

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БОТАНИКИ И ГЕНЕТИКИ

## **ЦИТОЛОГИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ  
ПО ЦИТОЛОГИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ «БИОЛОГИЯ»  
(020201, 050102) И «БИОЭКОЛОГИЯ» ( 020803)

Курган 2005

КАФЕДРА БОТАНИКИ И ГЕНЕТИКИ

ДИСЦИПЛИНА « ЦИТОЛОГИЯ»

СПЕЦИАЛЬНОСТИ: 020201, 050102 020803

СОСТАВИТЕЛЬ: д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой ботаники  
и генетики Григорович О.А.

УТВЕРЖДЕНЫ НА ЗАСЕДАНИИ

« 19 » апреля 2005г.

РЕКОМЕНДОВАНЫ МЕТОДИЧЕСКИМ СОВЕТОМ УНИВЕРСИТЕТА

«    »                    2005 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические рекомендации предназначены для студентов специальностей «Биология» и «Биоэкология». Составлены они в соответствии с программой курса «Цитология» на основе опыта преподавания этого курса, а также рекомендаций и руководств других авторов, обозначенных в библиографическом списке.

Методические рекомендации предназначены для самостоятельной работы студентов и включают два раздела: в первом разделе приводится информация для самостоятельной работы студентов на лабораторных занятиях, второй раздел включает задания для самостоятельной домашней работы студентов при подготовке к занятиям.

Для самостоятельной подготовки приводятся задания, имеющие различную степень сложности, и подразделяются на три группы: контрольные вопросы, контрольные задания и контрольные задачи. Контрольные вопросы включают три типа заданий: обычные вопросы по изучаемой теме: задания, проверяющие знание терминологии; задания, требующие ответа на вопрос о правильном или неправильном утверждении. Для выполнения контрольных вопросов требуется обычная трансформация знаний по определенной теме. Контрольные задания включают заполнение таблиц, выполнение схем. Здесь требуется уже не просто анализ, но и сравнение, обобщение на основе анализа нескольких явлений. Ответы на контрольные задачи требуют творческого подхода. Нетрадиционная постановка вопросов в контрольных задачах способствует развитию логического мышления.

## **Раздел 1. Самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях**

### **Тема 1. Методы исследования клетки**

#### **Специальные типы световой микроскопии**

**1. Фазово – контрастная микроскопия** позволяет изучать живые и неокрашенные объекты. Суть этого метода заключается в том, что структуры прозрачных объектов имеют различную толщину и различные показатели преломления, благодаря чему и может быть получено так называемое «фазовое» изображение препарата, которое с помощью фазово-контрастного устройства КФ-4 преобразуется в видимое изображение. Таким образом, появляется возможность хорошо видеть прозрачные объекты.

**2. Темнопольная микроскопия** является дальнейшим развитием метода наблюдения в фазовом контрасте. Для получения изображения используется фазовотемнопольное устройство МФА-2. Используют специальный конденсор, выделяющий контрастирующие структуры неокрашенного материала. Прямые лучи в объектив не попадают, фон получается темный, а яркость достигается за счет рассеянного света. Наблюдаемый объект выглядит как освещенный на темном поле. Темнопольная микроскопия позволяет наблюдать живые объекты, можно вести наблюдение за изменением степени дисперсности коллоидов цитоплазмы. Легко можно установить явление коагуляции. Совершенно по-разному выглядят на темном фоне погибающие и нормальные клетки. Протопласт погибающих клеток ярко светится, в то время как у нормальных он светится слабо, за исключением оболочки. Метод темного поля был разработан австрийским ученым Р.Зигмонди.

**3. Интерференционная микроскопия** применяется для получения контрастного изображения неокрашенных объектов. В интерференционном микроскопе свет сначала делится на два пучка. Каждый пучок света после разделения имеет свой путь. Один из них проходит через объект, а другой - мимо него. Луч, проходя через объект, испытывает фазовый сдвиг, который можно измерить. В интерференционном микроскопе живая клетка может иметь вид окрашенного препарата вследствие того, что на вторичное изображение объекта накладывается дополнительная световая волна, от взаимодействия с которой получается контрастное или цветное изображение. Так как величина фазового сдвига связана с плотностью структуры, то таким образом можно определить содержание сухого вещества в клеточных структурах.

**4. Флуоресцентная микроскопия (или люминесцентная)** подобно методу фазового контраста флуоресцентная микроскопия дает возможность изучать живую клетку. Флуоресценцией называется свечение объекта, возбуждаемое поглощенной им световой энергией. Возбуждать флуоресценцию можно ультрафиолетовыми, а также синими и фиолетовыми лучами.

Целый ряд структур и веществ, содержащихся в клетках, обладает собственной (или первичной) флуоресценцией. Например, зеленый пигмент хлорофилл, содержащийся в хлоропластах растительных клеток, обладает характерной ярко – красной флуоресценцией. Довольно яркое свечение дают витамины А и В<sub>1</sub>, некоторые пигменты бактериальных клеток; это позволяет распознавать отдельные виды бактерий.

Однако большинство веществ, содержащихся в клетках, не обладает собственной флуоресценцией. Такие вещества начинают светиться, обнаруживая разнообразную окраску, только после предварительной обработки люминесцентными красителями (вторичная флуоресценция). Эти красители носят название флуорохромов. К ним относятся акридин желтый, акридин оранжевый, конго красный, нейтральный красный и др. Флуорохромы обычно применяются в очень слабых концентрациях (например, 1: 10 000, 1: 100 000) и не повреждают живую клетку. Многие из флуорохромов избирательно окрашивают отдельные клеточные структуры и вещества в определенный цвет. Так, акридин оранжевый при определенных условиях окрашивает дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) в зеленый, а рибонуклеиновую кислоту (РНК) в оранжевый цвет. Поэтому вторичная флуоресценция с акридином оранжевым сейчас один из важных методов изучения локализации нуклеиновых кислот в клетках различных организмов.

Кроме того, применение флуорохромов дает возможность получить контрастные, удобные для наблюдения препараты, на которых легко можно найти нужные структуры, распознать клетки бактерий и сосчитать их. Метод флуоресцентной микроскопии позволяет также изучать изменения клеток и отдельных внутриклеточных структур при разных функциональных состояниях, дает возможность различать живые и мертвые клетки.

При использовании в качестве источника флуоресценции синих и фиолетовых лучей света аппарат состоит из обычного биологического микроскопа, низковольтной лампы (для микроскопа) с синим светофильтром, который пропускает лучи, возбуждающие флуоресценцию, и желтого светофильтра, убирающего излишние синие лучи. Применение же ультрафиолетовых лучей как источника флуоресценции требует специального микроскопа с оптикой из кварца, пропускающего ультрафиолетовые лучи.

**5. Поляризационная микроскопия.** В основе метода поляризационной микроскопии лежит способность различных компонентов клеток и тканей к преломлению поляризованного света. Некоторые клеточные структуры, например, нити веретена деления, миофибриллы, реснички мерцательного эпителия и др., характеризуются определенной ориентацией молекул и обладают свойством двойного лучепреломления. Это так называемые анизотропные структуры.

Исследование анизотропных структур производится с помощью поляризационного микроскопа. От обычного биологического микроскопа он отличается тем, что перед конденсором помещается поляризатор, а за препаратом и объектом помещается компенсатор и анализатор, позволяющие детально исследовать двойное лучепреломление в рассматриваемом объекте. При этом в клетках обычно наблюдаются светлые или окрашенные структуры, вид которых зависит от положения препарата по отношению к плоскости поляризации и от величины двойного лучепреломления.

Поляризационный микроскоп дает возможность определить ориентировку частиц в клетках и других структурах, четко видеть структуры с двойным лучепреломлением, а при соответствующей обработке препаратов позволяет наблюдать молекулярную организацию той или иной части клеток.

**6. Метод инфракрасной микроскопии.** Инфракрасные лучи меньше рассеиваются, чем видимые. Непрозрачные объекты, которые трудно или нельзя рассматривать в видимом свете, можно сделать видимыми в инфракрасных лучах при помощи электронно-оптического преобразователя. Это позволяет изучать объекты с хитиновым покровом, гифы и споры грибов, семена растений.

Для работы методом инфракрасной микроскопии к обычному микроскопу необходима инфракрасная насадка НИК, которую устанавливают вместо тубуса. Благодаря электронно-оптическому преобразователю невидимое инфракрасное изображение превращается в видимое.

### **Электронная микроскопия**

По принципу конструкции электронный микроскоп очень сходен с оптическим: в нем есть источник освещения (катод электронной пушки), объектив (объективная линза), окуляр (проекционные линзы), только вместо глаза электроны попадают на люминесцирующий экран или на фотопластинку.

Первый электронный микроскоп сконструировал в 1934г. немецкий ученый Е.Руска (разрешаемое расстояние этого микроскопа равнялось 500А), а уже через пять лет был начат выпуск электронного микроскопа с разрешением 25А. В настоящее время имеются микроскопы с разрешающей способностью 1А (0,1нм).

Принцип действия электронного микроскопа несложен (рис.1) Источником электронов является раскаленная вольфрамовая нить – катод, нагреваемая электрическим током. Пучок электронов направляется к аноду. В аноде имеется отверстие, проходя через которое электроны формируют пучок, идущий вниз по колонке микроскопа, из которого откачен воздух, чтобы не было взаимодействия электронов с молекулами газов. Пучок электронов фокусируется одной или двумя магнитными катушками на объекте. Когда пучок электронов прошел через объект, изображение его увеличивается с помощью следующей магнитной катушки, которая действует как линза объектива, затем пучок электронов проходит через магнитные катушки (окуляры), увеличивающие уже полученное изображение.

Изображение наблюдают на специальном фокусирующем экране или фотографируют.

Изучение клеточных структур на молекулярном уровне при помощи электронного микроскопа проводят на предварительно фиксированных и подготовленных препаратах.

## **ФИКСАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

**Фиксаторы, их состав и использование.** Под фиксацией материала понимают процесс быстрой гибели клеток в специально подобранных растворах ядовитых веществ (реактивов), которые называются фиксаторами. Фиксация прерывает тот или иной процесс в клетке, вызывая необратимые изменения. При этом коллоиды протопласта переходят в нерастворимое состояние.

Известно много фиксаторов, но каждый из них имеет свое назначение. Очень важно выбрать такой фиксатор, который, убивая клетку, не сильно искажает ее прижизненную структуру и отвечает целям исследования. Для цитологических и эмбриологических исследований обычно используют ядерные фиксаторы (фиксатор О.Г.Навашина, Карнуа и др), хорошо фиксирующее ядро. Некоторые фиксаторы хорошо фиксируют митохондрии и пластиды (фиксатор Г.А. Левитского).

В состав ядерных фиксаторов могут входить ледяная уксусная кислота, хромовая кислота, формалин, хлороформ, осмиевая кислота, спирт и др. Обычно фиксатор представляет собой смесь некоторых реактивов, каждый из которых редко используется для фиксации вследствие одностороннего действия. Особенности реактивов, наиболее часто используемых, для фиксации материала, следующие.



Схема электронного микроскопа  
(по Хиггису, Мухи, Мюру, Роберту, Уокеру, 1967)

**Фиксатор С.Г.Навашина (10:4:1)** используется для фиксации корней (не слишком плотных и толстых) и мелких эмбриологических объектов. Продолжительность фиксации - 24 часа в темноте.



Состав фиксатора: хромовая кислота 1%-ная 10 частей; формалин 16%-ный (4 части 40 % продажного); уксусная кислота ледяная – 1 часть. Фиксатор готовят перед употреблением, т.к. он быстро портится. Это водный фиксатор, он действует очень мягко и хорошо сохраняет структуру хромосом.

**Фиксатор Карнуа (6:3:1)** широко используется в цитологической и эмбриологической практике для использования постоянных микротомных и давленных препаратов. Продолжительность фиксации от 2 до 12 часов.

Состав фиксатора: абсолютный этиловый спирт 6 частей; хлороформ – 3 части; уксусная кислота (ледяная) 1 часть.

Это спиртовой фиксатор: он быстро проникает почти в любые объекты, но действует не так мягко, как фиксатор Навашина.

**Уксусный алкоголь или фиксатор Кларка (3:1)**, широко применяется в цитологических и эмбриологических исследованиях. Особенно для изготовления давленных препаратов. Материал выдерживают в фиксаторе от 2 до 12 часов.

Состав фиксатора: абсолютный (100% или 96 % этиловый спирт – 3 части; уксусная кислота ледяная – 1 часть. Действует подобно фиксатору Карнуа.

## **Правила фиксации**

При приготовлении к фиксации и в процессе выполнения ее необходимо соблюдать некоторые общие правила, от которых зависит получение хороших результатов. Важнейшие из этих правил следующие:

1. Подобный фиксатор должен соответствовать цели исследования: выше отмечалось, что для цитоэмбриологических исследований необходимо использовать ядерные фиксаторы, водные или спиртовые в зависимости от объекта.
2. Объем фиксирующей жидкости должен значительно превышать объем материала в 50 –100 раз.
3. Фиксируют только свежие корни и бутоны, стараясь это делать на месте выращивания растений. Чтобы уберечь обнаженные корни от действия лучей солнца, лучше проводить фиксацию в тени.
4. Крупные объекты перед фиксацией разрезают на несколько частей (например, корзинки сложноцветных), удаляя ненужные органы (листья чашелистики и т.д.), мешающие пропитыванию материала. Во время фиксации ножницами отрезают кончики корней длиной 6 –7 мм и сразу помещают в фиксирующую жидкость. Бутоны обычно фиксируют целиком, а колосья предварительно разбивают на колоски. Реже фиксируют целиком.
5. Время фиксации в течение суток определяют в каждом конкретном случае. Корни лучше фиксировать в те часы, когда наблюдается максимум митозов. Эмбриологические объекты для изучения процесса оплодотворения

фиксируют через определенные промежутки времени после нанесения пылицы на рыльце.

**Промывание и обезвоживание.** После водных фиксаторов материал промывают в проточной воде 1-3 часа, чтобы полностью удалить остатки фиксатора. Для этого объект помещают в марлевые мешочки.

Промыв материал в воде, его частично обезвоживают в этиловом спирте. Чтобы избежать сморщивания тканей, обезвоживание ведут постепенно, используя серии растворов спирта возрастающей концентрации. Марлевые мешочки вынимают по одному из стакана с водой и развязывают. Корни или бутоны вместе с этикеткой осторожно, но быстро, чтобы материал не подсох, переносят в пробирки с 20%-м раствором спирта, который затем заменяют 40,60 и 80%-ми его растворами. В каждой из пробирок материал находится по 30 минут. В 80%-м растворе спирта его можно хранить длительное время.

После спиртовых красителей, таких, как фиксатор Карнуа, материал промывают трижды по 1-2 часа в 80%-м растворе спирта до полного исчезновения запаха уксусной кислоты.

## **ТЕМА 2. ПОЛИТЕННЫЕ ХРОМОСОМЫ**

Впервые гигантские хромосомы были обнаружены итальянским цитологом Бальбиани в 1881 г. в слюнных железах личинок комара хирономуса. Затем хромосомы с подобной структурой были обнаружены в ядрах ряда соматических клеток личинок двукрылых – в клетках кишечника, мальпигиевых сосудах, слюнных железах, а также в антиподах зародышевого мешка растений.

Хорошим объектом для изучения морфологии политенных хромосом являются хромосомы из клеток слюнных желез личинок дрозофилы и комара хирономуса.

### **Особенности организации**

Особенности возникновения политенных или гигантских хромосом определяется рядом факторов, приводящих к увеличению их размеров.

1. Соматическая конъюгация, выражающаяся в попарном объединении гомологичных хромосом. Благодаря этому в клетках с политенными хромосомами всегда гаплоидное число хромосом. У дрозофилы и хирономуса 4 вместо 8. Одной из особенностей политенных хромосом дрозофилы является объединение всех центромерных районов в единую систему, называемую хромоцентром. В клетках хирономуса хромоцентр отсутствует и 4 пары хромосом располагаются отдельно.

2 Увеличение размеров политенных хромосом в толщину происходит за счет накопления отдельных хромосомных нитей, в процессе последовательных эндомитотических редупликаций, которые не сопровождаются расхождением хромосомных нитей. Так у дрозофилы в ходе

личиночного развития хромосомы слюнных желез претерпевают 11 актов редупликаций, в результате которых накапливается до 1000 нитей. У хирономуса в 8 раз больше.

Увеличение степени политерии происходит в процессе личиночного развития, поэтому, чем старше личинка, тем толще ее политенные хромосомы, тем больше степень политерии.

3. Политенные хромосомы характеризуются также избыточной длиной, которая для 1-ой или X – хромосомы дрозофилы составляет 400 микрон, что примерно в 250 раз превосходит длину обычной соматической хромосомы. Увеличение этих параметров связано с постоянным пребыванием политенной хромосомы на стадии интерфазы, позволяющей хромосоме активно функционировать на протяжении всего периода личиночного развития.

Строение политенных хромосом представляет большой интерес с точки зрения цитогенетики. Каждая хромосома вдоль длины разбита на множество темных и светлых полос – дисков и междисковых районов, причем каждый участок хромосомы характеризуется четким и строго постоянным рисунком расположения дисков и междисковых пространств. Диски представляют собой систему тесно сконъюгированных хромомерных районов отдельных хромосом. Общее число дисков во всем хромосомном наборе у Д – 5000, что находится в соответствии с количеством генов, изученных у дрозофилы. Позже были обнаружены гены, находящиеся в междисковых пространствах.

Основное цитологическое различие между диском и междисковым пространством заключается, по-видимому, в степени спирализации так междиск представляет собой деспирализованный участок хромосомы.

Морфологическая особенность политенных хромосом, связанная с функцией генов, состоит в структурных изменениях некоторых дисков, приводящих к их утолщению ( пуфы, или кольца Бальбиани).

Особенности строения политенных хромосом легли в основу составления цитологических карт. Цитогенетическая карта представляет собой фотографическое изображение растянутых политенных хромосом, маркированных по длине дисками и междисковыми пространствами. Благодаря строго постоянному наследованию закрепленного рисунка дисков в отдельных районах хромосом, стало возможным провести их систематизацию, закрепив за каждым диском порядковый номер и буквенный разряд. Все политенные хромосомы длиной 1180 микрон поделены на 102 участка, обозначаемых арабскими цифрами, а каждый участок в свою очередь поделен на более мелкие части, обозначаемые буквами.

### **Строение слюнных желез личинки дрозофилы**

Слюнные железы личинки дрозофилы – парные образования, расположенные в переднем отделе тела по обе стороны от трахейной трубки

под вторым и третьим сегментами. Крупные, прозрачные, студневидные образования.

Выделения слюнных желез проводят под бинокулярной лупой. Личинку помещают на предметное стекло, придерживают пинцетом и острой бритвой отрезают первые два сегмента головного конца. При этом слюнные железы выходят из тела личинки вместе с гемолимфой.

#### **Политенные хромосомы слюнных желез личинки дрозофилы**

При малом увеличении микроскопа в центре клетки виден ярко окрашенный узел – хромоцентр. В нем соединяются центромеры всех хромосом. От хромоцентра отходят в виде лент хромосомы. Их всего 6, хотя число хромосом в соматических клетках дрозофилы – 8. Такая картина объясняется тем, что пары гомологичных слюнных желез дрозофилы конъюгируют. Следовательно, вместо восьми можно ожидать только 4 гигантские хромосомы, но так как вторая и третья хромосомы у дрозофилы очень длинные – метацентрические, то от центра отходят по два плеча второй и третьей хромосомы. Четвертая хромосома маленькая, она образует малую, едва выступающую из хромоцентра ленту. Итак, получается всего шесть лент, пять длинных и одна короткая.

#### **Выполнение работы**

1. Личинку помещают на предметное стекло в каплю физиологического раствора. Предметное стекло вместе с объектом устанавливают на столик бинокулярной лупы.

2. Берут в каждую лупу по препаровальной игле. Иглой, находящейся в левой руке, сильно прижимают ротовую часть личинки (ротовая часть имеет черное хитиновое образование). Второй иглой, находящейся в правой руке, давят плашмя на середину тела дрозофилы и оттягивают задний конец личинки. После разделения тела личинки на две части нужно отыскать железы, состоящие из прозрачных клеток, внутри которых находятся крупные ядра.

3. Убирают со стекла лишние ткани, отделяют жировое тело. Красят ацетоорсеином, через пятнадцать минут закрывают покровным стеклом.

4. Фильтровальной бумагой отсасывают избыток красителя, легким надавливанием препаровальной иглы равномерно распластывают материал по стеклу.

5. Рассматривают при большом увеличении микроскопа, зарисовывают.

## **ТЕМА 3. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ**

### **Методика приготовления временных давленных препаратов для изучения митоза**

1. Проращивание семян пшеницы. Семена пшеницы кладут в шахматном порядке на фильтровальную бумагу, бороздкой вниз. Помещают во влажную камеру ( $t=20-22^{\circ}$ ), закрывают крышками. На фильтровальной бумаге вода должна кольцом окружать семя. Проращивать до длины корешков 1-2 см. Для блокировки митотического аппарата клетки проростки помещают в раствор колхицина, либо чашку Петри с проростками помещают в холодильник на лед сроком на сутки.

2. Фиксация. Для фиксации используют фиксатор Кларка: этиловый спирт: уксусная кислота (3:1). Перед фиксацией обильно полить и поставить на 30 минут. Фиксатор должен находиться непосредственно у объекта. Отрезать корешок длиной 1 см и сразу погружать в фиксатор. Фиксация должна проводиться не более 24 часов, но не менее 1 часа. Если материал подвергнулся колхицированию, то перед фиксированием его следует промыть в дистиллированной воде.

3. Промывка. Промывают в 80% растворе спирта. Корешки заливают спиртом на 1 час, после этого спирт сливают и снова заливают новым раствором спирта. В спирте корешки могут храниться 3-4 дня, в холодильнике до 10 дней.

4. Окрашивание. Красители: ацетолакмоид, ацетокармин, ацетоорсеин. Сливают спирт, и корешки заливают красителем. Время окрашивания зависит от используемого красителя.

5. Приготовление препарата. Корешки поместить на предметное стекло, отрезать 0,5 см от кончика. Добавить каплю 45% раствора уксусной кислоты, накрыть покровным стеклом и раздавить. Рассмотреть при малом и большом увеличении.

6. Приготовление красителя. Приготовление ацетолакмоида. 4 г лакмоида растворяют в 45 мл ледяной уксусной кислоты и 55 мл дистиллированной воды. Растворение ведут в колбе с обратным холодильником на водяной бане с подогревом в течение 30-60 минут. После остывания темно-красный раствор красителя фильтруют и помещают в посуду с притертой крышкой.

### **Методика приготовления давленных препаратов из бутонов растений**

1. Освободить бутоны от чашелистиков, извлечь пыльники и поместить их на предметное стекло в краситель.

2. Препаровальными иглами разделить пыльник на мелкие кусочки.

3. Красить в течение 15 минут, постоянно протыкая препаровальными иглами кусочки пыльников.

4. Закрывать пыльники покровным стеклом и, положив сверху полоску фильтровальной бумаги, раздавить. При этом необходимо левой рукой придерживать стекло через фильтровальную бумагу, а правой, осторожно постукивая обратным концом препаровальной иглы, распределить содержимое в монослой.

5. Рассмотреть препарат под микроскопом, зарисовать фазы мейоза.

## Раздел 2. Задания для домашней самостоятельной работы

### Тема 1. Цитоплазматическая мембрана

#### *Контрольные вопросы*

1. Какое строение имеет цитоплазматическая мембрана? Одинакова ли ультраструктура плазматической мембраны у всех животных клеток?
2. Имеется ли разница в ультраструктуре плазматической мембраны растительной и животной клеток?
3. Описать липиды, входящие в состав плазматической мембраны.
4. Существуют ли клетки, лишённые плазматической мембраны?
5. С какими специализированными структурами плазматической мембраны связан процесс пристеночного пищеварения, имеющий место в тонком отделе кишечника?
6. В результате какого вида транспорта в клетку поступают вода, аминокислоты, глюкоза?
7. Какое строение имеет надмембранная структура растительной клетки?
8. Какое строение имеет надмембранная структура бактериальной клетки?
9. Какое строение имеет надмембранная структура животной клетки?
10. Почему вещества, содержащиеся в клетке в более высокой концентрации, чем в окружающей среде, не покидают клетку?
11. Выскажите ваши предположения о том, какие могут быть изменения в структуре мембраны при нарушении проницаемости веществ в клетку.
12. В чём заключается разница между экзоцитозом и эндоцитозом?
13. Что такое активный транспорт веществ?
14. Объясните механизмы реализации функций плазматической мембраны:
  - а) поддерживает постоянство внутриклеточной среды;
  - б) воспринимает действие внешних раздражителей как сигналов старта специфических процессов в клетке.

*Заполните пропуски в следующих утверждениях*

А. Молекулы липидов в биологических мембранах образуют непрерывный двойной слой толщиной 5 нм, называемый \_\_\_\_\_.

Б. В мембранах клеток присутствуют три основных типа липидов, а именно \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

В. Все мембранные липиды - \_\_\_\_\_, поскольку один конец их молекул гидрофильный, а другой – гидрофобный.

Г. Гидрофильный конец молекулы фосфолипида состоит из \_\_\_\_\_ головки, а гидрофобная часть состоит из двух \_\_\_\_\_ хвостов.

Д. Искусственные бислои, содержащие определенные липиды или смесь разных липидов, можно получить либо в форме сферических везикул, называемых \_\_\_\_\_, либо в форме плоских бислоев называемых \_\_\_\_\_ мембранами.

Е. Липиды, содержащие олигосахариды и называемые \_\_\_\_\_, присутствуют только в наружной половине бислоя. Их углеводные группы экспонированы на поверхности клетки.

Ж. Гликолипид \_\_\_\_\_ - основной нейтральный гликолипид многослойной мембранной оболочки, окружающей аксон нервной клетки, (\_\_\_\_\_ оболочка) – может играть важную роль во взаимодействии аксона с клеткой, влияя на обертывание мембраны вокруг аксона.

З. Гликолипиды, имеющие в своем составе сиаловую кислоту, называются \_\_\_\_\_. Один из таких гликолипидов - \_\_\_\_\_, связывающий холерный токсин.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие – нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Липидный бислой – основной структурный компонент всех клеточных мембран.

Б. Для сохранения липидного бислоя в плазматической мембране необходимо действие специальных ферментов и гидролиз АТФ.

В. Температура, при которой мембрана эукариотических клеток «замерзает», прямо зависит от количества содержащегося в мембране холестерина.

Г. Изменения формы мембран, обусловленные значительным сжатием или растяжением обеих сторон липидного бислоя, возможны благодаря высокому содержанию холестерина, так как холестерин может легко перемещаться из одного монослоя в другой при таких воздействиях.

Д. В живых клетках гликолипиды никогда не выявляются на той поверхности мембраны, которая обращена к цитоплазме.

### **Мембранный транспорт макромолекул и частиц: экзоцитоз и эндоцитоз**

Заполните пропуски в следующих утверждениях.

А. Внутриклеточные везикулы сливаются с плазматической мембраной за счет механизма, известного под названием \_\_\_\_\_.

Б. Клетки поглощают макромолекулы и частицы, окружая их небольшим участком плазматической мембраны, который впячивается внутрь клетки, образуя пузырьки (везикулы); процесс известен как \_\_\_\_\_.

В. Многие из неприятных симптомов, сопровождающих аллергические реакции, возникают из-за действия \_\_\_\_\_, который секретируется \_\_\_\_\_ клетками.

Г. Мелкие везикулы, содержащие внеклеточную жидкость и растворенные в ней вещества, поглощаются в процессе \_\_\_\_\_, тогда как крупные частицы, например, бактерии, поглощаются путем \_\_\_\_\_.

Д. Большая часть содержимого эндоцитозных везикул, не связанного с мембраной, распадается в \_\_\_\_\_ - специализированных компартментах для внутриклеточного переваривания; что касается мембранных компонентов, то некоторые из них могут выйти неизменными из \_\_\_\_\_ и снова встроиться в плазматическую мембрану.

Е. Цикл эндоцитоза начинается в особых участках плазматической мембраны, называемых \_\_\_\_\_, которые у различных культивируемых клеток занимают около 2% поверхности.

Ж. Наиболее изученный белок, обнаруженный в окаймленных везикулах, называется \_\_\_\_\_. Он состоит из трех больших и трех малых полипептидных цепей, образующих как бы трехногую структуру. Эта молекулярная конфигурация называется \_\_\_\_\_.

З. Путем эндоцитоза макромолекулы попадают в \_\_\_\_\_ компартмент, появляясь в \_\_\_\_\_ примерно через минуту и в \_\_\_\_\_ через 5-15 минут.

И. Эпителиальные клетки начинают делиться после того, как небольшой белок \_\_\_\_\_ связывается со специфическими рецепторами в плазматической мембране.

К. У новорожденных детенышей млекопитающих антитела из материнского молока переносятся через кишечный эпителий путем \_\_\_\_\_.

Л. Во время \_\_\_\_\_ остатки клеток и микроорганизмы поглощаются большими эндоцитозными везикулами, именуемыми \_\_\_\_\_; эти везикулы сливаются с лизосомами, образуя \_\_\_\_\_.

М. \_\_\_\_\_, т.е. процесс слипания и объединения липидных бислоев, вероятно, катализируется специализированными белками \_\_\_\_\_.

Укажите, какие из следующих утверждений правильные, какие нет, если утверждение неверно, объясните почему.

А. Вещества, секретируемые клеткой в ответ на внешний сигнал, хранятся в секреторных везикулах (гранулах), вещества, секретируемые конститутивно, не заключаются в везикулы.

Б Цикл эндоцитоза начинается в особых участках плазматической мембраны, называемых окаймленными ямками, в которых клатрин и связанные с ним белки осуществляют инвагинацию мембраны.



В. Кислая реакция среды в лизосомах имеет решающее значение для сортировки материала: некоторые рецепторы претерпевают изменение конформации, освобождаются от лигандов и возвращаются в плазматическую мембрану; другие рецепторы не изменяются при низком рН, сохраняют свои лиганды и разрушаются в лизосоме.

Г. Важное различие между эндоцитозом, опосредуемым рецепторами, и фагоцитозом состоит в том, что первый идет постоянно и независимо от присутствия лигандов в среде, тогда как второй – только в том случае, если клетка сталкивается с чем-то пригодным для питания.

Д. Поскольку фагоцитоз подавляется цитохалазинами, а эндоцитоз, опосредуемый рецепторами, – нет, по-видимому, именно в фагоцитозе, а не опосредуемом рецепторами эндоцитозе участвует актин.

Е. Вирусы гриппа, относящиеся к группе вирусов, имеющих оболочку, проникают в клетки в процессе эндоцитоза, опосредуемого рецепторами, и вследствие низкого рН в эндосоме в оболочке вируса активируется особый гликопротеин, инициирующий слияние мембран.

### **Межклеточные взаимодействия**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Специализированные контакты между клетками можно разбить на три основные группы: \_\_\_\_\_ - контакты, делающие зазоры между клетками непроницаемыми; \_\_\_\_\_ контакты, механически соединяющие клетки и их цитоскелеты друг с другом или с внеклеточным матриксом, и \_\_\_\_\_ контакты, через которые малые молекулы могут проходить из одной клетки в другую.

Б. Актиновые филаменты соседних клеток связаны \_\_\_\_\_ контактами, которые состоят из трансмембранных линкерных белков, удерживающих клетки вместе, и внутриклеточных белков прикрепления, которые соединяют актиновые филаменты с линкерными белками.

В. Эпителиальные клетки соединены структурой, похожей на пояс и называемой \_\_\_\_\_: с его помощью по всей поверхности осуществляется изгибание клеточных пластов в трубки в процессе морфогенеза у животных.

Г. \_\_\_\_\_ - это межклеточные контакты типа заклепок; они служат местами прикрепления промежуточных волокон, помогая клеткам удерживаться вместе.

Д. Самым распространенным типом коммуникационных контактов между клетками является \_\_\_\_\_; он позволяет веществам с молекулярной массой до 1000 Да свободно проходить из клетки в клетку.

Е. Белковые структуры, которые соединяют содержимое соседних клеток водными каналами, называют \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Плотные контакты получили такое название из-за своей способности соединять клетки так плотно, что их нельзя разъединить механическим усилием.

Б. Направленное перекачивание питательных веществ через эпителий было бы невозможным, если бы белки на апикальной и базальной поверхностях были одинаковыми.

В. Щелевыми контактами элементы цитоскелета клеток связаны между собой или внеклеточным матриксом.

### *КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ*

1. Нарисовать схему пассивного транспорта веществ в клетку.
2. Нарисовать схему активного транспорта веществ в клетку.
3. Нарисовать схему эндоцитоза.

### *КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ*

1. Двое студентов оперируют лягушку. Они всё время смачивают обнажённые внутренние органы лягушки солевым раствором и тем не менее через некоторое время эти органы начинают сморщиваться, и лягушка погибает. Заглянув в учебник, студенты обнаруживают, что концентрация солевого раствора взята неверно: 9% вместо необходимых 0,9%:
  - а) объясните, почему во время операции лягушка погибла;
  - б) какой процесс имел здесь место?
  - в) участвовали ли в этом процессе молекулы - переносчики?
2. Почему клетке выгодно иметь в цитоплазме запас белковых субъединиц, из которых ведётся сборка микротрубочек, а не строить эти субъединицы заново всякий раз, когда они бывают нужны для образования митотического веретена или каких-либо других структур?
3. Табачный дым подавляет активность ресничек эпителия, выстилающего верхние дыхательные пути. Почему это способствует усилению так называемого кашля курильщиков и развитию лёгочных заболеваний?
4. За пределами цитоплазматической мембраны находятся ионы, концентрация которых ниже, чем в клетке. Возможно ли их поступление в клетку?
5. При исследовании мазка крови больного в лейкоцитах обнаружены бактерии. Как они туда попали?
6. При экспериментальной работе с клетками в культуре тканей обнаружено, что клетки не изменяются при воздействии на них исследуемого гормона. Как это объяснить?

## ТЕМА 2. ОРГАНЕЛЛЫ КЛЕТКИ

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чём сходство и различие строения и функций гранулярной и гладкой эндоплазматической сети?
2. Какое строение имеют рибосомы?
3. Какое строение имеют и какие функции выполняют разные виды лизосом?
4. Какое строение имеет аппарат Гольджи.
5. Какие функции выполняет аппарат Гольджи?
6. Какое строение имеют митохондрии?
7. Какова ультраструктура грибовидных тел?
8. Почему гликолиз, несмотря на свою низкую эффективность, сохранился у всех ныне существующих организмов?
9. Каковы показатели эффективности клеточного дыхания и гликолиза?
10. Когда гликолиз останавливается на образовании пировиноградной кислоты и когда идёт до образования молочной кислоты?
11. Что произойдёт с энергетическим балансом клетки при разобщении окисления и фосфорилирования?
12. В какой части клетки расположены митохондрии? Чем объясняется локализация митохондрий в клетке?
13. Какие процессы протекают в матриксе митохондрий, какие на кристах?
14. Что общего и какие отличия в строении клеточного центра, ресничек и жгутиков?
15. Какое строение имеют и какие функции выполняют микротельца?
16. Какое строение имеют хлоропласты?
17. Опишите процесс фотосинтеза.
18. Какое строение имеют и какие функции выполняют разные виды пластид?

### Эндоплазматическая сеть (ЭПС)

Заполните пропуски в следующих утверждениях.

А. \_\_\_\_\_, синтезирующие белки, которые сразу же перемещаются в ЭПС, покрывают его поверхность и создают области, называемые \_\_\_\_\_.

Б. Транспортные везикулы, несущие новосинтезированные белки и липиды, отщуровываются от \_\_\_\_\_ для транспорта указанных молекул в аппарат Гольджи.

В. В мышечных клетках имеется специализированная органелла, подобная хорошо развитому гладкому ЭПС, которая называется \_\_\_\_\_; в нём накапливается и секвестрируется  $\text{Ca}^{2+}$ , поступающий из цитозоля.

Г. При разрушении клеток путем гомогенизации, ЭПС распадается на множество мелких замкнутых пузырьков, называемых \_\_\_\_\_.

Д. В \_\_\_\_\_ постулируется, что N – концевая лидерная последовательность служит сигнальным пептидом, который направляет секретируемый белок к мембране ЭПС.

Е. Сигнальный пептид направляется к мембране ЭПС при участии по крайней мере двух компонентов системы узнавания: \_\_\_\_\_, которая связывается с сигнальным пептидом в цитозоле, и \_\_\_\_\_, который расположен в мембране ЭПС.

Ж. Большинство N – концевых сигнальных пептидов отщепляется специфической \_\_\_\_\_, связанной с мембраной ЭПС.

З. Большинство белков, скапливающихся в просвете ЭПС, - это \_\_\_\_\_, которые несут ковалентно связанные сахара.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие – нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. В клетках млекопитающих импорт белков и просвет ЭПС начинается еще до того, как синтез полипептидной цепи полностью завершен, т. е. импорт происходит контрансляционно.

Б. Детоксикация, осуществляемая ферментами семейства цитохрома P450, включает расщепление токсичных соединений или метаболитов на такие мелкие единицы, которые могут выделяться с мочой.

В. Хотя гладкая ЭПС и шероховатая ЭПС непрерывно переходят друг в друга, в шероховатой ЭПС содержатся многие белки, которых нет в гладкой ЭПС.

Г. В момент выхода из рибосомы сигнальный пептид связывается с гидрофобным участком на рибосоме, вызывая остановку трансляции; последняя возобновляется, когда частица, узнающая сигнал, связывает этот сигнальный пептид.

Д. Независимо от топологии белка в мембране N – конец отщепленной сигнальной последовательности никогда не выступает в просвет ЭПС.

### **Аппарат Гольджи**

*Заполните пропуски в следующих утверждения*

А. \_\_\_\_\_, локализованный обычно вблизи клеточного ядра, представляет собой набор уплощенных, ограниченных мембранами цистерн.

Б. Стопка Гольджи имеет две разные стороны: \_\_\_\_\_, которая тесно связана с переходными элементами ЭПС, и \_\_\_\_\_, которая переходит в трубчатый ретикулум, называемый транс – сетью Гольджи.

В. Углеводные цепи, присоединенные к остаткам аспарагина в белках, называются \_\_\_\_\_.

### **Лизосомы**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. \_\_\_\_\_ - это ограниченный мембраной мешок с гидролитическими ферментами, предназначенными для регулируемого внутриклеточного расщепления макромолекул.

Б. Гидролитические ферменты, активные при низком рН, называются \_\_\_\_\_.

В. Компартмент, в который поступают новосинтезированные лизосомные гидролазы и мембранные белки из аппарата Гольджи, называется \_\_\_\_\_.

Г. Деградация отработанных частей клетки может происходить путем \_\_\_\_\_, при которой мембраны, происходящие из ЭПС, замыкаются с образованием особой органеллы, \_\_\_\_\_, сливающейся затем с лизосомой.

Д. Клетки, специализированные для фагоцитоза, могут поглощать микроорганизмы, образуя \_\_\_\_\_, которые после слияния с лизосомой превращаются в \_\_\_\_\_.

Е. Наиболее серьезная из болезней, связанных с нарушением локализации лизосомных ферментов, - это очень редкое заболевание, называемое \_\_\_\_\_, при которой гидролазы полностью находятся вне лизосом.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. В лизосомной мембране действует протонная помпа, использующая энергию гидролиза АТФ для того, чтобы выкачивать из лизосомы протоны и тем самым поддерживать в ее полости низкий рН.

Б. Лизосомы – это разнообразные по форме и размерам органеллы, присутствующие во всех эукариотических клетках, т.е. клетках, обладающих ядром.

В. Материал, поглощенный путем фагоцитоза, сразу попадает в лизосомы, где его компоненты могут разрушаться до небольших молекул.

## **Пероксисомы**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Растения, но не животные, могут превращать жирные кислоты в сахара в результате последовательности реакций, называемой \_\_\_\_\_; пероксисомы, в которых эти реакции протекают, называются также \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Пероксисомы характерны для немногих клеток млекопитающих.

Б. Реакции пероксисомного окисления имеют особое значение в клетках печени и почек, где пероксисомы обезвреживают разнообразные токсичные соединения, попадающие в кровоток.

## Митохондрии

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Внутренняя и наружная мембраны митохондрий разделяют два митохондриальных компартмента: внутреннюю область - \_\_\_\_\_ - и гораздо более узкую \_\_\_\_\_.

Б. \_\_\_\_\_ мембрана митохондрий напоминает сито, проницаемое для любых молекул, в том числе для небольших белков с молекулярной массой менее 10 000 Да.

В. Ферменты \_\_\_\_\_ погружены в \_\_\_\_\_ мембрану митохондрий: они необходимы для процесса окислительного фосфорилирования, в результате которого образуется большая часть АТФ в животных клетках.

Г. Энергия, освобождающаяся при переносе электронов по дыхательной цепи, запасается в форме \_\_\_\_\_ на внутренней митохондриальной мембране.

Д. Поток электронов через внутреннюю мембрану генерирует градиент рН и мембранный потенциал, которые вместе создают \_\_\_\_\_ силу.

Е. \_\_\_\_\_ синтезирует АТФ из АДФ и неорганического фосфата в матриксе митохондрий в реакции, сопряженной с транспортом протонов внутрь митохондрий.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет.*

*Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Энергия, выделяющаяся при транспорте электронов по дыхательной цепи во внутренней мембране митохондрий, используется для перекачивания протонов через мембрану из межмембранного пространства в матрикс.

Б. Количество крист в митохондриях клеток сердечной мышцы в 3 раза больше, чем в митохондриях клеток печени, что, по-видимому отражает большую потребность клеток сердца в АТФ.

В. Наиболее важный вклад цикла Кребса в метаболизм заключается в извлечении высокоэнергетических электронов при окислении двух углеродных атомов ацетильной группы до  $\text{CO}_2$ .

Г. Чтобы обеспечить непрерывное получение энергии за счет окислительного метаболизма, животные клетки хранят «горючее» в форме жирных кислот и глюкозы.

## Хлоропласты и фотосинтез

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Внутренняя мембрана хлоропласта окружает большую центральную область, называемую \_\_\_\_\_, которая представляет собой аналог митохондриального матрикса.

Б. Фотосинтетическая система поглощения света, цепь транспорта электронов и АТФ-синтетаза находится в уплощенных дисковидных мешочках, называемых \_\_\_\_\_.

В. Многочисленные реакции, протекающие при фотосинтезе, могут быть разделены на две большие категории: реакции \_\_\_\_\_ и реакции \_\_\_\_\_.

Г. Фиксация углерода катализируется ферментом \_\_\_\_\_, который считается самым распространенным ферментом на Земле.

Д. Превращение  $\text{CO}_2$  в углеводы происходит в цикле реакций, который называется циклом \_\_\_\_\_.

Е. \_\_\_\_\_ - это крупный полимер глюкозы, который подобно гликогену в животных клетках, служит у растений запасным углеводом.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Для превращения  $\text{CO}_2$  в углеводы требуется непосредственно энергия света, тогда как для образование  $\text{O}_2$  энергия света необходима опосредованно.

Б. По механизму синтеза белка хлоропласты очень сходны с бактериями, но сильно отличаются от митохондрий, у которых механизм синтеза белка сходен с цитоплазматическим.

В. У высших растений многие рибосомные белки хлоропластов закодированы в ядре клетки, но эти ядерные гены имеют явно бактериальное происхождение.

Г. Наличие интронов в генах органелл не должно удивлять, поскольку похожие интроны были обнаружены в сходных генах бактерий, от чьих предков, как принято считать, произошли митохондрии и хлоропласты.

Д. Относительно немногочисленные белки, закодированные в геномах митохондрий и хлоропластов, локализованы в основном на внутренних мембранах этих органелл.

Е. Поскольку в наружной мембране митохондрий имеются очень крупные поры, она не является преградой для белков.

Ж. Как в хлоропластах, так и в митохондриях движущей силой транспорта белков-предшественников через наружную и внутреннюю мембраны служит электрохимический протонный градиент.

### *Контрольные задачи*

1. В результате действия токсичных веществ в клетках почечных канальцев отмечено снижение активности окислительно-восстановительных ферментов. С нарушением каких внутриклеточных структур это связано?
2. В результате действия ионизирующей радиации в некоторых клетках происходит разрушение отдельных органоидов. Каким образом будут утилизироваться клеткой их остатки?

3. В лимфатическом узле, где образуются антитела, выявлены клетки с большим числом свободных рибосом, клетки с многочисленными лизосомами, клетки с сильно развитой гранулярной ЭПС. Число каких клеток резко увеличится в узле в случае повышения в крови иммунных белков-антител?
4. Если обработать хлоропласты каким-нибудь детергентом, способным повысить проницаемость мембран для ионов, то хлоропласты перестают синтезировать АТФ. Объясните причину этого.
5. Сравните фотосинтез и клеточное дыхание. Укажите черты сходства и различия между этими процессами в отношении исходных соединений и конечных продуктов, а также прочих необходимых веществ, потока энергии и т.д.
6. Почему фотосинтезирующее растение нуждается в клеточном дыхании?
7. Амигдалин в своё время усиленно рекомендовали в качестве противоопухолевого средства. Под действием пищеварительных ферментов амигдалин распадается с выделением цианида. Известны случаи, когда больные, принимавшие слишком большие дозы амигдалина, умирали от отравления цианидом. Цианид инактивирует определённые компоненты цепи переноса электронов. Как вы объясните его токсическое действие?

### ТЕМА 3. ЦИТОСКЕЛЕТ

Вопросы семинарского занятия

1. Строение и функции микротрубочек, микрофиламентов и промежуточных филаментов
2. Сократительный аппарат мышечного волокна:
  - 1) структура миозина;
  - 2) структура актина, тропомиозина и тропонина;
  - 3) пространственное расположение миозиновых и актиновых протофибрилл в миофибриллах поперечно-полосатой мышцы;
  - 4) биохимия сократительных белков (АТФ-азная активность миозина, действие  $\text{Ca}^{2+}$  на фибриллы).
3. Механизм мышечного сокращения.
4. Строение ресничек и жгутиков в эукариот.
5. Строение жгутиков у прокариот.
6. Механизм движения ресничек и жгутиков.
7. Амебоидное движение.

#### Микротрубочки цитоплазмы

Заполните пропуски в следующих утверждениях.

А. Алкалоид \_\_\_\_\_ прочно связывается с тубулином, препятствуя его полимеризации.



Б. Минус-концы микротрубочек скрыты в \_\_\_\_\_, который служит центром образования звезды.

В. Микротрубочки в клетках обладают свойством \_\_\_\_\_; оно выражается в том, что индивидуальные микротрубочки все время то равномерно растут, то быстро деполимеризуются.

Г. В функции \_\_\_\_\_ входят стабилизация микротрубочек для предотвращения их распада и обеспечения их взаимодействия с другими компонентами клетки.

Д. Крупный белковый комплекс, называемый \_\_\_\_\_, перемещает везикулы вдоль аксональных микротрубочек в одном направлении – из тела клетки к концу аксона.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Добавленный к растущим в культуре клеткам колхицин за несколько минут блокирует их на стадии митоза.

Б. Таксол стабилизирует микротрубочки.

В. Для полимеризации тубулина требуется ГТФ.

Чтобы обеспечить движение везикул и органелл по аксону нервной клетки в обе стороны, микротрубочки в аксоне также ориентированы в обоих направлениях.

Г. Очищенный кинезин перемещает везикулы по микротрубочкам только в одном направлении.

## **Мышечное сокращение**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. \_\_\_\_\_ - это особая сеть белковых филаментов, которая позволяет клеткам принимать различные формы и совершать координированные и направленные движения.

Б. «Исчерченность» мышечных клеток связана с присутствием в них регулярно повторяющихся элементов, называемых \_\_\_\_\_, каждый из которых содержит ряд светлых и темных полос.

В. Среди цитоскелетных белков преобладает \_\_\_\_\_, который обнаруживается как в виде глобулярных субъединиц, так и в виде филаментов толщиной 8 нм.

Г. Толстые филаменты миофибрилл состоят в основном из белка \_\_\_\_\_.

Д. Актиновые филаменты имеют структурно различающиеся концы, которые называются \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

Е. Два главных вспомогательных белка, участвующие в механизме  $Ca^{2+}$  - регуляции в скелетных мышцах позвоночных – это \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. У бактерий нет цитоскелета.

Б. Мышечное сокращение – это результат скольжения толстых филаментов по тонким без изменения длины филаментов обоих типов.

В. Для полимеризации актина необходим АТФ, но не энергия его гидролиза.

Г. Каждая молекула миозина состоит из четырех полипептидных цепей – двух тяжелых и двух легких.

Д. Мышечное сокращение индуцируется повышением внутриклеточной концентрации ионов  $Ca^{2+}$ , которые выбрасываются в цитозоль при открывании  $Ca^{2+}$  - каналов гладкой эндоплазматической сети.

### **Актиновые филаменты**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Густая сеть актиновых филаментов и связанных с ними белков, находящаяся непосредственно под плазматической мембраной клетки, образует \_\_\_\_\_.

Б. Среди белков, способных разжижать гели актина в присутствии  $Ca^{2+}$ , лучше всего изучен \_\_\_\_\_, который разрезает актиновую цепь и образует «шапочку» на плюс-конце (кэпирует его).

В. Пальцевидные выросты, имеющиеся на поверхности многих клеток, называются \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Миозин в немышечных клетках необходим для сокращения и для создания тока цитоплазмы.

Б. Актиновые филаменты, образующие сердцевину микроворсинки, жестко соединены между собой специальными связывающими актин белками, в том числе фимбрином и фасцином..

В. Цитохалазин нарушает расхождение хромосом в митозе, что указывает на участие в этом процессе актина.

### **Движение ресничек**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. \_\_\_\_\_ - это волосковидные выросты на клеточной поверхности: они образованы микротрубочками и движутся как миниатюрные хлысты.

Б. Сперматозоиды движутся с помощью \_\_\_\_\_ - длинного, тонкого выроста.

В. Сердцевина реснички – это сложная структура, называемая \_\_\_\_\_, которая целиком построена из микротрубочек и ассоциированных с ними белков.

- Г. Микротрубочка состоит из молекул \_\_\_\_\_.
- Д. Белковый комплекс, который отвечает за скольжение периферических дуплетов микротрубочек относительно друг друга (благодаря чему ресничка изгибается), называется \_\_\_\_\_.
- Е. В базальных тельцах находятся \_\_\_\_\_ - небольшие цилиндрические органеллы, состоящие из девяти групп слившихся по три микротрубочек.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

- А. У эукариот реснички и жгутики содержат периферическое кольцо из девяти дуплетов микротрубочек, окружающее две одиночные микротрубочки.
- Б. Движение ресничек катализируется миозином, который образует набор ручек, соединяющих соседние периферические дуплеты в кольцо.
- В. Изгибающее усилие, заставляющее ресничку двигаться, возникает при смещении пары центральных микротрубочек относительно периферического кольца из дуплетов микротрубочек.
- Г. Хотя у центриолей и отсутствует центральная пара микротрубочек, они, по-видимому, служат центрами нуклеации для роста аксонем.

### **Промежуточные филаменты**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

- А. Белки, входящие в состав промежуточных филаментов, разделяются на несколько групп; самая крупная из них – это \_\_\_\_\_, которые у человека присутствуют в 19 различных формах в эпителиальных тканях и еще в 8 – в волосах и ногтях.
- Б. Белок промежуточных филаментов типа II \_\_\_\_\_ широко представлен в клетках мезенхимного происхождения, таких как фибробласты, клетки эндотелия и лейкоциты
- В. Другой белок, входящий в состав промежуточных филаментов типа II - \_\_\_\_\_ - присутствует как в гладких, так и в поперечно-полосатых мышцах..
- Г. Входящие в состав промежуточных филаментов белки типа III организованы в \_\_\_\_\_, которые являются главными элементами цитоскелета в аксонах и дендритах нервных клеток.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

- А. Промежуточные филаменты названы так из-за их толщины – промежуточной между толщиной микрофиламентов и толщиной микротрубочек.

Б. В большинстве клеток встречаются промежуточные филаменты по крайней мере двух типов.

В. Основной структурной единицей в белках промежуточных филаментов является состоящая из двух цепей скрученная спираль, сходная с теми, из которых состоят тропомиозин и миозин.

Г. Белковый состав промежуточных филаментов, являясь своего рода «отпечатками пальцев», может быть очень полезен для выяснения происхождения опухолей.

Организация цитоскелета

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Для эффективного передвижения животных клеток по субстрату вся их плазматическая мембрана должна пребывать в относительно спокойном состоянии, за исключением \_\_\_\_\_, где периодически выдвигаются вперед ламеллоподии и микрошипы.

Б. Когда две передвигающиеся клетки сталкиваются, соприкосновение обычно вызывает их медленную остановку (паралич), это явление называют \_\_\_\_\_.

В. Специализированные эпителиальные клетки, находящиеся в улитке и в преддверии внутреннего уха, называют \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Большинство ферментов цитозоля (если не все) физически связаны с цитоскелетом.

Б. Поляризованное движение клеток осуществляется у одних клеток с помощью микротрубочек, а у других с помощью микрофиламентов.

В. Рост нейритов подавляется колхицином, но не цитохалазином.

Г. Слизевикам миозин необходим для клеточного деления, но не для движения.

## **ТЕМА 4. ЯДЕРНЫЙ АППАРАТ КЛЕТКИ**

*Контрольные вопросы*

1. Перечислите структурные компоненты интерфазного ядра.
2. Каковы функции ядра?
3. Ультраструктура, химический состав и функция структур поверхностного аппарата ядра:
  - а) ядерной оболочки;
  - б) поровых комплексов;
  - в) ядерной ламины.
4. Субмикроскопическая организация ядрышка.

5. Функции ядрышка. Изменение морфологии ядрышка в различные фазы клеточного цикла.
6. Гетерохроматин, структура, локализация, химический состав и функции.
7. Эухроматин, структура, локализация, химический состав и функции.
8. Почему гетерохроматин не может выполнять такие же функции как эухроматин?
9. Какие белки входят в состав хроматина?
10. Химический состав и структура ДНК.
11. Виды РНК. Особенности разных видов РНК.
12. В чём отличие РНК от ДНК?
13. Какое строение имеет нуклеосома.
14. Конденсация (спирализация и упаковка) хроматина при образовании хромосом.
15. Морфология хромосом.

### **ДНК и белки, входящие в состав хромосом**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Каждая молекула ДНК упакована в \_\_\_\_\_, а вся генетическая информация, хранящаяся в хромосомах организма, составляет его \_\_\_\_\_.

Б. Наиболее стабильная структура ДНК – это так называемая \_\_\_\_\_ ДНК, однако необычные последовательности нуклеотидов могут образовывать другие типы спиралей: правозакрученную \_\_\_\_\_ ДНК и левозакрученную \_\_\_\_\_ ДНК.

### **Структура хромосомы**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. На стадии метафазы в процессе митоза две дочерние молекулы ДНК уложены каждая по отдельности в виде двух сестринских \_\_\_\_\_, которые соединены между собой с помощью центромер.

Б. Набор из 46 митотических хромосом человека называется \_\_\_\_\_ человека.

В. Спаренные мейотические хромосомы в растущих ооцитах называют \_\_\_\_\_, так как петли хроматина у них необычно тугие и вытянутые.

Г. Плотное прилегание одна к другой отдельных цепей хроматина в \_\_\_\_\_ приводит к значительному удлинению оси хромосомы и препятствует спутыванию цепей хроматина.

Д. Активно транскрибируемые области на политенных хромосомах деконденсируются и образуют хорошо различимые \_\_\_\_\_.

Е. \_\_\_\_\_ хроматин чрезвычайно чувствителен к действию нуклеазы. По – видимому, нуклеосомы в нем изменены таким образом, что их упаковка становится менее плотной.

Ж. Небольшая фракция ДНК их клеток высших эукариот – это особо конденсированная форма ДНК, называемая \_\_\_\_\_. Эти участки ДНК остаются необычайно компактными в течение интерфазы и не транскрибируются.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие – нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. В хромосомах типа ламповых щеток большая часть хроматина находится в составе активно транскрибируемых петель, а небольшая часть хроматина остается в высококонденсированном состоянии в хромомерах, которые транскрипционно неактивны.

Б. У личинок мух в секреторных клетках некоторых типов все копии гомологичных хромосом, синтезированных за несколько циклов репликации, остаются рядом друг с другом, что приводит к образованию гигантской политенной хромосомы.

В. Изучение хромосомных пуфов показало, что петельный домен, который, как полагают, должен сложиться, чтобы образовался хромосомный диск, в ходе транскрипции может деконденсироваться как отдельная единица.

Г. Данные классической генетики вместе с последними результатами молекулярно – биологических исследований показывают, что каждый диск на политенной хромосоме, вероятно, соответствует одному гену.

### **Синтез РНК и белка**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. \_\_\_\_\_ катализирует синтез РНК-копии на цепи ДНК в ходе процесса, называемого \_\_\_\_\_.

Б. Синтез РНК начинается на \_\_\_\_\_-ДНК и заканчивается на особом участке ДНК, называемом \_\_\_\_\_.

В. \_\_\_\_\_ в молекуле тРНК построен таким образом, что его основания образуют пары с комплементарной последовательностью из трех нуклеотидов, называемой \_\_\_\_\_, в молекуле мРНК.

Г. Ферменты, называемые \_\_\_\_\_, присоединяют каждую аминокислоту к соответствующей молекуле тРНК, образуя молекулу \_\_\_\_\_.

Д. Генетический код называется \_\_\_\_\_, потому что большинство аминокислот представлено более чем одним кодоном.

Е. В \_\_\_\_\_ имеется два участка связывания молекулы тРНК: \_\_\_\_\_, или Р-участок, удерживающий молекулу тРНК, присоединенную к растущему концу полипептидной цепи, и \_\_\_\_\_, или А-участок, предназначенный для удержания молекулы тРНК, нагруженной аминокислотой.

Ж. Образование пептидной связи катализируется \_\_\_\_\_, каталитическая активность которой, как считают, управляется крупной молекулой \_\_\_\_\_, входящей в состав большой субчастицы рибосомы.

3. Во всех клетках первую аминокислоту, с которой начинается любая белковая цепь, доставляет молекула особой \_\_\_\_\_, узнающая кодон АУГ и несущей аминокислоту \_\_\_\_\_.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет.*

*Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Направление движения РНК-полимеразы зависит от связывания с промотором, а выбор матричной цепи – от дополнительных белковых факторов.

Б. В любом месте двойной спирали ДНК только одна цепь ДНК обычно используется как матрица.

В. В клетках бактерий транскрипцию РНК всех классов осуществляет РНК-полимераза одного типа, тогда как в клетках эукариот используется три разных типа полимераз.

Г. Главная функция малой субчастицы рибосомы – связывание мРНК и различных тРНК; большая субчастица рибосомы катализирует образование пептидной связи.

Д. Многие антибиотики, используемые в современной медицине, избирательно подавляют синтез белка только у бактерий благодаря структурным и функциональным различиям между рибосомами прокариот и эукариот.

### **Механизмы репарации ДНК**

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Большая часть спонтанных изменений в ДНК быстро ликвидируется за счет процесса исправления, называемого \_\_\_\_\_; лишь изрядка механизм поддержания постоянства структуры ДНК не срабытывает, и появившееся в последовательности нуклеотидов изменение сохраняется; оно называется \_\_\_\_\_.

Б. Два наиболее распространенных изменения в молекуле ДНК – это \_\_\_\_\_, возникающая в результате разрыва N-гликозидных связей аденина или гуанина с дезоксирибозой, и \_\_\_\_\_ при котором цитозин превращается в урацил.

В. Каждая \_\_\_\_\_ узнает в ДНК измененные основания определенного типа и катализирует их гидролитическое отщепление от сахара дезоксирибозы.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет.*

*Если утверждение неверно, объясните почему.*

А. Поскольку гистоны H<sub>4</sub> фактически идентичны у всех видов, то следует ожидать, что и гены гистонов H<sub>4</sub> у разных видов тоже идентичны.

Б. Оценки частоты мутаций, основанные на различиях в аминокислотном составе между одними и теми же белками у разных видов, всегда будут

заниженными, поскольку некоторые мутации могут существенно затрагивать функцию белка и исключаться из популяции под давлением отбора.

В. Наблюдаемые скорости мутирования, хотя они и очень низки, тем не менее определяют число незаменимых генов: в любом организме оно составляет приблизительно 60000.

Г. Существуют разнообразные механизмы репарации, но все они зависят от наличия двух копий генетического материала, по одной в каждой хромосоме диплоидного организма.

### Механизмы репликации ДНК

*Заполните пропуски в следующих утверждениях.*

А. Фермент, ответственный за синтез ДНК как при репликации, так и при репарации, называется \_\_\_\_\_.

Б. Активный участок хромосомы, участвующий в репликации, представляет собой Y-образную структуру, называемую \_\_\_\_\_.

В. Фермент, который сшивает разрывы в ДНК во время синтеза ДНК или ее репарации, называется \_\_\_\_\_.

Г. Та дочерняя цепь ДНК, которая при репликации синтезируется непрерывно, называется \_\_\_\_\_, та цепь, которая синтезируется с перерывами, \_\_\_\_\_.

Д. Для ДНК-полимеразы в отличие от РНК-полимеразы совершенно необходим свободный 3' –ОН-конец \_\_\_\_\_, спаренный с расплетенной ДНК, чтобы присоединять к нему новые нуклеотиды.

Е. Если ДНК-полимераза ошибочно присоединит неправильный нуклеотид к 3'-концу, ее отдельный каталитически активный домен, обладающий (3'—5')- \_\_\_\_\_ активностью, удалит неподходящее основание.

Ж. Для инициации синтеза ДНК на отстающей цепи нужны короткие праймеры, возникающие благодаря работе фермента \_\_\_\_\_, которая в качестве субстрата использует рибонуклеозидтрифосфаты.

З. Расплетение двойной спирали ДНК в зоне репликативной вилки катализируется \_\_\_\_\_, использующей для направленного движения по ДНК энергию гидролиза АТФ.

И. Способствующие расплетению ДНК \_\_\_\_\_ связываются с одноцепочечной ДНК таким образом, что основания становятся доступными для реакции матричного синтеза.

Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.

А. Полуконсервативная репликация означает, что родительские цепи ДНК служат матрицами для синтеза новых, дочерних, цепей ДНК, так что новые двуцепочечные молекулы ДНК оказываются составленными из одной старой и одной новой цепи.



Б. При считывании в том же направлении (от 5'- к 3'- концу) последовательность нуклеотидов новосинтезированной цепи ДНК получается такой же, как в родительской матричной цепи.

В. Синтез ДНК в направлении от 5'- к 3'-концу на ведущей цепи и в направлении от 3'- к 5'-концу на отстающей цепи.

Г. Белки, связывающиеся с одноцепочечной ДНК в репликативной вилке, держат обе цепи ДНК разделенными, закрывая собой основания и предотвращая тем самым их спаривание друг с другом.

Д. У *E. Coli* репаративная система, исправляющая неправильное спаривание оснований и зависящая от их метилирования, может различать родительскую и дочернюю цепи ДНК, когда одна или обе цепи метилированы, но не может этого делать, если обе цепи не метилированы.

## ТЕМА 5. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ

### *Контрольные вопросы.*

1. Что такое клеточный цикл?
2. Если в клетке хорошо видно веретено деления, а центромеры всех хромосом находятся в одной плоскости, то какая это стадия митоза?
3. Во время ненормального митоза в культуре ткани человека в клетке с 46 хромосомами дочерние хромосомы одной из коротких хромосом ( № 21 ) не разошлись в дочерние ядра, а попали в одно ядро. Это явление называется нерасхождением хромосом. Сколько хромосом стало в ядрах после такого деления?
4. Во время митоза в культуре ткани человека произошла элиминация одной хромосомы. Сколько хромосом будет в двух образующихся?
5. На какой стадии митоза удобно изучать форму и размер хромосом?
6. Если в клетке видны хромосомы, а ядерной оболочки и ядрышка нет, какая это стадия митоза?
7. Что называется кариотипом?
8. Что такое идиограмма хромосом?
9. В чём состоит генетическое значение митоза?

### *Контрольные задания.*

1. Зарисовать стадии клеточного цикла:
  - а) интерфазу;
  - б) профазу и метафазу;
  - в) анафазу и телофазу.

### Фазы клеточного цикла и их причинная взаимосвязь

Заполните пропуски в следующих утверждениях.

- А. Во время \_\_\_\_\_ содержимое ядра конденсируется с образованием видимых в микроскоп хромосом.
- Б. В процессе \_\_\_\_\_ клетка разделяется на две дочерние клетки.
- В. Легкодоступные для наблюдения события митоза и цитокинеза вместе занимают лишь короткий период клеточного цикла, называемый \_\_\_\_\_.
- Г. Интервал между последовательными митозами называется \_\_\_\_\_.
- Д. Период клеточного цикла, предназначенный для синтеза ДНК, называется \_\_\_\_\_.
- Е. Благодаря тому, что клетки во время митоза принимают округлую форму и становятся слабо прикрепленными к культуральной подложке, можно получить синхронную популяцию путем легкого встряхивания флакона и последующего отбора клеток (метод \_\_\_\_\_).
- Ж. Главным центром образования организации микротрубочек в большинстве животных клеток является \_\_\_\_\_ - скопление аморфного материала вокруг пары центриолей.
- З. Первая стадия митоза называется \_\_\_\_\_.
- И. Реплицированные хромосомы прикрепляются к митотическому веретену посредством структур, называемых \_\_\_\_\_.
- К. Распад ядерной оболочки означает конец профазы и начало \_\_\_\_\_.
- Л. В ходе митоза \_\_\_\_\_ начинается с внезапного синхронного разделения всех хромосом на сестринские хроматиды.

*Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.*

- А. Удвоение большинства клеточных компонентов в процессе деления клеток не требует строгого контроля.
- Б. Продолжительность клеточного цикла варьирует в зависимости от типа клеток, причем наибольшие различия относятся к фазе  $G_1$ .
- В. В фазе  $G_1$  клетки претерпевают переходное состояние, называемое точкой старта; оно связано с внутренними изменениями, приводящими к началу синтеза ДНК.
- Г. Если клетка в фазе S сливается с клеткой в ранней фазе  $G_1$ , то в ядре, находящемся в фазе  $G_1$ , немедленно начинается синтез ДНК.
- Д. При слиянии клеток в фазе  $G_2$  с клетками в фазе S в ядрах S-фазных клеток блокируется синтез ДНК. Это явление известно как блокада повторной репликации ДНК.

## Регуляция клеточного деления у млекопитающих организмов

*Заполните пропуски в следующих утверждениях*

А. В конце фазы  $G_1$  цикла деления клеток высших эукариот есть момент, после которого возврат в состояние покоя невозможен; он называется \_\_\_\_\_ . В этой точке клеточного цикла возможна пауза, если условия внешней среды препятствуют его продолжению.

Б. Белки сыворотки крови, которые непосредственно и специфически стимулируют деление клеток, называются \_\_\_\_\_ .

В. Основной фактор в составе сыворотки крови, который делает фибробласты в тканевой культуре способными делиться, - это \_\_\_\_\_ .

Г. Фибробласты, взятые из нормального человеческого плода, совершают около 50 делений, затем прекращают делиться и погибают, это явление обусловлено \_\_\_\_\_ .

Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие - нет. Если утверждение неверно, объясните почему.

А. Время, которое необходимо клетке, чтобы пройти от начала фазы S до завершения митоза – это более или менее постоянный параметр.

Б. При дефиците основных питательных веществ клетки высших эукариот останавливаются в фазу  $G_1$  клеточного цикла в точке, соответствующей точке старта у дрожжей.

В. Утрата контроля за ростом у раковых клеток почти всегда связана с существенным увеличением клеточной адгезивности.

Г. В фазе  $G_1$  клетки растут, а в фазе  $G_0$  нет.

## ТЕМА 6. МЕЙОЗ

*Контрольные вопросы*

1. В чём генетическое значение мейоза?
2. Каковы отличия мейоза от митоза?
3. Если исходная клетка имеет 14 хромосом, то сколько хромосом идёт к каждому полюсу в анафазе редукционного деления? Сколько хроматид идёт к каждому полюсу?
4. Сколько бивалентов образуется в клетке, если  $2n=14$ ; 28?
5. Какую роль играет конъюгация гомологичных хромосом в мейозе?
6. Сколько сортов пыльцы образуется в пылинке, если исходная клетка имела 1 пару хромосом? 4 пары хромосом?
7. Сколько яйцеклеток из одного оогония у человека?
8. Перечислите элементы сходства в процессах оогенеза у животных и мегаспорогенеза у растений.
9. Что является спорофитом и гаметофитом у высших растений?

### *Контрольные задания*

1. Нарисуйте схему поведения одной пары гомологичных хромосом в мейозе, обозначив хромосому материнского происхождения одним цветом, а отцовского - другим. Допустите, что во время конъюгации хромосом они обменялись небольшим участком.

### *Контрольные задачи*

1. Во время ненормального мейоза в исходной клетке у человека с 46 хромосомами одна пара гомологичных хромосом не разошлась (нерасхождение) к разным полюсам. Сколько хромосом было в каждой клетке, образовавшейся в результате мейоза?
2. Женщина получила от матери две мутантные хромосомы, а остальные нормальные и от отца одну хромосому мутантную, а все остальные нормальные. Какова вероятность того, что все три мутантные хромосомы окажутся в одной яйцеклетке: а) если они негомолотичны и б) если одна отцовская и одна материнская хромосомы гомологичны.
3. Могут ли в клетке, являющейся продуктом мейоза и содержащей 20 хромосом, 15 быть отцовскими?
4. Если общее число сперматозоидов, образуемое животными, равно 1000, а число хромосом в диплоидных клетках равно 2, то сколько сортов сперматозоидов и в каком количестве будет в этой 1000?
5. Сколько гамет образуется из 100 сперматоцитов 1 порядка? Из 100 сперматид? Из 100 сперматоцитов 2 порядка?
6. В клетках корешка риса содержится 24 хромосомы. Сколько хромосом содержит: а) материнская клетка пыльцы, б) микроспора, в) зародыш, г) яйцеклетка, д) полярное ядро, е) мегаспора, з) эндосперм, и) ядро пыльцевой трубки, к) материнская клетка мегаспоры, м) генеративное ядро.

## Список литературы

1. Альбертс Б. и др. Молекулярная биология клетки: В 5т. /Пер. с англ. – М.: Мир, 1986.
2. Ватти К.В., Тихомирова Н.М. Руководство к практическим занятиям по генетике. – М.: Просвещение, 1979. – 189 с.
3. Кемп П., Армс К. Введение в биологию / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 671 с.
4. Лабораторные занятия по курсу гистологии и эмбриологии: Учебное пособие / Под ред. Ю.И. Афанасьева. – М.: Высшая школа, 1990. – 399 с.
5. Практикум по цитологии: Учебное пособие / Под ред. Ю.С. Ченцова. – М.: Изд – во Моск. ун - та, 1988. – 294 с.
6. Уилсон Дж., Хант Т. Молекулярная биология клетки: Сборник задач / Пер. с англ. – М.: Мир, 1994.- 520с.

## Содержание

Предисловие .....	3
Раздел 1. Самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях	4
Тема 1. Методы исследования клетки. ....	4
Тема 2. Политенные хромосомы. ....	10
Тема 3. Деление клетки .....	13
Раздел 2. Задания для домашней самостоятельной работы .....	14
Тема 1. Цитоплазматическая мембрана. ....	14
Тема 2. Органеллы клетки ..	19
Тема 3. Цитоскелет. ....	24
Тема 4. Ядерный аппарат клетки. ....	28
Тема 5. Деление клетки. ....	33
Тема 6. Мейоз ..	35
Список литературы .....	37

Григорович Ольга Александровна

## ЦИТОЛОГИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ  
ПО ЦИТОЛОГИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ «БИОЛОГИЯ»  
(020201, 050102) И «БИОЭКОЛОГИЯ» (020803)

Редактор Т.В. Тимофеева

---

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага типа №1
Печать трафаретная	Усл.печ.л	Уч-изд.л.
Заказ №	Тираж 75	Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул.Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.

