и функциональные особенности.

Для зарисовки препаратов студент должен иметь: альбом для рисования; мягкий простой и набор цветных карандашей (соответствующих цветам деталей препарата); лезвие для чинки карандашей (последние должны быть остро зачищены еще до начала занятий); мягкий ластик.

Рисунки следует выполнять на одной стороне листа, по 1–2 на середине каждой страницы.

Сначала надо обозначить на рисунке основные элементы препарата, а потом вырисовывать детали.

Над рисунком следует указать дату, тему и порядковый номер занятий.

Внизу от рисунка записывают название препарата, вид животного, от которого взят материал. Обозначения необходимо делать цифрами, рядом давать в виде колонки объяснение этим цифрам (рисунок А.1).



1 – стенка канальца; 2 – просвет канальца;
3 – цилиндрические клетки; 4 – ядро; 5 – цитоплазма.

Рисунок А.1 – Пример оформления цитологического рисунка в альбоме для рисования по курсу «Цитология и гистология»

Приложение Б

Клеточный цикл и деление клеток

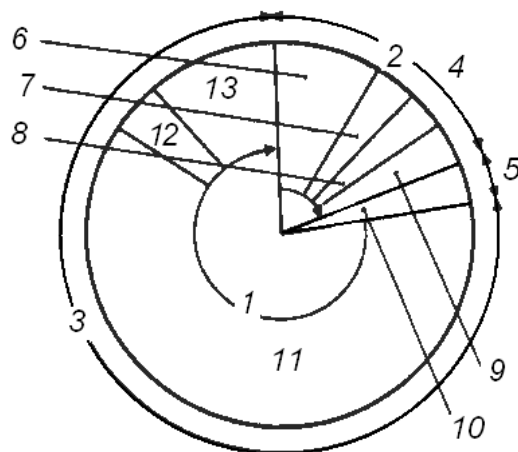


Рисунок В.1 – Клеточный цикл [7]:

1 – интерфаза; 2 – митоз (M); 3 – процессы синтеза; 4 – ядерное деление; 5 – деление цитоплазмы; 6 – профаза; 7 – метафаза; 8 – анафаза; 9 – телофаза; 10 – цитокинез (C); 11 – пресинтетический период (G_1); 12 – синтетический период (S); 13 – постсинтетический период (G_2).

Таблица В.1 – Клеточный цикл

Фаза	События, происходящие в клетке
G_1	Интенсивные процессы биосинтеза. Образование митохондрий, хлоропластов (у растений), ЭР, лизосом, АГ, вакуолей, пузырьков. Ядрышко продуцирует рРНК, мРНК и тРНК; образуются рибосомы; клетка синтезирует структурные и функциональные белки. Интенсивный клеточный метаболизм, контролируемый ферментами. Рост клетки.
S	Репликация ДНК. Синтез белковых молекул, называемых гистонами, с которыми связывается каждая нить ДНК. Каждая хромосома превращается в две хроматиды.
G_2	Интенсивные процессы биосинтеза. Деление митохондрий и хлоропластов. Увеличение энергетических запасов. Репликация центриолей (в тех клетках, где они имеются) и начало образования веретена деления.
M	Деление ядра, состоящее из четырех стадий.
C	Равномерное распределение органелл и цитоплазмы между дочерними клетками.

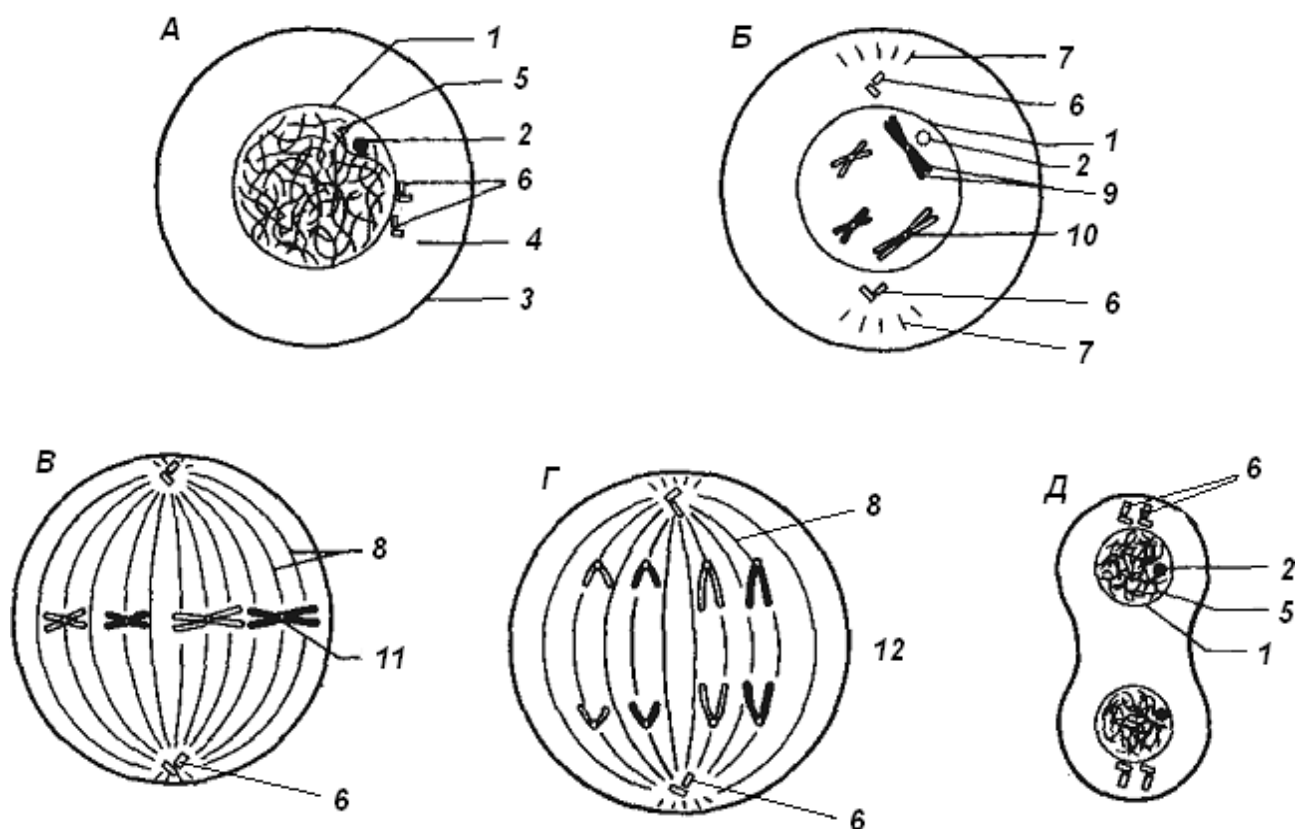


Рисунок В.2 – Последовательность стадий митоза (Б-Д)
в животной клетке [7]:

А – интерфаза; Б – профаза; В – метафаза; Г – анафаза; Д – телофаза;
 1 – ядерная оболочка; 2 – ядрышко; 3 – плазматическая мембрана;
 4 – цитоплазма; 5 – нити хроматина; 6 – centrioles;
 7 – звезда; 8 – нити веретена деления; 9 – пара хроматид;
 10 – центромера; 11 – центромера на экваторе веретена деления;
 12 – дочерние хромосомы растаскиваются к полюсам клетки
 своими центромерами вперед.

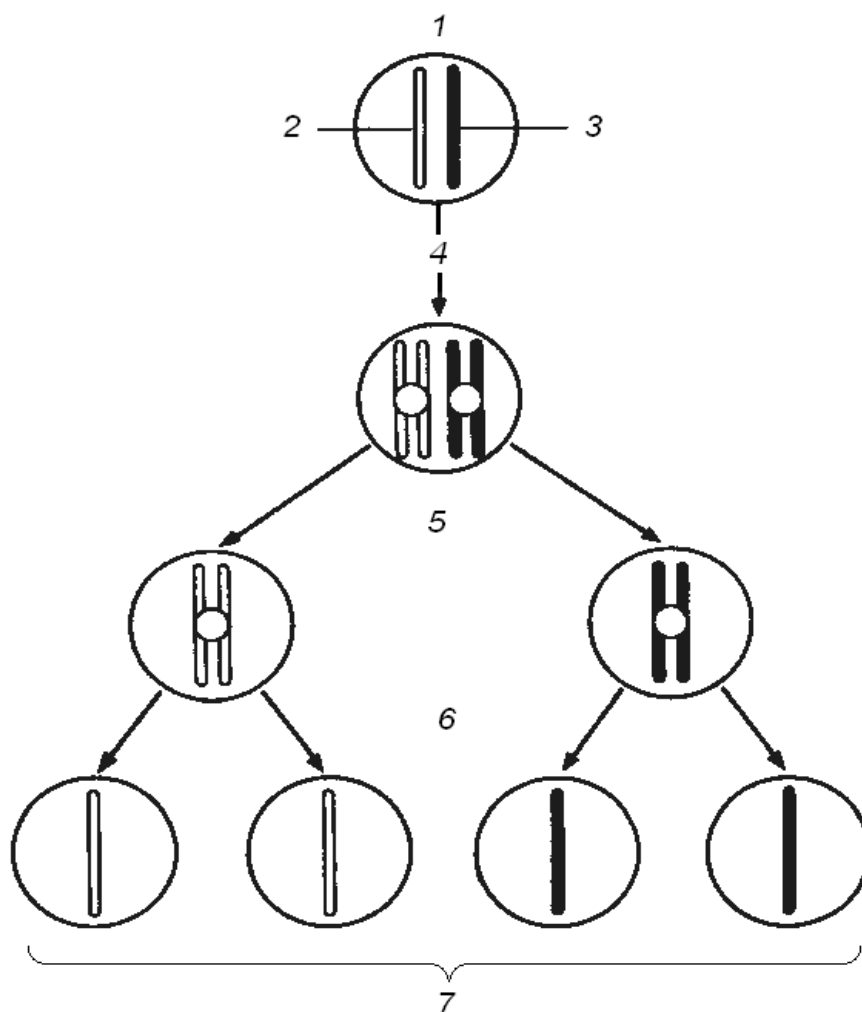


Рисунок В.3 – Схема основных этапов мейоза (дупликация одной хромосомы и два последующие деления мейоза) [7]:

1 – диплоидная ($2n$) родительная клетка (с одной парой гомологичных хромосом); 2 – материнская хромосома; 3 – отцовская хромосома; 4 – каждая хромосома удваивается (синтез ДНК), образуя две пары хроматид; 5 – мейоз I (редукционное деление); 6 – мейоз II (эквационное деление); 7 – гаплоидные гаметы (n).

Литература

1. Гистология, цитология и эмбриология / под ред. Ю. И. Афанасьева, С. Л. Кузнецова, Н. А. Юриной. – М. : Медицина, 2004. – 768 с.
2. Грин, Н. Биология: в 3-х томах. Т.1. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. – М. : Мир, 1993. – 386 с.
3. Заварзин, А. А. Основы общей цитологии: учебное пособие / А. А. Заварзин, А. Д. Харазов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 240 с.
4. Климов, А. А. Гистогенез и регенерация тканей / А. А. Климов. – Л. : Медицина, 1984. – 286 с.
5. Константинов, А. В. Общая цитология. Краткий курс / А. В. Константинов. – Мн. : Вышэйшая школа, 1968. – 312 с.
6. Кузнецов, С. Л. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии / С. Л. Кузнецов, Н. Н. Мушкабаров, В. Л. Горячкина. – М. : МИА, 2002. – 373 с.
7. Кухтина, Ж. М. Руководство к практическим занятиям по цитологии : учебное пособие / Ж. М. Кухтина. – М. : Просвещение, 1971. – 111 с.
8. Малый практикум по цитологии / под ред. Ю. С. Ченцова. – М. : Изд-во МГУ, 1977. – 288 с.
9. Мануилова, Н. А. Гистология с основами эмбриологии / Н. А. Мануилова. – М. : Просвещение, 1973. – 284 с.
10. Новиков, А. И. Руководство к лабораторным занятиям по гистологии с основами эмбриологии : учебное пособие / А. И. Новиков, Е. С. Святенко. – М. : Просвещение, 1984. – 168 с.
11. Цитология : учебник для пед. ин-тов / А. С. Трошин [и др.]; под общ. ред. А. С. Трошина. – М. : Просвещение, 1969. – 304 с.
12. Ченцов, Ю. С. Общая цитология / Ю. С. Ченцов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 344 с.
13. Шубникова, Е. А. Функциональная морфология тканей / Е. А. Шубникова. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 326 с.

Учебное издание

СТРОГАЯ Татьяна Владимировна
ЕВТУХОВА Лариса Александровна

ЦИТОЛОГИЯ

Практическое пособие
для студентов 1 курса заочного факультета специальности
1-31 01 01-02
«Биология (научно-педагогическая деятельность)»

Редактор В.И. Шкредова
Корректор В.В. Калугина

Лицензия № 02330/0549481 от 14.05.09.
Подписано в печать . Формат 60 x 84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Усл.печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ № .

Отпечатано с оригинал-макета на ризографе
учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
Лицензия № 02330/0549481 от 14.05.09.
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104