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

И.В. Машкова

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРИРОДЫ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2021

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

Машкова, И.В.
Общая биология и закономерности природы: учебное пособие / И.В. Машкова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 141 с.

Учебное пособие предназначено для методической помощи при подготовке к семинарским занятиям, для внеаудиторной работы, успешной сдачи зачета, экзамена.

Темы разделов и подразделов, последовательность их изложения и принципы решения продиктованы программными требованиями к дисциплине, целями и задачами курса, желанием содействовать лучшему развитию у студентов способности к обобщению, анализу, восприятию учебного материала

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 5
1. ПРАВИЛА РАБОТЫ В МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ..... 6
2. МИКРОСКОПИЯ..... 7
2.1. Устройство микроскопа..... 7
2.2. Методы микроскопии..... 12
2.3. Методика приготовления временных «давленных» препаратов..... 15
3. ВИРУСЫ. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ..... 15
4. МОРФОЛОГИЯ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ..... 18
5. МОРФОЛОГИЯ КЛЕТОК ЭУКАРИОТ..... 20
6. МИТОТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК..... 26
7. МЕЙОТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК..... 32
8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ..... 36
9. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ..... 39
9.1. Структура и свойства генетического кода..... 39
9.2. Синтез белка..... 40
9.3. Моногибридное скрещивание..... 43
9.4. Дигибридное скрещивание..... 46
9.5. Понятие о пенентрантности и экспрессивности..... 50
10 НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ГЕНОВ..... 51
10.1. Комплементарное взаимодействие..... 52
10.2. Эпистатическое взаимодействие..... 53
10.3. Решение задач на полимерное взаимодействие генов..... 55
10.4. Определение генотипа родителей по фенотипу потомков и наоборот. Множественный аллелизм..... 59
11. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ..... 61
11.1. Решение задач на полное и неполное сцепление генов (простой перекрест)..... 61
11. 2. Наследование признаков, сцепленных с полом..... 65
12. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ..... 69
13. ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА..... 72
14. ИЗМЕНЧИВОСТЬ..... 79
15. ОСНОВЫ ЭВОЛЮЦИИ..... 82
15.1. Адаптации организмов к среде обитания..... 82
15.2. Экологические аспекты и адаптации к ним у человека..... 87
15.3. Микроэволюция. Видообразование как результат микроэволюции..... 92
15.4. Теория эволюции..... 101

15.5. Движущие силы эволюции..... 107
15.6. Происхождение и свойства жизни..... 111
15.7. Происхождение человека..... 118
15.8. Направления эволюции органического мира. Макроэволюция..... 122
12 АУТЭКОЛОГИЯ..... 129
12.1 Среды жизни и экологические факторы..... 129
12.2 Основные экологические факторы и их действие..... 132
12. 3 Экологические классификации организмов..... 136
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... 141

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время генетику стала основой современной биологии, так как установленные закономерности наследственности и изменчивости справедливы для всех организмов, а методы генетики приемлемы к любым биологическим исследованиям. Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов.

Современная генетика значительно расширила свои границы и разделилась на ряд специализированных областей, изучение которых представляет большие сложности и требует совершенствования учебников и учебных пособий.

Учитывая ограниченность времени отведенным учебным планом, слабым оснащением материалами и оборудованием биологических дисциплин, опыт преподавания курса генетики, в представленном практикуме даются методические рекомендации по проведению лабораторных, практических и самостоятельных работ. Дается теоретическое обоснование темы, разбираются примеры решения задач по каждому разделу генетики.

Приведенные задачи подобраны с учетом выработки интереса к самостоятельному их решению, в задачи включены элементы проблемных ситуаций, для разрешения которых необходим достаточный уровень теоретических знаний и логическое мышление. Для самостоятельной работы, систематического контроля, проведения экспресс опросов во время занятий, приводятся тесты; дается словарь основных специальных терминов.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика.

При составлении практикума нами были заимствованы некоторые тесты и задачи из учебного пособия Н. С. Самигуллина, И. Б. Кирина, 2008 г.

1. ПРАВИЛА РАБОТЫ В МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Работа в микробиологической лаборатории требует строгого соблюдения специальных правил.

Поскольку в воздухе, на поверхности окружающих нас предметов, на одежде, руках, волосах всегда имеется большое количество разнообразной микрофлоры, то для обеспечения стерильности исследований и избежания загрязнения культур работа должна проводиться с соблюдением правил асептики [1].

При исследованиях с неидентифицированными микроорганизмами, при их выделении из объектов окружающей среды и техногенных потоков, могут быть выделены патогенные и условно патогенные микроорганизмы. Кроме того, клетки как сапрофитных, так и патогенных микроорганизмов могут являться аллергенами для определенных индивидуумов. Таким образом, для получения достоверных результатов исследований, для обеспечения личной безопасности и безопасности окружающих необходимо соблюдение определенных правил [1].

Студенты, выполняя Задание, должны соблюдать следующие правила [1, 2]:

1. Студент не должен входить в лабораторию в пальто, головном уборе, вносить посторонние вещи.

2. Каждый студент в микробиологической лаборатории работает на постоянном месте, выполняя Задание индивидуально.

3. На рабочем месте не должно быть посторонних предметов (в том числе портфелей и сумок).

4. Студент должен работать только в чистых халатах, волосы должны быть подобраны, не падать на плечи.

5. Все предметы, использованные при работе с живыми культурами, должны быть обеззаражены либо обжиганием в пламени горелки (петли, иглы), либо погружены в дезинфицирующий раствор (предметные и покровные стекла, пипетки, шпатели).

6. Все засеянные пробирки, чашки помещаются в термостат или сдаются лаборанту. Отработанный материал (пробирки, чашки Петри) также помещается в определенные емкости по указанию лаборанта для их дальнейшего обеззараживания.

7. В лаборатории нужно поддерживать порядок и чистоту. По окончанию занятий студент должен протереть иммерсионный объектов микроскопа мягкой тканью, накрыть микроскоп полиэтиленовым чехлом, привести в порядок рабочее место, вымыть руки.

8. В лаборатории запрещается курение, прием пищи.

2. МИКРОСКОПИЯ

Изучение невидимых невооруженным глазом клеток микроорганизмов, размеры которых не превышают десятков и сотен микрометров, возможно только при помощи микроскопов. Эти приборы позволяют получать в сотни раз (световые микроскопы) и в десятки–сотни тысяч раз (электронные микроскопы) увеличенное изображение исследуемых объектов.

При помощи микроскопа изучают морфологию клеток микроорганизмов, их рост и развитие, проводят первичную идентификацию, ведут наблюдения за характером развития микробных сообществ в почве и других субстратах [2].

2.1 Устройство микроскопа

В микроскопе различают механическую, оптическую и осветительную части (рисунок 1).

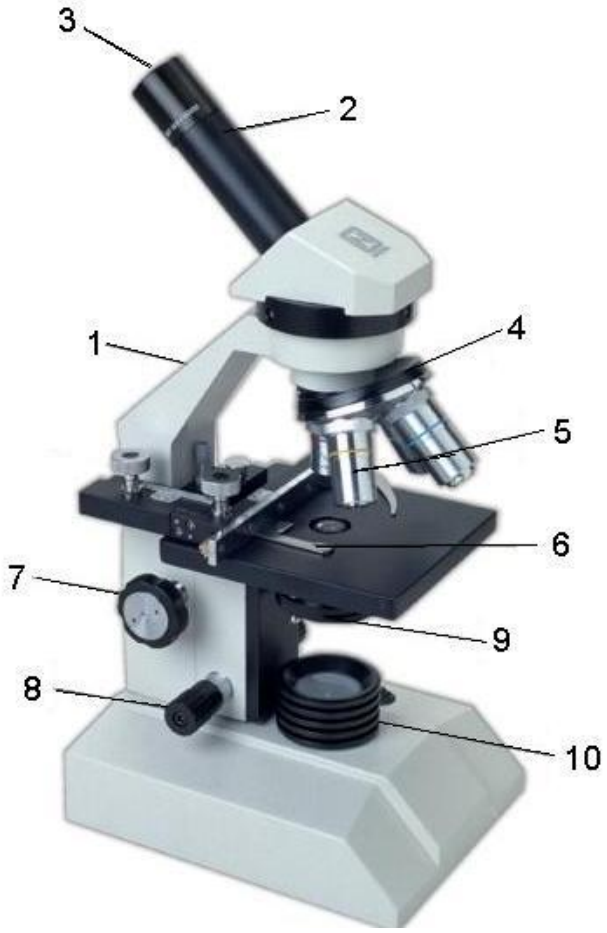


Рис. 1 Устройство микроскопа: 1 – штатив; 2 – тубус; 3 – окуляр;
4 – револьверное устройство; 5 – объектив; 6 – предметный столик;
7 – макровинт; 8 – микровинт; 9 – конденсор; 10 – осветительный аппарат

Механическая часть включает штатив, предметный столик, тубус (трубку) и систему винтов для передвижения элементов микроскопа. *Штатив* состоит из основания в виде подковы и неподвижно привинченного тубусодержателя в форме дуги. *Предметный столик* служит для размещения на нем препарата с объектом исследования. Предметный столик может перемещаться во взаимно перпендикулярных плоскостях с помощью винтов. В центре столика находится круглое отверстие для освещения препарата снизу лучами света, направляемыми лампой или зеркалом. На поверхности столиков имеются отверстия: крайние отверстия служат для установки пружинных клемм, прижимающих препарат, а средние – для крепления накладного препаратоводителя. Его используют при необходимости повторного исследовании определенного участка на препарате или при исследовании препарата без пропусков.

Предметный столик передвигается в вертикальном направлении с помощью *макро–* и *микровинтов*. В некоторых микроскопах макро– и микрофокусировки совмещены.

На предметном столике имеется *объектоводитель* для предметного стекла. С помощью висящих коаксиальных кнопок, расположенных слева под предметным столиком, осуществляется перемещение объектоводителя в продольном и поперечном направлениях. Рядом с макро–микровинтом расположен винт *конденсора,* обеспечивающий его расположение на нужной высоте.

В верхней части штатива расположены *тубус,* куда вставляется *окуляр,* и *револьверное устройство,* состоящее из двух пластин. Нижняя пластина вращается и имеет гнезда для *объективов,* верхняя закреплена неподвижно.

В световом микроскопе обычно имеются объективы, дающие увеличение в 3,2, 10 и 40 раз, предназначенные для работы с сухими системами, и объектив с черной полосой для иммерсионной системы, дающей увеличение в 100 раз.

Микроскоп имеет оптическую систему с двумя ступенями увеличения (рисунок 2): первая осуществляется объективом, вторая – окуляром.

Объектив и окуляр здесь условно показаны в виде одиночных линз, тогда как на самом деле они представляют собой более или менее сложные системы. Препарат находится перед объективом на расстоянии несколько большем фокусного расстояния объектива. Объектив образует действительное увеличенное и перевернутое изображение (промежуточное) препарата в плоскости, лежащей вблизи переднего фокуса окуляра на расстоянии немного меньше фокусного расстояния. Окуляр работает подобно лупе (промежуточное изображение является для него предметом) и образует вторично увеличенное мнимое и прямое

изображение, которое, как условно принято считать, расположено от глаза наблюдателя на расстоянии наилучшего видения D = 250 мм (или больше в зависимости от особенностей глаза). В результате микроскоп дает возможность рассматривать изображение препарата под большим углом, чем в случае невооруженного глаза, но это изображение – перевернутое относительно препарата.

Подавляющая часть объектов исследований не обладает самосвечением, поэтому их необходимо освещать посторонним источником света. При микроскопировании прозрачных объектов применяется проходящий свет, для непрозрачных объектов – отраженный. В микроскопических исследованиях используют освещение по методу светлого и темного поля.

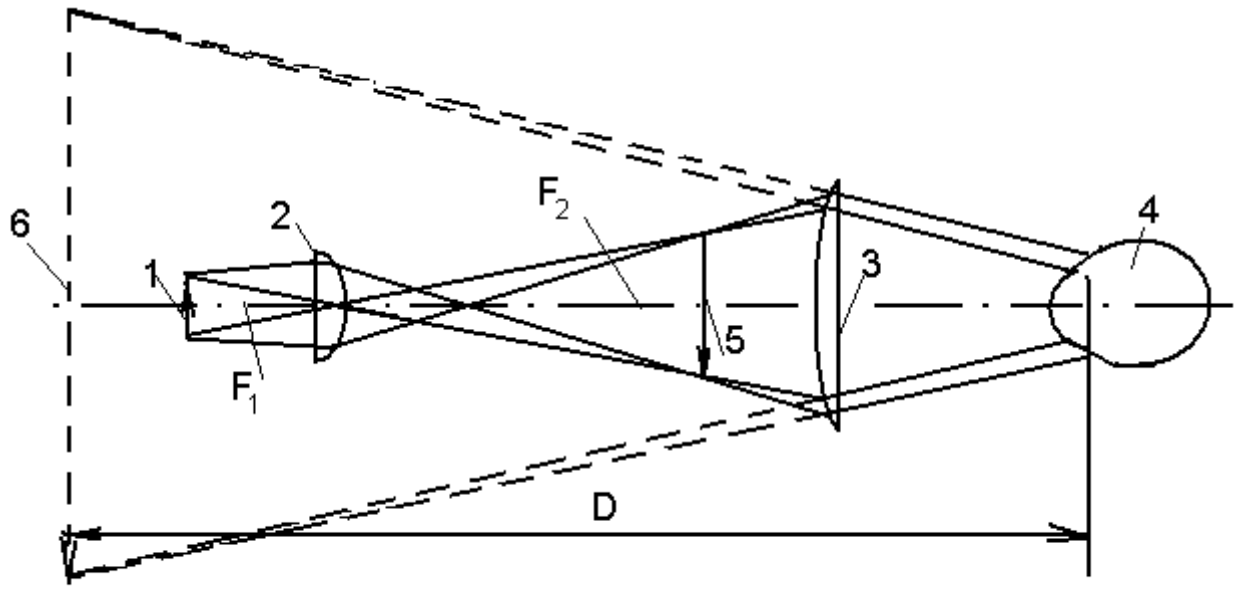


Рис. 2 Принципиальная схема микроскопа (оптическая): 1 – препарат; 2 – объектив; 3 – окуляр; 4 – наблюдатель; 5 – промежуточное изображение; 6 – прямое изображение; F_1 – фокус объектива; F_2 – фокус окуляра; D – расстояние наилучшего видения

При освещении объекта по методу светлого поля лучи из осветительной системы, пройдя через прозрачный предмет (проходящий свет) или отразившись от поверхности непрозрачного предмета (отраженный свет), поступают в объектив и создают изображение менее прозрачных участков объекта в виде темных участков на светлом фоне.

Оптическая часть включает объективы, окуляры и осветительный аппарат. *Объективы* – самая важная и наиболее ценная часть микроскопа. Они представляют собой систему линз, закрепленных в металлическую оправу, число которых доходит до десяти. Передняя (фронтальная) линза –

самая малая, она производит основное увеличение. Остальные линзы (коррекционные) исправляют недостатки оптического изображения.

Любое увеличенное изображение предмета при помощи линз со сферическими поверхностями имеет два крупных недостатка: 1) каждая точка объекта имеет вид кружочка, а не точки и 2) изображение имеет окраску, которой не имеет объект. Первый дефект известен под названием *сферической аберрации*, а второй – *хроматической аберрации*. Причина сферической аберрации связана со свойством линз неравномерно преломлять краевые и центральные лучи. Первые обычно преломляются больше, чем вторые. Поэтому они пересекаются ближе к линзе, чем центральные лучи. В результате изображение точки, рассматриваемой через такую оптическую систему, распределяется в пространстве между местами пересечения краевых и центральных лучей и приобретает вид расплывчатого кружка значительных линейных размеров, определяемых продольной сферической аберрацией (расстояние между крайними точками пересечения лучей) и поперечной сферической аберрацией (радиус кружка, образованного сечением краевых и центральных лучей).

Причина хроматической аберрации связана с тем, что при прохождении через линзу пучка лучей с различной длиной волны отдельные лучи, преломляясь в разной степени, пересекаются не в одной точке. Наиболее сильно стекло преломляет сине–фиолетовые лучи, меньше всего преломляются красные лучи, имеющие большую длину волны. В результате хроматической аберрации получается несколько точек, также располагающихся в пространстве, ограниченном продольной и поперечной хроматической аберрацией. Для устранения обоих вышеуказанных недостатков объективы готовятся из ряда линз, имеющих различную кривизну и изготовленных из разных сортов стекла, обладающих строго пропорциональными спектрами. При использовании линз с разными оптическими свойствами и различной кривизной поверхности удается устранить сферическую аберрацию, но большие трудности встречаются при устранении хроматической аберрации. Поэтому довольно долго коррекция хроматической аберрации ограничивалась только двумя цветами спектра, и объективы, имевшие такую коррекцию, получили название ахроматов. Они дают изображение предмета, лишенное окраски. После получения особых составов стекла удалось сконструировать более совершенные объективы, в которых устранено не только окрашивание объекта, но и изображение от луча разного цвета получается одинаково резким. Такие объективы получили название апохроматов.

Все объективы по способу применения делят на сухие и иммерсионные (погруженные в масло или воду). У сухих между фронтальной линзой и рассматриваемым препаратом находится воздух, у иммерсионных – пространство между фронтальной линзой и препаратом заполнено маслом (кедровым, касторовым, гвоздичным и др.) или водой. Стекло, на котором

изготовлен препарат, стекло объективов и масло (кедровое) имеют почти одинаковый показатель преломления света (1,52 и 1,515). Лучи, проходя из одной среды в другую, почти не преломляются, свет не рассеивается, рассматриваемые объекты не искажаются и при этом бывают хорошо видны. Показатель преломления света, близкий к стеклу, имеют и другие вещества: касторовое масло (1,48–1,49), гвоздичное масло (1,53), смесь касторового и гвоздичного масел (1,515). Воздух и стекло имеют разный показатель преломления света (1,0 и 1,52), в результате чего лучи света при переходе из одной среды в другую преломляются, рассеиваются, происходит частичное искажение рассматриваемых объектов (рисунок 3).

Окуляры состоят из двух плосковыпуклых линз, обращенных выпуклыми сторонами к объекту и заключенных в металлическую оправу. Верхняя линза, обращенная к глазу, называется глазной, нижняя – собирательной. Как и на окулярах, на оправе объективов есть цифры, показывающие их собственное увеличение в 10 и 16 раз.

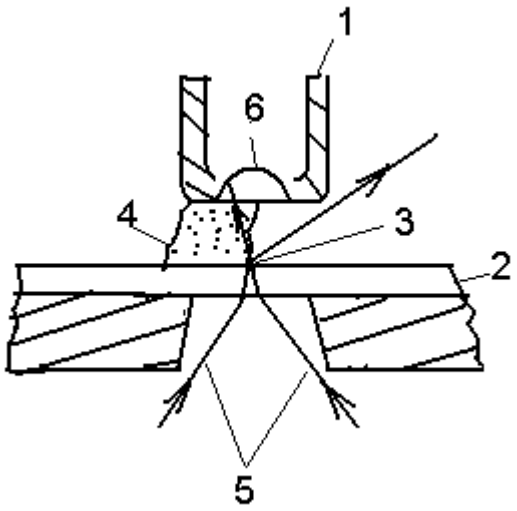


Рис. 3 Влияние иммерсионного масла на ход лучей в микроскопе:
1 – объектив; 2 – предметное стекло; 3 – объект; 4 – иммерсионное масло; 5 – лучи света; 6 – фронтальная линза объектива

Общее увеличение микроскопа равно произведению увеличения объектива на увеличение окуляра. Эта величина, однако, не характеризует всех возможностей микроскопа. Увеличенное изображение может быть как четким, так и нечетким. Отчетливость получаемого изображения определяется *разрешающей способностью микроскопа.* Под последней понимают минимальное расстояние между двумя точками, когда они еще не сливаются в одну, т. е. чем больше разрешающая способность, тем меньший объект можно увидеть.

Практически повысить разрешающую способность можно двумя путями: либо освещая объект еще более короткими лучами света, например, ультрафиолетовыми, либо увеличивая показатель преломления

среды, граничащей с линзой, с тем, чтобы приблизить его к показателю преломления стекла, на котором находится объект. Последнее и осуществляется при работе с иммерсионной системой.

2.2. Методы микроскопии

Фазово–контрастная микроскопия. Глаз человека выявляет только различия в длине (цвете) и амплитуде (интенсивности, контрастности) световой волны, но не улавливает различий в фазе. Препараты живых клеток микроорганизмов по окраске и прозрачности мало отличаются от окружающей среды, так как световые лучи, проходя через живую клетку, не меняют своей амплитуды, хотя и изменяются по фазе. Метод фазово–контрастной микроскопии позволяет преобразовать невидимые фазовые изменения, претерпеваемые световой волной при прохождении через микробную клетку, в видимые амплитудные и тем самым повысить контрастность изображения. Оптическая система, используемая для получения фазового контраста, состоит из фазовой пластинки и кольцевой диафрагмы.

Фазовая пластина – это круг напыления из солей редких металлов на одну из линз объектива, она обеспечивает изменение фазы проходящей волны на 1/4, что приводит к превращению фазовых различий в амплитудные. Кольцевая диафрагма – это непроницаемая для света пластина, имеющая прозрачную щель в виде кольца, через которую поступает свет в конденсор. Фазовый эффект получается лишь при точном совмещении фазового кольца с проекцией кольцевой диафрагмы. Фазово–контрастное устройство состоит из набора фазовых объективов, имеющих на металлической оправе кроме указания увеличения еще и пометку «Ф», револьверного конденсора с набором кольцевых диафрагм, каждая из которых соответствует фазовой пластинке определенного объектива, и вспомогательного микроскопа, назначение которого центрирование кольцевой диафрагмы по отношению к фазовой пластинке объектива.

Микроскопия в темном поле. Микроскопия в темном поле основана на освещении объекта косыми лучами света. Эти лучи не попадают в объектив, поэтому поле зрения выглядит темным. Если препарат содержит клетки микроорганизмов, то косые лучи, проходя через такой препарат, в значительной степени отражаются от поверхности клеток и настолько уклоняются от своего первоначального направления, что попадают в объектив. Тогда наблюдатель видит на черном фоне интенсивно светящиеся объекты, даже если их диаметр в 10 раз меньше, чем предел разрешения объектива. Такое освещение препарата достигается применением специального конденсора. Темнопольный конденсор имеет затемненную среднюю часть, поэтому центральные лучи света, идущие от зеркала, задерживаются, а в плоскость препарата попадают только боковые

лучи, отраженные от зеркальных поверхностей, расположенных внутри конденсора.

При микроскопировании в темном поле можно увидеть объекты, величина которых измеряется сотыми долями микрометра, т. е. лежит за пределами видимости обычного микроскопа. Однако наблюдение объектов в темном поле позволяет различить только их контуры, но не дает возможности рассмотреть внутреннее строение

Люминесцентная (флуоресцентная) микроскопия. Люминесцентная микроскопия основана на способности ряда веществ биологического происхождения (хлорофилл, витамин B_2, некоторые алкалоиды и антибиотики и т. д.) и некоторых красителей светиться под воздействием падающего на них света. Молекулы веществ, способных к люминесценции, поглощают энергию, переходя на более высокий энергетический уровень. Однако в таком состоянии они находятся непродолжительное время и вновь возвращаются к исходному энергетическому уровню. Этот переход сопровождается отдачей избытка энергии в виде света – люминесценцией, причем освещаемый объект испускает лучи энергетически менее богатые, т. е. с большей длиной волны, чем лучи возбуждающего света. Поэтому вызывать люминесценцию следует либо коротковолновой частью видимого спектра (сине–фиолетовые лучи, λ=460 нм) или ультрафиолетовыми лучами (λ=360–380 нм). В обоих случаях возникает люминесценция в цветовой гамме видимого спектра, т. е. получается цветное изображение объекта. Большинство микробных клеток обладают весьма слабой собственной или первичной люминесценцией, поэтому их обрабатывают водными растворами специальных красителей – флуорохромов, к числу которых относятся акридин оранжевый, примулин, берберин и другие. Они могут окрашивать не только всю микробную клетку, но и избирательно концентрироваться на определенных клеточных структурах, вызывая их свечение. Так, например, акридин оранжевый окрашивает в зеленый цвет протоплазму, в розовый – вакуоли, в светло–зеленый цвет – ядро. Малая токсичность применяемых растворов красителей позволяет изучать живую неповрежденную клетку. Такая наведенная или вторичная люминесценция имеет большое значение при проведении цитологических исследований.

Электронная микроскопия. Электронные микроскопы применяют для изучения объектов и структур, находящихся за пределами видимости обычных микроскопов. Разрешающая способность электронных микроскопов 1–40 Å (1 Å=$1\cdot10^{-10}$ м), увеличение в среднем 10^5 раз. Устройство электронного микроскопа в принципе аналогично светооптическому микроскопу, отдельные узлы электронного микроскопа сходны с узлами обычного светового микроскопа, перевернутого окуляром вниз, но роль световых лучей в электронном микроскопе играет пучок электронов, излучаемых специальным источником – электронной пушкой. Электроны

попадают в магнитную конденсорную линзу. Использовать стеклянные линзы или зеркала для фокусировки электронов нельзя, так как стекло непроницаемо для электронов. В электронном микроскопе роль линз выполняет круговое магнитное поле, под действием которого электроны могут отклоняться или центрироваться. Функция конденсорной линзы электронного микроскопа аналогична выполняемой конденсором обычного микроскопа – сведение пучка электронов в одной точке на объекте. Пройдя через объект, электроны попадают в объектную линзу, которая вновь фокусирует расходящийся пучок и дает первое промежуточное изображение объекта. Магнитный проектор (проекционная линза, аналогичная по функции линзе окуляра) дает окончательное увеличение изображения объекта на флуоресцирующем экране – металлической пластинке, покрытой тонким слоем сернистого цинка или минерала виллемита. При попадании на экран электронных лучей каждая частица этого слоя начинает светиться; замещая экран фотографической пластинкой, изображение объекта можно сфотографировать.

Препараты для электронно–микроскопических исследований помещают на специальные сетки, на которые нанесена тончайшая целлюлозная или пластмассовая пленка (подложка); общая толщина препарата и подложки не должна превышать 2500 Å. Для увеличения контрастности объекта проводят его напыление тяжелыми металлами (хромом, золотом, палладием) в виде паров или проводят обработку контрастирующими веществами (фосфорно–вольфрамовая кислота, уранилацетат). При исследовании морфологических особенностей клеток микроорганизмов под электронным микроскопом изучают целые клетки ультраструктуру клеток изучают на их срезах, толщина которых не превышает 800–900 Å. При помощи электронного микроскопа нельзя наблюдать живые клетки микроорганизмов, так как они гибнут при прохождении пучка электронов через препарат. Электронные микроскопы имеют довольно сложную конструкцию и поэтому пока еще мало доступны для учебных лабораторий.

Задание

1. Ознакомиться с объективами, окулярами, конденсорами, диафрагмами рабочих, исследовательских биологических микроскопов.
2. Вычислить разрешающую способность имеющихся объективов.
3. Определить общее увеличение микроскопа МБР–1 для малого и большого увеличения.
4. Подобрать окуляры к различным объективам.
5. Взять координаты (отсчет по линейкам) для нескольких полей зрения препарата, установленного на предметный столик микроскопа МБИ–3.

6. Составить описание микроскопов следующих марок: МБР–1; МБИ–3; МБИ–6; МБС–1; МЛ–2; УЭМБ– 100Б.

2.3. Методика приготовления временных «давленных» препаратов

В настоящее время разработаны ускоренные методики в микроскопической технике. Так, приготовление давленных препаратов не требует той сложной обработки материала, которая обязательна при приготовлении постоянных микротомных препаратов.

Давленные препараты могут использоваться при изучении митоза, кариотипов, хромосомных нарушений в корешках и конусах нарастания стеблей; мейоза – в молодых пыльниках различных растений.

Для приготовления давленных препаратов используют фиксатор Карнуа – уксусный алкоголь (6 частей абсолютного спирта + 3 части хлороформа + 1ч ледяной уксусной кислоты) или фиксатор Кларка – уксусный алкоголь (3 части абсолютного спирта + 1 часть ледяной уксусной кислоты). Окрашивание препарата можно проводить различными красителями: ацетокармином, ацетоарсеином, ацетолакмоидом, метиленовой синькой.

Чаще используют для окрашивания ацетокармин, приготовленный следующим образом. 1г кармина растворяют в 45 мл ледяной уксусной кислоты и 55 мл дистиллированной воды. Растворение ведется в колбе с обратным холодильником на водяной бане в течение 30 – 60 минут. После остывания раствор кармина фильтруют и помещают в посуду с притертой пробкой.

Последовательные этапы приготовления давленных препаратов.

1. Фиксация в уксусном алкоголе.
2. Промывка материала в 70 %-ном спирте до исчезновения запа-
ха уксусной кислоты.
3. Хранение материала в 70 %-ном спирте.
4. Промывка материала в воде.
5. Материал помещают в краситель на 3 – 5 минут и подогревают
на спиртовке (объект доводят до кипения).
6. Окрашенный объект кладут на предметное стекло в каплю 45%-ной уксусной кислоты или раствора хлоралгидрата, покрывают покровным стеклом и фильтровальной бумагой, постукивают сверху спичкой или слегка раздавливают пальцем до образования мазка.

Готовые препараты можно окантовать парафином, лаком (для их более длительного использования).

3. ВИРУСЫ. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Наряду с одно- и многоклеточными организмами, в природе существуют и другие формы. Это вирусы, не имеющие клеточного

строения. Они представляют собой переходную форму между неживой и живой материей. Размер их от 20 до 300 нм.

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

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

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

Хорошо изучен вирус табачной мозаики, имеющий палочковидную форму и представляющий собой полый цилиндр. Стенка цилиндра образована молекулами белка, а в полости расположена спираль РНК (рис. 4 а). Белковая оболочка защищает нуклеиновую кислоту от неблагоприятных условий внешней среды, а также препятствует проникновению ферментов клеток к РНК и ее расщеплению.

Особую группу представляют вирусы бактерий – бактериофаги, или фаги, которые способны проникать в бактериальную клетку и разрушать ее. Тело фага кишечной палочки состоит из головки, от которой отходит полый стержень, окруженный чехлом из сократительного белка. Стержень заканчивается базальной пластинкой, на которой закреплены 6 нитей (см. рис.4 б).

Внутри головки находится ДНК. Бактериофаг при помощи отростков прикрепляется к поверхности кишечной палочки и в месте соприкосновения с ней растворяет с помощью фермента клеточную стенку. После этого за счет сокращения головки молекула ДНК фага впрыскивается через канал стержня в клетку. Примерно через 10 – 15 мин под действием этой ДНК перестраивается весь метаболизм бактериальной клетки, и она начинает синтезировать ДНК бактериофага, а не собственную ДНК. При этом синтезируется и фаговый белок. Завершается этот процесс появлением 200 – 1000 новых фаговых частиц, в результате чего клетка бактерии погибает.

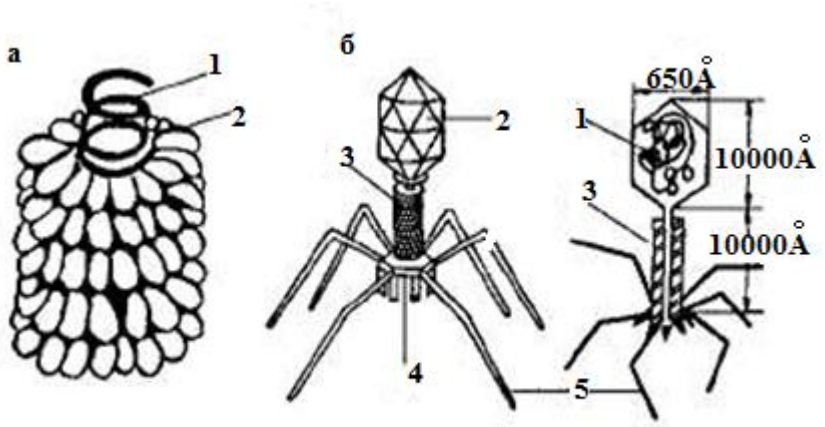


Рис. 4 Схема строения вируса (а) и бактериофага (б): 1 – нуклеиновая кислота; 2 – белковая оболочка; 3 – полый стержень; 4 – базальная пластинка; 5 – отростки (нити)

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

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

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

Контрольные вопросы

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

4. МОРФОЛОГИЯ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

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

Особенности строения клетки бактерий. Размеры бактериальных клеток колеблются в широких пределах: от 1 до 10 –15 мкм. По форме выделяют шаровидные клетки – кокки, вытянутые – палочки, или бациллы, и извитые – спириллы (рис. 5).

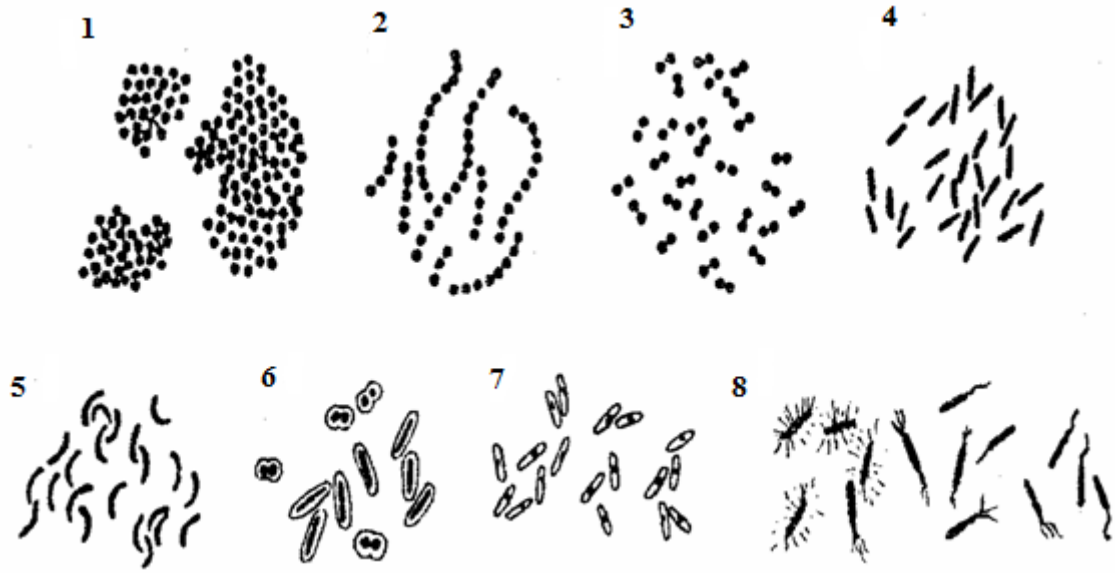


Рис. 5 Морфологические формы бактерий:
1 – стафилококки; 2 – стрептококки; 3 – диплококки; 4 – бациллы;
5 – спириллы; 6 – капсульные бациллы и кокки; 7 – жгутиковые бациллы

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

Многие бактерии паразитируют в организме животных или растений, вызывая у них заболевания. Основная особенность строения бактерий – отсутствие ядра, ограниченного оболочкой. Наследственная информация у бактерий заключена в одной хромосоме. Бактериальная хромосома,

состоящая из одной молекулы ДНК, имеет форму кольца и погружена в цитоплазму. ДНК у бактерий не образует комплексов с белками, и поэтому все наследственные задатки – гены, входящие в состав хромосомы, «работают», т. е. с них непрерывно считывается информация. Бактериальная клетка окружена мембраной, отделяющей цитоплазму от клеточной стенки, образованной сложным гетерополимерным веществом. В цитоплазме мембран мало. В ней находятся рибосомы, осуществляющие синтез белков.

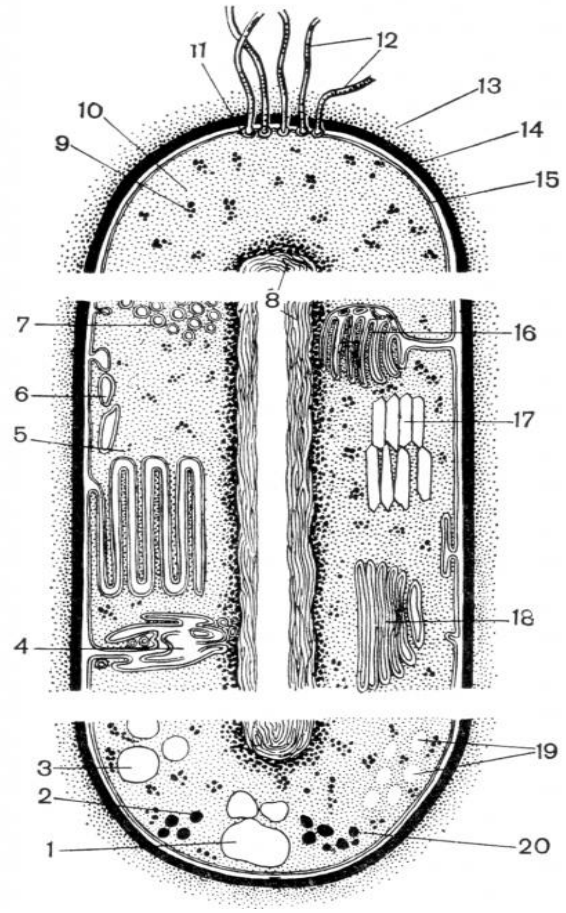


Рис. 6 Схематическое изображение строения бактериальной клетки (по Г. Шлегелю): 1 – гранулы поли-β-оксимасляной кислоты; 2 – жировые капельки; 3 – включения серы; 4 – трубчатые тилакоиды; 5 – пластинчатые тилакоиды; 6 – пузырьки; 7 – хроматофоры; 8 – ядро (нуклеоид);

9 – рибосомы; 10 – цитоплазма; 11 – базальное тельце; 12 – жгутики;

13 – капсула; 14 – клеточная стенка; 15 – цитоплазматическая мембрана; 16 – мезосома; 17 – газовые вакуоли; 18 – ламеллярные структуры; 19 – гранулы полисахарида; 20 – гранулы полифосфата.

Основные структуры бактериальной клетки представлены в верхней части рисунка, дополнительные, мембранные структуры, имеющиеся у

фототрофных и нефототрофных бактерий,- в средней части, а включения запасных веществ – в нижней части.

Все ферменты, обеспечивающие процессы жизнедеятельности бактерий, диффузно рассеяны по цитоплазме или прикреплены к наружной мембране. У многих микроорганизмов внутри клетки откладываются запасные вещества – полисахариды, жиры, полифосфаты. Эти вещества, включаясь в обменные процессы, могут продлевать жизнь клетки в отсутствие внешних источников энергии.

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

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

Контрольные вопросы

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

5. МОРФОЛОГИЯ КЛЕТОК ЭУКАРИОТ

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

Эукариотические клетки – от простейших (корненожки, жгутиковые, инфузории и др.) до высших растений и животных отличаются и сложностью, и разнообразием строения (рис. 7). Типичной клетки в

природе не существует, но из тысяч типов клеток можно выделить общие черты строения.

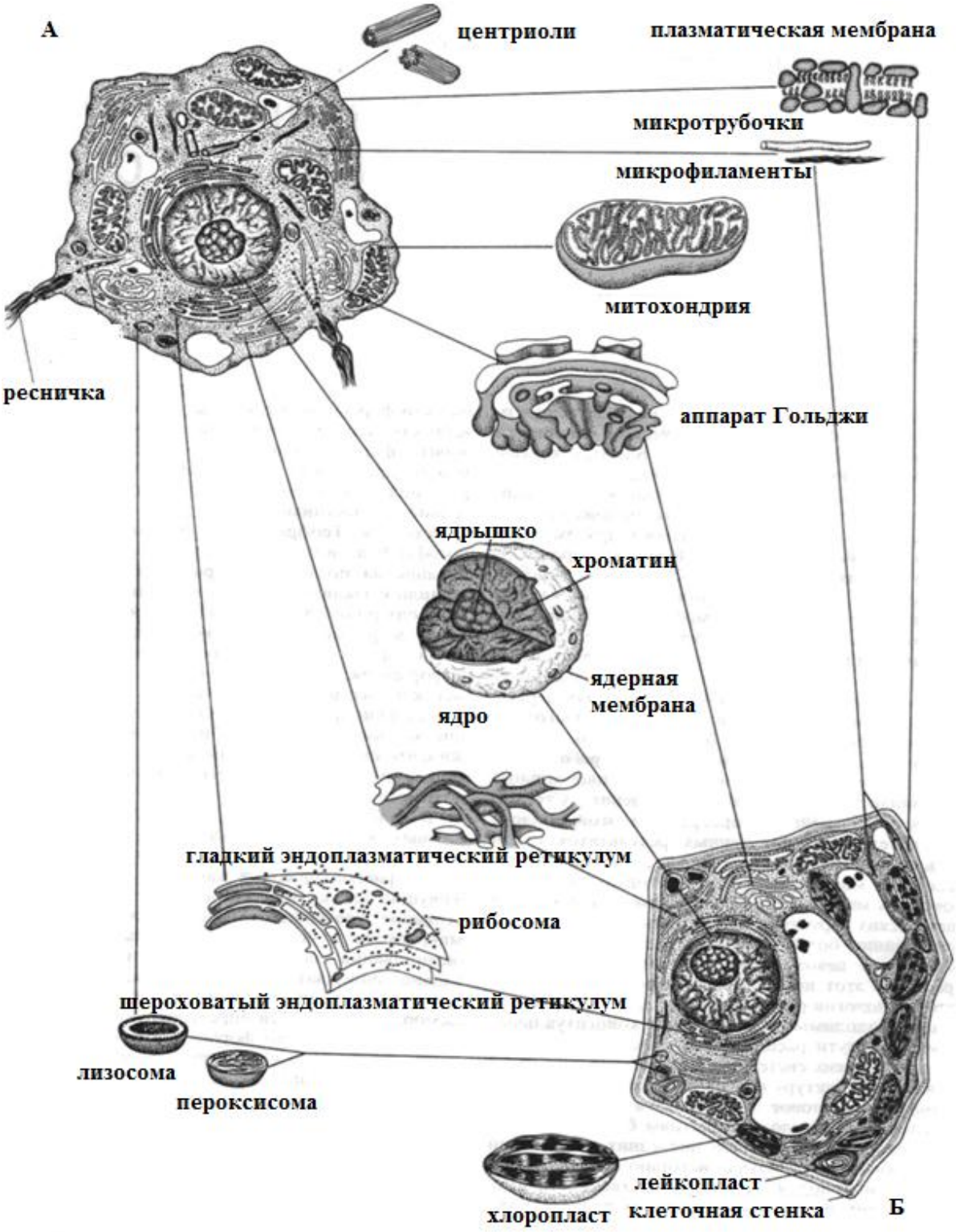


Рис. 7 Схема строения органелл животной (А) и растительной (Б) клеток

Общим для всех клеток является их химический состав. Из 104 известных в настоящее время химических элементов в состав живых организмов входит свыше 70. Основу любой клетки составляют четыре химических элемента: углерод, водород, кислород и азот (96 % массы клетки); около 3 % массы клеток – фосфор, сера, кальций, калий, натрий, хлор, железо, магний, кремний; около 1 %–так называемые микроэлементы: йод, медь, кобальт, цинк, никель, золото и многие другие, составляющие сотые и тысячные доли процента клеточного содержимого.

Все химические соединения клетки можно разделить на две группы: неорганические – вода и минеральные соли; органические – белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и некоторые другие соединения.

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

В цитоплазме различают гиалоплазму – цитоплазматический матрикс, органоиды и включения.

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

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

Клеточная мембрана представляет собой двойной слой молекул (бимолекулярный слой, или бислой). Кроме основных липидных компонентов, она содержит крупные белковые молекулы, которые способны «плавать» в липидном бислое и расположены так, что одна их сторона обращена внутрь клетки, а другая соприкасается с внешней средой.

Существует несколько механизмов транспорта веществ через мембрану.

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

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

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

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

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

Эндоплазматическая сеть или вакуолярная система образована сообщающимися или отдельными трубчатыми или уплощенными (цистерна) полостями, ограниченными мембранами и распространяющимися по всей цитоплазме клетки. В названной системе выделяют шероховатую и гладкую цитоплазматическую сети (рис. 7).

Пластинчатый комплекс Гольджи – органелла клетки, представляющая постоянную и высокодифференцированную часть цитоплазмы. В пластинчатом комплексе образуются секреторные пузырьки или вакуоли, содержимое которых составляют белки и другие соединения, подлежащие выводу из клетки. Лизосомы (рис. 7) – пузырьки диаметром обычно 0,2 – 0,4 мкм, которые содержат набор ферментов кислых гидролаз. Функция лизосом – внутриклеточное переваривание различных химических соединений и структур.

Пероксисомы – мельчайшие пузырьки, содержащие набор ферментов. Пероксисомы участвуют в обменных реакциях: в метаболизме липидов, холестерина.

Митохондрии – это структуры округлой или палочковидной, нередко ветвящейся формы толщиной 0,5 мкм и длиной обычно до 5 – 10 мкм

Митохондрии встречаются почти во всех эукариотических растительных и животных клетках.

Главная функция митохондрий состоит в ферментативном извлечении из определенных химических веществ энергии (путем их окисления) и накоплении энергии в биологически используемой форме (путем синтеза молекул аденозинтрифосфата – АТФ).

Пластиды (от греч. Plastos – вылепленный и eidos – подобный) – постоянные мембранные органеллы растительных клеток, в которых осуществляется первичный синтез органических веществ. Грибы, сине-зеленые водоросли, бактерии, слизевики пластид не имеют. Пластиды делят на три группы: лейкопласты (бесцветные пластиды), хлоропласты (пластиды, содержащие зеленый пигмент) и хромопласты (пластиды, содержащие цветные пигменты). Пластиды играют значительную роль в образовании и превращении запасных веществ в клетке.

Рибосома – это сферическая электронно-плотная гранула, состоящая из белка и рибонуклеиновой кислоты. Рибосома состоит из малой и большой субъединиц. Субъединицы образованы рибосомальными РНК (рРНК), на которые приходится около 50% их массы, и особыми белками (до 80 различных видов). Рибосомы могут встречаться в цитоплазме поодиночке или формировать скопления, которые называются полирибосомами (полисомами). Рибосомы переводят (транслируют) эту генетическую последовательность в реальную последовательность аминокислот в ходе синтеза белка.

Клеточный центр – или центросома состоит из центриолей и связанных с ними микротрубочек – центросферы. Основную часть органоида составляют центриоли. Клеточный центр принимает участие в делении клеток животных и низших растений.

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

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

Форма хромосом зависит от положения так называемой первичной перетяжки, или центромеры, области, к которой во время деления клетки (митоза) прикрепляются нити веретена деления. Установлено, что центромеры являются одним из центров полимеризации тубулинов; от них отходят пучки микротрубочек митотического веретена, направляющиеся к

клеточным центрам – центросомам (клеточным органеллам, обычно состоящим из двух центральных телец – центриолей, окруженных светлой зоной).

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

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

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

Трофические включения бывают белковыми, жировыми и углеводными.

Заполните таблицу 1 «Строение и функции клеточной оболочки»

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

Заполните таблицу 2 «Основные органоиды клетки»

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

Заполните таблицу 3 «Строение ядра»

Основные компоненты	Особенности строения	Функции
Ядерная оболочка		
Ядерный сок		
Ядрышки		
Хромосомы		

Контрольные вопросы

1. Какой формы могут быть клетки и с чем это связано? Приведите примеры.
2. Какие способы транспорта вещества через плазмолемму вам известны? Что такое фагоцитоз и пиноцитоз?
3. Чем облегченная диффузия через мембраны отличается от обыкновенной?
4. Охарактеризуйте строение комплекса Гольджи. Каковы функции этого комплекса?
5. Какова роль пероксисом в животных и растительных клетках?
6. Каковы строение и функции митохондрий?
7. Почему в клетках животных митохондрий больше, чем в растительных клетках?
8. Назовите основные структурные элементы клеточного ядра. Какова роль ядра в жизнедеятельности клетки?
9. Назовите типы митотических хромосом в зависимости от положения первичной перетяжки.
10. Расшифруйте обозначение: 2n2c1n1c
11. Назовите включения цитоплазмы. Приведите примеры клеток и неклеточных гистологических структур, в цитоплазме которых имеются включения.

Каково морфофункциональное значение включений цитоплазмы?

6. МИТОТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК

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

Промежуток времени от одного митоза до другого определяет продолжительность *клеточного цикла.* В течение интерфазы клетки претерпевают два взаимоисключающих физиологических состояния.

Непосредственно после митоза клетка «работает на организм»: она синтезирует и расходует свойственные ей специфические вещества, в первую очередь белкового характера. Это *гетеросинтетическая фаза* клеточного цикла. Однако на определенном этапе клетка свою специализированную деятельность прекращает и переходит в *аутосинтетическую фазу* – фазу подготовки к делению.

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

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

В процессе деления в клетке формируются особые структуры, разрушающиеся по окончании митотического цикла. Изучим на препарате последовательную смену морфологических структур в ходе митоза. В нем принято различать четыре фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис. 8).

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

бесцветным. Оно носит название *ахроматиновой фигуры* или в*еретена деления.* Ядерная оболочка постепенно растворяется и наконец исчезает, что знаменует конец профазы и начало метафазы.

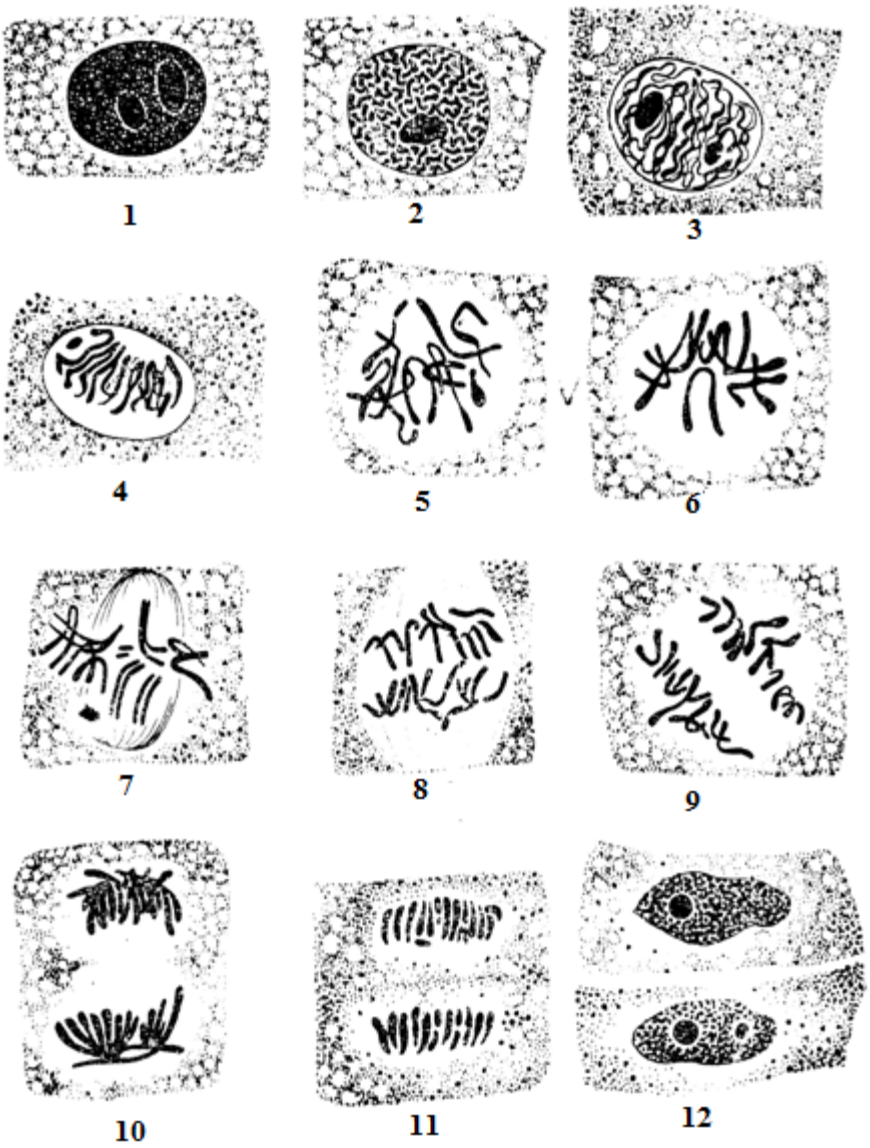


Рис. 8 Кариокинез в клетках кончика корешка лука: 1 – ядро в период между делениями клеток; 2 и 3 – профаза; 4 – переход к метафазе;
5 и 6 – метафаза; 7 – переход к анафазе; 8 и 9 – анафаза; 10 и 11 – телофаза; 12 – обособление двух новых клеток.

Метафаза. После растворения ядерной оболочки карио– и цитоплазма перемешиваются и хромосомы вместе с веретеном оказываются свободно лежащими в центральной зоне клетки. К каждой хромосоме прикрепляется по одной нити веретена, фиксация их осуществляется на определенных точках хромосом – *кинетохорах,* а прикрепившиеся нити получают название тянущих в отличие от остальных мантийных нитей веретена. Этот процесс реализуется в результате изменения биохимического состава

хромосомы. Поскольку внутриклеточное давление на периферии клетки сильнее, чем в ее разжиженной центральной зоне, именно сюда токами жидкости постепенно сносятся все хромосомы, которые и оказываются лежащими в одной плоскости на равном расстоянии от полюсов веретена. Такое расположение хромосом получило название *экваториальной* или *материнской пластинки* или *звезды.* В метафазе хромосомы сильно окрашиваются ядерными красками, и вся их совокупность, в отличие от неокрашенного веретена, именуется хроматиновой фигурой. Формирование материнской звезды определяет конец метафазы.

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

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

В нашем препарате при малом увеличении увидим, что кончик корешка лука построен из 3 клеточных зон: концевой, напоминающей вытянутый закругленный мысок из отмирающих, плохо красящихся клеток; далее следует зона, в которой клеточное размножение идет быстрее всего (точка роста); наконец, участок, где деления прекратились. В любом поле зрения попадутся как делящиеся, так и неделящиеся клетки. Выявим и зарисуем последовательные фазы митоза: профазу, метафазу, анафазу, телофазу. На каждой фазе надо зарисовать 2 – 3 клетки при большом увеличении,

обращая главное внимание на структуру ядра. При примененной технике цитоплазма кажется прозрачной и пустой.

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

В телофазе дочерние группы достигают полюсов и формируют плотные скопления, из которых отдельные хромосомы торчат в форме зубцов. Вещество хромосом все более и более расплывается, вокруг дифференцируется ядерная оболочка, появляются ядрышки и, наконец, реконструируется рабочее ядро, а в плоскости экватора возникает тонкая протоплазматическая перегородка – фрагмопласт, разделяющая клетку на две.

Митоз в клетках животных отличаются от митоза в растительных клетках морфологически, главным образом способом формирования веретена. В клетках животных выражены *центросомы* и веретено деления закладывается при их активном и непосредственном участии. В профазе центросома активируется и делится на две. По мере того как в ядре консолидируются и отчетливее выступают хромосомы, разделившиеся центросомы начинают расходиться и между ними возникает пучок тонких тяжей, или нитей, – так начинается формироваться *веретено деления.* При расхождении центросом удлиняющееся веретено тесно прилегает к ядерной оболочке, которая под ним расплывается и как бы «тает», пока не исчезнет совсем. Этот момент знаменуется окончание профазы. После

растворения оболочки карио– и цитоплазма в центральной зоне клетки перемешиваются, и этот участок разжижается. Сюда сносятся внутриклеточными токами жидкости и веретено, и хромосомы, и здесь же формируются метафазическая пластинка. Полюса веретена отмечены лежащими в них центросомами. Фиксация хромосом на тянущих нитях кинетохорами происходит аналогично тому, как сказано выше, при описании митоза в корешке лука Анафаза и телофаза протекают так же, как и у растений. Перешнуровка же материнской клетки на две дочерние осуществляется не фрагмопластом, а путем закладки бороздки в экваториальной плоскости клеточного тела, постепенно перетягивающей последнее на две части, причем в каждой из них оказывается по дочернему ядру.

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

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

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

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте биологическое значение митоза.

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

Заполнить таблицу 4 «Митоз – непрямое деление клетки»

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

7. МЕЙОТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК

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

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

Особенности профазы I мейотического деления. Во-первых, эта стадия занимает большой отрезок времени (от суток до годов). Во-вторых, она

состоит из нескольких структурно-функциональных фаз (лептотена, зиготена, пахитена, диплотена, диакинез). Далее, в этот период происходит объединение, конъюгация гомологичных (родительских) удвоенных в результате репликации хроматид, при этом образуются тетрады, т. е. хромосомные комплексы, состоящие из четырех хроматид (удвоенные материнские и удвоенные отцовские), которые соединены вместе с помощью специальной структуры – синаптонемального комплекса. В это же время происходит обмен участками между хроматидами гомологичных хромосом (но не между сестринскими хроматидами одного гомолога) – кроссинговер. Кроме того, в процессе конъюгации и обмена происходит синтез примерно 1,5 % хромосомной ДНК.

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

Эта профаза отличается также длительностью во времени, необходимого для прохождения перечисленных выше событий. Обычная соматическая профаза длится 0,5 – 1,5 часа. Мейотическая профаза сперматоцита I порядка у самцов мыши длится 12 суток, у человека – 24 дня (плюс еще около двух месяцев до полного созревания сперматозоида). Среди женских половых клеток профаза I порядка тритона обыкновенного длится около 1 года, у мыши от 4 месяцев до 3 лет, у человека профаза I ооцитов начинается на третьем месяце внутриутробного развития и может продолжаться до 50 – летнего возраста женщины. При этом у человека происходит постепенная гибель заложенных ооцитов: у 3–х месячного эмбриона их около7 х 10^6 клеток, к рождению ребенка их остается около 2 х 10^6, к половому созреванию – 3 х 10^5, всего же созревает (овулируют) примерно 5 х 10^2 ооцитов.

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

Стадии профазы I мейотического деления

Вся профаза I мейотического деления состоит из нескольких стадий: лептотена – стадия тонких нитей (хромосом), зиготена – стадия сливающихся (объединяющихся, конъюгирующих) нитей, пахитена – стадия толстых нитей, диплотена – стадия двойных нитей, диакинез – стадия расходящихся нитей (рис. 5).

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

Так, у человека при спермиогенезе стадии лептотены с зиготеной занимают 6,5 сут, пахатина – 15, диплотена и диакинез – 0,8; у мыши

лептотена с зиготеной длятся около 3 суток, пахитена – 7 суток, диплотена с диакинезом – около 2 суток;

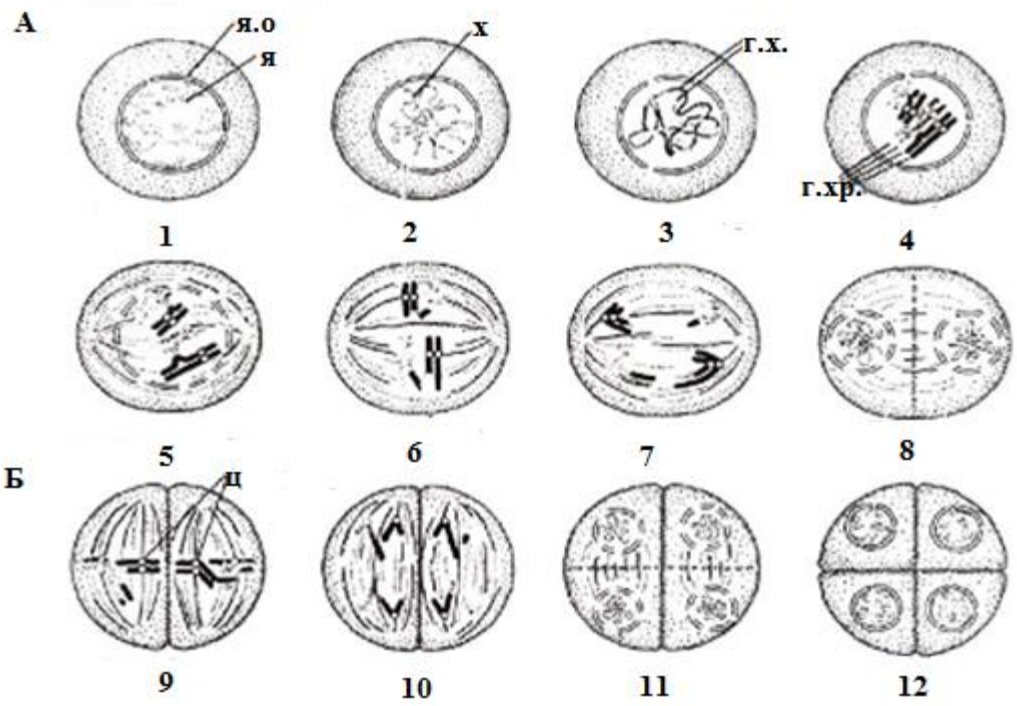


Рис. 5 Мейотическое деление клетки: А – редукционное деление;
1 – интерфаза; 2 – ранняя пролфаза I; 3 – 4 – профаза I; 5 – поздняя профаза I; 6 – метафаза I; 7 – анафаза I; 8 – телофаза I; я.о. – ядерная оболочка; я – ядро; х – хроматин; г.х. – гомологичные хромосомы; г.хр. – гомологичные хроматиды;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

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

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

разнородности, так как теперь в каждом хромосомном наборе нет аллельных генов.

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

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

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

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

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

Контрольные вопросы

1. В чем сущность и биологическое значение редукционного деления.
2. В чем сходство и каковы различия митотической и мейотической профазы.

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

8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ и энергии (метаболизм) – это совокупность химических реакций, протекающих в клетках или в целостном организме и заключающихся в синтезе сложных молекул и новой протоплазмы (анаболизм) и в распаде молекул с освобождением энергии (катаболизм). Энергия необходима для биосинтеза (образования нового вещества), осмотической работы (поглощения и секреции клетками разных веществ), механической работы (при движении) и других реакций.

Обмен веществ и энергии – это важнейшее свойство живого, проявляющееся на разных уровнях организации живого. Благодаря обмену веществ и энергии происходят рост и размножение, формируются другие важнейшие свойства клеток и организмов. Характерная особенность метаболических функций животных и растительных клеток заключается в том, что они являются ферментативными и сходны между собой, поскольку клетки всех организмов обладают всеми молекулами, играющими центральную роль в метаболизме и обеспечивающими переход энергии одного вида в энергию другого вида. Кроме того в основе регуляции метаболических путей лежат общие механизмы. Благодаря этому энергетические процессы у всех живых существ сходны. Жизнь существует и продолжается лишь благодаря энергии.

Основными метаболическими процессами являются анаболизм (ассимиляция) и катаболизм (диссимиляция).

Анаболизм, или ассимиляция (от лат. assimilatio – уподобление), представляет собой эндотермический процесс уподобления поступающих в клетку веществ веществам самой клетки. Она является «созидательным» метаболизмом.

Важнейшим моментом ассимиляции является синтез белков и нуклеиновых кислот. Частным случаем анаболизма является фотосинтез, который представляет собой биологический процесс, при котором

органическое вещество синтезируется из воды, двуокиси углерода и неорганических солей под влиянием лучистой энергии Солнца. Фотосинтез в зеленых растениях является автотрофным типом обмена.

Катаболизм, или диссимиляция (от лат. dissimilis – расподобление), является экзотермическим процессом, при котором происходит распад веществ с освобождением энергии. Этот распад происходит в результате переваривания и дыхания. Переваривание представляет собой процесс распада крупных молекул на более мелкие молекулы, тогда как дыхание является процессом окислительного катаболизма простых Сахаров, глицерина, жирных кислот и дезаминированных аминокислот, в результате которого происходит освобождение жизненно необходимой химической энергии. Эта энергия используется для пополнения запасов аденозинтрифосфата (АТФ), который является непосредственным донором (источником) клеточной энергии, универсальной энергетической «валютой» в биологических системах. Пополнение запасов АТФ обеспечивается реакцией фосфата (Ф) с аденозиндифосфатом (АДФ), а именно:

АДФ + Ф + энергия → АТФ

Когда АТФ разлагается на АДФ и фосфат, энергия клетки освобождается и используется для работы в клетке.

Для живых существ первичным источником энергии является солнечная радиация, в частности видимый свет, который состоит из электромагнитных волн, встречающихся в виде дискретных единиц, называемых фотонами или квантами света. Энергия видимого света улавливается зелеными растениями в процессе фотосинтеза, который осуществляется в хлоропластах их клеток.

Химию фотосинтеза описывают следующими уравнениями:

$$4H_2O \rightarrow 4OH^- - 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4H^+$$

$$2НАДФ + 4e^- + 2H^+ \rightarrow 2НАДФ\cdot H$$

$$2\ H^+ + 2\ НАДФ\cdot H + CO_2 \rightarrow 2НАДФ + H_2O + CH_2O$$

$$CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O_2.$$

Получение энергии в результате окисления неорганических веществ происходит при хемосинтезе. Рассмотрим некоторые из наиболее известных примеров, начав с нитрифицирующих бактерий, роль которых была показана С. Н. Виноградским.

Нитрифицирующие бактерии являются обитателями почвы. Они получают энергию окислением аммиака, образующегося в почве в результате разложения белков (остатков животных и растений). Реакция окисления аммиака может быть описана следующим уравнением:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$$

В этой реакции выделяется энергия в количестве бй2 кДж. Образующаяся в ходе этой реакции азотистая кислота окисляется

нитрифицирующими бактериями другого вида до азотной кислоты с выделением энергии в количестве 101 кДж. Эта реакция описывается следующим уравнением:

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$$

Энергия, освобождаемая в этих реакциях, используется для синтеза органических веществ.

Серобактерии получают энергию, окисляя сероводород. Этот процесс можно описать следующим уравнением:

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S + \text{энергия}$$

Образующаяся в результате этой реакции свободная сера накапливается в цитоплазме серобактерий. Если недостает далее сероводорода, то происходит окисление свободной серы в бактериальной цитоплазме с дальнейшим освобождением энергии:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + \text{энергия}$$

Эта энергия используется для синтеза органических веществ из углекислого газа. Хемосинтезирующие бактерии окисляют также соединения железа и марганца. Считают, что образование залежей железных и марганцевых руд является результатом деятельности микроорганизмов в прошлые геологические эпохи (В. И. Вернадский).

Животные организмы получают энергию, уже запасенную в углеводах, через пищу. Освобождение энергии, запасенной в углеводах, осуществляется в результате дыхания – аэробного и анаэробного. При аэробном дыхании расщепление молекул, содержащих запасенную энергию, происходит путем гликолиза и в цикле Кребса. При анаэробном дыхании действует только гликолиз. Таким образом, жизнедеятельность клеток животных организмов обеспечивается в основном энергией, источником которой служат реакции окисления-восстановления «топлива» (глюкозы и жирных кислот), в процессе которых происходит перенос электронов от одного соединения (окисление) к другому (восстановление). С окислительно-восстановительными реакциями сопряжено фосфорилирование. Эти реакции протекают как при фотосинтезе, так и дыхании.

Задание

1. В процессе энергетического обмена произошло расщепление 7 моль глюкозы, из которых полному подверглось только 2. Определите:

а) сколько моль молочной кислоты и CO_2 при этом образовалось?

б) сколько АТФ при этом синтезировано?

в) сколько энергии запасено в этих молекулах АТФ?

2. В результате энергетического обмена в клетке образовалось 5 моль молочной кислоты и 27 моль углекислого газа. Определите:

а) сколько всего моль глюкозы израсходовано?

б) сколько из них подверглось полному расщеплению, а сколько гликолизу?

в) сколько энергии запасено?

г) Сколько моль кислорода пошло на окисление?

3. Мышцы ног при беге со средней скоростью расходуют за 1 минуту 24 кДж энергии. Определите:

а) сколько всего граммов глюкозы израсходуют мышцы ног за 25 минут бега, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве?

б) накопится ли в мышцах молочная кислота?

4. Мышцы руке при выполнении вольных упражнений расходуют за 1 минуту 12 кДж энергии. Определите: а) сколько всего граммов глюкозы израсходуют мышцы ног за 10 минут, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве?

б) накопится ли в мышцах молочная кислота?

5. Бегун расходует за 1 минуту 24 кДж энергии. Сколько глюкозы потребуется для бега с такой затратой, если 50 минут в его организме идет полное окисление глюкозы, а 10 минут – гликолиз?

9. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

9.1. Структура и свойства генетического кода

Генетическая информация о синтезе белков содержится в молекулах ДНК и закодирована с помощью кода, получившего название генетического. Код, его структура и свойства были открыты в 60-х годах.

Структура генетического кода характеризуется тем, что он является триплетным, т. е. состоит из триплетов (троек) азотистых оснований ДНК, получивших название кодонов. Из 64 (4 х 4 х 4) возможных сочетаний нуклеотидов (кодонов) 61 является кодирующим, кодируя место аминокислоты в полипептидах. Три кодона, не кодируя места аминокислот в полипептиде, детерминируют лишь остановку синтеза полипептида. Поэтому они названы стоп-кодонами или, иногда, терминирующими кодонами. Итак, один кодон кодирует место одной аминокислоты в полипептидной цепи (табл. 5).

Что касается свойств генетического кода, то их несколько. Код является неперекрывающимся, линейным, не имеющим пунктуации («запятых»), обеспечивающей свободные пространства между кодонами, и вырожденным.

Неперекрываемость генетического кода означает, что любое азотистое основание является членом только одного кодона. Ни одно азотистое основание не входит одновременно в два кодона. Например, в последовательности ААГАУАГЦА имеется три кодона ААГ, АУА, ГЦА, но не перекрывающиеся кодоны ААГ, АГА, ГАУ и т. д.

Код является линейным по той причине, что молекулы ДНК являются линейными полимерами. Кодоны в виде триплетов азотистых оснований следуют вдоль молекулы ДНК без перерывов в направлении от 5'-конп:а к 3'-концу, причем между кодонами нет свободных пространств, нет пунктуации.

Таблица 5

Генетический код

Первое положение	Второе положение				Третье положение
	У	Ц	А	Г	
У	фенилаланин	серии	тирозин	цистеин	У
	фенилаланин	серии	тирозин	цистеин	Ц
	лейцин	серии	охре	терминатор	А
	лейцин	серин	амбер	триптофан	Г
Ц	лейцин	пролин	гистидин	аргинин	У
	лейцин	пролин	гистидин	аргинин	Ц
	лейцин	пролин	глютамин	аргинин	А
	лейцин	пролин	глютамин	аргинин	Г
А	изолейцин	треонин	аспарагин	серин	У
	изолейцин	треонин	аспарагин	серин	Ц
	изолейцин	треонин	лизин	аргинин	А
	метионин	треонин	лизин	аргинин	Г
Г	валин	аланин	аспарагиновая кислота	глицин	У
	валин	аланин	аспарагиновая кислота	глицин	Ц
	валин	аланин	глютаминовая кислота	глицин	А
	валин	аланин	глютаминовая кислота	глицин	Г

Вырожденность кода определяется тем, что место в полипептиде одной и той же аминокислоты может кодироваться одновременно несколькими кодонами, но не совместно, а раздельно. Это распространяется на все аминокислоты, кроме метионина и триптофана, которым соответствуют одиночные кодоны.

9.2. Синтез белка

«Мост» между геном (кодонами) и белком обеспечивается РНК. Точнее, информация, закодированная в последовательности азотистых оснований ДНК, вначале переносится от ДНК к матричной РНК (мРНК). Этот этап переноса информации носит название транскрипции и происходит у прокариотов в нуклеоиде, а у эукариотов – в ядре. Что же касается перевода информации с мРНК в белки, то этот этап декодирования получил название трансляции.

Транскрипция – первый этап в передаче генетической информации, сущность которого заключается в синтезе мРНК. Синтез молекул мРНК происходит в ядре клетки и очень сходен с репликацией ДНК. Отличие заключается лишь в том, что в качестве матрицы (шаблона) для

копирования цепи мРНК используется лишь одна цепь ДНК. При этом копирование мРНК может начаться с любого пункта одиночной цепи ДНК, к которому прикрепляется РНК-полимераза и который называют промотором.

Трансляция является важной составной частью общего метаболизма клетки и ее сущность заключается в переводе генетической информации с мРНК, являющейся первичным продуктом действия генов, в аминокислотную последовательность белков. Трансляция происходит в цитоплазме на рибосомах и является центральным процессом в синтезе белков. В этом процессе участвуют тРНК, которые характеризуются специфической последовательностью нуклеотидов. Их антикодоны комплементарны кодонам мРНК. Антикодоны располагаются в центре тРНК. Известно 55 антикодонов. Каждая тРНК способна присоединять и переносить только одну аминокислоту, но на каждую аминокислоту имеется 1-4 молекул тРНК.

Окончание синтеза (терминация) детерминируется стоп-кодонами УАГ, УАА и У ГА. Когда один из этих кодонов подойдет к А-сайту рибосомы, то полипептид, тРНК в Р-сайте и мРНК освобождаются, а рибосомные субъединицы диссоциируют.

Синтез белков является исключительно точным механизмом. Обобщенные результаты исследований частоты ошибок в белковом синтезе показывают, что одна ошибка, т. е- одно включение «неправильной» аминокислоты, происходит лишь на каждые 10 000 включенных аминокислот. Точность механизма белкового синтеза обеспечивается точностью связывания аминокислот со своими тРНК и точностью спаривания кодонов мРНК с антикодонами тРНК.

Задание

Необходимые пояснения:

- Один шаг это полный виток спирали ДНК–поворот на 360^{o}
- Один шаг составляют 10 пар нуклеотидов
- Длина одного шага – 3,4 нм
- Расстояние между двумя нуклеотидами – 0,34 нм
- Молекулярная масса одного нуклеотида – 345 г/моль
- Молекулярная масса одной аминокислоты – 120 г/мол
- В молекуле ДНК: А+Г=Т+Ц (Правило Чаргаффа: ∑(А) = ∑(Т), ∑(Г) = ∑(Ц), ∑(А+Г) =∑(Т+Ц)
- Комплементарность нуклеотидов: А=Т; Г=Ц
- Цепи ДНК удерживаются водородными связями, которые образуются между комплементарными азотистыми основаниями: аденин с тимином соединяются 2 водородными связями, а гуанин с цитозином тремя.
- В среднем один белок содержит 400 аминокислот;
- вычисление молекулярной массы белка:

$$M_{min} = \frac{а}{в} \times 100\%,$$

где M_{min} – минимальная молекулярная масса белка, а – атомная или молекулярная масса компонента, в – процентное содержание компонента.

Задачи

1. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 6000 нуклеотидов. Определите длину данного фрагмента ДНК.
2. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 4500 нуклеотидов. Определите длину данного фрагмента ДНК.
3. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 730 пар нуклеотидов, из них гуаниловых нуклеотидов 425. Определите длину данного фрагмента и количество адениловых, тимидиловых и цитидиловых нуклеотидов.
4. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 950 пар нуклеотидов, из них адениловых нуклеотидов 340. Определите длину данного фрагмента и количество гуаниловых, тимидиловых и цитидиловых нуклеотидов.
5. Определите количество водородных связей во фрагменте ДНК – ТЦГАГТАЦЦТАТГАТЦЦЦ
6. Молекула ДНК состоит из 4000 нуклеотидов. Определите число полных спиральных витков в данной молекуле.
7. Длина участка молекулы ДНК составляет 578 нм. Определите количество нуклеотидов в ДНК.
8. В молекуле ДНК 28 % тимидиловых нуклеотидов. Определите количество адениловых нуклеотидов.
9. Фрагмент молекулы ДНК содержит 350 цитидиловых нуклеотидов, что составляет 28% от общего количества нуклеотидов. Определить сколько в данном фрагменте адениловых, гуаниловых, тимидиловых, нуклеотидов и его молекулярную массу
10. Длина участка молекулы ДНК составляет 544 нм. Определите количество нуклеотидов в ДНК и его молекулярную массу.
11. Молекулярная масс молекулы ДНК составляет 27600 г/моль Определите количество нуклеотидов в молекуле и её длину.
12. Фрагмент и-РНК имеет следующую последовательность нуклеотидов АГЦУУАГЦУААГ. Определите последовательность антикодонов т-РНК соответствующие кодонам и-РНК
13. Участок молекулы и-РНК состоит из 300 нуклеотидов, Определите его длину.
14. Участок молекулы белка имеет следующую последовательность аминокислот: аланин-цистеин-валин-серин-глицин-треонин. Определите одну из возможных последовательностей нуклеотидов в молекуле ДНК.
15. Фрагмент молекулы и-РНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГАГЦЦАААУАЦУУУА. Определите последовательность аминокислот в молекуле белка и её молекулярную массу.

16. Ген ДНК включает 450пар нуклеотидов. Какова длина, молекулярная масса гена и сколько аминокислот закодировано в нём?

17. Фрагмент ДНК имеет молекулярную массу 82800г/моль. Определите длину фрагмента ДНК и число аминокислот закодированных в нём.

18. В состав белковой молекулы входит 204 аминокислоты. Определите количество нуклеотидов в и-РНК и гене ДНК, а также количества молекул т-РНК принявших участие в синтезе данного белка.

19. Фрагмент цепи ДНК имеет следующую последовательность: ГГТАЦГАТГТЦААГА. Определите, последовательность нуклеотидов на и-РНК, антикодоны т-РНК, и последовательность аминокислот соответствующая фрагменту гена ДНК.

9.3. Моногибридное скрещивание

Моногибридное скрещивание – это такое скрещивание, при котором родительские пары различаются по одной паре альтернативных (контрастных) признаков. Г. Мендель при скрещивании гороха (Pisum sativum) учитывал альтернативные признаки по окраске семян гороха («А» – желтая окраска и «а» – зеленая окраска семян).

При скрещивании гомозиготной особи по признаку желтой окраски «АА» с гомозиготной особью по зеленой окраске «аа» Г. Мендель наблюдал единообразие по фенотипу и генотипу в первом поколении. Так как гомозигота, образовавшаяся от слияния гамет несущих одинаковые гены «А» или «а» и гетерозигота – это зигота, образовавшаяся от слияния гамет несущих различные гены «А» и «а», то гомозиготные родители будут образовывать только один тип гамет: первый доминантный родитель «А», а второй рецессивный «а».

Используя буквенную символику, составим схему скрещивания. Р ♀ АА х ♂ аа. Фенотип жёлтые семена (АА) и зелёные семена (аа). Тип гамет А, а. В результате скрещивания образуются гибриды F1– Аа – Желтые семена

Гибриды первого поколения «Аа» были гетерозиготны и имели все семена жёлтой окраски, т. е. желтая окраска оказалась преобладающей, а зеленая окраска не проявилась, т. е. была рецессивной. В 1909 году В. Иогансен ввел понятия генотип, фенотип. Генотип – совокупность генов. Совокупность генов может быть гомозиготной или гетерозиготной. Фенотип – совокупность фенов или внешних признаков. Так в первом поколении при скрещивании гомозиготных особей по доминантным и рецессивным аллелям гибриды имели один генотип, один фенотип, т. е. потомство было единообразным Г. Менделем было сформулировано правило о единообразии или доминировании гибридов первого поколения. Во втором поколении, полученном от скрещивания гибридов F_1 между собой, наблюдалось расщепление. Для анализа расщепления удобно

пользоваться решёткой Пеннета. Пеннет предложил типы гамет матери расположить по вертикали, типы гамет отца по горизонтали), образовавшееся потомство от слияния соответствующих типов гамет располагается внутри решётки.

Образовавшиеся от такого скрещивания гаметы сливаются так: гамета «А» сливается с гаметой «А», равно вероятно, как и гаметы «А» с «а» и «а» с «а». Следовательно, в потомстве будут образовываться генотипы АА, Аа, Аа, аа, т. е. на одну гомозиготу АА – две гетерозиготы Аа и одна гомозигота аа, т. е. расщепление в F_2 по генотипу соответствует 1:2:1, по фенотипу – 3 части жёлтосеменных и 1 часть зелёносеменных растений (3:1).

Однако, такое расщепление возможно лишь при полном доминировании. При неполном доминировании гетерозигота даёт проявление в фенотипе промежуточного признака. Например: скрещиваются гомозиготные красноцветковые и белоцветковые растения ночной красавицы, в потомстве F_1 образуются розовоцветковые растения.

Р ♀Аа х ♂Аа

↓

♀ \ ♂	А	а
А	АА Желтые семена	Аа Желтые семена
а	Аа Желтые семена	Аа Зеленые семена

Во втором поколении расщепление по фенотипу и по генотипу совпадает и соответствует 1:2:1, то есть по фенотипу на 1 часть красноцветковых 2 части розовоцветковых и 1 часть белоцветковых; по генотипу на 1 часть гомозигот по доминанту (RR) приходится 2 гетерозиготы (Rr) и одна часть гомозигот по рецессиву (rr).

Для анализа гибридов первого поколения Г. Мендель проводил анализирующее скрещивание – это такое скрещивание, при котором гибриды первого поколения возвратно скрещиваются с рецессивным родителем и потомство обозначается F_a.

В потомстве F_1 (в гетерозиготе) могут одновременно проявляться признаки обоих родителей. Этот тип наследования получил название кодоминирования. Его примером служит наследование группы крови у

человека и животных, окраска шерсти у крупного рогатого скота.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику понятиям и терминам и объясните взаимосвязь между ними:

- наследственность, изменчивость, генотип, фенотип;
- ген, аллельные гены, гетерозигота, гомозигота, гемизигота;
- признак, доминантность, рецессивность;
- моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание, единообразие и расщепление признаков, решетка Пеннета;
- сцепленное наследование, группы сцепления;
- хромосомное определение пола, гомогаметность, гетерогаметность, наследование генов.

2. Какое скрещивание называют моногибридным и каковы его цитологические основы?
3. Какие правила и закономерности проявляются при дигибридном скрещивании? Проиллюстрируйте примерами.
4. Раскройте сущность закона чистоты гамет. Каково его цитологическое обоснование?
5. В чем проявляется множественность действия генов и каковы причины этого явления?
6. В чем сущность третьего закона Г. Менделя и каковы его цитологические основы?
7. Раскройте основные положения хромосомной теории наследственности.
8. В чем выражается взаимодействие генов и какова причина этого явления?

Задание

1. Заполните таблицу 6 «Генетические законы».

Таблица 6

Генетические законы

№ п/п	Генетические законы	Определение	Примеры	Форма действия
1	Закон расщепления			
2	Закон независимости распределения генов			
3	Закон сцепления			

2. Решите задачи.

Задача 1.

У фигурной тыквы белая окраска плодов доминирует над желтой. Каким будет потомство первого и второго поколения от скрещивания

гомозиготных белой и желтой тыкв? Каковы результаты скрещивания одного из растений первого поколения с желтой формой?

Задача 2.

У крупного рогатого скота комолость (безрогость) доминирует над рогатостью. Две рогатые и одна комолая корова были осеменены спермой комолого быка. Одна рогатая корова принесла рогатого теленка, другая – комолого. Комолая корова дала рогатого теленка. Каковы генотипы всех родительских особей? Какого потомства можно ожидать в дальнейшем от каждого из приведенных скрещиваний?

Задача 3.

У кур черная окраска оперения доминирует над бурой, наличие хохла доминирует над его отсутствием. Курица и петух – черные и хохлатые, от них получено 13 цыплят: 6 черных хохлатых, 4 бурых хохлатых, 2 черных без хохла и 1 бурый без хохла. Каковы генотипы родителей?

Задача 4.

Белые куры дают белое потомство, а черные – черное. Белая и черная особи дают голубое потомство. Каким будет потомство голубых кур?

Задача 5.

Платиновые лисицы имеют генотип Аа, в их потомстве исключительно редко появляются нежизнеспособные щенки белого цвета. Каким может быть их генотип и чем объясняется их гибель, если принять во внимание, что скрещивание платиновых лисиц с серебристо–серыми приводит к расщеплению 50% платиновых и 50% серебристо–серыми?

Задача 6.

От черепаховой кошки родилось несколько котят, один из которых оказался рыжей кошкой. Каковы фенотип и генотип кота и этого котенка?

Задача 7.

Серебристую курицу из породы белой виандот скрестили с золотистым петухом породы леггорн. Определите числовое соотношение расщепления гибридов по генотипу и фенотипу (по полу и окраске птиц).

9.4. Дигибридное скрещивание

Дигибридное скрещивание – скрещивание, при котором родительские пары различаются по двум парам альтернативных признаков. Например, скрещиваются гомозиготные особи по окраске и характеру поверхности семян:

Генотипы →	AABB	x	аавв
Фенотипы →	жёлтые гладкие семена		зелёные морщинистые семена
Тип гамет	AB		ав
гибриды F1		AaBв	
		Желтые гладкие семена	

Так как оба родителя гомозиготны, то дают по одному типу гамет «АВ» и «ав». При слиянии этих гамет образуются гетерозиготы «АаВв», т. е. все потомки первого поколения будут иметь гетерозиготный генотип и по фенотипу будут все с желтыми гладкими семенами. Что соответствует первому правилу Менделя – единообразия гибридов первого поколения.

При скрещивании гибридов F_1 между собой, каждый родитель ♀АаВв х ♂ АаВв дает уже не два типа гамет, а четыре (22). Составим решетку Пеннета:

♀ \ ♂	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
Ав	ААВв	ААвв	АаВв	Аавв
аВ	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
ав	АаВв	Аавв	ааВв	аавв

Оказалось, что расщепление по фенотипу будет соответствовать 9/16 АВ (жёлтых гладких), 3/16 Ав (жёлтых морщинистых), 3/16 аВ (зелёных гладких) и 1/16 ав (зелёных морщинистых). По генотипу: ААВВ – 1; ААвв – 1; ааВВ – 1; аавв – 1; Аавв – 2; АаВВ – 2; ААВв – 2; ааВв – 2; АаВв – 4. Количество генотипов в F_2 будет 9, т. е. $(3)^2$

Теперь проведём анализ отдельно по каждому признаку. по окраске: жёлтых всего 12 – зелёных всего 4, т. е. (12:4) или (3:1) по поверхности: гладких 12 – морщинистых 4, т. е. (12:4) или (3:1) Индивидуально расщепление по каждому признаку соответствует 3:1, т. е. признаки комбинируются независимо друг от друга, частота встречи гамет равновероятна.

При решении задач на ди-, три- и полигибридное скрещивание необходимо пользоваться формулой бинома Ньютона $(3+1)^n$, где n – число анализируемых признаков. Так при тригибридном скрещивании расщепление будет соответствовать $(3+1)^3$,т. е. 27/64 АВС: 9/64 АВс: 9/64 АвС: 9/64 аВС: 3/64 авС : 3/64 аВс : 3/64 Авс : 1/64 авс.

Количество типов гамет рассчитывается по формуле 2n, типов фенотипов 2^n и генотипов 3^n, где «n» число анализируемых признаков.

Контрольные вопросы

1. В чем суть дигибридного скрещивания? Какаие правила и закономерности проявляются при дигибридном скрещивании?
2. В чем сущность третьего закона Г. Менделя и каковы его цитологические основы?
3. Укажите цитогенетические основы и биологическое значение кроссинговера.

Задание

Решите задачи

Задача 1 У морских свинок вихрастая (розеточная) шерсть (Р) доминирует над гладкой (р), а черная окраска тела (В) над белой (в). Гомозиготная розеточная черная свинка скрещена с гладкошерстной белой свинкой:

а) какой генотип и фенотип будет у потомства F_1 и F_2;

б) Какая часть розеточных черных особей потомства F_2 будет гомозиготна по обоим признакам?

Задача 2 Определите, какие типы гамет образуют растения следующих генотипов:

1) ААВВ; 4) ААВв;

2) АаВВ; 5) Аавв;

3) ааВВ; 6) АаВв.

Задача 3 Определите, сколько фенотипичных классов образуется при анализирующим скрещивании следующих генотипов:

1) ААВв; 3) АаВВ;

2) Аавв; 4) АаВВ.

Задача 4 У каких ген черной окраски шерсти (В) доминирует над геном рыжей окраски (в), а ген короткой шерсти (S) доминирует над геном длинной шерсти (s).

а) Постройте решетку Пеннета для каждого из следующих скрещиваний:

- BbSs . Bbss
- BBSs . Bbss
- BbSs . bbss

б) Какова ожидаемая доля особей с черной короткой шерстью среди потомков от скрещивания BBSs . Bbss?

Задача 5 У растений томата ген пурпурной окраски стеблей А доминирует над геном зеленой окраски а, а ген красной окраски плодов R доминирует над геном желтой окраски r. Если скрестить два томата, гетерозиготных по обоим этим признакам, то какой будет среди потомков доля растений:

а) с пурпурными стеблями и желтыми плодами;

б) с зелеными стеблями и красными плодами;

в) с пурпурными стеблями и красными плодами?

Задача 6 У кур ген гороховидного гребня (Р) доминирует над геном простого гребня (р), а по генам черной (В) и белой ($В_1$) окраски наблюдается неполное доминирование: особи с генотипом $ВВ_1$ имеют «голубую» окраску. Если скрещивать птиц, гетерозиготных по обоим парам генов, то какая доля потомков будет иметь:

а) простой гребень; б) голубую окраску;

в) белую окраску; г) белую окраску и гороховидный гребень;

д) голубую окраску и простой гребень.

Задача 7 Самку дрозофилы, гетерозиготную по рецессивным генам темной окраски тела и миниатюрных крыльев, скрестили с самцом, имевшим темное тело и миниатюрные крылья.

От этого скрещивания было получено:

- 249 мух с темным телом и миниатюрными крыльями;
- 20 мух с нормальной окраской тела и нормальными крыльями;
- 15 мух с темным телом и нормальными крыльями;
- 216 мух с нормальной окраской тела и миниатюрными крыльями.

Считаете ли вы, исходя из этих данных, две эти пары генов сцепленными или не сцепленными? Если вы решили, что они сцеплены, то укажите, какое из двух приведенных ниже утверждений правильно описывает их сцепление у самки:

а) гены темной окраски тела и миниатюрных крыльев лежат в одной хромосоме, а гены нормальной окраски тела и нормальных крыльев – в ее гомологе.

Во время мейоза произошли кроссинговеры;

б) гены темной окраски тела и нормальных крыльев лежат в одной хромосоме, а гены нормальной окраски тела и миниатюрных крыльев – в ее гомологе. Во время мейоза произошли кроссинговеры.

Задача 8 У флоксов белая окраска цветка определяется аллелью А, кремовая а, плоский венчик – В, воронковидный – в. Растение с кремовыми плоскими цветками скрещено с растениями, несущим поровну растений с белыми плоскими и кремовыми плоскими цветками. Определите генотип родителей.

Задача 9 Близорукий (доминантный признак) левша (рецессивный признак) вступает в брак с нормальной по обоим признакам женщиной. Известно, что у обоих супругов были братья и сестры, страдающие фенилкетонурией (рецессивный признак), но сами они были здоровы. В их семье первый ребенок был нормальным в отношении всех трех признаков, второй был близоруким левшой, третий оказался болен фенилкетонурией. Определите генотип родителей и всех трех детей. Какие еще возможны генотипы у детей в этой семье.

Задача 10 У мухи дрозофилы отсутствует глаз наследуется как рецессивный признак, а нормальное строение крыльев доминирует над зачаточными крыльями.

а) Скрещены мухи, гетерозиготные по обоим генам. Определите расщепление по фенотипу в их потомстве.

б) Без глаза муха с нормальными крыльями, гетерозиготная по аллелю, скрещена с мухой, имеющей нормальные глаза, гетерозиготной по обоим признакам. Определите генотип и фенотип потомства.

Задача 11 Дигетерозиготная по В (III) группе крови и Rh + женщина вступила в брак с таким же мужчиной:

а) какое расщепление по фенотипу можно ожидать у детей;

б) по какому закону Менделя в этом случае произойдет наследование признака.

У человека присутствие резус – фактора Rh (Д) обусловлено доминантным геном Д.

9.5. Понятие о пенентрантности и экспрессивности

Реализация генотипа в фенотип зависит от того, насколько полно проявляются его гены и какова степень их выражения.

Способность гена проявляться в фенотипе называется пенентрантностью. Мерилом пенентрантности служит доля особей, гомозиготных или гетерозиготных по определенному доминантному гену, или особей, гомозиготных по определенному рецессивному гену, у которых этот ген имеет фенотипическое проявление. Пенентрантность и экспрессивность гена могут зависеть от условий окружающей среды, в которых развивается организм, а также от влияния других присутствующих в организме генов. Например, 100 % пенентрантность рецессивного гена «а» означает, что все особи «аа» имеют фенотипические особенности, отличающие их от особей АА и Аа; если этой особенностью обладает только половина особей «аа», другая половина их фенотипически подобна особям АА и Аа, то говорят, что ген «а» характеризуется 50 % пенентрантностью.

Степень выражения влияния гена на фенотип называется экспрессивностью.

Например, мать носитель доминантного аутосомного гена арахнодактилии («паучьи пальцы»), отец имеет нормальный фенотип. Определить вероятность рождения детей различных фенотипов. При этом пенентрантность гена – арахнодактилии составляет 30 %. Если бы пенентрантность по гену арахнодактилии была бы 100 %, то вероятность детей нормальных и с арахнодактилией была бы равной.

Р Аа х аа
арахнодактилия норма

Проведем анализ: первый родитель дает 2 типа гамет, второй один. В потомстве, каждого типа особей поровну – 0,5, но арахнодактилия проявляется только у 30 % детей. Следовательно, арахнодактилия будет только (0,5 х 0,3 = 0,15) у 15 % детей, остальные 85 % будут нормальные по этому гену.

Задание

Решите задачи

Задача 1 В брак вступили нормальные мужчина и женщина, в семьях, которых один из родителей страдал врожденным псориазом. Определите вероятность фенотипов детей в этой семье, если пенентрантность гена псориаза составляет 20 %.

Задача 2 Определите вероятность рождения нормальных детей в семье, где оба родителя с аниридией и происходят из семей, в которых один из супругов имел эту аномалию. Известно, что пенетрантность данного гена около 80 %.

Задача 3 У человека птоз часто определяется аутосомным рецессивным геном с пенетрантностью 60 %. Определите вероятность рождения детей различных фенотипов в семье, где оба родителя являются гетерозиготными носителями этого гена.

Задача 4 Удлинение (или укорочение) нижней челюсти у овец – дефект не столь уж редкий. Нордби нашел по одному из этих дефектов почти 1,4 % исследованных им 7 000 ягнят рамбулье. Среди ягнят, у которых оба родителя имели один из этих дефектов, он наблюдался у 16,4 %. Наследуются ли эти аномалии? Если да, то как?

Задача 5 Синдром Ван дер Хеве наследуется как доминантный аутосомный плейотропный ген, определяющий голубую окраску склеры, хрупкость костей и глухоту. Пенетрантность признаков различна. В ряде случаев она составляет по голубой склере почти 100 %, хрупкости костей – 63 %, глухоте 60 %.

Носитель голубой склеры, нормальный в отношении других признаков синдрома, вступает в брак с нормальной женщиной, происходящей из благополучной по этому синдрому семьи. Определите вероятность рождения в этой семье глухих детей с признаками хрупкости костей.

Задача 6 Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30 %. Определите вероятность фенотипов детей в семье, где оба родителя гетерозиготны по этому гену.

10. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ГЕНОВ

Типичные менделевские расщепления в F_2 (по фенотипу 3 : 1 при моногибридном и 9 : 3 : 3 : 1 при дигибридном скрещивании) могут быть нарушены. При взаимодействии генов в отличие от независимого наследования проявление большинства генов зависит от наличия других генов.

Различают аллельное и межаллельное взаимодействие генов, примером внутриаллельного взаимодействия генов является неполное доминирование. Например, у ночной красавицы ген «R» обуславливает

проявление красной окраски цветка, ген «r» обуславливает проявление белой окраски цветка, если оба эти гена встречаются вместе (гетерозигота) «Rr», то проявляется розовая окраска и расщепление в F_2 по признакам красной, розовой, белой окраски (по фенотипу) будет соответствовать не 3 : 1, а 1 : 2 : 1; следовательно расщепление по фенотипу и генотипу в F_2 будет совпадать и соответствовать расщеплению 1 : 2 : 1, т. е. при взаимодействии генов менделеевские расщепления в F_2 не сохраняются; появляются новые признаки.

При межаллельном взаимодействии генов различают следующие типы действия и взаимодействия генов: плейотропия, комплементарность, эпистаз, полимерия, модифицирующее действие генов.

10.1. Комплементарное взаимодействие

Комплементарное или дополнительное действие генов, наблюдается в случаях, когда неаллельные гены раздельно не проявляют своего действия, но если эти гены встречаются в генотипе вместе, то обуславливают проявление нового признака.

Например, В. Бэтсон обнаружил, что у душистого горошка доминантный ген А и ген В раздельно обуславливают белую окраску, если гены А и В присутствуют в генотипе вместе, то проявляется красная окраска цветков, при отсутствии в генотипе любого из доминантных генов или обоих доминантов А и В красящий пигмент не образуется и цветки белой окраски. Так, ааВВ – белоцветковые, ААвв – белоцветковые, аавв – белоцветковые, АаВв – красноцветковые.

В F_1 проявляется красная окраска цветков. Менделевские расщепления в F_2 как при дигибридном скрещивании 9 : 3 : 3 : 1 не сохраняются и расщепление при комплементарном взаимодействии соответствует 9/16 А–В– красноцветковых : 7/16 А–вв, ааВ–, аавв белоцветковых (9 : 7).

Задание

Решите задачи

Задача 1 У тыквы дисковидная форма плода определяется взаимодействием двух доминантных генов А и В. При отсутствии в генотипе любого из них плоды имеют сферическую форму. Сочетание рецессивных генов дает удлиненную форму плодов.

Определить форму плодов у растений с генотипами: а) ААВВ; б) ААвв; в) ааВВ; г) АаВВ; д) ааВв; е) аавв.

Задача 2 Определить генотип и фенотип потомства в скрещиваниях: а) ААВВ х аавв; б) АаВВ х ААВВ; в) ААвв х ааВВ; г) АаВв х аавв; д) АаВв х АаВв.

Задача 3 Дигетерозиготное растение с дисковидными плодами скрещено с растением, имеющим удлиненные плоды. Определить генотип и фенотип полученного потомства.

Задача 4 При скрещивании тыквы с дисковидными плодами с растением, имеющим удлиненную форму плодов, получили ¼ растений с дисковидными плодами, $^{2}/_{4}$ – со сферическими плодами и ½ – с удлиненными. Определить генотипы родительских форм.

Задача 5 У баклажанов фиолетовая окраска плодов обусловливается комплементарным воздействием двух пар генов А и В. При отсутствии в генотипе одного из них или если оба гена в рецессивном состоянии растения имеют белые плоды.

При скрещивании двух растений с белыми плодами выросли гибриды первого поколения с окрашенными плодами, а в F_2 получили 900 растений с фиолетовыми плодами и 700 с белыми. Определить тип взаимодействия генов.

Задача 6 Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным дает в первом гибридном поколении зеленозерные растения, а во втором было получено 89 зеленозерных, 28 желтозерных и 39 белозерных растений. Как наследуется окраска семян?

Задача 7 При скрещивании белоплодного растения тыквы с желтоплодным в потомстве получено около половины растений белоплодных, 3/8 желтоплодных и 1/8 – с зелеными плодами. Определите характер наследования окраски плодов и генотипы родителей.

Задача 8 У ночной красавицы известны два неполнодоминантных гена: У и R. В результате их взаимодействия получаются различные окраски цветков: УУRR – алая, УУRr – оранжево-красная, УУrr – желтая, ууRR, ууRr и ууrr – белая, УуRR – маджентовая, УуRr – розовато – маджентовая, Уугг – светло-желтая. Два растения ночной красавицы с неизвестной окраской цветков при скрещивании дали в потомстве 1/8 алых, 1/8 оранжево-красных, 1/4 маджентовых, 1/4 розовато-маджентовых и 1/4 белых. Каковы фенотипы и генотипы родителей?

Задача 9 Две линии кукурузы, имеющие семена с неокрашенным алейроном, при скрещивании друг с другом дали в потомстве семена с окрашенным алейроном, а во втором поколении гибридов появились растения, имеющие семена как с окрашенным, так и с неокрашенным алейроном. Объясните, в каком отношении идет расщепление и почему?

Задача 10 При скрещивании двух сортов тыквы, с белыми и сорта с желтыми плодами, F_1 – белоплодное, а в F_2 на каждые 12 белоплодных растений появилось 3 желтоплодных и 1 с зелеными плодами. Определите характер наследования окраски плодов и генотипы родительских сортов.

10.2. Эпистатическое взаимодействие

Эпистаз проявляется в ингибировании действия одной аллельной пары генов, геном другой, неаллельной им пары. Различают доминантный и рецессивный эпистаз. При этом гены, подавляющее действие других, неаллельных им генов, называются эпистатичными, подавляемые –

гипостатичными. Эпистатическое взаимодействие генов по своему характеру противоположно комплементарному взаимодействию. Например, у овса черная окраска зерна обусловлена доминантным геном А, серая окраска доминантным геном В. Ген А эпистатичен по отношению к гену В и ген В в присутствии гена А не проявляет своего действия. И тогда будет проявляться только черная окраска.

При скрещивании гомозиготных растений овса по черной окраске ААВВ с гомозиготными растениями, имеющими белую окраску аавв в F_1 все растения черносеменные. В F_2 следовало бы ожидать расщепление как при дигибридном скрещивании 9АВ : 3Ав : 3аВ : 1ав, обозначив фенотип АВ – черные, Ав – черные, аВ – серые, ав – белые, получили расщепление 12:3:1.

Менделевское расщепление нарушается и соответствует 12 : 3 : 1 вместо 9 : 3: 3: 1. Эпистатическое взаимодействие генов может быть как доминантным, также и рецессивным.

Задание

Решите задачи

Задача 1 У хлопчатника ген В обуславливает коричневую окраску волокна, ген b – белую. Ген I подавляет проявление коричневой и белой окраски и обуславливает развитие зеленой окраски. Ген i не оказывает влияние на проявление окраски.

Определите окраску волокна у растений, имеющих генотипы: а) iiBB, б) IiBb, в) Iibb г) IIBB, д) iibb.

Задача 2 Определите окраску волокна в следующих скрещиваниях: а)iiBB x IIbb, б) iiBb x iiBB, в) IiBb x IiBb, Г) IiBb x iibb.

Задача 3 У овса черная окраска семян определяется доминантным геном А, а серая окраска – доминантным геном В. Ген А эпистатичен по отношению к гену В, и последний в его присутствии не проявляется. При отсутствии в зиготе обоих доминантных генов проявляется белая окраска зерновки. При скрещивании двух растений, выросших из серых семян, получили серые и белые зерновки в соотношении 3 : 1. Определите генотипы родителей.

Задача 4 При самоопылении растения, выросшего из черного семени, получены черные, серые и белые зерна в соотношении 12 : 3 : 1. Определите генотип исходного растения.

Задача 5 У пшеницы остистость наследуется по типу эпистаза. Ген А определяет развитие остистости, ген а – безостости. Ген В действует как ингибитор остистости, а ген b не влияет на развитие остистости. При скрещивании растения, имеющего генотип ААВВ, с растением, имеющим генотип aabb, в F_1 было получено 18 растений, а в F_2 – 192.

1 Сколько растений F_1 были безостыми?

2 Сколько разных фенотипов было в F_2?

3 Сколько растений в F_2 были остистыми?

4 Сколько растений в F_2 были безостыми?

5 Сколько растений F_2 были безостыми и по обоим генам гомозиготными?

Задача 6 У пшеницы остистость наследуется по типу эпистаза. Ген А определяет развитие остистости, ген а – безостости. Ген В действует как ингибитор остистости, а ген b не влияет на развитие остистости. При скрещивании растения, имеющего генотип aaBb, с растением, имеющим генотип Aabb, было получено 56 растений.

1Сколько типов гамет может образовать родительское растение?

2Сколько разных фенотипов будет при таком скрещивании?

3Сколько разных генотипов может образоваться при таком скрещивании?

4 Сколько растений при таком скрещивании будут остистыми?

5 Сколько растений при таком скрещивании будут безостыми?

Задача 7 У пшеницы остистость наследуется по типу эпистаза. Ген А определяет развитие остистости, ген а – безостости. Ген В действует как ингибитор остистости, а ген b не влияет на развитие остистости. При скрещивании растения F_1 с генотипом AaBb с гомозиготным безостым растением, имеющим рецессивные гены, в Fa было получено 100 растений.

1 Сколько разных типов гамет может образовать материнская форма?

2 Сколько разных фенотипов может быть в Fa?

3 Сколько растений при таком скрещивании будут остистыми?

4 Сколько растений при таком скрещивании будут безостыми?

5 Сколько остистых растений при таком скрещивании будут гетерозиготными по обоим генам?

Задача 8 У пшеницы остистость наследуется по типу эпистаза. Ген А определяет развитие остистости, ген а – безостости. Ген В действует как ингибитор остистости, а ген b не влияет на развитие остистости. При скрещивании растения F_1 с гомозиготным остистым растением, в $F_в$ было получено 16 растений.

1 Сколько разных фенотипов может быть в $F_в$?

2 Сколько разных генотипов может быть в $F_в$?

3 Сколько растений в $F_в$ были остистыми?

4 Сколько растений в $F_в$ имели остистые колосья и были гомозиготными по обоим генам?

5 Сколько растений в F_2 были безостыми?

10.3. Решение задач на полимерное взаимодействие генов

Полимерное взаимодействие генов это однозначное (аддитивное) действие неаллельных генов или другими словами суммарное действие

неаллельных генов, действующих в одном направлении (действующих на развитие одного и того же признака).

Так Нильсон – Эле в 1908 установил, что у пшеницы красная окраска зерна обусловлена двумя парами неаллельных генов A_1 A_1 A_2 A_2; при отсутствии одного из доминанта интенсивность окраски убывает и если в генотипе отсутствуют все доминантные гены, то окраска зерна белая – a_1 a_1 a_2 a_2, расщепление в F_2 по красной и белой окраске будет соответствовать 15 : 1. Так как полимерные гены действуют на развитие одного и того же признака и их обозначают одной буквой, а аллельную пару цифрой A_1 A_1 или A_2 A_2.

Полимерные гены обусловливают наследование количественных признаков. Различают полимерию – кумулятивную и некумулятивную.

Кумулятивной (суммирующей) полимерией называется такое взаимодействие полимерных генов, при котором степень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей, содержащихся в генотипе особи.

При кумулятивной полимерии у гибридов F_2 наблюдается непрерывный ряд изменчивости признака, т. е. интенсивность проявления данного признака зависит от числа генов обусловливающих данный признак.

При кумулятивной полимерии наблюдается явление трансгрессии – это захождение признака потомков за родительский признак, т. е. выщепление в F_1 потомков с более сильным или более слабым выражением признака, чем у каждой из родительских форм и гибридов. Трансгрессии могут быть положительными и отрицательными.

При некумулятивной полимерии развитие признака обусловливается наличием любого числа соответствующих доминантных аллелей полимерных генов, т. е. достаточно одного из них для фенотипического проявления данного признака.

Модифицирующее действие генов.

Наряду с генами "основного" действия, которые назвал К. Мезер олигогенами, на развитие любого признака оказывают действие другие гены, влияние которых не всегда удается установить.

Эти гены не проявляют своего действия, но способны усилить (усилители) или ослаблять (ингибиторы, супрессоры) действие основных или главных генов, такие гены называются генами – модификаторами.

Задание

Решите задачи

Задача 1 У некоторых сортов пшеницы красная окраска зерна контролируется двумя парами полимерных доминантных генов. Два доминантных неаллельных гена в гомозиготном (A_1 A_1 A_2 A_2) состоянии определяют тёмно-красную окраску зерна, один доминантный ген (A_1 или

A_2) – бледно-красную, два – светло-красную, а три – красную окраску зерна.

Какие типы гамет образуют растения, имеющие генотипы:

а) A_1 A_1 A_2 A_2; б) A_1 a_1 A_2 A_2; в) a_1 a_1 A_2 A_2; г) A_1 a_1 a_2 A_2 ; д) A_1 A_1 a_2 a_2; е) A_1 a_1 a_2 a_2; ж) a_1 a_1 a_2 a_2; з) a_1 A_1 a_2 a_2; и) A_1 a_1 a_2 a_2; к) A_1 a_1 A_2 a_2.

Задача 2 Определить окраску зерна у растений, полученных в результате следующих скрещиваний: а) A_1 a_1 A_2 A_2х a_1 a_1 A_2 a_2; б) A_1 a_1 A_2 a_2 х a_1 a_1 a_2 a_2; в) A_1 A_1 a_2a_2 х A_1 a_1 a_2a_2; г) A_1 a_1 a_2 a_2 х A_1 a_1 A_2 A_2.

Задача 3 У пшеницы яровость контролируется двумя доминантными полимерными генами A_1 и A_2: а озимость – рецессивными аллелями a_1 и a_2. В наибольшей степени яровость проявляется в генотипах A_1 A_1 A_2 A_2, а озимость – при сочетании генов a_1 a_1 a_2 a_2. Определить генотипы и фенотипы гибридных растений в следующих скрещиваниях: а) A_1 A_1 A_2 A_2х a_1 a_1 a_2 a_2; б) A_1 A_1 a_2 a_2 х a_1 a_1 a_2 a_2; в) A_1 a_1 a_2 a_2 х a_1 a_1 A_2 a_2.

Задача 4 У льна – долгунца высота растений обусловлена взаимодействием 2-х пар полимерных генов, каждый из которых носит количественный кумулятивный характер. Высота растений при наличии 2 пар рецессивных генов карликовости равна 72 см, при наличии 2 пар доминантных генов – 144 см. При скрещивании растений, имеющих генотип A_1 A_1 a_2 a_2, с растением, имеющим генотип a_1 a_1 A_2 A_2, было получено 10 растений F_1, от самоопыления которых было получено 192 растения в F_2?

1 Какую высоту имели материнские растения в первом скрещивании?

2 Какую высоту имели растения F_1?

3 Сколько растений F_2 имели такую же высоту, как растения F_1?

4 Сколько растений F_2 имели высоту 144 см?

5 Сколько растений F_2 имели высоту 72 см?

Задача 5 У пшеницы темно-красная окраска зерновки обусловлена двумя парами доминантных полимерных генов A_1 A_1 A_2 A_2, а белая – двумя парами рецессивных аллелей этих генов. Если в генотипе присутствует четыре доминантных гена A_1 A_1 A_2 A_2, то окраска зерновки будет темно-красная, три – A_1 A_1A_2 a_2 или A_1 a_1 A_2 A_2 – красная, два – A_1 A_1 a_2 a_2, A_1 a_1 A_2 a_2 или a_1 a_1 A_2 A_2 – светло-красная, один– A_1 a_1 a_2 a_2 или a_1 a_1 A_2 a_2 – бледно-красная. Скрещивали гетерозиготное светло-красное растение с белозерной родитетьской формой и получили 80 растений Fa.

1Сколько разных генотипов может быть получено при таком скрещивании?

2 Сколько растений могут иметь светло-красную окраску зерновки?

3 Сколько растений могут иметь белую окраску зерновки?

4 Сколько фенотипов может быть в Fa?

5 Сколько растений могут иметь бледно-красную окраску зерновки?

Задача 6 Содержание витамина А в эндосперме зерновки зависит от числа доминантных аллелей гена Y. Клетки эндосперма триплоидные.

Если в генотипе все гены содержатся в доминантном состоянии, то количество витамина А (в единицах активности) = 6. Следовательно, действие одной дозы доминантного гена примерно равно одной единицы активности. С увеличением числа доминантных аллелей их действие суммируется. Линию кукурузы, в эндосперме которой практически не содержалось витамина А, опыляли пыльцой линии, в эндосперме которой было 6 единиц активности витамина А. Было получено 120 растений F_1, которые после самоопыления дали в F_2 384 растения.

1 Сколько единиц активности витамина А может содержаться в эндосперме зерновки F_1?

2 Сколько зерновок F_2 могут содержать четыре единицы активности витамина А?

3 Сколько зерновок F_2 могут содержать в эндосперме шесть единиц активности витамина А?

4 Сколько зерновок F_2 могут практически не содержать в эндосперме витамина А?

5 Сколько единиц активности витамина А могут содержать зерновки, завязавшиеся в год скрещивания, материнской особи, имеющей генотип A_1 A_1 a_2 $a_2a_3a_3$, с отцовской, имеющей генотип a_1 a_1 a_2 $a_2A_3A_3$?

Задача 7 У пастушьей сумки Capsella bursa pastoris известны растения двух разновидностей, четко различающихся по форме плодов (стручков). Одна разновидность (генотип $a_1a_1a_2a_2$) характеризуется овальной формой стручков, другая (в генотипе имеется хотя бы один доминантный аллель из двух пар полимерных некумулятивных генов) – треугольной формой стручка. Скрещивали между собой растения со стручками треугольной формы (данные гены в доминантном состоянии) и овальной. В F_1 получили 122 растения, в F_2 – 640.

1 Сколько растений F_1 могли иметь плоды треугольной формы?

2 Сколько растений F_2 могли иметь плоды овальной формы?

3 Сколько растений F_2 могли иметь плоды треугольной формы и давать нерасщеппяющееся потомство?

4 Сколько разных фенотипов могли иметь растения F_2?

5 Сколько разных генотипов могли иметь растения F_2?

Задача 8 У пшеницы плотность колоса определяется по числу колосков на 10 см длины колосового стержня. Различают следующие типы плотности колоса: рыхлый – меньше 17 колосков, средней плотности – 17 – 20, выше средней – 20 – 23, плотный – 23 – 26, очень плотный (булавовидный) – больше 26. Предположим, что плотность колоса детерминируется двумя парами полимерных неаллельных генов, оказывающих кумулятивное действие: чем меньше содержится в генотипе доминантных генов, тем плотнее будет колос. При скрещивании двух сортов пшеницы, имеющих колос выше средней плотности и генотипы $A_1A_1a_2a_2$ x $a_1a_1A_2A_2$, в F_1 получили 50 растений, в F_2 – 320.

1 Какую максимально возможную плотность колоса могут иметь растения F_1?

2 Сколько разных фенотипов могут иметь растения F_2?

3 Сколько растений F_2 могут быть трансгрессивными и иметь более плотный колос, чем каждая из родительских форм?

4 Сколько трансгрессивных плотноколосых растений F_2 могут дать нерасщепляющееся потомство?

5 Сколько в F_2 может быть трансгрессивных растений, имеющих более рыхлый колос, чем каждая из родительских форм?

10.4 Определение генотипа родителей по фенотипу потомков и наоборот. Множественный аллелизм

Каждый ген имеет протяженность в структуре молекулы ДНК. Генные мутации могут происходить в различных его точках, это приводит к появлению нескольких аллелей одного и того же гена. Различное состояние одного и того же гена, обусловленное точковыми мутациями, называется *множественным аллелизмом*, а аллели одного гена – множественными аллелями. При множественном аллелизме в гамете присутствует только один аллель данного гена, в соматических клетках по два одинаковых или разных аллеля этого гена, поэтому расщепление множественных аллелей идет по моногибридному типу.

Примером множественных аллелей у человека служат аллели, определяющие группы крови. У человека четыре группы крови О, А, В и АВ, что соответствует I, II, III и IV группам крови. Эти четыре группы крови генетически обусловлены серией из трех аллелей J^0, J^A и J^B. Аллель J^0 рецессивен по отношению к двум другим J^A и J^B.

Аллели же J^A и J^B – кодоминантны и проявляться в гетерозиготе в равной мере. Следовательно, группа крови 0 (I) будет иметь генотип J^0 J^0, группа крови А (II) имеет генотипы J^A J^A; J^A J^O, группа крови В (III) имеет генотипы J^B J^B; J^B J^0, группа крови АВ (IV) имеет генотип J^A J^B.

Число множественных аллелей одного гена бывает иногда очень значительно. Для определения числа генотипов при нескольких аллелях можно пользоваться формулой: $^1/_2$ x n (n+1), где n – число аллелей. Так локус, содержащий 3 аллеля ($A_1a_1a_2$) дает 3 гомозиготы ($A_1A_1a_1a_1a_2a_2$), аллель А даст с двумя другими аллелями 2 сочетания (Aa_1, Aa_2), аллель a_1 с аллелями a_2 даст один компауд (a_1a_2). Таким образом, появится шесть генотипов, т. е. $^1/_2$ x 3 (3 + 1) = 6 или 3 (3+1)/2.

Компауд – это сочетание в генотипе двух аллелей в гетерозиготе. Множественные аллели обозначают символом основного гена с буквенным или цифровым знаком. Например, серией множественных аллелей детерминируется окраска меха у кроликов. Аллель С обусловливает серую

окраску меха (агути), c^{ch} – шиншилловую, c^{h} – гималайскую и c^{a} – белую (альбинизм). Ступенчатое доминирование в данной серии аллелей может быть представлено следующим образом: $C > c^{ch} > c^{h} > c^{a}$.

Контрольные вопросы

1. Какие опыты Менделя позволили объяснить причину передачи признаков от родителей потомкам?
2. Какое скрещивание называют моногибридным и каковы его цитологические основы?
3. Какие правила и закономерности проявляются при моногибридном скрещивании?
4. Раскройте сущность закона чистоты гамет. Каково его цитологическое обоснование?
5. Охарактеризуйте формы взаимодействия неаллельных генов (комплементарность, эпистаз, полимерия, полигенное наследование).
6. Охарактеризуйте формы взаимодействия аллельных генов (доминирование, кодоминирование, промежуточное наследование, аллельное исключение, сверхдоминирование).
7. Какое скрещивание называют анализирующим?
8. Дайте характеристику понятием: «ген», «аллель», «гомозигота», «гетерозигота», «генотип».
9. Определите, сколько типов гамет образуют особь:

а) гомозиготная по доминантному гену;

б) гомозиготная по рецессивному гену;

в) гетерозиготная.

10. Сколько типов гамет и какие образуют особь с генотипом Аа Вв Сс?

Задание

Решите задачи

Задача 1 У пшеницы ген карликового роста (А) доминирует над геном нормального роста (а). Определите генотип и фенотип потомства от скрещивания:

а) гомозиготной карликовой пшеницы с нормальной;

б) двух гетерозиготных карликовых растений пшеницы.

Задача 2 Желтый цвет гороха (А) доминирует над зеленым (а). Определите фенотип и генотип потомства от скрещивания:

а) гомозиготного желтого гороха с зеленым;

б) двух гетерозиготных желтых растений гороха;

в) гетерозиготное желтого гороха с зеленым.

Задача 3. Черная масть у крупного рогатого скота доминирует над красной. При скрещивании с одним и тем же черным быком красная корова Зорька родила черного теленка, черная корова Майка – черного

теленка, а корова Ветка – красного теленка. Что можно сказать о генотипах указанных животных.

Задача 4 Ген каких глаз доминирует над геном голубых глаз.

Голубоглазый мужчина, родители которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине, у отца которой глаза были голубые, а у матери – карие. Какое потомство можно ожидать от этого брака.

Задача 5 Из желтого семени гороха получено растение, которое дало 215 семян, их них 165 желтых и 50 зеленых. Каковы генотипы всех форм?

Задача 6. В системе группы крови человека АВО контролируются тремя аллелями.

I – I группа, IA – II группа, IB – III группа, IA – IV группа.

Определите, какие группы крови возможны у детей, если мать гомозиготная и имеет А (II) группу крови, а отец гомозиготен и имеет В (III) группу крови.

Задача 7 Ген В(III) группы крови (IB) доминирует над геном I. Мужчина, гомозиготный по В (III) группе крови, женился на женщине с 0 (I) группой крови. Определите генотип их детей.

Задача 8 В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного имеют 0(I) и А(II) группы крови. Определите, кто чей сын.

11. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ

11.1. Решение задач на полное и неполное сцепление генов (простой перекрест)

Закономерности независимого наследования признаков (независимого комбинирования признаков), установленные Г. Менделем, были основаны на изучении признаков, гены которых локализованы в разных хромосомах.

Однако, число пар гомологичных хромосом у любого живого организма во много раз меньше, чем число генов, контролирующих наследование признаков и свойств. Так, у дрозофилы всего 4 пары хромосом $2n = 8$, а число генов, определяющих свойства и признаки, более 1100. Следовательно, все гены не могут быть локализованы в разных хромосомах – их не хватает. Следует предположить, что в одной хромосоме локализовано несколько генов. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются вместе, т. е. сцеплено.

Явление сцепленного наследования было открыто Бетсоном и Пеннетом в 1905 году. Теоретическое объяснение этому явлению было дано Т. Морганом и его школой в 1910 г., создавшим хромосомную теорию наследственности. Согласно которой гены, находящиеся в одной хромосоме, сцеплены (наследуются вместе, если сцепление полное) и образуют группу сцепления. Количество групп сцепления равно количеству пар хромосом, т. е. гаплоидному набору хромосом.

Сцепленные гены обозначаются иначе, чем гены, находящиеся в разных хромосомах. Так, когда гены находятся в разных хромосомах, мы записываем в буквенной символике гетерозиготу по двум признакам, как АаВв, т. е. гены в разных $\frac{AB}{ab}$ хромосомах. Если гены сцеплены, тогда гетерозигота может быть изображена так: (АВ)(ав), т. е. сцепленные гены заключаются в скобки, чаще в литературе принято такое изображение – гены «АВ» в одной хромосоме $\underline{AB}$ и гены «ав» в другой хромосоме, т. е. гетерозигота АаВв изображается аллели одного гена (А и а), находящиеся в гомологичных хромосомах, пишутся строго один под другим.

Для анализа характера наследования изучаемых признаков как при независимом, а также и сцепленном наследовании применяют анализирующее скрещивание. Анализирующее скрещивание – это скрещивание гибридов первого поколения (F_1) с гомозиготной особью по изучаемым рецессивным признакам, например, АаВв х аавв при независимом и (АВ)(ав) х (ав)(ав) или $\underline{AB}$ х $\underline{ab}$ сцепленном наследовании.

ав ав

При сцепленном наследовании, если изучаемые признаки локализованы в одной хромосоме, при анализирующем скрещивании в F_a – образуются только два фенотипических класса.

Например: У томата высокий рост (D) доминирует над карликовым (d), гладкие плоды (P) над опушенными (p). Гены локализованы в одной хромосоме.

Гомозиготная особь с высоким ростом и гладкими плодами скрещена с гомозиготной особью, карликового роста и с опушенными плодами, получено F_1 и проведено анализирующее скрещивание.

Генотипы родителей	P	♀(PD)(PD)	x	♂(pd)(pd)
	фенотип	высокий рост гладкие плоды		карликовый рост опушенные плоды

Т.к. родители гомозиготны, то дадут по одному типу гамет: материнская форма (PD) и отцовская форма (pd), в F_1 при слиянии гамет получится (PD)(pd) все растения будут высокими с гладкими плодами и гетерозиготным генотипом.

Полученные гибриды F_1 скрещиваем между собой и получаем F_2 , т.к. сцепление полное оба родителя дадут по 2 типа гамет, воспользовавшись решеткой Пеннета для анализа потомства, получим: расщепление по фенотипу: ¾ высокорослых с гладкими плодами, ¼ арликовых с опушенными плодами; по генотипу на одну гомозиготу по генам (PD), две гетерозиготы (Pd)(pd) и одна гомозигота по генам (pd).

♂ / ♀	(PD)	(pd)
(PD)	(PD) (PD)	(PD) (pd)
(pd)	(PD) (pd)	(pd) (pd)

Таким образом, при полном сцеплении в F_2 расщепление по двум фенотипическим классам такое же, что и при моногибридном скрещивании.

Однако, сцепление генов не абсолютно, т.к. хромосомы способны к рекомбинации, происходящей в профазе первого мейотического деления.

В стадии пахинемы происходит кроссинговер (crossingover) – перекрест хромосом, который приводит к обмену гомологичными участками несестринских хроматид, в результате чего образуются новые сочетания генов.

Гаметы с новым сочетанием генов, образовавшиеся в результате кроссинговера называются *кроссоверными*.

Допустим гены АВ сцеплены и находятся в одной хромосоме (АВ). Гетерозигота по этим генам (АВ)(ав) будет образовывать следующие типы гамет: АВ и ав при расхождении хромосом в анафазе мейоза будут гаметы (АВ) и (ав), но между сцепленными генами может, как мы уже говорили, произойти перекрест и тогда после разрыва в местах перекреста будут новые сочетания (Ав) и (аВ) и эти гаметы будут называться кроссинговерными или кроссоверными. Количество кроссоверных гамет зависит от частоты перекреста.

Частота образования кроссоверных гамет зависит от расстояния между генами в хромосоме: чем оно больше, тем чаще проходит кроссинговер. Частота перекреста измеряется в процентах. Максимальная величина перекреста около 50 %. Пятьдесят процентов перекреста быть не может, т.к. в этом случае идет независимое наследование.

Процент кроссоверных особей и гамет определяется экспериментальным путем при анализирующем скрещивании. Процент перекреста показывает расстояние между генами, количество гамет и особей, образовавшихся в результате перекреста; силу сцепления.

Например, особь гомозиготная по генам АВ скрещена с гомозиготной особью по генам – ав. Получено F_1 и проведено анализирующее скрещивание гибридов F_1 с двойным рецессивом. Получено потомство с фенотипом (АВ) – 400 шт., (ав) –380 шт., (Ав) – 40 шт., (аВ) – 60 шт. Определить силу сцепления между генами А и В, процент кроссоверных гамет.

Пример решение задачи

Пишем схему скрещивания: Р ♀ (АВ) (АВ) х ♂ (ав)(ав). Каждая гомозиготная особь родителей дает один тип гамет (АВ) и (ав). Гаметы сливаются, образуя гибриды F1 (АВ)(ав) – гетерозиготы. Проводим

анализирующее скрещивание (скрещивание гибридов F1 с рецессивным родителем) Fa (АВ)(ав) х (ав) (ав)

Гетерозигота (АВ)(ав) дает 4 типа гамет. Гомозигота (ав)(ав) – 1 тип.

Составляем решетку Пеннета:

	♂ / ♀	(ав)	Потомков, шт.	
44,3%	(АВ)	(АВ) (ав)	400	не кроссоверные
44,3%	(ав)	(ав) (ав)	380	
5,7%	(Ав)	(Ав) (ав)	40	кроссоверные
5,7%	(аВ)	(аВ) (ав)	60	

Всего 880 особей из них кроссоверных 100. Находим процент кроссоверных особей. Всего особей 800, т. е. 100 %, из них кроссоверных особей – 100, т. е. х процентов. Решаем пропорцию Х = 100 х 100/800 = 11,4 %. Это значит, что кроссоверных гамет 11,4 %, расстояние между генами 11,4 %. Сила сцепления между генами 11,4 %. Некроссоверных особей 100 % – 11,4 % = 88,6 %, тогда на долю каждого типа некроссоверных особей будет приходиться (АВ)(ав) – 44,3 %, на (ав)(ав) тоже 44,3 %, на долю кроссоверных (Ав) (ав) – 5,7 % и (аВ)(ав) – 5,7 %.

Задание

Решите задачи

Задача 1 У томата округлая форма плода (О) доминантна по отношению к плоской (о), одиночные цветки (S) доминантны по отношению к цветкам, собранным в соцветие (s), и признак опушения плода *(р)* рецессивен по отношению к неопушенному *(Р)*. Все три гена находятся по второй хромосоме.

Скрещивали растения с гладкими округлыми плодами и единичными цветками с растениями, имеющими опушенные плоские плоды и цветки, собранные в соцветия. В F_1 получили 120 растений, в результате самоопыления которых завязалось 600 семян. Все они были всхожими.

1 Сколько разных типов гамет может образовать растений F_1?

2 Сколько растений F_1 могут иметь все три признака в доминантном состоянии?

3 Сколько разных генотипов может быть в F_2?

4 Сколько разных фенотипов может быть в F_2?

5 Сколько растений F_2 могут иметь все три признака в рецессивном состоянии?

Задача 2 У кукурузы гены, обусловливающие фертильность пыльцы и матовую поверхность листьев, локализованы в одной хромосоме. Нормальная фертильность (F) является доминантной по отношению к

пониженной (f), а матовая поверхность листа (G) доминантна по отношению к глянцевой (g).

При скрещивании гомозиготного растения, имеющего пониженную фертильность и матовую поверхность листьев, с растением, имеющим нормальную фертильность и глянцевую поверхность листьев, получили 52 гибрида F_1, от переопыления которых получили 800 растений F_2.

1 Сколько разных типов гамет может образовать растение F_1?

2 Сколько растений F_2 могут иметь оба доминантных признака?

3 Сколько разных генотипов может быть в F_2?

4 Сколько растений F_2 могут иметь пониженную фертильность и матовые листья?

5 Сколько растений F_2 могут иметь оба признака в рецессивном состоянии?

11. 2. Наследование признаков, сцепленных с полом

Любой признак в организме генетически обусловлен, следовательно, и пол наследственно детерминирован. В генетической детерминации пола важнейшая роль принадлежит хромосомному аппарату, состоящему из аутосом и половых хромосом.

Половыми хромосомами называются хромосомы, по которым различают особи мужского и женского пола. К половым хромосомам относятся хромосомы – Х и У.

Пол, содержащий одинаковые половые хромосомы (ХХ) называется гомогаметным, а пол, содержащий разные хромосомы (ХУ) – гетерогаметным. У млекопитающих, двукрылых насекомых, некоторых рыб женский пол гомогаметен – (ХХ), мужской пол гетерогаметен – (ХУ). У птиц бабочек наоборот женский пол гетерогаметен – (ХУ) или – (ZW), мужской гомогаметен – (ХХ) или – (ZZ). У моли отсутствует непарная хромосома и тогда женский пол – ХО, а мужской – ХХ. У пчел, ос, муравьев определение пола зависит от набора хромосом, у этих организмов нет половых хромосом. Так, самки – это диплоидные особи, которые развиваются из оплодотворенных яиц, самцы гаплоидны, так как развиваются из неоплодотворенных яиц. Большинство растений гермафродиты (обоеполые), но есть и раздельнополые – двудомные (облепиха, некоторые сорта земляники, конопля и т. д.).

Половые хромосомы Х и У – генетически различны, т. к. содержат различное число генов. У большинства организмов в Х – хромосоме много генов, можно сказать, что эта хромосома нагружена и гаметы несущие Х – хромосому передвигаются медленно, гаметы несущие – У – хромосому являются более подвижными, т.к. в У – хромосоме локализованы лишь единичные гены и такая хромосома более легкая, поэтому встречаемость ♀ и ♂ гамет несущих Х – хромосому бывает меньше, чем гамет несущих Х – хромосому и гамет с У хромосомой. Поэтому теоретически ожидаемое

соотношение полов 1 : 1 в потомстве при скрещивании гомогенного и гетерогенного пола фактически нарушается и больше рождается мужских особей например, у человека рождается больше мальчиков (на 100 девочек 106; 113 мальчиков).

Наиболее убедительным фактом, доказывающим роль хромосом в передаче наследственности, было изучение наследования признаков сцепленных с полом.

Признаки, детерминируемые генами, локализованными в половых хромосомах, называют признаками, сцепленными с полом. Такой тип наследования был обнаружен Т. Морганом при реципрокных скрещиваниях мух – дрозофилы, различающихся по окраске глаз (красноглазых и белоглазых).

Так у дрозофилы гены, обусловливающие окраску глаз, находятся в Х – хромосоме. Доминантный ген W – обуславливает красную окраску глаз, рецессивный w – белую окраску глаз.

При скрещивании красноглазых, гомозиготных, самок с белоглазым самцом все потомки F_1 были красноглазые

P	♀$X^W X^W$	x	♂ X^wУ
	красноглазые		белоглазые
гаметы	X^W		X^w ; У
в F1	50 % ♀$X^W X^w$		50 % ♂ X^WУ
	красноглазые		красноглазые

Во втором поколении при скрещивании гетерозиготной красноглазой самки с красноглазым самцом F_2 P ♀$X^W X^w$ x ♂ X^WУ

Для анализа потомства F_2 воспользуемся решеткой Пеннета:

♂ / ♀	X^W	У
X^W	$X^W X^W$ ♀	X^W У♂
X^w	$X^W X^w$ ♀	X^w У♂

Расщепление по фенотипу соответствует 2 : 1 : 1, т. е. $^2/_4$ ♀ – красноглазые, ¼ ♂– красноглазые, ¼ ♂ – белоглазые. Рецессивный ген белоглазости проявился только у самцов.

При обратном скрещивании, когда самки были белоглазыми и самцы красноглазые,

♀ $X^w X^w$ x ♂ X^WУ

белоглазые красноглазые

♂ / ♀	X^W	У
X^w	$X^W X^w$ ♀	X^w У♂

В потомстве все самки были красноглазые, а самцы белоглазые 1 : 1. Сыновья наследовали признаки матери, а дочери – признаки отца, т. е. самки, наследуют две Х – хромосомы: одну от матери, другую от отца, при этом оказываются гетерозиготными по красной окраске. Самцы наследуют только одну Х – хромосому от матери с рецессивным геном – белой окраски, У – хромосома генетически инертна в данном примере. Особи, у которых гены представлены только в одной хромосоме, а вторая генетически инертна как $X^wУ$ называются гемизиготами.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность закона Т. Моргана?
2. Каковы особенности хромосомного механизма определения пола у человека и животных?
3. В чем заключаются особенности наследования признаков, сцепленных с полом (понятие гемизиготных и голандрических признаков).
4. Как разрешается противоречие между количеством генов и числом пар хромосом, если хромосомы являются физическими носителями генов?

Задание

Решите задачи

Задача 1 Выберите правильный ответ. Морганида это:

а) расстояние между генами, равное 1А;

б) расстояние между генами равное, 1нм;

в) расстояние между генами, равное 10 % кроссоверных особей в потомстве;

г) расстояние между генами, равное 0,1 % кроссоверных особей в потомстве;

д) расстояние между генами, равное 1 % кроссоверных особей в потомстве.

Задача 2 Назовите причину нарушения сцепления генов:

1) коньюгация гомологичных хромосом
2) деление хромосом;
3) образование бивалентов;
4) расхождение гомологичных хромосом в разные гаметы;
5) кроссинговер при коньюгации гомологичных хромосом.

Задача 3 Определите, какие типы гамет могут образовываться у дигетерозиготного организма $\frac{(aB)}{(AB)}$, если:

а) кроссинговер произошел вне фрагмента А – В;

б) кроссинговер произошел в участке хромосом между локусами генов А и В;

в) во фрагменте А – В произошел двойной кроссинговер;

г) между гомологичными хромосомами не произошло кроссинговера.

Изобразите решение задачи графически.

Задача 4 Классическая гемофилия наследуется как рецессивный признак. Ген гемофилии располагается в Х – хромосоме. Y – хромосома не содержит гена, контролирующего свертывание крови. Девушка, отец которой страдает гемофилией, а мать здорова и происходит из благополучной по гемофилии семье, выходит замуж за здорового мужчину. Определите вероятные фенотипы детей от этого брака.

Задача 5 Ген цветовой слепоты (дальтонизм) расположен в Х – хромосоме. Определите вероятность рождения детей с дальтонизмом, если жена имеет нормальное зрение, но ее отец страдал цветовой слепотой. В семье мужа дальтонизма нет.

Задача 6 Рахит, устойчивый к витамину Д (гипофосфателия) – наследственная болезнь, обусловленная доминантным геном, находящимся в Х – хромосоме. В семье, где отец страдает этим заболеванием, а мать здорова, имеет 3 дочери и 3 сына. Сколько среди них больных.

Задача 7 Женское растение дремы с узкими листьями опылено пыльцой мужского растения с нормальными листьями. В F_1 женские растения имели нормальные листья, мужские – узкие. Какое потомство получится, если цветы женского растения F_1 опылить пыльцой мужского растения, аналогичного отцовскому?

Задача 8 У кур известен сцепленный с полом рецессивный ген с летальным эффектом без видимого проявления. Какое соотношение полов будет в потомстве гетерозиготного по этому признаку петуха и нормальной курицы?

Задача 9 У кур пестрая (рябая) окраска оперения определяется доминантным геном В, одноцветная – b, гороховидная форма гребня – R, простая листовидная – r, ген В локализован в Х-хромосоме, R – в аутосоме. Гетерозиготный рябой петух с простым гребнем скрещен с рябой курицей с гороховидным гребнем. В потомстве – рябые и одноцветные курочки с гороховидным гребнем и рябые петушки с гороховидным гребнем. Определить генотипы родителей.

Задача 10 У кошек черная окраска – о, рыжая – О. Гетерозиготы Оо имеют черепаховую окраску. Ген О сцеплен с полом. Черная кошка принесла 4 котят: 1 черепахового и 3 черных. Что можно сказать об окраске шерсти отца этих котят ? Каков пол этих котят ?

Задача 11 У нормальной женщины брат – дальтоник. Может ли у нее быть сын – дальтоник?

Задача 12 Дальтонизм – рецессивный, сцепленный с полом признак. У мужа и жены нормальное зрение, сын – дальтоник. Каковы генотипы родителей ?

Задача 13.Женятся здоровые мужчина и женщина. Могут ли они иметь гемофилика сына ? Написать генотипы родителей.

Задача 14 Женятся здоровые мужчина и женщина. Могут ли они иметь дочь – дальтоничку (с цветовой слепотой) ?

Задача 15 Отец и сын – дальтоники с волнистыми волосами, мать – с нормальным зрением и прямыми волосами. Можно ли сказать, что сын унаследовал все признаки от отца ?

Задача 16 Гипоплазия эмали (светло-бурый цвет зубов) наследуется как сцепленный с Х-хромосомой доминантный признак. В семье, где оба родителя страдают этой аномалией, родился сын с нормальными зубами. Какова вероятность того, что следующий ребенок будет также с нормальными зубами?

Задача 17 У человека мускульная дистрофия (смерть в 10 – 20 лет) в некоторых семьях зависит от рецессивного, сцепленного с полом гена. Почему болезнь зарегистрирована только у мальчиков? Почему болезнь не исчезает из популяции, если больные мальчики вымирают до того, как становятся отцами?

12. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ

12.1. Генетическая структура популяций

Популяция – это совокупность особей одного вида, заселяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся друг с другом и в той или иной степени изолированных от других совокупностей особей данного вида.

Каждая популяция имеет определенный генофонд, генетическую структуру. На структуру популяции оказывают влияние многие факторы: интенсивность отбора, направление отбора, способ размножения, миграции, характер и темп мутационной изменчивости, численность особей, различные виды изоляции, способы размножения. Так, популяции самоопыляющихся и перекрестно – опыляющихся растений существенно различаются.

Допустим, что популяция какого – либо самоопыляющегося растения состоит из двух линий "АА" и "аа" гомозиготных по одной паре аллелей, и отбор по признакам, определяемым этими генами, не действует. Популяция будет сохраняться в исходном отношении, т. е. "АА" и "аа" до тех пор, пока появиться гетерозиготная особь в результате мутации или случайного скрещивания, популяция уже будет представлена тремя генотипами: АА, Аа, аа. Все эти особи самоопыляются: АА, аа при самоопылении будут воспроизводить свои генотипы (АА х АА) → АА, (аа х аа) → аа. Гетерозиготное растение Аа при самоопылении Аа х Аа будет давать как гетерозиготы Аа, так и гомозиготы аа, АА, но количество гетерозигот будет убывать с каждым поколением на $^1/_2$, т. е. относительное число разных генотипов в потомстве одного гетерозиготного по одной

аллельной паре растения при полном самоопылении будет определяться по формуле:

2 х АА : 2Аа : 2 х аа, где n – число поколений.

Из формулы видно, что с каждым поколением число гомозигот будет возрастать, а число гетерозигот остается неизменным. В конце концов рецессивные мутации переходят в гомозиготное состояние и получают оценку при отборе (т. е. выбраковываются). Таким образом, популяция, размножающаяся самоопылением, существовать не может, и если такая популяция существует, это происходит лишь за счет мутаций и случайных скрещиваний, но, размножаясь самоопылением, будет идти возврат к чистым линиям и отбор уже в такой популяции действовать не будет.

В свободно скрещивающихся популяциях (панмиктических) протекают сложные генетические процессы, подчиняющиеся определенным закономерностям.

Так, Г. Харди и Н. Вайнберг, независимо друг от друга, установили закон, которому подчиняется частота распределения гетерозигот и гомозигот в свободно скрещивающейся популяции, и выразили его в виде алгебраической формулы. Оказалось, что частота членов пары аллельных генов в популяции распределяется в соответствии с коэффициентом разложения бинома – Ньютона (p + q) и выражает вероятные распределения генотипов в любой свободно скрещивающейся популяции. Но действие этого закона ограничивается идеальной популяцией, т. е. если популяция имеет неограниченно большую численность, все особи свободно скрещиваются, в популяции не действует отбор; прямые и обратные мутации происходят с одинаковой частотой т. е. ими можно пренебречь. Совершенно очевидно, что все эти условия в реально существующих популяциях невыполнимы, но тем не менее этот закон является основой для анализа динамики генетических преобразований, совершающихся в реальных естественных популяциях, где действуют факторы: ограниченности численности популяции, отбор при возникновении мутаций, различные типы изоляции и т. д.

Рассмотрим популяцию по одной паре аллельных генов "А" и "а". Допустим, частота гена «А» будет обозначена величиной p, гена а – q. Так как каждый ген одной аллельной пары может быть либо А, либо а, их частота составит p + q = 1. Тогда, если частота гена «А» равна p, то частота гена «а» будет равна 1 – p = q.

Составим решетку Пеннета для скрещивания → (Аа х Аа) и сделаем обозначения.

	A (p)	A (q)
A (p)	p^2 A	pqAa
A (q)	pqAa	q^2a

Формула Харди – Вайнберга приобретает следующий вид:

p^2 AA + 2 pqAa + q^2 aa

Согласно закону Харди–Вайнберга в свободно скрещивающейся популяции исходное соотношение в потомстве гомозигот (доминантных, рецессивных) и гетерозигот остается постоянным.

Пример. В выборке, состоящей из 84000 растений ржи 210 растений оказалось альбиносами, т. к. у них рецессивные гены rr находятся в гомозиготном состоянии. Определить частоты аллелей R и r и частоту гетерозиготных растений, несущих признак альбинизма.

1 Определяем частоту (q) генотипа гг. Она будет равна

210 : 84000 = 0,0025, тогда частота (q) аллеля г = q = ∨ 0,0025 = 0,05. Частота (p) аллеля R = l – q = l – 0,05 = 0,95. Частота (2pq) гетерозигот Rr – носителей гена альбинизма = 2 x 0,95 x 0,05 = 0,095

Структура популяции растений ржи будет иметь следующее соотношение генотипов:

p^2 RR + 2 pq Rr + q^2 rr = $(0,95)^2$ + 2 x 0,95 x 0,05 + $(0,05)^2$

Задание

Решите задачи

Задача 1 У сорта кукурузы альбиносные растения (гг) встречаются с частотой 0,0025. Вычислить частоту аллелей R и г и частоту генотипов RR и Rr у этого сорта.

Задача 2 Вычислить частоту (p) доминантного аллеля и частоту (q) рецессивного аллеля в следующих выборках из популяций:

а) 400 особей СС и 100 особей сс; б) 700 особей АА и 300 особей аа;

в) 180 особей MM и 20 особей mm; г) 60 особей NN и 40 особей nn.

Задача 3 Популяция состоит из 60 % особей с генотипов MM и 40 % – с генотипом mm.Определить в долях единицы частоты генотипов MM, Mm, mm после установления в популяции равновесия в соответствии с законом Харди – Вайнберга.

Задача 4 Вычислить частоту генотипов "АА", "Аа" и "аа" (в %), если гомозиготные особи "аа" составляют в популяции 1 %.

Задача 5Вычислить частоту (p) аллеля "А" и частоту (q) аллеля "а" в следующих популяциях:

а) АА = 36 %, Аа = 48 %, аа = 16 %;

б) АА = 64 %, Аа = 32 %, аа = 4 %;

в) АА = 49 %, Аа = 42 %, аа = 9 %.

Задача 6 Галактоземия (неспособность усваивать молочный сахар) наследуется по аутосомно – рецессивному типу. Частота больных галактоземией 1 : 70000. Определите генотипическую структуру популяции.

Задача 7 У флоксов белый венчик доминирует над кремовым. При анализе панмиктической популяции флоксов было обнаружено 5 % растений с кремовой окраской венчика. Учтено 800 растений.

1 Какова частота рецессивной аллели?

2 Какова частота доминантного аллеля в данной популяции?

3 Сколько растений (%) являются доминантными гомозиготами?

4 Определить процент растений с генотипом Аа?

5 Сколько растений имеют белый венчик?

Задача 8 У гречихи ярко-красная окраска растения неполно доминирует над зеленой. Гетерозиготы по данным генам имеют розовую окраску. В панмиктической популяции 45 растений было ярко-красных. Учтено 840 растений.

1 Чему равна частота рецессивного аллеля?

2 Чему равна частота доминантного аллеля?

3 Сколько растений являются доминантными гомозиготами (%)?

4 Какой процент растений является гетерозиготами?

5 Сколько розовых растений в панмиксной популяции?

Задача 9 У ржи сорта Тулунская зеленозерная при апробации установили, что 36 % растений были желтозерными, остальные – зеленозерными. Известно, что у ржи желтая окраска зерновки доминирует над зеленой.

1 Чему равна частота рецессивного аллеля?

2 Чему равна частота доминантного аллеля?

3 Сколько растений являются доминантными гомозиготами (%)?

4 Сколько растений являются рецессивными гомозиготами (%)?

5 Чему равен процент доминантных гомозигот в панмиктической популяции сорта Саратовская крупнозерная, если при апробации установлено, что в посеве содержится 84 % желтозерных растений?

13. ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

Применимость к человеку классического генетического анализа как основного метода изучения наследственности и изменчивости исключена из–за невозможности экспериментальных скрещиваний, длительности времени достижения половой зрелости и малого количества потомства на пару (семью). Поэтому для изучения нормальной и патологической наследственности используют другие методы.

Генеалогический метод (метод родословных). Часто этот метод называют клинико-генеалогическим. Генеалогия – это учение о родословных. Поэтому смысл данного метода заключается в изучении наследственности человека путем учета и анализа распределения наследственных признаков в семьях, т. е. в изучении наследственности человека по родословным. Метод сводится к изучению родословных

связей и передачи признаков среди близких и дальних родственников, прямых и непрямых.

Исследование того или иного признака в семье начинают с того члена семьи, который представляет интерес (исходный пациент, или пробанд). Потомки одних и тех же родителей, происходящие из разных зигот (братья и сестры), получили название сибсов. Родословные составляют путем учета возможно большего количества родственников, используя для обозначения поколений, мужчин, женщин, браков, типов зиготности и т. д., различные символы.

С помощью этого метода возможно установление наследственного характера признака, типа и частоты наследования того или иного признака, сцепленности признака с полом, а также определение зависимости или независимости распределения признаков. Анализируя родословные, можно обнаружить различия между близким сцеплением и аллелизмом. Метод характеризуется относительно большой разрешающей способностью. Однако он имеет недостаток, связанный с трудностями сбора сведений о проявлении того или иного признака у родственников пробанда, поскольку люди плохо знают свои родословные.

С 1892 г. в судебной практике используют метод отпечатков пальцев (дерматоглифику). Иногда к этому методу прибегают в анализе родословных, но он не имеет самостоятельного значения.

Цитологический метод. Этот метод заключается в цитологическом анализе кариотипа человека в норме и патологии. С его помощью исследуют нарушения хромосом, изменяющие количество и структуру.

Цитологический метод основывается на данных о количестве, размерах и структуре хромосом. В соответствии с денверовской классификацией (1960) хромосомы обозначают номерами, увеличивающимися по мере уменьшения размеров хромосом. Так первая пара представлена самыми крупными хромосомами, вторая – меньшими, третья – еще меньшими и т.д.

В соответствии с рекомендациями IV Международного конгресса по генетике человека в Париже (1971) при описании добавочных хромосом их числи помещают после общего числа хромосом и половых хромосом со знаком «+» или «–» перед номером вовлеченной аутосомы. Например, запись (формула) 47, XX + 21 означает кариотип женщины с трисомией по 21 паре. Напротив, кариотип мужчины с экотрахромосомой X обозначают как 47, XXY. Знак «плюс» или «минус» помещают, сопровождая хромосомный символ, чтобы указать удлинение или укорочение хромосомного плеча. Буква q символизирует длинное плечо, ар – короткое. Например, запись 46, XY,1 q+ указывает на увеличение длины длинного плеча хромосомы № 1. Кариотип: 47, XY,+14p+ символизирует мужчину с 47 хромосомами, включая дополнительную хромосому в паре (№ 14) с повышением в длине ее короткого плеча. Сокращениями def (дефишенс),

dup (дупликация), г (кольцо, возникающее после воссоединения двух разрывов в хромосоме), inv (инверсия) и t (транслокация) обозначают аберрации хромосом. Номера хромосомы или хромосом помещают после сокращений в скобках. Например, запись 46, XX, г (18) означает кариотип женщины с 46 хромосомами, включая г–хромосому № 18. Формула 46, X, inv (Xq) есть кариотип женщины с 46 хромосомами, включая одну нормальную X хромосому и изохромосому (с двумя генетически идентичными плечами) для длинного плеча хромосомы X. Банды помечают числами в порядке удаления центромеры вдоль короткого плеча (p) и длинного плеча (q) хромосомы.

Главная ценность цитогенетического метода заключается в том, что он позволяет установить связь между нарушениями кариотипа и изменениями фенотипа, т. е. связь между нарушениями в определенной хромосомной паре и определенным наследственным дефектом. Это в свою очередь помогает найти принадлежность гена к определенной группе сцепления. Основное преимущество этого метода заключается в его простоте. Однако этот подход имеет существенные ограничения. Прежде всего с его помощью могут быть исследованы только крупные нарушения в структуре хромосом, видимые с помощью светового микроскопа. Следовательно, это ограничивает количество анализируемых генетических детерминантов. Далее, этот подход может обеспечить изучение генотипов лишь на уровне групп сцепления.

Популяционный метод. Этот метод основан на законе Харди – Вайнберга и заключается в изучении распространения генов в популяциях человека. В условиях свободного скрещивания частота, с которой возможна встреча двух аллелей в диплоидном организме, равна произведению частот каждого аллеля. Если относительную частоту доминантного аллеля A в двухаллельной системе обозначить p, относительную частоту рецессивного аллеля a обозначить q и если p + q == 1, то при свободном скрещивании частота трех генотипов составляет следующие значения: AA = p^2, Aa = 2pq и aa = q^2. Следовательно, зная о равновесии по Харди – Вайнбергу, можно определить влияние названных выше факторов на относительные частоты этих трех генотипов в поколениях. Как видно, данный метод позволяет изучать не только географическое распространение и частоту тех или иных генов, но и влияние на эти показатели разных факторов.

Близнецовый метод. Этот метод заключается в изучении генетических закономерностей, присущих однояйцевым (монозиготным) и разнояйцевым (дизиготным) близнецам. Обычно сопоставляют монозиготных партнеров с дизиготными, а результаты анализа близнецовой выборки сравнивают с результатами анализа общей популяции. Метод позволяет выяснять наследственную предрасположенность в проявлении ряда признаков и заболеваний,

устанавливать коэффициент наследуемости и степень влияния факторов внешней среды на проявление признаков. Успех в использовании этого метода чаще связан с изучением тех признаков, которые не подвержены резкому влиянию со стороны внешних факторов, например, группы крови, пигментации глаз и др. Недостаток метода связан с неполнотой сведений о пренатальном и постнатальном развитии близнецов.

Перенос генов. Под этим названием различают группу методов, позволяющих переносить гены от одних клеток к другим.

Гибридизация соматических клеток – это метод, основанный на том, что соматические клетки животных способны к гибридизации, при которой образуются гибриды клеток, в ядрах которых содержится набор хромосом обеих сходных клеточных линий, т. е. гибриды являются полиплоидами. В процессе роста гибриды могут терять отдельные хромосомы. Для гибридов, полученных из скрещиваний соматических клеток человека с соматическими клетками млекопитающих, характерно то, что преимущественно теряются человеческие хромосомы. Следовательно, наблюдение одновременной потери той или иной хромосомы и признака указывают на локализацию гена, контролирующего признак в данной хромосоме. В исходных скрещиваниях можно использовать также клетки человека с частично удаленными из них хромосомами. Метод имеет ограничения, определяемые невозможностью экспрессии чужеродных генов в гибридах.

Перенос хромосом – это метод, позволяющий выделить хромосомы и трансформировать ими клетки.

Перенос ДНК – это метод трансформации клеток очищенной ДНК. Метод позволяет переносить одновременно около 50 генов.

Молекулярно генетические методы. Эти методы связаны с выделением ДНК, рестрикционным картированием, клонированием сегментов длиной до 50 000 пар оснований и секвенированием отдельных генов.

Кроме того ряд молекулярно генетических методов направлен на разделение, идентификацию и измерение генных продуктов (белков). Подсчитано, что в клетках человека синтезируется около 30 000 разных белков. Поэтому ставится задача создать каталог белков и построить карту белков человека.

Моделирование наследственных болезней. Этот метод основан на законе Н. И. Вавилова о сходных рядах наследственности и заключается в моделировании наследственных болезней на животных, у которых встречаются отдельные из этих болезней, например, гемофилии на собаках. Кроме того, используют «сконструированные» линии лабораторных животных, обладающих теми или иными мутантными генами. Например, для изучения болезни Леша – Найяна используют белых мышей, полученных введением в их эмбрионы культивируемых клеток с дефектом по гипоксантин – фосфорибозилтрансферазе. На основе

результатов изучения наследственности человека создают генетические, молекулярные и белковые карты.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы генетики человека.
2. Опишите отличительные черты аутосомного и сцепленного с полом наследования.
3. В чем сущность популяционного метода?
4. Каким образом можно судить о частоте генов и генотипов в популяциях?
5. Какие возможности дают цитологические и биохимические исследования строения и функционирования генома человека?
6. Основные задачи медико-генетического консультирования.
7. На каких признаках отражается генетическая неоднородность людей?
8. Какие существуют отличия в методике исследования наследственности у человека по сравнению с изучением растений и животных?
9. Влияет ли среда на формирование признаков организма? Можно ли управлять наследственностью?
10. Известно, что степень риска рождения детей с отклонениями от нормы значительно больше у родителей, относящихся к группе риска (алкоголики, наркоманы), чем это обусловлено?

Задание

1. Соберите сведения о проявлении всех или части указанных в таблице 19 признаков у всех родственников по прямой линии (дедушки и бабушки, отца и матери, братьев и сестер), сведите их в таблицу 3 «оформление результатов».

Таблица 7

Примеры наследственных признаков человека

№ п/п	Признаки	Альтернативные формы проявления признака	
1	Положение мочки уха	Свободное	Приросшая
2	Цвет глаз	Карий	Голубой
3	Острота зрения	Близорукость	Нормальное зрение
4	Длина ресниц	Длинные	Короткие
5	Форма подбородка	С треугольной ямочкой	Гладкий
6	Форма волос	Курчавые	Прямые

2. Заполните таблицу.

Таблица 8

Методы изучения наследственности человека

№ п/п	Метод	Характеристика метода	Изучаемые вопросы
1	Генеалогический		
2	Близнецовый		
3	Цитогенетический		
4	Биохимический		

Таблица 9

Оформление результатов

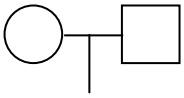
№ п/п	Название признаков	Перечень родственников и форма проявления

3. Лицо, по отношению к которому составляется родословная называется пробандом, его братья и сестры – сибсами. Лица женского пола обозначаются кружком, лица мужского – квадратом. Пробанд отмечается стрелочкой. Символы членов семьи, несущих исследуемый признак, выделяется цветом или штриховкой.

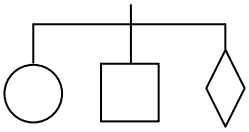
Таблица 10

Основные символы, применяемые для составления родословных

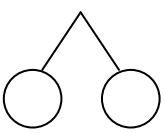
	Женщины	Мужчины	Лица, пол которых не имеет значения
Лица, обладающие рассматриваемым проявлением признака			
Лица, не обладающие рассматриваемым проявлением признака			



Брак



Дети от одного брака



Близнецы

Каждому поколению семьи отводится одна строка, на ней слева направо в ряд располагаются символы членов семьи в порядке рождения и соединяются с проведенной над ними горизонтальной линией. Символы

лиц, состоящих в браке, соединяются линией брака. Римскими цифрами обозначены последовательные поколения, арабскими – потомки одного поколения.

Используя символы, составьте родословные по всем рассматриваемым признакам. Фигуры располагаются строчками по поколениям. Проанализируйте родословные, определите тип наследования. Сделайте вывод.

4. Решите задачи

Задача 1 Мужчина с полидактилией (добавочные пальцы на руках) женился на нормальной пятипалой женщине. У них пять детей, и все с полидактилией. Один из детей женился на нормальной женщине, какова вероятность появления от этого брака детей с полидактилией?

Задача 2 В генотипе людей с синдромом Клайнфельтера три половых хромосомы XXY. С какими нарушениями хода мейоза может быть связано возникновение такого хромосомного набора?

Задача 3 Дальтонизм – одна из форм цветовой слепоты, заболевание, сцепленное с полом и наследуемое по рецессивному типу. Проявление этого признака характерно только для мужчин, хотя ген дальтонизма сцеплен с Х – хромосомой.

Дочь дальтоника вышла замуж за сына дальтоника. Оба различают цвета нормально. Укажите генотип родителей и первого поколения (F_1). Определите, каким будет зрение у первого поколения (сыновей и дочерей). Какой генетический закон проявляется в данном случае?

Задача 4 Женщина с нормальным числом пальцев, мать и отец которой имели также нормальное их число, вступила в брак с многопалым мужчиной, мать которого была многопалой, а отец нет. От этого брака родились многопалая девочка и мальчик с нормальным числом пальцев.

Составьте схему родословной трех поколений (Р, F_1, F_2). Определите генотип всех упомянутых лиц. Укажите способ наследования данного признака.

Задача 5 Составьте родословную.

Пробанд – женщина правша. ЕЕ две сестры – правши, два брата _ левши. Мать – правша. У нее два брата и сестра, все правши. Бабка и дед – правши. Отец пробанда – левша, его сестра и брат – левши, другие два брата и сестра – правши. При выполнении этого и подобных заданий обратите внимание на следующее:

1 Для решения вопроса какой тип наследования имеет место (доминантный или рецессивный) следует учесть фенотип родителей, Если больные дети рождаются у больных родителей, если у здоровых – признак рецессивный.

2 Обратите внимание на связь признака с полом. Если признак проявляется в равной мере у лиц мужского и женского пола, то тип наследования – аутосомный. Если признак проявляется преимущественно

или неисключительно у лиц одного пола, то имеет место наследование, сцепленное с полом.

3 В определении генотипов может помочь подсчет потомков, несущих или не имеющих его в одном поколении (1 : 1; 3 : 1 и др).

Задача 6 Составьте родословную:

Нормальные в отношении зрения мужчина и женщина имеют сына, страдающего дальтонозмом и двух дочерей с нормальным зрением. У внука от сына зрение нормальное, внук от одной дочери страдает дальтонизмом, а внучка здорова. У другой дочери пять сыновей, имеющих нормальное зрение.

Задача 7 Составьте родословную вашей семьи, проследив наследование любого произвольно выбранного признака (цвет глаз, цвет волос, свободная мочка уха, вьющиеся и прямые волосы и т. д.).

Задача 8 Проанализируйте схемы родословных зарисовав их (рис). Определите и сделайте вывод о:

1) типе наследования признака: аутосомно – доминантный;

аутосомно – рецессивный, сцепленный с полом;

2) генотипах членов семьи;

3) степени риска проявления признака в потомстве пробанда.

14. ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Изменчивость – это различия между особями одного вида, между родителями и потомками. Эти различия могут быть обусловлены изменением наследственного материала – генов или внешними условиями, где происходит развитие организма.

Различают наследственную (генотипическую) и ненаследственную (фенотипическую) изменчивость. Наследственная изменчивость обусловлена изменением наследственного материала – генов. Ненаследственная изменчивость – это способность организма изменяться под воздействием внешних условий в пределах нормы реакции, заданной генотипом. Ненаследственная изменчивость выражается в форме модификационной изменчивости, т. е. изменчивости не вызывающей изменений генотипа. Этот тип изменчивости, например, обусловливает применение агротехнических мероприятий в сельском хозяйстве, содержание и кормление животных. Модификационная изменчивость также обусловливает онтогенетическую адаптацию организма к условиям окружающей среды в процессе его индивидуального развития.

Генотипическая изменчивость делится на *комбинативную* и *мутационную.*

Комбинативная – гибридная изменчивость обусловлена перекомбинацией генетического материала родительских форм. На этом

типе изменчивости основана селекция растений и животных, велика роль комбинативной изменчивости и в эволюции растений.

Мутационная изменчивость обусловлена изменением генотипа и

сохраняется в последующих поколениях. Мутации могут возникать у любых организмов и на различных этапах онтогенеза. Они возникают как в соматических, а так и в половых клетках. Впервые термин мутации был введен Г. де-Фризом в 1901 году. Мутации по характеру изменения генотипа классифицируются на несколько типов:

1. Генные мутации – химическое изменение генов, которые возникают с наибольшей частотой.

2. Хромосомные перестройки (аберрации).

Различают:

– *внутрихромосомные аберрации* – это перестройки, возникающие внутри хромосомы после её разрыва в одной или нескольких точках. Сюда относятся: дупликации – удвоение участка хромосомы и образование повторов одинаковых участков хромосомы; выпадение отдельных участков хромосомы; утеря концевого участка (дефишенси); утеря участка внутри хромосомы (делеция); перевертывание участка хромосомы на 1800, при этом гены уже будут расположены в обратном направлении (инверсия).

Инверсия может возникать в одном плече (парацентрическая) или обоих плечах (перицентрическая), последнее приводит к изменению положения центромеры в хромосоме.

– *межхромосомных аберрации (транслокации)* – перенос участка одной хромосомы на другую негомологичную хромосому.

3. Геномные мутации – изменение количества хромосом, оно может быть кратным гаплоидному набору (автополиплоидия) или не кратным (анеуплоидия или гетероплоидия).

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику фенотипической изменчивости.
2. Что представляет собой комбинационная изменчивость и каковы механизмы ее возникновения?
3. Что такое мутации? Какие виды мутаций встречаются?
4. Какие бывают мутации по типу наследования?
5. Дайте характеристику мутаций по месту локализации их в клетке.
6. Назовите и охарактеризуйте мутации различающиеся по происхождению.
7. Назовите причины мутаций.
8. Дайте определения: полиплоидия, гаплоидия, гетероплоидия.
9. В чем суть гено- и фенокопирования?
10. Опишите молекулярные механизмы возникновения генных мутаций.

11. Дайте определения: вариационный ряд, вариационная кривая, коэффициент вариации, норма реакции, экспрессивность.
12. Какие изменения структуры хромосом вызывают мутации? Кратко охарактеризуйте их.

Задание

1. Изучите предложенные цифровые показатели модификационной изменчивости.

Выпишите цифровые показатели отдельных индивидуумов в порядке убывания величины. Совокупность вариантов, расположенных в определенной последовательности, составит вариационный ряд. Определите крайние варианты ряда (max и min) они показывают, в каких пределах изменяется признак.

Для наглядности необходимо построить сгруппированный вариационный ряд. Для этого следует разбить все варианты на произвольное число групп (8 – 10). Затем, определите величину интервала между группами. Для этого разделите разницу между наибольшей и наименьшей величиной признака на число групп. Если, например, эти величины равны 42 и 70 кг, а число групп – 7, то величина интервала равняется 70 – 42 = 28/7 = 4 (кг). Следовательно, границы первой группы 42 – 42, второй 46 – 49 и т. д.

После определения границ группы, распределите все варианты по группам и вычислите среднее значение для каждой группы. Для этого сложите крайние значения группы и разделите сумму на 2.

Определите частоту каждой группы, то есть распределение вариантов по группам (частота групп неодинакова, средние члены вариационного ряда встречаются чаще), определите группу, которая встречается наиболее часто в данной совокупности. Составьте таблицу из двух вертикальных граф: средние значения групп, частота групп.

Сделайте вывод.

2. Изобразите вариационный ряд графически. Для этого на оси абсцис (горизонтальная линия) расположите средние значения групп (массы тела), а по оси ординат (вертикальная линия) – частоту каждой группы.

Затем, соединив все точки линиями, получите вариационную кривую.

3. Определите среднюю арифметическую данного вариационного ряда. Эта величина является его важной характеристикой , так как выражает общую меру исследуемого признака в совокупности. Она вычисляется по формуле:

$$M = \frac{U + P,}{n}$$ где

n – число вариантов в совокупности;

U – среднее значение группы;

P – частота данной группы.

4. Заполните таблицу:

Таблица 11

Сравнения модификационной и мутационной изменчивости

Вопросы для сравнения	Модификационная изменчивость	Мутационная изменчивость
1 Под влиянием, каких факторов происходит?		
2 Какое влияние оказывают на фенотип?		
3 Какое влияние оказывают на генотип?		
4 Наследуется или нет?		
5 Какое значение имеет для организма?		
6 Какое значение имеет для эволюции?		

15. ОСНОВЫ ЭВОЛЮЦИИ

15.1. Адаптации организмов к среде обитания

В процессе эволюции у организмов выработались различные приспособления к среде обитания – *адаптации.* Адаптации проявляются на разных уровнях организации живой материи: от молекулярного до биоценотического. Способность к адаптации – одно из основных свойств живой материи, обеспечивающее возможность ее существования. *Адаптации* развиваются под действием трех основных факторов: наследственность, изменчивость и естественный отбор. В связи со средой обитания у живых организмов сформировался комплекс адаптаций, позволяющих им обитать в этих условиях: форма тела обтекаемая, вальковатая; развита плавучесть; покровы тела слизистые или гладкие; развиты воздухоносные полости; хорошая осморегуляция. У некоторых имеется копательный аппарат, развитая мускулатура, обостряется обоняние и осязание. Для многих групп характерны микроскопические или мелкие *размеры,* как приспособление к жизни в пленочной воде или в воздухоносных парах. Эфемерность жизни: легкий переход из активного состояния в покой и наоборот. Выработка опорного скелета, механизмов регуляции гидротермического режима, появление крыльев. Освобождение полового процесса от жидкой среды. Коадаптация паразита и хозяина, симбионтов друг к другу, выработка у

паразита защиты от переваривания хозяином и системы «заякоривания» в среде, усиление полового размножения, редукция зрения, пищеварительной системы, синхронизации биоритмов.

Существует три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: *активный путь* – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения фактора от оптимума; *пассивный путь* – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды и *избегание неблагоприятных воздействий.* Обычно приспособление вида к среде осуществляется тем ими иным сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

Живые организмы хорошо адаптированы к периодическим факторам. Непериодические факторы могут вызывать болезнь и даже смерть живого организма. Человек использует это, применяя пестициды, антибиотики и другие непериодические факторы. Однако длительное их воздействие также может вызвать к *ним* адаптацию.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение «среда обитания» и охарактеризуйте основные среды обитаний живых организмов.
2. Что такое экологический фактор? Какие классификации экологических факторов существуют?
3. В чем выражается приспособленность живого организма к условиям своей жизни?
4. Дайте определение: оптимизм, пессимизм, пределы выносливости, толерантность, ограничивающий фактор.
5. В чем заключается сезонные изменения в жизни органической природы, каковы ее причины?
6. Есть ли что-нибудь общее в характере приспособлений к зиме растений и животных? Ответ поясните.
7. В чем отличие короткодневных растений от длиннодневных?
8. Приведите примеры комплексного воздействия экологических факторов и частичной взаимной их компенсации.
9. Какие типы ритмов в органическом мире вы знаете и каково биологическое значение суточных ритмов в живой природе?
10. Что такое «биологические часы»? Какое значение в жизни организмов имеет способность измерять время?
11. Какое соотношение организма называют анабиозом? Каково его значение?

12. Какие группы растений по отношению к свету, влаги, составу почвы вы знаете?
13. Дайте классификацию групп животных в связи со средой обитания.

Задание

1. Заполните таблицу

Таблица 12

Виды адаптаций на экологические факторы

Фактор	Биологическое действие фактора	Характер приспособленности организмов

2. Заполните таблицу

Таблица 13

Защитные приспособления у животных

Тип приспособления	В чем выражается	Примеры
Покровительственная окраска		
Предупреждающая окраска		
Мимикрия		

3. Рассмотрите на микропрепаратах световые и теневые листья и сравните их, записав данные в таблицу

Таблица 14

Сравнение некоторых показателей строения светового и теневого листьев

Показатели	Лист	
	1	2
1 Площадь листовой пластинки		
2 Толщина листа		
3 Развитие культуры		
4Число устьиц на единицу площади листа		
5 Толщина мезофилла		
6 Толщина палисадной ткани		
7Длина палисадных клеток		
8 Диаметр палисадных клеток		
9 Объем межклетников		
10Число хлоропластов в клетках мезофилла		
11 Развитие механической ткани		
12 Развитие проводящей ткани		

Зарисуйте внутреннее строение листьев отметив (рисунок 6)

а) толщину листьев;

б) наличие кутикулы;

в) количество слоев столбчатой паренхимы;

г) размеры межклетника;
д) развитость нижней эпидермы
е) развитие жилок.

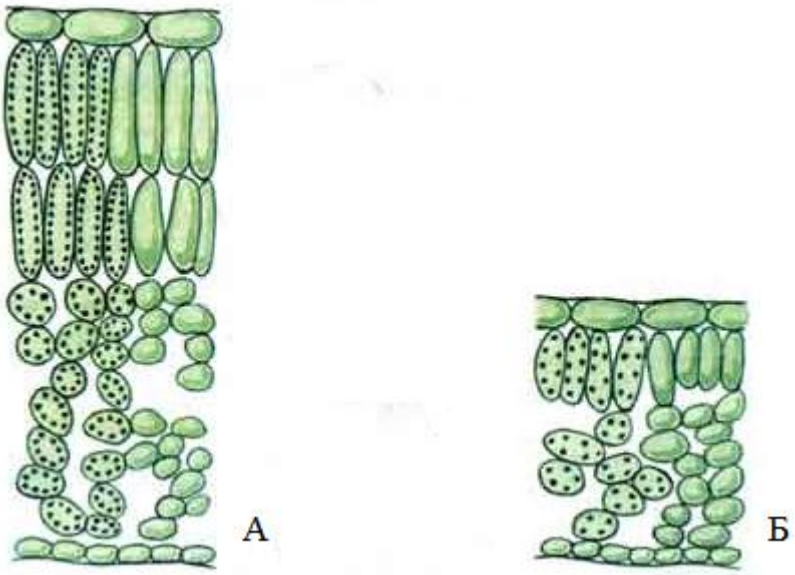


Рис. 6 Внутреннее строение А светового и Б теневого листьев сирени
а) верхняя эпидерма; б) нижняя эпидерма; в) столбчатый мезофилл г) губчатый мезофилл д) устьица.

4. Рассмотрите строение листа типичного ксерофита – ковыля волосатика с интересными приспособлениями.

Для этого размочите сухие листья в горячей воде, сделайте срез, окрасьте его флороглюцином и поместите в глицерин. Рассмотрите их и зарисуйте, отметив нижнюю поверхность листа – ровную и плоскую и верхнюю – городчатую с выступами. Поясните эту разницу в строении листа, отметив, где находятся устьица.

Рассмотрите столбовидные распорки между верхней и нижней эпидермой – это склеренхима (рисунке 7).

Обратите внимание: на верхней эпидерме имеются волоски, а нижняя покрыта толстой кутикулой и лишена устьиц.

Под влиянием сухого ветра лист ковыля способен сворачиваться в трубочку.

Сделайте вывод о зависимости анатомического строения листа и его адаптации к засушливым условиям среды.

5. Дайте характеристику и приведите примеры общих и частных адаптаций.

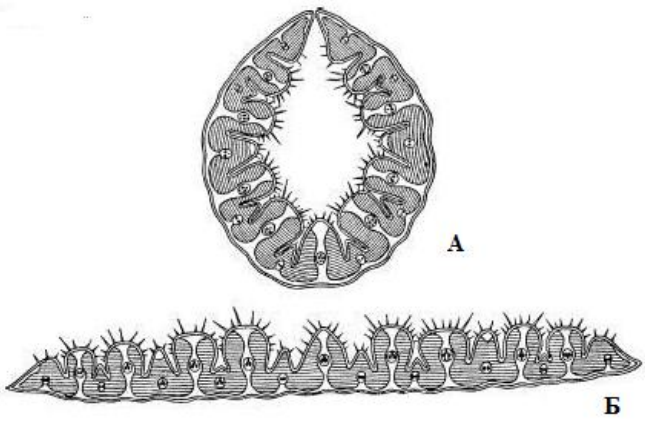


Рис. 7 Свернувшийся (А) и развернувшийся (Б) лист ковыля

6. Заполните таблицу

Таблица 15

Приспособленность растений и животных к зиме

Факторы внешней среды, имеющие ведущее значение	Примеры приспособления растений	Примеры приспособления животных

7. Комплекс морфологических и анатомических признаков окружающей среды называют жизненной формой. Одна из самых популярных систем жизненных форм была предложена К. Раунклером, она основана на определении местоположения почек возобновления в растении. Проанализируйте данные полученные при изучении степных и опушечных ценозов и постройте круговые диаграммы по следующим данным

Таблица 16

Спектр жизненных форм растений степных и опушечных формаций по Раунклеру, %

Жизненная форма	Степная форма	Опушечная формация
гемикриптофиты	72.6	–
криптофиты	10.3	–
фолерофиты	6.9	50.1
терофиты	3.4	5.5
хамефиты	6.8	44.4

8. Рассмотрите рисунки следующих животных: голубь, цапля, бурый медведь, олень, заяц, слон, кролик, бурундук, крот, белка, летучая мышь, морж, дельфин и заполните таблицу

Таблица 17

Причины и виды адаптаций у различных животных

Название	группа животных	Адаптации				Причины адаптаций
		Анатомические	Морфологические	Физиологические	Поведенческие	

9. К каким видам адаптаций можно отнести следующие адаптации организмов: наличие яда у насекомых, стелющиеся формы растений, толстый подкожный жировой слой, длинные уши, перепонки между пальцами, пушистый хвост, наличие воздухоносных тканей, воздушные корни, наличие эритроцитов в крови, С – 4 фотосинтез, опушение на листьях, поверхностная корневая система, наличие воздушных мешков, учащенное сердцебиение, постройка жилища, ласты тюленей.

15.2. Экологические аспекты и адаптации к ним у человека

Каждая из сред жизни отличается особенностями воздействия экологических факторов. Отдельные элементы среды, которые воздействуют на организмы, называются *экологическими факторами.* Выделяют следующие экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные.

Абиотические факторы – компоненты неживой природы. К ним относят: *климатические* (свет, температура, влажность, ветер, давление и др.), *геологические* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.), *орографические* (рельеф местности), *эдафические* или почвенно-грунтовые (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.), *гидрологические* (вода, течение, соленость, давление и др.). Иначе абиотические факторы делят на физические, химические и эдафические.

Биотические факторы – воздействие живых организмов друг на друга (взаимодействие между особями в популяциях и между популяциями в сообществах). При этом взаимоотношения могут быть *внутривидовыми* (взаимодействия между особями одного вида) и *межвидовыми* (между особями разных видов). По типу взаимодействия различают промкооперацию (симбиоз), мутуализм, комменсализм, внутривидовую и межвидовую конкуренции, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм. В зависимости от воздействующего организма биотические факторы делят на *фитогенные* (влияние растений), *зоогенные* (животных) и *микробогенные* (микроорганизмов).

Антропогенные факторы – деятельность человека, приводящая либо к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению

среды их обитания. При этом различается воздействие человека как биологического организма и его хозяйственная деятельность (техногенные факторы).

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* действие и *косвенное.*

Разные экологические факторы обладают различной изменчивостью в пространстве и во времени. Одни из них *относительно постоянны* (сила тяготения, солнечная радиация, солёность океана), другие *очень изменчивы* (температура и влажность воздуха, сила ветра). Изменения факторов среды могут *быть периодическими, т. е.* регулярно повторяющимися (изменение температуры воздуха и освещенности в течение суток или года), и *непериодическими* (извержение вулкана, нападение хищника).

Экологические факторы оказывают на живые организмы различные воздействия: *ограничивающее* (делает невозможным существование в данных условиях), *раздражительное* (вызывает биохимические и физиологические адаптации), *модификационное* (вызывает морфологические и анатомические изменения организмов), *сигнальное* (информирует об изменениях других факторов среды).

В природе экологические факторы действуют совместно, т. е. комплексно. Комплекс факторов, под действием которых осуществляются все основные жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение, называют *условиями жизни.* Условия, в которых размножения не происходит, *называются условиями существования.*

Контрольные вопросы

1. Что такое «экологический фактор»? Какие системы и подходы к их классификации вы знаете?
2. Охарактеризуйте абиотический факторы среды.
3. Какие типы приспособлений к абиотическим фактором возникли у человека?
4. Охарактеризуйте биотические факторы среды.
5. Укажите время и причины формирования рас у человека.
6. Перечислите основные признаки классификации рас.
7. Назовите большие и малые расы современного человека.

Задание

1. Выберите правильный ответ на вопрос:

Каковы взаимоотношения в системе паразит– хозяин?

а) паразит использует хозяина как источник питания;

б) паразит использует хозяина в качестве места оьитания;

в) паразит приносит вред хозяину;

д) паразит не вредит хозяину.

2. Выберите правильный ответ на вопрос: Какие изменения в сердечно–сосудистой системе можно отметить у человека в условиях пониженного кислорода?

а) увеличение количества эритроцитов;

б) снижение количества эритроцитов;

в) учащение пульса;

г) урежение пульса;

д) увеличение количества гемоглобина.

3. Известно, что в процессе адаптации к жизни в условиях Крайнего Севера. Забайкалья и ряда других областей у человека выявляется фетальный (эмбриональный) гемоглобин, отсутствует в норме у взрослых. Наиболее высокие показатели характерны для начальных периодов адаптации, спустя 3 – 5 лет они снижаются, а затем исчезают. В условиях средней полосы такой гемоглобин у взрослых обнаруживается только при злокачественных опухолях.

У человека, приехавшего из Москвы на Тянь – Шань через полгода в крови появляется фетальный гемоглобин. Есть ли необходимость в его госпитализации? Почему?

4. Объясните, почему народы, живущие на побережье Северного Ледовитого океана, при преобладании в рационе живой пищи не страдают авитаминозом?

5. Объясните, почему в районах Северного Кавказа в продажу поступает только йодированная соль?

6. Выпускник медицинского института получил назначение на работу в высокогорный поселок. У одного из первых пациентов анализ крови показал увеличенное количество эритроцитов, в связи с чем ему был поставлен диагноз: нарушение процессов кровообращения. Правильный ли диагноз поставил врач? Ответ поясните.

7. В условиях Заполярья основным источником энергии у человека становятся не углеводы, а жиры. Углеводный обмен тормозится: уровень глюкозы в крови повышается по сравнению с жителями средних широт, уровень снижается.

Исследуя функцию поджелудочной железы, после сахарной нагрузки, обнаружено резкое повышение уровня глюкозы в крови и был поставлен диагноз: сахарный диабет. Однако, после дующие исследования показали, что человек здоров. Что не учел врач? В каких районах нашей страны это могло иметь место?

8. При изучении поврежденного черепа человека получены следующие краниометрические значения:

носовой указатель – 45
скуловая ширина – 130
высота орбиты – 35
верхняя высота лица – 66.

По таблице определите возможную расовую принадлежность данного черепа.

Таблица 18

Средние расовые краниометрические значения

Признаки	Расы		
	австралоидная (экваториальная)	европеоидная	монголоидная (азиатско-американская)
носовой показатель	51 – 60	43 – 49	43 – 53
верхняя часть лица	62 – 71	66 – 74	70 – 80
скуловая ширина	121 – 138	124 – 139	131 – 145
высота орбиты	30 – 31	33 – 34	34 – 37

9. В антропологической литературе приводятся различные объяснения причин, определяющих различия в головном указателе современного человека: называются многие факторы, обуславливающие ту или иную форму головы (специализация занятия населения, степени развития височных мышц, географические условия обитания, эндокринные факторы, влияющие на проценты роста костей черепа, положение плода в матке, уплощение затылка при длительном лежание ребенка на спине). Какие из перечисленных причин можно считать главными? Почему?

10. Изучение приспособленности организмов к среде обитания. Для выполнения работы будет необходимо: лупа, пинцет, препаровальные иглы, раздаточный поднос. Натуральные объекты и гербарные материалы:

1) капусты, ветки сосны и ели, брусника, клюква;

2) папоротник, одуванчик;

3) придорожные растения: подорожник, одуванчик, птичья гречиха;

4) водные и полуводные растения: осока, ряска, кувшинка, стрелолист;

5) луковичные и корневищные растения: женьшень, пырей, лук, подснежник;

6) плоды и семена: липы, клена, ясеня, тополя, череды, лопуха, рябины, шиповника;

7) растения, не поедаемые животными: крапива (жгучая), боярышник (колючий), борщевик (ядовитый), кактус (колючий);

8) наборы семян и плодов древесных и кустарниковых пород растений (клен, береза, ольха, ива, липа, тополь, вяз, каштан, рябина, ель, сосна, пихта, лиственница, желтая акация, шиповник).

Дидактический материал: открытки и рисунки с изображением: тюленя, кита, дельфина, жука – плавуна, утки, цапли, стрижа, личинки стрекозы, акулы, окуня, иглы – рыбы, многообразие ротовых млекопитающих, насекомых, птиц.

Ход работы

Изучите приспособительные признаки у растений.

Внимательно рассмотрите гербарии или предложенные вам живые растения. Определите, какие черты приспособленности характерны для каждого вида. Результаты занесите в таблицу.

Таблица 19

№ п/п	Название растения	Условия обитания	Черты приспособленности (особенности строения)	Биологическое значение	Причины приспособленности (факторы)
	…				

Изучите приспособительные признаки у животных. Внимательно рассмотрите предложенные вам коллекции, рисунки и фотографии. Определите: 1) защитные приспособления у каждого представителя и укажите причины их происхождения; 2) приспособительные изменения в строении конечностей млекопитающих, птиц, насекомых.

Рассмотрите типы приспособительной окраски. Сделайте выводы. Определите приспособительные признаки у насекомых – опылителей и насекомых санитаров. Результаты наблюдений занесите в таблицу.

Таблица 20

№ п/п	Название животного	Условия обитания	Черты приспособленности (особенности строения)	Биологическое значение	Причины приспособленности (факторы)
	…				

Изучите приспособленность к распространению у плодов и семян. Рассмотрите коллекции плодов и семян, используя для этой цели лупы, пинцеты и препаровальные иглы. Данные наблюдений занесите в таблицу. Сделайте выводы.

Таблица 21

№ п/п	Растения	Характерные приспособительные особенности плодов и семян	Способы распространения	Причины возникновения приспособлений
1	…			

15.3. Микроэволюция. Видообразование как результат микроэволюции

Эволюционный процесс чаще всего разделяют на микро– и макроэволюцию, иногда особо выделяют мегаэволюцию. Микроэволюция – процессы адаптивной перестройки внутри вида, преобразования его популяций, что ведет к видообразованию. Макроэволюция – процесс исторического преобразования надвидовых таксонов – родов, семейств. Мегаэволюция – процесс исторического формирования более крупных систематических единиц (отрядов, классов, типов).

Изучение эволюционных процессов на микроэволюционном уровне открывает возможности для экспериментального изучения начальных этапов видообразования, моделирования эволюционного процесса. Микроэволюционные изменения являются необходимой предпосылкой, но не всегда завершаются видообразованием. В настоящее время общепринято считать *мутации* и их *комбинации* элементарным материалом эволюции.

Видообразование – это направляемый естественным отбором длительный и сложный процесс исторических адаптивных преобразований, ведущий к превращению генетически открытых внутривидовых популяционных систем в генетически закрытые видовые системы. В результате изоляции популяции прекращается скрещивание между расходящимися формами, не происходит обмен генетической информацией и их сглаживание, нивелировка.

Таким образом, под влиянием давления элементарных факторов эволюции при направляющем действии естественного отбора из одного вида может возникнуть два или несколько новых, дочерние виды могут вытеснить материнские.

Аллопатрическое видообразование связано со сменой родины и изменением, пространственным обособлением дивергирующихся групп. В зависимости от специфики изолирующего фактора выделяют два способа аллопатрического видообразования.

Географическое – происходит путем формирования географических рас (подвидов) в процессе расселения, освоения новых территорий и приспособления к ним. При этом образуются частично, а затем полностью изолированные расы, которые, размножаясь «в себе», становятся и репродуктивно разобщенными.

Географическое видообразование может осуществляться двумя основными путями – путем миграции и путем фрагментации ареала материнского вида.

Экологические – осуществляется в результате приспособления к экологическим условиям и дифференциации исходного материнского вида на экологические расы (экотипы), некоторые из которых в новой среде могут стать основой новых видов. Подобным путем шло формирование видового состава луговой растительности в заливаемых весной паводками поймах рек. Изменение сроков вегетации и цветения луговых растений привело к репродуктивной изоляции их от суходольных форм. На протяжении многих поколений формировались специфические экотипы и виды растений, характерные для заливных пойм рек.

Разграничение географического и экологического видообразования условно, так как и в одном и в другом случае вид формируется в процессе освоения популяциями новых условий существования в разных местах или в той же зоне, но с иной экологической ситуацией.

Таким образом, аллопатрическое видообразование связано с пространственной изоляцией.

Симпатрическое видообразование не связано с пространственным разобщением популяций. Оно может осуществляться в пределах ареала исходного вида.

Видообразование путем полиплоидизации. Обычно виды характеризуются двойным (диплоидным) набором хромосом. В ряде случаев нормальный ход мейоза нарушается и вместо гаплоидных появляются диплоидные гаметы. При оплодотворении они могут дать зиготы с увеличенным набором хромосом, кратным гаплоидному. Из таких зигот развивается полиплоидный организм. Полиплоидизацию можно вызвать искусственно. Полиплоидизацию как важный источник наследственной изменчивости, дающий материал для отбора, используют в селекции.

Гибридогенное видообразование. В природе встречаются межвидовые и даже межродовые гибриды (эвкалипты, тополь, ивы, карповые рыбы, грызуны). В случае, когда образовавшийся гибрид окажется эволюционно перспективным, он может быть исходным материалом для формирования

нового вида (культурная слива (48 хромосом) имеет гибридное происхождение от терна (32 хромосомы) и алычи (16 хромосом)). При гибридизации сначала появляется не новый вид, а новая видовая форма, еще не имеющая важных общевидовых характеристик (малая численность, отсутствие внутренней структуры) и не включающаяся прочно в цепь биоценотических связей.

Симбиогенез, когда два или более гетероморфных вида объединяются, образуют новую адаптивную систему, новое морфофизиологическое единство (лишайник).

Дарвиновское учение базировалось на научно обоснованном положении о реальном виде, который развивается, и утвердило эволюционную концепцию вида: вид – это реальная категория природы, этап исторического развития под действием естественного отбора.

С позиций дарвинизма проводилось комплексное изучение вида: морфофизиологическое, генетическое, экспериментальное исследование структуры вида и путей видообразования. Это имело решающее значение для обоснования популяционной концепции вида как основной формы существования и развития органического мира.

Морфологический критерий – все особи одного вида характеризуются рядом общих морфологических наследственных признаков. Особи разных видов морфологически изолированы. Морфологический критерий – необходимый, но недостаточный для различения видов, которые имеют значительное сходство в строении (так называемые виды–двойники, например, у комаров, тлей, плоских червей).

Физиолого-биохимический критерий – виды отличаются биохимическими структурами, иммунологическими реакциями, своеобразием обмена веществ, физиологических процессов, поведением. Особи разных видов, как правило, не скрещиваются между собой, не дают нормального потомства. Между разными видами существует физиологическая изоляция, хотя между некоторыми возможна гибридизация.

Эколого-географический (или биогеографический) критерий – характеризует географическую и экологическую определенность вида: каждый вид существует на определенной территории, имеет свой ареал с соответствующими экологическими условиями. Виды, как правило, пространственно изолированы.

Основой генетического критерия является видовая специфичность кариотипа. Каждый вид характеризуется своим набором хромосом, их индивидуальностью, различиями в нуклеотидном составе ДНК, т. е. видовым генотипом.

Критерии тесно связаны между собой и определяют качественную особенность вида.

1 Вид – это большое количество особей, способных к самовоспроизведению и поддержанию своей численности, это дискретная биологическая единица, которая более или менее изолирована от других форм жизни.

2 На определенном промежутке геологического времени вид отличается относительной стойкостью.

3 Вместе с тем он способен к эволюционному развитию.

4 Все особи вида – не просто сумма, а определенная общность особей, которая имеет свою внутреннюю структуру.

Каждый вид представляет собой систему, состоящую из внутренних структур разного ранга. Виды слабо дифференцированные и относительно более однообразные, называют монотипическими. Они чаще встречаются среди эндемических форм. Для большинства видов характерна более сложная внутривидовая структура. Это – политипические виды.

Полувид – географическая или экологическая раса, которая почти достигла состояния молодого вида. Полувиды характеризуются достаточной морфофизиологической, экологической, а в ряде случаев и репродуктивной обособленностью.

Подвиды – территориально разобщенные географические расы, которые приспособлены к определенному местообитанию и отличаются морфофизиологическими признаками (например: ель обыкновенная образует европейскую, финскую и сибирскую расы (подвиды)).

Экотипы – экологические расы, приуроченные к жизни в тех или иных условиях и имеющие свои морфофизиологические признаки. Выделяют парковую и лесную расы черного дрозда, экотипы растений кислых и щелочных почв.

Популяция – относительно обособленная на определенной территории группа свободноскрещивающихся особей, способная длительное время существовать, воспроизводиться, эволюционировать.

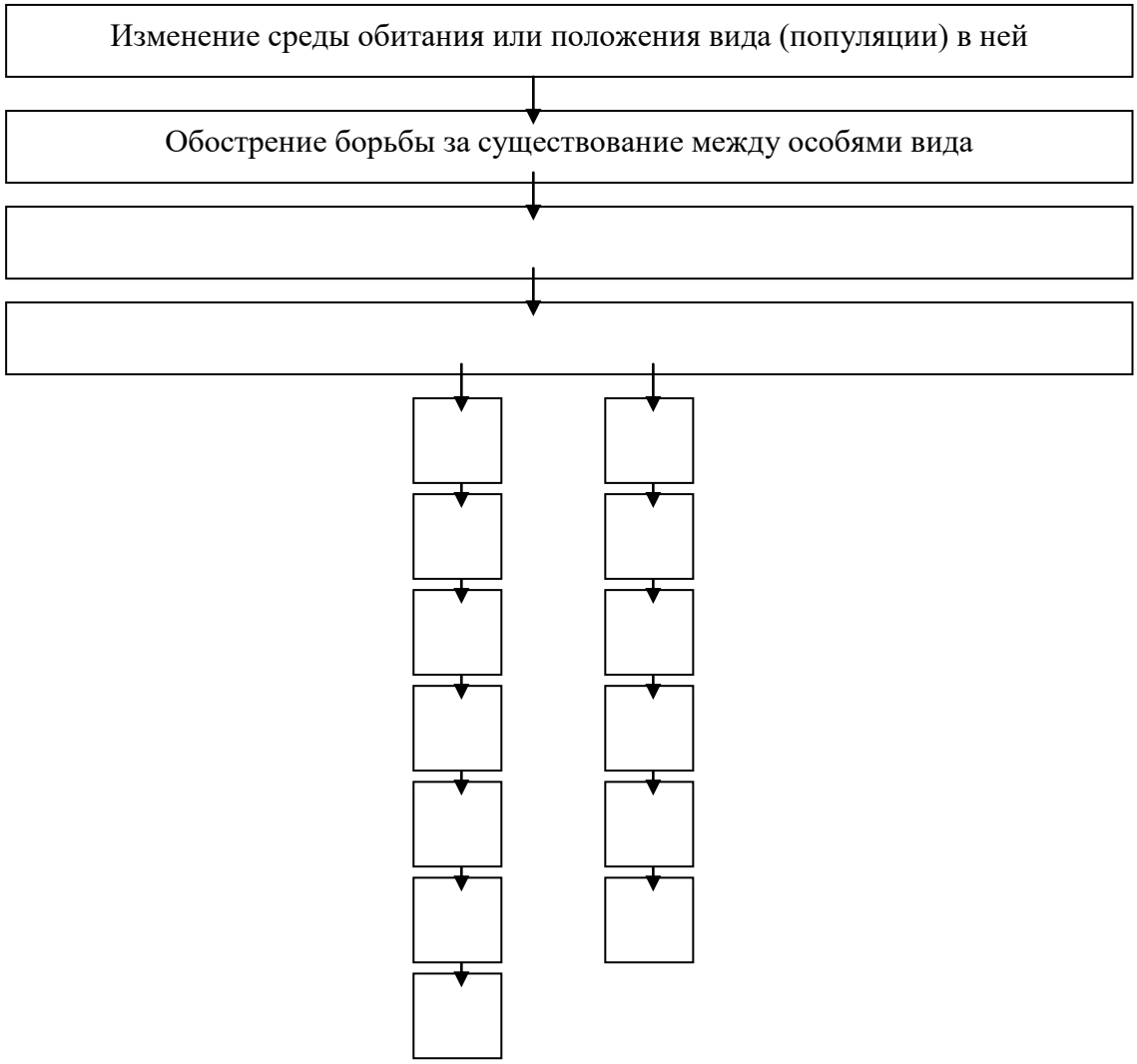
Таким образом, вид – это сложная целостная система взаимосвязанных внутривидовых групп, сложившаяся в определенных условиях среды в процессе эволюции. Вид – это качественный этап эволюционного процесса, результат микроэволюции.

Задание

1. Ознакомьтесь с событиями, которые происходят при видообразовании и расставьте соответствующие им номера в нужном порядке в предложенную схему.

1 Расселение на новые территории
2 Отбор в новых условиях среды
3 Биологическая изоляция
4 Экологическое видообразование
5 Отбор в новых условиях среды

6 Возникновение подвидов
7 Географическое видообразование
8 Географическая изоляция между популяциями
9 Обособление подвидов
10 Возникновение новых видов
11 Становление новых видов
12 Освоение новых экологических ниш в пределах старого ареала
13 Отбор в новых условиях среды
14 Отбор особей, наследственные изменения которых позволяют им осваивать новые территории
15 Изменение направлений естественного отбора соответственно новым условиям борьбы за существование.



2. Заполните таблицу.

Таблица 22

Способы видообразования

№ п/п	Видообразование	С чем связано	Примеры
1	Географическое		
2	Экологическое		
3	Путем полиплоидизации		
4	Гибридное		
5	Симбиогенез		
6	Принцип основателя		

3. Заполните таблицу.

Таблица 23

Защитные приспособления у животных

№ п/п	Тип приспособления	В чем выражается	Примеры
1	Покровительственная окраска		
2	Предупреждающая окраска		
3	Мимикрия		

4. Заполните таблицу.

Таблица 24

Приспособления растений к распространению семян

№ п/п	Способ распространения	Растения	Характерные особенности плодов и семян
1	Саморазбрасывание		
2	Ветром		
3	Водой		
4	Птицами		
5	Другими животными		
6	Человеком		

5. Заполните таблицу.

Таблица 25

Развитие понятия о виде в биологической науке

№ п/п	Вопросы для сравнения	К. Линней	Ж.Б. Ламарк	Ч. Дарвин	Современная наука
1	Существуют ли виды в природе?				
2	Изменяются ли виды?				

6. Заполните таблицу.

Таблица 26

Критерии вида

№ п/п	Признаки определяющие вид	Краткая характеристика	Примеры
1	Морфологический		
2	Физиолого-биохимический		
3	Эколого-географический		
4	Генетический		

7. Дайте структурную характеристику вида предложенного вам растительного (1) и животного (2) организма.

1. Вид: Класс:
   Род: Тип:
   Семейство: Царство:
2. Вид: Класс:
   Род: Тип:
   Отряд: Царство:
   Семейство:

8. Изучение критериев вида на живых растениях или гербарных материалах

Для проведения работы необходимо: пинцет, лупа, препаровальные иглы, линейка, лист белой бумаги, тетрадь для записей. Натуральные объекты и гербарные материалы: сосна обыкновенная, сосна сибирская; ель обыкновенная, ель Саянская; лиственница обыкновенная, лиственница европейская; клен ясенелистный, клен остролистный, клен татарский, клен полевой; тополь черный, тополь пирамидальный (побеги и семена всех вышеперечисленных растений).

Ход работы:

Ознакомьтесь с морфологическими признаками видов растений лиственных пород. Внимательно рассмотрите растения двух предложенных видов лиственных пород, относящихся к одному роду. В

соответствии с перечисленными в таблице 27 признаками кратко опишите признаки изучаемых вами растений. Проведите их сравнение, результаты наблюдений занесите в таблицу.

Таблица 27

Результаты наблюдений

№ п/п	Признаки	Название вида		Выводы по результатам сравнения	Какой видовой критерий характеризует
		1	2		
1	Строение верхушечной и боковых почек				
2	Окраска побегов				
3	Форма листа				
4	Длина и ширина листовой пластинки				
5	Название и описание плодов, их величина				
6.	Описание семян, их величина				

Ознакомьтесь с морфологическими признаками видов растений хвойных пород. Рассмотрите растения двух видов хвойных пород, принадлежащих к одному роду. В соответствии с перечисленными в таблице признаками кратко опишите признаки изучаемых вами растений. Сравните их. Результаты наблюдений занесите в таблицу 28.

Таблица 28

Результаты наблюдений

№ п/п	Признаки	Название вида		Выводы по результатам сравнения	Какой видовой критерий характеризу-ет
		1	2		
1	Особенности строения побегов (количество хвоинок в пучке)				
2	Длина хвойных игл, окраска и описание поперечного среза				
3	Шишки: длина, форма и цвет семенных чешуй				
4	Семена6 их величина, форма. цвет				

Ознакомьтесь с признаками, характеризующими вид. Изучение критериев вида. Внимательно рассмотрите растения одного рода. В соответствии с перечисленными в таблице 6 признаками кратко опишите признаки каждого изучаемого вами растения. Результаты занесите в таблицу 29.

Таблица 29

Результаты наблюдений

№ п/п	Признаки	Название видов		
		1	2	3
1	Цветка			
2	Плодов			
3	Стеблей			
4	Корня			
5	Времени цветения			
6	Продолжительности жизни			
7	Места обитания			

1 По каким признакам вы отнесли предложенные растения к разным видам?

2 Используя результаты эксперимента

а) докажите, почему установление видовой принадлежности невозможно только по одному из критериев вида;

б) обоснуйте, почему существуют виды, сходные, казалось бы, по всем признакам, но не скрещивающиеся.

Сделайте выводы.

15.4. Теория эволюции

Таблица 30

Геохронологическая шкала

Эры		*Периоды и их длительность, млн. лет*	*Животный и растительный мир*
название и длительность, млн. лет	*возраст, млн. лет*		
Кайнозойская (новой жизни) 60–70	60–70	Антропоген 1,5–2	Появление и развитие человека. Животный и растительный мир принял современный облик.
		Верхнетретичный (неоген) 25 Нижнетретичный (палеоген) 41	Господство млекопитающих, птиц. Появление лемуров и долгопятов – низкоорганизованых приматов, позднее парапитеков, дриопитеков. Расцвет насекомых. Продолжается вымирание крупных пресмыкающихся. Исчезают многие группы головоногих моллюсков. Господство покрытосеменных растений. Сокращение численности флоры голосеменных растений.
Мезозойская (средней жизни)	240±10	Меловой 70	Появление высших млекопитающих и настоящих птиц, хотя еще распространены зубастые птицы. Преобладают костистые рыбы. Резко сокращается численность папоротников и голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных.
		Юрский 58	Господство пресмыкающихся. Появление археоптерикса. Расцвет моллюсков. Господство голосеменных.
		Триасовый 45	Начало расцвета пресмыкающихся. Появление первых млекопитающих, настоящих костистых рыб. Исчезновение семенных папоротников.
Палеозойская (древней жизни) 330	570	Пермский 45	Быстрое развитие пресмыкающихся. Возникновение звероподобных пресмыкающихся. Вымирание трилобитов. Исчезновение лесов каменноугольного периода. Появление и развитие голосеменных.
		Каменноугольный (карбон) 55–75	Расцвет земноводных. Возникновение первых пресмыкающихся. Появление скорпионов, пауков, летающих форм насекомых. Сокращение численности трилобитов. Развитие высших споровых и семенных папоротников. Преобладание древних плаунов и хвощей. Развитие грибов.
		Девонский 50–70	Расцвет щитовых. Появление кистеперых рыб и стегоцефалов. Возникновение грибов. Развитие, а затем вымирание псилофитов. Распространение на суше высших споровых.

Окончание таблицы 30

		Силурийский 30	Пышное развитие кораллов, трилобитов. Появление бесчелюстных позвоночных – щитковых. Широкое распространение водорослей. В конце периода – выход растений на сушу (псилофиты)
		Ордовикский 60	Расцвет морских беспозвоночных, трилобитов
		Кембрийский 70	Широкое распространение водорослей
Протерозойская (ранней жизни) 2000	2600±100		Представлены все типы беспозвоночных. Появление первичных хордовых – подтипа бесчерепных.
Архейская (самая древняя)	3500		Следы жизни незначительны. Обнаружены остатки бактерий и одноклеточных водорослей.

Таблица 31

Крупнейшие ароморфозы и идиоадаптации

Эра	Период	*Важнейшие биологические события*
Архейская		Возникли первые живые организмы – гетеротрофы. Фотосинтез – разделение органического мира на растительный и животный. Половой процесс, многоклеточность (половой процесс резко повышает возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций в хромосомах. Диплоидность позволяет сохранить мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости ⇒ многоклеточность ⇒ большая возможность эволюции ⇒ ткани (эктодерма, энтодерма) ⇒ расширение функциональных и структурных возможностей организма ⇒ сложные и специализированные (морфологически и функционально) системы органов.
Протерозойская		Много водорослей, губок, кишечнополостных, членистоногих
Палеозойская		Первые наземные растения (проводящая система, слабодифференцированные ткани) совершенствование сосудистой системы (обеспечило быстрое поднятие воды на большую высоту). Переход к семенному размножению дал преимущества: зародыш в семенах защищен от неблагоприятных условий оболочками и обеспечен пищей, имеет диплоидное число хромосом. У хвойных процесс размножения не связан с водой. Опыление у них ветром, а семена имеют приспособления для распространения животными.
	Ордовик	Развитие бесчелюстных – на основе жаберных дуг возник ротовой аппарат хватательного типа (ароморфоз) ⇒ возможность выбирать пищу ⇒ улучшение ориентации в пространстве путем совершенствования органов чувств. Появляются плавники (парные плавники – крупный ароморфоз).

Окончание таблицы 31

	Силурийский	Членистоногие. Выход на сушу.
	Девон	Идиоадаптация к нехватке кислорода в воде (в результате гниения растений) – легкие. Для жизни на суше конечности, суставы между позвонками, слезные железы, подвижные веки, мышцы, втягивающие глаз внутрь орбиты, разрывается связь черепа с костями плечевого пояса.
	Карбон	Размножение на суше – внутреннее оплодотворение, накопление желтка в яйцеклетке. Ороговение кожи, сложное строение почки. Всасывающий тип дыхания.
Мезозойская	Триас	Расцвет голосеменных
	Юрский	Покрытосеменные растения: развитая проводящая система, цветок привлекает насекомых – опылителей, зародыш снабжается запасами пищи (эндосперм) и защищен оболочками. Появление птиц (ароморфозы – утратили одну из двух дуг аорты, перегородку между левым и правым желудочком). Полное разделение артериального и венозного кровотока (идиоадаптация – перья, крылья, роговой клюв, воздушные мешки, двойное дыхание, укорочение задней кишки).
	Триас	Появление млекопитающих (ароморфозы – образование волосяного покрова, четырехкамерное сердце, полное разделение артериального и венозного кровотока, внутриутробное развитие, вскармливание детенышей молоком, развитие коры головного мозга ⇒ преобладание условных рефлексов над безусловными.

Задание

1. Заполните таблицу.

Таблица 32

Сравнение точек зрения ученых – эволюционистов

№ п/п	Ученые эволюци-онисты	Происхож-дение приспособ-лений у организмов	Характер приспо-соблений	Главные движущие силы эволюции	Определе-ние понятия «вид»	Проис-хождение видов
1	К. Линней					
2	Ж.Б.Лмарк					
3	Ч. Дарвин					

2. Заполните таблицу.

Таблица 33

Три периода развития дарвинизма

№ п/п	Название периода	Годы	Характеристика периода	Ведущие ученые
1	Романтический			
2	Отрицания			
3	Современный синтез			

3. Заполните таблицу.

Таблица 34

Некоторые признаки эвглены зеленой

№ п/п	Признаки	Признаки животных у эвглены	Признаки растений у эвглены
1	В способах питания		
2	В строении		
3	В размножении		

4. Заполните таблицу.

Таблица 35

Некоторые признаки утконоса

№ п/п	Части тела, жизненные процессы	Признаки пресмыкающихся у утконоса	Признаки млекопитающих у утконоса
1	Череп		
2	Кожный покров		
3	Размножение		
4	Выкармливание потомства		
5	Температура тела		
6	Строение внутренних органов		
7	Образ жизни		

5. Заполните таблицу.

Таблица 36

Сравнительная эмбриология у животных

№ п/п	Ранние стадии развития некоторых животных	На каких животных похожа эта стадия	Выводы на основе биогенетического закона
1	При половом размножении гидры развитие начинается с одноклеточной стадии (яйцеклетки)		
2	Яйцо бабочки		
3	Личинка бабочки		
4	Личинка асцидии		
5	Яйцо (икринка) лягушки		
6	Зародыш лягушки на ранней стадии имеет вид мешочка из двух слоев клеток		
7	Головастик лягушки		

6. Заполните таблицу.

Таблица 37

Некоторые признаки стегоцефалов (палеонтология)

№ п/п	Сравниваемые части тела и жизненные процессы	Признаки рыб у стегоцефалов	Признаки земноводных у стегоцефалов	Признаки пресмыкающихся у стегоцефалов
1	Позвоночник			
2	Череп			
3	Конечности			
4	Размножение			
5	Кожный покров			
6	Общий вид			
7	Образ жизни			

7. Заполните таблицу.

Таблица 38

Некоторые признаки археоптерикса

№ п/п	Части тела и жизненные процессы	Признаки пресмыкающихся у археоптерикса	Признаки птицы у археоптерикса
1	Позвоночник		
2	Грудная клетка		
3	Череп		
4	Передние конечности		

Окончание таблицы 38

5	Задние конечности		
6	Хвост		
7	Кожный покров		
8	Общий вид		
9	Образ жизни		

8. Заполните таблицу.

Таблица 39

Филогенетический ряд лошадей

№ п/п	Виды лошадей	Особенности климата, местности и пищи	Особенности поверхности коренных зубов	Особенности конечностей		Рост
				Передних	Задних	
1	Эогиппус					
2	Геригиппус					
3	Гиппарион					
4	Современная лошадь					
5	Лошадь Пржевальского					

9. Заполните таблицу.

Таблица 40

Рудиментарные органы

№ п/п	Рудименты	Какому нормально развитому органу (признаку) других животных соответствует		Выводы
		Название органа (признака)	У каких животных	
1	Единичные волоски на губах кита			
2	Зачатки тазовых костей у кита			
3	Грифельные кости у лошади			
4	Два недоразвитых дополнительных копытца у парнокопытных			
5	Недоразвитые глаза у крота			
6	Два зачаточных пальца в скелете крыла птиц			

Окончание таблицы 40

7	Теменной глаз у ящерицы			
8	Зачатки задних конечностей у змей (питон, удав)			
9	Чешуйки (остатки листьев на корневище пырея)			

15.5. Движущие силы эволюции

Простейшие эволюционные изменения происходят под действием тех движущих сил – факторов, которые направленно преобразовывают популяции.

Мутационный процесс. Его значение обусловлено постоянным возникновением спонтанных мутаций и их комбинаций и при скрещивании дает новые сочетания генов и мутаций, что неизбежно вызывает наследственные изменения в популяции. Мутационный процесс действует в совокупности с другими факторами и является поставщиком элементарного эволюционного материала, резерва наследственной изменчивости.

Колебания численности популяции (популяционные волны) характерны для всех видов. Их эволюционное значение состоит в том, что при резком сокращении численности особей популяции среди случайно оставшихся в живых немногочисленных индивидов могут быть редкие генотипы. В дальнейшем восстановление численности будет идти за счет этих особей, что приведет к изменению частот генов, а значит, генофонда популяции, пережившей катастрофическое сокращение численности – поставщики эволюционного материала.

3. Изоляция обусловливает закрепление начальной стадии дифференциации, консолидации специфического генофонда обособившейся группы и становление ее как самостоятельной генетической системы. Изоляции принадлежит важная роль в образовании популяций, в формировании видов. Функция изоляции – защита генетической системы вида.

Естественный отбор – главный направляющий, движущий фактор исторического развития органического мира.

Отбор мы понимаем как избирательное выживание, достижение половой зрелости и размножение, возможность оставления потомства отдельными особями. Результаты отбора проявляются в череде поколений.

Арена действий естественного отбора является популяция как элементарная единица эволюции, объект естественного отбора – ее особи, фенотипы.

Отбор всегда идет по фенотипам, конкретным признакам и свойствам. Отбору подвергаются все жизненно важные признаки, свойства, он действует на всех стадиях развития особи и направлен на

совершенствование адаптаций, повышающих вероятность оставления потомства.

Прямой или движущий (ведущий) – типовая форма естественного отбора, которая обусловливает постоянное преобразование приспособлений видов соответственно изменениям условий существования (неустойчивые расы вредителей).

Стабилизирующий – вырабатывает относительную стойкость организации вида и его генетической структуры, меньшую зависимость всех этапов индивидуального развития и жизнедеятельности особей от случайных изменений условий внешней среды и малых мутаций, прогрессивное развитие и усовершенствование механизмов, регулирующих онтогенез, обусловливает длительное существование вида. Модификации могут стать нормой реакции, закрепленной наследственностью, и их развитие будет осуществляться под влиянием внутренних генетических факторов.

Действие стабилизирующей формы естественного отбора обусловливается селекционным преимуществом особей и групп организмов со средней нормой реакции в малоизменчивых условиях существования, что приводит к увеличению их численности. С другой стороны, в каждом поколении происходит преимущественная элиминация представителей с заметными отклонениями от этой нормы (особей с большими или меньшими размерами тела или отдельных его частей, светлой или темной окраской).

Теорию стабилизирующего отбора разработал академик И. И. Шмальгаузен (1940) (зоолог).

Дизруптивный, или рассекающий – противоположный стабилизирующему. Он действует тогда, когда условия внешней среды настолько изменились, что основная масса вида утрачивает адаптивность, а преимущества приобретают особи с крайними отклонениями от средней нормы. Именно эти отклонения и играют адаптивную роль в новых условиях (дифференциация пигментации крыльев у некоторых бабочек, приспособление видов одного рода к разным экологическим условиям (синицы, мошки)). Как особую форму естественного отбора Ч. Дарвин выделял половой отбор.

Балансирующий (разнообразящий) – под его действием в популяции поддерживается, повышается или регулируется генетическая изменчивость без возникновения новых морфофизиологических адаптаций и новых жизненных форм (две формы божьих коровок: красная – лучше переносит зимовку и преобладает весной, черная – интенсивнее размножается летом, преобладая осенью). Балансирующий отбор расширяет адаптивные возможности популяций в условиях колеблющихся условий среды. Его можно рассматривать как начальный этап дизруптивного отбора.

Индивидуальный – основывается на избирательном выживании и размножении отдельных особей, обладающих преимуществами в борьбе за существование, и элиминации других. Такие особи вносят большой вклад в генофонд популяции ⇒ больше участвуют в эволюционных изменениях популяций. *Таким образом, первичные изменения и возникновение эволюционно нового осуществляются в процессе индивидуального отбора.*

Групповой отбор – конкурирующими являются группы особей, из которых преимуществ в борьбе за существование имеют лучше приспособленные. Одни конкурирующие группы вытесняют другие. Групповой отбор не может создать ничего нового.

Задание

1. Заполните схему "Движущие силы эволюции".

2. Заполните таблицу.

Таблица 41

Сравнительная характеристика форм изменчивости

№ п/п	Формы изменчивости	Определение	Примеры	Причины возникновения	Значение для эволюции
1	Ненаследственная (модификационная)				
2	Наследственная				
2.1	Мутационная				
2.2	Комбинативная				
2.3.	Соотносительная				

3. Заполните таблицу.

Таблица 42

Сравнительная характеристика форм борьбы за существование

№ п/п	Форма борьбы за существование	Определение	Примеры	Причины возникновения	Значение для эволюции
1	Внутривидовая				
2	Межвидовая				
3	Борьба с неблагоприятными погодными условиями				

4. Заполните таблицу.

Таблица 43

Формы отбора

№ п/п	Форма отбора	Определение	Примеры	Причины возникновения	Значение для эволюции
1	Естественный				
1.1	Движущий				
1.2	Стабилизирующий				
1.3	Дизруптивный				
2	Искусственный				
2.1	Массовый				
2.2	Индивидуальный				

5. Заполните таблицу.

Таблица 44

Сравнительная характеристика искусственного и естественного отбора

№ п/п	Вопросы для сравнения	Искусственный отбор	Естественный отбор
1	Какое свойство организмов служит материалом для отбора?		
2	Что или кто является отбирающим фактором?		
3	Какие признаки отбираются?		
4	В чем выражаются результаты отбора?		

15.6. Происхождение и свойства жизни

Согласно *теории креацианизма*, жизни возникла в результате какого–то сверхъестественного события в прошлом; ее придерживаются последователи почти всех наиболее распространенных религиозных учений. В 1650 г. архиепископ Амер из г. Арма (Ирландия) вычислил, что бог сотворил мир в октябре 4004 г. до нашей эры и закончил свой труд 23 октября в 9 часов утра, создав человека. Амер получил эту дату, сложив возрасты всех людей, упоминающихся в библейской генеалогии, от Адама до Христа («кто кого родил»). Получается, что Адам жил в то время, когда, как показывают археологические находки, на Ближнем Востоке существовала хорошо развитая городская цивилизация.

Хотя все христиане признают, что Библия – это завет господа людям, по вопросу о длине «дня», упоминающегося в Книге Бытия, существуют разногласия. Некоторые считают, что мир и все населяющие его организмы были созданы за шесть дней продолжительностью по 24 часа. Они отвергают любые другие точки зрения и целиком полагаются на вдохновение, созерцание и божественное откровение. Другие христиане относятся к Библии как научной книге и считают, что в Книге Бытия изложено в понятной для людей всех времен форме теоретическое откровение о соответствии всех живых существ всемогущим творцом. Для них описание сотворения живых существ скорее относится к ответу на вопрос «почему?», а не «каким образом?»

Вера признает вещи, которым нет доказательств в научном смысле слова. Это означает, что логически не может быть противоречия между научным и богословным объяснением сотворения мира, так как эти две сферы мышления взаимно исключают одна другую. Для ученого научная истина всегда содержит элемент гипотезы, а для верующего истина всегда абсолютна.

Теория самопроизвольного зарождения была распространена в древнем Китае, Вавилоне и Египте в качестве альтернативы креацианизму, с которым она сосуществовала. Аристотель (384 – 322 гг. до н. э.) придерживался теории спонтанного зарождения. На основе собственных наблюдений он развивал эту теорию дальше, связывая все организмы в непрерывный ряд – «лестницу природы».

Согласно гипотезе Аристотеля о спонтанном зарождении, определенные частицы вещества содержат некое «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. Аристотель был прав, считая, что это активное начало содержится в оплодотворенном яйце, но ошибочно полагал, что оно присутствует также в солнечном свете, тине и гниющем мясе.

С распространением христианства теория спонтанного зарождения жизни оказалась не в чести; ее признавали лишь те, кто верил в колдовство и поклонялся нечистой силе, но эта идея все же продолжала существовать где–то на заднем плане в течение еще многих веков.

Ван Гельмонт (1577 – 1644) описал эксперимент, в котором он за три недели якобы создал мышей. Для этого нужны были грязная рубашка, темный шарф и горсть пшеницы. Активным началом ван Гельмонт считал человеческий пот.

В 1688 г. итальянский биолог и врач Франческо Реди, живший во Флоренции, подошел к проблеме возникновения жизни более строго и подверг сомнению теорию спонтанного зарождения. Реди установил, что маленькие белые червячки, появляющиеся на гниющем мясе, – это личинки мух. Он подтвердил, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни (концепция биогенеза).

Эти эксперименты, однако, не привели к отказу от идеи саморождения, и хотя эта идея несколько отошла на задний план, она продолжала оставаться главной теорией в неклерикальной среде.

Первые микроскопические исследования Антона ван Левенгука усиливали эту теорию применительно к микроорганизмам. Сам Левенгук не вступал в споры между сторонниками биогенеза и спонтанного зарождения, однако, его наблюдения под микроскопом давали пищу обеим теориям, и в конце концов побудили других ученых поставить эксперименты для решения вопроса о возникновении жизни путем спонтанного зарождения.

В 1765 г. Ладзаро Спалланцани провел следующий опыт: подвергнув мясные и овощные отвары кипячению в течение нескольких часов, он сразу же их запечатал, после чего снял с огня. Исследовав жидкости через несколько дней, Спалланцани не обнаружил в них никаких признаков жизни. Из этого он сделал вывод, что высокая температура уничтожила все формы живых существ, и что без них ничто живое уже не могло возникнуть.

В 1860 г. проблемой происхождения жизни занялся Луи Пастер. К этому времени он уже многое создал в области микробиологии и сумел разрешить проблемы, угрожающие шелководству и виноделию. Он показал также, что бактерии вездесущи и что неживые материалы легко могут быть заражены живыми существами, если их не простерилизовать должным образом.

Пастер доказал справедливость теории биогенеза и окончательно опроверг теорию спонтанного зарождения.

Теория стационарного состояния. Согласно этой теории, Земля никогда не возникала, а существовала вечно, она всегда способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, что очень мало; виды также существовали всегда. Оценки возраста Земли сильно варьировали – от примерно 6000 лет по расчетам архиепископа Амера до $5000 \cdot 10^6$ по современным оценкам, основанным на учете скоростей радиоактивного распада.

Сторонники этой теории не признают, что наличие или отсутствие определенных ископаемых остатков может указывать на время появления или вымирания того или иного вида, и приводят в качестве примера представителя кистеперых рыб – латимерию.

Сторонники теории стационарного состояния утверждают, что только изучая ныне живущие формы и сравнивая их с ископаемыми остатками, можно делать вывод о вымирании, да и в этом случае весьма вероятно, что он окажется неверным. Сторонники этой теории интерпретируют появление ископаемых остатков в экологическом аспекте (внезапное появление какого–либо ископаемого вида в определенном пласте они объясняют увеличением численности его популяции или его перемещения в места, благоприятные для сохранения остатков).

Теория панспермии. Эта теория не предлагает никакого механизма для объяснения первичного возникновения жизни, а выдает идею о ее внеземном происхождении. Поэтому ее нельзя считать теорией возникновения жизни как таковой; она просто переносит проблему в какое-то другое место во Вселенной.

Теория панспермии утверждает, что жизнь могла возникнуть один или несколько раз в разное время и в разных частях Галактики или Вселенной. Для обоснования этой теории используются многократные появления НЛО, наскальных изображений предметов, похожих на ракеты и «космонавтов», а также сообщения о встречах с инопланетянами. Советские и американские исследования в космосе позволяют считать, что вероятность обнаружить жизнь в пределах нашей солнечной системы ничтожна – однако они не дают никаких сведений о возможной жизни вне этой системы. Появился ряд сообщений о нахождении в метеоритах объектов, напоминающих примитивные формы жизни, однако доводы в

пользу их биологической природы пока не кажутся ученым убедительными.

Биохимическая эволюция. Среди астрономов, геологов и биологов принято считать, что возраст Земли составляет примерно 4,5 – 5 млрд. лет.

По мнению многих биологов, в далеком прошлом состояние нашей планеты было мало похоже на нынешнее: по всей вероятности, температура ее поверхности была очень высокой (4000 – 8000 ^{0} С), и по мере того, как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовывали земную кору; поверхность планеты была, вероятно, голой и неровной, так как на ней в результате вулканической активности, непрерывных подвижек коры и сжатия, вызванного охлаждением, происходило образование складок и разрывов.

Полагают, что в те времена атмосфера была совершенно не такая, как теперь. Легкие газы – водород, гелий, азот, кислород и аргон – уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать. Однако простые соединения, содержащие (среди прочих) эти элементы, должны были удерживаться; к ним относятся вода, аммиак, двуокись кислорода и метан. До тех пор, пока температура Земли не упала ниже 100 ^{0} С, вся вода, вероятно, находилась в парообразном состоянии. Атмосфера была, по-видимому, «восстановительной», о чем свидетельствует наличие в самых древних горных породах Земли металлов в восстановленной форме, таких как двухвалентное железо. Более молодые горные породы содержат металлы в окисленной форме, например, трехвалентное железо. Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием для возникновения жизни; лабораторные опыты показывают, что, как это ни парадоксально, органические вещества (основа живых организмов) гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом.

В 1923 г. А. И. Опарин высказал мнение, что атмосфера первичной Земли была не такой, как сейчас, а примерно соответствовала сделанному выше описанию. Исходя их теоретических соображений, он полагал, что органические вещества, возможно, углеводороды, могли создаваться в океане из более простых соединений; энергию для этих реакция синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом ультрафиолетовая), падавшая на землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. По мнению Опарина, разнообразие находившихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь. Эта идея была не нова: в 1871 г. сходную мысль высказал Дарвин: *«Часто говорят, что все необходимые для создания*

живого организма условия, которые могли когда-то существовать, имеются и в настоящее время. Но если (ох, какое это большой «если») представить себе, что в каком-то небольшом теплом пруду, содержащем всевозможные аммонийные и фосфорные соли, при наличии света, тепла, электричества и т. п. образовался бы химическим путем белок, готовый претерпеть еще более сложные превращения, то в наши дни такой материал непрерывно пожирался бы или поглощался, чего не могло случиться до того, как появились живые существ».

В 1953 г. Стэнли Миллер в ряде экспериментов моделировал условия, предположительно существовавшие на первобытной Земле. В созданной им установке, снабженной источником энергии, ему удалось синтезировать многие вещества, имеющие важное биологическое значение, в том числе ряд аминокислот, аденин и простые сахара, такие как рибоза. После этого Орджел в Институте Солка в сходном эксперименте синтезировал нуклеотидные цепи длиной в шесть мономерных единиц (простые нуклеиновые кислоты).

Позднее возникло предположение, что в первичной атмосфере в относительно высокой концентрации содержалась двуокись углерода. Недавние эксперименты, проведенные с использованием установки Миллера, в которую, однако, поместили смесь CO_2 и H_2O и только следовые количества других газов, дали такие же результаты, какие получил Миллер. Теория Опарина завоевала широкое признание, но она оставляет нерешенными проблемы, связанные с переходом от сложных органических веществ к простым живым организмам. Именно в этом аспекте теория биохимической эволюции предлагает общую схему, приемлемую для большинства современных биологов. Однако они не пришли к единому мнению о деталях этого процесса.

Опарин полагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежала белкам. Благодаря амфотерности белковых молекул они способны к образованию коллоидных гидрофильных комплексов – притягивают к себе молекулы воды, создающие вокруг них оболочку. Эти комплексы могут обособляться от всей массы воды, в которой они суспендированы (водной фазы), и образовывать своего рода эмульсию. Слияние таких комплексов друг с другом приводит к отделению коллоидов от водной среды – процесс, называемый коацервацией (от лат. coacervus – сгусток или куча). Богатые коллоидами коацерваты, возможно, были способны обмениваться с окружающей средой веществами и избирательно накапливать различные соединения, в особенности кристаллоиды. Коллоидный состав данного коацервата, очевидно, зависел от состава среды. Разнообразие состава «бульона» в разных местах вело к различиям в химическом составе коацерватов и поставляло таким образом сырье для «биохимического естественного отбора».

Предполагается, что в самих коацерватах входящие в их состав вещества вступали в дальнейшие химические реакции; при этом происходило поглощение коацерватами ионов металлов и образование ферментов. На границе между коацерватами и внешней средой выстраивались молекулы липидов (сложные углеводороды), что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват предшествующей молекулы, способной к самовоспроизведению, и внутренней перестройки покрытого липидной оболочкой коацервата могла возникнуть примитивная клетка. Увеличение размеров коацерватов и их фрагментация, возможно, вели к образованию идентичных коацерватов, которые могли поглощать больше компонентов среды, так что этот процесс мог продолжаться. Такая предположительная последовательность событий должна была привести к возникновению примитивного самовоспроизводящегося гетеротрофного организма, питавшегося органическими веществами первичного бульона.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение «жизнь»
2. Какими свойствами обладают живые существа?
3. Почему оргазмы называют «открытыми системами»?
4. Назовите законы термодинамики, объясняющие особенности существование организмов.
5. Объясните, почему самопроизвольное зарождение жизни на Земле, в наше время маловероятно.
6. В чем основные различия между современным состоянием атмосферы и ее составом в те дни, когда на Земле зарождалась жизнь?
7. Возникновение фотосинтеза открыло живому новые возможности и породило угрозу. Объясните, в чем они заключаются ?
8. Назовите источники энергии на первобытной Земле?
9. Гипотеза панспермии.
10. Какие условия необходимы для жизни?
11. Перечислите этапы происхождения жизни?
12. Что такое коацерваты и какими свойствами они обладают?
13. В каких направлениях происходила эволюция протобионтов?
14. Почему для теории происхождения жизни важное значение имеет время?
15. Назовите гипотезы происхождения жизни и поясните их суть. (Стационары, креацианизм, биохимическая эволюция, панспермия, спонтанное зарождение).

Задание

1. Ниже названы некоторые процессы и структуры. Пронумеруйте их в той последовательности, в какой они развивались в процессе эволюции:

дыхание, фотосинтез, полимеры, органические мономеры, брожение

2. Заполните таблицу.

Таблица 45

Сравнительная характеристика теорий происхождения жизни

Теория возникновения жизни	Стационар-ное состояние	Креаци-онизм	Спонтанное зарождение	Панспер-мия	Биохими-ческая эволюция
Способ возникновения жизни					
Особенности образование видов					

3. Заполните таблицу.

Таблица 46

Особенности развития жизни в геологическое время

Миллионы лет назад	Эра	Период	Климат и основные события	Эволюционные события

4. Изучение вопроса о возникновении микроорганизмов: спонтанное зарождение или биогенез

Для выполнения работы необходимо: 8 термостойких пробирок (по 30 мл), штатив, 120 мл питательного бульона, 5 ватных пробок, алюминиевая фальга, водяная баня, прямая стеклянная трубка диаметром 0,5 см и длиной 6 см, S – образная стеклянная трубка диаметром 0,5 см и длиной 10 см, термостат, автоклав.

Ход работы

1 В простерилизованные и пронумерованные от 1 до 8 пробирки налить по 15 мл питательного бульона.

2 Пробирку № 1. Оставить открытой и не нагревать.

Пробирку № 2. закрыть ватной пробкой и накрыть алюминиевой фальгой, не нагревать.

Пробирку № 3. Оставить открытой, нагревать 10 мин в водяной бане.

Пробирку № 4. Закрыть, как пробирку № 2 и нагревать 10 мин в водяной бане.

Пробирку № 5. Оставить открытой и на 20 мин поставить в автоклав при давлении 0,8 атм.

Пробирку № 6. Закрыть, как пробирку № 2 и поместить на 20 мин в автоклав при давлении 0,8 атм.

Пробирку № 7. В ватную пробку поместить стеклянную трубку, поместить пробирку с трубкой в автоклав на 20 мин при давлении 0,8 атм.

Пробирку № 8. В ватную пробку поместить S – образную стеклянную трубку, поместив пробирку с трубкой в автоклав на 20 мин при давлении 0,8 атм.

3. Все пробирки поместить в термостат с t = 32С.

4. На протяжении 10 дней осматривать пробирки и фиксировать малейшие изменения. Затем, рассмотреть под микроскопом содержимое. Сделайте вывод.

15.7. Происхождение человека

Эволюция человека, или антропогенез (от греч. anthropos – человек, genesis – развитие) – это исторический процесс эволюционного становления человека. Науку, изучающую происхождение человека, называют антропологией, возникновение которой датируют рубежом XVIII – XIX вв.

Эволюция человека качественно отличается от эволюции организмов других видов, ибо в ней действовали не только биологические, но и социальные факторы. Сложность проблем антропогенеза углубляется тем, что человек сам по себе двулик. Одним лицом он обращен к животному миру, из которого вышел и с которым остается связанным анатомически и физиологически, а вторым – в мир создаваемых коллективным трудом научных и технических достижений, культуры и т. д. Человек, с одной стороны, является биологическим существом, с другой – социальным.

Еще в начале XX в. И. И. Мечников отмечал, что «...теория происхождения человека может быть причислена к числу наиболее прочных научных теорий». Будучи связанным тесными узами Кровного родства с животным миром, человек имеет свою биологическую предысторию. Однако человек имеет качественные отличия от животных. Эти отличия возникли под влиянием социальных факторов в процессе исторического развития человеческого общества.

Наследственная конституция человека сложилась в результате постепенного и длительного процесса эволюции. У непосредственных предшественников человека в процессе эволюции на базе генетической программы непрерывно возникали противоречия между их морфофизиологической организацией и формирующимися элементарными способами «инстинктивно-трудовой» деятельности. Разрешение этого противоречия путем естественного отбора вначале привело к изменениям передних конечностей, затем к развитию коры больших полушарий

головного мозга, и наконец, к появлению сознания. Можно сказать, что это был первый, но решающий акт в завершении специализации генов на гены структуры и гены – регуляторы, причем сознание обеспечило не только становление, но и дальнейшее развитие человека.

В последующем темпы биологического развития человека стали снижаться. Поскольку появление сознания обеспечивало новые формы и возможности приспособления к среде, это вело к уклонениям от действия естественного отбора, в результате чего биологическое развитие уступило место социальному развитию и совершенствованию. Как заметил в свое время К. А. Тимирязев, биологическая эволюция человека осталась за порогом его истории. Таким образом, современный человек является продуктом его генов и среды. Выйдя из природы, человек остался тесно связанным с ней, со всем живым миром.

В научном плане учение об антропогенезе тесно связано с учением о расогенезе. Вопреки научному пониманию расогенеза извращение научных представлений о происхождении рас ведет к расизму, в основе которого лежит реакционная идея о высших и низших расах.

Задание

1. Заполните таблицу « Доказательства происхождения человека от животных».

Таблица 47

№ п/п	Группы доказательств	В чем их сущность?	Примеры
1	Сравнительно – анатомические: А) общие черты строения Б) рудименты В) атавизмы		
2	Эмбриологические		
3	Физиологические		
4	Палеонтологические		

2. Заполните таблицу « Движущие факторы антропогенеза».

Таблица 48

№ п/п	Факторы антропогенеза	Их роль в антропогенезе	Примеры
1	Биологические		
2	Социальные		

3. Заполните таблицу « Основные черты строения человеческого тела, унаследованные от других животных».

Таблица 49

№ п/п	Основные черты	От кого унаследованы
1	Генетический код	
2	Удлиненное двусторонне симметричное туловище с четко различимыми частями	
3	Костный скелет	
4	Пятипалые конечности	
5	Легочное дыхание	
6	Слуховой аппарат	
7	Амниотическое ядро	
8	Удлиненные конечности, дифференцированная зубная система, молочные железы, теплокровные, положение глаз	
9	Плацента, живорождение	

4. Заполните таблицу « Атавизмы у человека».

Таблица 50

№ п/п	Атавизмы у человека	Каким признакам животных соответствуют	У каких животных встречаются	Выводы

5. Заполните таблицу « Рудиментарные органы человека».

Таблица 51

№ п/п	Рудименты у человека	Каким нормально развитым органам (признакам) животных соответствуют	У каких животных встречаются	Выводы

6. Заполните таблицу « Развитие зародыша у человека».

Таблица 52

№ п/п	Сроки развития зародыша с момента оплодотворения	Некоторые признаки зародыша человека на разных стадиях развития
1	Первые часы	
2	Первые дни	
3	Первая неделя	
4	Вторая неделя	
5	Третья и четвертая недели	
6	Пятая неделя	
7	Шестая и седьмая недели	
8	Конец второго месяца	
9	Третий месяц	
10	Пятый месяц	
11	Шестой месяц	
12	Седьмой месяц	

7. Заполните таблицу «Морфологические особенности человека и человекообразных обезьян».

Таблица 53

№ п/п	Сравнительные признаки	Специфические особенности		Причины различий
1	Головной мозг			
2	Лицо			
3	Челюсти			
4	Клыки			
5	Сочленение черепа с позвоночником			
6	Позвоночный столб			
7	Туловище			
8	Нижние конечности			
9	Большой палец на конечностях			
10	Положение тела при ходьбе			
12	Функции рук			
13	Образ жизни			
14	Взаимоотношения со средой			
15	Средство общения			
16	Надбровные дуги			
17	Стопа			
18	Грудная клетка			

8. Заполните таблицу «Основные этапы развития человека».

Таблица 54

№ п/п	Стадии	Хронологичес-кий возраст	Места находок	Особенности строения	Орудия труда
1	Австралопитеки				
2	Древнейшие люди –питекантропы –синантропы –гейдельбергский человек				
3	Древние люди (неандертальцы)				
4	Первые современные люди (кроманьонцы)				

9. Заполните таблицу «Характеристика больших человеческих рас».

Таблица 55

№ п/п	Характерные особенности	Расы		
		Австрало – негроидная	Европеоидная	Монголоидная
1	Цвет кожи			
2	Цвет волос			
3	Форма носа			
4	Разрез глаз			
5	Первоначальный ареал			

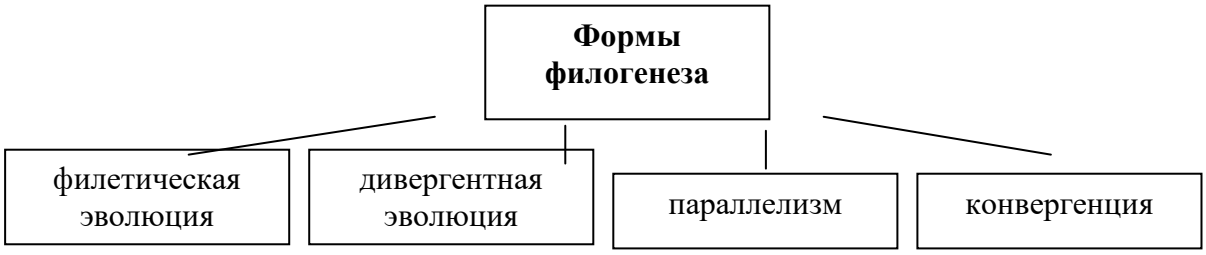
15.8. Направления эволюции органического мира. Макроэволюция

Макроэволюция – эволюционные преобразования, которые происходят на надвидовом уровне и обусловливают формирование иерархической системы таксонов. Макроэволюционные явления осуществляются на протяжении огромных промежутков времени. При их изучении используются описательные методы палеонтологии, сравнительной морфофизиологии, биогеографии и других наук с учетом закономерностей микроэволюции. В основе макроэволюции лежат микроэволюционные процессы и явления.

На основании общности происхождения и сходства строения близкие виды объединяют в роды, роды в семейства и т.д. Выделение надвидовых категорий проводят на основании общности плана строения, в то время как видовая принадлежность обусловлена генетической интеграцией

популяций вида. Степень различия между видами определяется в основном временем дивергенции.

При выделении таксонов более высокого порядка учитывают прежде всего тип строения, например, млекопитающих, птиц, рептилий, амфибий и т.д. Каждый из названных классов характеризуется своим планом строения.



Под филетической эволюцией понимают постепенные эволюционные перестройки определенной таксономической группы, которые ведут к возникновению новой группы, отличной от исходной.

Например: фенокодус – эогиппус – миогиппус – парагиппус – плиогиппус – современная лошадь.

Дивергентная эволюция – обусловливает распад одного таксона на несколько групп в процессе приспособления их к разным условиям существования. Дивергентная эволюция осуществляется на разных уровнях. Расчленяет вид на популяции, которые при возникновении изоляции могут превратиться в новые виды. Дивергенция любого масштаба увеличивает разнообразие форм жизни.

Дивергенция внутри вида – явление обратимое: две разошедшиеся популяции путем скрещивания могут объединяться. Макроэволюционные изменения необратимы.

Параллелизм. Если ранее дивергировавшие группы попадают в сходные условия существования, у них независимо, параллельно могут формироваться сходные адаптационные признаки (возникновение органов свечения у глубоководных рыб). Синхронный параллелизм (преобразования пятипалой конечности в однопалую у липоптерию Южной Америки и у лошадиных Северной Америки и Азии. При асинхронном параллелизме наблюдается независимое приобретение сходных черт близкими группами, которые жили в разное время (саблезубость в семействе кошачьих возникла четырежды в двух независимых стволах).

Конвергенция. Неродственные группы, развиваясь в сходных условиях, могут приобретать сходные признаки (сходство форм тела у акул, ихтиозавров и дельфинов, общие черты строения тела у прыгающих млекопитающих, конвергентное внешнее подобие у многих форм сумчатых и плацентарных млекопитающих и т.д.).

Под скоростью эволюции следует понимать количество эволюционного изменения за единицу времени.

Единицей времени может быть геологическое (миллионы лет) или биологическое (число поколений) время. Иногда пользуются показателем «дарвин» (1 Дарвин – изменение данного признака – уменьшение или увеличение – на 1 % за 1000 лет).

Дж. Симпсон предлагает определять скорость эволюции числом новых родов, возникших за миллион лет (у аммонитов он равен 0,5, у лошадиных – 0,13).

Постепенное формирование признаков у групп может идти с разной скоростью на разных этапах эволюции. У многих филетических линий наблюдается быстрая эволюция на первых этапах (у двоякодышащих рыб в первый период эволюции (около 30 млн. лет) произошло в два раза больше эволюционных изменений, чем за последние 250 млн. лет, а вот млекопитающие, существующие с триаса, медленно эволюционировали на первом этапе, их расцвет начался спустя 100 млн. лет).

Известны случаи весьма длительной стабильности отдельных форм (крокодил, гаттерия, гинкго).

Такие сохранившиеся филогенетические реликты называют живыми ископаемыми, а само явление переживания без фенотипического изменения – персистированием.

Скорость эволюции отдельных признаков или органов тоже может быть разной. Поэтому у организмов можно обнаружить и примитивные и прогрессивные свойства – мозаичность эволюции.

Сравнительно – эмбриологические исследования И. Меккеля, М. Ратке, К. М. Бэра и др. имели важное значение для обоснования положения о сходстве зародышевого строения и общности развития разных форм организмов, обусловленного общностью их происхождения. Это положение известно под названием дарвиновского закона зародышевого сходства.

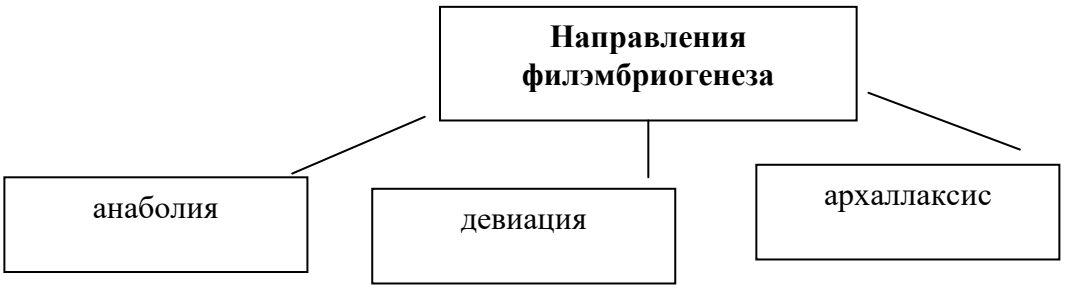
Мысли Бэра и Дарвина нашли подтверждение и дальнейшее развитие в исследованиях онтогенеза Ф. Мюллера и Э. Геккеля.

Основной биогенетический закон сформулированный Геккелем, гласит: онтогенез есть кратное и быстрое повторение филогенеза. Позже Геккель показал, что в зародышевом развитии не всегда наблюдается повторение (рекапитуляция) признаков предковых форм, наряду с древнегенетическими признаками (палингенезами) встречаются и новообразования (ценогенезы) – приспособления к зародышевому состоянию, которые не отражаются на строении взрослых организмов. Как отклонения от биогенетического закона Геккель рассматривал гетеротопии (смещение органов по месту закладки) и гетерохронии (изменение закладки во времени). В качестве гетеротопии можно рассматривать смещение сердца в грудную полость у млекопитающих и птиц по

сравнению с его положением у рыб и амфибий. Примером гетерохронии может быть более ранняя закладка головного мозга у млекопитающих по сравнению с рептилиями.

На основании данных сравнительно – эмбриологических исследований А. Н. Северцов показал слабые места биогенетического закона и внес существенные поправки в его содержание и понимание соотношений между онтогенезом и филогенезом.

А. Н. Северцов разработал учение о филэмбриогенезе – таких морфофизиологических изменениях, новообразованиях и зародышей, которые определяют новые направления филогенеза.



Анаболия – надставка стадий, эволюционные изменения формообразования на конечных стадиях зародышевого развития. В связи с тем, что анаболии изменяют поздние стадии развития органа, они не вызывают существенных перестроек других частей организма, поэтому встречаются чаще. Путем анаболии в основном формируются видовые и родовые признаки.

Девиация – эволюционные перестройки на средних стадиях зародышевого развития органа. Например, имеется сходство в закладке и начальном развитии чешуи у акуловых и рептилий. На средних стадиях зародышевого развития происходят отклонения, которые ведут к образованию ороговевшей чешуи, в то время как у акуловых формируется окостеневшая чешуя с зубцом.

Архаллаксис – изменения начальных стадий эмбриогенеза или изменение самих зачатков органов. Этим путем идет развитие волоса млекопитающих – производного кожи – без повторения предковых признаков. Они вызывают с самого начала коренную перестройку в развитии органа. Они могут быть причиной нарушения функции органа и его связей с другими частями организма, что может привести к смерти. При архаллаксисе не наблюдается палингенезов и рекапитуляций, и поэтому положения биогенетического закона здесь неприемлемы.

Если биогенетический закон фиксирует внимание на зависимости онтогенеза от филогенеза (Ф$\rightarrow$О), то теория филэмбриогенезов показывает, что и изменения в онтогенезе влияют на филогенез (Ф$\Leftrightarrow$О) – онтогенетическая обусловленность филогенеза.

А. Н. Северцов показал, что исторические преобразования и выработка новых приспособлений (адаптациогенез) могут осуществляться разными путями. Он предложил понятие «биологический прогресс».

Под «биологическим прогрессом» понимают биологическое процветание таксона – повышение численности особей, расширение ареала, увеличение количества дочерних таксонов. Прогрессирующими следует считать насекомых костных рыб, многие группы грызунов, цветковые растения и др.

Биологические регресс характеризуется противоположными показателями (выхухоли, гинкговые, рептилии).

Задание

1. Заполните таблицу «Биологическая стабилизация , прогресс и регресс».

Таблица 56

№ п/п	Признаки для сравнения	Биологические		
		стабилизация	прогресс	регресс
1	Характер необратимых изменений численности особей			
2	Степень приспособленности организмов и видов к среде обитания			
3	Изменения ареалов			
4	Число основных местообитаний и экологических ниш			
5	Число популяций, подвидов и видов			
6	Соотношение скорости изменения среды и формирования приспособлений			

2. Заполните таблицу «Сравнительная характеристика этапов эволюционного процесса».

Таблица 57

№ п/п	Этап	В каких группах организмов осуществляется?	Что является материалом для эволюционного процесса?	Главный эволюционный фактор	Результаты
1	Микроэволюция				
2	Макроэволюция				

3 Заполните таблицу «Основные направления биологического прогресса».

Таблица 63

№ п/п	Признаки для сравнения	Арогенез	Идиоадаптация	Дегенерация
1	Изменение внешней среды			
2	Изменение уровня общей организации			
3	Значение приспособлений			
4	Изменение выживаемости			
5	Возможные направления дальнейшего развития			

4 Заполните таблицу «Основные направления эволюции (арогенезы)».

Таблица 64

№ п/п	Арогенезы	Значение арогенезов в эволюции
1	Авто– и гетеротрофность	
2	Кислородное дыхание	
3	Половой процесс	
4	Многоклеточность	

5 Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у растений и животных.

Для проведения работы необходим: лоток для раздаточного материала, пинцет, тетрадь для записей, открытки и рисунки (китообразные, ластоногие, грызуны, земноводные, пресмыкающиеся). Натуральные объекты: гербарные материалы цветковых и голосеменных растений, коллекции насекомых с различными видами идиоадаптаций, спиртовые препараты червей–паразитов, капусты, традесканции и т. д.

Ход работы

а) Направления эволюции в развитии насекомых. Внимательно рассмотрите коллекции насекомых и укажите систематическую категорию, к которой принадлежат данные представители. Определите у представителей каждой группы насекомых приспособительные изменения к условиям среды обитания. Раскройте их биологическое значение. Укажите пути эволюции каждой рассмотренной вами группы насекомых. Результаты наблюдений занесите в таблицу «Направления эволюции в развитии насекомых».

Таблица 65

№ п/п	Систематическая группа	Приспособительные изменения, возникшие в ходе эволюции	Биологическое значение приспособительных изменений	Возможные пути эволюции данной систематической группы
1				
2				
…				

б) Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у животных.

Изучите рисунки, открытки чучела различных видов грызунов (сусликов, белок, тушканчиков, бобров). Определите у каждого представителя приспособительные изменения к условиям обитания, возникшие в ходе эволюции, Раскройте их биологическое значение. Результаты наблюдений занесите в таблицу 6 «Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у растений и животных».

в) Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у растений.

Рассмотрите коллекции, гербарные материалы (побеги, плоды, цветки). Определите систематическую принадлежность изучаемых представителей. Раскройте биологическое значение появление плода у цветковых растений. Укажите признаки приспособленности плодов изучаемой группы растений к распространению. Определите возможные пути эволюции изучаемых растений данной систематической группы.

Результаты наблюдений занесите в таблицу 66.

Таблица 66

№ п/п	Систематическая группа	Приспособительные изменения, возникшие в ходе эволюции	Биологическое значение приспособительных изменений	Возможные пути эволюции данной систематической группы
1	Растения			
1.1	… … …			
2	Животные			
2.1	… … …			

Сделайте выводы.

12. АУТЭКОЛОГИЯ

12.1. Среды жизни и экологические факторы

Среды жизни. *Среда обитания* – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определенное воздействие. На нашей планете живые организмы *освоили* 4 среды обитания*: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную*. Водная среда была первой. Организменную среду освоили паразиты и симбионты. Затем живые организмы освоили наземно-воздушную среду, создали и заселили почву.

Водная среда. Самая древняя. Освещенность убывает с глубиной, при погружении на каждые 10 м давление возрастает на 1 атмосферу. Для нее характерен дефицит кислорода. Степень солености возрастает при переходе от пресных вод к морским и океаническим. Эта среда относительно однородная (гомогенная) в пространстве и стабильная во времени.

Почвенная среда. Создана живыми организмами. Осваивалась одновременно с наземно-воздушной средой. Для нее характерен дефицит или полное отсутствие света, высокая плотность. Эта среда четырехфазная (фазы: твердая, жидкая, газообразная, живые организмы), неоднородная (гетерогенная) в пространстве. Во времени условия более постоянны, чем в наземно-воздушной среде обитания, но более динамичны, чем в водной и организменной.

Наземно-воздушная среда. Разреженная, для нее характерно обилие света и кислорода. Она гетерогенная в пространстве, очень подвижная (динамичная) во времени.

Организменная среда. Очень древняя. Часто жидкая (кровь, лимфа) или твердая, плотная (ткани). Для нее характерно наибольшее постоянство во времени при сравнении с другими.

Экологические факторы. Каждая из сред жизни отличается особенностями воздействия экологических факторов. Отдельные элементы среды, которые

воздействуют на организмы, называются *экологическими факторами.* Выделяют следующие экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные.

Абиотические факторы – компоненты неживой природы. К ним относят: *климатические* (свет, температура, влажность, ветер, давление и др.), *геологические* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.), *орографические* (рельеф местности), *эдафические* или почвенно-грунтовые (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.), *гидрологические* (вода, течение, соленость, давление и др.). Иначе абиотические факторы делят на физические, химические и эдафические.

Биотические факторы – воздействие живых организмов друг на друга (взаимодействие между особями в популяциях и между популяциями в сообществах). При этом взаимоотношения могут быть *внутривидовыми* (взаимодействия между особями одного вида) и *межвидовыми* (между особями разных видов). По типу взаимодействия различают промкооперацию (симбиоз), мутуализм, комменсализм, внутривидовую и межвидовую конкуренции, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм. В зависимости от воздействующего организма биотические факторы делят на *фитогенные* (влияние растений), *зоогенные* (животных) и *микробогенные* (микроорганизмов).

Антропогенные факторы – деятельность человека, приводящая либо к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению среды их обитания. При этом различается воздействие человека как биологического организма и его хозяйственная деятельность (техногенные факторы).

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* действие и *косвенное.*

Разные экологические факторы обладают различной изменчивостью в пространстве и во времени. Одни из них *относительно постоянны* (сила тяготения, солнечная радиация, солёность океана), другие *очень изменчивы* (температура и влажность воздуха, сила ветра). Изменения факторов среды могут *быть периодическими, т.е.* регулярно повторяющимися (изменение температуры воздуха и освещенности в течение суток или года), и *непериодическими* (извержение вулкана, нападение хищника).

Экологические факторы оказывают на живые организмы различные воздействия: *ограничивающее* (делает невозможным существование в данных условиях), *раздражительное* (вызывает биохимические и физиологические адаптации), *модификационное* (вызывает морфологические и анатомические изменения организмов), *сигнальное* (информирует об изменениях других факторов среды).

В природе экологические факторы действуют совместно, т.е. комплексно. Комплекс факторов, под действием которых

осуществляются все основные жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение, называют *условиями жизни.* Условия, в которых размножения не происходит, *называются условиями существования.*

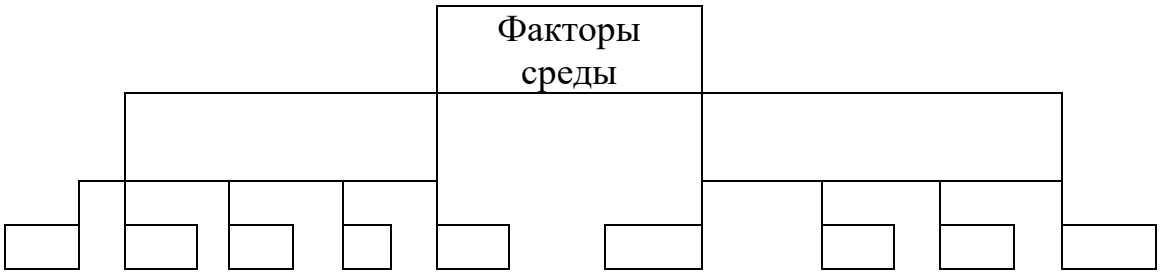
Адаптации. В процессе эволюции у организмов выработались различные приспособления к среде обитания – *адаптации.* Адаптации проявляются на разных уровнях организации живой материи: от молекулярного до биоценотического. Способность к адаптации – одно из основных свойств живой материи, обеспечивающее возможность ее существования. *Адаптации* развиваются под действием трех основных факторов: наследственность, изменчивость и естественный отбор. В связи со средой обитания у живых организмов сформировался комплекс адаптаций, позволяющих им обитать в этих условиях: форма тела обтекаемая, вальковатая; развита плавучесть; покровы тела слизистые или гладкие; развиты воздухоносные полости; хорошая осморегуляция. У некоторых имеется копательный аппарат, развитая мускулатура, обостряется обоняние и осязание. Для многих групп характерны микроскопические или мелкие *размеры,* как приспособление к жизни в пленочной воде или в воздухоносных парах. Эфемерность жизни: легкий переход из активного состояния в покой и наоборот. Выработка опорного скелета, механизмов регуляции гидротермического режима, появление крыльев. Освобождение полового процесса от жидкой среды. Коадаптация паразита и хозяина, симбионтов друг к другу, выработка у паразита защиты от переваривания хозяином и системы «заякоривания» в среде, усиление полового размножения, редукция зрения, пищеварительной системы, синхронизации биоритмов.

Существует три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: *активный путь* – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения фактора от оптимума; *пассивный путь* – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды и *избегание неблагоприятных воздействий.* Обычно приспособление вида к среде осуществляется тем ими иным сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

Живые организмы хорошо адаптированы к периодическим факторам. Непериодические факторы могут вызывать болезнь и даже смерть живого организма. Человек использует это, применяя пестициды, антибиотики и другие непериодические факторы. Однако длительное их воздействие также может вызвать к *ним* адаптацию.

Задание

1. Составьте схему, классифицирующую факторы среды по характеру воздействия на живые организмы.



2. Составьте сравнительную характеристику сред обитания и адаптации к ним живых организмов, прочитав текст и заполнив таблицу 67.

Таблица 67

Приспособления живых организмов к среде обитания

Название среды	Характеристика	Адаптации организма к среде	Примеры

12.2 Основные экологические факторы и их действие

Факторы среды имеют количественное *выражение*. По отношению к каждому фактору можно выделить зону *оптимума* (зону нормальной жизнедеятельности), зону пессимума (зону угнетения) и *пределы выносливости* организма. Оптимум – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна. В зоне пессимума жизнедеятельность организмов угнетена. За пределами выносливости существование организма невозможно. Различают нижний и верхний предел выносливости. Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени называется *экологической толерантностью (валентностью, устойчивостью). Виды* с широкой зоной толерантности называются *эврибионтными,* с узкой – *стенобионтными.* Организмы, переносящие значительные колебания температуры называются эвритермные, а приспособленные к узкому интервалу температур – стенотермные. Таким же образом по отношению к давлению различают эври- и стенобатные организмы, по отношению к степени засоления среды – эври- и стеногалинные, и т.д.

Экологические валентности отдельных индивидуумов не совпадают. Поэтому экологическая валентность вида шире экологической валентности каждой отдельной особи.

Экологические валентности вида к разным экологическим факторам могут существенно отличаться. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида.*

Экологический фактор, значение которого выходит за пределы выносливости вида, называется *лимитирующий (ограничивающий) фактор.* Такой фактор будет ограничивать распространение вида даже в том случае, если все остальные факторы будут благоприятными. Лимитирующие факторы определяют географический ареал вида. Знание человеком лимитирующих факторов для того или иного вида организмов позволяет, изменяя условия среды обитания, либо подавлять, либо стимулировать его развитие.

Можно выделить основные закономерности действия экологических факторов:

- *закон относительности действия экологического фактора* – направление и интенсивность действия экологического фактора зависят от того, в каких количествах он берется и в сочетании с какими другими факторами действует;
- *закон относительной заменяемости и абсолютной незаменимости экологических факторов* – абсолютное отсутствие какого-либо из обязательных условий жизни заменить другими экологическими факторами невозможно, но недостаток или избыток одних экологических факторов может быть возмещен действием других экологических факторов.

Свет. В спектре солнечного света выделяют области, различные по своему биологическому действию. *Ультрафиолетовые лучи* в небольших дозах необходимы живым организмам (бактерицидное действие, стимуляция роста и развития клеток, синтез витамина D и т.д.), в больших дозах губительны из-за способности вызывать мутации. Значительная часть ультрафиолетовых лучей отражается озоновым слоем. *Видимые лучи* – основной источник жизни на Земле, дающий энергию для фотосинтеза. *Инфракрасные лучи* – основной источник тепловой энергии.

Для растений солнечный свет необходим, прежде всего, как источник энергии для фотосинтеза. По отношению к условиям освещенности растения делят на следующие экологические группы: *гелиофиты (светолюбивые)* – растения, обитающие в условиях хорошего освещения (имеют мелкие листья, сильно ветвящиеся побеги, значительное количество пигментов в листьях и др.); *сциофиты (тенелюбивые)* – растения, плохо переносящие прямые солнечные лучи (имеют крупные, тонкие листья, расположенные горизонтально, с меньшим количеством устьиц) и *факультативные гелиофиты (теневыносливые)* – растения,

способные обитать как в условиях хорошего освещения, так и в условиях затенения (имеют переходные черты).

Для животных свет – это условие ориентации. Животные бывают с *дневным, ночным и сумеречным* образом жизни.

По отношению к продолжительности дня организмы делят на *короткодневные* (обитатели низких широт) и *длиннодневные* (обитатели умеренных и высоких широт). Реакция организмов на продолжительность дня называется *фотопериодизмом.* Это очень важное приспособление, регулирующее сезонные явления организмов. Изменение длины дня тесно связано с годовым ходом температуры, но в отличие от последней не подвержено случайным колебаниям. Фотопериодизм обусловливает такие сезонные явления как листопад, перелеты птиц и т.п.

Температура. От температуры окружающей среды зависит температура организмов, а следовательно, скорость всех химических реакций, составляющих обмен веществ. В основном живые организмы способны жить при температуре от 0 до +50°С, что обусловлено свойствами цитоплазмы клеток. Верхним температурным пределом жизни является 120–140°С (близкие к нему значения температуры выдерживают споры, бактерии), нижним -190–273°С (переносят споры, семена, сперматозоиды).

По отношению к температуре организмы делят на *криофилов* (обитающих в условиях низких температур) и *термофилов* (обитающих в условиях высоких температур).

Организмы могут использовать два источника тепловой энергии: *внешний* (тепловая энергия Солнца или внутреннее тепло Земли) и *внутренний* (тепло, выделяемое при обмене веществ). В зависимости от того, какой источник преобладает в тепловом балансе, живые организмы делят на три группы. *Пойкилотермные* организмы неспособны, поддерживать температуру, отличную от температуры окружающей среды (микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные). *Гомойотермные* организмы способны поддерживать температуру, отличную от температуры окружающей среды (птицы и млекопитающие). *Гетеротермные* организмы способны к частичной регуляции температуры тела (животные, впадающие в спячку или оцепенение в неблагоприятный период года – суслики, сурки, ежи, летучие мыши и др.).

У живых организмов различают три механизма терморегуляции: *химическая* терморегуляция (изменение величины теплопродукции за счет изменения интенсивности обмена веществ), *физическая* (изменение величины теплоотдачи) и *этологическая* или *поведенческая* (избегание условий с неблагоприятны ми температурами).

Вода. Вода обеспечивает протекание в организме обмена веществ и нормальное функционирование организма в целом. Одни организмы живут в воде, другие приспособились к постоянному недостатку влаги.

По отношению к воде растения делят на следующие экологические группы: *гидатофиты* – водные растения; *гидрофиты*– наземно-водные растения; *гигрофиты* – наземные растения, живущие в условиях повышенной влажности; *мезофиты* – растения, которые могут переносить непродолжительную и не очень сильную засуху; *ксерофиты* – растения, приспособленные к жизни в местообитаниях с недостаточным увлажнением; среди ксерофитов выделяют *суккуленты* – сочные растения, накапливающие воду в тканях своего тела, и *склерофиты* – растения, теряющие значительное количество воды.

Среди животных выделяются *гигрофилы* (влаголюбивые), *ксерофилы* (сухолюбивые) и *мезофилы* (промежуточная группа).

Почва. Важнейшими экологическими факторами, характеризующими почву как среду обитания, являются кислотность, валовой состав, содержание органических веществ, структура, плотность, засоленность, гранулометрический состав и др.

По отношению к кислотности почвы растения делят на следующие экологические группы: *ацидофиты* (растут на почвах с pH < 6,7); *нейтрофиты* (pH = 6,7 – 7,0); *базифиты* (pH > 7,0); *индифферентные виды* (могут обитать на почвах с разным значением pH).

По отношению к валовому составу элементов питания почвы среди растений различают *олиготрофов* (довольствующиеся малым количеством зольных элементов), *эвтрофов* (нуждаются в большом количестве зольных элементов) и *мезотрофов* (требуют умеренного количества зольных элементов).

По другим признакам среди растений выделяют такие группы как *галофиты* (растения засоленных почв), *нитрофиты* (растения, предпочитающие почвы, богатые азотом), *петрофиты* (растения каменистых почв), *псаммофиты* (растения песков). По степени связи с почвой как средой обитания животных объединяют в три экологические группы: *геобионты* – животные, постоянно обитающие в почве, весь цикл развития которых протекает в почвенной среде; *геофилы* – животные, часть цикла развития которых (чаще одна из фаз) обязательно проходит в почве; *геоксены* – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

Задание

1. Выпишите в тетрадь определения следующих терминов: *зона оптимума, оптимум, зона пессимума, пределы выносливости, экологическая толерантность, эврибионты, стенобионты, экологический спектр вида, лимитирующий фактор, закон*

относительности действия экологического фактора, закон относительной заменяемости и абсолютной незаменимости экологических факторов.

2. Заполните таблицу 68.

Таблица 68

Экологические группы живых организмов

Название фактора, определяющего зону толерантности организмов	Название экологической группы организмов соответствующих данному фактору	Примеры	
		растения	животные

3. Составьте сравнительную характеристику экологических факторов, прочитав текст и заполнив таблицу 69.

Таблица 69

Значение экологических факторов в природе

№ п/п	Название экологического фактора	Значение экологического фактора для организмов	
		растений	животных

12. 3. Экологические классификации организмов

Современная систематика живых организмов строится на основе степени родства организмов. В основу экологических классификаций могут быть положены самые разнообразные критерии: способы питания, передвижения, отношения к температуре, влажности и т.п. Разнообразие адаптации к среде создает необходимость множественных классификаций.

Типы питания живых организмов. *Питание* – процесс потребления вещества и энергии. По типу питания живые организмы делятся на: автотрофов, гетеротрофов и миксотрофов.

Автотрофы (автотрофные организмы) – организмы, использующие в качестве источника углерода углекислый газ (растения и некоторые бактерии). Они способны создавать органические вещества из неорганических – углекислого газа, воды и минеральных солей.

В зависимости от источника энергии автотрофы делятся на фотоавтотрофов и хемоавтотрофов. *Фото (авто)трофы* – организмы, использующие для биосинтеза световую энергию (растения, цианобактерии). *Хемо (авто)трофы* – организмы, использующие для биосинтеза энергию химических реакций окисления неорганических

соединений (хемотрофные бактерии: водородные, нитрифицирующие, железобактерии, серобактерии и др.).

Гетеротрофы (гетеротрофные организмы) – организмы, использующие в качестве источника углерода готовые органические соединения (животные, грибы и большинство бактерий).

По способу получения пищи гетеротрофы делятся на голозоев и осмотрофов. *Голозои* заглатывают твердые куски пищи *(животные), осмотрофы* поглощают органические вещества из растворов непосредственно через клеточные стенки (грибы, большинство бактерий).

По состоянию источника пищи гетеротрофы делятся на биотрофов и сапротрофов. *Биотрофы* питаются живыми организмами. К ним относятся *зоофаги* (питаются живыми животными) и *фитофаги* (питаются живыми растениями), в том числе паразиты. *Сапротрофы* используют в качестве пищи органические вещества мертвых тел или выделения (экскременты) животных. К ним принадлежат *сапрофаги* (питаются растительными остатками) и *некрофаги* (питаются трупами животных).

Миксотрофы – организмы, которые могут, как синтезировать органические вещества из неорганических, так и питаться готовыми органическими соединениями (насекомоядные растения, представители отдела эвгленовых водорослей и др.).

Жизненные формы организмов. Среди приспособлений живых организмов к среде особую роль играют морфологические адаптации. Изменения в наибольшей степени затрагивают органы, находящиеся в непосредственном соприкосновении с внешней средой. В результате наблюдается конвергенция (сближение) морфологических (внешних) признаков, в то время как анатомические и другие признаки остаются неизмененными, отражая родство и происхождение видов. Интересна экологическая адаптация у обитателей пещер (пещерные саламандры, слепой жук, слепой рак, желтоватая рыбка, др.). Постоянно обитая в условиях высокой влажности и постоянной температуры, они претерпевают упрощение в строении покровов (например, отсутствует чешуя). У них атрофированы глаза (в полной темноте они не выполняют характерных для них функций), но имеются, например, длинные усики – органы осязания и острое обоняние, помогающее им отыскивать пищу. Обитатели пещер живут по собственным часам, их активность не связана со сменой дня и ночи. Прыгающие формы животных (кенгуру, тушканчики, прыгунчики) отличаются компактным телом с удлиненными задними конечностями и значительно укороченными передними, причем, длинный хвост играет роль балансира или руля, позволяющего резко изменять направление движения. Обилие жизненных форм и типов

адаптаций животных Ч. Дарвин объяснял тем, что «они возникли в сложнейшем процессе естественного отбора, который охватывал неисчислимые вариации в бесконечной череде животных на протяжении десятков миллионов лет».

Морфологический тип приспособления животного или растения к основным факторам местообитания и определенному образу жизни называют *жизненной формой организма.*

Следует отметить, что понятие жизненной формы следует отличать от понятия *экологической группы организмов.* Жизненная форма отражает весь спектр экологических факторов, к которым приспосабливается тот или иной организм, и характеризует специфику определенного местообитания. Экологическая же группа обычно узко специализирована в отношении отдельного фактора среды: света, влаги, тепла и т. д. (уже упоминавшиеся нами гигрофиты, мезофиты, ксерофиты – группы растений по отношению к влажности; олиготрофы, мезотрофы, эвтрофы – группы организмов по отношению к трофности, плодородию почв и т. п.).

Существует большое количество классификаций жизненных форм растений и животных, основанных на разных признаках. В качестве примера приведем по одной классификации жизненных форм растений и животных.

Классификация жизненных форм растений К. Раункиера (1934) по положению почек или верхушек побегов в течение неблагоприятного времени года по отношению к поверхности почвы и снегового покрова (рис. 1). Этот признак имеет глубокий биологический смысл: защита меристем, предназначенных для продолжения роста, обеспечивает непрерывное существование особи в условиях резко изменяющейся среды.

I. *Фанерофиты* – почки возобновления, открытые или закрытые, расположены высоко над поверхностью почвы (выше 30 см), включает деревья, кустарники и лианы.

II. *Хамефиты* – почки возобновления у поверхности почвы или не выше 20–30 см (полукустарники, растения-подушки).

Ш. *Гемикриптофиты* – почки возобновления у поверхности почвы, или в самом поверхностном ее слое, часто покрытом подстилкой (многолетние травы, например, виды лютика, одуванчик, земляника, живучка ползучая и пр.).

IV. *Криптофиты* – почки возобновления скрыты в почве (геофиты: корневищные, клубневые, луковичные, корневые) или под водой (гелофиты и гидрофиты).

V. *Терофиты* – возобновление после неблагоприятного времени года только семенами (однолетние травы).

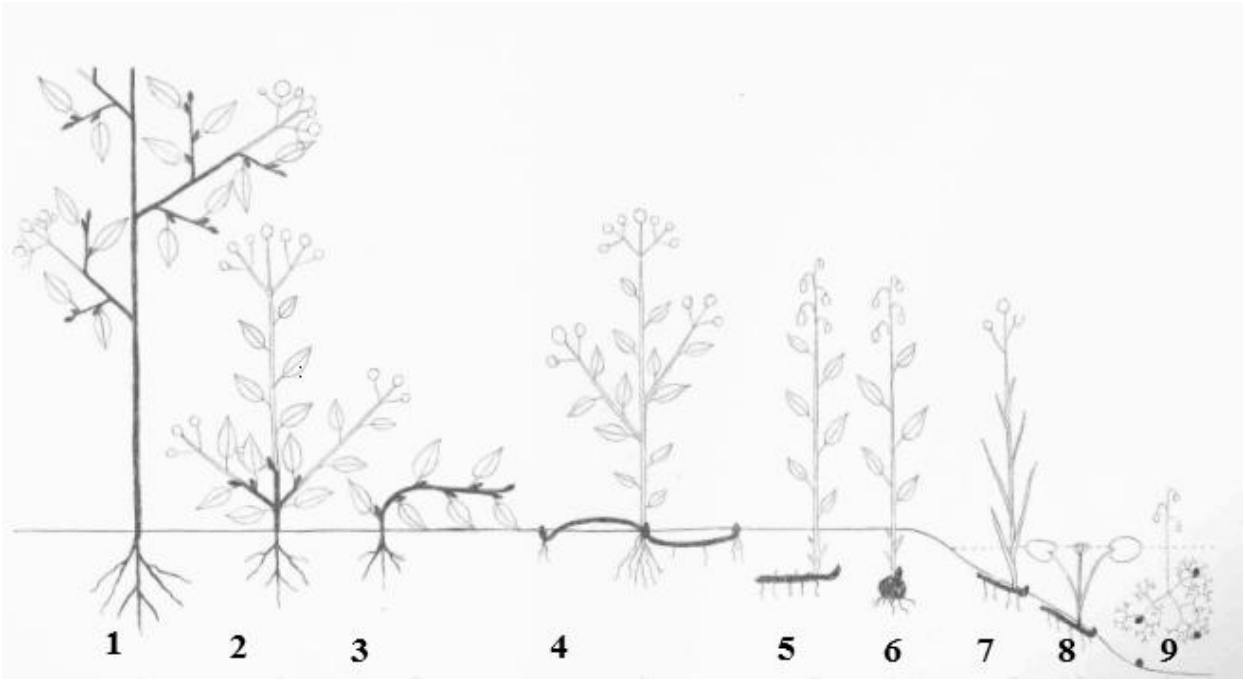


Рис. 1 Жизненные формы растений по Раункиеру
1 – фанерофиты; 2 – 3 – хамефиты; 4 - гемикриптофиты;
5 – 9 криптофиты (5 – 6 – геофиты; 7 – гелофиты; 8 – 9 гидрофиты)

Классификация жизненных форм животных Д.Н. Кашкарова (1945) по характеру передвижения в разных средах.

I. *Плавающие формы*. 1. Чисто водные: а) нектон; б) планктон; в) бентос. 2. Полуводные: а) ныряющие; б) неныряющие; в) лишь добывающие из воды пищу.

П. *Роющие формы.* 1. Абсолютные землерои (всю жизнь проводящие под землей). 2. Относительные землерои (выходящие на поверхность).

Ш. *Наземные формы.* 1. Не делающие нор: а) бегающие; б) прыгающие; в) ползающие. 2. Делающие норы: а) бегающие; б) прыгающие; в) ползающие. 3. Животные скал.

IV. *Древесные лазающие формы,* а) не сходящие с деревьев; б) лишь лазающие по деревьям.

V. *Воздушные формы*. а) добывающие пищу в воздухе; б) высматривающие пищу с воздуха.

Самые широкие спектры жизненных форм принадлежат насекомым. Так, у них выделяют следующие категории: геобионты – обитатели почвы, эпигеобионты – обитатели довольно открытых участков почвы, герпетобионты – живут среди растительных и других органических остатков на поверхности почвы (под опавшей листвой, в подстилке), хортобионты – обитатели древесного покрова, тамнобионты – обитатели

кустарников, дендробионты – обитатели древесного яруса, гидробионты – обитатели водной среды.

Изучение многообразия жизненных форм позволяет глубже познать структуру и динамику сообщества, а также дать экологическую оценку местообитанию. Жизненные формы, преобладающие в сообществе, могут служить довольно точными индикаторами условия местообитания. Состав жизненных форм используют для характеристики климата, так как имеется тесная связь жизненных форм с климатом. Анализ сообществ по спектру жизненных форм часто оказывается важным, особенно если ставится задача оценки влияния на организмы каких-либо факторов среды.

Задание

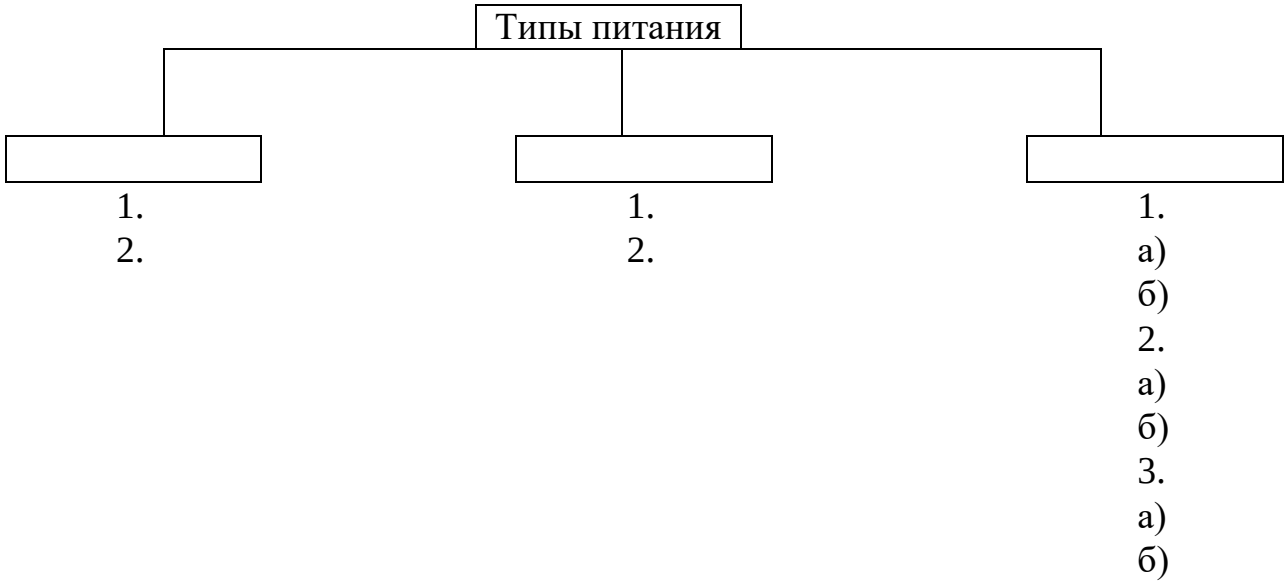
1. Заполните таблицу.

Таблица 70

Классификация живых организмов по типу питания

№ п/п	Тип питания	Характеристика типа питания	Примеры

2. Составьте схему - классификацию живых организмов по типам питания



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Жимулёв, И. Ф. Общая и молекулярная генетика : учеб. пособие / И. Ф. Жимулёв ; отв. ред. Е. С. Беляева, А. П. Акифьев .– Изд. 4-е., стер. – Новосибирск : Сибирское унив. изд-во, 2007 . – 479 с.

2. Пехов, А. П. Биология с основами экологии : Учеб. для вузов по естественнонауч. специальностям и направлениям /А. П. Пехов. − СПб. : Лань , 2006. − 687 с.

3. Клаг, У. С. Основы генетики / У. С. Клаг, М. Р. Камминг ; пер. с англ. А. А. Лушниковой, С. М. Мусаткина. − М. : Техносфера , 2007. − 894 с.

4. Мушкамбаров, Н. Н. Молекулярная биология : учеб. пособие / Н. Н. Мушкамбаров, С. Л. Кузнецов . – 2-е изд., испр. – М. : Медицинское информационное агентство, 2007 . – 535 с.

5. Коничев, А. С. Молекулярная биология : учебник / А. С. Коничев, Г. А. Севостьянова . – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2008 . – 397 с.

6. Биология : учеб. пособие для поступающих в вуз / под ред. Е. Б. Севостьяновой . – М. : Физическая культура, 2007 . – 223 с.

7. Гусев, М. В. Микробиология : учебник / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – 8-е изд., стер. – М. : Академия, 2008 . – 462 с.

8. Никольский, В. И. Генетика : учеб. пособие для вузов по специальности "Биология" / В. И. Никольский. − М. : Академия , 2008. − 248с.

9. Задачи по современной генетике : учеб. пособие / В. М. Глазер, А. И. Ким, Н. Н. Орлова и др. − М. : Университет , 2005. − 222с.

10. Машкова, И. В. Экология. Учебное пособие /И. В. Машкова, В. С. Зыбалов – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 168 с.

11. Машкова, И.В. Ботаника с основами фитоценологии: Учебное пособие по лабораторным работам /И. В. Машкова − Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. − 78 с.

12. Попкова, М.А. Основы цитологии: практикум /М. А. Попкова, И. В. Машкова – Челябинск: Издательство ООО «Полиграф-мастер», 2010. – 81с.