

БИОЛОГИЯ

**Учебник для 10 классов средних общеобразовательных
учреждений и учащихся средних специальных и
профессиональных образовательных учреждений**

*Утвержден
Министерством народного образования
Республики Узбекистан*

издание 1-ое

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ
АКЦИОНЕРНОЙ КОМПАНИИ «SHARQ»
ТАШКЕНТ–2017

УДК 373.5:371.381(075.3)

ББК 28.02я722+20.1я722

Б 60

Авторы:

А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова, О. Ишанкулов,
М. Умаралиева, И. Абдурахманова

Рецензенты:

М. Эргашева – доцент ЦИПКРНО им. А.Авлони, кандидат биологических наук;

М. Назаров – старший преподаватель Ферганского государственного университета, кандидат биологических наук;

Н. Филиппова – учитель биологии Академического лицея при Ташкентском фармацевтическом институте.

Б 60 **Биология.** Учебник для 10 классов средних общеобразовательных учреждений и учащихся средних специальных и профессиональных образовательных учреждений: изд.1-е/ А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова, О. Ишанкулов, М. Умаралиева, И. Абдурахманова – Т.: «Sharq», 2017– 240 с.

ISBN 978-9943-26-708-4

УДК 373.5:371.381(075.3)

Издан за счет Республиканского целевого книжного фонда

ISBN 978-9943-26-708-4

© А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова, О. Ишанкулов, М. Умаралиева, И. Абдурахманова.
© Главная редакция ИПАК «Sharq», 2017.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный учебник разработан на основании Государственного стандарта, утвержденного в соответствии с постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан «Об утверждении государственных образовательных стандартов среднего и среднего специального, профессионального образования» №187 от 6 апреля 2017 года.

Дорогие ученики! В 5–9 классах, изучая разделы биологии, как ботаника, зоология, человек и его здоровье, цитология и генетика вы познакомились с разнообразием форм жизни, с их свойствами, основными биологическими понятиями, теориями и законами.

В 10 классе на основе полученных знаний у вас сформируется взгляд на жизнь (живое) как на единую систему. Свойства живой материи будут рассматриваться на примере разных уровней её организации. Такой подход позволяет показать в интегрированном виде единство связи биологии с различными областями знаний.

Содержание и структура учебника направлены на то, чтобы сформировать знания о картине живого мира, основах жизни и прикладном значении науки биологии. Важно, чтобы вы не только усвоили учебный материал курса биологии, но и научились применять полученные знания в своей учебно-познавательной и практической деятельности.

Условные обозначения, принятые в учебнике:



Ключевые слова



Вопросы и задания



Задания для самостоятельной работы

§ 1. БИОЛОГИЯ – НАУКА О ЖИЗНИ

Биология изучает все разнообразие живого мира, населяющего Землю, на разных уровнях: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, биогеоценозном (экосистема), биосферном, – рассматривая свойства каждого из этих уровней.

Целью изучения биологии является строение живых организмов и их особенности, происхождение, размножение, развитие, распространение, взаимодействие организмов друг с другом и с окружающей средой.

Термин «биология» был введен в науку французским ученым Ж.Б. Ламарком и немецким ученым Тревинарусом, и означает «bios» – жизнь и «logos» – наука.

Развитие биологической науки способствовало решению таких проблем, как сохранение здоровья человека, лечение заболеваний и их предупреждение, увеличение продолжительности жизни человека, охрана редких растений и животных, создание высокопродуктивных сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, обеспечение человечества продуктами питания.

Разделы биологии. Биология является фундаментальной и комплексной наукой. Биология является фундаментальной наукой, так как является теоретической основой таких прикладных наук, как медицина, психология, селекция, агрономия, фармакология, биотехнология. А комплексной наукой, так как включает в себя ряд наук. В зависимости от объекта исследования, биология включает в себя различные дисциплины. Ботаника – наука о растениях, зоология – о животных, микробиология – о микроорганизмах, микология – о грибах, гидробиология – о существах, обитающих в воде, палеонтология – об ископаемых организмах. Экология – наука о взаимоотношениях живых организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой. Этология – наука, изучающая поведение животных в естественных условиях. Эмбриология – наука об эмбриональном развитии. Систематика – наука о разнообразии организмов, о взаимоотношениях и родственных связях между их различными группами.

Один и тот же объект может рассматриваться разными науками, так, например, анатомия изучает строение органов, а физиология – их функции.

Некоторые науки возникли на стыке биологии и других естественно-научных дисциплин. Биофизика изучает физические явления в живых организмах, влияние различных физических факторов на живые системы. Биохимия исследует входящие в состав организмов химические вещества. Распространение живых организмов по земному шару изучает биогеография. Бионика – раздел биологии, основанный на применении в технических устройствах принципов организации и свойств живых организмов. Биотехнология использует живые организмы и биологические процессы в промышленном производстве. Она применяется при создании лекарств, биологических активных веществ. Прогресс современного человечества во многом определяется развитием биологической науки.

Методы исследования в биологии. Для изучения свойств живых организмов в биологии применяются следующие методы:

Метод наблюдения. Предоставляет возможность следить за организмом и его окружением, зарисовывать и описывать его. Этот метод с древнейших времен применяется учеными и представляет собой сбор и систематизацию фактического материала. До XVIII века ученые – биологи в основном занимались описанием и изображением животных и растений.

Сравнительный метод. Строение и функции различных биологических систем, сходство и различие их структурных компонентов изучает сравнительный метод. Этот метод применяется в систематике, морфологии, анатомии, палеонтологии, эмбриологии и других науках. С помощью этого метода была разработана клеточная теория, биогенетический закон, закон гомологических рядов наследственной изменчивости.

Исторический метод. Закономерности появления систематических групп в процессе эволюции, становление их структур и функций во времени и пространстве были открыты путем сопоставления полученных фактов с ранее известными результатами, т.е. историческим методом.

Исторический метод стал широко применяться во второй половине XIX века после работ Чарлза Дарвина, открывшего основные факторы эволюции органического мира.

Экспериментальный метод. Предполагает изучение строения живых организмов и жизненных процессов в специально созданных условиях. Применение экспериментального метода в процессе проведения опытов позволяет глубже изучить деятельность, свойства и строение организма. Большой вклад в утверждение экспериментального метода в биологии внес Г. Мендель, основоположник учения о наследственности.

В проведении опытов применяются современные приборы, физические и химические методы исследования.

Метод моделирования. Этот метод находит все большее место в биологических исследованиях, переводя свойства живых существ природы на язык математических знаков. Применяется компьютерное моделирование важнейших биологических процессов, основных направлений эволюции, развития экосистем и даже всей биосферы. Этот метод дает возможность изучить явления прошлого и будущего.

Проблемы биологии. В биологии существует множество проблем, ждущих своего разрешения. В числе этих проблем – происхождение жизни и человека, изучение механизмов высшей нервной деятельности, выявление закономерностей мышления и памяти, механизмы формирования тканей и органов эмбриона на основе генетической информации и развития организма.

Население земли увеличивается с каждым годом. Поэтому одной из серьезных проблем, стоящих перед биологией, являются теоретические и практические задачи обеспечения потребности человечества в продовольствии. В этой области кроме методов, много лет применяемых в селекции, станут плодотворными методы генной инженерии: синтезирование генов, их пересадка, скрещивание соматических клеток, выращивание аллофенных организмов, и другие.

Изучение наследственных заболеваний, разработка мер по их предупреждению и внедрению в практику, является весьма важной задачей. Согласно данным ученых, исследующих генетику человека, в настоящее время существует более пяти тысяч наследственных заболеваний. Они в основном связаны с хромосомами, строением генов и изменением их функций. Положительные результаты в решении этой проблемы заключены в органичной связи с генной инженерией и биотехнологией.

Одним из самых опасных явлений современности является ухудшение экологии. Особенно заметно ежегодное сокращение наиболее полезных для человека видов растений и животных. Перед биологической наукой стоит задача разработки способов сохранения генофонда животного и растительного мира и претворения их на практике.

В результате развития науки и техники, применения химических средств в сельском хозяйстве и частными лицами постоянно растет число промышленных и транспортных отходов. Важнейшей задачей на сегодняшний день является предупреждение загрязнения природы и переработка отходов.



Ключевые слова: медицина, психология, селекция, агрономия, фармакология, биотехнология, микробиология, микология, гидробиология, палеонтология, бионика, экология, наблюдение, сравнение, исторический, экспериментальный, моделирование.



Вопросы и задания:

1. Дайте определение современной биологии как науки.
2. Определите задачи, которые стоят перед биологией в XXI веке.
3. Объясните основные задачи и цели биологии как науки.
4. Какое значение имели методы сравнения и наблюдения в развитии биологии?
5. В чем заключается научная ценность исторического метода?



Задание для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

Научно-исследовательские методы биологии	Проблемы, решаемые данным методом
Метод наблюдения	
Сравнительный метод	
Исторический метод	
Экспериментальный метод	
Метод моделирования	

§ 2. СУЩНОСТЬ ЖИЗНИ И СВОЙСТВА ЖИВОГО

Сущность жизни. На всем протяжении развития биологии делались многочисленные попытки, чтобы дать определения жизни, отражающие всю многогранность данного процесса. Приводились следующие характеристики: жизнь – образует и изменяет биосферу; жизнь – есть обмен веществ и энергии в организме; жизнь – есть жизнедеятельность в организме; жизнь – самовоспроизведение организмов, которое обеспечивается передачей наследственной информации от поколения к поколению.

Так как понятие сущности жизни очень широкое, точного его определения не создано. По определению русского биолога В. М. Волькенштейна, «живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот».

Из определения следует, что живые организмы, потребляют из окружающей среды необходимые вещества и выделяют ненужные им ве-

щества; синтезируют белки и другие органические вещества на основе генной информации, зашифрованной в нуклеиновых кислотах, растут и развиваются в благоприятной экологической среде.

Основные свойства живого. Живой организм – целостная биологическая система, состоящая из взаимосвязанных и соподчиненных структур, которая отличается от неорганической природы рядом свойств:

Единство химического состава. Живые существа образованы теми же химическими элементами, что и неживые объекты, но в живых существах более 90% массы приходится на четыре элемента: углерод, кислород, водород и азот. Эти элементы участвуют в образовании сложных органических молекул, таких, как белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды.

Единство структурной организации. Клетка является единой структурно функциональной единицей, а также единицей развития почти для всех живых организмов на Земле.

Открытость системы. Все живые организмы представляют собой открытые системы, т. е. системы, устойчивые лишь при условии непрерывного поступления в них энергии и веществ из окружающей среды.

Обмен веществ и энергии. Все живые организмы обмениваются веществами с окружающей средой. В понятие обмен веществ и энергии входит питание, дыхание, выделение. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава организма.

Самобновление. В процессе обмена веществ в организме постоянно обновляются биомолекулы, клетки и ткани.

Самовоспроизведение. Способность к самовоспроизведению всех живых организмов на основе заложенной в нуклеиновых кислотах наследственной информации.

Развитие и рост. В процессе индивидуального развития – онтогенеза постепенно и последовательно проявляются индивидуальные свойства организма и осуществляется его рост. Историческое развитие органического мира называется эволюцией. Все живые системы эволюционируют – изменяются в ходе филогенеза – исторического развития.

Саморегуляция. Несмотря на воздействие непрерывно меняющихся условий окружающей среды, живые организмы, благодаря механизмам саморегуляции сохраняют постоянство внутренней среды организма, т. е. поддерживается постоянство химического состава и интенсивность течения физиологических процессов, иными словами, поддерживается гомеостаз.

Раздражимость. Любой живой организм способен давать ответную реакцию на внешние и внутренние воздействия.

Наследственность и изменчивость. Наследственность – свойство родителей передавать свои признаки и особенности развития следующим поколениям. Изменчивость – способность организмов проявлять новые признаки и свойства.

Отдельные свойства, перечисленные выше, могут быть присущи и неживой природе. Например, кристаллы в насыщенном растворе соли могут «расти», увеличиваясь в объеме и массе. Из горящей свечи выделяется энергия, однако в этих процессах гомеостаза не наблюдается.

Уровни организации жизни. Жизнь на Земле представлена молекулярной, клеточной, организменной, популяционно видовой, экосистемной и биосферной биологическими системами. Они отличаются друг от друга структурными компонентами – частями, и процессами.

Уровни организации жизни состоят из определенных структурных компонентов, создающих систему и находятся в соподчинении – от низшего к высшему (рис.1).

Молекулярный уровень жизни. Представлен молекулами органических веществ – белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, находящихся в клетках. Играет важную роль в росте и развитии организмов, хранении и передаче наследственной информации, обмене веществ и превращении энергии в живых клетках, и других явлениях.

Клеточный уровень жизни. Клетка – структурная, функциональная единица, присущая всем живым организмам. Это первый, начальный, самый малый уровень организации живого, который обладает всеми свойствами живого. Клетка состоит из таких структурных элементов, как мембрана, цитоплазма и ее органоиды, ядро. В клетках происходят такие процессы, как биосинтез, фотосинтез, регуляция химических реакций, деление клеток, вовлечение химических элементов Земли и энергии Солнца в биосистемы.

Тканевый уровень жизни. Системы клеток и межклеточных веществ, сходных по происхождению, строению и функциям, называются тканями. У животных имеются эпителиальная, мышечная, соединительная и нервные ткани. Ткани растений – образовательная, основная, покровная, механическая и проводящая. Этот уровень жизни основан на специализации клеток.

Органный уровень жизни. Орган – совокупность тканей, которые связаны выполнением общих функций. Имеет особое строение и занима-



Рис.1. Уровни организации жизни.

ет определенное место в организме. Функционирование органа обеспечивается тканями, из которых он состоит.

Организменный уровень жизни. Организм – биологическая система, ведущая самостоятельную жизнь, способная к саморегуляции и самообновлению, состоящая из одной или множества клеток. Организменному уровню жизни присущи такие качества, как обмен веществ и энергии, раздражимость, развитие, рост, размножение, нервно-гуморальная регуляция жизненных процессов, поведение, приспособляемость на протяжении всей жизни.

Популяционно-видовой уровень жизни. Совокупность особей одного вида, имеющие морфофизиологическое, генетическое, этологическое сходство, длительно занимающие определенное пространство в ареале вида и воспроизводящие себе подобных в течение большого числа поколений

называется популяцией. Вид определяют как совокупность популяций особей, способных к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, обладающих рядом общих морфoфизиологических признаков, населяющих определенный ареал. Популяции одного вида более или менее изолированы от других. Основные свойства популяционно-видового уровня: рождаемость, смертность, выживание, структура (половая, возрастная, экологическая), плотность, численность, функционирование в природе. Продолжительность жизни любого организма определена генетически, популяция же при оптимальных условиях среды, способна существовать неограниченно долго. Популяция является элементарной единицей эволюции.

Экосистемный (биогеоценоз) уровень жизни. Представлен системой популяций разных видов в их взаимосвязи между собой и окружающей средой. Биогеоценоз – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых организмов (биоценоз) и неживых – косных компонентов и динамическим взаимодействием между ними. Данный уровень характеризуется следующими свойствами: структура экосистемы, типы биотических связей, пищевые цепи, трофические уровни. Эти свойства проявляются в круговороте веществ и потоке энергии, саморегулировании и устойчивости, в сезонных изменениях и в активном использовании всего многообразия окружающей среды.

Биосферный уровень жизни. Высшая форма организации живой материи, объединяющая все экосистемы планеты. Биосфера образуется из биогеоценозов. Для этого уровня организации характерны глобальный круговорот веществ и энергии, хозяйственная и этнокультурная деятельность человека.

На каждом уровне проводятся наблюдения, эксперименты и исследования.



Ключевые слова: гомеостаз, онтогенез, филогенез, молекула, клетка, орган, организм, популяция, биогеоценоз (экосистема), биосфера.



Вопросы и задания:

1. Как вы понимаете термин уровни организации жизни?
2. Поясните, из каких компонентов состоит молекулярный уровень жизни и какие процессы там происходят.
3. Что составляет сущность клеточного уровня жизни?
4. Расскажите о процессах, происходящих на организменном уровне.
5. В чем заключаются свойства популяционно-видового уровня жизни?
6. В чем состоит сущность биосферного уровня жизни?



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Опишите процессы, происходящие в каждом из уровней жизни.

Уровни	Компоненты	Процессы

Задание 2. Примените самостоятельное и творческое мышление при ответе на эти вопросы.

- Какими критериями определяется разделение уровней жизни?
- Опишите метаболические процессы, происходящие на каждом уровне жизни.

ГЛАВА II. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 3. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ ЖИЗНИ И ЕГО СВОЙСТВА

Живые организмы, являясь целостной системой, состоят из системы органов. Органы, в свою очередь, из тканей, а ткани – из клеток. Поэтому клетка является универсальной структурой и функциональной единицей живого. Все жизненные процессы, происходящие в клетках и их органах, основаны на взаимодействии органических соединений.

На рис. 2 показана роль органических молекулярных соединений в жизненных процессах клеток, тканей, органов, системы органов и всего организма. Органические молекулярные соединения стали причиной появления всего живого на земле, став основой, из которой впоследствии появились, в результате развития, клетки, ткани, органы, организмы, популяции, виды, биогеоценоз и биосфера.

Изучая биологические молекулы – органические вещества: углеводы, липиды, белки и нуклеиновые кислоты, можно понять сущность молекулярного уровня жизни.

Биологические соединения молекулярного уровня (углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, липиды) принимают участие в росте, развитии, сохранении при передаче генетической информации от поколения к поколению, круговороте веществ и энергии.

При изучении живых организмов, в первую очередь, нужно рассматривать органические соединения, реакции и физико-химические процессы между ними. Только через выяснение молекулярных механизмов процессов жизнедеятельности клетки, можно подойти к пониманию сущностных свойств живого.

Следует подчеркнуть, что знание структуры и свойств макромолекул, изучение их в условиях лаборатории не дают понимания свойств жизни. Выделенные из клетки макромолекулы характеризуются лишь физическими и химическими свойствами, но теряют качества живого. Существует множество биологических молекул: ДНК, РНК, АТФ, белки, углеводы, липиды и другие соединения. Они способны создавать крупные молекулярные комплексы, которые выполняют определенные специфические функции. Высокомолекулярные органические вещества – полимеры,

синтезированы из взаимосвязанных компонентов – мономеров. Например, аминокислоты являются мономерами белков. Аминокислоты связываются между собой пептидными связями, образуя белки, последовательность аминокислот определяется генетической информацией закодированной в молекуле и-РНК. Первичная структура закручивается, образуя спираль, т.е. вторичную структуру. Витки спирали связаны между собой водородными связями. В свою очередь, спираль скручивается в клубок, образуя третичную структуру, которая поддерживается дисульфидными ионными и гидрофобными связями. Так образуются молекулы, способные выполнять различные функции (ферменты, гормоны).

Также и в других природных полимерах момеры соединяются в определенном порядке и представляют собой особые системы, состоящие из взаимосвязанных компонентов. Они представляют собой цельную молекулу, выполняющую определенную функцию (нуклеиновая кислота, белок).

Во всех органических соединениях одним из основных элементов выступает углерод. Благодаря его уникальным физико-химическим свойствам образуются разнообразные сложные молекулы органических соединений.

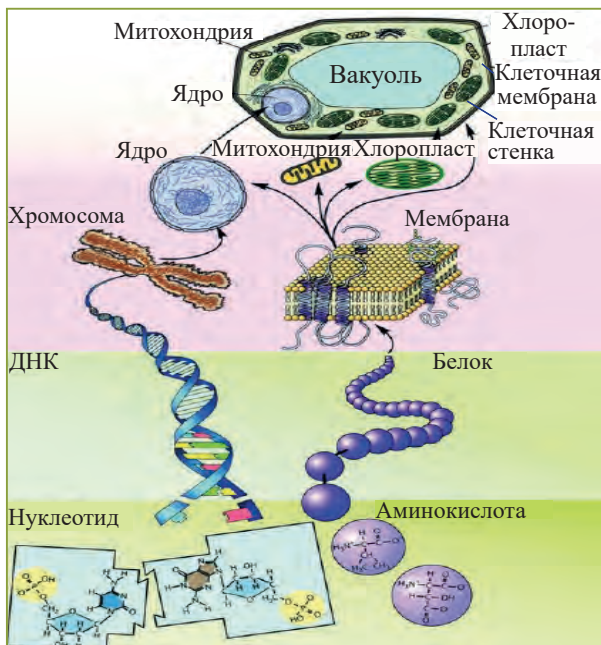


Рис.2. Жизненный процесс клетки.

Уникальность макромолекул – в специфике их биологических функций. Например, молекулы нуклеиновых кислот являются носителями генетического кода и участвуют в передаче генетической информации от поколения к поколению. Молекулы липидов являются основными компонентами, участвующими в строительстве биологических мембран и всех внутриклеточных структур. Молекулы белков служат катализаторами и регуляторами всевозможных химических реакций в клетке. Углеводы образуются в процессе фотосинтеза, в результате превращения солнечной энергии в химическую, и являются первичной основой для построения других биомолекул. Задачи, выполняемые биологическими молекулами в клетках, определяются строением, физико-химическими и биохимическими свойствами молекул.

Значение молекулярного уровня жизни. На молекулярном уровне осуществляется важнейший процесс жизни – превращение световой энергии солнца в химическую, запасаемую в химических связях органических соединений – фотосинтез. Фотосинтез играет ведущую роль в биосферных процессах, приводя в глобальных масштабах к образованию органического вещества из неорганического. Фотосинтезирующие организмы, используя солнечную энергию в реакциях фотосинтеза, осуществляют связь жизни на Земле со Вселенной. Энергия, накопленная в процессе фотосинтеза, становится биологически доступной для всех живых организмов.

Изучение фотосинтеза дает возможность выявить способы сохранения жизни на нашей планете, предупредить экологические проблемы, разработать пути повышения урожайности в сельском хозяйстве.

Одной из проблем изучения молекулярного уровня жизни является изучение химических элементов, входящих в их состав, выявление роли микро и макроэлементов в процессе жизнедеятельности. Микро и макроэлементы присутствуют в живой материи в виде разнообразных химических соединений. Например, в составе хлорофилла есть магний, в составе гемоглобина – железо. Наличие необходимых химических элементов обеспечивает нормальную жизнедеятельность макромолекул. Многие свойства клеточного уровня организации живой материи зависят от молекулярного уровня – его компонентов и их роли в жизнедеятельности клетки.

Преобразование солнечной энергии, создание живого вещества обеспечение устойчивости молекулярных структур – основная роль молекулярного уровня жизни в биосфере. Наличие в живой материи молекуляр-

ных комплексов, осуществляющих определенные высокоупорядоченные биохимические процессы – биосинтез белков (рибосома), гликолиз (цитоплазма), клеточное дыхание (митохондрия), фотосинтез (хлоропласт), позволяет судить о наличии в живой материи биологических систем не только клеточного, но и молекулярного уровня жизни.

Многие проблемы молекулярной биологии ждут своих исследователей.



Ключевые слова: макромолекулы, синтез, молекулярная биология, биохимия, биофизика, биоинформатика.



Вопросы и задания:

1. Определите свойства молекулярного уровня жизни.
2. Объясните роль углерода в молекулярном уровне жизни.
3. Определите значение изучения молекулярного уровня жизни.



Задания для самостоятельной работы: Напишите реферат о процессах, происходящих на молекулярном уровне жизни.

§ 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И ЕГО ПОСТОЯНСТВО

Одним из основных свойств живых организмов является постоянство его химического состава. Клетки растений, животных, микроорганизмов являются сходными по химическому составу, что является свидетельством единства органического мира. Биогенными элементами называются, химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и выполняющие определенные биологические функции.

Все элементы, по содержанию их в живых организмах, разделяются на две группы: макроэлементы и микроэлементы. Макроэлементы, в свою очередь, делятся на две группы. К первой относятся четыре элемента: кислород, углерод, водород и азот. Эти элементы составляют основу – 98% органических соединений, например, белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов. Во вторую группу входят S, P, Ca, Na, K, Cl, Mg, Fe. Они составляют 1,9%. Элементы, количество которых составляет меньше 0,001%, называются микроэлементами.

Многие микроэлементы входят в состав различных биологически активных веществ – ферментов, витаминов, гормонов.

Биологические функции химических элементов

Элементы	Биологическая роль
Макроэлементы	
Кислород (O)	Входит в состав воды и органических соединений, принимает участие в процессе дыхания аэробных клеток.
Углерод (C)	Входит в состав всех органических соединений
Водород (H)	Входит в состав воды и органических соединений
Азот (N)	Входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, АТФ, хлорофилла, витаминов
Фосфор (P)	Входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, ферментов, костной ткани.
Кальций (Ca)	Входит в состав костной ткани, участвует в процессе свертывания крови
Магний (Mg)	Входит в состав молекулы хлорофилла, принимает участие в синтезе ДНК и обмене энергии в качестве кофермента
Натрий (Na)	Участвует в процессе проведения нервных импульсов. обеспечивает осмотическое давление в клетке
Железо (Fe)	Обеспечивает транспортировку кислорода в структуре гемоглобина, миоглобина
Калий (K)	Обеспечивает прохождение нервных импульсов, нормальную работу сердца, свертываемости крови, развитию растений
Сера (S)	Входит в состав аминокислот (метионин, цистин, цистеин), образует дисульфидные связи в белках
Хлор (Cl)	Входит в состав желудочного сока
Микроэлементы	
Йод (I)	Входит в состав щитовидной железы
Медь (Cu)	обеспечивает транспортировку кислорода в структуре гемоцианина у беспозвоночных
Кобальт (Co)	Входит в состав витамина B ₁₂
Фтор (F)	Входит в состав зубной эмали
Цинк (Zn)	Входит в состав некоторых ферментов, расщепляющих полипептиды, участвует в синтезе растительных гормонов и гликолизе

Химические соединения, входящие в состав клетки. Химические соединения, входящие в состав клетки, можно разделить на две группы неорганических и органических соединений (*схема1*).

Неорганические вещества клетки. Среди неорганических веществ важную роль в обеспечении функционирования отдельных клеток играют минеральные соли. Соли неорганических кислот присутствуют внутри клетки в виде катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}), анионов (Cl^- , HCO_3^- , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$) или находятся в твердом состоянии. Концентрация катионов и анионов внутри клетки и вне клетки различна. Разная концентрация ионов снаружи и внутри клеток приводит к возникновению разницы электрических потенциалов. Это обеспечивает транспорт веществ через мембрану, а также передачу нервных импульсов. Различные ионы принимают участие во многих процессах жизнедеятельности клетки:

- катионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} обеспечивают возбудимость живых организмов;
- катионы Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} необходимы для нормального функционирования многих ферментов;
- образование углеводов в процессе фотосинтеза невозможно без Mg^{2+} ;
- анионы слабых кислот обеспечивают буферность клетки – постоянство концентрации ионов внутри и внеклеточной жидкости.

Буферностью называют способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию своего содержимого на постоянном уровне. Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-} . Во внеклеточной жидкости роль буфера играют анионы HCO_3^- .

Схема 1



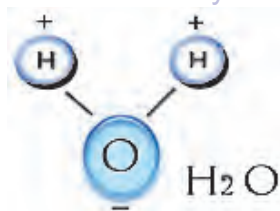


Рис.3. Молекула воды

Функция воды в клетке особенно велика. Содержание воды в многоклеточных организмах составляет от 60 до 98%. Из всех химических соединений исключительная роль, в обеспечении процессов жизнедеятельности организмов, принадлежит воде. На нашей планете изначально именно в водной среде появилась жизнь, без воды невозможно существование живой материи. Цитоплазма большинства клеток содержит приблизительно 80% воды. В водной среде происходят процессы обмена веществ и превращений энергии. Уникальные свойства воды определяются ее физико-химическими свойствами. Молекула воды состоит из атома О, связанного с двумя атомами Н полярными ковалентными связями. Характерное расположение электронов в молекуле воды придает ей электрическую асимметрию. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны атомов водорода сильнее, в результате общие пары электронов смещены в молекуле воды в его сторону. Поэтому,

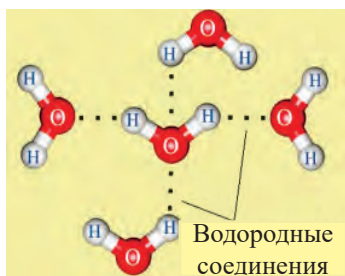


Рис.4. Водородные связи между молекулами воды.

хотя молекула воды в целом не заряжена, каждый из двух атомов водорода обладает частично положительным зарядом, а атом кислорода несет частично отрицательный заряд. Молекула воды поляризована и является **диполем** – имеет два полюса (рис.3). Частично отрицательный заряд атома кислорода одной молекулы воды притягивается частично положительными атомами водорода других молекул. Таким образом, каждая молекула воды стремится связаться водородной связью с четырьмя соседними молекулами воды (рис.4).

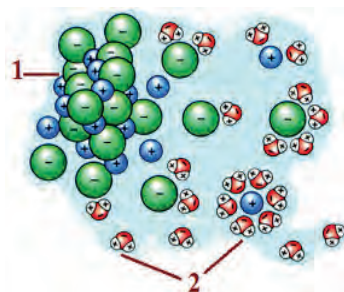


Рис.5. Растворение гидрофильных веществ в воде: 1 – гидрофильное вещество; 2 – молекулы воды.

В водной среде происходят процессы обмена веществ и превращения энергии. Вода непосредственно участвует в реакциях расщепления органических соединений. Вышеперечисленные свойства обусловили многофункциональность воды.

Вода является основной средой, в которой протекает большинство химических реакций, а все реакции гидролиза и многочисленные окислительно восстановительные реакции идут при непосредственном участии воды. Вещества,

хорошо растворимые в воде, называются **гидрофильными** (рис.5). К ним относятся моносахариды, дисахариды, простые спирты, аминокислоты.

Вещества, плохо или вовсе нерастворимые в воде, называются **гидрофобными**. К ним относятся полисахариды (крахмал, гликоген, клетчатка), жиры, АТФ, липиды, некоторые белки и нуклеиновые кислоты.



Ключевые слова: Макроэлементы, микроэлементы, неорганические соединения, органические соединения, катионы, анионы, буферность, гидрофилы, гидрофобы.



Вопросы и задания:

1. Поясните значение элементов, входящих в состав клетки
2. Назовите функции воды в клетке
3. Поясните значение минеральных солей в деятельности клетки
4. Какова роль буферной системы в жизнедеятельности клетки?

§ 5. УГЛЕВОДЫ И ЛИПИДЫ

К молекулярному уровню жизни относятся такие биологические молекулы, как ДНК, РНК, АТФ, белки, углеводы, липиды. Эти вещества присущи клеткам всего разнообразия живого мира. Вещества высшего молекулярного уровня – белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды относятся к биополимерам. Биополимеры образуются соединением мономеров.

Полимеры делятся на две группы. Полимеры, которые образованы из однородных мономеров, называются **гомополимеры**, из разнородных мономеров – **гетерополимеры**.

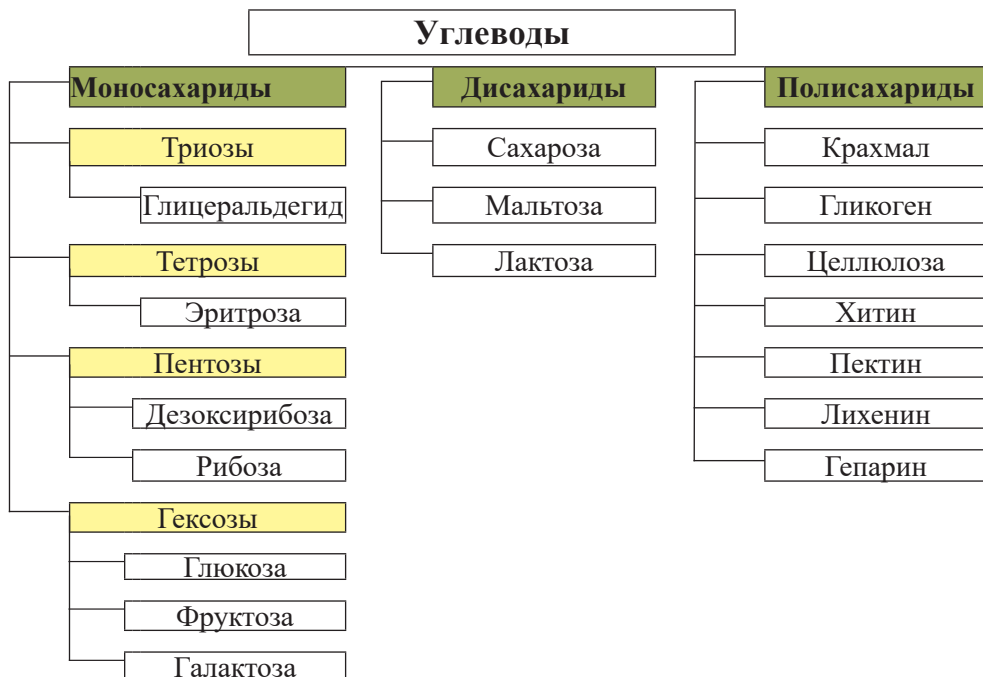
Углеводы. Считаются наиболее важными органическими соединениями в клетке. Углеводы входят в состав клеток всех живых организмов. Общая формула углеводов $C_n(H_2O)_n$.

Содержание углеводов в животных клетках составляет 1–5%, а в некоторых растительных клетках может достигать до 90%. Различают три основных класса углеводов: **моносахариды, дисахариды и полисахариды** (схема 2).

Моносахариды не распадаются путем гидролиза на более мелкие части. Название моносахарида зависит от количества атомов углерода. Триозы имеют три атома углерода ($C_3H_6O_3$), тетрозы – четыре ($C_4H_8O_4$), пентозы – пять ($C_5H_{10}O_5$), гексозы – шесть ($C_6H_{12}O_6$). Моносахариды бесцветные, кристаллические вещества, легко растворимые в воде и

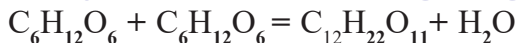
имеющие сладкий вкус. К триозам относятся продукты обмена – молочная кислота ($C_3H_6O_3$) и пировиноградная кислота – $C_3H_4O_3$. Из моносахаридов наибольшее значение для живых организмов имеют пентозы – рибоза, дезоксирибоза и гексозы – глюкоза, фруктоза, галактоза. Рибоза и дезоксирибоза входят в состав рибонуклеиновых (РНК) и дезоксирибонуклеиновой (ДНК) кислот, АТФ, витаминов группы В, ряда ферментов. Глюкоза и фруктоза придают сладкий вкус плодам, меду. Молекулярная масса глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) равна – 180. Глюкоза встречается в клетках всех организмов, в тканевой жидкости и в плазме. У человека и животных уровень глюкозы в крови постоянный, обеспечивает ткани энергией. Норма содержания глюкозы в крови человека 4,5 – 5,5 миллимоль (80–120 мг), и обозначается как **сахар крови**. Повышение или понижение его уровня свидетельствует о нарушении обмена веществ.

Схема 2



Глюкоза и фруктоза хорошо растворяются в воде.

Дисахариды – углеводы, образованные остатками двух моносахаридов (рис.6). Два моносахарида связываются друг с другом с помощью гликозидной связи с образованием дисахарида – $C_{12}H_{22}O_{11}$.



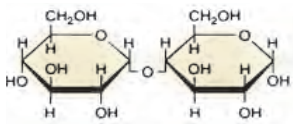
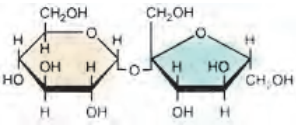
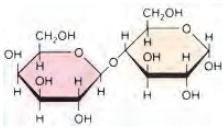
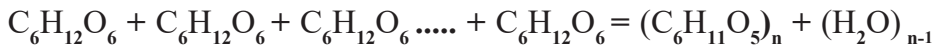
		
Мальтоза (глюкоза + глюкоза)	Сахароза (глюкоза + фруктоза)	Лактоза (глюкоза + галактоза)

Рис.6. Дисахариды.

Также, как и моносахариды, дисахариды сладкие на вкус и хорошо растворяются в воде. Из дисахаридов наиболее широко распространены: сахароза (свекольный или тростниковый сахар), лактоза (молочный сахар). Молочный сахар важен для растущего организма у млекопитающих. Мальтозу называют солодовый сахар, так как она образуется при проращивании зерен злаков. В живых организмах образуется при расщеплении крахмала и гликогена. Полисахариды являются полимерами и состоят из неопределенно большого (до нескольких сотен или тысяч) числа остатков молекул моносахаридов. Молекулярная масса некоторых из них может достигать нескольких миллионов. Они почти не растворяются в воде, и не имеют сладкого вкуса.

Полисахариды образованы остатками моносахаридов или их производных и являются гомополимерами. В полисахаридах моносахариды скреплены гликозидной связью.



К полисахаридам относятся крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин и пектин. Глюкоза является мономером крахмала, клетчатки и целлюлозы.

Некоторые углеводы способны образовывать комплексы с белками – гликопротеиды и липидами – гликолипиды. Крахмал – полисахарид, который накапливается в растениях. Он накапливается в виде зерен, главным образом в клетках семян, луковиц, клубней, а также в листьях и стеблях. *Крахмал* – основная часть важнейших продуктов питания. Содержание крахмала в зернах риса и кукурузы до 80%, в семенах пшеницы 60–70%, в клубнях картофеля 20%. Гликоген, или животный крахмал основной запасной углевод человека, животных и грибов. Откладывается в виде гранул в цитоплазме клеток. Целлюлоза главная составная часть клеточных стенок растений, обуславливающая механическую прочность и эластичность растительных тканей. Листья растений содержат 15–30%, а ствол – 50% целлюлозы.

Функции углеводов в организме

Углевод	Функции углевода
Энергетическая функция	
Глицеральдегид	Энергетический обмен в бескислородных условиях
Глюкоза	Источник энергии в клеточном дыхании
Мальтоза	Источник энергии при прорастании зерен
Сахароза	Основной источник глюкозы
Фруктоза	Источник энергии процессов, происходящих в организмах
Структурная – строительная функция	
Целлюлоза	Придает прочность клеточной стенке растений
Хитин	Придает прочность клеточной стенке грибов и покрову членистоногих
Рибоза	Входит в состав АТФ и РНК
Дезоксирибоза	Входит в состав ДНК
Резервная функция	
Лактоза	Входит в состав молока млекопитающих
Крахмал	Накапливается в тканях растений как резерв
Гликоген	Накапливается в тканях животных как резерв
Защитная функция	
Гепарин	Предотвращает свертывание крови

Липиды. Липиды входят в состав клеток всех живых организмов. Липиды – неполярные гидрофобные молекулы. В зависимости от строения, делятся на несколько групп.

Нейтральные жиры – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трех остатков высокомолекулярных жирных кислот и одной молекулы трехатомного спирта-глицерина. В эту группу входят животные жиры и растительные масла. Воска – сложные эфиры, образуемые жирными кислотами и многоатомными спиртами. Они покрывают кожу, шерсть, перья животных, смягчая их и предохраняя от действия воды. Восковой защитный слой покрывает также стебли, листья и плоды многих растений. Фосфолипиды являются основным компонентом всех клеточных мембран.

Липиды могут образовывать сложные соединения с веществами других классов, например, с белками – липопротеиды и с углеводами – глико-

липиды. Липопротеин и холестерин входят в состав клеточных мембран. В железах коры надпочечников и половых железах из холестерина синтезируются гормоны стероиды. Излишки холестерина, оседая на стенках кровеносных сосудов, сужают их, являясь причиной атеросклероза.

Функции липидов. Липиды выполняют различные функции в клетках. Пластическую, или строительную функцию выполняют липиды входящие в состав клеточных мембран: фосфолипиды, холестерин, липопротеин. Кортикостероидные гормоны коры надпочечников и гормоны половых желез относятся к стероидам. Одна из основных функций – энергетическая. При полном окислении 1 гр липидов выделяет 38,9 кДж энергии. То есть жиры дают более чем в 2 раза больше энергии по сравнению с углеводами. Запасы подкожного жира защищают от механических повреждений. Благодаря низкой теплопроводности липиды служат, как теплоизоляторы для организмов. Витамины А, D, Е, К участвуют в обменных процессах, происходящих в организме в качестве кофермента.



Ключевые слова: Глицеральдегид, глюкоза, мальтоза, сахароза, фруктоза, целлюлоза, хитин, рибоза, дезоксирибоза, лактоза, крахмал, гликоген, гепарин, фосфолипиды, гликолипиды, стероиды.



Вопросы и задания:

1. Поясните термины гомополимер и гетерополимер
2. Назовите группы углеводов. Что входит в эти группы?
3. Какие функции выполняют углеводы?
4. Назовите группы липидов. Что входит в эти группы?
5. Какие функции выполняют липиды?



Задания для самостоятельной работы: Проставьте цифры в таблице в соответствии с качествами углеводов. 1) рибоза; 2) дезоксирибоза; 3) глюкоза; 4) фруктоза; 5) сахароза; 6) мальтоза; 7) лактоза; 8) крахмал; 9) гликоген; 10) клетчатка.

Свойства углеводов	№	Свойства углеводов	№
Входит в состав нуклеотидов РНК		Входит в состав нуклеотидов ДНК	
Находится во фруктах, нектаре, меде		Фруктовый сахар	
Крахмал животных		Занимает первое место по количеству среди органических веществ	
Молочный сахар		Солодовый сахар	
Запасается в печени		Основной источник энергии в клетках	

Птианин, амилаза расщепляется ферментами	Мономер крахмала, гликогена, целлюлозы	
Виноградный сахар, сахар крови	Входит в состав вируса табачной мозаики	
Входит в состав сахарозы, мальтозы и глюкозы	Входит в состав АТФ	
Синеет, если капнуть йод	Сахар из сахарной свеклы	

§ 6. БЕЛКИ И НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Белки, высокомолекулярные органические соединения или биополимеры, состоят из 20 видов аминокислотных остатков, соединенных в определенной последовательности. В составе белков присутствуют С, О, Н, N, S. Среди органических компонентов клетки самыми важными являются белки. Об этом говорит значение термина «протеин» (греч. *prōtos* первый, важный). Белки играют ключевую роль в процессах жизнедеятельности любого организма. Белки являются неотъемлемой частью всех живых организмов: вирусов, бактерий, грибов, растений, животных. Белки принимают участие во всех клеточных процессах.

Аминокислоты. Аминокислоты – органические вещества с небольшим молекулярным весом, которые представляют собой карбоновые кислоты. Бесконечное разнообразие белков создается за счет различного сочетания аминокислот. Из них может быть образовано множество комбинаций.

Молекула аминокислоты состоит из двух одинаковых для всех аминокислот частей, одна из которых является аминогруппой ($-\text{NH}_2$) с основными свойствами, другая – карбоксильной группой ($-\text{COOH}$) с кислотными свойствами (рис.7). Часть молекулы, называемая радикалом

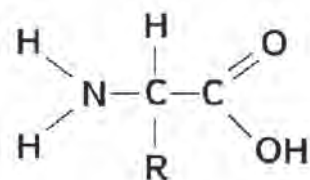


Рис.7. Общая формула аминокислот.

(R), у разных аминокислот имеет различное строение. Все аминокислоты, входящие в состав белков, синтезируются растениями, грибами или бактериями из других веществ, но животные и человек такой способностью не обладают. В их организм они поступают вместе с пищей. Аминокислоты делятся на заменимые и незаменимые. Заменимые аминокислоты способны

синтезироваться из продуктов обмена веществ в организмах человека и животных. Незаменимые аминокислоты (лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан, тирозин, метионин) в организмах человека и животных не образуются.

Строение белков. При образовании белка в ходе реакции соединения аминокислот освободившиеся электроны образуют ковалентную связь, которая получила название пептидной (рис.8). Поэтому белки называют полипептидами. При соединении двух аминокислот выделяется одна молекула воды. Поскольку в состав молекул белков может входить большое число аминокислот, то их молекулярная масса бывает очень большой. Средняя молекулярная масса аминокислоты 138, а в состав белка входит остаток аминокислоты, молекулярная масса которой будет 120.

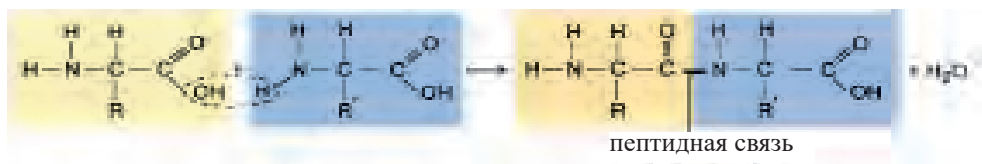


Рис.8. Взаимодействие аминокислот

Первичную структуру белков определяет та или иная последовательность аминокислотных остатков. Ее определяет генетическая информация, заложенная в ДНК. Каждая молекула белка имеет собственное строение.

Несмотря на сходство функций белков в клетке (ферменты, гормоны), состав аминокислот этих белков будет различным. Чем больше разница в происхождении у разных видов организмов, тем больше разница в их белковом составе.

Уровни пространственной организации белков (рис.9).

Уровень организации	Вид связи	Свойства	Примеры
Первичная структура	Пептидная связь, которая образуется карбоксильной и аминогруппой соседних аминокислотных остатков	Порядок расположения аминокислот в белке определяется последовательностью нуклеотидов в кодирующем этот белок гене (фрагменте ДНК)	Инсулин
Вторичная структура	Водородная связь между витками спирали	Звенья полипептидов построены в форме спирали	Коллаген, кератин

Третичная структура	Водородная, ионная, дисульфидная, гидрофобная связи	Полипептидная спираль скручивается в глобулу	Миоглобин, ферменты
Четвертичная структура	Водородная, ионная, дисульфидная, гидрофобная связи	Соединения нескольких глобул в сложный комплекс	Гемоглобин

Утрата белковой молекулой своей природной структуры называется денатурацией. Она может возникать под воздействием температуры, химических веществ, обезвоживания, облучения и других факторов.

Функции белков. Белки выполняют целый ряд функций как в каждой клетке, так и в целом организме. Функции белков многообразны.

Пластичная функция. Белки являются основой всех биологических мембран, всех органоидов клетки, таким образом они выполняют строительную функцию. Так, коллаген является важным составным компонентом соединительной ткани, кератин – компонент перьев, волос, рогов, ногтей, эластин – эластичный компонент связок, стенок кровеносных сосудов. Из тубулиновых белков построены структуры цитоскелета клеток. Белки также входят в состав рибосом, хромосом и почти всех других клеточных структур.

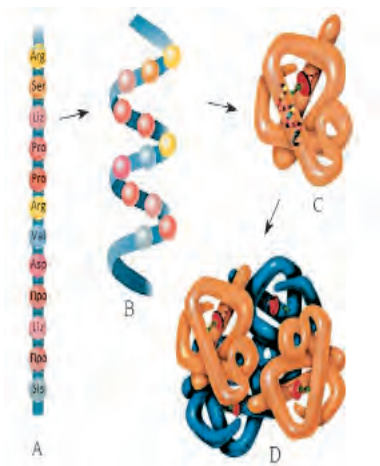


Рис.9. А – первичная структура белка; В – вторичная структура белка; С – третичная структура белка; D – четвертичная структура белка.

Ферментативная функция. Ферменты – специфические белки, увеличивающие скорость протекания химических реакций в клетках всех живых организмов. Каждый фермент специфичен по отношению к субстрату – веществу, на которое он действует, и катализирует определенную реакцию. Все ферменты являются белками.

Транспортная функция. Гемоглобин в крови позвоночных, гемоцианин в крови беспозвоночных, миоглобин в мышечной ткани транспортирует O_2 и CO_2 . Сывороточный альбумин крови способствует переносу липидов и жирных кислот, различных биологически активных веществ. Мембранные белки – переносчики осуществляют перенос веществ через клеточные мембраны.

Защитная функция. Специфические белки предохраняют организм от вторжения чужеродных организмов и от повреждения. Так, антитела, вырабатываемые лимфоцитами, блокируют чужеродные белки; интерфероны – универсальные противовирусные белки; фибриноген, тромбин и др. предохраняют организм от кровопотери, участвуя в свертывании крови.

Токсическая (ядовитая) функция. Многие живые существа для обеспечения защиты выделяют белки – токсины, которые в большинстве случаев являются сильными ядами. Яды микробов, вызывающие такие болезни, как ботулизм, холера, дифтерия имеют белковую природу.

Азотистые основания				
Пуриновые основания		Пиримидиновые основания		
Аденин	Гуанин	Цитозин	Тимин	Урацил

Рис.10. Азотистые основания.

Гормональная функция. Инсулин, соматотропин, вазопрессин – гормоны белковой природы.

Двигательная функция. Белки актин и миозин, входящие в состав мышечных клеток, обеспечивают их способность к сокращению благодаря энергии АТФ.

Энергетическая функция. Белок является одним из источников энергии в клетке. При полном окислении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 4,1 ккал или 17,6 кДж энергии.

Нуклеиновые кислоты. Нуклеиновые кислоты – сложные высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Молекула нуклеотида состоит из трех частей: остатков азотистого основания (рис.10), пятиуглеродного моносахарида (рис.11) и фосфорной кислоты. В зависимости от вида пентозы, в составе нуклеотида, различают два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновую (РНК). В состав ДНК входит остаток дезоксирибозы, а РНК – рибозы (рис.12 –13).

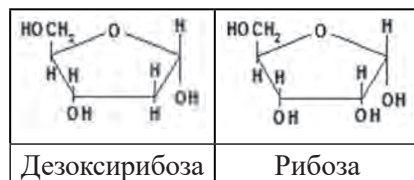


Рис.11. Пентозы.

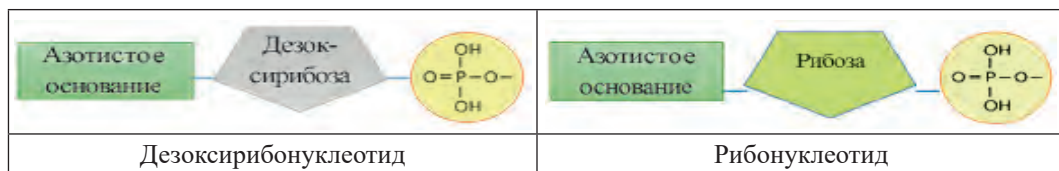


Рис.12. Общий вид нуклеотидов ДНК и РНК.

Нуклеотиды встречаются в клетках и в свободном виде, играют важную роль во многих физиологических процессах. К ним относятся АТФ (аденозинтрифосфат), АДФ (аденозиндифосфат), АМФ (аденозинмонофосфат).

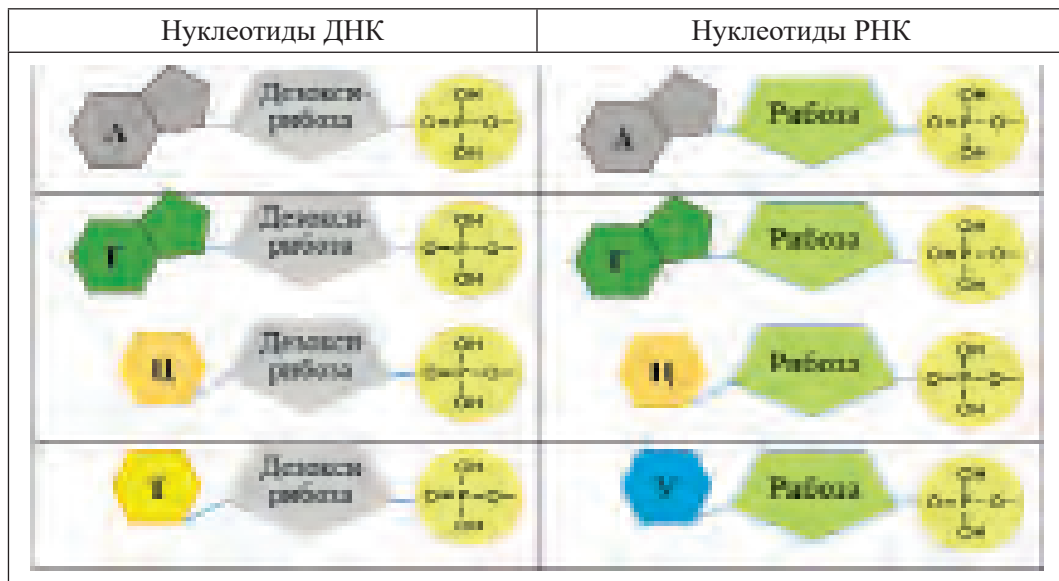


Рис.13. Нуклеотиды ДНК и РНК.

Аденозинтрифосфат – АТФ. АТФ по своему составу является нуклеотидом. Молекула АТФ состоит из аденина, рибозы и трех остатков фосфорной кислоты (рис.14).

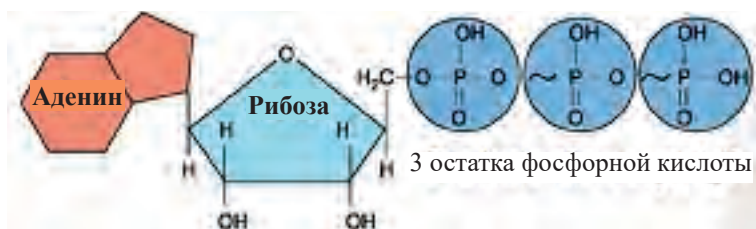
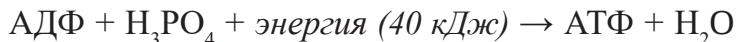


Рис.14. Строение АТФ.

АТФ является универсальным источником энергии для клеток всех живых организмов. Выделяемая энергия в процессах окисления и брожения аккумулируется (накапливается) в молекулах АТФ. Синтез АТФ в клетке происходит в результате реакций фосфорилирования АДФ.



Биосинтетические реакции происходящие в клетке, активный транспорт веществ через мембрану, процессы эндоцитоза и экзоцитоза осуществляются за счет энергии АТФ.



Строение полинуклеотидов. Мононуклеотиды, соединяясь друг с другом, образуют полинуклеотиды. В молекулах нуклеиновых кислот мононуклеотиды связаны между собой фосфодиэфирными связями (фосфатными «мостиками»), 5' углерод пентозы одного нуклеотида и 3' углерод пентозы соседнего нуклеотида связаны фосфодиэфирным мостиком. Поэтому один конец полинуклеотида называется 3' концом, а другой – 5' концом. Последовательное расположение мононуклеотидов представляет первичную структуру полинуклеотида.

Строение ДНК. Молекулы ДНК представляют собой две правозакрученные вокруг общей оси полинуклеотидных цепи, или двойную спираль. Цепи в этой двойной спирали антипараллельны, то есть направлены в противоположные стороны, так что 3'-конец одной цепи располагается напротив 5'-конца другой. Плохо растворимые в воде (гидрофобные) пуриновые и пиримидиновые основания обеих цепей ориентированы внутрь и расположены перпендикулярно оси двойной спирали (рис.15).

Цепи двойной спирали ДНК не идентичны ни по последовательности оснований, ни по нуклеотидному составу. Однако они комплементарны друг другу: где бы ни появился в одной цепи аденин, напротив него в другой цепи обязательно будет стоять тимин, а против гуанина в одной цепи обязательно стоит цитозин другой цепи. Более того, эти пары оснований образуют между собой водородные связи (рис.16). Между аденином и тиминном образуются две, между гуанином и цитозином три водородные связи. Эрвин Чаргафф обнаружил количественные закономерности содержания азотистых оснований в молекуле ДНК:

1. Количество нуклеотидов, содержащих аденин в любой молекуле ДНК, равно числу нуклеотидов, содержащих тимин.

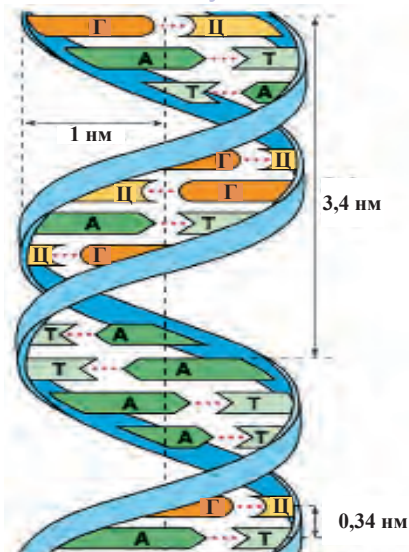


Рис.15. Структура ДНК

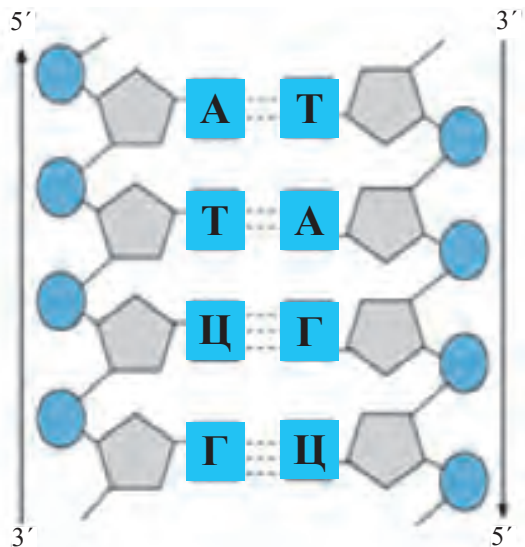


Рис.16. ДНК.

2. Число нуклеотидов с гуанином равно числу нуклеотидов с цитозином: $A=T$, $G=C$.

3. Сумма нуклеотидов с аденином и гуанином равна сумме нуклеотидов с тиминином и цитозином: $A+G=T+C$

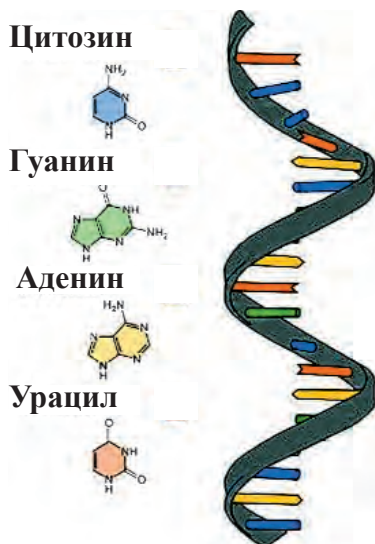


Рис.17. Структура РНК.

Четкое соответствие нуклеотидов в двух цепях ДНК имеет название комплементарность. Это явление обеспечивает точную передачу наследственной информации.

Строение РНК. Молекула РНК, в отличие от молекулы ДНК, полимер, состоящий из одной цепочки мономеров. Существуют три основных типа РНК, которые отличаются местом расположения в клетке, размерами и функциями. Информационная РНК (и-РНК) переносит наследственную информацию из ядра к рибосомам, представляет собой копию определенного участка молекулы ДНК. Рибосомальная (р-РНК) РНК является частью рибосомы. Синтезируются в ядрышке ядра хромосомы, выполняют струк-

турную функцию, обеспечивая определенное пространственное расположение (и-РНК) и (т-РНК) во время биосинтеза. Транспортная РНК (т-РНК) образуются в ядре из ДНК. Каждая (т-РНК) присоединяет определенную аминокислоту и транспортирует ее к месту сборки полипептида в рибосоме.



Рис.18. т-РНК.

т-РНК, за счет комплементарного взаимодействия, образует вторичную структуру, по форме напоминающую лист клевера. Около верхушки «листа» находятся три нуклеотида, или триплет, который называется антикодон. Антикодон комплементарен кодону и-РНК (рис.18). Другой конец называется акцепторным концом. К этому концу присоединяются аминокислоты.

Свойства ДНК и РНК

Свойства	ДНК	РНК
Местонахождение в клетке	Ядро, митохондрии, хлоропласты	Ядро, рибосомы, цитоплазма, митохондрии, хлоропласты
Местонахождение в ядре	В составе хромосом	В составе ядрышка
Строение	Двойной полимер, свернутый в спираль	Одинарная полинуклеотидная цепочка
Мономеры	Дезоксирибонуклеотиды	Рибонуклеотиды
Структура нуклеотидов	Пуриновые основания (аденин, гуанин), пиримидиновые основания (цитозин, тимин); углевод – дезоксирибоза; остаток фосфорной кислоты	Пуриновые основания (аденин, гуанин), пиримидиновые основания (урацил, цитозин); углевод – рибоза; остаток фосфорной кислоты
Синтез	Редупликация	Транскрипция
Функция	Хранение, размножение и передача по наследству генетического материала	Участие в биосинтезе белка



Ключевые слова: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фениланин, пурин, пиримидин.



Вопросы и задания:

1. Какие группы биологических полимеров вы знаете?
2. Опишите структуру, строение и свойства аминокислот.
3. Дайте определение заменимым и незаменимым аминокислотам.
4. Какие вы знаете уровни пространственной организации белков?
5. Каковы функции белков?
6. Что вы знаете о строении и структуре ДНК?
7. Опишите строение и структуру РНК



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Определите общие свойства и различия ДНК и РНК, изобразите в виде диаграммы.

Задание 2. Заполните таблицу.

Свойства	ДНК	РНК
Местонахождение в клетке		
Функция		
Полипептидные связи		
Углеводы		
Пуриновые основания		
Пиримидиновые основания		

ГЛАВА III. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КЛЕТОЧНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 7. КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

Клетка – основная структурно-функциональная единица жизни.

Все живые организмы состоят из клеток. Все жизненные процессы протекают в клетках. Поэтому клетки являются основными структурными, функциональными, генетическими единицами живых организмов. В то же время сами клетки являются биосистемами, существующими по специфическим законам.

Свойства клеточного единства определяются составляющими его биомолекулами. Многие свойства клеточного уровня зависят от молекулярного уровня – его компонентов и их роли в жизнедеятельности клетки. Например, молекулы ДНК несут в себе генетический код, определяющий

управление процессами синтеза белков. Мембранные структуры клетки построены из молекул белков и липидов (рис.19).

Если на молекулярном уровне можно детально рассматривать процесс репликации ДНК, то на клеточном уровне его значение оценивается как проявление жизнедеятельности клетки.

Несмотря на многообразие форм организмов, организация всех клеток подчинена единым закономерностям. Так, все клетки состоят из комплексов химических соединений, плазматической мембраны и цитоплазмы с органоидами. Взаимодействие между ними обеспечивает целостность клетки. В ходе эволюции сформировался особый аппарат регуляции процессов метаболизма, передачи генетической информации. Появление жизни на Земле связано с появлением клеток. Все жизненные процессы: синтез ДНК и РНК, матричный синтез органических соединений, ферментативная регуляция этих процессов происходят на клеточном уровне. Клетка обеспечивает систему хранения и передачи наследственной информации от поколения к поколению.

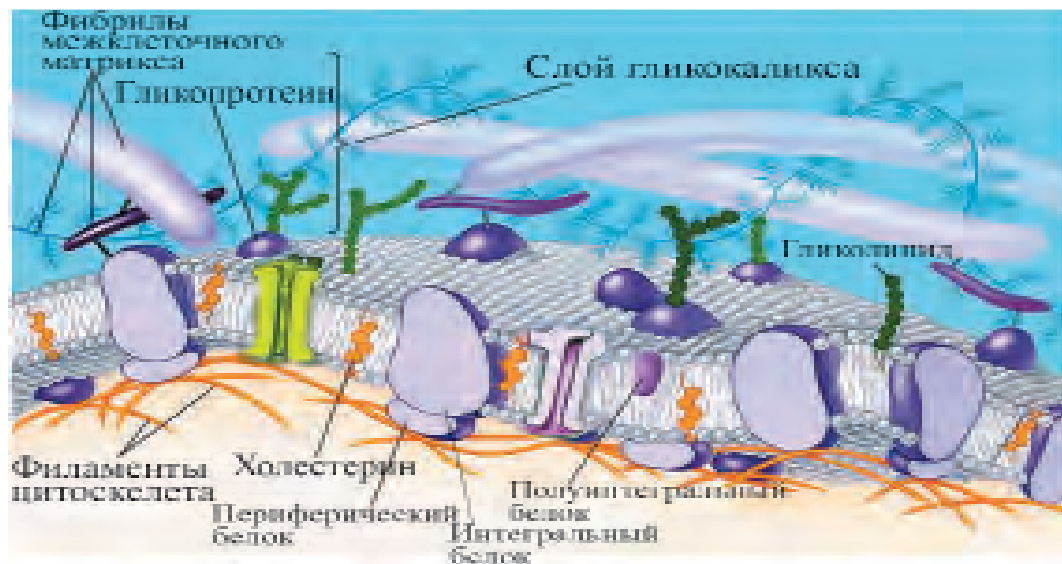


Рис.19. Строение плазматической мембраны.

В ходе эволюции появилась специализация клеток, приведшая к разнообразию форм, протекающих в клетках процессов и выполняемых функций. Это, в свою очередь, привело к появлению тканей и органов и, в конце концов, целостной системы, ведущей самостоятельную жизнь – многоклеточному организму.

Положения современной клеточной теории. Клеточная теория – общебиологический закон о единстве происхождения, строения, развития всех живых организмов.

Основываясь на работах Матиаса Шлейдена, немецкий физиолог Теодор Шванн опубликовал книгу о соответствии в структуре и росте животных и растений, в которой и была изложена версия клеточной теории. В ней доказывается, что организация клеток всех живых организмов, как растений, так и животных, подчинена единым закономерностям.

Дальнейшее развитие клеточной теории опирается на множество открытий. Рудольф Вирхов считает, что клетки возникают только из предшествующей клетки путем деления и вне клетки нет жизни, наибольшее значение в жизнедеятельности клеток играет не их оболочка, как тогда считали, а содержимое, т. е. протоплазма и ядро. Карл Бер считал, что все организмы начинают свое развитие с одной клетки, представляющей собой оплодотворенное яйцо.



Рис.20. 1 – клетка животного; 2 – клетка растений; 3 – клетка бактерии.

В настоящее время основные положения клеточной теории состоят из следующих утверждений:

1. Клетка является универсальной структурной и функциональной единицей развития всего живого;
2. Клетки образуются только при делении предшествующих им клеток;
3. Все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности;
4. Клетки способны к самостоятельной жизнедеятельности, но в многоклеточных организмах их работа скоординирована и организм представляет собой целостную систему.
5. Строение клетки обеспечивает сохранение генной информации и передачу ее потомству.

Сравнительная характеристика клеток живых организмов

Бактериальная клетка	Клетки грибов	Клетки растений	Клетки животных
Генетическая информация локализована в нуклеотидах, плаزمидях	Генная информация находится в хромосомах ядра	Генная информация находится в хромосомах ядра, митохондриях, пластидах	Генная информация находится в хромосомах ядра, митохондриях
Клеточная стенка состоит из муреина	Клеточная стенка состоит из хитина	Клеточная стенка состоит из целлюлозы	Клеточная стенка отсутствует
Имеет рибосомы и аэросомы – вакуоли с газом	Имеет митохондрии, эндоплазматическую сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, цитоскелет, лизосомы, вакуоли с запасными питательными веществами	Имеет митохондрии, эндоплазматическую сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, цитоскелет, клеточный центр (у низших растений), пластиды, вакуоли с клеточным соком	Имеет митохондрии, эндоплазматическую сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, цитоскелет, клеточный центр, лизосомы, пищеварительные вакуоли
Способ питания: гетеротрофное (паразиты, сапрофиты) и автотрофное	Способ питания: гетеротрофное (паразиты, сапрофиты)	Способ питания: автотрофное и гетеротрофное (паразиты)	Способ питания: гетеротрофное (голозой, паразиты)
АТФ синтезируется в цитоплазме и мезосомах	АТФ синтезируется в цитоплазме и митохондриях	АТФ синтезируется в цитоплазме, митохондриях и пластидах	АТФ синтезируется в цитоплазме и митохондриях

Резервное вещество полифосфаты	Резервное вещество гликоген	Резервное вещество крахмал	Резервное вещество гликоген
-----------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

Значение клеточной теории. Клетка, являясь основой многоклеточных организмов, является также и их основным строительным материалом. Развитие всего организма начинается с одной клетки – зиготы. Весь организм представляет собой систему клеточных единиц. Клеточная теория доказывает сходство химического состава всех клеток и, таким образом, единство органического мира.



Ключевые слова: Теодор Шванн, Рудольф Вирхов, Матиас Шлейден, аэросомы, клеточная теория, мезосомы.



Вопросы и задания:

1. Что вы понимаете под выражением клетки являются основными структурными, функциональными, генетическими единицами живых организмов?
2. Перечислите свойства клеточного уровня жизни.
3. Поясните сущность и значение клеточной теории.
4. Дайте сравнительную характеристику клеток живых организмов.



Задания для самостоятельного выполнения: На основе знаний, полученных в 9 классе, соотнесите органоиды и их функции.

№	Органоид	№	Функции
1.	Митохондрии	А	Играет важную роль в делении клеток
2.	Комплекс Гольджи	В	Синтез АТФ, энергетический обмен
3.	Пластида	С	Обеспечивает тургор клетки
4.	Рибосомы	Д	Фотосинтез
5.	Лизосомы	Е	Транспорт белков
6.	Вакуоли	Ф	Синтез и транспорт углеводов, липидов
7.	Шероховатая эндоплазматическая сеть	Г	Синтез дисахаридов, полисахаридов
8.	Гладкая эндоплазматическая сеть	Н	Пищеварение
9.	Центриоли	И	Синтез белков
10.	Лейкопласты	К	Придает цвет фруктам и цветам
11.	Хлоропласты	Л	Синтез первичного углевода
12.	Хромопласты	М	Накопление и “упаковка” веществ

§ 8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ – ОСНОВА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТКИ

Развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптация к изменениям внешних условий обеспечивает совокупность химических изменений и всех видов превращений веществ и энергии. Каждый живой организм в процессе питания усваивает необходимые ему вещества из окружающей среды. Они необходимы для синтеза органических веществ и сохранения постоянства химического состава.

Одной из функций обмена веществ является обеспечение клеток строительным материалом. Все реакции, протекающие в клетке, направлены на поддержание постоянства внутренней среды биологических систем. А для этого необходимы вещества и энергия. Таким образом, клетка осуществляет сложные и многообразные реакции синтеза необходимых веществ и, наоборот, распада ненужных, а также – реакции превращения энергии. В организмах одновременно происходят процессы двух типов. К первому типу относятся поступление из окружающей среды, усвоение и накопление веществ, используемых для синтеза соединений, необходимых для клеток и всего организма. Совокупность реакций синтеза, обеспечивающих развитие клеток и целых организмов, возобновление их химического состава, называют пластическим обменом (ассимиляцией, анаболизмом).

Еще одной из функций обмена веществ является обеспечение клеток энергией. На осуществление жизненных процессов организма, таких как движение, раздражимость, поддержание постоянной температуры тела необходимо определенное количество энергии. В клетках постоянно распадаются органические вещества, либо полученные извне с пищей, либо запасенные. При распаде этих молекул выделяется энергия, часть которой теряется, рассеиваясь с теплом, а часть – запасается в виде молекул АТФ. В случае необходимости энергия АТФ используется для энергетических затрат клетки. Совокупность реакций распада веществ, сопровождающихся выделением и запасанием энергии, называется диссимиляцией, или катаболизмом. Еще одно название этих реакций – энергетический обмен.

Пластический и энергетический обмены – противоположные процессы: в первом случае происходит образование веществ, на что тратится энергия, а во втором – распад веществ с выделением и запасанием энергии. Таким образом, реакции ассимиляции и диссимиляции – это две стороны единого процесса обмена веществ и энергии в клетке, который

называется метаболизмом. Продукты, которые образуются при метаболизме, называются метаболитами.

Пластический и энергетический обмены невозможны друг без друга, так как если не синтезировать и не запастись органические вещества, то и распадаться будет нечему. А если прекратятся реакции распада, то не будет синтезироваться АТФ, что приведет к невозможности синтеза веществ из за нехватки энергии. Живые организмы используют пластический и энергетический обмены для обеспечения разных процессов жизнедеятельности. Они являются основным условием продолжения жизни, источником роста, развития и функционирования.

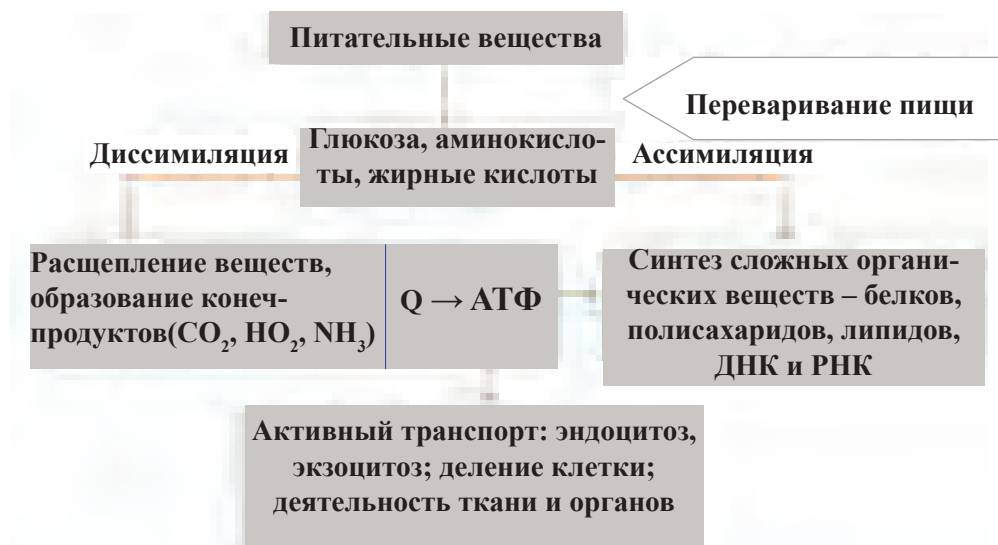
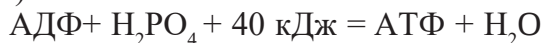


Рис.21. Взаимосвязь процессов пластического и энергетического обменов.

Живая клетка является открытой системой, так как между клеткой и окружающей средой идет непрерывный обмен энергией.

Энергетический обмен – диссимиляция. Универсальным источником энергии во всех клетках служит АТФ (аденозинтрифосфат). Это вещество синтезируется в результате реакции фосфорилирования, т. е. присоединения одного остатка фосфорной кислоты к молекуле АДФ (аденозиндифосфата):



На эту реакцию затрачивается энергия, и теперь эта энергия находится в форме энергии химических связей АТФ.

Этапы энергетического обмена. Большинство живых существ, относятся к аэробам, так как используют в процессах обмена веществ кислород из окружающей среды. В результате этого органические вещества распадаются до простейших неорганических соединений. У организмов, обитающих в бескислородной среде – анаэробов, а также у аэробов, при недостатке кислорода, диссимиляция происходит в два этапа: подготовительный и бескислородный. У аэробов диссимиляция происходит в три этапа:

1. *Подготовительный.*
2. *Бескислородный – гликолиз.*
3. *Кислородный – клеточное дыхание.*

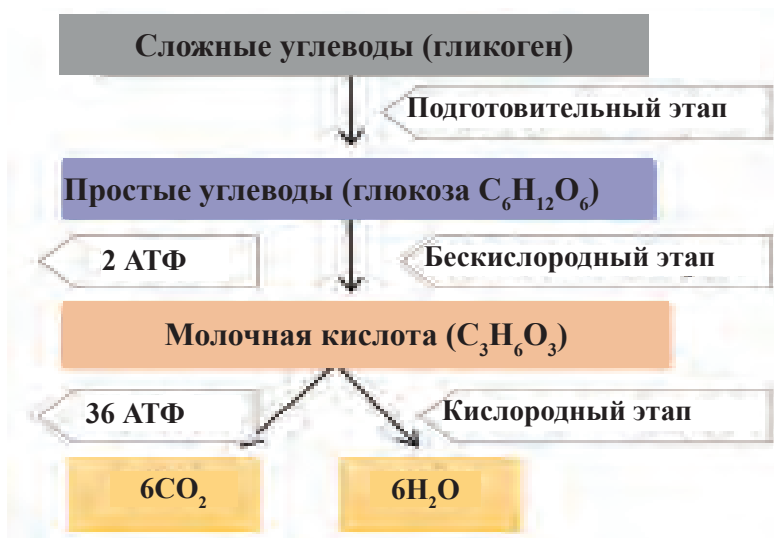
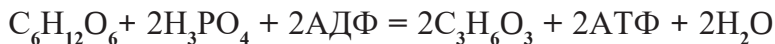


Рис.22. Этапы обмена веществ.

1. Подготовительный этап. Заключается в распаде крупных органических молекул до более простых: полисахаридов – до моносахаридов, липидов – до глицерина и жирных кислот, белков – до аминокислот. Внутри клетки распад органических веществ происходит в лизосомах под действием целого ряда ферментов. В ходе этих реакций энергии выделяется мало, при этом она не запасается в виде АТФ, а рассеивается в виде тепла. Образующиеся в ходе подготовительного этапа соединения (моносахариды, жирные кислоты, аминокислоты и др.) могут использоваться клеткой в реакциях пластического обмена, а также для дальнейшего расщепления с целью получения энергии.

2. Бескислородный этап заключается в ферментативном расщеплении органических веществ, которые были получены в ходе подготовительного этапа. Например, расщепление глюкозы – гликолиз. **Гликолиз** – это многоступенчатый процесс бескислородного расщепления молекулы глюкозы, содержащей 6 атомов углерода ($C_6H_{12}O_6$), до двух молекул трехуглеродной молочной кислоты. В этом процессе выделяется 200 кДж энергии, 40% которого накапливаются в молекулах АТФ, 60% рассеиваются в виде тепла.



Реакции гликолиза катализируются многими ферментами, и протекают они в цитоплазме клеток. В мышцах человека после напряженной физической работы накапливается молочная кислота. В результате мышцы устают.

3. Кислородное расщепление. В процессе этого третьего этапа органические вещества, образовавшиеся в ходе второго этапа при бескислородном расщеплении и содержащие большие запасы химической энергии, окисляются до конечных продуктов CO_2 и H_2O . Этот процесс, так же как и гликолиз, является многостадийным, но происходит не в цитоплазме, а в митохондриях. В результате клеточного дыхания при распаде двух молекул молочной кислоты синтезируются 36 молекул АТФ:



В результате полного окисления двух молекул молочной кислоты выделяется 2600 кДж энергии, 1440 кДж которого связывается в АТФ. Таким образом, суммарно энергетический обмен клетки в случае распада глюкозы можно представить следующим образом:



Во время этих преобразований выделяется приблизительно 2800 кДж энергии, из которых в виде химических связей молекул АТФ запасается около 1 520 кДж.



Ключевые слова: метаболизм, ассимиляция, анаболизм, диссимиляция, катаболизм, анаэробный, аэробный.



Вопросы и задания:

1. В чем заключается сущность процесса энергетического обмена?
2. Назовите функции энергетического обмена в клетках.
3. Какие процессы происходят при гликолизе?
4. Какие реакции происходят при кислородном распаде?
5. Поясните взаимосвязь между пластическим и энергетическим обменами.



Задания для самостоятельной работы: Задание 1. Отметьте знаком «+» этапы, которые происходят с участием дыхания.

№	Свойства	Этапы процесса дыхания		
		I	II	III
1	Происходит в митохондриях			
2	Происходит вне клеток			
3	Происходит в цитоплазме			
4	Количество энергии, запасенной в АТФ 0 кдж			
5	Синтезируются две АТФ			
6	Синтезируются 36 АТФ			
7	Происходит в аэробных условиях			
8	Происходит в анаэробных условиях			
9	Проходит с участием амилазы, пепсина, липазы			
10	Идет за счет распада глюкозы			
11	Идет за счет распада молочной кислоты			
12	Распад биополимеров на мономеры			
13	Выделенная энергия, 100% выделяется в виде тепла			
14	Образуется молочная кислота			
15	Образуется H_2O и CO_2			

Задание 2. Для закрепления темы, заполните таблицу:

Этап	Реакция	Где происходит	Количество выделяемой энергии	Количество АТФ
I				
II				
III				

§ 9. ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН. ФОТОСИНТЕЗ, ХЕМОСИНТЕЗ

Для обеспечения постоянства жизненных процессов в клетках живых организмов непрерывно синтезируются белки, липиды, углеводы, которые являются составляющими клеточных структур. Совокупность биосинтетических реакций, обеспечивающих обновление химического состава и структурных элементов клетки, называется пластическим обменом.

В процессе питания организмы получают химические соединения, используемые ими для всех процессов жизнедеятельности. По способу получения органических веществ, т. е. по способу питания, все живые организмы делятся на **автотрофов** и **гетеротрофов**.

Автотрофы могут сами синтезировать необходимые им органические вещества, получая из окружающей среды углерод в виде CO_2 , воду и минеральные соли. Одним автотрофам источником энергии для реакций биосинтеза служит солнечный свет; такие организмы называются **фототрофами**, или **фотосинтетиками**. Другие автотрофы используют для синтеза органических веществ энергию, высвобождающуюся в ходе химических превращений неорганических соединений. Их называют **хемотрофами**, или **хемосинтетиками**.

Фотосинтез. К фототрофам относятся организмы, обладающие пигментом хлорофиллом: растения, лишайники, а также некоторые бактерии. В хлоропластах, содержащихся в клетках зеленых растений, энергия света превращается в химическую энергию. **Фотосинтез** – это процесс образования органических соединений из неорганических благодаря преобразованию световой энергии в энергию химических связей синтезированных углеводов.

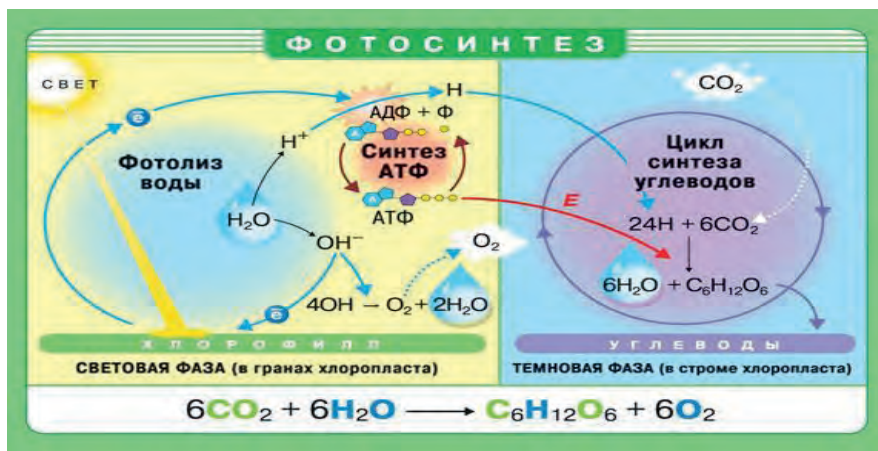


Рис.23. Процесс фотосинтеза.

Жизненные процессы всех живых организмов прямо или косвенно связаны с фотосинтезом. Органические вещества, выработанные в процессе фотосинтеза, являются источником энергии и питания как для самих растений, так и для всех гетеротрофов. Процесс фотосинтеза выражается формулой:



Хлорофилл, зеленый пигмент растений, с помощью которого они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез. В высших растениях хлорофилл локализован в особых клеточных структурах – **хлоропластах**. Фотосинтез происходит в две фазы – световую и темновую (рис.24).

Световая фаза происходит в тилакоидах хлоропласта. Начальными компонентами его являются энергия света, вода АДФ, хлорофилл. Молекулы хлорофилла поглощают фотоны – кванты света. За счет энергии электронов, получившие избыток энергии, синтезируются АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Энергия света превращается в химическую энергию АТФ. Энергия электронов превращает ионы водорода в атомы водорода. Это приводит к процессу фотолиза воды. Электроны и ионы водорода реагируют с акцепторами-НАДФ (никотинамиддинуклеотидфосфат), и образуется богатый энергией НАДФ·Н, гидроксиль ионы (OH^-) передают свой электрон молекулам хлорофилла и превращаются в свободные радикалы ($\text{OH}^\cdot$). В результате взаимодействия радикалов образуются молекулы воды и молекулярный кислород.

В реакциях световой фазы фотосинтеза накапливается энергия (НАДФ·Н и АТФ), выделяется кислород. В темновой фазе реакции осуществляются в строме хлоропластов, куда из тилакоидов поступают богатые энергией вещества: НАДФ·Н и АТФ. Источник углерода – CO_2 – растение получает из воздуха. В реакциях темновой фазы CO_2 восстанавливается до глюкозы, причем этот процесс протекает с затратами энергии, запасенной в молекулах АТФ и НАДФ·Н.



Рис.24. Строение хлоропласта.

Общая реакция фотосинтеза	$12\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
Фотолиз воды	$12\text{H}_2\text{O} = 6\text{O}_2 + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^-$
Образование НАДФ·Н	$24\text{НАДФ} + 24\text{H} + 24\text{e}^- = 24\text{НАДФ}\cdot\text{H}$
Фотофосфорилирование	$18\text{АДФ} + 18\text{H}_3\text{PO}_4 = 18\text{АТФ}$
Световые реакции	$12\text{H}_2\text{O} + 24\text{НАДФ} + 18\text{АДФ} + 18\text{H}_3\text{PO}_4 = 6\text{O}_2 + 24\text{НАДФ}\cdot\text{H} + 18\text{АТФ}$
Темновые реакции	$6\text{CO}_2 + 24\text{НАДФ}\cdot\text{H} + 18\text{АТФ} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{НАДФ} + 18\text{АДФ} + 18\text{H}_3\text{PO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

В ходе ряда реакций первичные углеводы, полученные в результате фотосинтеза, превращаются в аминокислоты и жирные кислоты, из них соответственно в белки и липиды. Эти органические вещества через пищевую цепочку поступают к гетеротрофным организмам. Кислород, выделенный в атмосферу в процессе фотосинтеза, используется аэробными организмами для дыхания. Горючие вещества уголь, нефть, газ, торф образованы из остатков растений, существовавших миллионы лет назад.

Хемосинтез. Явление хемосинтеза открыл Русский ученый С.Н. Виноградский в 1887 г. Хемотробы используют для синтеза органических веществ энергию образований в процессе окисления неорганических веществ. Энергия окислительных реакций превращаются в энергию АТФ. За счет энергии АТФ синтезируются органические вещества, которые служат источником пищи. Существует несколько типов бактерий хемосинтеза:

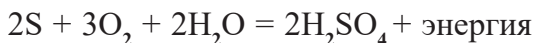
Железобактерии окисляют соединения двухвалентного железа до трехвалентного и используют эту энергию для синтеза органических веществ.



Нитрифицирующие бактерии поэтапно окисляют аммиак сначала до нитритов, а затем – нитратов. Значение этих процессов трудно переоценить, поскольку нитраты нужны растениям для полноценного питания:



Серобактерии окисляют сероводород и другие соединения серы до серной кислоты. При нехватке сульфида водорода бактерии используют энергию, накопленную за счет создания сульфатной кислоты.



Водородные бактерии. Используют энергию окисления водорода. Органические вещества в процессе хемосинтеза образуются из источника неорганического углерода (CO_2).



Преобразование многих химических элементов в биосфере происходит лишь при участии хемотробных организмов, способных синтезиро-

вать органические соединения из неорганических. Нитрифицирующие бактерии обогащают землю необходимыми соединениями азота. Сульфатная кислота, образующаяся в результате деятельности серобактерии, разрушает горные породы. Железобактерии участвуют в создании залежей железных руд.



Ключевые слова: автотрофы, фототрофы, хемотрофы, фотосинтез, кванты света, фотоны, железобактерии, нитрифицирующие бактерии, серобактерии, водородные бактерии.



Вопросы и задания:

1. Что вы знаете о пластических реакциях?
2. Как проходит процесс фотосинтеза?
3. Объясните, что такое темновая фаза процесса фотосинтеза
4. Объясните, что такое световая фаза процесса фотосинтеза
5. Расскажите о процессе хемосинтеза



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

Сравниваемые свойства	Фотосинтез	Дыхание
В каких частях клетки происходит?		
Этапы		
Исходные вещества		
Получаемый продукт		
Выражение реакции		
Значение		

§ 10. КЛЕТКА – ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА ЖИВОГО

В клетке существуют особенные структуры для обеспечения реализации наследственной информации от поколения к поколению. Этот процесс на молекулярном уровне основан на биосинтезе ДНК путем репликации, обеспечивающей точное копирование генетической информации. На клеточном уровне это свойство реализуется путем деления митохондрий и хлоропластов в процессах митоза и мейоза. Клетка, являясь генетической единицей, передающей наследственную информацию последующим поколениям, обеспечивает непрерывность появления новых поколений. Основным веществом, передающим генную информацию, является ДНК.

Реакции матричного синтеза. Генетическая информация ДНК определяется последовательностью соединения молекул нуклеотидов. Наследственная информация записана в линейной последовательности нуклеотидов. У разных организмов она строго индивидуальна и служит важнейшей характеристикой, отличающей одну молекулу ДНК от другой.

Синтез биополимеров на основе генной информации называется реакцией матричного синтеза. Сюда входят синтез ДНК – редупликация, синтез РНК – транскрипция, синтез белков – трансляция. В основе реакции матричного синтеза лежит принцип комплементарности.

Редупликация ДНК. Биосинтез ДНК основан на способности молекул ДНК к самоудвоению, вследствие чего дочерние молекулы становятся точной копией материнской. Этот процесс называется редупликацией. Две цепочки ДНК разделяются с помощью специальных ферментов. Каждая цепь становится матрицей, на которой собираются нуклеотиды по принципу комплементарности. Этот синтез происходит с участием фермента ДНК полимеразы за счет энергии АТФ. Этот процесс происходит в интерфазе жизнедеятельности клетки.

Реализация генетического кода в клетках. Основное условие жизни – это биосинтез белков. Свойства каждого вида определяются уникальностью его белка. Разные организмы различаются количеством и последовательностью аминокислот в белках, а принцип строения белков одинаков для всех живых организмов.

Белки пищи перевариваются (расщепляются до аминокислот) в органах пищеварительной системы. Аминокислоты поступают через стенки кишечника в кровь и транспортируются в клетки, где из них синтезируются белки, характерные для данного организма. Каждая клетка синтезирует белок в соответствии с генетической информацией. Срок жизнедеятельности белков ограничен, и через некоторое время они распадаются. Вместо них беспрерывно появляются новые. Структура белка определяется последовательностью нуклеотидов ДНК. Единая для всех живых организмов система записи наследственной информации получила название генетический код. Он хранится в клетке в виде определенной последовательности нуклеотидов в молекуле нуклеиновой кислоты. Именно генетический код определяет порядок расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи во время ее синтеза. Ученые выяснили, что каждая аминокислота в полипептидной цепи кодируется определенной последовательностью из трех нуклеотидов, так называемым *триплетом*. Четыре

разные нуклеотиды РНК могут образовывать 64 комбинации ($4^3 = 64$), то есть существуют 64 разных триплета. Поскольку известно лишь 20 основных аминокислот, то можно предположить, что одна аминокислота может кодироваться несколькими различными триплетами. Установлено, что большинство основных аминокислот кодируются 2,3,4,6 триплетами и лишь две из них – одним.

Нуклеотид					
1-й	2-й				3-й
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Фенилаланин	УЦУ } Серин	УАУ } Тирозин	УГУ } Цистеин	У
	УУЦ } Фенилаланин	УЦЦ } Серин	УАЦ } Тирозин	УГЦ } Цистеин	Ц
	УУА } Лейцин	УЦА } Серин	УАА } стоп-кодон	УГА } стоп-кодон	А
	УУГ } Лейцин	УЦГ } Серин	УАГ } стоп-кодон	УГГ } Триптофан	Г
Ц	ЦУУ } Лейцин	ЦЦУ } Пролин	ЦАУ } Гистидин	ЦГУ } Аргинин	У
	ЦУЦ } Лейцин	ЦЦЦ } Пролин	ЦАЦ } Гистидин	ЦГЦ } Аргинин	Ц
	ЦУА } Лейцин	ЦЦА } Пролин	ЦАА } Глютамин	ЦГА } Аргинин	А
	ЦУГ } Лейцин	ЦЦГ } Пролин	ЦАГ } Глютамин	ЦГГ } Аргинин	Г
А	АУУ } Изолейцин	АЦУ } Треонин	ААУ } Аспарагин	АГУ } Серин	У
	АУЦ } Изолейцин	АЦЦ } Треонин	ААЦ } Аспарагин	АГЦ } Серин	Ц
	АУА } Метионин	АЦА } Треонин	ААА } Лизин	АГА } Аргинин	А
	АУГ } Метионин старт-кодон	АЦГ } Треонин	ААГ } Лизин	АГГ } Аргинин	Г
Г	ГУУ } Валин	ГЦУ } Аланин	ГАУ } Аспарагиновая кислота	ГГУ } Глицин	У
	ГУЦ } Валин	ГЦЦ } Аланин	ГАЦ } Аспарагиновая кислота	ГГЦ } Глицин	Ц
	ГУА } Валин	ГЦА } Аланин	ГАА } Глутаминовая кислота	ГГА } Глицин	А
	ГУГ } Валин	ГЦГ } Аланин	ГАГ } Глутаминовая кислота	ГГГ } Глицин	Г

Рис.25. Генетический код. Расшифровка: АУГ – старт кодон; УАА, УАГ, УГА терминатор – стоп кодоны.

Расшифровка генетического кода осуществлена американскими биохимиками М. У. Ниренбергом, С. Очоа и др. в 1962 г.

Особенности генетического кода:

1. Каждую аминокислоту кодирует триплет нуклеотидов.
2. Каждый триплет кодирует лишь одну аминокислоту.
3. Одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами.
4. Генетический код универсален, то есть единый для всех организмов.
5. 61 кодон кодирует определенные аминокислоты. В генетическом коде есть также три триплета (УАА, УАГ, УГА), каждый из которых сигнализирует о прекращении синтеза полипептидной цепи, а триплет АУГ, как правило, определяет начало этого процесса (рис.25).

Транскрипция. В этом процессе ДНК является матрицей. Транскрипция – это синтез молекулы и-РНК на основе молекул ДНК. При этом особый фермент сначала разъединяет двойную спираль ДНК.

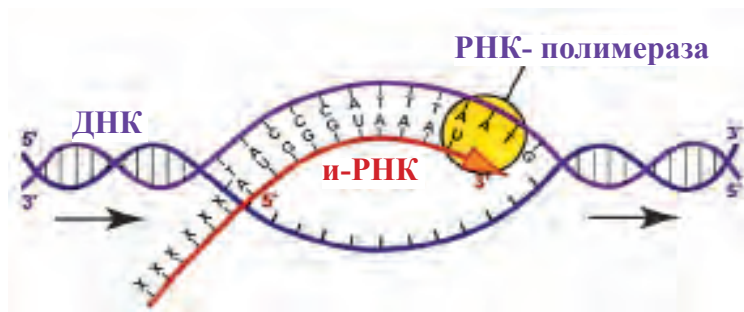


Рис.26. Транскрипция.

Потом на одной из ее цепей при участии фермента РНК-полимеразы по принципу комплементарности (А, У, Г, Ц) синтезируется молекула и-РНК, в процессе этого синтеза последовательность нуклеотидов участка ДНК «переписывается» в нуклеотидную последовательность РНК. Вновь образующаяся и-РНК является точной копией этого участка ДНК. Процесс переноса информации с участка ДНК на и-РНК называется транскрипцией (рис.26).

Трансляция (синтез белков). В этом процессе матрицей является и-РНК. Последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК переводится в последовательность аминокислотных остатков молекулы синтезируемого белка. Сначала в цитоплазме живой клетки на рибосомах малая субъединица рибосомы соединяется с и-РНК, а ее кодон (АУГ) взаимодействует с антикодоном т-РНК. Триплет АУГ, начинающий трансляцию, называется «старт-кодон». На 2-ом этапе реализация генетической информации в виде последовательности нуклеотидов и-РНК «переводится» в аминокислотную последовательность синтезирующегося белка по принципу комплементарности. Он протекает с участием транспортных РНК и соответствующих ферментов. При синтезе белка аминокислоты соединяются пептидной связью за счет энергии АТФ (рис.27).

Процессы синтеза белка прекращаются, когда рибосома достигает триплета, который сигнализирует о прекращении синтеза полипептидной цепи.

Итак, реакции матричного синтеза обеспечивают передачу генетической информации в процессах размножения организма, регенерации и деления клеток.

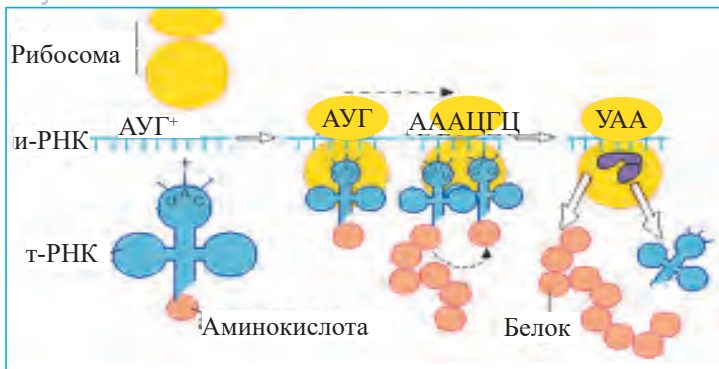


Рис.27. Процесс трансляции.



Ключевые слова: матрица, синтез, редупликация, транскрипция, трансляция, генетический код, «старт-кодон», реакции матричного синтеза.



Вопросы и задания:

1. Объясните значение слов редупликация, транскрипция
2. Опишите механизм синтеза и-РНК от ДНК
3. Перечислите особенности генетического кода
4. Что такое матричный синтез?
5. Какую функцию выполняют рибосомы в функции белков?
6. Поясните термин «трансляция».

§ 11. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ

Наиболее важной частью в передаче наследственной информации в живых организмах являются ДНК-содержащие структуры – хромосомы. В период от одного деления до другого каждая хромосома содержит одну молекулу ДНК. Перед делением ядра молекула ДНК удваивается в процессе редупликации. В результате в каждой хромосоме оказывается по две хроматиды. Увидеть хромосомы с помощью микроскопа возможно лишь во время деления клетки. В неделящейся клетке хромосомы раскручиваются и приобретают вид длинных тонких нитей, которые называются хроматин. Их можно увидеть только в световом микроскопе с помощью специальных красителей.

В зависимости от того, принимают они форму спирали или нет, в хроматине выделяют две части.

Эухроматин – вещество хромосомы, сохраняющее деспирализованное (распрямленное) состояние, невидимое в микроскопе. В генетическом отношении – активная часть. Гетерохроматин – плотное вещество, сохраняющее спирализованную структуру. В генетическом отношении – пассивная часть.

Во время деления клетки нити хроматина уплотняются, и из них формируются компактные тельца – хромосомы. Хромосомы были открыты учеными и В. Флемингом (1882) и Э.Страсбургером (1884). Термин «хромосома» был предложен Г. Вальдейером.

Хромосомы выполняют следующие функции: сохранение наследственной информации, применение наследственной информации при организации клеточной деятельности, контроль над воспроизведением наследственной информации, деление наследственной информации на две части, передача ее из поколения в поколение.

Хромосома состоит из ДНК (40%) и белка (60%). ДНК несет генетическую информацию, белки выполняют структурную и регулирующую функции. Перед делением клетки ДНК плотно скручивается, в результате объем, занимаемый ДНК, во много раз уменьшается. Такая организация обеспечивает компактное размещение молекул ДНК в хромосомах и играет важную роль в процессе митоза. Длина этих молекул в развернутом состоянии значительно превышает длину хромосом. Например, длина хромосомы человека во время деления клетки 150 мкм (микрон), а развернутых молекул ДНК – два метра (рис.28).

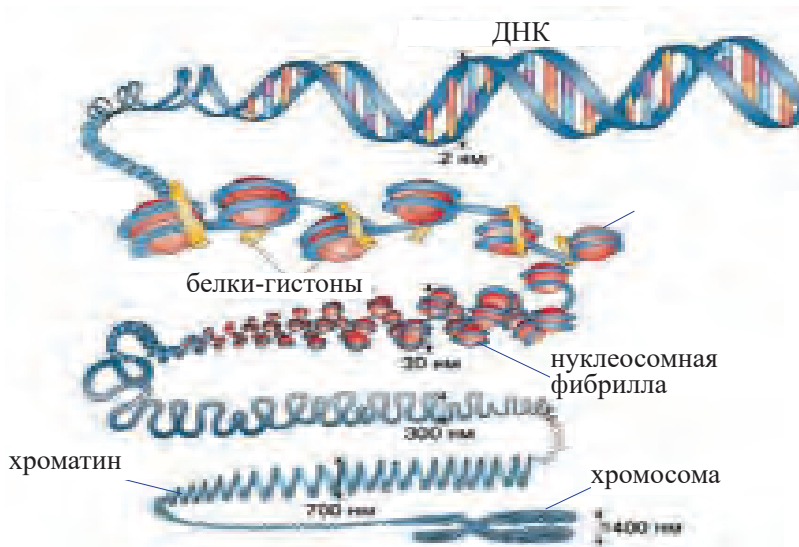


Рис.28. Структура хромосомы.

Хромосомы хорошо видны в микроскопе в процессе деления клеток, особенно в метафазе митоза. Под микроскопом хромосомы выглядят как удлинённые палочковидные тельца, состоящие из двух продольных частей – хроматид (1), соединённых между собой в месте, названном зоной первичной перетяжки – центромерой (3). Она разделяет хромосомы на два участка – плечи (2). Кроме первичной перетяжки, иногда в хромосомах бывает и вторичная перетяжка (4). Концевой участок хромосомы, отделённый от остальной ее части вторичной перетяжкой – называется спутник (5) (рис.29).

Если перетяжка расположена посередине хромосомы, то плечи имеют практически одинаковые размеры. А если она сдвинута к одному из концов хромосомы, то плечи отличаются по длине. В соответствии с положением центромеры хромосомы принято делить на три группы:

- 1) метацентрические – центромера занимает центральное положение в хромосоме, оба плеча хромосомы имеют почти одинаковую длину;
- 2) субметацентрические – центромера располагается ближе к одному концу хромосомы, в результате чего плечи хромосомы разной длины;
- 3) аacroцентрические – центромера находится у конца хромосомы. Одно плечо очень короткое, другое длинное

В процессе деления к центромере хромосомы присоединяются микротрубочки. В это время каждая хромосома состоит из двух хроматид. Микротрубочки оттягивают хромосомы и хроматиды к полюсам клетки. В норме организмы определенных видов имеют постоянное, характерное для каждого вида число хромосом. Это называется правилом постоянства числа хромосом.

Хромосомный набор ядра половых клеток в два раза меньше хромосомного набора соматических клеток. В половых клетках гаплоидный набор, а в соматических клетках каждая хромосома имеет парную, подобную по размерам и особенностям строения, т.е. они обладают диплоидным набором хромосом. Количеству хромосом соответствует количество ДНК. Пара хромосом приблизительно равной длины, с одинаковым положением центромеры, имеющие один и тот же набор генов, один от матери, один от отца, называются гомологичными хромосомами.

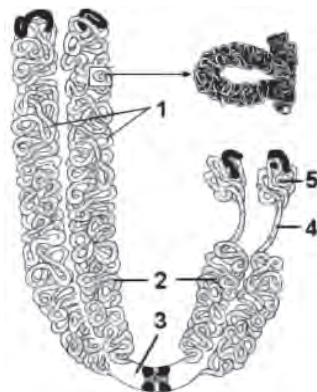


Рис.29. Строение хромосомы.

Совокупность признаков хромосомного набора (количество хромосом, их форма и размеры) называют кариотипом. Каждому виду присущ особый уникальный кариотип. Постоянство кариотипа обеспечивает существование видов.

Жизненный клеточный цикл. Период существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или смерти называется **жизненным (клеточным) циклом**. Клеточный цикл состоит из нескольких фаз.

Фаза деления – фаза, когда происходит митоз.

Фаза роста – вслед за делением клетка начинает расти, увеличивая свой объем и достигая определенных размеров.

Фаза дифференциации – наступает после окончания фазы роста. Клетка приобретает структурные и функциональные особенности.

Фаза зрелости – период функционирования клетки, выполнения тех или иных функций в зависимости от специализации.

Фаза старения – период, характеризующийся ослаблением жизненных функций клетки и заканчивающийся ее делением или гибелью.

Деление клеток осуществляется в основном двумя способами: **митоз** и **мейоз**.

Митоз – способ деления клеток, обеспечивающий тождественное распределение генетического материала между дочерними клетками и преемственность хромосом в ряду клеточных поколений.

Митоз – это основной тип деления соматических эукариотических клеток. Процесс деления включает в себя несколько последовательных фаз, что составляет митотический цикл. Он включает в себя интерфазу и митотическое деление.

Интерфаза – период между двумя делениями клетки. Продолжительность интерфазы составляет 90% жизненного клеточного цикла. Состоит из трех фаз.

- 1) пресинтетическая (G_1);
- 2) синтетическая (S);
- 3) постсинтетическая (G_2).

G_1 идет сразу после деления клетки. Продолжается от нескольких часов до нескольких суток. Клетка активно растет, увеличивается в объеме. В цитоплазме синтезируются белки, РНК, ферменты – катализаторы репликации ДНК. Запасаются вещества, входящие в состав ДНК. Таким образом, в период G_1 происходят процессы, подготавливающие фазу синтеза.

Продолжительность стадии S может длиться от нескольких минут (у бактерий) до 6 – 10 часов (у млекопитающих). Происходит удвоение генетического материала путем репликации ДНК. В результате каждая хромосома делится на две хроматиды. Продолжается синтез РНК и ги-стонов – белков, входящих в состав хромосомы. Центриоли удваиваются. В следующей фазе – G_2 , также накапливаются энергия и питательные вещества, продолжается синтез РНК и белков, в том числе входящего в состав микротрубочек – тубулина. Продолжается 3–4 часа. После этого наступает собственно митоз (рис.30).

Митоз включает в себя два этапа – деление ядра – кариокинез и деле-ние цитоплазмы – цитокинез, в результате которого образуются две до-черние клетки с ядром в каждой. Непосредственно деление клетки проис-ходит в течение 1 – 3 часов, таким образом, основной период жизненного цикла клетки составляет интерфаза.

Митоз состоит из четырех последовательных фаз – профазы, мета-фазы, анафазы и телофазы. В профазе (от греч. pro – до, перед и фаза – время) начинается конденсация хромосом: они скручиваются, утолща-ются, становятся видимыми в световой микроскоп. Хроматиды, соединя-ясь центромерой, образуют хромосомы. В начале профазы в клетке еще видны ядро и ядрышки, к концу этой фазы ядерная оболочка разделяет-ся на отдельные фрагменты (происходит демонтаж ядерной мембраны), ядрышки распадаются. Центриоли клеточного центра делятся и расхо-дятся к противоположным полюсам клетки. В итоге парные хроматиды располагаются в общей массе цитоплазмы и кариоплазмы.

Метафаза (мета – после). Конденсированные хромосомы выстраива-ются центромерами по экватору клетки. Микротрубочки веретена деления (ахроматиновые нити) прикрепляются к центромерам каждой хромосомы одним концом и к полюсам клетки другим.

Анафаза (ana – обратно, вверх). Между дочерними хромосомами разрушается связь. В результате укорочения хромосомальных микротру-бочек происходит расхождение хромосом к противоположным полюсам клетки. В конце анафазы на каждом полюсе оказывается по диплоидному набору хромосом.

Телофаза (telos – законченный). Хромосомы начинают деконденси-роваться и раскручиваться, становятся тоньше и длиннее. Восстанавлива-ется структура ядрышек, монтируется ядерная мембрана вокруг каждой группы хромосом. Разрушается веретено деления. Происходит цитокинез (деление цитоплазмы). В животных клетках этот процесс начинается с об-разования в экваториальной плоскости перетяжки, которая все более углуб-

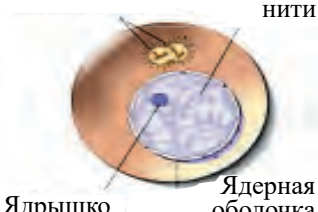
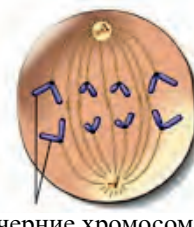
Центриоль Хроматиновые нити  Ядрышко Ядерная оболочка	Веретено деления  Хромосомы, состоящие из 2 хроматид Разрушение ядерной оболочки 	
Интерфаза	Профаза	
Экваториальная плоскость  Веретено деления	 Дочерние хромосомы	Образование перетяжки  Образование ядрышка Образование ядерной оболочки
Метафаза	Анафаза	Телофаза

Рис.30. Этапы митоза.

ляется и в конце концов полностью делит материнскую клетку на две дочерние. Цитокинез у растительных клеток происходит иначе, поскольку растения имеют жесткую клеточную стенку из целлюлозы, и они не делятся с образованием перетяжки, а образуют внутриклеточную перегородку. Затем на каждой стороне появляются клеточные мембраны, формируются клеточные стенки и появляются две дочерние клетки. Появившиеся две новые клетки приступают к стадии интерфазы. Продолжительность каждой фазы зависит от типа ткани, физиологического состояния организма, воздействия внешних факторов. Деление клеток может остановиться из-за высокой температуры, больших доз радиации, наркотических веществ и растительных ядов.

Биологическое значение митоза. Результатом митоза является появление двух дочерних клеток, в которых число хромосом точно соответствует материнской клетке. Благодаря точной репликации ДНК митоз обеспечивает сохранение наследственной информации. Генетическая информация дочерних клеток точно соответствует материнской. Таким образом, митоз обеспечивает точную передачу наследственных признаков.

Благодаря митозу увеличивается число клеток, что является основой механизма роста. Митоз лежит в основе вегетативного размножения.

В многоклеточных организмах с помощью митоза регенерируют ткани, восстанавливаются утраченные части тела у некоторых животных. Митоз является центральной частью жизненного цикла клетки.

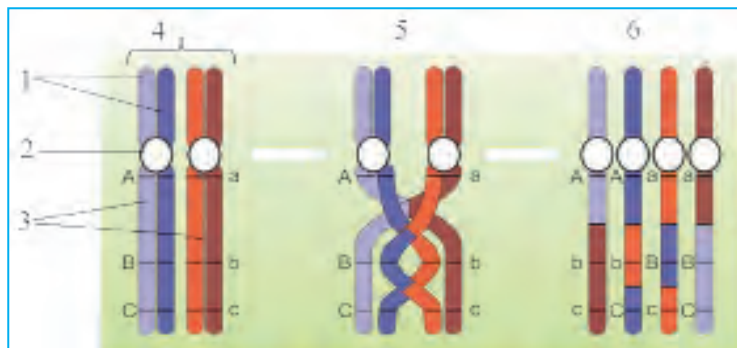


Рис.31. Процесс кроссинговера. 1 – хроматиды; 2 – центромера; 3 – гомологические хромосомы; 4 – тетрада хроматидов в процессе конъюгации; 5 – процесс кроссинговера; 6 – кроссоверные хромосомы.

Мейоз, способ деления клетки эукариотов, в результате которого происходит уменьшение в два раза числа хромосом в дочерних клетках. Подобно митозу, мейотическое деление подразделяется на ряд последовательных фаз и начинается с интерфазы. Во время интерфазы число ДНК удваивается. Мейоз состоит из двух последовательных делений. I мейотическое деление редукционное (мейоз I). В ходе мейоза I число хромосом уменьшается вдвое. II деление – эквационное или мейоз II. Одна диплоидная клетка после двух последовательных делений дает начало 4 гаплоидным клеткам. Редукционное деление происходит начиная профазой I и заканчивается телофазой I. А эквационное деление начинается профазой II и заканчивается телофазой II.

Профаза I: Хромосомы, содержащие две хроматиды утолщаются и спирализуются. Гомологичные хромосомы (содержащие удвоенную ДНК) попарно объединяются друг с другом, тесно располагаясь одна возле другой и образуя биваленты. Этот процесс называется конъюгацией. При этом они могут обмениваться своими участками, в результате чего происходит рекомбинация генов. Этот процесс называется кроссинговером (рис.31).

В результате осуществляется комбинативная изменчивость.

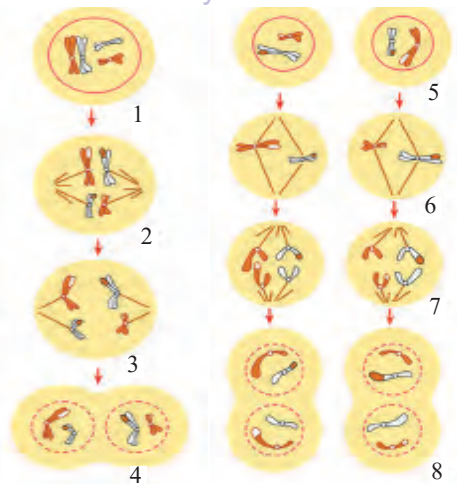


Рис.32. Мейоз.

- 1 – профазы I; 2 – метафаза I;
3 – анафаза I; 4 – телофаза I;
5 – профазы II; 6 – метафаза II;
7 – анафаза II; 8 – телофаза II.

Стадия между первым и вторым делениями мейоза называется *интеркинез*. В отличие от интерфазы, молекулы ДНК в этот период не удваиваются.

Профаза II не отличается от профазы митоза, в ней исчезает ядерная оболочка и ядрышко.

В метафазе II центромеры хромосом располагаются в плоскости экватора. **В анафазе II** хроматиды становятся отдельными хромосомами. **В телофазе II** хромосомы расходятся к разным полюсам и происходит цитокинез.

Биологическое значение мейоза. При мейозе из одной диплоидной материнской клетки образуется четыре гаплоидные дочерние клетки. В процессе конъюгации и кроссинговера увеличивается рекомбинантивная изменчивость. Мейоз представляет собой совершенный механизм, обеспечивающий постоянство кариотипа видов, размножающихся половым путем. Мейоз также обеспечивает и наследственную изменчивость организмов.



Ключевые слова: Хромосома, хроматида, гетерохроматин, центромера, метацентрик, субметацентрик, акроцентрик, амитоз, митотический цикл, митоз, кариокинез, цитокинез, интерфаза, профазы, метафаза, анафаза, телофаза, мейоз, соматические клетки, половые клетки.

Метафаза I: объединенные попарно гомологичные хромосомы располагаются в экваториальной плоскости веретена деления.

Анафаза I: гомологичные хромосомы не разделяясь на хроматиды, расходятся к противоположным полюсам клетки. На этой фазе общее число хромосом остается диплоидным, но они распределяются в две группы, лежащие на разных полюсах клетки.

В телофазе I происходит редукционное деление. Она длится короткое время. На этом этапе хроматин деспирализуется, образуется ядерная оболочка. Материнская клетка разделяется на две дочерние, в каждой из которых содержится гаплоидный набор хромосом.



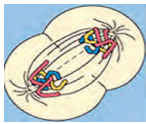
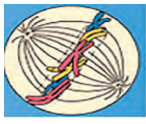
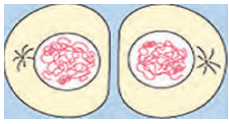
Вопросы и задания:

1. Каким путем идет образование клеток эукариотов? А прокариотов?
2. Как происходит процесс деления в клетках прокариотов?
3. Что такое митоз? Из каких фаз он состоит?
4. Каким образом в процессе митоза дочерние клетки получают генетически одинаковую информацию?
5. Какие хромосомы образуются в процессе митоза (а) и мейоза (б)?



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Впишите в таблицу номера, соответствующие фазам митоза, изображенным на рисунках.

				
1	2	3	4	
				
5	6	7	8	
Интерфаза -	Профаза -	Метафаза -	Анафаза -	Телофаза -

Задание 2. Количество хромосом - с, хроматид -п. Установите соответствие между количествами хромосом и хроматид с фазами и периодами митоза.
1) период G_1 ; 2) период G_2 ; 3) профазы; 4) метафазы; 5) в конце анафазы в каждом полюсе клетки; 6) в конце телофазы в каждом полюсе клетки.

- а) $n = 23, c = 23$ б) $n = 23, c = 46$ в) $n = 46, c = 46$ г) $n = 46, c = 92$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Решение задач и упражнений по общебиологическим закономерностям.

Цели: формирование компетенции проведения опытов и выведения умозаключений в процессе решения задач и проблем по общебиологическим законам молекулярного и клеточного уровней.

Оборудование: Рисунки с тематикой общебиологических законов молекулярного и клеточного уровней, слайды.

Ход работы:

- I. Решение задач по строению ДНК и РНК
- II. Решение задач по биосинтезу белков
- III. Решение задач по энергетическому обмену в клетках
- IV. Выводы

I. Решите задачи по строению ДНК и РНК.

1) Молекула ДНК состоит из 6000 нуклеотидов. Определите длину этой молекулы

2) Молекула ДНК состоит из 3000 нуклеотидов, из которых 650 составляет цитозиновые нуклеотиды. Определите длину этой молекулы и количество других нуклеотидов.

3) Определите количество водородных связей, если в одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в следующем порядке: ГТЦАТГГАТАГТЦЦТААТ.

4) В состав и-РНК входит 34% гуанина, 18% урацила, 28% цитозина и 20% аденина. Определите процентный состав нуклеотидов ДНК, послужившей матрицей для этой и-РНК.

5) Длина молекулы ДНК 850 нм. Определите число нуклеотидов в ней.

Примечание: Расстояние между соседними нуклеотидами равно 0,34 нм, молекулярная масса одного нуклеотидного остатка в среднем составляет 345.

II. Решите задачи по биосинтезу белков.

1) В таблице приведена формула одной цепи ДНК. Опираясь на таблицу генетического кода, определите нуклеотиды ДНК, и-РНК, т-РНК, наименование аминокислот.

Первая цепь ДНК	А	Т	Г	Т	Т	Т	А	А	Т	Ц	Ц	Г	Т	Т	А	Ц	Т	Ц
Вторая цепь ДНК																		
и-РНК																		
Антикодон																		
Аминокислота																		

2) Фрагмент кодирующей цепи ДНК имеет следующую последовательность ГТЦАТГГАТАГТЦЦТААТ. Определите последовательность нуклеотидов и-РНК транскрибируемой с данного фрагмента и количество аминокислот закодированного в нем.

3) Участок молекулы белка имеет следующую последовательность аминокислот: глу–асп–три–фен–лей–ала. Используя таблицу генетического кода, определите возможную последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК.

4) Нуклеотиды и-РНК расположены в последовательности УГЦААГ-ЦУУУАУААЦЦГАУ. Опираясь на таблицу генетического кода, определите соответствующие этим нуклеотидам аминокислоты.

5) Определите число нуклеотидов и-РНК, число и массу синтезированного закодированного в нем белка, если фрагмент ДНК состоит из 450 пар нуклеотидов.

6) Сколько нуклеотидов содержит и-РНК и ДНК, если в нем закодирован белок с молекулярной массой 36 000.

III. Решите задачи по энергетическому обмену в клетках.

1) Сколько энергии образуется при поэтапном распаде 675 г глюкозы в аэробных условиях

2) Сколько молочной кислоты образуется при гликолизе 4 500г глюкозы?

3) Гликолизу подверглось 7 молекул глюкозы, а окислению только 3 из них. Сколько молекул молочной кислоты, H_2O , CO_2 образуется при этом?

4) Определите, количество глюкозы, если в процессе анаэробного дыхания в цитоплазме накопилось 14 молекул молочной кислоты.

5) В процессе диссимиляции подверглось распаду 7 молекул глюкозы. Определите количество синтезированного АТФ, если 2 молекулы глюкозы из всего подверглось распаду в аэробных условиях.

ГЛАВА IV. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗМЕННОВОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 12. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЖИЗНИ И ЕГО СВОЙСТВА

На организменном уровне жизни изучается разнообразие живых организмов и присущие им жизненные процессы.

Организм как саморегулируемая биосистема. Организм – это живое существо, состоящее из взаимосвязанных частей, объединённых в единое целое. Организму присущи особые свойства живой природы, такие как обмен веществ, питание, дыхание, выделение, раздражимость, размножение, определенный образ жизни, приспособленность к среде обитания. Все вместе эти процессы в их взаимосвязи и взаимодействии характеризуют организм как целостную, саморегулируемую биосистему особого структурного уровня жизни – организменного.

Из курса ботаники нам известно, что растение является целостным организмом. Следует повторить, что в растениях происходят процессы дыхания, фотосинтеза, транспирации (испарение воды), роста, развития, размножения. Они обеспечивают устойчивую передачу наследственных признаков следующим поколениям. Таким образом – это единая, саморегулируемая, открытая, биологическая система (рис.33). Вместе с тем ор-



Рис.33. Обмен веществ растений.

ганизм является конкретным представителем популяции и вида, частью их и, следовательно, выступает как структурный компонент популяционно-видового уровня организации жизни.

Из учебного курса «Человек и его здоровье» вам известно, о том что человек – саморегулируемая открытая биологическая система, функционирующая как единое целое; о влиянии окружающей среды на человека, о заболеваниях при условии несоблюдения правил гигиены и здорового образа жизни (рис.34).

В процессе эволюции у многоклеточных организмов первой появилась гуморальная регуляция. Это координация физиологических и биохимических процессов в организме, осуществ-

ляемая через жидкие среды, с помощью гормонов и различных продуктов обмена веществ. У высокоразвитых животных и человека, вместе с гуморальной регуляцией, важную роль играет и нервная регуляция. Нервная система обеспечивает постоянство и коррекцию жизненных процессов, устанавливает взаимосвязь организма с окружающей средой. Нервный и гуморальный механизмы регуляции тесно взаимосвязаны между собой и составляют единую нервно-гуморальную систему.

Организация этого уровня обеспечивается наличием систем управления (генетической, гуморальной и нервной), обуславливающих согласованную работу всех компонентов организма на разных стадиях его индивидуального развития и поддержание относительного постоянства внутренней среды для его выживания в сложных и разнообразных условиях среды.

У одноклеточных организмов (простейшие животные, водоросли, грибы) жизненные процессы (движение, пищеварение, реагирование на внешнее воздействие, защита, размножение) регулируются гуморально – химическими процессами.

У растений рост и морфофизиологическое развитие регулируется биологическими стимуляторами – фитогормонами (ауксин, гиббериллин, цитокинин).

Обмен веществ и энергии

Метаболизм

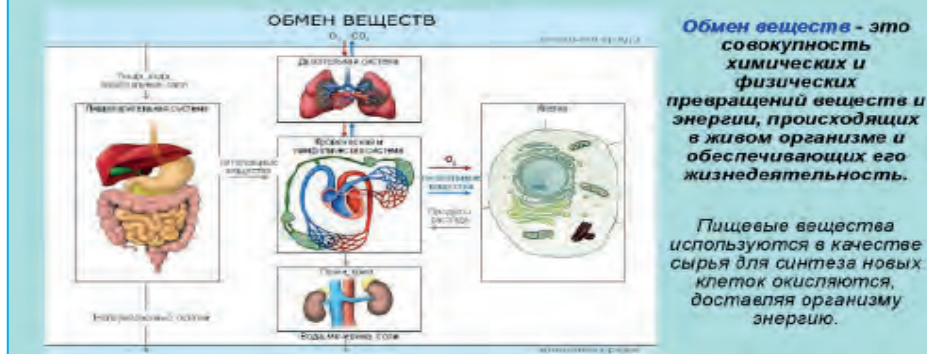


Рис.34. Обмен веществ между организмом и внешней средой.

Особенности жизненных процессов одноклеточных и многоклеточных организмов. Всем организмам присущи особые свойства живой природы, такие как обмен веществ, питание, дыхание, выделение, раздражимость, размножение, определенный образ жизни, приспособленность к среде обитания.

Организменный уровень жизни на Земле представлен большим разнообразием форм организмов. Среди них – одноклеточные. Они играют важную роль в биосфере. К ним относятся использующие энергию фотосинтеза автотрофы (зеленые водоросли, цианобактерии); фитотрофы, питающиеся водорослями, хищники и паразиты гетеротрофы, сапрофиты, питающиеся остатками животного и растительного мира. У одноклеточных метаболический процесс происходит ускоренно, поэтому они играют важную роль в обмене веществ биогeoценоза, особенно в круговороте углерода.

Количество многоклеточных организмов огромно, они обладают специализированными тканями, органами и системами органов. Клетки, входящие в их состав, по своей функции делятся на две группы: соматические и половые. Соматические клетки обеспечивают рост и развитие организма, половые клетки обеспечивают размножение. В отличие от одноклеточных, у многоклеточного организма каждый жизненный процесс происходит в специальных клетках, тканях, органах и системах органов. Все органы многоклеточного организма работают непрерывно и взаимосвязаны друг с другом.

Значение организменного уровня в природе характеризуется самоподдержанием своей структуры, самовозобновлением. Это система активно реагирующая на внешнее воздействие и взаимодействующая с другими организмами, способная реализовывать генетические возможности по общеприродным законам.



Ключевые слова: организм, автотроф, гетеротроф, обмен веществ, анаэробные и аэробные организмы, нейрогуморальная регуляция, специализация тканей и органов.



Вопросы и задания:

1. Назовите отличительные свойства организменного уровня жизни
2. Сравните организменный уровень жизни с молекулярным и клеточным. Выявите сходства и различия.
3. Поясните органичность и взаимозависимость свойств организменного и клеточного уровней жизни.



Задания для самостоятельной работы: Подготовьте реферат по теме «Процессы, происходящие в одноклеточных и многоклеточных организмах».

§ 13. ТИПЫ ПИТАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Все организмы на Земле относятся к открытым биологическим системам. Это означает, что их существование возможно лишь благодаря поступлению в них из внешней среды питательных веществ, их преобразованию и выводу наружу продуктов жизнедеятельности.

На осуществление жизненных процессов, таких как образование химических связей, развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение, поддержание постоянства внутренней среды необходимы вещества и энергия. Эта энергия появляется в процессе расщепления питательных веществ. Усвоение веществ и энергии живыми организмами называется питанием. Питание является важнейшим свойством живого организма.

Организмы, в зависимости от того, какими источниками углерода и энергией пользуются, делятся на автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических. Для синтеза органических веществ необходима энергия. В зависимости от того, какой энергией пользуются автотрофы, они подразделяются на фототрофов и хемотрофов. Фототрофы – организмы, использующие энергию света при синтезе органических веществ. К фототрофам относятся все зеленые растения и цианобактерии.

Хемотробы – организмы, переводящие энергию окисления неорганических веществ в энергию органических соединений. К хемотробам относятся нитрифицирующие, железо- и серобактерии.

Грибы, животные, большинство бактерий и растения-паразиты относятся к гетеротрофам. Для них источником энергии служат химические связи органических соединений, образованных другими организмами. Эти органические соединения они получают, питаясь другими живыми существами, их останками или продуктами жизнедеятельности. С продуктами питания гетеротрофы получают вещества, которые не могут синтезировать сами, например, необходимые для жизни витамины.

Процесс питания распадается на ряд процессов, присущих всем гетеротрофам, например: расщепление макромолекул на мономеры с помощью ферментов в органах пищеварения, всасывание продуктов расщепления и транспорт их ко всем клеткам. Гетеротрофное питание делится на несколько типов. Главные из них голозойное, сапрофитное, паразитическое.

Голозойное питание состоит из нескольких этапов: поглощение пищи, усвоение ее, а именно расщепление с помощью ферментов и всасывание.

В отличие от голозойного, сапрофитное питание состоит из следующих этапов: выделение пищеварительных ферментов в окружающую среду, расщепление пищи с помощью этих ферментов, всасывание продуктов расщепления. Сапрофитами являются грибы и некоторые бактерии.

Паразиты живут за счет органических веществ хозяина. К паразитам относятся некоторые бактерии (возбудители коклюша, холеры, тифа, столбняка), некоторые грибы (вертициллиум, головня, хлебная ржавчина), некоторые растения (раффлезия, повелика Лемана, повелика тонкостебельная, заразиха), некоторые животные (лейшмания, споровики, трипаносома, аскарида, печеночный сосальщик).

Минеральное питание растений. Для жизнедеятельности зеленых растений нужны не только углеводы, но и белки, липиды, нуклеиновые кислоты, витамины. В состав этих веществ, кроме углерода, и воды, входят азот, сера, фосфор и другие элементы. Эти элементы усваиваются растениями в виде сульфатов, нитратов, фосфатов. Растения всасывают минеральные вещества, растворенные в воде, из почвы.

Минеральное питание животных. Многие пластические процессы обновления тканей у гетеротрофов также требуют минеральных веществ. Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, ферментов, костной ткани, Ca обеспечивает свертываемость крови и сокращение мышц, Na осмотическое давление в клетках, проведение нервных импульсов. Же-

лезо, входя в состав гемоглобина, миоглобина обеспечивает транспорт кислорода. Фтор входит в состав зубной эмали.



Ключевые слова: автотроф, хемоавтотроф, фототроф, гетеротроф, паразит, голозой.



Вопросы и задания:

1. Какие организмы называются автотрофами?
2. Опишите фототрофные и хемотрофные организмы
3. Как вы понимаете термин «гетеротрофные организмы» и какие типы их вы знаете?
4. Опишите взаимоотношения автотрофных и гетеротрофных организмов.
5. Определите значение автотрофных и гетеротрофных организмов



Задания для самостоятельной работы: Приведите примеры организмов соответствующего типа питания.

Сапрофит	Паразит	Фототроф	Хемотроф

§ 14. РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ. БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Размножение, или воспроизведение себе подобных, – специфическое и обязательное свойство всех живых существ. Время индивидуальной жизни отдельных организмов весьма ограничено. Но самовоспроизведение обеспечивает длительное существование видов.

Благодаря разнообразию комбинаций генетического материала появляются новые генетические признаки. Это способствует разнообразию внутри одного вида.

Существует две формы воспроизведения живых организмов: бесполое и половое размножение.

Бесполое размножение широко распространено в природе. Для бесполого размножения характерны следующие особенности: в размножении принимает участие только одна особь, осуществляется без участия половых клеток, в основе размножения лежит митоз, потомки идентичны и являются точными генетическими копиями материнской особи.

Значение бесполого размножения для эволюции. Обеспечивает быстрое и эффективное размножение индивидов в благоприятных условиях. При бесполом размножении, когда организм воспроизводит только



свои точные копии, не появляются новые генетические признаки. Этим ограничивается возможность приспособления видов к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды. Поэтому многие организмы размножаются как половым, так и бесполом путем.

Воспроизведение прокариотов может осуществляться путём **бинарных делений**, когда материнская клетка делится строго пополам (рис.35). Размножение путём деления характерно прежде всего для одноклеточных организмов. Разделению материнской клетки предшествует митотическое деление ядра – ДНК редулируется, образуются два дочерних ядра, идентичные как друг другу, так и материнскому. Вслед за этим происходит разделение цитоплазмы и образование двух дочерних клеток. Этот способ распространен у простейших: амёбы, эвглены, инфузории.

В жизненном цикле малярийного паразита есть шизогония. Она представляет собой особую форму бесполого размножения – множественное деление в клетке материнского организма. Объем цитоплазмы увеличивается, а ядро многократно митотически делится. В определенный момент материнская клетка разделяется, одновременно порождая множество дочерних особей, число которых соответствует числу образовавшихся ядер.

Еще одним способом бесполого размножения у хлореллы и хламидомонады является спорообразование. В результате митоза формируются гаплоидные споры – особые клетки, окруженные плотной оболочкой и устойчивые к неблагоприятным внешним условиям. Споры служат для распространения.

Почкование. Встречается у дрожжей. В этом случае параллельно с митотическим делением ядра в материнской клетке формируется небольшое выпячивание цитоплазмы, куда перемещается одно из дочерних ядер. Затем этот фрагмент отпочковывается и образуется мелкая дочерняя особь.

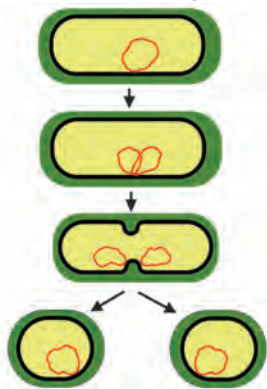


Рис.35. Деление бактериальной клетки.

Некоторое время она растет и развивается, достигая затем размеров материнского организма.

У многоклеточных организмов наблюдаются следующие типы бесполого размножения:

Фрагментация – способ бесполого размножения, при котором особь делится на две или несколько частей (фрагментов), каждая из которых растет и образует новый организм. В основе этого процесса лежит способность некоторых живых существ восстанавливать утраченные органы или части тела (регенерация). Встречается у водорослей (спирогиры), губок, кишечнополостных, плоских червей, иглокожих.

Почкование. Встречается у таких многоклеточных организмов, как губки, кишечнополостные. Шляпочные грибы, водоросли, мхи, папоротники, хвощи размножаются спорами. Легкие споры дают возможность широкого распространения.

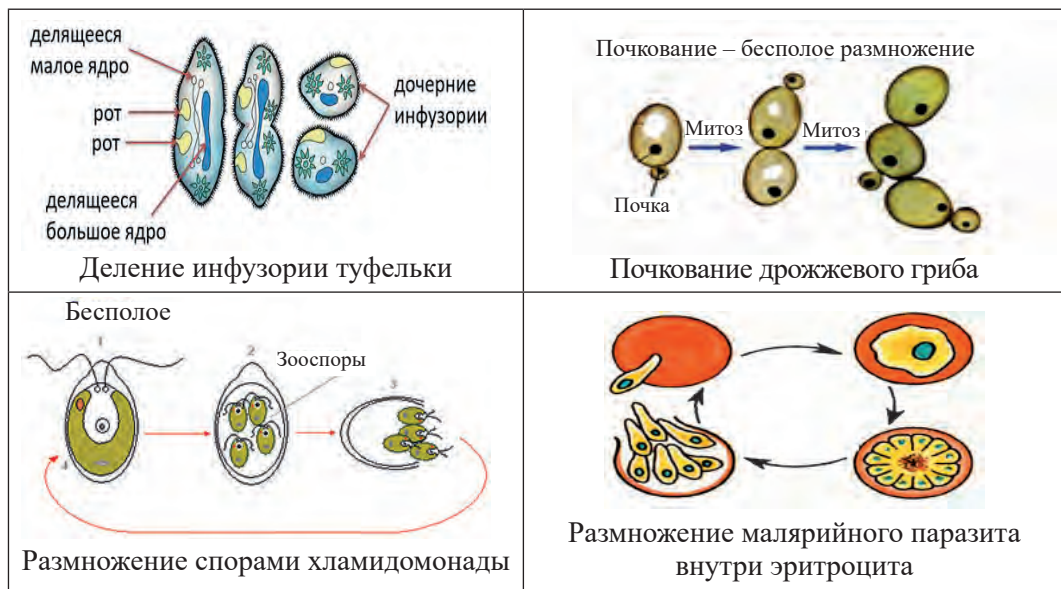


Рис.36. Виды бесполого размножения одноклеточных организмов.

Своеобразной формой бесполого размножения у высших животных (броненосцы) является полиэмбриония – развитие из зиготы нескольких

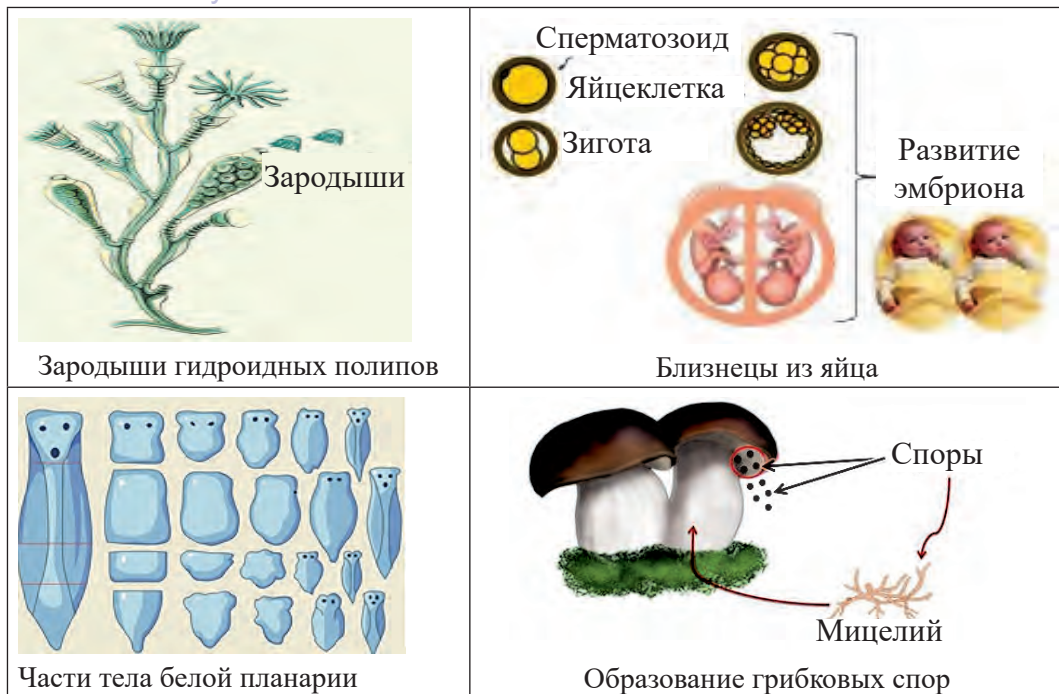


Рис.37. Бесполое размножение многоклеточных организмов.

зародышей. Зародыши развиваются во время дробления зиготы за счет деления эмбрионального клеточного материала. В результате развития этих зародышей рождаются однояйцовые близнецы с одинаковыми генотипами.

В природе широко распространено вегетативное размножение растений вегетативными органами, корнями, побегами, листьями.



Ключевые слова: бесполое, половое, соматические клетки, половые клетки, спора, шизогония, почкование, фрагментация, полиэмбриония.



Вопросы и задания:

1. Какие виды бесполого размножения вы знаете?
2. Как размножаются одноклеточные бесполом путем?
3. Расскажите о путях размножения многоклеточных бесполом путем
4. Определите значение бесполого размножения



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу, указав способы размножения

Живые организмы	Способ размножения	Живые организмы	Способ размножения
Хорелла		Папоротник	
Спирогира		Инфузория-туфелька	
Плоские черви		Иглокожие	
Шляпочные грибы		Эвглена	
Хвощи		Малярийный паразит	
Мхи		Водоросли	
Дрожжевые грибы		Амеба	

§ 15. ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

При половом размножении новый организм образуется при участии половых клеток – гамет. В результате слияния клеток самца и самки появляется зигота. Из зиготы развивается новый организм. Генотип нового организма отличается от генотипа отца и от генотипа матери. В основе полового размножения лежит комбинативная изменчивость.

Значение полового размножения. Половое размножение организмов сыграло важную роль в эволюции. Этот процесс позволяет объединить генетические признаки обоих родителей. Новый организм может оказаться более приспособленным для выживания в изменяющейся среде.

Формы полового размножения. ***Изогамия*** – тип полового процесса, при котором сливаются одинаковые внешне, но различающиеся биохимическими и физиологическими свойствами половые клетки (гаметы). Характерна для водорослей (улотрикс), низших грибов. ***Гетерогамия*** – слияние подвижных гамет, сходных по форме, но различающихся по размерам (хламидомонада). Например, у хламидомонады женская гамета крупнее мужской гаметы. ***Оогамия*** – тип полового процесса, при котором в оплодотворении участвует женская гамета – крупная, неподвижная яйцеклетка и мелкие, подвижные мужские сперматозоиды (у животных, мхов, папоротников). Неподвижные мужские гаметы называются спермиями (у цветковых растений).

Размножение цветковых растений. Половые клетки у растений образуются чередованием гаплоидной и диплоидной фазы. Диплоидная стадия жизненного цикла – спорофит (от спора и греч. фитон – растение). На этой стадии происходит мейоз, в результате чего образуются гаплоидные споры, из которых в благоприятных условиях развивается гаметофит.

Мужской гаметофит цветковых растений – пыльцевые зёрна. У цветковых растений образование половых клеток происходит в пыльнике и в семязачатке. В гнездах пыльника из материнских клеток – микроспороцитов, имеющих диплоидный набор хромосом, в результате мейоза образуются четыре гаплоидные микроспоры. Из каждой микроспоры после митотического деления образуются пыльцевые зерна, состоящие из вегетативной и генеративной клеток. Из генеративной клетки в результате митотического деления образуются два спермия (рис.38).



Рис.38. Развитие мужских половых клеток у семенных растений.

1 – тычинка; 2 – микроспороцит; 3 – микроспоры; 4 – пыльцевое зерно; 5 – вегетативная клетка; 6 – генеративная клетка; 7 – спермии.

Из диплоидной материнской (археспориальной) клетки – мегаспороцита в результате мейотического деления образуются 4 гаплоидные мегаспоры. Три из них отмирают, а одна мегаспора увеличивается в размерах и дает начало женскому гаметофиту – зародышевому мешку. Мегаспора три раза делится митозом. Образуются восемь клеток, которые располагаются следующим образом: три на одном полюсе зародышевого мешка, три на другом, две в центре. Оставшиеся в центре две клетки сливаются, образуя диплоидную центральную клетку. Одна из трех клеток, расположенных на микропилярном полюсе, отличается большим размером и называется яйцеклеткой (рис.39).

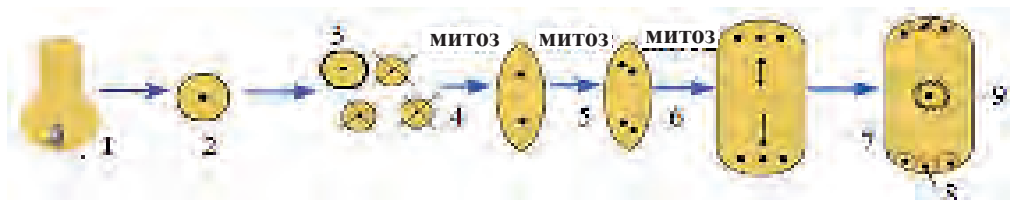


Рис.39. 1 – пестик; 2 – мегаспороцит; 3 – мегаспора;

4-, 5-, 6 – митотическое деление; 7 – зародышевый мешок; 8 – яйцеклетка; 9 – ядро.

После опыления вегетативная клетка пыльцы начинает прорастать, образуется пыльцевая трубка. Она растет, удлиняется и внедряется в зародышевый мешок. Один из спермиев сливается с яйцеклеткой, образуя диплоид-

ную зиготу. Второй спермий сливается с центральной клеткой зародышевого мешка. Этот процесс называется двойным оплодотворением (Рис.40).

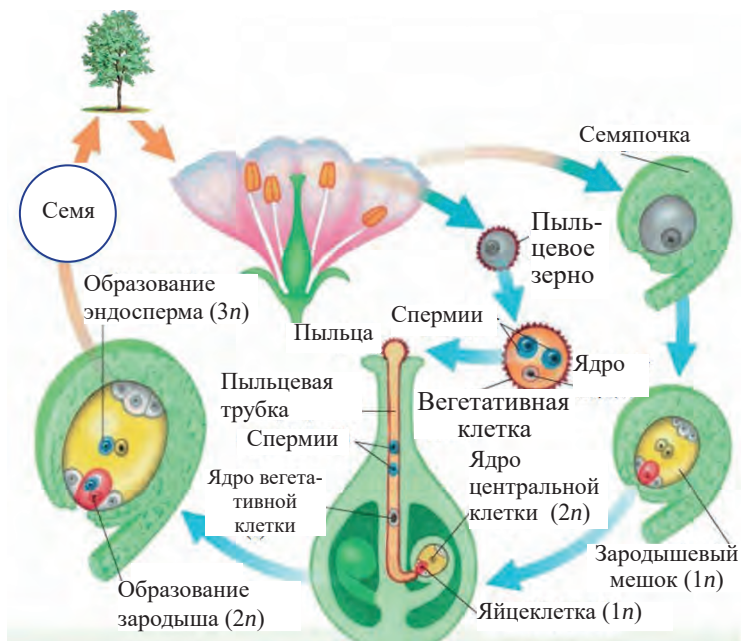


Рис.40. Жизненный цикл цветковых растений.

Далее оплодотворенные клетки делятся. Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) – развивается зародыш, а из оплодотворенной центральной клетки – эндосперм. Зародыш с эндоспермом образует семя. Таким образом, после опыления семязачаток преобразуется в семя. Из стенок завязи формируется околоплодник. В целом из завязи пестика формируется плод с семенами.

Половое размножение животных. Половой процесс одноклеточных организмов называется копуляцией (от лат. copulatio – соединение). При копуляции половой процесс осуществляется с помощью специализированных половых клеток – гамет. У одноклеточных они возникают путем многократного деления клетки-организма. Специальные половые клетки – гаметы соединяются и образуют зиготу. Появившаяся от слияния гамет зигота через некоторое время становится новым организмом.

Уникальная форма полового процесса – конъюгация (от лат. conjugatio – соединение), – встречается у инфузорий. Но строго говоря, здесь не происходит процесса размножения. Две конъюгирующие особи, временно соединяясь, лишь частично обмениваются наследственным материалом.

Поэтому мы все-таки рассматриваем конъюгацию как половой процесс. После его завершения инфузории, по существу, представляют собой новые особи, генетически отличные от исходных организмов, ибо у них в результате взаимного обмена гаплоидными ядрами (рекомбинация) обновляются хромосомные наборы. У многоклеточных животных половое размножение происходит путем оплодотворения и партеногенеза.

Гаметогенез – процесс развития и формирования половых клеток (гамет) – женских (овогенез) и мужских (сперматогенез). Половые клетки образуются в специальных органах – половых железах. Мелкие, снабженные жгутиком, подвижные сперматозоиды формируются в семенниках, а крупные неподвижные яйцеклетки – в яичниках. Семенники и яичники делятся на зоны, в каждой из которых происходит определенный процесс.

№	Зоны	n и c	Процессы
1	Зона размножения	$2n, 2c$	Митоз. Первичные половые клетки делятся митотическим путем. Количество клеток растет. Клетки имеют диплоидный набор хромосом.
2	Зона роста	$2n, 4c$	Интерфаза. Осуществляется рост клеток. Происходит синтез органических веществ, редупликация ДНК.
3	Зона созревания	$n, 2c$	Мейоз. Два последовательных деления: мейоз I и мейоз II. Образуются четыре гаплоидные клетки.
4	Зона формирования	n, c	У сперматозоидов формируется головка, шейка, жгутик. Ядро помещается в головке, митохондрия в жгутике. Яйцеклетка покрывается специальной оболочкой, препятствующей проникновению более одного сперматозоида.

Сравнительная характеристика овогенеза и сперматогенеза. По сравнению со сперматогенезом, овогенез занимает гораздо больше времени. Это связано с тем, что яйцеклетка содержит гораздо больше веществ, чем сперматозоид. На стадии мейоза при сперматогенезе цитоплазма делится поровну между 4 клетками. В овогенезе только одной клетке достается больше всего цитоплазмы. В конце сперматогенеза образуется 4 одинаковых клетки. В конце овогенеза образуется одна крупная и три мелких клетки. Мелкие клетки погибают, крупная клетка становится яйцеклеткой. Образование зиготы, в результате слияния половых клеток-гамет, называется оплодотворением. Из зиготы развивается новый организм.

Партеногенез. У некоторых животных: червей, пчел, муравьев, тлей и низших ракообразных иногда наблюдается развитие нового организма из неоплодотворенной яйцеклетки. Такое явление называется партеногене

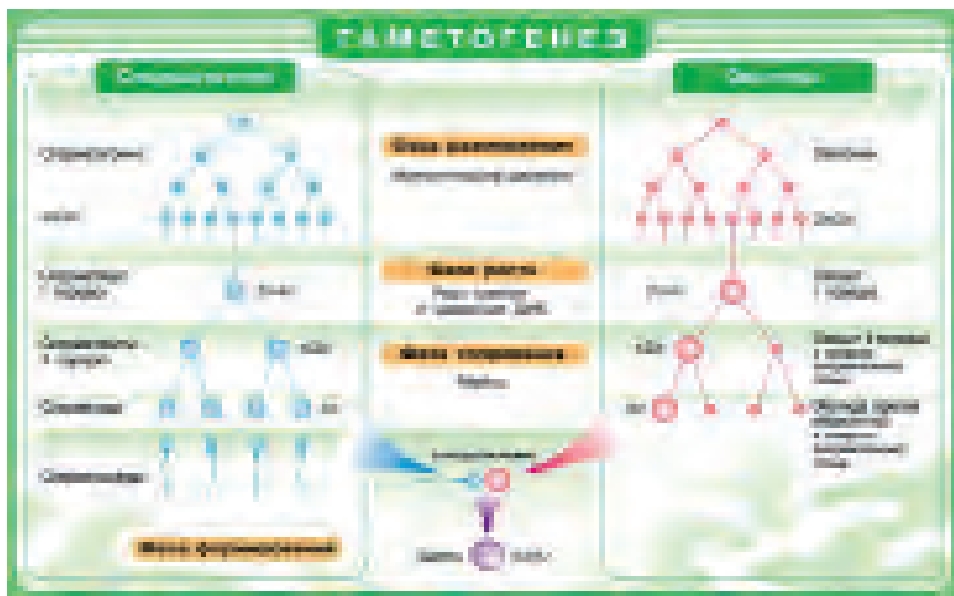


Рис.41. Процесс гаметогенеза у животных.

зом. Естественный партеногенез можно наблюдать у пчел. У пчел из оплодотворенной яйцеклетки развиваются самки, из неоплодотворенной – самцы (трутни). В настоящее время партеногенез проводят искусственно. Для этого применяются физические (механическое воздействие, электроток и др.) и химические факторы. Например, если воздействовать на яйцеклетку лягушки иглой, из нее можно получить взрослых особей, все они будут самками. Б.Л. Астауров (1904–1974) разработал методику получения самцов тутового шелкопряда путем искусственного партеногенеза.



Ключевые слова: изогамия, гетерогамия, оогамия, копуляция, конъюгация, гаметогенез, овогенез, сперматогенез, партеногенез.



Вопросы и задания:

1. Какие виды полового размножения вы знаете?
2. Расскажите о способах размножения одноклеточных.
3. Охарактеризуйте разницу между копуляцией и конъюгацией.
4. Расскажите о способах размножения многоклеточных.
5. Охарактеризуйте способ размножения многоклеточных без оплодотворения.
6. Определите значение полового размножения.



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Сравните процессы сперматогенеза и овогенеза.

Сперматогенез	Общие свойства	Овогенез
Специфические особенности		Специфические особенности

Задание 2. Сравните процессы образования половых клеток и оплодотворения у цветковых растений и животных.

Цветковые растения	Общие свойства	Животные
Специфические особенности		Специфические особенности

§ 16. ОНТОГЕНЕЗ – ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Онтогенез (от греч. *on*, род п. «*ontos*» – сущее, и «*genesis*» – возникновение, происхождение), или процесс индивидуального развития особи, характерен для всех живых существ. Он означает закономерную и последовательную смену морфологических, физиологических, биохимических событий, определяющую развитие и существование организма от зарождения до конца жизни. Термин «онтогенез» («онтогенез») был введен немецким зоологом Э. Геккелем в 1866 году.

Обычно под онтогенезом понимают процесс развития многоклеточного организма (образующегося в результате полового размножения) от момента формирования зиготы до естественной смерти особи. Понятие «онтогенез», применимо и к одноклеточным организмам – от деления до деления этих одноклеточных организмов. Существует три типа онтогенеза.

Личиночный тип онтогенеза. Свойствен животным, у которых питательных веществ в яйцеклетке недостаточно для завершения зародышевого развития. Наблюдается у насекомых, рыб, амфибий. Из яйца развивается личинка, которая по строению и образу жизни отличается от взрослых форм. Животное на стадии личинки ведет самостоятельный образ жизни. У организмов с личиночным типом развития наблюдается метаморфоз – коренная перестройка внешнего и внутреннего строения. Метаморфоз связан с изменением условий жизни и средой обитания. Стадия личинки состоит из одного или нескольких периодов. У некоторых организмов личинки способствуют распространению вида, расширению его ареала. В этом случае личиночная стадия может быть приспособлена для расселения. Часто личинки живут в другой среде и питаются иной пищей, чем взрослые особи. Это способствует ослаблению внутривидовой конкуренции. Некоторые животные способны размножаться в личиночной стадии (печеночный сосальщик, эхинококк).

Яйцекладный тип онтогенеза. Наблюдается у пресмыкающихся, птиц, и яйцекладущих млекопитающих. Яйцеклетка этих животных имеет значительное количество желтка, что позволяет эмбриону длительное время развиваться в яйце.

Внутриутробный тип онтогенеза. У человека и высоко развитых млекопитающих развитие эмбриона происходит в организме матери. Оплодотворенное яйцо начинает развиваться в яйцевом. Затем эмбрион попадает в матку, где появляется плацента, через которую осуществляется связь между эмбрионом и организмом матери. Все жизненные процессы эмбриона (питание, дыхание, выделение) осуществляются через плаценту за счет организма матери. Развитие в матке заканчивается рождением.

Онтогенез делится на два основных периода: *эмбриональный* и *постэмбриональный*.

Эмбриональный период развития. Зародышевое развитие (эмбриогенез), развитие животного организма, происходящее в яйцевых оболочках вне материнского организма или внутри него, с момента активации яйца или оплодотворения, до вылупления или рождения. Эмбриональный период развития делится на периоды: *дробление*, *гастрюляция*, *органогенез*.

Зигота – оплодотворенная яйцеклетка. На этой стадии происходит подготовка к митозу, через несколько часов зигота приступает к этапу дробления, т.е. серии последовательных митотических делений оплодотворенной яйцеклетки. Типы дробления во многом определяются распределением веществ (в том числе, желтка) в цитоплазме яйца. По способу дробления выделяют полностью дробящиеся и дробящиеся частично клетки. Полное дробление – когда цитоплазма яйцеклетки полностью разделяется на бластомеры. Оно может быть: равномерным, при котором все образовавшиеся бластомеры имеют одинаковые размеры и форму; неравномерным, при котором образуются неравные по размерам бластомеры. Полное дробление свойственно яйцеклеткам с умеренным содержанием желтка. Частичное дробление – тип дробления, при котором цитоплазма яйцеклетки не полностью разделяется на бластомеры. Дроблению подвергается только лишенный желтка участок цитоплазмы. Этот тип дробления характерен для яиц с большим количеством желтка (рептилии, птицы). Первое деление происходит по меридианной плоскости. Образующиеся в результате деления две клетки (и все последующие их поколения) на этом этапе называются бластомерами. Второе деление – также проходит в меридианной плоскости, но перпендикулярно плоскости первого, в результате образуются 4 бластомера. Далее эти клетки делятся в горизонтальной (экваториальной) плоскости, при этом образуют-

ся 8 бластомеров. Деления бластомеров быстро следует одно за другим, они не успевают расти, и с каждым делением клетки уменьшаются в размере. Дробление завершается образованием бластулы. Бластула – полый зародыш со стенкой – бластодермой в один ряд клеток. Полость бластулы, заполненная жидкостью, называется первичной полостью или бластоцелью.

На следующем этапе осуществляется процесс *гастроуляции* – формирование гастролулы. Она образуется путем впячивания бластодермы внутрь на одном из полюсов бластулы при интенсивном размножении клеток и появляется второй слой. Внешний слой гастролулы называется эктодермой, а внутренний – энтодермой. Внутренняя полость, ограниченная энтодермой, полость первичной кишки сообщается с внешней средой первичным ртом. Постепенно между энтодермой и эктодермой появляется слой, который называется мезодермой. Существуют и другие типы гастроуляции, но у всех животных (кроме губок и кишечнополостных) этот процесс завершается образованием еще одного клеточного пласта – мезодермы. По завершении этапа гастроуляции появляются три клеточных пласта (экто-, эндо- и мезодерма), или три зародышевых листка. Далее начинаются процессы органогенеза (образования органов) у зародыша (эмбриона). У хордовых на этой стадии формируются нервная трубка и хорда. В результате дифференцировки клеток зародышевых листков формируются различные ткани и органы развивающегося организма. Из эктодермы образуются наружный слой кожи – эпидермис и его производные (шерсть, перья, ногти), эмаль зубов и нервная система.

За счет энтодермы формируются эпителий желудка, кишечника, дыхательных путей, печень, поджелудочная железа, легкие, жабры. Мезодерма продуцирует опорно-двигательную, кровеносную, выделительную, половую системы (рис.42).

Образование разнотипных клеток начинается еще на этапе дробления и лежит в основе первичной тканевой дифференцировки – возникновения трех зародышевых листков. Дальнейшее развитие зародыша сопровождается все более усиливающимся процессом дифференцировки. С морфологической точки зрения, образуются разные ткани и органы. С химической точки зрения образуются разные белки. Например, в клетках кожи меланин, в поджелудочной железе – инсулин. У низших животных образуется не много типов клеток в процессе дифференцировки. У высокоорганизованных животных разница между вновь образующимися клетками усиливается. Дифференцировка проходит и на молекулярно – клеточном уровне. В этом процессе некоторые гены продолжают свою деятельность, а некоторые полностью прекращают и превращаются в уплотненные части хроматина.



Рис.42. 1–4 – дробление; 5 – бластула; 6–7 – гастроуляция; 8 – первичный органогенез; 9 – органогенез.

Постэмбриональный период развития. После рождения или вылупления из яйца начинается постэмбриональный период развития. Период постэмбрионального развития многоклеточных животных складывается из трех этапов: ювенильный этап, пубертатный – этап зрелости, размножения и этап старения. Ювенильный период начинается с рождения и заканчивается половозрелостью. Для этого периода характерно либо прямое, либо непрямое развитие.

Прямое развитие. В случае организмов, для которых характерно прямое развитие (многие беспозвоночные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие, человек), вылупившиеся из яйцевых оболочек или новорожденные сходны со взрослыми формами, отличаясь от последних лишь меньшими размерами, а также упрощенной деятельностью нервной системы, недоразвитием половых органов и физической слабостью.

Непрямое развитие. В случае непрямого развития организмы претерпевают превращения, называемые метаморфозами. Метаморфозы широко встречаются у кишечнополостных (гидры, медузы, коралловые полипы), плоских червей, круглых червей, моллюсков, членистоногих, насекомых, (пауки, клещи), и даже у некоторых хордовых. Асцидии, одни из немногих, развивающихся от сложного к простому. Их личинки имеют типичные черты хордовых животных, хорда, нервная трубочка и светочувствительный глаз. Однако взрослое животное теряет хорду, от нервной трубки остается только небольшой клубок нервов – ганглий, и асцидия превращается в достаточно простой организм (рис.43).



Рис.43. Метаморфоз асцидий. 1 – подвижная личинка; 2,3 – срок службы метаморфоза, связанный с рецидивом; 4 – зрелая асцидия.

В отличие от асцидий, строение взрослых особей у земноводных сложнее личинок. Например, личинки лягушек имеют жаберное дыхание, тогда как взрослые формы – легочное. В отличие от взрослых форм, которые являются плотоядными существами, личинки лягушек питаются растительной пищей.

Онтогенез растений проходит другим образом. У цветковых растений наблюдаются следующие периоды онтогенеза: эмбриональный, начинается с зиготы и заканчивается созреванием семян, период молодости: от прорастания семени и формирования вегетативных органов до образования цветочной почки. В период старости онтогенез завершается, растение засыхает. У однолетних растений онтогенез длится один год. У многолетних растений эмбриональный и ювенильный периоды бывают один раз, а третий период повторяется много раз.

Большое значение в онтогенезе живых организмов имеют факторы внешней среды. Они имеют влияние как в эмбриональный, так и в постэмбриональный период. На организм влияют такие абиотические факторы, как температура, освещение, влажность, кислород, наличие химических соединений. Несмотря на изменчивость внешней среды, организм стремится сохранить постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма.

Поддержание относительного постоянства внутренней среды – морфологических, физиологических, химических свойств организма называется *гомеостазом*. В обеспечении гомеостаза важную роль играют регенерация и иммунитет восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей, а также восстановление целого организма из его части.

Биологические ритмы (биоритмы) – циклические колебания интенсивности и характера биологических процессов и явлений. Одни биологические ритмы относительно самостоятельны (частота сокращений сердца, дыхания), другие связаны с приспособлением организмов к геофизическим циклам – суточным (колебания интенсивности деления клеток, обмена веществ, двигательной активности животных), приливным

(биологические процессы у организмов, связанные с уровнем морских приливов), годичным (изменение численности и активности животных, роста и развития растений и др.). Примером биоритмов является фотопериодизм: реакции организмов на длину светового дня, проявляющиеся в колебаниях интенсивности физиологических процессов. В наибольшей степени фотопериодизм свойствен зеленым растениям, жизнедеятельность которых непосредственно зависит от лучистой энергии Солнца. У животных и человека фотопериодизм проявляется в первую очередь в колебаниях интенсивности обмена веществ и энергии. Сезонные биоритмы регулируют цветение деревьев и листопад, набор подкожного жира и впадение в спячку у животных.

Анабиоз. Обратимое состояние организма, при котором жизненные процессы (обмен веществ, развитие, размножение и др.) настолько замедлены, что отсутствуют все видимые проявления жизни (например, состояние сухих семян, мхов и лишайников, микробных культур, спор микроорганизмов). Наблюдается при резком наступлении неблагоприятных условий.



Ключевые слова: эмбриональное развитие, постэмбриональное развитие, ювенильный период, пубертатный период, гомеостаз, биоритм, анабиоз.



Вопросы и задания:

1. Какие периоды онтогенеза вы знаете?
2. Опишите этапы дробления, бластулы, гастролы и нейрулы.
3. Чем различаются полное и неполное превращения при метаморфозе?
4. Опишите биологические ритмы и приведите примеры.
5. Что такое анабиоз и как можно его применять?
6. Поясните сущность гомеостаза и его значение.



Задания для самостоятельной работы: Опираясь на полученные знания, приведите примеры биоритмов у человека..

§ 17. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ. ЗАКОНЫ НАСЛЕДОВАНИЯ Г. МЕНДЕЛЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

Генетика изучает два фундаментальных свойства живых организмов: наследственность и изменчивость.

Наследственностью называется свойство организмов повторять в ряду поколений комплекс признаков (особенности внешнего строения, физиологии, химического состава, характера обмена веществ, индивидуального развития и т.д.). Благодаря наследственности каждый вид животных,

растений и микроорганизмов в ряде сменяющих друг друга поколений сохраняет характерные для него признаки.

Изменчивость заключается в изменении комбинаций признаков или появлении совершенно новых признаков у особей данного вида. Новые признаки организмов появляются в результате изменчивости, а благодаря наследственности, они сохраняются в последующих поколениях. Условия окружающей среды меняются с течением времени, и в таких случаях изменчивость, приводит к разнообразию особей внутри вида и обеспечивает его выживание. Появление в рамках одного вида признаков, отличающих особей друг от друга, является следствием наличия у них изменчивости. Изменчивость позволяет создать разнообразие природы, дает материал для отбора. Наследственность, отбирая самых приспособленных, закрепляет эти изменения. Таким образом, сочетание этих свойств тесно связано с процессом эволюции.

Выводы о механизмах наследования связаны с именем Г. Менделя. Хотя метод гибридизации, явление доминирования были выявлены до открытий Г. Менделя, но закономерности наследования открыл Мендель. Законы Менделя, по праву составляют фундамент генетики. Он достиг успеха в своих экспериментах благодаря использованию гибридологического метода – скрещивания организмов, различающихся по каким-либо признакам, и анализа всех последующих поколений с целью установления закономерностей наследования этих признаков. Г. Мендель усовершенствовал данный метод, и, в отличие от своих предшественников, анализировал наследование ограниченного количества признаков. При этом он выбирал признак с альтернативным (контрастирующим) проявлением его у скрещиваемых организмов. Так, он скрещивал разные сорта гороха (*Pisum sativum*). Горох является самоопылителем, поэтому у него большое количество чистых линий, имеет много альтернативных признаков (рис.44).

Полное доминирование. Г. Мендель проводил моногибридное скрещивание. Это скрещивание двух организмов, которые отличаются друг от друга только одной парой альтернативных признаков.

Скрещивая в одном из опытов сорта гороха с семенами зеленого и желтого цветов, Мендель обнаружил, что гибриды первого поколения имели желтые семена. Альтернативные признаки, проявившиеся у гибридов первого поколения, называются доминантными (лат. *dominantis* господствующий), а не проявившиеся – рецессивными (лат. *recessus* отступление). На основе полученных результатов Мендель открыл первый закон наследственности, который получил название *закона единообразия или доминирования гибридов* первого поколения.

	X		=	
желтый горох		зелёный горох		желтый горох
	X		=	
гладкий горох		морщинистый горох		гладкий горох
	X		=	
красный цветок гороха		белый цветок гороха		красный цветок гороха
	X		=	
пазушный цветок		верхушечный цветок		пазушный цветок
	X		=	
длинно-стебельковый горох		коротко стебельковый горох		длинно-стебельковый горох
	X		=	
простой боб		членистый боб		обычный фасоль
	X		=	
зеленый боб		желтый боб		зеленый боб

Рис.44. Признаки скрещивания гороховых растений изученных Г. Менделем

Каждый организм обладает парой генов (от отца и от матери) по каждому наследственному задатку (например, желтый и зеленый цвета семян). Такая пара генов называется аллельными генами. Они расположены в одинаковых участках (локусах) гомологичных (парных) хромосом. В нормальной диплоидной клетке может присутствовать не более двух аллелей одновременно. Организмы, несущие одинаковые аллели одного гена, называются гомозиготными. Они могут быть гомозиготными по доминантным (AA) или рецессивным (aa) признакам. Организмы, имеющие разные аллели одного гена, называются гетерозиготными (Aa). При скрещивании гибридов первого поколения (F_1) между собой во втором поколении (F_2) среди семян с желтой окраской появились зеленые семена. Второе скрещивание дало результаты: фенотип 3:1, генотип: 1:2:1. Из этого опыта складывается второй закон Менделя: при скрещивании двух гетерозиготных организмов первого поколения между собой, во втором поколении наблюдается расщепление признаков.

Анализирующее скрещивание. Доминантный признак одинаково проявляется в фенотипе как в гомо-, так и в гетерозиготах. Т.е. если у двух организмов фенотип одинаковый, то генотип может быть разным. Так как по внешнему виду определить генотип невозможно, поэтому проводится анализирующее скрещивание (беккросс). Для установления генотипа особь скрещивают с особью, гомозиготной по рецессивному признаку для выявления генотипа.

Гипотеза чистоты гамет. Для объяснения явления доминирования и расщепления гибридов второго поколения. Мендель предложил гипотезу чистоты гамет. Он предположил, что развитие признака определяется соответствующим ему наследственным фактором. Один наследственный фактор гибриды получают от отца, другой – от матери. У гибридов F_1 проявляется лишь один из факторов – доминантный. Однако, среди гибридов F_2 , появляются особи с признаками исходных родительских форм. Это значит, что наследственные факторы сохраняются в неизменном виде, а в половые клетки попадает только один наследственный фактор, то есть они «чисты» (не содержат второго наследственного фактора).

Неполное доминирование. В опытах Менделя наблюдалось полное доминирование одного признака над другим. Но при передаче наследственных признаков встречается и неполное доминирование. Английский ученый У. Бетсон в своих опытах скрестил куриц с черными (AA) и белыми (aa) перьями. У всех особей (Aa) первого поколения F_1 были серые перья. Гибриды F_2 разделились на три фенотипа: $\frac{1}{4}$ черные, $\frac{2}{4}$ серые, $\frac{1}{4}$ белые. Соотношение расхождения генотипа и фенотипа было 1:2:1.

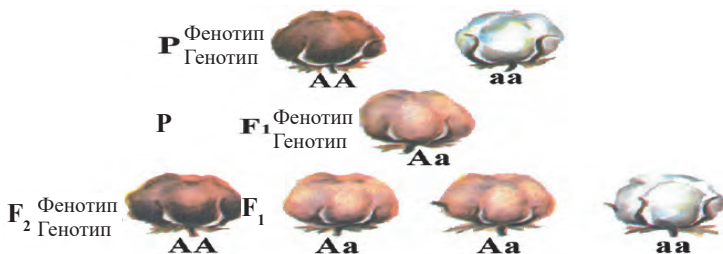


Рис.45. Наследование окраски волокон у хлопчатника.

Окраска волокон хлопчатника (рыжие АА, бежевые Аа, белые аа), окраска венчика ночной красавицы (красные АА, розовые Аа, белые аа), форма волос у человека (курчавые АА, волнистые Аа, гладкие аа) носит промежуточный характер наследования (рис.45).

Множественный аллелизм. По прошествии времени стало ясно, что термины «доминантный» и «рецессивный» ген относительно. В настоящее время известно, что существуют гены, имеющие не два, а большее количество аллелей. Множественный аллелизм является следствием возникновения нескольких мутаций одного и того же гена.

Кодоминирование. Это такой тип взаимодействия аллельных генов, при котором каждый из аллелей проявляет своё действие, и ни один аллель не подавляет действие другого. В результате у гетерозигот формируется новый признак.



Ключевые слова: наследственность, изменчивость, гибридология, альтернатива, беккросс, I закон Менделя, II закон Менделя, кодоминирование.



Вопросы и задания:

1. Что такое наследственность?
2. Дайте определение изменчивости
3. Опишите способы гибридологии
4. В чем заключается I закон Менделя?
5. Расскажите о II законе Менделя
6. Сколько пар наследственных признаков гороха наблюдал Г.Мендель?



Задания для самостоятельной работы:

Задача 1. Голубоглазый мужчина, у которого были кареглазыми отец и мать (А), женился на женщине, у которой отец кареглазый, а мать голубоглазая. От этого брака родился голубоглазый ребенок. Определите генотипы отца, матери и ребенка.

Задача 2. Цвет волокна хлопчатника выражен коричневой гомозиготой гена. Рецессивная аллель этого гена белая. Гетерозиготные индивиды светлорыжевого цвета. При скрещивании коричневого и белого хлопка F₁ получилось 1800 растений. Сколько из них будет светлорыжевого цвета?

§ 18. ДИГИБРИДНОЕ И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ.

ТРЕТИЙ ЗАКОН Г. МЕНДЕЛЯ

Для дигибридного скрещивания берутся гомозиготные организмы, отличающиеся по двум признакам, например, окраска семян и форма семян. При скрещивании дигомозиготных организмов AABV – гладкий желтый и aabb – зеленый морщинистый горох в F_1 получилось AaBb – 100% гладких желтых семян. Здесь мы наблюдаем закон единообразия гибридов первого поколения. При скрещивании гибридов F_1 получаем желтые гладкие A–B–, желтые морщинистые A–bb, зеленые гладкие aaB– и зеленые морщинистые aabb семена.

Расщепление по фенотипу гибридов F_2 9:3:3:1, по генотипу 1:2:2:4:1:2:1:2:1:1.

Анализируя полученное потомство, Мендель обратил внимание на то, что наряду с сочетаниями признаков исходных сортов (желтые гладкие и зеленые морщинистые семена) при дигибридном скрещивании появляются и новые сочетания признаков (желтые морщинистые и зеленые гладкие семена). Мендель пришел к выводу, что расщепление по одной паре признаков не связано с расщеплением по другой паре признаков. Это привело его к открытию третьего закона: гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга. При скрещивании двух гетерозиготных особей, отличающихся по двум парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга.

Дигибридное скрещивание F_2 будет представлено следующим фенотипом аллелей: желтые и гладкие = $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$; гладкие зеленые = $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$; желтые и морщинистые $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$; зеленые и морщинистые $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$.

Итак, из опытов Менделя следует, что соотношение доминантных и рецессивных признаков равно три к одному.

Полигибридное скрещивание – когда родители различаются по аллелям трех и более генов, а в F_1 образуются три- и полигетерозиготы.

Например, если семена желтого, гладкого гороха и с красными лепестками цветов скрестить с зеленым морщинистым горохом и с белыми лепестками, то гибриды F_1 будут с желтыми гладкими семенами и с красными лепестками. Если гибриды F_1 скрестить друг с другом, то образуется 8 женских и 8 мужских гамет, дающих при оплодотворении 64 зиготы. Их фенотип: 27 желтых гладких семян, красных цветков, 9 желтых гладких

семян, белых цветков, 9 желтых морщинистых семян, красных цветков, 9 зеленых гладких семян, красных цветков, 3 желтых морщинистых семян, белых цветков, 3 зеленых гладких семян, белых цветков, 3 зеленых морщинистых семян красных цветков, 1 зеленых морщинистых семян белых цветков.

Р_{Фенотип} желтый гладкий красный x зеленый морщинистый белый
 Р_{Генотип} AABVCC x aabbcc
 гамета ABC abc
 F_{Фенотип} желтый гладкий красный x желтый гладкий красный
 F_{Генотип} AaBbCc x AaBbCc

	ABC	ABa	AbC	Abc	aBC	aBa	abc	abC
ABC	11q AABBCC	11q AABBCa	11q AABbCC	11q AABbCa	11q AaBBCC	11q AaBBCa	11q AabbCC	11q AabbCa
ABa	11q AABBCc	11q AABBCa	11q AABbCc	11q AABbCa	11q AaBBCc	11q AaBBCa	11q AabbCc	11q AabbCa
AbC	11q AABbCC	11q AABbCa	11q AABbCC	11q AABbCa	11q AaBbCC	11q AaBbCa	11q AabbCC	11q AabbCa
Abc	11q AABbCc	11q AABbCa	11q AABbCc	11q AABbCa	11q AaBbCc	11q AaBbCa	11q AabbCc	11q AabbCa
aBC	11q AaBBCC	11q AaBBCa	11q AaBbCC	11q AaBbCa	11q aaBBCC	11q aaBBCa	11q aabbCC	11q aabbCa
aBa	11q AaBBCc	11q AaBBCa	11q AaBbCc	11q AaBbCa	11q aaBBCc	11q aaBBCa	11q aabbCc	11q aabbCa
abc	11q AabbCC	11q AabbCa	11q AabbCC	11q AabbCa	11q aaBbCC	11q aaBbCa	11q aabbCC	11q aabbCa
abC	11q AabbCc	11q AabbCa	11q AabbCc	11q AabbCa	11q aaBbCc	11q aaBbCa	11q aabbCc	11q aabbCa

Следует еще раз повторить, что чем больше пар аллелей, тем больше выделяющихся классов, возможностей их комбинации, количество фенотипических и генотипических классов тоже возрастает. Это можно увидеть в следующей таблице.

кол-во парных аллелей	кол-во видов гамет	количество комбинаций гамет	число генотипических классов	число фенотипических классов	формула фенотипического расщепления
1	2 ¹ =2	4 ¹ =4	3 ¹ =3	2 ¹ =2	(3:1) ¹ =3:1
2	2 ² =4	4 ² =16	3 ² =9	2 ² =4	(3:1) ² =9:3:3:1
3	2 ³ =8	4 ³ =64	3 ³ =27	2 ³ =8	(3:1) ³ =27:9:9:9:3:3:3:1



Ключевые слова: III закон Менделя, промежуточное наследование.



Вопросы и задания:

1. Объясните сущность дигибридного скрещивания
2. В какой пропорции пойдет расщепление признаков дигибридного скрещивания F_2 ?
3. Дайте характеристику третьему закону Менделя
4. Охарактеризуйте полигибридный вид скрещивания
5. В какой пропорции будет расщепление генотипа и фенотипа при тригибридном скрещивании?
6. Как рассчитывается генотип и фенотип гамет при полигибридном скрещивании?



Задания для самостоятельной работы:

Задача 1. У хлопчатника бывают типы ветвления предельные и неопредельные, цвет волокна рыжий и белый. Неопредельный тип ветвления является полностью доминантным по отношению к предельному. Коричневый цвет волокна является неопредельным доминантом по отношению к белому цвету волокна.

а) При скрещивании растения с неопредельным типом ветвления и коричневым волокном с предельным типом ветвления и белым волокном получились в F_1 все с неопредельным типом ветвления и бежевым волокном. Если скрестить получившиеся растения друг с другом, каков будет их фенотип? Вычислите отношения классов фенотипа

б) Если полученные F_1 растения скрестить с растением предельного типа ветвления с волокном белого цвета, то каким будет генотип и фенотип полученных растений?

Задача 2. У человека полидактилия (многопалость) и праворукость являются доминантными признаками. У шестипалого отца и здоровой матери родился сын левша с нормальным количеством пальцев. Какого фенотипа дети могут родиться в этой семье?

Задача 3. Опушенные персики доминируют над голыми; белая кожица доминирует над желтой. Гетерозиготный по двум признакам персик скрестили с опушенным и белой кожицей персиком. Из полученных 96 растений было получено 75% опушенных, с белой кожицей, а 25% опушенных с желтой кожицей. Сколько из полученных растений будут гомозиготой по цвету кожицы?

Задача 4. У собак длинная шерсть, черный окрас и отвислые уши доминируют над короткой, коричневой окраской шерсти и торчащих ушей. Гетерозиготная по всем признакам самка скрещивается с рецессивным по всем признакам гомозиготным самцом. Определите вероятность рождения собак с черной окраской шерсти.

§ 19. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

В 1906 году В. Бэтсон и Р. Пеннет, проводя скрещивание растений душистого горошка и анализируя наследование формы пыльцы и окраски цветов, обнаружили, что эти признаки не дают независимого распределения в потомстве. Потомки всегда повторяли признаки родительских форм. Стало очевидным, что не для всех генов характерно независимое распределение в потомстве и свободное комбинирование.

Изучением наследования сцепленных генов занимались Т. Морган и его ученики. Если Мендель проводил свои опыты на горохе, то для Морган основным объектом стала плодовая мушка дрозофила. Дрозофилы являются очень удобным объектом для исследований. Они быстро размножаются в условиях лаборатории, диплоидный набор их хромосом равен 8. Независимое наследование свойственно генам, расположенным в разных парах гомологичных хромосом. Количество генов значительно превышает количество хромосом, поэтому в одной хромосоме находится много генов. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно и образуют одну группу сцепления.

Количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. Например, у кукурузы 10 групп сцепления; у гороха 7, у дрозофилы – 4; а у человека – 23 группы сцепления.

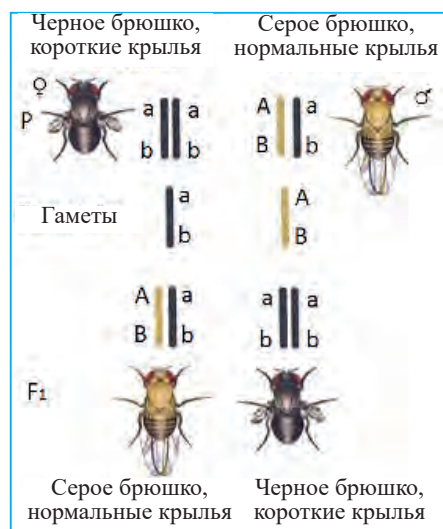


Рис.46. Полное скрещивание.

Поясним эту закономерность на примере наследования двух пар признаков дрозофилы. У дрозофил серый цвет тела (A) является доминантным, черный – рецессивным (a). Нормальная длина крыльев (B) доминирует над короткими (b).

Скрещивая мушку дрозофилу с серым телом и нормальными крыльями с мушкой, имеющей темную окраску тела и короткие крылья, получены гибриды: имеющие серое тело и нормальные крылья (рис.46).

При проведении скрещивания самца с серым телом и нормальными крыльями с мушкой, имеющей темную окраску тела и короткие крылья, в F_2 $\frac{1}{2}$ часть

потомства имело серое тело и нормальные крылья, $\frac{1}{2}$ часть темную окраску тела и короткие крылья. Такое сцепление генов называется полным сцеплением (рис.47).

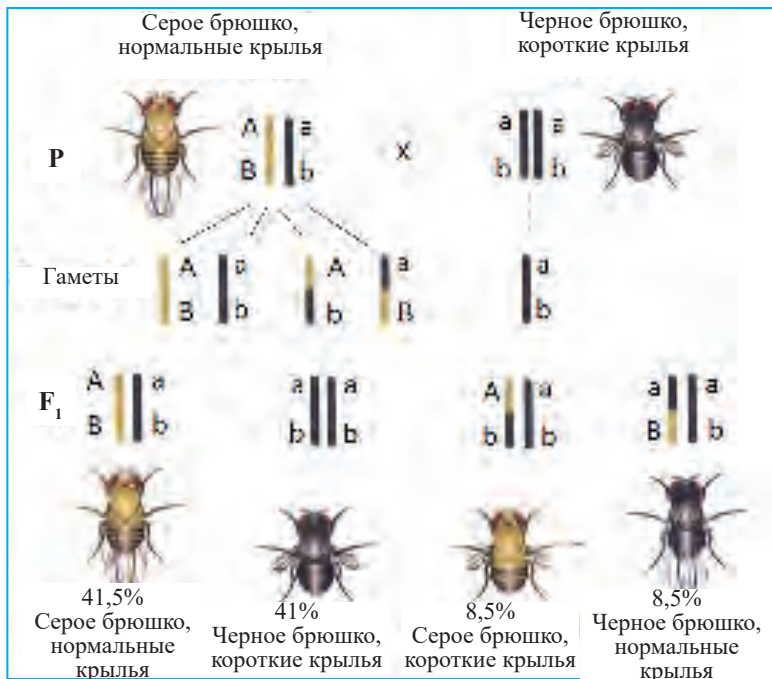


Рис.47. Неполное скрещивание.

При проведении анализирующего скрещивания самки F₁ с самцом, имевшим рецессивные признаки, результаты были другими в отличие от ожидаемого по Менделю соотношения 1:1:1:1. Однако, в потомстве явно преобладали особи с признаками родительских форм (41,5% серые длиннокрылые и 41,5% черные с короткими крыльями), и лишь незначительная часть мушек имела перекомбинированные признаки (8,5% черные длиннокрылые и 8,5% серые с короткими крыльями). Этот тип сцепления был назван неполным. Чтобы понять причину неполного сцепления необходимо вспомнить механизм образования половых клеток – мейоз. В первой фазе мейоза происходит важный процесс – кроссинговер. Гомологичные хромосомы конъюгируют, в этот момент происходит обмен участками хромосом. В результате часть гамет получает новый набор хромосом. Гаметы, полученные в результате кроссинговера, а также потомство, полученное от этих гамет, называются одинаково – кроссоверными. Гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера а также

потомство, полученное от этих гамет, называются некроссоверными. Закон Моргана формулируется так: гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления. Вероятность сцепления генов обратно пропорционально расстоянию между этими генами. В честь Т. Моргана единица расстояния между генами названа морганидой. В рассмотренном нами примере расстояние между генами было равно 17 морганидам.

На основе явления сцепленного наследования, Т. Морган и его ученики создали хромосомную теорию наследственности:

- гены расположены в хромосомах в определенной линейной последовательности;
- каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме, в идентичных локусах гомологичных хромосом находятся аллельные гены;
- гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, образуя группу сцепления, число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов;
- сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, это приводит к образованию рекомбинантных хромосом, частота кроссинговера зависит от расстояния между генами: чем больше расстояние, тем больше величина кроссинговера;
- расстояние между генами определяется на основе процента рекомбинаций, это дает возможность составить карту хромосомы.

Результаты этого исследования дали возможность создания генетической и цитологической карт хромосомы. Генетические карты хромосом – это схемы относительного расположения генов в хромосомах, позволяющие предсказывать характер наследования изучаемых признаков организмов. В генетической карте каждая группа сцепления описывается отдельно, на основе процента кроссинговера описываются гены, их краткое название и расстояние между ними.



Ключевые слова: группа сцепления, кроссовер, некроссовер, генетическая карта.



Вопросы и задания:

1. Кто первым определил передачу наследственных признаков с помощью группы сцепления?
2. Что использовал Т.Морган в качестве объекта своих исследований и почему он сделал такой выбор?
3. Что называется полным и неполным сцеплением генов?
4. Что такое кроссинговер? Какой опыт дал возможность его определить?

5. Дайте определение кроссоверных организмов
6. Как определяется процент кроссинговера?



Задания для самостоятельной работы:

Задача 1. При скрещивании кукурузы с гладкими и окрашенными зернами с кукурузой с морщинистыми и неокрашенными зернами в первом поколении получилась кукуруза с гладкими и окрашенными зернами. Полученный урожай скрещивали с кукурузой, обладающей обоими рецессивными признаками. В результате получилось 8304 окрашенных гладких, 298 сморщенных окрашенных, 304 гладких неокрашенных, 8326 сморщенных неокрашенных семян кукурузы. Определите вероятность появления особей (%) с генотипами родителей.

Задача 2. Желтые и блестящие всходы кукурузы являются рецессивными по отношению к зеленым и матовым всходам. Эти гены образуют группу сцепления. В результате анализирующего скрещивания дигетерозиготных растений было выяснено, что из 726 полученных 128 являются кроссоверами. Сколько всходов зеленого цвета получилось в результате анализирующего скрещивания?

Задача 3. У дрозофилы гены определяющие формы крыльев и цвета тела расположены в одной хромосоме. Женским и мужским особям дрозофилы гены А и В перешли только от отца. Дигетерозиготные серая самка с нормальными крыльями скрещивается с таким же самцом. В их потомстве кроссинговер аллельных генов составил 17%. Сколько процентов из этого потомства имеют серое тело и короткие крылья, а сколько черное тело и нормальные крылья?

§ 20. ГЕНЕТИКА ПОЛА

Пол – совокупность особенностей, обеспечивающих передачу и сохранение генетической информации и обуславливающими различия между мужскими и женскими особями. Мужской или женский пол организма детерминирован. На определенном этапе эволюции на земле появились раздельнополые организмы. У животных половые признаки выражены морфо-физиологическими, биохимическими и поведенческими особенностями. Первичные половые признаки представлены органами, непосредственно принимающими участие в процессах воспроизведения, т.е. в гаметогенезе и оплодотворении. Это наружные и внутренние половые органы. Они закладываются в эмбриогенезе. Вторичные половые признаки появляются в период полового созревания и сохраняются в течение всей жизни. Например, у птиц и млекопитающих самцы крупнее и красивее, у мужчин – наличие бороды и усов, низкий голос. Разница во внешнем виде мужских и женских особей называется половым диморфизмом. Соотноше-

ние мужских и женских особей, как правило, примерно одинаково 1:1. У подавляющего большинства пол закладывается в момент оплодотворения и определяется генотипически хромосомным набором, который зигота получает от родителей. Кариотипы мужских и женских особей животных организмов различаются по паре хромосом. Эту пару называют половыми хромосомами (гетеросомами) в противоположность остальным – аутосомам. Например, у мушки дрозофилы кариотип состоит из 6 аутосом и двух половых хромосом.

Гомогаметный пол – пол особей, в кариотипе которых образуются одинаковые гаметы, несущие одинаковые половые хромосомы. У большинства насекомых, млекопитающих, в том числе у человека, гомогаметный пол – женский (XX). Гетерогаметный пол (XY) – это генетически определённый пол, соответствующий наличию в клетках организма двух разных половых хромосом приводящей к формированию альтернативного пола. У птиц, пресмыкающихся и некоторых насекомых (бабочек) мужские особи гомогаметны, а женские гетерогаметны. При образовании половых клеток в процессе мейоза в гаметы гетерогаметных индивидов попадают X и Y хромосомы. Поэтому в процессе полового размножения количество мужских и женских особей одинаково. Наследование пола показано на примере дрозофилы, у которой гетерогаметным является мужской пол (рис.48).

В некоторых организмах гетерогаметность самцов образуется за счет утери X хромосомы. Тогда гомогаметный организм будет XX, а его пара, гетерогаметный организм – X0. Самки клопов и стрекоз имеют XX половые хромосомы, а самцы X0. У моли наоборот половые хромосомы самок X0, а самцов XX. Соответственно у самцов клопа 13 хромосом, а у самок 14. Из них 12 хромосом аутосомные.

Схема наследования пола организмов, у которых мужской пол является гомогаметным (птицы) показана на рис.49.

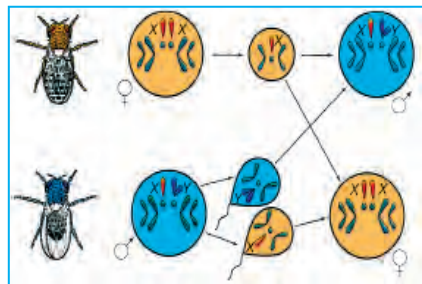
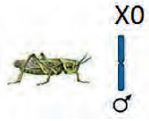


Рис.48. Наследование пола у мушки дрозофилы.

Половая принадлежность организма может определяться на разных этапах относительно момента оплодотворения. В зависимости от этого выделяют 3 типа определения пола: прогамное определение пола осуществляется до оплодотворения в процессе оогенеза, и пол определяется свойствами яйцеклетки.

Прогамное определение пола встречается у небольшого числа животных. Например, коловратки образуют яйцеклетки двух

Соотношение половых хромосом у разных организмов

Организмы	Гетерогаметный пол	Сперматозоид	Яйцеклетка	Зиготы	
Человек, мушка дрозофила и др.	Мужской	X и Y	X и X		
Кандала (протенор)	Женский	X и X	X и O		
Кузнечик	Мужской	X и O	X и X		
Птицы, бабочки	Женский	Z и Z	Z и W		

типов: из крупных с большим объемом цитоплазмы яиц развиваются самки. Из мелких яйцеклеток с меньшим объемом цитоплазмы развиваются самцы. При эпигамном определении пола зародыша устанавливается после оплодотворения и зависит от факторов окружающей среды.

Например, если личинка некоторых видов кольчатых червей ведет самостоятельную жизнь, она становится самкой. Если личинка попадает на тело самки, и перейдет на паразитический образ жизни, становится самцом. Сингамное определение пола происходит в момент оплодотворения, и пол определяется генетически.

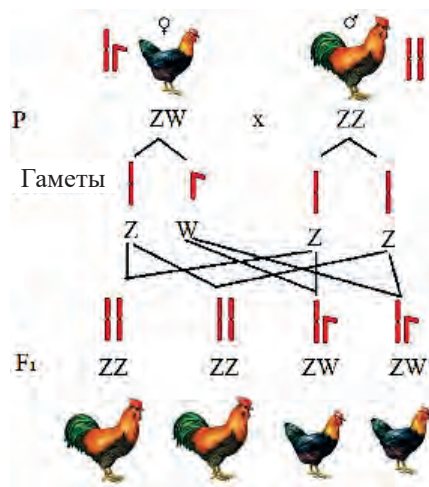


Рис.49. Определение пола птиц.



Ключевые слова: диморфизм, ауто-сома, половая хромосома, гомогамета, гетерогамета, эпигамный, сингамный, прогамный.



Вопросы и задания:

1. Как происходит наследование пола у гомогаметных самок? Поясните на примерах письменно.
2. Как происходит наследование пола у гетерогаметных самок? Поясните на примерах.
3. Определите кариотип мушки дрозофилы.
4. Приведите примеры полового диморфизма.
5. Как выражаются на письме гетерогаметные и гомогаметные организмы?



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

№	♂ гомогаметные организмы	♀ гомогаметные организмы
1		

§ 21. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ

Гены расположены не только в аутосомах, но и в половых хромосомах. Деятельность аутосомных генов проявляются одинаково как у мужских, так и у женских организмов. Гены, которые расположены в половых хромосомах, наследуются сцепленно с полом. Изучением наследования генов, локализованных в половых хромосомах, занимался Т. Морган и его ученики. Они изучали наследование цвета глаз дрозофилы. У нее красный цвет глаз доминирует над белым. Морган скрещивал красноглазую самку дрозофилы с генотипом $X^{W+}X^{W+}$ с белоглазым самцом X^WY . В первом поколении все потомство оказалось красноглазым. Во втором поколении все самки оказались красноглазыми, а у самцов произошло расщепление – 50% белоглазых и 50% красноглазых.

Реципрокные скрещивания – это два эксперимента по скрещиванию, характеризующиеся прямо противоположным сочетанием пола и исследуемого признака. В эксперименте самца, имеющего определенный доминантный признак, скрещивают с самкой, имеющей рецессивный признак. Во втором – соответственно наоборот. При скрещивании белоглазых самок и красноглазых самцов в первом поколении все самки были красноглазыми, а самцы белоглазыми. В F_2 половина самок и самцов – красноглазые, половина – белоглазые (рис.50).

Наследование признаков сцепленных с полом происходит таким же образом у организмов, женский пол которых является гомогаметным, а мужской гетерогаметным. Примером является гемофилия, дальтонизм, мышечная дистрофия у человека. В организмах гомогамет, где самки

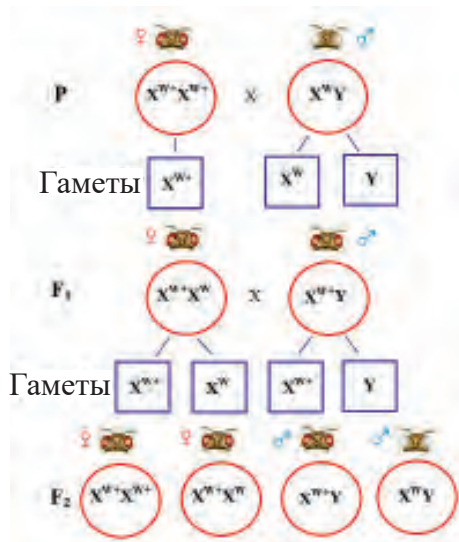
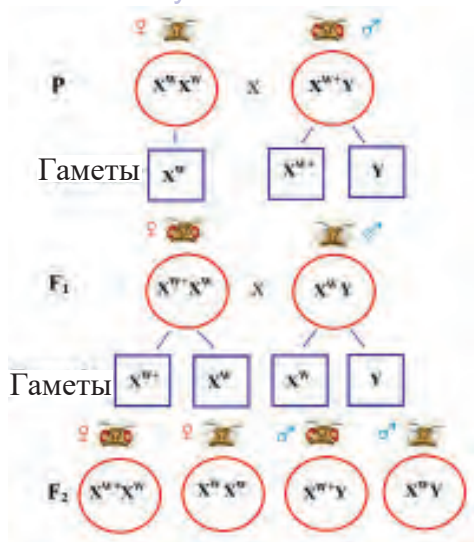


Рис.50. Наследование цвета глаз дрозофилы. W^+ – красные глаза, W^- – белые глаза. гетерогаметны, наследование сцепленное с полом, проходит по-другому. Например, у курц рябая окраска перьев доминантная, черная – рецессивная. Гены локализованы в X хромосоме. Если скрещиваются рябая курица с черным петухом в F_1 появляются рябые птицы. В F_2 все петухи будут рябыми, а курицы $\frac{1}{2}$ рябыми, а $\frac{1}{2}$ с черными перьями.

Р	Фенотип	черная ♀		рябая ♂	
	Генотип	$X^b Y$		$X^B X^B$	
	гамета	X^b		Y	
		X^B		X^B	
F ₁	Фенотип	рябая ♂		рябая ♀	
	Генотип	$X^B X^b$		$X^B Y$	
	гамета	X^B		Y	
		X^b		X^B	
F ₂	Фенотип	рябая ♂	рябая ♂	рябая ♀	черная ♀
	Генотип	$X^B X^B$	$X^B X^b$	$X^B Y$	$X^b Y$

При реципрокном скрещивании рябой курицы с черным петухом F_1 получаются черные курицы и рябые петухи. В F_2 половина курочек и петушков имеют рябую окраску, половина черную.

Некоторые гены расположены в Y хромосоме, и передаются по наследству сцепленно с этой хромосомой.



Ключевые слова: Реципрокные скрещивания, гетерогамета, гемофилия.



Вопросы и задания:

1. Объясните разницу между экспериментами Т.Моргана и Г.Менделя.
2. Объясните законы наследования цвета глаз мушки дрозофилы.
3. Объясните законы наследования, связанные с полом, у петухов и куриц.
4. Объясните причину ограниченности наследования признаков, связанных с полом.



Задания для самостоятельной работы:

Задача 1. Недостаточность иммунитета у детей связана с тем, что в их крови не синтезируется глобулин. Один вид генов, вызывающих эту болезнь, находится в X хромосоме, другой вид находится в аутосомах. Оба наследственных признака рецессивны. Мать является гетерозиготной по обоим признакам. Отец здоров и у его предков заболеваний не наблюдалось. Какой процент рожденных ими детей будет здоровым по первому признаку?

Задача 2. Дальтонизм и глухонмота являются рецессивными признаками. Ген дальтонизма расположен в X хромосоме, глухонмоты – в аутосомах. Мужчина глухонемой дальтоник женился на здоровой женщине. В семье родились один сын дальтоник глухонемой и дочка дальтоник, но с нормальным слухом. Может ли в этой семье родиться девочка с обоими заболеваниями?

§ 22. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Признаки организма наследуются не только согласно законам Менделя, каждый под действием одного гена, а и взаимодействием нескольких пар неаллельных генов. Друг на друга влияют не только гены. Самое главное – взаимодействуют продукты их активности – белки. Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки. Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой.

Выделяют три формы взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерия.

Комплементарное взаимодействие генов. (от лат. «complementum» – дополнение) – такое взаимодействие неаллельных генов, при котором одновременное действие двух неаллельных доминантных генов даёт новый признак. Каждый из доминантных генов, которые называются комплементарными, может проявляться самостоятельно, если другой находится в рецессивном состоянии, но их общее присутствие в зиготе обуславливает новое состояние признака. Из-за влияния неаллельного гена в поколении F_2 расщепление признаков бывает в пропорции 9:7; 9:6:1; 9:3:4; 9:3:3:1.

Примером комплементарного наследования может служить наследование окраски перьев хорошо известного птицеводам австралийского пятнистого попугая. Оперение попугаев бывает белым, желтым, голубым и зеленым. Если скрещивать голубого попугая с белым, в первом поколении голубой цвет будет доминантным. При скрещивании их друг с другом получается 75% голубых, 25% белых попугаев. Так же будет, если скрещивать белых и желтых попугаев. В первом поколении желтый цвет будет доминантным. При скрещивании их друг с другом получается 75% желтых, 25% белых попугаев.

Проанализировав результаты этих опытов, можно прийти к выводу, что цвет оперения определяет один ген. Но этот вывод не подтверждается.

Что же будет, если в генотипе птицы присутствуют доминантный аллель А (голубой пигмент) и доминантный аллель В (жёлтый пигмент)? Происходит смешение жёлтого и голубого пигментов, и получается новый признак – зелёная окраска оперения попугайчиков в первом поколении. Скрещивание этих гибридов в F_2 дает такой же результат, как и ди-гибридное скрещивание: 4 фенотипических класса, а именно 9 зеленых, 3 голубых, 3 желтых и 1 белый попугай (рис.51).

♂	♀	AB	Ab	aB	ab
		AB	Ab	aB	ab
AB					
		AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab					
		AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB					
		AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab					
		AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Рис.51. Комплементарное взаимодействие генов в соотношении 9:3:3:1.

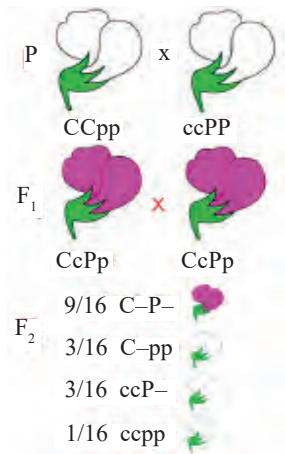


Рис.52. Комплементарное взаимодействие генов в соотношении 9:7.

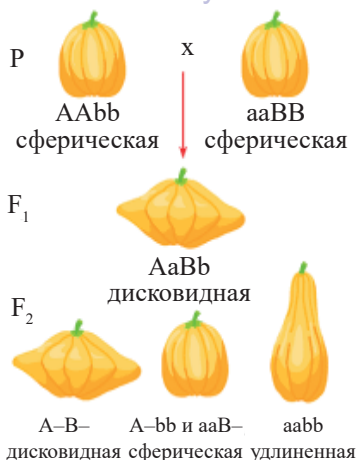


Рис.53. Комплементарное взаимодействие генов в соотношении 9:6:1.

Недоминантные аллели генов, самостоятельно не влияющие на признак, дают доминантный признак в F₁ и расщепление во втором поколении в пропорции 9:7. При скрещивании душистого горошка с одинаковым фенотипом т.е. белыми цветками, но разными генотипами, получается такой результат (рис.52)

Если комплементарные гены самостоятельно проявятся в том или ином виде, в фенотипе F₂ произойдет расщепление в пропорции 9:6:1 (рис.53).

Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов. Тип взаимодействия генов, при котором один ген подавляет действие другого неаллельного гена, называют эпистазом. Нельзя путать понятия эпистаз и доминирование. При доминировании взаимодействуют

аллельные гены, когда доминантный аллель подавляет рецессивный. При эпистазе один структурный ген, даже расположенный на другой хромосоме, подавляет другой неаллельный ген. Тот ген, который подавляет действие другого, называют эпистатиком (ингибитором).

Эпистаз бывает доминантным и рецессивным. При доминантном эпистазе в качестве генов – ингибиторов выступают доминантные гены. При доминантном эпистазе фенотип F₂ расщепляется в пропорции 13:3 или 12:3:1. (рис.54–55), при рецессивном 9:3:4.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов. Отличается от эпистаза и комплементарного воздействия. Если при комплементарном взаимодействии неаллельных генов их доминантные аллели, при совместном сочетании в генотипе, обуславливают новое фенотипическое проявление признаков; при эпистазе один из генов подавляется другим, то полимерия – это обусловленность одного признака одинаковым действием нескольких генов: «много генов → один признак».

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление F₂ по фенотипу при этом происходит в соотношении 1:4:6:4:1. Примером может служить наследование цвета кожи. Этот признак наследуется двумя парами неаллельных генов.

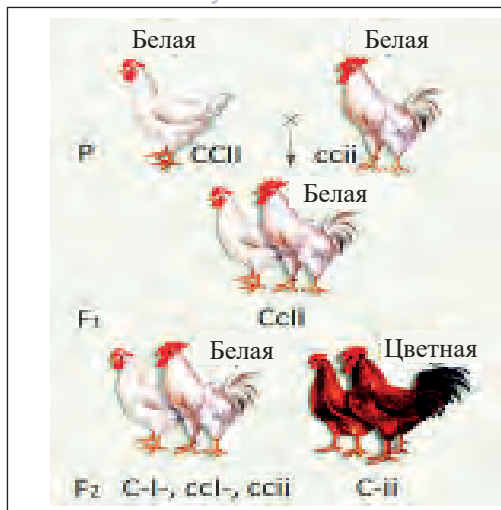


Рис.54. Эпистатическое взаимодействие генов в соотношении 13:3.

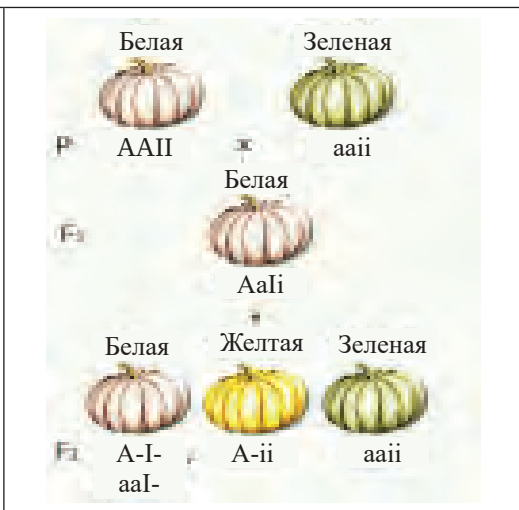


Рис.55. Эпистатическое взаимодействие генов в соотношении 12:3:1.

♂ ♀	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	 $A_1A_1 A_2A_2$	 $A_1A_1 A_2a_2$	 $A_1a_1 A_2A_2$	 $A_1a_1 A_2a_2$
A_1a_2	 $A_1A_1 A_2a_2$	 $A_1A_1 a_2a_2$	 $A_1a_1 A_2a_2$	 $A_1a_1 a_2a_2$
a_1A_2	 $A_1a_1 A_2A_2$	 $A_1a_1 A_2a_2$	 $a_1a_1 A_2A_2$	 $a_1a_1 A_2a_2$
a_1a_2	 $A_1a_1 A_2a_2$	 $A_1a_1 a_2a_2$	 $a_1a_1 A_2a_2$	 $a_1a_1 a_2a_2$

Рис.56. Полимерное взаимодействие генов в соотношении 1:4:6:4:1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Рас-

щепление по фенотипу в F_2 при этом происходит в соотношении 15:1. Например, стручок пастушьей сумки бывает треугольным или овальным. Если скрестить эти две разновидности, в первом поколении все стручки будут треугольной формы. У гибридов второго поколения 15/16 треугольные стручки, а у 1/16 – овальный.

Плейотропия. Явление множественного действия гена. Выражается в способности одного гена влиять на несколько фенотипических признаков. Плейотропия имеет химическую основу: один белок - фермент влияет на появление нескольких наследуемых признаков. Г. Мендель первым определил плейотропию. Он заметил, что у растений с красными цветами есть красные пятна у основания листьев, а семена коричневые или серые. Это множество признаков определено одним геном.

У человека есть рецессивная наследственная болезнь – серповидная анемия. Мутация в гене, кодирующем синтез глобиновой части в гемоглобине (замена одной аминокислоты), вызывает серповидную форму эритроцитов, изменения в сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной и выделительной системах. Гомозиготы в раннем возрасте погибают.

Плейотропия – множественное действие гена; один ген может влиять на развитие нескольких признаков. На возможность проявления наследственных признаков оказывает влияние внешняя среда. Генотип – это система взаимодействующих между собой генов.

Модифицирующее действие генов в генотипе организма. Наряду с основным геном могут присутствовать гены, которые сами по себе не несут признака, но могут ослаблять или усиливать его проявление. Это гены – модификаторы. Например, у пятнистой коровы окраска обусловлена одним основным рецессивным геном и двумя модификаторами. Из них один усиливает образование белых пятен, а другой ее ослабляет. В результате действия первого гена у коровы больше появляются белые пятна, а второго – черные.

У человека встречаются несколько типов брахидактилии (короткопалость): от слабого до сильного укорочения пальцев. Генотип больных Bb, здоровых людей – bb. В результате изучения родословных таких людей стало известно, что данный признак развивается под воздействием основного (B) гена и гена модификатора. Гены модификаторы, рецессивные гены, в гомозиготном состоянии (nn) приводят к сильному укорочению пальцев, доминантные гены в гомозиготном состоянии приводят к слабо-у укорочению пальцев. У гетерозигот среднее укорочение пальцев.



Ключевые слова: неаллельные гены, комплементария, плейотропия, эпистаз, модификатор.



Вопросы и задания:

1. Что вы знаете о формах взаимодействия аллельных генов?
2. Что вы знаете о формах взаимодействия неаллельных генов?
3. Как вы понимаете комплементарное взаимодействие генов? Приведите примеры.
4. Какое взаимодействие генов называется эпистазом?
5. Что такое полимерное влияние неаллельных генов?



Задания для самостоятельной работы:

Задача 1. Среди ферментов, участвующих в образовании хлорофилла у ячменя, имеется два фермента, отсутствие которых приводит к нарушению синтеза этого пигмента. При отсутствии одного из них, растение становится белым, если отсутствует другой – желтым. При отсутствии обоих ферментов растение также будет белым. Синтез каждого фермента контролируется доминантным геном. Гены находятся в разных хромосомах. Какое потомство следует ожидать при самоопылении гетерозиготного по обоим генам ячменя?

Задача 2. Цвет кожи человека определяется взаимодействием генов по типу полимерии: цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в гено-типе: если 4 доминантных гена – кожа черная, если 3 – темная, если 2 – смуглая, если 1 – светлая, если все гены в рецессивном состоянии – белая. Мужчина со смуглой кожей женился на женщине со светлой кожей. 6/8 часть детей в этой семье родились со смуглой и светлой кожей, 2/8 часть с темной и белой кожей. Определите генотипы родителей.

Задача 3. От скрещивания пород, имеющих оперенные и неоперенные ноги, в F_1 появляются цыплята с оперенными ногами. Во втором поколении происходит расщепление по фенотипу в отношении 15/16 с оперенными ногами и 1/16 неоперенными, т.е. наблюдается два фенотипических класса. Сколько из полученных в F_2 из 1120 цыплят имеют оперенные ноги?

Задача 4. У лошадей черная масть доминирует над рыжей. Черная и рыжая окраска регулируется второй парой неаллельных генов. Рецессивный аллель подавляет деятельность гена ответственного за окраску, в результате лошади становятся белой масти. Конь черной масти скрещивается с кобылой рыжей масти. В потомстве было получено лошади черной, рыжей, белой окраски. Определите генотип родителей и гибридов F_1 и F_2 .

§ 23. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Наследственная изменчивость связана с изменением генотипа. Генотипическая изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную. При комбинативной изменчивости сами гены и хромосомы не меняются, другим становится лишь их сочетание. Комбинативная изменчивость – это изменчивость, которая возникает вследствие рекомбинации генов в процессе кроссинговера, вследствие независимого расхождения хромосом во время мейоза, рекомбинации хромосом во время слияния гамет.



Мутационная изменчивость. Приводит к изменению количества и качества генов и хромосом. Термин «мутация» ввёл в научное обращение в 1903 г. голландский генетик Г. Де Фриз. В течение многих лет наблюдая за мутацией растений, он сформулировал мутационную теорию. Основные положения мутационной теории в современной трактовке выглядят так:

- Мутации возникают внезапно, скачкообразно, они не имеют определенных направления;
- Мутации носят индивидуальный характер, то есть встречаются у отдельных индивидов популяции;
- Они не теряются и передаются из поколения в поколение;
- Мутации являются качественными изменениями;
- Мутации проявляются по-разному и могут быть доминантными и рецессивными, полезными и вредными, отличаться по силе своего влияния на организм, вызывать незначительные изменения в его работе или задевать жизненно важные признаки и быть летальными;
- Вероятность обнаружения мутаций зависит от количества исследованных особей;
- Одни и те же мутации могут возникать повторно.

Позже мутационная теория всесторонне развивалась и было открыто много типов мутационной изменчивости.

Генные мутации. Генные мутации происходят на молекулярном уровне и часто приводят к появлению новых качеств в фенотипе. Генные мутации бывают двух типов. Один из них заключается в изменении последовательности нуклеотида. Изменение последовательности нуклеотидов бывает двух типов:

а) Замена пуринового основания на другое пуриновое, или одного пиримидинового на другое пиримидиновое называется **транзиция**.

б) Замена пуринового основания на пиримидиновое и наоборот называется **трансверсия**.

Другой тип генной мутации – изменение порядка нуклеотидов в ДНК и, соответственно, изменение последовательности нуклеотидов в гене – одной из цепочек ДНК. Большинство генных мутаций происходит таким образом. Например, изменение кода лизиновой кислоты из ААА в УАА, глутаминового кода из ЦАГ в УАГ. Изменение кодона аминокислот на кодон терминатора, приводит к преждевременной остановке синтеза белка. По типу проявления у гетерозигот мутации могут быть: 1) доминантной мутацией 2) рецессивной мутацией (рис.57).

Примером доминантной мутации могут быть полидактилия (лишние пальцы), катаракта, брахидактилия (короткопалость). Пример рецессивной мутации: гемофилия, дальтонизм, врожденная карликовость, альбинизм.

Мутации по характеру их появления бывают спонтанные и индуцированные. Спонтанные мутации возникают естественным путем под действием факторов среды обитания. Причинами вызвавшими мутации являются мутагены. Наличие мутагенных факторов в окружающей среде может повысить уровень спонтанной мутации в несколько раз.

Индуктированные мутации – искусственно вызванные действием мутагенных факторов. Эти мутагены делятся на три группы: физические (радиоактивное излучение, рентгеновское излучение, температура, и т.д.) химические (органические и неорганические вещества), биологические (вирусы, токсины).

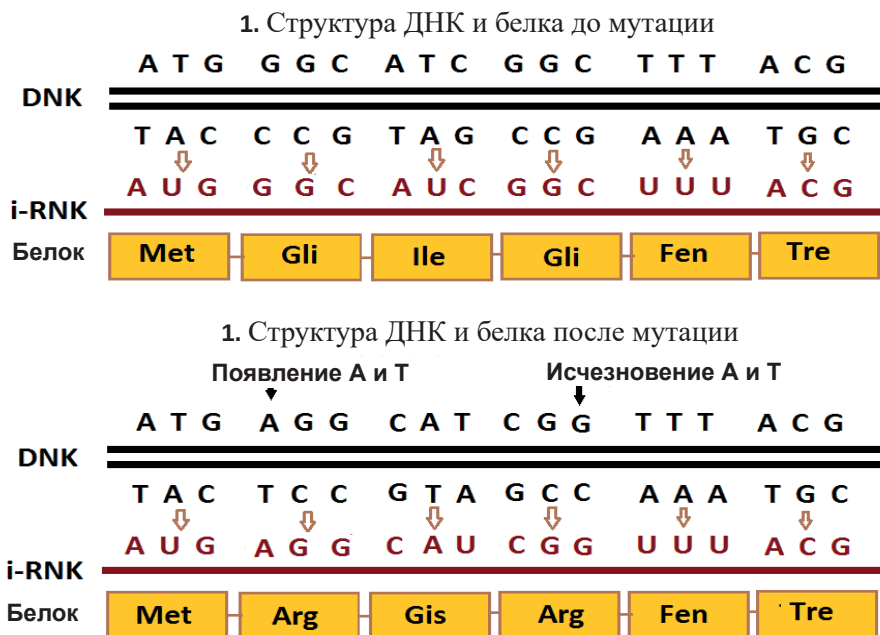


Рис.57. Генные мутации. 1) – структура ДНК и белка до мутации;
2) – структура ДНК и белка после мутации.

Мутации по месту их возникновения делятся на генеративные и соматические. Генеративные мутации возникают в половых клетках. Они не влияют на признаки данного организма, а проявляются только в следу-

ющем поколении. С точки зрения природы, между этими видами разницы нет: и тот, и другой возникают в хромосомах. Но в проявлении признаков и для селекции разница есть. Если мутация доминантна, она проявится в первом поколении. Если рецессивна – во втором или следующих поколениях.

Соматические мутации возникают в соматических клетках. Эти мутации не передаются потомству половым путем, но при вегетативном размножении сохраняются.

Мутации по адаптивному значению, т.е. возможности приспособляться к внешним условиям, бывают: полезные – повышающие жизнеспособность особей; нейтральные – не влияющие на жизнеспособность особей. Мутации, снижающие жизнеспособность особей, называются полулетальными. Примеры полулетальной мутации: коротконогие овцы, гемофилия. Мутации, которые останавливают жизнедеятельность организма в эмбриональном или постэмбриональном периоде, называются летальными.

Хромосомные мутации. Каждый биологический вид отличается от другого количеством, формой и размером хромосом. Мутации вызывающие изменения структуры хромосом называются хромосомными мутациями (рис.58).

Делеция – утрата средней части хромосомы; **дупликация** – удвоение одного и того же участка хромосомы, **инверсия** – поворот участка хромосомы на 180° , **транслокация** – обмен участком между негомологичными хромосомами.



Рис.58. Хромосомные мутации. (Каждая буква алфавита обозначает один ген).

Геномные мутации. Полиплоидия – кратное увеличение числа гаплоидного набора хромосом. Ученые, обрабатывая семена растений колхицином, получают полиплоидные формы. Колхицин блокирует деление клеток на стадии метафазы, и обе хромосомы остаются в материнской клетке. Полиплоидия бывает двух видов: *автополиплоидия* и *аллополиплоидия*.

Автополиплоидия – кратное увеличение гаплоидного набора хромосом у особей одного вида. Автополиплоидия бывает сбалансированной ($4n, 6n, 8n$, и т.д.) и несбалансированной ($3n, 5n, 7n$ и т.д.) У растений со сбалансированной автополиплоидией стволы, листья, цветы и семена бывают крупнее, по сравнению с диплоидными.

Аллополиплоидия – наследственное изменение, заключающееся в кратном увеличении числа наборов хромосом при межвидовых или межродовых скрещиваниях.

В 20-х годах XX в. Г.Д. Карпеченко смог скрестить капусту с редькой. У гибрида в диплоидном наборе было 18 хромосом: 9 редечных и 9 капустных, но при мейозе редечные и капустные хромосомы не конъюгировали, поэтому образование половых клеток нарушалось и гибрид оставался стерильным. Г.Д. Карпеченко искусственно вызвал полиплоидию, удвоив с помощью колхицина хромосомный набор капустно-редечного гибрида. У этой новой полиплоидной формы каждая клетка содержала диплоидный набор хромосом редьки и диплоидный набор хромосом капусты. ($18R+18B$) и стала давать семена. В результате слияния половых клеток с диплоидным набором хромосом, было получено плодovitое тетраплоидное растение с 36 хромосомами. Встречается тетраплоидная – 28, гексаплоидная – 42 хромосомная пшеница, тетраплоидный хлопчатник – 52 хромосомы.

Анеуплоидия – некрatное увеличение или уменьшение числа хромосом. Вследствие нерасхождения какой-либо пары гомологичных хромосом в мейозе одна из образовавшихся гамет содержит на одну или несколько хромосом меньше, а другая – на одну или несколько больше. Излишек или недостаток хромосом вызывает большие изменения в фенотипе.

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Закон гомологических рядов открыл великий русский ученый Н.И. Вавилов, изучая злаковые. Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены виды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости. На примере злаков

Н. И. Вавилов показал, что сходные признаки наблюдаются у разных видов данного семейства. Так, у пшеницы, ячменя, овса и кукурузы бывает белая, красная и черная окраска зерновок, существуют голые и пленчатые зерновки, встречаются колосья с длинными и короткими остями, безостые и с вздутиями вместо остей. В ходе последующих наблюдений было выяснено, что данный закон применим не только для растений, но распространяется на животных и на микроорганизм. Так, альбинизм встречается у всех классов позвоночных животных, короткопалость наблюдается у всех пород крупного рогатого скота, овец и собак. Опираясь на закон гомологических рядов, селекционеры выводят новые сорта растений.

Модификационная изменчивость. Вызвана тем, что все организмы в той или иной степени живут в разных условиях, а потому вынуждены по-разному реагировать на факторы окружающей среды. Сведения накопленные о модификационной изменчивости позволяют понять механизм проявления наследственной информации заключенной в генах. Модификационная изменчивость проявляется у всех особей популяции, т.е. носит групповой характер.

Каждый организм развивается и обитает в определенной среде, испытывая на себе действие ее факторов, способных изменить морфологические и физиологические свойства организмов, т.е. фенотип. Морфологические, физиологические и биохимические качества организмов обусловлены не только генетически, но и факторами внешней среды.

Классическим примером модификационной изменчивости может служить изменчивость формы листьев у растения стрелолиста, укореняющегося под водой. У одной особи стрелолиста бывают три вида листьев, в зависимости от того, где лист развивается: под водой, на поверхности или на воздухе. Эти различия в форме листьев определяются степенью их освещенности, а набор генов в клетках каждого листа одинаков.

Способность одного генотипа менять фенотип, в зависимости от условий внешней среды, называется нормой реакции. Норма реакции выражается в совокупности фенотипов организмов, формирующихся на основе определенного генотипа, под влиянием различных факторов среды. Модификационная изменчивость в естественных условиях носит приспособительный характер и в этом смысле имеет важное значение в эволюции. Обусловленные различным влиянием среды адаптивные модификации дают возможность организму выжить и оставить потомство в изменившихся условиях среды.

Такие признаки, как рост, масса тела, пигментация кожи и др. predisposed к модификационной изменчивости. Признаки и свойства живых организмов, несомненно, обусловлены генотипом. Например, пигментация кожи. Но без солнечных лучей эта наследственность не проявится. Факторы внешней среды выявляют наследственные признаки. Поэтому при распространении инфекции в определенном месте не все заболевают. Тогда и проявляется склонность определенного генотипа к данной инфекции.

Ответом на влияние внешней среды является приспособляемость организмов. У человека, поднимающегося выше уровня моря, увеличивается количество эритроцитов в крови. Увеличение количества меланина в коже человека, густоты шерсти животных перед наступлением холодов – тоже примеры приспособляемости организмов. Если на листья растений попадает меньше света, листья становятся больше, чтобы увеличить возможность фотосинтеза, таким образом приспособляясь к условиям внешней среды.

Количественные признаки меняются сильнее под влиянием условий внешней среды. Рост, количество семян и листьев, урожайность, вес и количество молока у домашних животных зависят от ухода за ними. И в тоже время количественные признаки организмов обусловлены наследственностью. Для того, чтобы определить соотношение наследственности и модификации количественных признаков, применяются статистические методы. Сущность этого метода – изучить как можно больше представителей данного вида и их гибридов. Измеряются их количественные показатели (рост, вес). На основе полученных данных составляются графики и выводится среднее арифметическое по каждому признаку.

Знание модификационных изменений важно для медицины. Форма нормы реакции на каждую болезнь у каждой личности своеобразна.



Ключевые слова: транзигция, трансверсия, абберрация, делеция, дупликация, инверсия, транслокация.



Вопросы и задания:

1. Расскажите о наследственной изменчивости.
2. Что такое генная мутация?
3. Объясните, что является хромосомной и геномной мутацией.
4. Определите значение модификационных изменений.



Задания для самостоятельной работы:

Напишите реферат на тему «Значение мутаций».

§ 24. ГЕНЕТИКА И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Задачей генетики человека является сохранение и укрепление здоровья человека, выявление и профилактика наследственных болезней и аномалий развития.

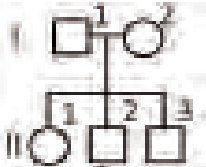
Человек – («*Homo sapiens*» – человек разумный), с биологической точки зрения – структурная часть органического мира и продукт длительного процесса эволюции. Поэтому общебиологические законы, изучающие живые организмы, применимы и к человеку. Важную роль в процессе формирования человека как высшей ступени генеалогического развития органического мира играют социальные факторы. Социальная среда обусловила появление у человека таких качеств, как разум, интеллект, одаренность, речь, трудолюбие. Вопрос о наследовании этих признаков сложен, так как на них влияют как генетические, так и социальные факторы.

Генетика человека изучает явления наследственности и изменчивости в различных популяциях людей, особенности проявления и развития нормальных и патологических признаков, зависимость заболеваний от генетической предрасположенности и условий окружающей среды. Задачей генетики человека является выявление, изучение, профилактика и лечение наследственных болезней, разработка путей предотвращения воздействия негативных факторов среды на наследственность человека.

Как и у всех живых организмов, в наследственности человека происходят мутации. Мутации, в зависимости от своего влияния, могут быть полезными, вредными, нейтральными, летальными и полуметальными.

В последние годы у 70% людей среднего возраста обнаружены генетические изменения – мутации, которые способны оказать влияние на продолжительность жизни и работоспособность. Одна из главных проблем современности – укрепление здоровья человечества через сохранение здорового генофонда. Генетические исследования человека отличаются рядом особенностей: для изучения наследования признаков у человека нельзя применять гибридологический анализ (метод скрещиваний): люди не желают давать потомство по указаниям экспериментатора. Небольшое число детей в семье не дает возможности сделать выводы о наследовании признаков. Поэтому для изучения результатов гибридизации у человека используют цитогенетические, иммунологические, биохимические, статистические и генеалогические методы.

Составление родословной – генеалогический метод. Изучение родословных, т. е. наследования признаков (в том числе и патологических) в поколениях людей, находящихся в родственных отношениях. С помощью данного метода можно определить, действительно ли изучаемый признак наследственный, а также характер наследования (доминантный или рецессивный, сцепленный с полом или же нет). Как выяснилось, человеческие способности, например, к музыке, математике, обусловлены генетически. Существует система символов для составления родословной (рис.59).

Символы	Значение символов		
	Мужчина		Однояйцевые близнецы
	Женщина		Разнояйцевые близнецы
	Брак		Гетерозиготы
	Пробанд (обследуемый)		Личность, обладающая изучаемым признаком
	Дети	Рис.59. Генетические символы используемые при составлении родословной.	

В соответствии с законами Менделя, у человека выделяются доминантные и рецессивные признаки:

Доминантные признаки	Рецессивные признаки
Курчавые волосы	Прямые волосы
Раннее облысение	Нормальные волосы
Темные волосы	Светлые волосы
Карие глаза	Зеленые или серые глаза
Веснушки	Отсутствие веснушек
Низкий рост (карликовость)	Нормальный рост
Полидактилия	Нормальное число пальцев

С помощью генеалогических исследований было выяснено, что многие заболевания передаются как рецессивный признак. Среди них сахарный диабет, гемофилия, шизофрения. Генеалогический метод, будучи самым универсальным, простым, удобным основан на передаче наследственных признаков нескольким поколениям. Этапы проведения генеалогического метода: сбор сведений, составление родословной, анализ родословной, определение выводов и рекомендаций.

При сборе сведений проводятся анкетирование, собеседование, и медицинское обследование. Индивид, который по тем или иным причинам привлекает к себе внимание генетиков и, с которого начинают исследование определенной семьи, называется пробанд. Братья или сестры пробанда называются *сибсами*. При построении родословного (генеалогического) дерева семьи пробанда отмечают определенным знаком и стрелками показывают последующие поколения его потомков. Генеалогическим методом определяются типы наследования признаков. Существуют следующие типы наследования признаков.

Аутосомно-доминантный тип наследования (A-D) – связан с доминантными генами, расположенными в аутосомах. Например: курчавость волос, карий цвет глаз, миопия, брахидактилия, полидактилия, резус положительная (Rh⁺) кровь, I^A, I^B группы крови и другие (рис.60).

Аутосомно-рецессивный тип наследования – связан с рецессивными генами, расположенными в аутосомах. Например: альбинизм, лучшее владение левой рукой, голубые глаза, прямые волосы, фенилкетонурия, резус отрицательная (Rh⁻) кровь, I^O группа крови (рис.61).

Сцепленный с X-хромосомой (с полом) доминантный тип наследования. Примеры: несахарный диабет, рахит, не вылечивающийся витамином D, отсутствие второго резца, темный цвет зубной эмали, и др.

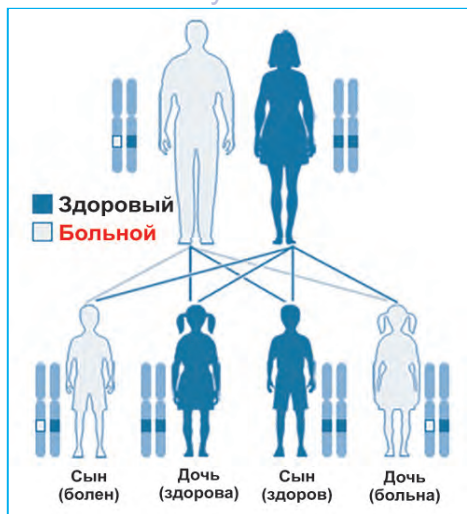


Рис.60. Аутосомно-доминантное наследование генов.

Сцепленный с X-хромосомой (с полом) рецессивный тип наследования. Например: гемофилия, дальтонизм, куриная слепота (рис.62).

Сцепленный с Y хромосомой (голандрический) тип наследования. Например: гипертрихоз, ихтиоз.

Цитоплазматическая наследственность связана с генами расположенными в митохондриях, хлоропластах и плазмидных генах. Например: атрофия зрительного нерва у человека, митохондриальная цитопатия, и др., переходит только от матери и сыновьям, и дочерям.

Цитогенетический метод. Это изучение кариотипа при помощи микроскопической техники. Метод позволяет диагностировать геномные и хромосомные мутации. В последние годы разработаны методы изучения количества и структуры хромосом человека. Этапы метода: 1) получение и культивирование клеток лимфоцитов на искусственных питательных средах при температуре + 37°C; 2) остановка деления клетки на стадии метафазы с добавлением колхицина; 3) обработка клеток гипотоническим раствором, вследствие чего разрушается клеточная оболочка и получается «россыпь» хромосом; 4) окрашивание хромосом специфическими красителями. Микроскопирование и фотографирование хромосом. Этот метод позволяет изучить изменения связанные с количеством хромосом и структуры хромосом.

Близнецовый метод. Это изучение генетических закономерностей на близнецах. Различаются однояйцевые и разнаяйцевые близнецы. Однояйцевые близнецы имеют одинаковый пол и одинаковый генотип, различие между ними обусловлены внешними факторами. Разнаяйцевые близнецы могут быть одного и разного пола. Суть метода: сравнение признаков у различных групп близнецов исходя из их сходства или различия. Этапы метода: 1) составление выборки близнецов; 2) диагностика зиготности; 3) установление соотносительной роли наследственности и среды в формировании признака.

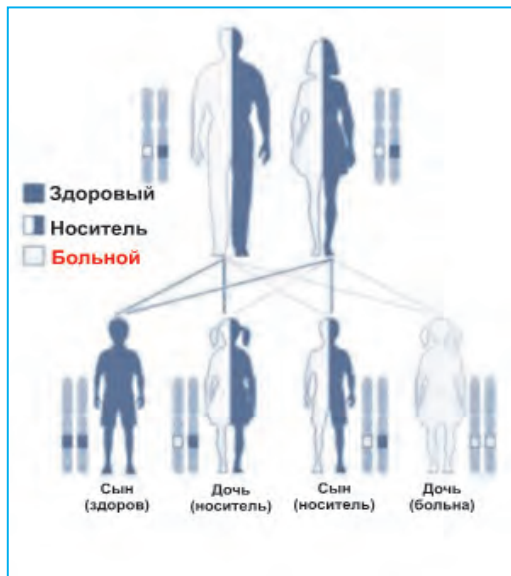


Рис.61. Аутосомно-рецессивное наследование генов.

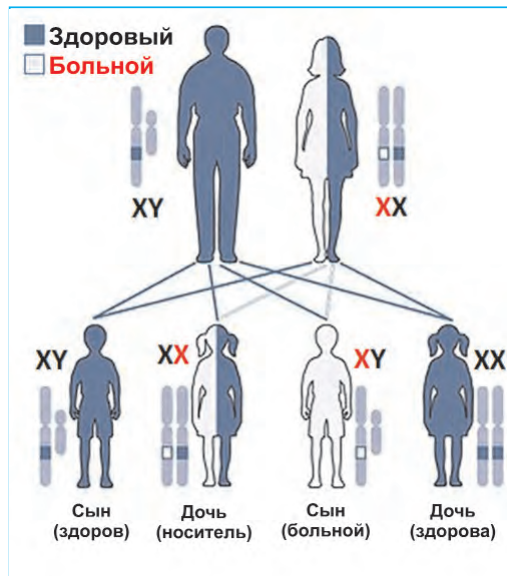


Рис.62. Х-сцепленное рецессивное наследование генов.

Иммунологический метод. Один из современных методов, который появился на основе изучения наследования групп крови и резуса-фактора. Изучает особенности наследования иммунных реакций. На основе этих исследований возникло планирование семьи и предупреждение детской смертности от резус-несовместимости. Метод применяется при выборе доноров для трансплантации органов.

Биохимический метод. Многие патологии у человека связаны с нарушением обмена веществ в организме. В основе развития сахарного диабета лежит генетическая предрасположенность по рецессивному типу. Сахарный диабет развивается в результате нарушения деятельности поджелудочной железы, выработка гормона инсулина уменьшается. Изучение биохимического состава крови – сущность данного метода.

Популяционно-статистический метод. Один из наиболее важных методов в генетике человека. Закон Харди-Вайнберга позволяет рассчитать частоты аллелей и генотипов в популяции (людей), процентное соотношение различных генотипов, т.е. структуру генофонда. В 1908г. английский математик Г.Харди и немецкий антропогенетик В. Вайнберг вывели формулу, которая сейчас называется закон Харди-Вайнберга – частоты доминантного и рецессивного аллелей в популяции

будут оставаться постоянными в ряду поколений. В большой популяции при отсутствии факторов, изменяющих соотношение генов и при свободном скрещивании особей соотношение генотипов AA, Aa, aa из поколения в поколение остаются постоянными ($AA+2Aa+aa=1$). Зная частоту одного генотипа (например, рецессивную гомозиготу aa), можно подсчитать другой генотип (например, гетерозиготу Aa). Этот метод позволяет рассчитать структуру генофонда, в том числе соотношение нормальных и патологических генов в нем, соотношение групп в ней, предсказать будущее данной популяции. Она позволяет изучать распространенность наследственных болезней. Эта формула рассчитана на идеальную популяцию, это математическая модель, так как в реальной жизни скрещивание не всегда носит случайный характер, а популяция незамкнута.

Методы изучения наследственности человека имеют большое значение. Генетика человека открыла многие законы наследования нормальных и патологических свойств организма. Генетика человека исследует законы наследования на молекулярном, клеточном, организменном и популяционном уровнях.



Ключевые слова: Генеалогический метод, родословная, пробанд, близнецовый метод, биохимический метод, популяционно-статистический метод.



Вопросы и задания:

1. Расскажите о признаках, наследуемых доминантно
2. С какими трудностями сталкивается генетика при изучении человека?
3. Что составляет при генеалогическом методе?
4. Опишите цитогенетический метод.
5. Почему близнецы выбраны как объект генетического исследования?
6. В какой сфере применяется иммунологический метод исследования?
7. Что вы знаете о биохимическом методе?



Задания для самостоятельной работы: Определите вероятный процент здоровых и больных детей при разных типах наследования.

Тип наследования	Отец	Мать	Сыновья		Дочери	
			здоровые	больные	здоровые	больные
Аутосомно-доминантный	AA	aa				
	Aa	Aa				
	Aa	aa				

Аутосомно- рецессивный	AA	aa				
	Aa	Aa				
	Aa	aa				
X – доминантный	X ^A Y	X ^A X ^a				
	X ^a Y	X ^A X ^a				
	X ^A Y	X ^a X ^a				
X – рецессивный	X ^A Y	X ^A X ^a				
	X ^a Y	X ^A X ^a				
	X ^A Y	X ^a X ^a				

§ 25. НАСЛЕДСТВЕННЫЕ БОЛЕЗНИ ЧЕЛОВЕКА. РЕПРОДУКТИВНОЕ ЗДОРОВЬЕ

Репродуктивное здоровье рассматривается как основная структурная часть сохранения и укрепления человеческого здоровья. В нашей республике принят ряд нормативных документов по сохранению репродуктивного здоровья человека. Репродуктивное (лат. re – повторение, produco – создание) здоровье – это состояние полного физического, психического и социального благополучия репродуктивной системы, ее функций и процессов, включая воспроизводство здорового потомства.

В задачи охраны репродуктивного здоровья входит не только обеспечение отсутствия болезней и недостатков репродуктивной системы, но и успешность физической, интеллектуальной и социальной деятельности. Репродуктивные права – это признание права каждой пары и отдельной личности на принятие решений с полной ответственностью о количестве детей, в промежутке между их рождением, о времени их рождения; на информацию и средства, необходимые для этого. Для достижения репродуктивного здоровья необходимо действовать в следующих направлениях: предупреждение, диагностика и лечение репродуктивного здоровья, предупреждение бесплодия, предупреждение опухолевых и предопухолевых заболеваний, кормление детей материнским молоком, защита матери и ребенка, обеспечение репродуктивного здоровья и полового воспитания подростков. В нашей стране защита репродуктивного здоровья детей и подростков является одной из важнейших политических задач государственного уровня. В нашей республике в результате развития системы защиты здоровья матери и ребенка в каждой области и круп-

ных городах, открыты перинатальные и скрининговые центры. В целом, проводится целый ряд мероприятий по формированию здорового поколения, укреплению репродуктивного здоровья населения, особенно детей и подростков.

Каждый ученик должен знать о факторах, отрицательно воздействующих на репродуктивное здоровье и не оставлять их без внимания. К отрицательным факторам, влияющим на репродуктивное здоровье, относятся родственные браки, ранняя беременность, алкоголизм, прием наркотических веществ, курение, особенно в период беременности, неблагоприятные экология и социум.

Вопросы репродуктивного здоровья касаются не только женщин, но и мужчин, их возможности оставлять здоровое потомство. Очень важным является внимательное отношение к подросткам. При этом главное внимание уделяется обеспечению благополучной семейной жизни, господству благоприятного психологического климата в семье, сохранение здоровья матери и ребенка, всестороннее укрепление брака. В семьях с нездоровой обстановкой, где есть алкоголики или наркоманы, ставят под угрозу здоровье своих детей. Молодежь, особенно будущие матери, которые курят, пьют или потребляют наркотики, наносят вред своему репродуктивному здоровью. Эти факторы риска способствуют расстройству нормального течения беременности и рождению детей, страдающих наследственными заболеваниями.

Одной из серьезных угроз для репродуктивного здоровья являются наследственные заболевания. С целью предупредить появление наследственных заболеваний в потомстве молодые перед вступлением в брак должны пройти медико – генетическую консультацию.

Необходимо отличать врожденные заболевания от наследственных. Врожденные заболевания – результат нарушения правильного течения беременности. Они появляются вследствие влияния тяжелых инфекционных заболеваний, курения, приема алкоголя, беспокойной обстановки в семье, нервного беспокойства, внутренних и внешних вредных факторов и в большинстве случаев не передается по наследству.

Генетика исследует наследственность человека на молекулярном уровне, анализирует законы передачи наследственных качеств и свойств, распространение этих признаков в популяции, а также влияние мутаций на наследственность.

Одно из основных направлений генетики – медицинская генетика. Базируясь на общих законах генетики, она разрабатывает пути выявления, предупреждения и лечения наследственных заболеваний.

Наследственные заболевания и причины их появления. Хромосомы в клетках человека делятся на две разновидности: аутосомы и половые хромосомы. В результате мутаций аутосомных хромосом появляются следующие болезни. У некоторых людей встречаются сросшиеся пальцы на ногах или руках – синдактилия, лишние пальцы – полидактилия считаются генными болезнями и передаются как доминантный признак. У человека выявлены также и генные заболевания, возникшие вследствие рецессивной мутации. например, альбинизм характеризуется отсутствием пигмента в коже, волосах и радужной оболочки глаз.

Как известно, если процесс мейоза проходит нормально, то появляются нормальные гаметы (рис.63). Определены заболевания связанные с изменением (увеличением или уменьшением) числа хромосом – геномные мутации. Примером болезни измененного количества аутосомных хромосом является синдром Дауна. Причиной синдрома Дауна является лишняя хромосома в 21 паре гомологичных хромосом, а именно трисомия. В кариотипе индивидов с синдромом Дауна 47 хромосом. Так как она является следствием изменения аутосомных хромосом, она встречается и у мужчин, и у женщин. Больные этой болезнью обладают следующими признаками: укороченный череп, плоское лицо, маленькие, близко посаженные глаза, рот наполовину открыт, слабоумие, бесплодие.

Одной из причин синдрома Дауна является курение отца или матери, употребление алкоголя или наркотиков. В процессе мейоза при этом заболевании нарушается расхождение 21 пары хромосом. В результате нарушения расхождения хромосом, в яйцеклетке или сперматозоиде вместо 23 образуется 24 хромосомы. После оплодотворения этой клетки появляется зигота с 47 хромосомами, из которой развивается организм с синдромом Дауна.

Синдром Клайнфельтера встречается только у мужчин. При цитогенетическом анализе у больных была выявлена лишняя «X» хромосома. В результате люди, стра-

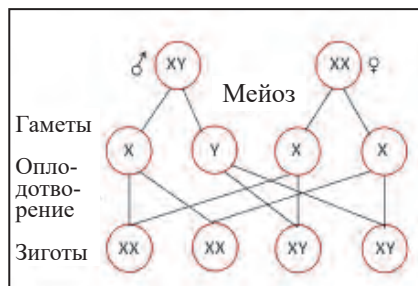


Рис.63. Нормальное распределение хромосом к клеткам у мужчин и женщин.

дающие синдромом Клайнфельтера, имеют половые хромосомы с генотипом XXY. За счет этого число диплоидных хромосом у них не 46, как в норме, а 47.

У подверженных синдрому Клайнфельтера больных бывают изменения в физическом и умственном развитии. У них удлиненные, по сравнению с телом, руки и ноги; узкие, по сравнению с костями таза, плечи; развитие половых желез нарушено. По достижению совершеннолетия проявляется отставание в умственном развитии. Эта болезнь в среднем встречается с частотой 1 на 500 новорожденных.

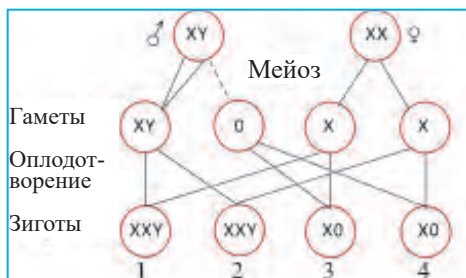


Рис.64. Последствия распределения хромосом к клеткам в борьбе с вредителями: 1,2 – синдром Клайнфельтера; 3,4 – синдром Шерешевского-Тёрнера.

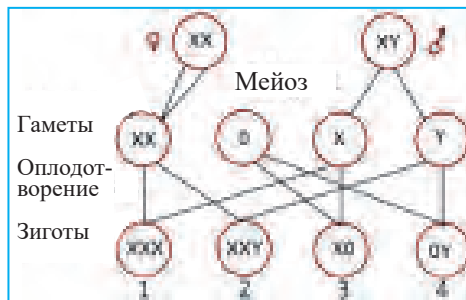


Рис.65. Последствия распределения хромосом в клетках во время церебрального паралича: 1 – X трисомия; 2 – синдром Клайнфельтера; 3 – синдром Шерешевского-Тёрнера; 4 – нет в живых.

У женщин встречается заболевание, связанное с геномной мутацией половых хромосом – синдром «Шерешевского-Тёрнера». У женщин, страдающих данным заболеванием, количество парных гомологических половых хромосом уменьшается на одну единицу. У них количество хромосом не 46, как обычно, а 45. У таких женщин очень низкий рост, короткая шея. Яичники у них плохо развиты, вторичные половые признаки проявляются очень слабо. Болезнь «Синдром Шерешевского-Тёрнера», в среднем, встречается из 5000 новорожденных девочек – одна (рис.64–65).

В Республике Узбекистан действует центры скрининга матери и ребёнка. Скрининг (от англ. «to screen» – просеивать, сортировать) – комплекс диагностических исследований, направленных на выделение женщин группы риска с повышенной вероятностью рождения ребенка с тяжелыми заболеваниями. Им осуществляется комплекс мероприятий по реализации программы, направленных на предупреждение развития у детей с наслед-

ственными заболеваниями умственной отсталости. Также обследование беременных женщин с целью выявления врождённых пороков развития плода. На основе принципа «Здоровая мать – здоровый ребенок» создаются все условия для массовости женского движения: по всей республике организованы регулярные углубленные медосмотры.

По данным Международной организации здравоохранения, 5% рождающихся на Земле детей имеют врождённые и наследственные заболевания. Понятия «врожденный» и «наследственный» не идентичны. Не каждое «врожденное» является «наследственным».

На сегодняшний день, действующий в Узбекистане проект «Скрининг матери и ребёнка», имеет свои филиалы-центры во всех областях республики, городе Ташкенте и в Республике Каракалпакистан. Деятельность их направлена на проведение скрининга женщин и новорожденных: предотвращение у новорожденных врождённых и наследственных заболеваний в семье, рекомендации врачей – генетиков, невропатологов, эндокринологов, гинекологов. Кроме этого, действующий в Узбекистане проект «Скрининг матери и ребёнка» в своих генетических лабораториях, при помощи самых современных медицинских приборов и участия опытных врачей, делает анализы, проводит исследование врождённого гипотиреоза, болезни фенилкетонурии, синдромов изменения числа хромосом у новорожденных детей.



Ключевые слова: фертильный, кариотип, микроцефалий, трисомия X, «Синдром Дауна», «Синдром Клайнфельтера» «Синдром Шерешевского-Тёрнера», генетик, невропатолог, эндокринолог, гинеколог.



Вопросы и задания:

1. Какие мероприятия проводятся у нас в стране по вопросам охраны семьи, материнства, детства, повышения медицинской культуры населения?
2. Расскажите о причинах происхождения и сущности генетических заболеваний.
3. Объясните признаки «Синдрома Дауна», «Синдрома Клайнфельтера» и «Синдрома Шерешевского -Тёрнера».
4. Как вы думаете, что нужно для выявления и предотвращения наследственных заболеваний?
5. Расскажите о деятельности действующей в Узбекистане Республиканской программе центра «Скрининга матери и ребёнка».



Задания для самостоятельной работы: Подготовить реферат на тему: «Здоровье человека – богатство общества».

§ 26. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Изменение генов организма или деятельности комплекса генов в интересах человека называется генной инженерией, т.е. генетической инженерией. Генетическая инженерия (генная инженерия) – совокупность приёмов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами, введения их в другие организмы и выращивания искусственных организмов после удаления выбранных генов из ДНК.

Участок ДНК – последовательность нуклеотидов, ответственный за биологический синтез одной молекулы белка называется геном. Принимающий участие в управлении непрерывных сложных биологических процессов, генетически схожие друг с другом несколько генов, составляет комплекс или семейство генов. Целью науки генной инженерии является изменение внутреннего строения генов и места в хромосоме в определённых целях, управление их деятельностью. Для достижения этой цели применяются различные методы, позволяющие осуществлять в промышленных масштабах производство белков, создавать новые сорта растений и породы животных, наиболее отвечающие требованиям, диагностировать и лечить различные инфекционные и наследственные болезни человека.

Возникновение генетической инженерии связано с открытиями энзимов, специфическим способом разрезающих материальную основу наследственности – молекулу ДНК на отрезки и соединяющих эти отрезки концами друг с другом, а также электрофоретического метода, позволяющего с высокой точностью отделять отрезки ДНК по длине. Создание методов и оборудования для определения специфической последовательности нуклеотидов молекулы ДНК, а также методов автоматического синтеза любого желаемого отрезка ДНК обеспечило развитие генетической инженерии быстрыми темпами.

Объекты исследований генной инженерии. Объектами исследований генной инженерии являются вирусы, бактерии, клетки грибов, растений и животных. В соответствии с объектами исследования, генная инженерия подразделяется на направления: генная инженерия, хромосомная инженерия, клеточная инженерия. Если молекулы ДНК живых систем очистить от других веществ, между ними материальное различие исчезнет. При помощи способов и методов генной инженерии, каждая

очищенная молекула ДНК может быть отделена от основы и разделена на части, также специфическими методами вновь соединена. Современные методы генетической инженерии позволяют размножать любой отрезок ДНК или заменять любой нуклеотид в цепи ДНК другим. Разумеется, эти успехи достигнуты в результате последовательного изучения закономерностей наследственности. Развитие таких технологий высокого уровня является самым перспективным направлением биологии. Технологии высоких уровней – это перспектива современной науки биологии.

История изучения материальных основ наследственности. Великий французский учёный Луи Пастер, разработав метод получения клонов, первым показал, что бактерии разнообразны, обладают наследственностью и их свойства тесно связаны с последней.

В 1952 г. Джошуа и Эстер Ледерберги, используя метод копирования (репликации) колоний бактерий, доказали существование самопроизвольных мутаций в бактериях. Они разработали метод, позволяющий выделять мутантные клетки с помощью репликации. Под влиянием внешней среды частота мутаций возрастает. Специальные методы позволяют увидеть невооружённым глазом клоны новых штаммов, образовавшихся в результате мутаций. Например, в штамме «лак» (минус) в результате деятельности гена, ответственного за синтез фермента расщепляющего лактозу, синтезируется мутантная форма фермента. Такие штаммы образуются в результате мутаций ДНК, приводящих к изменению функций отдельных генов. Совокупность клеток, возникших в результате последовательного деления и размножения одной бактерии определенного штамма, называется *клоном*. Наследственность бактериальных клеток, содержащихся в одном клоне, одинакова.

В 1915 г. Туорт и Д'Эррель доказали, что фаги (фаги – вирусы, размножающиеся в бактериях), самопроизвольно размножаясь внутри бактерий, могут их уничтожить. Микробиологи возлагали надежды на использование фагов против микробов – возбудителей опасных инфекционных заболеваний. Однако бактерии обладают устойчивостью к фагам вследствие самопроизвольных спонтанных мутаций. Наследование этих мутаций предохраняет бактерии от уничтожения со стороны фагов.

На рубеже 1950–1970-х годов были выявлены модель двойной цепи ДНК, свойства генетического кода и его значение в биосинтезе белка, в лабораторных условиях был совершён синтез гена.

1970–1990 гг. была разработана технология получения гибридом, вырабатывающих моноклональные антитела, путем гибридизации и клони-

рования соматических клеток. При помощи рекомбинантных бактерий впервые получен гормон соматостатина, созданы трансгенные растения. Использование рекомбинантных ДНК заложило основу возникновения генной инженерии.

Цель генетической инженерии заключается в конструировании таких рекомбинантных молекул ДНК, которые при внедрении в генетический аппарат придавали бы организму свойства, полезные для человека.



Ключевые слова: комплекс генов, рекомбинант гена, стрептомицин, лортетроциклин.



Вопросы и задания:

1. Что собой представляет генетическая инженерия?
2. Расскажите о возникновении и задачах генетической инженерии.
3. Каковы объекты исследований генной инженерии?
4. Что вы знаете об истории генной инженерии?

§ 27. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КЛЕТОК

Хромосомы. Все формы жизни имеют наследственные элементы, определяющие их строение и деятельность. Наследственные элементы вирусов выражаются в молекулах ДНК или РНК. Основной наследственный аппарат прокариотов состоит из кольцеобразного ДНК, который называется нуклеоид и размещается в цитоплазме. ДНК бактерий не образует комплекс с гистоновыми белками. Наследственная генетическая информация эукариотов сосредоточена в хромосомах, хромосомы состоят из ДНК и гистоновых белков. Различие эукариотов друг от друга зависит от количества и вида хромосом.

Плазмиды. Плазмиды – внехромосомные мобильные генетические структуры бактерий, представляющие собой замкнутые кольца двунитчатой ДНК, размером, в сотни раз меньшим, чем основная хромосома. Плазмиды несут гены, не обязательные для клетки-хозяина, придают бактериям дополнительные свойства, которые в определенных условиях окружающей среды обеспечивают их временные преимущества по сравнению с бесплазмидными бактериями. Плазмиды состоят в среднем из 3–10 генов и делятся на две группы. Первая так же, как и транспозоны

или наследственная молекула бактериофага, разрывает специфическую последовательность нуклеотидов основной хромосомы клетки и способна к рекомбинации. Такие плазмиды называются трансмиссибельными. Они реплицируются одновременно с бактериальной хромосомой и передаются по наследству. После интегрирования (присоединения) к основной хромосоме трансмиссибельные плазмиды теряют свою самостоятельность. Они не могут воспроизводиться самостоятельно от основной хромосомы. В то же время гены этих плазмид выполняют свою деятельность в составе основной хромосомы. При делении клетки гены трансмиссибельных плазмид передаются по наследству сцепленно с генами основной хромосомы. Автономные плазмиды – плазмиды второй группы, существуют в цитоплазме бактерий и способны самостоятельно реплицироваться и в клетке может присутствовать несколько их копий. Они способны, не присоединяясь к основной хромосоме, самопроизвольно размножаться десятки и даже сотни раз. При делении бактерии автономные плазмиды распределяются между дочерними клетками случайно. Вместе с тем автономные плазмиды могут переходить из одной клетки в другую через поры клеточной оболочки или мембраны. Плазмиды состоят в основном из генов, синтезирующих ферменты, расщепляющие антибиотики или ядовитые токсины. Поэтому плазмиды обеспечивают устойчивость бактерий, дрожжей и грибов к антибиотикам и ядовитым токсинам.

Плазмидные гены, расщепляющие антибиотики, могут также переходить от одной плазмиды к другой в связанном состоянии с транспозонами. Этот процесс значительно усиливает устойчивость болезнетворных микробов к действию антибиотиков. Плазмиды подвержены рекомбинациям, мутациям, могут быть элиминированы (удалены) из бактерий, что, однако, не влияет на их основные свойства. Плазмиды являются удобной моделью для экспериментов по искусственной реконструкции генетического материала, широко используются в генетической инженерии для получения рекомбинантных штаммов.

Мобильные (блуждающие) генетические элементы – последовательности ДНК, которые могут перемещаться внутри генома. Существует несколько классов мобильных элементов генома, отличающихся по строению и способу перемещения.

Транспозоны – сегменты ДНК, которые контролируют собственную транспозицию (перемещение) из одного сайта (определенной точки молекулы ДНК) в другой путем вырезания из исходного сайта и внедрения

в новый сайт хромосомы или плазмиды. Впервые были открыты в 40-х годах американской ученой Барбарой Мак-Клинтон у кукурузы. Эти гены, идентифицированные по их способности подавлять экспрессию других генов кукурузы, находящихся рядом с ними, не имели фиксированного положения в хромосоме. Они как бы передвигались по всему геному растения. Регуляторные элементы могли встраиваться и выщепляться, причем после их выщепления зачастую начинали функционировать ранее молчащие гены. Хотя транспозоны имеют различную структуру, но все транспозонные молекулы содержат на обоих концах особые нуклеотидные последовательности, а в центральной их части содержится ген, обуславливающий синтез фермента транспозазы, который отрезает определенный участок молекулы ДНК с образованием «липких» концов.

Ретротранспозон. (retrotransposon, лат. retro- – приставка, означающая «направленный назад», «обратно», и transpositio – перестановка) – перемещающийся генетический элемент в эукариотических организмах, имеющий гены, цикл репликации и интеграционный механизм, сходный с РНК содержащими вирусами, т. е. содержащий гены, кодирующие обратную транскриптазу. Ретротранспозоны перемещаются путем обратной транскрипции РНК-копии и последующего встраивания ДНК-копии в новый сайт генома.

Ретропозоны – повторяющиеся фрагменты ДНК, включённые в хромосомы после того, как они были обратно транскрибированы с какой-либо молекулы РНК. В отличие от ретротранспозонов, они никогда не кодируют обратную транскриптазу. Эти мобильные элементы трех видов составляют большую часть генома организмов. Например геном растений на 50% состоит из транспозонов, ретротранспозонов, ретропозонов. Появление или исчезновение пигмента антоциана (красный пигмент) связано с перемещением транспозона внутри гена данного признака.

Транспозоны и ретротранспозоны содержат гены ферментов соответственно транспозазы и обратной транскриптазы, обеспечивающие их перемещение по геному и имеют липкие концы. Фенотипическое проявление этих элементов, обнаруживается при их соединении с функциональными генами. Обычно, при резком изменении условия жизни, перемещение транспозонов увеличивается. Блуждающие генетические элементы используются в биотехнологии, основанной на генной инженерии.



Ключевые слова: плазмид, трансмиссибла, автономная плазида, плазмиды, транспозон, ретротранспозоны.

**Вопросы и задания:**

1. Из каких генов образованы плазмиды?
2. Плазмида какой категории придает устойчивость бактерии к антибиотикам?
3. Объясните влияние трансмиссибельной и автономной плазмиды на генетику клетки.
4. Как устроены транспозоны ?



Задания для самостоятельной работы: Поставьте определение параллельно понятию.

1	Плазмиды	A	Кольцеобразные молекулы ДНК, которые не могут соединяться с основной хромосомой, физически отдельные от геномных хромосом, способные реплицироваться автономно
2	Транспозон	B	Изменение генов организма или деятельности комплекса генов в интересах человека
3	Автономные плазмиды	D	Небольшие молекулы ДНК, физически отдельные от геномных хромосом и способные реплицироваться автономно
4	Генная инженерия	E	Вирусобразная молекула ДНК, которая при помощи i-RNK матрицы синтезирует свою форму, способна переноситься в другие части генома
5	Ретротранспозон	F	Метод разделения молекулы ДНК в специальном гене, помещенном в электрическое поле установки, по величине их отрезков
6	Трансмиссибельные плазмиды	H	Плазмида, способная рекомбинироваться в основную хромосому клетки
7	Электрофорез	G	Генетические элементы, способные перемещаться из одного сайта ДНК в другой путем вырезания из исходного сайта и внедрение в новый сайт ДНК

§ 28. ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОЙ КЛЕТКИ

Цель генетической инженерии заключается в конструировании таких рекомбинантных молекул ДНК, которые способны создавать полезные организму новые признаки и явления. В самой природе так же наблюдаются рекомбинационные процессы. Вирусы, фаги, бактерии способны переводить свои генетические вещества другим организмам. Существует три метода образования рекомбинантов: трансформация, трансдукция, конъюгация.

В 1947 г. американские учёные Ледерберг и Татум (Тейтем) выявили происхождение половых процессов у бактерий. Половые процессы в бактериях происходят при помощи генетического материала путём обмена-рекомбинации. При этом часть ДНК клетки донора передаётся клетке реципиента и соединяется с её ДНК. К 1940-м годам углубилось изучение состава хромосомы. В это время многие учёные считали, что основа наследственности – белок. Чуть позже было доказано, что основой наследственности является не белок, а нуклеиновая кислота.

S-штамм	R-штамм
1 – Мышь погибает, когда живой S-штамм вводится в мышь	2 – Мышь выживает, когда живой R-штамм вводится в мышь
Бактерии S-штамм убитые нагревом	Живые бактерии R-штамм Бактерии S-штамм убитые нагревом
3 – Мышь выживает, когда бактерии S-штамм убитые нагревом вводятся в мышь	4 – Мышь погибает, когда бактерии S-штамма убитые нагревом вместе с живым R-штаммом вводятся в мышь 5 – В тканях мертвой мыши обнаружены живые клетки S-штамм

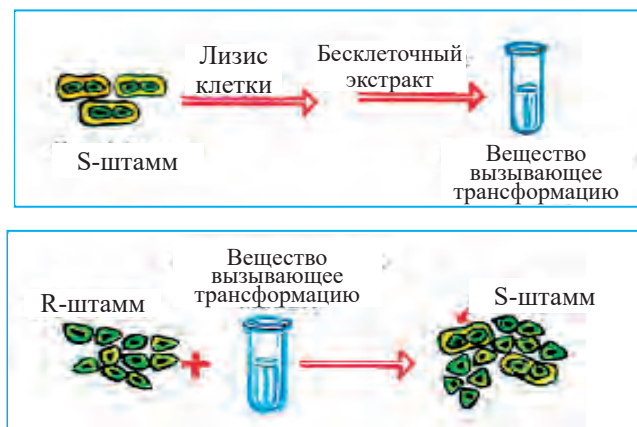
Рис.66. Опыт Гриффита.

То, что организм свои признаки и свойства передаёт из поколения в поколение при помощи нуклеиновой кислоты, было выявлено проведёнными опытами английского бактериолога Фредерика Гриффита в 1928 году, позже, в 1944 году американский микробиолог-генетик Освальд Эвери, доказал это, проведя опыты с бактериями. Генетическая роль ДНК впервые была доказана при исследовании круглых бактерий-пневмококков вызывающих заболевание – пневмонию.

Трансформация. Процесс, происходящий в определённых условиях, воссоединение любой части наследственной молекулы одного организма с наследственной молекулой в составе другого организма называется трансформацией.

Трансформационное явление пневмококков было открыто английским бактериологом Ф. Гриффитом в 1928 году. Он провёл опыт над пневмококками, с разными штаммами S и R. Гриффит наблюдал трансформационный процесс пневмококков двух разных штаммов (S и R).

Штамм S бактерии имеет дополнительную капсулу, с гладкой поверхностью, в штамме R, капсулы не существует и её поверхность шероховатая (S по английскому – smooth, R- по английскому – rough). S штамма бактерии, являясь возбудителем заболевания, в организме мыши возбуждают пневмонию и мыши, после этого, погибают.



S-экстракция неклеточных экстрактов путем разделения бактериальных клеток пневмококка.

S-штамм смешивают с R-деформированным экстрактом бактериальных клеток пневмококка, разделенным дроблением клеток, и R-заиканием S-трансформация штамма.

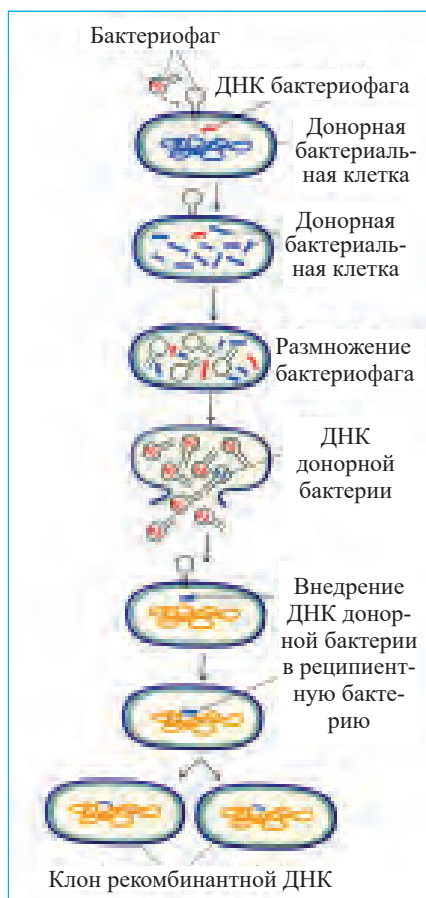
Рис.67. Опыт О. Эйвери, К. Маклеод и М. Маккарти.

Так как штамм R, не вызывает болезнь, заражённые этим штаммом мыши не погибают. При нагревании возбудителя болезни штамма S, они погибнут и если погибшие бактерии ввести в мышей – болезнь не возникнет. Если мышам ввести нагретый объединённый возбудитель болезни штамм S и живой штамм R, не вызывающий болезнь, мыши погибают. В погибших мышках найден штамм S бактерии. Сущность этого явления изображена на рис.66.

В результате перехода какого то вещества из штамма S в штамм R, некоторые штаммы R превратятся в штамм S, т.е. произойдёт трансформация. Но Ф. Гриффит не смог определить – какое вещество в штамме S

бактерии является носителем наследственной информации.

В 1944 году генетики О. Эйвери, К. Маклеод и М. Маккарти повторили опыт Ф. Гриффита, в результате сделали сообщение, что в штамме S носителем его патогенного свойства является ДНК. Они провели опыты для 2 типов бактерий пневмококка – штаммов, устойчивых и неустойчивых к стрептомицину. В лабораторных условиях, расщепив в пробирках бактерии, устойчивые к стрептомицину, извлекли вещество ДНК. Полученное чистое ДНК, было перенесено в среду, где развивались неустойчивые бактерии. Наблюдения показали, что бактерии, неустойчивые к стрептомицину, под влиянием вещества ДНК, становятся устойчивыми. Таким образом, впервые была доказана роль ДНК в передаче наследственной информации (рис.67).



Трансдукция. Процесс трансдукции был открыт учёными Н. Циндером и Д. Ледербергом в 1952 году. До этого открытия было известно, что при внедрении наследственного материала (нуклеиновой кислоты) фагов в бактериальную клетку они начинают размножаться в ней, вызывая гибель клетки вследствие разрыва ее оболочки, то есть происходит *лизис*. Этот процесс называется литической реакцией фагов. При этом фаги, вошедшие в клетку бактерии войдут в литический цикл при температуре – 37°C в течении 15–60 минут. Молекула ДНК фага использует все имеющиеся в бактерии нуклеотидтрифосфаты, подвергается репликации и размножается. Затем ДНК фага синтезирует для себя белковую оболочку и присоединяет ее к своей поверхности, при этом образуются большое количество фагов. В результате оболочка бактериальной клетки разрывается, и фаги, выйдя наружу, заражают другие бактерии.

Однако не всегда фаг, внедренный в бактериальную клетку, приводит клетку к

Рис.68. Процесс трансдукции.

гибели. Это происходит в результате рекомбинации молекулы ДНК фага, внедренной в бактериальную клетку, с особой последовательностью нуклеотидов молекулы ДНК бактерии. В результате фаг попадает под контроль наследственной программы бактериальной клетки и переходит в неактивное состояние – в состояние профага. Бактерии, имеющие в хромосоме профаг и способные свободно размножаться, называются лизогенными, а сам процесс – лизогенной реакцией. Под влиянием внешней среды, наблюдается выход фага из лизогенной бактерии (эксцизия).

Когда фаг из погибшей клетки переходит в здоровую клетку, он может перенести с собой участок ДНК, погибшей бактерии. Переход генов из одной бактериальной клетки в другую при помощи фагов (вирусов) называется трансдукцией. Гены, перешедшие при помощи фагов в другую клетку бактерии, изменяют наследственность этой бактерии (рис.68).

Конъюгация (от лат. *conjugatio* – соединение). Конъюгационный процесс в бактериях это способ передачи генетического материала клетки одной бактерии в другую, при этом две бактерии связываются узким мостиком, и через этот мостик происходит передача генетического материала донорской клеткой клетке-реципиенту при непосредственном контакте, где передаётся одна лишь нить ДНК. Генетические свойства реципиента изменяется в зависимости от количества переданной генетической информации (рис.69).

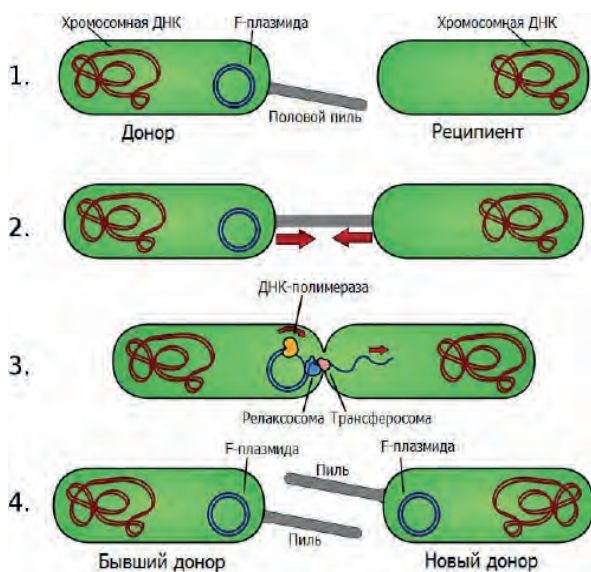


Рис.69. В бактериях процесс конъюгации.

1–2 – осаждение рецепторных клеток донорной клетки;
3 – трансплантация цепи ДНК донорной клеточной плазмиды в клетку-реципиент; 4 – Каждая две клеточные плазмиды синтезируют комплементарную цепочку ДНК.

Таким образом, все три процесса генетической рекомбинации у бактерий – трансформация, трансдукция и конъюгация – приводят к изменению наследственности бактерий.



Ключевые слова: трансформация, трансдукция, конъюгация



Вопросы и задания:

1. Способна ли создавать мутацию молекула ДНК, проникшая извне?
2. Какие процессы сохраняют клетку бактерии от лизирования фага?
3. При каком процессе трансдукции мутация в бактерии не происходит?
4. Какова роль фагов в трансдукции?
5. Дайте определение сущности процесса конъюгации.



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

Методы генной инженерии	Кем изобретён	Сущность	Значение
Трансформация			
Трансдукция			
Конъюгация			

§ 29. ФЕРМЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИЕЙ

В генетической инженерии используются ферменты (энзимы), разрезающие молекулу ДНК на отрезки по специфической последовательности нуклеотидов, ферменты, сшивающие эти отрезки, и методы выделения высокомолекулярной ДНК из различных организмов в чистом виде, разделения отрезков ДНК методом электрофореза, т.е. выбора из различных отрезков тех, которые необходимы, для пересадки.

Ферменты, используемые генной инженерией. Ферменты генетической инженерии – это ферменты, позволяющие проводить различные манипуляции с молекулами ДНК: разрезать в определенных местах, соединять различные по происхождению фрагменты, синтезировать новые, не существующие в природе последовательности, и т.д. Ниже рассмотрим основные ферменты генетической инженерии. Ферменты, применяемые при конструировании рекомбинантных ДНК, можно разделить на несколько групп: ферменты, с помощью которых получают фрагменты ДНК (рестриктазы); ферменты, синтезирующие ДНК на матрице ДНК (полимеразы) или РНК (обратные транскриптазы); ферменты, соединяющие

фрагменты ДНК (лигазы); ферменты, позволяющие осуществить изменение структуры концов фрагментов ДНК.

Полимеразы. Одним из наиболее часто используемых в генетической инженерии ферментов является ДНК-полимераза. Этот фермент впервые был отделён из *E. coli* (бактерии кишечной палочки) Коренбергом и его сотрудниками в 1958 году. ДНК-полимераза участвует в процессе репликации ДНК, путем присоединения нуклеотидов на комплементарной основе. Это свойство ДНК-полимераз используется в генной инженерии для синтеза новых молекул ДНК. При изучении ретровирусов, геном которых представлен молекулами одноцепочечной РНК, было обнаружено, что в процессе внутриклеточного развития ретровирус проходит стадию интеграции своего генома в виде двухцепочечной ДНК в хромосомы клетки-хозяина. Этот фермент способен синтезировать на РНК-матрице комплементарную ДНК. Данная полимераза получила название обратная транскриптаза, или ревертаза.

Лигазы. Процесс рекомбинации включает разрыв и последующее воссоединение молекул ДНК. Это положило начало поискам фермента, участвующего в сшивании фрагментов ДНК. Такой фермент был найден и получил название ДНК-лигаза. Он катализирует синтез фосфодиэфирной связи в 2-х цепочечной молекуле нуклеиновой кислоты. Создание фосфодиэфирных связей в одноцепочечных разрывах двухцепочечной ДНК с помощью ДНК-лигаз является, наряду с рестрикцией, одним из важнейших этапов получения рекомбинантных ДНК. Лигазы осуществляют соединение фрагментов двухцепочечной ДНК, обладающих комплементарными «липкими» или «тупыми» концами.

Рестриктазы. В природе, если в какую-нибудь клетку микроорганизма извне внедряется чужеродный генетический материал, то он немедленно расщепляется под действием фермента нуклеазы.

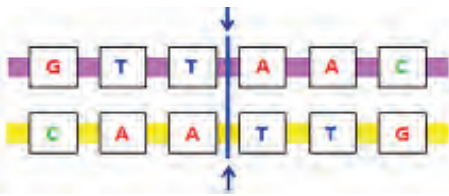
Эндонуклеазы или рестриктазы (рестрицирующие эндонуклеазы, эндонуклеазы рестрикции) – это ферменты, узнающие и атакующие определенные последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК (сайты рестрикции). Еще в 1953 году было обнаружено, что ДНК определенного штамма *E. coli*, введенная в клетки другого штамма не проявляет, как правило, генетической активности, так как быстро расщепляется на мелкие фрагменты. К настоящему времени из разных микроорганизмов выделено различные рестриктазы.

Рестриктазы – это группа эндонуклеаз, которые распознают специфическую последовательность нуклеотидов ДНК – сайты рестриктаз и

гидролизуют ее. Рестриктазы распознают последовательность 4–6 нуклеотидов, отрезают эти участки с образованием «липких» или «тупых» концов. Полученную частицу ДНК можно ввести в плазмиду или в геном бактерии. При обозначении рестриктаз их наименование складывается из начальных букв латинского названия вида бактерий, из которого был выделен фермент, и дополнительного обозначения, так как из бактерий одного вида может быть выделено несколько различных рестриктаз.

Существуют рестриктазы, разделяющие молекулу ДНК на отрезки с «липкими» концами (EcoRI) и с «тупыми» концами (HpaI). Отрезки ДНК с «липкими» концами легко соединяются – сливаются. Подобные рестриктазы широко используются в генной инженерии.

Подвергнутые действию рестриктаз молекулы ДНК разделяются на фрагменты с помощью электрофореза. Далее выделенные фрагменты используются в генной инженерии.

Последовательность нуклеотидов, которые распознают ограничение	Аббревиатура рестриктазы	Микроорганизмы, извлеченные из рестриктазы
	EcoRI	Бактерии Кишечной палочки 1 – сайты рестрикции
	HpaI	Гемофилус

Ключевые слова: Полимеразы, сайты ревертазы, рестрикции.



Вопросы и задания:



1. На какие группы подразделяются ферменты, используемые в генетической инженерии?
2. Расскажите о механизме работы фермента полимеразы.
3. В каких целях используются рестриктазы?
4. Расскажите о механизме работы ферментов рестриктаз.
5. Объясните деятельность фермента обратной транскриптазы.

Генетическая рекомбинация – это получение изменённых хромосом из различных источников генов или в процессе нормального биологического обмена. Новая молекула ДНК образуется при разрыве цепи ДНК или в процессе рекомбинационного воссоединения. Форм передач наследственной информации, обмена и изменения в природе очень много, они являются источниками образования организмов, обладающих новыми свойствами.

Рекомбинантную ДНК можно получить путём искусственного воссоединения генов различных организмов. Генная инженерия или технология рекомбинации ДНК путём проведения опытов обеспечивает передачу наследственного материала одного организма (донора) в другой организм (реципиент). Например, в микробиологической промышленности путём введения азотофиксирующих генов, в целях повышения урожайности растений, получают штамм азотфиксирующих бактерий (это приводит к уменьшению использования удобрений и к улучшению окружающей среды.) На сегодняшний день методы генной инженерии дают возможность из штаммов рекомбинантных бактерий получить биологически активные соединения, в том числе, гормоны (инсулин, соматотропин, соматостатин), препарат против вирусов – интерферон. Перенос гена в геном другого организма позволяет исправить наследственные дефекты. Способ получения рекомбинантной ДНК – это перспектива излечения наследственных заболеваний, при этом в геном больного вместо поврежденного гена вводится нормально функционирующий ген.

Искусственное получение рекомбинантной ДНК впервые осуществлено американскими учёными Гербертом Бойером и Стенли Коэном, в 1972 году. Хромосомную ДНК бактерии *E. coli* и ее плазмиды они подвергали обработке в отдельных пробирках ферментом рестриктазой *Eco RI* (Эко-эр- один), образующим «липкие» концы. В составе кольцевой плазмиды содержится только одна специфическая нуклеотидная последовательность, которую распознает и разрезает фермент рестриктаза *Eco RI*. Этот фермент разрезает двойную цепь ДНК плазмиды только в одном месте и переводит кольцевую плазмиду в открытое состояние с «липкими» концами. *Eco RI* разрезает молекулу ДНК хромосомы на столько отрезков, сколько она содержит специфических нуклеотидных последовательностей, которые могут быть распознаны ферментом рестриктазой *Eco RI*. Отрезки ДНК в сильном электрическом поле электрофоретической установки разделяются по величине, и выделенные отрезки окрашиваются. Из электрофоретического геля

можно выделить отрезок ДНК любой величины путем его растворения в воде. Таким способом Г. Бойер и С. Коэн смешали в пробирке выделенный отрезок ДНК хромосомы с «липкими» концами и ДНК плазмиды, находящиеся в открытом состоянии, и сшили эти отрезки ДНК при помощи фермента лигазы с образованием ковалентных связей. В результате в состав плазмиды был введен отрезок ДНК. Таким образом, была впервые создана рекомбинантная плазмида. В этой молекулярной конструкции ДНК плазмиды выполняет векторную (направляющую) функцию, поскольку, как указывалось выше, плазмиды могут рекомбинироваться в хромосомной ДНК. Эта векторная конструкция в силу наличия в ней гена устойчивости к антибиотикам была введена в бесплазмидную, т. е. неустойчивую к антибиотикам бактериальную клетку. Бактерии с рекомбинантными плазмидами имеют ген устойчивости к антибиотикам, и в отличие от бесплазмидных бактерий, не погибают в питательной среде, содержащей антибиотик. Поэтому в пробирку вводится антибиотик и выделяется клон рекомбинантной бактерии, который затем выращивается. В каждой бактерии, составляющей данный клон, будет содержаться отрезок чужой (гетерологичной) ДНК, и этот отрезок может размножаться по мере размножения бактериальной биомассы. Если рекомбинантная плазмида обладает способностью к автономной репликации, то отрезок чужой ДНК может размножаться еще десятки раз.

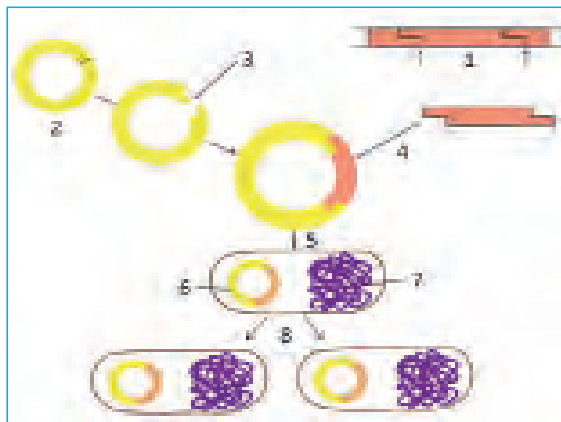


Рис.70. 1 – с использованием целевого ограничения генов; 2 – векторная плазмида; 3 – резка плазмиды путем ограничения; 4 – образование рекомбинантной плазмы (векторной конструкции) в плазмиду, связанную с ферментом лигазы; 5 – введите вектор в бактериальную клетку; 6 – плазма. 7 – бактериальная ДНК; 8 – Репликация генов клонированием бактерий.

Размножение чужой ДНК посредством векторной конструкции называется *клонированием генов*. В качестве вектора при клонировании отрезков ДНК могут быть использованы вирусные и фаговые молекулы ДНК или блуждающие генетические элементы. Этапы получения рекомбинантной ДНК трансгенного организма:

1. Из организма доноров нужных генов, выделяют молекулу донорной, или клонируемой, ДНК, которая содержит нужную последовательность генов.
2. Донорную ДНК гидролизуют ферментами в нужных местах, вырезая участок с необходимым геном и отделяя его от других частей молекулы ДНК – донора.
3. ДНК-вектор разрезают в таком месте, куда можно будет встроить ген донора.
4. ДНК-вектор «сшивают» (соединяют) с вводимым геном донора. Образуется рекомбинантная ДНК и клонируется.
5. Новая молекула ДНК, содержащая встроенный ген, вводится в клетку хозяин (реципиент). Для этого используют специальные приёмы: прогревание, добавление некоторых веществ и др.
6. В клетке-хозяине рекомбинантная ДНК реплицируется (воспроизводится) и передаётся потомкам.
7. Введение рекомбинантной ДНК в клетку-хозяин называется трансформацией. Организмы, содержащие фрагменты чужеродной ДНК, называют трансгенными.



Ключевые слова: EcoR1 (эко-эр-один), гель электрофореза, векторная конструкция, трансформация, трансгенная клетка.



Вопросы и задания:

1. Объясните сущность научной работы Боуэра и Коэна.
2. Чем отличается плазмидная бактерия от неплазмидной бактерии?
3. Расскажите о последовательности получения рекомбинантной ДНК.

§ 31. ИЗМЕНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Основной недостаток классического генетического метода изменения наследственности состоит в том, что при скрещивании двух организмов с разными генотипами происходит взаимная рекомбинация их ценных и не ценных в хозяйственном отношении генов. В результате в созданный сорт будут переходить, кроме тех генов, которые были желательны для генетика-исследователя, и гены, ухудшающие свойства сорта.

Сорта, созданные с применением методов генной инженерии будут иметь набор генов, которые соответствуют интересам человека. Для этого в клетку растения, сорт которого хотят улучшить, вводится ценный ген и из этой клетки выращивается трансгенное растение.

Трансгенными могут называться те виды растений, в которых успешно функционирует ген (или гены) пересаженные из других видов растений или животных. Делается это для того, чтобы растение реципиент получило новые удобные для человека свойства, повышенную устойчивость к вирусам, к гербицидам, к вредителям и болезням растений.

Существует несколько достаточно широко распространенных методов для внедрения чужеродной ДНК в геном растения. Например, существует бактерия *Agrobacterium tumefaciens*, которая обладает способностью встраивать участки своей ДНК в растения, после чего пораженные клетки растения начинают очень быстро делиться и образуется опухоль. Образование опухолей связано с геном ТДНК Ti (Ти-ай) плазмиды агробактериума. В основе появления опухоли лежит встраивание ТДНК в геном растительной клетки и изменение ею свойств клетки. Эта особенность ТДНК широко используется в генной инженерии (рис.71).

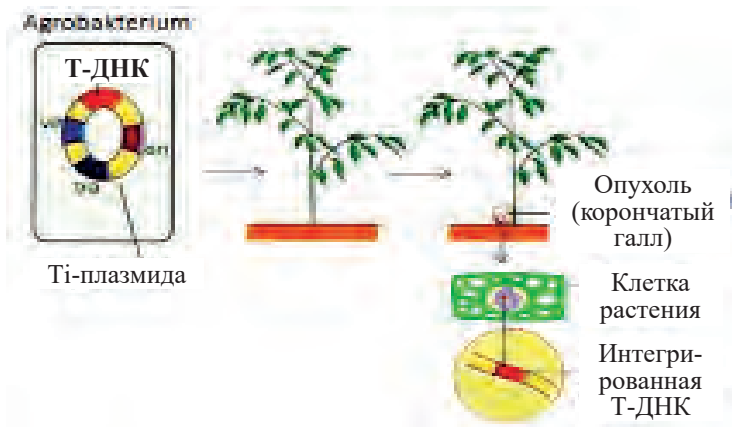


Рис.71. Образование гена Т-ДНК в геноме травяных клеток и образование опухоли.

Сначала ученые получили штамм этой бактерии, не вызывающий опухолей, но не лишенный возможности вносить свою ДНК в клетку. В дальнейшем нужный ген сначала клонировали в *Agrobacterium tumefaciens* и затем заражали уже этой бактерией растение. После чего инфицированные клетки растения приобретали нужные свойства, а вырастить целое растение из одной его клетки сейчас не проблема.

Довольно большой размер Тi-плазмиды Агробактериума несколько затрудняет ее использование в генной инженерии. Поэтому для перестройки наследственности растения методом генной инженерии при помощи рестриктазы получают отрезок ТДНК, плазмиды которого соединяют с плазмидой рBR 322 (пи-би-эр 322) и клонируют. Созданная искусственная плазида несколько меньше, чем Тi плазида, и использование ее намного легче и эффективнее. Такие молекулы (созданные искусственные плазмиды) называются векторными конструкциями. На отрезок ТДНК векторной конструкции пересаживают растительный ген. В результате этого Т-ДНК теряет способность вызывать опухоль, так как она уже разделена на два отрезка чужеродным геном.

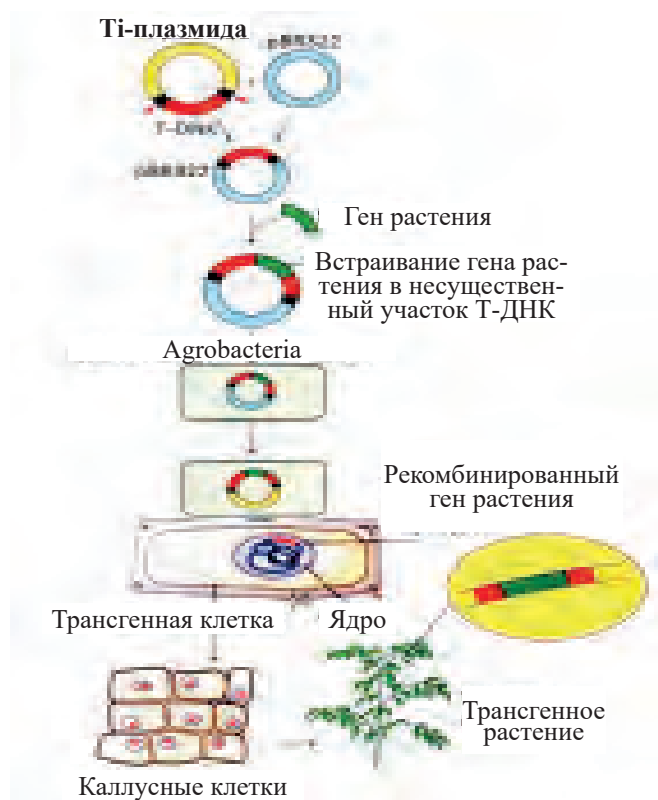


Рис.72. Получение трансгенных растений.

Векторная конструкция, содержащая расчлененные ТДНК и чужеродный ген, внедряется в безвредные для растения специальные штаммы Агробактериума, Тi-плазида которого не содержит ТДНК. При зараже-

нии растительной клетки этими бактериями Ti-плазмиды Агробактерии с помощью своего специального аппарата трансформации встраивает чужеродный ген в геном растительной клетки. В последние годы разработаны методы внедрения в растительную или животную клетку чужеродного гена в составе векторной конструкции с помощью сверхмощного электрического поля или генных пушек. Из растительной клетки, подвергнутой трансформации, получают трансгенное растение (рис.72).

В результате деления трансгенной растительной клетки образуется скопление клеток, которое называется каллусной тканью. Отдельные клетки каллусной ткани помещаются в питательную среду и они под действием растительных гормонов или других регуляторных веществ начинают делиться по специальной программе. В результате из таких клеток поэтапно развивается зародыш растения, из него нормальное во всех отношениях, зрелое трансгенное растение. В хромосомах каждой его клетки содержится пересаженный ген. Поэтому когда трансгенное растение размножается половым путем, пересаженный чужеродный ген передается по наследству.

С помощью генной инженерии выведены сорта растений, которые отличаются устойчивостью к заболеваниям и вредителям. Например, созданы устойчивые и раннеспелые трансгенные формы хлопчатника.



Ключевые слова: вектор конструкция, канамицин, трансгенность, клетки меристемы, плазмиды Ti-, плазмиды Ri-, плазмиды pBR 322, каллусная ткань



Вопросы и задания:

1. Расскажите о понятии "трансгенное растение".
2. Объясните последовательность создания векторной конструкции.
3. Объясните последовательность создания трансгенного растения.
4. Что вы знаете о трансгенных растениях?

§ 32. ИЗМЕНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНОЙ ИНЖЕНЕРИИ. ГИБРИДОМА

Достижения клеточной и генной инженерии нашли свое применение и при улучшении пород животных. Одной из первых в этом направлении является биотехнология получения в больших количествах яйцеклеток крупного рогатого скота с высокими хозяйственными и генетическими

показателями. Известно, что у коров за один год образуется только одна, иногда две яйцеклетки, что не дает возможности быстро приумножать качественные породы крупного рогатого скота. Введение инъекций определенного гормона коровам, дающим высокие удои качественного молока, позволило добиться образования у опытных коров большого количества яйцеклеток. Эти клетки были выделены из матки коров и оплодотворены в искусственных условиях. Образовавшиеся зиготы имплантированы в матку непородистых коров, не имеющих хозяйственно ценных показателей. В результате от непородистой коровы получено потомство ценной породы. Эта биотехнология применяется и в нашей стране.

Всемирно известная американская компания Монсанто, используя методы генной инженерии, начала производство гормона роста (growth hormone), который был инъецирован коровам. Это позволило добиться увеличения надоев молока.

Микроинъектирование зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) различными генами и получение трансгенных мышей или крыс практикуется во многих лабораториях. В нашей стране под руководством академика Ж. Х. Хамидова, благодаря использованию этого метода, путем введения в зиготу кроликов гена гормона роста выведены трансгенные кролики, отличающиеся более быстрым ростом по сравнению с обычными.

Клонирование животных. Известно, что колония бактерий, образовавшаяся в результате деления одной клетки микроорганизма, называется клоном. Клоны растений получают в искусственных условиях культивированием одной клетки или путем вегетативного размножения. Поскольку высшие животные не размножаются вегетативным путем, задача получения их клонов до недавнего времени считалась проблематичной. В 1977 г. английским ученым Дж. Гордоном была разработана биотехнология создания клонов высших животных (рис.73).

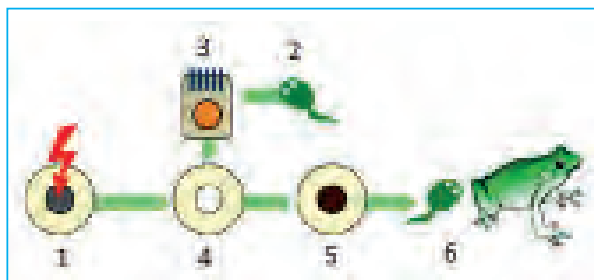


Рис.73. 1 – разрушение ядра яйцеклетки лягушки;
2, 3, 4, 5 – перенос ядра клетки кишечника головастика в яйцеклетку с удаленным ядром;
6 – развитие полноценной лягушки.

В 1997 г. учеными шотландского Рослинского института был создан клон овцы и это открытие наделало много шума. До этого эксперимента в зиготу с удаленным ядром пересаживалось ядро из другой эмбриональной клетки, и образовавшаяся трансплантная яйцеклетка имплантировалась в матку неродной (суррогатной) матери. Отличие результатов опытов ученых Рослинского института от опытов Дж. Гордона и других описанных выше экспериментов состоит в том, что он впервые добился получения зрелого организма путем введения в зиготу с удаленным ядром ядра, выделенного из соматической клетки взрослого половозрелого организма (рис. 74).

Гибридомы. Развитие клеточной инженерии привело к возникновению биотехнологии получения гибридом и создало возможности для синтеза моноклональных антител.

Известно, что нормальные клетки делятся и размножаются очень медленно, и их деление ограничено. Раковые же клетки обладают свойством неограниченного и быстрого роста и размножения. Биомассу нормальной клетки, синтезирующей любой полезный белок, можно размножить в искусственных условиях и получать эти белковые вещества в больших количествах. Однако в силу ограниченности биомассы нормальных клеток эти проблемы не находили своего решения.

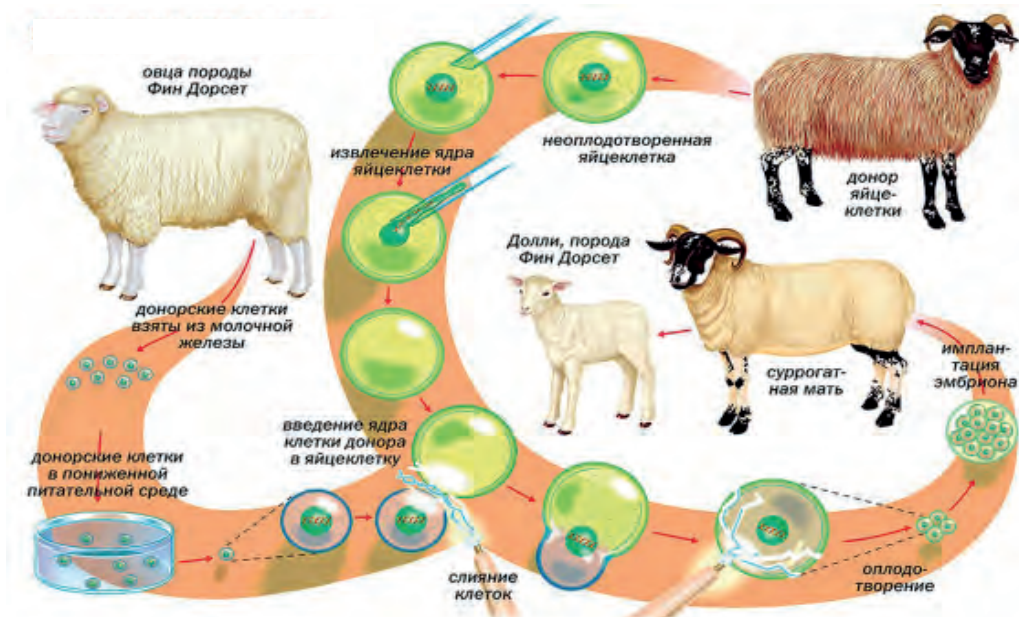


Рис.74. Создание овечьего клона.

В 1975 г. английские ученые Келер и Мильштейн путем слияния лимфоцитной клетки, синтезирующей в искусственных условиях антитела, с раковой клеткой, обладающей свойством неограниченного роста, создали гибридную клетку, не имеющую аналогов природе. Эта клетка была названа гибридомой. В результате была достигнута возможность неограниченного размножения клеток, синтезирующих антитела в искусственных условиях (рис.29).

Гибридная клетка может быть получена в результате целесообразного соединения любой клетки с раковыми клетками. В настоящее время эта технология может быть использована наравне с генной инженерией при синтезе белковых регуляторов, антител и гормонов. Поэтому возможности биотехнологии, основанной на клеточной инженерии, неограниченны.



Ключевые слова: трансгенная мышь, Дж. Гордон, институт в Рослине.



Вопросы и задания:

1. Какие существуют пути клонирования животных?
2. Какие преимущества клетки гибридомы вы знаете?
3. Как получают гибридомы, для производства моноклональных антител?
4. Каково значение моноклонального антитела?



Задания для самостоятельной работы: Соедините понятия с определением.

1	Бактериофаги	A	Бактерия содержащая в составе генома неактивный профаг
2	Генная инженерия	B	Бактерия, возбуждающая болезнь
3	Электрофорез	D	Несколько генов, схожих по структуре и участвующих в регуляции последовательности сложного биологического процесса
4	Биотехнология	E	Манипулирование генами или совокупностью генов организма в интересах человека
5	Лизогенная бактерия	F	Выведение профагом того или иного гена из генома бактерии в период индукции
6	Штамм	H	Технология производства продукта с использованием биологических макромолекул и организмов.
7	Трансдукция	G	Метод разделения молекул в специальном геле, помещенном в электрическое поле установки, по величине их отрезков

8	Трансформация	I	Клетки бактерий, относящихся одному виду, но различающихся некоторыми генами.
9	Семейство генов	K	Вирусы, паразитирующие на бактериях и подвергающие их лизису.
10	Патогенная бактерия	L	Процесс соединения, в определённых условиях, любой части наследственной молекулы одного организма в состав наследственной молекулы другого организма

§ 33. БИОТЕХНОЛОГИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ГЕННОЙ И КЛЕТОЧНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Технология, созданная при участии биологических макромолекул и организмов с использованием знаний и закономерностей жизненных процессов, протекающих в живых существах, называется биотехнологией.

Возникновение биотехнологии своими корнями уходит в давние времена, когда люди на основе биологических процессов бессознательно использовали технологию приготовления простокваши из молока, браги из фруктовых соков.

Кроме того, в основе разведения племенных животных или создания качественных сортов растений также лежит успешное регулирование человеком жизненных процессов. Такие биологические технологии являются несколько упрощёнными проявлениями биотехнологии и называются традиционными биотехнологиями.

Позднее в результате развития биологических наук, в частности, биохимии, микробиологии и генетики, были заложены основы довольно сложной, весьма тонкой и эффективной современной биотехнологии. Открытие способов манипуляции (клонирование, трансформация) генетическим материалом организмов обеспечило ускоренные темпы развития биотехнологии. Современная биотехнология развивается по пути получения необходимых для человека веществ из биомассы микроорганизмов путем их размножения в промышленных масштабах, а также в направлениях ферментной, генетической и клеточной инженерии.

В основе биотехнологий, разработанных в течение XX в., лежат микроорганизмы. Созданы возможности для производства различной про-

дукции – лекарств, продовольственных продуктов и других биологически активных веществ с использованием быстро размножающихся и хорошо изученных в генетическом отношении микроорганизмов. Например, путем введения в геном бактерии гена инсулина, выделенного из поджелудочной железы человека, можно получать биологически активный гормон инсулин в чистом виде или путем введения гена гормона роста вырабатывать большие количества гормона соматотропина, культивируя его бактерии в искусственных условиях. Ныне многие биотехнологические компании мира производят этим методом различные лекарства.

На сегодняшний день, методами современной биотехнологии, при помощи генной инженерии для фармацевтики производятся интерфероны, инсулин, соматотропин, вакцины против гепатита, ферменты, сырьё для диагностики в клинических исследованиях (для тестовых систем в выявлении наркомании, гепатита и других инфекционных заболеваний, реактивы для биохимических исследований, изготовления мягкого биологического пластмасса, антибиотиков).

Как выявили учёные, в хлебе белков не много, в хлебе не достаёт также незаменимых аминокислот – лизина, триптофана, метионина. Этот вопрос легко можно решить биотехнологическим путём. Как утверждают учёные, при добавлении в 1 т. муки 150 граммов лизина наблюдается улучшение состава белка в хлебе.

В общем, развитие биотехнологии и микробиологии, это не только производство многотонной драгоценной продукции питания, но и возможность производить физиологически активных веществ. Самые большие успехи этого периода были достигнуты, с одной стороны, благодаря выяснению полной последовательности генома человека и, с другой, – открытию 25 тысяч генов, регулирующих все жизненные процессы, протекающие в растениях, начиная с прорастания семян и кончая плодоношением.

Одним из последних достижений генетической инженерии является технология лечения различных наследственных заболеваний человека посредством введения в его клетки функциональных генов. Это называется генной терапией. Широкое изучение генома человека еще больше увеличило возможности лечения наследственных болезней с помощью генной терапии.

Большие успехи в биотехнологии достигнуты в направлении клеточной инженерии. Выделяя одну здоровую клетку из органа больного и культиви-

вируя ее в искусственной питательной среде, можно получить набор клеток, относящихся к определенной ткани, и даже восстановить этот набор клеток до целого органа. Затем этот новый орган пересаживают больному. Это называется технологией создания «новых» органов. Открытие в 1998 г. американским ученым Дж. Томсоном «стволовых» клеток (англ. stem cells) намного облегчило эту трудность и открыло широкие возможности для развития технологии создания «новых» органов. «Стволовые» клетки – это недифференцированные клетки, похожие на эмбриональные клетки и обладающие способностью расти в искусственной среде до образования любой ткани. К настоящему времени полностью разработаны технологии получения тканей, присущих различным органам животных. Теперь на очереди стоит задача создания с использованием полученных тканей «новых» органов тела, схожих по функциям и форме с нормальными органами. Эта работа осуществляется бурными темпами в лабораториях мира.



Ключевые слова: реактивы, лизин, протеаза, основные клетки.



Вопросы и задания:

1. Какая продукция производится при помощи генной инженерии?
2. Какие меры принимаются для увеличения в составе хлеба количества белков и уровня насыщенности?
3. Каковы достижения в области получения и производства ферментов, витаминов, лекарств?

§ 34. ДОСТИЖЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Исследования по генной инженерии в Узбекистане развернулись еще в начале 80-х годов прошлого века по инициативе академика Абида Садыкова, возглавлявшего Академию наук республики. Возглавил же научный поиск академик Абдусаттар Абдукаримов. Под его руководством в лаборатории генной инженерии и биотехнологии был проведен ряд фундаментальных исследований по созданию трансгенного хлопчатника. В 1992 году во время

посещения лаборатории Президентом Исламом Каримовым была поставлена задача поднять исследования на мировой уровень, подготовить и привлечь к ним молодые квалифицированные кадры. Для исследований было выделено целевое финансирование, закреплено самое современное лабораторное оборудование, созданы условия для повышения квалификации сотрудников. Правительство Узбекистана утвердило программу «Генинмар» и в только что получившей суверенитет республике создало первый новый научный центр. Новому крупному научному учреждению дали название Институт генетики и экспериментальной биологии растений. Практические результаты по выведению трансгенных сортов получены к 90-м годам минувшего века. Совместно с биотехнологическим центром Техасского университета сельского хозяйства и механики США и нашими учеными под руководством академика Абдусаттара Абдукаримова к началу 2000 года были выделены и клонированы несколько десятков генов, отвечающих за качество волокна хлопчатника, его раннее цветение и стойкость к различным стрессам.

Учеными лаборатории, руководимой профессором Ш. С. Азимовой, успешно завершён научный проект по созданию диагностикума с применением методов геной и клеточной инженерии для диагностики опасного заболевания печени – гепатита В, известного в народе под названием желтуха, и вакцины, предупреждающей эту болезнь.

Научная группа под руководством доктора биологических наук Р. С. Мухамедова и ведущего научного сотрудника Б. Ирисбаева с применением технологии ПЦР широко внедрила в практику биотехнологию генно-инженерной диагностики десятков опасных наследственных заболеваний.

В сотрудничестве с Республиканским кардиологическим центром изучаются закономерности наследования заболевания кардиомиопатии (Б. Ирисбаев, Г. Хамидуллаева).

Учёные Института судебно-медицинской экспертизы при Министерстве юстиции совместно с центром «Генинмар» внедрили и усовершенствовали метод геной дактилоскопии (геновая дактилоскопия – определение неизвестного лица по ДНК-последовательности гена и спектру генов) (Р. С. Мухамедов и А. Икрамов). Профессор О. Т. Адылова выделила группу генов, обезвреживающих пестицидные остатки в почве и подземных водах, из штамма бактерии *Pseudomonas* и пересадила их в бактерию

ризосферу, обитающую на поверхности волокон сосудов хлопчатника. Итогом этих экспериментов должно стать освобождение площадей, засеваемых хлопчатником, от остатков гербицидов и пестицидов, которыми обрабатывался хлопчатник в течение десятков лет.

Также нашими учеными создана технология регулирования активности генов путем использования методов «выключения» генов, или иначе «геннокаут». Это позволило выключить функции нескольких генов, которые ответственны за длину волокна хлопчатника и препятствуют его цветению. Расцветания, полученные по этой технологии имели ускорение вегетативного роста и более длинную корневую систему. Их цветение и созревание наступало на 10–15 дней раньше, увеличилась длина волокна. Эта технология применяется и к другим сельскохозяйственным растениям.

Основанная на генных технологиях селекция, позволит существенно сократить сроки выведения новых сортов, снижать затраты и гарантирует высокое качество продукции.

Центром «Генинмар» создан и внедрён в жизнь целый ряд генно-инженерных биотехнологий в областях экологии, сельского хозяйства, юстиции и здравоохранения Узбекистана. Создание высокоурожайных сортов трансгенных форм растений, устойчивых к холоду, засухе и засолённости является главной задачей генной инженерии.



Ключевые слова: Цепная реакция, полимеразы, дактилоскопия гена.



Вопросы и задания:

1. Расскажите об определяющих факторах развития генной инженерии в Узбекистане?
2. Что вы знаете об исследованиях и о полученных результатах в сфере генетической инженерии и биотехнологии в Узбекистане?
3. Назовите направления биотехнологии.
4. Как вы представляете будущее генной и клеточной инженерии?
5. Что такое генная терапия?
6. Какими свойствами обладают основные (соматические) клетки?
7. Как вы считаете, возможно ли создание заново органов человека в пробирке?

ГЛАВА V. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 35. ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОЙ УРОВЕНЬ ЖИЗНИ. ПОНЯТИЕ «ВИД». КРИТЕРИИ ВИДА

В предыдущих классах вы ознакомились с систематикой растений и систематикой животных. Как вам известно, основой классификации является вид (единица классификации или элементарная единица). Родственные виды объединяются в высшие систематические категории. Согласно бинарной номенклатуре научное название вида состоит из двух частей: первая часть – название рода, вторая часть – видовое название. Например, *Gossypium hirsutum* – хлопчатник обыкновенный, вид хлопчатника, который обладает совокупностью признаков.

Вопрос о происхождении вида всегда интересовал ученых. В процессе развития науки биологии многие учёные в своих исследованиях пытались решить эту проблему. В следующих параграфах вы познакомитесь с научными исследованиями многих ученых. Исследования, проведенные с целью изучения развития органического мира, имеют значение с точки зрения вклада этих исследований в развитие науки. Органический мир исторически развивался очень длительное время. Об этом свидетельствует изучение остатков палеонтологических раскопок и сопоставление их со строением современных организмов. Надо отметить, что идеи о эволюции мира опирались на результаты биологических исследований.

Вид – это совокупность популяций особей, сходных по морфологическими, физиологическими, этологическими, генетическими, биохимическими особенностями, способных к скрещиванию, дающих плодовитое потомство, населяющих определённую территорию (ареал). Популяции одного вида отличаются некоторыми особенностями, т.е. изолированы от других популяции данного вида. Вместе с тем вид – это целостная живая система (биосистема), состоящая из различных популяций, объединённых общим генофондом, обеспечивающим его качественное отличие от других видов. Структура вида зависит от числа и разнообразия его популяций. Популяция выступает главным структурным компонентом вида. Все виды в природе существуют в форме различных популяций. Любой вид – это реально существующая, генетически неделимая, политипическая (многопопуляционная) единица живого мира. Обычно количество популяций, населяющих обширные ареалы, велика, так как, в окраинах обширных ареалов условия среды различны.

Благодаря популяциям вид представляет собой сложную, многоликую, репродуктивно изолированную динамическую биосистему. Разнообразие популяций у одного и того же вида позволяет подчеркнуть свойства этого вида, охарактеризовать его структуру, связи и роль в природе.

Знание о виде как о качественном и основном этапе эволюционного процесса возникло не сразу. Представление о виде как о биологической категории впервые ввёл английский ботаник Джон Рей. О виде выразили свои мнения многие учёные. К. Линней признал реальное существование вида в природе, отметил, что виды постоянные – неизменчивы. Ж. Б. Ламарк, рассуждая об изменяемости видов, разработал основы эволюционной гипотезы изменения видов, но отрицал реальность существования видов, считал, что в природе существуют только индивиды (особи).

Ч. Дарвин рассматривал вид как исторически возникающую и изменяющуюся совокупность организмов и определил механизмы образования видов.

Положительная сторона данного определения состоит в том, что оно трактует в качестве вида совокупность скрещивающихся между собой и размножающихся организмов. Однако не следует забывать, что не все организмы размножаются половым путем. В природе существуют организмы, способные размножаться бесполым путем. Отсюда следует, что в биологической науке еще не сформулировано определение вида, охватывающее специфические признаки и свойства всех видов организмов. В природе существует огромное количество видов живых существ. Для характеристики свойств вида часто используют определённые признаки критерии, позволяющие отделить один вид от другого. Критерии вида – ряд признаков и свойств, по которым виды отличаются друг от друга.

Морфологический критерий. Морфологический критерий определяется схожестью во внешнем и внутреннем строении организмов. Это был первый и долгое время единственный критерий, используемый для описания видов. По внешнему виду, размерам и окраске можно, например, легко отличить сороку и грача, капустную белянку и репейницу (рис.75). Представителей семейства синиц легко различить по морфологическому критерию (рис.76).

Морфологический критерий самый удобный и поэтому широко используется в систематике. Однако этот критерий недостаточен для различения видов. В пределах вида внешне особи могут сильно отличаться друг от друга. Наблюдается морфологическое отличие самок и самцов -половой диморфизм (рис.77).



Рис.75. 1 – капустная белянка;
2 – репейница.

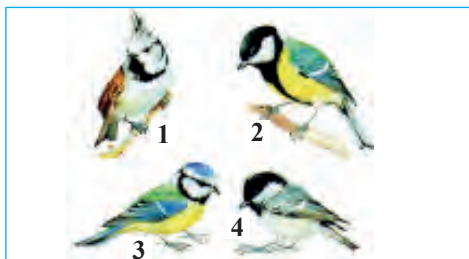


Рис.76. 1 – хохлатая синица;
2 – большая синица; 3 – лазуревка;
4 – московка.

Этот критерий недостаточен для различения видов, которые имеют значительное морфологическое сходство. К настоящему времени накоплены факты, свидетельствующие о существовании видов-двойников, не имеющих заметных морфологических различий, но в природе не скрещивающихся из-за наличия разных хромосомных наборов. Установлено, у черной крысы, малярийного комара и мушки дрозофилы существует виды – двойники, внешне не различимые. Виды-двойники встречаются также у земноводных, пресмыкающихся, птиц и даже у млекопитающих. Следовательно, морфологический критерий не является определяющим для разграничения видов. Однако данный критерий в течение длительного времени считался основным и единственным при определении видов.

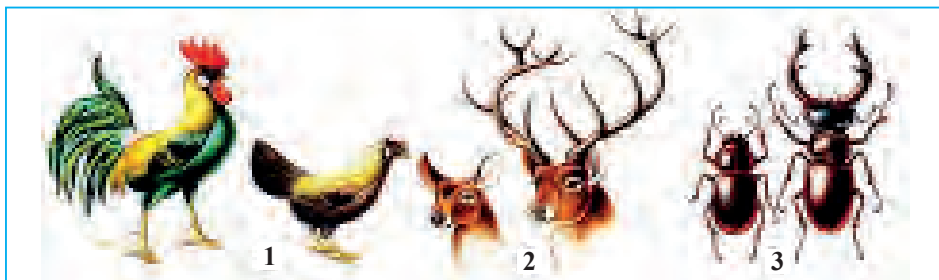


Рис.77. Половой диморфизм: 1 – у птиц; 2 – у млекопитающих; 3 – у насекомых.

Физиологический критерий заключается в сходстве жизненных процессов: питания, дыхания, роста, развития и в первую очередь в возможности скрещивания между особями одного вида с образованием плодотворного потомства. Между разными видами существует физиологическая изоляция. Представители различных видов не скрещиваются между собой, а если и скрещиваются, то не дают потомства. Нескрещиваемость видов объясняется различиями в строении половых органов, разными

сроками размножения и другими причинами. В то же время между некоторыми видами живых организмов скрещивание возможно, при этом могут образовываться плодовые гибриды. Собака и волк, тополь и ива, канарейка и яблук дают плодородное потомство.

Биохимический критерий позволяет различить виды по биохимическим параметрам (состав и структура определенных белков, нуклеиновых кислот и других веществ). Известно, что синтез определенных высокомолекулярных веществ присущ лишь отдельным группам видов. Но главными считаются различия в качестве и количестве молекул ДНК и белков в клетке. При определении видовой принадлежности организмов решающее значение имеет установление различий в их нуклеиновых кислотах. Однако этот критерий не находит широкого применения – он трудоемкий и далеко не универсальный.

Географический критерий основан на том, что каждый вид характеризуется определенным географическим ареалом. Многие виды занимают разные ареалы. Но огромное число видов имеет совпадающие или перекрывающиеся ареалы. Кроме того, существуют виды, не имеющие четких границ распространения. Существуют также виды, которые имеют разорванный ареал. В силу этих обстоятельств географический критерий, как и другие, не является абсолютным.

Экологический критерий основан на том, что каждый вид может существовать только в определенных условиях, выполняя соответствующую функцию в определенном биогеоценозе. Иными словами, каждый вид занимает определенную экологическую нишу. Например, лютик едкий произрастает на пойменных лугах, лютик ползучий – по берегам рек и канав, лютик жгучий – на заболоченных местах. Существуют, однако, виды, которые не имеют строгой экологической приуроченности (рис.78).



Рис.78. 1 – лютик едкий; 2 – лютик жгучий; 3 – лютик ползучий.



Рис.79. Виды двойники черных крыс.

Генетический критерий основан на различии видов по кариотипам, т. е. по числу, форме и размерам хромосом. Для подавляющего большинства видов характерен строго определенный кариотип. Так, под названием «крыса черная» различают два вида-двойника: крыс, имеющих в кариотипе 38 хромосом и крыс, имеющих 42 хромосомы (рис.79). Однако и этот критерий тоже не является универсальным. Во-первых, в пределах одного и того же вида могут встречаться особи с разной формой и разным числом хромосом. Во-вторых, у многих разных видов число хромосом одинаково и форма их сходна. Например, капуста и редька имеют по 18 хромосом.

Этологический критерий особенности видового поведения. В первую очередь учитываются особенности поведения в брачный период, период гнездования, забота о потомстве.

Итак, каждый критерий в отдельности не может быть основанием для определения вида, только в совокупности они позволяют точно выяснить видовую принадлежность живого организма.



Ключевые слова: вид, критерии вида, морфологический, физиологический, географический, экологический, генетический и биохимический.



Вопросы и задания:

1. Что вы понимаете под понятием «вид»?
2. Какой учёный ввёл в науку понятие «вид»?
3. Какое мнение о виде было у учёных?
4. Что такое «критерии вида»?
5. Какое значение имеет применение критериев вида при их различении?
6. Где произрастают различные виды лютика и по каким критериям их можно различить?

§ 36. ПОПУЛЯЦИЯ – ЭТО ЧАСТЬ СТРУКТУРЫ ВИДА И ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЕДИНИЦА ЭВОЛЮЦИИ

В предыдущих темах вы познакомились с понятием «вид». Действительно, вид это сложная система, состоящая из особей, способных к свободному скрещиванию, дающему в ряду поколений плодовитое потомство. Популяция – внутривидовая группировка особей. Популяция – это наименьшее подразделение вида, форма существования вида. В популяциях проявляются все основные свойства вида как в части целого. Одна популяция бывает обособленной от другой.

Популяция – совокупность свободно скрещивающихся особей вида, которые длительное время существуют относительно обособленно от других популяций на определенной части ареала. Особи одного вида могут жить также семьями, стадами, стаями. Однако они недолговечны и могут быстро распадаться или объединяться. Поэтому их нельзя назвать элементарными единицами эволюции. В зависимости от площади ареала, населенного определенным видом, число популяций в нем может быть различным. В обширном ареале число популяций видов, как правило, больше, в небольшом ареале меньше. А площадь ареала популяции зависит от скорости передвижения животных, а у растений – от расстояния, в пределах которого они могут перекрестно опыляться. Так, виноградная улитка передвигается в радиусе нескольких десятков метров, а северная лиса – в радиусе нескольких сотен километров.

Популяции состоят из особей. Особь – это отдельный организм или живое существо, индивид. Особь является дискретной и неделимой единицей жизни, происходящей от одной зиготы (при половом размножении) или одной споры, почки (при вегетативном размножении).

В связи с размерами ареала популяций может значительно изменяться и численность особей в популяциях. У насекомых численность особей в отдельных популяциях может достигать сотен тысяч и миллионов особей. С другой стороны, популяции некоторых животных могут быть сравнительно небольшими по численности. Например, популяция уссурийского тигра насчитывает около 300–400 особей.

Составляющие популяцию организмы связаны друг с другом различными взаимоотношениями. Они конкурируют друг с другом за те или иные виды ресурсов, могут поедать друг друга или, напротив, вместе обороняться от хищника. Внутренние взаимоотношения в популяциях очень сложны и противоречивы. Гибель отдельных ослабленных организмов (например, от хищников) может улучшить качественный состав популяции (в том числе качество наследственного материала, которым располагает популяция), повысить ее способность к выживанию в меняющихся условиях среды.

В пределах каждой популяции организмов, размножающихся половым путем, идет постоянный обмен генетическим материалом. Скрещивание особей из разных популяций происходит гораздо реже, поэтому генетический обмен между разными популяциями ограничен. В результате каждая популяция характеризуется своим специфическим набором генов – генофондом с присущим только данной популяции соотношением частот

встречаемости разных аллелей. Таким образом, существование в форме популяций повышает внутреннее разнообразие вида, его устойчивость к местным изменениям условий жизни, позволяет ему закрепляться в новых для себя условиях. От свойств популяций во многом зависят направление и скорость эволюционных изменений, протекающих внутри вида. Процессы образования новых видов берут начало в изменениях свойств отдельных популяций.

Изменения генофонда популяций. Обладая специфическим генофондом, находящимся под контролем естественного отбора, популяции играют важнейшую роль в эволюционных преобразованиях вида. Все процессы, ведущие к изменениям вида, начинаются на уровне видовых популяций и являются направленными процессами преобразований популяционного генофонда. Факторы эволюции – это любые явления или процессы, оказывающие какое-либо воздействие на эволюцию организмов. К элементарным факторам эволюции относят: мутационный процесс, колебания численности («волны жизни»), изоляцию и др.

Мутационный процесс – это внезапные, естественные или вызванные искусственно наследуемые изменения в генетическом материале, приводящие к изменению отдельных признаков организма. Мутации могут возникать в результате нарушения процессов репликации ДНК или при расхождении хромосом как ошибки при воспроизведении генетического материала, происходящие спонтанно или под действием каких-то факторов внешней среды (мутагенов). В зависимости от характера изменений в генетическом материале различают генные – совершаемые путём новых вставок или выпадения нуклеотидов в молекулах ДНК, вставок молекул ДНК в ген, хромосомные – перемещения участков генетического материала в пределах одной хромосомы или между хромосомами, геномные – изменения числа хромосом в клетках организма, цитоплазматические мутации. Эти мутации, посредством комбинатив-

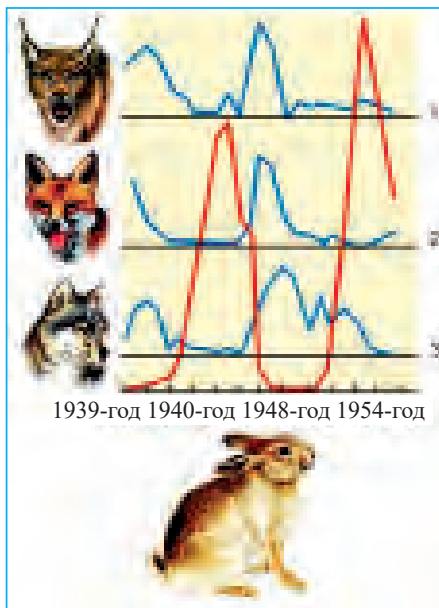


Рис.80. Рост популяции.

ной изменчивости, передаётся по наследству. Большинство мутаций, являясь рецессивным, не проявляются в фенотипе гетерозигот.

Мутации как активно действующий фактор обеспечивают постоянные изменения в наследственном материале особей и популяций в целом. Мутации – важный источник появления качественно новых признаков в генофонде популяции.

Большинство особей в популяции являются носителями мутаций. Значительная часть мутаций, как правило, вредна для организма, но некоторые из них могут принести определённую пользу. Вредные мутации устраняются в процессе естественного отбора. К тому же иногда мутации, вредные в одних условиях, в иных обстоятельствах могут быть полезными. Таким образом, мутационный процесс является важным поставщиком элементарного эволюционного материала, из которого естественный отбор путём выбраковывания вредных изменений сохраняет полезные изменения в генотипах особей популяции.

Мутационная изменчивость и естественный отбор в течение длительного времени могут привести к изменению соотношения организмов с разными генотипами в популяции, другими словами, вызвать изменения в генофонде популяции. Изменения генофонда популяции есть первый шаг в сторону эволюционного процесса.

А как можно узнать, произошли или нет изменения в генофонде популяции? Обычно путем подсчета в нескольких поколениях различных организмов с признаками, обусловленными действиями того или иного гена из генофонда популяции, определяют число повторений их в каждом поколении и, сравнивая их соотношение, судят о наличии или отсутствии изменений генофонда. Длительно протекающие в определенном направлении изменения генофонда популяции называются элементарными явлениями эволюции.

Дрейф генов или генетико-автоматические процессы – явление ненаправленного изменения частот аллельных вариантов генов в популяции, т.е. случайное проявление результатов комбинативной изменчивости, обусловленное случайными статистическими причинами. Один из механизмов дрейфа генов заключается в следующем. В процессе размножения в популяции образуется большое число половых клеток – гамет. Большая часть этих гамет не формирует зигот. Тогда новое поколение в популяции формируется из выборки гамет, которым удалось образовать зиготы. При этом возможно смещение частот аллелей относительно предыдущего поколения.

Дрейф генов – случайное ненаправленное изменение частот аллелей в популяции. Обычно это явление характерно для малых популяций, здесь действие случайных процессов приводит к заметным последствиям. В малых популяциях частота мутантного аллеля меняется быстро, случайным образом, и с высокой вероятностью происходит либо утрата аллеля, либо его высокая концентрация.

С. Райт экспериментально доказал, что в малых популяциях частота мутантного аллеля меняется быстро и случайным образом. Его опыт был прост: в пробирки с кормом он посадил по две самки и по два самца мух дрозофил, гетерозиготных по гену А. В этих искусственно созданных популяциях концентрация нормального (А) и мутационного (а) аллелей составила 50 %. Через несколько поколений оказалось, что в некоторых популяциях все особи стали гомозиготными по мутантному аллелю (а), в других популяциях он был вовсе утрачен, и, наконец, часть популяций содержала как нормальный, так и мутантный аллель. Важно подчеркнуть, что, несмотря на снижение жизнеспособности мутантных особей и, следовательно, вопреки естественному отбору, в некоторых популяциях мутантный аллель полностью вытеснил нормальный. Это и есть результат случайного процесса – дрейфа генов. Дрейф генов приводит к изменению генофонда популяции. Причиной дрейфа генов могут быть популяционные волны, особенно в период их спада. Наиболее отчетливо проявляется при резком сокращении численности популяции в результате стихийных бедствий (лесной пожар, наводнение и др.), массового распространения вредителей.

Популяционные волны одна из частых причин дрейфа генов. Особенно сильно колебания численности выражены у насекомых, хищников, растительноядных животных. Численность популяций зависит от деятельности человека

Из собственных наблюдений вам известно, что в годы с благоприятными погодными условиями число некоторых организмов резко увеличивается, а в годы, когда эти условия неблагоприятные, оно резко сокращается. Такое явление касается особей любой популяции. Так, в годы с обильными весенними осадками однолетние и многолетние растения – подснежник, костер кровельный, мятлик луковичный, одуванчик, паслен – усиленно растут и обильно плодоносят. Это может способствовать также увеличению особей насекомоядных и травоядных животных. Возрастание численности насекомоядных и травоядных животных приводит, в свою очередь, к увеличению численности насекомоядных птиц и хищных жи-

вотных. Заметное увеличение или резкое сокращение численности организмов популяции называется **популяционной волной** (рис.80).

Причинами резких непериодических снижений численности популяции могут также быть стихийные бедствия: засухи, пожары, наводнения. Популяционные волны играют большую роль в ходе микроэволюции. Таким образом, популяционные волны способствуют изменению частот аллелей и генотипов, они являются поставщиком исходного материала для действия естественного отбора. Частое повторение таких явлений в конечном итоге приводит к изменению генофонда популяции.

Изоляция. Между отдельными популяциями или группами популяций возникнут какие-либо препятствия, затрудняющие обмен генами (изоляция). При изоляции возникают репродуктивные барьеры, препятствующие свободному скрещиванию изолированной группы с другой частью популяции или особей двух изолированных популяций между собой. Изоляция есть прекращение потока генов географическими преградами, особенностями строения, физиологии, поведения организмов. Находясь в несколько разных условиях среды и испытывая влияние постоянно действующих элементарных эволюционных факторов, изолированные популяции будут все более и более различаться по своим генофондам. Таким образом, изоляция – это постоянное ограничение свободного скрещивания (панмиксии). Изолированные популяции могут эволюционировать самостоятельно, что в конечном итоге может привести к возникновению новых видов. Различают 2 основных типа изоляции: пространственную (географическую) и биологическую (экологическую, этологическую, морфо-физиологическую, генетическую).

Географическая изоляция – обособление определенной популяции от других популяций того же вида каким-либо труднопреодолимым географическим препятствием (море, реки, горы). Географическая изоляция – один из важных факторов видообразования, так как она препятствует скрещиванию и тем самым обмену генетической информацией между обособленными популяциями.

Биологическая изоляция обусловлена разными причинами: различиями в строении половых органов, разными сроками вступления в репродуктивный период, физиологической или генетической несовместимостью, разным поведением и т.д.

Экологическая изоляция – прекращение обмена генами между популяциями под влиянием природной среды вследствие различных сезонных или суточных ритмов в образе жизни и размножении, а также приспособо-

бления к различным участкам биотопа (участок суши или водоёма, занятый определённым биоценозом).

Этологическая изоляция приводит к снижению вероятности оплодотворения ввиду различий в образе жизни и поведения, например, у разных видов птиц отличаются ритуалы ухаживания и брачные песни.

Перечисленные формы репродуктивной изоляции возникают независимо друг от друга и могут сочетаться в любых комбинациях. Любая форма изоляции ведет к разобщению популяций (или их частей) и самостоятельному их эволюционному развитию.



Ключевые слова: популяция, ареал, дрейф генов, географическая обособленность, экологическая обособленность, репродуктивная обособленность.



Вопросы и задания:

1. Что такое популяция?
2. Что означает случайное, спонтанное изменение генов в популяционном генофонде?
3. Что такое популяционные волны?
4. При каком процессе изменяется генофонд популяции?
5. Расскажите о видах изоляции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема : Определение морфологического критерия.

Цель: Ознакомление с морфологическими критериями вида, используя коллекции или гербарий двух разных видов растений, которые произрастают возле учебного заведения и определение морфологических признаков, а также, на основе этого критерия, уточнение принадлежности неизвестного растения к определенному виду.

Оборудование: по 3–5 гербария или растения, взятые из природы (двух разных видов).

Ход работы:

1. Внимательно изучите гербарий или растения, взятые из природы.
2. Определите вид растений на основе морфологического критерия.
3. Охарактеризуйте морфологию каждого вида.
4. Обратите внимание на строение корня, стебля, листьев, на чашечку и лепестки, а также на форму и цвет плода растений, относящихся к разным видам.
5. Определите количество цветков и плодов в каждом кусте растений.
6. Заполните таблицу.

Характерные признаки	1-растения	2-растения
Название растений		
Систематическое место		
Вид корневой системы		
Листья простые или сложные		
Жилкование листьев		
Расположение листьев на стебле		
Стебель травянистый или деревянистый		
Форма стебля по расположению в пространстве		
Околоцветник простой или сложный		
Соцветие		
Плод		

7. Для чего необходимо учитывать все критерии вида для уточнения принадлежности организма к определенному виду? Почему морфологический критерий не является основным критерием для определения видов?

8. Приведите примеры относительности морфологического критерия.

9. Сделайте выводы на основе наблюдений.

§ 37. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИДЕЙ

Идеи стран Древнего Востока. Первые представления о природе, её строении, влиянии на человека, а также о процессах, происходящих в природе, возникли за несколько тысячелетий до нашей эры, задолго до возникновения научных знаний в Египте, Китае, Индии и т.д. Эти представления возникли в процессе занятий собирательством, охотой, позже – скотоводством и земледелием. Например, в древнем Египте выращивали зерновые растения, овощи, фруктовые деревья. Там же разводили одnogорбых верблюдов, кошек, гусей, уток, голубей, несколько видов лебедей, одомашнивали простые виды.

В Древней Индии считали, что природа состоит из 5-ти элементов: огня, земли, воды, воздуха и эфира. В Древнем Китае, также было развито природоведение. В сельском хозяйстве введен метод двух полей, использовали удобрения.

Мировоззрение жителей Центральной Азии, их образ жизни, понимание живой и мертвой (искусственной) природы нашло своё отражение в книге «Авеста». В «Авесте» изображено происхождение мира, природы, события, образ жизни людей. В разделе «Авесты», относящемся к медицине, подчёркивается, что необходимо соблюдать чистоту воды, не допускать загрязнения колодцев и родников, соблюдать чистоту тела и жилища, беречь чистую воду, не приближать нечистоты к колодцам и родникам, быть опрятным, содержать в чистоте жилища, ухаживать за ногтями и волосами. Почва и земля считались священными. Кроме сведений по медицине, существуют рекомендации об увеличении посевных земель, вспашке почвы, посева самых сортовых семян, по разведению скота, ухода за ними.

Взгляды на природу в Древней Греции и Риме. В античной Греции Аристотель, получивший имя первого учителя в развитии природоведения, (384–322 гг. д.н.э.), составил основу классификации животных и сравнительной анатомии, впервые высказал мнение по эмбриологии, также о корреляции органов и о продолжительном развитии в природе. По его мнению, природа медленно развивается из неживых предметов. Аристотелю было известно около 500 видов животных. Он является учёным – основателем классификации животного мира. Аристотель признавал, что при определении животных, необходимо обращать внимание не только на некоторые явления, но и на признаки. Он разделил животных на две группы – «животные с кровью» и «животные без крови», примерно соответствующих позднейшим позвоночным и беспозвоночным. Аристотель разделил «животных с кровью» на 5 «больших родов». «Большие рода» примерно соответствуют нынешним позвоночным животным. Как подчёркивает учёный, строение медузы, актинии, губки, с одной стороны похоже на животных, с другой стороны, на растения. Поэтому он назвал их «зоофитами». Как утверждает Аристотель в произведении «Происхождение животных», эмбрион развивается в определённой последовательности. Он имеет признаки сначала «зоофита», потом животного, затем своего вида, и, наконец, свои индивидуальные признаки. Один из учеников Аристотеля, Теофраст исследовал более 400 видов растений. Он охарактеризовал их строение, физиологию и практическую роль. Теофраст поддерживал мысль о том, что один вид может превращаться в другой.

Древнеримский учёный Тит Лукреций Кар (99–55 гг. до н.э.) высказал мысль, что мир, вселенная, возникли сами собой, животные возникли из сырой земли, первые их предки были физически нежизнеспособные, в

дальнейшем возникли животные движущиеся, питающиеся, скрещивающиеся, способные себя защитить от врагов. Клавдий Гален (130–200гг.) был одним из основателей медицины. Он изучал анатомию овцы, быка, свиней, собак, медведей и многих других позвоночных животных. Он подметил сходство в строении тела человека и обезьяны.

Возникновение эволюционных взглядов в Центральной Азии. В жизни народов Центральной Азии с древнейших времён существовали книги о земледелии, животноводстве, медицине и других направлениях, о явлениях природы.

К примеру, большое теоретическое наследие оставил средневековый учёный Ахмед ибн-Наср ал-Джайхани (870–912) собравший ценные сведения о жизни, развитии видов животных и растений Индии, Китая, Центральной Азии. Он собрал сведения о распространении растений и животных, а также о животных и растениях, которые использует местное население, об их характере и значении.



Рис.81.
Абу Наср Фараби

Абу Наср Фараби (870–950) вёл работу в области ботаники, зоологии, анатомии человека и природоведении. Он показал, что организм человека – это единая система и указал, что заболевания (болезни) связаны с изменением режим питания (рис.81).

Фараби считал, что человек вначале отделился от мира животных, поэтому у него сохранились некоторые сходные черты. Он признавал естественный и искусственный отбор.

В средние века Беруни и Ибн Сина внесли большой вклад в науку о природе. Как указывает *Абу Райхан аль-Беруни* (973–1048 гг.), природа возникла из пяти элементов: пространства, воздуха, огня, воды и почвы. Беруни критически отнёсся к положению древнегреческого учёного Птолемея, что «Земля – центр Вселенной, и она не движущая планета. Он считал, что, возможно, Земля вращается вокруг Солнца, и имеет вид шара. Также он на 500 лет раньше польского астронома Коперника высказал мысль о основах строения Солнечной системы. По его мнению, на поверхности Земли происходят постоянные изменения, в безводных местах появляются реки, моря, которые, в свою очередь, изменяют местность.



Рис.82. Абу Райхан Бируни

Как подчёркивает Беруни, на поверхности Земли, для проживания животных и растений условия ограничены. По этой причине среди живых организмов существует борьба за существование.

Учёный считал, что, если бы природа не ограничивала размножение какого-нибудь вида, этот вид занял бы все пространство на земле. Однако, такому размножению препятствуют другие организмы, и борьба между ними приводит к возникновению более приспособленных организмов. На основе положений, высказанных Беруни, о борьбе за существование, естественном отборе, мы убеждаемся в том, что наш соотечественник констатировал наличие движущих факторов эволюции на 800 лет раньше, чем английский естествоиспытатель Чарльз Дарвин.

По мнению Беруни, все в природе живёт и развивается в соответствии с законами природы. Хотя он ни признавал исторического развития живой природы, но считал что пчелы произошли от растений, черви от мяса, скорпионы от инжира. Согласно предположению учёного, изменение Земной поверхности влечёт за собой изменение растений и животных.

Беруни признавал, что различия в цвете кожи, внешнем виде, характере, поведения людей зависит не только от их наследственности, но также и от почвы, воды, воздуха и условий среды. Он отмечал, что человек в своём развитии далеко ушёл от животных, подчёркивал, что деление людей на высшие и низшие расы является следствием невежества.

Известный учёный-естествоиспытатель Центральной Азии *Абу Али ибн Сина* (980–1037 гг.) верил в объективную реальность природы. По его мнению, горы возникли под воздействием воды или в результате поднятия земли (рис.83)

В своих трудах Ибн Сина отмечал наличие сходства у растений, животных и человека, так как все они питаются, размножаются и растут. Растения находятся на низшей ступени развития, животные – на средней, а человек – на самой высшей.

В средние века, когда запрещалось изучать строение тела человека, Ибн Сина занимался анатомией тайно. Учёный написал много научных трудов, из которых до нас дошли 242. Учёный прославился как один из основоположников медицины. Его классический труд «Канон медицины», настольная книга каждого врача, являющегося энциклопедией медицин-



Рис.83.

Абу Али ибн Сина

ских знаний средневекового Востока. «Канон медицины» состоит из пяти книг. В первой книге описываются строение и функции тела и органов человека, различные заболевания с указанием причин их возникновения, методы их лечения. Во второй книге указываются лекарства, получаемые из растений, минералов и животных, и заболевания, которые излечиваются каждым из них. Третья книга посвящена заболеваниям каждого органа человека, способам их выявления и лечения. В четвертой книге речь идёт о хирургии, то есть лечении вывихов и переломов костей. В пятой книге приводятся сведения о сложных лекарствах и способах их приготовления. «Канон медицины» Ибн Сины на протяжении 500 лет изучался в университетах Европы в качестве основного медицинского руководства. Учёный считал, что причиной некоторых болезней человека (оспа, холера, туберкулёз) являются невидимые организмы. Следовательно, Ибн Сина сделал предположение о распространении инфекционных заболеваний через воду и воздух ещё задолго до открытия микроскопа и на 600–700 лет раньше становления микробиологии как науки.



Рис.84. Захириддин
Мухаммад Бабур

Захириддин Мухаммад Бабур известен не только как правитель и поэт, но и как географ, этнограф, историк и воин (рис.84).

В «Бабурнаме», кроме описания истории, географии, быта, культуры народов Средней Азии, Афганистана, Индии, даются интересные сведения о мире животных и растений. Сведения даются, на основе увиденного и исследованного им строения растений и животных, сходства и различий между ними. Бабур всех животных подразделял на четыре большие группы: животные, живущие на суше; птицы; животные, живущие на побережье; и водные животные.



Ключевые слова: зародыш, Гиппократ, Аристотель, «животные с кровью», «животные без крови».



Вопросы и задания:

1. Расскажите о биологических воззрениях Фараби.
2. Какие открытия сделал Беруни в области биологии?
3. Какой вклад внес Абу Али ибн Сина в медицину?
4. Расскажите об исследованиях Захириддина Мухаммад Бабура в области биологии?



Задания для самостоятельной работы: Напишите о возникновении эволюционных идей о природе учёных до нашей эры.

Древний Египет	Древняя Индия	Древний Китай

Напишите о возникновении эволюционных взглядов учёных Центральной Азии в средние века.

Фараби	Беруни	Ибн Сина	Бабур

§ 38. НАУЧНЫЕ ТРУДЫ К. ЛИННЕЯ, Ж.Б. ЛАМАРКА ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИДЕИ Ж. КЮВЬЕ

В середине XV в. в европейских странах на смену феодализму пришла власть буржуазии. В результате этого стали возникать промышленные центры, крупные города, некоторое развитие получили наука и техника. Стало возможным путешествовать на далекие расстояния. Начались завоевание чужих стран, ограбление их природных богатств, эксплуатация народов. В больших городах создавались ботанические сады и зоопарки. Из других стран в Европу были завезены многие виды растений и животных, неизвестных европейцам. Все это пробудило большой интерес к их изучению.



Рис.85. К. Линней.

В результате этого знания людей в данной области стали гораздо обширней, чем в античный период. Для дальнейшего развития ботаники и зоологии требовалось сначала классифицировать уже известные виды растений и животных. Этим занимался известный шведский ученый *Карл Линней* (1707–1778 гг.) (рис.85).

Самоотверженный ученый описал свыше 10 тыс. видов растений и более 4200 видов животных. Он объединил виды в роды, роды в семейства, семейства в отряды, а отряды в классы. В курсах ботаники и зоологии вы познакомились со многими типами, классами, отрядами, семействами, родами и видами водорослей, споровых, голо- и покрытосеменных растений, беспозвоночных и позвоночных животных.

Во времена К. Линнея многие отрасли биологии ещё не были развиты. По этой причине К. Линней смог создать искусственную систему, опираясь лишь только на некоторые признаки растений и животных. Недостатки системы Линнея состояли в том, что при классификации он учитывал лишь 1–2 признака (у растений – число тычинок, у животных – строение дыхательной и кровеносной системы), не отражающих подлинного родства, поэтому далекие роды оказались в одном классе, а близкие – в разных. Система, созданная им хотя и была искусственной, но она дала возможность в дальнейшем широко изучать органический мир. Работы К. Линнея внесли большой вклад в развитие ботаники, зоологии. Виды в природе Линней считал неизменными



Рис.86.

Ж.Б. Ламарк

Первая эволюционная теория органического мира была разработана французским биологом *Жаном Батистом Ламарком* (1744–1829) (рис.86). Он первым ввёл понятия «беспозвоночные» и «биология». Мысли Ламарка о эволюции нашли своё отражение в его произведениях «Введение в зоологию» (1801) и «Философия зоологии» (1809). Ламарк критически отнёсся к идеям о неизменности видов. По мнению Ламарка, категории класс, отряд, род, вид искусственны, не реальные. Он считал, что в природе реальны только индивиды.

Ламарк поставил перед собой цель создание природной системы мира животных и, поэтому продвигал идею классификации организмов по родству. Все организмы были поделены Ламарком на 14 классов. Из них 4 класса относятся к позвоночным, а 10 классов к беспозвоночным. Животных разделил по характеру пищеварительной, дыхательной, кровеносной и нервной систем на 6 ступеней.

Он утверждал, что переходя от низшей ступени к высшей, перечисленные выше системы органов постепенно усложняются. Работа над созданием системы организмов, предполагал возможность размещения их в системе в зависимости от строения (лестница существ).

По мнению Ламарка, простейшие существа самопроизвольно зарождаются из неорганической природы. Впоследствии, изменяясь под воздействием внешней среды и со временем усложняясь, они превращаются в высшие организмы. Следовательно, время имеет большое значение как фактор эволюции организмов.

Согласно Ламарку, изменения у животных и растений под действием внешних условий происходят по-разному. Так, растения и низшие животные воспринимают изменения условий непосредственно через обмен веществ с внешней средой. Животные же, имеющие сложное строение нервной системы, изменяются опосредованно, в результате изменения их потребностей, повадок и привычек, упражнения или не упражнения органов. Ламарк разработал механизм преобразований у животных, осуществляющийся в следующей последовательности: всякая значительная перемена во внешних условиях вызывает изменения в потребностях животных. Это влечет за собой новые действия животных и возникновение новых «привычек». В результате животные начинают чаще упражнять органы, которыми они раньше мало пользовались, вследствие этого органы значительно развиваются и увеличиваются. Неупражнение органов становится причиной ослабления, упрощения и исчезновения (деградации) таких органов.

Ж. Б. Ламарк, хотя и заложил основу учения об эволюции органического мира, однако не указал значение борьбы за существование, естественного отбора, как движущих сил эволюции.

В развитии науки биологии большой вклад внёс французский учёный Жорж Кювье (рис.87). Он вёл исследования в области морфологии, анатомии, систематики, палеонтологии. Согласно принципу корреляции, предложенному Кювье, живой организм представляет единое целое, в котором все части и органы взаимосвязаны. Когда в эволюционном процессе изменяются строение и функции одного органа, то это неизбежно влечет соответственные или, как говорят, коррелятивные изменения и в других органах, связанных с первыми физиологически, морфологически, через наследственность.



Рис.87. Ж. Кювье.

Согласно выдвинутому Кювье положению, каждый вид животных возникает в определенной среде, в которой он обитает, поэтому у животных не происходит никаких изменений, т. е. виды животных постоянны и неизменны. При систематизации животных Кювье использовал открытый им принцип корреляции органов. В отличие от Линнея, он считал, что при систематизации животных основное внимание необходимо обращать на строение нервной системы, обеспечивающей связь с внешней средой. По строению нервной системы ученый разделил всех животных на четыре типа: позвоночные, моллюски, членистые, лучевые.

Кювье не ограничивался изучением ныне живущих форм, а обратился также к ископаемым остаткам вымерших животных и стал одним из основоположников палеонтологии. Он исследовал более 150 видов ископаемых позвоночных и определил их место в системе. Опираясь на свой принцип корреляции, Кювье оказался в состоянии с гениальной проницательностью установить характер и размеры утраченных частей скелета и восстановить скелет и внешний облик вымерших млекопитающих и рептилий по отдельным сохранившимся частям скелета.

Исследование ископаемых остатков животных показало, что многие из них принадлежат к исчезнувшим видам. В слоях земной коры, относящихся к различным геологическим периодам, заключены остатки различных видов животных. Ученый видел, что в истории Земли происходила смена фаун, с течением времени животные усложнялись. Чтобы объяснить эти факты, Кювье, прибег к теории катастроф, согласно которой в результате кратковременных катаклизмов погибала, якобы, вся фауна определенного участка земной поверхности и ее заселяли затем совершенно другие животные.

В первой половине XIX в. начинает быстро развиваться эмбриология. Выдающийся учёный Карл Максимович Бэр в 1827 году впервые открыл яйцеклетку млекопитающих. Заложил основы учения о зародышесом сходстве. Исследуя эмбрионы позвоночных животных, он установил сходство ранних стадий эмбриогенеза у всех позвоночных животных.

Весомым доказательством родства всех организмов, обитающих на Земле, стало открытие их клеточного строения и создание немецкими учёными, зоологом Теодором Шванном и ботаником Маттиасом Шлейденем, в 1839 г. клеточной теории.



Ключевые слова: эксплуатация, флора, морфология, анатомия, систематика, палеонтология, клеточная теория.



Вопросы и задания:

1. Расскажите об учениях К. Линнея.
2. Что вы знаете об учениях Ж. Кювье?
3. Что вы знаете об учениях Ж.Б. Ламарка? Изложите взгляды Ж.Б. Ламарка на эволюцию.
4. Как можно обосновать схожесть эмбрионов, в стадии начального развития, у различных классов позвоночных?
5. Что вы знаете о работах Ж. Кювье в области палеонтологии?



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу Карл Линней, Жорж Кювье, Жан Батист Ламарк.

Карл Линней	Жорж Кювье,	Жан Батист Ламарк

§ 39. ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИДЕИ Ч. ДАРВИНА

В Англии, ставшей к середине XIX в. крупнейшей капиталистической державой, быстро развивалась селекция, что было обусловлено необходимостью увеличения объёма сельскохозяйственного производства. Создавались новые сорта злаков, овощных культур, появились высокопродуктивные породы крупного рогатого скота, овец, свиней и др. Практика селекции неопровержимо свидетельствовала о способности организмов изменять свои признаки. Изучая процесс искусственного отбора культурных форм организмов, Дарвин пришёл к выводу, что и в природе происходят аналогичные явления. Ч. Дарвин теоретически исследовал практику сельского хозяйства, воспользовался этими результатами в создании эволюционной теории.

В 1831 году, после окончания университета профессор Генсло дал ему рекомендацию для работы натуралистом на корабле «Бигль», который отправлялся в кругосветное плавание (рис.88).



Рис.88. Ч. Дарвин и маршрут путешествия на корабле «Бигль».

За время путешествия Ч. Дарвин собрал богатейшие зоологические, ботанические, палеонтологические и геологические коллекции. Он изучал флору и фауну Южной Америки и островов Тихого океана. На Галапагосских островах он обнаружил птиц, пресмыкающихся нигде более не встречающихся. Часто встречающиеся там вьюрки из отряда воробьиных и черепахи на каждом острове отличаются своеобразным строением. Предком, по предположению Дарвина, мог быть один из видов южноамериканских птиц, и вьюрки отличаются формой клюва, в зависимости от особенностей питания.

Изучение останков вымерших животных и сравнение их с ныне живущими особями привели его к мысли, что современный органический мир является результатом постепенного развития ранее существовавших видов. В течение длительного времени он обрабатывал собранный материал, а также изучал достижения селекции по выведению новых пород животных и сортов растений.

Кроме того, Дарвин обнаружил большие различия в видовом составе Южной и Северной Америки. Например, в Северной Америке нет широконосых обезьян, лам, броненосцев, тапиров, ленивцев, обитающих в Южной Америке. Можно привести множество и обратных примеров. У Дарвина возникло предположение, что причиной этому может быть географическое разделение ранее единого органического мира непреодолимыми препятствиями, вроде Мексиканского плоскогорья. Поэтому животные и растения по обе стороны преграды стали развиваться по-разному, что и предопределило возникшие видовые различия.

Из кругосветного путешествия Дарвин вернулся с очень богатой коллекцией животных, гербариями и записями наблюдений. Собранные во время путешествия доказательства послужили основой для создания Дарвином учения об эволюции органического мира.

Главные произведения Ч. Дарвина. Вскоре после возвращения из кругосветного путешествия, Дарвин в сотрудничестве с выдающимися учёными биологами того времени, стал работать над собранным материалом. Вместе с этим, он изучал опыт создания новых пород животных, сортов растений.

В 1842 г. он впервые опубликовал научный труд об эволюции органического мира, который в течение последующих 15 лет расширял, углублял и обогащал достоверными фактами. В 1859 г. вышел в свет главный труд Ч. Дарвина «О происхождении видов путём естественного отбора, или сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В 1868 г.

вышел следующий труд Ч. Дарвина – «Изменение домашних животных и культурных растений», а в 1871 г. – книга «Происхождение человека и половой отбор», в которой рассматривался самый сложный вопрос эволюционного учения – антропогенез. В них Ч. Дарвин изложил основные положения разработанной им эволюционной теории и охарактеризовал движущие силы и результаты эволюционного процесса: наследственную изменчивость, борьбу за существование и естественный отбор. В 1882 году Ч. Дарвин скончался.

Искусственный отбор. Из кругосветного путешествия Дарвин вернулся с уверенностью в том, что виды могут изменяться под влиянием внешней среды. О непостоянстве, изменчивости видов свидетельствовали и научные факты геологии, палеонтологии, сравнительной анатомии, эмбриологии. Но под влиянием господствующего в то время мировоззрения, большинство естествоиспытателей, современники Дарвина, отказывались поддерживать эволюционную теорию видов, утверждая, что не видели превращение одного вида в другой. Поэтому молодой Дарвин начал свою деятельность с определения механизмов эволюционного процесса. Он прежде всего изучил причины многообразия домашних животных и сортов культурных растений.

Бессознательный отбор. Как показывают археологические данные, до появления современного человека на Земле не существовали формы культурных растений и домашних животных. Первобытные люди жили, охотясь на диких животных, собирали семена, фрукты, и другие части диких растений. Примерно 9–10 тысяч лет тому назад люди стали приручать детенышей диких животных, выращивать вокруг своих жилищ некоторые виды диких растений, и этот опыт передавался из поколения в поколение. Каждый раз из имеющихся растений и животных люди отбирали для размножения отдельные продуктивные экземпляры, а остальные использовали для своих нужд. Такой отбор продолжался на протяжении многих тысячелетий. В результате этого возникали местные породы животных и сорта растений, несколько отличающиеся от диких растений и животных своими полезными признаками и свойствами. Учитывая то, что человек в своей деятельности не ставил перед собой прямой цели создания новых сортов и пород, Дарвин назвал такой первобытный отбор бессознательным. Бессознательная форма искусственного отбора применяется и в настоящее время среди отсталых племен и в земледельческих хозяйствах. Так, во время путешествия на корабле «Бигль» Дарвин наблюдал, как дикие племена, живущие на Огненной Земле, в неблагоприятные годы поедали мало

пригодных для охоты на выдр собак и кошек, сохраняя более полезных животных. В Центральной Азии в результате бессознательного отбора людьми были созданы сорта пшеницы, зерна которой не осыпаются, местные сорта бахчевых культур и плодовых деревьев. Выведение сортов растений и пород животных путем бессознательного отбора требовало очень много времени.

Сознательный отбор. Впоследствии, с ростом сознания, развитием науки и техники возрастают потребности к продовольствию, одежде, лекарствам, что требует сознательного отбора сорта, породы. При этом заранее планировалось, какими полезными признаками и свойствами должны обладать создаваемые сорта растений и породы животных. На этой основе затем производился искусственный отбор. Это способствовало сокращению сроков выведения новых пород и сортов и повышению эффективности отбора.

Когда человек производит искусственный отбор, основной его целью, прежде всего, является удовлетворение своих потребностей. Эти потребности разнообразны: направлены на удовлетворение экономических, хозяйственных, эстетических потребностей. Например, одни ставили задачу выведения мясной, другие – яйценосной, третьи – бойцовой породы кур, а четвертые хотели иметь красивых кур с длинными перьями и с годами достигали цели. Проведение искусственного отбора в разных направлениях применимо ко всем организмам. Ярким примером этого является создание раннеспелых (хандаляк), летних, тонко- и толстокорых, осенних и зимних сортов дынь, каракульской и гиссарской пород овец, ахалтекинской и карабаирской пород лошадей.

Искусственный отбор, наряду с наследственной изменчивостью, является основным фактором при выведении новых сортов и пород. Примеры выведения овец мясной породы, породы свиней, бесшерстных собак, не способных летать против ветра павлиньих голубей, сортов бессемянных растений, могут быть доказательством того.

Некоторые сорта растений и породы животных созданы на основе одного дикого вида, а другие – на основе нескольких диких видов. Например, различные породы собак получены от шакалов и волков, породы овец – от ряда их диких предков – архара, муфлона, породы кур – от дикой банкивской курицы, породы голубей – от дикого сизого скалистого голубя, породы крупного рогатого скота – от Европейского тура, а сорта капусты – от дикого вида капусты (рис.89–90).

Дарвин доказал вышестоящие примеры с помощью ряда аргументов. Например, дикие банкивские куры, распространённые в густых лесах Индии и Юго-Восточной Азии, не очень боятся человека, спят на деревьях и ветвях кустарников и при скрещивании с домашними курами дают нормальное потомство. Все это является доказательством того, что домашние куры произошли от диких банкивских кур. Именно таким путём Дарвин доказал, от каких диких видов произошли те или иные породы домашних животных и сорта культурных растений.

Дарвин не мог в то время экспериментально доказать возможность одомашнивания диких животных путём искусственного отбора. Во второй половине XX века академик Д. К. Беляев при помощи искусственного отбора доказал на опытах возможность одомашнивания диких животных. В ходе наблюдений за чернобурыми лисицами он заметил, что по отношению к человеку они ведут себя по-разному. Оказалось, что животные одной группы были крайне агрессивными и бросались на человека, второй группы – хотели этого, но боялись, лисицы же третьей группы были спокойными.

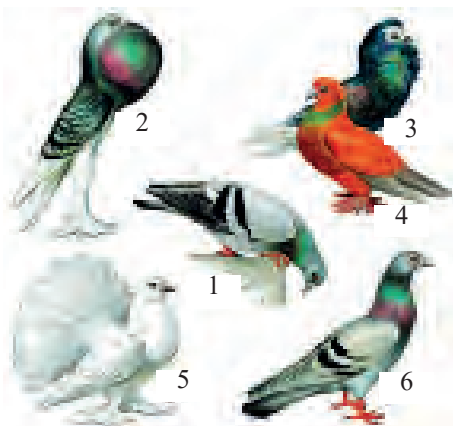


Рис.89. Породы голубей: 1 – сизый скалистый голубь; 2 – дутыш; 3 – якобинец; 4 – турман; 5 – почтовый голубь; 6 – павлиний.



Рис.90. Породы крупного рогатого скота и их предок.

Беляев отобрал из третьей группы лисиц самцов и самок и скрестил их между собой. Из полученного потомства учёный продолжал отбирать особей, быстро привыкающих к человеку. В результате искусственного отбора, проведённого среди нескольких поколений таких лисиц, были получены похожие на домашних собак, т. е. быстро привыкающие к человеку и отвечающие на ласку животные. Проведение искусственного отбора, исходя из повадок животных привело к изменению их морфологических и физиологических признаков. Так, в результате экспериментов были получены лисицы с отвислыми ушами и загнутым кверху хвостом. Дикие лисицы обычно дают потомство раз в год в апреле, а одомашненные – дважды (в декабре-январе и марте-апреле).

Дарвин обратил внимание на то, что успешное осуществление искусственного отбора зависит от факторов: от численности организмов, взятых для отбора, их индивидуальной изменчивости, внимательности селекционера, проводящего отбор, контроля за скрещиванием организмов, подвергаемых отбору, результативности отбора.

Метод искусственного отбора должен отвечать трём взаимодополняющим условиям: отбор и сохранение организмов, пригодных для достижения поставленной цели; исключение организмов, не соответствующих потребностям человека; отбор родительских форм для скрещивания и получение из них нового потомства.

Таким образом, при выведении нового сорта и породы главными факторами являются наследственная изменчивость и искусственный отбор. Современные методы создания новых сортов и пород в последующий после Дарвина период значительно усовершенствовались.

После того, когда Дарвин доказал возможность одомашнивания диких животных, культивирования диких растений, изменения признаков и свойств пород и сортов, он пришёл к выводу, что у организмов, живущих в природных условиях, подобные процессы могут происходить с помощью естественного отбора. Каждое растение, животное, оставляет потомство. Новое поколение отличается от родителей какими-то признаками и свойствами, и это он называл индивидуальной изменчивостью.

Дарвин доказал существование индивидуальной изменчивости при помощи сопоставления вида с его разновидностями. Под «разновидностью вида» он понимал группу организмов с неярко выраженными признаками и свойствами, присущими данному виду. Между двумя отдельными видами промежуточные формы не встречаются. Однако наличие промежуточных форм между видом и его разновидностью совершенно естественно. Поэтому во времена Дарвина разновидности видов называли

также «сомнительными» видами. Вследствие наличия в природе разнообразия видов ученые затрудняются в определении численности видов. Основная причина этого состоит в том, что одни ученые считают группу организмов, не достигших степени проявления признаков и свойств, видом, а другие – разновидностью вида.



Ключевые слова: порода, сорт, сознательный отбор, разнообразие видов, индивидуальная изменчивость.



Вопросы и задания:

1. В чем различия между эволюционной теорией Ч. Дарвина и Ж.Б. Ламарка?
2. Какова сущность эволюционной теории Ч.Дарвина?
3. Как обосновал Ч.Дарвин причины наличия разнообразных пород домашних животных, сортов культурных растений?
4. На что обратил внимание Ч.Дарвин при исследовании успешного искусственного отбора?
5. Что означает, по мнению Дарвина, индивидуальная изменчивость?
6. Какова роль данной изменчивости в эволюционном процессе?



Задания для самостоятельной работы: Сходство и различие между искусственным и естественным отбором.

Показатели	Искусственный отбор	Естественный отбор
Исходный материал для отбора		
Путь благоприятных изменений		
Путь неблагоприятных изменений		
Характер действия отбора		
Исходный материал для отбора		
Формы отбора		
Результат отбора		
Отбирающий фактор		

§ 40. ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ. НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Дарвин установил, что организмы нового поколения любого растения и животного отличаются от родителей, а также друг от друга отдельными признаками и свойствами. Он назвал это индивидуальной изменчивостью. По мнению ученого, основная причина изменчивости организмов связана

с изменением окружающей среды – температуры, влажности, воздуха, пищи и других факторов. Он отмечал, что факторы внешней среды могут оказывать на организмы прямое или косвенное влияние. В результате прямого влияния внешней среды изменяется сам организм, а при косвенном влиянии изменяются его последующие поколения. По мнению ученого влияние внешней среды на организм осуществляется в определенном и неопределенном виде. В первом случае воздействие внешней среды проявляется у всех организмов, а во втором – у отдельных организмов. Иначе говоря, в первом случае имеет место групповая изменчивость, во втором – индивидуальная.

Определенная, или групповая, изменчивость – это изменчивость, которая возникает под влиянием какого-либо фактора среды, действующего одинаково на все особи сорта или породы и изменяющегося в определенном направлении. Примерами такой изменчивости могут служить увеличение массы тела у особей животных при хорошем кормлении, изменение волосяного покрова под влиянием климата и т. д. Определенная изменчивость является массовой, охватывает все поколение и выражается у каждой особи сходным образом. Она не наследственна, т. е. у потомков измененной группы при других условиях приобретенные родителями признаки не наследуются.

Определённая изменчивость, в процессе эволюции обеспечивает приспособление организмов к среде в пределах нормы реакции.

Неопределенная или индивидуальная изменчивость имеет место лишь у отдельных особей, у которых возникает внезапно, под влиянием внешней среды, происходит в различных направлениях. В эволюционном процессе значение неопределенной изменчивости больше, чем определенной изменчивости, имеет большое значение в происхождении видов, пород животных, сортов культурных растений, так как она передаётся по наследству.

Комбинативная изменчивость. Это изменчивость, которая возникает вследствие рекомбинации генов отца и матери во время слияния гамет. Основные причины: независимое расхождение хромосом во время мейоза; случайная встреча гамет, а вследствие этого и сочетания хромосом во время оплодотворения; рекомбинация генов вследствие кроссинговера.

Мутационная изменчивость. Этот вид наследственной изменчивости происходит из-за изменения генотипа организма. Именно мутационная изменчивость является первичным материалом всех эволюционных преобразований. Мутация бывает различной, т.е. полезной, нейтральной и вредной. Полезные мутации, встречаются реже, но сохраняются в процессе естественного и искусственного отбора.

Мутации, по их отношению к генотипу организмов можно разделить на несколько типов: **Генные мутации** – это наследственная изменчивость, происходящая в области одного гена. Генные (точечные) мутации встречаются чаще других мутаций. **Хромосомные мутации** – мутации, связанные с изменением структуры хромосом. При хромосомных мутациях число хромосом не изменяется, но наблюдается изменение строения одной или нескольких хромосом. **Геномные мутации** – мутации, связанные с изменением числа хромосом. Их можно разделить на виды: полиплоидия – кратное увеличение гаплоидного набора хромосом; гетероплоидия – изменение числа хромосом в некоторых группах гомологичных хромосом. Полиплоидные виды больше распространены среди растений. Среди видов животных полиплоидные организмы встречаются редко.

Таким образом, комбинативная изменчивость, мутационная изменчивость являются факторами эволюции.



Ключевые слова: Индивидуальная изменчивость, определённая изменчивость, неопределённая изменчивость, автополиплоидия, гетероплоидия.



Вопросы и задания:

1. Что вы знаете об определённой изменчивости?
2. Приведите примеры комбинативной изменчивости.
3. Сравните типы мутационной изменчивости.



Задания для самостоятельной работы: Подготовьте эссе на тему «Значение мутации в природе».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Изучение наследственности и изменчивости живых организмов.

Цель: выявить сходные и отличительные признаки у особей одного вида, выявить причины сходства и различия особей одного вида.

Оборудование: раздаточный материал, иллюстрирующий изменчивость организмов (колосья пшеницы, пастушья сумка, коллекция колорадского жука, зеленой бронзовки или цветные изображения).

Ход работы:

Ученики объединяются в 4 группы. Каждая группа выполняет задания отдельных вариантов и готовит презентацию.

I Вариант. Выявление наследственности и изменчивости у образцов растений пастушья сумка.

1. Пронумеруйте образцы пастушья сумки.
2. Выявите сходные признаки образцов.
3. Выявите отличительные признаки образцов.
4. Результаты наблюдений введите в таблицу.

Наблюдаемые признаки		Экземпляры									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Рост растений										
2	Количество листьев										
3	Форма листьев										
4	Расположение листьев на стебле										
5	Количество цветков в соцветии										
6	Количество лепестков в цветке										
7	Окраска лепестков										
8	Количество плодов в растении										
	– количество незрелых плодов										
	– количество зрелых плодов										

II Вариант. Выявление наследственности и изменчивости у образцов колосков пшеницы.

1. Пронумеруйте образцы колосков пшеницы.
2. Выявите сходные признаки образцов.
3. Выявите отличительные признаки образцов.
4. Результаты наблюдения введите в таблицу.

Наблюдаемые признаки		Экземпляры									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество колосьев в сложном колосе											
Длина колосьев											
Наличие колючих усиков в колосе											
Форма зерна											
Цвет зерна											

III Вариант. Выявление наследственности и изменчивости у образцов колорадского жука.

1. Пронумеруйте образцы колорадского жука.
2. Выявите сходные признаки образцов.
3. Выявите отличительные признаки образцов.
4. Результаты наблюдений введите в таблицу.



Наблюдаемые признаки	Сходство или различие
Наличие головного, грудного, брюшного отделов тела	
Размер тела	
Наличие надкрыльев	
Количество ног	
Форма усиков	
Окраска линий на надкрыльях	
Количество линий на надкрыльях	

IV Вариант. Выявление наследственности и изменчивости у образцов зеленой бронзовки.

1. Пронумеруйте образцы зеленой бронзовки.
2. Выявите сходные признаки образцов.
3. Выявите отличительные признаки образцов.
4. Результаты наблюдений введите в таблицу.



Наблюдаемые признаки	Сходство или различие
Наличие головного, грудного, брюшного отделов тела	
Наличие надкрыльев	
Количество ног	
Форма усиков	
Длина усиков	
Окраска надкрыльев	
Окраска линий на надкрыльях	
Количество линий на надкрыльях	

Напишите ответы на вопросы:

1. Установите причины сходства особей одного вида.
2. Установите причины различия особей одного вида.
3. Напишите значение наследственности и изменчивости в эволюции?
4. Сделайте выводы.

§ 41. БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕЕ ФОРМЫ

В повседневной жизни вам приходилось наблюдать, какое большое количество потомков производят одуванчик, паслен, домашняя муха, лягушки и другие животные и растения. Зачастую не все потомки достигают зрелости и успевают дать потомство.

Причины гибели потомства различны: недостаток пищи, нападение врагов, неблагоприятные погодные условия. Следовательно, каждое живое существо постоянно ведет борьбу за существование и оставление потомства. Термин «борьба за существование» Дарвин применял в широком смысле. Под этим понятием он понимал сложные и многообразные формы взаимоотношений организмов как друг с другом, так и с неблагоприятными условиями неорганической природы, а также оставление ими после себя нормального потомства.

Формы борьбы за существование. Дарвин различал три формы борьбы за существование: а) межвидовую; б) внутривидовую; в) борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы.

Межвидовая борьба за существование проявляется в разных формах. Так, волки и лисы охотятся на зайцев, следовательно, между волками и лисами, а также между лисами и зайцами постоянно идет взаимная борьба за существование.

ФОРМЫ БОРЬБЫ ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ

Внутривидовая
борьба



Межвидовая борьба



Борьба с неблагоприятными условиями
неорганической природы



Взаимоотношения хищник – жертва, паразит – хозяин, растение – травоядное животное являются одним из проявлений межвидовой борьбы за существование. Индийский скворец, широко распространенный в Центральной Азии, питается саранчой, которая служит также пищей и для воробьев, следовательно, между скворцами и воробьями имеет место конкуренция. Растениями питаются не только копытные животные, но и саранча, быстрое размножение которой служит причиной голодания и гибели копытных животных. Кроме того, жизнь копытных животных зависит от хищников. От растений зависят не только травоядные животные, но и опыляющие их насекомые. В борьбе за место обитания, серые крысы выживают со своих территорий чёрных крыс. Завезённая из Европы в Австралию жалоносная европейская пчела вытеснила местную малую пчелу (рис.91).

Межвидовая борьба за существование может быть и не столь ожесточенной, так как организмам, относящимся к различным видам, необходима разная пища. Например, скворцы питаются не только саранчой, но и другими насекомыми, а также черешней, виноградом. Лисицы, в свою очередь, поедают не только зайцев, но также и мышей, ежей и птиц.

Внутривидовая борьба за существование. В отличие от этого, у организмов, принадлежащих к одному виду, потребности в пище, местах обитания и в других жизненно необходимых факторах являются одинаковыми. Например, между птицами, относящимися к одному виду, в период размножения идет борьба за выбор места для постройки гнезда. У млекопитающих и птиц идет борьба между самцами за обладание самкой во время брачного периода (рис.92). Между густо посаженными семенами хлопчатника, пшеницы и других растений отмечается внутривидовая борьба за свет, влажность и питательные вещества.



Рис.91. Межвидовая борьба.

- 1 – черный водорез;
2 – орел-змеед с добычей;
3 – повилика паразитирующая.

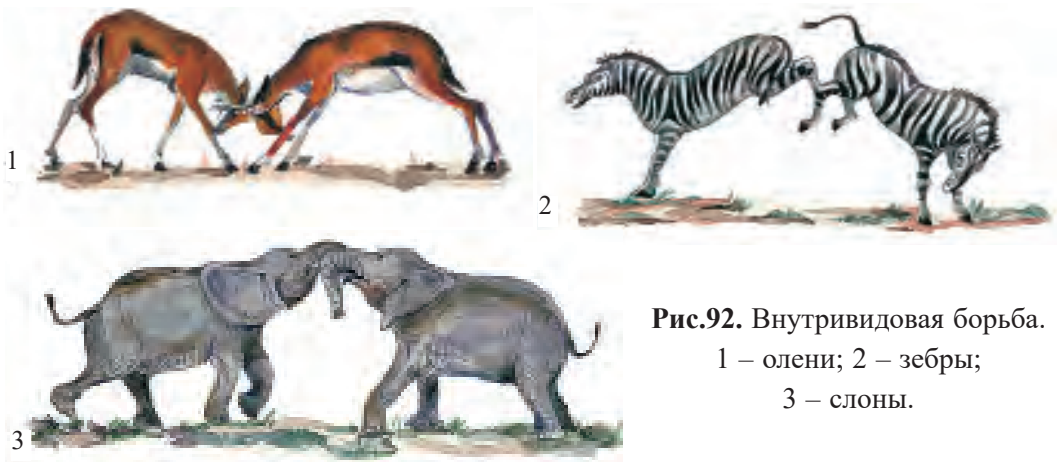


Рис.92. Внутривидовая борьба.

- 1 – олени; 2 – зебры;
3 – слоны.

Такое же явление наблюдается и между деревьями и кустарниками, относящимися к одному виду. Высокие деревья забирают большую часть солнечных лучей. Их мощная корневая система впитывает из почвы воду и растворенные в ней минеральные вещества. Вследствие этого соседние де-

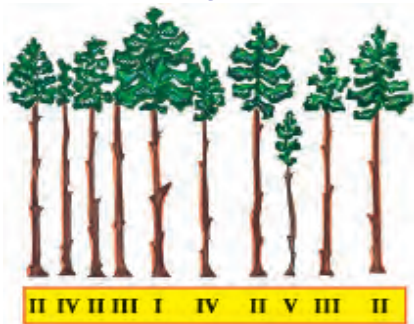


Рис.93. Конкуренция между растениями одного вида.

осени все однолетние растения, а также надземная часть многолетних травянистых растений погибает. Зимой многие животные, например, земноводные, пресмыкающиеся впадают в оцепенение, птицы мигрируют, некоторые млекопитающие уходят в зимнюю спячку. Живые организмы выживают и дают потомство только тогда, когда они могут противостоять неблагоприятным условиям неорганической природы.

Использование человеком взаимоотношений организмов. Учитывая, что между организмами одного вида идет ожесточенная борьба, при закладке новых садов саженцы плодовых деревьев в зависимости от их вида высаживают на определенном расстоянии друг от друга. При создании искусственных лесных насаждений почву, удобряют гифами грибов, так как последние, проникая в корни деревьев образует микоризу, снабжают растения почвенной влагой и питательными веществами. Для искусственного размножения рыб в озерах и водоемах нашей республики их прежде всего очищают от хищных (щука) и не имеющих особого значения (гамбузия) рыб. Только после этого в водоемах приступают к разведению хозяйственно ценных пород рыб. В целях научно обоснованного ведения охотничьего хозяйства особое внимание обращается на период размножения животных, численность потомства, сроки достижения им зрелости, виды корма, взаимоотношения организмов. При уничтожении хищных животных – волков и лисиц – учитывают их санитарную роль – истребление ими слабых, больных особей.

Во избежание отрицательного влияния сорных трав на развитие культурных растений, посевы пропалывают и освобождают от них. В борьбе против вредных насекомых – вредной черепашки (вредитель зерновых), яблоневой плодожорки, хлопковой совки, тли и других используют микрофанус, златоглазку, трихограммы, алефинус, божью коровку и энтобакте-

рии. В борьбе против вредных насекомых большую роль играют насекомоядные птицы, в частности скворцы, синицы и др. Пчелы способствуют получению высоких урожаев от перекрестно опыляемых растений.



Ключевые слова: межвидовая борьба, внутривидовая борьба, борьба организмов с неблагоприятными условиями среды неорганической природы.



Вопросы и задания:

1. Почему не все потомки организмов достигают совершенства?
2. На сколько типов Дарвин разделил борьбу за существование?
3. Какой из этих типов бывает ожесточённый и почему?
4. Приведите примеры борьбы организмов разных видов.
5. На каких примерах проявляется борьба организмов с неблагоприятными условиями среды неорганической природы?



Задания для самостоятельной работы:

1-задание. Заполните таблицу.

Формы борьбы за существование	Сущность	Примеры
-------------------------------	----------	---------

2-задание. Установите формы борьбы за существование и поставьте знак «+» соответствующей ячейке.

Примеры	Формы борьбы за существование		
	1	2	3
Сезонная линька млекопитающих			
Борьба бурых медведей за место обитания			
Борьба за свет в пшеничном поле			
Зимняя спячка животных			
Хищничество			
Миграция птиц			
Каннибализм			
Борьба за добычу волков с лисицами			
Борьба за влажность между деревьями и кустарниками в лесу			
Питание личинки капустной белянки листьями			
Вытеснение серыми крысами чёрных крыс			
Борьба за главенство в стаде у горилл			
Угнетение одного подвида пчел другим подвигом			
Паразитизм печеночного сосальщика у коров			

Примечание: 1 – внутривидовая борьба за существование; 2 – межвидовая борьба; 3 – борьба организмов с неблагоприятными условиями неорганической природы.

Борьба за существование сопровождается гибелью многих организмов и выживанием некоторых. У растений и животных, обитающих в природных условиях, происходит индивидуальная изменчивость, которая может проявляться в трех видах – полезная, нейтральная и вредная. Обычно организмы с вредной изменчивостью погибают на различных этапах индивидуального развития. Нейтральная изменчивость не влияет на жизнеспособность организмов. Индивиды с полезной изменчивостью выживают благодаря преимуществу во внутривидовой, межвидовой борьбе или в борьбе против неблагоприятных условий абиотической среды. Выживание организмов, обладающих полезными признаками и свойствами, в борьбе за существование и гибель организмов, не имеющих таких признаков и свойств, Дарвин назвал естественным отбором.

Естественный отбор – движущая сила эволюции организмов. По мнению Ч. Дарвина, естественный отбор – основной эволюционный процесс, в результате действия которого в популяции увеличивается число особей, обладающих максимальной приспособленностью, в то время, как количество особей с неблагоприятными признаками уменьшается. В процессе естественного отбора закрепляются мутации, увеличивающие приспособленность организмов. Наследственная изменчивость является основой для естественного отбора.

Ч. Дарвин сравнивал естественный отбор с искусственным отбором. Если искусственный отбор производится человеком, то естественный отбор осуществляет природа. Когда человек производит искусственный отбор, он всегда преследует свою выгоду, поэтому у сортов и пород, выведенных путем искусственного отбора, хорошо развиты признаки и свойства, полезные для человека, а при естественном отборе на первом месте стоят интересы организма, а не человека. Благодаря этому полезные для организма признаки и свойства из поколения в поколение усиливаются и умножаются. В результате скрещивания организмов с такой наследственной изменчивостью с другими увеличивается число форм с полезными свойствами. Организмы, приспособленные к борьбе за существование, погибают меньше по сравнению с не приспособленными. А это свидетельствует о том, что естественный отбор является основным фактором возникновения новых популяций и видов в процессе приспособления организмов к среде.

В настоящее время различают 3 формы естественного отбора: 1) движущий; 2) стабилизирующий; 3) дизруптивный.

Движущий отбор. Эта форма естественного отбора, которая расширяет границы наследственной изменчивости в популяции. Движущий (направленный) отбор – форма естественного отбора, которая действует при направленном изменении условий внешней среды.

В результате в популяции из поколения к поколению происходит сдвиг средней величины признака в определённом направлении. Движущий отбор осуществляется при изменении окружающей среды или приспособлении к новым условиям при расширении ареала. Он сохраняет наследственные изменения в определённом направлении, перемещая соответственно и норму реакции. При изменении условий среды выживают те особи вида, у которых проявилась наследственная изменчивость, и в связи с этим развились признаки и свойства, соответствующие новым условиям, а те особи, которые не имели такой изменчивости, погибают. Во время своего путешествия Дарвин обнаружил, что на океанических островах, где господствуют сильные ветры, часто встречаются насекомые с рудиментарными крыльями и бескрылые насекомые. Как объясняет Дарвин, насекомые с нормальными крыльями не могли противостоять сильным ветрам на этих островах и погибали. А насекомые с рудиментарными крыльями и бескрылые совсем не поднимались в воздух и скрывались в щелях, находя там укрытие. Этот процесс, который сопровождался наследственной изменчивостью и естественным отбором и продолжался в течение многих тысяч лет, привел к сокращению численности на этих островах насекомых с нормальными и к появлению особей с рудиментарными крыльями и бескрылых насекомых. Естественный отбор, который обеспечивает возникновение и развитие новых признаков и свойств организмов, называется движущим отбором (рис.94).



Рис.94. Движущий отбор.

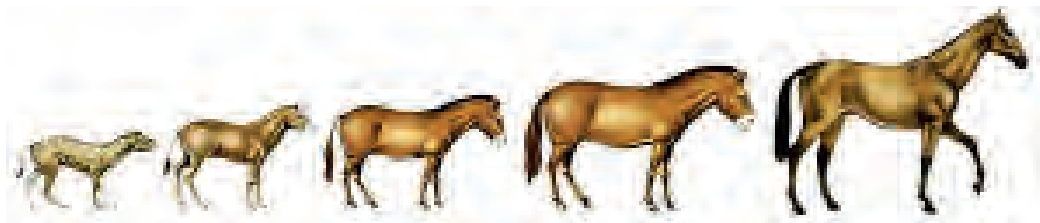


Рис.95. Эволюция лошади – результат движущего отбора .

Исчезновение крыльев у некоторых птиц и насекомых, боковых пальцев у копытных, глаз у пещерных животных, корней и листьев у растений-паразитов это всё влияние движущего отбора. В результате медленного изменения условий среды появляются новые формы фенотипов и генотипов. Движущий отбор является одним из главных факторов происхождения новых видов (рис. 95).

Стабилизирующий отбор. Эта форма отбора сокращает изменчивость популяции и увеличивает стабильность. Стабилизирующий отбор направлен на поддержание уже существующих генотипов. В этом случае преимущественно выживают особи, приспособленные к данным условиям, отклонения от среднего значения признака устраняются отбором. Условия среды, в которых обитают организмы, со временем могут постепенно изменяться или оставаться относительно постоянными. В обоих случаях особи могут подвергаться мутационным, комбинативным изменениям, а другие – сохранять признаки и свойства, присущие их предкам. Эта форма отбора обычно действует там, где условия жизни остаются постоянными.

В относительно неизменной среде преимуществом обладают типичные, хорошо приспособленные к ней особи со средним выражением признака, а отличающиеся от них мутанты погибают. Можно привести следующий пример стабилизирующего отбора. В Северной Америке после сильной снежной пурги 1892 г. учёный биолог Бемпес перенёс в тёплое помещение 136 полузамёрзших воробьёв, из которых 72 ожили, а 64 погибли. При их обследовании выяснилось, что выжившие воробьи имели крылья средней длины, а крылья погибших были относительно длиннее или короче. У цветковых растений цветки мало изменяются, а вегетативные части растения более изменчивы. У насекомоопыляемых растений размеры и форма цветков очень устойчивы. Это связано с тем, что растение и ее опылители эволюционировали совместно. Цветки, не вполне соответствующие строению насекомых-опылителей, не образуют семян, и гены, обусловившие отклонение от нормы, устраняются из генофонда популяции. Между количеством птенцов и количеством пищи, доставляющийся их родителями есть связь. Скворец обычно откладывает 5 яиц. Если количество яиц превышает норму, это приводит нехватке пищи и гибели птенцов. **Стабилизирующий отбор** – форма естественного отбора, при которой его действие направлено против особей, имеющих крайние отклонения от средней нормы, в пользу особей со средней выраженностью признака (рис.96).

Другой пример действия стабилизирующего отбора – сохранение практически без изменений в течение миллионов лет реликтов, или «живых

ископаемых»: новозеландской гаттерии, кистепёрой рыбы латимерии, голосеменного растения гинкго и др. Локальное существование этих видов можно объяснить неизменностью условий их обитания (рис.97).



Рис.96. Стабилизирующий отбор.



Рис.97. Стабилизирующий отбор:
А — латимерия; В — гаттерия.

Дизруптивный отбор — разрывающий отбор, одна из форм естественного отбора, благоприятствующая двум или нескольким направлениям изменчивости (классам фенотипов). Данная форма отбора осуществляется в тех случаях, когда две или более генетически различные формы обладают преимуществом в разных условиях, например в разные сезоны года. Хорошо изучен случай с преимущественным выживанием в зимний сезон «красных», а в летний «черных» форм двухточечной божьей коровки. Формы с красными крыльями реже погибают зимой от холода, а с черной окраской крыльев, наоборот, чаще погибают зимой, будучи не в состоянии противостоять холодам, но летом дают многочисленное потомство. Следовательно, эти две формы божьих коровок в силу разной приспособленности к различным сезонам сумели веками сохранить свое потомство. Дизруптивный отбор как бы разрывает популяцию по данному признаку на несколько групп, встречающихся на одной территории, и может при участии изоляции привести к разделению популяции на две и более (рис.98).

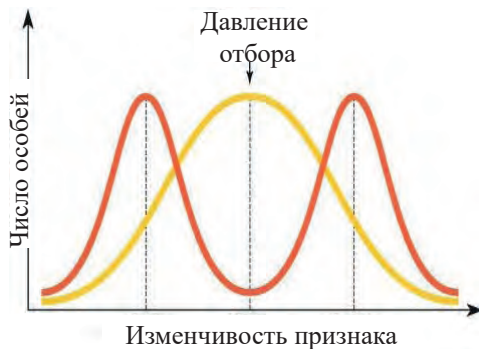


Рис.98. Дизруптивный отбор.



Ключевые слова: естественный отбор, движущий отбор, стабилизирующий отбор, дизруптивный (разрывающий) отбор.



Вопросы и задания:

1. Охарактеризуйте процесс естественного отбора.
2. Объясните роль естественного отбора в эволюции.
3. Какова роль движущего, направленного отбора в эволюции?
4. Какова роль стабилизирующего отбора в эволюции?
5. Какова роль дизруптивного (разрывающего) отбора в эволюции?



Задания для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

Стабилизирующий отбор	Движущий отбор	Дизруптивный отбор
-----------------------	----------------	--------------------

§ 43. ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ ОРГАНИЗМОВ – РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

В ходе эволюции добиваются успеха те организмы, которые лучше других приспособлены к окружающей среде. **Приспособленность (адаптация)** – совокупность морфофизиологических, поведенческих, популяционных и других особенностей данного биологического вида, обеспечивающая возможность специфического образа жизни в определенных условиях внешней среды. Адаптацией считается любая особенность особи, популяции, вида или сообщества организмов, которая способствует успеху в конкуренции и обеспечивает устойчивость к абиотическим факторам. Это позволяет организмам существовать в данных условиях среды и оставлять потомство. Критериями адаптации являются: жизнеспособность, конкурентоспособность и фертильность. **Жизнеспособность** – способность организма жить и нормально развиваться в условиях среды. **Конкурентоспособность** – способность организма добиваться успеха в борьбе за средства жизни. **Фертильность** – способность организмов нормально размножаться. Эти три компонента приспособленности организмов тесно взаимосвязаны между собой и являются результатом эволюции, возникающим в ходе естественного отбора.

Морфологические адаптации. Морфологические адаптации включают изменения формы или строения организма. Морфологические адаптации проявляются в преимуществах строения, покровительственной окраске, предупреждающей окраске, мимикрии, маскировке, приспособительном поведении.

Преимущества строения – это оптимальные пропорции тела, расположение и густота волосяного или перьевого покрова и т.д. Обтекаемая форма тела способствует быстрому передвижению птиц в воздушной среде, рыб и других водных животных в воде.

Покровительственная окраска позволяет быть незаметным среди окружающего фона (рис. 99). Благодаря покровительственной окраске организм становится трудно различимым и, следовательно, защищенным от хищников. Обычно животные пустынных зон – черепахи, ящерицы, змеи – имеют окраску, близкую к цвету песка, а северные животные – медведь, куropатка, лисица – белую; богомолы, стрекозы, живущие среди зеленых растений, обладают зеленой окраской; окраска гусеницы капустной бабочки не отличается от цвета капустного листа, которым она питается. Если фон среды не остается постоянным в зависимости от сезона года, многие животные меняют окраску. Например, обитатели средних и высоких широт (лисица, заяц, горностай, белая куropатка) зимой имеют белую окраску, что делает их незаметными на снегу.



Рис.99. Покровительственная окраска животных:

- 1 – зеленый кузнечик;
- 2 – гусеница бабочки-пяденицы;
- 3 – лягушка квакша;
- 4 – оперение куropатки летом;
- 5 – оперение куropатки зимой;
- 6 – птица козодой;
- 7 – летняя шерсть горностая;
- 8 – зимняя шерсть горностая.

Маскировка – приспособления, при которых форма тела и окраска животных сливаются с окружающими предметами. Например, насекомое палочник по своей форме и окраске напоминает веточку, рыба-игла – водоросли, морской конек, а также рыба-тряпичник – подводные растения (рис.100). Некоторые двустворчатые моллюски похожи на почки водных растений. Распространенная на Малайском архипелаге бабочка каллима имеет крылья, по форме и окраске схожие с засохшим листом.

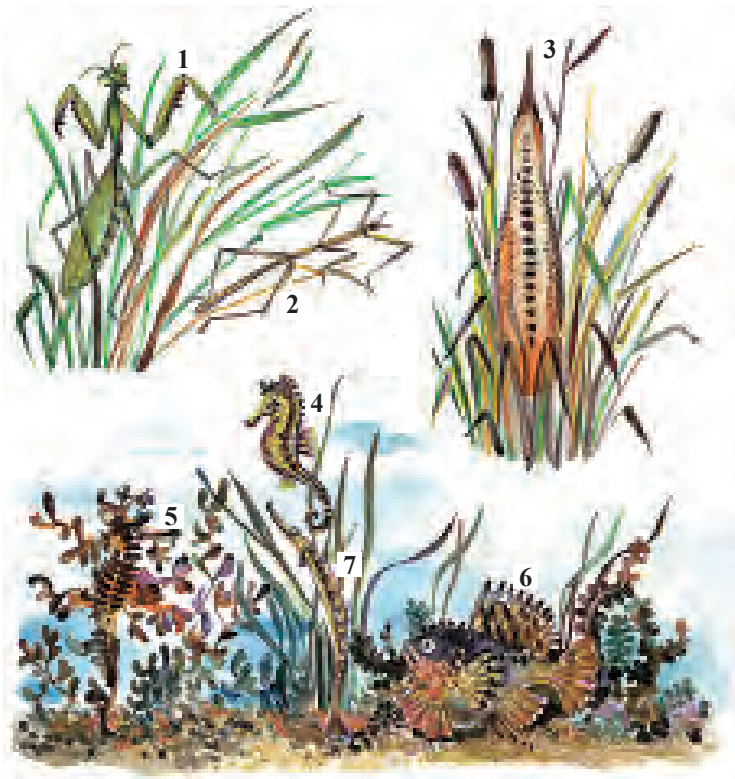


Рис.100. Маскировка животных.

- 1 – богомол;
- 2 – палочник;
- 3 – выпь;
- 4 – морской конек;
- 5 – рыба-тряпичник;
- 6 – морской «клоун»;
- 7 – рыба-игла.

Предостерегающая окраска. Некоторые животные имеют разноцветную, бросающуюся в глаза яркую окраску. Майские жуки, божьи коровки, шмели, осы, большинство бабочек, змеи своей окраской как бы «предостерегают» своих врагов. Обычно у животных с предостерегающей окраской имеются дополнительные средства защиты от врагов. К таким средствам относятся выделяемые ими неприятные запахи или ядовитые жидкости, щетинки и иголочки на теле.

Мимикрия. В некоторых случаях животные, стараясь защититься от врагов, имитируют форму и окраску тела животных с предостерегающей окраской. Имитирование под цвет и форму хорошо защищенных, мало истребляемых животных некоторыми беззащитными и съедобными животными называется мимикрией (рис.101). Примером мимикрии может служить сходство окраски некоторых мух с осами, тараканов – с божьими коровками, неядовитых змей – с ядовитыми, отдельных видов бабочек – с осами и шмелями. Следует отметить, что покровительственная и предостерегающая окраска животных становится более эффективной в соче-

тании с их поведением. Например, окраска оперения выпи, обитающей в камышах, схожа с цветом камыша. Несмотря на это с приближением опасности она вытягивает шею и, подняв клюв кверху, стоит неподвижно. В таком положении она становится неприметной для врага.

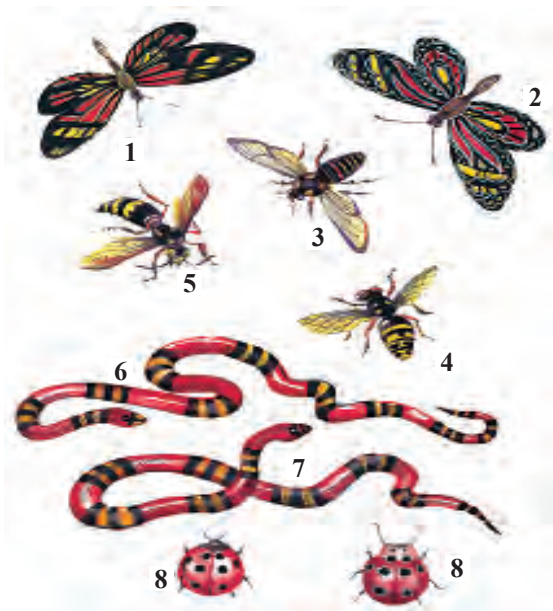


Рис.101. Предостерегающая окраска и явление мимикрии у животных.

- 1 – бабочка белянка;
- 2 – ядовитая бабочка геликоний;
- 3 – стеклянница;
- 4 – муха жужжалка;
- 5 – обыкновенная оса;
- 6 – ядовитый коралловый аспид;
- 7 – неядовитый американский уж;
- 8 – божья коровка;
- 9 – таракан.

Имитация цвета и формы присуща не только самим организмам, но даже их яйцам. Так, кукушка не строит гнезда для откладывания яиц, как другие птицы, а подбрасывает их в гнезда мелких птиц – дроздовой камышовки, садовой славки, горихвостки. Интересно то, что прежде чем отложить свои яйца, она осматривает яйца в гнездах этих птиц и откладывает точно такие же по цвету и размеру.

Расчленяющая окраска в виде чередования на теле светлых и тёмных полос и пятен. Зебры, жирафы, тигры плохо видны уже на расстоянии из-за совпадения полос на теле с чередованием света и тени в окружающей местности. Расчленяющая окраска нарушает представления о контурах тела.

Физиологические адаптации – совокупность физиологических реакций, лежащих в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленных на сохранение относительного постоянства его внутренней среды. Они обеспечивают функциональные преимущества организма: постоянные физиологические параметры – температура, водно-солевой баланс, концентрация сахара. Физиологические приспособ-

собления обеспечивают устойчивость организмов к изменению температуры, влажности, освещенности и других условий неживой природы. Например, морозостойкость растений связана с повышением количества сахара и концентрации клеточного сока и с уменьшением воды в их клетках. При понижении температуры окружающего воздуха у земноводных и пресмыкающихся в организме понижается уровень обмена веществ и наступает зимний сон. У птиц и млекопитающих, наоборот, при понижении температуры окружающего воздуха обмен веществ в организме усиливается, что увеличивает теплопродукцию. Ныряющие животные (ластоногие и китообразные) кроме гемоглобина имеют пигмент, способный связывать больше кислорода – *миоглобин*. Многие пустынные животные перед наступлением засушливого сезона накапливают много жира: при его окислении образуется большое количество воды.

Этологические адаптации представляют собой все поведенческие реакции, направленные на выживание отдельных особей и, следовательно, вида в целом. Такими реакциями являются: поведение при поиске пищи и полового партнера, выкармливание потомства, избегание опасности и защита жизни в случае угрозы, агрессия и угрожающие позы. Особенно большое значение имеют приспособления, обеспечивающие защиту потомства от врагов. Забота о потомстве может проявляться в разной форме. Многие рыбы охраняют икру, откладываемую между камнями. Некоторые американские сомы прилепляют икру на брюхо и носят её на себе все время развития. Многие рыбы вынашивают икру во рту или даже в желудке. Жаба-повитуха носит оплодотворенные яйца на спине до тех пор, пока из них не появятся молодые жабы. В отличие от низших позвоночных, птицы откладывают яйца в специально построенные гнезда и согревают их своим телом. Родители кормят птенцов и защищают их от врагов. Приспособления, связанные с заботой о потомстве, особенно сильно развиты у млекопитающих.

Приспособленность в мире растений. У растений существует ряд приспособлений к факторам внешней среды. Растения по-разному приспособлены к дефициту влаги. Листья одних растений покрыты восковым слоем (фикус), других – густыми волосками (коровяк джунгарский). Листья саксаула превратились в «чешуйки». Листья янтaka мелкие и жесткие, большинство ветвей имеют форму колючек. Кактус, агава, алоэ относятся к числу сочных растений. Некоторые растения имеют короткий вегетационный период: лютик едкий, костер Дантонии начинают развиваться ранней весной и успевают дать семена до конца вегетации. Верблюжья колючка, полынь и подобные им растения в засуху выживают, сбрасывая листья.

У растений существует ряд приспособлений, связанных с их опылением. Растения, опыляемые насекомыми, привлекают их своими крупными, яркими цветками, которые обладают приятным запахом и содержат нектар. Цветки растений, опыляемые при помощи ветра, наоборот, мелкие, невзрачные, бесцветные, без запаха, с легкой пыльцой.

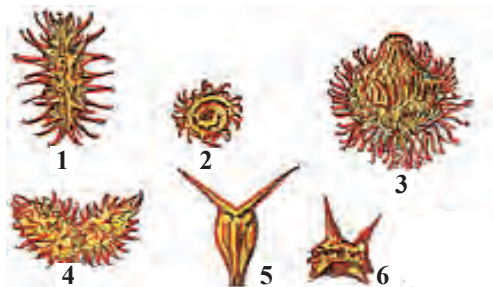


Рис.102. Распространение плодов с помощью животных и человека:

- 1 – двусемянка репишки; 2 – боб цепкой люцерны; 3 – корзинка лопуха с крючками; 4 – соплодие дурнишника; 5 – вонзающийся плод устели-поле; 6 – вонзающиеся плоды якорцев.



Рис.103. Распространение плодов с помощью ветра:

- 1 – плод березы; 2 – плод карагача; 3 – плод клена; 4 – плод айланты; 5 – плод ясеня.

У растений встречаются и такие приспособления, которые способствуют распространению их плодов и семян. Распространяемые с помощью ветра плоды и семена березы, карагача, айланты, клена имеют крыловидные отростки, семена хлопчатника снабжены волосками. Плоды череды, зверобоя, дикой моркови, лопуха, рогоголовника снабжены крючками, колючками, волосками, с помощью которых они цепляются за шерсть животных, перья птиц, одежду человека и разносятся на большие расстояния (рис.102–103).

Мясистые, сочные косточковые и бескостные плоды поедаются птицами и другими животными, и их непереваренные семена выделяются с пометом и таким образом распространяются на другие территории. Семена и плоды, распространяемые водой, также имеют некоторые приспособления.

Происхождение приспособленности организмов. Дарвин научно объяснил происхождение сложных и многообразных приспособлений организмов к определенным условиям внешней среды. Для подтверждения правильности положений Дарвина проанализируем данные об изменении окраски тела бабочек. Об изменении окраски тела почти у 70 видов чешуекрылых было известно начиная с XVIII–XIX вв. Причина таких измене-

ний была всесторонне изучена на примере бабочки, называемой березовой пяденицей (рис.104). Когда эта бабочка неподвижно сидит на коре белой березы, ее трудно заметить, следовательно, ее окраска выполняет защитную функцию. Последние 200 лет во многих странах Европы увеличилось число заводов и фабрик, отходы которых в виде пыли и сажи постепенно загрязняли не только города и промышленные центры, но и оседали на коре, ветвях и листьях деревьев, придавая им темный оттенок. Известно, что изменение факторов среды не может не влиять на обитающие в этой среде организмы. Эти изменения, как отмечалось выше, бывают вредными, нейтральными и полезными. В соответствии с этим, если в сельских местностях в результате мутационной изменчивости появлялись бабочки с темной окраской, их быстро поедали насекомоядные птицы, так как у таких бабочек не было покровительственной окраски. В промышленных центрах, напротив, темная окраска бабочек, будучи схожей по цвету с корой и ветвями деревьев, выполняла защитную функцию. Таким образом, в городах увеличивалось число березовых пядениц с темной окраской, а в сельских местностях – со светлой. Наблюдения за насекомоядными птицами показали, что в промышленных центрах синицы, сойки и другие птицы больше поедали бабочек со светлой окраской, а в сельской местности – березовых пядениц темного цвета. По определению генетиков, изменение окраски тела и поведения березовой пяденицы связано с генными мутациями.

Относительность приспособленности организмов. Приспособленность организмов к условиям среды возникла под влиянием естественного отбора на протяжении длительного исторического процесса. Несмотря на это она является не абсолютной, а относительной, так как изменение среды происходит быстро, а приспособления возникают медленно. Относительность приспособленности организмов можно доказать с помощью множества фактов. Прежде всего, необходимо отметить, что приспособ-



Рис.104. Городская (темная) и сельская (светлая) формы березовой пяденицы.

бление, возникшие у организма для защиты от одного вида, не могут быть эффективными для защиты от другого. Например, нижний и верхний панцирь степной черепахи защищает ее от многих хищников, однако не может защитить от таких хищных птиц, как орел, бородач, сарыч степной, которые сбрасывают черепаху с большой высоты на камни, раскалывают ее панцирь и съедают. Точно так же колючая шкурка ежа не может защитить его от всех хищных животных, в частности, от

лисиц. Известно, что опасные для многих животных и человека ядовитые змеи поедаются мангустами, ежами и свиньями. Осы, шмели не поедаются многими насекомоядными птицами, однако они являются основной пищей для птиц-осоедов из семейства ястребиных, встречающихся в бассейне Сырдарьи. Кроме того, приспособления, возникшие у организма в одних условиях, в других условиях могут быть бесполезными и даже вредными. Например, строение и функции рыб являются полезными в водной среде, тогда как в воздушной среде они приводят к их гибели. Длинные крылья и слабые ноги ласточки, хотя являются весьма полезными в воздушной среде, но служат серьезным препятствием для перемещения по земле. Перепонки на лапках горных гусей являются вредными для них на суше. Инстинкты, сформировавшиеся у животных под влиянием борьбы за существование и естественного отбора, иногда оказываются нецелесообразными. Например, ночные бабочки обладают инстинктом собирать нектар с белых цветов. Вместе с тем каждый из вас наблюдал, как они погибают, приближаясь к источнику освещения. Все эти и многие другие факты свидетельствуют о том, что приспособления организмов являются относительными, а не абсолютными.



Ключевые слова: Выживаемость, конкурентоспособность, производство нормальной наследственности.



Вопросы и задания:

1. Расскажите о морфологической приспособленности.
2. Какова роль приспособлений в мире растений?
3. Как можно обосновать относительность приспособления в организмах?
4. Используя знания, полученные при изучении зоологии, приведите примеры этологической адаптации у млекопитающих животных.



Задания для самостоятельной работы: 1. Рассмотрите плоды клена, карагача, одуванчика, репейника, якорцев, повилики, гумая. Определите, как особенности их строения связаны со способом распространения.

Название растения	Способ распространения	Тип плода	Приспособленность
-------------------	------------------------	-----------	-------------------

2. Рассмотрите растения: верблюжья колючка и коровяк. Определите приспособленность этих растений к дефициту влажности.

3. Определите признаки приспособленности этих двух растений против поедания животными.

№	Растения	Адаптация к влажности	Приспособленность
1	Верблюжья колючка		
2	Коровяк		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Тема: Изучение приспособления живых организмов к среде.

Цель лабораторного занятия: Изучение форм приспособления организмов к среде обитания; выявления признаков приспособления птиц к воздуху, рыб к воде, черепах к степным условиям

Лабораторные оборудования: рыбы в аквариуме, попугай, канарейка в клетке, черепаха из «живого уголка», или их рисунки.

Ход работы:

1. Рассмотрите попугая, канарейку в клетке, или их чучела
2. Определите внешние признаки приспособления птиц к полёту.
3. На основе знаний, полученных на уроках зоологии, объясните приспособление внутренних органов птиц к полёту.
4. Заполните таблицу по результатам исследованных данных.

Признаки птиц	Приспособления
Морфологические приспособления птиц к полёту	
Признаки приспособления птиц к полёту в скелете	
Признаки приспособления птиц к полёту в органах дыхания	
Признаки приспособления птиц к полёту в пищеварительной системе	
Относительность приспособления птиц к полету	

5. На основе знаний, полученных на уроках зоологии, определите приспособления во внешнем и внутреннем строении рыб к водной среде.
6. Заполните таблицу по результатам исследованных данных.

Признаки рыб	Приспособления
Признаки рыб	
Морфологические приспособления рыб к водной среде	
Относительность приспособлений рыб	

7. На основе знаний, полученных на уроках зоологии, определите морфологические и этологические приспособления черепах к жизни в пустынях.
8. Заполните таблицу по результатам исследованных данных.

Признаки черепахи	Приспособления
Морфологические приспособления черепах к жизни в пустынях	
Этологические приспособления черепах к жизни в пустынях	
Относительность приспособлений черепах	

9. Определите соответствующий тип приспособлений каждого животного.

Приспособление животных

		
1	2	3
		
4	5	6
		
7	8	9

10. На основании знаний о движущих силах эволюции объясните механизм возникновения приспособлений.

§ 44. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Популяция – наименьшее подразделение вида, изменяющееся во времени. Вот почему популяция представляет собой элементарную единицу эволюции. Отдельные особи не могут выступать в качестве единиц эволюции, так как они представляют собой только одно биологическое поколение, которое имеет ограниченный срок существования. Вклад организма в эволюцию состоит в том, чтобы передать гены своим потомкам. Заметными изменения могут стать только в том случае, если они накопятся у группы особей и будут сохраняться на протяжении ряда поколений. Поэтому именно популяция как совокупность многочисленных особей является элементарной эволюционной структурой. Эволюционные изменения, протекающие на популяционном, внутривидовом уровне, называют **микрорэволюцией**.

Именно в популяции создаются генетические предпосылки для эволюционного процесса. При этом, чем более изолирована данная популяция от других, тем более специфичной становится она по своим генетическим особенностям. Изоляция может привести популяцию к прекращению скрещивания ее особей с особями других популяций этого же вида. Подобное обособление популяции от других популяций вида может свидетельствовать о появлении нового (дочернего) вида, качественно отличающегося от того, в состав которого популяция входила раньше. Генофонд популяции характеризует ее генетическую специфичность, что отличает ее от других популяций вида. Следовательно, популяция является элементарной эволюционной структурой, где протекают элементарные эволюционные явления.

К XX в. сформировались новые отрасли биологической науки – генетика, экология, молекулярная биология. В результате стыковки классического дарвинизма с этими науками была создана синтетическая теория эволюции – это современная эволюционная теория, основы которой были заложены С.С. Четвериковым (1926), объединившим дарвинизм с классической генетикой. Эта теория получила развитие в работах английского ученого Дж. Хаксли (1942), который продолжил разработку комплексного подхода к процессам эволюции на базе современных достижений генетики популяций, молекулярной биологии, эволюции биосферы. Основными положениями этой теории являются следующие:

1. Популяция – наименьшая, элементарная эволюционная единица.
2. Элементарным эволюционным событием является изменение генетического состава популяции.
3. Материалом для эволюции служат, как правило, мелкие, дискретные изменения наследственности – мутации.
4. Движущими факторами эволюции являются: мутации, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов – генетико-автоматические процессы, миграция, изоляция и естественный отбор, возникающий в процессе борьбы за существование.
5. Мутационный процесс, комбинативная изменчивость и популяционные волны имеют случайный и ненаправленный характер.
6. Единственный направляющий фактор эволюции – естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование.
7. Эволюция – постепенный и длительный процесс.
8. Вид, как правило, состоит из множества соподчиненных, морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов и популяций.

9. Обмен аллелями, поток генов возможны лишь внутри вида.

10. Эволюция носит дивергентный характер, т. е. один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов, но каждый вид имеет единственный предковый вид.

11. Макроэволюция на уровне выше вида (род, семейство, отряд и т. д.) идет лишь путем микроэволюции; не существует закономерностей макроэволюции, отличных от закономерностей микроэволюции.



Ключевые слова: микроэволюция, генофонд, дрейф генов, популяционная волна, обособленность.



Вопросы и задания:

1. Объясните сущность дрейфа генов.
2. Объясните сущность популяционной волны.
3. Объясните сущность обособленности.

§ 45. ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Образование нового вида происходит в пределах популяции – элементарной единицы эволюции. Ученые различают три способа видообразования. Первый способ – прямое преобразование одного вида в другой. При этом количество видов в природе не изменяется.

Второй способ – гибридизация двух видов, приводящая к появлению нового, третьего, вида. Третий способ – расхождение признаков, или дивергенция, приводящая к появлению нового, вида (рис.105). Каждый вид – это замкнутая генетическая система. Особи одного вида могут друг с другом скрещиваться и давать плодовитое потомство. Дивергентному видообразованию предшествует возникновение изолированных популяций внутри предкового вида. Существуют разные формы внутривидовой изоляции. Процесс обособления популяции и переход ее в качественно новое состояние – вид – называют *микроэволюцией*, а разделение вида на дочерние виды – *видообразованием*.

Изучение видообразования сталкивается с двумя трудностями: во-первых, видообразование в природе происходит в течение длительного времени, во-вторых, этот процесс у различных организмов протекает по-разному. При изменении условий жизни число индиви-

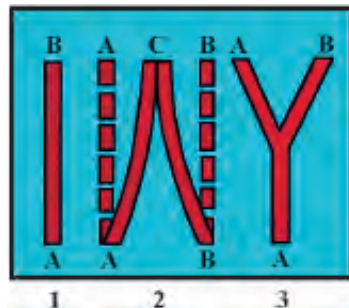


Рис.105. Процесс возникновения нового вида:

1 – филетический, 2 – гибридизация, 3 – дивергенция.

дуальных различий особей одного вида в результате естественного отбора увеличивается и отмечается расхождение признаков внутри вида. В результате внутри одного вида образуется несколько групп с разными признаками и свойствами. Естественно, что борьба за существование в большинстве случаев приводит к постепенному вымиранию промежуточных форм и выживанию тех, которые приспособились к изменившейся среде. Таким путем от одного родоначального вида в историческом процессе образуется несколько новых видов. Согласно учению Дарвина, новые виды возникают за счет наследования из поколения в поколение и постепенного накопления незначительных изменений, приобретенных организмами в онтогенезе. В результате приспособления организмов внутри одного вида к различным условиям образуется несколько новых видов.

На рис. 106 отражено возникновение из вида А – трех, из вида Б – двух новых видов. Как видно из рисунка, изменения в новых видах А, в свою очередь, привели к образованию 14 новых видов. В отдельных случаях новые виды возникают в результате постепенного изменения родоначального вида. Примером этого может служить образование видов E^{10} , F^{10} при постепенном изменении видов Е и F.

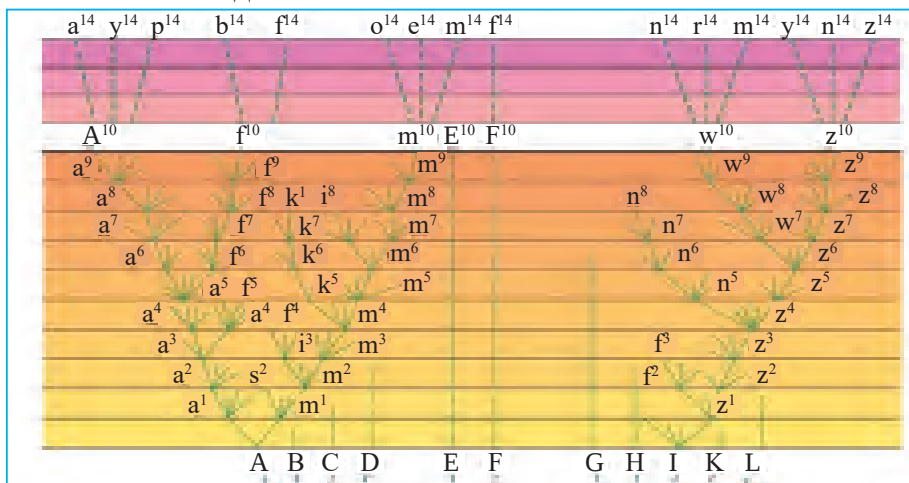


Рис.106. Появление новых видов согласно доктрине Дарвина.

В результате стыковки генетики, экологии, систематики и других естественных наук с классическим дарвинизмом были накоплены многочисленные данные о биологическом виде, его составе, возникновении новых видов. Согласно этим данным, любой биологический вид имеет политипическое строение, т. е. он состоит из особей, более или менее различающихся в морфологическом, физиологическом, экологическом и

генетическом отношении. Образование нового вида происходит вследствие создания нового генофонда за счет разрушения совокупности взаимосвязанных генов и хромосом родоначального вида.

В природе наблюдается два способа видообразования (рис.107).

1. Аллопатрическое (географическое) видообразование. 2. Симпатрическое видообразование.

Первый вид видообразования связан с возникновением пространственно-территориальных барьеров. Второй вид ведёт к формированию новых видов на основе возникшей биологической (репродуктивной) изоляции.

1. Аллопатрическое видообразование – новый вид может возникнуть из одной или нескольких смежных популяций, расположенных на периферии ареала исходного вида. Видообразование происходит при нарушении целостности (фрагментации) ареала широко распространенного родительского вида. Географическое видообразование происходит в тех случаях, если отдельные популяции вида будут полностью разъединены различными пространственно-территориальными барьерами: горными хребтами, реками, лесами, степями, морями, пустынями, городскими застройками. Эти барьеры становятся препятствием для встречи особей и прерывают обмен генами между популяциями вида. В результате естественного отбора среди них накапливаются аллели, соответствующие этим условиям. Продолжающаяся длительное время географическая изоляция популяции приводит в конечном итоге к биологической изоляции, т. е. к нескрещиваемости с особями других популяций этого вида. Различные подвиды фазанов произошли в результате географической изоляции (рис.108). Классическим примером географического видообразования, служит появление ряда видов дарвиновых вьюрков на Галапагосских островах. В озере Байкал существуют многочисленные виды моллюсков, ракообразных, рыб и червей, которые нигде больше не встречаются. Это объясняется тем, что 20 млн лет назад озеро Байкал было отделено от других водных бассейнов в результате образования гор. Точно так же обитающий в Сырдарье и Амударье вид рыб – лжелопатонос – появился в результате географической изоляции. Лжелопатонос относится к древним осетровым, и близкие к

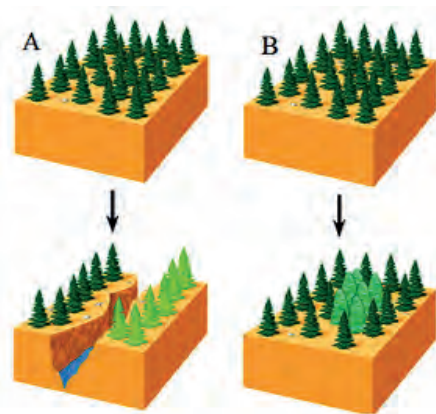


Рис.107. А – появление аллопатрических видов; В – появление симпатрических видов.



Рис.108. Подвид фазанов.

- 1 – Семиреченский; 2 – Кавказский;
3 – Мургабский; 4 – Японский;
5 – Хивинский; 6 – Маньчжурский.

нему виды рыб встречаются в реке Миссисипи (Северная Америка). Наглядным примером видообразования в направлении географической изоляции является также род хлопчатника. Виды этого рода отделялись друг от друга начиная с мелового периода и распространились по Америке, Азии и Австралии.

2. Симпатрическое видообразование. Новый вид возникает внутри ареала исходного вида, т. е. видообразование происходит на одной территории. Главными механизмами являются мутации, хромосомные перестройки, полиплоидия, гибридизация, приводящие к генетической изоляции между родственными популяциями и формированию новых видов. Большую роль могут сыграть и экологические факторы. Изолированные популяции распространяются в одном ареале с родоначальным видом. Например, известно, что в озере Ланао, возникшем на Филиппинах 10 тыс. лет

тому назад, только от одного единственного родоначального вида рыб образовалось 18 видов рыб, а от одного родоначального вида из отряда бокоплавов (высшие ракообразные) – 250 новых видов. Зарождение новых видов может происходить в результате экологической изоляции, поэтому данную форму видообразования часто называют экологической. Полагают, что пять видов синиц образовались в связи с пищевой специализацией: по выбору мест кормежки, по составу поедаемых кормов, по способам их поиска и добычи. Например, синица большая питается крупными насекомыми; лазоревка и московка добывают мелких насекомых в щелях коры и в почках, хохлатая синица питается семенами хвойных деревьев.

К другой форме симпатрического видообразования относят внезапное образование видов, происходящее в результате хромосомных, геномных мутаций и гибридизации. В отдельных случаях при делении клеток под воздействием внешних факторов нарушается распределение хромосом между дочерними клетками. Увеличение или уменьшение числа хромосом в отдельных случаях лежит в основе образования новых видов. Например, в

роде скерды из семейства сложноцветных встречаются анеуплоидные виды с 3, 4, 5, 6 и 7 хромосомами, в роде илака – виды, содержащие от 12 до 43 хромосом. При неблагоприятных условиях происходят изменения в веретене деления клетки. Это, в свою очередь, препятствует расхождению хромосом к обоим полюсам клетки. Поэтому количество хромосом в материнской клетке удваивается, появляются полиплоидные виды. Например, существуют виды хлопчатника с 26 и 52 хромосомами. Установлены, например, виды рода хризантем с 18, 36 и 90 хромосомами, виды рода табака с 24, 48, 72, виды пшеницы с 14, 28, 42 хромосомами. Полиплоидные виды более приспособлены к неблагоприятным условиям внешней среды по сравнению с видами, имеющими диплоидный набор хромосом. Полиплоидами являются многие хозяйственно ценные растения, например табак, хлопок, сахарный тростник, кофе и др. Полиплоиды встречаются среди животных, например у рыб, кузнечиков, червей, насекомых и других животных.

Иногда видообразование происходит за счет гибридизации с последующим удвоением числа хромосом. Благодаря удвоению хромосом в таких организмах формируются нормальные половые клетки и развитие потомства идет без нарушений. Например культурная слива с $2n = 48$ хромосомами, возникла путем скрещивания вишня ($n = 16$) с терн ($n = 8$) с последующим удвоением числа хромосом. По мнению ученых, виды хлопчатника *hirzutum* и *barbadense* с набором хромосом 52 появились в результате скрещивания между собой видов *raumondi* и *herbatceum* с другим видом, тоже имеющим 13 хромосом в гаплоидном наборе, и последующего удвоения числа хромосом гибридов.



Ключевые слова: дивергенция, гибридизация, филетическое видообразование.



Вопросы и задания:

1. Каковы затруднения восприятия понятия «видообразование»?
2. Охарактеризуйте значение мутации в видообразовании.
3. Охарактеризуйте схему на рис.106?
4. Объясните механизм аллопатрического видообразования.
5. Объясните механизм симпатрического видообразования.
6. Сопоставьте аллопатрическое и симпатрическое видообразование.
7. Почему у животных полиплоидное явление встречается реже?



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Используя знания, полученные на уроках ботаники и зоологии, приведите примеры аллопатрического и симпатрического видообразования.

Образование аллопатрических видов	Образование симпатрических видов
-----------------------------------	----------------------------------

Задание 2. Изобразите в схеме этапы видообразования.

§ 46. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ, ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ, СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Эволюция – это очень длительный исторический процесс, который невозможно непосредственно наблюдать на протяжении ограниченного времени. Процессы формирования крупных таксонов могут продолжаться миллионы лет. Процесс образования из видов новых родов, из родов – новых семейств и так далее называют макроэволюцией. Макроэволюция – надвидовая эволюция, в отличие от микроэволюции, происходящей внутри вида, внутри его популяций. Макроэволюция – процесс формирования крупных таксономических групп – родов, семейств, отрядов, классов, типов, семьи, категории, класса, происходит в исторически грандиозные промежутки времени, поэтому она недоступна непосредственному изучению. Реальное существование эволюционных процессов подтверждают факты, полученные разными естественными науками: палеонтологией, морфологией, систематикой, эмбриологией и многими другими. Макроэволюция является органическим продолжением микроэволюции, так как в основе макроэволюционных процессов лежат микроэволюционные. В макроэволюции действуют те же факторы – борьба за существование, естественный отбор.

Доказательства молекулярной биологии. Одним из главных в биологии является принцип единства химического состава живых организмов. В строении клетки и в обеспечении энергией протекающих в ней процессов основную роль играют белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липиды. Причём в основе биохимической универсальности живого лежат две группы веществ: белки и нуклеиновые кислоты. Проведённые исследования показали, что родственность видов чётко отражается в их сходстве на уровне первичной структуры ДНК и белков. Получается следующая тенденция: чем родственнее виды друг другу и чем выше их анатомическое сходство, тем более гомологичными у них являются первичная структура белков и последовательность ДНК. Для определения изменений, происходящих в макромолекулах близких по происхождению и далеких видов в определённый период исторического развития, используется ряд биохимических методов: гибридизация макромолекул ДНК, определение последовательности расположения аминокислот в молекуле белка (гемоглобина, миоглобина, цитохрома) и др.

На современном этапе развития молекулярной биологии можно анализировать изменения в последовательности нуклеотидов в ДНК или аминокислот в молекуле белка разных видов и по этому показателю судить о

степени их сходства и различия. Поскольку каждая замена аминокислот в молекуле белка связана с изменением одного, двух или трех нуклеотидов в молекуле ДНК, можно вычислить максимальное или минимальное число нуклеотидных замен в составе гена, участвующего в синтезе данной молекулы белка.

На основе полученных данных можно судить о среднем числе замещений аминокислот в молекуле белка и изменениях в расположении нуклеотидов в составе гена. Вы знаете, что гемоглобин входит в состав красных кровяных телец – эритроцитов и активно участвует в транспорте кислорода. Гемоглобин в эритроцитах человека состоит из взаимно схожих двух α - и двух β -цепей. В каждую α цепь входит по 141, в каждую цепь β по 146 аминокислот. Несмотря на взаимные различия α - и β -цепей гемоглобина, последовательность расположения аминокислот в них одинакова. Это свидетельствует о том, что цепи α - и β -цепи гемоглобина возникли в результате дивергенции единой полипептидной цепи в историческом процессе. В результате мутационных изменений в различных группах животных замещение аминокислот происходило также в α - и β -цепях гемоглобина.

Таблица 17, 18

Различия аминокислотного состава в α и β цепях гемоглобина человека и других организмов (по В. Гранту)

Виды	Число различий	
	α цепь	β цепь
Человек – шимпанзе	0	0
Человек – горилла	1	1
Человек – лошадь	18	25
Человек – коза	20–21	28–33
Человек – мышь	16–19	25
Человек – заяц	25	14

Различия аминокислотного состава белка цитохрома человека и других организмов (по В. Гранту)

Виды	Число различий
Человек – макака	1
Человек – лошадь	12
Человек – голубь	12
Человек – змея	14
Человек – лягушка	18
Человек – акула	24
Человек – дрозофила	29
Человек – пшеница	43
Человек – нейроспора	48

Как видно из данных таблицы 17, молекулы гемоглобина у человека и человекообразных обезьян почти схожи по последовательности аминокислот, однако различия между человеком и другими отрядами млекопитающих

щих животных по этому показателю весьма существенны и составляют от 14 до 33. Такие же данные получены при сопоставлении аминокислотного состава белка цитохрома человека, дрожифилы и других организмов (таблица 18). Если скорость эволюции белка измеряется числом аминокислотных замен в год, то скорость эволюции генов измеряется путем определения нуклеотидных замещений. Однако нуклеотидные замены в составе генов не всегда обуславливают аминокислотную замену в составе белка. Обычно у близких друг к другу в систематическом отношении видов число мутаций невелико и, наоборот, у видов, далеких друг от друга, – велико. Поэтому, например, ДНК человека оказалась гомологичной ДНК макаки на 66%, быка – на 28%, крысы – на 17%, лосося – на 8%, бактерии кишечной палочки – всего на 2%.

Молекулярные часы эволюции. Обычно, определяя дивергенцию белков у нескольких видов, можно судить о сроках расхождений между ними. Скорость эволюции белка измеряется числом годичных аминокислотных замен в его составе. По аминокислотным заменам в составе белка можно определить момент дивергенции рода, семейства, отряда, класса, типа. Например, в результате изучения родословной белка глобина b установлено, что его строение было схожим у общих предков карпа и человека, существовавших около 400 млн лет назад, ехидны и человека – 225 млн лет назад, собаки и человека – 70 млн лет назад.

Доказательства цитологии. Растения, животные, тело человека состоят из клеток. Такое сходство в строении тела всех живых существ является доказательством того, что все они произошли от одного предка. Наличие в клетках растений, животных и человека мембраны, цитоплазмы, ядра, цитоплазматических органоидов: эндоплазматической сети, рибосом, митохондрий, аппарата Гольджи, общность генетического кода у всех живых существ также свидетельствуют о единстве происхождения различных представителей органического мира.

Доказательства эмбриологии. Индивидуальное развитие всех многоклеточных животных начинается с оплодотворенной яйцеклетки – зиготы. При этом наблюдается деление зиготы, формирование двух- и трехслойного зародыша, из зародышевых листков образование различных органов. При сравнении эмбрионального развития бросается в глаза сходство ранних этапов индивидуального развития у животных, относящихся к одному типу или классу. Так, у представителей позвоночных (рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих) на ранних этапах эмбрионального развития голова, тело, хвост, жаберные щели очень похожи. По мере развития зародыша сходство между эмбрионами животных различных классов уменьшается. У них начинают по-

являться признаки и свойства, присущие определенному классу, отряду, семейству, роду и виду. Так, зародыши гориллы и человека вначале очень похожи друг на друга, однако на последующих стадиях эмбрионального развития у зародыша человека наблюдается выпячивание лобных, а у зародыша гориллы – челюстных костей. Следовательно, у зародышей каждого животного на ранних стадиях эмбрионального развития появляются признаки, присущие крупной систематической группе, а на последующих этапах – более мелкой. Другими словами, в период эмбрионального развития происходит расхождение признаков от общего к частному (рис.109). Каждая особь в своем индивидуальном развитии – в онтогенезе – вкратце повторяет историю развития своих предков. Краткое повторение филогенеза в онтогенезе называется биогенетическим законом. Этот закон был открыт во второй половине XIX в. немецкими учеными Э. Геккелем и Ф. Мюллером. Биогенетический закон находит отражение в развитии многих представителей животного мира. Так, головастики повторяет стадию развития рыб, которые являются предками земноводных. Биогенетический закон справедлив также и по отношению к растениям. Например, у всходов культурных сортов хлопчатника появляются сначала листья с цельными листовыми пластинками, из которых затем развиваются двух-, трех-, четырех-, пятилопастные листья. У диких видов хлопчатника *G. raimondii* и *G. klotzchianum* листья на стебле представляют собой цельную пластину. Следовательно, культурные сорта хлопчатника в процессе своего индивидуального развития вкратце повторяют историческое развитие своих предков. Однако в процессе индивидуального развития повторяются не все, а только некоторые этапы исторического развития предков, остальные же выпадают. Это объясняется тем, что историческое развитие предков длится миллионы лет, а индивидуальное развитие – непродолжительное время.



Рис.109. Этапы эмбрионального развития позвоночных животных.

Кроме того, в онтогенезе повторяются не стадии взрослых форм предков, а их эмбриональные этапы развития.

Естественно, возникает вопрос: если филогенез оказывает влияние на онтогенез, то не может ли онтогенез оказать влияние на филогенез? Следует подчеркнуть, что в онтогенезе не только выпадают некоторые этапы развития предков, но и происходят изменения, не наблюдавшиеся в филогенезе. Это доказал русский ученый А. Н. Северцов своей теорией филоэмбриогенеза. Известно, что мутационная изменчивость происходит на разных этапах эмбрионального развития особи. Организмы с полезными мутациями выживают в борьбе за существование и естественном отборе, передавая полезные мутации из поколения в поколение, и в конце концов изменяют ход филогенеза. Например, у пресмыкающихся клетки эпителия кожи, а под ним и соединительной ткани, развиваясь, образуют чешуйки. А у млекопитающих производные эпителиальной и соединительной ткани, изменяясь, образуют под кожей волосной мешок.



Ключевые слова: макромолекулы, гемоглобин, миоглобин, ситохром, молекулярные часы, филогенез, онтогенез, филоэмбриогенез.

Вопросы и задания:



1. Дайте определение макроэволюции.
2. Из чего состоят доказательства (обоснования) науки молекулярной биологии при доказательстве эволюции?
3. Что способствует изменению генов?
4. Как вы обоснуете теорию филоэмбриогенеза А.Н.Северцева?



Задания для самостоятельной работы:

Задание 1. Заполните таблицу.

Биологические законы	Кто автор	Сущность закона
Биогенетический закон		
Закон сходства эмбрионов		
Теория филоэмбриогенеза		

Примечание: Вспомните «Закон о сходстве эмбрионов» по материалам 9-класса.

Задание 2. Заполните данную таблицу.

Доказательства науки	Определение	Примеры
Рудиментарные органы		
Атавизмы		

§ 47. СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Сравнительно-анатомические доказательства эволюции. Сходство во внешнем и внутреннем строении организмов, принадлежащих к одной систематической группе, свидетельствует об их родстве и общем происхождении. Важным доказательством макроэволюции являются наличие у организмов гомологичных, аналогичных, рудиментарных органов, а также явления атавизма.

Гомологичные органы. Органы, развивающиеся из одних и тех же зачатков в процессе эмбрионального развития и выполняющие разные или сходные функции, называют гомологичными органами. Например, у представителей позвоночных, обитающих на суше, в воздухе и в воде, передние конечности выполняют функции хождения, копательную, летательную, плавательную. Однако конечности у всех наземных позвоночных, от земноводных до млекопитающих, построена по единому плану, у всех они состоят из плеча, предплечья, образованного локтевой и лучевой костями, костей запястья (рис.110). Гомологичные органы встречаются также и у растений. Например, усики гороха, шипы барбариса и кактуса являются видоизмененными листьями.

Аналогичные органы. В систематических группах, далеко отстоящих друг от друга, мы тоже можем обнаружить структуры, выполняющие одинаковые функции и имеющие внешнее сходство. Однако в отличие от гомологичных органов эти структуры имеют разное происхождение и строение, их называют аналогичными органами. Колючки кактуса образовались в результате видоизменения листьев, колючки боярышника – стебля, а шипы ежевики и малины

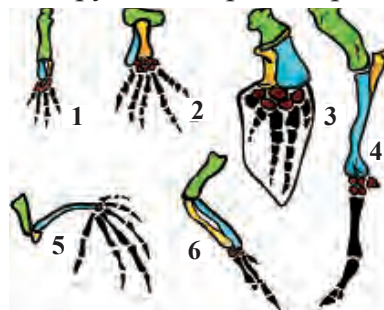


Рис.110. Гомологичные органы. 1 – саламандра; 2 – черепаха; 3 – крот; 4 – лошадь; 5 – летучей мыши; 6 – птицы.



Рис.111. Аналогичные органы: 1 – колючки барбариса; 2 – колючки боярышника; 3 – шипы белой акации из прилистников; 4 – шипы ежевики – видоизмененные наросты коры; 5 – крылья бабочки; 6 – крылья птицы; 7 – крылья летучей мыши.

– это ростки эпидермиса (рис.111). Примерами аналогичных органов являются также глаза головоногих моллюсков и позвоночных животных. Глаза у головоногих моллюсков развиваются путем удлинения эктодермального слоя, а у позвоночных – из бокового ростка головного мозга.

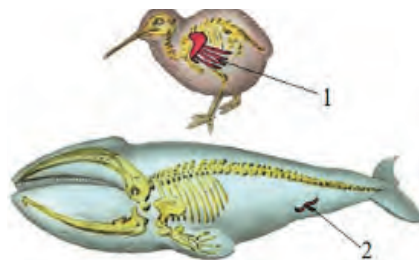


Рис.112. 1 – крылышко у киви;
2 – тазовые кости кита.

Рудиментарные органы и явления атавизма. Органы, утратившие в течение эволюционного процесса свое первоначальное значение и находящиеся на стадии исчезновения, называются **рудиментарными** (рис.112). У древних предков эти органы были нормально развиты и выполняли определенные функции. Затем, в ходе эволюционного процесса, они потеряли свое биологическое значение и сохранились в виде остаточных органов. Рудиментарные

органы встречаются как у животных, так и у растений. Так, чешуйки на корневищах растений являются рудиментарными листьями. Вторые и четвертые пальцы конечностей лошади, крестцовая кость и кости конечности кита, вторая пара крыльев у мухи также являются рудиментарными органами. Рудиментарные органы у растений, животных и человека являются важным доказательством эволюции.

Явления **атавизма** также подтверждают историческое развитие органического мира. Под атавизмом понимают повторение у отдельных особей в онтогенезе признаков, характерных для их далеких предков. Примером этого являются случаи рождения зеброобразных жеребят, наличие нечетких полос на спине пегой лошади. Это свидетельствует о том, что дикие предки домашней лошади имели полосатый шерстяной покров. Иногда у коров бывает три пары сосков на вымени. Это указывает на то, что коровы произошли от диких предков, имевших четыре пары сосков.

Палеонтологические доказательства эволюции. Палеонтология – наука об ископаемых растениях, животных, грибах и других организмах. Изучение ископаемых остатков живых организмов, их следов и отпечатков, обнаруженных в разных геологических слоях, позволяет проследить историческое развитие живой природы. Данные, накопленные биологической наукой, свидетельствуют о том, что органический мир в современном виде появился не сразу, а в результате длительного исторического развития. Растения, животные и грибы жили задолго до появления человека на Земле. Некоторые из них, подвергаясь изменениям, превратились

в современных представителей органического мира, но подавляющее большинство вымерли в ходе борьбы за существование, естественного отбора и сохранились в виде ископаемых остатков. Но сохранились не все. Большинство мягкотелых беспозвоночных растений и грибов после гибели подверглись разложению микроорганизмами и бесследно исчезли. Остальные сохранились в океанах, морях, в высокогорных отложениях. Твердые остатки организмов разлагались медленно, и минеральные вещества в их составе замещались кремнеземом. В таких случаях образовывались окаменелости. В земных отложениях до сегодняшнего дня сохранились следы, скелеты, кости, челюсти, зубы, рога, чешуйки рыб, раковины моллюсков, панцири давно вымерших животных, а также стебли древних растений в довольно целостном состоянии. При микроскопическом исследовании тонких и прозрачных шлифов из осадочных пород можно обнаружить бактерии и остатки других мелких организмов.

Ученые-палеонтологи по ископаемым остаткам животных восстанавливают внешний вид и строение организмов. При этом используется метод реконструкции (от лат. *reconstructs* – восстановление), открытый известным французским биологом Жоржем Кювье согласно закону корреляции. Метод реконструкции основан на определении сравнительного соотношения черепа, костей конечностей и других костей и мышц тела. С помощью этого метода удалось восстановить внешний облик очень многих живших в древние времена животных, предков человека. Ч. Дарвин в свое время указывал на неполноту палеонтологической летописи. Тем не менее факты, накопленные палеонтологической наукой, дают представление о том, каким был растительный и животный мир в глубокой древности.



Ключевые слова: Гомологический, аналогический, рудимент, атавизмы



Вопросы и задания:

1. Приведите факты сравнительно-анатомических доказательств эволюции.
2. Приведите факты эмбриологических доказательств эволюции.
3. Приведите факты палеонтологических доказательств эволюции.

§ 48. БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Животный и растительный мир, распространенный на земном шаре, является неоднородным по сложности строения и функций. На некоторых континентах распространены относительно простые, а на других – крайне сложные животные и растения. Биogeография – наука, изучающая закономерности географического распространения животных и растений, а также характер фауны и флоры отдельных территорий. По распространению животных и растений на суше ученые разделили нашу планету на шесть биogeографических областей. В основе такого деления лежит главным образом распространение млекопитающих, птиц, голосеменных, покрытосеменных растений, частично пресмыкающихся, земноводных, а также споровых растений, произрастающих на суше. Ниже вы ознакомитесь с животными и растениями выделенных учеными биogeографических областей: Австралийской, Неотропической, Индомалайской, Эфиопской, Неоарктической и Палеоарктической.

В Австралийскую биogeографическую область входят, кроме Австралии, острова Новой Зеландии, Новой Гвинеи, Полинезии и Тасмании. В этой области распространены не встречающиеся в других биogeографических областях низшие представители класса млекопитающих – яйцекладущие утконос, ехидна, из сумчатых животных – кенгуру, сумчатый крот, сумчатая белка, сумчатый волк, сумчатый медведь (коала).

Плацентарные млекопитающие очень малочисленны. Они представлены грызунами, летучими мышами, собакой динго, из которых два последних вида предположительно попали сюда с других континентов. Весьма разнообразный мир птиц Австралии представлен райскими птицами, обыкновенными шалашниками, птицей Лира, бескрылой киви-киви, из страусов – эму. Из пресмыкающихся встречается новозеландская гаттерия, очень похожая по строению на пресмыкающихся палеозойской эры. В лесах можно встретить эвкалипты, южную черную березу, древовидные папоротники.

Неотропическая биogeографическая область охватывает Южную и Центральную Америку, тропическую часть Мексики, Карибский архипелаг. В этой области из млекопитающих встречаются крючкохвостая обезьяна, крючкохвостый медведь, пампасская кошка, скунс, морская свинья, южноамериканская лисица, из низших представителей – опоссум, броненосец, муравьед, ленивец, из птиц – колибри, сова, гриф, страус нанду, из пресмыкающихся – аллигаторы, ящерицы-игуаны, змеи.

В Индомалайскую биогеографическую область входят Индия, Индокитай, острова Цейлон, Ява, Суматра, Борнео, Тайвань, Филиппины. На всех островах очень много лесов. Только западная часть Индии занята пустынной зоной. Среди животных широко представлены приматы гиббон, орангутан, мелкие сородичи обезьян – туфайя, долгопят. Характерны также индийский слон, тапир, два рода носорогов, тигр, бамбуковый медведь, олень и антилопы. Из птиц – дикие банкивские курицы, фазаны, попугаи, павлины, из пресмыкающихся – ядовитые змеи, различные ящерицы, крокодилы. В лесах растут бамбук, банан, черное дерево и другие растения.

Эфиопская биогеографическая область занимает Центральную и Южную Африку, Мадагаскар. Своеобразный животный мир этой области представляют мартишки, лемуры, львы, слоны, бегемоты, белый и черный двурогий носороги, жирафы, зебры, гиены, человекообразные обезьяны – гориллы, шимпанзе. Из птиц широко распространены африканский страус, птица-секретарь, попугаи, цесарки, нектарницы, из пресмыкающихся – африканский крокодил, варан, ящерицы агамы, хамелеоны. Западные и горные территории Африки заняты тропическими лесами, остальные – саваннами. В них широко распространены баобаб, красное дерево, пальмы, акации, папоротники и растения, растущие на деревьях, – эпифиты.

Палеоарктическая биогеографическая область занимает обширные территории Европы, Северной и Центральной Азии и Северной Африки. Несмотря на обширность территории, в этой области нет ни одного отряда млекопитающих, который не встречался бы в других областях. Из парнокопытных здесь обитают лошади, сайгаки, косули, кабарга, горные козлы, лоси, дикие бараны, двугорбые верблюды, горные олени, из хищников – белые и бурые медведи, волки, лисицы, соболя, из насекомоядных – выхухоль, из рукокрылых – летучие мыши, из птиц – горные индейки, глухари, фазаны, синицы. Из растений произрастают хвойные – можжевельник, пихта, ель, сосна, из покрытосеменных – дуб, тополь, ива, акация, гледичия.

В Неоарктическую биогеографическую область входят Северная Америка, Гренландия, Бермудские и Алеутские острова. К своеобразным животным Неоарктической биогеографической области можно отнести винторогого оленя, горного козла, барса, мускусного барана, короткохвостую вонючку, енота, древесного дикобраза. Животный мир этой области во многом сходен с таковым Палеоарктической области. И там, и тут живут бобры, олени, лоси, лисицы, соболя, белые медведи, белые мыши, белые зайцы, кроты, рыси.

Причины сходства и различий животного и растительного мира в биогеографических областях. При сравнении животного и раститель-

ного мира различных областей отличия между типами и классами почти не прослеживаются, так как в каждой биогеографической области можно встретить типы хордовых животных, голосеменных и покрытосеменных растений, классы млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, однодольных и двудольных растений. Различия между животными и растениями биогеографических областей проявляются при сопоставлении представителей отрядов и, в особенности, семейств и родов. Так, представители отрядов приматов, хоботных, страусов, попугаев, куриных, распространенных в Эфиопской биогеографической области, не встречаются в Палеоарктической. Представители семейства гиббонов из отряда приматов распространены в Индомалайской биогеографической области и не встречаются в Африке. И, напротив, семейство мартишек, распространенное в Африке, отсутствует в Индомалайской биогеографической области. Точно так же семейство муравьедов, семейство ленивцев и семейство броненосцев, относящихся к отряду неполнозубых, живущих в Неотропической биогеографической области, не распространено в Неоарктической биогеографической области. Установлено, что хотя растения и животные Палеоарктической и Неоарктической биогеографических областей и сходны по отрядам и семействам, но различаются между собой только по родам и видам. Европейский зубр соответствует североамериканскому бизону, сибирский олень марал – американскому оленю вапити, европейский дикий баран муфлон – американскому горному барану. Растения этой области также напоминают растения Палеоарктической биогеографической области. В лесах распространены пихта, ель, другие хвойные растения, из покрытосеменных – дуб, бук, клен, другие травяные растения, относящиеся к различным семействам.



Рис.113. Теория А. Вегенера «дрейф материков».

Сходство и различия между растениями и животными различных биогеографических областей можно объяснить, с одной стороны, историей возникновения континентов, а с другой – эволюцией органического мира. По мнению ученых-естествоведов, наша планета в различные эры и периоды

имела другой вид. Согласно теории «Дрейфа материков» датского ученого А. Вегенера примерно несколько миллионов лет назад Земля представляла собой не отдельные континенты, а единый материк – Пангею, омываемый единым океаном. Двести миллионов лет назад в триасовом периоде мезозойской эры земная суша Пангеи разделилась на две части – Лавразию и Гондвану, в результате чего животный и растительный мир единой суши также разошелся в две стороны (рис.113). Суша Гондваны, подобно надводной части обломка льдины, сместилась к югу. Впоследствии в результате воздействия подземных сил произошло разделение Гондваны на отдельные части с образованием континентов Антарктиды, Австралии, Африки, Южной Америки. В результате разделения Лавразии появились континенты Евразия и Северная Америка. Существование Евразии и Северной Америки в качестве единого континента продолжалось до кайнозойской эры. Разделение единой суши Пангеи на отдельные континенты, естественно, не могло не повлиять на эволюцию животных и растений. Например, в середине триаса, когда произошло отделение Австралии от Гондваны, там еще не появились представители подкласса плацентарных. Зато там были широко распространены яйцекладущие и сумчатые млекопитающие. Поэтому они имеют большое распространение в Австралии, а отдельные сумчатые до сих пор сохранились в Неотропической биогеографической области. На других континентах яйцекладущие и сумчатые были вытеснены в ходе естественного отбора представителями подкласса плацентарных, отличающихся по сравнению с ними более сложным строением и размножением.



Ключевые слова: Австралийская, Неотропическая, Индомалайская, Эфиопская, Неоарктическая, Палеоарктическая.



Вопросы и задания:

1. Сопоставляя Австралию и Неотропическую биографическую область, выявите сходство и различие семейств животных.
2. По какой причине схожи животный и растительный мир Палеоарктической и Неоарктической биографических областей?
3. На какие семейства животных и растений было обращено внимание при разделении суши на биогеографические области?
4. По какой причине распространены человекообразные обезьяны только в двух биогеографических областях?
5. Как объяснить возможность встретить опоссума в Центральной и Южной Америке?



Задание для самостоятельной работы:

1. Напишите эссе о вашем отношении к теории Альфреда Вегенера о возникновении континентов.
2. Скажите, как, по-вашему, протекал процесс исследования обособленности яйцекладущих и сумчатых животных, если Австралия и её окресные острова отделились от Гондваны в третий период кайнозойской эры?

§ 49. ТИПЫ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

К основным типам эволюционных изменений относятся: **дивергенция, конвергенция, параллелизм**.

Дивергенция – наиболее общий тип эволюционного процесса, основа образования новых систематических групп. Дивергенция (от лат. *divergantia* – расхождение) – расходящаяся эволюция. Процесс дивергенции представляют обычно в виде эволюционного древа с расходящимися ветвями. Это образ дивергентной эволюции: общий предок дал начало двум или большему количеству форм, которые, в свою очередь, стали родоначальниками многих видов и родов. Дивергенция почти всегда отражает расширение адаптации к новым жизненным условиям. Появление новых форм всегда связано с приспособлением к местным географическим и экологическим условиям существования. Так, класс млекопитающих состоит из многочисленных отрядов, представители которых отличаются родом потребляемой пищи, особенностями мест обитания, т. е. условиями существования (насекомоядные, рукокрылые, хищные, парнокопытные, китообразные и т. д.). Каждый из этих отрядов включает подотряды и семейства, которые, в свою очередь, характеризуются не только специфическими морфологическими признаками, но и экологическими особенностями (формы бегающие, скачущие, лазающие, роющие, плавающие). Внутри любого семейства виды и роды различаются образом жизни, объектами питания и т. д. Как указывал Дарвин, в основе всего эволюционного процесса лежит дивергенция. Своеобразие морфологических особенностей организмов, приобретаемых в процессе дивергенции, имеет некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм.



Рис.114. Виды вьюрков, живущих на Галапагосских островах.

Внутри любого семейства виды и роды различаются образом жизни, объектами питания и т. д. Как указывал Дарвин, в основе всего эволюционного процесса лежит дивергенция. Своеобразие морфологических особенностей организмов, приобретаемых в процессе дивергенции, имеет некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм.

Прекрасный пример дивергенции форм – возникновение разнообразных по морфологическим особенностям вьюрков от од-

ного или немногих предковых видов на Галапагосских островах (рис.114).

Явление дивергенции можно наблюдать и у растений в видоизменений вегетативных органов. К примеру, усики гороха, иглы барбариса и кактуса являются видоизменёнными листьями. В дивергентной эволюции хотя различие между видами увеличивается, но их общность анатомического строения сохраняется. К примеру, белый медведь, живущий в Арктике, отличается от бурого медведя, обитающего в лесу или от чёрного медведя, распространённого в горных лесах весом, цветом шерсти, но так или иначе относится к семейству медвежьих. Основными факторами такого видообразования являются: естественный отбор, изоляция, мутационная изменчивость, резкие перепады численности популяций, вызывающие спонтанные изменения частот генов. Их действие неизбежно приводит к тому, что разные группы популяций всё больше отличаются от исходного вида (дивергируют). В какой-то период накопившиеся различия становятся столь существенными, что приводят к распаду исходного вида на два и более новых, которые со временем дают начало новым видам и т. д. Таким образом, виды внутри одного рода, роды внутри семейства, семейства внутри отрядов происходят путём дивергенции от одного общего вида.

Параллелизм – эволюционное изменение, результатом которого является образование сходных признаков у родственных организмов. Например, среди млекопитающих китообразные и ластоногие независимо друг от друга перешли к обитанию в водной среде и приобрели соответствующие приспособления – ласты. Известное общее сходство имеют неродственные млекопитающие тропического пояса, обитающие на разных континентах, в близких климатических условиях (рис.115).

Параллелизм реализуется в двух или нескольких группах, связанных более или менее отдалённым родством, которое основано на дивергенции от общего предка. В связи с общностью части генофондов, унаследованных от предков, у них возникают сходные адаптации в условиях действия факторов отбора в одинаковом направлении. В генофондах родственных



Рис.115. Сходство строения тела между неродственными млекопитающими Африки (слева) и Южной Америки – результат параллельной эволюции.

видов закономерно появляются подобные (гомологичные) мутации (закон гомологических рядов наследственной изменчивости, установленный Н. И. Вавиловым). При условии действия на популяции родственных видов подобно направленного естественного отбора изменения этих популяций идут подобными путями, что проявляется в виде параллелизма.

Конвергенция – тип эволюционного изменения, в результате которого сходные признаки приобретают неродственные организмы. Два или более вида, не связанные близким родством, становятся все более и более похожими друг на друга. Такой тип эволюционных изменений является результатом приспособлений к сходным условиям внешней среды. Конвергентные из-

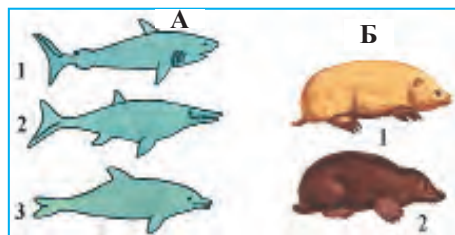


Рис.116. Сходство формы тела и плавников у неродственных животных – результат конвергентной эволюции; А – водные животные: 1 – акула; 2 – ихтиозавр; 3 – дельфин; Б – обитатели суши: 1 – сумчатый крот; 2 – обыкновенный крот.

менения затрагивают лишь органы, непосредственно связанные с одними и теми же факторами среды. У сумчатых и плацентарных млекопитающих вследствие сходного образа жизни независимо друг от друга возникли сходные черты строения. Похожи европейский крот и сумчатый крот, сумчатый летун и белка-летяга. Конвергентное сходство наблюдается даже у групп животных, очень далеко отстоящих друг от друга в систематическом положении. У птиц и у бабочек имеются крылья, но происхождение этих органов различно. В первом случае – это измененные конечности, во втором – складки кожи.

Примером конвергентной эволюции являются форма тела и особенности локомоции в воде у акул, водных пресмыкающихся – ихтиозавров, костистых рыб, пингвинов, ластоногих и китообразных млекопитающих, внутреннее строение которых полностью соответствует особенностям, характерным для классов, к которым они относятся (рис.116).



Ключевые слова: Дивергенция, конвергенция, параллелизм



Вопросы и задания:

1. Что вы знаете о типах эволюции?
2. Объясните сущность дивергентной эволюции?
3. Приведите примеры дивергентной эволюции.
4. Охарактеризуйте сущность конвергентной эволюции.
5. Охарактеризуйте сущность параллельной эволюции.
6. Приведите примеры параллельной эволюции.



Задание для самостоятельной работы:

Типы эволюционной изменчивости	Особенности	Примеры
Дивергенция		
Параллелизм		
Конвергенция		

§ 50. ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Развитие живой природы шло от простого к сложному и имело прогрессивный характер. Наряду с этим происходило приспособление видов к конкретным условиям жизни, осуществлялась их специализация. Для понимания исторического развития органического мира важно определить главные линии эволюции. В разработку проблемы эволюции значительный вклад внесли крупные российские ученые А. Н. Северцов и И. И. Шмальгаузен. Они установили, что главные направления эволюции составляют ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации. Как известно, в свое время Ч. Дарвин отмечал, что эволюционный процесс сопровождается постоянным приспособлением организмов к условиям среды. Изменение на протяжении исторических периодов условий среды, окружающей организмы, в широких или узких пределах обычно приводит к появлению у них общих или частных приспособлений. Общие приспособления связаны с усложнением системы жизненно важных органов. Если в связи с изменением окружающей среды наблюдаются: 1) увеличение численности особей того или иного вида; 2) расширение ареала, занимаемого этим видом; 3) образование на основе вида новых популяций, подвидов, видов и других таксонов, – то такой процесс называется *биологическим прогрессом*. В настоящее время в Центральноазиатском регионе индийские скворцы находятся в состоянии биологического прогресса по сравнению с другими птицами. Отсутствие у этих птиц инстинкта к месту обитания, их агрессивность, всеядность, высокая плодовитость обуславливают их преимущества в борьбе за существование, что выражается во все большем увеличении численности и расширении их ареала. Если в начале XX в. эти птицы встречались только в приграничных районах Центральной Азии, теперь в связи с распространением на север их можно видеть во всех республиках и областях региона.

Анализируя главные направления биологического прогресса, А.Н. Северцов и И. И. Шмальгаузен установили, что он происходит на основе ароморфоза, идиоадаптации. общей дегенерации.

Под *ароморфозом*, т. е. морфофизиологическим прогрессом, понимают эволюционные изменения, обуславливающие общий подъем степени организации, повышение интенсивности жизнедеятельности организмов. Ароморфозы дают живым существам значительные преимущества в борьбе за существование и открывают возможности для освоения новых мест обитания.

Переход растений из водной среды на сушу, от размножения спорами к размножению с помощью семян, появление покрытосеменных растений – все это проявления прогресса типа ароморфоза. Процессы усложнения нервной, кровеносной, пищеварительной систем и системы дыхания у позвоночных, возникновение классов рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих также являются результатом эволюции органического мира путем ароморфоза.

Благодаря ароморфозам в эволюции органического мира строение и жизнедеятельность растений и животных усложнялись, среди них появлялись все новые и новые группы, происходило расширение их ареалов, ускорялся процесс образования отрядов, классов и типов.

Ароморфозы проявляются на основе длительной наследственной изменчивости и продолжительного естественного отбора. В любой крупной таксономической единице растений и животных можно увидеть изменения типа ароморфоза (рис.117).

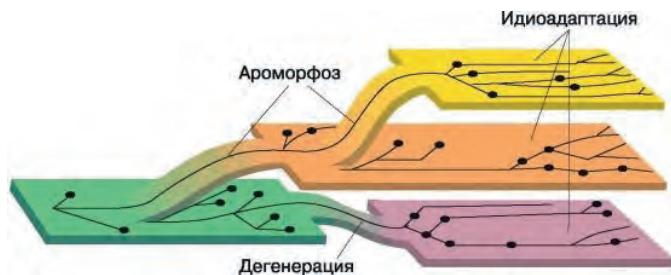


Рис.117. Различные направления эволюционного прогресса. Схематически изображены ароморфоз, идиоадаптация и общая дегенерация.

Идиоадаптация – представляет собой развитие частных адаптаций, которые приспособливают организм к конкретным условиям среды. В отличие от ароморфозов, идиоадаптация не является общим приспособлением, а связана с небольшими частными изменениями, которые «не приводят к общему подъему степени организации и жизнедеятельности организмов по сравнению с таковой у их предков. Примерами идиоадаптации могут

служить покровительственная окраска, явления мимикрии, наблюдаемые у животных, разнообразные приспособления, способствующие перекрестному опылению растений с помощью ветра, насекомых и птиц, приспособления плодов и семян к распространению. Приспособленность некоторых животных из отряда насекомоядных к проживанию на суше, в воде или под землей также служит примером идиоадаптации (рис.118).

Точно так же форма и окраска тела, своеобразное строение плавников у представителей различных видов костных рыб являются результатом приспособления идиоадаптационного порядка. Такие приспособления в некоторой степени облегчают обитание организмов любого вида при определенных условиях и способствуют биологическому прогрессу.

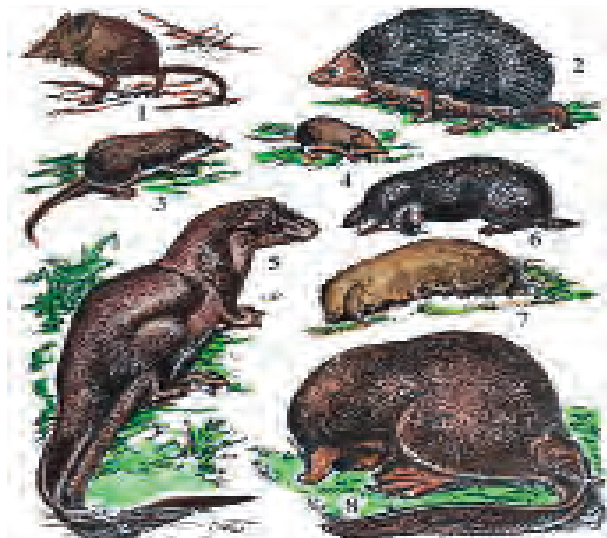


Рис.118. Идиоадаптация. Животные отряда насекомоядных класса млекопитающих. Наземные формы: 1 – прыгунчик; 2 – еж; 3 – землеройка. Обитающие в воде и под землей: 4 – кутора; 5 – выдровая землеройка; 6 – крот; 7 – златокрот; 8 – выхухоль.

Общая дегенерация или **морфофизиологический регресс** означает переход организации от сложного строения к простому. Это направление эволюции органического мира тесно связано с переходом организмов к сидячему или паразитическому образу жизни. Например, у личинок асцидий имеются нервная система, хорда и глаза, которые присущи, хордовым животным. Затем в процессе перехода личинок во взрослое состояние и к сидячему образу жизни происходит регрессивный метаморфоз организма – исчезает хорда, нервная система превращается в узелок.

У таких паразитов человека, как свиной солитер и лентец широкий, нет кишечника, нервная система имеет простое строение и они почти лишены способности самостоятельного двигаться. Но зато имеют присоски, позволяющие им прикрепляться к стенкам кишечника хозяина, и хорошо развитые

органы размножения. Некоторые растения, в том числе повилика, которые ведут паразитический образ жизни, лишены одного из основных» органов – листа. У повилики вместо корней на стебле образовались присоски, с помощью которых она высасывает питательные вещества из растения-хозяина. Это очень плодоносное растение. Его плоды не перевариваются в пищеварительных органах травоядных животных. Таким образом, общая дегенерация, хотя и упрощает строение организмов, но приводит к увеличению численности особей этого вида, расширению его ареала, к развитию новых систематических групп, т. е. к биологическому прогрессу.

В настоящее время большинство групп насекомых, костных рыб, грызунов, а также цветковые растения находятся в состоянии биологического прогресса. В развитии органического мира в противоположность биологическому прогрессу наблюдается и биологический регресс. В связи с тем, что при биологическом регрессе организмы не могут в достаточной мере приспособиться к условиям среды, происходит: а) уменьшение численности особей вида из поколения в поколение, б) сужение ареала, занятого этим видом, в) уменьшение числа популяций и видов.

Взаимосвязи различных направлений эволюции. Из всех рассмотренных путей достижения биологического прогресса наиболее редки ароморфозы, поднимающие ту или иную систематическую группу на качественно новый, более высокий уровень развития. Для групп, подвергнувшихся соответствующим морфофизиологическим преобразованиям, открываются новые возможности в освоении внешней среды. За каждым ароморфозом следует множество идиоадаптаций, которые обеспечивают более полное использование всех имеющихся ресурсов и освоение новых местообитаний. Идиоадаптации и общая дегенерации обеспечивают наилучшее приспособление организмов к среде, не повышая степени их организации.



Ключевые слова: Прогресс, ароморфоз, идиоадаптация, дегенерация.



Вопросы и задания:

1. Охарактеризуйте главные направления эволюции органического мира.
2. Объясните преимущества ароморфозов в борьбе за существование.
3. Дайте сравнительную характеристику ароморфозам и идиоадаптациям.



Задание для самостоятельной работы: Выявите, к каким направлениям эволюции относятся приведённые примеры.

№	Приспособления, возникшие при эволюционном процессе	Направление эволюции
1.	Возникновение процесса фотосинтеза	
2.	Появление цветка	

3.	Появление у млекопитающих плотного шерстяного покрова в зимний период	
4.	Смена окраски шерсти зимой у кроликов	
5.	Наличие присосок у паразитических червей.	
6.	Разнообразие ротового аппарата у насекомых	
7.	Возникновение двойного оплодотворения у цветковых растений	
8.	Изменение форм листьев у кактуса	
9.	Отсутствие органов движения у печёночного сосальщика.	
10.	Наличие колючек в плодах рогоголовника	
11.	Появление семенных растений	
12.	Появление четырехкамерного сердца	
13.	Появление животных с легочным дыханием	
14.	Наличие предохраняющей окраски у шмелей	

§ 51. ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Одна из самых сложных проблем биологической науки – изучение сущности, многообразия возникновения и развития жизни.

Теории о происхождении жизни. Происхождение жизни интересует человечество с древнейших времён. Существует несколько предположений о возникновении жизни.

Самозарождение жизни. Данное предположение существовало в древности в Древнем Китае, Вавилоне и Египте. Известный ученый Аристотель тоже придерживался такой концепции. Сторонники этой концепции считают, что живые организмы возникают из неживой природы путем самозарождения. В 1688 г. итальянский биолог и врач Франческо Реди подверг сомнению теорию спонтанного зарождения. Проведя ряд экспериментов, с открытыми и закрытыми сосудами, он получил данные, подтверждающие мысль о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни (концепция биогенеза), провозгласив знаменитый принцип – “все живое – от живого”. Он оставил открытыми отдельные сосуды с мясом, а остальные закрыл марлей (рис.119).



Рис.119.
Опыт Реди.

В сосудах, закрытых марлей, личинок мух не было, а на мясе в открытых сосудах их возникло бесчисленное множество. Таким образом, с помощью простого опыта было доказано, что личинки мух не могут самозародиться на гнилом мясе, а появляются из отложенных мухами яиц.

В 1860 г. проблемой происхождения жизни занялся Луи Пастер, который к этому времени уже многое сделал в микробиологии. В результате ряда экспериментов Пастер доказал справедливость теории биогенеза и окончательно опроверг теорию самозарождения. Он подвергал длительному кипячению в колбе с открытым горлышком питательную среду, в которой могли размножаться микроорганизмы. Через несколько дней в колбе наблюдалось размножение микроорганизмов (в результате попадания в нее бактерий и их спор). В следующем опыте, он взял термически стерилизованную питательную среду и поместил её в открытый сосуд с длинным изогнутым горлышком. Сколько бы сосуд ни стоял на воздухе, никаких признаков жизни в нём не наблюдалось, поскольку содержащиеся в воздухе споры бактерий оседали на изгибах горлышка. Но стоило отломить его или сполоснуть жидкой средой изгибы, как вскоре в среде начинали размножаться микроорганизмы, вышедшие из спор (рис.120). Таким образом, опыты Ф. Реди и Л. Пастер окончательно подтвердили невозможность самозарождения различных жизненных форм в нынешних условиях.



Рис.120. Опыт Л. Пастера.

Опыты Пастера имели огромное практическое значение, так как открыли возможности для консервации пищевых продуктов, пастеризации молочных продуктов, стерилизации ран и хирургических инструментов в медицине.

Теория панспермии. Согласно теории панспермии, жизнь существует вечно и кочует от планеты к планете. Сторонниками этой теории были знаменитый шведский физик, лауреат Нобелевской премии С. Аррениус, украинский учёный В. И. Вернадский, известный американский биофизик и генетик, лауреат Нобелевской премии Ф. Крик и др. По мнению этих учёных, жизнь изначально появилась не на Земле, а возникла на одной из планет и была занесена на Землю вместе с метеоритом или под

воздействием световых лучей и при благоприятных условиях развилась от простых организмов к сложным.

Теория биохимической эволюции. Теория биохимической эволюции жизни начала формироваться в 20–30-х годах XX в. Согласно этой теории, климатические условия Земли на начальных этапах её развития сильно отличались от современных. В этих условиях, прежде всего абиогенным путём, синтезировались простые органические соединения, которые, постепенно усложняясь в результате химической эволюции, превращались в простейшие жизненные формы. После этого началась биологическая эволюция.

По утверждению Дарвина, жизнь может зародиться только в условиях ее отсутствия. Вновь образовавшиеся органические вещества немедленно уничтожаются гетеротрофными микроорганизмами. Именно поэтому в настоящее время невозможно самозарождение жизни. Вторым необходимым условием зарождения жизни на Земле является отсутствие кислорода в первичной атмосфере, так как наличие кислорода привело бы к расщеплению вновь образующихся органических веществ.



Ключевые слова: креационизм, панспермия, биогенез, ультрафиолетовый, метеорит, консервирование.



Вопросы и задания:

1. Расскажите об основных этапах химической эволюции жизни.
2. Объясните, когда начинается химическая эволюция жизни?
3. Объясните процесс возникновения коацерватов.
4. Возможно ли в настоящее время образование жизни путём абиогенного синтеза?
5. Какие знаете сведения, доказывающие абиогенный синтез?



Задание для самостоятельной работы: Заполните таблицу.

Основные теории о происхождении жизни на земле	Сторонники этой концепции	Идеи в предложениях
Самозарождение жизни		
Панспермия		
Биохимическая эволюция		

Теория абиогенной молекулярной эволюции жизни из неорганических веществ была создана русским учёным А.И. Опариным (1924 г.) и английским учёным Ж. Холдейном (1929 г.).

По мнению естествоведов, Земля появилась примерно 4,5–5 млрд. лет назад. Вначале Земля представляла собой пыльное облако, температура была высокой и она колебалась в пределах 4000–8000°C. В процессе охлаждения, тяжёлые элементы начали располагаться в центре планеты, а более лёгкие по периферии. На Земле самые простые живые организмы появились примерно 3,5 млрд. лет назад. Жизнь есть результат химической, затем биологической эволюции.

Химическая эволюция. Предполагается, что в первичной атмосфере Земли, содержались водяные пары, свободный водород, азот, углерод, частично метан, сероводород и аммиак. Постепенно Земля остывала, началась в атмосфере конденсация водяных паров. Непрерывные дожди стали образовывать на поверхности Земли водные бассейны. В водах растворялись органические соединения, возникшие в атмосфере. Под влиянием ультрафиолетовых и рентгеновых лучей, идущие от солнца, а также под сильным зарядом молний, синтезировались сложные соединения. Таким образом, появились первые органические соединения: углеводы, аминокислоты, азотистые основания, органические (уксусная, муравьиная, молочная) кислоты. В водных условиях из простых органических соединений образовались полимеры.

А.И. Опарин первым выдвинул идею экспериментального изучения возникновения жизни. С. Миллер (1953) создал модель первичных условий Земли. Воздействуя на нагретый метан, аммиак, водород и воду электрическим разрядом, он осуществил синтез аминокислот, в такой системе газы имитировали атмосферу, электрический разряд – молнии. Д. Оро, нагревая цианистый водород, аммиак и воду, осуществил синтез аденина. Путём воздействия на метан, аммиак и воду ионизирующими излучениями были синтезированы рибоза и дезоксирибоза. Результаты подобных опытов подтвердились многочисленными исследованиями.

С. Фокс, нагревая смесь аминокислот, синтезировал протеиноиды (белковые вещества). В дальнейшем, были синтезированы нуклеотиды полимеров. При достижении определенной концентрации органических веществ в первичном океане могли возникать сложные агрегаты разнообразных соединений – коацерваты (по латински «koatservus» – гуща, густое вещество). Изучение искусственно создаваемых коацерватов (очень

широко исследованных А. И. Опариным и его сотрудниками) показало, что они проявляют некоторые свойства живых систем. Коацерваты способны избирательно поглощать разные вещества из окружающей среды, которые участвуют в химических реакциях внутри коацерватных капель, а часть продуктов этих реакций выделяется обратно в среду. Тем не менее коацерваты не могут считаться живыми существами прежде всего потому, что у них нет стабильного самовоспроизведения. На последующих этапах химической эволюции коацерваты начали расти, в них начало происходить нечто, подобное обмену веществ у живых существ. Предполагается, что коацерваты были окружены мембраной и приобрели способность делиться. Такие коацерваты называются протобионтами или первичными клетками. На следующем этапе образовались взаимосвязи нуклеиновых кислот и белков. Синтез белков определенного состава стал осуществляться на основе информации, заключенной в нуклеиновых кислотах. Возникает способность нуклеиновых кислот к самовоспроизведению при участии специфических белков – ферментов. Дальнейшее развитие протобионтов, усложнение их организации привели к появлению организмов, обладающих клеточным строением, – первичных прокариот. С этого момента начинается биологическая эволюция.

Первые живые организмы были гетеротрофными, т. е. питались готовыми органическими веществами. Все жизненные процессы в них протекали в анаэробных условиях, так как в атмосфере не содержался свободный кислород. По мере увеличения их числа происходило уменьшение пищевых ресурсов и между ними возрастала конкуренция. Это привело к появлению автотрофов – организмов, синтезирующих необходимые им органические вещества из неорганических. Возникновение организмов, обладающих способностью к фотосинтезу – первичных сине-зеленых водорослей, – считается одним из самых значительных ароморфозов. Основное значение фотосинтеза в эволюции заключается в следующем: фотосинтез способствует обогащению атмосферы кислородом; возникновение фотосинтеза ослабляет конкуренцию организмов за органические вещества, синтезируемые абиогенным путем; появление в атмосфере озонового экрана, в результате фотосинтеза, защищает организмы от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей. В результате образования в атмосфере свободного кислорода, организмы стали переходить к аэробному дыханию. Поскольку аэробное дыхание было более эффективным по сравнению с анаэробным, переход к нему ускорил развитие и усложнение органического мира. По мере увеличения содержания кислорода в атмосфере начали появляться эукариотные организмы.



Ключевые слова: протобионты, коферменты, абиоген, матричный синтез.



Вопросы и задания:

1. Расскажите о основных этапах химической эволюции.
2. Объясните, когда началась биологическая эволюция жизни?
3. Расскажите о возникновении коацерватов.
4. Возможно ли в наше время заново создание жизни абиогенным путем?
5. Что вы знаете об абиогенном синтезе?

§ 53. ЖИЗНЬ В АРХЕЙСКОЙ И ПРОТЕРОЗОЙСКОЙ ЭРЕ

Земля и другие планеты Солнечной системы появились 5 млрд. лет тому назад. Обычно для выяснения продолжительности эр и исторических периодов Земли и слоёв на ней изучают остаточный продукт радиоактивных элементов. Вся история развития Земли, с момента возникновения её до наших дней, разделяется на эры, эры на периоды, периоды на эпохи. Эры имеют названия греческого происхождения: архейская (arxeis) – древнейшая, протерозойская (proteroszoe) – первобытная жизнь, палеозойская (palezoe) – древняя жизнь, мезозойская (mezos) – срединная жизнь, кайнозойская (kainos) – новая жизнь.

Архейская эра продолжалась 900 млн. лет. На ранних этапах эры живые существа не оставили никаких следов. Первые живые организмы (бактерии) появились в архейской эре. Наличие в земной коре пород известняка, мрамора, угля свидетельствует о существовании бактерий, сине-зелёных водорослей. Эволюция жизни Земли связана с возникновением важного этапа – фотосинтеза, в результате которого органический мир разделился на растительный и животный мир. Первыми фотосинтезирующими организмами были сине-зелёные водоросли – цианобактерии.

Протерозойская эра эра продолжалась 2000 млн.лет. Происходил стремительный рост гор, в итоге образовалась суша. В этой эре бурно развивались бактерии и водоросли. У прибрежных водорослей произошла дифференциация тела, при которой одна часть прикреплялась к поверхности, другая приспособлялась к протеканию фотосинтеза. Из-за насыщения воздуха и воды кислородом, появились организмы – аэробы. К концу протерозойской эры развились многоклеточные организмы. Возникли кишечнотелые, плоские черви, кольчатые черви, моллюски, членистоногие. Подавляющее большинство животных было с двухсторонней симметрией тела, что обеспечило деление тела на переднюю и заднюю, спинную и брюшную части. В передней части тела находились органы чувств и

нервные узлы, спинная часть выполняла функцию защиты, а брюшная обеспечивала передвижение и добычу пищи. Все это привело к изменению поведения, подвижности животных, придало им ловкость.

К концу протерозойской эры появились первые хордовые животные – представители подтипа бесчерепные.



Ключевые слова: эра, период, эпоха, архейская, палеозойская, протерозойская, мезозойская, кайнозойская.



Вопросы и задания:

1. На основе какого фактора выявляется возраст Земли?
2. Почему не сохранились живые организмы архейской эры?
3. Объясните ароморфозы архейской эры.
4. Как развивался растительный мир протерозойской эры?
5. Расскажите об ароморфозах животного мира протерозойской эры.



Задания для самостоятельной работы:

Жизнь в архейской эре

Условия жизни	Растения	Животные

Жизнь в протерозойской эре

Условия жизни	Растения	Животные

§ 54. ЖИЗНЬ В ПАЛЕОЗОЙСКОЙ ЭРЕ

Палеозойская эра длилась 340 млн. лет.

В кембрийский период климат был умеренным, растительный и животный мир распространён в морях. Некоторые из животных и растений вели оседлый образ жизни, некоторые передвигались по течению воды. В кембрийский период уже существовали почти все типы животных, в том числе хордовые. Были распространены двухстворчатые, брюхоногие, головоногие моллюски, кольчатые черви и трилобиты. Возникли представители первых позвоночных животных: бесчелюстные панцирные рыбы. Панцирные животные считаются предками современных круглоротых таких, как миноги и миксины.

В ордовикском периоде повысились уровни морей, в них увеличилось количество зелёных, бурых, красных водорослей, брюхоногих моллюсков. Начался бурный рост коралловых рифов, сокращается разнообразие губок и двухстворчатых моллюсков.

В **силурийском периоде** усилился рост гор, увеличилась поверхность суши. Некоторые многоклеточные зеленые водоросли, распространённые в прибрежных водах, в результате естественного отбора, перешли на сушу. Появились первые наземные растения – псилофиты. Накопление в почве органических соединений, дало возможность появлению грибов. Происходило бурное размножение брюхоногих моллюсков. В силурийском периоде возникли первые дышащие воздухом животные: членистоногие (паукообразные) вышли на сушу.

В **девонском периоде** продолжается снижение уровня морей, увеличение суши. В морях развиваются хрящевые рыбы, в борьбе за существование сокращается разнообразие панцирных рыб. Позже появились костные рыбы. В мелководных бассейнах появились двоякодышащие и кистеперые рыбы. В этот период растут папоротники, хвощи, плауны. Появились многоножки и насекомые. В середине девонского периода возникли первые виды земноводных.

В **каменноугольном периоде** климат был влажным, в составе воздуха было много углекислого газа. В заболоченной почве росли папоротники высотой в 40 метров, хвощи, плауны. Появились голосеменные растения. Массовая гибель древовидных растений привела впоследствии к образованию в этих местах каменноугольных пластов. Первые представители земноводных – стегоцефалы – были весьма многочисленны и многообразны. Развивались летающие насекомые – тараканы и стрекозы.

В начале **пермского периода** климат был относительно сухой и холодный. В таких условиях, а также под влиянием борьбы за существование и естественного отбора, вымерло большое количество земноводных. Всё это привело к изменению всего класса земноводных. Появились первые пресмыкающиеся.

Ключевые слова: Кембрий, ордовский, силурийский, девонский, пермский.



Вопросы и задания:



1. Из каких периодов состоит палеозойская эра?
2. В каком периоде возникли первые наземные растения?
3. В каком периоде возникли первые земноводные виды животных?
4. Какие ароморфозы произошли в эволюции растений палеозойской эры?
5. Объясните причину вымирания земноводных.
6. Какие ароморфозы произошли в эволюции животных палеозойской эры?



Задания для самостоятельной работы: Жизнь в палеозойской эре.

Периоды	Условия жизни	Растения	Животные
---------	---------------	----------	----------

§ 55. ЖИЗНЬ В МЕЗОЗОЙСКОЙ И КАЙНОЗОЙСКОЙ ЭРАХ

Мезозойская эра длилась 175 млн. лет. **Триасовый период** был довольно сухим. Леса состояли из хвойных деревьев, саговников, споровых растений. На суше увеличилось разнообразие пресмыкающихся. В этот период появились предки ныне существующих ящериц, черепах. В результате борьбы за существование и естественного отбора, из некоторых хищных пресмыкающихся, произошли первые виды млекопитающих, размер тела которых были не более крыс. Предполагают, что они, как и современные утконосы и ехидны, были яйцекладущими.

В юрском периоде в лесах господствовали голосеменные, некоторые из них, например, секвойи, дошли и до наших дней. Первые цветковые растения, которые появились в этом периоде, имели примитивное строение и не были широко распространены. В результате расцвета споровых и голосеменных растений чрезмерно увеличивались размеры тела травоядных пресмыкающихся, некоторые из них достигали в длину 20–25 м. Пресмыкающиеся распространились не только на суше, но и в водной и воздушной средах. Широкое распространение получили летающие ящеры. В этом периоде появились археоптериксы.

В меловом периоде климат резко изменился. Атмосфера стала сухой и прозрачной. Солнечные лучи падали непосредственно на листья. Такое изменение климата лишило необходимой влажности папоротников и голосеменных растений, что привело к их сокращению. Наоборот, стали развиваться покрытосеменные растения. К середине мелового периода развились многие семейства однодольных и двудольных покрытосеменных растений. По своему многообразию и внешнему виду они во многом приблизились к современной флоре. Во второй половине мелового периода появились представители подкласса сумчатых и плацентарных млекопитающих.

Кайнозойская эра продолжалась 70 млн. лет. Климат был тёплый, умеренный. В кайнозойской эре бурно развивались цветковые растения, насекомые, птицы и млекопитающие. В середине третичного периода климат был сухой и умеренный, к концу периода началось похолодание. Такие климатические изменения привели к сокращению лесов и к распространению травянистых растений. Бурно развиваются насекомые. На суше и в воздухе обитали птицы и млекопитающие, в воде рыбы, а

также млекопитающие, которые вторично приспособились к воде. От древних плацентарных млекопитающих – отряда насекомоядные произошли хищные млекопитающие и приматы. В конце периода, появились человекообразные обезьяны. С сокращением лесов, некоторые человекообразные обезьяны стали приспосабливаться к проживанию на открытой местности. В результате возникли «южные обезьяны» – австралопитеки.

В четвертичном периоде произошло смещение льдов Северного Ледовитого океана на юг и большая часть Земли была покрыта льдом. Теплолюбивые растения сохранились на юге, исчезли многие виды растений. В четвертичном периоде ускорилась эволюция человека. Увеличение численности и широкое распространение людей начало влиять на растительный и животный мир. Охота первобытных людей приводит к постепенному сокращению численности диких травоядных животных. В Европе и Азии первобытными охотниками были истреблены мамонты, шерстистые носороги, в Америке – мастодонты, предки лошади, гигантские ленивцы, морские коровы. Истребление крупных травоядных животных привело к резкому уменьшению численности пещерных львов, медведей и других крупных хищных зверей, питающихся ими.



Ключевые слова: мезозойская эра, триасовый период, юрский период, меловый период, кайнозойская эра.



Вопросы и задания:

1. Какие приспособления возникли у растений в мезозойской эре?
2. Что было причиной укрупнения тела животных в юрский период?
3. В какой период ускорилась эволюция человека?
4. Какие животные исчезли с лица Земли с увеличением популяции людей?

§ 56. АНТРОПОЛОГИЯ – НАУКА ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Человек – это субъект общественно-исторического процесса, развития материальной и духовной культуры на Земле, биосоциальное существо, генетически связанное с другими формами жизни, но выделившееся из них благодаря способности производить орудия труда, обладающее членораздельной речью и сознанием, нравственными качествами. Человек может сохранять и передавать информацию будущему поколению в письменной или устной форме, может успешно вести деятельность в различных сферах общества.

Антропология – совокупность научных дисциплин, занимающихся изучением человека, его происхождения, развития, существования в природной и культурной средах. Антропология исследует физические различия между людьми, исторически сложившиеся в ходе их развития в различной естественно-географической среде.

Современные идеи об историческом развитии и эволюции человека основываются на доказательствах молекулярной биологии, цитологии, сравнительной анатомии, физиологии, эмбриологии и палеонтологии. Все живые существа по строению схожи, т.к. произошли от одной ветки. Как у всех хордовых, на ранних этапах эмбрионального развития у человека существует нервная трубка, хорда, кишечная трубка. Человек относится к классу млекопитающих и имеет все признаки этого класса: сходное строение всех систем органов, 7 шейных позвонков, диафрагму, альвеолы, млечные железы, ушные раковины, 3 слуховые косточки в среднем ухе и др.

Наличие у человека рудиментов (развитых у млекопитающих, но атрофированных у человека органов): аппендикса, остатка третьего века, Дарвинова бугорка в ушной раковине, копчика, утратившего свои функции – доказательство родства человека с животными (рис.121).

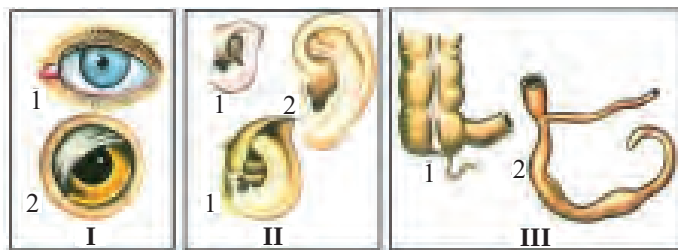


Рис. 121. Рудиментные органы человека. I – третье веко: 1 – у человека; 2 – у птицы; II – ушная раковина: 1 – у 6-месячного эмбриона; 2 – у взрослого человека; 3 – у обезьяны; III – аппендикс и его червовидный отросток: 1 – у человека; 2 – у копытного животного.

Случаи рождения детей с признаками млекопитающих животных – атавизмы (возврат к предкам): с густым волосным покровом тела, с большим числом сосков, с удлинненным хвостовым отделом позвоночника – доказательство происхождения человека от животных (рис.122).

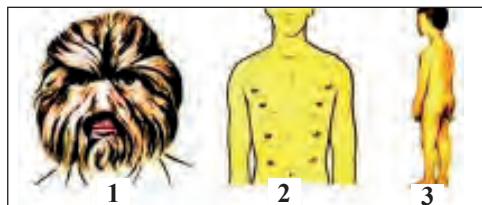


Рис.122. Явление атавизма у человека. 1 – волосистый покров тела человека; 2 – многососковый ребенок; 3 – хвостатый ребенок.

По строению и физиологическим особенностям к человеку ближе других животных стоят человекообразные обезьяны: шимпанзе, гориллы, орангутаны. Они могут ходить на задних конечностях, опираясь при этом на руки; на пальцах у них ногти, а не когти, резцов, клыков и коренных зубов столько же, сколько у человека. 4 группы крови, характерные для человека, найдены и у шимпанзе, гориллы и орангутана; есть общие паразиты (например, головная вошь), общие болезни (грипп, оспа, холера, брюшной тиф и др). Обнаружено поразительное сходство хромосомного аппарата. Выявлено также сходство по внешнему виду хромосом. При окрашивании хромосом человека и обезьян специальным методом на них проявляется тонкая поперечная полосатость, строго специфичная для каждой хромосомы. У человекообразных обезьян имеется 48 хромосом. Вследствие соединения двух пар хромосом у человека, его кариотип состоит из 46 хромосом.

У человекообразных обезьян, как и у человека, хорошо развиты мимические мышцы. В строении человеческого скелета произошли особые изменения. В связи с большим объемом мозга мозговая часть черепа больше лицевой. В связи с прямохождением сводчатая стопа, расширенный таз и изгибы в позвоночнике, грудная клетка расширена в стороны, в связи с трудовой деятельностью большой палец руки хорошо развит и сильнее противопоставлен остальным пальцам, в связи с речью развит подбородок.



Ключевые слова: шимпанзе, горилла, орангутанг, рудимент, атавизм.



Вопросы и задания:

1. Какое положение занимает человек, как биологический вид в систематике?
2. Поясните роль наук эмбриологии, сравнительной анатомии в доказательстве человеческой эволюции.
3. Перечислите рудименты человека. Что объясняет их наличия?
4. Приведите примеры явления атавизма у человека.
5. На каком этапе эмбрионального развития обнаруживается сходство эмбриона человека и животных?



Задания для самостоятельной работы: Объясните с чем связано, что на последних этапах развития у эмбриона человека выступает лобная часть черепа, а у обезьян челюсти.

Палеонтологические материалы показывают что, становление человека как биологического вида проходило через четыре основных этапа – предшественник человека, древнейший человек, древний человек, человек современного типа (неоантроп).

Предшественник человека. Предполагают, что ближайшим общим предком человека и человекообразных обезьян была группа дриопитеков (древесных обезьян) Примерно 25 млн. лет назад произошло разделение дриопитеков на две ветви, которые в дальнейшем привели к возникновению двух семейств: человекообразных обезьян (гиббон, горилла, орангутан, шимпанзе), и гоминид (людей).

Из-за резкого изменения условий некоторые дриопитеки начали ходить на задних конечностях. В результате возникли «южные обезьяны» – австралопитеки. Они отличались прямохождением на двух ногах, которое обеспечивало использование палок, камней, костей крупных животных, как орудий труда. Проживали они в лесах, степях, в открытой местности. Рост их достигал 120–140 см, масса тела 35–55 кг, объём черепа 500–600 см³. Тазовая кость австралопитека позволяла двигаться на двух ногах.

В слоях земли в окрестностях озера Рудольф в Кении найдены остатки костей австралопитека в возрасте 5,5 млн. лет. В процессе эволюции один из видов австралопитеков сформировался в *первобытного человека* (*homo habilis*). Homo habilis мог пользоваться огнём, из крупных камней строить себе жилища. Поэтому его называли «человек умелый». Объём мозга его составлял 650–680 см³, а рост 135–150 см. Они охотились на крупных животных при помощи палок, камней и деревянных орудий труда, из под земли выкапывали для пищи луковицы, клубни, корни растений, могли пользоваться огнём, из крупных камней строили себе жилища.

Древнейшие люди – архантропы. Архантропы относятся к *прямоходящему человеку* – *homo erectus*. В 1891 году голландский учёный Дюбуа на острове Ява нашёл останки костей *питекантропа* (человекообразные). Рост его достигал 170 см, объём головного мозга достигал 800–1100 см³. Питекантропы изготавливали орудия труда из камней, костей, пользовались огнём, жили первобытной общиной. В 1927–1937 гг. в

Китае были обнаружены костные останки человека – *синантроп*. Его рост составлял 150–160 см, объем мозга 850–1220 см³. Они умели пользоваться огнем. Питекантропы, синантропы относятся к виду *Homo erectus*, это древнейшие люди – архантропы. Архантропы хоронили близких умерших, места их проживания были украшены рогами, костями, зубами животных.

Древние люди – палеоантропы. В Германии, близ реки Неандерталь, также в Сурхандарьинской области в пещере Тешикташ найдены кости: головы, челюсти и ног древнего человека. Он был назван неандертальцем. Неандертальцы проживали 250–40 тыс. лет назад. У них был покатый лоб, плохо развитый подбородок. Рост достигал 155–163 см, объём мозга достигал 1400 см³. Жили они общинами. Заботились о старых и больных, хоронили умерших. Неандертальцев считают человеком разумным.

Люди современного облика – неантропы. Первые скелеты неантропов были обнаружены в 1868 году на юге Франции в пещере Кроманьон. Поэтому людей современного типа называют кроманьонцами. Они возникли 50–60 тыс. лет тому назад. Рост кроманьонцев составлял 180 см, объём мозга 1600 см³, мозговой отдел их черепа преобладал над лицевым, развитый подбородочный выступ указывал на то, что они могли общаться с помощью членораздельной речи, строение тела походило на строение тела современных людей. Кроманьонцы могли изготавливать сложные орудия труда, строили жилища, на их стенах рисовали эпизоды охоты, танцев, изображения людей и животных. Приручали диких животных, стали заниматься земледелием.



Ключевые слова: архантроп, палеоантроп, неантроп.



Вопросы и задания:

1. Какие стадии принято выделять в антропогенезе?
2. Укажите признаки, свойственные архантропам.
3. На основании каких признаков можно предположить, что неандертальцы в эволюционном плане занимали более высокое положение, чем питекантропы?
4. По каким признакам кроманьонцев относят к людям современного типа?

Биологические факторы, хотя и имеют важное значение в формировании человека, но для объяснения антропогенеза этого не достаточно. В данном процессе, кроме биологических факторов, имеют значение и социальные факторы. Историческое развитие человека осуществлялось под влиянием тех же факторов биологической эволюции, что и для остальных видов живых организмов: мутаций, дрейфа генов, изоляции и естественного отбора. На ранних этапах эволюции человека решающее значение имел отбор на лучшую приспособляемость к меняющимся условиям окружающей среды. Важнейшим этапом на пути превращения обезьяноподобных существ в человека стало прямохождение. Благодаря прямохождению, у человека освободились руки для изготовления орудий труда. Отбор способствовал закреплению таких особенностей организации предков человека, как прямохождение, направленное совершенствование кисти руки и развитие головного мозга. Для антропогенеза характерно влияние на эволюцию социальных факторов – трудовой деятельности, общественного образа жизни, речи и мышления. Общественный образ обеспечивал предкам человека большую безопасность в условиях открытых ландшафтов, возможность охоты на крупных животных, воспитания детей, заботы о стариках и т. п. Коллективная охота, трудовая деятельность, необходимость передачи информации своим соплеменникам требовали использования сложной системы взаимной сигнализации, что способствовало развитию речи. В отличие от животных у человека развита вторая сигнальная система (речь).

Охота и рыболовство позволяли питаться не только растительной, но и смешанной пищей, что само собой явилось причиной сокращения длины кишечника. Потребление приготовленной на огне пищи на протяжении тысячелетий постепенно облегчало нагрузку на жевательный аппарат, в результате чего часть теменной кости, к которому соединяются жевательные мышцы, утратило свое биологическое значение

Человеческие расы. Все современные люди относятся к одному виду – к «*homo sapiens sapiens*». Внутри вида *Homo sapiens sapiens* существуют крупные группы – расы. Расы отличаются друг от друга цветом кожи, формой глаз и волос, строением век, очертанием головы. В современном человечестве выделяют три основные расы: европеоидную, монголоидную и негроидную.

Европеоиды характеризуются светлой кожей; узким лицом; сильно выступающим, прямым носом; мягкими, светлыми, русыми, прямыми волосами, глаза – синие, карие; у мужчин хорошо растут усы и борода.

Монголоиды отличаются крупным плоским широким лицом, миндалевидным разрезом глаз, жесткими прямыми волосами, желтоватым цветом кожи. Монголоиды, в основном, распространены в Азии, но при миграции распространились и в других регионах.

Для негроидной расы характерны темный цвет кожи, курчавые волосы, широкий и плоский нос, большие темные глаза.

По мнению учёных, прародиной современного человека является Юго-Восточная Азия и Северная Африка, где возникли две расы – юго-западная и северо-восточная. Первая раса в дальнейшем превратилась в европеоидную и негроидную, а вторая в монголоидную.

Происхождение рас, естественный отбор, мутация, обособленность, смешение популяций – все эти факторы взаимосвязаны. На первом этапе развития и происхождения рас, естественный отбор как фактор имел огромное значение. В определённых условиях, естественный отбор, повышает жизненный уровень, сохраняя в популяции адаптивные признаки, способствует размножению.



Ключевые слова: антропогенез, биологические факторы, общественные факторы, сознание, речь, европеоид, монголоид, негроид.



Вопросы и задания:

1. Как вы понимаете биологический фактор в эволюции человека?
2. Каковы признаки древнейших людей и древних людей?
3. Какими признаками отличается облик современного человека?
4. Прокомментируйте общественные факторы в эволюции человека.
5. Когда возникли расы людей?
6. На какие группы подразделяются расы людей?



Задания для самостоятельной работы: Как вы считаете, оказывает ли сегодня влияние на человека, на его строение, психику и т.д. физический труд, управляемый механизмами и компьютерами.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Аденозиндифосфат, АДФ – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и двух остатков фосфорной кислоты.

Аллофен – (allophene) (греч. allos – иной, другой), генетически смешанный фенотип, не обусловленный генными мутациями, а образовавшийся в результате соматической гибридизации или трансплантации. Термин предложен Е. Хадорном в 1955 г.

Амитоз – прямое деление клетки путем перетяжки без образования хромосом, вне митотического цикла.

Антигены – вещества, воспринимающиеся организмом как чужеродные и вызывающие специфическую иммунную реакцию.

Бациллы – любые бактерии палочковидной формы.

Биотехнология – использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

Бластула – зародыш многоклеточных животных в период бластуляции.

Бластуляция – заключительная фаза периода дробления ядра у многоклеточных животных. Зародыш в этот период называется бластулой.

Дивергенция – расхождение признаков у родственных видов за счет приспособления к разным условиям среды.

Эндонуклеазы – расщепляющий двухцепочечные молекулы ДНК (рестриктазы).

Филогенетическое древо – родословное дерево, графическое изображение хода филогенеза и родственных связей разных групп организмов.

Фотопериодизм – изменения в процессах роста и развития организмов, связанные с изменением длины светового дня.

Дрейф генов – случайные ненаправленные изменения частоты генов в популяциях ограниченного размера.

Клонирование генов – процесс выделения заданной последовательности и получения многих её копий.

Генофонд – совокупность генов, которые имеются у особей данной популяции, группы популяций или вида.

Геном – совокупность молекул ДНК гаплоидного набора хромосом.

Интерферон – белок, образующийся в клетках организмов при вирусных инфекциях.

Каллусные клетки – клетки, образующиеся на раневой поверхности растения в виде опробковеваяющей ткани, которая возникает в результате деления пограничных с раной клеток.

Кариотип – совокупность признаков хромосомного набора, характерных для того или иного вида.

Кодон (или триплет) – последовательность трех нуклеотидов, кодирующая включение в синтезируемый белок строго определенной аминокислоты.

Кодоминантность – участие обоих аллелей в определении признака у гетерозиготной особи.

Конвергенция – независимое развитие сходных признаков у неродственных видов вследствие приспособления к сходным условиям среды.

Лизис – разрушение и растворение клеток под действием ферментов, содержащихся в лизосомах, или других агентов, обладающих растворяющим действием.

Бактерии лизогенные – бактерии, содержащие умеренный фаг в состоянии профага и передающие его дочерним клеткам при размножении.

Лизогения – совместное существование бактерий и бактериофагов, при котором бактериофаг является составной частью нормально развивающейся бактериальной клетки.

Моноклональные антитела – антитела, вырабатываемые иммунными клетками, принадлежащими к одному клеточному клону, то есть произошедшими из одной плазматической клетки-предшественницы.

Партеногенез – форма полового размножения, при котором женские половые клетки развиваются без оплодотворения.

Политипизм – существование у элементов или соединений двух или более структур с разной последовательностью.

Пубертатный период – период полового созревания; процесс изменений в организме подростка, вследствие которых он становится взрослым и способным к продолжению рода.

Редукция – недоразвитие или полное исчезновение органа, который был нормально развит у предковых форм или на более ранних стадиях онтогенеза.

Рекомбинантная ДНК – молекула ДНК, полученная в результате объединения чужеродных (в природе никогда вместе не существующих) фрагментов ДНК с использованием методов генной инженерии.

Ретротранспозоны – (мобильные генетические элементы первого типа, или транспозоны, перемещающиеся через РНК интермедиаты) это генетические элементы, которые могут самовоспроизводиться в геноме и являются повсеместными компонентами ДНК многих

Таксон – группировка организмов, принятая в систематике (например вид, род, семейство).

Центромера – участок хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления во время митоза и мейоза.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
ГЛАВА I. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	
§ 1. Биология – наука о жизни	4
§ 2. Сущность жизни и свойства живого	7
ГЛАВА II. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ	
МОЛЕКУЛЯРНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ	
§ 3. Молекулярный уровень жизни и его свойства	12
§ 4. Химический состав живых организмов и его постоянство	15
§ 5. Углеводы и липиды	19
§ 6. Белки и нуклеиновые кислоты	24
ГЛАВА III. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ	
КЛЕТОЧНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ	
§ 7. Клеточный уровень организации жизни и его особенности	32
§ 8. Обмен веществ – основа жизнедеятельности клетки	37
§ 9. Пластический обмен. Фотосинтез, Хемосинтез.....	41
§ 10. Клетка – генетическая единица живого	45
§ 11. Жизненный цикл клетки	49
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	57
ГЛАВА IV. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ	
ОРГАНИЗМЕННОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ	
§ 12. Организменный уровень жизни и его свойства.....	59
§ 13. Типы питания живых организмов	62
§ 14. Размножение организмов. Бесполое размножение.....	64
§ 15. Половое размножение организмов	68
§ 16. Онтогенез – индивидуальное развитие организмов	73
§ 17. Общие закономерности наследственности. Законы наследования Г. Менделя и их значение	78
§ 18. Дигибридное и полигибридное скрещивание. Третий закон Г. Менделя	83
§ 19. Хромосомная теория наследственности.....	86
§ 20. Генетика пола	89
§ 21. Наследование признаков, сцепленных с полом.....	92
§ 22. Взаимодействия неаллельных генов.....	94
§ 23. Общие закономерности изменчивости	100
§ 24. Генетика и здоровье человека	107
§ 25. Наследственные болезни человека. Репродуктивное здоровье.....	113
§ 26. Объекты исследования и история развития генной инженерии.....	118
§ 27. Генетические элементы клеток	120
§ 28. Процессы, влияющие на изменение наследственной клетки	123

§ 29. Ферменты, используемые генной инженерией	128
§ 30. Получение рекомбинантной ДНК	131
§ 31. Изменение наследственности растений на основе генной инженерии	133
§ 32. Изменение наследственности животных на основе клеточной инженерии. Гибридома	136
§ 33. Биотехнология, основанная на генной и клеточной инженерии	140
§ 34. Достижения генетической инженерии и биотехнологии в Узбекистане	142

ГЛАВА V. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 35. Популяционно-видовой уровень жизни	145
§ 36. Популяция – это часть структуры вида и элементарная единица эволюции	149
Лабораторная работа № 2	155
§ 37. Возникновение эволюционных идей	156
§ 38. Научные труды К. Линнея, Ж.Б. Ламарка эволюционные идеи Ж. Кювье	161
§ 39. Эволюционные идеи Ч. Дарвина	165
§ 40. Движущие силы эволюции. Наследственная изменчивость	171
Лабораторная работа № 3	173
§ 41. Борьба за существование и ее формы	175
§ 42. Естественный отбор и его формы	180
§ 43. Приспособленность организмов – результат эволюции	184
Лабораторная работа № 4	192
§ 44. Синтетическая теория эволюции	193
§ 45. Видообразование	195
§ 46. Молекулярные, цитологические, эмбриологические, сравнительно-анатомические доказательства эволюции	200
§ 47. Сравнительно-анатомические и палеонтологические доказательства эволюции.....	205
§ 48. Биографические доказательства эволюции	208
§ 49. Типы эволюционных изменений	212
§ 50. Главные направления эволюции органического мира	215
§ 51. Основные теории о происхождении жизни на земле	219
§ 52. Теория биохимической эволюции	222
§ 53. Жизнь в архейской и протерозойской эре	224
§ 54. Жизнь в палеозойской эре	225
§ 55. Жизнь в мезозойской и кайнозойской эрах	227
§ 56. Антропология – наука об эволюции человека	228
§ 57. Основные этапы эволюции человека	231
§ 58. Движущие силы эволюции человека	233
Словарь терминов	235

A. G'AFUROV, A. ABDUKARIMOV, J. TOLIPOVA, O. ISHANKULOV,
M. UMARALIYEVA, I. ABDURAXMONOVA.

BIOLOGIYA

*O'rta ta'lim muassasalarining 10-sinfi va o'rta maxsus,
kasb-hunar ta'limi muassasalarining o'quvchilari uchun darslik*

(Rus tilida)

Издание 1-ое

«SHARQ» nashriyot-matbaa
aksiyadorlik kompaniyasi
Bosh tahririyati
Toshkent – 2017

Перевод *Маъмура Умаралиева*
Редактор *Дилбар Ибрагимова*
Художественный редактор *Феруза Башарова*
Технический редактор *Раъно Бобохонова*
Компьютерная вёрстка *Дилбар Ибрагимова*
Корректор *Оксана Корчуганова*

Лицензия издания AI № 201,28.08.2011

Подписано в печать 12.09.2017. Формат 70х90^{1/16}. Гарнитура «Times New Roman».
Кегль 14,5; 12,5. Офсетная печать. Усл.печ. л. 17,55. Уч.–изд. л. 18,01.
Тираж 49607 Заказ № 4909.

**Типография Издательско-полиграфической акционерной
компании «SHARQ», 100000, г. Ташкент, ул. Буюк Турон, 41.**

Сведения о состоянии учебника, выданного в аренду

№	Имя и фамилия ученика	Учебный год	Состояние учебника при получении	Подпись классного руководителя	Состояние учебника при сдаче	Подпись классного руководителя
1						
2						
3						
4						
5						
6						

При выдаче учебника в аренду и сдаче его в конце учебного года классный руководитель заполняет приведенную выше таблицу в соответствии со следующими критериями

Новый	Состояние учебника перед поступлением в аренду.
Хороший	Обложка целая, не оторвана от основной части книги. Все страницы имеются, целые, не порваны, не отклеены, на страницах нет надписей и линий.
Удовлетворительный	Обложка измята, исчерчена, края обтрепаны, отделена частично от основной части книги и отреставрирована пользователем. Реставрирование удовлетворительное. Вырванные страницы подклеены, некоторые страницы исчерчены.
Неудовлетворительный	Обложка исчерчена, разорвана и полностью или частично оторвана от основной части книги, отреставрирована неудовлетворительно. Страницы порваны, некоторые отсутствуют, разукрашены, испачканы, восстановление невозможно.

A. G'AFUROV, A. ABDUKARIMOV, J. TOLIPOVA, O. ISHANKULOV,
M. UMARALIYEVA, I. ABDURAXMONOVA.

BIOLOGIYA

*O'rta ta'lim muassasalarining 10-sinfi va o'rta maxsus,
kasb-hunar ta'limi muassasalarining o'quvchilari uchun darslik*

(Rus tilida)

Издание 1-е

«SHARQ» nashriyot-matbaa
aksiyadorlik kompaniyasi
Bosh tahririyati
Toshkent – 2017

Перевод *Маъмура Умаралиева*
Редактор *Дилбар Ибрагимова*
Художественный редактор *Феруза Башарова*
Технический редактор *Раъно Бобохонова*
Компьютерная вёрстка *Эзоза Юлдашева*
Корректор *Оксана Корчуганова*

Лицензия издания AI № 201,28.08.2011

Подписано в печать 12.09.2017. Формат 70х90^{1/16}. Гарнитура «Times New Roman».
Кегль 14,5; 12,5. Офсетная печать. Усл.печ. л. 17,55. Уч.–изд. л. 18,01.
Тираж 49 607 Заказ №

**Типография Издательско-полиграфической акционерной
компании «SHARQ», 100000, г. Ташкент, ул. Буюк Турон, 41.**